

柏崎刈羽原子力発電所の 点検状況について

平成20年11月4日



東京電力

点検計画書他進捗状況

項目		1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機	7号機
点検評価計画提出	建物構築物	提出済み (H20.7.18)	提出済み (H20.9.18)	提出済み (H20.7.18)	提出済み (H20.9.18)	提出済み (H20.9.18)	提出済み (H20.5.20)	提出済み (H20.5.20)
	機器	提出済み (H20.2.6)	提出済み (H20.5.16)	提出済み (H20.4.14)	提出済み (H20.5.16)	提出済み (H20.4.14)	提出済み (H20.3.7)	提出済み (H19.11.27)
	系統	未	未	未	未	未	本WGにて 付議	提出済み (H20.7.15)
基本・追加点検		実施中	実施中	実施中	実施中	実施中	実施中	完了 ^{3,4} (H20.7.15)
建屋応答解析		実施中 ¹	完了 ³ (H20.9.1)					
機器応答解析		実施中 ²	完了 ³ (H20.9.19)					

- 1 6号機については報告書提出予定。他号機についても順次，国へ報告予定。
- 2 機器応答解析は1・6号機について一部実施済み（国WGで審議済み）、他号機についても順次，国へ報告予定。
- 3 報告書提出日
- 4 以下の項目を除く
 - ・燃料が炉内に装荷された状態で実施する作動・漏えい試験等
 - ・主タービン復旧後でなければ実施できない作動・漏えい試験等

■循環水配管の点検状況について

- 1号機から7号機まで放水管・取水管の点検状況が取り纏まったため報告する。

添付1にて説明

■柏崎刈羽原子力発電所5号機

ジェットポンプウエッジのずれについて

- 5号機のジェットポンプウエッジのずれについて点検及び推定原因の調査が完了したため報告する。

添付2にて説明

添付 1

循環水配管の点検状況について

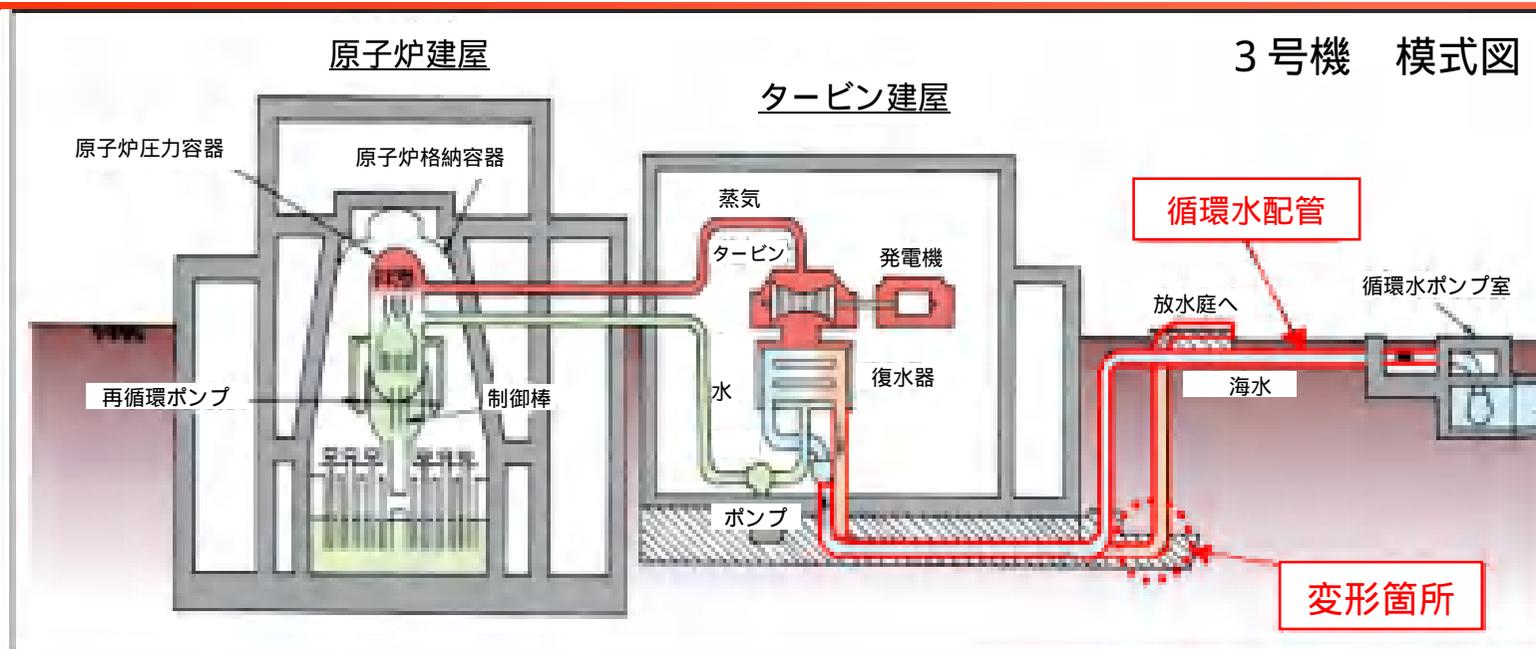
平成20年 1 1 月 4 日

東京電力株式会社



東京電力

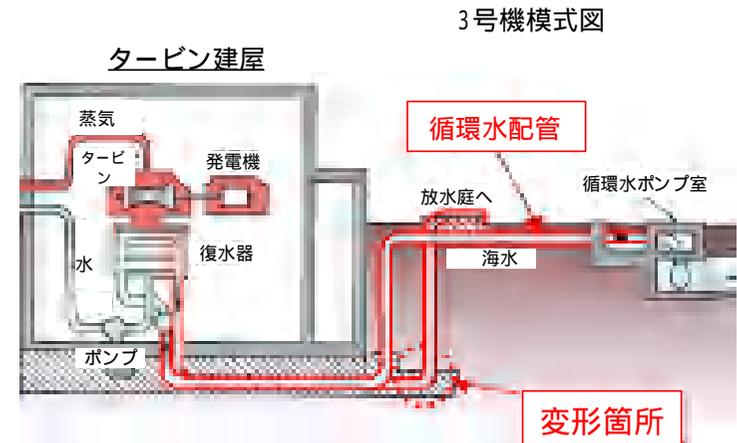
循環水配管について



- 循環水系の機能：主タービンの排気蒸気を凝縮するための海水（低熱源）の送排水機能
- 安全重要度分類(JEAG4612)：P S - 3（電源供給機能（非常用を除く））
- 耐震クラス(JEAG4601)：Cクラス（放射線安全に関係しない設備）
- 技術基準：発電用火力設備に関する技術基準を定める省令（省令第51号）
- 工事計画認可・届出：対象外
- 配管口径 / 配管板厚：約3,300 mm / 16mm
- 内包流体：海水
- 配管材質：炭素鋼（JIS SS400）
- 備考：土中埋設（変形部は地中30m）
- 外面 / 内面塗膜：コールドールエナメル / ポリエステル系ガラスフレイクライニング

循環水配管の点検状況

- 1号機から4号機の放水管及び5号機の取水管に変形が確認された。
- 6号機及び7号機の循環水配管には変形が確認されなかった。



循環水配管 最大変形量一覧

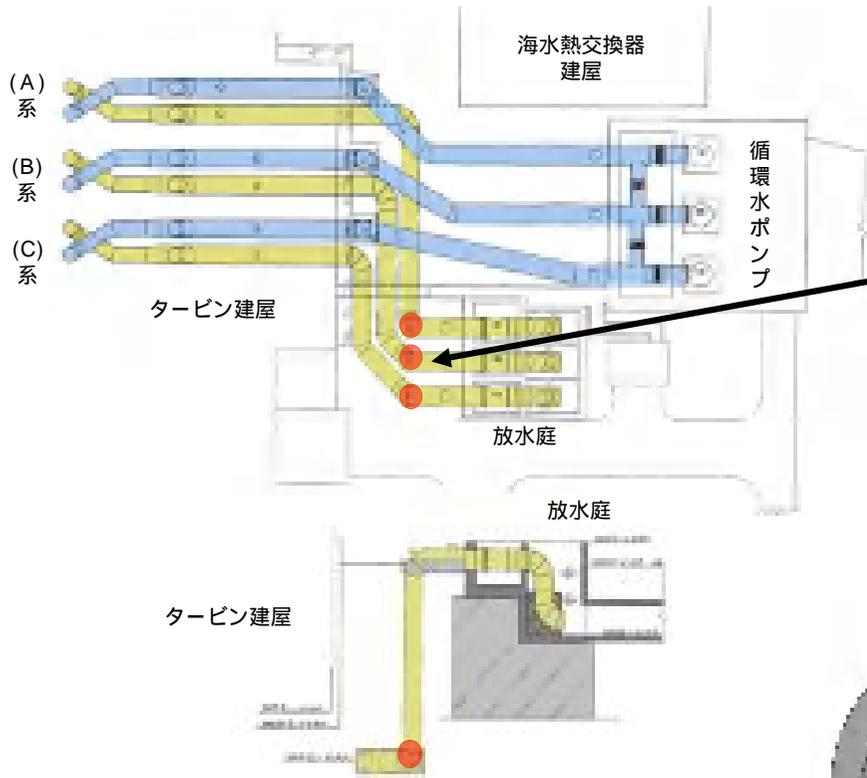
	1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機	7号機
原子炉建屋マットの観測波NS方向最大加速度 (観測位置：深さ)	311gal (-32.5m)	304gal (-32.5m)	308gal (-32.5m)	310gal (-32.5m)	277gal (-17.5m)	271gal (-8.2m)	267gal (-8.2m)
配管口径	3300mm	3300mm	3300mm	3300mm	3300mm	3940mm	3940mm
板厚	16mm	16mm	16mm	16mm	16mm	16mm	16mm
鉛直方向落差 (放水管)	2.5m	2.8m	3.2m	2.9m	1.7m	2.0m	2.0m
循環水配管変形量	55mm	62mm	3.2mm	22mm	51mm	変形無し	変形無し

取水管の変形

循環水配管の変形について

- 柏崎刈羽 1号機～5号機の循環水配管に地震時の地盤変位が原因と考えられる配管の変形が確認された。

例：3号機 循環水配管（B）系

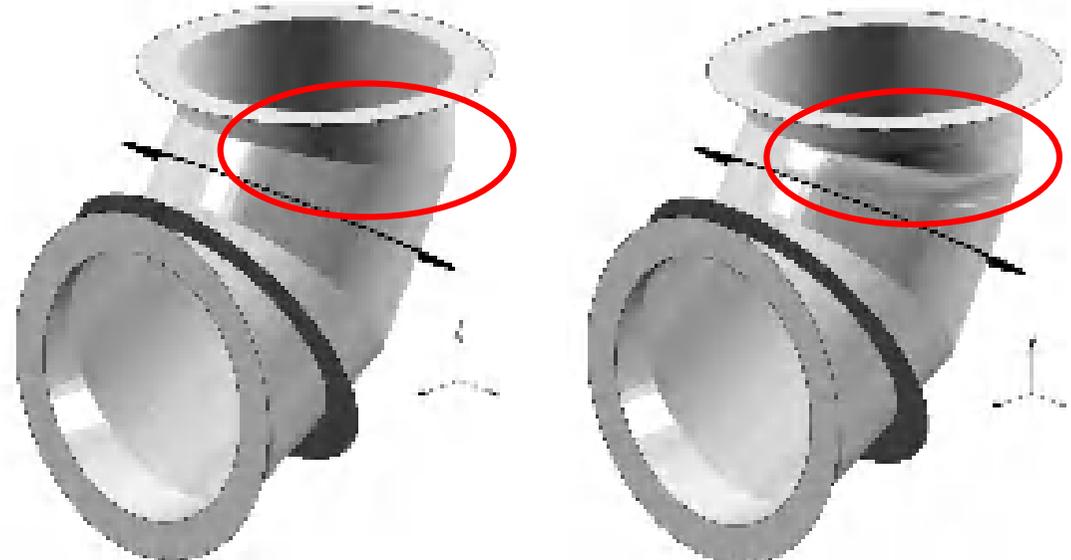


配管（B）変形部（配管内面）



変形前

変形後

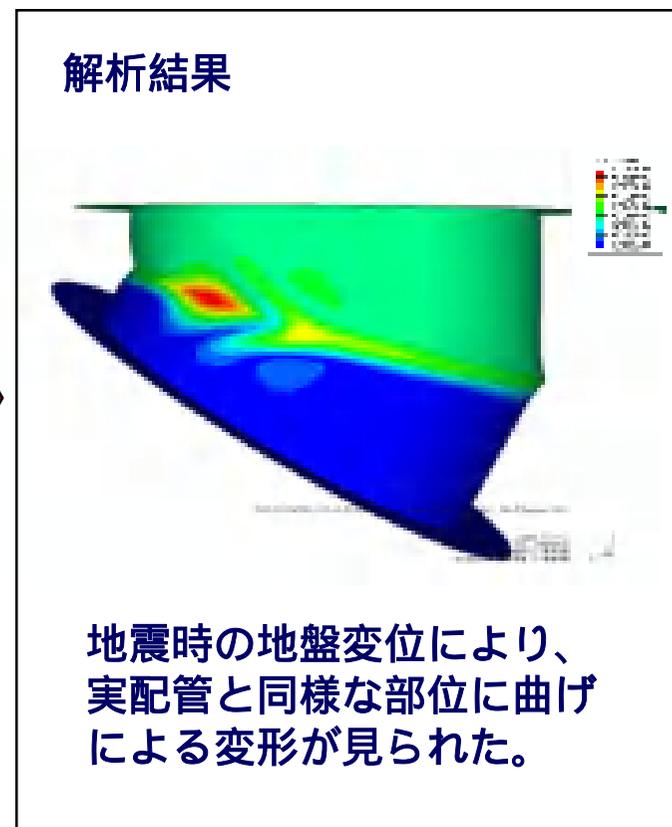
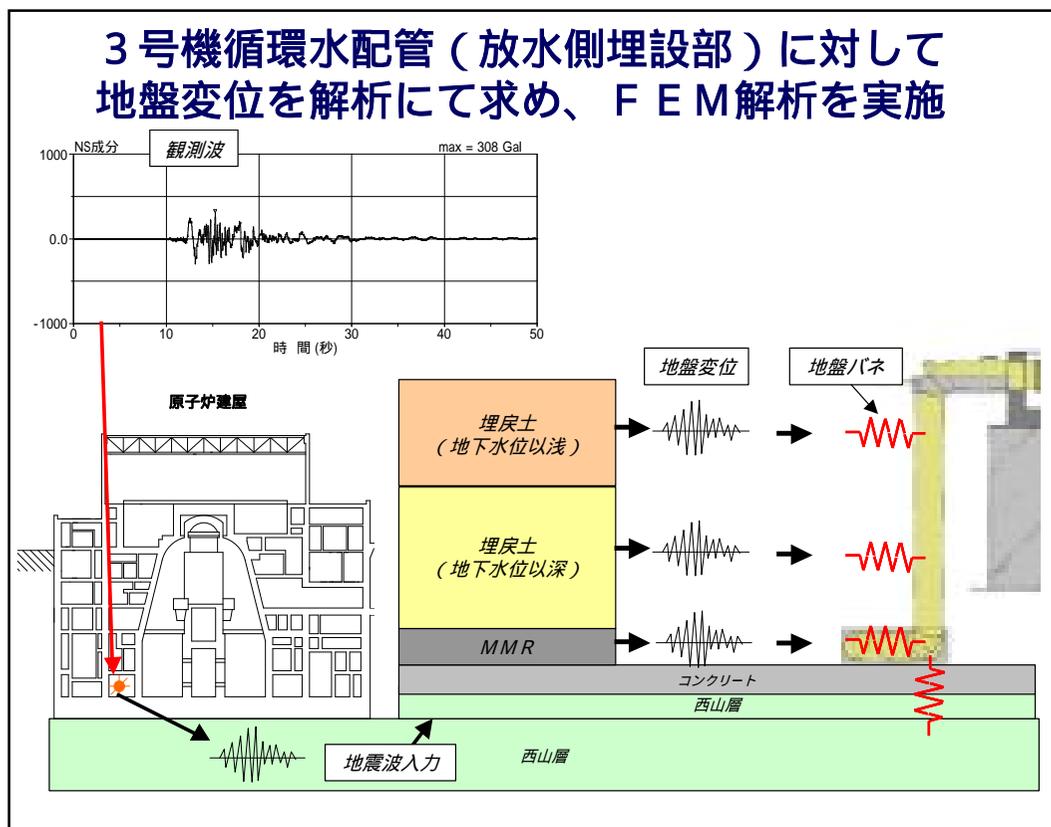


【3号機変形量】

- 放水管(A)下部：32mm
- 放水管(B)下部：32mm
- 放水管(C)下部：30mm

地震影響の評価について（再現解析）

- 埋設された配管は周辺地盤の運動に影響されることが知られており、中越沖地震による地盤変位を入力とした循環水配管のFEM解析を実施した。



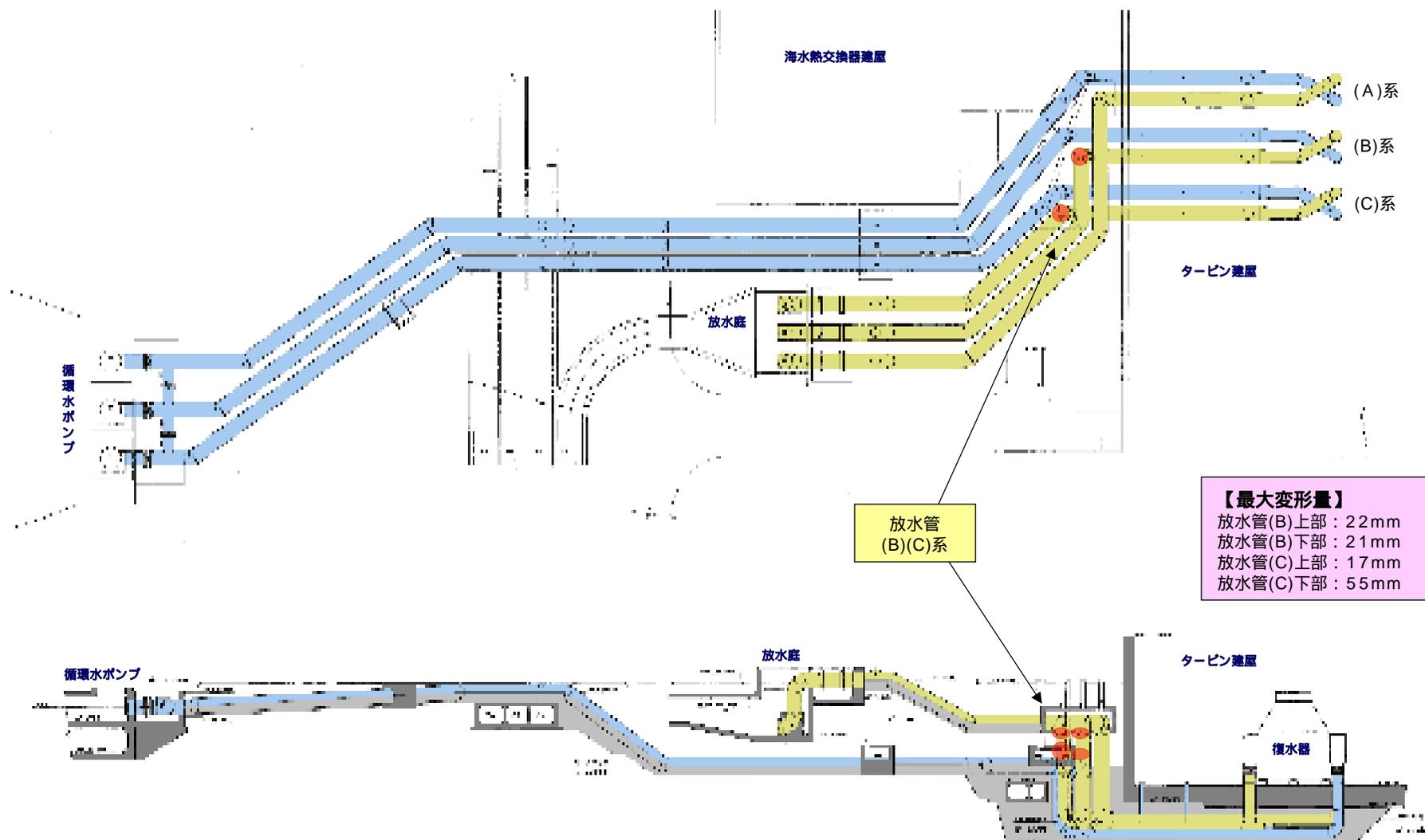
- 新潟県中越沖地震により発生した地盤変位によって循環水配管が変形することを解析的に再現する事ができた。

まとめ

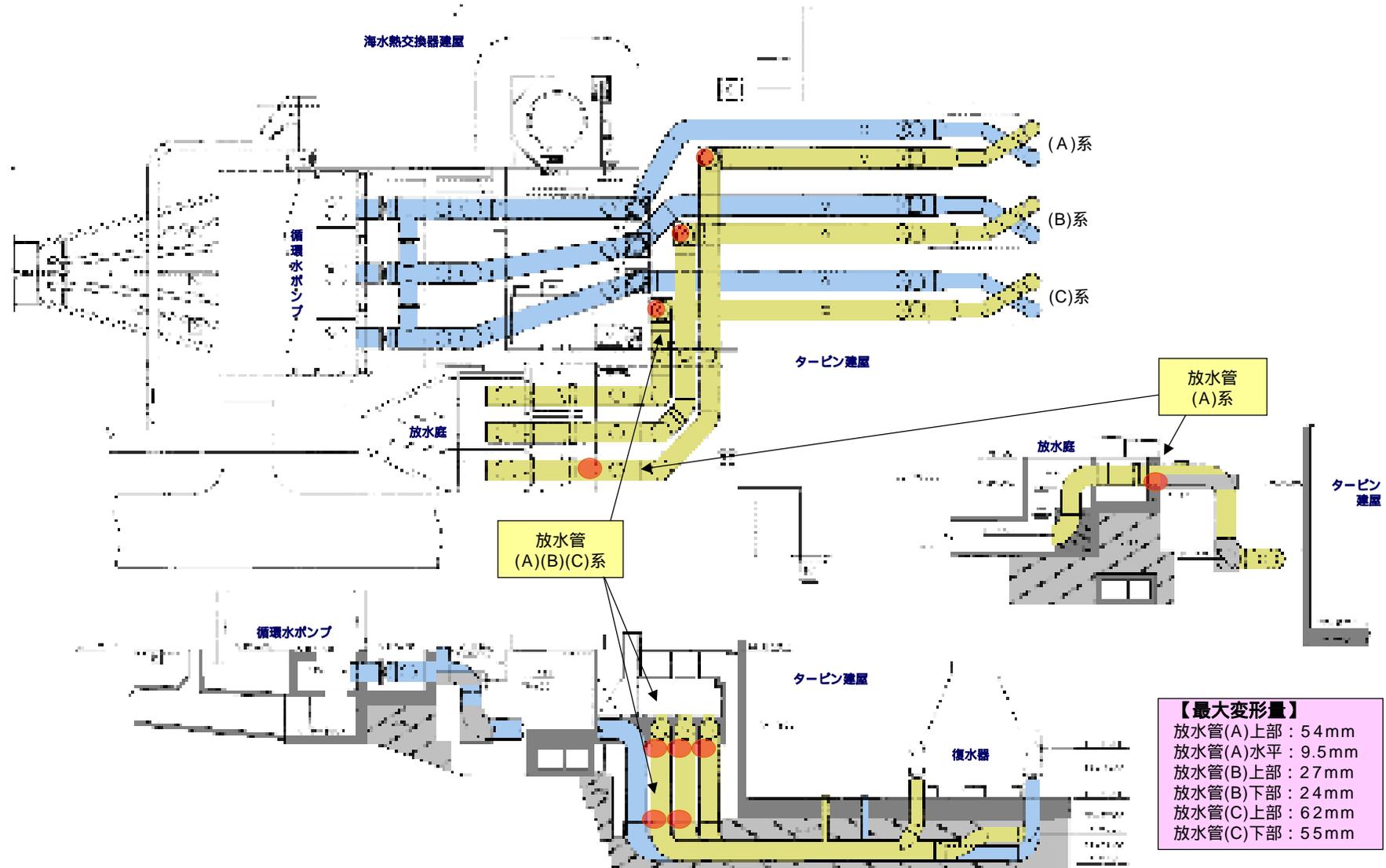
- 1号機から4号機の放水管及び5号機の取水管に変形が確認された。
- 6、7号機については循環水配管の変形は確認されなかった。
- 3号機の解析の結果、循環水配管の変形は地震による地盤変位により発生したと推定される。
- 6、7号機については、他号機と比較して地震による地盤変位が小さかったこと、放水管の鉛直部位の長さが短いことから、変形が発生しなかったものと推定される。

**【参考】 柏崎刈羽原子力発電所 1 ~ 7 号機
循環水配管状況について**

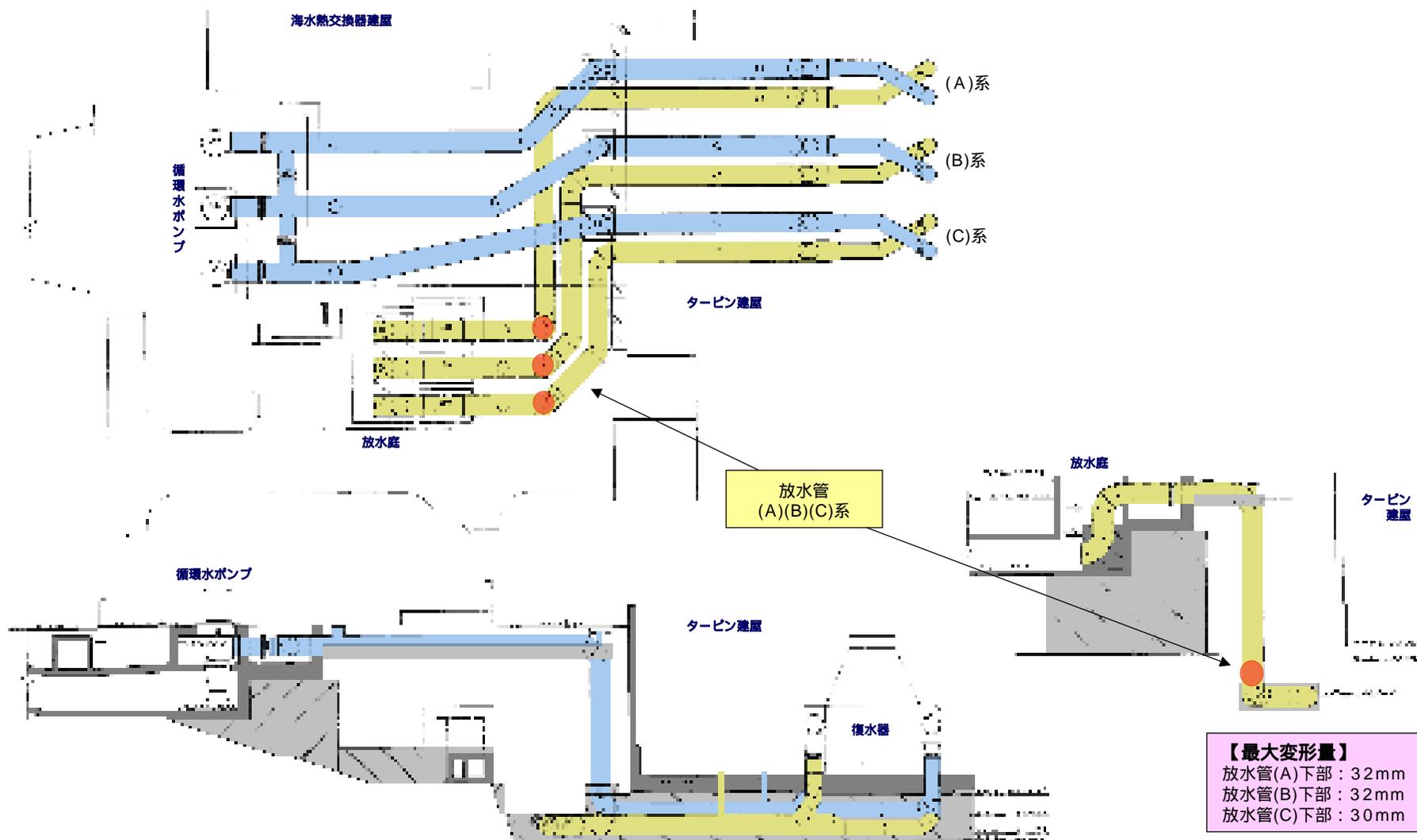
1号機 変形部概略図



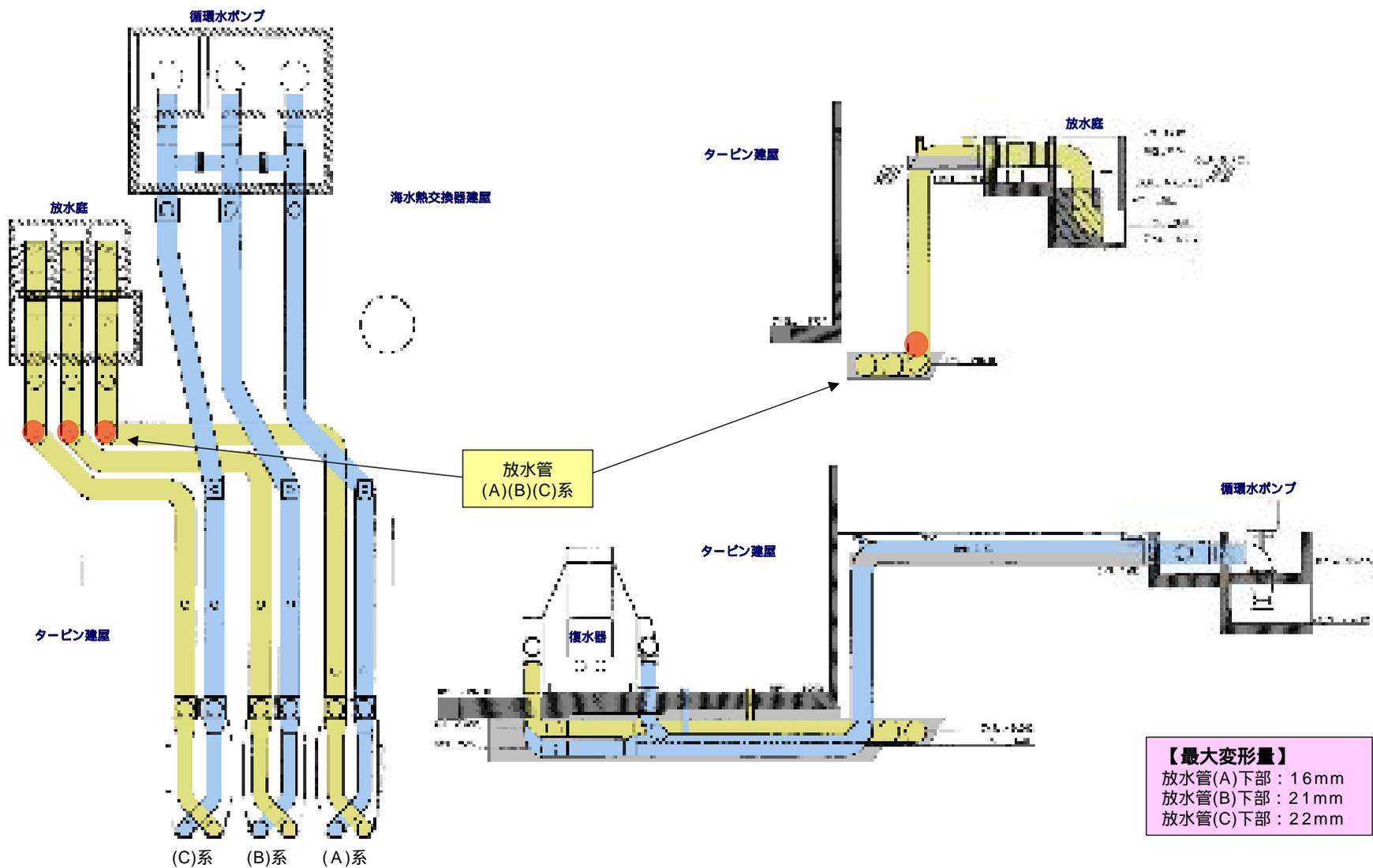
2号機 変形部概略図



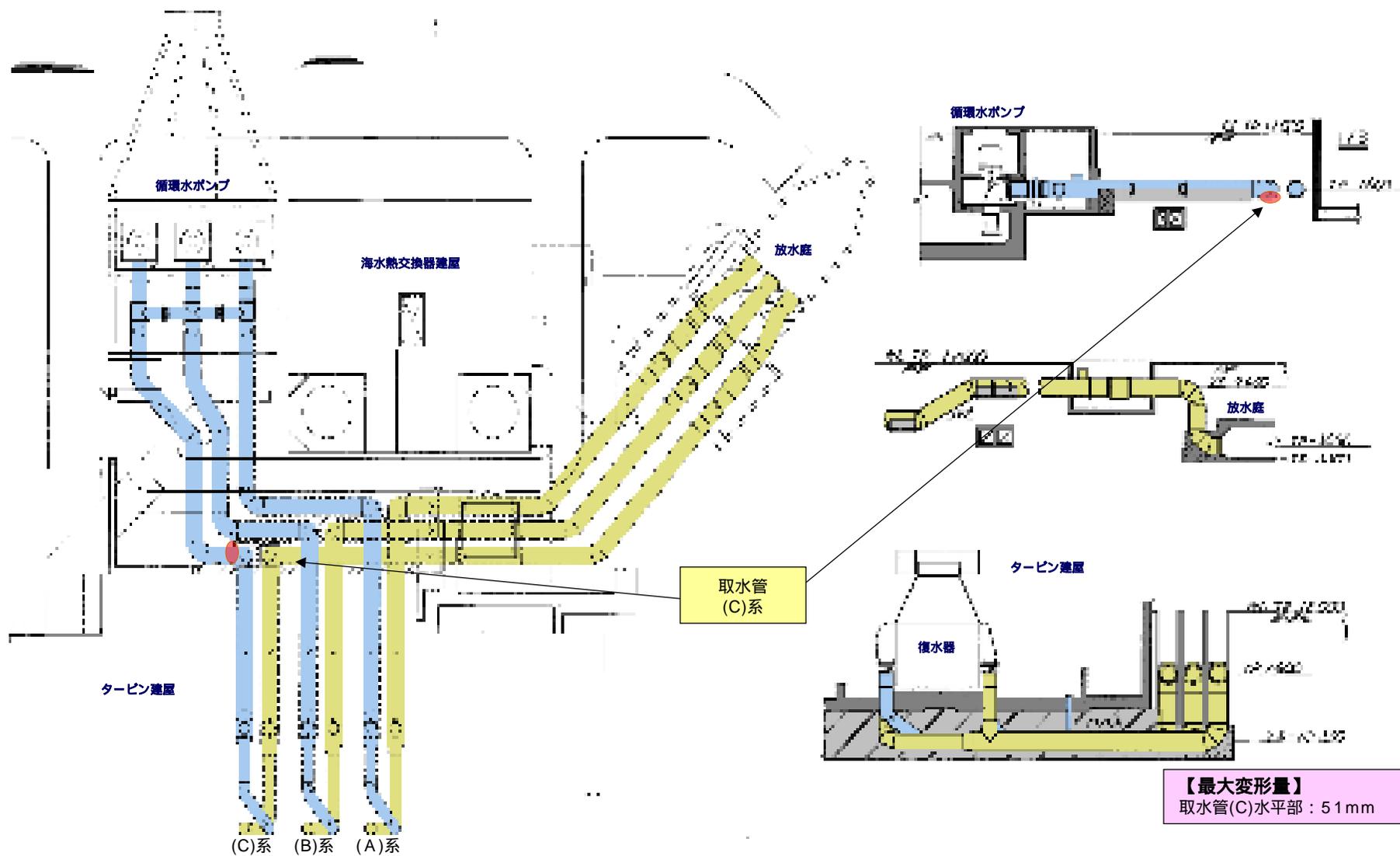
3号機 変形部概略図



4号機 変形部概略図

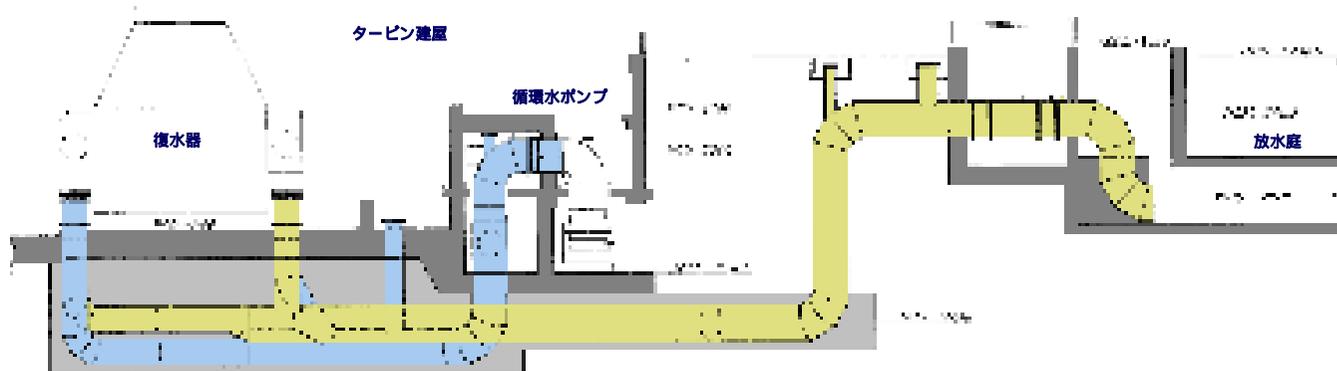
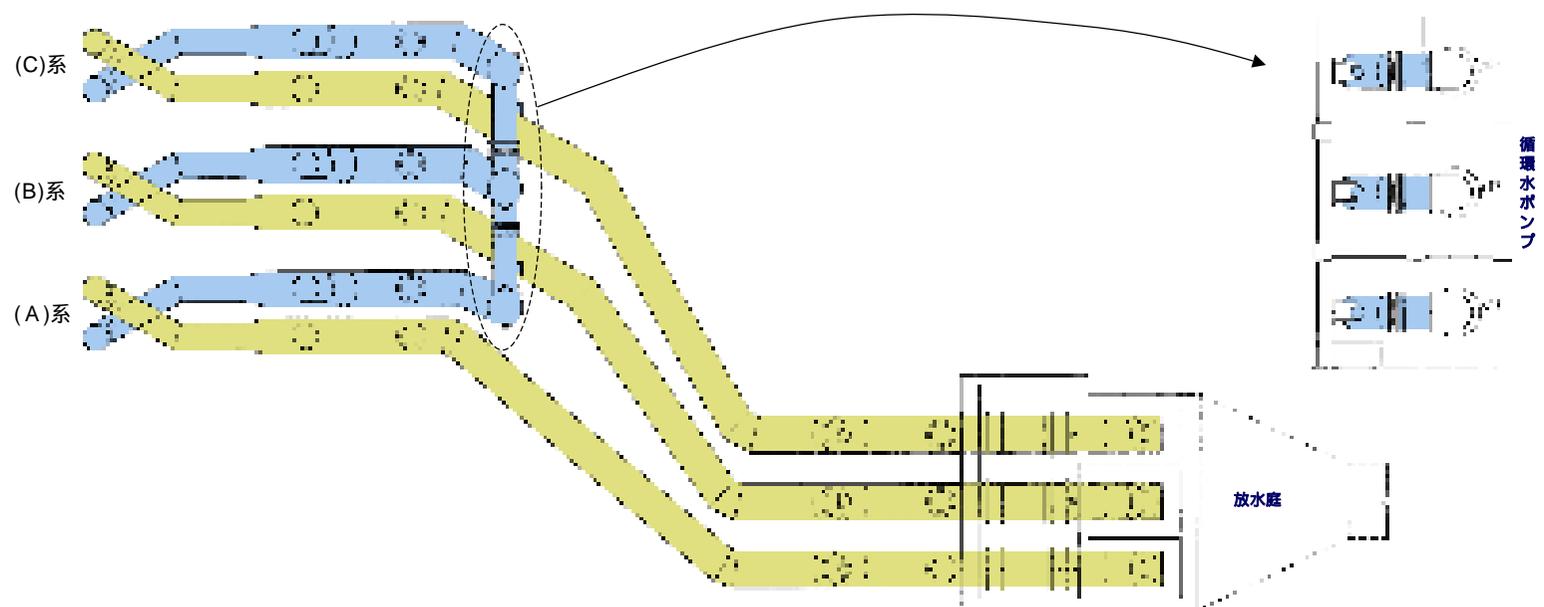


5号機 変形部概略図



【最大変形量】
 取水(管) (C)水平部：51mm

6 / 7号機 概略図



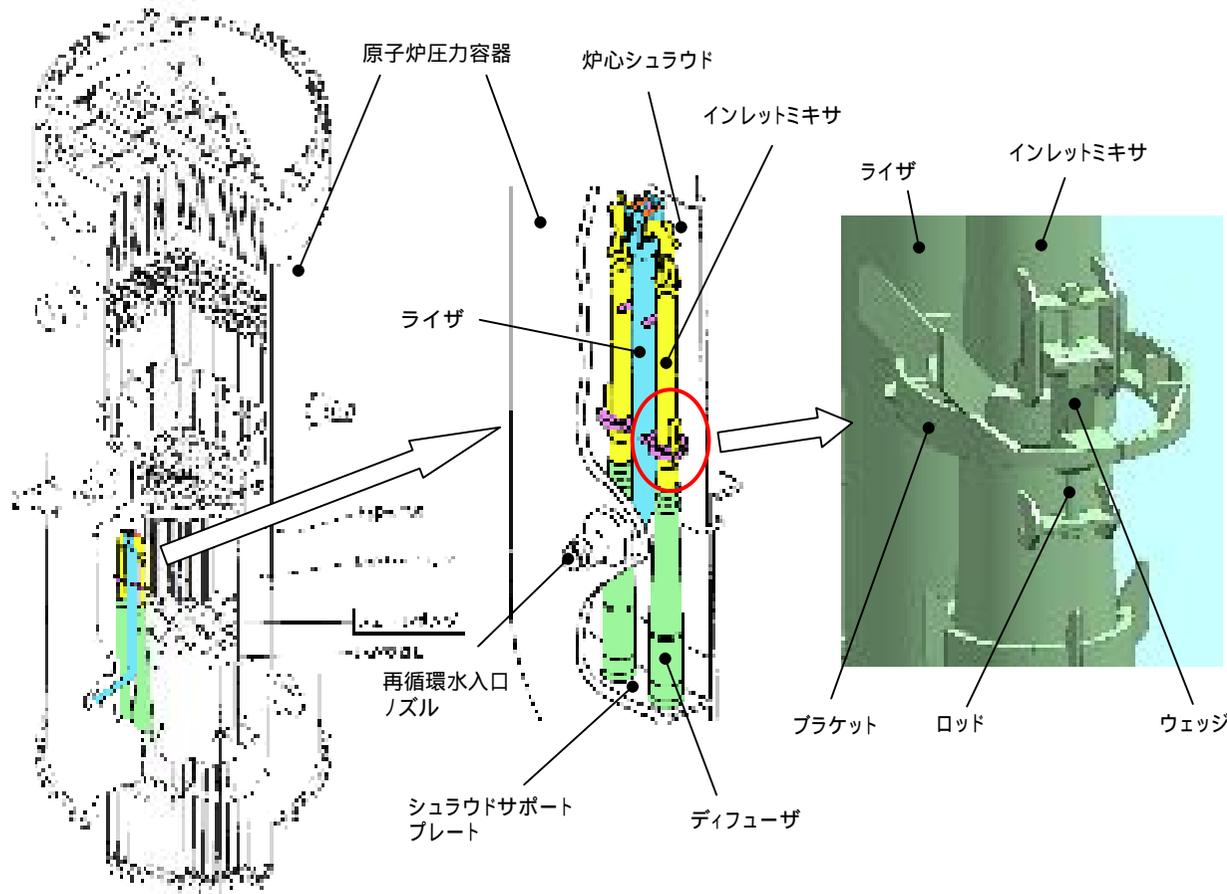
変形なし

柏崎刈羽原子力発電所5号機 ジェットポンプウェッジのずれについて

平成20年11月4日

事象の概要

5号機炉内構造物について、新潟県中越沖地震による影響を確認するため、水中カメラによる目視点検を実施した際、ジェットポンプ20台中の1台(No.1)にウエッジのズレを確認した。

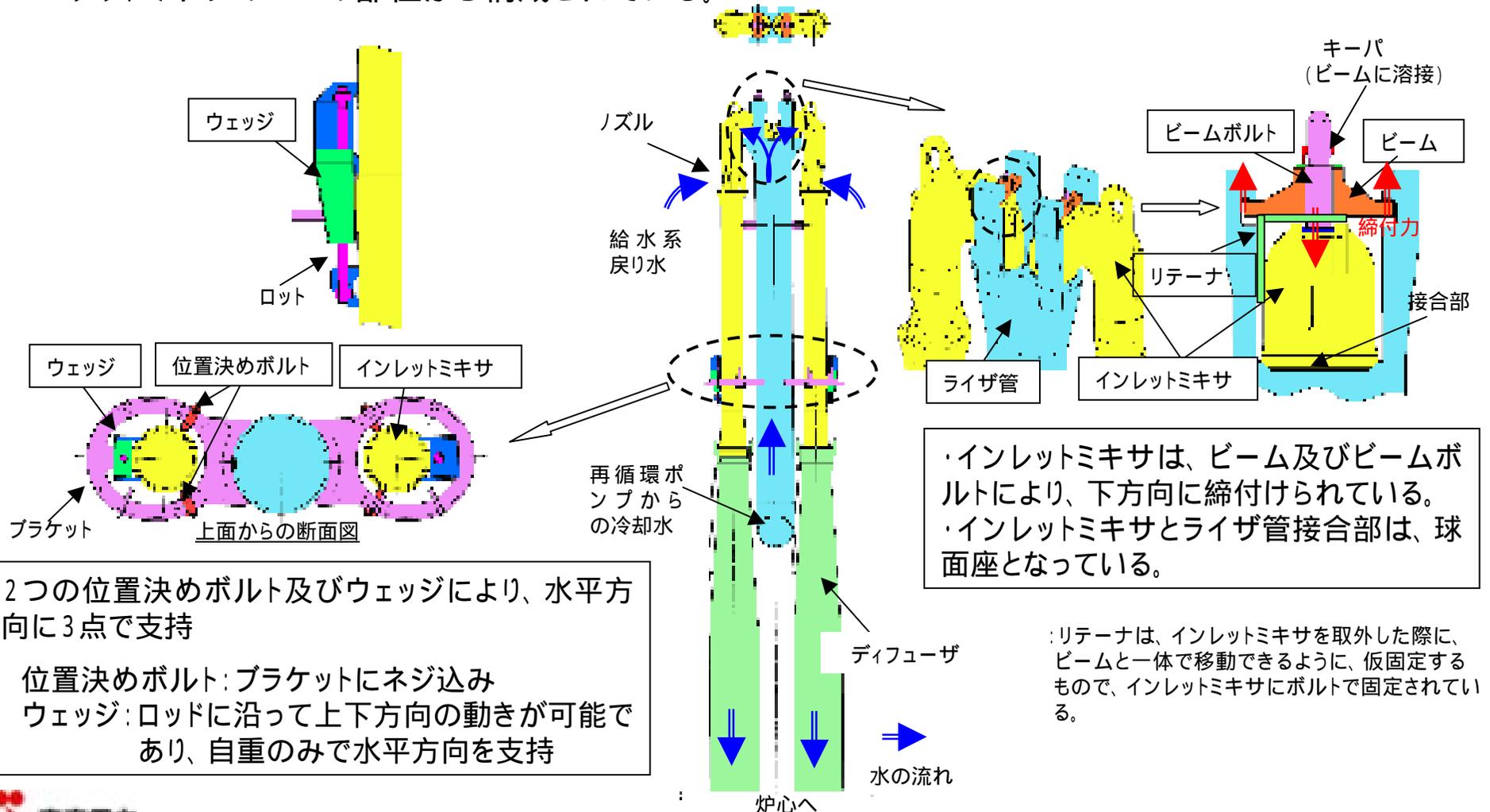


インレットミキサを水平方向に支持し振動を抑制するもの。

ジェットポンプ構造

ジェットポンプは、原子炉再循環系ポンプにより加圧された冷却水を利用して、給水系戻り水を吸込、再び炉心へ送り込むものである。

ジェットポンプは、原子炉圧力容器等に固定されたライザー管・ディフューザと取外し可能なインレットミキサの3つの部位から構成されている。

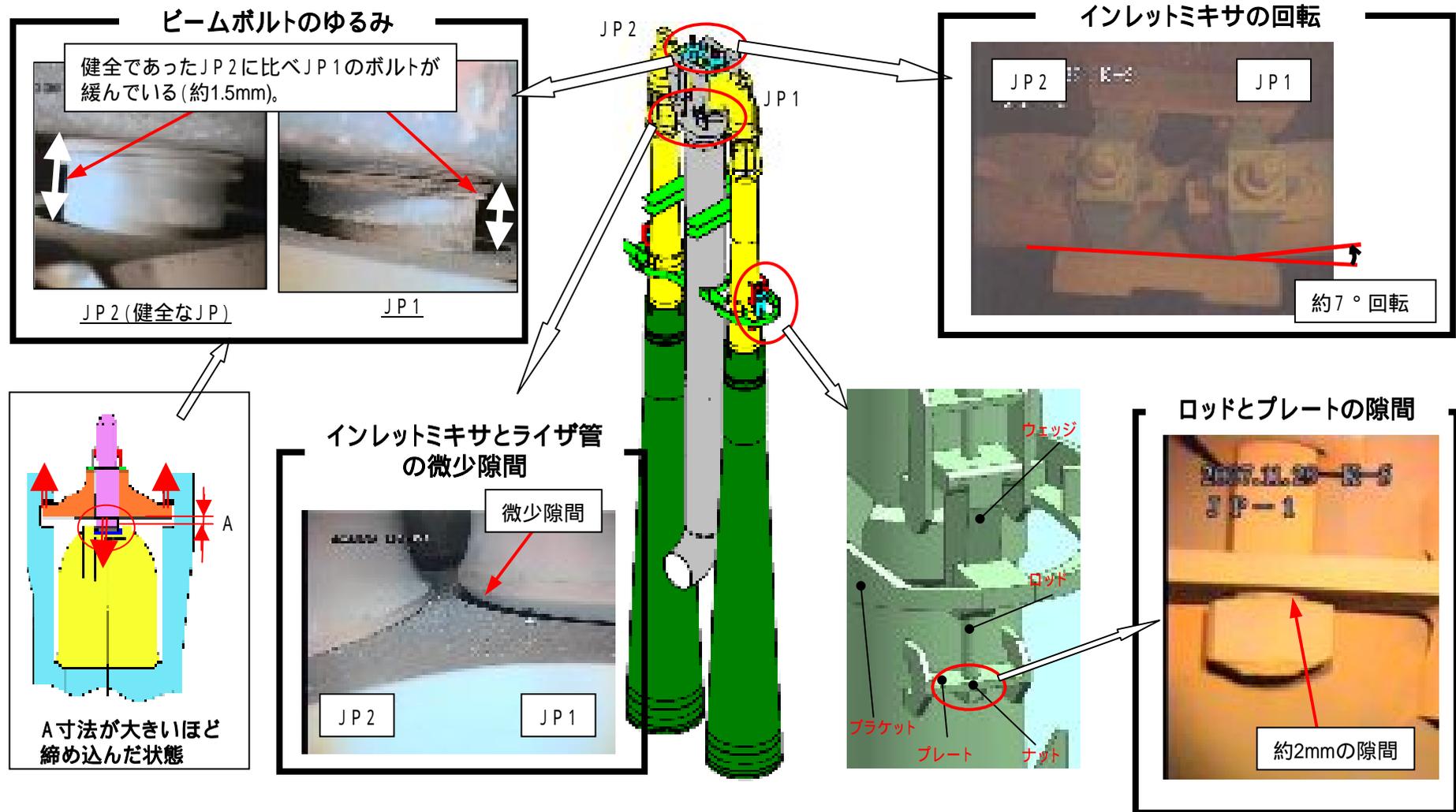


2つの位置決めボルト及びウェッジにより、水平方向に3点で支持

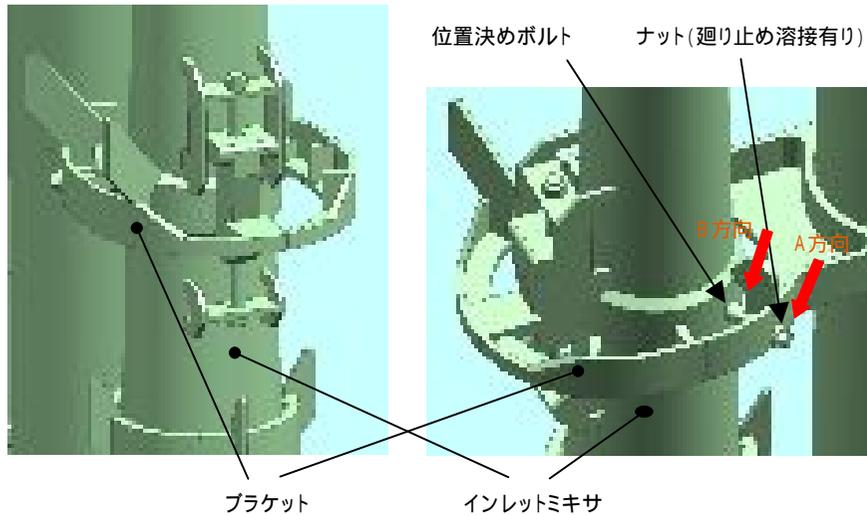
位置決めボルト: プラケットにネジ込み
ウェッジ: ロッドに沿って上下方向の動きが可能であり、自重のみで水平方向を支持

詳細目視点検結果(1 / 2)

その後の詳細目視点検の結果, 以下の異常が確認された。



詳細目視点検結果(2 / 2)

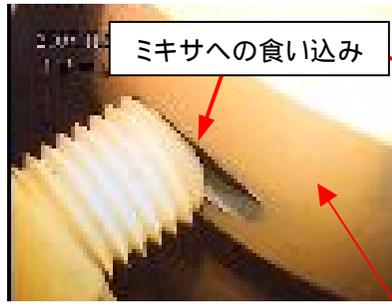


位置決めボルトの磨耗及び飛び出し

発見時



ブラケット外側(A方向)



ブラケット内側(B方向)

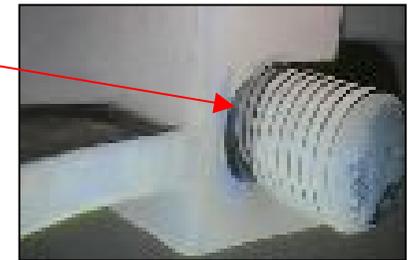


JP1



ブラケット外側(A方向)

インレットミキサ取外し後



ブラケット内側(B方向)

原因調査内容

地震による影響の有無を確認

詳細目視点検結果確認

- ・インレットミキサ及びライザ管シート面のクラッドの付着及び金属光沢等の状況から地震の影響の有無を確認

三次元モデルでの解析による確認

- ・中越沖地震の水平方向震度を地震荷重として、インレットミキサに与えたときに、本事象が発生する可能性があるか検討

位置決めボルト飛出に関するモックアップによる再現性確認

- ・圧縮荷重試験 短期的荷重(地震)により、本事象が再現するか検討

運転時の流体振動による影響の有無を確認

位置決めボルト飛出に関するモックアップによる再現性確認

- ・磨耗試験 繰返し荷重(振動による繰返)により、本事象が再現するか検討

三次元モデルでの解析による確認

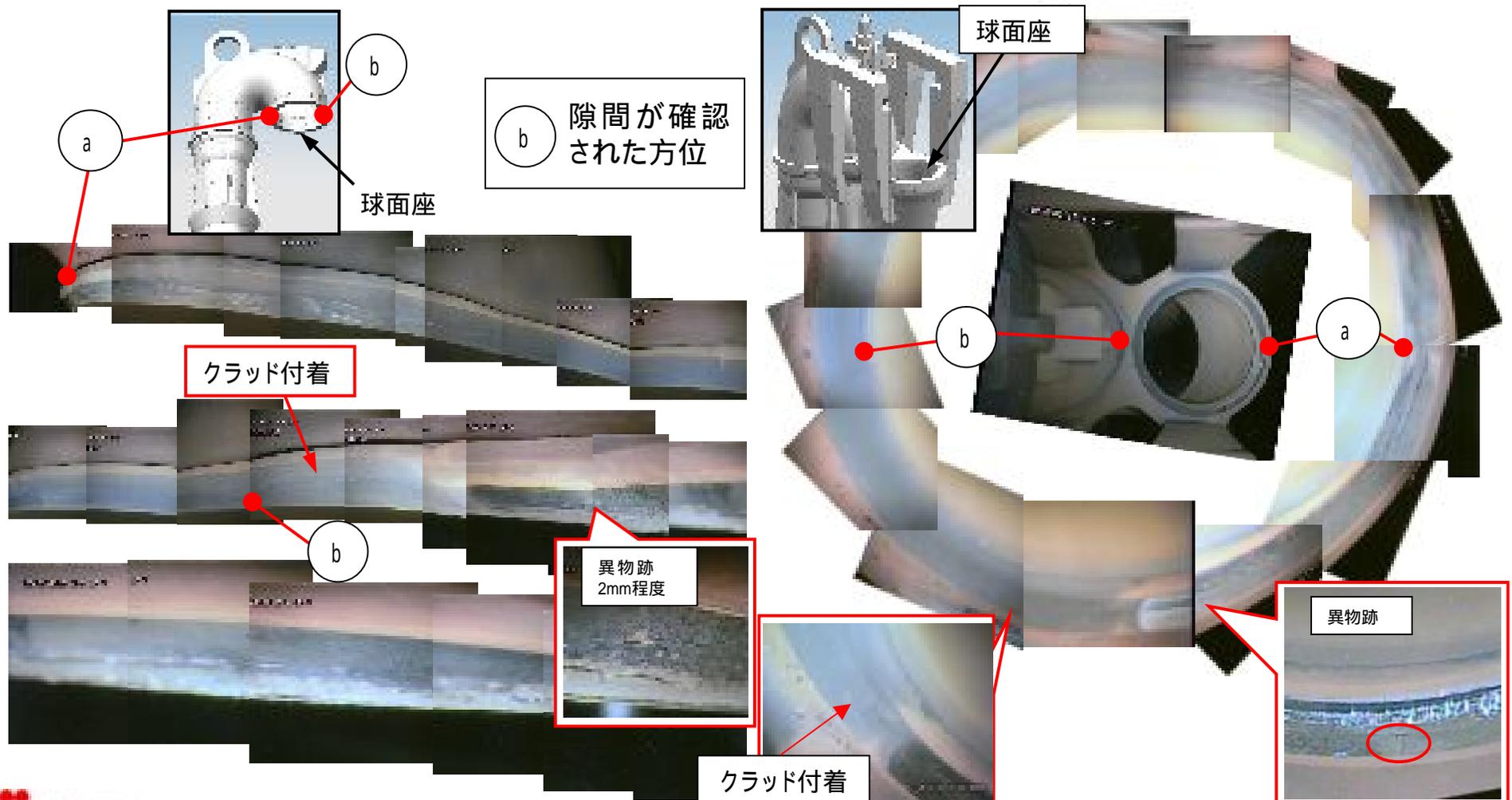
- ・運転時の流体振動の荷重により、インレットミキサが回転する可能性があるか検討

インレットミキサとライザ管接合部の隙間 再現性確認

インレットミキサが傾いた状態で、規定トルクで締付けた場合に隙間が発生する可能性があるかの検討

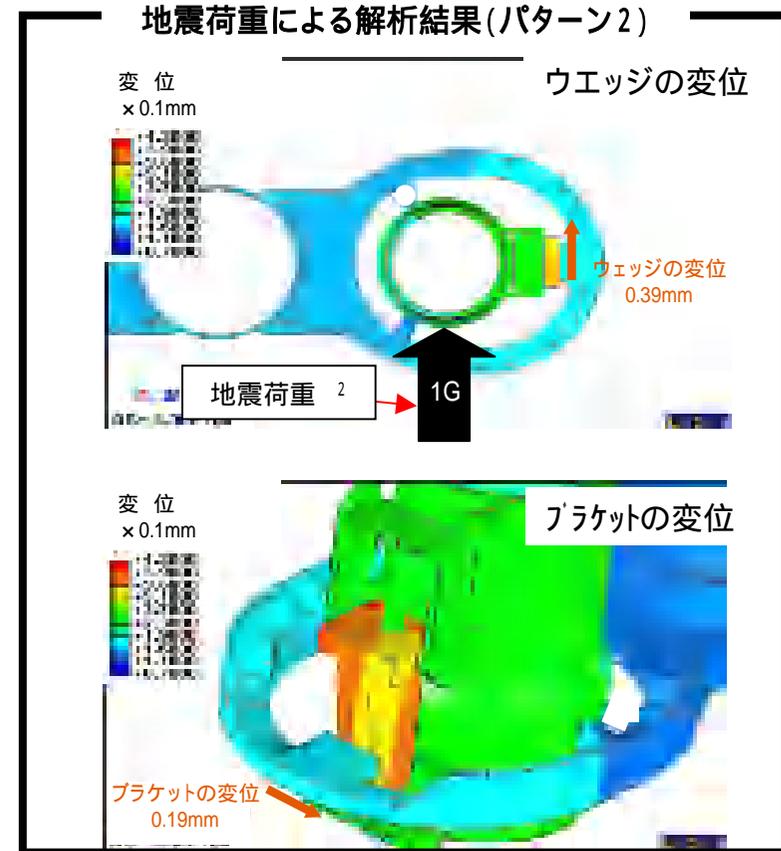
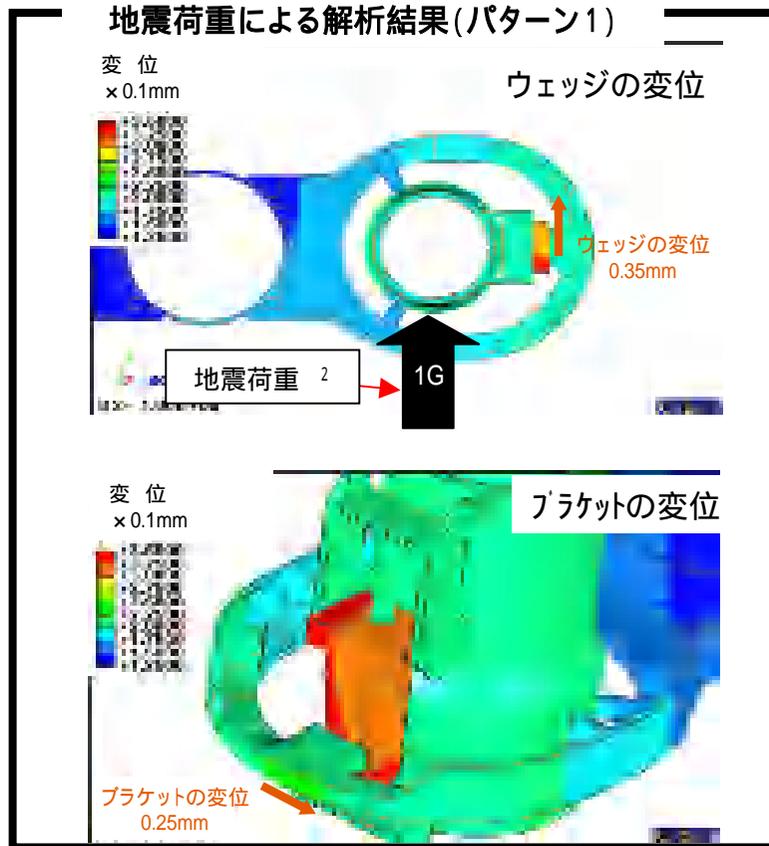
原因調査(詳細目視点検結果確認)

インレットミキサとライザ管の取り合い座面(球面座)にクラッドが付着している。
地震前からインレットミキサは傾いていた可能性が高い。



原因調査(三次元モデルでの解析による確認)

地震荷重をインレットミキサ(ウエッジ含む)に与えても、ウエッジはほとんど動かない。
地震による影響である可能性が低い



1:解析条件

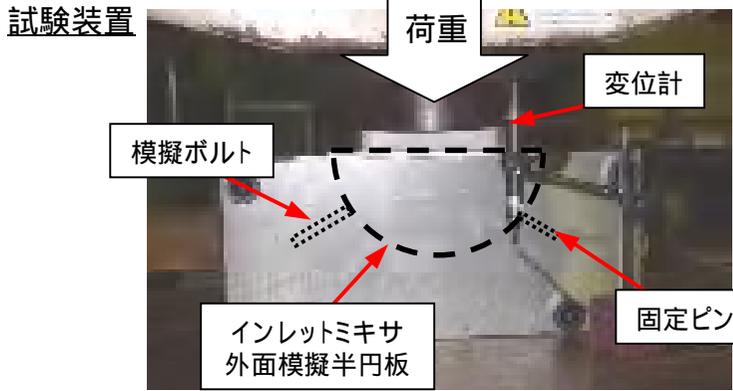
ビームボルト締め付け力 (ton)	11.3
RPV側位置決めボルト	インレットミキサに接触
シュラウド側位置決めボルト	インレットミキサに接触
インレットとライザー管隙間	無

ビームボルト締め付け力 (ton)	0
RPV側位置決めボルト	インレットミキサに接触
シュラウド側位置決めボルト	ボルト無し
インレットとライザー管隙間	無

原因調査(位置決めボルト飛出に関するモックアップによる再現性確認)

位置決めボルトへの荷重試験の結果、短期的荷重(地震)では、ボルトはつぶれ及び曲がりが発生した。磨耗試験の結果では、繰返し荷重(振動)によりボルトネジ部が磨耗することが確認された。

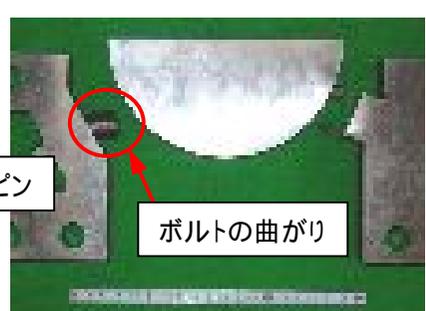
圧縮荷重試験



試験前

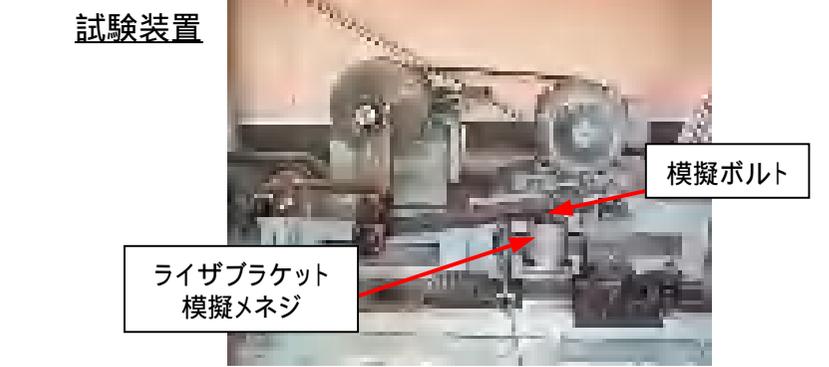


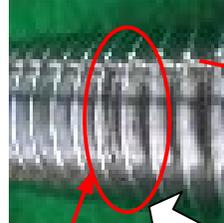
試験後

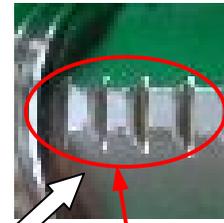


ボルトは、ブラケット部の根元から曲がるのみであった。本事象でのボルトは、変形せず 飛出した状態であり、地震による荷重が掛かったことにより発生した可能性は低い

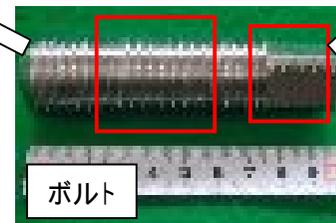
磨耗試験







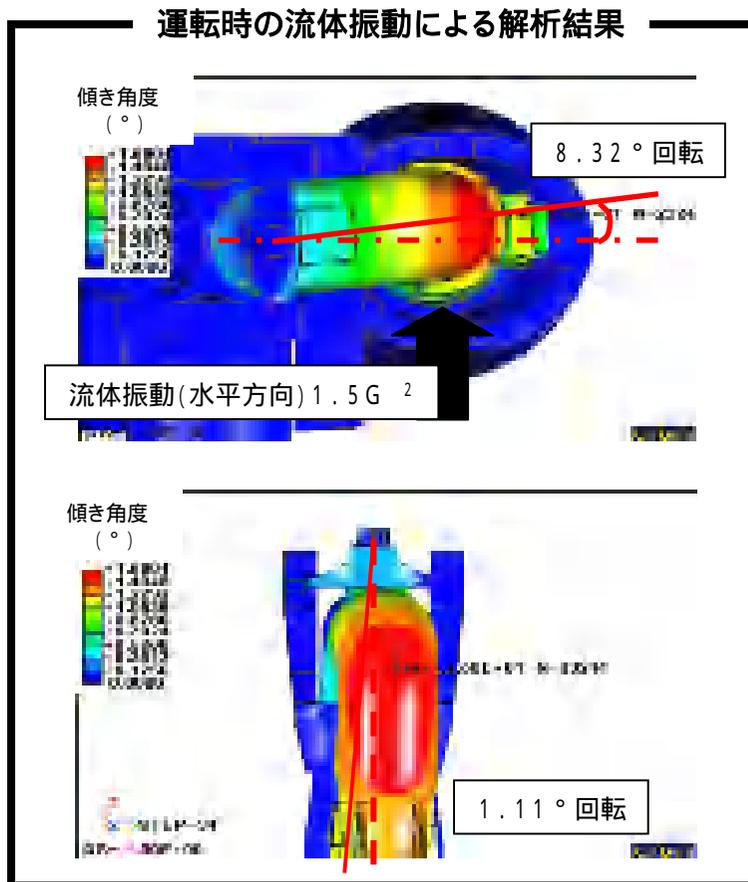
試験後



試験は、荷重の繰返し数が不足していること、一方向のみの繰返しであったことから、完全に模擬は出来ていないが、繰返し荷重によりボルトのネジ部及びブラケットメネジ部が磨耗することが確認され、本事象と同等箇所が磨耗していた。

原因調査(三次元モデルでの解析による確認)

三次元モデルの解析¹の結果、運転時の流体振動の繰返しによりインレットミキサは回転することが確認された。



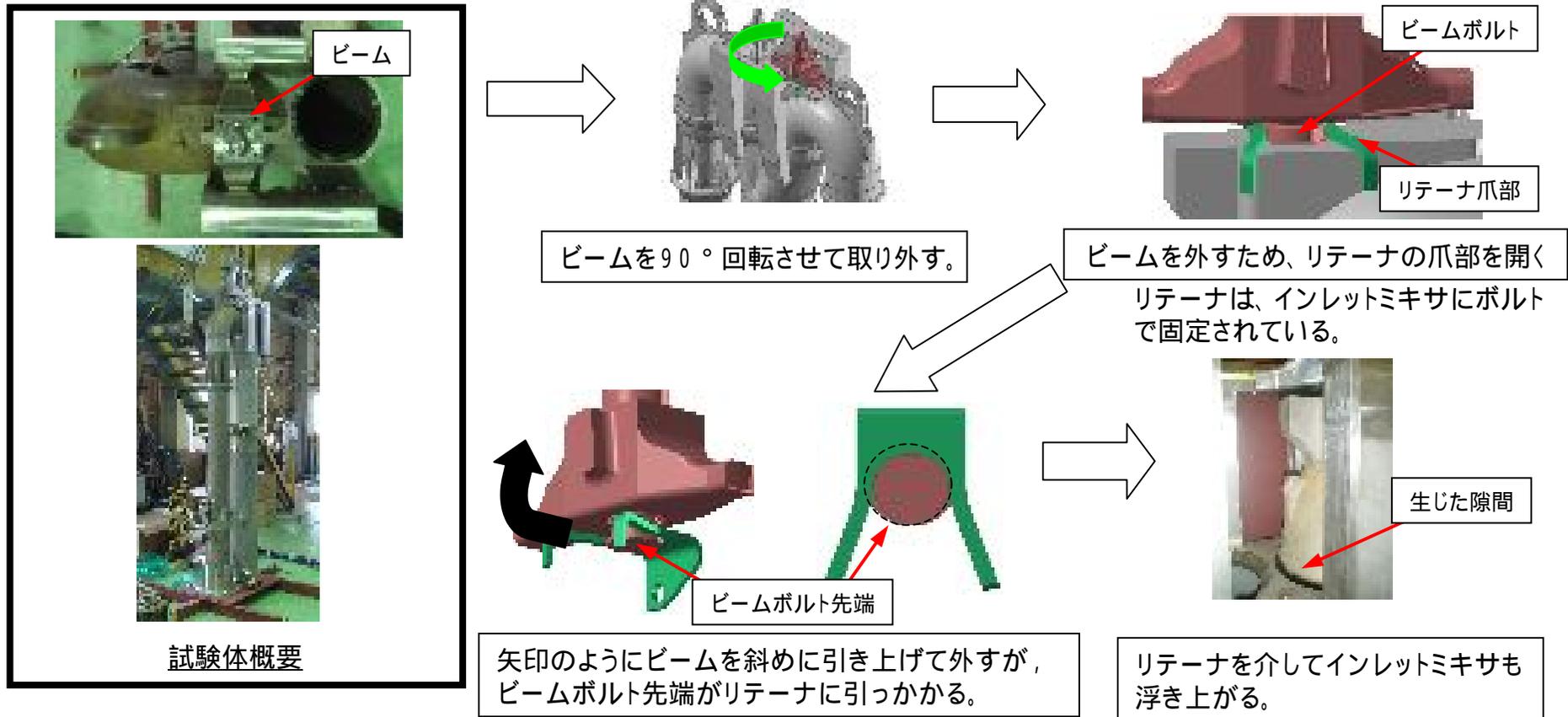
1:解析条件

ビームボルト締め付け力 (ton)	0
R P V側位置決めボルト	インレットミキサに接触
シュラウド側位置決めボルト	ボルト無し
インレットとライザー管隙間	有

2:柏崎刈羽原子力発電所3号機試運転時の炉内構造物の流体振動データに基づく、ディフューザ部の測定加速度を使用(1.5 G)

原因調査(インレットミキサとライザ管接合部の隙間 再現性確認)

モックアップ試験の結果、ビームを外す際にボルト先端部がリテーナに引掛かって、リテーナと一体であるインレットミキサが持ち上がり、隙間が出来ることを確認した。



第4回定期検査(平成7年)時に、ジェットポンプのビーム取替作業を実施していることから、その際にインレットミキサが一時浮き上って、隙間が出来た可能性がある。

原因調査(インレットミキサとライザ管接合部の隙間 再現性確認)

モックアップの結果、インレットミキサとライザー管の球面座に隙間があった場合でも、ビームボルトを規定トルクで締付けることにより正規位置に戻ることを確認した。

目視点検により球面座に異物の跡が確認されていることから、異物により隙間が解消されなかった可能性がある。



ライザーとインレットミキサの隙間のある状態を模擬



仮締め(1.5ton)として、ビームボルト締付
隙間解消されず

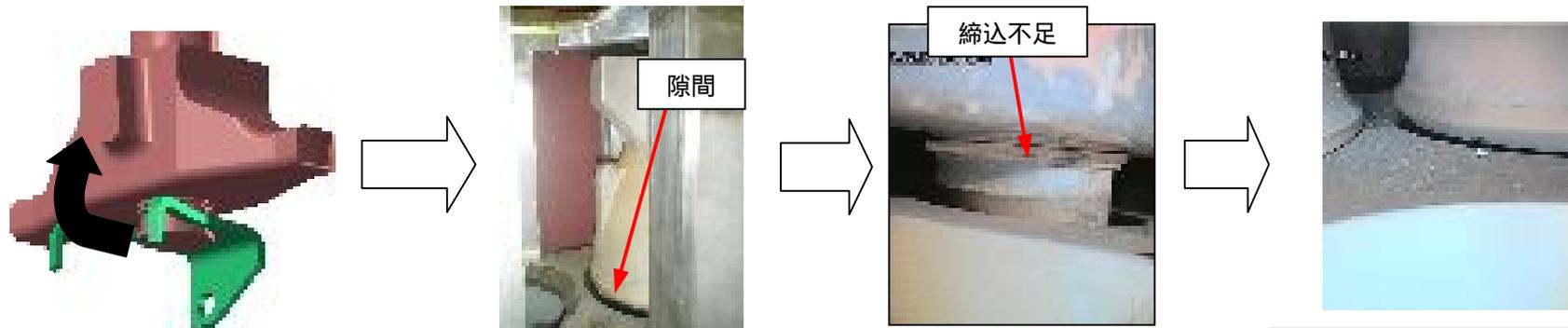
本締め(11.3ton)でビームボルト締付

隙間は解消され正規位置



推定原因

■今回のジェットポンプのウエッジのズレが発生したメカニズムは、以下の通りと推定される。



ビームボルトにリテーナが引かかる。

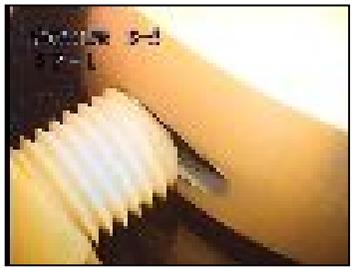
インレットミキサが浮き上がり、隙間が発生した。

異物が噛み込んだ状態で新ビームを取り付けたために、ビームボルトの締込が不足。

運転中の流体振動等でインレットミキサが正規位置なり、ビームは緩んだ状態となった。



位置決めボルトは除々に磨耗し、それに相当する分だけインレットミキサが回転。これに伴い、ウエッジのずれ等が発生。また、ロッドについても、ウエッジのズレに伴い変形があったと推定。



流体振動により、インレットミキサは振動し、繰返し荷重により位置決めボルトが磨耗。

まとめ

隙間が確認されたインレットミキサとライザ管のシート面にクラッドの付着が確認されていること

解析の結果、短期的な地震荷重ではインレットミキサは回転しないが、運転中の振動による荷重では、回転すること

位置決めボルトは、短期的荷重ではなく、繰返荷重によるボルトネジ部の磨耗により飛び出したと推定できたこと

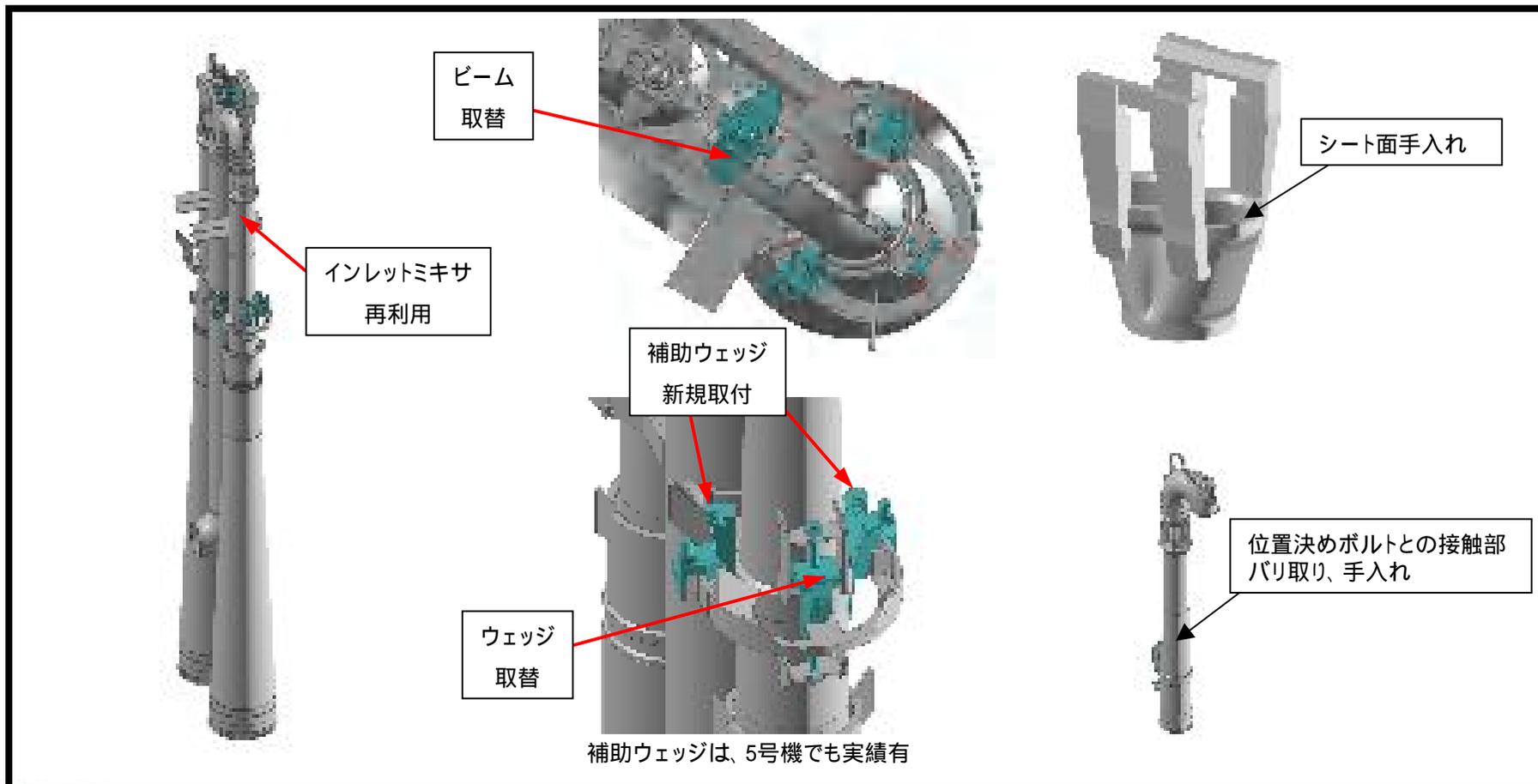
ビームを取外す際にボルト先端部がリテーナに引掛かり、インレットミキサが持ち上がり、隙間が出来る可能性があること



■本事象は、地震により発生したものでなく、平成7年に実施したビーム取替時に、インレットミキサが持ち上がり、隙間がある状態でビームが締めこまれたことが主原因であり、その後運転時の流体振動により、ウエッジがズレたと推定される

再発防止対策及び設備復旧

1. 再発防止策として、ビーム取替等インレットミキサ関連作業時には、復旧にあたって、インレットミキサの座り確認を追加確認事項とする。
2. 現品対策は、以下のように補助ウェッジ取付及び手入による既設品使用とする。



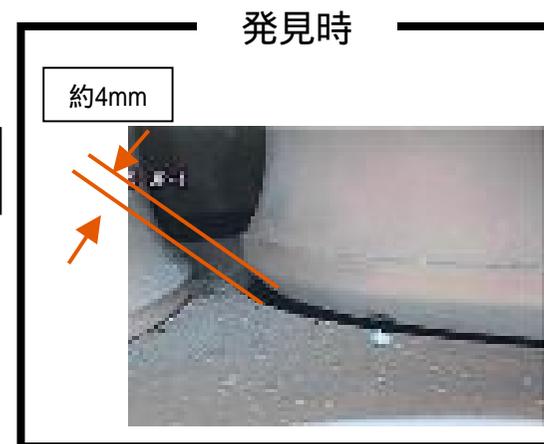
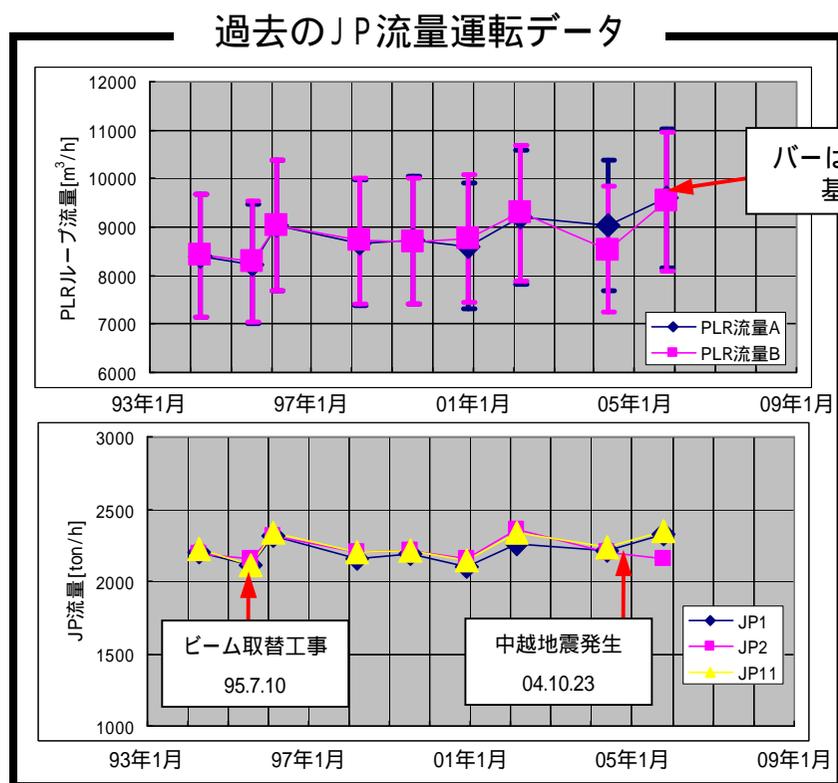
ライザ管とインレットミキサの隙間が流量に与える影響評価(参考)

過去の5号機のジェットポンプ流量の運転データから、JP1流量に特異な変化は見られず、球面座隙間の流量への影響は確認できない。

ジェットポンプの機能上、問題はなかった。

隙間面積から求めた計算による結果からは、隙間高さが15mm以上になると、PLR流量AとBの差が15%以上となる可能性がある。

ビームが外れない限り、ビームの構造上15mm以上の開口が発生することは無い。



流量変化の試算結果

	通常	発見時	保安規定逸脱
隙間高さ[mm]	0	4	15
隙間面積[mm ²]	0	2430	9090
A系全体流量変化比[%]	0	5	16