

柏崎刈羽原子力発電所 7号機における 追加点検等の実施状況について

- 硬さ測定
- 配管減肉調査
- 比較的裕度が小さいと評価された
設備に対する追加点検

2008年5月16日

東京電力株式会社



東京電力

今後継続して実施する点検

「新潟県中越沖地震後の設備健全性に係る点検・評価に関する中間とりまとめ（報告書）」（以下、中間報告書という）より、安全上重要な設備に対する基本点検については概ね完了したことを受け、今後継続して実施する点検として

- 設備点検を継続実施。また、併せて系統レベルの健全性確認についても実施（定期事業者検査の機能検査相当）。
- 中間報告書に記載される「予め計画する追加点検」を継続実施。
- 「柏崎刈羽原子力発電所7号機の設備健全性評価に係る追加的な検討の指示について」（以下、NISA指示文書という）に基づく追加点検等について実施。

今回の報告内容

資料2 - 1 : **硬さ測定**による塑性ひずみ調査

資料2 - 2 : 柏崎刈羽原子力発電所7号機 **配管減肉調査**の状況について（経年劣化を踏まえて実施する点検）

資料2 - 3 : **比較的裕度が小さいと評価された設備に対する追加点検**の実施について（NISA指示文書に基づき実施する追加点検）

上記項目について、中間報告書における追加点検との関連を次頁以降に記載する。（なお、NISA指示文書が発行されたことを踏まえ、それらも含めた追加点検の実施事項にて関連を示す。）

追加点検の実施事項 (1 / 4)

予め計画する追加点検

	点検理由	点検範囲	点検方法	実施範囲(計画)
動的機器	基本点検での確認が困難な、機能上影響のない微細なきず及び変形の有無を確認することにより、地震による影響をより精緻に確認し知見を拡充するため	機種及び建屋ごとに代表1機器	分解点検	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉補機冷却海水ポンプ ・ほう酸水注入系ポンプ ・燃料プール浄化系ポンプ ・非常用ガス処理系排風機 ・主蒸気隔離弁 等 合計約50機器
	基本点検の実施が困難な機器に関して、健全性を事前に確認するため	駆動源が蒸気である等の理由により、作動試験が実施出来ない機器		<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉隔離時冷却系ポンプタービン ・原子炉給水系ポンプタービン 等 合計約20機器
配管	地震応答解析の結果、許容応力を下回る箇所に対しても異常が発生していないことを念のために確認するため	地震応答解析の結果、他の箇所に比べて地震の影響が比較的大きい箇所	詳細目視点検 (解析範囲で3カ所) 浸透探傷試験 (解析範囲で1カ所) 超音波探傷試験 (解析範囲で1カ所) (2) 硬さ試験【資料2 - 1】 (解析範囲で1カ所) (1)	<ul style="list-style-type: none"> ・主蒸気系 ・ほう酸水注入系 ・原子炉冷却材浄化系 ・非常用ガス処理系 ・高圧炉心注水系 ・原子炉隔離時冷却系 ・残留熱除去系【資料2 - 3】 2.(1) 1 等As、Aクラス配管 12系統

(1 : NISA指示文書の項目番号、 2 : 番号可能な範囲で実施)

 : NISA指示文書による追加点検

 : 今回報告する範囲

追加点検の実施事項 (2 / 4)

予め計画する追加点検 (続き)

	点検理由	点検範囲	点検方法	実施範囲(計画)	
配管(づき)	地震によって相対変位が生じる可能性が高い建屋間貫通部近傍における異常が発生していないことを念のために確認するため	建屋間貫通部に施設される箇所	詳細目視点検 浸透探傷試験 (1) 超音波探傷試験 (1)	主蒸気系 給水系 原子炉補機冷却系 高圧炉心注水系 液体廃棄物処理系 等 約20箇所	2.(4) 1
	基本点検の実施が困難な機器に関する健全性を事前に確認するため	内包する流体が蒸気である等の理由により、現時点で運転圧による漏えい確認ができない箇所	詳細目視点検 浸透探傷試験 (すみ肉溶接部)	主蒸気系 原子炉隔離時冷却系 抽気系 等 8系統	
原子炉圧力容器	地震によって相対変位が生じる可能性が高い箇所(ノズル部)における異常が発生していないことを念のために確認するため 地震応答解析の結果、比較的裕度が小さかったと評価される設備の健全性を確認するため	ノズルセーフエンド	浸透探傷試験 (2) 超音波探傷試験 (3)	低压注水ノズルセーフエンド (N6B,C) [資料2 - 3] 等 約20箇所	2.(1) 1

(1: NISA指示文書の項目番号、 2: 可能な範囲で実施、 3: 解析結果を踏まえて代表を選定して実施)

 : NISA指示文書による追加点検 : 今回報告する範囲

追加点検の実施事項 (3 / 4)

予め計画する追加点検 (続き)

	点検理由	点検範囲	点検方法	実施範囲(計画)	
基礎部	地震の応答が直接伝搬される部分であり、基礎ボルトにおいて、塑性変形による伸びやせん断応力による緩み等の異常が発生していないことを念のために確認するため	機種ごとに代表1機器及び原子炉建屋フロアごとに代表1機器	詳細目視点検 トルク確認 (全数の10%) 超音波探傷試験 (全数の10%)	原子炉压力容器(120本/12本) 原子炉補機冷却系サージタンク(20本/2本) ほう酸水注入系タンク(20本/2本) 等 代表機器基礎ボルトの 約10%	
配管支持構造物	一般的に地震による影響が大きいと考えられる支持構造物に異常が発生していないことを念のために確認するため(配管系点検箇所と同様箇所)	建屋間貫通部に施設される配管近傍のサポート等 (配管に準ずる箇所)	浸透探傷試験	主蒸気系 給水系 原子炉補機冷却系 高圧炉心注水系 液体廃棄物処理系 等約 20箇所	2.(4) 1
	基本点検の実施が困難な機器に関して、健全性を事前に確認するため	メカニカルスナバ	低速走行試験	メカニカルスナバ 約10%	

(1:NISA指示文書の項目番号、 2:可能な範囲で実施、 3:解析結果を踏まえて代表を選定して実施)

: NISA指示文書による追加点検

: 今回報告する範囲

追加点検の実施事項 (4 / 4)

N I S A 指示文書により追加する点検

	点検理由	追加点検範囲	点検方法	実施範囲(計画)	
動的機器	地震応答解析の結果、比較的裕度が小さかったと評価される設備の健全性を確認するため。	地震応答解析の結果、比較的裕度が小さかったと評価される箇所	詳細目視点検	燃料取替機【資料2 - 3】	2.(1) 1
原子炉格納容器及び付属機器	地震応答解析の結果、比較的裕度が小さかったと評価される設備の健全性を確認するため。	地震応答解析の結果、比較的裕度が小さかったと評価される箇所	詳細目視点検	原子炉格納容器 電気配線貫通部 (XX101 ~ X105) 【資料2 - 3】 31箇所	
			目視点検	原子炉冷却材再循環ポンプモーターシグ【資料2 - 3】 代表1台	

(1 : N I S A 指示文書の項目番号)

2 . (2) ¹ の安全上重要な設備に該当しない設備についての対応は検討中。

追加点検に関する指示事項【参考（１／２）】

これまでN I S Aより発行された点検に関する指示文書は、

- 新潟県中越沖地震を受けた柏崎刈羽原子力発電所の設備の健全性に係る点検・評価計画について（平成19年11月9日）
- 柏崎刈羽原子力発電所7号機の設備健全性評価に係る追加的な検討の指示について（平成20年4月17日）

であり、追加点検に関する指示事項を整理¹すると以下の通り。

1：追加点検に関する指示事項のみを抜粋した

「新潟県中越沖地震を受けた柏崎刈羽原子力発電所の設備の健全性に係る点検・評価計画について」（抜粋）

3．点検・評価の手法

（２）点検手法

解析によって裕度が比較的少ない結果が出た場合は、仮に外観上特に異常が認められない場合であっても、その想定される損傷の形態に照らして適切な非破壊試験、材料・寸法試験、耐圧・漏えい試験、機能・性能試験等の追加的な点検を実施すること。

現場における点検によって十分に健全性が証明できないと考えられる場合は、適宜モックアップ試験等の実施を検討すること。

追加点検に関する指示事項【参考（2 / 2）】

「柏崎刈羽原子力発電所7号機の設備健全性評価に係る追加的な検討の指示について」（抜粋）

2. (1)

地震応答解析の結果、比較的裕度が小さかったと評価される下記設備について、非破壊試験等の追加点検を行うこと。

- 原子炉冷却材再循環ポンプモーターシグ
- 燃料取替機
- 残留熱除去系配管
- 低圧注水バルブ（N6B,C）
- 原子炉格納容器 電気配線貫通部（X101～X105）

2. (2)

安全上重要な設備に該当しない設備については、地震応答解析が行われなかったことを考慮して、外観目視点検による確認が困難な場合には、代替措置を検討し、適切に実施すること。併せて、点検で判定できない損傷やひずみを検知する手法や健全性を説明するための手段（代表設備に対する追加的な解析の実施等）について検討し、適切に実施すること。

2. (4)

建屋間や設備の取り合い部等、地震によって相対変位を受ける部位について、点検及び解析に当たって適切に相対変位の影響を考慮すること。

4. (1)

7号機については、地震前の配管の減肉状況の測定が行われていないが、今後、健全性評価に関する最終的な判定を行うまでに適切に測定を実施し、必要に応じて評価に反映すること。

硬さ測定による 塑性ひずみ検出について

平成20年5月16日
東京電力株式会社



東京電力

TEPCO

背景

- 日本原子力技術協会（JANTI）内に、「中越沖地震後の原子炉機器の健全性評価委員会」を設置し、耐震設計グレードの高い静的機器の健全性の評価を検討。検査方法については、以下について提案。

【配管】

- － 目視検査（VT）
- － 浸透探傷検査（PT）もしくは磁粉探傷検査（MT）
- － 超音波探傷検査（UT）
- － 塑性ひずみ測定

【基礎ボルト】

- － 超音波探傷検査（UT）
- － トルク確認

- 現状の点検・解析の結果では変形が認められていないが、地震により重要機器に微小な変形が発生していない事を追加確認するために、塑性ひずみを現地測定する方法について検討を実施した。

塑性ひずみ測定対象・測定方法

■ 測定対象

- 地震応答解析結果の裕度少ない点を塑性ひずみ測定の対象箇所とする。なお、塑性ひずみ測定については、対象箇所1部位に対し、比較用として応力値の低い箇所での測定も行うこととする。
- 測定対象は、代表系統とし、炭素鋼材とステンレス鋼材の両方から系統を選定する。
- 測定箇所は、線量等の作業環境を考慮し、決定する。

■ 検出手法

- 様々な塑性ひずみの測定手法について、現地作業性を考慮し検討を実施。選択した測定手法について検証試験を実施。
- 硬さ法と音速比法について塑性ひずみとの相関を確認

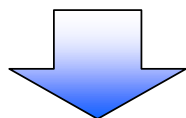
■ 実機における測定方法

- 硬さ法（ポータブルビッカース硬さ計）を基本とし、フェライト鋼のみ補助的に音速比法も実施

塑性ひずみ検出手法（検討）

■ 様々な塑性ひずみの測定について検討を行い、現地適用性を考慮し、以下の測定手法について検証試験を実施。

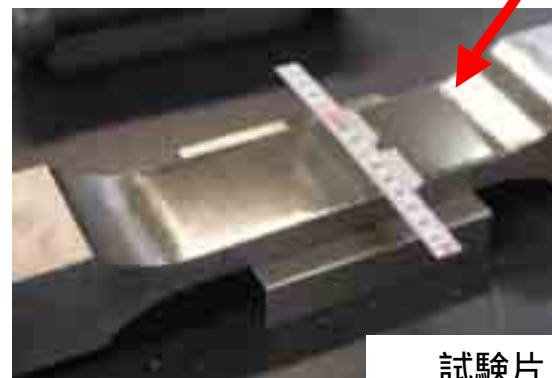
- ✓ 硬さ法
- ✓ 表面金相・表面レプリカ法
- ✓ マルテンサイト検出法
- ✓ 音速比法
- ✓ 磁歪法
- ✓ バルクハウゼンノイズ法



■ 硬さ法と音速比法について塑性ひずみとの相関を確認



試験状況



試験状況と試験片

塑性ひずみ検出手法（検証試験）

■検証方法

- ✓ 変形を与えた試験片の塑性ひずみと測定結果の比較
硬さ法、表面金相・表面レプリカ法、メテンソト検出法
- ✓ 変形を徐々に加えながら、無負荷状態と応力（引張・圧縮）
負荷状態で塑性ひずみと測定結果の比較
音速比法、磁歪法、バルクヘンソイズ法

■材料

- ✓ 炭素鋼（SS400）
- ✓ 低合金鋼（SFVQ1A）
- ✓ ステンレス鋼（SUS304、SUS316L）

塑性ひずみ検出手法（測定手法の概要1）

■材料表面の硬さから塑性ひずみを評価する方法

測定手法		原理
硬さ法	ポ-ダブル ビッカ- 硬さ計	<ul style="list-style-type: none"> ●ダイヤモンド圧子を材料表面に定荷重で押付け、圧痕の寸法から硬さを評価する。 ●塑性ひずみと硬さの関係から塑性ひずみの有無を評価する。
	超音波 硬さ計	<ul style="list-style-type: none"> ●先端にダイヤモンド圧子が付いた振動棒を材料表面に定荷重で押付け、圧痕部の深さと振動棒固有値の相関（硬い材料ほど固有値が低くなる）から硬さを評価する。 ●塑性ひずみと硬さの関係から塑性ひずみの有無を評価する。
	反発式 硬さ計	<ul style="list-style-type: none"> ●永久磁石が付いた圧子を材料表面に発射し、測定器先端外周部に配置したコイルの誘導起電力により初速と反発後の速度比から硬さを評価する。 ●塑性ひずみと硬さの関係から塑性ひずみの有無を評価する。

■材料表面の組織変化から塑性ひずみを評価する方法

測定手法	原理
表面金相	<ul style="list-style-type: none"> ●塑性ひずみ増加と共に発生するすべり線をマイクロスコ-プで表面観察し、塑性ひずみの有無を評価。
表面レプリカ法	<ul style="list-style-type: none"> ●塑性ひずみ増加と共に発生するすべり線をレプリカに転写し、光学顕微鏡や走査型電子顕微鏡（SEM）で観察し、塑性ひずみの有無を評価。

塑性ひずみ検出手法（測定手法の概要2）

■材料表面の相変態(マルテンサイト変態)から塑性ひずみを評価する方法

マルテンサイト 検出法	フェライト スコープ	<ul style="list-style-type: none"> ●オーステナイト系ステンレス鋼の塑性変形の過程で発生するマルテンサイト変態をフェライト量として検出。 ●フェライトによる磁気の変化を利用して測定 ●健全部との比較により塑性ひずみの有無を評価
	渦電流探傷 (マルチコイル型フェライト計測器)	<ul style="list-style-type: none"> ●オーステナイト系ステンレス鋼の塑性変形の過程で発生するマルテンサイト変態を渦電流信号の変化として検出。 ●健全部との比較により塑性ひずみの有無を評価

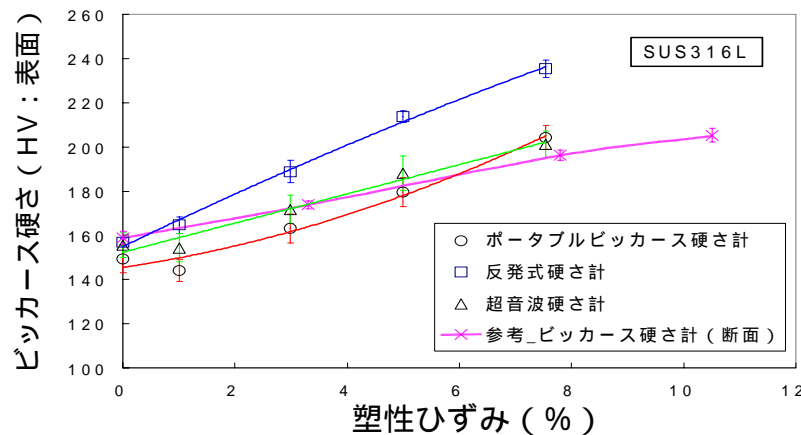
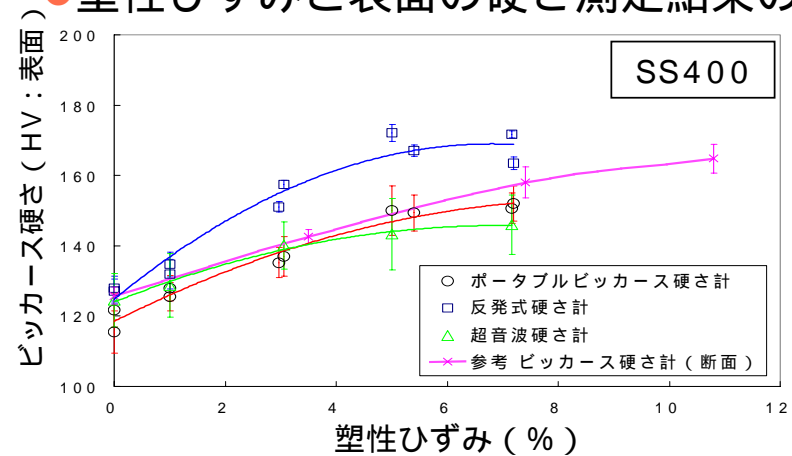
■材料表面の応力状態等から塑性ひずみを評価する方法

測定手法	原理
音速比法	<ul style="list-style-type: none"> ●縦波と横波の音速比、もしくは振動方向の異なる横波の音速比と応力（変形）の関係を利用して、残留応力（変形）を評価。 ●健全部との残留応力（変形）と比較することで塑性ひずみの有無を評価
磁歪法	<ul style="list-style-type: none"> ●外部から磁場を加えることで発生する磁歪と応力（変形）の相関を利用し、残留応力を評価。 ●健全部の残留応力（変形）と比較することで塑性ひずみの有無を評価
バルクハウゼン ノイズ法	<ul style="list-style-type: none"> ●外部から磁場を与えたときに、結晶・組織の状態に依存する磁壁の移動が妨げられて発生する磁気ノイズを利用し、残留応力状態を評価。 ●健全部の残留応力（変形）と比較することで塑性ひずみの有無を評価

塑性ひずみ検出手法（測定結果1）

■ 硬さ法による測定結果

● 塑性ひずみと表面の硬さ測定結果の相関を確認

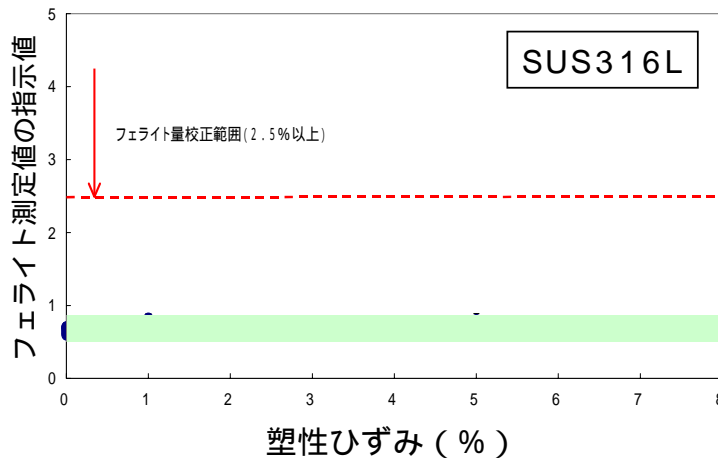


硬さ測定

塑性ひずみ検出手法（測定結果 2）

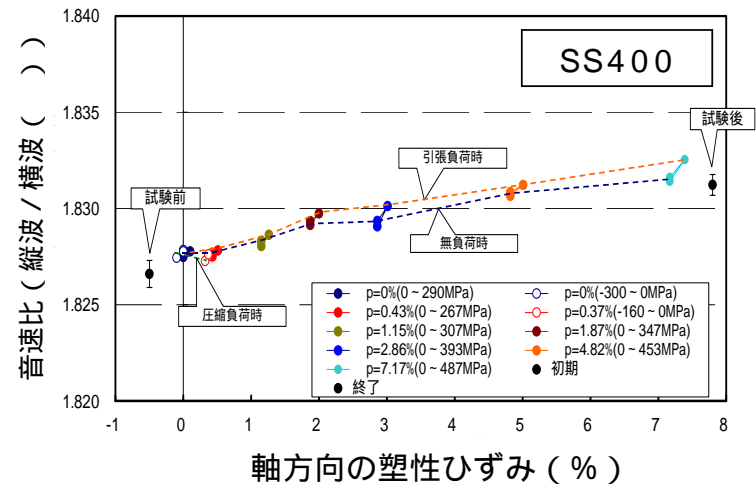
■ その他の方法による測定結果例

マルテンサイト検出法



試験した範囲では、塑性ひずみが増加してもマルテンサイト変態に伴う指示値の変化は認められなかった。

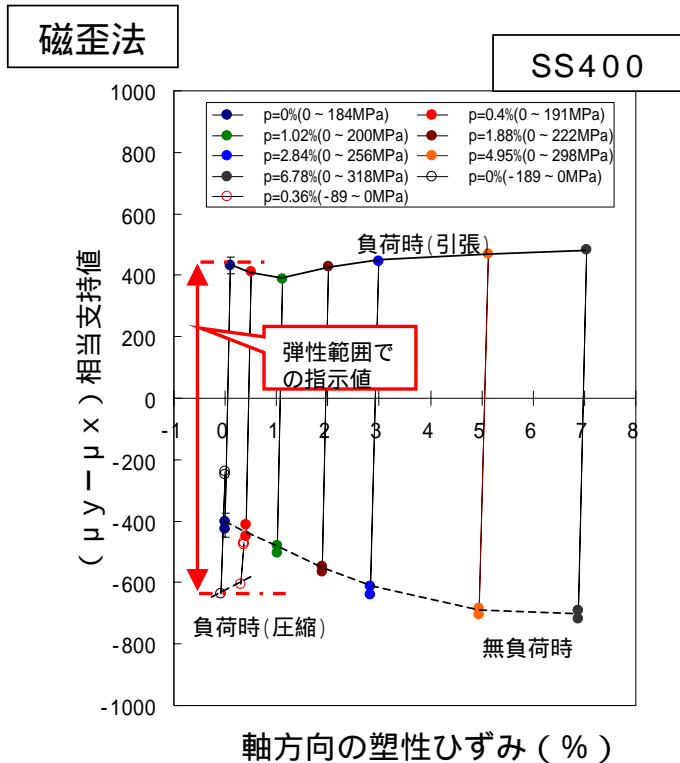
音速比法



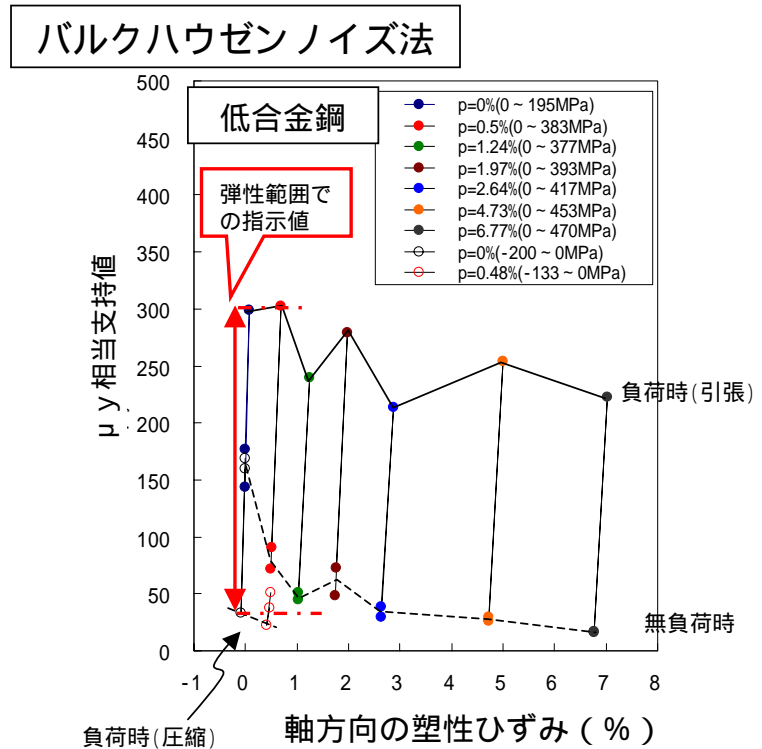
炭素鋼などのフェライト鋼については、音速比と塑性ひずみの間に相関が認められた。

塑性ひずみ検出手法（測定結果3）

■ その他の方法による測定結果例



信号の変化は確認できたが、塑性ひずみを付与した場合の指示値が弾性範囲内の指示値となり、判別不能



信号の変化は確認できたが、塑性ひずみを付与した場合の指示値が弾性範囲内の指示値となり、判別不能

塑性ひずみ検出手法（測定結果4）

		フェライト鋼 (炭素鋼、低合金鋼)	オーステナイト系ステンレス鋼 (SUS304、SUS316L)
硬さ法			
表面金相・表面レプリカ法		×	×
マルテンサイト検出法		-	
音速比法	垂直法		
	表面波法		
磁歪法			-
バルク超音波法			

：塑性ひずみとの相関を確認

：信号の変化が確認できる

：信号の変化が確認できる

（塑性ひずみの検出には検討を要する）

×：試験範囲では明確な変化が認められなかった

■ 実機における測定方法

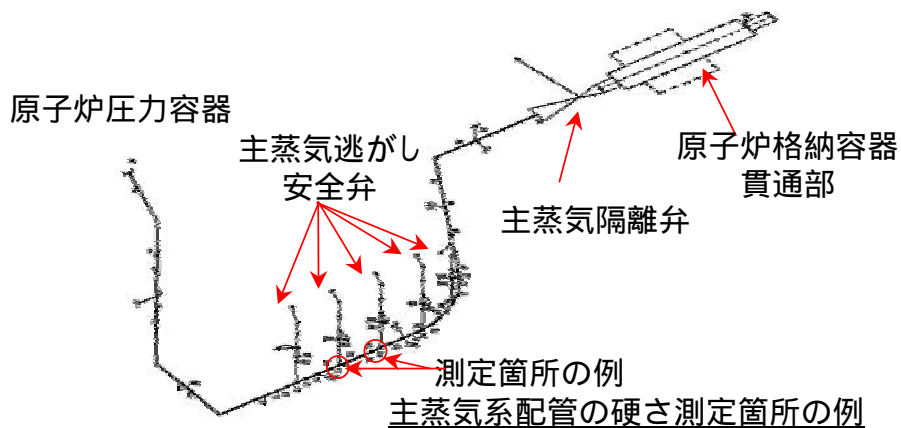
- 硬さ法を基本とし、フェライト鋼のみ補助的に音速比法も実施

実施場所

- 現場調査の結果、線量等作業環境、及び製造履歴の影響を考慮し、柏崎刈羽原子力発電所7号機では以下の系統で実施

系統	材料	測定箇所	形状
主蒸気系	炭素鋼	製造履歴の影響が少なく裕度が少ない点、比較部	ティー
原子炉隔離時冷却系	炭素鋼	裕度最小点、比較部	直管部
ほう酸水注入系	ステンレス鋼	裕度最小点、比較部	直管部
非常用ガス処理系	炭素鋼	製造履歴の影響が少なく裕度が少ない点、比較部	直管部

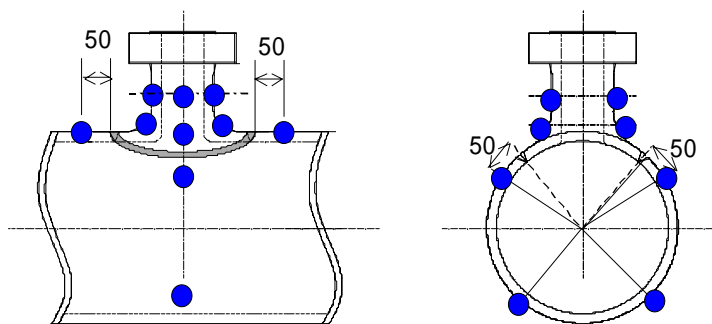
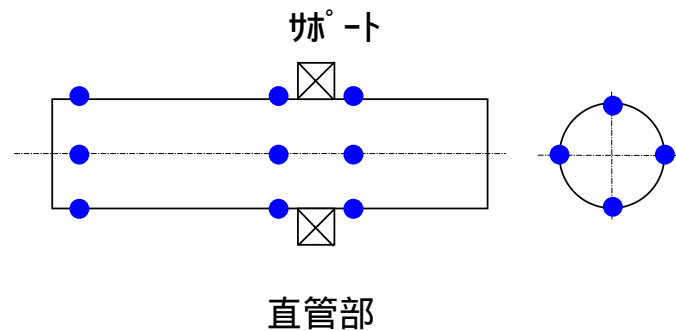
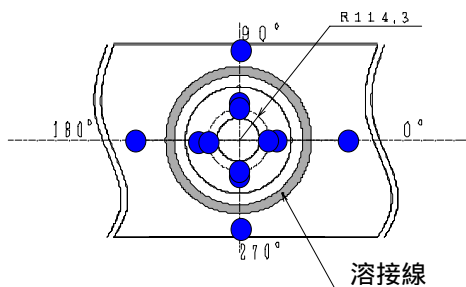
裕度の順位は、同一系統内で順位



実施場所

■ 測定場所

- ティー部及び直管部の測定位置は下記の通りとする。
- 解析上，地震による応力が高い部位と低い部位を測定・比較し，両者に有意な差があるか否かを調査する。



ティー部

実施方法

■ 測定前準備

- 表面状態の影響を排除するため、対象箇所を # 4 0 0 で研磨を行う。

■ 硬さ測定

- ポータブルビッカース硬さ計にて測定を行う。
- 総体的に変形すると想定し、測定点数は1箇所あたり、40点とする。
- 測定結果は、ばらつきの影響を考慮して測定結果の上下5点ずつを除いた30点の平均とする。
- 荷重は、50N (5kgf) とする。

■ 評価

- 評価部位と比較部の硬さを比較し、測定結果のばらつき、製造履歴の影響等を考慮し、総合的な判断を行う。
- 塑性ひずみが認められた場合は、低サイクル疲労強度への影響の評価を実施する。

スケジュール

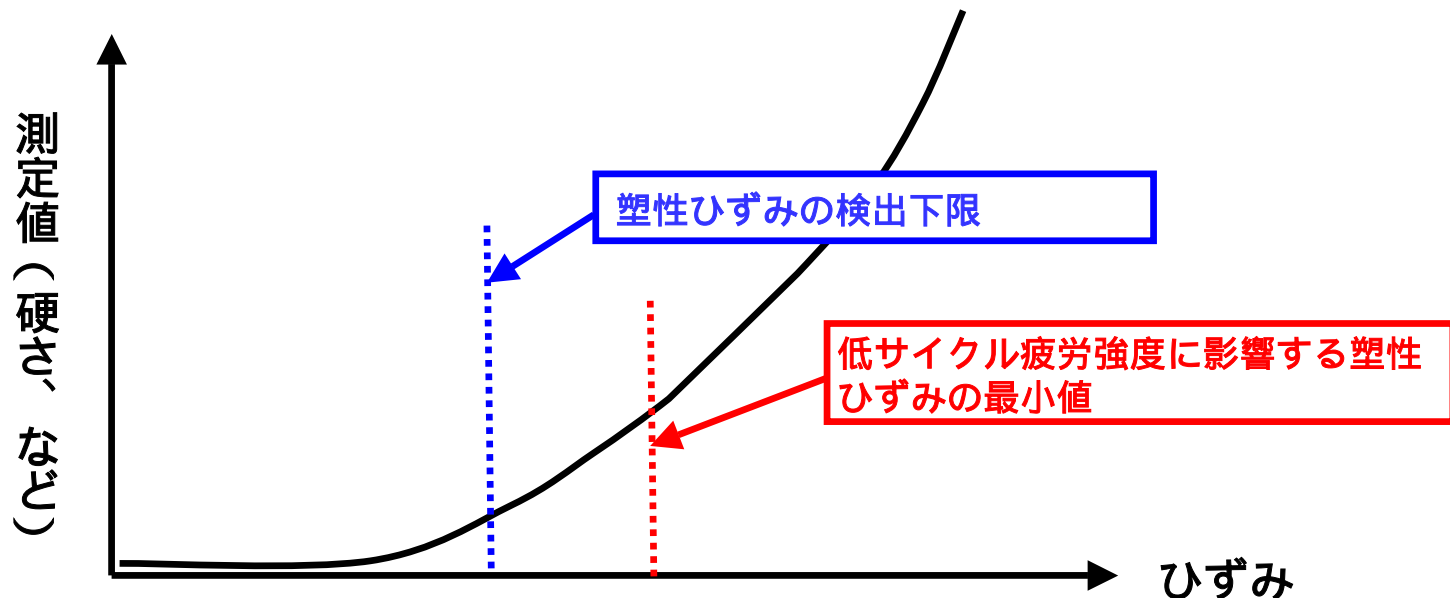
■ 柏崎刈羽原子力発電所 7号機 硬さ測定実施スケジュール

	4月	5月
硬さ測定		

4月30日より実施

地震により機器に生じた塑性ひずみの検査と評価（例）

- 解析上、応力の高い部位と低い部位とを比較して、有為な差がない場合は、地震の影響は小さいと判断できる
- 塑性ひずみの検出下限が、疲労強度に影響を与える塑性ひずみの最小値以下（下図）であれば、測定結果を基にした疲労強度への影響の有無が評価可能



地震荷重を受けた機器部材の 疲労強度について



東京電力

TEPCO

地震により発生が想定される損傷モード

損傷モード	検出・評価の方法
延性破断	目視点検
塑性崩壊	目視点検
座屈	目視点検
過大な変形	目視点検
疲労 塑性ひずみが疲労寿命に及ぼす影響	・地震応答解析結果による累積損傷評価 ・予ひずみを付与した材料の疲労試験

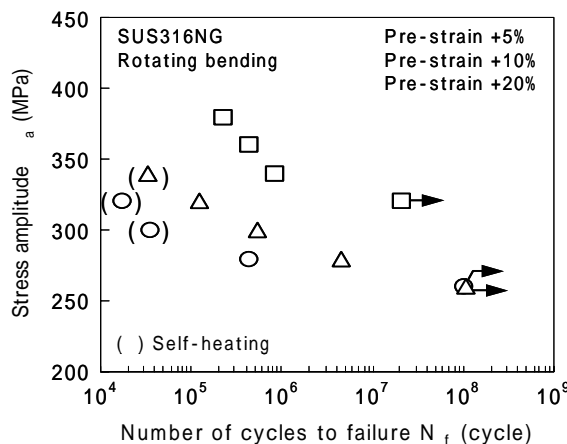
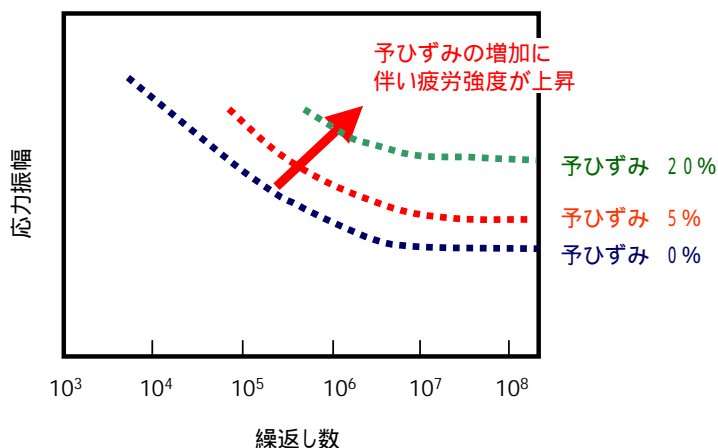
予ひずみ材の疲労強度に対する知見

■荷重履歴の効果

変動荷重を受ける部材の疲労強度は荷重の順序（履歴）の影響を受ける場合があるため、地震荷重（予ひずみ）が機器部材の疲労強度におよぼす影響を調査した。

■高サイクル疲労

オーステナイト系ステンレス鋼のように顕著なひずみ硬化を示す材料は、予ひずみにより疲労強度は増加するので、現行設計疲労曲線を用いた累積損傷評価は保守的な評価となる。



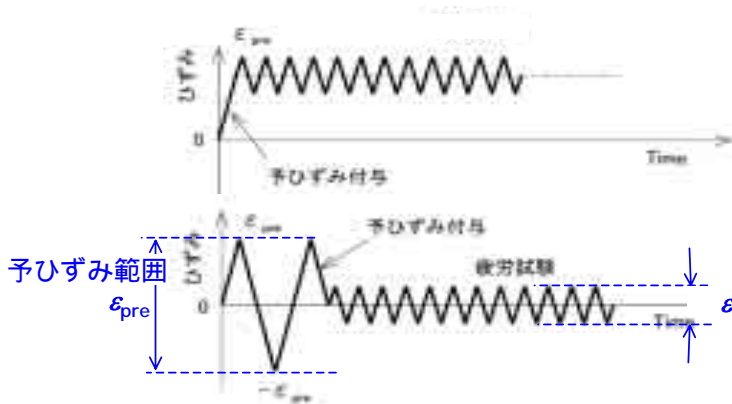
*: 小川ら、H19年度日本高圧力技術協会秋季講演会

予ひずみ材の高サイクル疲労強度 (左: イメージ, 右: 実測)

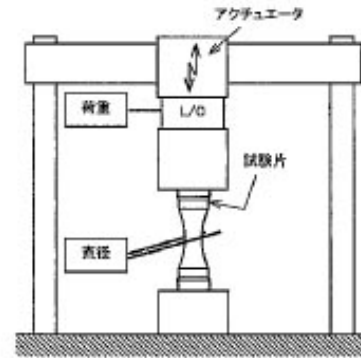
予ひずみを受けた材料の低サイクル疲労強度試験

■低サイクル疲労

- 地震荷重を模擬した負荷を与えた材料（予ひずみ付与材材）の低サイクル疲労強度を評価



予ひずみ付与疲労試験



試験装置概略図

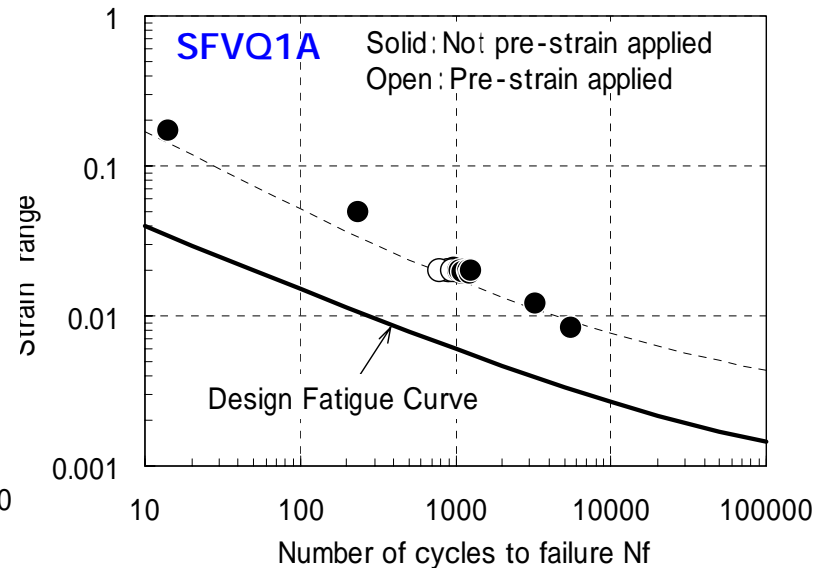
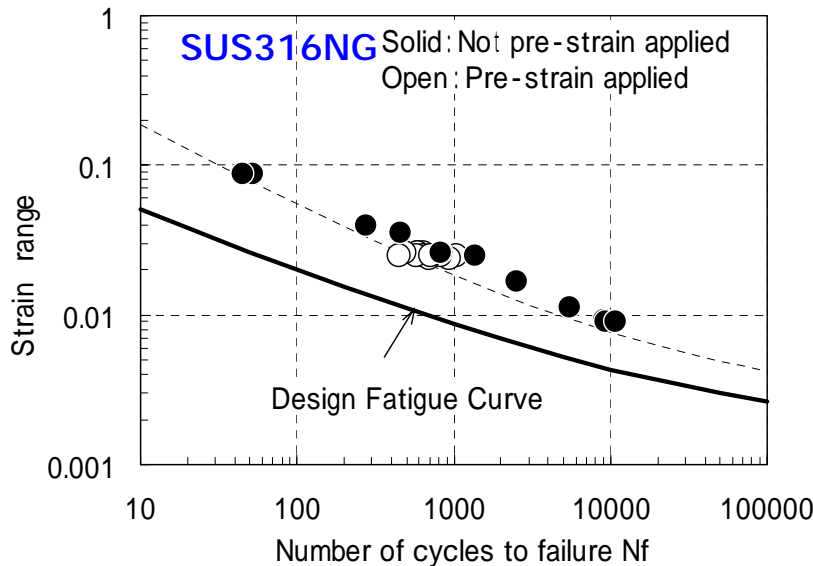


試験片

試験条件

- 試験材料：SUS316NG，低合金鋼（SFVQ1A）
- 試験片形状：砂時計型試験片 径歪み制御による低サイクル試験
- 予ひずみ条件： $\epsilon_{pre}=16\%$ ， 8%
- 予ひずみサイクル：0.25～5サイクル
- 繰り返しひずみ範囲 2.5%（SUS） 2.0%（LAS）
- 試験温度：常温

予ひずみを受けた材料の低サイクル疲労強度試験結果



予ひずみサイクル付与材の疲労試験結果の例($\epsilon_{pre} = 1.6\%$)

- 予ひずみが付与された場合でも、上記材料の疲労強度は設計疲労曲線に対して裕度を有しており、現行設計疲労曲線を用いた累積損傷評価（UF）結果は保守性を有する

柏崎刈羽原子力発電所 7号機 配管減肉調査の状況について

平成20年5月16日
東京電力株式会社



東京電力

経年劣化影響に関する検討・調査の状況

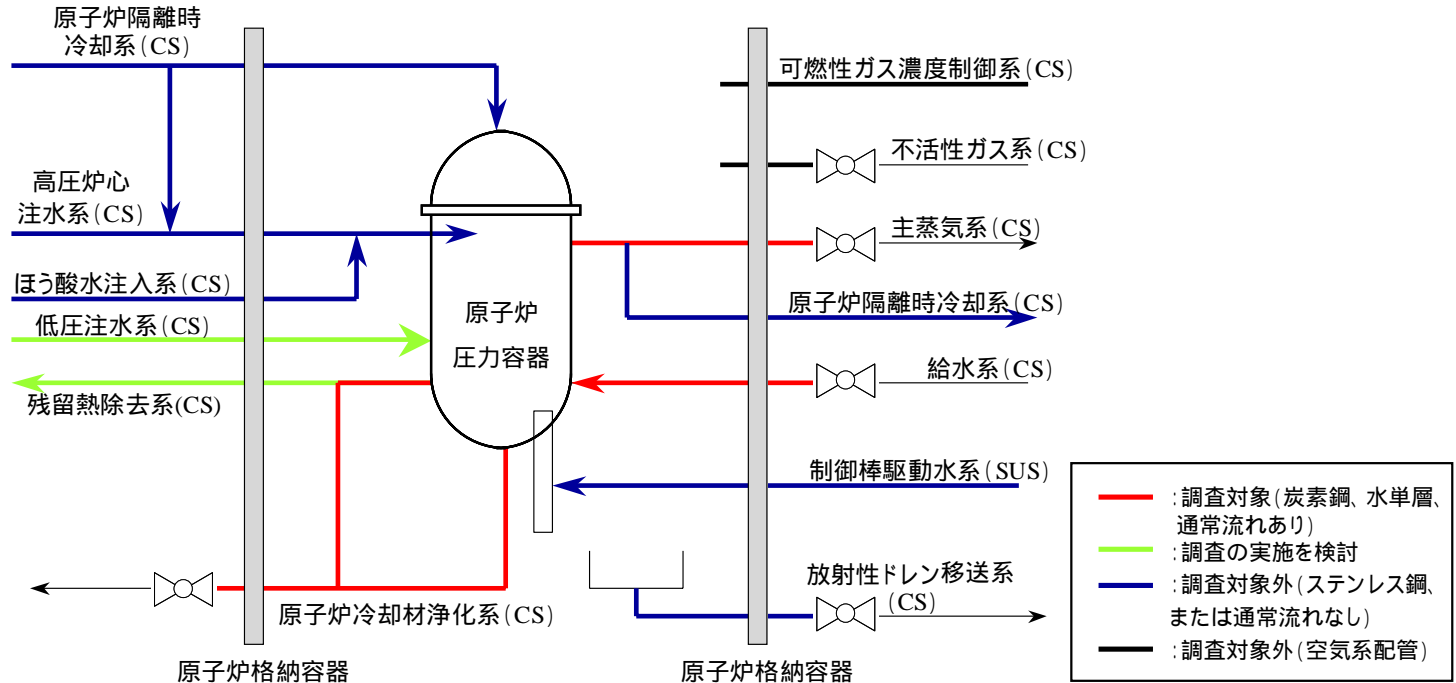
- 中越沖地震後の設備健全性評価においては、下記の経年劣化事象の影響について検討することとしている
 - ✓ 粒界型応力腐食割れ（IGSCC）
KK3/5PLR配管、KK2/3炉心シュラウド等のIGSCCの顕在化している機器について、ひび寸法を測定し、構造強度評価を実施
 - ✓ 低サイクル疲労
建設時疲労評価の厳しい箇所について、新潟県中越沖地震による疲れ累積係数への影響を評価（解析評価の一環として実施）
 - ✓ 配管減肉（FAC）
耐震安全上重要な配管系について、顕著な減肉傾向の有無を調査
- 耐震安全上重要な配管系の減肉（FAC）傾向の確認については、現在、調査箇所の選定及び配管板厚測定の準備を進めているところ
- 配管板厚測定の結果、顕著な減肉傾向（配管製作上の公差を下回る場合など）が確認された場合には、応力解析に与える影響について検討する
- なお、耐震安全上重要な配管系以外についても、減肉管理データ充足の観点から、配管板厚測定を計画・実施している

配管減肉の調査対象箇所

■調査対象系統の選定

主蒸気系、給水系等の耐震重要度の高い配管系から、鋼種、内部流体、通常運転時の流れの有無を考慮して、調査対象系統及び調査対象ラインを選定

主蒸気系、給水系、原子炉冷却材浄化系



配管減肉の調査対象箇所(選定状況)

AS/Aクラスの配管系 (主なもの)	鋼種 ¹	最高使用 温度[]	内部流体	通常運転時 流れの有無	調査 対象
主蒸気系(RPVバウンダリ)	CS	302	蒸気単層	有	
給水系(RPVバウンダリ)	CS	302	水単層	有	
残留熱除去系	CS	302	水単層	無	- ²
原子炉冷却材浄化系	CS	302	水単層	有	
制御棒駆動水系	SUS	66	-	-	-
高圧炉心注水系	CS	302	水単層	無	-
原子炉隔離時冷却系	CS	302	蒸気単層 / 水単層	無	-
ほう酸水注入系	SUS	302	-	-	-
不活性ガス系(PCVバウンダリ)	CS	171	空気(窒素)	-	-
放射性ドレン移送系	CS	66	水単層	無	-
可燃性ガス濃度制御系	CS	777	空気(窒素)	-	-
原子炉補機冷却水系	CS	85	水単層(防錆剤添加)	-	-
原子炉補機冷却海水系	CS	50	水単層(内面ライニング)	-	-

1 CS:炭素鋼 SUS:ステンレス鋼

2 定期検査中に停止時冷却モードとして比較的長時間通水する範囲について調査の実施を検討中

配管減肉の調査対象箇所(選定状況)

■調査対象箇所の選定

調査対象ラインより、偏流部の形状（エルボ、分岐等）を勘案して調査対象箇所を選定

配管減肉調査対象箇所数（案）

	エルボ 曲げ管	分岐 管台	その他	計
主蒸気系	4	3	2	9
給水系	2	2	3	7
原子炉冷却材浄化系	5	4	6	15
残留熱除去系	4	2	3	9

作業性（放射線量）等により、今後調査対象箇所の変更可能性あり

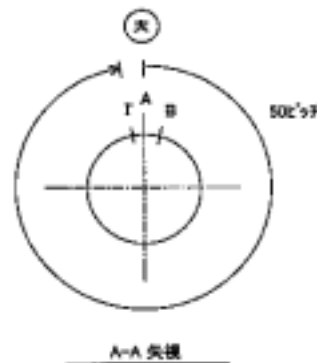
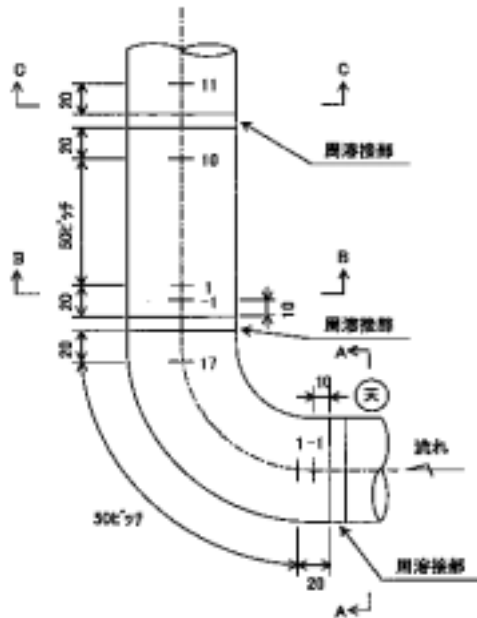
配管減肉の調査方法

■測定方法

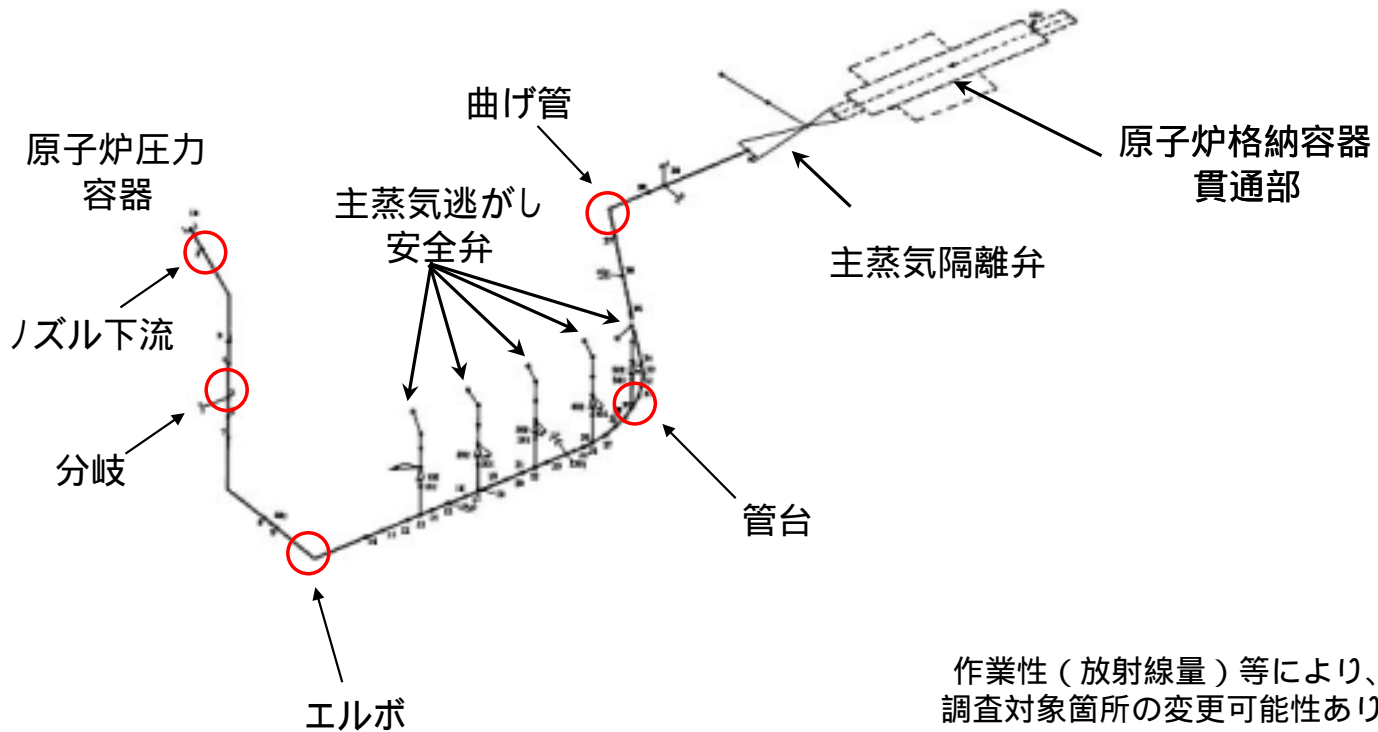
配管減肉管理に関する社内指針に基づき、偏流発生部位及びその下流部について、超音波板厚計を用いて配管板厚を計測

社内管理指針における測定ピッチの例

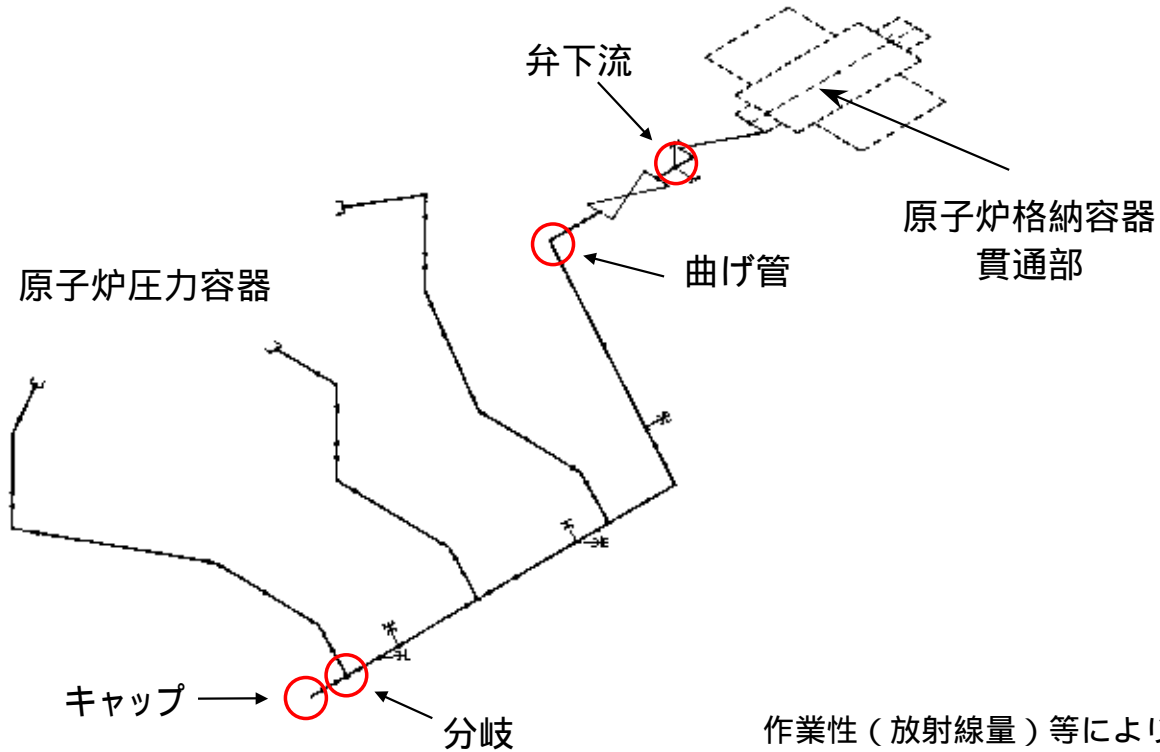
配管口径	軸方向ピッチ	周方向ピッチ	偏流域下流測定長さ
25A ~ 50A	20 mm	20 mm	300 mm
65A ~ 125A	30 mm	30 mm	300 mm
150A以上	50 mm	50 mm	500 mm



(参考) サンプル箇所例(主蒸気系)



(参考) サンプル箇所例 (給水系)



作業性（放射線量）等により、今後調査対象箇所の変更可能性あり

比較的裕度が小さいと評価された設備
に対する追加点検の実施について

2008年5月16日
東京電力株式会社



東京電力

TEPCO

対象範囲

- NISA指示文書「柏崎刈羽原子力発電所7号機の設備健全性に係わる追加的な検討の指示について」に記載される、比較的裕度が小さいと評価された以下の設備について追加点検を実施する
 - ◆ 低圧注水ノズル（N6）
 - ◆ 原子炉冷却材再循環ポンプモーターケーシング
 - ◆ 格納容器 電気配線貫通部
 - ◆ 燃料取替機
 - ◆ 残留熱除去系配管（実施方法検討中）

NISA指示文書

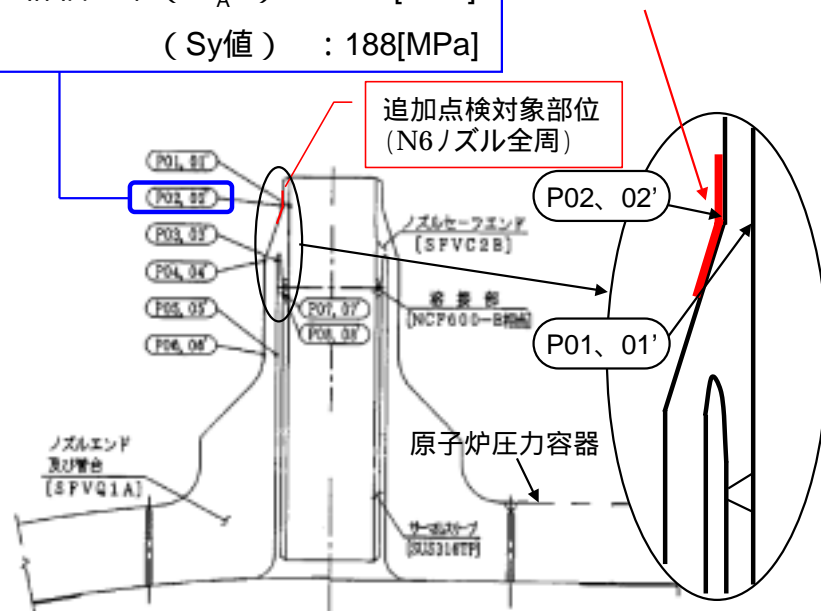
「柏崎刈羽原子力発電所7号機の設備健全性に係わる追加的な検討の指示について」抜粋
2．追加点検等

（1）地震応答解析の結果、比較的裕度が小さかったと評価される設備、具体的には低圧注水ノズル（N6）、原子炉格納容器の電気配線貫通部、原子炉再循環ポンプモーターケーシング、燃料取替機及び残留熱除去系配管について、健全性を確認するため、非破壊検査等の追加点検を行うこと

低圧注水ノズル（N6B,C）

- 発生応力 : 177[MPa]
- 評価基準 (A_S) : 252[MPa]
(S_y 値) : 188[MPa]

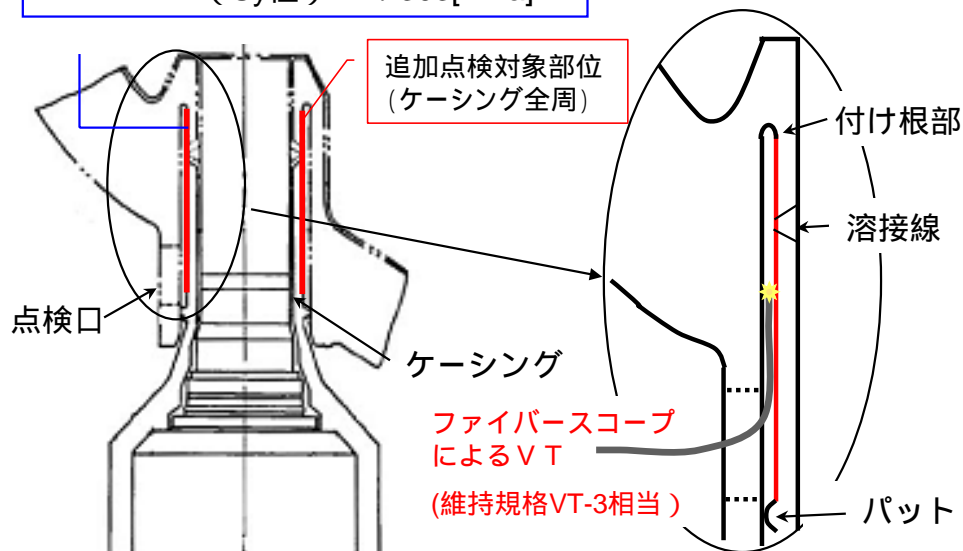
外表面の浸透探傷試験 (PT)



- 地震応答解析の結果、評価基準値に対して裕度が小さいと評価された箇所は、ノズルセーフエンドの立ち上がり部（外表面の形状変化部、上図のP02点）であり、局所的な応力集中による異常の確認であることから**外表面の浸透探傷試験 (PT)**を実施する。
- 当該部の点検として、超音波探傷検査 (UT)、硬さ測定、音速比法等についても検討したが、高線量区域での作業となることを勘案し、浸透探傷試験 (PT) を選定した。
- なお、基本点検における目視点検 (VT) では、変形等の異常がないことを確認している。

原子炉冷却材再循環ポンプモータケーシング

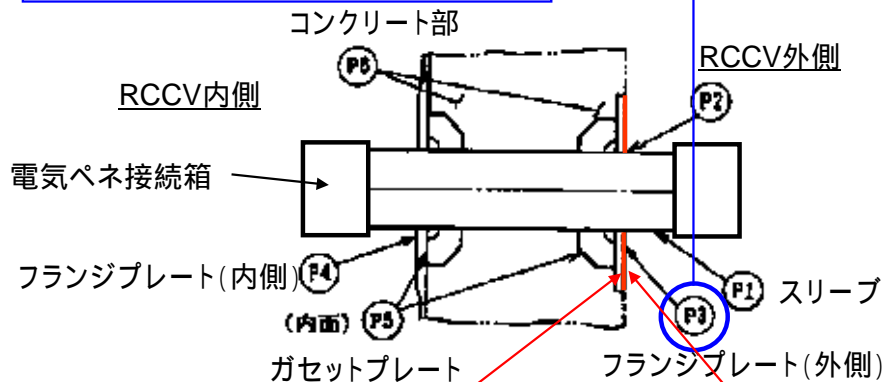
- 発生応力 : 105[MPa]
- 評価基準 (σ_A) : 123[MPa]
- (S_y 値) : 303[MPa]



- 地震応答解析の結果、評価基準値に対して余裕が小さいと評価された箇所は、ケーシング部である。また、当該部には軸圧縮力が発生することから、座屈による変形を想定し、目視点検(維持規格VT-3相当)を実施する。
- 当該部は、狭隘部であり直接目視点検が困難なため、点検口からファイバースコープによる目視点検 (VT) を実施する。また、ケーシング10台とも地震応答解析の結果が同一であることから代表1台を対象とし、付け根部からパット位置の間に対してケーシング全周のVTを実施する。
- 溶接線近傍までの範囲については超音波探傷試験も実施可能であるが、特に軸圧縮力の影響が大きいと考えられるケーシング付け根周辺の探傷が不可能であることから、VTを選定した。

原子炉格納容器 (RCCV) 電気配線貫通部

- 発生応力 : 195[MPa]
- 評価基準 (σ_{AS}) : 264[MPa]
(σ_{Sy} 値) : 230[MPa]



追加点検対象部位
(X101 ~ X105 計31箇所)

詳細な目視点検(維持規格VT-1相当)



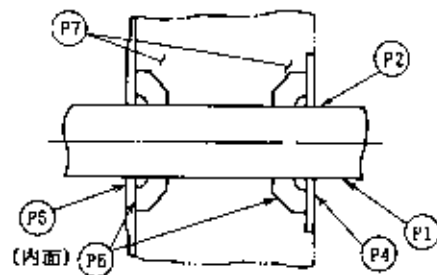
- 地震応答解析の結果、評価基準値に対して裕度が小さいと評価された箇所は、RCCV外側のフランジプレート部(上図のP3部)である。また、当該部に発生した応力は、曲げ応力であることからフランジプレート部の変形を想定し、詳細な目視点検(維持規格VT-1相当)により、変形、塗装の割れの無いことを確認する。また、現場の作業性等を考慮し、代表箇所に追加的に浸透探傷試験(PT)を実施することも検討中である。
- なお、貫通部本体については、局部漏えい試験によって問題の無いことが確認されている。

フランジプレートは、スリーブの支持機能を有しており、ガセットプレートと一体でコンクリート部に埋設されていることから基本形状、寸法等が大きく変わらなければ、支持機能に影響するものではない。

原子炉格納容器（RCCV） 電気配線貫通部（補足）

格納容器配管貫通部の地震応答解析結果について

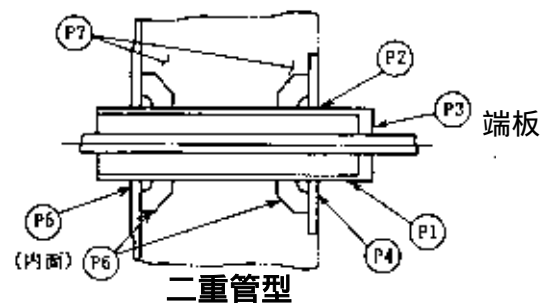
- 配管の貫通部で発生応力が評価基準に最も近いものは、前頁と同様の下記に示す直結型であった。



例：X-204(RHRポンプ(A)テストライン)

直結型

- 配管の貫通部は上述のような直結型だけでなく二重管型構造のものがあるが、設計時の裕度が直結型より大きいため、今回の解析の対象としていない。

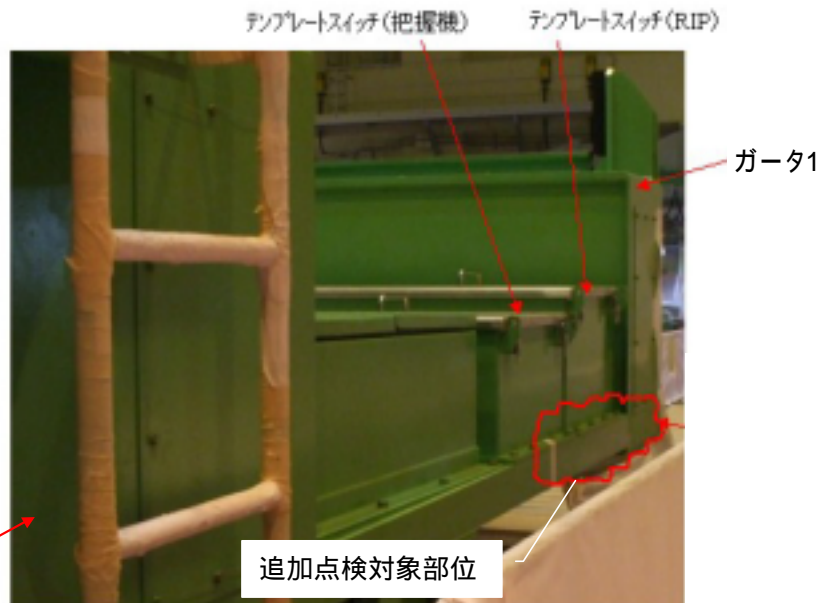
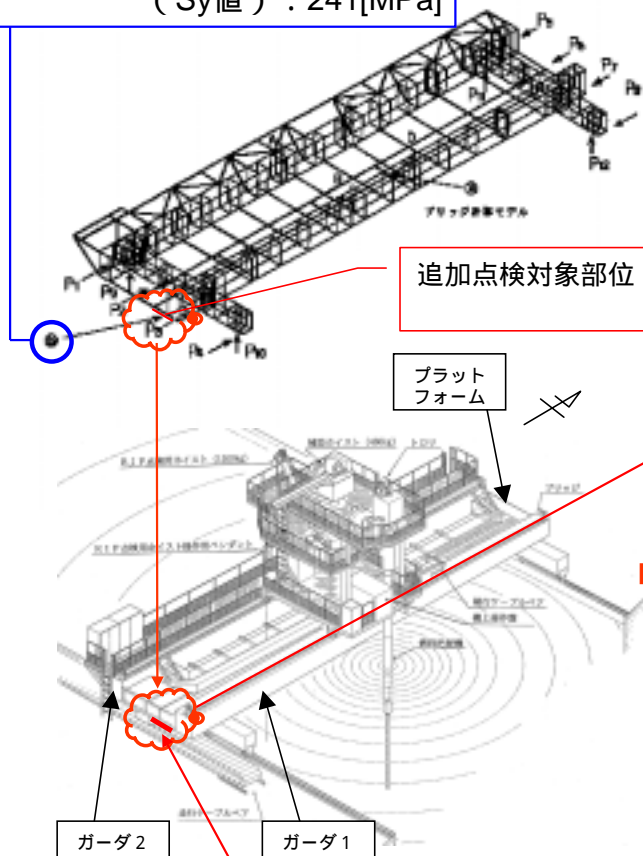


二重管型

P :地震応答解析の評価箇所

燃料取替機

- 発生応力 : 204[MPa]
- 評価基準 ($\sigma_A S$) : 241[MPa]
(Sy値) : 241[MPa]

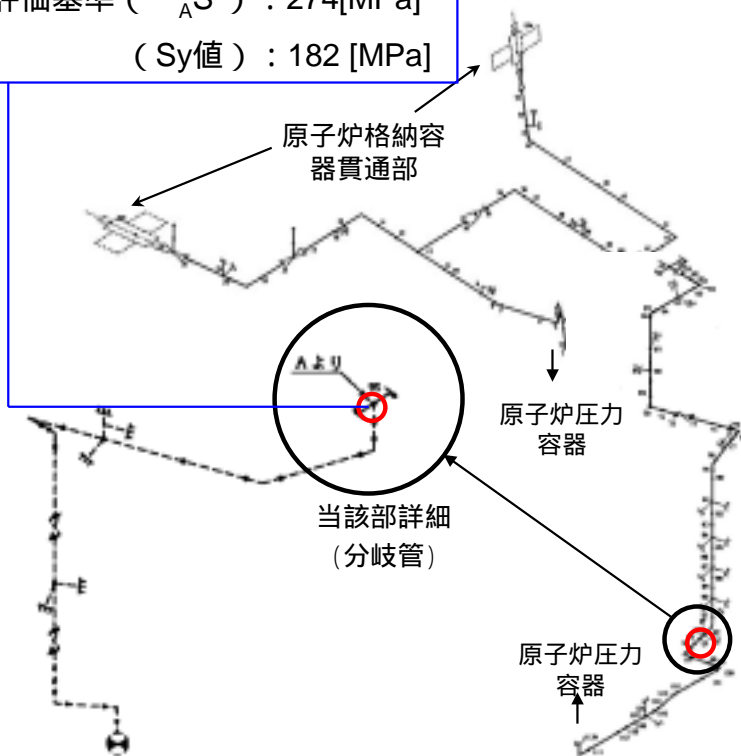


■地震応答解析の結果、評価基準値に対して裕度が小さいと評価された箇所は、プラットフォームの梁の部位である。また、当該部に発生した応力は、曲げ応力であることから、プラットフォーム梁の変形を想定し、詳細な目視点検(維持規格VT-1相当)により、変形、塗装の割れの無いことを確認する。

詳細な目視点検(維持規格VT-1相当)

残留熱除去系配管

- 発生応力 : 239[MPa]
- 評価基準 (σ_{AS}) : 274[MPa]
(Sy値) : 182 [MPa]



下側より



- 地震応答解析の結果、評価基準値に対して余裕が小さいと評価された箇所は、配管分岐部の部位である。また、当該部に発生した応力は曲げ応力であることから、配管の変形を想定する。
- 当該部は、線量が非常に高い配管であり、アクセス性も悪いことから追加点検の実施方法等については、現在検討中である。

目視試験 V T - 1、2、3 の主な相違点 (参考)

■ V T - 1

機器表面の磨耗、き裂、腐食、浸食等の強度に影響を与える異常を検出するために行う試験。(眼から被験面までの距離は600mm以下)

■ V T - 2

系の漏えい試験の場合に、耐圧機器からの漏えいを検出するための試験。(眼から被験面までの距離は1800mm以内)

■ V T - 3

機器の変形、心合せ不良、傾き、隙間の異常、ボルト締付部の緩み、部品の破損、脱落および機器表面における異常の検出するために行う試験。(眼から被験面までの距離は1200mm以内)(直接目視試験の場合)

■ M V T - 1

炉内構造物の表面について、磨耗、き裂、腐食、浸食等の異常を検出するために行う遠隔目視試験。(水中カメラ等のキャリブレーションが必要)

(発電用原子力設備規格 維持規格 2004年版より抜粋)

RCCV電気配線貫通部、燃料取替機については、機器表面の変形、塗装割れの有無を確認する表面検査を行うため、これらを参考にV T - 1相当による目視点検を実施。