

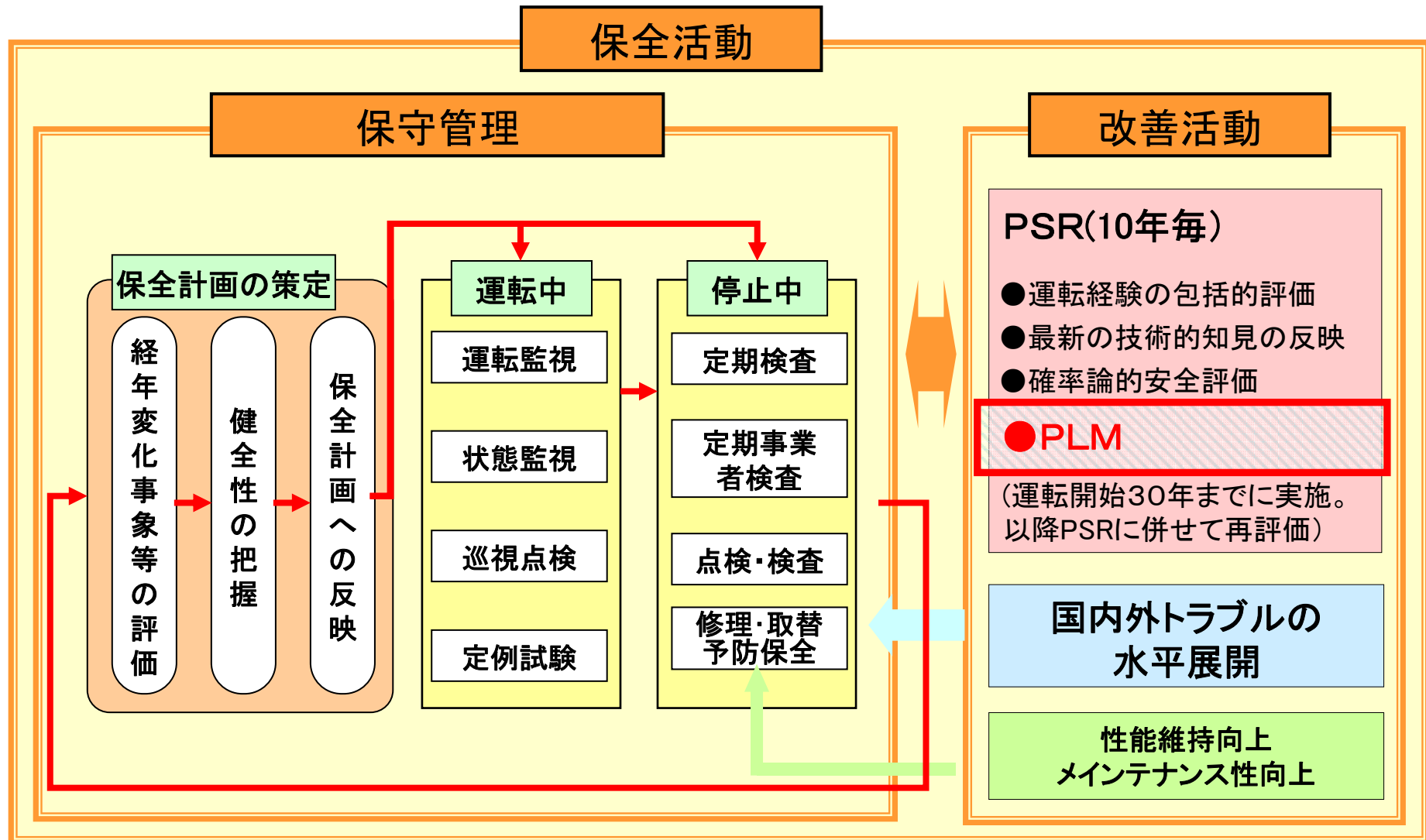
# 美浜発電所3号機

## 高経年化技術評価等報告書について

関西電力(株)  
原子力事業本部

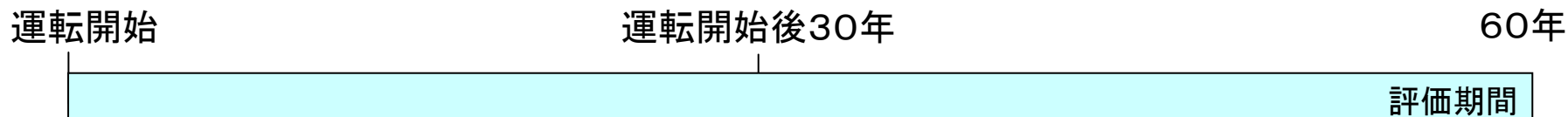
# 原子力発電所の保全活動の仕組み

保全活動を計画的、体系的に遂行するとともに、継続的な改善活動を実施



- 平成8年 「高経年化対策に関する基本的な考え方」  
事業者は自主的な保安活動として経年劣化に関する技術評価及び長期保全計画策定を実施し、国はその妥当性確認を実施することを示した
- 平成15年 「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則(以下、炉規則)」  
原子力発電所の運転開始日以降30年を経過する日までに技術評価及び長期保全計画策定を実施し、10年を超えない期間毎に再評価することを義務付け
- 平成16年 「高経年化対策検討委員会」  
高経年化対策の充実を図るために国において設置。既に評価を実施した9プラントの評価結果は妥当であるとしつつ、基本的要求事項の明確化等の必要性を示した
- 平成17年12月 「高経年化対策検討委員会」の検討結果の実施
  - ・技術評価及び長期保全計画の報告書等について炉規則により報告義務付け
  - ・高経年化対策実施のための審査ガイドライン等の発行
- 平成18年1月 美浜3号機 高経年化対策技術評価等報告書を国に提出
- 平成18年4月 美浜3号機 高経年化対策技術評価等報告書(変更)を国に提出  
先行2プラントの審議内容等の反映

# 高経年化対策に関する保守管理の流れ



定期検査、定期事業者検査、PSRなど  
保守管理活動を展開



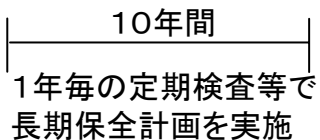
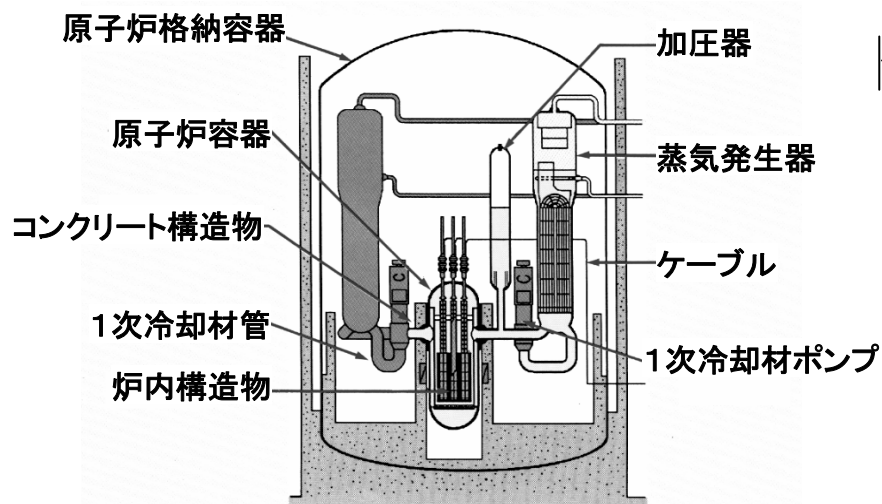
## 高経年化技術評価

運転開始後60年までの間に想定される  
経年劣化事象を抽出

これまでの保守管理活動の中で対応できるか  
どうかを現在の最新知見をもとに評価

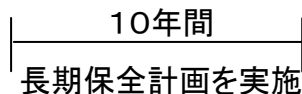
## 長期保全計画策定

今後10年間の保守管理活動として追加すべき  
保全計画を策定

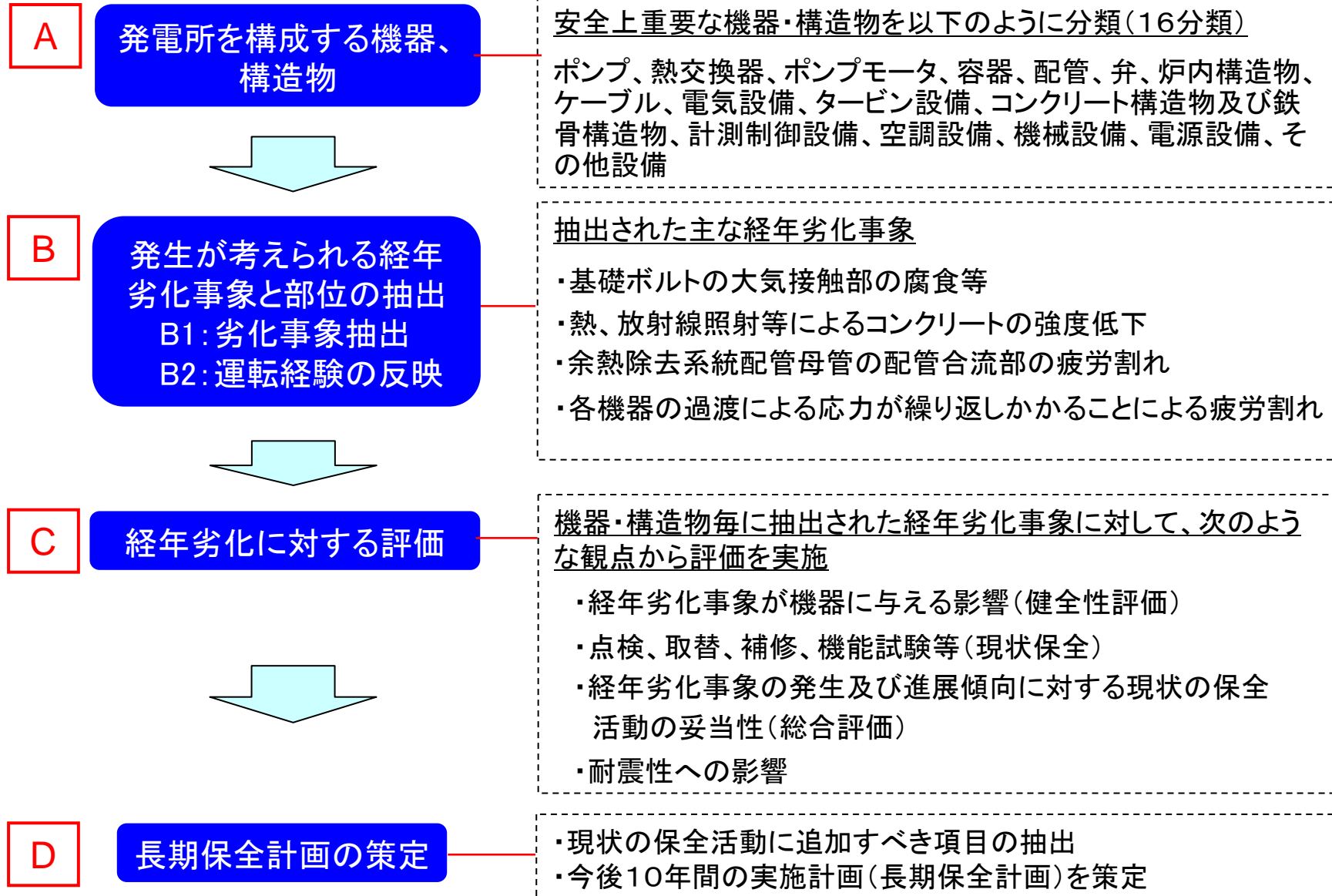


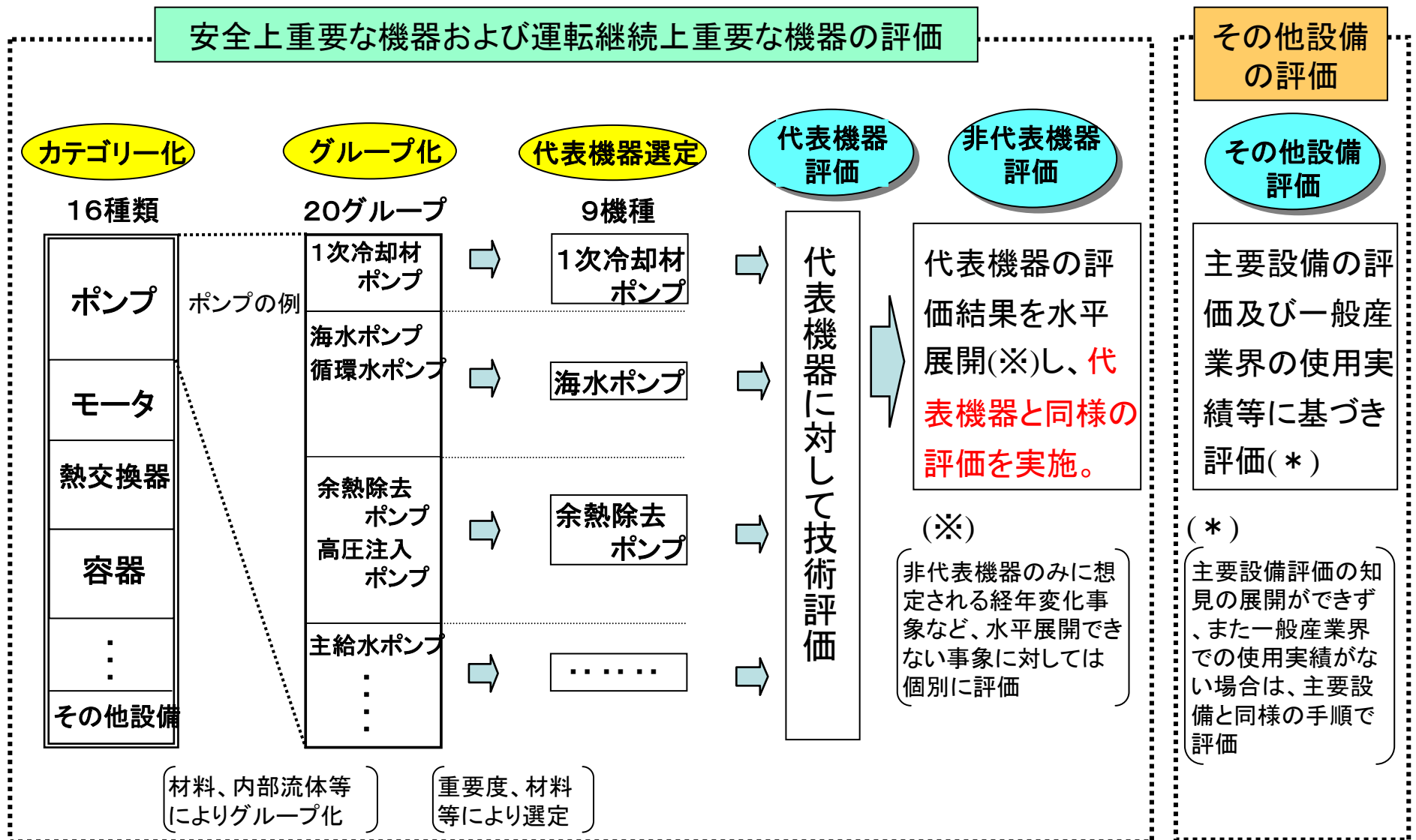
▽ 10年間の保守管理活動やその時  
点での最新知見をもとに評価見直し

- 高経年化技術評価(再評価)
- 長期保全計画策定(再評価)



- 高経年化技術評価は、安全機能を有する機器・構造物(容器、配管、コンクリート構造物等)について、長期間の使用(評価上60年間を仮定)に対する健全性を確認するため、経年劣化事象が発生する可能性の有無や、経年劣化事象の発生及び進展傾向に対する現状の保全活動の妥当性、耐震性への影響等について評価するもの。
- 評価の結果、将来的に経年劣化事象が顕在化すると懸念されるもの等については、現状の保全活動(定期事業者検査等)に追加すべき項目を抽出し、今後10年間の具体的実施内容、実施方法、実施時期についての長期保全計画をとりまとめる。
- 定期的(10年毎)、及び新たな知見が得られた場合などに再評価を行っている。





安全重要度分類指針の1, 2, 3クラスの機器を対象

	機器	安全上重要な機器例	運転継続上重要な機器例
1	ポンプ	1次冷却材ポンプ、余熱除去ポンプ他	復水ポンプ他
2	熱交換器	蒸気発生器、再生熱交換器他	復水器、高圧給水加熱器他
3	ポンプモータ	余熱除去ポンプモータ他	1次冷却材ポンプモータ他
4	容器	原子炉容器、原子炉格納容器他	主油タンク他
5	配管	1次冷却材管、余熱除去系統配管他	主蒸気系統配管他
6	弁	加圧器安全弁、主蒸気安全弁他	主蒸気止め弁他
7	炉内構造物	炉内構造物	—
8	ケーブル	低圧電力ケーブル他	高圧電力ケーブル他
9	電気設備	メタルクラッドスイッチギア他	タービン発電機他
10	タービン設備	タービン動補助給水ポンプタービン	高・低圧タービン他
11	コンクリート構造物	原子炉補助建屋他	タービン建屋他
12	計測制御設備	加圧器水位他	1次冷却材ポンプ振動他
13	空調設備	アニュラス循環ファン他	原子炉しゃへい冷却ファン他
14	機械設備	R/Vサポート他	プラグングデバイス
15	電源設備	非常用ディーゼル発電機他	M/Gセット発電機他



## 経年劣化事象の抽出

## 一般的スクリーニング

## 第一段階

工学的に想定される経年劣化事象のうち、原子力機器のおかれている環境を考慮し、原子力プラントで想定される経年劣化事象を抽出

## 第二段階

原子力プラントで想定される経年劣化事象について、国内外の過去数十年の運転実績等を踏まえ、将来を見通して発生する可能性について整理

## 個別条件下での抽出

## 第三段階

各機器個別の条件を踏まえ、代表機器に要求される機能に対して、その機能維持に関連する**主要な部品に展開**した上で、マトリックス形式により考慮すべき部位・経年劣化事象を抽出

原子力発電所で想定される経年変化事象の抽出（機械編）

第1段階スクリーニング				第2段階スクリーニング				経年変化事象の分類
工業材料で想定される経年変化事象				使用材料毎に想定される経年変化事象				
損傷モード	経年変化事象	定義	考慮すべき事象	主要材料	発生部位と要因	想定要否の検討	要否	
	区分	詳細事象	要否	否の理由				
減肉	摩耗	アブレーション	○					
		摩耗	○					
		擬着摩耗	○					
		腐食摩耗	○					
		疲労摩耗	○					
腐食	全面腐食	全面腐食	○					
		局部電池作用により表面が一様に腐食する現象	○					
		炭素鋼	○					
		低合金鋼	○					
		異種金属	○					
		接触腐食	○					
		孔食	○					
		ステンレス鋼	○					
		ニッケル基合金	○					
		炭素鋼	○					
		低合金鋼	○					
		銅合金	○					

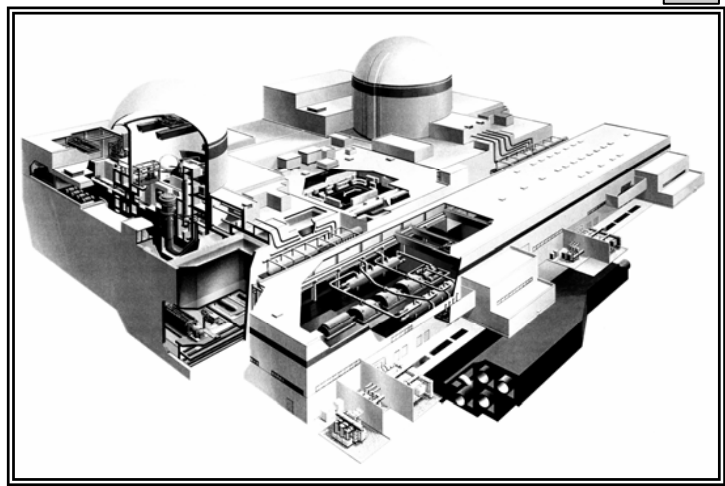
腐食 全面腐食 局部電池作用により表面が一様に腐食する現象 ○

ステンレス鋼  
ニッケル基合金 腐食性の環境に晒される部位で問題となることが考えられる。腐食性の強い環境及び温度が高い場合に加速される。 大気環境及び水質管理されている環境（炉水、給復水、冷却水等）では、不動態皮膜を形成されているため有意な全面腐食が生じないことが確認されており想定不要。水質管理されていない環境にある部位については想定要 ○

炭素鋼  
低合金鋼  
銅合金 腐食性の環境に晒される部位で問題となることが考えられる。腐食性の強い環境及び温度が高い場合に加速される。 防錆剤の注入された環境（冷却水系統設備）では有意な腐食が生じないことが確認されており想定不要。 防錆剤の注入された環境以外の環境にある部位については想定要 ○

**B1** 劣化事象抽出、運転経験反映による部位毎の経年劣化事象の抽出結果

・機器を構成する部位ごとに想定される経年劣化事象を抽出



機器リストを作成し、管理

- 容器 (原子炉容器, 加圧器, . . .)
- 配管 (1次冷却系統配管, . . .)
- 弁 (余熱除去ポンプ入口弁, . . .)
- ポンプ** (1次冷却材ポンプ, . . .)
- . . .

<ポンプの例>

部位毎に経年変化事象を抽出

No.	機器名	部位	経年変化事象
1	1次冷却材ポンプ	主軸	摩耗、疲労
		水中軸受	摩耗
		ケーシング	疲労、熱時効
		ガスケット	-(消耗品)
		...	...
2	充てんポンプ	...	...
3	高圧注入ポンプ	...	...
4	...	...	...
..	...	...	...

美浜3号機 原子炉容器に想定される経年変化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替品	材 料	経 年 変 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材質変化			その他
				摩 耗	腐 食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	上部鏡, 上部胴, 中間胴, 下部胴, 下部鏡		低合金鋼 (ステン鋼肉盛)	②	③ (※2)	○	④ (※2)	⑤	○*1	△*2	*1: 中性子照射脆化 (中間胴, 下部胴)
	上部蓋フランジ 上部胴フランジ		低合金鋼 (ステン鋼肉盛)	②	△*3	○	④ (※2)	⑤	⑥	△*2	*2: 内張り下層部の き裂
	冷却材入口管台 冷却材出口管台		低合金鋼 (ステン鋼肉盛)  〔セーフエントは ステン鋼, 溶接金属は インコネル600合金〕	②	③ (※2)	○	○ (溶接金属) ④ (※2) (管台, セーフ エント)	⑤	⑥	⑦	*3: ピッチェイニング *4: 炉内計装筒 (溶接金 属は除く) はウォー タージェットピーニ ング実施済み
	蓋用管台		インコネル690合金	②	③	○	△	⑤	⑥	⑦	
	空気抜用管台		インコネル690合金	②	③	○	△	⑤	⑥	⑦	
	炉内計装筒		インコネル600合金	② (※1)	③	○	○*4 (溶接金属 を含む)	⑤	⑥	⑦	
	炉心支持金物		インコネル600合金	② (※3)	③	○	○ (溶接金属 を含む)	⑤	⑥	⑦	
	スタッドボルト		低合金鋼	②	△	○	④	⑤	⑥	⑦	
	Oリング	◎	—	①	①	①	①	①	①	①	

[評価結果] ○：高経年化対策上重要と判断される経年変化事象、△：高経年化対策上有意ではないと判断される経年変化事象

[対象外理由] ①消耗品・定期取替品、②構造上摩耗や摺動する部位なし、③ステンレス鋼もしくはインコネル600合金（インコネル690合金）であるか、あるいは防錆塗装が施工されている。④ステンレス鋼であるか、あるいは防錆処理が施工されている。⑤2相ステンレス鋼ではない。

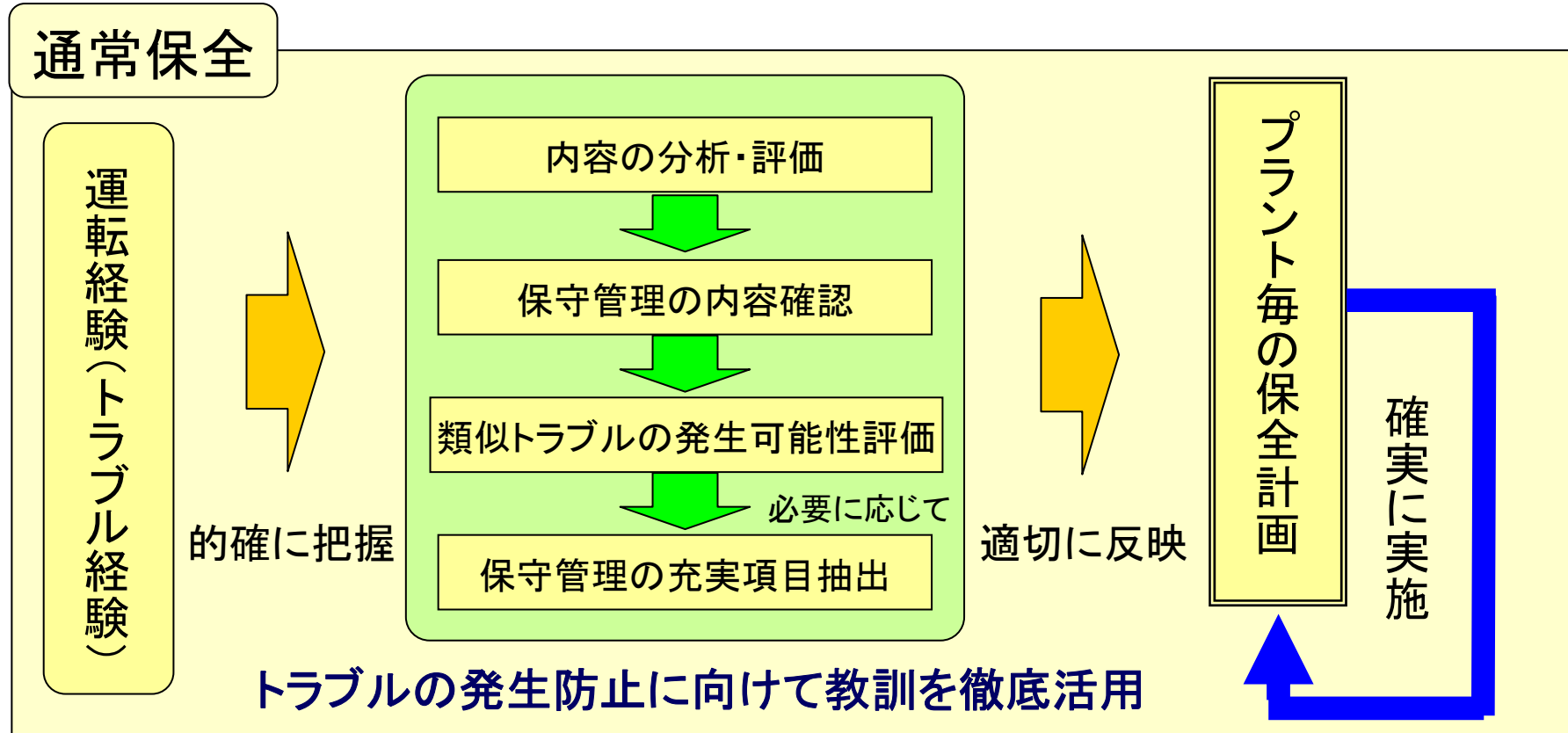
⑥有意な中性子照射を受けない。⑦原子炉容器では該当する事象なし。

[解釈] (※1) 炉内計装筒には、シンプルチューブが挿入されているが、炉内計装筒がインコネル600合金に対して、シンプルチューブはステンレス鋼であるため、摩耗については、強度的に弱いステンレス鋼のシンプルチューブに対して、経年変化事象となる。

(※2) 低合金鋼部は、ステンレス鋼にてオーバーレイ施工されており接液しない。また、オーバーレイは運転中の熱膨張差の影響により発生する応力は小さい。

(※3) 1次冷却材の影響による運転中の炉内構造物全体の振動は極めて小さく、フレッチング摩耗が生じることは考えられない。

運転経験(トラブル経験)から得られた教訓を保全計画に適切に反映し、それらを確実に実施することにより、類似トラブルの発生を防止するよう最大限の努力

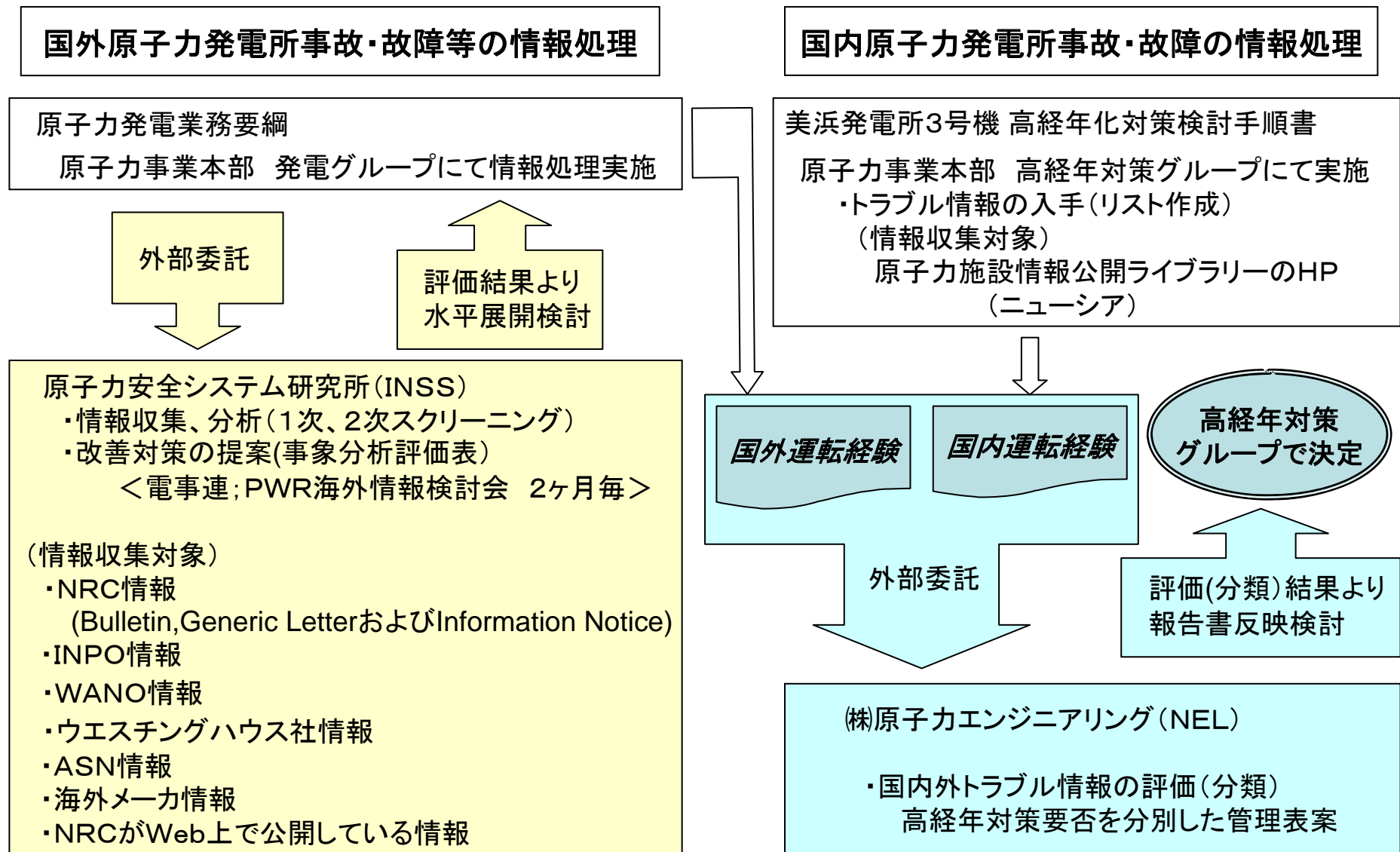


### 高経年化対策活動

これまでの運転経験を整理し、経年劣化の観点から確認する

## B2 美浜発電所3号機 報告書における運転経験のスクリーニングについて

【分析期間——既評価プラント(美浜1, 2号、高浜1, 2号)に加え2003年4月～2006年1月まで】



C

## 高経年化技術評価（経年劣化に対する評価）

### 経年劣化事象に対する技術評価

#### ①健全性評価（知見に基づく予測など）

高経年化を考慮した場合の経年変化事象の厳しさ度合いについての評価

- ・最新の技術知見に基づいた評価
- ・解析等の定量的評価

#### ②現状保全（点検実績等による現状確認）

- ・点検内容（手法、範囲、頻度）
- ・関連する機能試験内容
- ・補修・取替実績 等

#### ③ 総合評価

現状行われている保全を高経年化の観点から改めてチェック

- ・現状の保全と評価は整合しているか
- ・点検等で不足しているものはないか

#### ④ 高経年化への対応

- ・点検・検査の充実
- ・現状保全の継続
- ・長期運転に際しての留意点抽出
- ・技術開発課題の抽出 等

### 耐震安全性評価

①耐震上有意な  
経年劣化事象の抽出

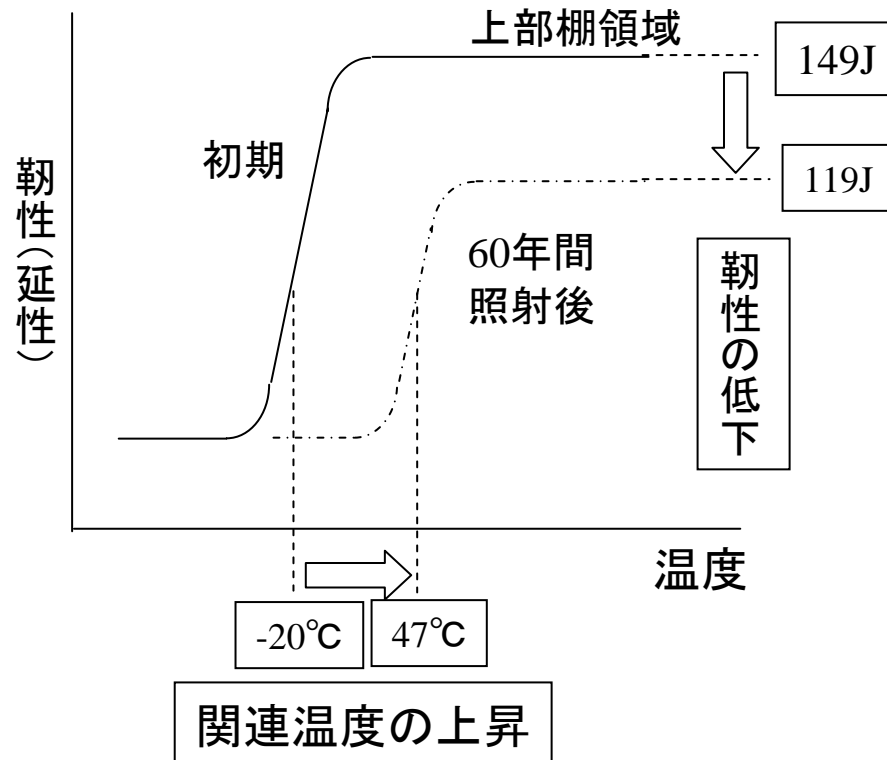
②耐震評価

③保全対策へ  
反映すべき項目の抽出

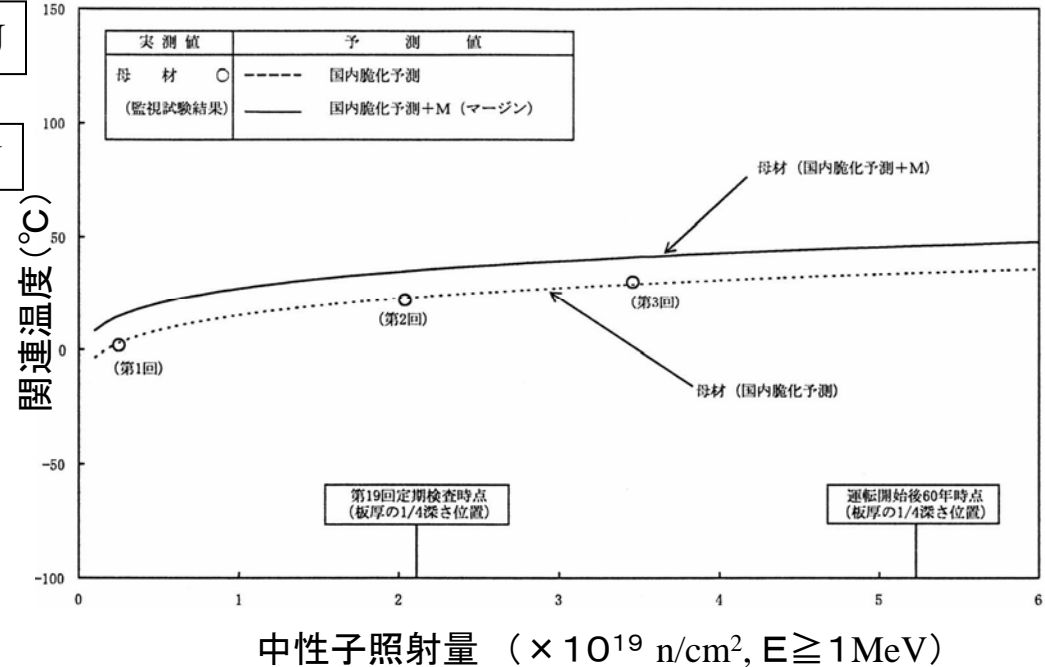
C

# 評価事例（原子炉容器中性子照射脆化）（1/3）

## <①健全性評価>



## 監視試験片によるモニタリング(現状保全)

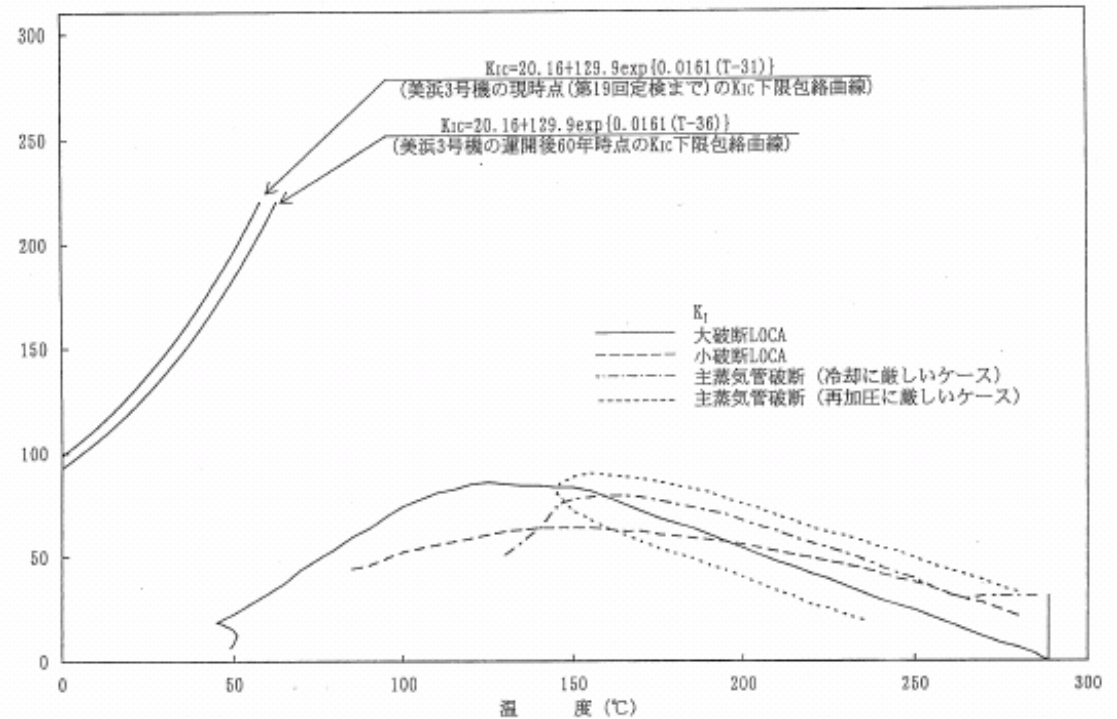
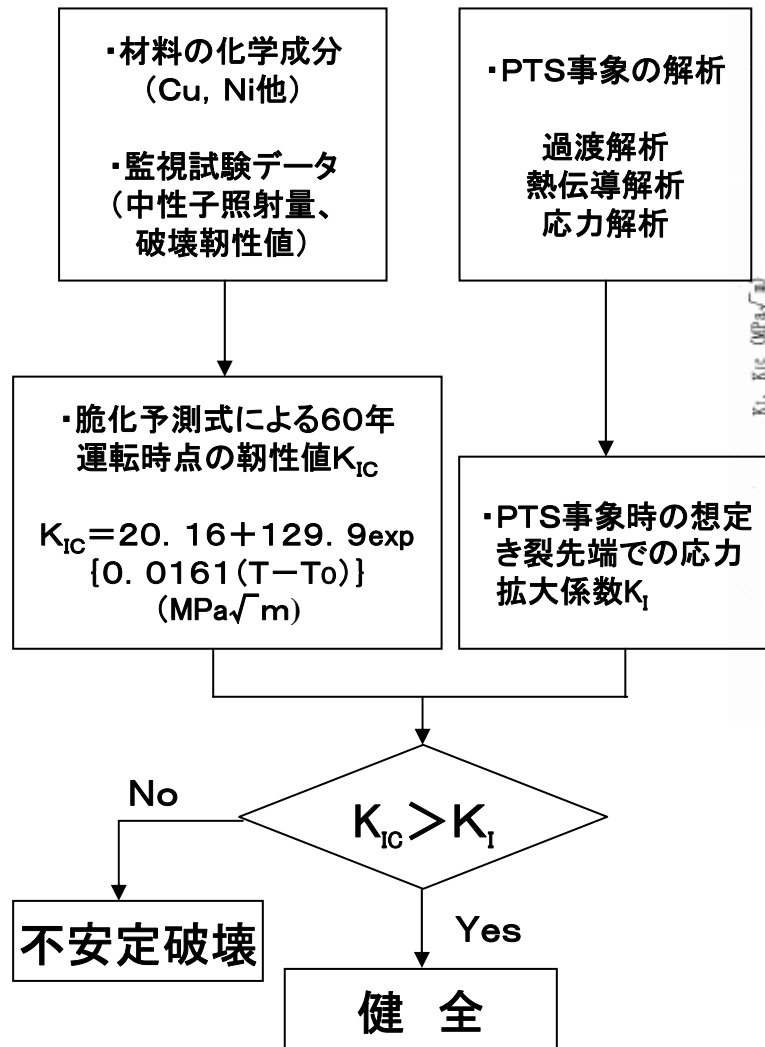


- 上部棚領域の靱性の低下 ➡ 国内上部棚吸収エネルギー予測式による評価を実施 (JEACでは68J以上あれば十分な値)
- 関連温度の上昇 ➡ 加圧熱衝撃(PTS)評価を実施



**C** 評価事例（原子炉容器中性子照射脆化）（2/3）

<①健全性評価>



美浜3号機 加圧熱衝撃評価結果

- ・60年経過時点のPTS評価の結果、不安定破壊に至らないことを確認した

(PTS: 加圧熱衝撃)

## ②現状保全

- 第14回定期検査時に胴部の炉心領域溶接部に対し100%の超音波探傷検査を実施し、有意な欠陥のないことを確認（欠陥がなければ破壊しない）
- 「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」及びJEAC4201に基づいて、計画的に監視試験を実施し、将来の破壊靱性の変化を先行把握している。
- 監視試験結果から、JEAC4206等に基づき、運転管理上の制限として加熱・冷却運転時に許容しうる温度・圧力の範囲（加熱冷却時制限曲線）及び耐圧漏えい試験温度を設けて運用している。

## ③総合評価

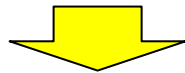
- 胴部（炉心領域部）の中性子照射脆化が機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。関連温度上昇に対し、予測精度向上の観点から新しい脆化予測式の開発を進めている。更に、監視試験片データ拡充による信頼性向上等を図るため、使用済監視試験片の再生利用は有効であり、現在再生技術に関する実証試験が進められている。
- 胴部（炉心領域部）材料の機械的性質の予測は監視試験により把握可能であり、また有意な欠陥のないことも超音波探傷検査により確認していることから、保全内容として適切である。

## ④高経年化への対応

- 胴部（炉心領域部）の中性子照射脆化に対しては、現状保全項目に加えて、高経年化対策の観点から、関連温度上昇については脆化予測式の精度向上の観点、また、使用済試験片の再生技術確立については、現時点で試験片の数量に不足はないものの、データ拡充による長期的な予測信頼性向上に取り組む観点から、国や民間の技術開発、規格基準化に積極的に参画し、実機への適用を検討していく。

## ①健全性評価

2004年 二次系配管破損事故  
(復水配管オリフィス下流部)



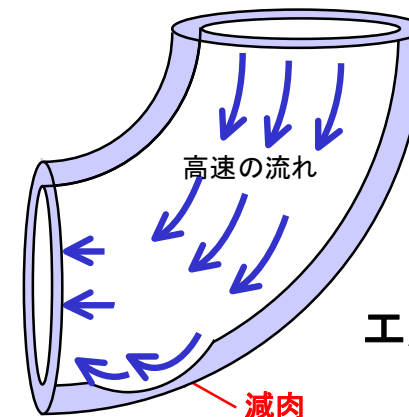
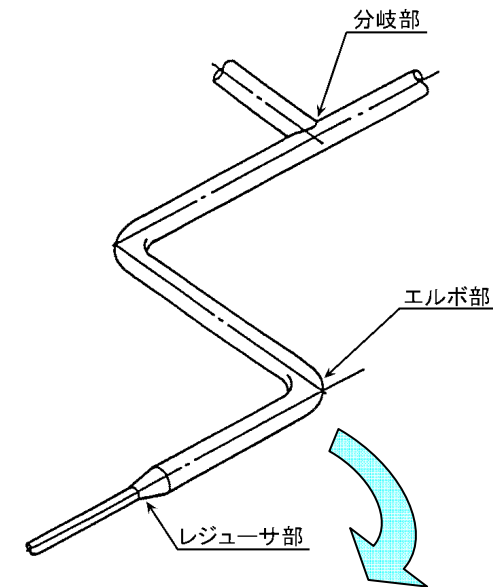
検査対象箇所<sup>\*</sup>の全箇所<sup>\*</sup>を第21回定検で検査

(<sup>\*</sup>減肉箇所、他プラントも含めた水平展開、知見拡充などによる)

## 【検査対象箇所】

エルボ、レジューサ(下流 $2D$ : $D$ は配管径)

オリフィス(下流 $3D$ )等

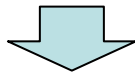


エルボ部の減肉例

(二相流の場合)

①健全性評価

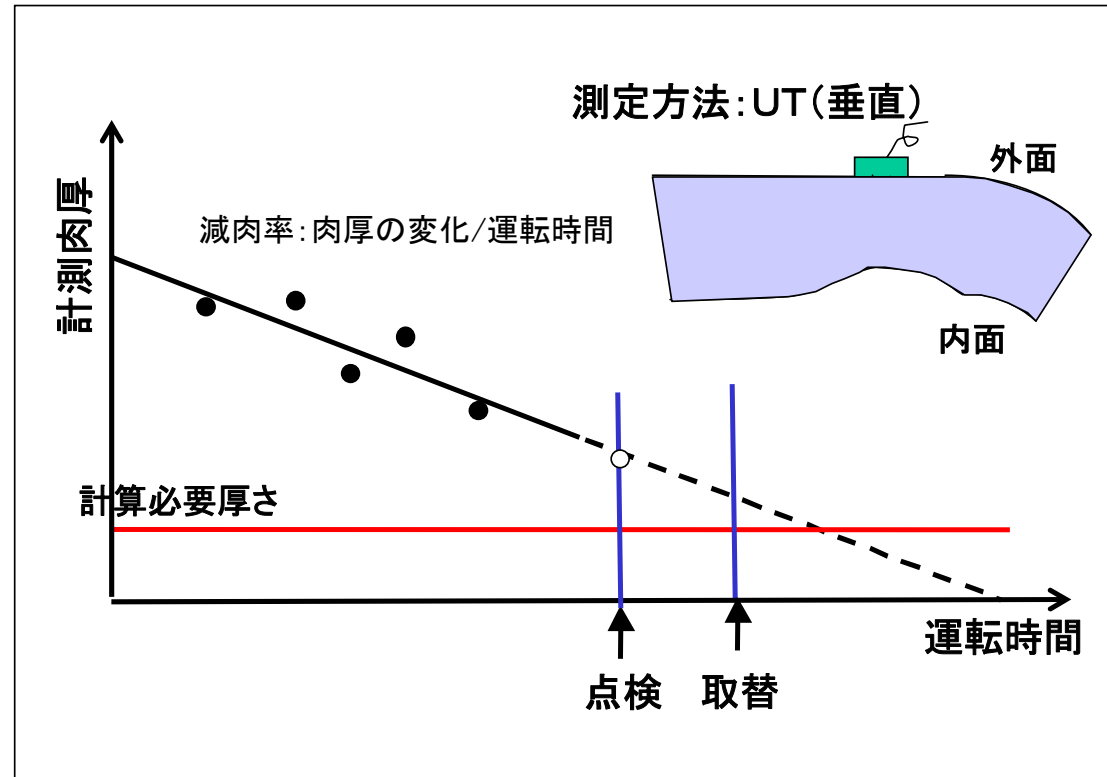
○検査実績による減肉傾向から余寿命を評価



○次回の検査または取替時期を定める

点検: 余寿命が5年となるまでに実施  
(高経年化プラントは10年)

$$\text{余寿命} = \frac{\text{計測最小厚さ} - \text{計算上必要厚さ}}{\text{最大減肉率}}$$



最大減肉率: 検査対象に複数ある計測点の減肉率のうち最大のもの

## ②現状保全

- 第21回定期検査時に、現時点の知見において減肉が発生する可能性がある箇所、他プラントを含めた減肉事象の水平展開を及び知見拡充の観点から選定した全ての検査対象箇所に対し、超音波を用いた肉厚計測実施。
- 調査結果を社内の原子力発電所の共通のルールである「2次系配管肉厚の管理指針」（以下、管理指針）に反映するとともに、肉厚計測結果に基づき、次回測定または取替時期を設定している。
- 給水ブースタポンプ出口部、グランド蒸気系が新たな減肉発生部位であることが分かったため、管理指針に反映を行った。
- NIPS（原子力検査データ処理システム）による管理（人的過誤防止）

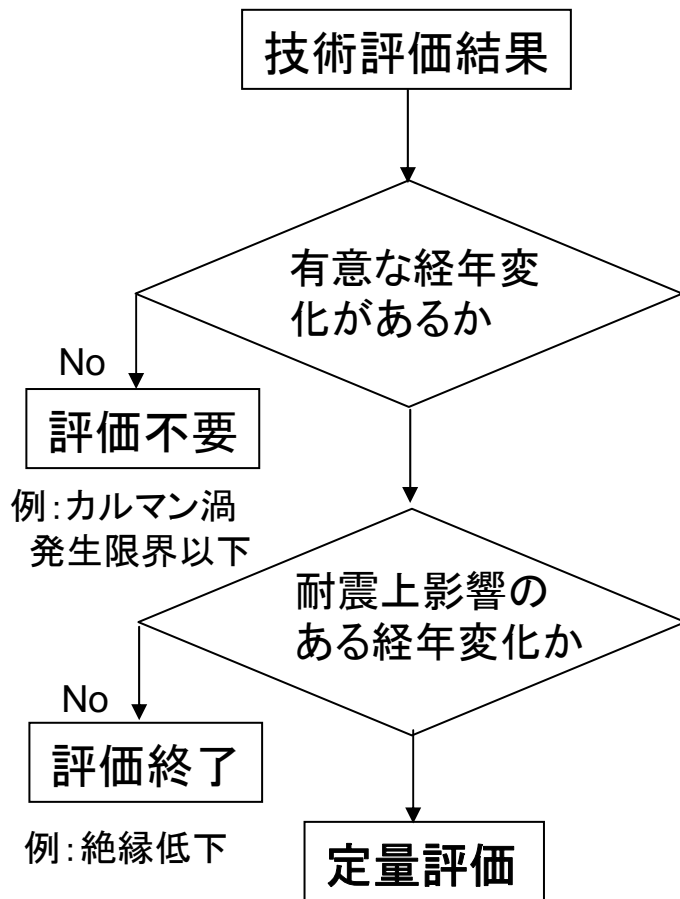
## ③総合評価

- 第21回定期検査時の肉厚計測により、減肉傾向が比較的小さい配管についても減肉傾向を把握しており、管理指針により、配管の肉厚計測結果を用いた余寿命管理に基づく検査、取替を継続して行くことで、配管減肉の管理は可能と考える。
- エロージョン・コロージョン及びエロージョンによる減肉は、超音波を用いた肉厚計測により検知可能であり、点検手法として適切である。さらに、人的過誤防止として、原子力検査データ処理システム（NIPS）の改善を継続的に図り適用していくことは有効と考える。
- また、日本機械学会に検査結果等を提供するとともに、日本機械学会の検討結果やプラントの検査結果による新たな知見を、継続的に管理指針に反映していくことは有効と考える。

## ④高経年化への対応

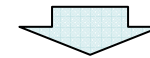
- 配管肉厚結果による余寿命管理に基づく検査、取替を継続
- 知見拡充の実施、日本機械学会の検討結果、プラントの点検結果による管理指針の改訂を継続的に実施（NIPSも含めた継続的な改善

耐震評価スクリーニング



定量評価

- 機器の耐震クラスによる評価
- 60年時点の経年変化を反映

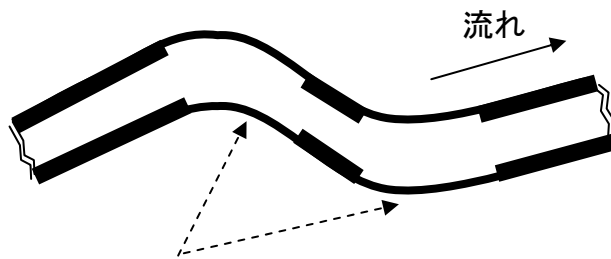


耐震健全性を確認

定量評価例

経年変化	耐震評価内容
累積疲労損傷	地震による発生する繰り返し応力を加算
原子炉容器照射脆化	地震による発生する応力を加算
1次冷却材管熱時効	地震による発生する応力を加算
配管減肉	詳細次ページ

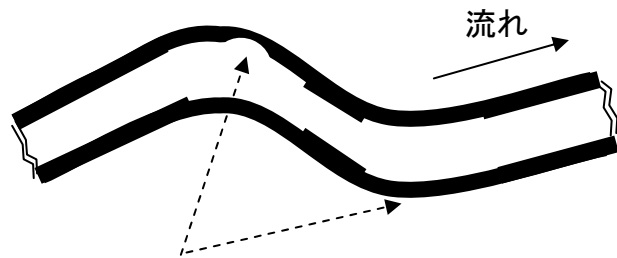
A) 減肉管理で最も厳しい減肉状態の評価



例: エルボとその下流2D(D: 配管径)を管理値(必要最小肉厚)まで仮想的に減肉し、他部位も含めてシステムを3次元梁モデルで解析

対象配管	耐震クラス	結果
主給水系統	As	○
低温再熱系統	C	○
第1抽気系統	C	○
...		
第4抽気系統	C	○
ドレン系統	C	●

B) 実測データに基づく減肉状態の評価



例: エルボとその下流2D(D: 配管径)を実測データに基づいた肉厚、最大減肉率を用い管理値に至る時点で、他部位も含めてシステムを3次元梁モデルで解析

許容応力を超えないことを確認  
(許容応力に対して0.36)

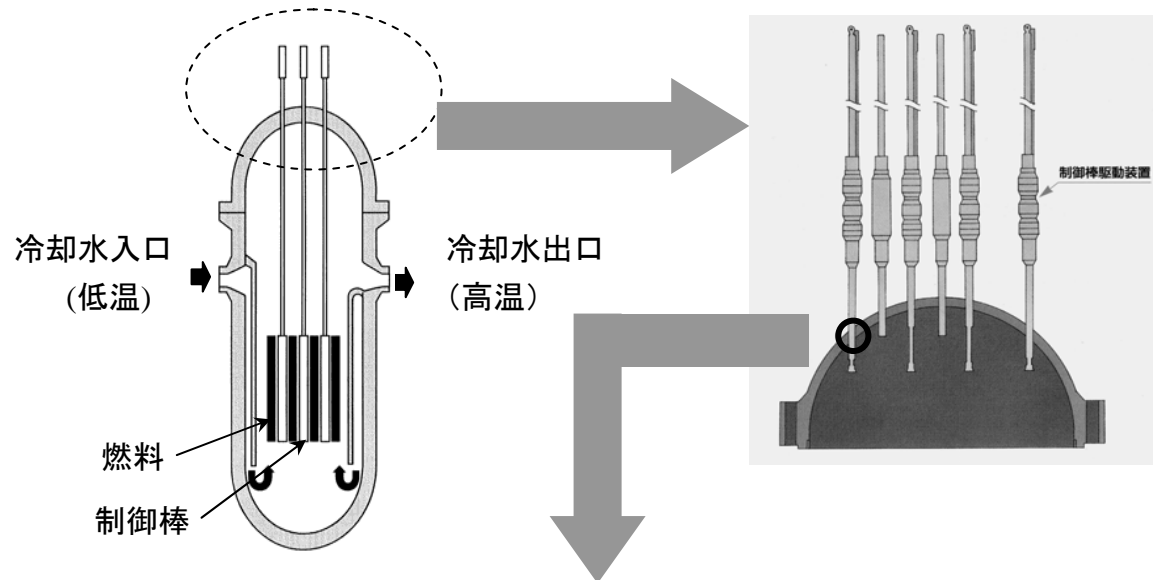
長期保全計画

- 実測データの継続的に取得
- 現状の減肉配管の管理を継続

# C 評価事例（インコネル600合金のPWSCC）（1/3）

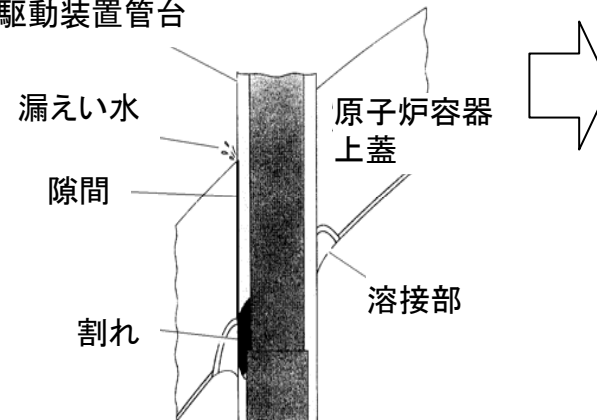
## ①健全性評価

2004年5月 大飯発電所3号機の原子炉容器上蓋貫通部で漏えい



美浜発電所3号機の上蓋は第15回定検(1996年)に耐食性に優れたインコネル690系合金を用いた上蓋に取替済み

制御棒駆動装置管台



原因はインコネル600系合金の応力腐食割れ

炉内計装筒も同様の構造・材料であり、発生の可能性はある



## C 評価事例（インコネル600合金のPWSCC）（2/3）

### ②現状保全

- 保安院指示文書に指示されている手法・頻度（超音波探傷検査及びベアメタル検査・供用期間中検査時）で検査を実施し有意な欠陥のないことを確認。
- 炉内計装筒の母材については、第21回定期検査時に渦流探傷検査を実施し、異常のないことを確認した上で、ウォータージェットピーニング（応力緩和）を施工。

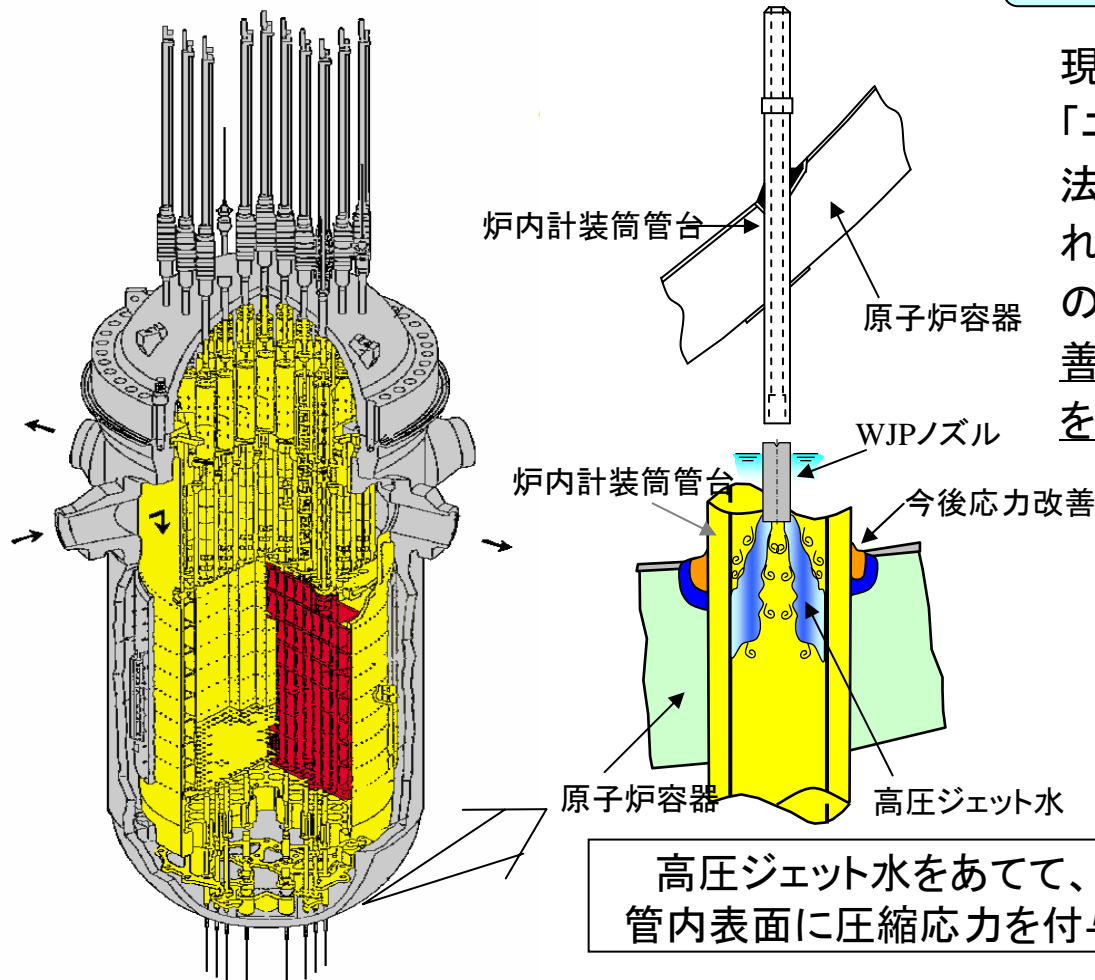
### ③総合評価

- 炉内計装筒については応力腐食割れ発生領域に至る応力が発生している可能性があり、運転の長期化に伴い応力腐食割れ発生の可能性は否定できないことから、予防保全的措置としてウォータージェットピーニング（応力緩和）を第21回定期検査時に実施するとともに、施工前の確認として渦流探傷検査を実施した。その結果、異常は認められず、ウォータージェットピーニング（応力緩和）も実施したことから、応力腐食割れが発生する可能性は小さいと考える。
- 炉内計装筒J-溶接部については、溶接部の表面仕上げ（バフ仕上げ）が行われていない場合には、応力腐食割れ発生領域に至る高い応力が残存している可能性があり、応力腐食割れ発生の可能性は否定できないことから、今後保全を検討していく。
- 冷却材出口管台等の部位については、短期間における応力腐食割れ発生の可能性はないと考えられるものの、定期的な超音波探傷検査等を実施していく。
- また、応力腐食割れにより発生するき裂は、超音波探傷検査及びベアメタル検査等により検知可能であり、検査手法として適切である。

### 炉内計装筒の評価

#### ④高経年化への対応

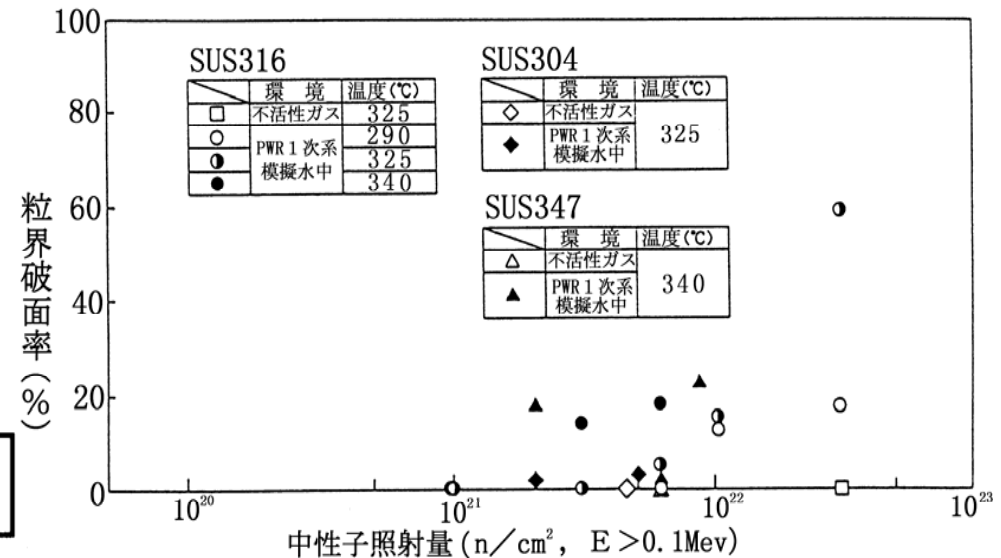
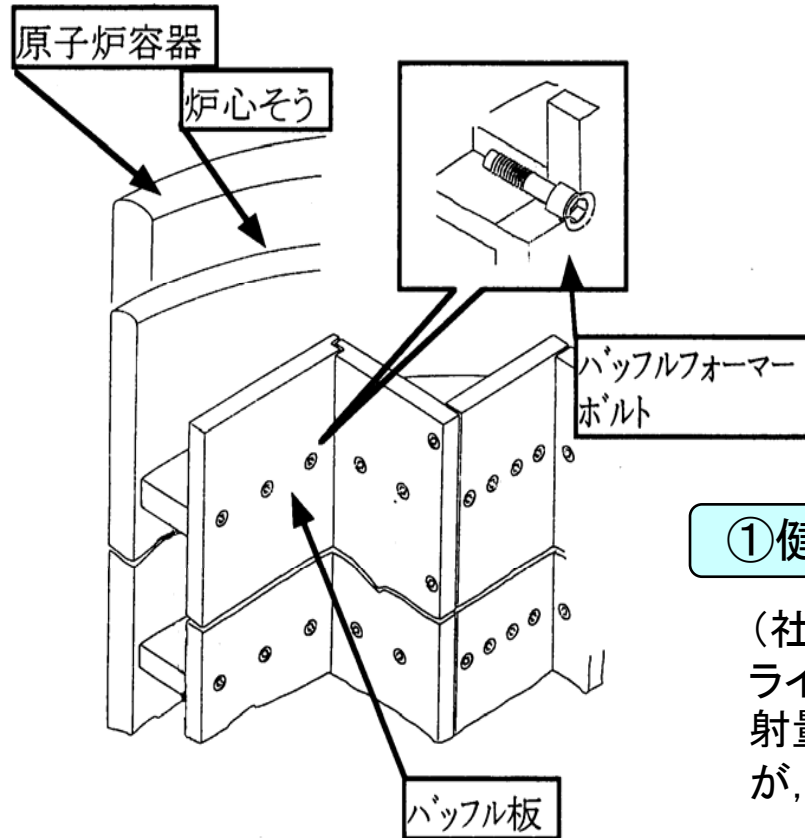
現状保全を継続すると共に、国プロジェクト「ニッケル基合金応力腐食割れ進展評価手法の調査研究」や民間の技術開発より得られた知見を踏まえ、き裂発生及び進展評価の予測手法の確立を図るとともに、応力改善などの予防保全技術を確立し、実機適用を推進していく。



高圧ジェット水をあてて、管内表面に圧縮応力を付与

C

## 評価事例（バッフルホルムの照射誘起型応力腐食割れ）（1/2）



### ①健全性評価

(社)火力原子力発電技術協会炉内構造物点検評価ガイドラインを用いて評価した結果、運転時間が約29万時間(照射量 $7 \times 10^{22} \text{ n/cm}^2$ )まではボルト損傷の可能性は小さいが、これを越えると損傷の可能性が否定できない。

### ②現状保全

バッフルホルムボルトについて第14回定期検査時に超音波探傷検査を実施し、有意な欠陥のないことを確認。

### ③総合評価

- バッフルフォーマボルトについては、現時点の知見による損傷発生予測の結果、直ちに損傷が発生する可能性は小さい。万一、一部のボルトが損傷してもボルト損傷の増加は緩やかであり、炉心の健全性は確保可能である。なお、将来的には照射誘起型応力腐食割れ発生の可能性が否定できないことから、構造強度・機能を維持するのに必要な範囲の健全性が合理的に確保されるように、必要に応じて点検評価に関する火力原子力発電技術協会「炉内構造物点検評価ガイドライン」、日本機械学会「維持規格」等の活用により、検査や取替による今後の保全の検討を進めていく。
- 国の研究プロジェクト「照射誘起型応力腐食割れ評価技術開発」や民間の技術開発、規格基準化に積極的に参画し、実機保全への適用を検討していく。  
また、バッフルフォーマボルトに有意なき裂が発生した場合、超音波探傷検査にて検知可能であり、点検手法として適切である。

### ④高経年化への対応

- 「炉内構造物点検評価ガイドライン」、日本機械学会「維持規格」等の活用により、検査や取替による今後の保全の検討を進めていく。
- また、国の研究プロジェクト「照射誘起型応力腐食割れ評価技術開発」や民間の技術開発、規格基準化に積極的に参画し、実機保全への適用を検討していく。

C

## 評価事例（1次冷却材管の熱時効）

### ①健全性評価

○配管に欠陥を仮定しても、き裂が安定であることを破壊力学評価する

### ②現状保全

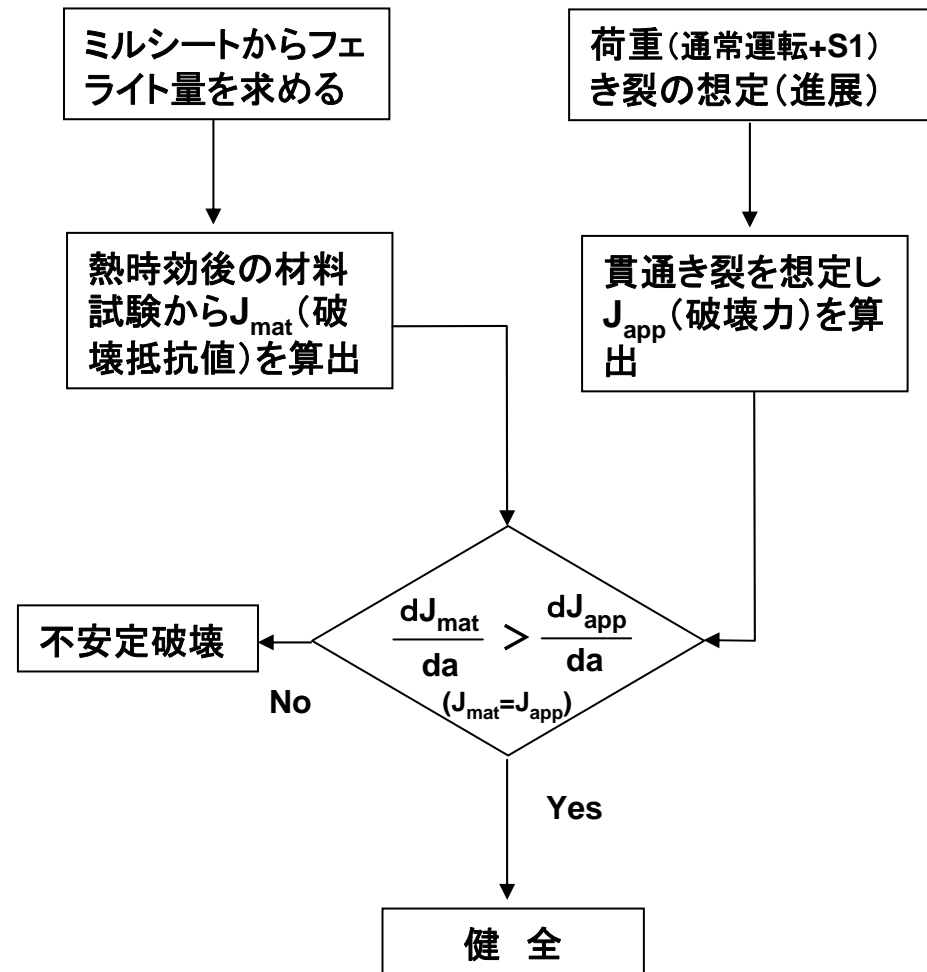
○定期的に溶接部の超音波探傷検査を実施し、評価で想定したき裂が、実際はないことを確認している。

### ③総合評価

○母管の熱時効は高経年化上問題となる可能性はないと考え、今後、現状保全の適正化が可能と考える。  
○溶接部の超音波探傷検査は内面からの割れを検知可能であり、また、割れが発生するとすれば応力の観点から溶接部であると判断されることから、点検手法として適切である。

### ④高経年化への対応

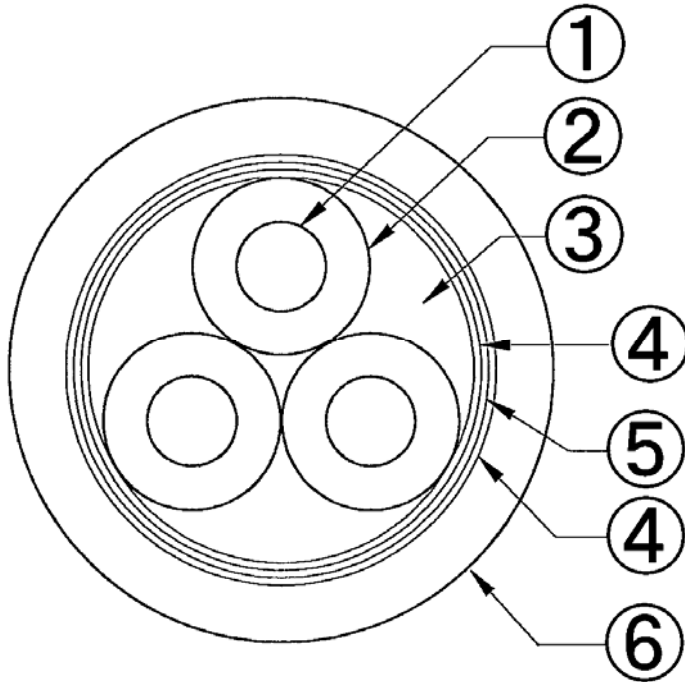
○現状保全の継続



1次冷却材管の熱時効評価フロー

C

## 評価事例（低圧ケーブル絶縁体の絶縁低下）（1/2）



低圧ケーブルの構造図

No.	部 位
①	導 体
②	絶 縁 体
③	介 在
④	テ ー プ
⑤	遮へい層
⑥	シ ー ス

絶縁体は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

## ①健全性評価

- 我が国のケーブル耐環境試験方法推奨案としての電気学会推奨案(IEEE Std.323及び383の規格を根幹)に従って、60年相当の加速熱劣化、放射線照射の後、設計想定事故の雰囲気暴露を行い、長期健全性を評価した。
- 評価の結果、運転開始後60年時点においても絶縁性能を維持できると判断。

## ②現状保全

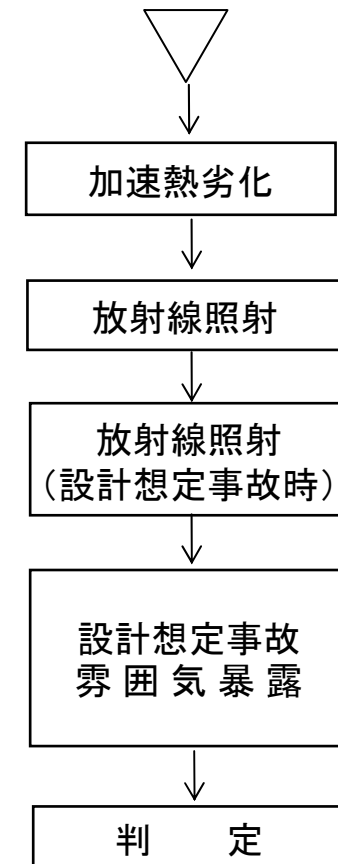
- 制御・計装用ケーブル：定期的に系統機器の動作に異常のないことを確認し、絶縁低下による機能低下のないことを確認している。
- 電力用ケーブル：定期的に絶縁抵抗測定を行い、許容値以上であることの確認を行っている。

## ③総合評価

- 絶縁体の絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考え、今後、現状保全の適正化が可能と考える。
- 絶縁低下は、系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

## ④高経年化への対応

- より実機環境を模擬したケーブルの経年変化評価手法に関する検討が国プロジェクトで実施されており、今後その成果の反映を検討していく。

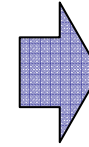


長期健全性評価手順

## D

## 長期保全計画の策定

- 60年間の運転期間を仮定しても、大部分の機器・構造物は、現在行っている保全活動(分解・点検・手入れ等)を継続していくことで、健全性を維持可能と評価
- 一部の機器については、実施すべき項目(点検・検査項目の追加、データの蓄積、知見の拡充、試験の実施等)を長期保全計画としてまとめまた(約40の機器・構造物に対して約50項目)



現在行っている保全活動に加え、長期保全計画に基づく保全を実施していくことにより、機器・構造物の健全性を維持

＜評価結果及び長期保全計画(代表例)＞

機器・構造物	主な経年劣化事象	評価結果の概要	長期保全計画の概要	
			保全項目	実施時期*1
容器	原子炉容器の冷却材出入口管台疲労割れ	起動・停止等の繰り返しによる疲労の評価及び超音波検査等の非破壊検査により健全性を確認した。	定期的に運転実績に基づく再評価を実施する	定期安全レビュー
	原子炉容器の胴部中性子照射脆化	規格による脆化評価、監視試験片によるデータ採取、及び超音波検査を実施し、健全性を確認した。	予測式の精度向上、試験片の数に不足はないが、データ拡充、長期的観点から試験片再生技術を確立	中長期
基礎ボルト	全面腐食	推定腐食量、他プラントデータによる運転開始後60年時点の評価、及び巡視点検等により支持機能に異常のないことを確認した。	実機プラントのサンプリング等による腐食、付着力の調査の実施	中長期
コンクリート構造物	強度低下	熱、放射線照射、中性化、塩分浸透、アルカリ骨材反応および機械振動による強度低下の可能性は小さく、また、目視点検、塗装等の補修を行っていることから健全性は確保できる。	シュミットハンマー(非破壊検査)による強度推定の実施	中長期
配管	炭素鋼のエロージョン・コロージョン	第21回定検時に全ての検査対象の検査結果を社内管理指針へ反映した結果に基づき管理していくことで健全性を確保。NIPS(原子力検査データ処理システム)の活用。	知見拡充によるデータ蓄積 NIPSの改善 日本機械学会の検討結果の社内管理指針反映	短期

\*1 短期:2006~2010年までに実施、中長期:2006~2015年までに実施、定期安全レビュー:10年毎の再評価時に実施



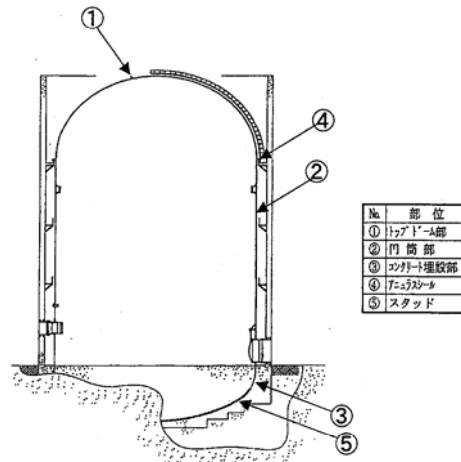
# 高浜2号機 第23回定期検査時の長期保全計画の実施状況

機種名	機器名 部品名	経年変化事象	長期健全性 評価結果	現状保全	総合評価	長期保全計画		実施状況				備考
						保全項目	実施 時期	計画		結果		
								実施時期	実施内容	今回(23回)実施結果	過去の実績	
容器	原子炉格納容 器	銅板 腐食	円筒部およびトップドーム 部内面は屋外大気に曝され ておらず、現状の塗膜 管理を行なっておけば腐 食は問題とならない。トッ プドーム部外面は屋外大 気に曝されているため、 塗膜が無い場合の腐食 量の評価を行った結果、 板厚が必要最小板厚を下 回るのは運転開始後40 年時点と評価され、塗膜 管理を適切に行うことによ り長期健全性確保が可能 である。コンクリート埋設 部はアルカリ雰囲気あり、 中性化速度は十分遅 いことを確認しており、電 気防食設備を備え腐食進 行を防止している。	定期的な漏えい率試験及び 目視検査	塗膜が健全である限り腐食 は発生せず、機器の健全性 に影響を与える可能性は ない。塗膜に異常が生じた場 合においても、急激に腐食 が発生、進展する可能性は 小さい。定期的な板厚測定 が必要。塗膜の異常は目視 検査等にて、有意な腐食の ないことは板厚測定にて検 知可能。	定期的なトップドーム部板厚 測定	中長期	第23回定期検査 第26回定期検査	【定期事業者検査】 定期的なトップドーム 部の板厚測定	【定期事業者検査】 定期的なトップドーム部の 板厚測定実施 結果：良	【定期事業者検査外】 第19回定期検査時に 板厚測定実施 結果：良	
	余熱除去ポン プ入口ライン 貫通部(固定 式配管貫通 部)	端板 疲労割れ	疲れ評価を行い、疲れ累 積係数が1以下。	定期的な原子炉格納容器 漏えい率試験	現時点の知見において発生 の可能性はない。疲労評価 は実過渡回数に依存する。 原子炉格納容器漏えい率 試験で検知可能。	実過渡回数の確認	PSR	次回PSR (2013年予定)	【その他】 実過渡回数の確認	今回対象外	なし	
	主蒸気・主給 水管貫通部 (伸縮式配管 貫通部)	伸縮継手 疲労割れ	疲れ評価を行い、疲れ累 積係数が1以下。	定期的な原子炉格納容器 漏えい率試験	現時点の知見において発生 の可能性はない。疲労評価 は実過渡回数に依存する。 原子炉格納容器漏えい率 試験にて検知可能。	実過渡回数の確認	PSR	次回PSR (2013年予定)	【その他】 実過渡回数の確認	今回対象外	なし	
	電気ベネト レーション	ポッティング材 絶縁低下	60年間の運転期間を想 定した熱及び放射線によ る劣化条件を包絡した耐 環境性試験の結果、絶縁 抵抗の低下はわずかで あり、判定基準を満足し ている。	定期的なケーブル及び機器 を含めた絶縁抵抗測定また は機器の動作確認	現時点の知見において機器 の健全性に影響を与える可 能性はない。絶縁抵抗測定 または機器の動作確認で検 知可能。	長期健全性評価の妥当性 を確認するため、先行プラ ントである美浜発電所の代 表的な電気ベネトレーシ ョンに対して適切な頻度 で電気ベネトレーション 単体での絶縁抵抗測定を 実施していく。	中長期	美浜2号機第24 回定期検査	【定期事業者検査外】 代表電気ベネトレー ション 美浜2号機：9/9台 について、単体での 絶縁抵抗測定	今回対象外	【電力自主検査】 美浜1号機第18、22 回定期検査、美浜2号 機第20回定期検査： 代表電気ベネトレー ション(美浜1号機：9/ 9台、美浜2号機：7/ 7台)について、単体 での絶縁抵抗測定実施 結果：良	
	燃料取換用水 タンク	銅板等耐圧構 成品 外面からの応力 腐食割れ	運転開始以降、外面塗装 を施工する1981年度ま では直接海塩粒子にさら されており、これまでの点 検においても軽微な指示 を確認しグラインダによ る手入れ等を実施してい るため、海塩粒子が外面 に残留している可能性が あり、発生する可能性は 否定できない。	巡視点検時等の目視による 塗装の健全性確認、浸透探 傷検査。	外面塗装による環境遮断 により発生の可能性を抑制 しており、現状保全を継続 すれば急激な割れの発生、 進展の可能性は小さい。 塗装の異常は目視確認に て、応力腐食割れについ ては浸透探傷検査にて検 知可能。第21回定期検査 時に取替えを計画してい るが、工場で付着塩分量 管理を行った上で塗装し た後に輸送することで外 面への海塩粒子の付着を 防止する。	第21回定期検査時に取替 えを行う。取替えにあつ ては、工場で付着塩分量 管理を行った上で塗装し た後に輸送することで外 面への海塩粒子の付着 を防止するとともに、炭 素含有量の少ない材料 を用いて溶接による鋭 敏化を抑えて、耐応力腐 食割れ性を向上したもの とする。	短期	第21回定期検査 にて実施済	第21回定期検査時に 取替えを行う。取替え にあつては、工場で 付着塩分量管理を 行った上で塗装した 後に輸送することで外 面への海塩粒子の付 着を防止するととも に、炭素含有量の少 ない材料を用いて溶 接による鋭敏化を抑 えて、耐応力腐食割 れ性を向上したもの とする。	今回対象外	第21回定期検査時に 燃料取換用水タンク の取替え実施	

1. 対象機器名  
原子炉格納容器
2. 経年変化事象  
鋼板腐食
3. 点検項目  
定期的なトップドーム部板厚測定
4. 点検要領  
原子炉格納容器トップドーム部の板厚測定を行う。

点検項目カテゴリー区分：定期事業者検査  
高経年化対応検査のうち原子炉格納容器  
トップドーム部検査

5. 構造物の概要



No.	部位
①	トップドーム部
②	円筒部
③	コナクト埋設部
④	フィニッシュ
⑤	スタッド

原子炉格納容器構造図

6. 点検箇所

概略図	測定部位	判定基準 [mm]	第23回定検測定結果
	A	18.9以上	20.0～20.2
	B		19.2～19.9

7. 点検期間  
平成18年 6月11日 ~ 平成18年 6月11日（第23回定検）

8. 点検結果  
良

## 今後の取り組み

### 保全活動

- 現状保全及び長期保全計画に基づく保全を適切に実施していけば、現時点において、技術的には60年間の運転は可能と考えられる。
- 今後も継続して、新知見の反映や、必要な技術開発を行っていく。
- これらの活動は平成15年度10月の「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」の改正に伴い保安規定に要求された新たな品質保証や保守管理の規定に基づき実施

### 産学官の取り組み

総合調整機能を有する委員会(JNESに設置)等を通じ、産学官連携により高経年化対策の向上を図っていく