

# 高経年化に対する発電所の取り組み

平成17年11月24日

東京電力株式会社



東京電力

---

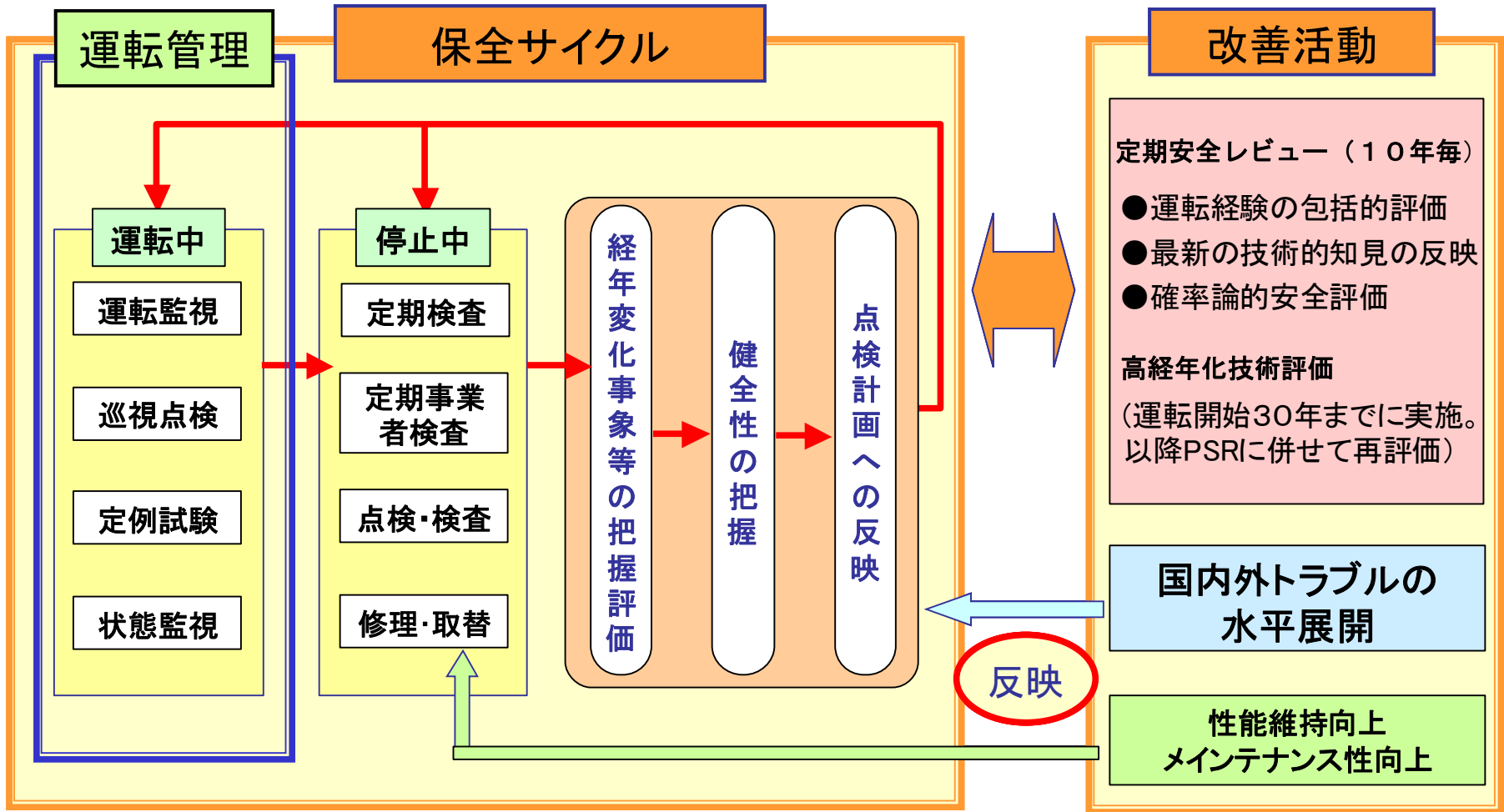
# 当社の原子力発電所

発電所		出力(万kW)	営業運転開始	運転年数(年)
福島第一原子力発電所	1号機	46.0	1971年3月26日	34
	2号機	78.4	1974年7月18日	31
	3号機	78.4	1976年3月27日	29
	4号機	78.4	1978年10月12日	27
	5号機	78.4	1978年4月18日	27
	6号機	110.0	1979年10月24日	26
福島第二原子力発電所	1号機	110.0	1982年4月20日	23
	2号機	110.0	1984年2月3日	21
	3号機	110.0	1985年6月21日	20
	4号機	110.0	1987年8月25日	18
柏崎刈羽原子力発電所	1号機	110.0	1985年9月18日	20
	2号機	110.0	1990年9月28日	15
	3号機	110.0	1993年8月11日	12
	4号機	110.0	1994年8月11日	11
	5号機	110.0	1990年4月10日	15
	6号機	135.6	1996年11月7日	8
	7号機	135.6	1997年7月2日	8

---

# 1) 原子力発電所の保全

# 原子力発電所の保全活動の概要



事業者における原子力発電所の高経年化対策について 電気事業連合会(H17.2.1)

# 運転監視・巡視点検

## 運転監視

運転中



## 巡視点検

運転中

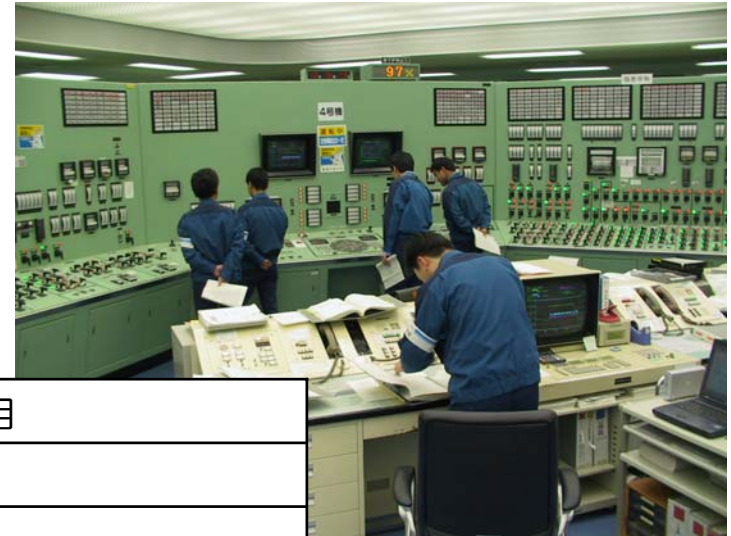


事業者における原子力発電所の高経年化対策について 電気事業連合会(H17.2.1)

# 定例試験

運転中

- プラント運転中、定期的に弁開閉試験、ポンプ起動試験等を行い機器の機能を確認（データ採取と評価）



BWR定例試験（例） 約50項目実施

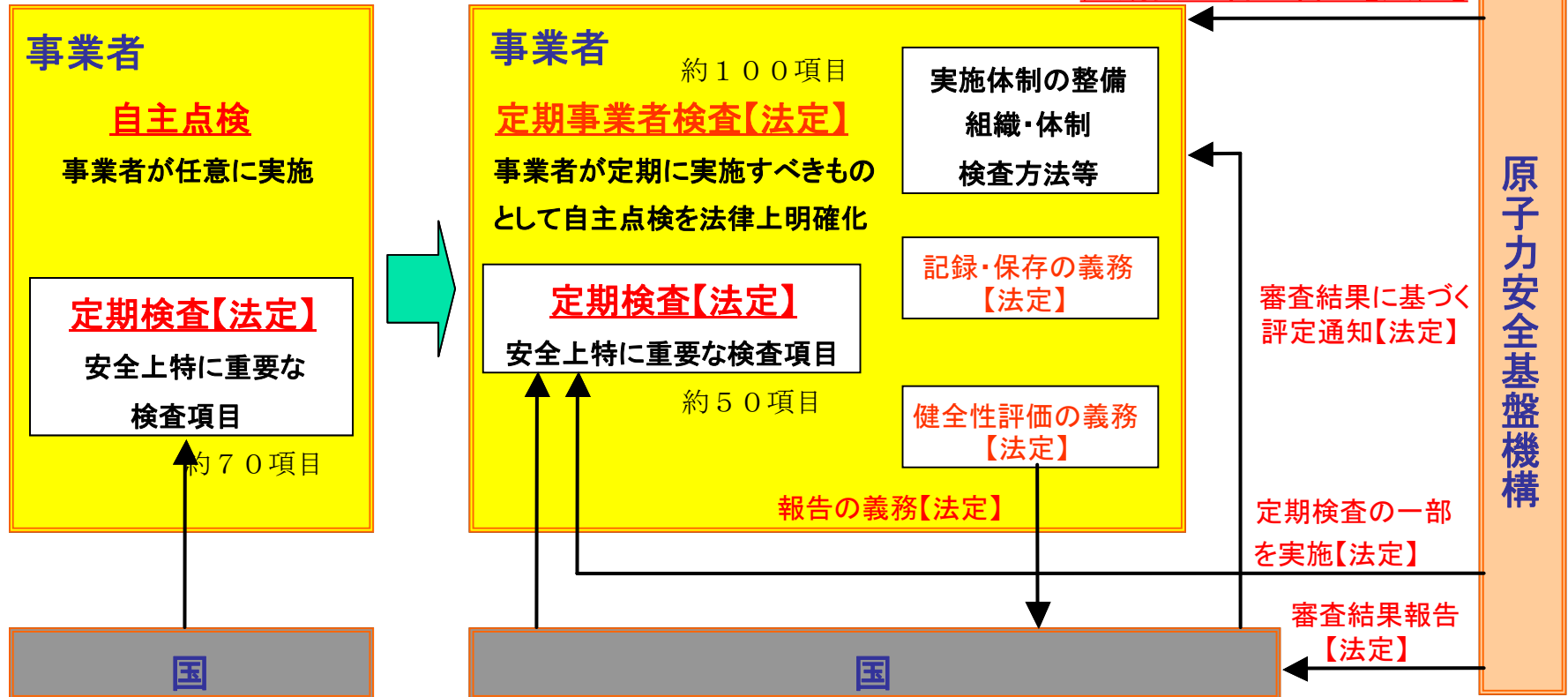
系 統 設 備	試 験 項 目
原子炉安全保護系	ハーフスクラム試験
主蒸気隔離弁系	主蒸気隔離弁10%試験
炉心スプレイ系	ポンプ手動起動試験、電動弁手動開閉試験
ほう酸水注入系	ポンプ起動試験
非常用ガス処理系	手動起動試験
可燃性ガス濃度制御系	ブロー手動起動試験
タービン	主蒸気止め弁、タービンバイパス弁作動試験
計装用空気圧縮機	自動起動試験
発電機	固定子冷却水ポンプ予備機自動起動試験
非常用電源	ディーゼル発電機手動起動試験

# 定期検査と定期事業者検査

停止中

【改正前】

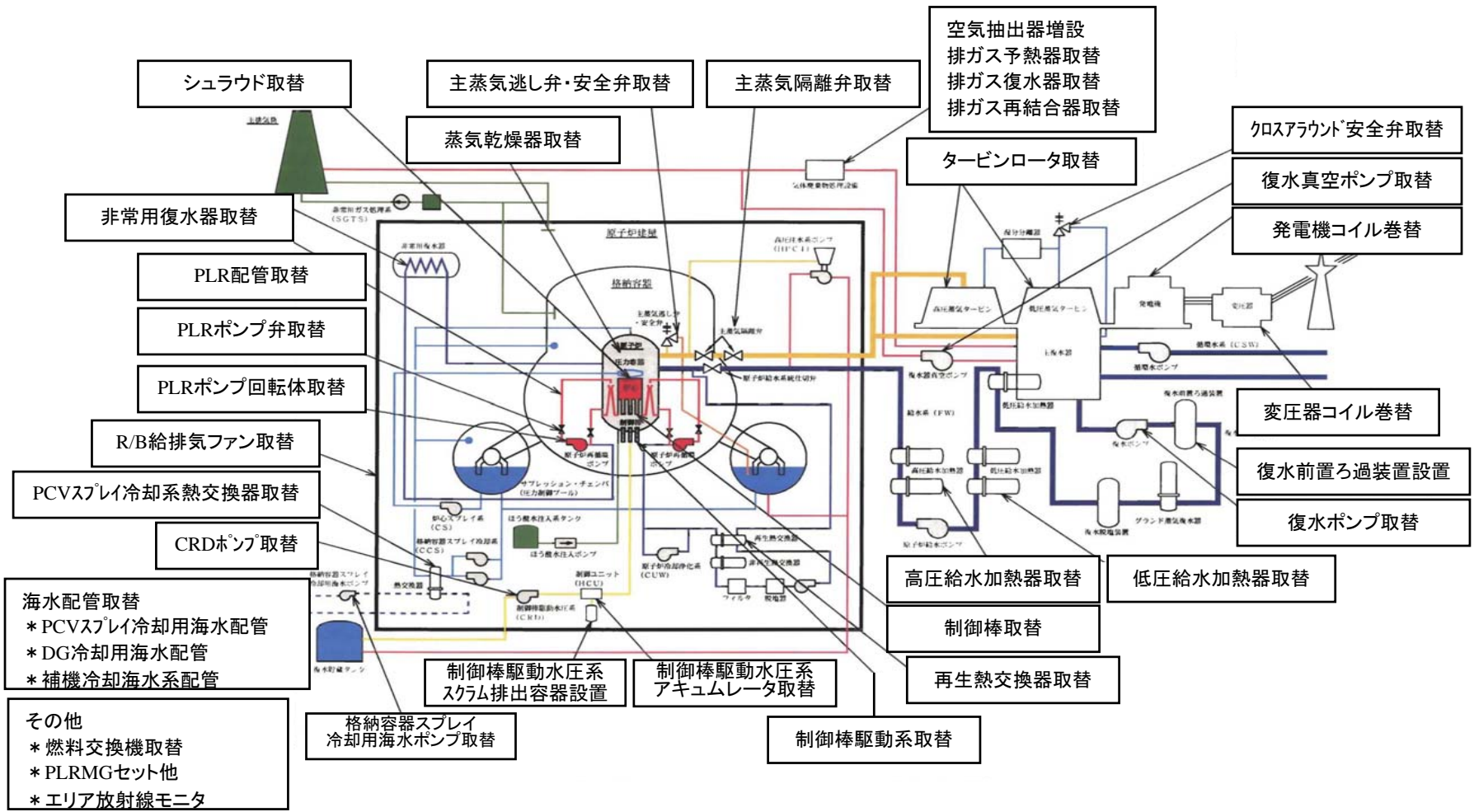
【改正後】



---

## 2) 設備の更新実績

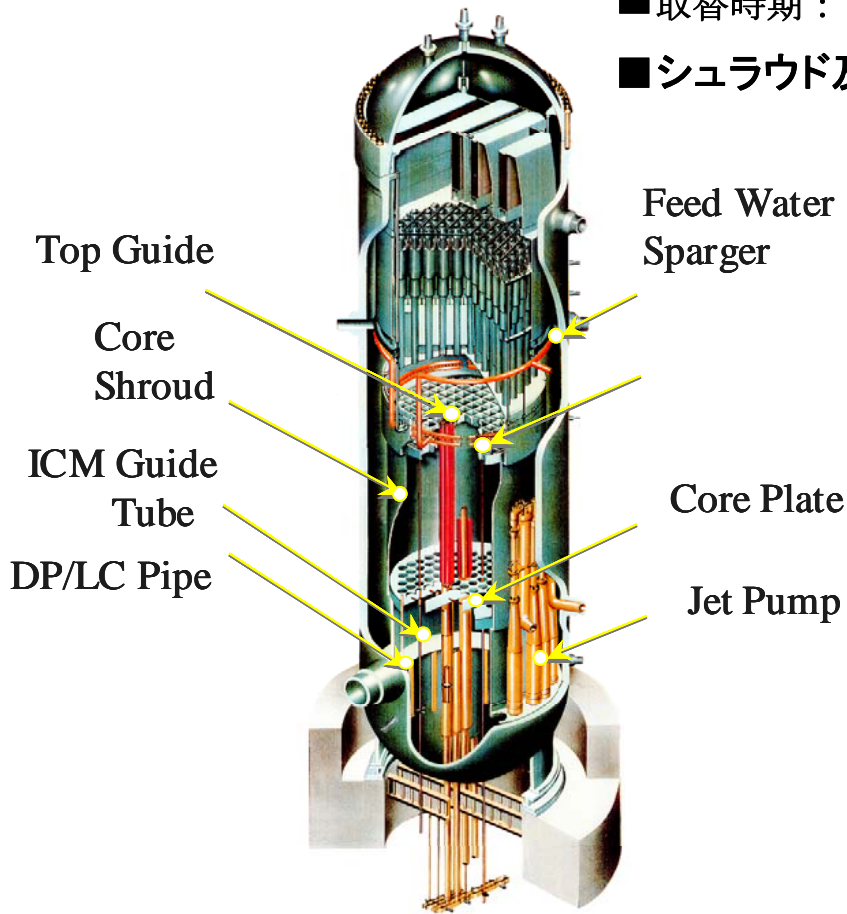
# 福島第一・1号機 主な修理・取替実績



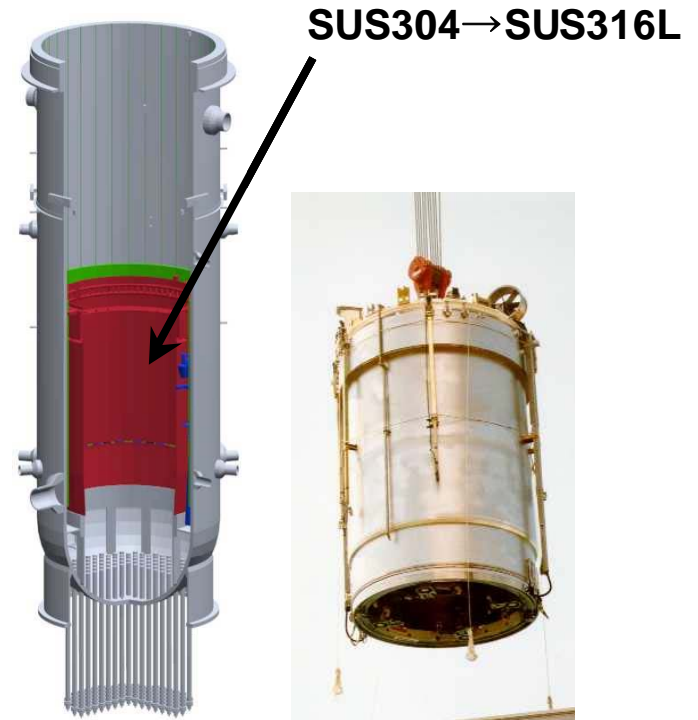
# 福島第一・1号機炉心シュラウドの取替実績

■取替時期：2001年

■シュラウド及びスパージャ他炉内構造物をSUS316Lへ取替



BWR圧力容器と炉内構造物

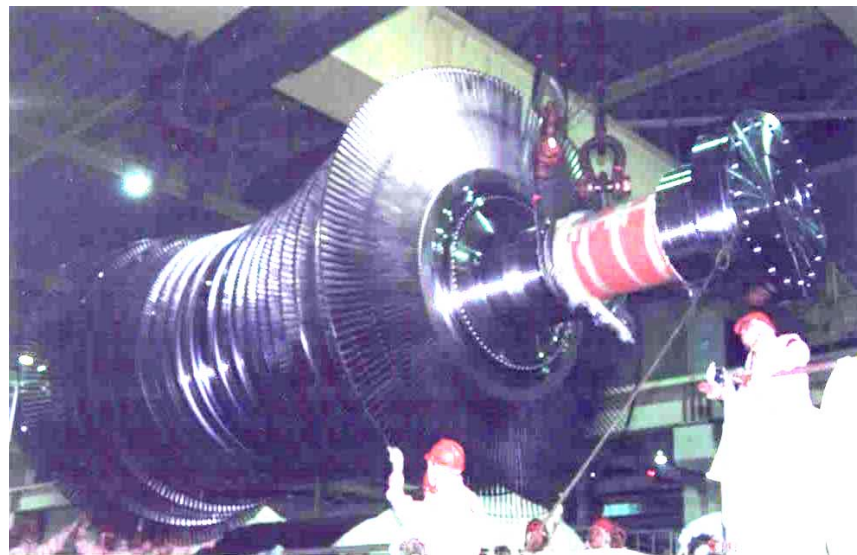


事業者における原子力発電所の高経年化対策について 電気事業連合会(H17.2.1)

# 福島第一・1号機タービンロータの取替実績

## ◆ 取替時期

1989年	LP（低圧）ロータA	一式取替
1993年	LP（低圧）ロータB	一式取替
2002年	HP（高圧）ロータ	一式取替



## ◆ 取替理由

### ◇ LPロータ

応力腐食割れ対策のため円板焼き嵌め形から削りだし一体型ロータに取替

### ◇ HPロータ

焼き嵌め部材の緩みと思われる振動が発生していることから一体型のロータに取替，振動低減を図る

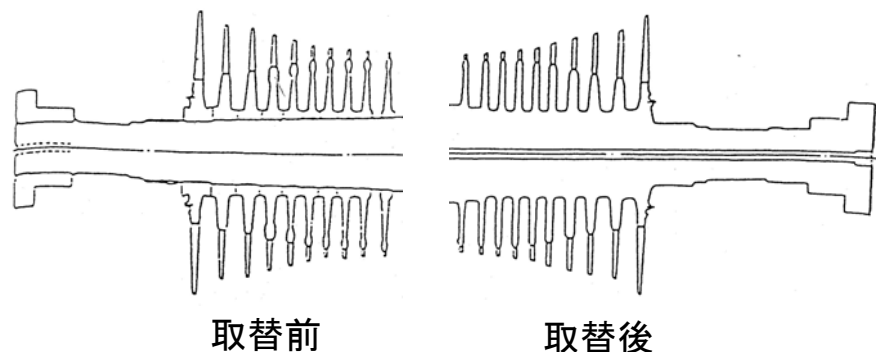


図 LPロータ

# 福島第一 1号機給水加熱器の取替実績

## ◆ 取替時期

### ◇ 低圧給水加熱器

1982年	2A・B	胴体取替
1993年	3B	胴体取替
1996年	1A・B	一式取替
1996年	3A	胴体取替
2000年	3B	管束を取替

### ◇ 高圧給水加熱器

1981年	2A・B	胴体取替
1984年	1A・B	胴体取替

## ◆ 取替理由

管支持板や胴体に減肉傾向が見受けられるため予防保全の観点から耐食性に優れた低合金鋼に取替



給水加熱器取替工事

# 福島第一1号機主発電機のコイル巻替及びエンドリング取替実績

## ◆ 取替時期

### ◇ 発電機コイル巻替

1999年

### ◇ 発電機エンドリング取替

1996年

## ◆ 取替理由

### ◇ 発電機コイル巻替

コイル接合部に電蝕劣化が懸念されるため、接合部を改善したコイルへ巻替

### ◇ 発電機エンドリング取替

エンドリングに応力腐食割れの懸念があるため、応力腐食割れの感受性の低い材料に取替

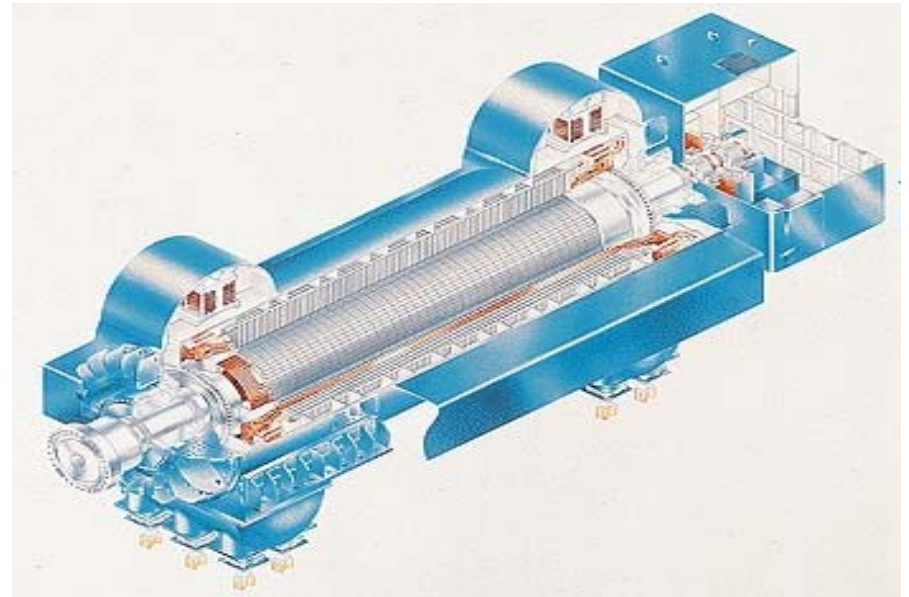


図 主発電機構造図

# 福島第一1号機主変圧器の取替実績

## ◆ 取替時期

1989年

## ◆ 取替理由

主要変圧器コイルの絶縁低下傾向があったため



主要変圧器取替工事

# 福島第一1号機計測制御設備の取替実績

## ◆ 主な計画的な取替品

記録計（15）

リレー（15～20）

タイマー（10～15）

ヒューズ（4）

電磁弁（4～10）

リミットスイッチ（4～10）

\* 数字は交換周期（定検回数）を示す

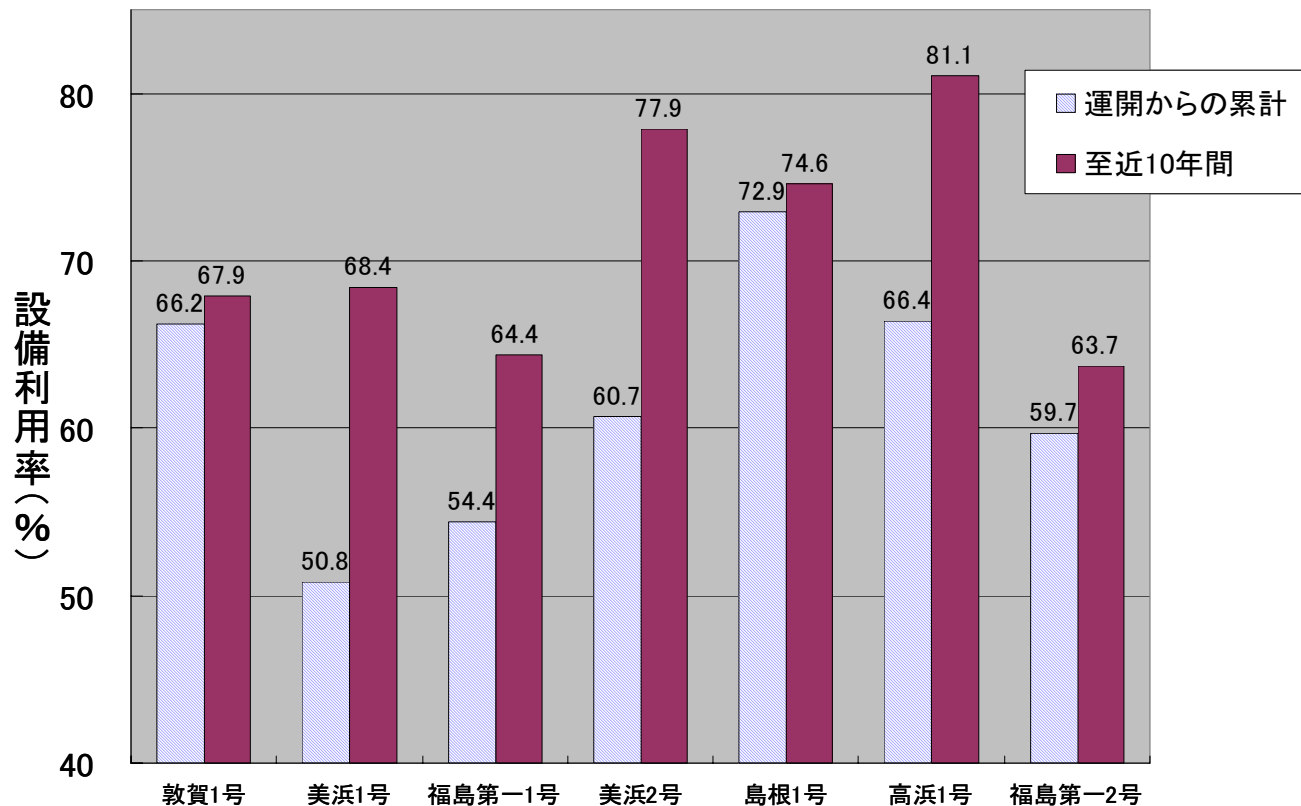
## ◆ その他取替品

給水・再循環流量制御装置（1990年）

APRM制御装置（2001年）

# プラント利用率の累計と至近の比較

運転開始後30年以上経過した7プラントの、運転開始からの累計と至近10年間(94~03年度)の設備利用率を比較



(出典:原子力施設運転管理年報)

事業者による設備の更新や適切な保全により、プラント運転年数によらず良好なプラント運転を継続することが可能

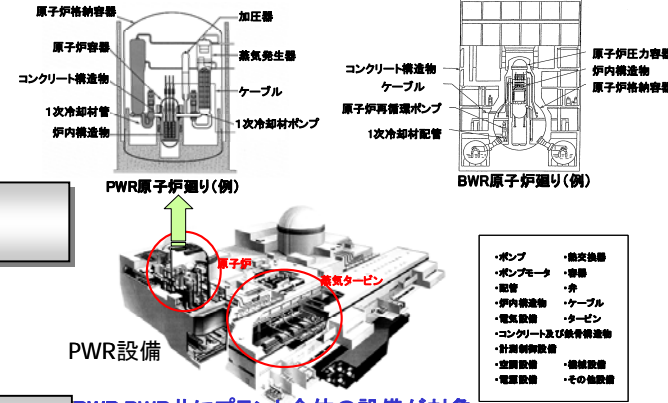
事業者における原子力発電所の高経年化対策について 電気事業連合会(H17.2.1)

---

## 3) 高経年化対策検討

# 高経年化対策検討の概要

## 技術評価対象機器



原子力発電所の設備

ポンプ、熱交換器、モータ、容器、配管、弁、炉内構造物、等 **15項目**

評価対象機器の選定

PWR,BWR共にプラント全体の設備が対象

経年変化事象の体系的抽出

- 学術図書
- 過去の不具合事例
- 最近の知見

想定すべき経年変化事象の抽出

- ◆ 設備をグループ化
  - ・ 構造 (型式、設置方法)
  - ・ 材質
  - ・ 使用環境、等
- ◆ 代表機器を選定

高経年化対策上、考慮すべき機器の部位と経年変化事象を抽出

- ・ 摩耗
- ・ 腐食
- ・ 亀れつ、等

<高経年化技術評価>

健全性評価

現状保全

- ◆ 経年変化事象の影響を評価 (健全性評価)
- ◆ 現状の保全内容の妥当性を評価

長期保全計画の策定  
(高経年化に対応するための保全)

技術開発課題の抽出

# 想定すべき経年変化事象の抽出

各機器について、その機器を構成する部品単位に分解し、想定すべき経年変化事象と組合せを抽出

熱交換器

ポンプ

各機器について  
評価

原子炉格納容器に想定される経年変化事象(抜粋)

構成部品	消耗品等	材料	経年変化事象					備考		
			減肉		割れ		材料変化			
			摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効		劣化	その他
ドライウェル		炭素鋼		○	△					
S/Cトラス部		炭素鋼		○	△					
ベント管		炭素鋼		△						
ベント管ベローズ		合金鋼			○					
ガスケット	◎									
真空破壊弁		炭素鋼 鋳鋼		△						

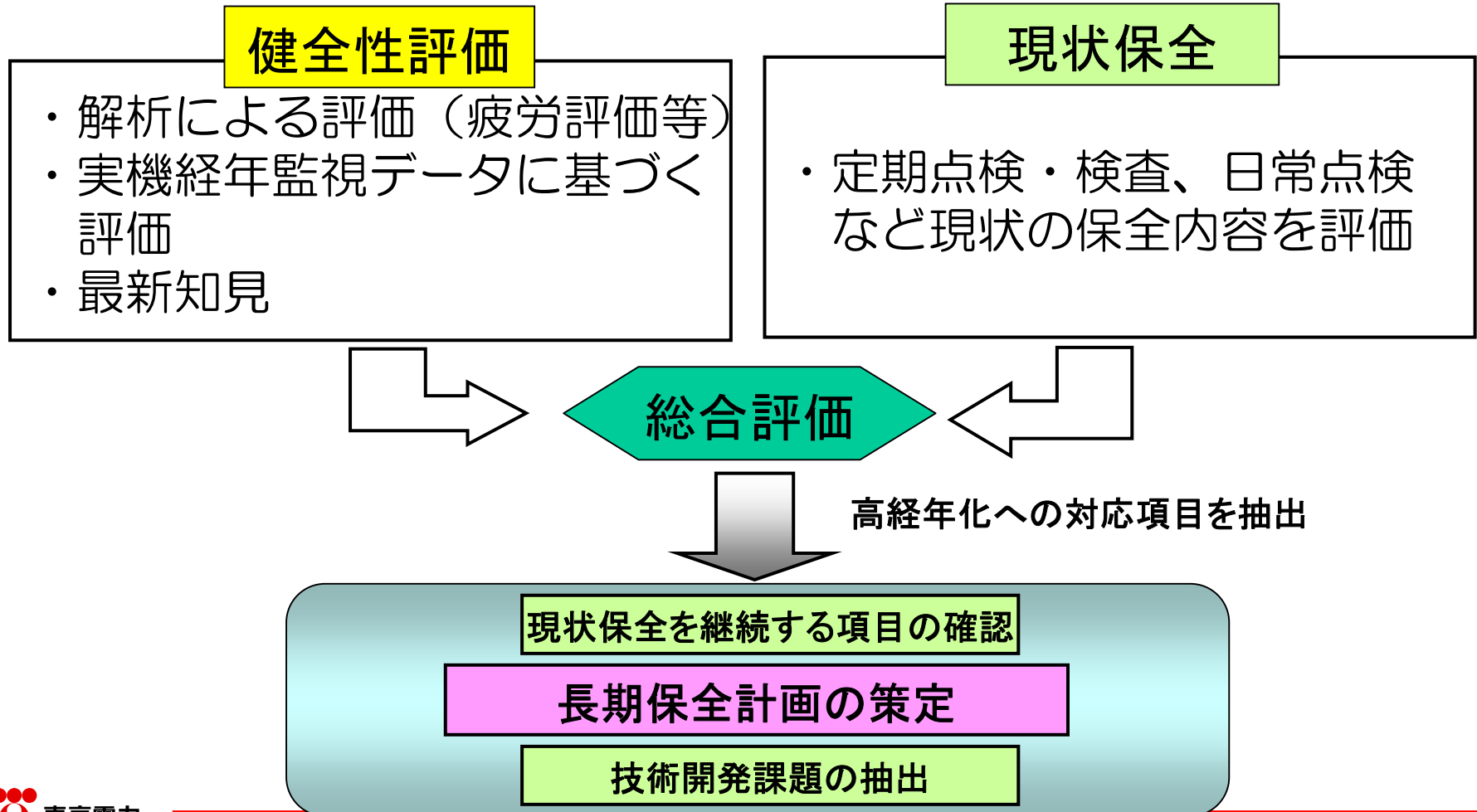
考慮すべき経年変化事象

構成する単位に分解

○: 高経年化上重要と判断される経年変化事象  
△: 工学的には高経年化対策上有意でないと判断される経年変化事象

# 高経年化技術評価

今までに得られている知見に照らしたり，解析等を用いて，各機器の健全性を評価し，現状の保全が妥当であるか，何か追加すべき項目はないか検討



# 原子炉格納容器（ドライウェル）の評価例

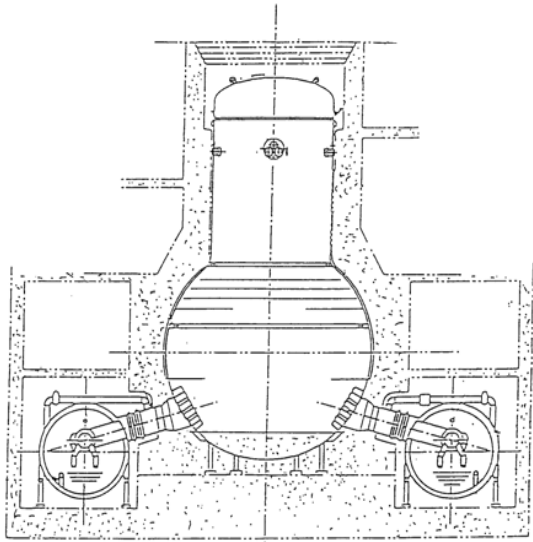


図 原子炉格納容器

## （１）健全性評価

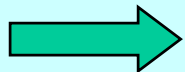
- ・ 湿分を含む大気（酸素）中では、炭素鋼は腐食を起こすことが一般に知られているが、当該部位は直接外気と接触せず、また防食塗装が施工されているため腐食の可能性は低いと考える。

## （２）現状保全

- ・ 定期検査で漏えい率試験を実施し健全性を確認している。

## （３）総合評価

腐食の発生の可能性は小さいと考えるが、念のため計画的に原子炉格納容器の代表部位の肉厚測定を実施し健全性を確認することが必要。



長期保全計画で実施

# 技術評価報告書の結果

○大部分の機器は、

現在行っている設備の保全活動をつづけていくことによって、今後の運転を長期間と想定したとしても、安全に運転を続けることは可能

○一部の機器は、

現在行っている設備の保全活動に加え、点検・検査の充実などが必要である。



長期保全計画表作成

---

## 4) 高経年化対策検討の実施状況

# 高経年化技術評価（PLM）の実施状況

## PLM評価実績

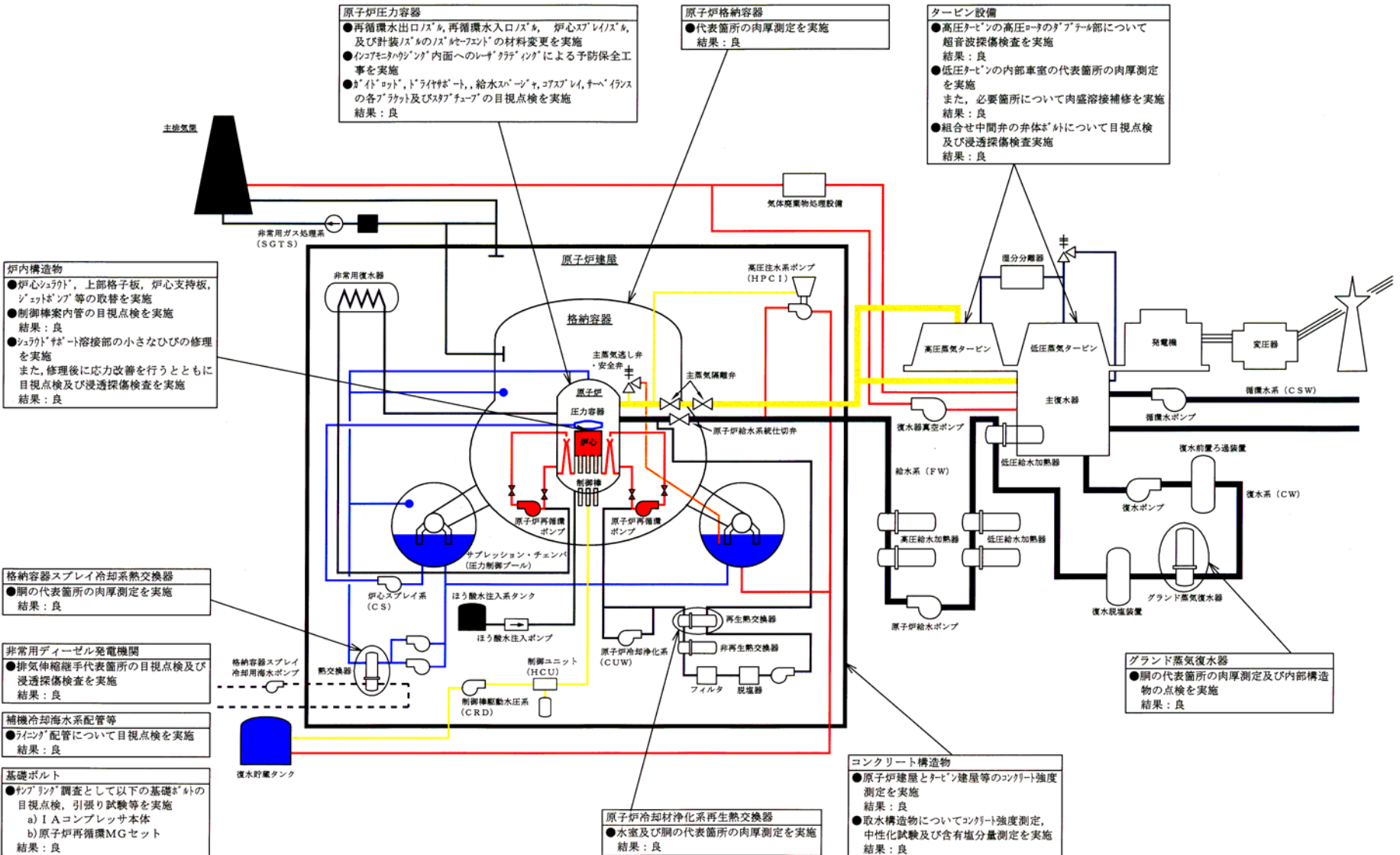
福島第一発電所	営業運転開始	評価期限（30年目）	評価実績
1号機	S46年	H13年 3月	H11年2月公表
2号機	S49年	H16年 7月	H13年6月公表
3号機	S51年	H18年 3月	現在実施中
4号機	S53年	H20年10月	
5号機	S53年	H20年 4月	
6号機	S54年	H21年10月	

福島第二発電所	営業運転開始	評価期限（30年目）	評価実績
1号機	S57年	H24年 4月	
2号機	S59年	H26年 2月	
3号機	S60年	H27年 6月	
4号機	S62年	H29年 8月	

- ◆ 実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則15条の2に基づき、原子炉設置者は30年を経過するまでに技術評価、長期保全計画の策定を実施
- ◆ 技術評価と長期保全計画は10年を超えない時期ごとに再評価を実施

# 福島第一・1号機長期保全計画の実施状況

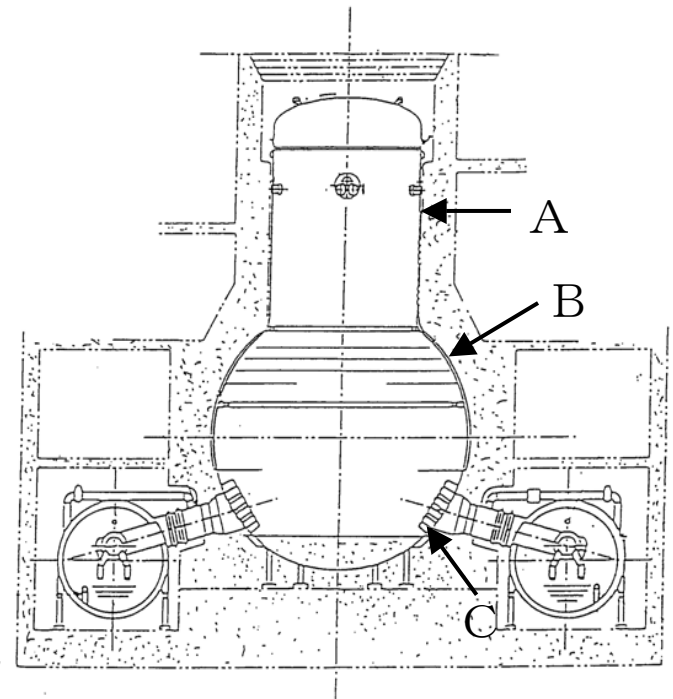


# 長期保全計画の実施状況(原子炉格納容器)

- 現状保全：全体漏えい率試験
- 総合評価：塗膜されており，腐食がすぐ問題となることはないが，肉厚測定等の必要有。
- 高経年化対策：計画的な代表部位の肉厚測定を実施していく。→定期検査で実施



いずれの部位も必要板厚を満足



# 長期保全計画の実施状況（原子炉建屋コンクリート）

○現状保全：目視点検，中性化程度測定

○総合評価：文献データ，他産業の知見等から熱や放射線等による急激な強度低下が発生する可能性は小さいと考えられるが，非破壊試験等を代表部位において実施していく。

○高経年化対策：計画的な非破壊試験等を代表部位において実施していく。

→定期検査で点検（シュミットハンマー試験※）実施



異常の無いことを確認



図 シュミットハンマー試験

(※) シュミットハンマー試験

コンクリートに打撃を加え、返ってきた衝撃の強さを計測することでコンクリートの強度を推定する方法

# 最後に

---

東京電力では、これまでに蓄積してきた経験や技術で30年以上運転する原子力発電所の安全な管理と運転は十分達成できると考えており、皆さまのご理解を得ながら、今後とも安全・安定運転に努めて参ります

以上