

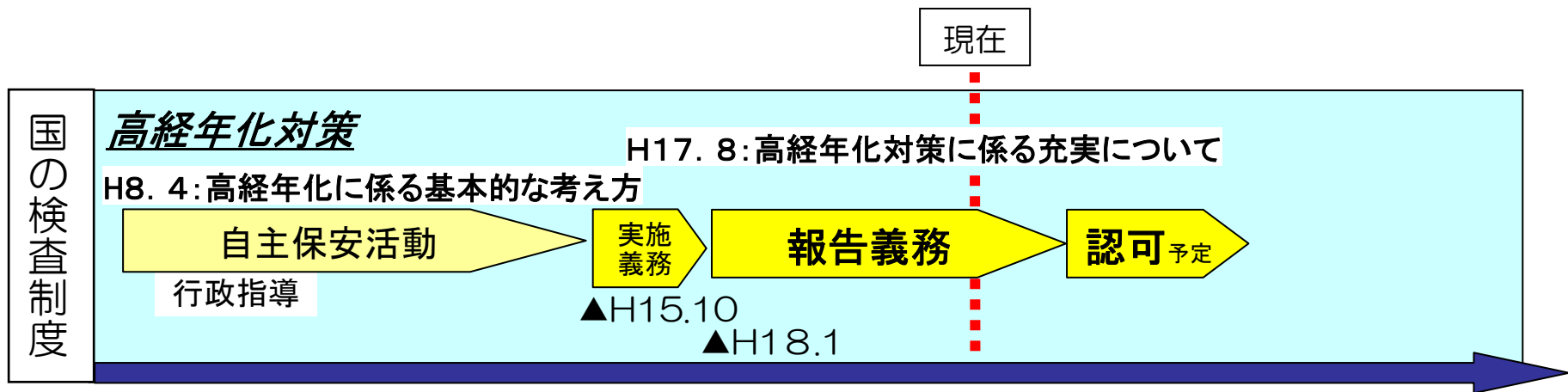
大飯発電所1, 2号機

高経年化技術評価等報告書について

平成20年3月29日
関西電力株式会社

高経年化対策の経緯と概要

1



- 平成8年4月 「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高経年化技術評価及び長期保全計画を策定
 - 平成15年 9月 「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)」の一部改正(安全規制の強化に伴う高経年化対策の実施義務付け)
 - ・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を策定
 - ・10年を超えない期間毎に再評価
 - 平成16年12月 「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
平成17年 8月 「実用発電用原子炉施設における高経年化対策の充実について」報告
 - ・従前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を要求
 - 平成17年12月 「高経年化対策検討委員会」の報告を踏まえた高経年化対策の充実策の具体的展開
 - ・炉規則の一部改正(報告の義務化、対象機器の明確化、評価プロセスの追加)
 - ・高経年化対策実施のためのガイドライン／標準審査要領等の発行※
 - ・長期保全計画に基づく保全策を定期事業者検査として義務付け
- ※:平成19年6月 浜岡1号機, 福島第一3号機, 美浜3号機の審査等を反映し、一部改訂

関西電力の取り組み

○平成8年4月の「高経年化に係る基本的な考え方」に基づき、下記の4プラントについて、高経年化技術評価及び長期保全計画を策定

既評価プラント

- ・美浜発電所1号機 平成11年 2月提出
- ・美浜発電所2号機 平成13年 6月提出
- ・高浜発電所1, 2号機 平成15年12月提出

○平成17年12月に改正された炉規則及びガイドライン／標準審査要領に基づき、高経年化技術評価及び長期保全計画策定を実施

既評価プラント

- ・美浜発電所3号機 平成18年 1月提出(7月一部補正)

今回評価プラント

- ・大飯発電所1, 2号機 平成20年 3月提出

ガイドライン／標準審査要領

1. 高経年化対策実施ガイドライン
高経年化対策の実施(体制, 方法等)に係る基本的要求事項を定めている
2. 高経年化対策標準審査要領
事業者の審査等を行う際の判断基準及び視点・着眼点を示している

これまでに実施した大飯1, 2号機の主な保全対策

応力腐食割れ、疲労対策

応力腐食割れ対策

- ・原子炉容器上部蓋取替え (1号機:平成6,7年度、2号機:8,9年度)
(1号機:平成12年度、2号機:10,11年度)
- ・低圧タービンロータ取替え
(1号機:平成10,11年度、2号機:平成8,9年度)

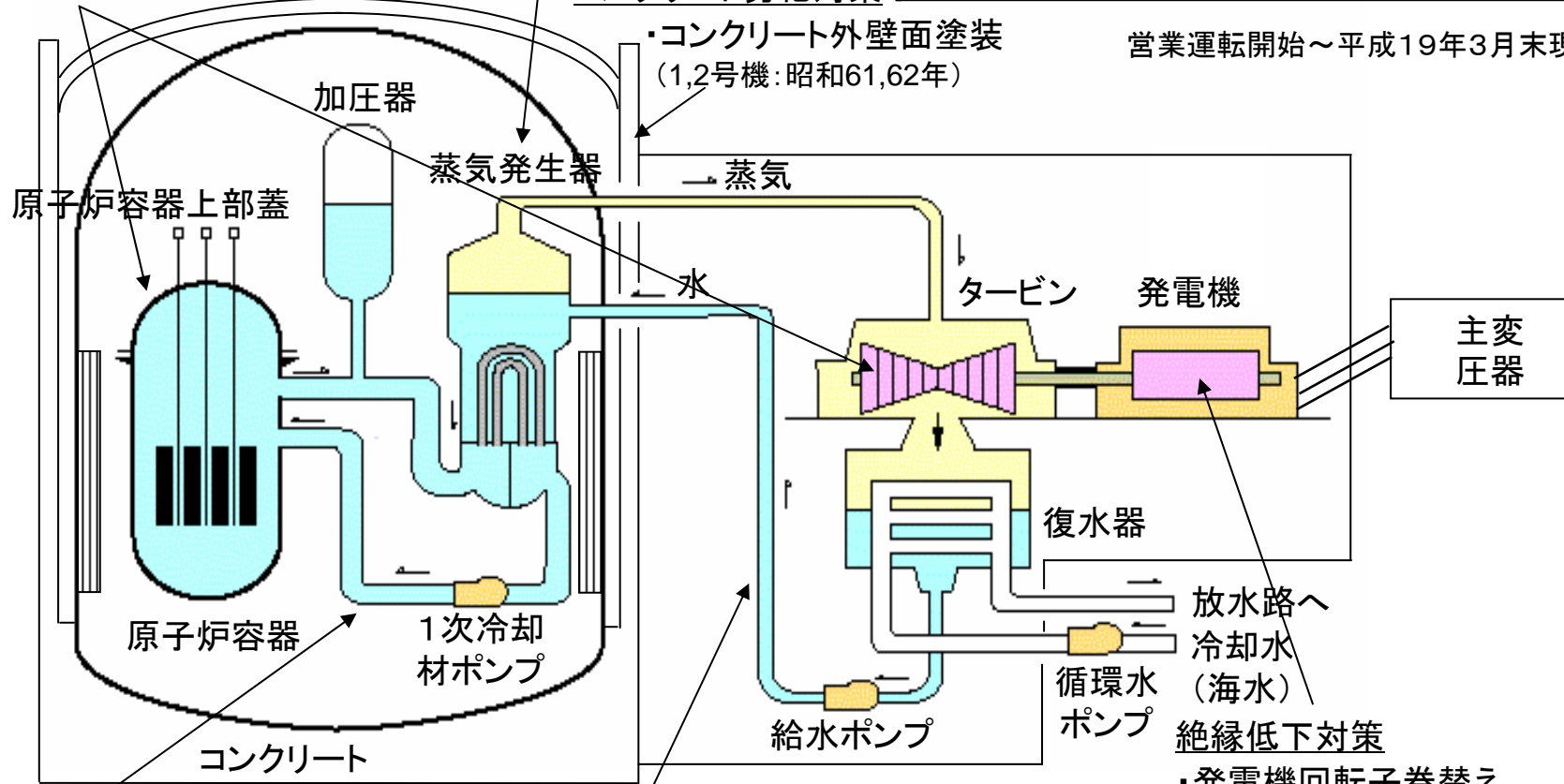
・蒸気発生器取替え

(1号機:平成6,7年度、2号機:8,9年度)

<大飯発電所1, 2号機の運転実績>

	1号機	2号機
累積発電電力量	約1,889億kWh	約2,029億kWh
計画外停止率	0.48回/年	0.36回/年
累積設備利用率	65.5%	72.1%

営業運転開始～平成19年3月末現在



コンクリート劣化対策

- ・コンクリート外壁面塗装 (1,2号機:昭和61,62年)

疲労対策

- ・1次冷却材分岐管取替え (1号機:平成12年度、2号機:11,12年度)

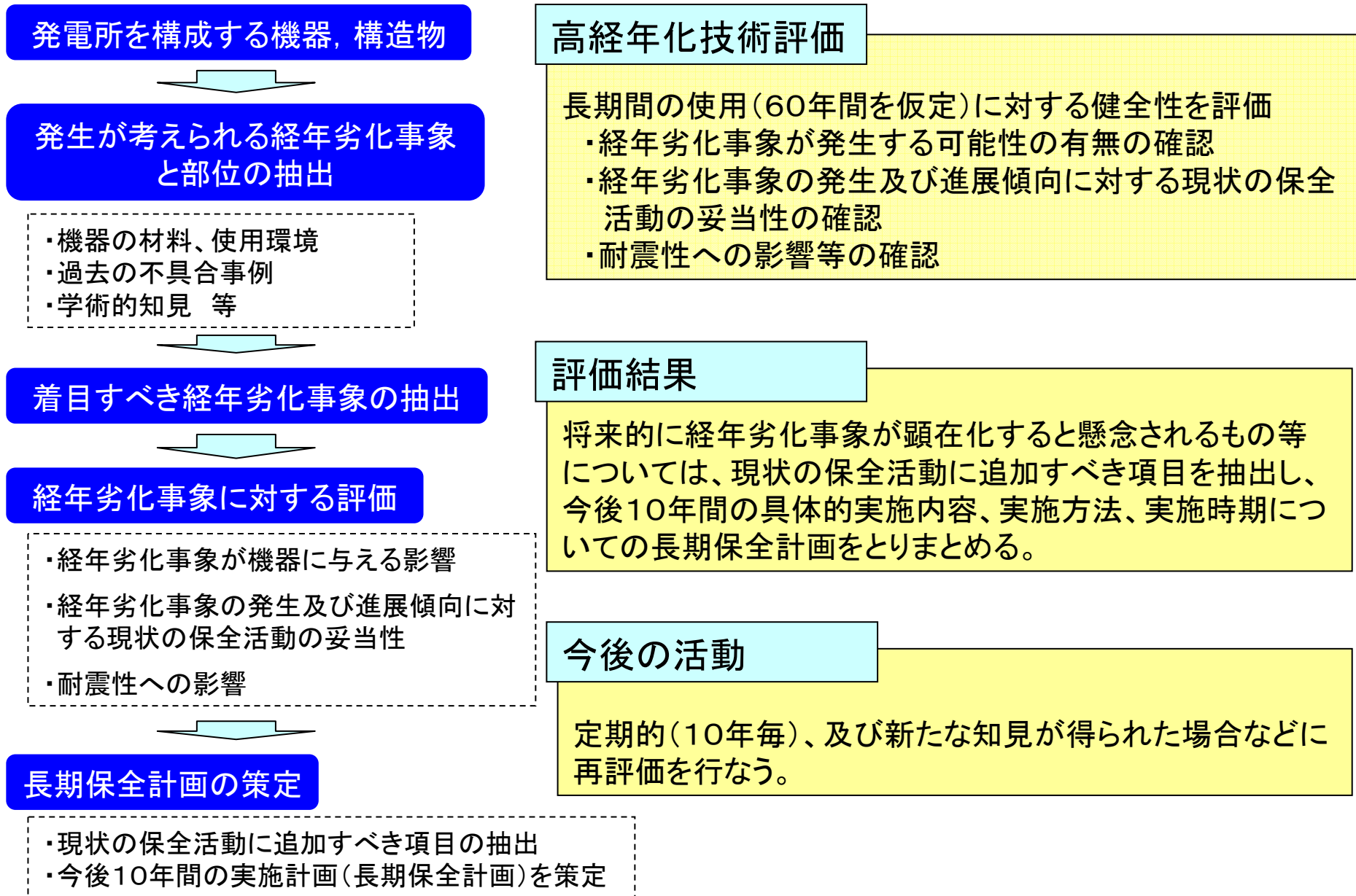
腐食対策

- ・2次系熱交換器取替え (1,2号機:平成18,19年度)
- ・2次系配管取替え (1,2号機:～19年度)

絶縁低下対策

- ・発電機回転子巻替え (1号機:平成6,7年度、2号機:8,9年度)

高経年化技術評価の流れ



高経年化技術評価結果と長期保全計画

○60年間の運転期間を仮定しても、大部分の機器・構造物※1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

※1:大飯1,2号機で約15万ある機器・構造物を評価対象

○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※2としてまとめまた

※2:約30の機器・構造物に対して約40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

<長期保全計画の代表例>

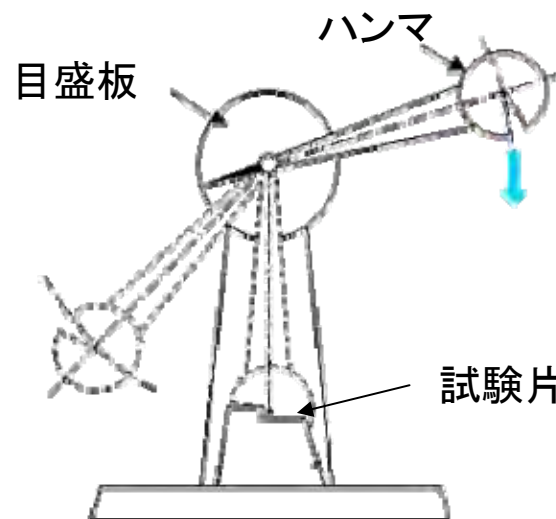
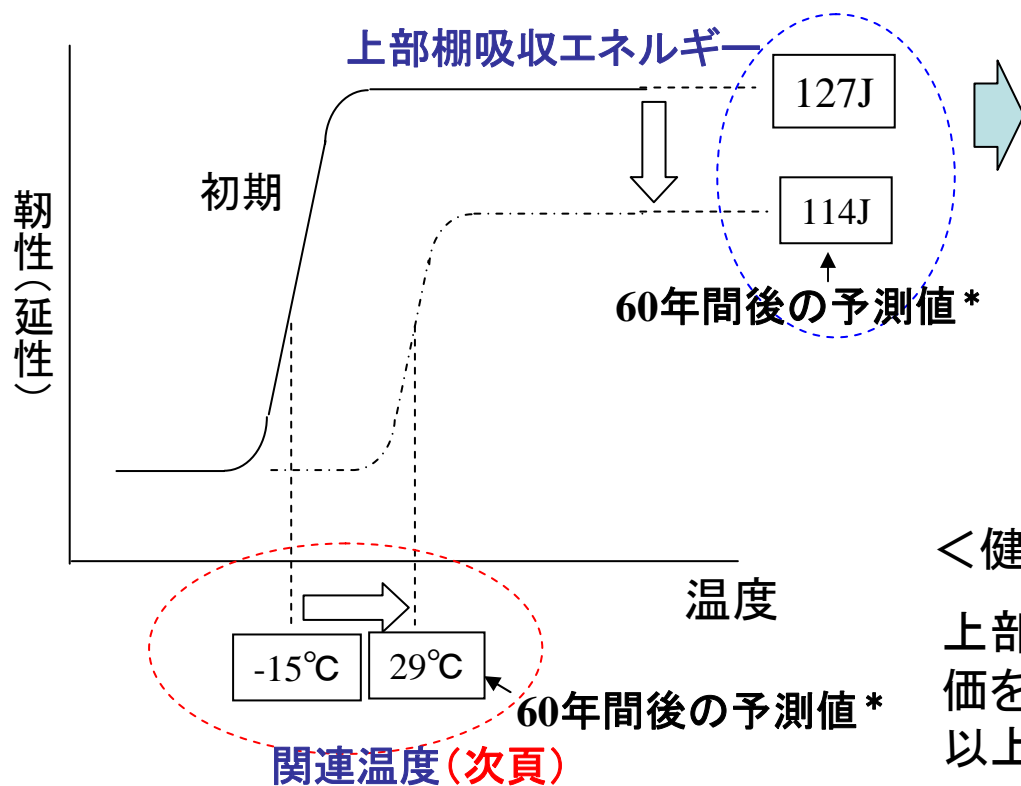
部位	経年劣化事象	長期保全計画の概要	実施時期
原子炉容器	中性子照射脆化	国や民間の技術開発、規格基準化に参画し、脆化予測式の精度向上等に取り組んでいく。	中長期
ケーブル	絶縁低下	より実機環境を模擬したケーブルの経年劣化手法の検討がされており、その成果を反映し、長期健全性の再評価を実施していく。	短期
コンクリート構造物	強度低下	コンクリートの圧縮強度を推定する非破壊試験等を実施し、強度に急激な経年劣化が生じていないことを確認していく。	中長期
原子炉容器等	疲労割れ	疲労評価は、プラントの起動・停止等の回数に依存するため、今後はプラントの起動・停止等の回数を確認していく。	次回評価時

* 1 短期:2009~2013年までに実施、中長期:2009~2018年までに実施、
次回評価時:次回高経年化技術評価で実施

主要な高経年化技術評価の結果 その1

1. 原子炉容器の技術評価(1/3)

中性子照射による材料特性の変化



ハンマが試験片を破壊する際に試験片が吸収できるエネルギーを測定

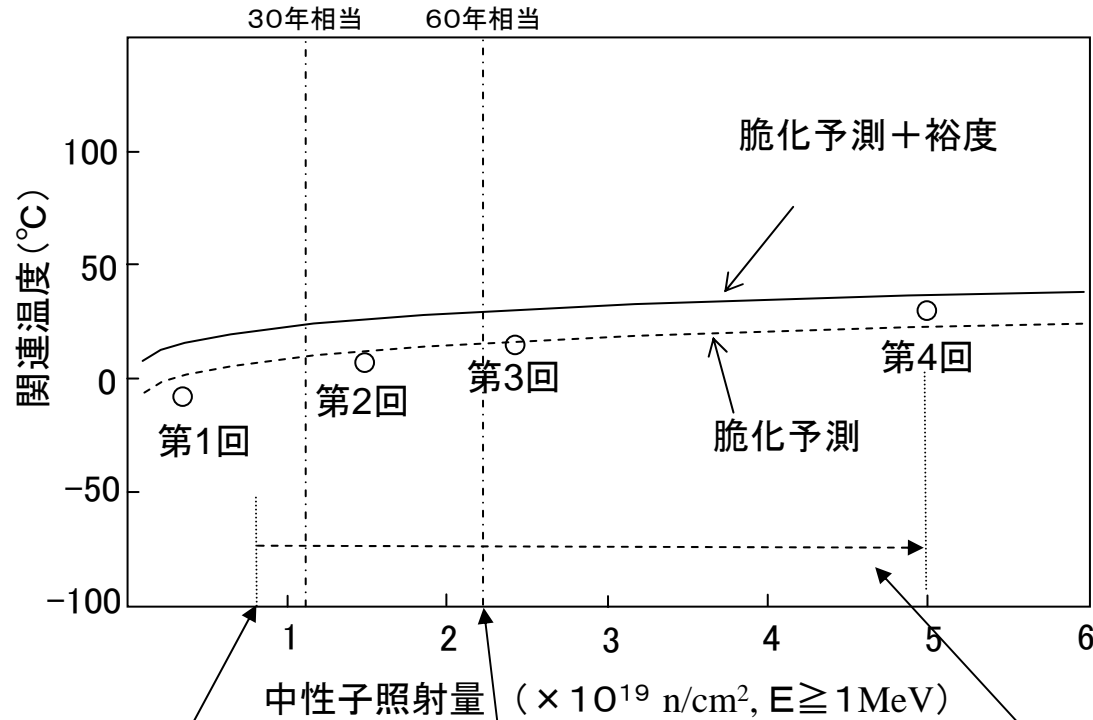
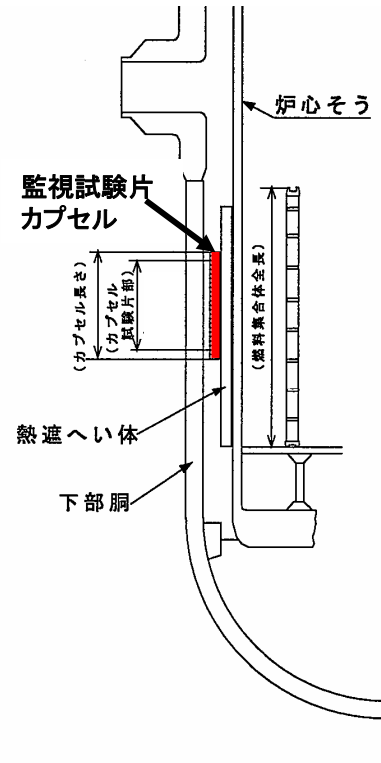
<健全性評価>

上部棚吸収エネルギー予測式による評価を実施し電気協会基準に基づき68J以上であることを確認

(* : 大飯1号機での予測値)

主要な高経年化技術評価の結果 その1

1. 原子炉容器の技術評価(2/3) 大飯1号機の関連温度の実績と予測



第4回試験片取出時点の原子炉容器*の実照射量

60年時点の原子炉容器*の照射量予測値

監視試験片では原子炉容器の実照射量より先行する材料特性を把握

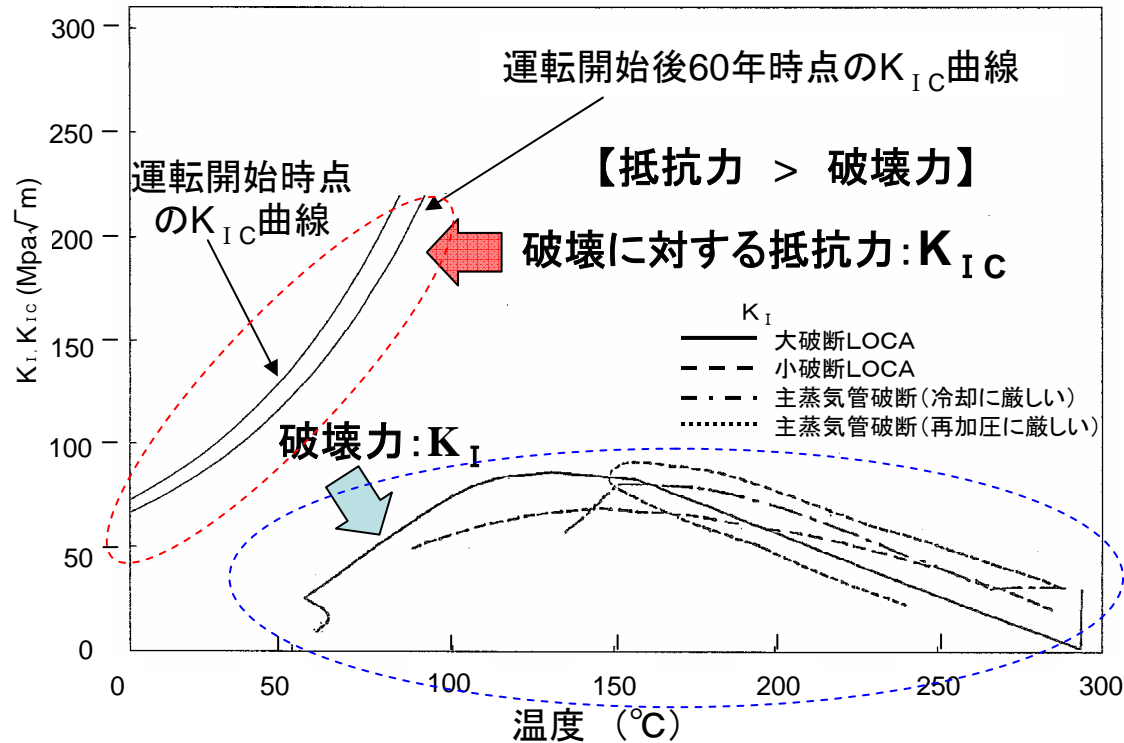
* 原子炉容器内表面から板厚の1/4深さの位置

○関連温度の上昇 ➡ 加圧熱衝撃(PTS)評価を実施(次頁)

主要な高経年化技術評価の結果 その1

1. 原子炉容器の技術評価(3/3)

大飯1号機 加圧熱衝撃評価結果(関連温度の評価)



・運転開始から60年を想定した加圧熱衝撃評価の結果, 破壊に対する抵抗力が常に破壊力を上回っており, 不安定破壊しないことを確認した

高経年化への対応

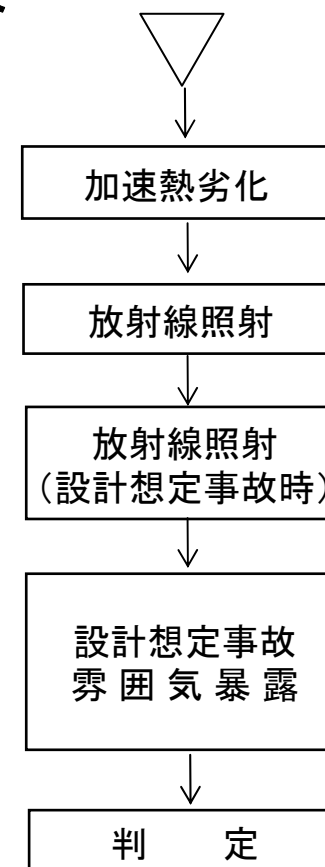
○最新知見による脆化予測式で評価を行うとともに, 従来の予測と大きく異なる場合は再生試験片の装荷なども含めて, 実機への適用を検討していく。

主要な高経年化技術評価の結果 その2

2. 低圧ケーブルの技術評価(1/2)

- ① 格納容器内の実機環境として設計平均温度49°Cを用いる場合
 例: 難燃PHケーブルの長期健全性評価試験条件(大飯1号機の場合)

		試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件 または 設計想定事故時の環境条件
通常 運 転 相 当	温 度	140°C-9日	117°C-9日 (=60°C* ¹ -60年)* ²
	放射線 (集積線量)	500kGy	132kGy
設計 想 定 事 故 相 当	放射線 (集積線量)	1500kGy	1280kGy
	温 度	最高温度: 190°C	最高温度: 約116°C
	圧 力	最高圧力: 0.41MPa[gauge]	最高圧力: 約0.083MPa[gauge]



* 1: 原子炉格納容器内でのケーブル周囲温度(約49°C)に通電による温度上昇と若干の余裕を加えた温度として設定した。

* 2: アレニウス則に基づく、60°C-60年間は、117°C-9日間と評価できる。

長期健全性評価手順

結論: 試験条件は、実機環境に基づいて60年間の運転期間を想定した劣化条件を包絡している。

主要な高経年化技術評価の結果 その2

2. 低圧ケーブルの技術評価(2/2)

② ホットスポットに敷設されている場合

例:ホットスポットに敷設されている低圧ケーブルの評価(大飯1号機の場合)

ケーブル種類	想定環境	換算結果	健全性評価 試験条件	判定	実環境への 換算期間
難燃PHケーブル	68.0°C-60年	127°C-9日	140°C-9日	○	-
KKケーブル	59.8°C-44.2年 25.0°C-15.8年	111°C-13日	110°C-13日	△	59.1年
	58.0°C-60年	110°C-13日		○	-
PAケーブル	68.0°C-60年	117°C-12日	130°C-12日	○	-
SHVVケーブル (=SHVSHVケーブル)	59.8°C-60年	119°C-14日	135°C-14日	○	-
	58.0°C-60年	117°C-14日		○	-

○ケーブル種類の記号の意味は、次のとおり。

P:エチレンプロピレンゴム, H:クロロスルホン化ポリエチレン, K:シリコーンゴム, A:アスベスト編組, SHV:特殊耐熱ビニル

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劣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、今後その成果を反映し、長期健全性の再評価を実施していく

主要な高経年化技術評価の結果 その3

3. コンクリート構造物の技術評価(1/2)

コンクリート強度低下の経年劣化要因に対する評価結果(例:大飯1号機 中性化)

構造物		中性化深さ(cm)			鉄筋が腐食し始める時の 中性化深さ (cm)	判定
		測定値 (運転開始後 25~28年 経過時点)	予測式による推定値			
			測定時点 (運転開始後 25~28年 経過時点)	運転開始後 60年経過 時点		
屋内	内部コンクリート	0.2	2.6	4.0	6.0	○
	外部遮へい壁 (屋内面)	0.1	2.5	3.8	7.0	○
屋外	取水構造物	0.1	1.8	2.7	8.55	○

(凡例) ○:(1)<(2) ×:(1)≥(2)

中性化によるコンクリートの強度低下に対して長期健全性評価上問題とならない。

主要な高経年化技術評価の結果 その3

3. コンクリート構造物の技術評価(2/2)

コンクリートの圧縮強度試験結果(大飯1号機の場合)

構造物	実施時期 (運転開始後 経過年数)	設計基準強度	平均圧縮強度
内部コンクリート	2002年 (23年)	24.5N/mm ² (250kgf/cm ²)	55.0N/mm ² (561kgf/cm ²)
外部遮へい壁	2007年 (28年)	20.6N/mm ² (210kgf/cm ²)	43.8N/mm ² (447kgf/cm ²)
原子炉格納施設基礎	2007年 (28年)	20.6N/mm ² (210kgf/cm ²)	44.7N/mm ² (456kgf/cm ²)
タービン建屋 (タービン架台)	2002年 (23年)	20.6N/mm ² (210kgf/cm ²)	49.8N/mm ² (508kgf/cm ²)
原子炉補助建屋	1999年 (20年)	17.7N/mm ² (180kgf/cm ²)	48.5N/mm ² (495kgf/cm ²)
取水構造物	2005年 (26年)	23.5N/mm ² (240kgf/cm ²)	44.1N/mm ² (450kgf/cm ²)

いずれも、平均圧縮強度は設計基準強度を十分に上回っている。

高経年化への対応

今後は、現状保全に加えて、リバウンドハンマーによりコンクリートの強度推定を行なう非破壊試験を定期的(1回/5年程度)に代表構造物において実施すること等により、強度に急激な経年劣化が生じていないことを確認していく。

耐震安全性評価例(配管減肉)

STEP1) 減肉管理で最も厳しい減肉状態の評価



減肉想定部位を管理値(必要最小肉厚)まで仮想的に周軸方向に一様減肉させ、3次元梁モデルまたはFEMにより発生応力を評価

減肉が想定される炭素鋼配管について、固定端を境界に複数の解析対象ブロックに分ける。(同一系統であっても全ブロックを評価対象とする)

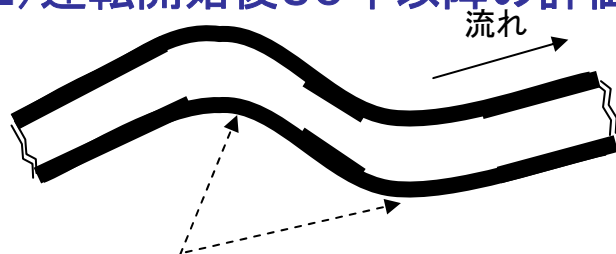
許容応力以下

報告書に記載



許容応力以上

STEP2) 運転開始後30年以降の評価



減肉想定部位の実測データ(肉厚, 減肉率)に基づき、同一ラインで最も早く必要最小肉厚に至る時点における肉厚まで仮想的に周軸方向に一様減肉させ、3次元梁モデルまたはFEMにより発生応力を評価

全て許容応力以内であることを確認

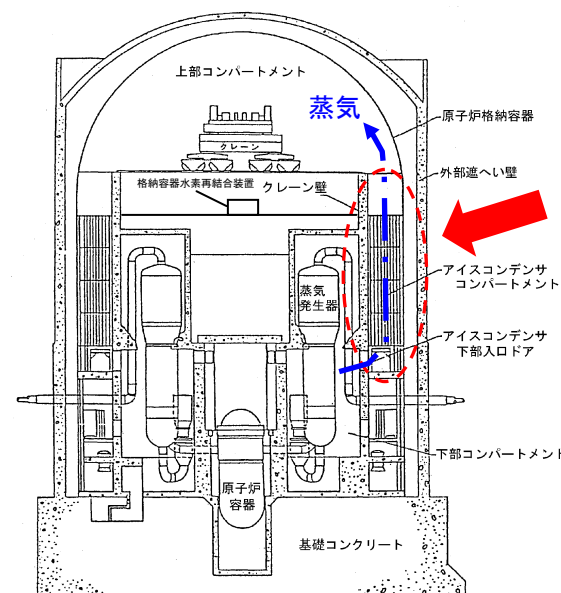
工事後のモデル

必要最小肉厚で一元管理可能なように、運転開始後30年となる前の定検でサポートの追加設置等を実施予定

アイスコンデンサ設備

大飯1, 2号機には、既に高経年化技術評価を行ったプラントにはないアイスコンデンサ*1と呼ばれる設備がある。

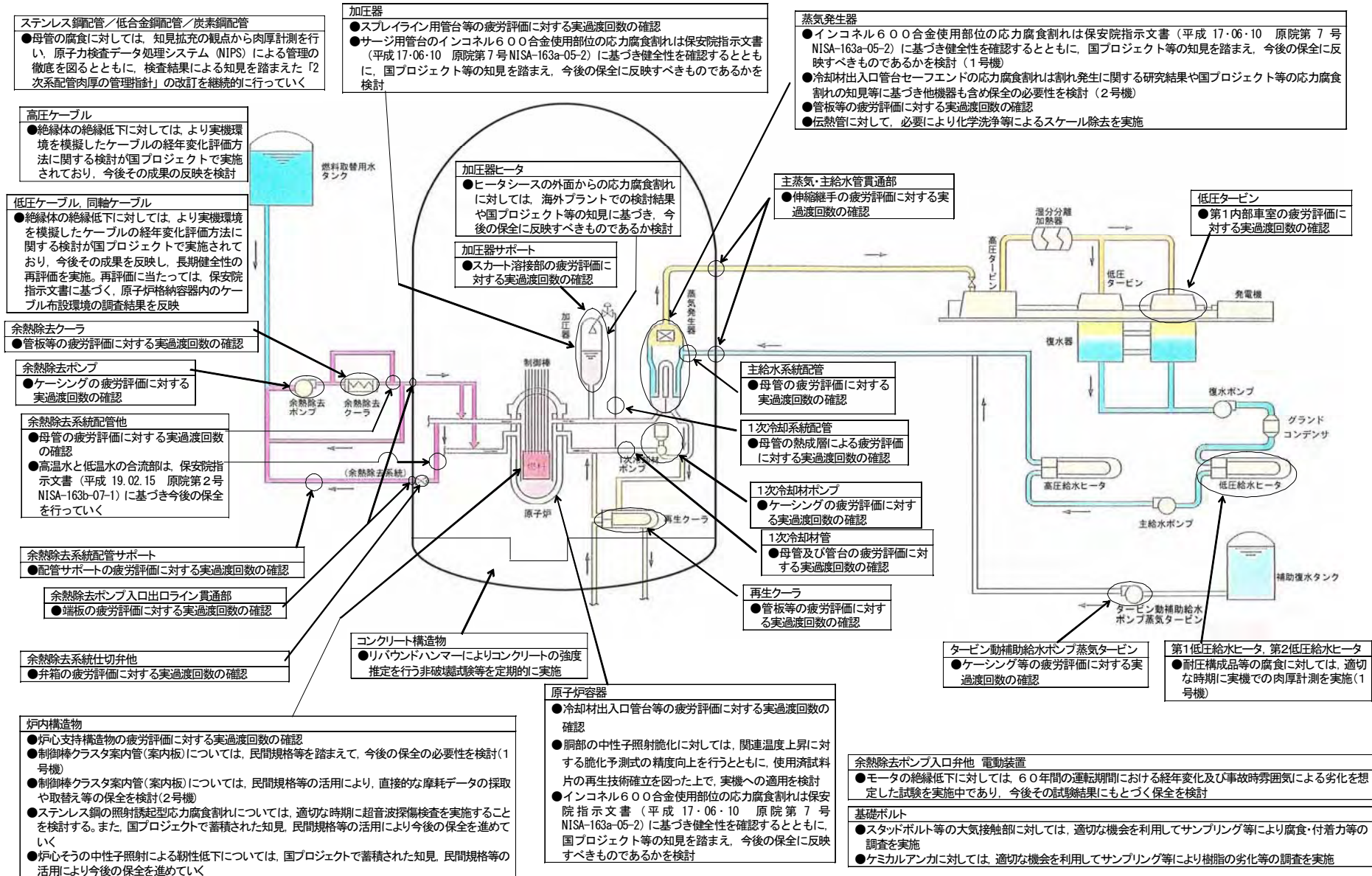
*1: 原子炉格納容器内に設置されており、事故時に格納容器内に吹き出した蒸気を導くためのドアパネルが開くことで流入した蒸気を氷により凝縮し、圧力の上昇を抑える役割がある。



<高経年化技術評価結果>

- ①高経年化対策上着目すべき経年劣化事象
蝶番(ヒンジ)の固着
(事故時に格納容器内に吹き出した蒸気を導くためのドアパネルの蝶番)
- ②高経年化への対応
下部入口ドア及び中間デッキドアのヒンジの固着に対しては、定期的にドアの開力の測定にて確認していく。

大飯発電所1, 2号機 長期保全計画一覧



今後の取り組み

高経年化技術評価等報告書の審議

- 平成20年3月14日に提出した報告書の内容については、国の委員会（技術評価WG）で審議予定
- 必要に応じて、国は立入検査を実施

高経年化対策に係る保全活動

- 長期保全計画は、今後10年間、原則として定期事業者検査として実施
- 現状保全及び長期保全計画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
- 継続して、新知見の反映や、必要な技術開発を行っていく

産学官の取り組み

技術情報調整委員会(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継続的に図っていく