

高経年化対策に係る取り組み状況について

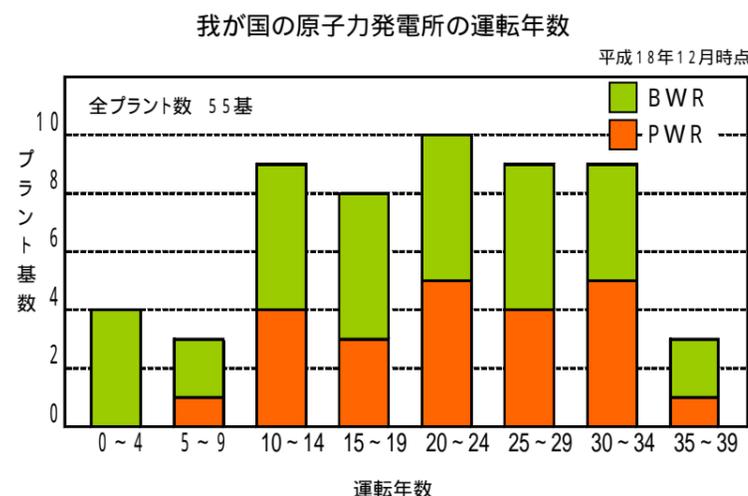
平成19年1月22日

関西電力株式会社

高経年化対策を取り巻く状況

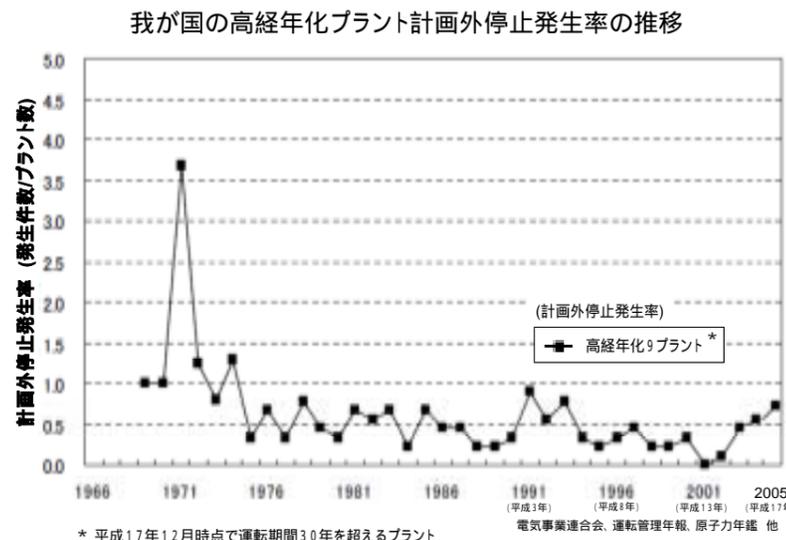
今後、運転期間の長期化したプラントが増加

- ・30年を超える高経年化プラントは12基。
(うち当社は5基)
- ・10年後には31基に増加。(うち当社は9基)



現状、運転期間の長期化により、トラブルが増加する傾向にはない

- ・経年劣化トラブル防止のための保全活動により、運転期間の長期化による計画外停止発生率が増加する傾向にはない。



原子力発電の役割は今後、益々重要

(「原子力政策大綱」平成17年10月閣議決定)

2030年以降も総発電電力量の30～40%を原子力が担うことを目指す。

(安全・安定運転が前提)

エネルギーセキュリティの確保

- ・我が国のエネルギー自給率は原子力を除いてわずか4% (原子力を含めても20%以下)で、主要先進国中で最低。
- ・石油は中長期的に逼迫。天然ガスの世界需要もこの30年で2倍。
- ・中国、インドの需要の急激な拡大。
- ・新エネルギーの供給安定性に課題。

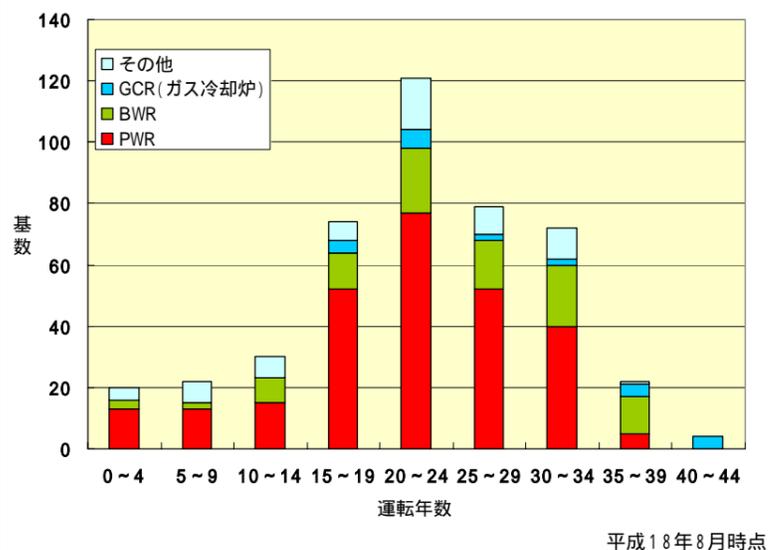
地球温暖化対策の切り札

- ・発電過程でCO₂を排出しない。
- ・高速増殖炉が開発されればCO₂を排出しない半永久的なエネルギーの確保が可能。

(総合エネルギー調査会 原子力立国計画(平成18年8月))

高経年化に係る海外の状況

- ・444基中98基が運転年数30年を超えており、10年後には298基が運転年数30年を超える。



高経年化対策は世界共通の課題

米国の状況 (平成17年5月時点)

【プラントの運転状況】

- ・運転期間30年を超えるプラントは36基 / 104基

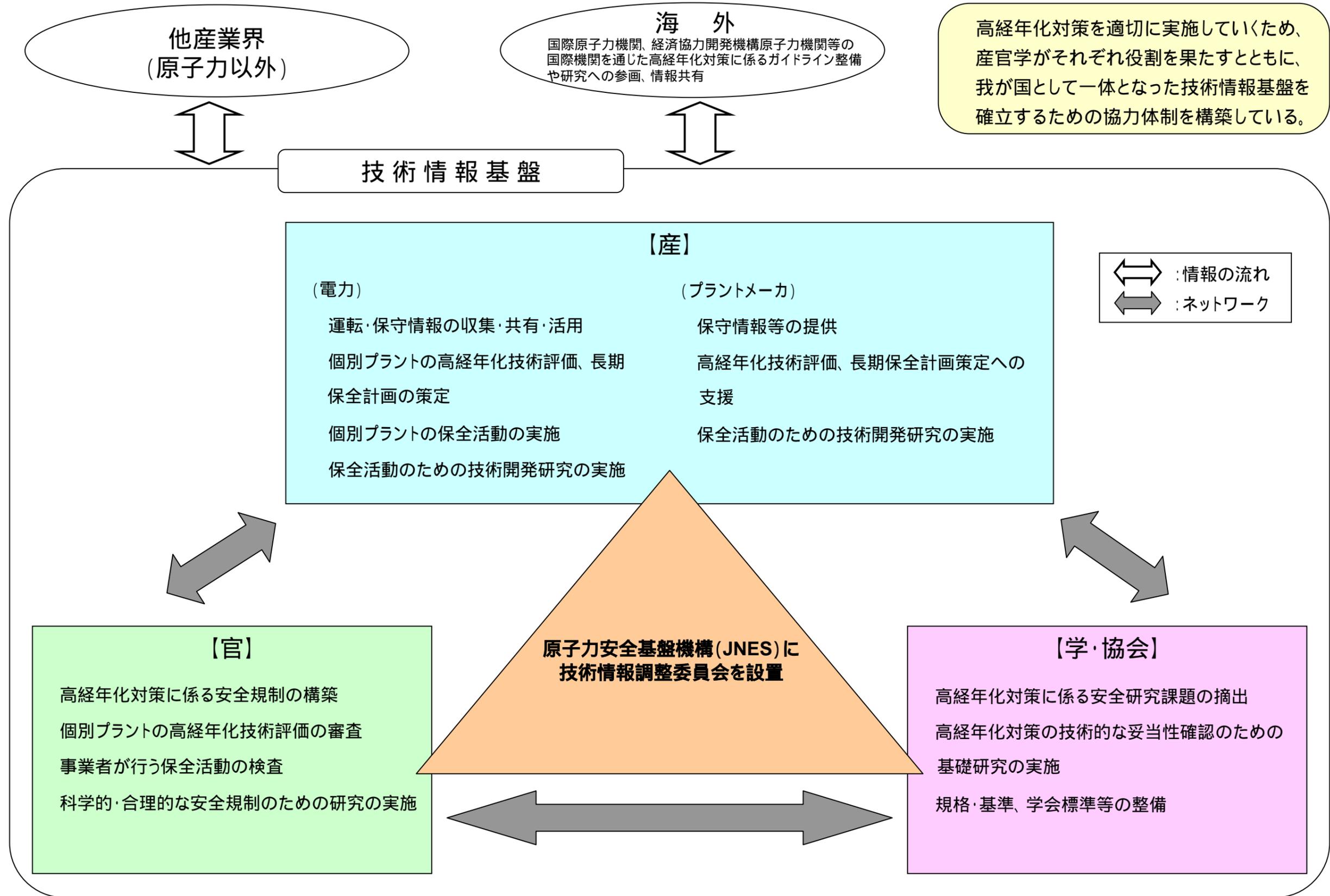
【規制の状況】

- ・原子力エネルギー法で運転期間は最長40年。ただし、運転認可更新申請書を原子力規制委員会(NRC)に提出し、許可されると最長20年間運転期間が延長される。
- ・NRCは、経年劣化評価対象機器・構造物の選定とそれに対する保全プログラムの適切性等について審査。

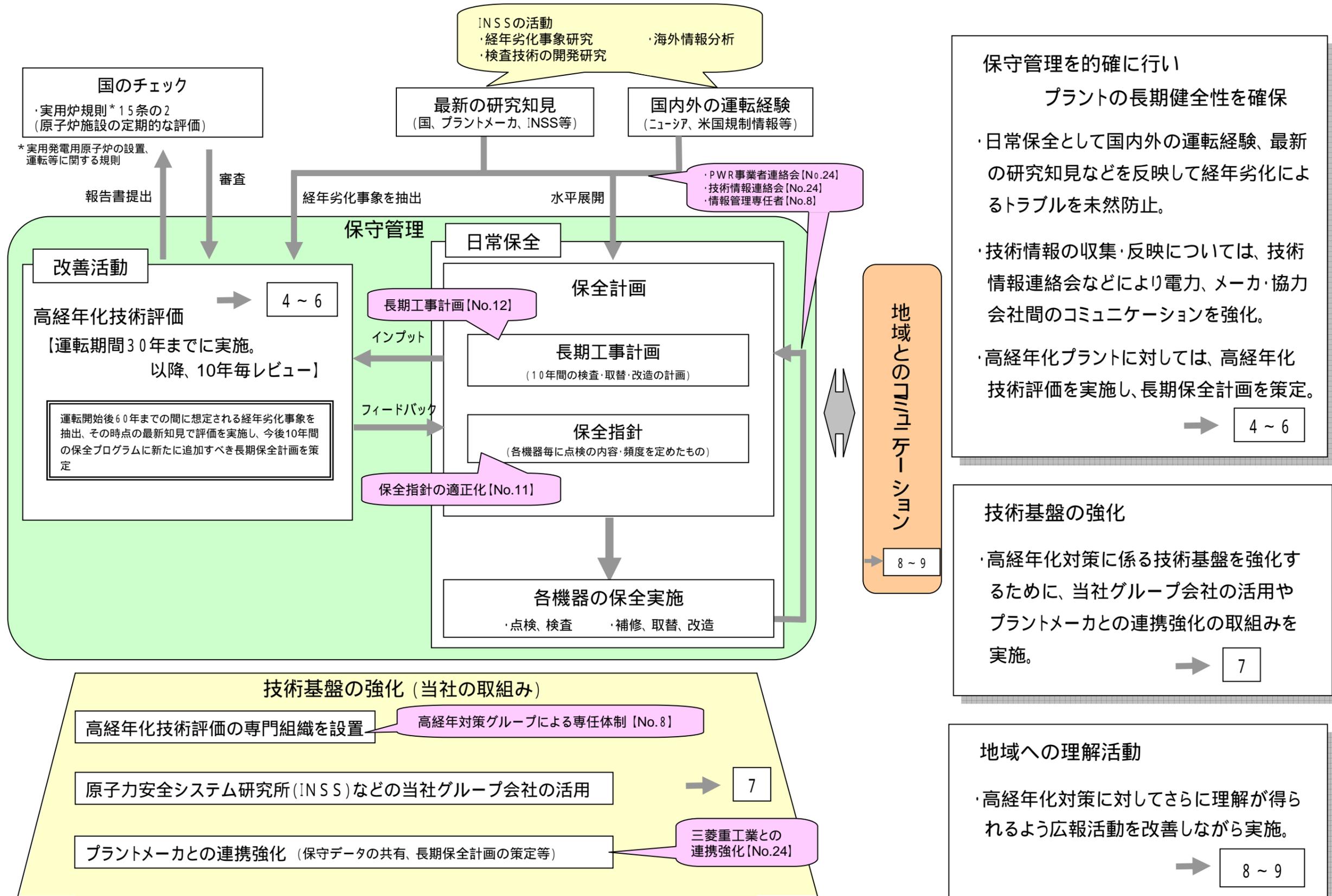
・運転認可更新申請の状況

許可済み: 42基 申請中: 9基 申請予定: 21基

運転期間が長期化していくことを踏まえ、的確な高経年化対策により、今後ともプラントの安全・安定運転を確実にすることが必要。



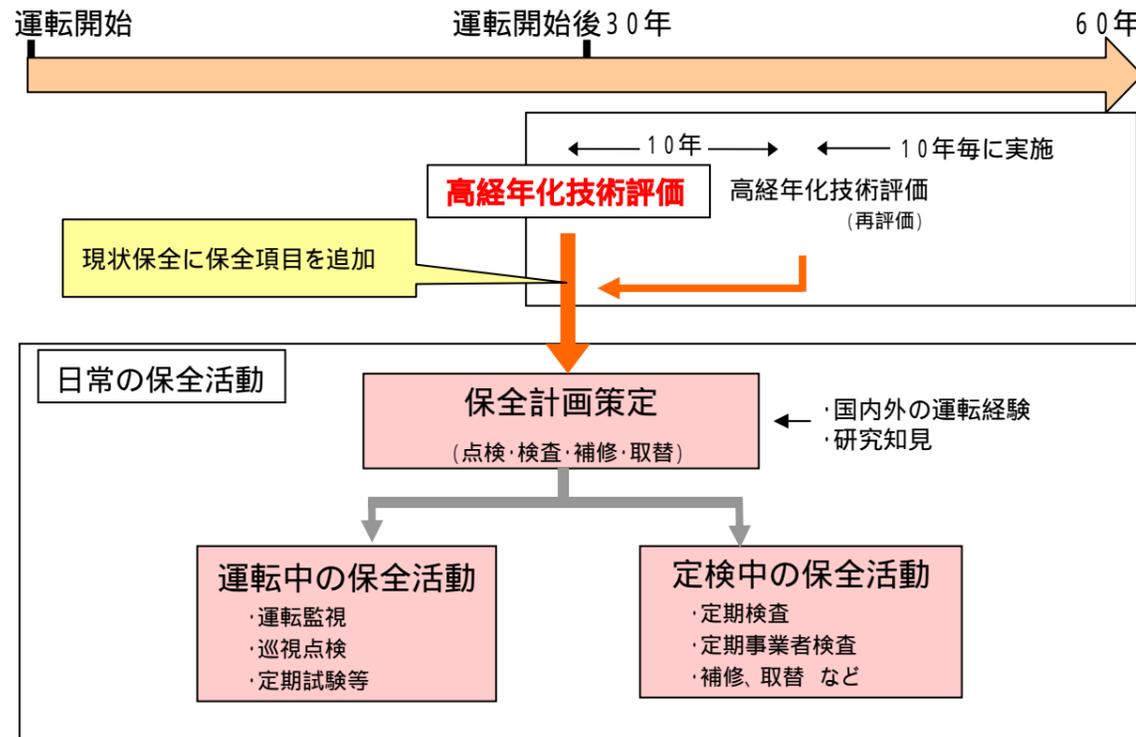
高経年化対策に係る当社の全体活動



原子力安全システム研究所: Institute of Nuclear Safety System (INSS)

* 内の番号は再発防止対策29項目の番号を示す

高経年化プラントに対する保守管理の考え方



日常の保全活動

- ・経年劣化によるトラブル発生を防止するため、国内外の運転経験、研究知見などを保全計画に反映。
- ・策定した保全計画に基づき運転中および定検中の保全活動を適切に実施。

高経年化技術評価による定期的なレビュー

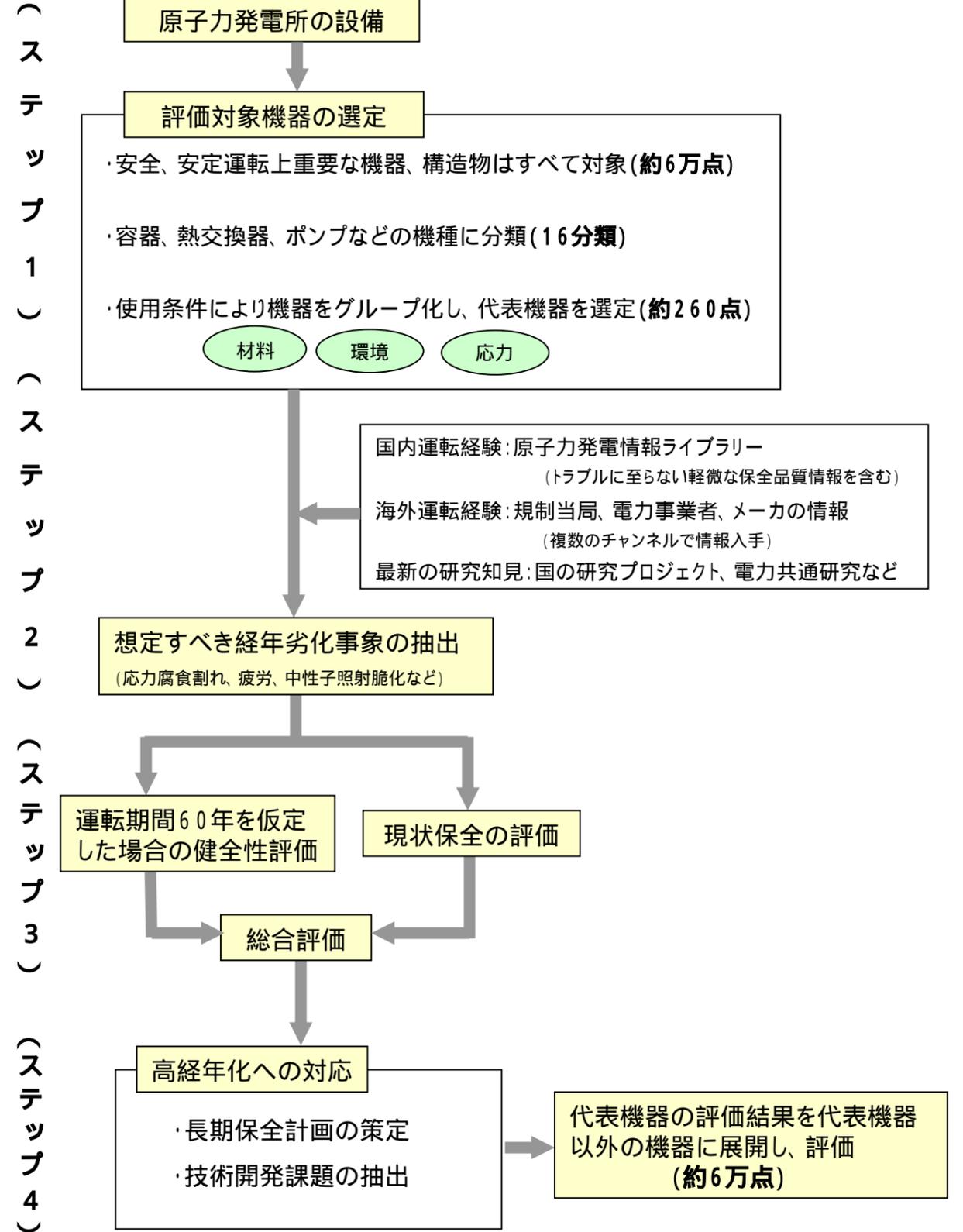
- ・運転期間を60年と仮定して、最新の知見に基づく機器の健全性評価を行い、必要により保全項目、技術開発課題を追加した長期保全計画を策定。
- ・高経年化技術評価は運転開始後30年までに実施し、以降10年毎に実施。

長期保全計画を確実に実施していくことで、60年間の安全運転は技術的に可能

当社の高経年化技術評価の実施実績

	報告書公表	運転開始後30年
美浜1号機	平成11年 2月	平成12年11月
美浜2号機	平成13年 6月	平成14年 7月
高浜1号機	平成15年12月	平成16年11月
高浜2号機	平成15年12月	平成17年11月
美浜3号機	平成18年 1月	平成18年12月

高経年化技術評価の流れ



長期保全計画の充実

経年劣化によるトラブル防止のため、蒸気発生器、原子炉容器上蓋などの機器を、材質等の改良を行い取替えている。 → **6**

原子炉容器本体、原子炉格納容器など現時点で取替困難な機器もあるが、運転期間60年を仮定した高経年化技術評価により長期保全計画を策定し、点検・検査・補修の充実や技術開発課題の抽出を行っている。

現状の評価と今後の対応

(現状の評価)

長期保全計画の充実により、60年間の安全運転は技術的に可能との確認ができた。

(今後の対応)

長期保全計画に基づく保全活動の確実な実施。
最新の知見に基づく見直しの継続。

高経年化技術評価による長期保全計画の策定例（美浜3号機の例）

ステップ1		ステップ2	ステップ3			ステップ4		
機種	機器・構造物	経年劣化事象	現状の保全	取替の状況		評価		
長期保全計画(保全項目の追加)								
取替可能な機器	容器	原子炉容器上蓋	応力腐食割れ(SCC)	目視検査、漏えい試験	管台は耐SCC性の良い材質に変更 インコネル600 690 取替済(H8年)	管台の材質を改良した上蓋に取替えており、発生の可能性小。 現状の保全で検知可能。	現状の保全を継続する。	
	熱交換器	蒸気発生器	応力腐食割れ、粒界腐食割れなど	渦電流探傷検査、管板上のスラッジ除去	伝熱管は耐SCC性の良い材質に変更 インコネル600 690 スラッジ堆積防止のため管支持板穴形状変更など 取替済(H8年)	伝熱管の材質を改良した蒸気発生器に取替えており、発生の可能性小。 現状の保全で検知可能。	現状の保全を継続する。	
	
取替困難な機器	容器	原子炉容器本体	中性子照射による脆化	超音波探傷検査 関連温度推移評価(脆化傾向の把握)	- - -	- - -	監視試験片により脆化傾向を把握。 容器に欠陥がないことを検査で確認。 仮に初期欠陥があっても脆性破壊しないことを評価で確認。	脆化傾向の予測式の精度向上や監視試験片の再生技術確立 (中長期:2006~2015年)
	コンクリート構造物	コンクリート構造物(原子炉建屋等)	強度低下(中性化による鉄筋の腐食、アルカリ骨材反応など)	目視点検および塗装補修	- - -	- - -	強度低下の可能性は小さいが、目視点検に加えて強度試験等が有効。	リバウンドハンマーによる定期的な強度測定 (中長期:2006~2015年)
.....	

参考1

参考2

参考3

16機種に分類

約6万点の機器・構造物を評価

用語の説明

- ・応力腐食割れ: 引張応力を受ける材料が腐食環境下で、通常の破壊応力より低い応力で割れを生じる現象
- ・粒界腐食割れ: 材料の腐食の一形態で、多結晶体の結晶粒境界が選択的に侵食を受け、割れを起こす現象
- ・スラッジ: 2次冷却材中に生じる腐食生成物
- ・脆化: 引張強さ及び硬さが増加、延性及び靱性が低下する現象

高経年化対策は実機プラントの設計、建設、運転、保守管理等について総合した技術力が要求される分野。



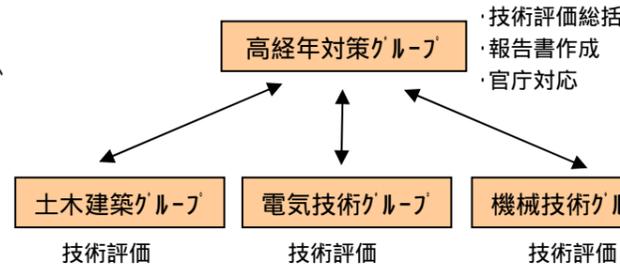
当社においては、原子力安全システム研究所の活用も含め、当社グループとして一体となった技術基盤を構築することが重要。

設計、経年劣化の評価技術を有するプラントメーカーとも連携の強化が重要。

技術基盤強化に係る当社の取り組み

高経年化技術評価、官庁等対応

- 原子力事業本部に高経年化対策グループの設置(H17.7)
- 高経年化技術評価に係る技術情報を総括し、一元的に知見、ノウハウを蓄積。
- 電気設備、機械設備の保守業務、研究業務に従事した経験者を配置。



保守データの提供

技術評価等の支援

高経年化技術評価支援、保守データの評価

- 高経年化対策を含む長期的な技術連携のため当社と三菱重工業が具体的な方策を検討中
- 当社は三菱重工業と技術協定の合意書を締結し(H17.4.22)、ワーキンググループを設置、連携方策を検討中(検討内容)
- 将来ビジョンの共有
- 安全安定運転のための連携・協力体制**
(保守情報共有・技術評価・長期保全計画策定への支援)など

三菱重工業(プラントメーカー)

- 経年劣化トラブルの情報提供、改善提言
- 研究成果提供

- 改善提言採否結果のフィードバック
- 研究ニーズ(技術開発課題)の提示

海外情報分析・高経年化基礎研究・検査技術開発

- 海外トラブル情報の分析による改善提言
- PWR海外情報検討会を開催(1回/2ヶ月)し、PWR5電力間で水平展開要否を検討
- 高経年化研究センターを設置(H17.7)し、高経年化研究を更に充実
- 経年劣化事象の基礎研究
- 検査技術開発研究
- 高経年化研究の情報収集・分析(国内外研究機関等との連携)
- 福井県のエネルギー研究開発拠点化計画への参画
(福井県における国の高経年化調査研究の推進)

原子力安全システム研究所

現状の評価と今後の対応

(現状の評価)

当社のグループ会社活用、プラントメーカーとの連携強化など、高経年化対策に係る当社の技術基盤が整備されている。

(今後の対応)

プラントメーカーとの連携方策の具体化。

INS Sとの連携、研究成果活用の一層の推進。

従来の取組(美浜3号機事故以前)

< 地元 >
 美浜1, 2号機、高浜1, 2号機の高経年化技術評価報告書提出、運転方針表明の都度、行政や地元キーパーソンを中心に説明(限られた対象のみに説明)

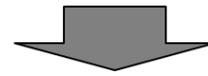
< 関西エリア >
 原子力発電の安全への取り組みの一部として説明(見学会等)

美浜3号機事故を受けた高経年化への不安の声

プラントの運転期間が長期化することで、トラブルが発生するのではという地元の方々からの不安の声

主な声(町議会、各戸訪問、ハガキ等)

- ・プラントが古くなっているのが心配
- ・最近のトラブルの続発は古くなったからではないか
- ・古いプラントをいつまで運転するのか
- ・機械も老朽化しており、メンテナンスをしっかりと欲しい



地元の方々へのPA活動を強化・充実する必要あり

- ・PA活動の対象範囲の拡大
- ・疑問・不安への対応
 (高経年化と老朽化の違い、発電所の寿命、保全活動、高経年化対策の仕組みなどの説明充実)

美浜3号機高経年化対策のPA活動への反映

< 強化・充実した活動 >

理解活動の対象範囲の拡大

- ・広報誌への掲載回数の増加、配布範囲の拡大
 「美浜発電所だより」への掲載増加
 「越前若狭のふれあい」の福井県全域配布(H18.2~33万部)

・説明手法の多様化

- ・CATVでの放送(H18.9)
- ・社外広報誌「わっと」への掲載(H18.11)

疑問・不安への対応

- ・美浜町各戸訪問で技術系社員が直接説明(H18.12)
 例)老朽化と高経年化の違いの説明の追加など
- ・美浜町原子力懇談会で地元キーパーソンに説明(H18.10)

< 従来からの活動 >

- ・行政・地元キーパーソンへの説明
- ・パンフレット、ホームページでの広報

年度	H8~11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20
運転方針表明() (高経年化技術評価報告書公表)	美浜1号機		美浜2号機		高浜1, 2号機		美浜3号機事故	美浜3号機	大飯1, 2号機	
P A 活動	美浜発電所だより 若狭のふれあい(若狭地域)				高浜発電所だより 若狭のふれあい(若狭地域)		美浜発電所だより 越前若狭のふれあい(県全域) CATV 美浜町内各戸訪問		:高経年化対策の掲載 :高経年化対策の放映	
	行政・地元キーパーソン個別説明 美浜1号機		美浜2号機		高浜1, 2号機		原子力懇談会 美浜3号機		美浜3号機高経年化対策についてご説明	
関西エリア	原子力発電所の安全への取り組みの一部として説明(見学会等)									
	パンフレット									
	ホームページ									
					改訂			改訂		わっと秋号

美浜3号機の高経年化対策に係るPA活動の結果概要

	活動内容	活動対象			活動概要 (強化・充実した点)	頂いたご意見例
		美浜町	福井県	関西エリア		
強化 充実した活動	美浜発電所だより	4回/年 4,500部 (新聞折込)			高経年化関係の掲載頻度増加 (H18.1、9、12の3回掲載)	【はがき】 ・慎重さに欠ける事故が多いと思う。過去からこのような事故の繰り返しが多い。心して運転されたい。
	越前若狭のふれあい	隔月発行 4,500部 (新聞折込) 約33万部の内数	隔月発行 約33万部 (新聞折込)		福井県全域に拡大(H18.2~) 高経年化関係の掲載頻度増加 (H18.9、10の2回掲載)	【はがき】 ・高経年化対策が載っていたが、結果として腐食や疲労割れが見つかった場合、どのような安全対策をとるのか。(保守管理) ・原子炉の部品がどの程度で取り替えられているのか。(保守管理)
	CATV	3回	1回		美浜町広報番組(H18.9) 福井県内各CATV(H18.11)	
	わっと	1回/四半期 140部 1,200部 40,000部 1,200部の内数 40,000部の内数 (オピニオン等へDMで送付)			高経年化関係の掲載 (H18秋号、従来は未掲載)	(1回/年の紙面調査用アンケートを実施中)
	美浜町各戸訪問	3,155戸 (2回/年)			技術系社員による説明を実施 (「美浜発電所だより」を活用)	【直接聴取】 ・30年も経てば、故障も多くなる。点検をきっちりしてほしい。(保守管理) ・マンションでの耐震偽装のように、原子力も本当に安全かどうかわからない。(組織の信頼感) ・温度のデータ改ざんもあり不安。(組織の信頼感) ・これだけ細かいトラブルが続くのは老朽化しているからでは。(トラブルとの関連性)
	美浜町原子力懇談会	1回/年 15名 (各種団体の長)			平成17年度より実施 (当社から地元キーパーソンに説明)	【直接聴取】 ・エネルギー事情から原油高も原子力の追い風になっていると思うが、美浜は3基とも高経年化炉となるので、地元は不安視している。
従来からの活動	行政・地元キーパーソン説明	70人・回 320人の内数	320人・回		プレス発表の都度他、適宜説明を実施	【直接聴取】 ・最近のトラブル続発は高経年化の影響ではないのか(トラブルとの関連性)
	若狭のふれあいモニタ	85人 232人の内数	232人		平成18年度より嶺北モニタ数の増 (アンケート会員を新規に設定)	【アンケート】 ・機器の交換、補修時に協力会社に対する指導やチェック体制が充分なのか(保守管理)
	パンフレット	説明会等で使用			「老朽化と高経年化の違い」の解説を追加(H18.1改訂)	
	ホームページ					

現状の評価と今後の対応

(現状の評価)
 高経年化対策に理解を得るには、トラブル防止、会社組織に対する信頼醸成を継続していくことが必要。
 点検や検査への理解が十分でないため、高経年化への不安につながっており、保守管理活動の広報が重要。

(今後の対応)
 地域の声を分析し、理解がさらに得られるよう広報活動を強化。
 ・地域の皆さまの不安な点、関心事項の的確な把握(各戸訪問、行政、キーパーソン、モニター、「越前若狭のふれあい」読者からはがき、INSSの調査)
 ・説明ツールの工夫(ビジュアル化など)
 ・説明内容の充実
 ・高経年化対策のベースとなる保守管理活動が適切に実施されていること
 ・30年を超えた高経年化プラントは機器が老朽化しているようなイメージがあるが、機器が積極的に取替られており、取替困難な機器に対しても健全性が確認されていること

高経年化対策の内容だけでなく、当社や社員への信頼醸成活動並びに広報活動を強化。
 (データ改ざん問題への対応、トラブル未然防止活動の継続)

大型機器の取替例(美浜3号機の原子炉容器上蓋、蒸気発生器)

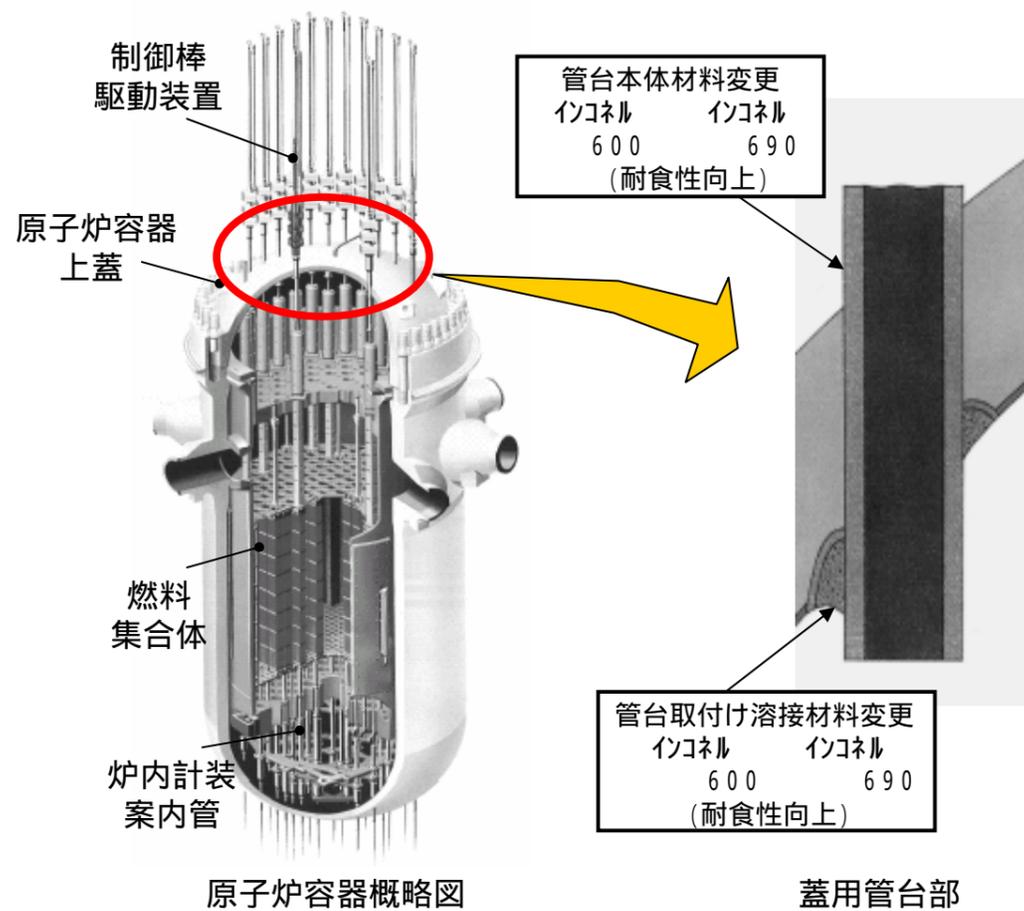
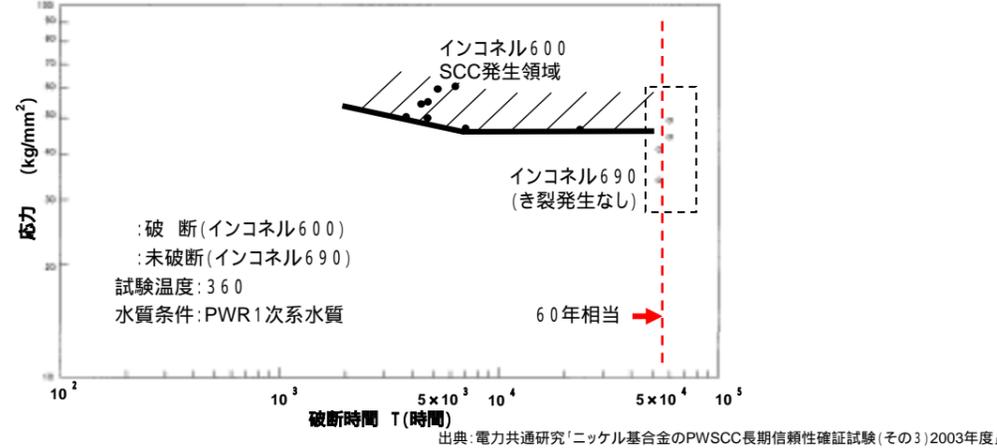
参考1

原子炉容器上蓋

海外プラントにおける応力腐食割れ事象を踏まえ、原子炉容器上蓋用管台の応力腐食割れに対する予防保全処置として、第15回定期検査時(平成8年度)に原子炉容器上蓋の取替えを実施。

下図に示すインコネル690合金の温度加速定荷重応力腐食割れ試験(民間研究)の結果から、現時点においては、応力腐食割れが発生する可能性は、ほぼない。

<図.インコネル690合金の定荷重応力腐食割れ試験結果>

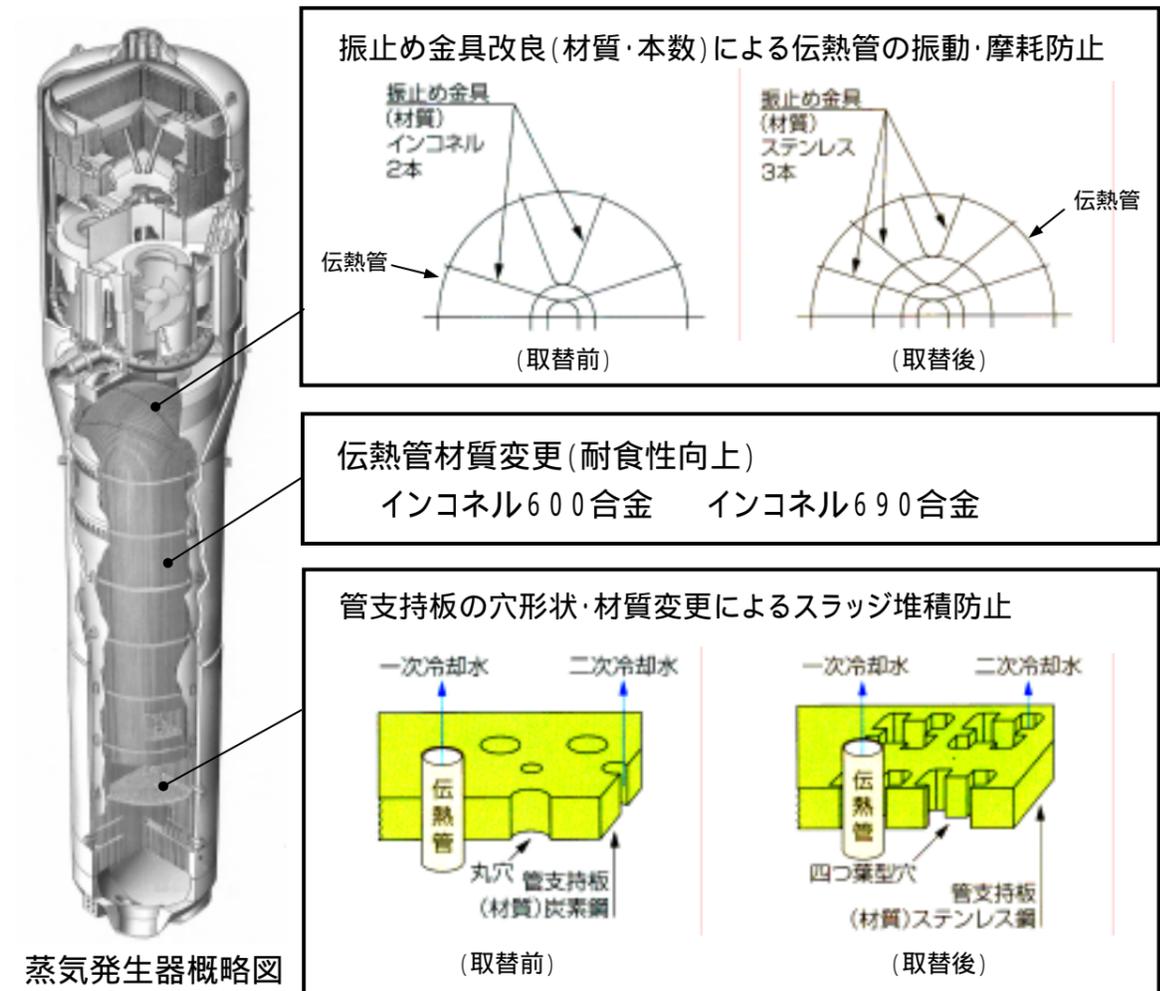
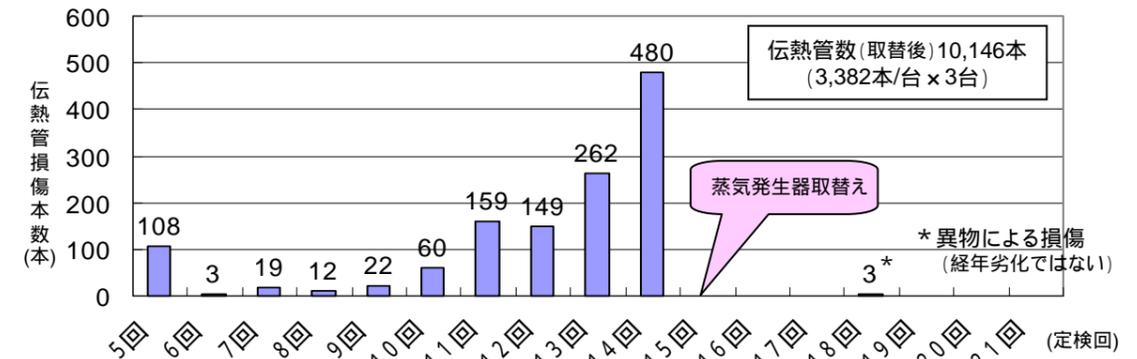


蒸気発生器

伝熱管の応力腐食割れ等による損傷を防止し、信頼性・保守性を向上させるため、第15回定期検査時(平成8年度)に蒸気発生器全体の取替えを実施。

蒸気発生器取替えに合わせ、管支持板、伝熱管振止め金具の改良等を実施。

下図に示すとおり、蒸気発生器の取替え以降、経年劣化による伝熱管の損傷は発生していない。



経年劣化事象

経年によるコンクリート強度低下につながる要因

- ・中性化によるコンクリート鉄筋の腐食
- ・アルカリ骨材反応によるコンクリートのひび割れ
- ・熱によるコンクリート強度低下
- ・放射線照射によるコンクリート強度低下 など

強度低下につながる要因の劣化メカニズム例(中性化)

・中性化とは、空気中の二酸化炭素(CO₂)の作用により、コンクリート表面から徐々にアルカリ性を失う現象をいう。



・中性化進行により、鉄筋に保護膜をつくるコンクリートのアルカリ性が失われると、鉄筋はコンクリート中の水分、酸素の作用により腐食し、鉄筋の腐食による体積膨張によりコンクリートにひび割れ等が生じる。

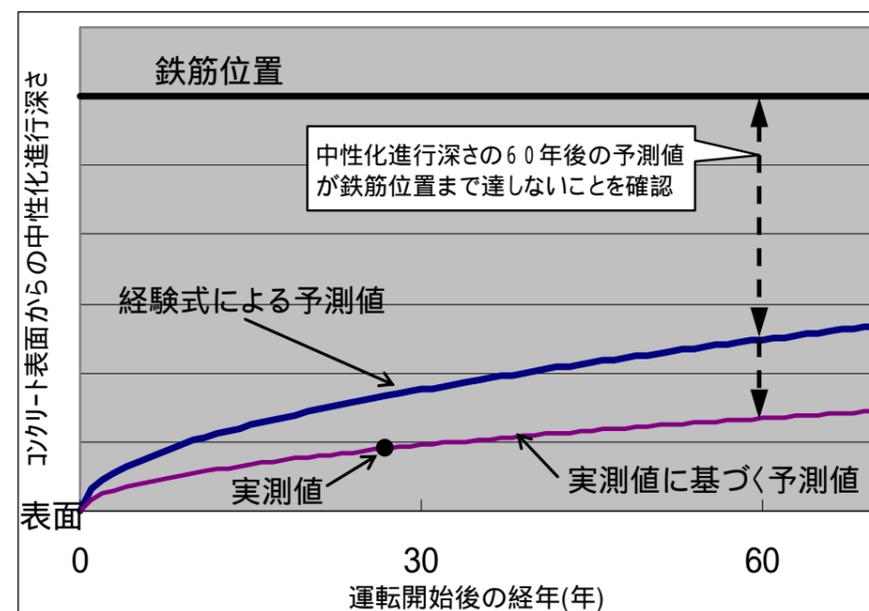
現状保全および評価

現状保全による評価

実機コンクリート構造物の定期的な目視点検により、強度に支障をきたす可能性のある有害な欠陥がないことを確認している。

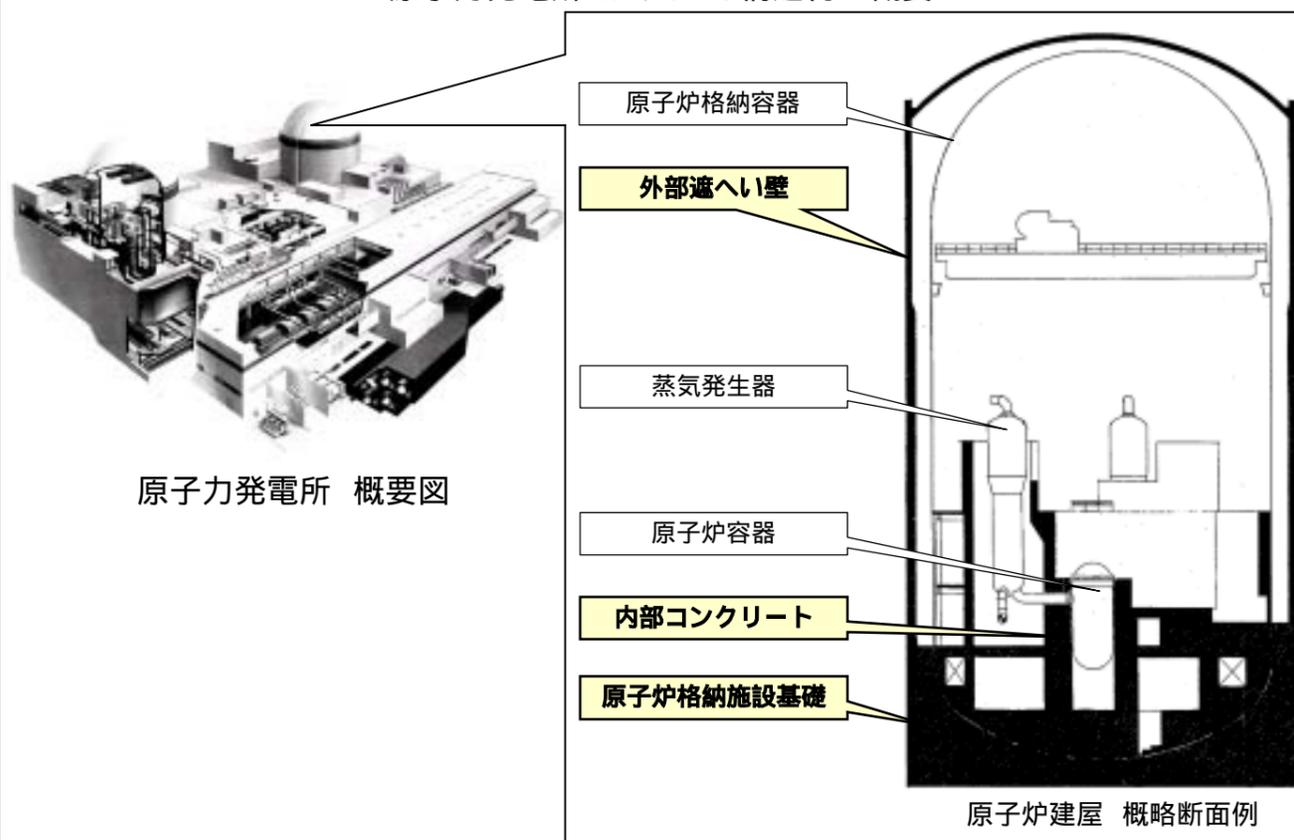
コンクリート強度低下につながる各要因の評価(中性化の評価例)

中性化進行深さの60年後の予測値が鉄筋位置まで達しないことを確認している。



予測評価イメージ

原子力発電所コンクリート構造物の概要



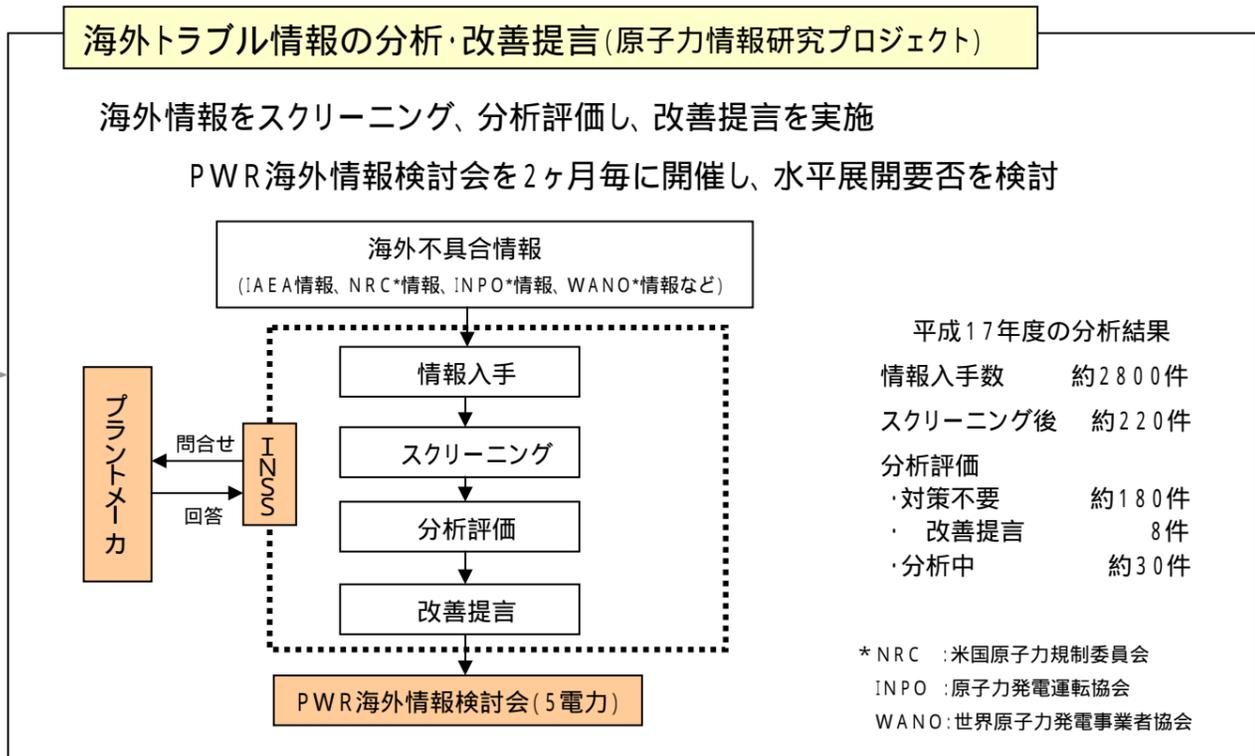
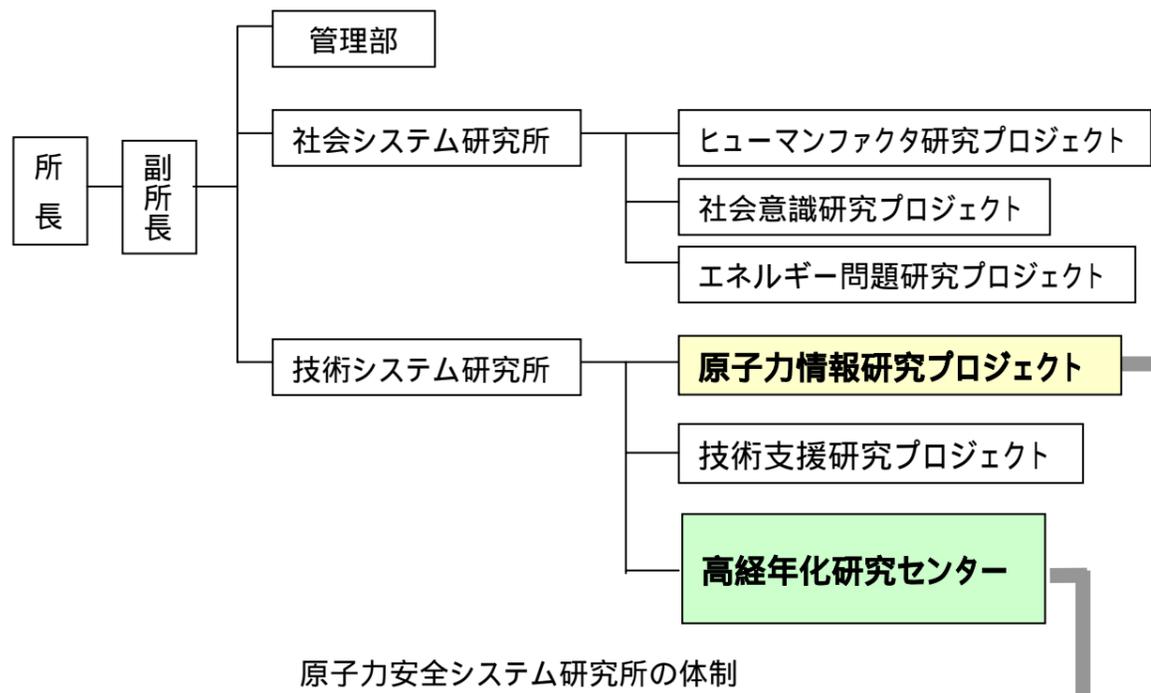
長期保全計画の充実

現状保全(定期的な目視点検)に加えて非破壊試験(リバウンドハンマー)によるコンクリートの強度測定を定期的を実施し、強度低下が生じていないことを確認していく。



リバウンドハンマー試験イメージ

原子力安全システム研究所 (INS S) における高経年化対策の取り組み



高経年化研究センターにおける高経年化研究の更なる充実

研究活動により、当社の高経年化対策を支援

経年劣化事象の基礎研究

(一例)

- ・ニッケル合金の応力腐食割れ

大飯3号機原子炉容器上蓋漏れい事故の際に実施した劣化進展予測において INS S の亀裂進展データを活用

検査技術の開発研究

(一例)

- ・ステンレス鋼に対して、より信頼性の高い超音波探傷技術を開発
- 当社プラントに順次導入中

高経年化研究の情報収集・分析

- ・国内外の研究動向の把握
- ・国内外の研究機関等との連携

福井県のエネルギー研究開発拠点化計画への参画

(福井県における国の高経年化調査研究の推進)

INS S が福井・近畿圏クラスタの研究活動 (14研究機関) を統括

