

日本原子力発電(株)敦賀発電所1号炉 高経年化技術評価書等に係る 審査結果について

平成21年10月

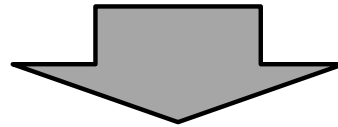
原子力安全・保安院

目 次

1. 高経年化対策に関する基本的な考え方について
2. 敦賀発電所1号炉の技術審査について
 - (1) 経緯
 - (2) 審査経緯等
 - (3) 技術審査の結果
 - 1) 高経年化技術評価の実施体制等
 - 2) 経年劣化事象ごとの評価
 - 3) 耐震安全性の評価
3. 30年目の技術評価の検証と反映
 - (1) 30年目の技術評価の検証
 - 1) 事故・トラブル事象の分析
 - 2) 30年目以降の経年劣化傾向の評価
 - (2) 30年目の長期保守管理方針の有効性評価結果
4. 長期保守管理方針
5. 今後の対応について

1. 高経年化対策に関する基本的な考え方について

プラントの一定の安全水準を確保するため、長期供用に伴う**経年劣化の特徴を把握してこれに的確に対応した保守管理**を行うことが重要。

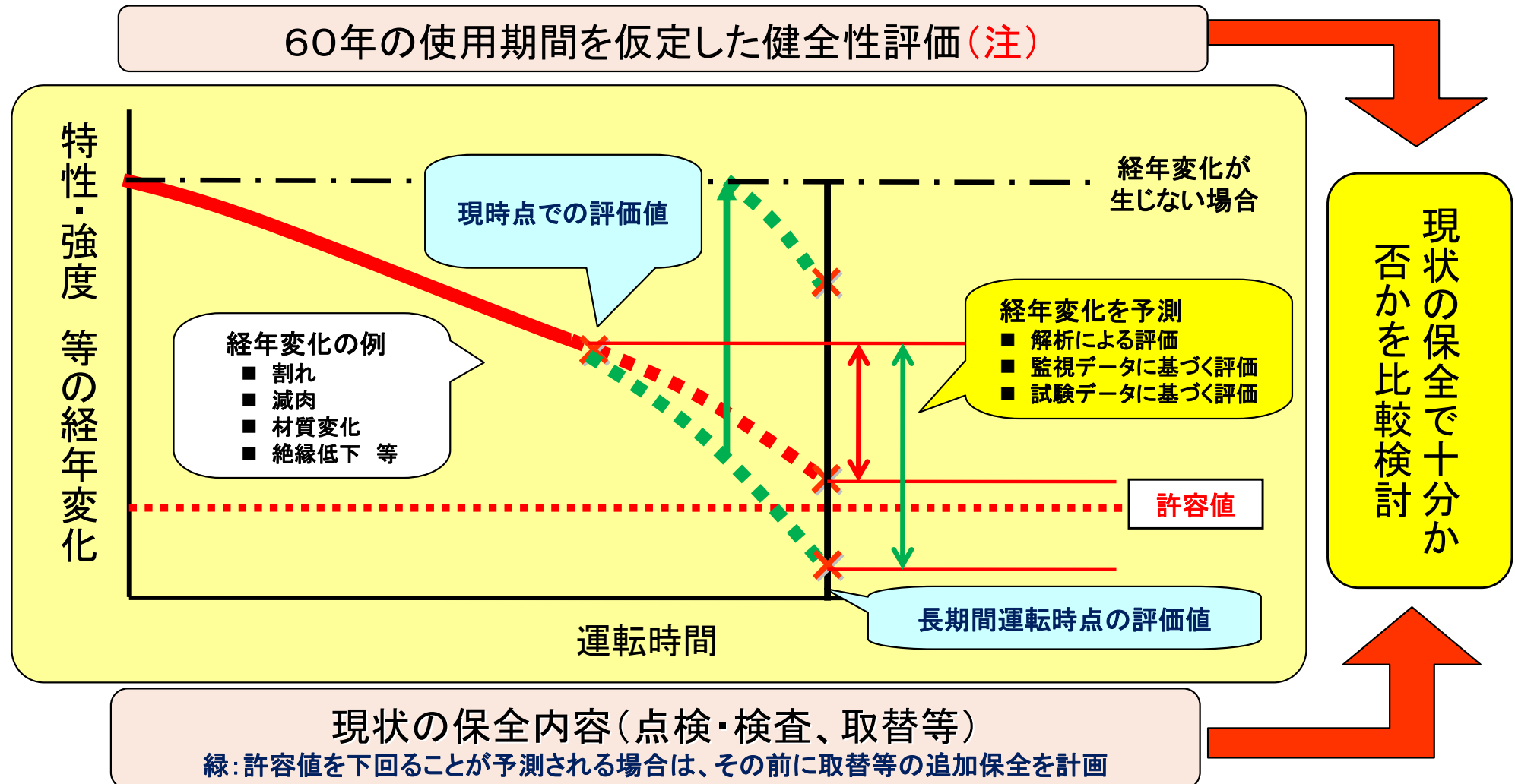


高経年化技術評価

運転開始後30年に至る前に、プラントの機器・構造物の健全性について評価を行い、この評価に基づき長期保守管理方針（現状の保全に追加すべき、今後10年間の保全策）を策定・実施する。

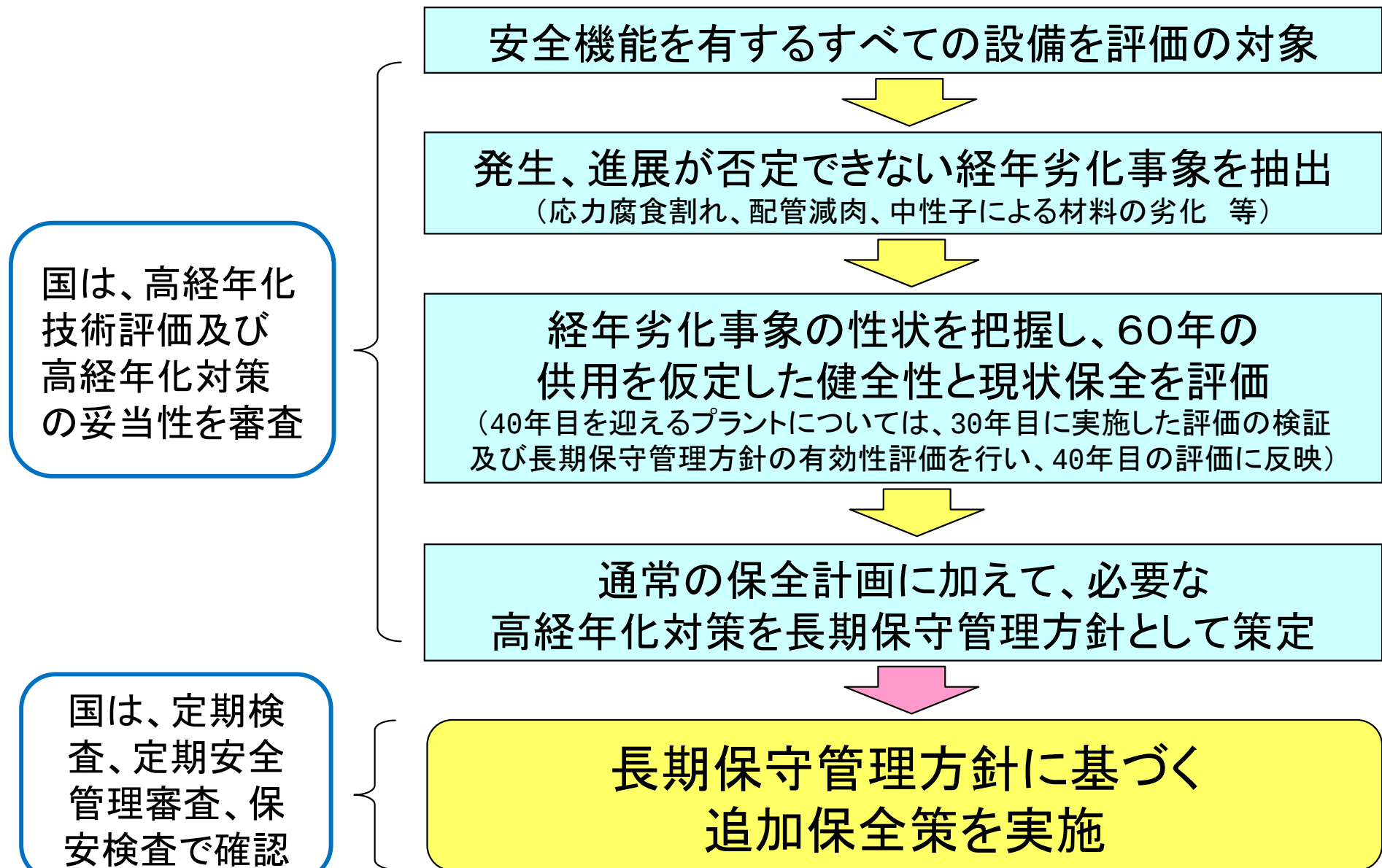
高経年化対策の実施(経年変化に対する評価)

プラントの運転開始から60年を一つの目安とした供用期間を仮定して、機器・構造物の健全性評価を行うとともに、現状の保全内容が十分かどうか確認し、追加すべき保全策の必要性を検討する。



(注) 60年使用を認めるものではない。経年変化を予測し、60年時点の健全性を評価。

高経年化対策の実施(実施の流れ)

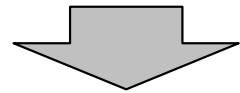


新しい検査制度における高経年化対策(国の関与の強化)

新制度導入前

<原子炉等規制法による高経年化技術評価の義務付け>

- ①事業者は、運転開始後30年目までに高経年化技術評価を実施(30年目以降も10年ごとに同様)。
- ②以後10年間に行う保全対策をとりまとめた保全計画(長期保全計画)を国に報告。
- ③具体的な実施内容については、対策実施後に国に報告。



国の関与を強化(平成21年1月1日開始)

新制度導入後

<高経年化対策に係る保全方針の明確化>

高経年化技術評価とこれに基づく今後10年間の保全方針(長期保守管理方針)を原子炉等規制法に基づく保安規定に記載して、国が審査の上認可する。

<高経年化対策の実施状況の確認>

高経年化対策の具体的な実施内容については、定期検査毎に

- ① 対策実施前に保全計画書の事前届出により国が確認。
- ② 事業者は定期事業者検査の作業項目として実施。
- ③ 国は保安検査や定期安全管理審査などにより実施結果を確認。

2. 敦賀発電所1号炉の技術審査について

(1) 経緯

日本原子力発電(株)敦賀発電所1号炉 BWR 出力:357MW

1970年 3月14日 営業運転開始

1999年 2月 8日 30年目の高経年化技術評価結果公表

2009年 2月17日 保安規定変更認可申請書の提出
(40年目の長期保守管理方針追加)

2009年 5月19-21日 発電所への立入検査

2009年 8月19日 保安規定変更認可申請書の補正の提出

2009年 9月 3日 保安規定の変更認可及び原子力安全委員会へ
審査結果を報告

運転開始後40年を迎える国内最初の高経年化プラント

(2) 審査経緯等

○技術的妥当性の確認を原子力安全基盤機構(JNES)に指示

- ・書面審査を実施し、現地調査で原本を確認すべき保全実績等を保安院へ報告
- ・技術的支援のため立入検査に同行
- ・書面審査と立入検査によって明らかになった高経年化技術評価書及び長期保守管理方針に対して更なる検討を要する事項(指摘事項)案の検討
- ・指摘事項の補正書への反映の妥当性評価

○立入検査の実施

- ・評価の実施体制、実施方法、実施結果等の根拠となるデータ、文書等を直接確認するため、発電所へ立入検査を実施

○専門的意見の聴取

- ・審査の過程でとりまとめた書面審査の結果、立入検査項目、指摘事項、指摘事項の補正書への反映の妥当性評価等について、高経年化技術評価ワーキンググループに諮り専門的意見を聴取

○保安検査官による現地確認

- ・配管の耐震補強工事施工後に、保安検査官による施工確認を実施
- ・今回の定期検査時に交換する前提で技術評価している計測装置(温度検出器)の交換後の据付状況の確認を実施

・高経年化技術評価ワーキンググループ 委員(敬称略・五十音順)

主査

関村 直人(せきむら・なおと) 東京大学大学院工学系研究科教授

委員

大木 義路(おおき・よしみち) 早稲田大学理工学術院教授

大橋 弘忠(おおはし・ひろただ) 東京大学大学院工学系研究科教授

橘高 義典(きつたか・よしのり) 首都大学東京都市環境学部教授

小林 英男(こばやし・ひでお) 横浜国立大学客員教授

庄子 哲雄(しょうじ・てつお) 東北大学大学院工学研究科エネルギー安全科学国際研究センター教授

平野 雅司(ひらの・まさし) 独立行政法人日本原子力研究開発機構 安全研究センター副センター長

宮 健三(みや・けんぞう) 法政大学大学院システムデザイン研究科 客員教授

飯井 俊行(めしい・としゆき) 福井大学大学院工学研究科教授

山口 篤憲(やまぐち・あつのり) 財団法人発電設備技術検査協会溶接・非破壊検査技術センター センター長

・高経年化技術評価WGの開催実績

【開催年月日】

平成21年 3月24日

平成21年 4月20日

平成21年 6月22日

平成21年 7月 7日

平成21年 7月30日

平成21年 8月20日

【開催場所】

経済産業省

経済産業省

経済産業省

経済産業省

経済産業省

経済産業省

(3) 技術審査の結果

1) 高経年化技術評価の実施体制等

① 実施体制、実施方法等プロセスの明確性

実施体制、工程管理、評価者の力量管理や、最新知見・運転経験の反映など、評価にかかる実施体制が妥当であることを確認。

【主な実施体制】

技術評価等の実施 : 発電所保守室、安全管理グループ

工程・体制の管理 : 運営管理グループ

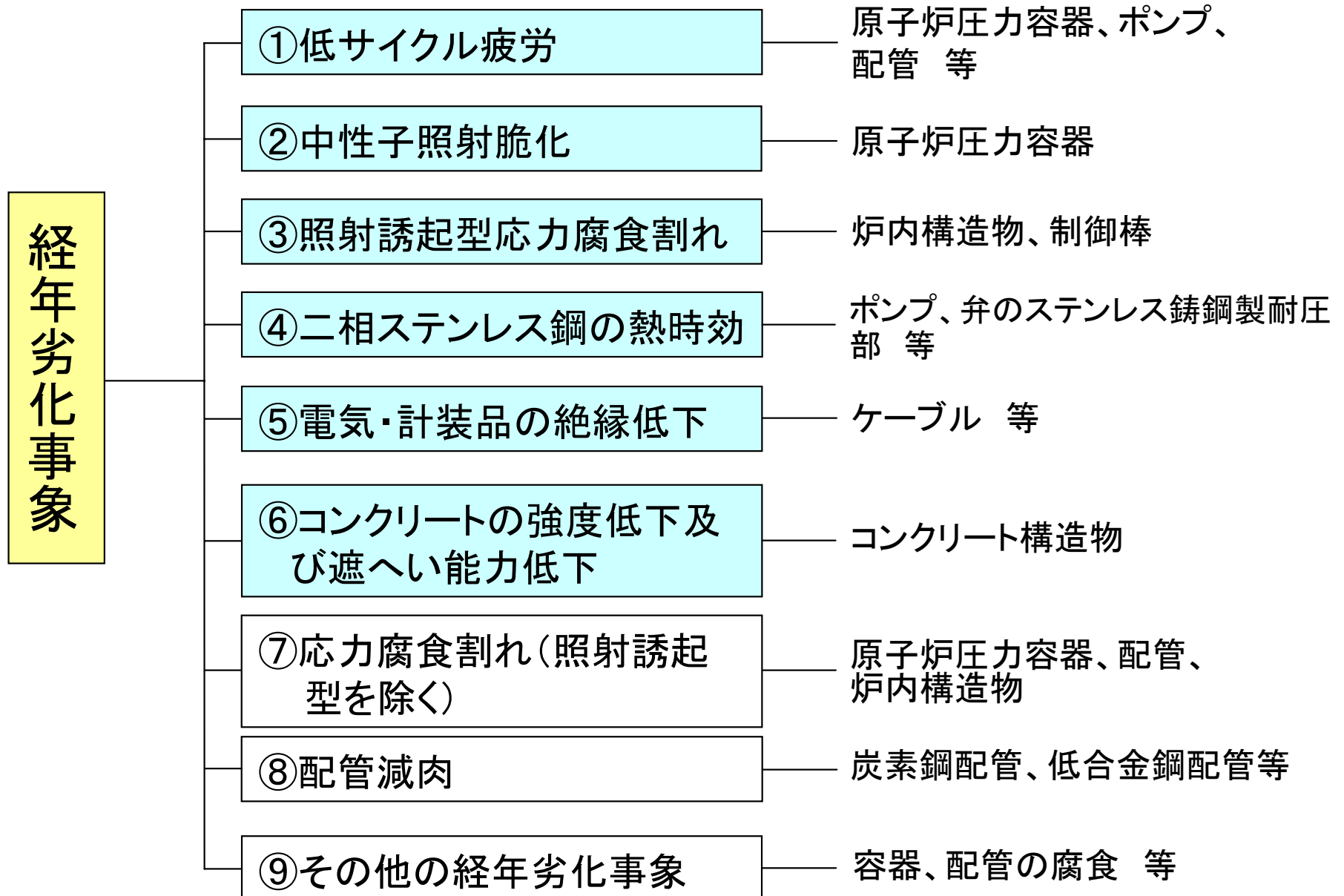
評価結果の妥当性確認 : PLM検討レビュー会議(発電所)

第三者評価 : 東海第二発電所

② 評価対象機器・構造物及び経年劣化事象の抽出

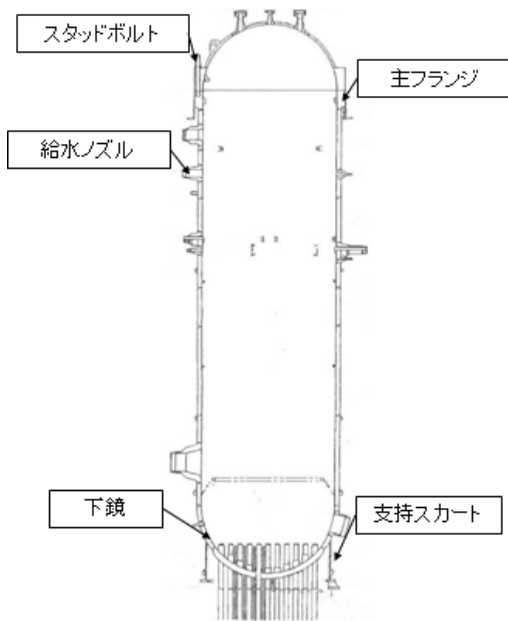
(社)日本原子学会標準「原子力発電所の高経年化対策実施基準:2008」の「経年劣化メカニズムまとめ表」によるとともに、敦賀1号炉で発生したトラブル事例や、敦賀1号炉に固有な機器構造についても考慮して行われており、適切に行われていると評価。

2) 経年劣化事象ごとの評価



①低サイクル疲労

温度・圧力の変化によって、大きな繰り返し応力がかかる部位に割れが発生する事象。



事業者の評価					国の主な 確認内容
評価部位 (原子炉圧力 容器の例)	評価方法	技術評価結果			
		運転実績に基づく疲れ累積係数(許容値: <1)			
		JSME設計建設規格(2005)に 基づく疲労評価		環境を考慮した 疲労評価JSME 環境疲労評価手 法(2006)	
		2007年度末	60年時点	60年時点	
主フランジ	運転実績に基 づき、60年の運 転を仮定した疲 れ累積係数を 算出し、許容値 1以下であるこ とを評価。	0.0078	0.0116	－	60年の運転を 仮定した疲れ累 積係数が許容 値を下回るとす る評価のプロセ スと内容の妥当 性を確認
スタッドボルト		0.0848	0.2595	－	
給水ノズル		0.0413	0.0608	0.4971	
下鏡		0.0029	0.0042	－	
支持スカート		0.1033	0.1541	－	

指摘事項	対応結果
給水ノズル内面を切削加工しているため、加工前の疲れ累積係数はリセットできると評価しているが、その根拠を示すこと。	切削加工前の疲れ累積係数をリセットできる根拠を示すことは困難なため、保守的にノズル内面の切削効果を考慮せずに再評価が実施された。

30年目以降の運転経験及び新知見として、実際の運転過渡実績、最新の環境疲労評価法が適切に反映されているとともに、現状実施されている超音波探傷試験などを引き続き行うとしていることから、事業者の評価は妥当である。

②中性子照射脆化

長期間にわたり原子炉圧力容器に中性子が照射されることにより、その靱性が徐々に低下(脆化)する事象。

事業者の評価					国の主な確認内容
評価部位	評価方法	技術評価結果			
原子炉圧力容器	監視試験データに基づく予測式を用いて、運転開始後60年時点までの関連温度及び上部棚吸収エネルギー値を予測	評価時期: 運転開始後60年時点			最低使用温度管理が適切になされていることを確認し、60年の運転を仮定しても上部棚吸収エネルギーが68Jを上回るとする評価の妥当性を確認
		最低使用温度	上部棚吸収エネルギー	上部棚吸収エネルギースクリーニング値	
		90℃	105J	≥68J	

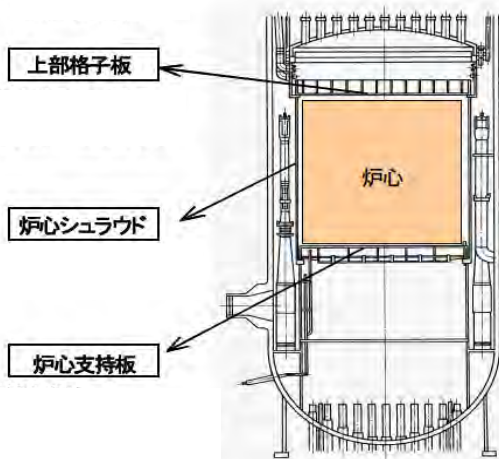
指摘事項(例)	対応結果
第6回監視試験結果(2004年)について分析し、今後の対応を次回の監視試験結果の脆化予測への反映時期を含めて明確にすること。	第6回監視試験結果はJEAG4201-2007による脆化予測の範囲内であると分析され、次回監視試験計画を32EFPY* ¹ 以前である2015年3月までに策定し、次回監視試験の結果を速やかに脆化予測へ反映することが、長期保守管理方針に反映された。

*¹: 定格負荷相当年数

30年目以降の運転経験及び新知見として、第6回監視試験の結果を反映して保守的に脆化予測が行われ、最低使用温度が適切に管理されているとともに、現状実施されている超音波探傷試験などに加えて、長期保守管理方針として、次回監視試験計画の策定及び監視試験片の再生技術を活用していくとしていることから、事業者の評価は妥当である。

③照射誘起型応力腐食割れ(IASCC)

中性子の照射により、応力腐食割れの感受性が高くなり、ひび割れが発生する事象。



事業者の評価			国の主な確認内容
評価部位	評価方法	技術評価結果	
・炉心シュラウド* ・上部格子板* ・周辺燃料支持金具* ・炉心支持板* ・制御棒案内管	60年の運転を仮定した累積中性子照射量を予測し、IASCC発生感受性が表れる中性子照射量のしきい値との比較によって評価。	60年時点の累積中性子照射量は、炉心シュラウド以外ではIASCC発生感受性しきい値に達していないが、炉心シュラウドではしきい値を上回る。ただし、計画的な目視点検を実施してき裂発生を監視している。	60年時点での評価部位の累積中性子照射量及び現状実施している保全内容の妥当性を確認

* 2000年度に取替を実施しており、取替後の中性子照射量を評価

30年目以降の運転経験及び新知見として、炉心シュラウド他部材の取替の反映、評価対象部位の60年時点の累積中性子照射量の把握を行うとともに、現状実施されている目視点検に加えて、長期保守管理方針として、最新の研究成果が得られた場合にはその成果を点検計画に反映するとしていることから、事業者の評価は妥当である。

④二相ステンレス鋼の熱時効

二相ステンレス鋼が高温での長期使用に伴い、靱性の低下を起こす事象。

事業者の評価			国の主な確認内容
評価部位	評価方法	技術評価結果	
原子炉再循環系ポンプ出口弁の弁箱	運転開始後60年時点での靱性値を、国の研究成果に基づいて予測し、設計最大荷重により破壊しないか評価	運転開始後60年時点での弁箱の予測靱性値は破壊力を上回ることから、弁箱は健全であると評価	靱性値の予測評価及び予測靱性値による弁箱の健全性評価の妥当性を確認

30年目以降の研究成果が、靱性低下の予測評価に適切に反映されているとともに、現状実施されている目視点検などを引き続き行うとしていることから、事業者の評価は妥当である。

⑤ 電気・計装品の絶縁低下

電気・計装品に使用されている絶縁物が環境(熱、放射線等)及び機械的な要因等で劣化し、電気抵抗が低下する事象。

絶縁低下の代表例: 低圧ケーブル

事業者の評価			国の主な確認内容
評価部位	評価方法	技術評価結果	
難燃CVケーブルの絶縁体 (架橋ポリエチレン)	供用期間中の経年劣化を 加速劣化によって付与した 長期健全性試験により評価	60年間の絶縁性能が 維持可能	①使用条件及び試験条件の妥当 性を確認 ②代表ケーブルの網羅性を確認
KGBケーブルの絶縁体 (シリコーンゴム)			
LMNケーブルの絶縁体 (ブチルゴム)			
難燃PNケーブルの絶縁体 (難燃エチレンプロピレンゴム)		約59年間の(高温箇所 は約50年間)絶縁性能 が維持可能	
指摘事項(例)		対応結果	
代表ケーブルと製造メーカーが異なるケーブルの健全性を長期 健全性試験によって評価すること。		代表ケーブルと製造メーカーが異なるケーブルの健全性が類似 のケーブルの長期健全性試験により評価され、長期保守管理 方針に実機と同等のケーブルで再評価されることが反映され た。	
30年目以降の運転経験として実機環境調査結果が適切に反映されており、また長期健全性試験の試験条件 がケーブルの使用条件を包絡していること、及び現状実施されている絶縁抵抗測定などに加えて、長期保守 管理方針として、①全てのケーブルについて国の研究成果を反映して健全性が再評価されること、②一部の ケーブルについて実機と同一のケーブルで健全性が再評価されること、③難燃PNケーブルについて60年間 の健全性が再評価されることから、事業者の評価は妥当である。			

⑥コンクリートの強度低下及び遮へい能力低下

コンクリートの強度が、熱、放射線照射、中性化及び塩分浸透等により低下する事象。また、放射線の遮へい能力が熱により低下する事象。

事業者の評価					国の主な 確認内容
要 因(例)		評価部位	評価方法	技術評価結果	
強度 低下	熱	原子炉ペDESTAL	温度及び放射線照射量の解析結果、規格・指針類及び既往文献の判定基準、各種予測式を用いて評価	最高温度の解析値が、判定値 以下	60年の運転を仮定し、コンクリートの強度低下及び遮へい能力低下に係わる温度及び放射線照射量の解析値、各種予測値などが判定値をクリアしていることを確認
	放射線照射	原子炉ペDESTAL 一次遮へい壁		60年時点の放射線照射量の解析値が、判定値以下	
	中性化	原子炉建屋(屋内) 新廃棄物処理建屋(屋外) 取水構造物(屋外)		各建屋の60年時点の中性化深さの予測値が、すべて判定値以下	
	塩分浸透	取水構造物(干満帯)		60年時点の鉄筋腐食減量の予測値が、ひび割れが発生する時点の鉄筋腐食減量以下	
遮へい能力低下	熱	ガンマ線遮へい壁		炉心領域部の最高温度の実測値が、判定値以下	

指摘事項	対応結果
熱によるコンクリート強度低下において、コンクリート近傍の雰囲気温度の実測値から最高温度を評価しているが、根拠が明確でないため、温度分布解析を行い最高温度を確認すること。	温度が最高になると考えられる原子炉圧力容器支持脚部と原子炉ペDESTALコンクリートとの接触面において温度分布解析が実施され、最高温度が確認された。

30年目以降の運転経験及び新知見として、評価対象部の温度分布解析結果、放射線照射量解析結果、中性化深さ測定結果、鉄筋位置での塩化物イオン濃度測定結果、及び破壊試験結果並びに最新の基準・指針が適切に反映されているとともに、現状実施されている目視点検などを引き続き行うとしていることから、事業者の評価は妥当である。

⑦応力腐食割れ(IASCCを除く)

材料、環境、応力の3要素が重畳した原因によってひび割れが発生する事象。

事業者の評価				国の主な確認内容
事 象	評価部位(例)	評価方法	技術評価結果	
粒界型応力腐食割れ (IGSCC)	原子炉再循環系配管	国内外の運転情報や事象発生的事例及び最新の技術的知見に基づいて発生を評価	再循環系配管の高周波誘導加熱処理(IHSI)やシュラウドサポート溶接部のピーニング等の信頼性向上策をすでに実施しているが、各評価部位の応力腐食割れの可能性を否定できないため、定期的に超音波探傷検査、浸透探傷検査や漏えい検査等により健全性を確認していく	各評価部位における信頼性向上策の実施内容と実績及び点検内容、点検実績と今後の点検計画を確認
Ni基合金応力腐食割れ (NiSCC)	シュラウドサポート溶接部			
貫粒型応力腐食割れ (TGSCC)	ステンレス鋼配管			
低合金鋼の応力腐食割れ	タービン車軸、隔板締付ボルト			

30年目以降の運転経験及び新知見として、炉心シュラウド等の取替、シュラウドサポート溶接部に対するピーニングや炉心シュラウド溶接部に対する溶接部表面研磨など信頼性向上策が実施されているとともに、現状実施されている超音波探傷試験などに加えて、長期保守管理方針として、最新の研究成果が得られた場合にはその成果を点検計画に反映するとともに、排ガス系配管について計画的な超音波探傷試験を実施することから、事業者の評価は妥当である。

⑧配管減肉

流れの影響で腐食が加速される「流れ加速型腐食」(FAC)や液滴が高速で壁面に衝突して侵食する「液滴衝撃エロージョン」(LDI)により配管が減肉する事象。

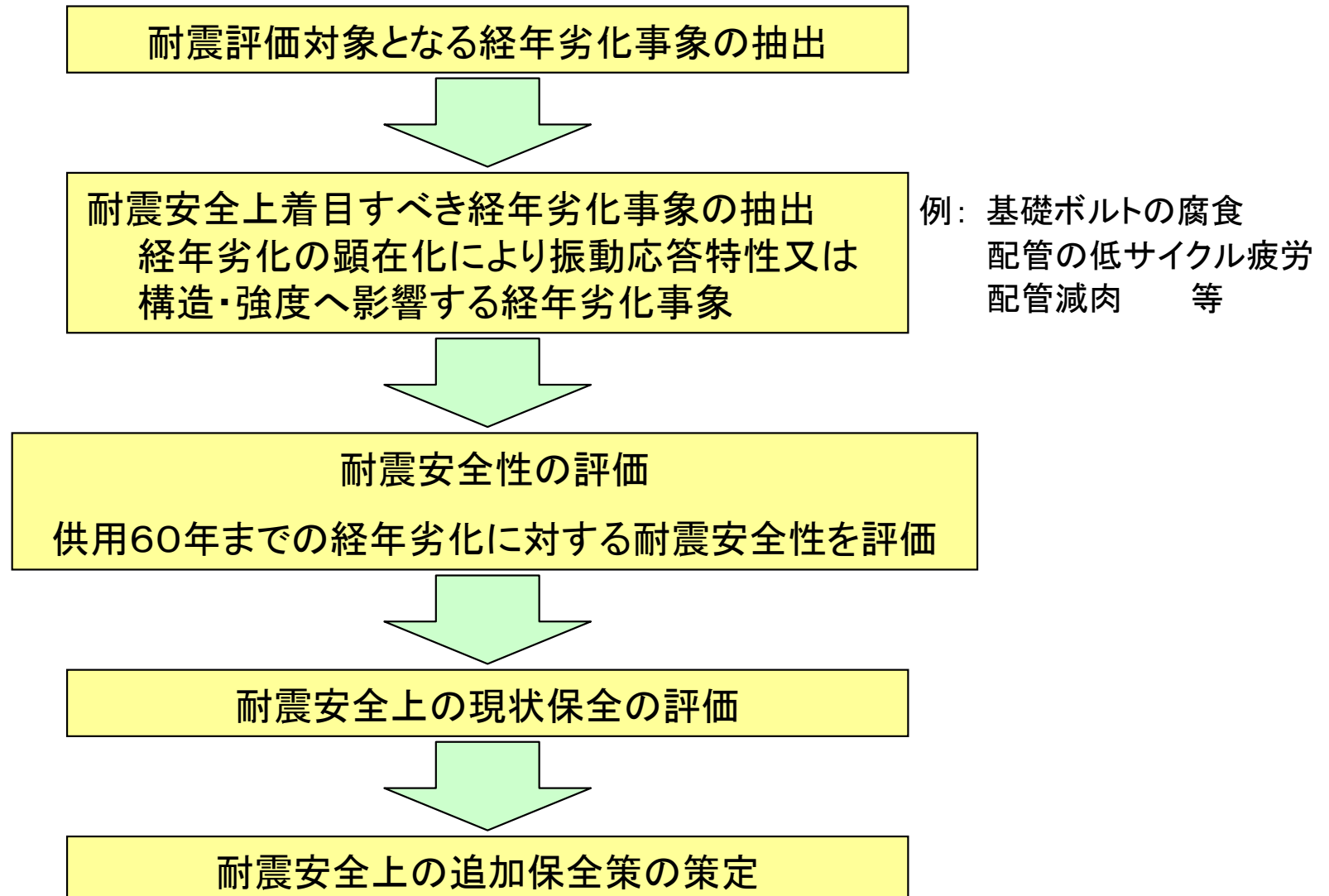
事業者の評価			国の主な確認内容
評価部位	評価方法	技術評価結果	
炭素鋼配管	FAC及びLDIを「主要点検部位」及び「その他点検部位」、「知見拡充部位」として細分し、計画的な配管肉厚の測定に基づいて必要最小厚さになるまでの余寿命を評価	肉厚測定結果に基づき余寿命を評価し、余寿命に応じた点検を行っており、現状の配管肉厚管理は適切。	肉厚管理対象部位における測定実績、測定結果に基づく余寿命評価及び今後の測定計画を確認
低合金鋼配管			

指摘事項	対応結果
30年目評価では想定されていなかった復水ポンプミニマムフロー配管のオリフィス下流部でのキャビテーション・エロージョンで減肉による配管漏えいが発生したことを踏まえた評価の実施すること。	当該配管について、復水ポンプ起動後はキャビテーション・エロージョンの原因となった通水に対して通水を行わないなど、運用を変更するとともに、主要点検部位として今後は継続して減肉管理を実施するとされた。

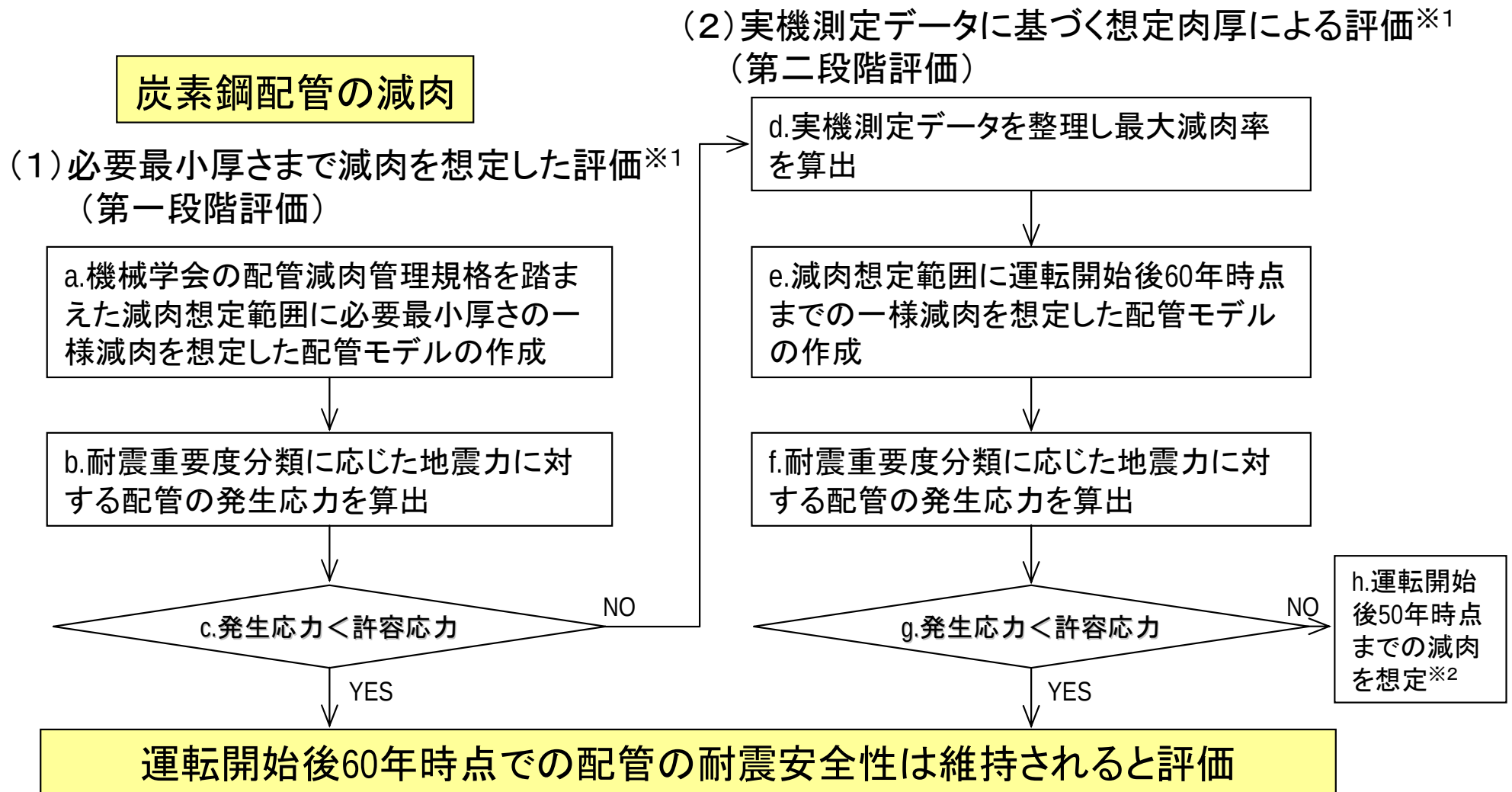
30年目以降の運転経験及び新知見として、復水ポンプミニマムフロー配管の減肉漏えい事象などが、肉厚管理対象部位、点検計画等へ反映されているとともに、現状実施されている継続的な減肉管理に加えて、長期保守管理方針として、最新の研究成果が得られた場合には配管肉厚管理手法に反映させていくとしていることから、事業者の評価は妥当である。

3) 耐震安全性の評価

①耐震安全性評価の概要



②耐震安全性評価の例



※1: 配管サポート追設等の対策工事を実施した配管ラインについては工事内容を反映した評価を実施

※2: 今回の評価では該当なし

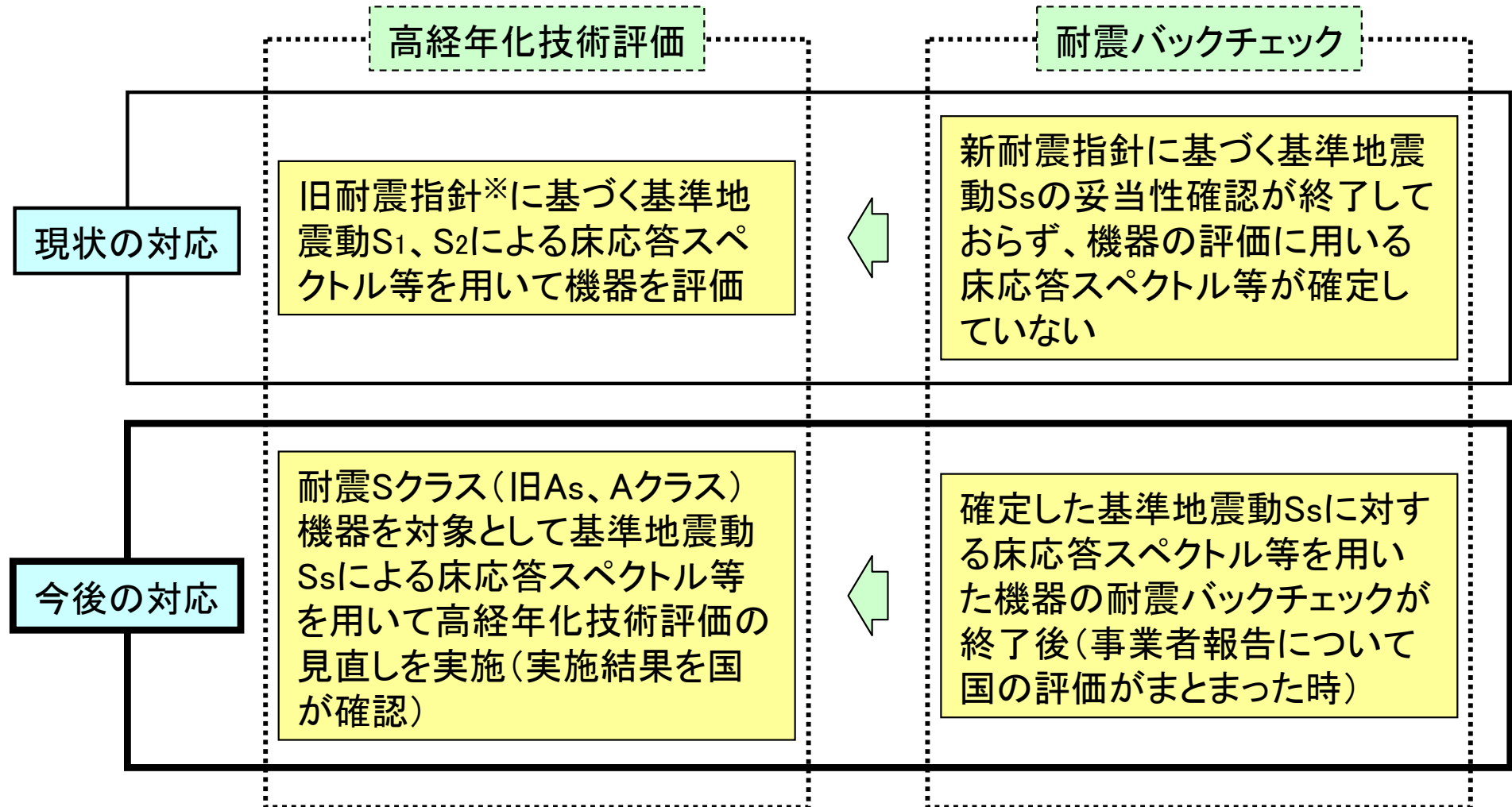
③妥当性評価

事業者の評価			国の主な確認内容
評価部位	評価方法	技術評価結果	
配管 (炭素鋼製配管の減肉)	必要最小厚さまたは実機測定データに基づく運転開始後60年時点の想定肉厚による耐震安全性評価	蒸気タービン系、復水系、給水加熱器ドレン系及び原子炉系の配管と第5給水加熱器については、実機測定データに基づく想定肉厚を用いていることから、減肉傾向の把握及びデータの蓄積を継続して行い、今後の減肉進展の実機測定データを反映した耐震安全性評価を行うこととする。	○耐震安全上着目すべき経年劣化事象及び評価対象機器の抽出の考え方、経年劣化事象に対する耐震安全性評価等の妥当性を確認 ○炭素鋼製配管の減肉については、30年目評価以降の新知見等に基づいて40年目の評価を実施していることから、対象配管の選定の考え方、想定減肉量の算出根拠、発生応力計算方法、判断基準等の具体的な評価方法及びその結果について妥当性を確認
熱交換器 (炭素鋼製胴の減肉)			
上記を除く機器・構築物 (基礎ボルトの腐食、配管の低サイクル疲労等)	機器ごとに60年の供用を仮定した劣化を加味し、設計地震力から算出した地震時発生応力等と許容限界とを比較して、耐震安全性を評価	発生応力等が許容限界を下回ることが確認できたため、耐震上の観点から安全性は維持できる。	

指摘事項(例)	対応結果
蒸気タービン系等の配管において、第32回定検時における最新の配管肉厚測定結果を反映して減肉率を見直したラインの減肉については、見直し後の減肉率による運転開始後60年時点での想定肉厚を用いて耐震安全性の評価を行うこと。	蒸気タービン系等の減肉について見直し後の減肉率に基づく耐震安全性評価が行われた。
第5給水加熱器の胴の減肉については、運転開始後60年時点の肉厚を用いた具体的な評価を実施していないことから、肉厚測定結果から推定した運転開始後60年時点での想定肉厚を用いて耐震安全性を評価するとともに、長期保守管理方針に反映すること。	運転開始後60年時点での想定肉厚を用いた耐震安全性評価が行われたとともに、今後の減肉進展の実測データを反映した耐震安全性が再評価されることが長期保守管理方針に反映された。

技術評価が的確に実施されており、この結果に基づく長期保守管理方針として、今後の減肉進展の実測データを反映した耐震安全性の再評価を実施することから、事業者の評価は妥当である。

④今後の対応



※:「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令の解釈について(平成20年4月23日一部改正)」による。

3. 30年目の技術評価の検証と反映

事業者は、40年目の技術評価項目として、30年目以降の経年劣化傾向の評価、保全実績の評価、及び長期保守管理方針の有効性評価を実施

40年目を迎えるプラントの技術評価に対する国の基本的な考え方

高経年化対策実施ガイドラインに基づき40年目技術評価に当たっては、①高経年化技術評価の検証、②長期保守管理方針の有効性評価の二点から検討を行い、40年目技術評価に適切に反映させていることを確認する。

具体的検討内容

(1) 30年目の技術評価の検証

1) 事故・トラブルの分析

- ・ 30年目以降に発生したトラブルについて、30年目の技術評価の際に如何なる判断・評価を行っていたか検討され、抽出された問題点等が40年目の評価に適切に反映されているか。

2) 30年目以降の経年劣化傾向の評価

- ・ 30年目の評価時の経年劣化傾向予測とその後の劣化実績との比較結果、並びに30年目の評価時に用いた諸条件がその後の運転経験・研究成果などを踏まえて40年目の評価に適切に反映されているか。

(2) 30年目の長期保守管理方針の有効性評価

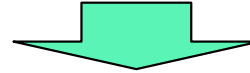
- ・ 30年目の長期保守管理方針が実施され、30年目の評価時に意図していた効果が得られたかを評価しているか、40年目の長期保守管理方針の策定に当たっての考慮事項、課題等が抽出され、40年目の評価に適切に反映されているか。

(1)30年目の技術評価の検証

1) 事故・トラブル事象の分析

事業者は、30年目以降に発生した経年劣化に関連する事故・トラブルのうち30年目の評価の検証に係る12件を抽出し、40年目の評価に反映すべき事項等を整理した。

- | | |
|---------------------------|---------------------|
| ①シュラウドサポートのひび割れ | ⑦復水器B室の点検に伴う出力降下 |
| ②中央制御室換気空調系外気取入ダクトの腐食 | ⑧低圧タービンレーシングワイヤの割れ |
| ③タービン衡帯蒸気系ドレン配管からの蒸気漏れ | ⑨床ドレン収集タンク出口配管の減肉 |
| ④原子炉給水ポンプミニマムフロー配管曲がり部漏えい | ⑩廃液中和タンク室内で確認された水溜り |
| ⑤フィルタスラッジ貯蔵タンクの漏えい | ⑪新廃棄物処理建屋換気系ダクトの腐食 |
| ⑥非常用ディーゼル発電機B機関冷却用海水配管漏えい | ⑫ヒータドレン系配管の肉厚測定結果 |



30年目の評価の問題点	事故・トラブル事象	40年目の評価への対応
(1) 想定される部位や経年劣化事象の抽出に問題があったもの	⑧、⑪	系統機能識別図等により部位が抽出され、原子力学会の劣化メカニズムまとめ表と照らし合わせ、さらに30年目以降の事故・トラブル事象も反映され、想定される部位や経年劣化事象が抽出された。
(2) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出に問題があったもの	②	環境条件及び使用条件等を踏まえた経年劣化事象の有意性を考慮し、着目すべき経年劣化事象が抽出された。
(3) 健全性評価、現状保全の評価に問題があったもの	①、②、③、④、⑤、⑥、⑦、⑨、⑩、⑫	環境条件及び使用条件等を踏まえ、的確な部位の評価が行われたとともに、点検計画や点検実績に基づき現状保全の評価が行われた。その結果、新たに3件が長期保守管理方針に反映された。

3. 30年目の技術評価の検証と反映
(1) 30年目の技術評価の検証
1) 事故・トラブル事象の分析

指摘事項	対応結果
1. 評価対象外とした新廃棄物処理建屋換気系ダクトに腐食による貫通孔が発生したことから、評価対象機器が抜け落ち無く抽出されていることを確認すること。	評価対象とすべき設備・機器がすべて抽出されているか、系統機能識別図、保全対象系統リスト、系統機能整理表などと照合し、漏れがないことを確認。
2. 中央制御室換気空調系外気取入れダクトで点検箇所ではない箇所に貫通腐食が発生したことから、同一機器で環境が異なる場所に設置されている機器にあっては、最も厳しい環境条件を同定して健全性評価が行われていることを確認すること。	同一機器内で部位ごとの使用材料、環境を考慮し、評価すべき経年劣化事象が抽出されているか、保全対象範囲が限定されていないかの観点で再評価を行い、技術評価書の見直しと、2件の保全策を追加。
3. 水中テレビカメラで点検ができなかったシュラウドサポート下面にひび割れが確認されたことから、接近困難等の理由で点検ができない部位の有無、点検できない場合の健全性確認方法を明確にすること。	高所/狭隘部/水中部/高線量下等の理由で接近困難な部位がある5機器を抽出し、再評価を行い、1件(2項と重複)の保全策を追加。
4. 実際は点検していないのに有意な腐食がないとした床ドレン収集タンク出口配管に腐食が発生したことから、実績のない点検結果を健全性評価の根拠としている設備・機器が無いか確認すること。 評価が厳しくない類似機器の保全実績に基づいて評価されたタービン衛帯蒸気系ドレン配管に蒸気漏れが発生したことから、厳しい環境条件が考慮されていない代表部位の点検実績に基づいて健全性評価をしている設備・機器が無いか確認すること。	保全実績を根拠に健全性評価を実施している機器について、当該保全実績を工事記録等で確認し、実績のない点検結果を根拠とした設備・機器がないことを確認した結果、1件の保全策を追加。 厳しい環境条件が考慮されていない他機器の保全実績に基づき健全性評価が実施されていないかの観点で再評価を行い、該当する機器がないことを確認。
5. 点検予定がないのに点検を行うとして評価していたため、フィルタスラッジ貯蔵タンクから漏えいが発生したことから、点検の予定がないのに点検を行うとしたような不適切な現状保全の評価がないか確認すること。 渦電流探傷検査(ECT)で腐食を検出していた復水器伝熱管に漏えいが発生したことから、検査機器の精度を踏まえた点検内容になっていることを確認すること。	着目すべき経年劣化事象に対する保全策について、保全実績を工事記録等で確認した結果、点検計画に改善策を追加するため1件(2項及び3項と重複)の保全策を追加。 また、規格等で精度が定められていないECTは、実績及び検査機器の精度に基づく社内基準によって実施されていることを確認。
6. 中央制御室換気空調系外気取り入れダクトの腐食は、事後保全で対応されたためにトラブルが繰り返されたことから、過去のトラブルを的確に反映し、必要な予防保全が実施されていることを確認すること。	過去に発生したトラブル事例のうち事後保全として対応された事例について、事象発生時の対策及び追加保全策の要否を検討し、必要な予防保全が講じられていることを確認。

国の指摘事項に対応して、事業者は新たに3件の長期保守管理方針を追加した。

- ・液固体廃棄物処理設備タンク胴板、鏡板の腐食に対する保守管理
フィルタスラッジ貯蔵タンク胴、鏡板の計画的な目視点検又は肉厚測定の実施
- ・海水が滞留する配管の腐食(全面腐食)に対する保守管理
格納容器冷却海水系配管、非常用ディーゼル機関冷却水系配管及び高圧注水系ディーゼル用冷却海水配管の海水滞留部等の定期的な目視点検の実施
- ・液固体廃棄物処理設備配管の腐食に対する保守管理
液固体廃棄物処理系配管の計画的な目視点検又は取替の実施

事故・トラブル事象の分析及び指摘事項の対応が的確に実施されており、この結果に基づく長期保守管理方針として、空調ダクトの腐食について外気取入口内表面及び屋外ダクトの外表面について計画的な目視点検を実施する等としていることから、事業者の評価は妥当である。

2) 30年目以降の経年劣化傾向の評価

事業者は、40年目の技術評価項目として、6事象について30年目以降の経年劣化傾向の評価を実施した。

事業者の評価			国の主な確認内容
経年劣化事象	評価部位	経年劣化傾向の評価	
低サイクル疲労	原子炉圧力容器等	60年時点の疲れ累積係数及び過渡回数予測値の比較	評価プロセスと内容の妥当性を確認
中性子照射脆化	原子炉圧力容器	監視試験データと60年時点の脆化予測値の比較	最低使用温度管理の適切であること及び脆化予測の妥当性を確認
応力腐食割れ (IASCC)	炉内構造物	60年時点の累積照射量の比較	累積照射量及び現状保全内容の妥当性を確認
2相ステンレス鋼の熱時効	原子炉再循環系ポンプ出口弁	60年時点の熱時効予測評価の比較	靱性値の予測評価及び弁箱の健全性評価内容を確認
絶縁低下	事故時に動作要求があるケーブル	長期健全性試験による評価結果(健全性維持可能期間)の比較	想定使用条件及び試験条件の妥当性を確認
コンクリートの強度及び遮へい能力低下	原子炉ペDESTAL等	60年時点の評価に用いた中性子照射量等の比較	評価に用いた温度、放射線照射量の解析値、評価内容を確認

30年目と40年目の技術評価では何らかの相違があるものの、これらはいずれも30年目以降の評価基準の変更、実測データの反映、機器の取替等によるものであり、30年目以降の経年劣化傾向は40年目の技術評価に的確に反映されており、事業者の評価は妥当である。

(2) 30年目の長期保守管理方針の有効性評価結果

30年目の長期保守管理方針	事業者の有効性評価
①原子炉再循環系ポンプ等の低サイクル疲労割れに対する保守管理	30年目の予測が妥当であることが確認でき有効
②炉内構造物の中性子照射脆化に対する保守管理 ③炉内構造物のIGSCCに対する保守管理 ④炉内構造物のIASCCに対する保守管理	計画的な予防保全や点検により健全性が確認でき有効 なお、取替のために点検実績がない機器については、今後の点検に合わせて有効性を評価
⑤原子炉圧力容器ノズルセーフエンド等のIGSCCに対する保守管理 ⑥原子炉再循環系配管等のSUS316L材溶接部のSCCに対する保守管理 ⑦高圧・低圧タービンの車軸ダブテール部のSCCに対する保守管理 ⑧低圧タービン隔板のエロージョン・コローションに対する保守管理 ⑨原子炉格納容器ドライウェル、サプレッションチェンバの腐食に対する保守管理 ⑩空気抽出器の胴等のエロージョン・コローションに対する保守管理 ⑪第3・4給水加熱器の管支持板管穴のエロージョン・コローションに対する保守管理 ⑫蒸気ジェットポンプの蒸気入口管等のエロージョン・コローションに対する保守管理 ⑬非常用ディーゼル crank 室安全弁へたりに対する保守管理 ⑭計装用空気系アフタークーラセパレータ等の腐食に対する保守管理 ⑮後打ちケミカルアンカの樹脂の劣化に対する保守管理 ⑯基礎ボルト等の腐食に対する保守管理 ⑰原子炉建屋等コンクリート強度低下に対する保守管理	点検により健全性が確保されていることが確認でき有効
⑱高圧ケーブル等の絶縁低下に対する保守管理	機器取替があったケーブルは健全性が確認でき有効 なお、機器取替がなかったケーブルについては別途策定された40年目の長期保守管理方針でフォロー

国は30年目の長期保守管理方針が40年目の評価でどのように扱われているかを以下に区分し妥当性を評価

- ・高経年化技術評価実施項目として決められており長期保守管理方針とするまでもないもの → ①
- ・40年目の評価においても研究成果の反映を図る必要があるため
長期保守管理方針として継続するもの → ②、③、④、⑤、⑥
- ・現状保全に組み込まれたため長期保守管理方針とする必要のないもの → ⑦、⑧、⑨、⑪、⑰
- ・発生・進展が有意でないことが確認されたため新たな保全策が不必要なもの → ⑩、⑫、⑬、⑭、⑮、⑯、⑱

3. 30年目の技術評価の検証と反映

(2) 30年目の長期保守管理方針の有効性評価結果

指摘事項	対応結果
1. 炉内構造物の照射による靱性低下に関する長期保守管理方針の有効性評価を行うこと。特に、2000年度に炉心シュラウドの取替が行われているが、制御棒案内管及び燃料支持金具のうち中央燃料支持金具については、取替が行われていないことを踏まえて有効性評価を行うこと。	炉内構造物の照射による靱性低下については新しい知見が無く、長期保守管理方針として新たに保全に反映すべき事項は確認されなかった。 制御棒案内管及び中央燃料支持金具については、取替及び点検実績がないことを踏まえ、今後、維持規格及びき裂の解釈に基づく点検を実施していく旨、長期保守管理方針の有効性評価に追記された。
2. シュラウド取替後の点検実績が無い機器があることをふまえて、粒界型応力腐食割れ及び照射誘起型応力腐食割れに対する長期保守管理方針の有効性評価を行うこと。	炉心シュラウド、上部格子板、周辺燃料支持金具及び炉心支持板について、取替後点検実績がないことを踏まえ、今後、維持規格及びき裂の解釈に基づく点検を実施していく旨、長期保守管理方針の有効性評価に追記された。
3. 低圧タービン隔板のエロージョン・コロージョンについて、点検によって隔板外輪の一部に腐食(流れ加速型腐食)が認められたことを含めて有効性評価を行うこと。	低圧タービン隔板のエロージョン・コロージョンについて、第27回定期検査時の点検によって隔板外輪の一部に腐食(流れ加速型腐食)が認められたが、強度評価を行って健全性を確認しているとともに、第31回定期点検時の点検では腐食の進展が見られなかった旨、長期保守管理方針の有効性評価に追記された。
4. 後打ちケミカルアンカの樹脂の劣化について、長期保守管理方針に基づく調査機会がなかったことを踏まえ、樹脂の劣化の可能性が低いと評価した根拠を明確にすること。	メーカ試験データに基づいて評価されていたが、更に根拠を明確にするため、第32回定期検査時にケミカルアンカの引抜試験が行われ、所定の耐荷重性を有することが確認された旨、長期保守管理方針の有効性評価に追記された。
5. 高圧動力ケーブル等の絶縁体の絶縁低下について、健全性確認が一部の範囲でしか行われていないことに基づき、長期保守管理方針の有効性評価を行うこと。	機器取替時に採取された実機ケーブルについて健全性が確認され、機器取替がなかったために採取できなかったケーブルについては、40年目の長期保守管理方針にてフォローされる旨、長期保守管理方針の有効性評価に追記された。

上記指摘事項に対する対応結果より、30年目の長期保守管理方針の実施実績が分析評価され、40年目の長期保守管理方針に的確に反映されていると評価した。

4. 長期保守管理方針

・現状保全に追加すべき保全策とされたものについて、具体的な保全方針を定めた以下の長期保守管理方針を策定。

No	経年劣化事象	項 目	実施時期※2
1	中性子照射脆化	原子炉圧力容器の監視試験計画の策定	短期
		次回監視試験の結果を脆化予測へ活用及び使用済試験片の再装荷	中長期
2	中性子照射による靱性低下	炉内構造物の中性子照射による靱性低下に関する新知見の保全への反映※1	中長期
3	照射誘起型応力腐食割れ	炉内構造物の照射誘起型応力腐食割れに関する新知見の保全への反映※1	中長期
4	粒界型応力腐食割れ	炉内構造物の粒界型応力腐食割れに関する新知見の保全への反映※1	中長期
5	粒界型応力腐食割れ	原子炉圧力容器及び原子炉再循環系配管の粒界型応力腐食割れに関する新知見の保全への反映※1	中長期
		排ガス系配管について、計画的な超音波探傷検査の実施	短期
6	配管減肉	炭素鋼配管及び低合金鋼配管の腐食に関する新知見の保全への反映	短期
		炭素鋼配管の減肉進展結果を反映した耐震安全性の再評価	短期
7	全面腐食	U字管式熱交換器の胴の減肉進展結果を反映した耐震安全性の再評価	中長期
8	全面腐食	空調ダクトの計画的な目視点検の実施	短期
9	全面腐食	フィルタスラッジ貯蔵タンク胴、鏡板の計画的な目視点検又は肉厚測定の実施※3	中長期
10	全面腐食	格納容器冷却海水系配管、非常用ディーゼル機関冷却水系配管及び高圧注水系ディーゼル用冷却海水配管の海水滞留部等の定期的な目視点検の実施※3	中長期
11	全面腐食	液固体廃棄物処理系配管の計画的な目視点検又は取替の実施※3	中長期
12	絶縁低下	電気ペネトレーションの気密性低下及び絶縁低下に係わる再評価	中長期
		高圧動力用キャニスタ型電気ペネトレーションの取替	短期
13	絶縁低下	ケーブル及び端子台等の絶縁物の絶縁低下に係わる再評価	中長期
14	絶縁低下	電動弁用駆動部(交流電源)の絶縁物の絶縁低下に係わる再評価	中長期
		電動弁用駆動部(直流電源)の取替	短期
15	絶縁低下	低圧ポンプモータの絶縁物の絶縁低下に係わる再評価	中長期
16	絶縁低下	計測装置のうち圧力伝送器等の特性低下及び温度検出器の絶縁低下に係わる再評価	短期
17	熱疲労	原子炉再循環ポンプ主軸の取替	中長期

※1:30年目の長期保守管理方針を継続

※2:短期は2015年3月まで、中長期は2020年3月までに実施

※3:事故・トラブル事象の分析によって新たに追加された項目

5. 今後の対応について

長期保守管理方針を踏まえた適切な保全を実施することにより、40年以降の運転について安全性が確保されると判断。

事業者の役割

(1) 長期保守管理方針の着実な実施

- ・ 認可を受けた長期保守管理方針は、運転開始後40年以降の保全サイクルから、発電所の保全計画(電気事業法の保安規程)に反映する。
具体的には、当該サイクルで実施される長期保守管理方針に基づく点検及び検査について、その実施方法、対象機器等を記載。
- ・ 長期保守管理方針を反映した保全計画については、毎定期検査前に保安院に届出を行い、事前確認を受ける。
前回サイクルで実施した長期保守管理方針に基づく点検の結果について有効性評価を行った結果についても、併せて提出。
- ・ 確認を受けた保全計画に基づき、着実に高経年化対策を実施する。

(2) 高経年化対策の充実

- ・ 今後も引き続き万全の対策を講じるため、引き続き国内外プラントの運転経験、最新の技術的知見を高経年化技術評価に的確に反映させる。
反映の結果長期保守管理方針に変更が生じた場合には、保安規定の変更認可申請を行う。

国の確認方針

(1) 保全計画の事前確認

- ・ 毎定期検査前に、事業者から届け出がなされる保全計画書(電気事業法の保安規程)について、その実施内容にかかる科学的根拠の適切性を事前確認する。

(2) 実施状況及び結果の確認

- ・ 確認した保全計画に基づき、高経年化対策が適切に実施されているかについて、定期安全管理審査や定期検査により厳格に確認する。
- ・ 長期保守管理方針のうち、定期事業者検査において実施されないものについては、保安検査において確認する。