

川内原子力発電所 2号炉の 高経年化技術評価 (共通事項)

平成27年7月13日
九州電力株式会社

目 次

1. 高経年化技術評価の実施体制	2
1.1 実施体制・役割分担	2
1.2 工程管理	3
1.3 文書・記録の管理	4
1.4 協力先の管理	4
1.5 評価に係る教育	4
2. 高経年化技術評価の評価方法	5
2.1 技術評価対象機器	5
2.2 技術評価手順	7

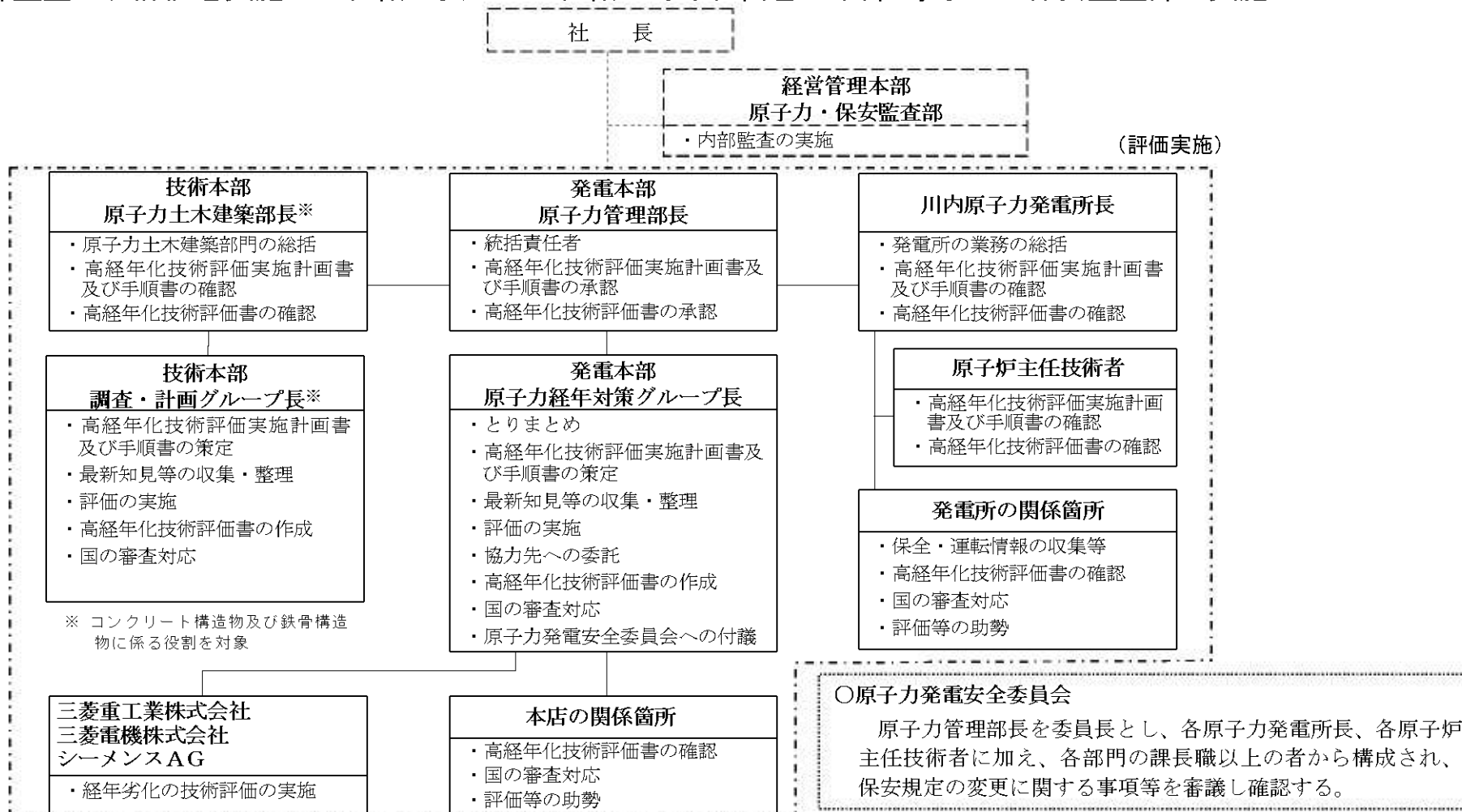
共通事項

2号炉の評価は、1号炉と同じ体制、手順で実施しており、1号炉との相違はない。

1. 高経年化技術評価の実施体制

1.1 実施体制・役割分担

- ・ 発電本部原子力管理部長を統括責任者として、発電本部、技術本部、川内原子力発電所の組織で評価の実施に係る役割を設定
- ・ 体制、役割分担、実施スケジュール等を具体的に定めた「高経年化技術評価実施計画書」を策定
- ・ 内部監査は、評価を実施した組織と独立した組織である経営管理本部 原子力・保安監査部で実施



共通事項

1.2 工程管理

「高経年化対策実施ガイド等」に基づき運転開始後28年9月を経過する日から3月以内に国へ保安規定変更認可申請を行うべく工程管理を行い、計画的に評価を実施

- ・平成23年 6月16日に実施計画書、実施手順書を策定し、高経年化技術評価を開始
- ・平成26年11月7日には川内原子力発電所及び本店の関係箇所にて評価書の確認完了
- ・経営管理本部 原子力・保安監査部によるプロセス確認のための内部監査（調査を含む）を平成26年9月16日までに完了
- ・平成26年11月19日に、社内の原子力発電安全委員会において本評価書の審議を実施し確認され、統括責任者が承認

実 施 工 程

年度 項目	平成23年度			平成24年度			平成25年度			平成26年度								
	6	～	3	4	～	3	4	～	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
実施計画書、実施手順書の作成	▼																	
評価書作成	■																	
評価書の確認																		■
内部監査 (調査を含む)		▼				▼		▼							▼			
原子力発電安全委員会 (審議)																		▼
保安規定変更認可申請																		▼

1.3 文書・記録の管理

川内2号炉高経年化技術評価の実施に必要な文書及び評価結果等の記録については、品質マネジメントシステム（QMS）に係る文書体系に整備

1.4 協力先の管理

経年劣化の技術評価を委託した三菱重工業株式会社及び三菱電機株式会社並びにシーメンスAGへは、委託業務にあたって品質保証監査や品質保証計画書により品質保証体制等に問題のないことを確認

1.5 評価に係る教育

発電本部原子力経年対策グループ及び技術本部調査・計画グループは、

- ・高経年化技術評価を実施する力量を設定し、力量管理を実施
- ・高経年化技術評価時の評価に関する知識向上のため、OJT等を実施

2. 高経年化技術評価の評価方法

高経年化技術評価の実施にあたっては、具体的な手順を定めた「高経年化技術評価実施手順書」を策定し、手順書に基づき評価を実施

2.1 技術評価対象機器

対象機器は、川内2号炉の安全上重要な機器等（「実用炉規則 第八十二条第1項」で定める機器・構造物）

- 「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針（平成2年8月30日原子力安全委員会決定）」（以下、「重要度分類指針」という。）におけるクラス1、2及び3の機能を有する機器・構造物並びに常設重大事故等対処設備に属する機器・構造物とし、系統図等を基に抽出（「評価対象機器の選定」参照）
- 対象機器については、運転を断続的に行うことを前提とした評価（以下、「断続的運転評価」という。）及び冷温停止状態が維持されることを前提とした評価（以下、「冷温停止状態維持評価」という。）の各々について抽出
- 供用に伴う消耗が予め想定され、設計時に取り替えを前提とする部品又は機器分解点検時等に伴い必然的に取り替えている部品は、消耗品として対象から除外
また、設計時に耐用期間内に計画的に取り替えることを前提とする部品であり、取替周期が発電所の作業管理要領等により定められているものは定期取替品として対象から除外

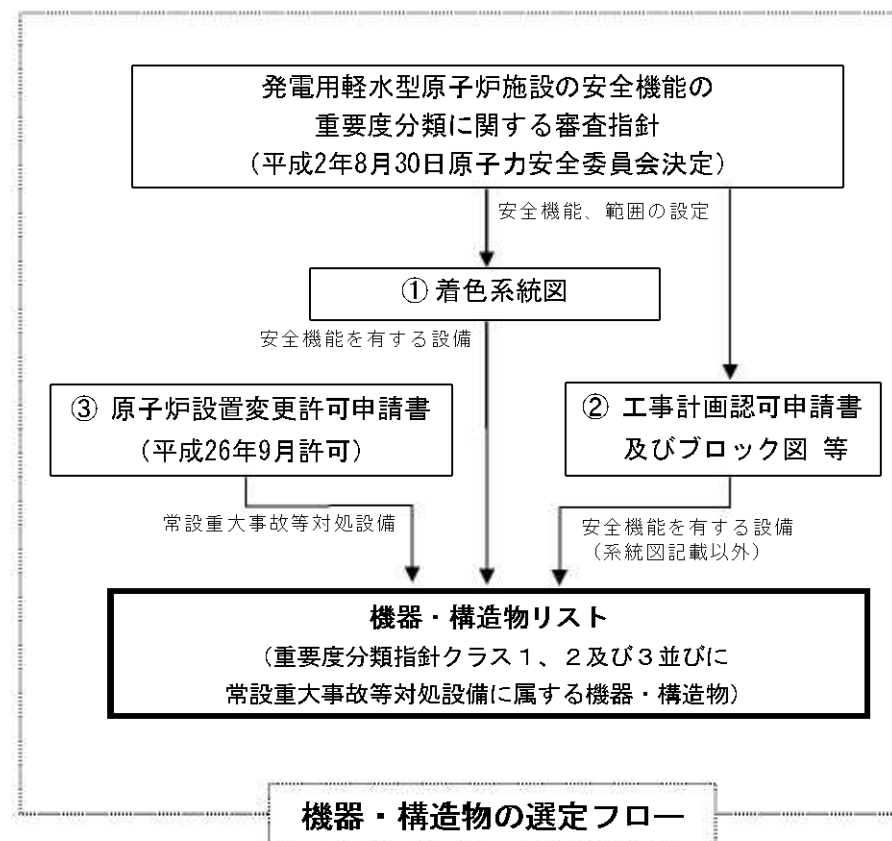
2.1.1 評価対象機器の選定

評価対象機器は、「重要度分類指針におけるクラス1、2及び3の機能を有する機器・構造物並びに常設重大事故等対処設備に属する機器・構造物とし、以下を基に抽出し、「機器・構造物リスト」を作成

(機器・構造物の選定フロー参照)

- ①重要度分類指針に基づき、クラス1、2及び3を明確にした「着色系統図」を作成し、機器・構造物を抽出
- ②工事計画認可申請書及びブロック図等を基に系統図に記載のないクラス1、2及び3の機器・構造物を抽出
- ③原子炉設置変更許可申請書（H26.9許可）を基に常設重大事故等対処設備を抽出

なお、平成27年5月に認可された工事計画で新たに追加された設備、評価方法等を抽出し、追加評価を行い、補正を実施予定

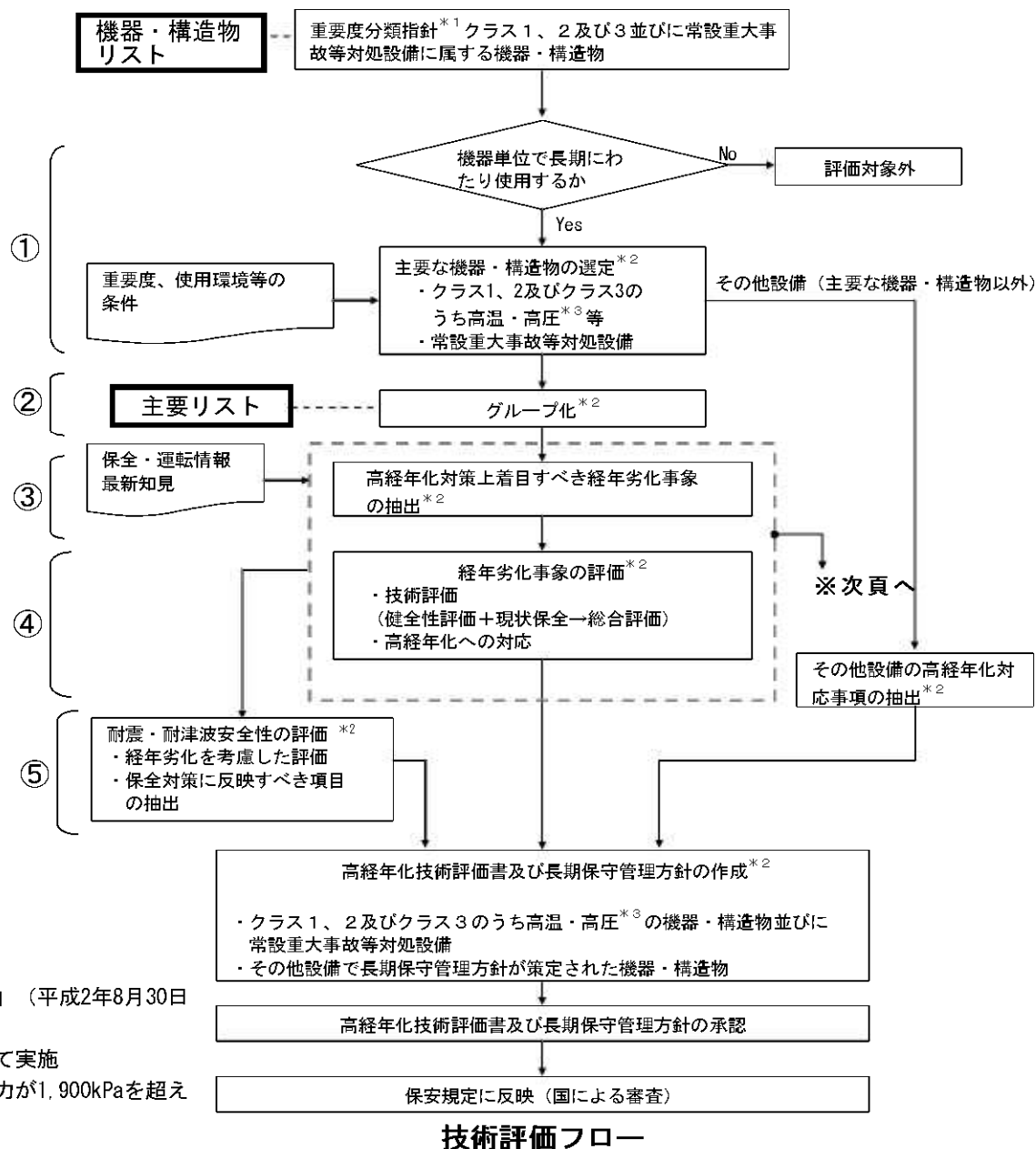


2.2 技術評価手順

- ①重要度、使用環境等の条件を考慮し、重要度分類指針クラス1、2及び3のうち高温、高圧機器等並びに常設重大事故等対処設備を選定
- ②選定された機器・構造物を15の設備に分類し構造（型式）等を基にグループ化
- ③経年劣化事象と部位の組み合わせにより着目すべき経年劣化事象を抽出
- ④抽出された経年劣化事象について、技術評価を実施し、高経年化への対応を抽出
- ⑤技術評価における経年劣化事象を考慮し、耐震・耐津波安全性評価を実施

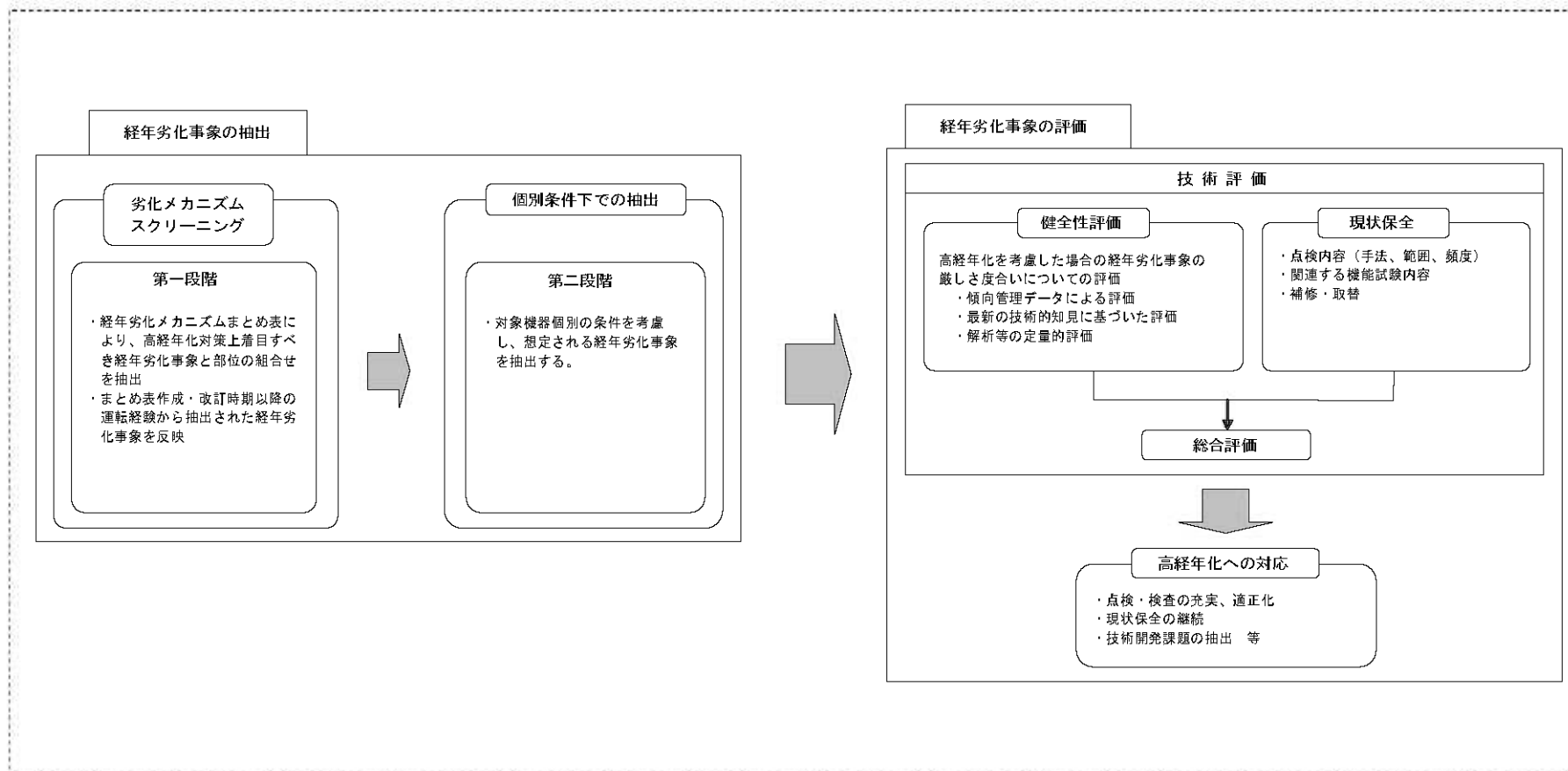
具体的な手順は、「2.2.1 技術評価実施手順」に示す

- * 1 : 「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」（平成2年8月30日原子力安全委員会決定）の重要度分類
- * 2 : 断続的運転評価及び冷温停止状態維持評価（次頁参照）の各々について実施
- * 3 : 重要度クラス3のうち、最高使用温度が95℃を超え又は最高使用圧力が1,900kPaを超える環境下にある機器（原子炉格納容器外に限る）



●経年劣化事象の抽出及び技術評価フローを以下に示す

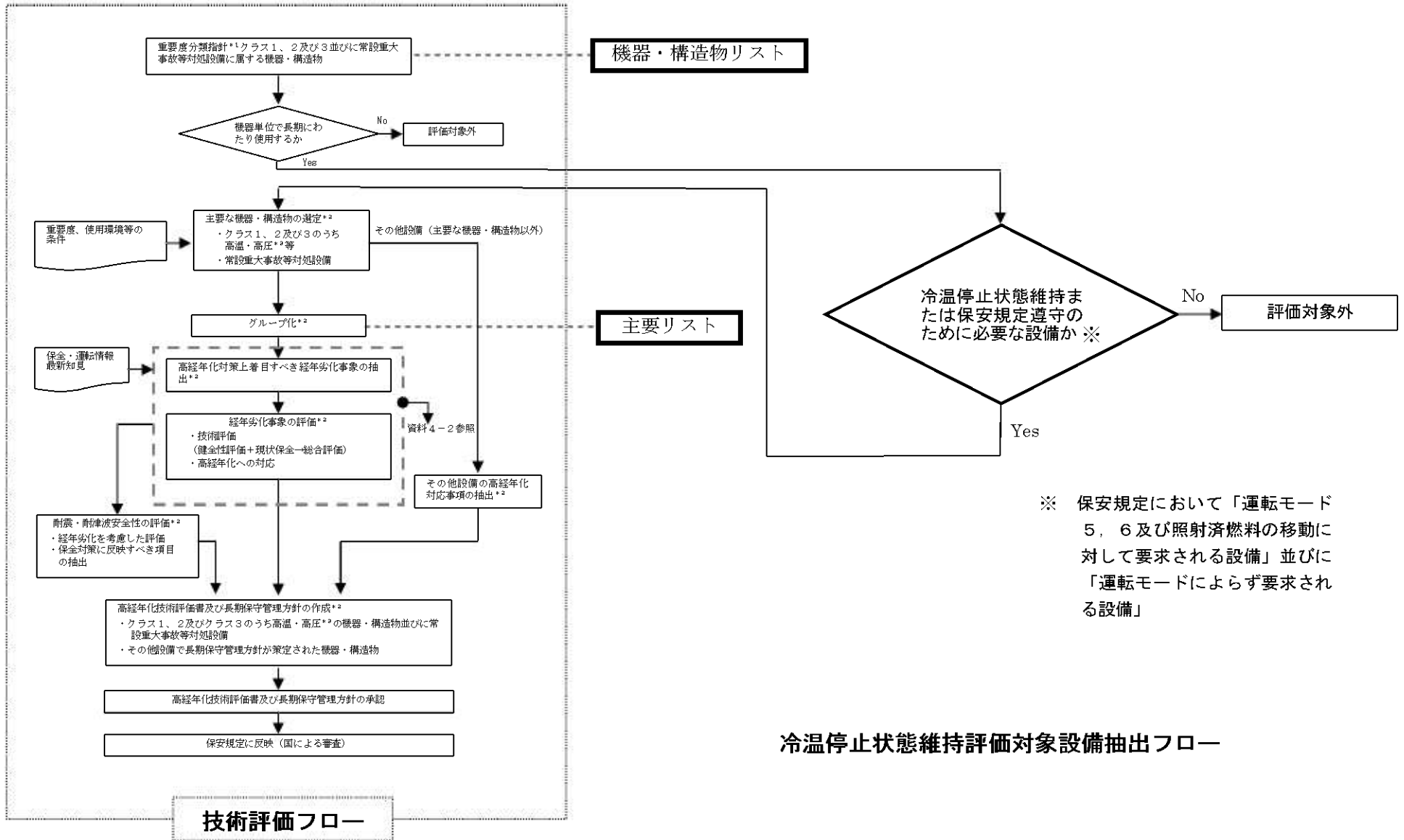
※前頁より



経年劣化事象の抽出及び技術評価フロー

共通事項

●冷温停止状態維持評価についても実施 冷温停止状態維持評価の対象設備の抽出・技術評価フローを以下に示す



冷温停止状態維持評価対象設備抽出フロー

2.2.1 技術評価実施手順

① 主要な機器・構造物の選定

- 「2.1.1評価対象機器の選定」にて抽出された機器・構造物から、長期にわたる使用の有無、重要度、使用環境等を考慮し、主要な機器・構造物（重要度分類指針クラス1、2及び3のうち高温、高圧機器並びに常設重大事故等対処設備）を選定

② 機器のグループ化及びグループ内代表機器の選定

- 評価にあたっては、ポンプ、熱交換器、ポンプ用電動機、容器、配管、弁、炉内構造物、ケーブル、電気設備、タービン設備、コンクリート構造物及び鉄骨構造物、計測制御設備、空調設備、機械設備、電源設備に分類し評価
- 評価対象機器は、構造（型式）、使用環境、材質等により、日本原子力学会標準「原子力発電所の高経年化対策実施基準」の「経年劣化メカニズムまとめ表」※を参考に、対象機器をグループ化し、グループごとに代表機器を選定
- ①で選定された主要な機器・構造物について、②グループ化を行い「主要リスト」を作成
- グループ化及びグループ内代表機器の選定は、断続的運転評価及び冷温停止状態維持評価の各々について実施

③ 経年劣化事象の抽出

- 高経年化技術評価を行うにあたっては、選定された評価対象機器の構造（型式）、使用環境、材質等を考慮し、日本原子力学会標準「原子力発電所の高経年化対策実施基準」の「経年劣化メカニズムまとめ表」※を参考に、経年劣化事象と部位の組合せを抽出
- 抽出された経年劣化事象と部位の組合せのうち、以下のいずれかに該当する場合を除き、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として抽出
 - a. 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考えがたい経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの
 - b. 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象
 - c. 冷温停止状態が維持されることを前提とした評価において、現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、運転開始後30年を経過する日以降において経年劣化の進展が考えられない経年劣化事象
- 経年劣化事象の抽出にあたっては、国内外の新たな運転経験及び最新知見を反映して抽出
（「2.2.2国内外の新たな運転経験及び最新知見の反映」参照）

※「経年劣化メカニズムまとめ表」は過去の高経年化技術評価の知見を基に、原子力発電所を構成する構築物、系統及び機器に想定される経年劣化事象を具体的かつ包括的に取りまとめたものであり、「経年劣化メカニズムまとめ表」を参考に用いることで、型式、使用環境、材料等に応じた部位の経年劣化事象を抽出できる

④ 経年劣化事象に対する技術評価

選定された評価対象機器について、「経年劣化事象の抽出」で抽出した高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と部位の組合せに対する技術評価を以下に示す手順で実施
評価にあたっては、国内外の新たな運転経験及び最新知見を反映して評価
(「2.2.2国内外の新たな運転経験及び最新知見の反映」参照)

(1) 健全性評価

機器ごとに抽出した部位・経年劣化事象の組合せごとに、評価期間として運転を開始した日から60年間の期間について、傾向管理データによる評価及び解析等の定量評価、過去の点検実績、一般産業で得られている知見等により健全性の評価を実施
抽出した部位の評価点全てについて評価し、その中で一番厳しい結果を報告書に記載

(2) 現状保全

評価対象部位に対して実施している点検内容、関連する機能試験内容、補修・取替等の現状保全の内容について整理

(3) 総合評価

「(1) 健全性評価」、「(2) 現状保全」を合わせて、現状保全の内容の妥当性等を評価
具体的には、健全性評価結果と整合の取れた点検等が、発電所における保全活動で実施されているか、当該の経年劣化事象の検知が可能か等を評価

(4) 高経年化への対応

現状保全の継続が必要となる項目、今後新たに必要となる点検・検査項目、技術開発課題等を抽出

⑤-1 耐震安全性評価

●対象機器・構造物の抽出

- ・「技術評価対象機器」と同じ

●耐震安全性評価手順

(1) 耐震安全性評価の対象となる経年劣化事象の抽出

- ・「技術評価」における健全性評価や現状保全の評価結果を取り入れ、経年劣化事象を以下のとおり整理し、b. の事象についてのみ耐震安全性評価を実施
 - a. 現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの又は小さいもの
 - b. 現在発生しているか、又は将来にわたって起こることが否定できないもの
- ・ここで、整理されたb. の経年劣化事象について、これらの事象が顕在化した場合、機器の振動応答特性又は構造・強度上、影響が「有意」であるか「軽微もしくは無視」できるかを検討し、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出を実施

(2) 耐震安全性評価

- ・上記「経年劣化事象の抽出」で抽出した経年劣化事象ごとに、耐震安全性評価を実施
- ・評価の基本となる項目は、大別すると以下のとおり分類
- ・評価に際しては、「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-1987）」等に準じて実施
 - a. 機器の耐震クラス
 - b. 機器に作用する地震力の算定
 - c. 想定される経年劣化事象のモデル化
 - d. 振動特性解析（地震応答解析）
 - e. 地震荷重と内圧等他の荷重との組合せ
 - f. 許容限界との比較

(3) 高経年化への対応

- ・耐震安全性評価の結果、今後新たに必要となる点検・検査項目、技術開発課題等を抽出

⑤-2 耐津波安全性評価

●対象機器・構造物の抽出

- ・「技術評価対象機器」のうち浸水防護施設で津波による浸水高または波力等による影響を受けると考えられるもの

●耐津波安全性評価手順

(1) 耐津波安全性評価の対象となる経年劣化事象の抽出

- ・「技術評価」における健全性評価や現状保全の評価結果を取り入れ、経年劣化事象を以下のとおり整理し、b. の事象についてのみ耐津波安全性評価を実施
 - a. 現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの又は小さいもの
 - b. 現在発生しているか、又は将来にわたって起こることが否定できないもの
- ・ここで、整理されたb. の経年劣化事象について、これらの事象が顕在化した場合、施設の強度及び止水性上、影響が「有意」であるか「軽微もしくは無視」できるかを検討し、耐津波安全性上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出を実施

(2) 耐津波安全性評価

- ・上記「経年劣化事象の抽出」で抽出した経年劣化事象ごとに、耐津波安全性評価を実施
- ・評価の基本となる項目は、大別すると以下のとおり分類
 - a. 想定される経年劣化事象のモデル化
 - b. 津波荷重解析
 - c. 許容限界との比較

(3) 高経年化への対応

- ・耐津波安全性評価の結果、今後新たに必要となる点検・検査項目、技術開発課題等を抽出

⑥ 冷温停止状態が維持されることを前提とした評価

①、②において選定した機器・構造物に対し、冷温停止状態維持評価を実施
具体的な評価の手順は以下のとおり

(1) 代表機器の選定

機種毎にグループ化し、それぞれのグループから使用条件等を考慮して代表機器を選定

(2) 冷温停止状態維持評価を行う経年劣化事象の抽出

断続運転に想定される高経年化対策上着目すべき経年劣化事象*、に対して、冷温停止における劣化の発生・進展に関する整理を実施し、冷温停止が断続運転より厳しくなることが想定される経年劣化事象を抽出

より厳しくなることが想定される経年劣化事象が抽出された場合には、冷温停止状態維持評価を実施

なお、保全対策に反映すべき項目があるかもあわせて検討

(3) 代表機器以外への展開

代表機器以外の機器に対しても、代表機器と同様に冷温停止において発生・進展が、断続運転より厳しくなることが想定される経年劣化事象を抽出

より厳しくなることが想定される経年劣化事象が抽出された場合には、冷温停止状態維持評価を実施

なお、保全対策に反映すべき項目があるかもあわせて検討

*：断続運転における高経年化対策上着目すべき経年劣化事象以外の事象が、冷温停止において着目すべき経年劣化事象となる場合は、合わせて抽出

2.2.2 国内外の新たな運転経験及び最新知見の反映

川内2号炉の高経年化技術評価を実施するにあたり、当社至近の先行プラントである玄海原子力発電所2号炉の高経年化技術評価書を参考にするとともに、それ以降平成21年4月～平成26年3月までの国内外の運転経験及び最新知見を確認し、高経年化への影響を判断して反映を実施

(国内の運転経験)

(社)原子力安全推進協会が運営している原子力施設情報公開ライブラリーにおいて公開されている「トラブル情報」、「保全品質情報」を対象

プラント名	発生時期	内容
敦賀発電所1号炉	平成21年 5月	ヒータドレン系配管の肉厚測定結果について
東海第二発電所	平成21年 7月	主油タンク油面変動等に伴う機器点検のための原子炉手動停止について
伊方発電所1号炉	平成21年 8月	2次系設備の軸受冷却水冷却器への海水供給配管からの漏えい
伊方発電所3号炉	平成21年 9月	復水導電率の上昇
敦賀発電所1号炉	平成21年10月	高圧注入系ディーゼル冷却用海水配管の減肉について
東海第二発電所	平成22年 1月	残留熱除去系海水系配管の減肉について
伊方発電所1号炉	平成22年 6月	原子炉補機冷却水冷却器入口配管からの海水漏えい
高浜発電所1号炉	平成23年 3月	非常用ディーゼル発電機からの潤滑油漏えいについて
柏崎刈羽原子力発電所 1～7号炉	平成24年 6月	柏崎刈羽原子力発電所屋外の軽油移送配管の点検について
大飯発電所2号炉	平成25年 8月	A-非常用ディーゼル発電機燃料油配管からのわずかな油の漏えいについて

共通事項

(国外の運転経験) NRC (米国原子力規制委員会 ; Nuclear Regulatory Commission) のBulletin、Generic Letter及びInformation Noticeを対象

プラント名	発行時期	内 容
ラサール発電所 2号炉等	平成21年10月 IN発行	燃料取替クレーンに使用されるワイヤーロープの劣化
ビーバーバレー発電所 1号炉	平成22年 6月 IN発行	格納容器ライナの腐食
ロバートEギンナ発電所	平成22年 9月 IN発行	繰り返し発生したタービン動補助給水ポンプの不具合
ボオーグル発電所 1号炉	平成22年10月 IN発行	熱処理されたalloy600製SG伝熱管のU字部におけるクラック様インディケーション
ウルフクリーク発電所等	平成22年11月 IN発行	非常ディーゼル発電機の世界速度スイッチ回路の故障
キャラウェイ発電所等	平成23年 2月 IN発行	PWRのステンレス鋼製配管のSCCIに影響する汚染物質及び停滞状態

(原子力規制委員会からの指示) 原子力規制委員会からの指示文書等

No.	発行日	件 名
平成21-11-18原院第1号 NISA-325c-09-4 NISA-163c-09-4	平成21年12月25日	発電用原子力設備における破壊を引き起こすき裂その他の欠陥の解釈について (内規) の制定について
発規技発第1306193号	平成25年 6月19日	「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」の制定について
発規技発第1306194号	平成25年 6月19日	「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」の制定について
原管P発第1306198号	平成25年 6月19日	実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイドの制定について
原管P発第1307081号	平成25年 7月 8日	実用発電用原子炉施設における高経年化対策審査ガイドの制定について
原管P発第1312062号	平成25年12月 6日	実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイドの一部改正について
原管P発第1312181号	平成25年12月18日	実用発電用原子炉施設における高経年化対策審査ガイドの一部改正について
JNES-RE-2013-9012	平成25年9月	(独) 原子力安全基盤機構 高経年化技術評価審査マニュアル

共通事項

(規格・基準、安全研究)

国の定める技術基準、(社)日本機械学会、(社)日本電気協会及び(社)日本原子力学会等の規格・基準類並びに(独)原子力安全基盤機構の高経年化技術情報データベースにおける試験研究のうち、新たに考慮した主な情報は以下のとおり

No.	規格名称	発行元
JSME S NF1-2009	発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法 (2009年版)	(社) 日本機械学会
JEAC 4201-2007	原子炉構造材の監視試験方法 [2010追補版]	(社) 日本電気協会
AESJ-SC-P005:2010 (Amd. 1)	原子力発電所の高経年化対策実施基準:2010追補 1	(社) 日本原子力学会
AESJ-SC-P005:2011 (Amd. 2)	原子力発電所の高経年化対策実施基準:2011追補 2	(社) 日本原子力学会
AESJ-SC-P005:2012 (Amd. 3)	原子力発電所の高経年化対策実施基準:2012追補 3	(社) 日本原子力学会