

高浜発電所1号炉 及び2号炉 運転期間延長認可申請のうち劣化状況評価 (共通事項)

平成27年6月10日
関西電力株式会社

○劣化状況評価の手順及び体制	2
○劣化状況評価実施工程	5
○評価に係る教育訓練、協力事業者及び評価記録の管理	6
○劣化状況評価の実施手順	7
○運転経験及び最新知見の反映	18
○劣化状況評価で追加する評価	20
○今後の取組み	21

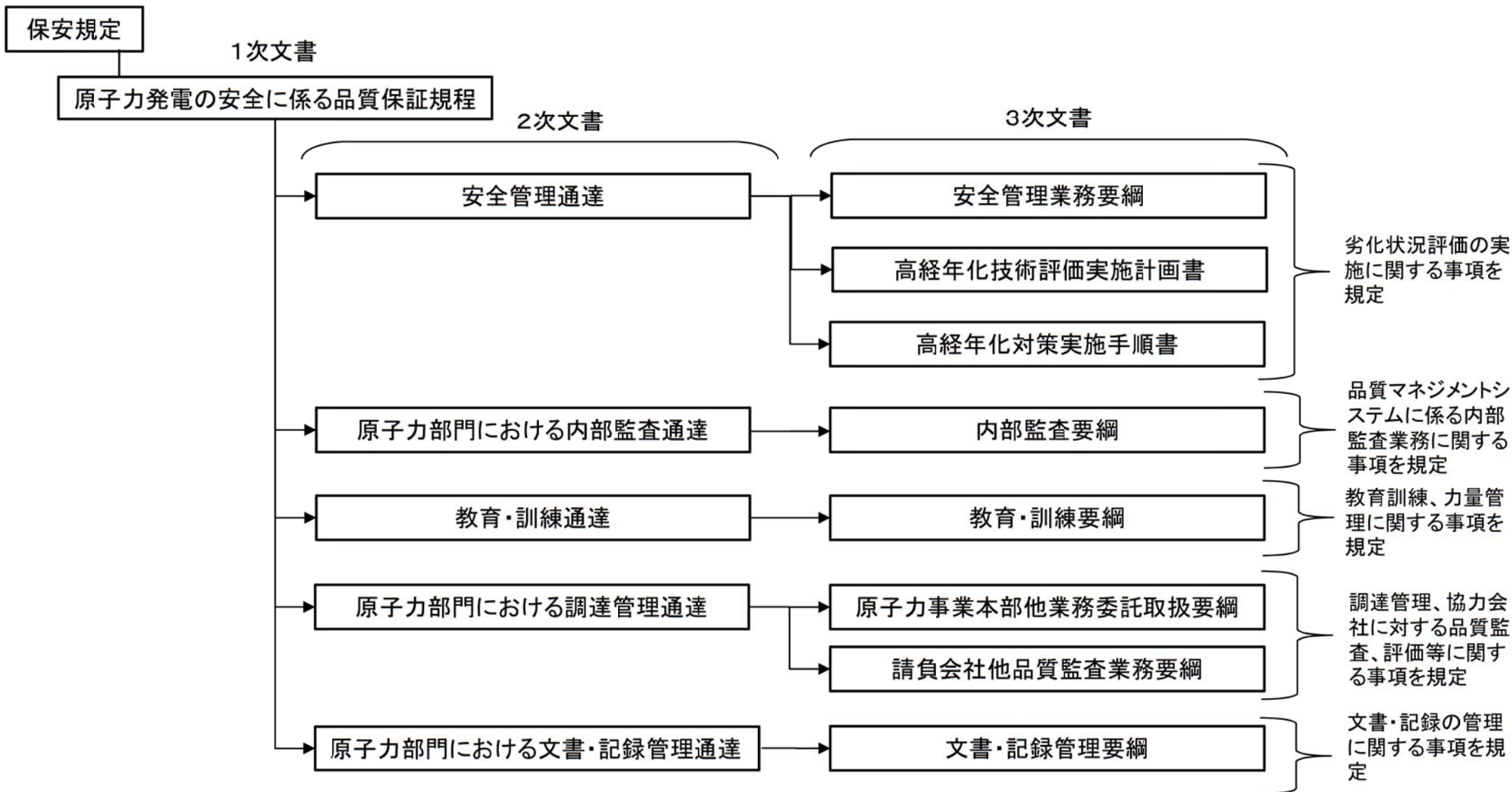
○劣化状況評価実施手順の制定

劣化状況評価の実実施手順(発電所確認※¹、妥当性確認※²、内部監査(プロセス監査)※³及び原子力発電安全委員会(審議)※⁴等を含む)及び実施体制は、「原子炉施設保安規定」及び「安全管理業務要綱」に基づき作成した『高経年化対策実施手順書(社内決定文書)』により、原子力技術部門統括の承認を経て制定している。なお、「劣化状況評価」は「高経年化技術評価」と同じ内容であることから、社内で定めている「高経年化技術評価」のQMS体系に従い評価を実施している。このため、「劣化状況評価」は「高経年化技術評価」と同意とする。また、同様の理由で、「保守管理に関する方針」と「長期保守管理方針」も同意とする。

- (※1) 発電所確認とは、原子力事業本部の評価書作成グループが作成した劣化状況評価書案のうち、実機に係る情報(機器仕様、保全内容等)について、発電所の担当各課がレビュー依頼を受けて実施するものである。(参考:高浜発電所においては、担当各課が評価書の記載内容を確認し、保全計画課が取りまとめ、原子炉主任技術者※⁵の確認の後、運営統括長※⁶の審査・承認を得て、原子力事業本部に回答している。)
- (※2) 妥当性確認とは、評価書作成グループ内で評価書作成者以外の者が評価書記載内容の技術的妥当性を確認するものである。
- (※3) 内部監査とは、原子力技術部門高経年化対策グループ及び土木建築設備グループが実施した劣化状況評価及び保守管理に関する方針の策定に係る評価書作成プロセスを確認するため、評価書案が完成する妥当性確認までの作業について高経年化対策実施手順書に基づき実施されていることを原子力発電部門品質保証グループチーフマネージャーが選任した監査チームが監査を行うものである。
- (※4) 原子力発電安全委員会とは、原子炉施設保安規定に基づき設置され、原子炉施設保安規定の変更案件等の審議を行うものである。
- (※5) 原子炉施設の運転に関し保安の監督を行うことを任務としている。
- (※6) 発電所における保安活動を統括する発電所長を補佐することを任務としている。

○評価の実施に係る文書体系

劣化状況評価に関する主な品質マネジメントシステムに係る文書(QMS文書)を下記の通り示す。

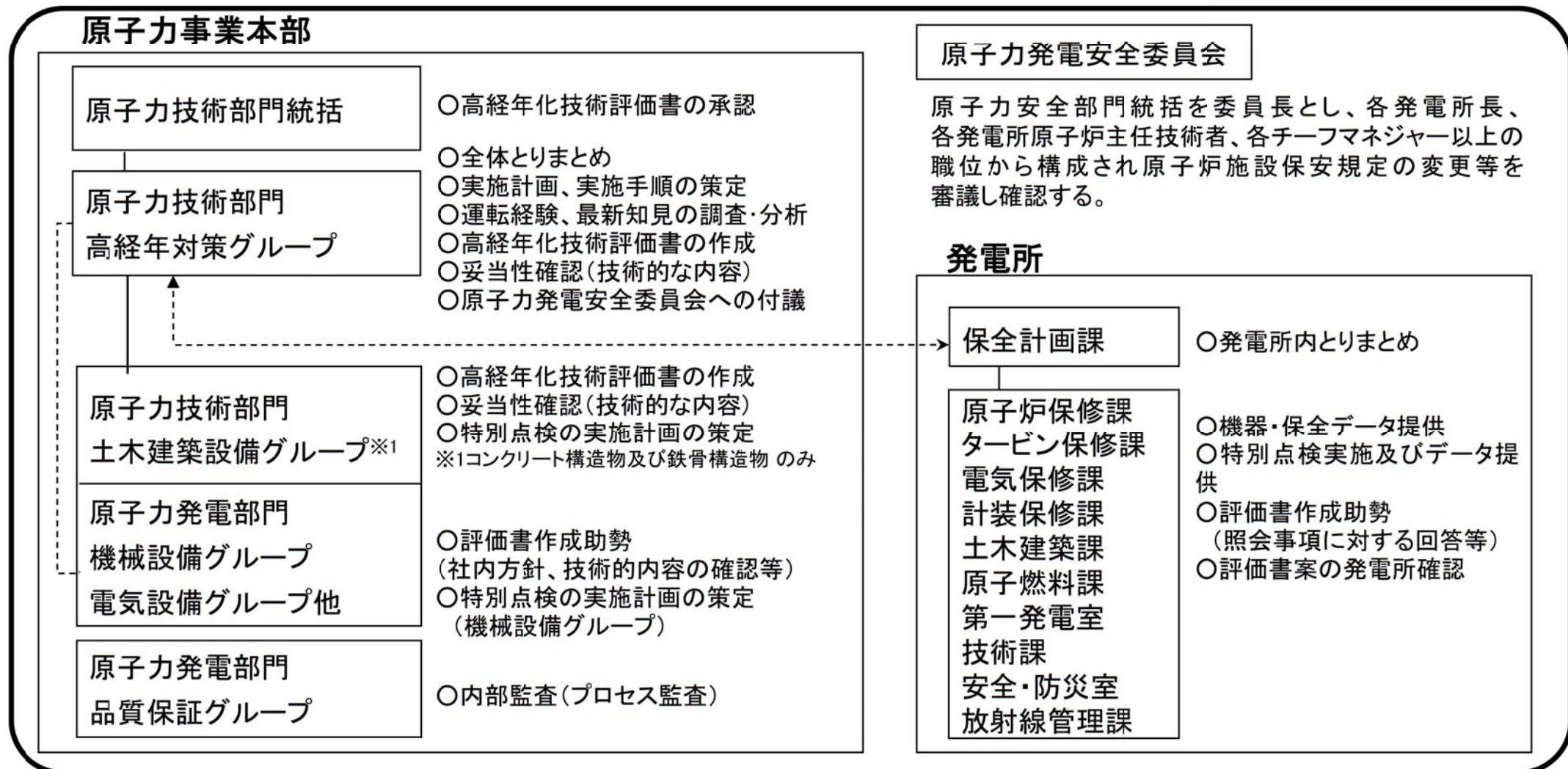


劣化状況評価に係る主な社内文書体系図

劣化状況評価の手順及び体制(3/3)

○評価の実施に係る組織

- ・原子力事業本部原子力技術部門統括を総括責任者として、原子力事業本部、高浜発電所の組織で評価の実施に係る役割を設定。
- ・技術評価にあたっては、評価者の力量を設定し、管理を実施。



評価の実施に係る組織

○ 評価に係る教育訓練

社内標準に基づき、劣化状況評価を実施する力量を設定、評価すると共に、必要に応じ教育計画を定めて技術評価書作成時のOJT※等により資質向上を図っている。

(※)OJTとは実際に評価書を作成する際の懸案処理等を上席者の監督・助言の下作成する活動等を言う

○ 協力事業者の管理

劣化状況評価書作成にあたって業務委託した、関電プラント株式会社、株式会社原子力エンジニアリング、三菱重工業株式会社及び三菱電機株式会社に対しては、社内標準に基づき品質保証計画書の要求と品質保証監査を経て品質保証体制に問題ないことを確認している。

○ 評価記録の管理

管理すべき文書・記録の名称、審査者、承認者、保有責任者及び保有期間は、社内標準に定めて管理している。

劣化状況評価の実施手順

○評価の方法

- ・技術評価手法は社内の「高経年化対策実施手順書」で明確にして実施。
- ・右図に運転を前提とした技術評価フローを示す。
- ・評価は、大別すると下記の流れにて実施しており、それぞれ次頁以降で説明。
 1. 技術評価対象機器の抽出
 2. 機器のグループ化・代表機器の選定
 3. 劣化事象の抽出
 4. 経年劣化事象に対する技術評価
(特別点検の対象機器はその結果を踏まえ評価)
 5. 耐震・耐津波安全性評価

* 1: 重要度クラス1、2(* 5)

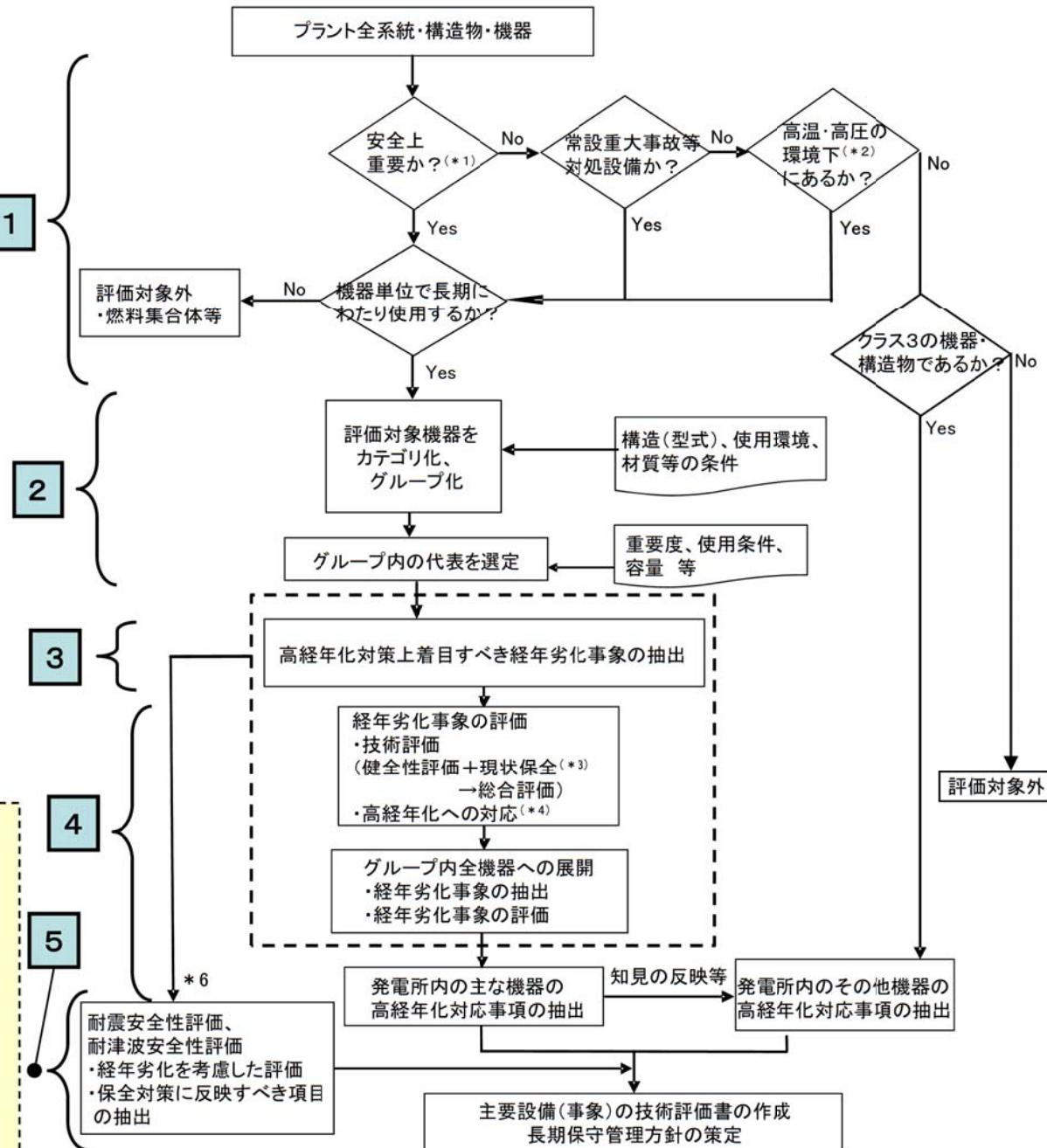
* 2: 重要度クラス3のうち、最高使用温度が95℃を超え、または最高使用圧力が1900kPaを超える環境(原子炉格納容器外にあるものに限る)

* 3: 系統レベルの機能確認を含む。

* 4: 高経年化対応としての保全のあり方を論じ、高経年化に関係のない一般的な保全は切り離す。

* 5: 「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

* 6: 経年劣化の発生・進展が否定できず、耐震安全性・耐津波安全性に影響を及ぼす可能性のある事象



技術評価実施フロー

1. 技術評価対象機器の抽出

「高経年化対策実施ガイド等」に従い、高浜発電所1号炉及び2号炉の安全上重要な機器等(「実用炉規則 第82条第1項」で定める機器・構造物)を抽出。

- (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)」において定義されるクラス1、2及び3の機能を有する機器・構造物(実用炉規則別表第二において規定される浸水防護施設に属する機器及び構造物を含む。)並びに「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(平成25年原子力規制委員会規則第5号)第43条第2項に規定される常設重大事故等対処設備」(以下、「常設重大事故等対処設備」という)に属する機器・構造物とし、原子力保全総合システム(M35)、系統図等を基に抽出。
- (2) 機器単位で長期にわたり使用しないもの(「学会標準※2008版」6.3.1で除外対象としているもの)は、機器ごと評価対象から除外。具体的には、使用により機器単位で消耗する燃料集合体、バーナブルポイズンが該当する。

(※)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」をいう。以下同じ。

【参考】

供用に伴う消耗が予め想定される部品であって設計時に取替を前提とするものまたは機器分解点検等に伴い必然的に交換されるもの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替えることを前提とする機器であり、交換基準が保全指針、業務決定文書または原子力発電所保守業務要綱指針により定められているものについても定期取替品として対象から除外。

2. 機器のグループ化・代表機器の選定

- (1) ポンプ、熱交換器、ポンプモータ、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(カテゴリ化)し機種毎に評価。
- (2) 評価対象機器について合理的に評価するため、構造(型式等)、使用環境(内部流体等)、材料等により、「学会標準2008版」附属書A(規定)及び「学会標準2012追補版」附属書A(規定)に基づき、「経年劣化メカニズムまとめ表」を参考に、対象機器を分類しグループ化。
- (3) グループ化した対象機器から重要度、使用条件、運転状態等により各グループの代表機器(以下、「代表機器」という。)を選定し、代表機器で評価した結果をグループ内の全機器に水平展開するという手法で全ての機器について評価を実施。

3. 劣化事象の抽出

(1) 選定された評価対象機器の使用条件(型式、材料、環境条件等)を考慮し、「学会標準2008版」附属書A(規定)及び「学会標準2012追補版」附属書A(規定)に基づき、「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み合わせを抽出。

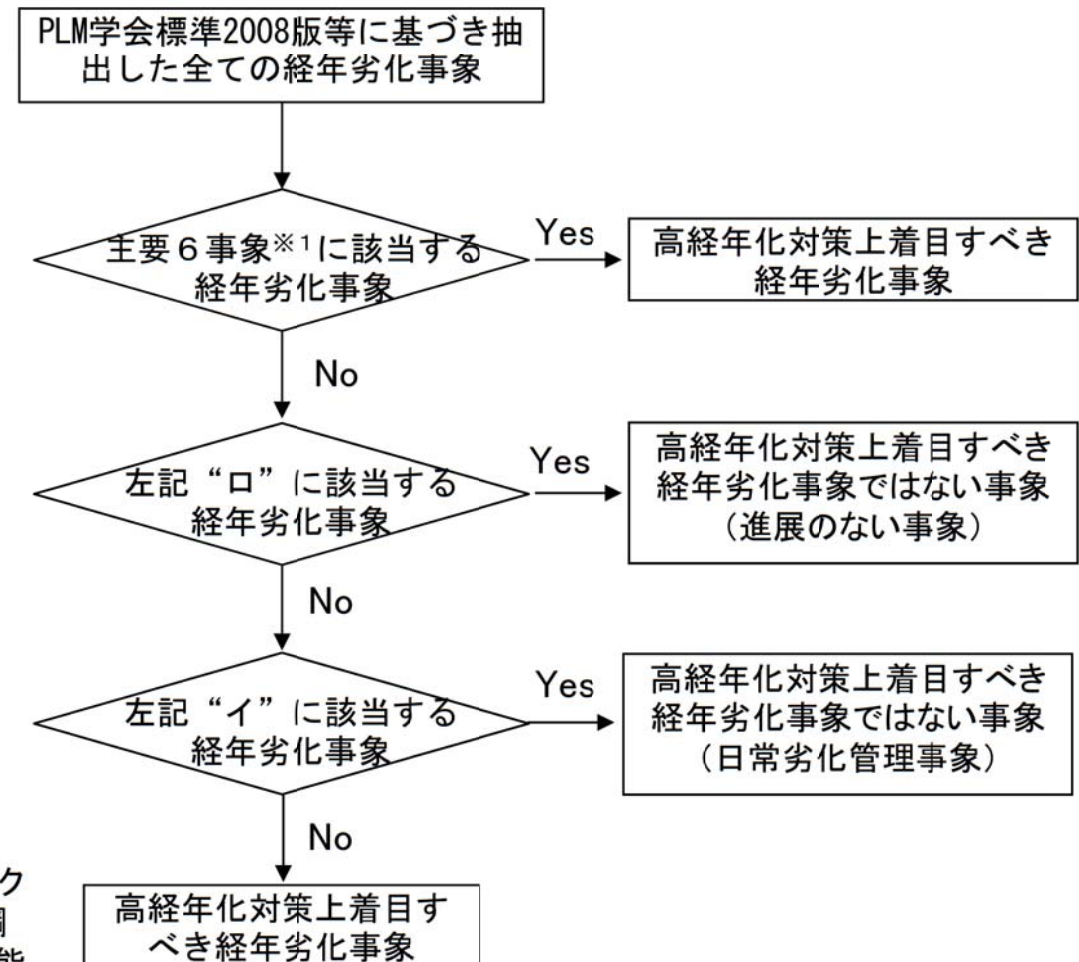
(2) 抽出された経年劣化事象と部位の組み合わせのうち、下記イ、ロのいずれかに該当する場合は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象として除外。

イ. 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※2を行っているもの。

ロ. 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、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象。

※1: 原子力規制委員会の「高経年対策実施ガイド」に示された、低サイクル疲労、中性子照射脆化、照射誘起型応力腐食割れ、2相ステンレス鋼の熱時効、電気・計装品の絶縁低下、コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下をいう

※2: 保全活動は保全の有効性評価によって有効に機能していることを確認している。



経年劣化事象の分類

4. 経年劣化事象に対する技術評価

選定された代表機器について、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み合わせに対する技術評価を下記の手順・右図のとおり実施する。

なお、特別点検を実施した機器は特別点検結果を踏まえた評価を実施する。

また、評価した結果を非代表機器に水平展開する。

(1) 健全性評価

機器毎に抽出した部位・経年劣化事象の組み合わせ毎に60年間使用することを仮定して、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。

(2) 現状保全

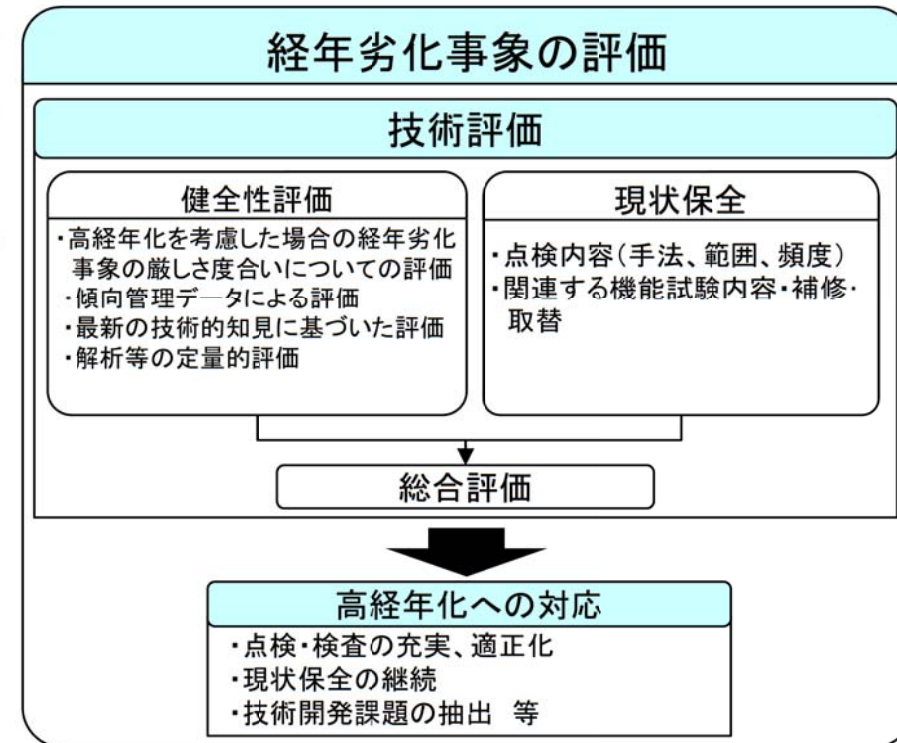
評価対象部位に実施している点検内容、関連する機能試験内容、補修・取替等の現状保全の内容について整理。

(3) 総合評価

健全性評価及び現状保全を合わせて現状の保全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、現状の発電所における保全活動で実施されているか、また点検手法は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

60年間の運転または冷温停止状態の維持を考慮した場合、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。



技術評価フロー

5-1. 耐震安全性評価

(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。

(2) 経年劣化事象の抽出

技術評価で抽出した安全機能を有する機器・構造物に想定される高経年化対策上着目すべき経年劣化事象及び日常劣化管理事象について、これらの事象が顕在化した場合、代表機器の振動応答特性または、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、「有意」なものを耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象として抽出。

(3) 耐震安全性評価

抽出した経年劣化事象毎に、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。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。

- ・機器の耐震クラス
- ・機器に作用する地震力の算定
- ・60年の供用を仮定した経年劣化事象のモデル化
- ・振動特性解析(地震応答解析)
- ・地震荷重と内圧等他の荷重との組合せ
- ・許容限界との比較

5-2. 耐津波安全性評価

(1) 耐津波安全性評価対象機器・構造物の抽出

“基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド”(原子力規制委員会、平成25年6月19日)において津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備及び津波影響軽減施設・設備が耐津波設計の対象とされていることから、それらを対象とし、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を、耐津波安全性評価の対象として抽出。

(2) 経年劣化事象の抽出

技術評価で抽出した高経年化対策上着目すべき経年劣化事象及び日常劣化管理事象について、これらの事象が顕在化した場合、構造・強度上または止水性への影響が「有意」であるか「軽微もしくは無視」できるかを検討し、「有意」なものを耐津波安全上考慮する必要のある経年劣化事象とした。

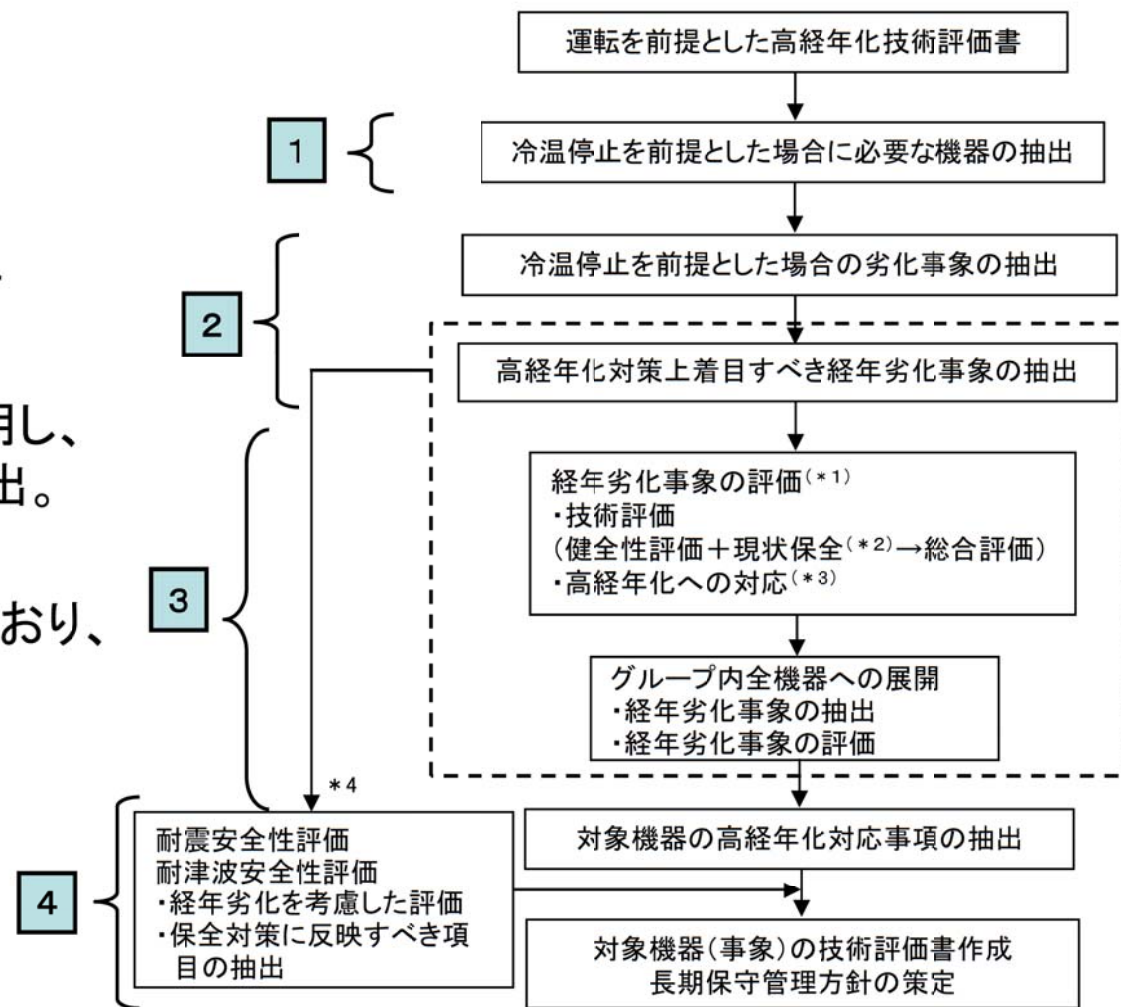
(3) 耐津波安全性評価

耐津波安全性評価上考慮する必要のある経年劣化事象が想定される設備に対し、耐津波安全性に関する評価を実施。

○評価の方法

- ・技術評価手法は社内の「高経年化対策実施手順書」で明確にして実施。
- ・右図に冷温停止を前提とした技術評価フローを示す。
- ・評価は運転を前提とした評価書の知見を活用し、冷温停止で特に評価が必要となる事象を抽出。それらに関して評価を実施する。
- ・評価は、大別すると下記の流れにて実施しており、それぞれ次頁以降で説明。

1. 冷温停止に必要な機器の抽出
2. 冷温停止に係る高経年化対策上着目すべき劣化事象の抽出
3. 経年劣化事象に対する技術評価
(特別点検の対象機器はその結果を踏まえ評価)
4. 耐震・耐津波安全性評価



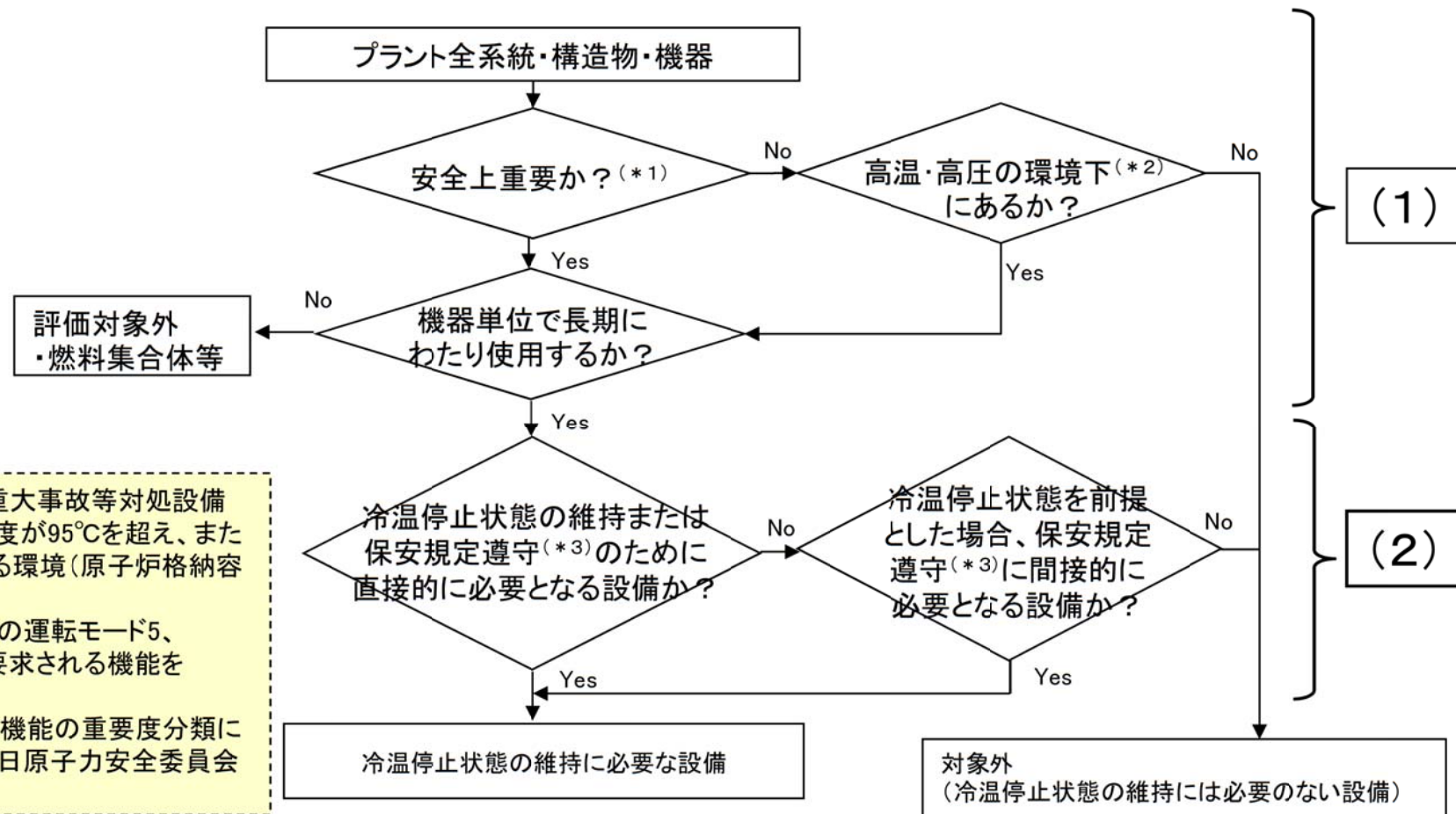
* 1: 運転を前提とした評価の代表機器として評価されている機器に関しては、冷温停止を前提とした場合に必要機器として抽出されてなくても、次頁のフローより抽出された機器の代表機器として評価を記載することとする。
 * 2: 系統レベルの機能確認を含む。
 * 3: 高経年化対応としての保全のあり方を論じ、高経年化に関係のない一般的な保全は切り離す。
 * 4: 経年劣化の発生・進展が否定できず、耐震安全性・耐津波安全性に影響を及ぼす可能性のある事象

劣化状況評価の実施手順(冷温停止を前提とした評価)(2/4)

1. 冷温停止に必要な機器の抽出

対象機器選定は下記の流れで実施。また、抽出フローを下に示す。

- (1) 運転を前提とした評価と同じく、プラント全系統・構造物・機器から、安全上重要な機器等を抽出する(運転を前提とした評価書から、機器・構造物を転記)。
- (2) さらに、保安規定を遵守するために必要となる設備を抽出。



- * 1: 重要度クラス1、2(*4)並びに常設重大事故等対処設備
- * 2: 重要度クラス3のうち、最高使用温度が95℃を超え、または最高使用圧力が1900kPaを超える環境(原子炉格納容器外に限る)
- * 3: 保安規定で定義されている原子炉の運転モード5、モード6及び運転モードに関係なく要求される機能を対象とする。
- * 4: 「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

冷温停止状態維持に必要な設備抽出フロー

2. 冷温停止を前提とした経年劣化事象の抽出

冷温停止を前提とした場合に必要となる機器※1を抽出し、運転を前提とした評価での△事象※2は、冷温停止を前提とした評価において○事象※3にならないかを確認

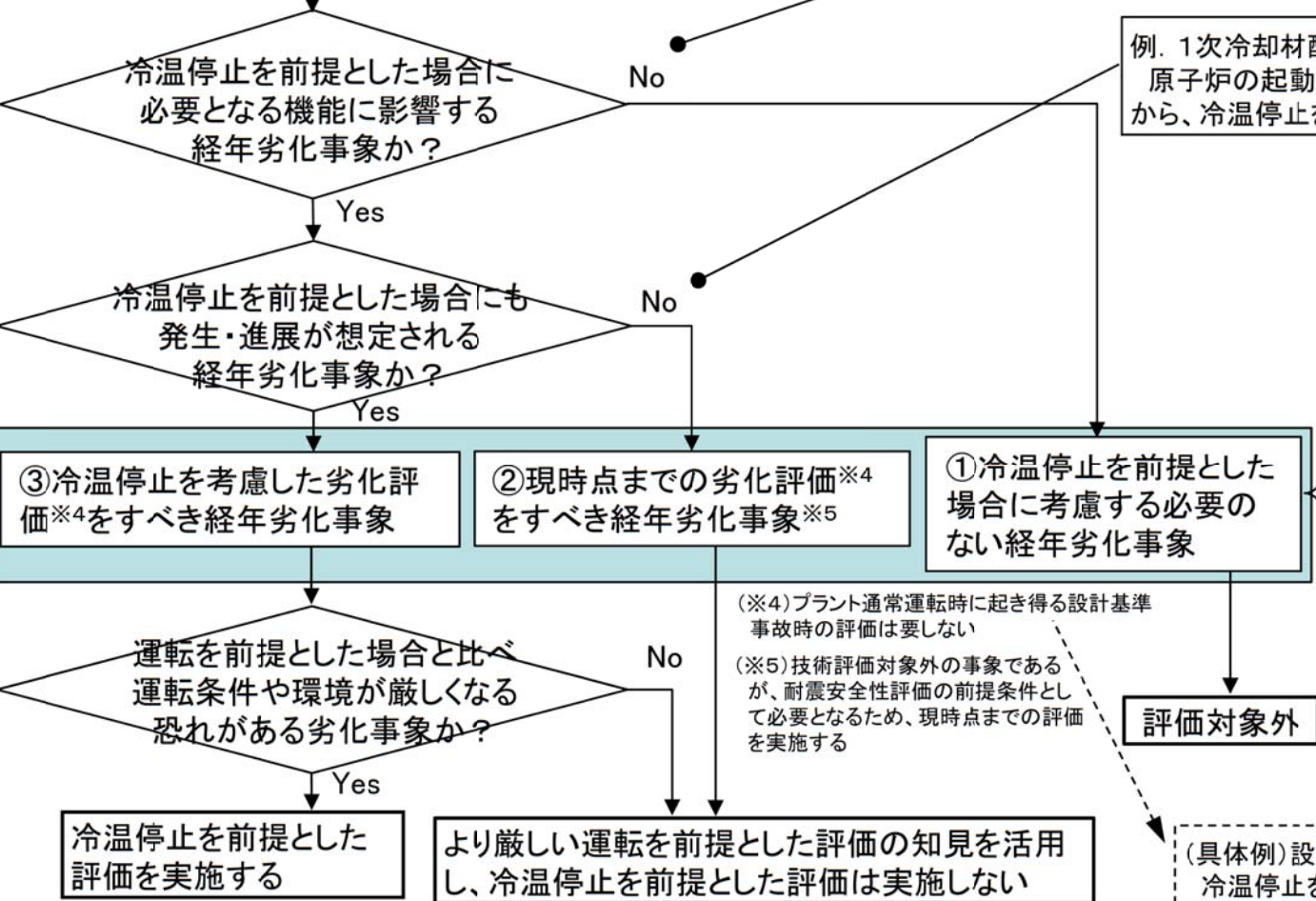
- (※1) 保安規定モード5、モード6及びモード外の時に直接的または間接的に必要となる機器
- (※2) △事象: 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象
- (※3) ○事象: 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

例. 余熱除去冷却器の応力腐食割れ(運転を前提とした評価で△事象)
冷温停止を前提とした場合、当該冷却器の使用時間が長くなるが、流体の温度が低いため応力腐食割れ発生の可能性は小さく、冷温停止前提でも○事象とはならない。

例. 炉内構造物熱しゃへい体の照射誘起型応力腐食割れ
冷温停止状態では燃料からの中性子照射はないため。

例. 1次冷却材配管の低サイクル疲労
原子炉の起動・停止に伴う大きな熱変動によって発生・進展する事象であることから、冷温停止を前提とした場合に進展を考慮する必要がない。

運転を前提とした評価において抽出した○事象



フローに基づいた経年劣化事象の検討結果(例)

経年劣化事象	フローの評価
炉内構造物熱しゃへい体の照射誘起型応力腐食割れ	①
1次冷却系統配管の低サイクル疲労割れ	②
原子炉容器の中性子照射脆化	②
低圧ケーブルの絶縁低下	③
コンクリートの中性化による強度低下	③

(具体例) 設計基準事故を考慮した低圧ケーブルの絶縁低下等
冷温停止を前提とした場合、設計基準事故時の熱・放射線による過酷な雰囲気暴露がなくなるため、評価条件に設計基準事故を含めない。

冷温停止を前提とした経年劣化事象の抽出フロー

3. 経年劣化事象に対する技術評価

前述のフローの結果、「冷温停止を前提とした評価を実施する」劣化事象に対して、冷温停止状態が維持されることを仮定して健全性の評価を実施する。

(運転を前提とした評価と同様)。

それ以外の劣化事象に関しては、運転を前提とした場合と比較して、発生・進展が同程度か以後の発生・進展がない経年劣化事象であるため、運転を前提とした評価の知見を活用することとし、冷温停止を踏まえた評価は実施しない。

4-1. 耐震安全性評価

冷温停止を前提とした耐震安全性評価にあたっては、運転を前提とした耐震安全性評価結果及び3節(上記)における技術評価結果を取り入れることとし、断続運転を前提とした場合と比べ運転条件や環境が厳しくなるおそれがある経年劣化事象について検討し、耐震安全上考慮する必要がある経年劣化事象の抽出を行い、抽出された経年劣化事象毎に、耐震安全性に関する詳細評価を実施する。

4-2. 耐津波安全性評価

冷温停止を前提とした耐津波安全性評価にあたっては、運転を前提とした耐津波安全性評価結果及び3節(上記)における技術評価結果を取り入れることとし、断続運転を前提とした場合と比べ運転条件や環境が厳しくなるおそれがある経年劣化事象について検討し、耐津波安全上考慮する必要がある経年劣化事象の抽出を行い、抽出された経年劣化事象毎に、耐震安全性に関する詳細評価を実施する。

○ 国内外の新たな運転経験及び最新知見の反映

美浜発電所1、2、3号炉、高浜発電所1、2号炉及び大飯発電所1、2号炉を含む先行プラントの30年目の技術評価報告書並びに美浜発電所1、2号炉の40年目の技術評価書、高浜1、2号炉の40年目の技術評価書(冷温停止を前提とした評価のみ)を参考にするとともに、それ以降2014年4月～2014年12月の国内外の運転経験について事象・原因を調査するとともに、最新知見についても高経年化への影響を判断して反映要否を判断。なお、その期間以降の最新知見、運転経験については、審査の状況等も踏まえ、適宜反映。

1. 国内の運転経験

原子力安全推進協会が運営している原子力発電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」を対象としてスクリーニングを実施。

スクリーニング対象案件21件中1件の経年劣化に起因する事象があったが、すでに既知の内容であったため、劣化状況評価書に反映すべき国内の運転経験はなかった。

2. 国外の運転経験

NRC(米国原子力規制委員会; Nuclear Regulatory Commission)のBulletin(通達)、Generic Letter及びInformation Noticeを対象。

スクリーニング対象案件10件中、経年劣化に起因する事象はなく、劣化状況評価書に反映すべき国外の運転経験はなかった。

3. 最新知見

- (1) 最新知見のスクリーニング対象期間中またはそれ以降に発行された原子力規制委員会文書(4件)において、運転期間延長認可申請に係る可能性のある文書(3件)を抽出し、検討したが、劣化状況評価を実施する上で、新たに反映が必要な知見はなかった。

- (2) 最新知見のスクリーニング対象期間中またはそれ以降に発行等された日本機械学会(6件) 日本電気協会(0件)、日本原子力学会(7件)の規格・基準類を検討したが、劣化状況評価を実施する上で、新たに反映が必要な知見はなかった。

- (3) 最新知見のスクリーニング対象期間中またはそれ以降に発行された、原子力規制委員会のホームページに公開されている試験研究の情報(3件)等を検討したが、劣化状況評価を実施する上で、新たに反映が必要な知見はなかった。

劣化状況評価で追加する評価

運転開始後40年目に実施する劣化状況評価は、30年目の高経年化技術評価を過去約10年間の供用実績、保全実績及び安全基盤研究等技術的知見をもって検証し、課題を抽出して、それらの課題に対応したものであるとともに、30年目の長期保守管理方針の実績についても、その有効性を評価し、結果を反映する。具体的には、追加検討を要する事項として、以下の評価を行った。

1. 経年劣化傾向の評価

40年目の評価は30年目の評価から大きく乖離するものではないことを確認する。

2. 保全実績の評価

劣化状況評価では、事故・トラブルの再発防止対策が図られていることを確認する。

3. 長期保守管理方針の有効性評価

長期保守管理方針が有効であったことを確認する。

今後の取組み

今回実施した劣化状況評価は、現在の最新知見に基づき実施したものであるが、今後以下に示すような運転経験や最新知見等を踏まえ、適切な時期に再評価及び変更を実施していく。

- ・材料劣化に係る安全基盤研究の成果
- ・これまで想定していなかった部位等における経年劣化事象が原因と考えられる国内外の事故・トラブル
- ・関係法令の制定及び改廃
- ・原子力規制委員会からの指示
- ・材料劣化に係る規格・基準類の制定及び改廃
- ・発電用原子炉の運転期間の変更
- ・発電用原子炉の定格熱出力の変更
- ・発電用原子炉の設備利用率(実績)から算出した原子炉容器の中性子照射量
- ・点検・補修・取替の実績

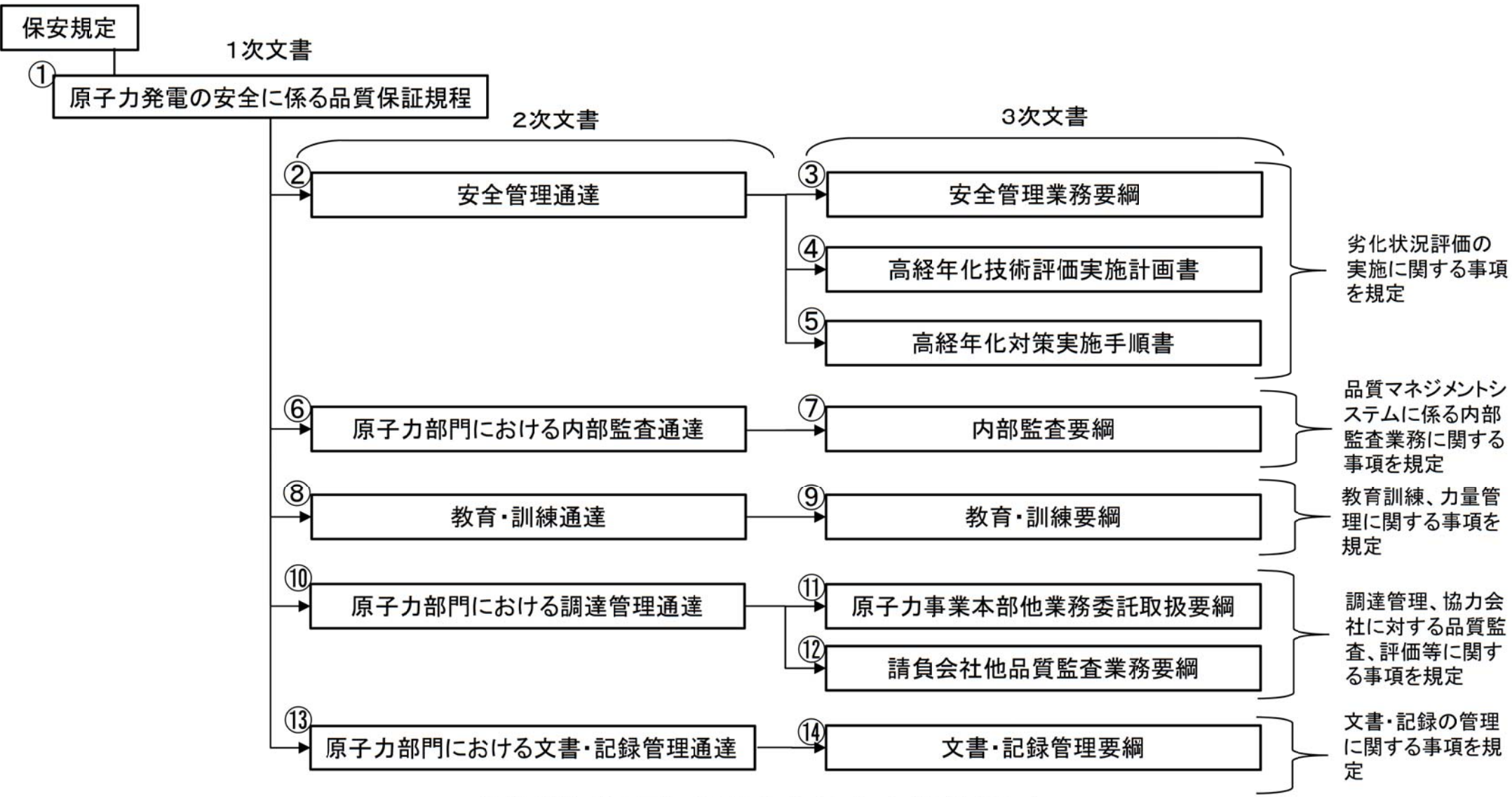
当社は、高経年化対策に関するこれらの活動を通じて、今後とも原子力プラントの安全・安定運転に努めるとともに、安全性・信頼性のなお一層の向上に取り組んでいく所存である。

【参考資料】

文書及び記録の管理(1/3)

○文書体系

劣化状況評価に関する主な品質マネジメントシステムに係る文書(QMS文書)を下記の通り示す。



劣化状況評価に係る主な社内文書体系図

文書及び記録の管理(2/3)

○高浜1号炉及び2号炉の劣化状況評価に関する主なQMS文書(1/2)

・発電所の保安活動全般を規定する主な文書類

①原子力発電の安全に係る品質保証規程(1次文書)

「原子力発電所における安全のための品質保証規程(JEAC4111-2009)」を適用規格とし、品質マネジメントシステムを確立し、実施し、評価確認し、継続的に改善することを目的とした品質マニュアル。

・劣化状況評価の実施に関する事項を規定する主な文書類

②安全管理通達(2次文書)

原子力部門の安全管理に関する基本的事項を定め、劣化状況評価の実施に伴うプロセス(実施計画の立案、内部監査の実施等)等を定めているもの。

③安全管理業務要綱(3次文書)

原子力部門の安全管理に関する具体的事項を定め、劣化状況評価の実施に伴うプロセス(実施計画・実施手順の策定、妥当性確認の実施等)等を定めているもの。

④高経年化技術評価実施計画書(3次文書、詳細はp26参照)

劣化状況評価の実施にあたり、実施体制、実施手順ならびに申請までのスケジュールを定めているもの。

⑤高経年化対策実施手順書(3次文書、詳細はp27-28参照)

劣化状況評価の実施にあたり、具体的な実施体制、実施手順(機器・構造物の抽出方法、技術評価方法等)を定めているもの。

・品質マネジメントシステムに係る内部監査業務に関する事項を規定する主な文書類

⑥原子力部門における内部監査通達(2次文書)

品質マネジメントシステムに係る内部監査業務の基本的事項を定めているもの。

⑦内部監査要綱(3次文書)

品質マネジメントシステムに係る内部監査業務の具体的事項を定めているもの。

文書及び記録の管理(3/3)

○高浜1号炉及び2号炉の劣化状況評価に関する主なQMS文書(2/2)

・教育訓練、力量管理に関する事項を規定する主な文書類

⑧教育・訓練通達(2次文書)

原子力部門の教育・訓練に関する管理の基本的事項を定めているもの。

⑨教育・訓練要綱(3次文書)

原子力安全の達成に影響がある業務に従事する要員に対しての教育・訓練に関する具体的事項を定めているもの。

・調達管理、協力会社に対する品質監査、評価等に関する事項を規定する主な文書類

⑩原子力部門における調達管理通達(2次文書)

原子炉施設における業務委託等の調達手続き及び調達した製品の保存に関する基本的事項を定めているもの。

⑪原子力事業本部他業務委託取扱要綱(3次文書)

原子力事業本部他が行う業務委託に関する具体的事項を定めているもの。

⑫請負会社他品質監査業務要綱(3次文書)

原子力事業本部(原子力技術部門、原子力発電部門等)が行う請負会社及び委託会社品質監査に関する基本的事項及び具体的な実施方法について定めているもの。

・文書・記録の管理に関する事項を規定する主な文書類

⑬原子力部門における文書・記録管理通達(2次文書)

原子力部門の文書及び記録に関する管理の基本的事項を定めているもの。

⑭文書・記録管理要綱(3次文書)

原子力部門の文書及び記録に関する管理の具体的事項を定めているもの。

○高浜1号炉及び2号炉 劣化状況評価に関する主な記録

・劣化状況評価書(高経年化技術評価書)

高経年化技術評価実施計画及び高経年化対策実施手順書等に基づき劣化状況評価を行い、その結果を記載したもの。

高経年化技術評価実施計画書

○高浜1号炉及び2号炉の高経年化技術評価実施計画書について

(1)目的

劣化状況評価を実施するにあたり、実施手順・実施体制、実施スケジュール等の計画を定め、計画的な業務の実施を図るもの。

(2)規定事項

・実施体制、実施手順

実施体制及び実施手順について、別途定める高経年対策実施手順書に基づいて実施するものと定めている。

・スケジュール

劣化状況評価書作成について、申請の目標時期を定め、機器の抽出から申請に至るまでの詳細なスケジュールを定めている。

(3)計画書の制定及び改定

劣化状況評価実施に係る全体調整等の業務を行う高経年対策グループチーフマネジャーが計画書案を作成し、関係グループチーフマネジャーの合議及び原子力技術部長の確認を経て、原子力技術部門統括が承認する。

(4)発電所への協力依頼

高経年対策グループチーフマネジャーは、定めた実施計画書を高浜発電所長に通知し、実施・協力を依頼する。

高経年化対策実施手順書(1/2)

○高浜1号炉及び2号炉の高経年化対策実施手順書について

(1)目的

原子力発電所の高経年化対策検討に関する実施手順及び実施体制を定め、高経年化対策検討に係る業務を、外部文書の要求事項を満たしつつ、適切かつ円滑に実施を図るもの。

(2)主な規定事項

・実施体制

劣化状況評価の実施体制及び業務分担を定めている。

・最新知見、運転経験及び実過渡回数への反映

原子力発電所の経年劣化に関する最新知見、運転経験の調査・分析及び評価に反映する実過渡回数の調査実施を定めている。

・対象機器、対象期間及び評価期間

劣化状況評価書作成にあたって、対象機器の抽出方法及び劣化状況評価の期間を定めている。

・技術評価の手順

(1)対象機器のグループ化及び代表機器の選定

対象機器を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2008」付属書A等に基づき、対象機器を分類し、グループ化を行う。また、グループ化した対象機器から代表機器を選定することを定めている。

(2)技術評価の実施

具体的な技術評価手順(経年劣化事象の抽出、技術評価(健全性評価と現状保全を踏まえた総合評価)、高経年化対応項目の抽出、冷温停止を前提とした技術評価、耐震安全性評価、耐津波安全性評価等の実施手法について定めている。

高経年化対策実施手順書(2/2)

○高浜1号炉及び2号炉の高経年化対策実施手順書について

・保守管理に関する方針の策定

技術評価の結果から抽出された保守管理の項目に対して、実施時期を分類し、保守管理に関する方針の策定、充実すべき技術開発課題を抽出することを定めている。

・劣化状況評価書の作成

章立て、章の構成例、記載内容等を記載。

・チェックシート、フォーマット類

妥当性確認等のチェックシート、フォーマットを定めている。

(3) 手順書の制定及び改定

劣化状況評価実施に係る全体調整等の業務を行う高経年対策グループチーフマネジャーが手順書案を作成し、関係グループチーフマネジャーの合議及び原子力技術部長の確認を経て、原子力技術部門統括が承認する。

(4) 発電所への通知

高経年対策グループチーフマネジャーは、定めた実施手順書を高浜発電所保全計画課長に通知する。

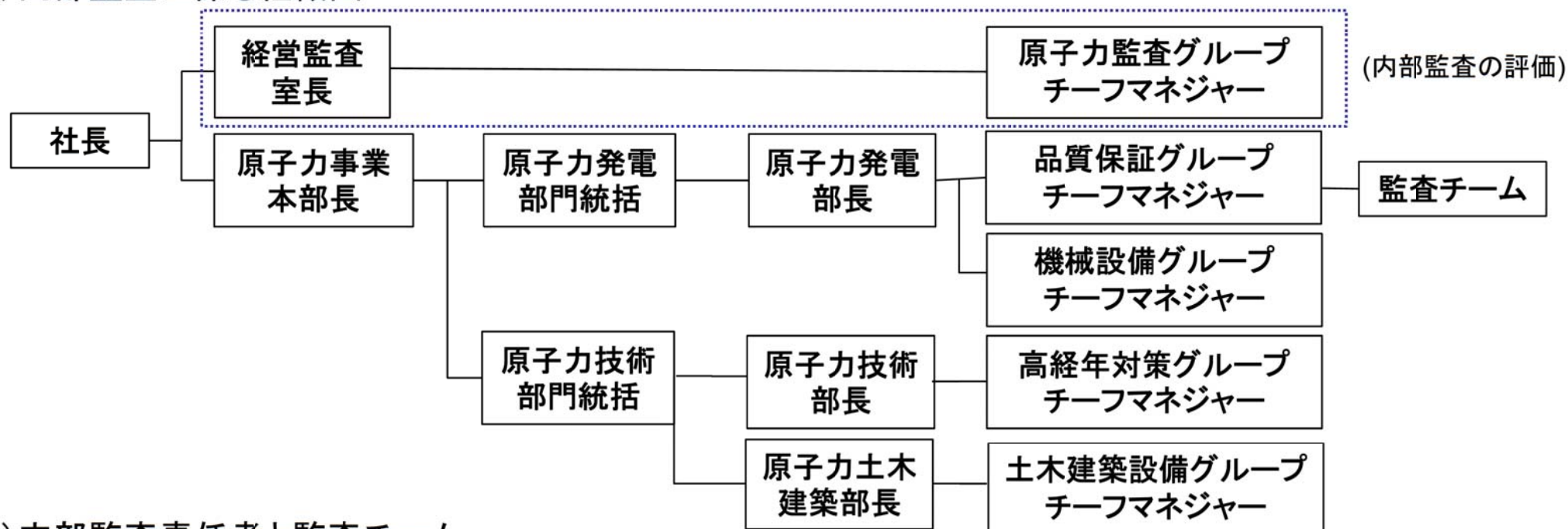
劣化状況評価の内部監査(1/3)

1. 目的

高浜1号炉及び2号炉の劣化状況評価及び保守管理に関する方針の策定に係る評価書作成プロセスについて、「高経年化対策実施手順書」に基づき実施されていることを確認する。

2. 体制

(1) 内部監査に係る組織図



(2) 内部監査責任者と監査チーム

- ・内部監査責任者: 品質保証グループチーフマネジャー
- ・監査チーム: 内部監査責任者が監査員の資格要件^{※1}を備えた者の中から監査チームリーダー^{※2}とメンバーを選任。
※1: 社内及び社外の内部監査員養成研修修了者(ISO9000審査員研修コース修了者含む)
 ※2: 役職者で監査経験1回以上を有する者

(3) 経営監査室長

- ・経営監査室長は、原子力事業本部から独立した組織において、原子力事業本部の内部監査情報を収集し、客観的にそれらの評価を行い、その適切性を確認する。

劣化状況評価の内部監査(2/3)

3. 内部監査の実施方法

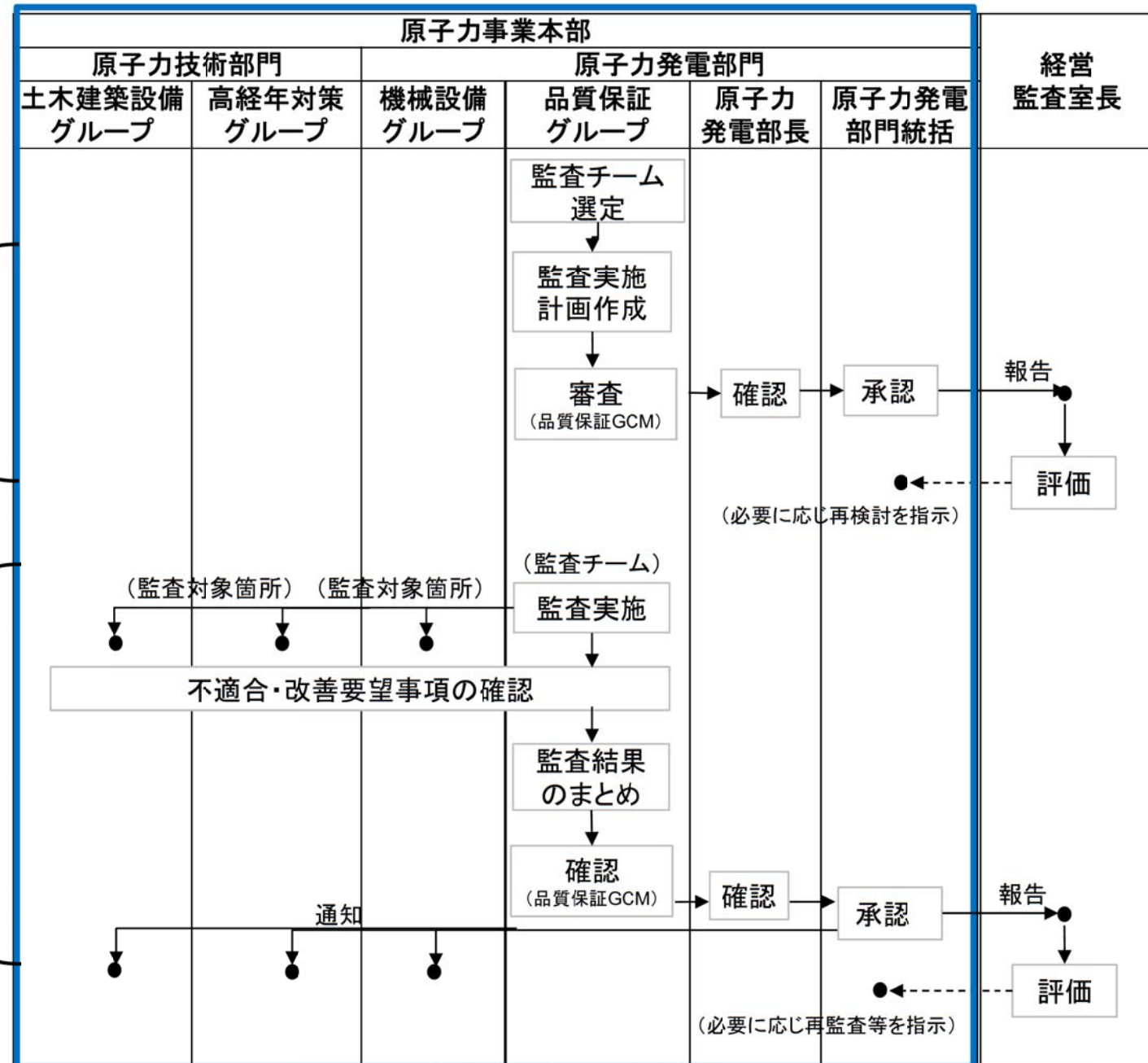
(1) 監査実施計画の作成

監査チームリーダーが高浜1号炉及び2号炉劣化状況評価に係る内部監査チェックシートを含む監査実施計画を作成し、品質保証グループチームマネジャーの審査を受け、原子力発電部長の確認を得て、原子力発電部門統括の承認を得る。

(2) 監査実施と監査結果のまとめ

監査チームは、関係書類の確認及び監査対象箇所との質疑応答により監査を実施する。

監査チームは、不適合・改善要望事項を含む監査結果を取りまとめ、品質保証グループチームマネジャー及び原子力発電部長の確認を受け、原子力発電部門統括の承認を得る。



内部監査に係る業務フロー

劣化状況評価の内部監査(3/3)

4. 内部監査結果

監査チームは、高浜1号炉及び2号炉の劣化状況評価に係る内部監査で、不適合及び改善要望事項はなく、高経年化対策実施手順書に基づき適切に作成されていることを確認した。

5. 内部監査に対する評価

経営監査室長は、内部監査実施計画及び内部監査結果の評価において、監査プロセスの公平性・客観性が確保され、また内部監査結果は客観的に納得できる内容であることを確認した。

経年劣化事象の考え方(1/2)

進展のない事象

- ①現在までの運転経験から得られたデータにより、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象

○腐食や摩耗など、劣化の進展傾向が供用年数に比例等するものであり、これまでの点検結果から発生が考えられないことを確認しているもの。

例)【メタクラ】一次コンタクト(遮断器)の摩耗

- ②使用条件(設計条件)により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象

○高サイクル疲労やキャビテーションによる腐食など、設計条件により進展しないことを確認しているもの。

例)【ターボポンプ】羽根車の腐食(キャビテーション)

- ③使用条件と材料試験データとの比較により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象

○ばねの変形(応力緩和)や中性子吸収体の中性子吸収能力の低下など、使用条件に対して、これまで得られた各種データと比較し、進展傾向が極めて小さい(劣化の発生等の恐れのない)ことを確認しているもの。

例)【空調ダンパ】ばねの変形(応力緩和)

経年劣化事象の考え方(2/2)

日常劣化管理事象

①劣化の可能性は否定できないが、保全により有意な劣化進展を防止しているもの。

○外面腐食や屋外SUSの塩化物SCCなど、保全を行っていない場合には劣化が進展するが、適切な保全を実施することにより、有意な劣化進展を未然に防止していることを確認しているもの。

例)【熱交換器】耐圧構成品の外面からの腐食(全面腐食)

②劣化の可能性は否定できず、劣化は進展するが、適切な保全により健全性を確認しているもの。

○流れ加速型腐食やSCCなど、劣化の発生や進展は否定できないが、それに対する点検が適切に定められていることを確認しているもの。

例)【炭素鋼配管】母管の腐食(流れ加速型腐食)

③劣化の可能性は否定できず、劣化は進展するが、「60年時点における劣化を踏まえても問題ないこと」+「現状保全」の組み合わせで健全性を確認しているもの。

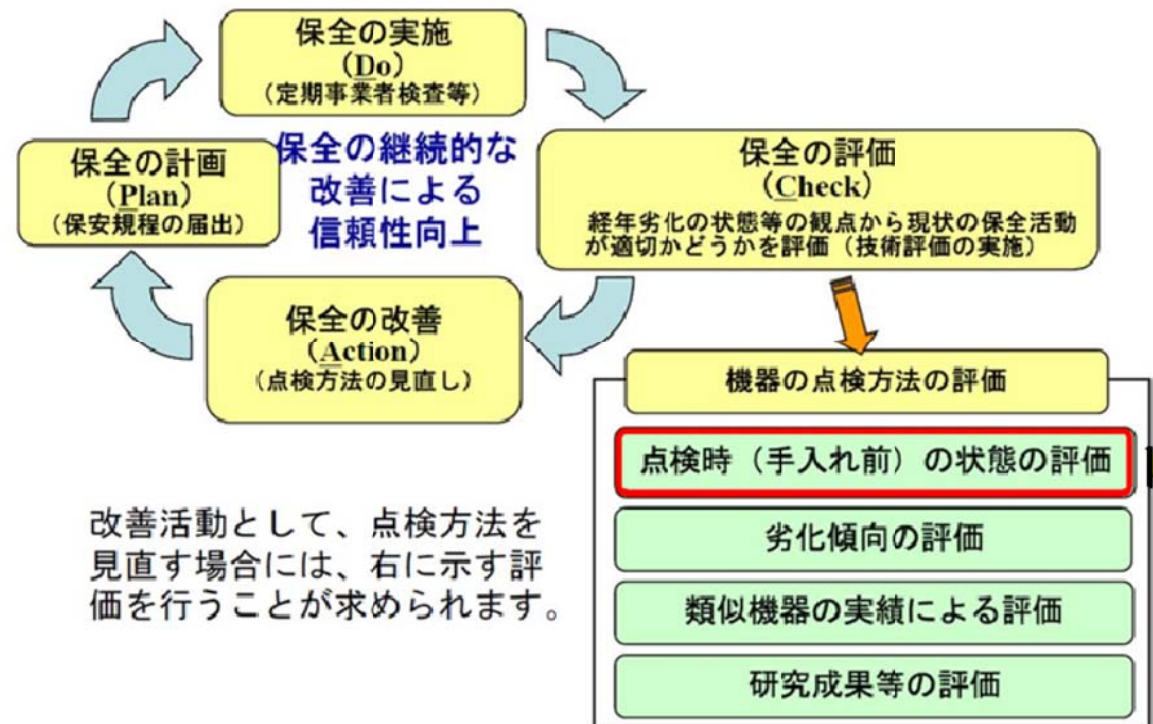
○屋外基礎ボルトの腐食など、塗装のない大気接触部は腐食することを否定できないが、60年時点の腐食は機器の健全性に影響を及ぼすものではないことを確認しているもの。

例)【屋外基礎ボルト】大気接触部の腐食(塗装なし部)(全面腐食)

保全の有効性評価

保全活動から得られた情報等から、保全の有効性を評価し、保全が有効に機能していることを確認すると共に、右図のようなサイクルにて保全の継続的な改善による保全の信頼性の向上に取り組んでいる。

なお、日常的な保守管理が有効に機能したかという評価の手法として、プラントレベルおよびシステムレベルの保全活動管理指標を設定、監視しており、至近(第26保全サイクル)における実績は以下の通りである。



○プラントレベルの保全活動管理指標

プラント全体の保全の有効性が確保されていることを監視する観点から、プラントレベルの保全活動管理指標として設定した「7000臨界時間あたりの計画外自動スクラム回数」、「7000臨界時間あたりの計画外出力変動回数」および「工学的安全施設の計画外作動回数」について、すべて実績値が目標値を満足していることから、保全は有効に機能していると評価した。

○システムレベルの保全活動管理指標

より直接的に原子炉施設の安全性と保全活動を関連付け監視する観点から、システムレベルの保全活動管理指標として、保全重要度の高いシステム^{注1)}のうち、重要度分類指針クラス1、クラス2およびリスク重要度の高いシステム機能に対して設定した「予防可能故障(MPFF^{注2)})回数」および「非待機(UA)時間^{注3)}」について、すべて実績値が目標値を満足していることから、保全は有効に機能していると評価した。

注1: 原子炉施設の安全性を確保するため重要度分類指針の重要度に基づき、PSA(確率論的リスク評価)から得られるリスク情報を考慮して設定する。

注2: MPFF(Maintenance Preventable Function Failure)。システムもしくは、トレインに要求される機能の喪失を引き起こすような機器の故障のうち、適切な保全が行われていれば予防できていた可能性のある故障。

注3: UA時間(Unavailability Hours)。当該システムもしくはトレインに要求される機能が必要とされる期間内において理由によらずその機能を喪失した状態になっている時間。

力量管理

○力量管理について

(1)目的

「教育・訓練通達」、「教育・訓練要綱」及び「高経年化対策実施手順書」に基づき、原子力安全の達成に影響がある業務に従事する要員に必要な力量を明確にし、適切な教育・訓練、技能及び経験を判断の根拠として力量があることを明確化するとともに、必要な力量が不足している場合には、その必要な力量に到達することができるように教育・訓練を行い、その実施結果の有効性を評価することを目的とする。

(2)力量の明確化

高経年対策グループチーフマネジャー及び土木建築設備グループチーフマネジャー(以下、「評価担当グループチーフマネジャー」という。)は、各グループの業務を遂行するために必要な力量を定める。

⇒劣化状況評価の実施に係る力量の例

- ・品質マネジメントシステムに関する知識、関係法令の適合性確認に関するスキル、高経年対策に係る規格に関する知識、電気計装設備／機械設備に特化した専門知識

(3)力量評価

評価担当グループチーフマネジャーは、グループ員の個人別業務経験等を参考に、「知識・技能・経験」を総合的に判断し、力量の評価を行う。

(4)力量評価記録の管理

評価担当グループチーフマネジャーが実施した力量評価記録については、その写しを原子力企画グループチーフマネジャーに提出した上で、原本は評価担当グループチーフマネジャーが管理する。

(5)必要な力量に到達させるための教育訓練または他の処置

評価担当グループチーフマネジャーは、力量の評価の結果、グループ員の必要な力量が不足している場合には、その必要な力量に到達することができるようにOJTを主体とする教育訓練(社内外研修・検討会への参加など含む)を行う。

(6)力量評価の実施時期

原則として毎年4月に1回実施する。また、新規配属者があった場合などには、都度、評価を行う。

協力事業者の管理

○協力事業者の管理について

「原子力部門における調達管理通達」、「原子力事業本部他業務委託取扱要綱」に基づき、劣化状況評価に係る委託を行った協力事業者(関電プラント株式会社、株式会社原子力エンジニアリング、三菱重工業株式会社及び三菱電機株式会社)の管理を実施。

(1) 協力事業者の評価

製品または役務の調達にあたって、協力事業者が当社の要求事項に対して必要な技術力等があるか評価する。なお、業務委託完了時にも協力事業者評価を行い、次回委託実施時の評価の情報としている。

⇒調達前に実施する技術力等の評価実績(例)

- ・関電プラント株式会社 平成22年3月18日
- ・株式会社原子力エンジニアリング 平成24年10月22日
- ・三菱重工業株式会社 平成23年7月19日
- ・三菱電機株式会社 平成23年6月14日

(2) 調達文書の作成

協力事業者が行うべき業務の要求事項を明確にした契約書(仕様書等を含む)を作成し、協力事業者へ提示。

(3) 品質保証体制等の確認

協力事業者に対しては、品質監査や品質保証計画書により、品質保証体制等に問題の無いことを確認。

(4) 調達製品の検証

- ・調達要求事項に従って、協力事業者から文書等を提出させ、仕様書を満足していることを審査。
- ・必要に応じ、契約内容に基づいて、業務委託の履行状況を把握するものとしている。

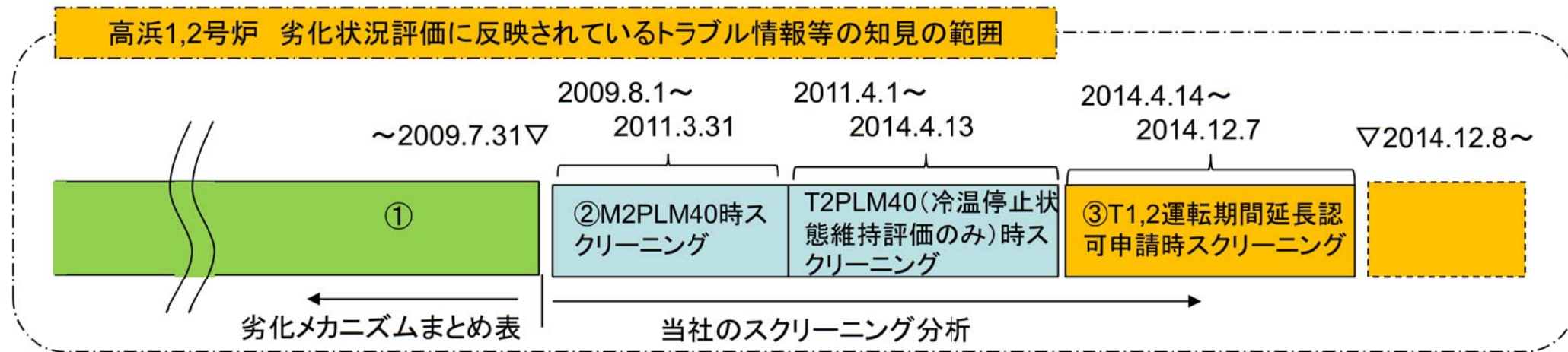
運転経験のスクリーニング

1. スクリーニング期間の設定

高浜1,2号炉 運転期間延長認可申請期間の開始日の4ヶ月前までをスクリーニング期間と定めた。

2. 高浜1,2号炉 劣化状況評価に反映されているトラブル情報等

- ① ~2009.7.31のトラブル情報等(美浜1号炉40年目PLM評価時までの知見)
劣化メカニズムまとめ表に整理されており、このまとめ表を活用
- ② 2009.8.1~2014.4.13のトラブル情報等(美浜2号炉40年目PLM評価時~高浜2号炉40年目PLM評価時の知見)
美浜2号炉40年目評価時~高浜2号炉40年目PLM評価(冷温停止維持評価のみ)時にスクリーニング済みであり、この知見を活用
- ③ 2014.4.14~2014.12.7のトラブル情報等(高浜2号炉40年目PLM評価(冷温停止維持評価のみ)時以降の知見)
高浜1,2号炉 劣化状況評価のため新規にスクリーニングを実施



トラブル情報等による知見については、高浜1,2号炉のスクリーニング期間中のものは③のスクリーニング結果から評価に反映している。また、同スクリーニング期間以前のもは①及び②を活用することで同じく1,2号炉の評価に反映している。なお、③でスクリーニング対象とした国内外の情報件数は31件うち経年劣化に起因する案件1件、新たに評価書に反映が必要な案件は0件であった。

3. 2014.12.8~のトラブル情報等(高浜1,2号炉 劣化状況評価時のスクリーニング期間以降の知見)

高浜1,2号炉のスクリーニング期間以降の知見は、劣化状況評価に反映が必要なものについては、適宜、審査会合等で説明の上、評価書に反映する。

高浜1号炉 保守管理に関する方針

現状の保全項目に追加すべき新たな保全策(追加保全策)について、具体的な実施内容、実施方法及び実施時期を保守管理に関する方針として下記の通りとりまとめた。

高浜1号炉 保守管理に関する方針

No.	保守管理に関する方針	実施時期※1
1	原子炉容器の胴部(炉心領域部)の中性子照射脆化については、原子炉の運転時間及び照射量を勘案し、適切な時期に第5回監視試験を実施する。	中長期
2	三重同軸型電気ペネトレーションのポッティング材及び外部リードの絶縁低下については、実機同等品による再評価または取替を実施する。	短期
3	配管の腐食(流れ加速型腐食)については、肉厚測定による実測データに基づき耐震安全性評価を実施した炭素鋼配管*については、耐震性が確認できた板厚に到達するまでに、サポート改造等の設備対策を行い、これを反映した耐震安全性評価を実施する。なお、サポート改造等の設備対策が完了するまでは、減肉傾向の把握及びデータ蓄積を継続して行い、減肉進展の実測データを反映した耐震安全性評価を実施する。 *:第4抽気系統配管、グランド蒸気系統配管、復水系統配管、ドレン系統配管	短期

※1 :実施時期における、平成26年11月14日からの5年間を「短期」、平成26年11月14日からの10年間を「中長期」、平成26年11月14日からの20年間を「長期」とする。

高浜2号炉 保守管理に関する方針

現状の保全項目に追加すべき新たな保全策(追加保全策)について、具体的な実施内容、実施方法及び実施時期を保守管理に関する方針として下記の通りとりまとめた。

高浜2号炉 保守管理に関する方針

No.	保守管理に関する方針	実施時期※1
1	原子炉容器の胴部(炉心領域部)の中性子照射脆化については、原子炉の運転時間及び照射量を勘案し、適切な時期に第5回監視試験を実施する。	中長期
2	三重同軸型電気ペネトレーションのポッティング材及び外部リードの絶縁低下については、実機同等品による再評価または取替を実施する。	短期
3	配管の腐食(流れ加速型腐食)については、肉厚測定による実測データに基づき耐震安全性評価を実施した炭素鋼配管*については、耐震性が確認できた板厚に到達するまでに、サポート改造等の設備対策を行い、これを反映した耐震安全性評価を実施する。なお、サポート改造等の設備対策が完了するまでは、減肉傾向の把握及びデータ蓄積を継続して行い、減肉進展の実測データを反映した耐震安全性評価を実施する。 *:第4抽気系統配管、グランド蒸気系統配管、復水系統配管、ドレン系統配管	短期

※1 :実施時期における、平成27年11月14日からの5年間を「短期」、平成27年11月14日からの10年間を「中長期」、平成27年11月14日からの20年間を「長期」とする。