

東海第二発電所 審査資料	
資料番号	TKK補-I 改4
提出年月日	平成30年2月8日

東海第二発電所 運転期間延長認可申請
(共通事項)

補足説明資料

平成30年2月8日
日本原子力発電株式会社

目次

1. はじめに	1
2. 特別点検及び劣化状況評価に係る実施体制及び業務手順	2
2.1 運転期間延長認可申請に係る全体業務手順	2
2.2 特別点検の実施体制及び実施手順	5
2.3 劣化状況評価の実施体制及び実施手順	12
2.4 劣化状況評価で追加する評価	31
2.5 冷温停止を前提とした評価	33
2.6 震災影響評価	36
2.7 保全管理活動	36

別紙 1. ～2.

別紙 1. 日常劣化事象（△）のすべての対象機器を事象毎に分類し，劣化事象を考慮した劣化傾向監視等，劣化管理の考え方，検査方式，検査間隔，検査方法及び検査実績	41
別紙 2. 日常劣化管理事象以外の事象（▲）のすべての対象機器を事象毎に分類し，すべての機器について運転経験，使用条件，材料試験データ及び進展傾向が極めて小さいと判断した理由	42

添付. 計算機プログラム（解析コード）の概要	43
------------------------	----

1. はじめに

本資料は、東海第二発電所の運転期間延長認可申請の共通事項の補足として、特別点検及び劣化状況評価に係る実施体制及び業務手順、劣化状況評価に追加する評価並びに冷温停止を前提とした評価について取りまとめたものである。

東海第二発電所においては、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（以下、「原子炉等規制法」という）第 43 条の 3 の 32 第 4 項」及び「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則（以下、「実用炉規則」という）」第 113 条に従い、「申請に至るまでの間の運転に伴い生じた原子炉その他の設備の劣化の状況の把握のための点検（以下、「特別点検」という）」及び「延長しようとする期間における運転に伴い生ずる原子炉その他の設備の劣化の状況に関する技術的な評価（以下、「劣化状況評価」といい、劣化状況評価で追加する評価、冷温停止を前提とした評価を含む）」を実施すると共に、「延長しようとする期間における原子炉その他の設備についての保守管理に関する方針（以下、「保守管理に関する方針」という）」を策定し、それらを取りまとめたものを、平成 29 年 11 月 24 日に「東海第二発電所 運転期間延長認可申請書」として申請を実施した。

また、業務フローに応じた品質マネジメントシステムに係る文書の一覧は以下のとおり。

管理番号	規程名称	業務フロー 番号	文書レベル	劣化状況評価 (高経年化 技術評価)	特別 点検	保全 管理
—	—	東海第二発電所原子炉施設保安 規定	①～⑯ (全般)	一次文書	○	○
QM 共通	4-2	品質保証規程	①～⑯ (全般)	一次文書	○	○
QM 共通 :	4-1-2	品質管理要項	①～⑯ (全般)	二次文書	○	○
QM 共通	7-2-4	官庁定期報告書作成及び官庁対 応業務要項	②, ⑤	二次文書	○	—
QM 東Ⅱ :	7-1-1	保守管理業務要項	②, ③, ⑤, ⑧	二次文書	○	○
QM 東Ⅱ :	7-1-1-7	工事要領書作成手順書	⑧	三次文書	△	○
QM 東Ⅱ :	7-1-1-16	状態監視手順書	⑧	三次文書	△	—
QM 東Ⅱ :	7-1-1-17	ディーゼル機関診断手順書	⑧	三次文書	△	—
QM 東Ⅱ :	7-1-1-20	巡視点検実施取扱書	⑧	三次文書	△	—
QM 東Ⅱ :	7-1-1-26	配管肉厚管理マニュアル	⑧	三次文書	△	—
QM 東Ⅱ :	7-1-1-51	回転機械振動診断手順書	⑧	三次文書	△	—
QM 東Ⅱ :	7-1-1-52	赤外線サーモグラフィ診断手 順書	⑧	三次文書	△	—
QM 東Ⅱ :	7-1-1-53	潤滑油診断手順書	⑧	三次文書	△	—
QM 東Ⅱ :	7-1-1-54	電動弁診断手順書	⑧	三次文書	△	—
QM 東Ⅱ :	7-1-1-55	保全計画検討・策定マニュアル	⑧	三次文書	△	—
QM 東Ⅱ :	7-1-1-57	保全活動管理指標設定・監視業 務手順書	⑧	三次文書	△	—
QM 東Ⅱ :	7-1-1-58	保全活動管理指標運用検討業務 要領	⑧	三次文書	△	—
QM 東Ⅱ :	7-1-1-59	保守管理の有効性評価記録作成 手順書	⑧	三次文書	△	—
QM 東Ⅱ :	7-1-1-60	高経年化対策実施手順書	①～⑯ (全般)	三次文書	○	○

○：業務に直接関連する項目，△：業務に間接的に関連する項目，—：該当なし

管理番号		規程名称	業務フロー 番号	文書レベル	劣化状況評価 (高経年化 技術評価)	特別 点検	保全 管理
QM 東Ⅱ :	7-1-1-61	R & A委員会運用手引書	⑩	三次文書	○	—	—
QM 東Ⅱ :	7-1-1-63	敦賀発電所による高経年化対 策レビュー取扱書	⑪	三次文書	○	—	—
QM 東Ⅱ :	7-1-1-64	保全の有効性評価実施要領	⑧	三次文書	○	—	○
QM 東Ⅱ :	7-1-1-66	供用期間中検査管理手引書	⑧	三次文書	△	—	○
QM 東Ⅱ :	7-1-1-69	特別な保全計画作成手引書	⑧	三次文書	△	—	○
QM 東Ⅱ :	6-3-1-1	点検計画作成手引書	⑭	三次文書	△	—	○
QM 共通 :	6-2-1	力量設定管理要項	⑤, ⑧	二次文書	○	○	○
QM 東Ⅱ :	6-2-1-3	力量運用要領	⑤, ⑧	三次文書	○	○	○
QM 東Ⅱ :	6-2-1-14	保修室員教育取扱書	⑤, ⑧	三次文書	○	○	○
QM 共通 :	7-2-3	原子炉施設保安委員会及び原 子炉施設保安運営委員会要項	①, ⑥, ⑫	二次文書	○	○	○
QM 東Ⅱ :	7-2-3-1	原子炉施設保安運営委員会運 営要領	①, ⑥, ⑫	三次文書	○	○	○
QM 共通 :	7-4-1	調達管理要項	⑤, ⑧	二次文書	○	○	○
QM 共通 :	4-2-1	文書取扱要項	①~⑯ (全般)	二次文書	○	○	○
QM 東Ⅱ :	4-2-1-1	文書管理要領	①~⑯ (全般)	三次文書	○	○	○
QM 共通 :	4-2-2	品質記録管理要項	①~⑯ (全般)	二次文書	○	○	○
QM 東Ⅱ :	4-2-2-3	保安に関する記録等の取扱手 引書	①~⑯ (全般)	三次文書	○	○	○
QM 共通 :	8-2-1	内部監査要項	⑬	二次文書	○	○	○
QM 東Ⅱ :	8-2-1-1	内部監査員認定要領	⑬	三次文書	○	○	○
QM 共通 :	7-3-1	設計管理要項	⑤, ⑧	二次文書	△	○	○
QM 東Ⅱ :	7-3-1-2	工事等に係る技術検討会運営 手引書	⑧	三次文書	○	—	○
QM 共通 :	8-2-3	試験・検査管理要項	⑤	二次文書	—	○	○
QM 東Ⅱ :	8-2-3-4	定期事業者検査実施手引書	⑤	三次文書	—	○	○
QM 共通 :	8-3-1	不適合管理要項	⑧	二次文書	○	○	○
QM 東Ⅱ :	8-5-1-2	トラブル検討会運営手引書	⑧	三次文書	○	—	○

○：業務に直接関連する項目，△：業務に間接的に関連する項目，—：該当なし

2.2 特別点検の実施体制及び実施手順

特別点検に関する業務は、東海第二発電所の保安活動と同様「東海第二発電所原子炉施設保安規定」第3条 品質保証計画のもと、当社の品質マネジメントシステムに基づき以下のとおり適切に実施した。

(1) 点検計画

東海第二発電所 保守室保守総括グループマネージャーは、「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」第113条及び「実用発電用原子炉の運転期間延長認可申請に係る運用ガイド」（以下、「運用ガイド」という。）に基づく特別点検の実施に関する基本方針を策定し、東海第二発電所 保守室機械グループマネージャーに点検計画の詳細検討を依頼した。

東海第二発電所 保守室機械グループマネージャーは、「特別点検要領書」の制定により点検計画を策定した。

(2) 点検の実施、点検結果の確認

東海第二発電所 保守室機械グループマネージャーは、記録確認により調達先による自主点検*が適切に行われたことを確認した。調達先が作成した点検記録は、特別点検要領書に基づき、記録確認を行い、「特別点検結果報告書」としてまとめた上で、東海第二発電所 保守室機械グループマネージャーが承認した。

東海第二発電所 保守室機械グループマネージャーは、特別点検結果報告書を原子炉施設保安運営委員会に付議したのち、東海第二発電所 保守室保守総括マネージャー及び運営管理室プラント管理グループマネージャーに通知した。

※ 自主点検については、東海第二発電所 保守室機械グループマネージャーが調達を行った。点検対象の部位、方法毎に調達先、工事件名を表1に示す。

なお、これらの調達先については、「調達管理要項」に基づき東海第二発電所 保守室機械グループマネージャーが調達文書を作成し、重要設備取引先として登録されている発注先候補会社へ発注される。東海第二発電所 保守室機械グループマネージャーは、調達先から提出される品質保証計画書を確認している。

また、これらの調達先は、保守管理業務要項、調達管理要項等に基づき、品質保証計画書の確認等により適切に管理された。

調達先は、調達文書の要求事項を満足するよう工事要領書を保守室 機械グループマネージャーに提出し、事前に確認を得た上で点検を行った。

また、東海第二発電所 保守室機械グループマネージャーは、保守管理業務要項等に基づき、調達要求事項が調達先より適切に履行されるよう、工事要領書に従った立会・記録確認により調達先による点検工事の監理を行った。

(3) 力量の確認

東海第二発電所 保守室機械グループマネージャーは、特別点検に関わる当社社員については、「定期事業者検査実施手引書」に定める事業者検査員の要件を満たす者であることを確認した。また、調達先が実施した自主点検について、非破壊試験等を行う試験員が表2に示す力量を有することを確認した。

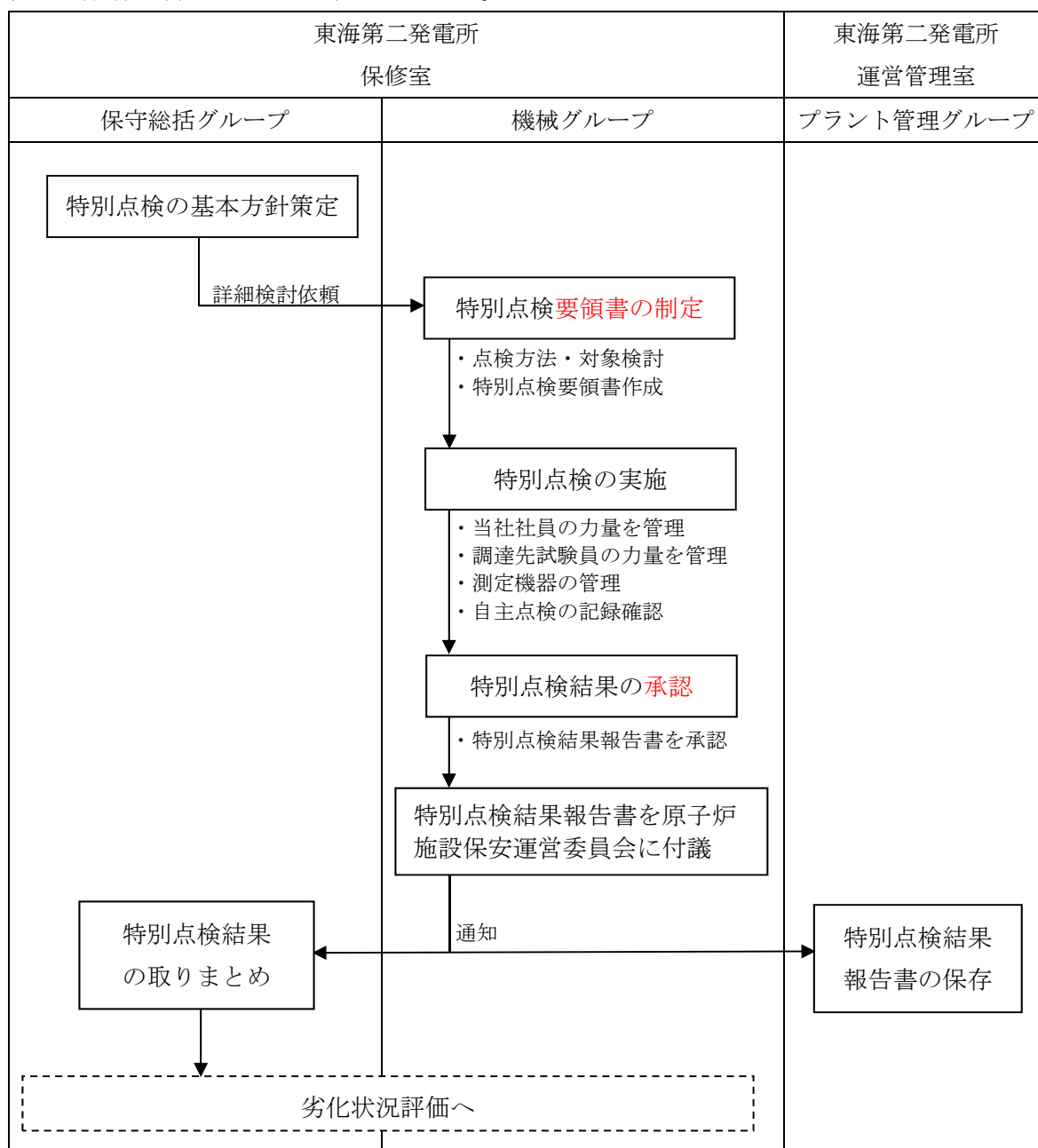
(4) 測定機器の管理

東海第二発電所 保守室機械グループマネージャーは、調達先が実施した自主点検について、使用された測定機器が定期事業者検査実施手引書に基づき、国際または国家標準にトレーサブルな計量標準に照らして校正が行われていることをトレーサビリティ証明書等により確認した。

(5) 文書・記録管理

特別点検結果報告書については、東海第二発電所 運営管理室プラント管理グループマネージャーが保存している。

以上の業務手順のフロー図は以下のとおり。



また、それぞれの業務プロセス、所管箇所、業務内容、関連文書・記録については以下のとおり。

業務プロセス	所管箇所	業務内容	関連文書・記録
点検計画	保守総括グループ	高経年化対策実施手引書に基づき特別点検の基本方針を策定し、技術連絡票により機械グループへ点検計画の詳細検討を依頼。	高経年化対策実施手引書 東海第二発電所 特別点検の基本方針 技術連絡票
	機械グループ	特別点検の基本方針に基づき特別点検要領書を制定。	特別点検要領書
点検の実施	機械グループ	自主点検において使用された測定機器が定期事業者検査実施手引書に基づき適切に管理がされていることを確認。 特別点検要領書により自主点検の記録確認を実施。	定期事業者検査実施手引書 特別点検要領書 工事報告書
点検結果の確認	機械グループ	自主点検の記録確認結果を特別点検結果報告書としてまとめ、マネージャーが承認し、原子炉施設保安運営委員会に付議したのち、技術連絡票により保守総括グループ及びプラント管理グループへ通知。	特別点検結果報告書 原子炉施設保安運営委員会資料 技術連絡票
	保守総括グループ	通知を受けた特別点検結果報告書を確認し、劣化状況評価書への反映を検討。	特別点検結果報告書
力量の確認	機械グループ	特別点検に係る当社社員について定期事業者検査実施手引書に定める事業者検査員の要件を満たすものであることを確認。 自主点検において非破壊試験等を行った試験員が必要な力量を有するものであることを確認。	定期事業者検査実施手引書 特別点検に係る要員認定表 力量評価書
文書・記録管理	プラント管理グループ	通知を受けた特別点検結果報告書を保存。	特別点検結果報告書

表 1. 自主点検の調達先と工事件名

対象の機器・構造物	対象の部位	点検方法	調達先, 工事件名
原子炉圧力容器	母材及び溶接部(ジェットポンプライザーブレースアーム溶接部を含む。)(蒸気乾燥器, 気水分離器, ジェットポンプビーム及びインレットミキサーを取り外した状態で点検可能な炉心領域の全て)	超音波探傷試験	<ul style="list-style-type: none"> ・GE 日立・ニュークリアエナジー・インターナショナル・エルエルシ 【原子炉圧力容器点検工事(平成26年度, 平成27年度)】 データ採取日: 平成26年10月～平成26年12月 平成28年1月～平成28年3月 ・日立 GE ニュークリア・エナジー(株) 【ジェットポンプライザーブレースアーム溶接部点検工事(平成27年度)】 データ採取日: 平成27年6月～平成27年7月
	給水ノズルコーナー部(最も疲労損傷係数が高い部位)	渦電流探傷試験	<ul style="list-style-type: none"> 日立 GE ニュークリア・エナジー(株) 【給水ノズルコーナー部点検工事(2015年度)】 データ採取日: 平成27年7月～平成27年9月
	制御棒駆動機構(CRD)スタブチューブ(全数), CRDハウジング(全数), 中性子束計測ハウジング(ICM)(全数)及び差圧検出・ほう酸水注入ノズル	渦電流探傷試験	<ul style="list-style-type: none"> GE 日立・ニュークリアエナジー・インターナショナル・エルエルシ 【制御棒駆動機構スタブチューブ等点検工事(平成26年度)】 データ採取日: 平成26年9月～平成27年1月
		目視試験(MVT-1)	<ul style="list-style-type: none"> GE 日立・ニュークリアエナジー・インターナショナル・エルエルシ 【制御棒駆動機構スタブチューブ等点検工事(平成25年度, 平成26年度)】 データ採取日: 平成26年2月～平成27年1月
	ドレンノズル	目視試験(VT-1)	<ul style="list-style-type: none"> GE 日立・ニュークリアエナジー・インターナショナル・エルエルシ 【制御棒駆動機構スタブチューブ等点検工事(平成26年度)】 データ採取日: 平成27年1月
	基礎ボルト(全数)	超音波探傷試験	<ul style="list-style-type: none"> 日立 GE ニュークリア・エナジー(株) 【原子炉格納容器内面他点検工事(平成25年度)】 データ採取日: 平成26年2月

対象の機器・構造物	対象の部位	点検方法	調達先, 工事件名
原子炉格納容器	原子炉格納容器 (圧力抑制室を含む。) 鋼板 (接近できる点検可能範囲の全て)	目視試験 (VT-4)	<ul style="list-style-type: none"> ・日立 GE ニュークリア・エナジー (株) 【原子炉格納容器点検工事 (その1) (平成 29 年度)】 データ採取日: 平成 29 年 9 月～平成 29 年 10 月 ・(株)東京エネシス 【原子炉格納容器点検工事 (その2) (平成 29 年度)】 データ採取日: 平成 29 年 9 月 ・GE 日立・ニュークリアエナジー・インターナショナル・エルエルシ 【原子炉格納容器内面点検工事 (平成 26 年度)】 データ採取日: 平成 26 年 9 月～平成 26 年 10 月
コンクリート構造物※	コンクリート	採取したコアサンプル等による強度, 遮蔽能力, 中性化, 塩分浸透及びアルカリ骨材反応の確認	<ul style="list-style-type: none"> 清水建設(株) 【コンクリート構造物のコアサンプリング (平成 26 年度～平成 29 年度)】 データ採取日: 平成 26 年 12 月～平成 29 年 9 月

※安全機能を有するコンクリート構造物並びに安全機能を有する系統及び機器を支持するコンクリート構造物並びに常設重大事故等対処設備に属するコンクリート構造物及び常設重大事故等対処設備に属する機器を支持するコンクリート構造物

表 2. 試験員の力量

対象の機器 ・構造物	対象の部位	点検方法	試験員の力量
原子炉圧力 容器	母材及び溶接部(ジェットポンプライザーブレースアーム溶接部を含む。)(蒸気乾燥器, 気水分離器, ジェットポンプビーム及びインレットミキサーを取り外した状態で点検可能な炉心領域の全て)	超音波探傷試験	下記の規格・基準のいずれかに従って所定の認定機関によりレベル2もしくはレベル1と認定された者, またはこれらと同等以上の技術レベルを有する者 ・日本非破壊検査協会 NDIS0601:2000 「非破壊検査技術者技量認定規程」 ・日本工業規格 JIS Z 2305-2001 「非破壊試験-技術者の資格及び認証」 ・AMERICAN SOCIETY FOR NONDESTRUCTIVE TESTING SNT-TC-1A
	給水ノズルコーナー部(最も疲労損傷係数が高い部位)	渦電流探傷試験	日本工業規格 JIS Z 2305-2001 「非破壊試験-技術者の資格及び認証」によって認証された ET レベル 2 以上の有資格者, 又はこれらと同等以上の技術レベルを有する者
	制御棒駆動機構(CRD)スタブチューブ(全数), CRDハウジング(全数), 中性子束計測ハウジング(ICM)(全数)及び差圧検出・ほう酸水注入ノズル	渦電流探傷試験	日本工業規格 JIS Z 2305-2001 「非破壊試験-技術者の資格及び認証」によって認証された ET レベル 2 以上の有資格者, 又はこれらと同等以上の技術レベルを有する者
		目視試験(MVT-1)	日本工業規格 JIS Z 2305-2001 「非破壊試験-技術者の資格及び認証」における 6.2.3 項 視力の要求事項を満足する者
	ドレンノズル	目視試験(VT-1)	日本工業規格 JIS Z 2305-2001 「非破壊試験-技術者の資格及び認証」における 6.2.3 項 視力の要求事項を満足する者
	基礎ボルト(全数)	超音波探傷試験	下記の規格・基準に従って所定の認定機関によりレベル2もしくはレベル1と認定された者, またはこれらと同等以上の技術レベルを有する者 ・日本非破壊検査協会 NDIS0601:2000 「非破壊検査技術者技量認定規程」 ・日本工業規格 JIS Z 2305-2001 「非破壊試験-技術者の資格及び認証」

対象の機器・構造物	対象の部位	点検方法	試験員の力量
原子炉格納容器	原子炉格納容器(圧力抑制室を含む。)鋼板(接近できる点検可能範囲の全て)	目視試験(VT-4)	日本機械学会「発電用原子力設備規格設計・建設規格」(JSME S NC1-2005/2007)の第3章 非破壊試験の目視試験(GTN-8000)の一般要求事項中の試験技術者(GTN-8130)を満足する者
コンクリート構造物※	コンクリート	採取したコアサンプル等による強度, 遮蔽能力, 中性化, 塩分浸透及びアルカリ骨材反応の確認	建築士(1級建築士または2級建築士)技術士(建設部門または応用理学部門)施工管理技士(1級土木施工管理技士, 2級土木施工管理技士, 1級建築施工管理技士または2級建築施工管理技士) (公社)日本コンクリート工学会認定資格 コンクリート主任技士 コンクリート技士 コンクリート診断士 のうち, いずれかの資格を有する者

※安全機能を有するコンクリート構造物並びに安全機能を有する系統及び機器を支持するコンクリート構造物並びに常設重大事故等対処設備に属するコンクリート構造物及び常設重大事故等対処設備に属する機器を支持するコンクリート構造物

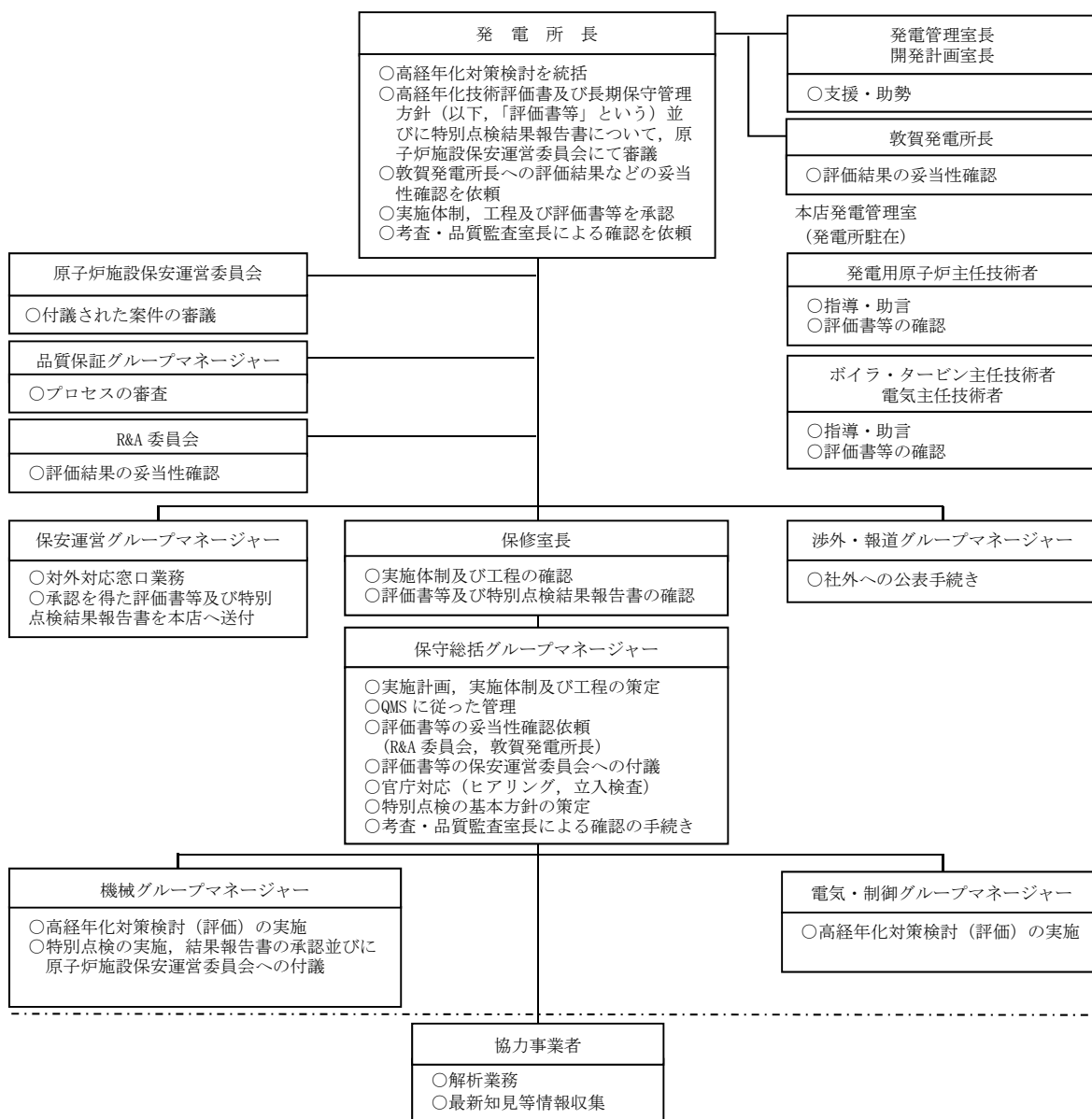
2.3 劣化状況評価の実施体制及び実施手順

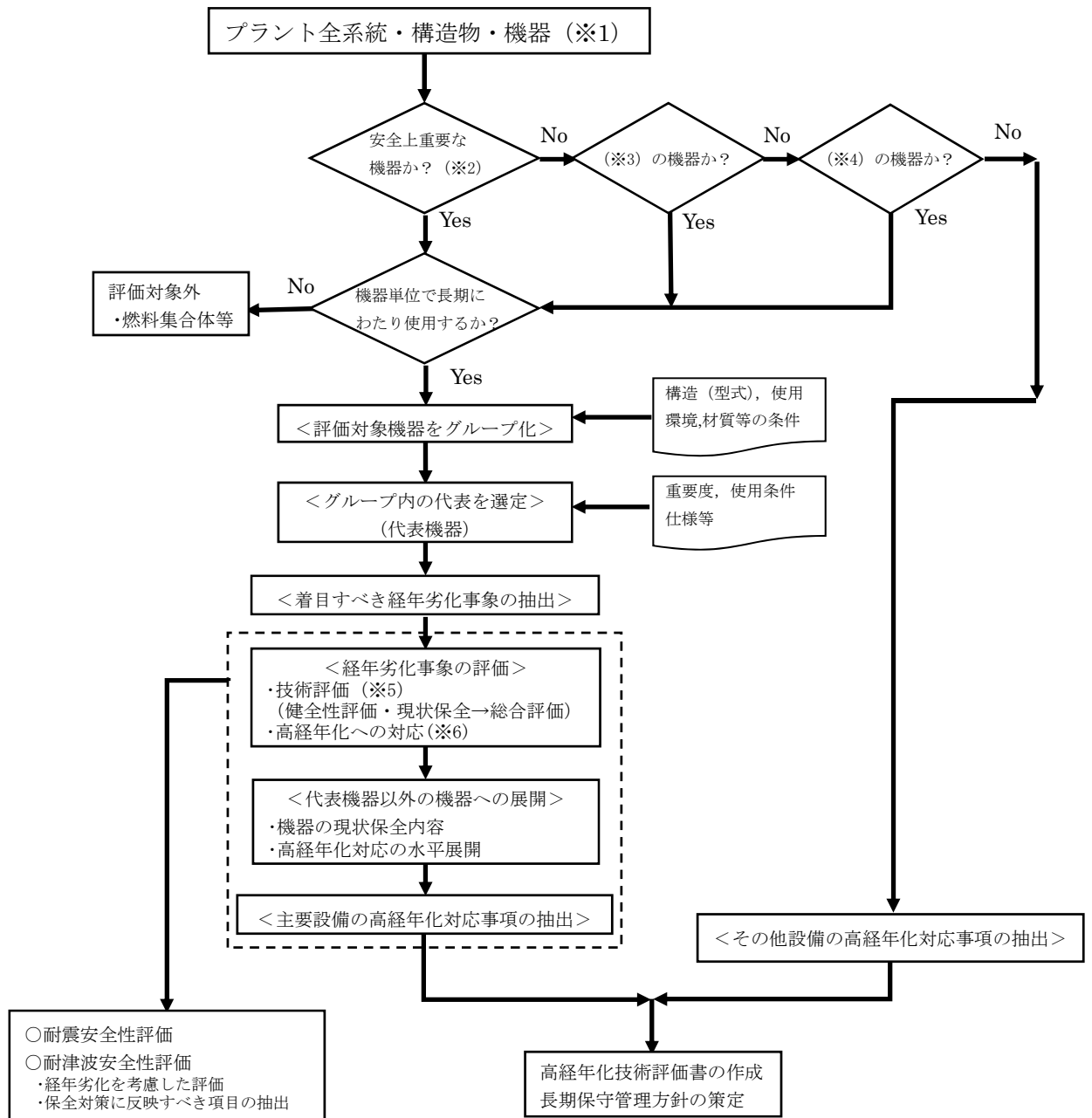
劣化状況評価については、社内の「高経年化対策実施手引書」にて明確にして実施しており、実施体制は以下のとおり。なお、劣化状況評価は高経年化技術評価と同じ内容であることから、高経年化技術評価と同様の QMS 体制に基づいて評価を実施した。このため、劣化状況評価は高経年化技術評価と同意とした。また、同様の理由で、保守管理に関する方針と長期保守管理方針も同意とした。

また、劣化状況評価で追加する評価、冷温停止を前提とした評価を除く劣化状況評価の流れは次頁のフローにて実施しており、具体的な説明については次々頁以降に記載する。

さらに、劣化状況評価で追加する評価については 2.4 項で、冷温停止を前提とした評価については 2.5 項で記載した。

東海第二発電所 高経年化対策実施体制表





- ※1：重要度分類指針で定義される機器（クラス 1, 2, 3），実用炉則で規定される浸水防護施設及び設置許可基準規則で規定される常設重大事故等対処設備。
- ※2：PS-1, 2 MS-1, 2。
- ※3：浸水防護施設及び常設重大事故等対処設備
- ※4：最高使用温度が 95℃を超え，又は最高使用圧力が 1,900kPa を超える機器で原子炉格納容器外にあるもの（冷温停止維持に必要な設備を含む）。
- ※5：系統レベルの機能確認を含む。
- ※6：高経年化対応としての保全のあり方，技術開発課題を検討する。

(1) 技術評価対象機器の抽出

- 1) 重要度分類指針^{※1}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。）並びに常設重大事故等対処設備^{※2}に属する機器・構造物とし、保全プログラムシステム、配管計装線図 (P&ID)、ケーブルリスト、工事計画認可申請書関連書類、技術連絡票を基に抽出する。

なお、機器単位で長期にわたり使用しないもの（「学会標準^{※3}2008 版」6.3.1 で除外対象としているもの）は、機器毎評価対象から除外。具体的には、使用により機器単位で消耗する燃料集合体等が該当する。

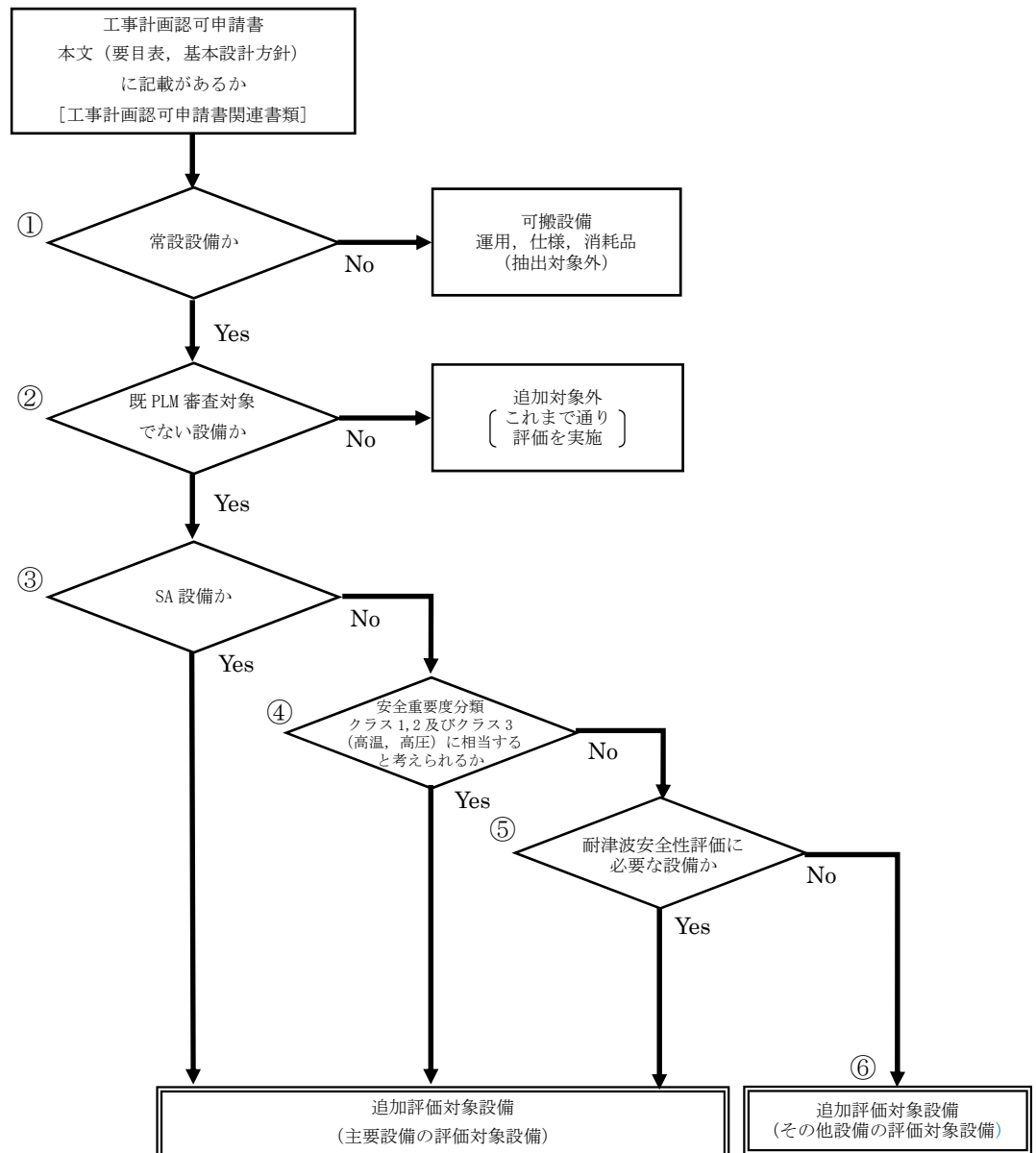
※1：「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針（平成 2 年 8 月 30 日原子力安全委員会決定）」

※2：「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」

※3：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。

2) 新規制基準適合性審査として新たに評価が必要な機器・構造物の抽出手法

新規制基準適合性審査として新たに評価が必要な設備の抽出として、工事計画認可申請を踏まえ、新たに劣化状況評価に追加する必要がある設備については、工事計画認可申請書本文（要目表、基本設計方針）に記載の全ての設備の中から、次頁のフロー図に基づき抽出する。なお、本フローにより抽出がされない設備についても配管計装線図を用い、抽出する。



【抽出手順】

- ① 常設設備を追加評価の対象とする。可搬設備については、劣化或不具合等が認められた場合、取替等による保全を行うものであるため、長期間の使用を考慮した劣化状況評価の対象外とする。
また、評価対象設備の抽出であるため、設備ではない記載(運用, 仕様, 消耗品)は対象外とする。
- ② 既審査対象でない設備を追加設備の対象とする。
上記①②で抽出された設備を追加評価の対象設備とし、以下に基づき主要設備の評価対象設備とその他設備の評価対象設備に分類する。
- ③ 重大事故等対処設備 (SA 設備) は評価書記載対象
- ④ ③以外の設備のうち、高経年化対策審査ガイドに従い、重要度分類指針における安全重要度クラス 1, 2 及びクラス 3 (高温, 高圧) に相当すると考えられる設備は、主要設備の評価書記載対象設備とする。
- ⑤ ④以外の設備のうち、耐津波安全性評価に必要な設備は主要設備の評価対象設備とする。
- ⑥ ⑤以外の設備は、その他設備の評価対象設備とする。

(2) 機器のグループ化・代表機器の選定

- 1) 抽出した機器を 15 機種^{※1}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）の「経年劣化メカニズムまとめ表」に基づき、対象機器を分類しグループ化。なお、最新知見として「学会標準 2015 版」附属書 A（規定）の「経年劣化メカニズムまとめ表」も反映している。
- 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。ただし、代表機器の評価結果をそのまま水平展開できない経年劣化事象については個別に評価を実施した。

※1：15 機種とはポンプ、熱交換器、ポンプモータ、容器、配管、弁、炉内構造物、ケーブル、送受電設備・発電設備、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、電源設備の 15 機種である。

なお、15 機種のうち送受電設備・発電設備については、主要設備の評価対象機器に抽出されなかった。

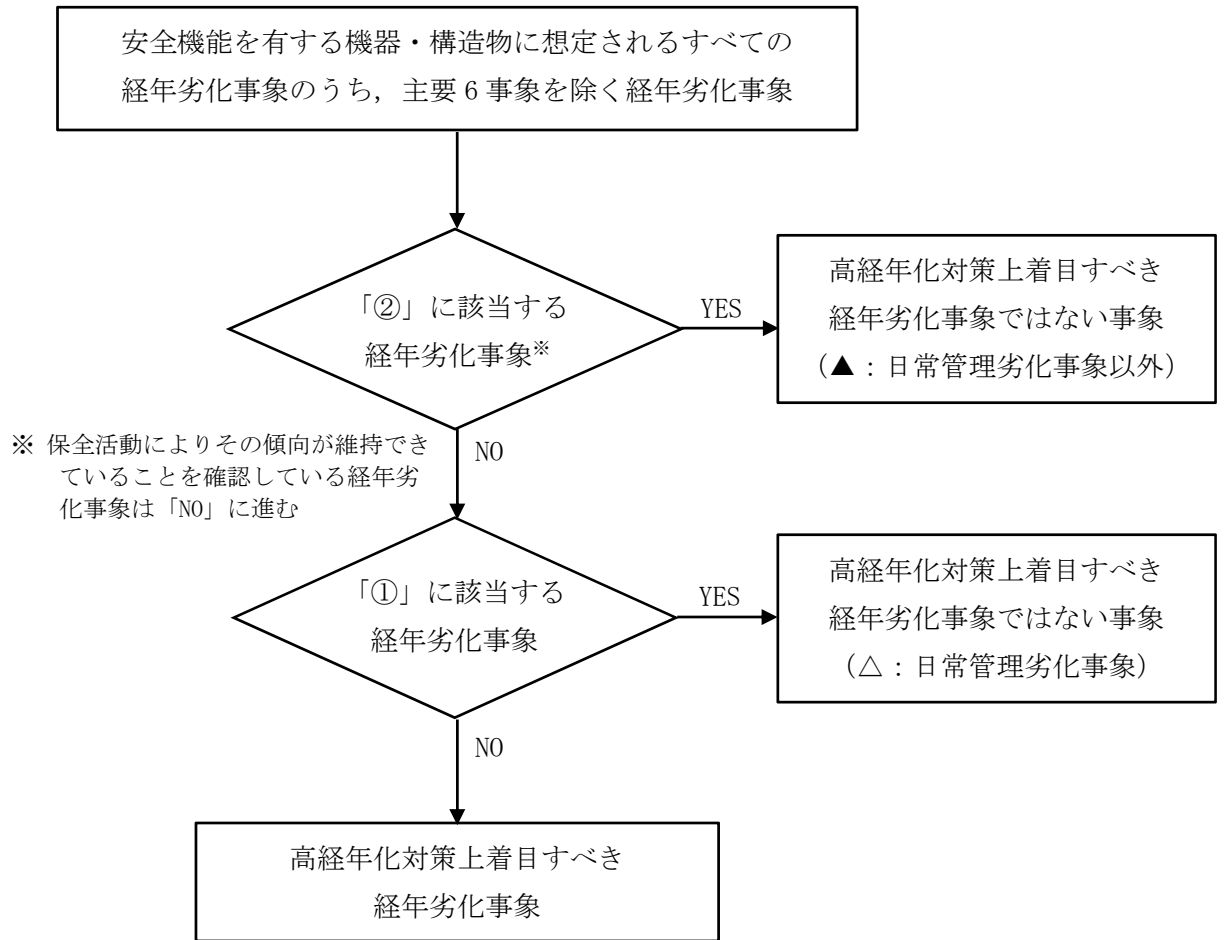
(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

- 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）の「経年劣化メカニズムまとめ表」に基づき、経年劣化事象と部位の組み合わせを抽出する。なお、最新知見として「学会標準 2015 版」附属書 A（規定）の「経年劣化メカニズムまとめ表」も反映している。
- 2) 主要 6 事象^{※1}については、原則、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（○事象）とし、それ以外の経年劣化事象のうち、下記①、②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整理。具体的な整理のフローは次頁のとおり。
 - ① 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^{※2}（△：日常劣化管理事象）
 - ② 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（▲：日常劣化管理事象以外）

※1：原子力規制委員会の「高経年化対策実施ガイド」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。

※2：②に該当する経年劣化事象であるものの、保全活動によりその傾向が維持できていることを確認しているものを含む

高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象の分類フロー



- ① 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。
(②に該当する経年劣化事象であるものの、保全活動によりその傾向が維持できていることを確認しているものを含む)
- ② 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。

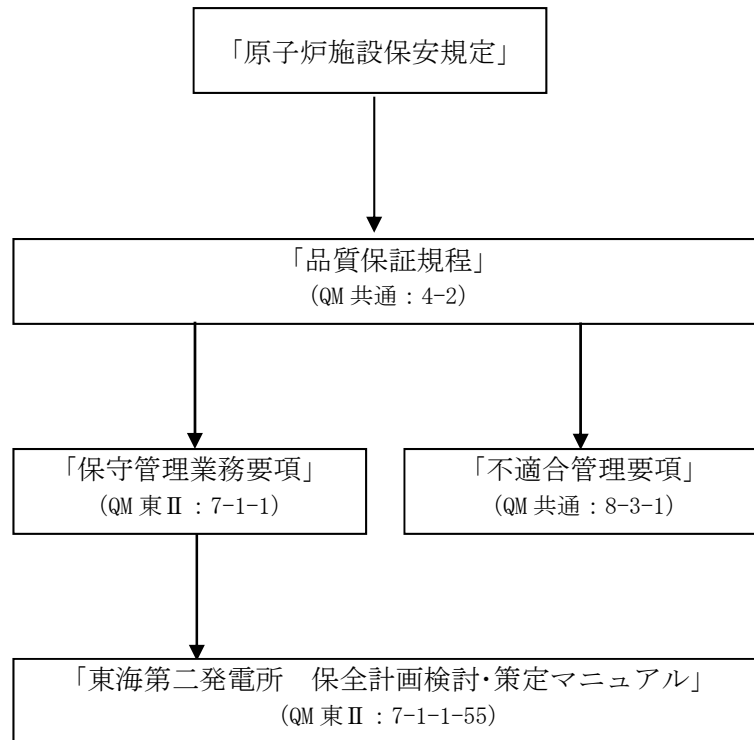
3) 日常劣化管理事象の保全管理に係る社内文書及び実施体制について

原子力発電所の保全では、系統・機器・構造物の経年劣化が徐々に進行して最終的に故障に至ることのないよう、定期的な検査や点検等により経年劣化の兆候を早期に検知し、必要な処置を行い、事故・故障を未然に防止している。

当社は、運転監視、巡視点検、定期的な検査及び点検により設備の健全性を確認し、経年劣化等の兆候が認められた場合には詳細な調査及び評価を行い、補修、取替等の保全を実施している。特に長期の使用によって発生する経年劣化事象については、点検により経年的な変化の傾向を把握し、故障に至る前に計画的な保全を実施している。

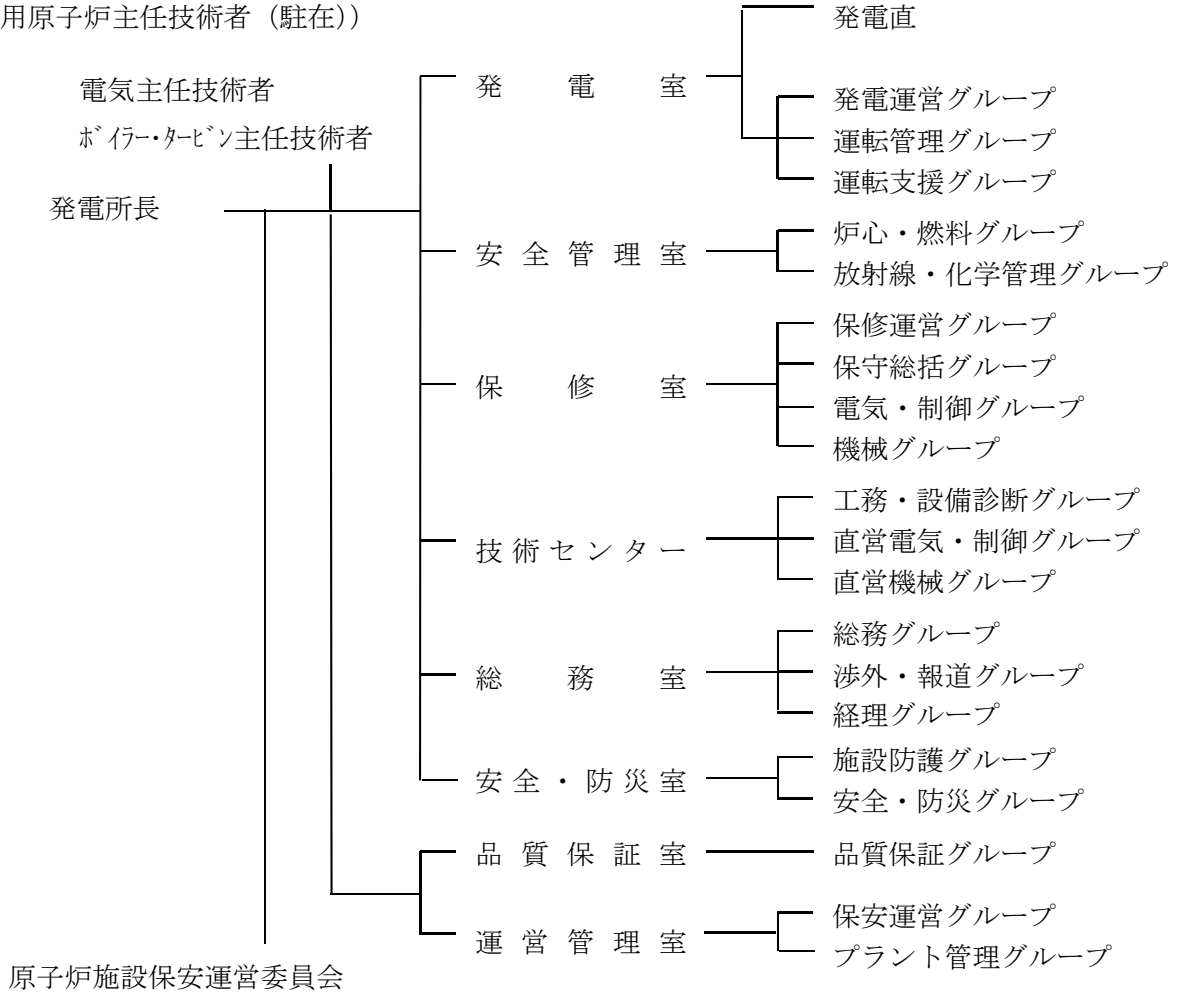
具体的には、国が技術的な妥当性を評価し、実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則 第 81 条第 1 項に掲げる保守管理に係る要求事項を満たすものとなった「原子力発電所の保守管理規程 (JEAC4209-2007)」に基づき、保安規定(第 107 条 保守管理計画)を定めている。

また、保安規定に従い、保守管理を含む保安活動に必要な手順を所定の手続きに従って作成される QMS 文書として定めており、保守管理に関する社内文書としては次頁の体系図に示すとおり策定している。また、次々頁の体制図に従い保守管理を実施している。



- ・「品質保証規程」(QM 共通：4-2)
 当社発電所の品質マネジメントシステムについて定めている。
- ・「保守管理業務要項」(QM 東Ⅱ：7-1-1)
 発電用原子炉施設の安全性，電力の供給信頼性を確保するために実施する保守管理の具体的事項について定めている。
- ・「不適合管理要項」(QM 共通：8-3-1)
 品質マネジメントシステムで検出された不適合の処理，是正処置及び予防処置に関する管理について定めている。
- ・「東海第二発電所 保全計画検討マニュアル」(QM 東Ⅱ：7-1-1-55)
 「保守管理業務要項」の規定のうち，保全計画の策定に関する手順について定めている。

(発電用原子炉主任技術者 (駐在))



「東海第二発電所 原子炉施設保安規定」第5条(保安に関する職務)より抜粋

- ・ 発電直は、原子炉施設の運転及び燃料取扱いに関する当直業務を行う。
- ・ 炉心・燃料グループは、燃料の管理（発電直所管業務を除く。）に関する業務を行う。
- ・ 保守総括グループは、原子炉施設の保守管理の総括に関する業務を行う。
- ・ 電気・制御グループは、原子炉施設のうち電気、計測制御関係設備の保守管理（工務・設備診断グループ及び直営電気・制御グループ所管業務を除く。）に関する業務を行う。
- ・ 機械グループは、原子炉施設のうち機械関係設備（建物、構築物を含む。）の保守管理（工務・設備診断グループ及び直営機械グループ所管業務を除く。）に関する業務を行う。
- ・ 工務・設備診断グループは、電気・制御グループ又は機械グループと協議して定める原子炉施設の保全のうち設備診断の実施に関する業務及び技術センターの運営管理に関する業務を行う。
- ・ 直営電気・制御グループは、電気・制御グループと協議して定める原子炉施設の保全の実施（工務・設備診断グループ所管業務を除く。）に関する業務を行う。
- ・ 直営機械グループは、機械グループと協議して定める原子炉施設の保全の実施（工務・設備診断グループ所管業務を除く。）に関する業務を行う。
- ・ 施設防護グループは、警備及び安全・防災室の運営管理に関する業務を行う。
- ・ 安全・防災グループは、非常時の措置、初期消火活動のための体制の整備及び労働安全衛生管理に関する業務を行う。

(4) 経年劣化事象に対する技術評価

抽出した高経年化対策上着目すべき経年劣化事象に対する技術評価を以下の手順・下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。

1) 健全性評価

機器毎に抽出した部位と経年劣化事象の組み合わせ毎に 60 年間^{※1} 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、過去の保全実績、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する。また、工事計画を踏まえた健全性評価を実施する。

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する。また、長期保守管理方針に基づく保守管理の実績についても整理する。

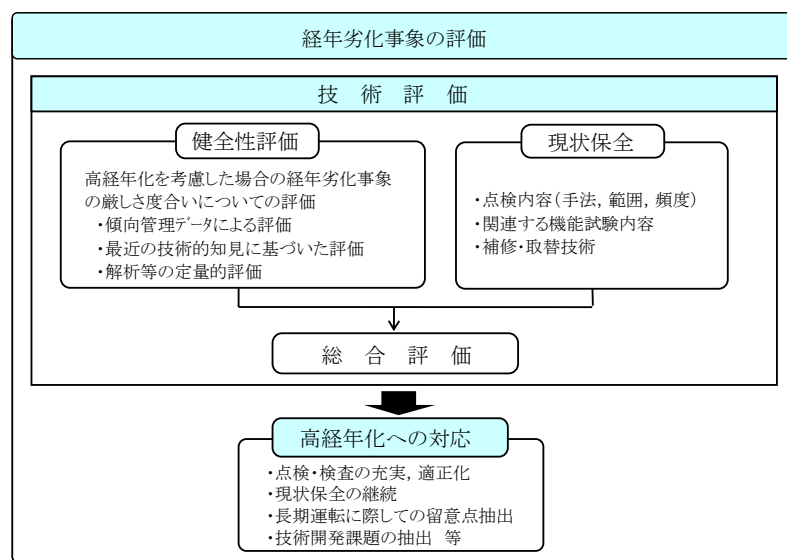
3) 総合評価

上記 1), 2) をあわせて保全内容の妥当性等を評価する。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々を評価する。また、長期保守管理方針の有効性を評価する。

4) 高経年化への対応

60 年間の使用を考慮した場合、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する。

※1：40 年目高経年化技術評価にあたっては、延長する運転可能期間(20 年を超えない範囲)又は 10 年を加えた期間と評価対象期間とする。



(5) 運転経験及び最新知見の反映

これまでの運転期間延長認可申請（高経年化技術評価を含む）を参考にすると共に、スクリーニング未実施の東海第二発電所の30年目の高経年化技術評価実施以降～2017年9月（東海第二発電所 運転期間延長認可申請期間開始日の3ヶ月前まで）の国内外の運転経験、最新知見について、これまで実施した当社敦賀発電所1,2号炉を含む先行プラントの技術評価書を参考にし、劣化状況評価への影響を整理し、技術評価への反映要否を判断した。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、適宜反映する。

1) 運転経験

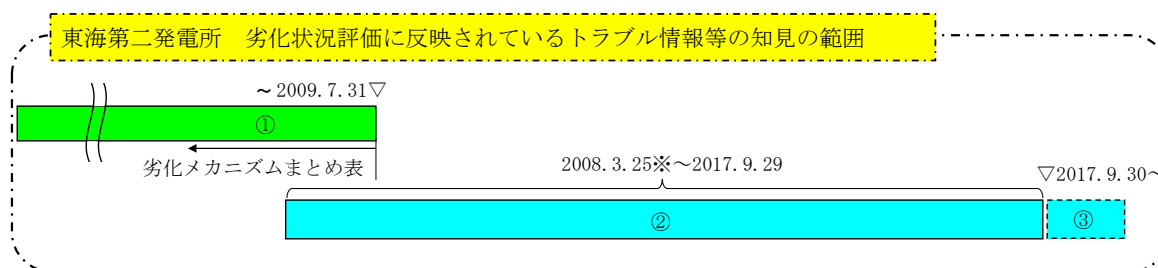
国内運転経験として、原子力安全推進協会が運営している原子力発電情報公開ライブラリーにおいて公開されている「トラブル情報」「保全品質情報」「その他情報」を、海外運転経験として、NRC（米国原子力規制委員会；Nuclear Regulatory Commission）のBulletin（通達）、Generic Letter 及び Information Notice を対象としてスクリーニングを実施。

期間中の情報において、新たに劣化状況評価書に反映すべき運転経験を抽出する。

2) 最新知見

スクリーニング対象期間中に発行された原子力規制委員会文書及び日本機械学会、日本電気協会、日本原子力学会の規格・基準類並びに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等を検討し、劣化状況評価を実施する上で、新たに反映が必要な知見を抽出する。

なお、東海第二発電所の劣化状況評価に反映されているトラブル情報等については以下のとおりである。



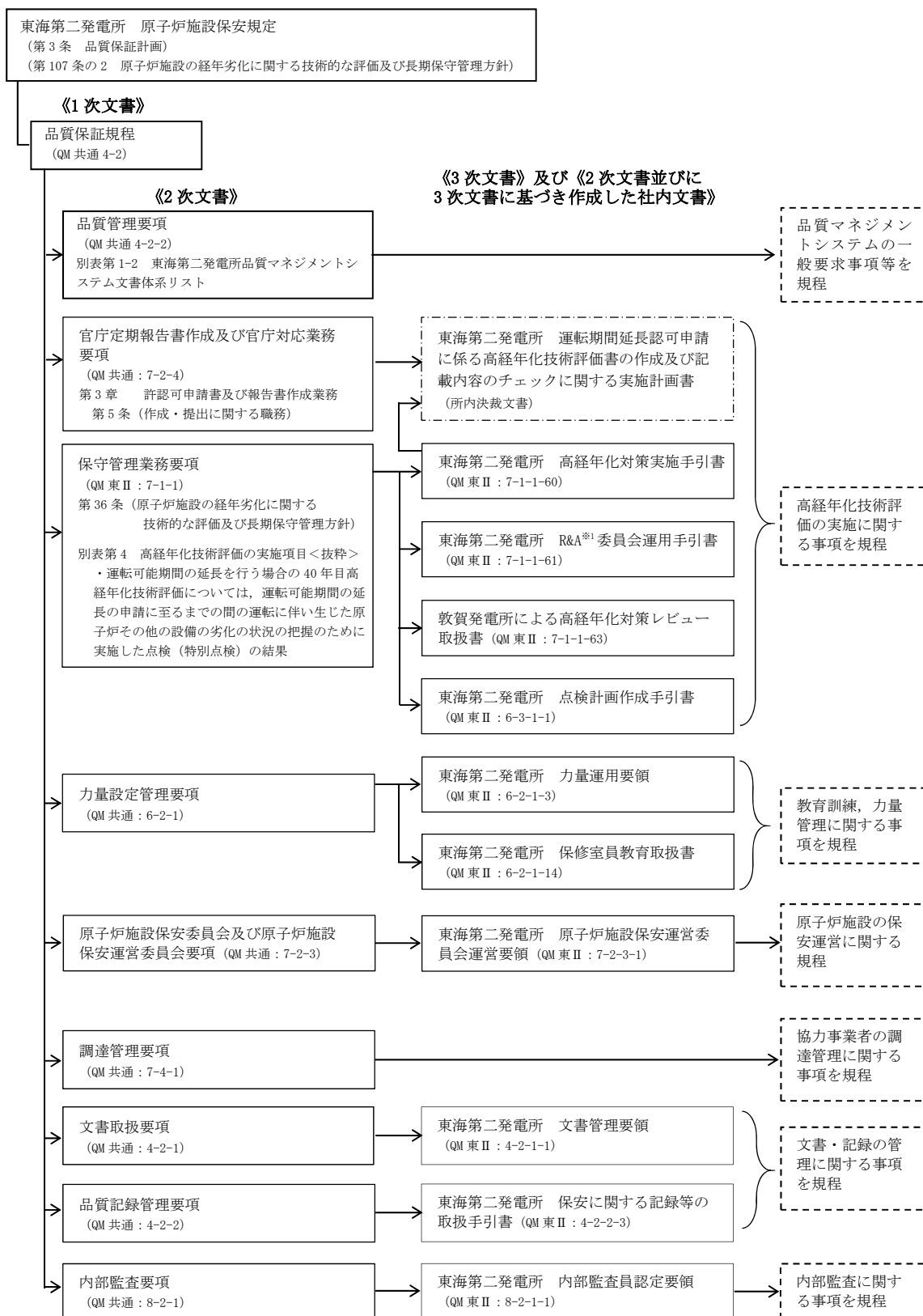
※30年目 PLM 提出以降、補正申請までに調査したトラブル情報等

- ① ～2009.7.31 のトラブル情報等（関西電力美浜1号炉40年目高経年化技術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 2008.3.25～2017.9.29 のトラブル情報等
東海第二発電所劣化状況評価のためにスクリーニングを実施
- ③ 2017.9.30 以降の最新知見、運転経験については、社内検討結果を踏まえ適宜反映していく。

トラブル情報等による知見については、東海第二発電所のスクリーニング期間中のものはスクリーニング結果から評価に反映が必要かどうかを判断した結果、経年劣化に起因する案件は155件抽出されたが、学会標準^{※3}2008版(2015版を含む)の経年劣化メカニズムまとめ表にて取り込まれている事象であり、新たに反映すべき運転経験は0件であった。

(6) 劣化状況評価における文書及び記録の管理

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）体系は以下のとおり。



1) 発電所の保安活動全般を規定する主な文書類

① 品質保証規程 (1次文書)

「日本電気協会 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。

② 品質管理要項 (2次文書)

品質マネジメントシステム (安全文化を醸成するための活動を含む。) の一般要求事項並びに組織の責任及び権限に関する事項を定めているもの。

2) 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

① 官庁定期報告書作成及び官庁対応業務要項 (2次文書)

高経年化技術評価書を含む官庁定期報告書等の具体的な取扱い手続きを定め、高経年化技術評価の実施に伴う実施計画作成のためのプロセス等を定めているもの。

② 東海第二発電所 運転期間延長認可申請に係る高経年化技術評価書の作成及び記載内容のチェックに関する実施計画書 (所内決裁文書)

「QM 共通 : 7-2-4 官庁定期報告書作成及び官庁対応業務要項」及び「QM 東 II : 7-1-1-60 東海第二発電所 高経年化対策実施手引書」に基づき、作成方法・手順、体制・要員、スケジュールを含む報告書作成に関する具体的な運用を定めた実施計画を策定し所内決裁しているもの。

③ 保守管理業務要項 (2次文書)

高経年化技術評価の実施にあたり、評価の時期、実施体制並びに実施手順を定めているもの。

④ 東海第二発電所 高経年化対策実施手引書 (3次文書)

高経年化技術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。

⑤ 東海第二発電所 R&A 委員会運用手引書 (3次文書)

高経年化技術評価のレビューの実施にあたり、R&A 委員会の具体的な要領を定めているもの。

⑥ 敦賀発電所による高経年化対策レビュー取扱書 (3次文書)

東海第二発電所の高経年化対策の評価方法及び評価結果の妥当性について、客観性をもたせるため敦賀発電所長による確認を受ける手続き等を定めたもの。

⑦ 点検計画作成手引書 (3次文書)

東海第二発電所の長期保守管理方針に基づき定められた点検計画を管理するもの。

3) 教育訓練、力量管理に関する事項を規定する主な文書類

① 力量設定管理要項 (2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の力量管理に係る事項並びに具体的な保安教育の内容及びその見直し頻度について定めているもの。

- ② 力量運用要項（3次文書）
 - 東海第二発電所に係る原子力安全に関する業務に従事する要員の力量管理に係る運用について定めているもの。
- ③ 保守室員教育取扱書（3次文書）
 - 保守室員が業務を遂行するのに必要な知識、技能（力量）及びその維持向上を図るため、保守室員の教育訓練について定めたもの。
- 4) 原子炉施設の保安運営に関する事項を規定する主な文書類
 - ① 原子炉施設保安委員会及び原子炉施設保安運営委員会要項（2次文書）
 - 原子炉施設保安委員会及び原子炉施設保安運営委員会の運営等について定めたもの。
 - ② 原子炉施設保安運営委員会運営要領（3次文書）
 - 原子炉施設保安運営委員会の運営、具体的な付議事項、審議事項に該当しない軽微な事項について定め、原子炉施設保安運営委員会の適切な運営を図ることを目的として定めたもの。
- 5) 調達管理に関する事項を規定する主な文書類
 - ① 調達管理要項（2次文書）
 - 調達に係るプロセス及び受注者に対する品質マネジメントシステムに関する要求事項に関して定めているもの。
- 6) 文書・記録の管理に関する事項を規定する主な文書類
 - ① 文書取扱要項（2次文書）
 - 文書業務の具体的取扱いに関する事項について定めているもの。
 - ② 東海第二発電所 文書管理要領（3次文書）
 - 文書に関する管理の具体的事項を定めているもの。
 - ③ 品質記録管理要項（2次文書）
 - 品質記録の作成、識別、保存期間及び廃棄等の手順について定めているもの。
 - ④ 東海第二発電所 保安に関する記録等の取扱手引書（3次文書）
 - QMSに関する記録及び保安に関する記録の管理手順について定めているもの。
- 7) 内部監査に関する事項を規定する主な文書類
 - ① 内部監査要項（2次文書）
 - QMSに係る内部監査業務の具体的事項について定めているもの。
 - ② 内部監査員認定要領（3次文書）
 - 内部監査員及び内部監査リーダーの認定に係る事項について定めているもの。
- 8) 東海第二発電所の運転期間延長認可申請に係る高経年化技術評価の作成及び記載内容のチェックに関する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、別途定める高経年化対策実施手引書に基づ

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保守総括グループマネージャーが計画書案を作成・起案し、関係グループマネージャーの合議及び各主任技術者等の確認を経て、発電所長が決裁する。

9) 高経年化対策実施手引書について

- ① 目的

「保守管理業務要項」に基づき、東海第二発電所原子炉施設保安規定に定めた発電用原子炉施設の定期的な評価を適切に実施することを目的とし、発電用原子炉施設の定期的な評価の実施体制及び手順の具体的事項を定めたもの。

- ② 適用範囲

「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」

- ・ 第 82 条に基づく発電用原子炉施設の経年劣化に関する技術的な評価
- ・ 第 92 条第 1 項及び第 2 項に基づく保安規定認可及び変更認可の申請
- ・ 第 113 条第 1 項及び第 2 項に基づく発電用原子炉運転延長認可の申請について適用する。

- ③ 主な規定事項

- ・ 実施体制

高経年化技術評価（運転期間延長認可申請における劣化状況評価と同じ）の実施体制及び役務を定めている。

- ・ 最新知見、運転経験及び実過渡回数の反映

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

高経年化技術評価書作成にあたって、対象機器の抽出方法及び高経年化技術評価の期間を定めている。

- ・ 技術評価の手順

- i) 対象機器のグループ化及び代表機器の選定

「学会標準 2008 版」附属書 A（規定）の「経年劣化メカニズムまとめ表」に基づき、対象機器を構造、使用環境（内部流体、設置場所等）、材料等により分類し、グループ化を行う。なお、最新知見として「学会標準 2015 版」附属書 A（規定）の「経年劣化メカニズムまとめ表」も反映している。

グループ化した対象機器から重要度、運転状態、使用条件（使用温度、使用圧力等）等、経年劣化事象の発生の可能性により各グループの代表機器を選定する。

ii) 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，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。

・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。

・高経年化技術評価書の作成

章立て，章の構成例，記載内容等を記載。

・レビュー

高経年化技術評価書の妥当性確認のための，レビューの運用を別 QMS 文書に定めている。

(7) 力量管理及び協力事業者の管理

1) 力量管理について

① 目的

高経年化対策検討を行う者は、「保守室員教育取扱書」により監理員に認定されたものの中から、「東海第二発電所 高経年化対策実施手引書」に基づき、誤記発生防止のための事前教育を要件とし指名を行っている。「保守室員教育取扱書」には、監理員の認定に必要な力量について定めている。

② 力量の明確化

保守室長は、監理員に必要な力量を原子力安全の達成に影響がある業務の力量基準として保守室員教育取扱書にて明確にしている。

③ 力量の評価

保守室長は、監理員として認定する原子力安全の達成に影響がある業務に従事する室員に対して、必要な力量が付加されていることを、力量基準に従い評価する。

④ 評価の有効期間

評価の有効期間は3年とし、評価の結果、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出来るように再教育等の必要な処置を講じる。

2) 協力事業者の管理について

契約・委託に係る社内規程に基づき、高経年化技術評価に係る委託を行った以下の協力事業者（日立 GE ニュークリア・エナジー株式会社、株式会社 GE 日立・ニュークリアエナジー・インターナショナル・エルエルシ、岡野バルブ製造株式会社、日立造船株式会社、日揮株式会社、日本ガイシ株式会社、オルガノ株式会社、**清水建設株式会社**及び株式会社原子力エンジニアリング）の管理を実施。

① 協力事業者の評価

製品又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。

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。

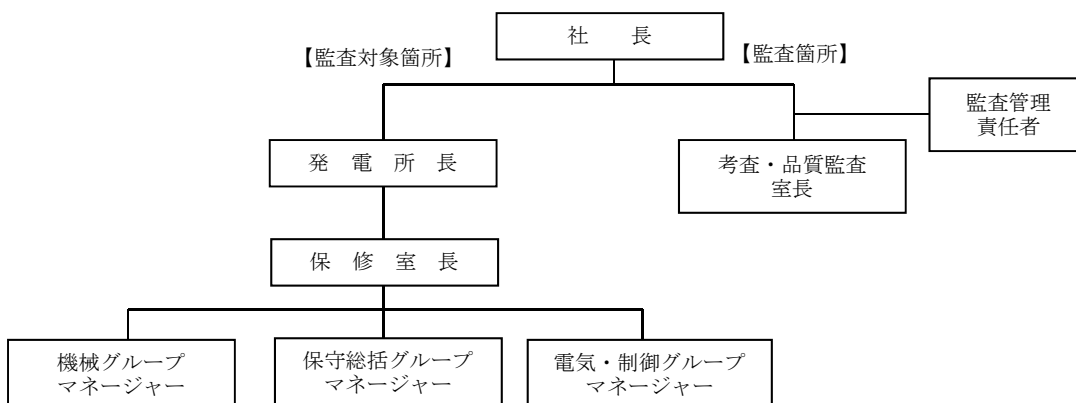
(8) 劣化状況評価の内部監査

1) 目的

東海第二発電所の劣化状況評価に関する監査として、東海第二発電所の高経年化技術評価書及び長期保守管理方針の作成に関するプロセスについて、「保守管理業務要項」及び「高経年化対策実施手引書」等に基づき実施されていることを確認する。

2) 体制

① 内部監査に係る体制図



3) 内部監査の実施方法

① 監査チームの編成

考査・品質監査室長は、「内部監査員認定要領」に基づく認定を受けた内部監査員及び内部監査リーダーにて構成される監査チームを編成する。

② 内部監査実施計画書の作成

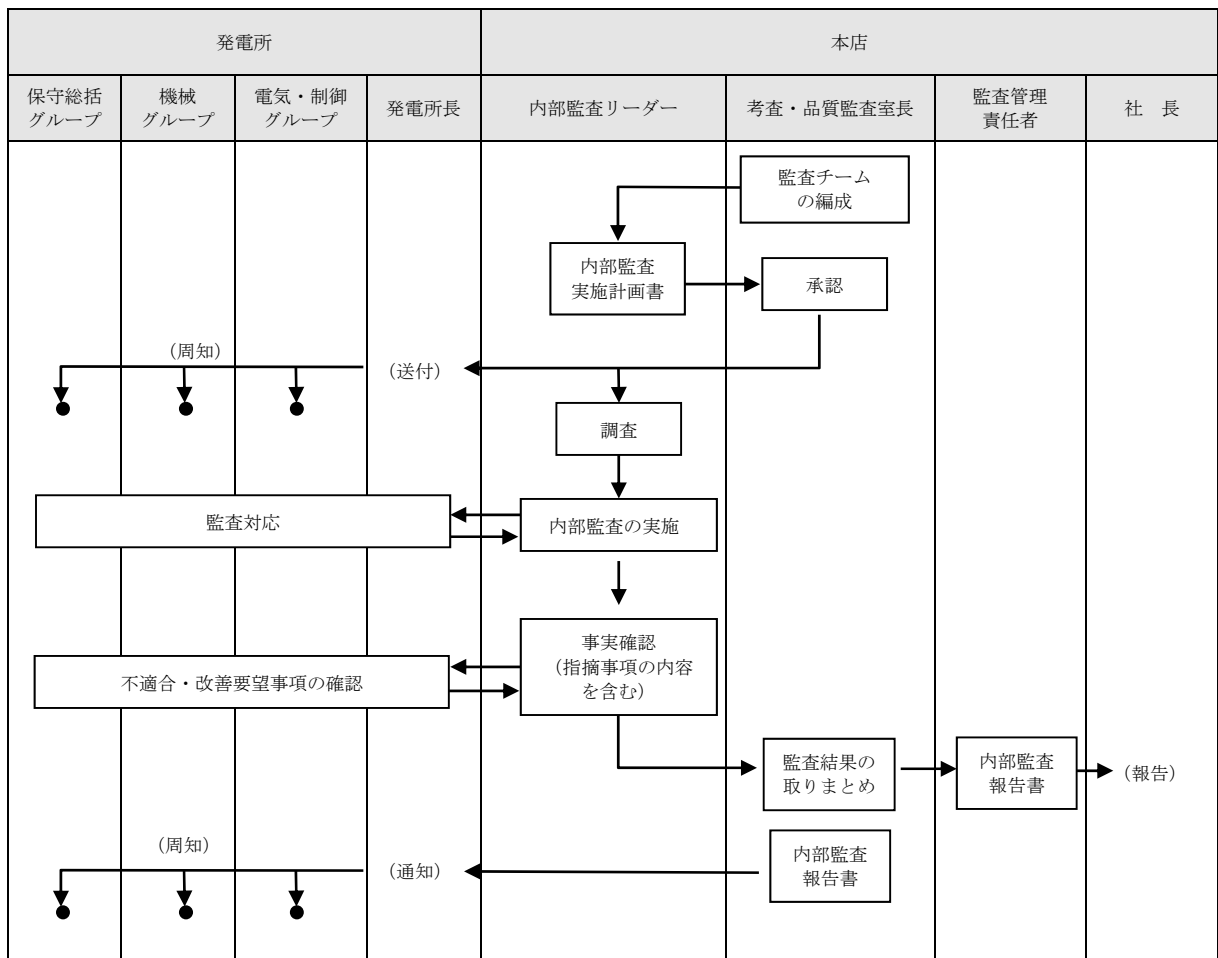
内部監査リーダーは、東海第二発電所の高経年化技術評価書及び長期保守管理方針の作成に関するプロセスに係る内部監査実施計画書を作成し、考査・品質監査室長の承認を得る。

③ 監査実施と監査結果のまとめ

内部監査実施計画書に基づき、内部監査リーダーは、関係書類の確認、会議体への立会及び監査対象箇所との質疑応答により監査を実施する。

考査・品質監査室長は、上記の実施内容を基に、指摘事項、改善の機会及び良好事例を含む監査結果を取りまとめ、監査管理責任者に報告する。

監査管理責任者は上記の内容を基に内部監査報告書を作成し、社長に報告する。
内部監査に係る業務フローを次頁に示す。



4) 内部監査結果

考査・品質監査室長は、東海第二発電所の高経年化技術評価書及び長期保守管理方針の作成に関するプロセスは、「保守管理業務要項」及び「高経年化対策実施手引書」等に基づき、適切に実施されていることを確認した。

2.4 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

30 年目の高経年化技術評価で予測した経年劣化の発生、進展傾向と、実機データの傾向を反映した 40 年目評価で予測する経年劣化の進展傾向を比較し、予測結果に乖離が認められる場合には、これまでの知見等を考慮し、劣化状況評価に反映した。

疲労評価結果に相違の機器（部位）について、30 年目と 40 年目の比較を実施し、差異が生じている理由について検討した。

（検討対象機器）

- ① 原子炉圧力容器 給水ノズル
- ② ステンレス配管 原子炉再循環系配管
- ③ 炭素鋼製弁（仕切弁） 原子炉給水入口弁

以降の①，②，③は追而

(2) 保全実績の評価

30年目の高経年化技術評価の結果、経年劣化に関する保全が有効でなかったため生じたと考えられるトラブル事象について、その評価を実施する。なお、その対象期間としては、30年目の高経年化技術評価書（補正書）提出以降～2017年9月の約10年間とした。

保全が有効でなかったため生じたと考えられるトラブル事象とは、30年目の高経年化技術評価で発生を想定できなかった部位における経年劣化事象及び30年目の高経年化技術評価が不足していた経年劣化事象に起因すると考えられる東海第二発電所で発生した以下に示すトラブル、保全品質情報をいう。

- ・原子炉隔離時冷却系タービン排気ライン逆止弁損傷に伴う運転上の制限逸脱について
- ・屋外硫酸貯蔵タンク堰内での漏えい事象について※¹
- ・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※²
- ・蒸気乾燥器に確認されたひび割れについて※²
- ・シュラウドサポート溶接継手のひび状の指示模様について
- ・残留熱除去系海水系配管の減肉について
- ・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の運転上の制限からの逸脱について
- ・蒸気乾燥器のひび調査結果について※²

なお、30年目の高経年化技術評価以降に東海第二発電所で発生した事故・トラブル等は、法令に基づく報告対象情報が8件、保全品質情報に係るものが39件であった。そのうち、経年劣化事象に起因する事故・トラブル等は8件であった。

※¹：対象外機器

※²：審査対象外機器

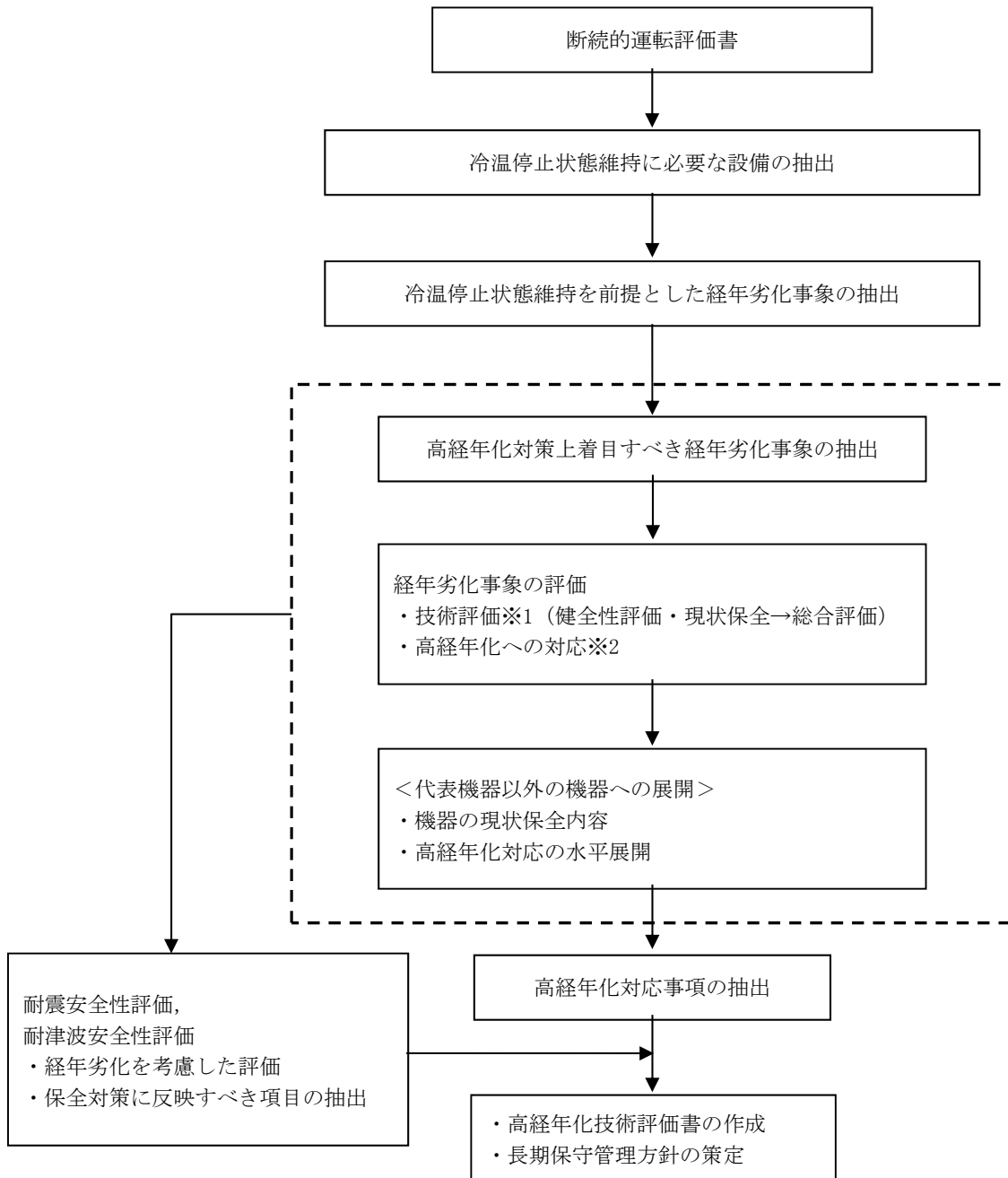
(3) 長期保守管理方針の有効性評価

追而

2.5 冷温停止を前提とした評価

下図に冷温停止を前提とした技術評価フローを示す。

なお、冷温停止を前提とした評価においては、運転を前提とした評価の知見を活用し、冷温停止で特に評価が必要となる事象を抽出し、それらの条件を加味した評価を実施した。



※1：系統レベルの機能確認を含む。

※2：高経年化対応としての保全のあり方，技術開発課題を検討する。

2.5.1 冷温停止を前提とした評価（例）

1) 残留熱除去系熱交換器 伝熱管の摩耗及び高サイクル疲労割れ

機種（部位）	熱交換器(伝熱管)
経年劣化事象	摩耗及び高サイクル疲労割れ
説 明	<p>残留熱除去系熱交換器は、原子炉停止後もしくは、重大事故等が発生した際に、原子炉冷却材の冷却（崩壊熱の除去）や、格納容器スプレイ時にサブプレッション・プール水の冷却を海水ポンプから送られた海水で熱交換する熱交換器であり、最終ヒートシンクとして位置づけられる。</p> <p>冷温停止状態の維持を前提とした評価では、炉心に燃料が装填されていることを条件としており、崩壊熱を除去する機能が要求される。当該熱交換器の稼働時間は、安定停止維持に伴う原子炉冷却運転により稼働時間が増加となることから、当該劣化事象は断続的運転を前提とした場合より厳しくなると考えられる。</p> <p>しかしながら、断続運転を前提に長期停止を考慮した特別な保全計画を策定し、開放点検時の過流探傷検査において、有意な摩耗、高サイクル疲労割れが確認された場合は補修を行うことにより機能を維持できることから、冷温停止状態の点検手法として適切である。</p> <p>以上を踏まえて、当該経年劣化事象は、運転を前提とした評価と同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。</p> <p>現在、東海第二発電所は長期停止中で原子炉内に燃料がない状態であるため当該熱交換器の劣化進展は緩やかであると判断し、現在までの停止期間中はこれまでに1回の開放点検を実施し、健全性を確認している。</p> <p>また、開放点検時の機器の劣化状況を確認し、運転状態の変化や稼働時間に応じて点検頻度・内容を適切に見直し、保全のPDCAを展開していく。</p>

2) 冷温停止時における残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁の弁体及び弁座等の腐食（エロージョン）について

機種（部位）	残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁の弁体及び弁座等
経年劣化事象	腐食（エロージョン）
説 明	<p>当該弁は、残留熱除去系海水ポンプの1台運転時のポンプ流量過大を防止するため、残留熱除去系熱交換器の海水通水流量を調整する弁である。</p> <p>冷温停止時には原子炉冷却運転に伴って残留熱除去系熱交換器の海水通水時間が長くなることから、弁体及び弁座等の腐食（エロージョン）の発生・進展は断続的運転と比較すると厳しくなると考えられる。</p> <p>しかしながら、断続的運転を前提に長期停止を考慮した特別な保全計画を策定し、分解点検時の目視点検において、有意な腐食が確認された場合は補修又は取替を行うことにより機能を維持できることから、冷温停止状態の維持における点検手法として適切である。</p> <p>以上を踏まえて、当該経年劣化事象は、運転を前提とした評価と同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。</p> <p>現在、東海第二発電所は長期停止中で原子炉内に燃料がない状態であるため、当該弁の劣化進展は緩やかであると判断し、現在までの停止期間中はこれまでに1回、分解点検を実施し、健全性を確認している。</p> <p>また、分解点検時の機器の劣化状況を確認し、運転状態の変化や稼働時間に応じて点検頻度・内容を適切に見直し、保全のPDCAを展開していく。</p>

2.6 震災影響評価

追 而

2.7 保全管理活動

(1) 劣化事象に関する保全管理の実施状況及び保全の有効性評価の実施状況

劣化事象に関する保全管理の実施状況については、別紙1に示す。

保全の有効性評価については、定期的な評価のインプット情報の一つである「c.トラブル等の運転経験」を用い、東海第二発電所で経験したトラブル(不適合)を基に保全の有効性評価が実施されていることを確認し、これにより東海第二発電所の保全活動は、継続的な改善につながる活動を行っているといえる。

1) トラブル情報^{※1}(不適合情報)の抽出

劣化状況評価書で追加する評価のうち、②保全実績の評価に用いた30年目の高経年化技術評価以降の約10年間の保全実績情報リストを基に、経年劣化に関する保全が有効でなかったため生じたと考えられる「トラブル情報」を抽出する。

抽出結果:①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

②残留熱除去系海水系配管の減肉について

③原子炉隔離時冷却系タービン排気ライン逆止弁損傷に伴う運転上の制限逸脱について

上記の3件のうち、①事例を一例として保全の有効性評価の実施状況を確認した。

※1:NUCIA(原子力施設情報公開ライブラリー)にて、法令に基づき国への報告が必要となる情報として区分される情報。

2) インプット情報

a. トラブル事例の基本情報(NUCIA)

通 番	10544	報 告 書 番 号	2009一原電一T009
情 報 区 分	トラブル情報	報 告 書 状 態	最終報告
事 象 発 生 日 時	2009年07月17日19時00分	事象発生日時(補足)	原子炉停止を判断
会 社 名	日本原子力発電株式会社	発 電 所	東海第二発電所
件 名	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		

d. 問題点

本事象の直接的な要因としては、主油冷却器の伝熱管に対する摩耗・減肉の劣化モードを想定していたものの、劣化の進展を把握せず開放点検及び渦流探傷検査を必要時に実施することとしていた保守管理上の不備、また間接的に当該冷却器の定期的な切替が実施されなかったことによる運転計画の不備、兆候事象に対する機器故障判断の遅れが潜在していた。

3) 保全の有効性評価の実施

保全の有効性評価の結果により保全に反映した事項※

系統・機器名			主油タンク冷却器
保全計画への反映内容	点検計画の保全方式又は点検内容の変更	項目	開放点検 (ECT)
		変更前	AR
		変更後	52M
評価	インプット情報の項目		東海第二発電所のトラブル及び不適合
	事象の概要		冷却器伝熱に損傷が生じた。
	評価内容		当該冷却器の伝熱管 ECT についてはこれまで、必要時 (AR) に点検を計画していたが、運転中に伝熱管の漏えいが発生したことから、開放点検を定期的 (52M) に実施することとした。

※第 25 回施設定期検査変更申請書 (発室発第 88 号 平成 27 年 7 月 9 日) <抜粋>

4) 保全計画等への反映・改善事項

a. 点検計画への反映事項

保全の有効性評価の結果を受け、以下のように見直しを実施した。

		現状の保全	新しい保全
開放 点検	頻度	2C	26M (2C と同等)
	内容	取外し, 手入れ, VT (水室, 伝熱管, 管板管 支持板, 胴, 等) PT (管板, 等) 消耗品取替 (O リング, 等) 清掃 取付け 締付確認 (締付ボルト) 漏えい試験	取外し, VT (伝熱管バツフル貫通部摩耗状 況(最外周部), フランジボルト・ ナット, 管板, 水室, 水室カバ ー, 管支持板, 胴, 基礎ボルト 等), PT (管板), 消耗品取替(ガスケット等), 取付け, 締付確認, 漏えい確認
開放 点検	頻度	AR	52M
	内容	—	ECT (伝熱管)

b. その他の改善事項

兆候事象に対する機器故障判断を迅速に行うため、以下の改善を実施した。

油冷却器からのTCWの漏えいを早期に特定するために、「運転管理業務運用取扱書」に定める調査開始基準の見直しした。

更に調査に当たっては関連パラメータを採取し総合的に評価すること、油中水分のサンプリングポイントを適正な位置に見直しし、同規程の改正を実施した。

またトレンド管理を行っている運転パラメータについて、定期的に「工事等に係る技術検討会」で確認し、兆候事象の抽出、兆候事象と考えられる事象の関連パラメータの抽出を行い、総合的な評価を行うと共に経験の少ない事象が発生した場合には、検討体制を定めて原因究明を行うように「工事等に係る技術検討会運営手引書」に定め、運用している。

追 而

別紙

別紙 1. 日常劣化事象（△）のすべての対象機器を事象毎に分類し，劣化事象を考慮した劣化傾向監視等，劣化管理の考え方，検査方式，検査間隔，検査方法及び検査実績

別紙 2. 日常劣化管理事象以外の事象（▲）のすべての対象機器を事象毎に分類し，すべての機器についてこれまでの運転経験，使用条件，材料試験データ及び進展傾向が極めて小さいと判断した理由

添付. 計算機プログラム（解析コード）の概要

No.	評価書 天分類	経年劣化事象 【大別】	経年劣化事象 【小別】	評価機器名	部位	評価内容	劣化傾向監視	劣化管理の考え方	検査(保全)方式	検査間隔	検査方法 (保全タスク)	検査実績 ()内は、機器番号と号機を示す	耐震上の影響
1	ポンプ	ターボポンプ	2. 摩擦	共通(代表確認: 残留熱除去系ポンプ)	主軸	ころがり軸受、水中軸受を使用しているポンプの主軸については、軸受と主軸の接点の摩耗が想定されるが、分解点検時に目視点検及び寸法測定を実施し、有意な摩耗が確認された場合は取替を行うことにより機能を維持している。 すべり軸受を使用しているポンプの主軸については、すべり軸受との接点において摩耗の発生が想定されるが、軸受には潤滑剤が供給され、主軸と軸受間に油膜が形成される構造となっており、主軸に摩耗が発生する可能性は小さく、分解点検時に目視点検及び寸法測定を実施し、有意な摩耗が確認された場合は取替を行うことにより機能を維持している。	可	摺動部寸法測定、主軸及び軸受等による目視点検及び寸法測定による摩耗の確認(必要に応じ取替)	時間基準保全	130M	DT VT	22回定検 (RHR-PMP-C002B)	■
22	ポンプ	ターボポンプ	3. 割れ	② 残留熱除去系ポンプ ③ 高圧炉心スプレイスポンプ ④ 給水加熱器ドレンポンプ	サイクロンセパレーター	サイクロンセパレーターはステンレス鋼であり、大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより、外面から貫孔型応力腐食割れの発生が想定されるが、原子炉建屋内部の腐食割れにおいて、代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施し、その結果により必要に応じ機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。 また、東海第二では工事中における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止している。	否	現段階での知見では亀裂の発生は困難。定期的な代表箇所における腐食割れ確認を確認し、必要に応じ機器の外面清掃を実施する。 副資材管理による塩分付着防止。	時間基準保全	② ③ 分解: 130M (4)65M	PT	第22回定検 (RHR-PMP-C002B) 第23回定検 (HPCS-PMP-C001) 第25回定検 (HD-PMP-C)	■
23	ポンプ	ターボポンプ	3. 割れ	共通	主軸	主軸にはポンプ運転時に繰返し応力が発生することから、応力集中部等において、高サイクル疲労割れが想定されるが、ポンプ主軸は設計段階において疲労割れが発生しないよう考慮された設計となっており、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。 なお、分解点検時の目視点検において有意な割れは確認されおらず、今後も使用環境が変わらないことから、これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。したがって、主軸の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。	否	疲労割れが発生しないよう考慮された設計となっており、分解点検時に合わせ、表面検査(目視点検や浸透探傷検査)により、割れの無いことを確認する。万一、高サイクル疲労割れが検出された場合は、割れの切削除去等の補修若しくは取替で対応する。	時間基準保全	130M	DT VT	22回定検 (RHR-PMP-C002B)	-
34	ポンプ	ターボポンプ	2. 摩擦	制御棒駆動水ポンプ、高圧復水ポンプ、電動機駆動原子炉給水ポンプ	軸受用主軸ポンプ	主軸ポンプは、摺動部において摩耗が想定されるが、潤滑剤で潤滑されており摩耗の可能性は小さい。 なお、分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されおらず、今後も使用環境が変わらないことから、これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。したがって、軸受用主軸ポンプの摩耗は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。	可	摺動部隙間測定、主軸(歯軸)と軸受けとの目視点検による摩耗の確認及び寸法測定による摩耗の確認(必要に応じ取替)	時間基準保全	65M	DT VT	24回定検 (GRD-PMP-MOP-B)	■
68	熱交換器	U字管式熱交換器	1. 腐食	給水加熱器	管支持板	給水加熱器の管支持板は炭素鋼又は低合金鋼であり、蒸気と接することで腐食(流れ加速型腐食)が発生する可能性がある。 管支持板については、伝熱管の渦流探傷検査により、管支持板の管穴の減肉状況を把握しており、減肉の進行状況に応じた取替を実施することにより、熱交換器の機能を維持している。 また、管支持板の腐食(流れ加速型腐食)は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。	可	伝熱管の渦流探傷検査(ECT)により、管穴の減肉状況が把握可能	時間基準保全	130M	ECT	第25回定検 (FDW-HEX-5A)	◎

高経年七技術評価劣化事象一覧

No.	評価書	事象	経年劣化事象	評価機器名	部位	評価内容	運転経緯	使用条件	材料試験データ	劣化傾向が極めて小さいと判断した理由
159	容器 その他容器	▲	へたり	SLO用エアキュムレータ	スプリング	ほう湯水注入系はポンプ運転時以外(通常待機中)は系統圧がなくなるため、SLO用エアキュムレータ内でフランドが最大まで膨張してあり、スプリングは常時応力がかかった状態にあり、へたりの可能性はある。また、安全弁、調整弁のスプリングは、常時応力が作用した状態で使用されるため、スプリングのへたりの応力が想定される。しかたに、スプリングはスプリング使用時のねじり応力が調整ねじり応力以下になるように調整されており、また、スプリングの材料に対する必要使用量(温度)よりも実際の使用温度は低いことから、へたりの進行の可能性は小さい。また、高経年劣化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。	材料試験データ 機械要素活用マニュアル ばね	産業界でのばね材料と、使用環境温度についての実験結果を基に、使用材料の選定を行っている。		
589	空調設備 空調機	▲	異物付着	中央制御室エアハンドリングユニットファン	冷却コイル	新たに設置される中央制御室エアハンドリングユニットファンの冷却コイルの内部流体は、水質管理された純水であり、異物付着の可能性はない。冷却コイルの異物付着は高経年劣化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。	内部流体: 純水			
729	熱交換器	▲		残留熱除去系熱交換器				屋内	○	
88		▲		共通				屋内/屋外		
169	配管	▲		原子炉系(冷却水、蒸気)系、不活性ガス系、残留熱除去海水系				屋内/屋外		
187		▲		共通				屋内		
204	ケーブル	▲		共通				屋内/屋外		
379	計測装置	▲		D/G機動冷却水入口圧計測装置、CV急速降後出力計測装置、主蒸気管下流温度計測装置、スクラム排出容器水位計測装置、潮位計測装置、原子炉建屋換気系放射線計測装置、格納容器内水素濃度計測装置、原子炉建屋内水素濃度計測装置、格納容器内酸素濃度計測装置				屋内/屋外		
543	空調機	▲	樹脂(後打ちケミカルアンカー)の劣化	残留熱除去系ポンプ室空母機	基礎ボルト		後打ちケミカルアンカーは、樹脂とコンクリート及びアンカーボルトの接着力により強度を維持しているが、高温環境、紫外線環境、放射線環境及び水分付着による樹脂の劣化が想定される。しかしながら、温度及び紫外線による劣化については、樹脂部はコンクリート内に埋設されており、高温環境下及び紫外線環境下にさらされることはなく、支持機能を喪失するよう劣化は発生し得ない。また、放射線及び水分付着による劣化についても、メーカ試験結果により支持機能を喪失するよう劣化は発生し得ない。また、樹脂の劣化は高経年劣化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。	屋内	※	後打ちケミカルアンカーの樹脂の劣化については、使用環境による樹脂(接着力)低下が想定されるが、樹脂部はコンクリート内に埋設された状態であることから、温度、紫外線の影響は受けにくい。また、放射線および水分付着による劣化についても、メーカ試験結果を基に、支持機能を喪失するよう劣化は発生し得ない。また、樹脂の劣化は高経年劣化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。
586	空調設備 冷凍機	▲		中央制御室ララユニット				屋外		①耐放射線試験(TECHNICAL INFORMATION NO.24) <抜粋> ②ケミカルアンカーの耐熱温度(温度と引張強度)について(TECHNICAL INFORMATION NO.7) <抜粋>
607	ダクト	▲		中央制御室換気系ダクト(荷ダクト)				屋内		
626	制御用圧縮空気系設備	▲		アフタークーラ、配管サポート				屋内/屋外		
838	ディーゼル機関 ディーゼル機関本体	▲		非常用ディーゼル機関(2C、2D号機) (吸気管及び排気管)				屋内/屋外		
689	ディーゼル機関 ディーゼル機関付属設備	▲		始動空気系配管、潤滑油系配管、冷却水系配管及び燃料油系配管				屋内/屋外		
720	機械設備	▲		補助ボイラ設備				屋内		
873	廃棄物処理設備	▲		濃縮廃液・廃液中和スラッジ系設備、樹脂トレン系設備、濃密固化系設備、凝固体減容処理設備、高濃度汚泥焼却設備、凝固体焼却系設備				屋内		
895	水素再結合器	▲		静的塊状式水素再結合器				屋内(新設制対応)		
925	MGセット	▲		原子炉保護系MGセット				屋内		
1047	電源設備 直流電源設備	▲		125V蓄電池 2A、2B				屋内		

添付

計算機プログラム（解析コード）の概要

1. はじめに

2. 解析コードの概要

2.1 ABAQUS Ver. 6.4-4

2.2 ANSYS Ver. 12.1

2.3 ANSYS Ver. 16.2

2.4 ASHSD2-B 導入時バージョン

2.5 DORT 導入時バージョン

2.6 HISAP及びNSAFE (SAP-V)

2.7 MSC NASTRAN Ver. 2006r1

2.8 MSC NASTRAN Ver. 2005

2.9 NOPS 導入時バージョン

2.10 SAP-IV 導入時バージョン

2.11 TACF 導入時バージョン

: 追而

1. はじめに

本資料は、解析コードについて説明するものである。

2. 解析コードの概要

2.1 ABAQUS Ver. 6.4-4

2.1.1 ABAQUS Ver. 6.4-4 の概要

対象：構造解析

項目 \ コード名	ABAQUS
開発機関	ABAQUS 社
開発時期	2004 年（初版開発時期 1978 年）
使用したバージョン	Ver. 6.4-4
使用目的	応力解析
コードの概要	有限要素法を用いた汎用構造解析プログラムであり、数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木などの様々な分野の構造解析に広く利用されている。
検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation)	<p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none">・本解析コードは有限要素法を用いた汎用構造解析プログラムであり、数多くの研究機関や企業において、様々な分野の構造解析に広く利用されていることを確認している。・使用する解析モデルは、従来の工事計画認可申請及び耐震評価にて実績のある関連規格及び文献を基に作成した評価モデルを採用していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <ul style="list-style-type: none">・本解析コードは、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木などの様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。・理論解とコードによる計算結果を比較して検証が実施されていることを確認した。・本工事計画における構造に対し使用する要素、解析については、既工事計画で使用された実績がある。

2.6 HISAP 及び NSAFE

2.6.1 HISAP 及び NSAFE の概要

対象：応力解析

項目 \ コード名	HISAP 及び NSAFE
開発機関	米国カリフォルニア大学
開発時期	1976 年
使用したバージョン	SAP-V
使用目的	管及び支持構造物の応力解析
コードの概要	任意の三次元形状に対し、有限要素法により静的解析，動的解析を行い，反力・モーメント・応力，固有振動数・刺激係数等の算出が可能な計算プログラムである。
検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation)	<p>【検証 (Verification) 及び妥当性確認 (Validation)】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・HISAP 及び NSAFE はメインプログラムである汎用構造解析コード SAP，応力評価プログラム及びインターフェイスプログラムのサブプログラムから成る。 ・メインプログラムである SAP については，配管用では別の構造解析用計算機コード (NASTRAN 2005.0.0) を用いて，代表的な配管検証用モデルに対する計算を行い，比較を行うことによって，計算結果の妥当性の確認を行った。 ・支持構造物用では材料力学に基づく手計算手法を用いて，代表的な簡易骨組モデルに対する計算を行い，比較を行うことによって計算結果の妥当性の確認を行った。 ・応力評価プログラムについては，メインプログラムの出力結果（軸力，モーメント）から，適用技術基準（JSME*1，JEAG*2 等）に基づいて応力評価が正しく行われていることを手計算で確認した。 ・サブプログラムについては，インターフェイスチェックシートを用いて，単位，桁数，符号が変換前後で正しく処理されていることを確認した。

*1：日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」

*2：原子力発電所耐震設計技術指針

2.7 MSC NASTRAN Ver.2006r1

2.7.1 MSC NASTRAN Ver.2006r1 の概要

対象：固有値解析，応力解析

項目 \ コード名	MSC NASTRAN
開発機関	MSC Software Corporation
開発時期	1971年（一般商業用リリース）
使用したバージョン	Ver.2006r1
使用目的	固有値解析，応力解析
コードの概要	<p>（汎用3次元構造解析コード）</p> <p>航空宇宙，機械，建築，土木などの様々な分野の構造解析に適用可能な3次元有限要素解析コードである。</p> <p>静的解析（線形，非線形），動的解析（線形，非線形），固有値解析，伝熱解析，線形座屈解析等が可能である。</p>
検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation)	<p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証の内容は，以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・構造力学分野における一般的知見により解を求めることが出来る体系について，本解析コードを用いた解析結果と理論モデルによる理論解の比較を行い，解析解が理論解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは，航空宇宙，自動車，造船，機械，土木及び建築などの様々な分野における使用実績を有しており，妥当性は十分に確認されている。 ・検証の体系と今回の工事認可申請で使用する体系が同等であることから，検証結果を持って，解析機能の妥当性も確認できる。 ・今回の工事認可申請における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

2.10 SAP-IV

2.10.1 SAP-IVの概要

対象：固有値解析，応力解析

項目 \ コード名	SAP-IV
開発機関	米国カリフォルニア大学
開発時期	1973年
使用したバージョン	導入時バージョン
使用目的	固有値解析，応力解析
コードの概要	<p>任意形状の三次元系の静的解析及び動的解析を有限要素法を用いて行うもので，蒸気タービンの基礎の自重，運転時荷重及び地震力による応力計算等に用いる。</p> <p>なお，本計算機コードは，機械工学，土木工学，航空工学等の分野において，多くの実績を有している。</p>
検証(Verification)及び 妥当性確認(Validation)	<p>【検証 (Verification) 及び妥当性確認 (Validation)】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・理論解による検証が実施されていることを確認した。 ・片持ちばりの自重による固定端モーメント及び自由端たわみ，固有振動数を SAP-IVによる解析結果と理論値とを比較して検討し，SAP-IVによる解析結果が妥当であることを確認した。 ・本工事計画における構造に対し使用する要素，解析については，既工事計画で使用された実績がある。