

平成18年3月16日
経済産業省

福島第一原子力発電所3号機の高経年化技術評価等報告書に係る審査結果(立入検査結果を含む。)及び浜岡原子力発電所1号機の高経年化技術評価等報告書の審査状況について

实用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則第24条第2項に基づき提出された福島第一原子力発電所3号機高経年化技術評価等報告書の審査結果を本日より取りまとめ、本日開催の原子力安全委員会に別添1及び別添2のとおり報告しましたのでお知らせします。

また、浜岡原子力発電所1号機高経年化技術評価等報告書の審査の状況についても、併せて別添3のとおり報告しましたのでお知らせします。

1. 实用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則第24条第2項の規定に基づき、平成18年1月27日に、東京電力株式会社から福島第一原子力発電所3号機について、また1月31日に、中部電力株式会社から浜岡原子力発電所1号機について、経済産業大臣あて高経年化技術評価等報告書の提出がありました。
2. 2月6日から9日、福島第一原子力発電所第3号機の高経年化技術評価結果に関し、また2月13日から16日、浜岡原子力発電所1号機高経年化技術評価結果に関し、必要な現地確認及び書類確認を行うため立入検査を行いました。
3. この結果及び独立行政法人原子力安全基盤機構(JNES)による技術的妥当性の確認結果を受け、福島第一原子力発電所第3号機の高経年化技術評価等報告書について総合的な審査を行い、本日その結果をとりまとめ、原子力安全委員会に報告しました。
4. また、浜岡原子力発電所1号機の高経年化技術評価等報告書の審査状況についても、本日、併せて原子力安全委員会に報告しました。

(本発表資料のお問い合わせ先)

原子力安全・保安院原子力発電検査課高経年化対策室

担当者： 持丸、斉藤

電話：03-3501-1511(内線 4871~5)

03-3501-9547

東京電力(株)福島第一原子力発電所3号機
高経年化対策技術評価等報告書に係る審査について(概要)

平成18年3月16日
原子力安全・保安院

1. 経緯

東京電力(株)福島第一原子力発電所3号機(以下「本プラント」という。)については、本年3月26日にプラント運転開始後30年を迎えることとなり、東京電力(株)(以下「事業者」という。)は、実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則第24条第2項の規定に基づき、高経年化技術評価等報告書を本年1月27日に当院に提出した。

高経年化技術評価等報告書は、プラントの供用期間を60年と仮定して、この間における経年劣化に関する技術的な評価(高経年化技術評価)を最新知見に基づき行い、これに基づき原子炉施設の保全のために実施すべき措置に関する10年間の計画(長期保全計画)を策定し、とりまとめたものである。

当院は、独立行政法人原子力安全基盤機構(JNES)が実施した本技術評価等に対する技術的妥当性確認の結果を踏まえ、本プラントへの立入検査を実施し、昨年12月制定した高経年化対策実施ガイドライン、高経年化対策標準審査要領等に基づき、本報告書の審査を実施した。審査の過程で、事業者の本報告書の内容の明確化等について指摘を行い、事業者は、本年3月13日に報告書の一部補正を行い、これに対応した。また、総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会に属する学識経験者の専門的意見を聴取した。

2. 審査の内容

(1) 高経年化技術評価の実施体制等

保安規定に基づく品質保証計画に従った、技術評価等の実施に係わる組織、協力事業者の管理、国内外の運転経験の反映等の技術評価等の実施体制が概ね妥当であると評価した。

また、評価対象機器・構造物の抽出、使用材料及び環境の同定、経年劣化事象の抽出等を行い、技術評価の対象となる高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を抽出していることは妥当なものであると評価した。

(2) 経年劣化事象ごとの技術評価

中性子照射脆化

炉心の核分裂により生成される中性子が長期間にわたり原子炉压力容器に照射されることにより、その靱性が徐々に低下する(脆化)する現象である中性子照射脆化については、これまで炉内から取り出された監視試験片の強度試験結果が

ら、指標となる遷移温度の上昇が予測の範囲にあることなどから、健全性が確保されるとしている。また、今後の追加保全策として、劣化の長期予測の信頼性を向上させるため、使用済み監視試験片の再生技術開発に取り組み、本技術が確立された場合には例えば約40年目以前の早期に再生試験片による確認を実施すること等を挙げている。

当院は、このような技術評価及び追加保全策は妥当であると評価した。

応力腐食割れ

これまで再循環系配管等に応力腐食割れ(SCC)の発生が認められ、事業者は、配管を低炭素含有量のステンレス鋼製のものへの交換、配管溶接部の残留応力の改善等の対策を講じている。SCCの発生又は進展について、事業者は、これまでの国内外のトラブル事例から評価を行い、耐SCC性に優れた材料への変更、水素注入による炉水の溶存酸素低減、残留応力の改善等を実施しているが、一部機器はSCCの発生が否定できないとしている。したがって、今後の追加保全策として、これまでのNISA文書や維持規格等に基づく計画的な点検に加え、新しい知見が得られた場合には追加点検や点検周期の見直し等を行うとしている。

当院は、このような技術評価及び追加保全策は妥当であると評価した。

疲労

プラントの起動・停止に伴う温度変化により、原子炉压力容器等に生じる繰り返し疲労について事業者は、運転実績等を基に60年を仮定した当該繰り返し回数(過渡回数)から疲労評価を行い、60年の供用を仮定しても疲労き裂は発生せず健全性の評価上問題ないとしている。また、今後の追加保全策として、10年ごとに過渡回数の実績による疲労評価を行うとしている。

当院は、このような技術評価及び追加保全策は妥当であると評価した。

エロージョン・コロージョン

エロージョン・コロージョンによる配管減肉は、配管エルボ部等内部流体の流れが乱れる箇所に発生し易く、プラント供用期間の長期化に伴って、減肉の発生する可能性が低い箇所についても減肉が面的、量的に拡大することも考えられる。事業者は、耐食性に優れた材料への取替え、計画的な肉厚測定による減肉管理等の対策を講じることにより、健全性の評価上問題ないとしている。また、今後の追加保全策として、耐食性に優れた材料へ取替えを実施済みの箇所等減肉の発生の可能性が低いと考えられる範囲についても、サンプリング点検を引き続き実施し、必要に応じ管理を強化することとしている。

当院は、このような技術評価及び追加保全策は妥当であると評価した。

絶縁低下

ケーブルは、その絶縁体が熱や放射線に曝されることにより、時間の経過とともに絶縁特性が低下する。事業者は、これまで絶縁抵抗の測定、機器の機能試験を行うとともに、電気学会技術報告 部第139号「原子力発電所用電線・ケーブルの環境試験方法ならびに耐延焼試験方法に関する推奨案」(以下「電気学会推奨案」という。)に従い環境試験等を行ない、健全性の評価を行っている。その結果、試験条件が60年間の運転期間を満たしていない一部のケーブルについて、今後の追加策として試験条件を再設定の上、電気学会推奨案による長期健全性試験を実施すること、今後の試験研究成果に基づく管理への反映を行うこととしている。

当院は、このような技術評価及び追加保全策は妥当であると評価した。

コンクリートの中性化

コンクリートの中性化は、大気中の二酸化炭素がコンクリートに吸収されることにより、本来アルカリ性であるコンクリートの中性化が経年的に進展し、その強度が低下する現象である。

事業者は、塗装による大気との遮断及び定期目視点検を行うことにより、中性化の進展抑制及び劣化への対応を行うとともに、複数箇所(当院の指示による追加箇所を含む。)での中性化深さの実測を行い、これを踏まえた予測結果から健全性評価上問題ないとしている。また、今後も引き続きコンクリートの非破壊試験、中性化深さの実測等を実施し、必要に応じ補修するとしている。

当院は、このような技術評価及び追加保全策は妥当であると評価した。

その他の経年劣化事象

前記以外の経年劣化事象である孔食、全面腐食等(機械設備に発生)、特性低下等(電気・計装設備に発生)及び塩分浸透、アルカリ骨材反応等(コンクリートに発生)について、事業者の実施した高経年化技術評価及び追加保全策の策定は、JNESによる確認を踏まえ、それぞれ妥当であると評価した。

(3)耐震安全性の確保

事業者は、60年の供用を仮定し、その間の機器・構造物の経年劣化事象の発生・進展を考慮して、耐震重要度クラスに応じた地震力を用いて、保守的に技術基準に照らして耐震安全性の評価を行った。その結果、現状の機器・構造物の施設状況は、耐震安全上問題ないとしている。また、今後の追加保全策として、例えば、配管減肉傾向の把握を行い、これを基に、耐震安全性評価が問題ないか確認するとしている。

当院は、このような技術評価及び追加保全策は妥当であると評価した。

3. 長期保全計画

事業者は、個々の経年劣化事象から抽出した追加保全策をまとめて長期保全計画としている。当院は、事業者の当初の長期保全計画に対し、より具体化することを指摘し、事業者は補正により、記載の充実化を図った。その結果、本計画は妥当であると評価する。

今後、長期保全計画は、プラントの保全計画に反映され、供用開始後30年経過以降の定期事業者検査として計画的に実施し、その実施状況を国に報告するとともに、10年を超えない期間ごとに改めて高経年化技術評価を行うこととしている。また、新技術、新知見を反映して適時適切に保全活動に反映するとしており、妥当なものと評価できる。

4. 高経年化対策の充実

事業者は、本プラントについての高経年化技術評価に基づく長期保全計画の確実な実施に加え、高経年化の充実のため、その透明性・実効性の確保、技術情報基盤の整備、企業文化・組織風土の経年劣化の防止及び説明責任の着実な実施が求められる。

東京電力(株)福島第一原子力発電所3号機
高経年化技術評価等報告書
に係る審査について

平成18年3月

原子力安全・保安院

目 次

1 . はじめに	3
2 . 審査の経緯	5
(1) 総合的な審査	5
(2) 立入検査	5
(3) 学識経験者の専門的意見の聴取	5
(4) 報告書の補正	6
3 . 審査の内容	7
3 . 1 高経年化技術評価等の実施体制等	7
(1) 高経年化技術評価等の実施体制	7
(2) 評価対象機器・構造物の抽出	9
(3) 消耗品・定期取替品の抽出	9
(4) 機器・構造物の部位への分割	10
(5) 動的機器（部位）の抽出	10
(6) 使用材料及び環境の同定	10
(7) 経年劣化事象の抽出	11
3 . 2 経年劣化事象ごとの技術評価	13
(1) 中性子照射脆化	13
(2) 応力腐食割れ	15
(3) 疲労（低サイクル疲労）	18
(4) エロージョン・コロージョン	20
(5) 絶縁低下	22
(6) コンクリートの中性化	24
(7) その他の経年劣化事象	25
3 . 3 網羅性の確保について	27
3 . 4 耐震安全性の評価	28
4 . 長期保全計画	30
5 . おわりに	31

添付資料

- 添付 - 1 東京電力（株）福島第一原子力発電所 3号機高経年化技術評価等に対する指摘事項リスト
- 添付 - 2 福島第一原子力発電所 3号機 高経年化技術評価に基づく長期保全計画（事業者報告書より抜粋）
- 添付 - 3 高経年化技術評価等の標準的な流れ（「実用発電用原子炉施設における高経年化対策標準審査要領」から抜粋）

参考文献

- [1] 高経年化技術評価等報告書（一部補正を含む。）に対する技術審査報告書（東京電力株式会社福島第一原子力発電所 3号機）（平成 18年 3月 15日、独立行政法人原子力安全基盤機構）
- [2] 実用発電用原子炉施設における高経年化対策の充実について（平成 17年 8月 31日、原子力安全・保安院）

高経年化技術評価WG 名簿

高経年化技術評価WG 開催実績

1. はじめに

原子力発電所の高経年化対策に係る技術評価等は、原子炉等規制法第35条(保安及び特定核燃料物質の防護のために講ずべき措置)第1項の規定により、実用発電用原子炉施設の設置、運転等に関する規則(以下「規則」という。)第15条の2(原子炉施設の定期的な評価)第2項に基づき実施されるもので、同条第1項に規定される10年ごとの措置(保安活動の実施状況の評価及び最新の技術知見の反映状況の評価)とともに、中長期的な観点から、原子力発電所の保安活動の妥当性の評価を事業者を求めるものである。

これまで、従来の高経年化対策は、平成8年4月に当時の資源エネルギー庁がとりまとめた「高経年化に関する基本的な考え方」に基づき、これまでに9プラント¹について技術評価(高経年化技術評価)が行われてきているところである。

その後、原子力安全・保安院(以下「当院」という。)は、平成16年12月に総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会に高経年化対策検討委員会を設置し、平成17年8月に「実用発電用原子炉施設における高経年化対策の充実について」報告書をまとめ公表した。このうちの透明性・実効性の確保に係る施策として平成17年12月26日付をもって、「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」(以下「規則」という。)を改正するとともに、「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ライン」(以下「ガイドライン」という。)、²「実用発電用原子炉施設における高経年化対策標準審査要領」(以下「審査要領」という。)等を当院指示文書として発出した。

東京電力株式会社(以下「事業者」という。)は、本年3月26日にプラント運転開始後30年を迎える福島第一原子力発電所3号機について、規則第15条の2第2項の規定に基づき高経年化技術評価を行うとともに、規則第24条第2項の規定に基づき、平成18年1月27日付け原管発官17第471号をもって、「福島第一原子力発電所3号機高経年化技術評価等報告書」(以下「事業者報告書」という。)を経済産業大臣に提出した(平成18年3月13日付け原管発官17第530号付けをもって一部補正)。これを受けて、当院は、ガイドライン及び審査要領等に基づき、内容の妥当性について審査を行った。

審査に当たっては、ガイドラインに基づき独立行政法人原子力安全基盤機構(以下「JNES」という。)が実施した本プラントの高経年化技術評価及び長期保全計画の技

¹敦賀発電所1号、美浜発電所1号及び2号、福島第一原子力発電所1号及び2号、高浜発電所1号及び2号、玄海原子力発電所1号並びに島根原子力発電所1号

術的妥当性確認の結果を踏まえるとともに、高経年化対策検討委員会の下に設置された高経年化技術評価ワーキンググループに諮り、専門的意見を聴取した。本審査書は、これら審査の結果をとりまとめたものである。

なお、事業者はガイドライン等が発出される以前に、プラント運転開始後30年を目途にした技術評価の実施を計画的に行い、その大半を終了していたという事実があることに鑑み、経過的措置として、今回の審査にあたっては、事業者報告書の内容が実質的にガイドライン等で要求する主旨を満たしているかに主眼を置いて実施した。

2. 審査の経緯

(1) 総合的な審査

電気事業者は、電気事業法第39条の規定に基づき、原子力発電所を構成する機器・構造物を技術基準に適合するように維持しなければならない。供用期間中は、これら要求事項に適合するよう機器・構造物を維持することが求められており、高経年化技術評価において、経年劣化の発生・進展状況を基に、学術的な知見、他産業における経験等も総合的に考慮して60年の供用を仮定して経年劣化事象の発生・進展傾向の予測を行い、これに基づき、必要に応じ現状の保守管理活動に追加して、十分に慎重な監視及び計画的な予防保全策を講ずる必要がある。このような観点から当院は、事業者の高経年化技術評価等報告書(一部補正を含む。)の審査を実施した。[1]

具体的には、ガイドラインに基づき当院の指示によりJNESは、経年劣化事象別技術評価審査マニュアル等を取りまとめた「実用発電用原子炉施設における高経年化対策技術資料集」等を用い、事業者からのヒアリング結果を踏まえつつ技術的妥当性の確認を行い、この結果を含む技術的知見を当院に対し報告した。[1]

当院は、JNESからの技術的妥当性確認結果等技術的知見を踏まえつつ、ガイドラインに定められる基本的要求事項及び審査要領に示す「審査等の視点及び判断基準」に則り、総合的な審査を行った。

(2) 立入検査

事業者報告書に記載される具体的な技術評価の実施体制、実施方法、実施結果等について、その裏付け又は根拠となるデータ、文書等を直接確認するため、これらを主に保存・管理している当該発電所に立入検査を実施した(平成18年2月6日～9日)。

(3) 学識経験者の専門的意見の聴取

当院及びJNESによる審査内容を、総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会、高経年化対策検討委員会の下に設置された高経年化技術評価ワーキング

ループに諮り、専門的意見を聴取・反映した。

(4) 報告書の補正

当院は審査の過程で「東京電力(株)福島第一原子力発電所3号機高経年化技術評価等に対する指摘事項リスト」(添付 - 1 参照)に示す事項を事業者に指摘し、これを受けて事業者は、高経年化技術評価等報告書を修正し、平成18年3月13日付け原管発官17第530号をもって修正に係る一部補正書を提出した。

なお、一部補正書には、当院からの指摘に加え、事業者が自主的に修正した内容も含まれている。

3. 審査の内容

3.1 高経年化技術評価等の実施体制等

(1) 高経年化技術評価等の実施体制

保安規定に基づく品質保証計画に従って、高経年化技術評価等の各過程において実施体制が構築されていること、実施方法が確立されていること、それぞれの過程で対応する要領書等が作成されていること等について審査した。

事業者は、先行プラントである福島第一原子力発電所1,2号機における経験を踏まえつつ、「原子力品質保証規定」の下の二次マニュアルである「定期安全レビューマニュアル」に基づき、「高経年化対策実施計画」(以下「実施計画」という。)を作成している。また、品質保証計画における文書の位置付けが一部不明確であったものの、事業者は、高経年化技術評価等の実施手順を定めた「福島第一原子力発電所の高経年化対策評価要領」を作成し、高経年化技術評価等を実施している。

当院は、立入検査等を通じ、以下の事項について実施組織の役割分担、関連マニュアル類の制定状況及び関連文書等の確認を実施した。

この結果、事業者の高経年化技術評価等の実施体制については概ね妥当なものであると評価する。

評価の実施に係る組織

事業者は、高経年化に関する技術評価の実施及び長期保全計画の策定に当たり、発電所内組織である高経年化プロジェクトグループが報告書全体取りまとめの役割を担いつつ、発電所内各部署及び本店原子力運営管理部高経年化対策グループが実施したとしており、各担当組織及びその責任分担等が明確化されている。

工程管理

事業者は、関係法令及びガイドラインの規定に基づいた適切な時期に国に報告することを目標として、発電所技術グループが実施計画を定めて、評価の実施、妥当性確認等の工程管理を実施してきた。

協力事業者の管理

事業者は、福島第一原子力発電所の保全経験者が多く、また、先行プラントである1,2号機における高経年化技術評価助勢実績があることから、高経年化技術評価

の実施に係る力量があるとして、東電設計株式会社へプラント経年変化に関する評価業務委託等を発注している。発注に当たっては社内マニュアルに基づいた発注及び検収管理を行っている。

評価記録の管理

事業者報告書では、評価記録の管理については社内マニュアルに保管すべき記録の名称、保管責任者、保管期間を定めて実施するとしている。

評価に係る教育訓練

事業者は、高経年化に関する技術評価を実施するにあたり、実施計画でその要求する力量を定め、高経年化の技術評価に関する業務経験や保守管理の業務経験等を勘案し業務に精通している者を評価担当者を選任するとしている。具体的な評価担当者の力量水準については、教育・訓練に係る社内マニュアルで管理されている力量水準の区分(保守管理に関し上位職の指導・助言を要せず自ら業務を実施できる)としている。

国内外の運転経験の反映

事業者は、福島第一原子力発電所1,2号機を含む先行号機の技術評価報告書を参考にするとともに、現在までの国内外の運転経験等によって得られた知見を反映している。

国内の運転経験として、法律対象(報告基準改正前の通達対象を含む)のトラブル事例等に加え、有限責任中間法人日本原子力技術協会により運営される原子力施設情報公開ライブラリー(ニューシア)において公開されている事故・故障情報を対象とし、また、海外の運転経験には、Bulletin(通達)等のNRC(米国原子力規制委員会; Nuclear Regulatory Commission)情報を対象とし、平成17年12月末までの情報を反映している。

これら情報の収集・管理については、国内の運転経験については福島第一原子力発電所高経年化プロジェクトグループにおいて、また、海外の運転経験については本店原子力技術・品質安全部技術評価グループにおいて行われていることを確認した。

(2) 評価対象機器・構造物の抽出

「重要度分類指針」²の重要度分類クラス1、2及び3に該当する機器・構造物が漏れなく抽出されていることを審査した。

事業者は、重要度分類クラス1、2及び3に該当する機器・構造物を事業者報告書に評価対象としてリストアップしており、評価対象機器・構造物の抽出に当たっては、品質保証文書としての設計図書である、「3号機配管計装線図(P&ID)」(以下、「P&ID図」という。)、工事認可申請書、展開接続図(EWD)等を使用して抽出している。

当院は、立入検査において、事業者がP&ID図を用いてどのように漏れなく抽出しているかを確認した。P&ID図は容器、ポンプ、弁、配管等を相互のつながりも含めて記述した設計図書であり、事業者の品質保証体系下で改造工事等に対応して最新化されるようになっている。事業者は最新のP&ID図を基に重要度クラス別に色を分けた形で塗り込み作業をしつつ機器・構造物の抽出を行っていることを確認した。

この結果、事業者が行った評価対象機器・構造物の抽出は妥当なものであると評価する。

(3) 消耗品・定期取替品の抽出

高経年化技術評価等の対象外とすることができる消耗品・定期取替品について、その定義を明確にして抽出していることを審査した。

事業者は消耗品・定期取替品の定義を明確にした上で、これらを事業者報告書において高経年化技術評価の対象外としている。

また、消耗品・取替品の定義と具体例について、事業者は「福島第一原子力発電所の高経年化対策評価要領」に明示することとしており、その内容は事業者報告書の定義に合致するものであることから、妥当なものであると評価する。

²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)

(4) 機器・構造物の部位への分割

原子力発電所の安全機能達成のため、機器・構造物ごとに要求される機能を明確にし、その機能の維持のために必要な部位を評価対象として抽出していることを審査した。

事業者は、各機器個別の条件を踏まえ、機器に要求される機能に対してその機能維持に関連する主要なすべての部位に展開するとしており、報告書には対象機器・構造物ごとに対応する部位が記載されている。

当院は、立入検査において、事業者の部位展開に係る考え方・手法として、「重要度分類指針」で要求されている機能を基に、機能の達成に必要な項目を定義し、その機能を達成するための部位を構造図、設備設計仕様書等から抽出していることを確認した。また、事業者報告書に記載されている個々の部位がこの手順に基づき抽出されていることについて、サンプリングにより確認した。

この結果、事業者が行った機器・構造物の部位への分割は妥当なものであると評価する。

なお、本技術評価においては、これら部位展開の考え方、方法が文書化されていなかったことから、今後、標準的な手順として定めることが望まれる。

(5) 動的機器(部位)の抽出

今回事業者は評価対象外とすることができる動的機器(部位)の抽出は行わず、動的機器(部位)を含めた全ての機器に対する技術評価を実施している。

(6) 使用材料及び環境の同定

発生しているか又は発生する可能性のある経年劣化事象の抽出に当たって、部位単位の使用材料、環境を踏まえていることを審査した。

事業者は、前記(4)で分割した部位単位で、設備設計仕様書等を用いて使用材料及び環境(圧力、温度、構造、流体条件等)を同定しており、妥当なものであると評価する。

(7) 経年劣化事象の抽出

部位の使用材料及び環境に応じ、発生しているか、又は発生が否定できない経年劣化事象がすべて抽出されていることを審査した。

事業者は経年劣化事象の抽出の方法として、これまでの高経年化技術評価実施プラントと同様に、第1段階スクリーニング(原子力プラントの置かれた環境を考慮した絞り込み)、第2段階スクリーニング(国内外の過去の運転実績、材料データ等を踏まえた絞り込み)を実施し、これにより絞り込まれた経年劣化事象について、第3段階スクリーニングとして、各機器個別の条件を踏まえた部位レベルでの経年劣化事象を抽出していることを確認した。この際に考慮すべき国内外の運転経験については、先行プラントで用いられたものに、平成17年12月末までの新たな情報を加え、各段階のスクリーニングに反映している。

なお、本技術評価においては、これら経年劣化事象の抽出手順を記載した文書の品質保証計画における文書の位置付けが不明確であったことから、今後、本文書の位置付けを明確にすることが望まれる。

また、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象(以下「着目すべき経年劣化事象」という。)の抽出に当たっては、前記の手法で抽出した経年劣化事象から、下記の～に該当するものを除いたものを、着目すべき経年劣化事象であるとしている。このような過程を経て、事業者は、機器・構造物の部位と経年劣化事象を関係付けた表を作成している。

現在までの運転経験で有意な経年劣化傾向が認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因がないと判断できるもの。

使用条件から考えて、材料試験データとの比較等により、容易に工学的には問題ないと判断できるもの。

日常の巡視点検等にて経年劣化の兆候が容易に把握でき、かつ容易に修復することが可能であるもの。(これについては着目すべき経年劣化事象であることを否定できないものの、現状保全で確実に予防保全が行われることから、着目すべき事象として評価の対象としない。例えば腐食を防止するための補修塗装が該当する。

当院は、立入検査において、前記の各段階に具体的な経年劣化事象を当てはめてスクリーニングを行っていることを確認した。

このような着目すべき経年劣化事象の抽出方法は、個々の経年劣化事象について、ガイドラインに定められる着目すべき経年劣化事象であるか否かを評価しているものではないが、着目すべき経年劣化事象を保守的に抽出する観点から妥当なものであると評価する。

3.2 経年劣化事象ごとの技術評価

(1) 中性子照射脆化

中性子照射脆化は、原子炉压力容器でその影響が顕著であり、炉心の核分裂により生成される中性子が長期間にわたり照射されることにより、その靱性が徐々に低下する(脆化)現象である。

原子炉压力容器材料は、低温では脆く遷移温度域で破壊靱性が増加し、上部棚温度域ではほぼ一定の破壊靱性となる。照射により遷移温度は上昇し、上部棚温度域での破壊靱性は低下する。事業者は脆化傾向を定量的に把握するために炉内に監視試験片を入れ、これを随時取り出して強度試験(以下「監視試験」という。)を行っている。中性子照射脆化による破壊靱性の変化は、図1に示すように、シャルピー衝撃試験片の監視試験から求められる遷移温度の上昇量と上部棚吸収エネルギー(USE)の低下を用いて評価する。

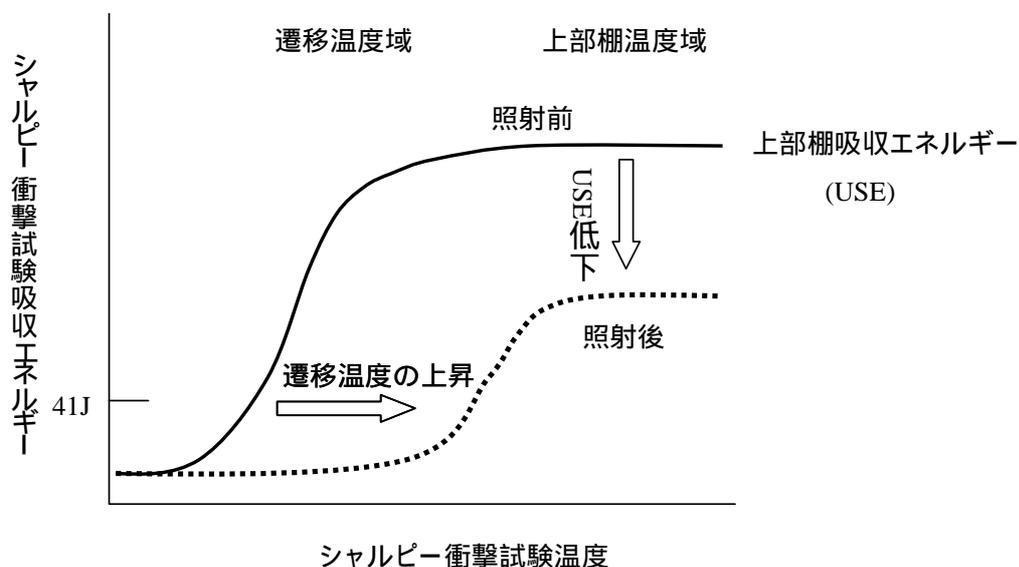


図1. 中性子照射に伴う脆化

本プラントではこれまでに監視試験片を3回取り出して試験を行っている。これによると指標となる遷移温度の上昇が、何れも国内脆化予測式の範囲にあり、特異な脆化は認められないとしているが、先行プラントにおける実績も踏まえると予測式より求めた脆化傾向を上回る可能性は否定できない。

これに対し、事業者は以下の事項について評価を行い、追加保全策を策定している。

経年劣化事象に対する評価点の抽出

原子炉压力容器の中性子照射脆化では、中性子照射量の最も多い原子炉压力容器胴部を評価点として抽出している。

経年劣化事象の発生又は進展の評価

遷移温度域、上部棚温度域ともに JEAC4201 で、「原子炉構造材の監視試験方法」の国内脆化予測式に従って、60年供用時までの脆化を予測している。

健全性の評価

遷移温度の上昇傾向について事業者報告書では、今までに実施された加速試験を含む3回の監視試験による温度の上昇が、何れも国内脆化予測式による予測線の範囲にあり、特異な脆化は認められないとしている。

遷移温度域での健全性を確保するために追補版 JEAC4206-2003 に従い遷移温度の上昇を考慮して定める最低使用温度は、大きな欠陥を想定して定められるが、実機評価点の供用中検査記録には欠陥エコーが記録されておらず、有意な欠陥が存在しないと考えられるため、十分大きな余裕を持って健全性が確保されているとしている。BWR では最低使用温度を適切に管理することにより遷移温度域の健全性が確保されるとしている。

上部棚吸収エネルギー (USE) の低下傾向については、今までに実施された3回の監視の脆化傾向は国内脆化予測式の予測線に沿っていてもばらつきも小さく、国内脆化予測式から乖離して脆化が進む兆候は見られない。

上部棚温度域での健全性については、追補版 JEAC4206-2003 において USE が 68J 以上であれば十分な破壊靱性を有して健全性が維持されるとしており、60年供用時の USE 予測値が 68J を十分上回っているため健全性が確保されるとしている。

現状保全の評価

計画的な監視試験の結果を基に、JEAC4201 の国内脆化予測式に基づいて脆化を予測し、追補版 JEAC4206-2003 等に基づく最低使用温度を定めて運転管理している。併せて原子炉压力容器に最低使用温度の設定条件に矛盾するような大きい欠陥のないことを供用期間中検査で確認している。

また、試験済みの監視試験片を再生して利用できるように、前回試験した試験片を炉内に戻して継続照射している。

追加保全策の策定

遷移温度の上昇について長期予測の信頼性を向上させるため、照射量の多い監視試験データを充実し、脆化予測式の妥当性の確認及びその高精度化を図っている。

また、これに関連して、使用済み試験片の再生技術や新しい脆化予測式についてそれらの開発に取り組むと共に、国や民間の技術開発動向も見極めつつ、規格基準化に積極的に参画し、実機への早期適用を検討している。

当院は、健全性の評価に関して、監視試験による遷移温度の上昇は、先行プラントにおける経験からも予測線に対するばらつきが大きく、予測線の脆化傾向を上回る可能性は否定できないので、長期的な脆化に関する予測の信頼性向上策に係る事業者の具体的方策を明らかにすることを求め、事業者はこれを報告書の補正により反映した。

また、立入検査において、監視試験記録、供用中検査記録などから保全状況を確認した。

以上の結果、事業者の行った原子炉压力容器の照射脆化に係る技術評価及びこれに基づく追加保全策は妥当なものであると評価する。

(2) 応力腐食割れ

応力腐食割れ(SCC)は、原子炉压力容器、炉内構造物等において、材料、環境、応力の3要素が重畳して、主として溶接金属及び溶接熱影響部に発生する。その発生については、粒界型応力腐食割れ(IGSCC)は経年に依存しない傾向、照射誘起応力腐食割れ(IASCC)は中性子照射を受けると材料のSCC感受性が高まるものの、一定の中性子照射量に達するまではほとんど発生しない傾向にある。[2]

これまで、BWRでは、SUS304ステンレス鋼製の再循環系配管等にIGSCCの発生が認められ、その対策として、溶接時の入熱による鋭敏化が起きないように低炭素含有量のSUS316Lステンレス鋼製のものに交換されてきた。しかしながら、最新の知見では、SUS316L鋼製のものについてもIGSCCによるひび割れが発生している。

このような状況下、IGSCCに対する予防保全として、本プラントについても、IHSI

(高周波誘導加熱応力改善法)による配管溶接部の残留応力の改善(引張応力を圧縮応力に改善)、原子炉内への水素注入による腐食環境の改善(腐食に必要な溶存酸素の低減化)及び炉心シュラウド(一体鍛造型による溶接箇所への減少、残留応力改善等)、再循環系配管等の取替え並びにIGSCC発生に伴う点検の強化等の様々な対策が講じられている。このような対策を講じることにより、IGSCCの発生は経年化とともに大きく増加する傾向は認められていないが、監視の強化、ピーニング等による残留応力改善、表面改質技術の適用、取替等による予防保全対策を講じる必要がある。

これに対し、事業者は、以下の技術評価を実施し、追加保全策を策定している。

経年劣化事象に対する評価点の抽出

オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金の使用部位としてのノズル、ノズルセーフエンド、中性子束計測ハウジング等に対して溶接部(熱影響部、溶接金属)を評価点として抽出している。また、炉内構造物については炉心領域に近く照射量の高い上部格子板、炉心シュラウド、炉心支持板、周辺燃料支持金具、制御棒案内管を評価点として抽出している。

経年劣化事象の発生又は進展の評価

高ニッケル基合金及び低炭素系ステンレス鋼を使用している溶接部(熱影響部、溶接金属)のIGSCCについては、発生時期を予測できる予測式、データが少ないため、国内外プラントの運転経験や最新の知見から評価を行っている。また、炉心シュラウド等の材料であるオーステナイト系ステンレス鋼は、中性子照射を受けると材料周辺の腐食環境が水の放射線分解と相まって材料自身のIASCC感受性が高まることから、同様に国内外の運転経験や最新の知見から評価を行っている。

健全性の評価

1) IGSCCに対する評価

事業者は、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金使用部位はIGSCC発生の可能性を否定できないことから、水素注入による炉水の溶存酸素低減化を図っており、また、最新知見としてスタブチューブの炉底部溶接部、中性子束計測ハウジング取付溶接部については炉心シュラウド取替時に、これら溶接部(熱影響部、溶接金属)を全数目視点検で健全性を確認している。

a. ステンレス鋼を使用する母材、溶接金属

原子炉冷却材再循環水入口及び出口ノズルセーフエンドならびにジェットポンプ

計測管貫通部シールについては鋭敏化対策として炭素量を低減した耐SCC性に優れたステンレス鋼に取り替えるとともに高周波誘導加熱による応力改善を行っておりIGSCC発生の可能性は少ないと評価している。

中性子束計測ハウジング母材については取付溶接部のハウジング内面は、表面改質技術であるレーザクラディング工法により内表面に耐食性に優れたクラッド層を形成するとともに外表面の溶接残留応力を改善しておりIGSCC発生の可能性は少ないと評価している。

計装ノズルセーフエンド、差圧検出・ほう酸水注入ノズルティーについては鋭敏化対策として炭素量を低減した耐SCC性に優れたステンレス鋼に取り替えているがIGSCC発生の可能性は否定できず、また、制御棒駆動機構ハウジング、ブランケットについてもIGSCC発生の可能性は否定できないとしている。

炉内構造物である炉心シュラウド、上部格子板、炉心支持板、炉心スプレイ配管、炉心スプレイスパージャ、給水スパージャ、シュラウドサポート等はIGSCC発生の可能性は否定できないとしている。

b. 高ニッケル合金使用母材

計装ノズルについてはニオブを添加し、耐SCCに優れた材料に取替えており、IGSCC発生の可能性は少ないと評価しているがスタブチューブについてはその発生の可能性は否定できないとしている。

c. 高ニッケル合金(溶接部)

原子炉压力容器と計装ノズルの溶接部についてはノズル取替時にIGSCC感受性の高いインコネル182を一部除去するとともにIGSCC感受性の低いインコネル82で肉盛りしており、また計装ノズルとノズルセーフエンド溶接部はインコネル182をインコネル82に取替たことからIGSCC発生の可能性は少ないと評価している。一方、原子炉压力容器下鏡とスタブチューブ溶接部等インコネル182を使用しておりIGSCCの発生の可能性は否定できないとしている。

2) IASCCの評価

上部格子板、炉心シュラウド、炉心支持板、周辺燃料支持金具、制御棒案内管のIASCCについては、運転の長期化に伴い照射量が増加し、IASCC感受性が増加するとし、中性子照射、応力及び環境を要因として評価を行っている。

現状保全の評価

維持規格に基づく超音波探傷試験及び原子炉压力容器漏えい検査時の漏えい検査等を行っている。炉内構造物である上部格子板、炉心シュラウド、炉心支持板、周辺燃料支持金具、制御棒案内管に対しては計画的に目視点検を実施している。

追加保全策の策定

NISA 文書「原子力発電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」及び維持規格等に基づく計画的な点検を実施するとともに、これらの点検結果及び材料データの拡充等、今後の知見に基づき適切な措置を検討するとしている。

炉内構造物については、発電用原子力設備規格維持規格(日本機械学会)、BWR 炉内構造物点検評価ガイドライン(火力原子力発電技術協会)等に基づく計画的な目視点検を実施するとともに、これらの点検結果及び国によるプロジェクト等での新しい知見等が得られた場合は追加点検や点検周期の見直し等を実施するとしている。

立入検査では、例えば制御棒駆動機構ハウジング溶接部に対する予防保全の実施状況等、これまでのSCC対策の実施状況、材料別の発生状況の評価及び追加保全策等について確認を行った。

以上の結果、事業者の行った原子炉压力容器、炉内構造物等のSCCに係る技術評価及びこれに基づく追加保全策は妥当なものであると評価する。

(3) 疲労(低サイクル疲労)

プラントの起動や停止などに伴い、原子炉压力容器等は、大きい温度圧力の変化によって構造不連続部に局所的に大きい応力振幅が生じ、それが繰り返されるとき裂が発生する。この現象を低サイクル疲労という。

低サイクル疲労によるき裂の発生を防止するために、原子炉压力容器等は、設計時の想定評価期間に生じる起動停止などの過渡により定められた設計応力サイクルを考慮しても、疲労き裂が生じないよう設計されている。疲労に対する高経年化技術評価で想定する評価期間における応力サイクルを設定して、更に接液環境の効果を考慮して疲労き裂の発生有無を評価し、発生の可能性がある部位への対応を明らかにすることである。

本プラントでは、平成15年度末時点までの運転実績(64回の起動、63回の停止)に基づいて、以下に示す60年供用時の低サイクル疲労評価を実施し、追加保全策を策定している。

経年劣化事象に対する評価点の抽出

評価点は、工事認可時に疲れ累積係数が大きかった部位を中心として選定されている。原子炉圧力容器では、温度変化が大きく比較的大きな熱応力が発生する給水ノズル、締め付け力が加わる上鏡フランジ及び胴フランジ(含ボルト)、容器の自重が加わる下鏡及び支持スカートを選定している。配管等においては、主蒸気と主給水配管、再循環ポンプ、シュラウド等の疲れ累積係数が大きい点が評価点とされている。

経年劣化事象の発生又は進展の評価

60年供用時の低サイクル疲労評価に用いる応力サイクルは、運転開始から高経年化技術評価を開始した時点までの実績平均発生頻度を求め、その頻度が60年供用時まで続くと想定してサイクル数を評価し、更に運転開始前の応力サイクルや、今まで一度も生じていない設計過渡までを考慮して定められている。また、これらの部位のうちで一次冷却材に接する部位には、「発電用原子力設備に関する環境疲労評価ガイドライン」(平成14年6月 社団法人・火力原子力発電技術協会)に従って、環境中の疲れ累積係数を評価している。

健全性の評価

低サイクル疲労の発生事例はなく、また60年供用時の疲れ累積係数は、全ての評価点で接液環境を考慮しても1以下となったことから、60年供用時にも低サイクル疲労き裂は発生しないと評価している。

現状保全の評価

耐圧部については計画的な超音波探傷検査及び漏えい検査等を実施しており、非耐圧部についても日常の目視点検を実施している。

追加保全策の策定

現状保全に加えて、10年を超えない期間ごと実過渡回数の確認による疲労評価を行うとしている。

立入検査では、例えば原子炉圧力容器について、評価に用いた実過渡実績、環境中疲労評価に係わる環境条件、及び評価点の供用期間中検査等の記録について確認を行った。

以上の結果、事業者の行った原子炉圧力容器等の疲労に係る技術評価及びこれに基づく追加保全策は妥当なものであると評価する。

(4) エロージョン・コロージョン

配管等に発生するエロージョン・コロージョンによる減肉の進行は流速、水質条件、温度及び材質等により影響され、物理作用による浸食(エロージョン)と化学的作用による腐食(コロージョン)の相互作用によって進展する。エロージョン・コロージョンはエルボ部、分岐部、レヂューサ部等の流れに乱れが起きる箇所に発生する可能性がある。

福島第一原子力発電所3号機では、これまでエロージョン・コロージョンによる減肉漏えい事象は発生していないが、他プラントの経験を反映して抽気系、給水系の炭素鋼配管を耐食性に優れた低合金鋼配管へ取り替えてきている。しかしながら、供用期間の長期化に伴って、減肉の発生する可能性が低い箇所、減肉速度が遅い部位においても減肉が面的、量的に拡大することも考えられるため、きめ細かな減肉管理が重要である。

これに対し、事業者は従来の配管減肉管理を改めて再整理・検討して「配管減肉管理指針」を制定し(平成16年11月)、これに基づき配管減肉の可能性のある環境下にあり、材料による減肉管理が講じられていない配管に加えて、環境条件が緩やかである、または減肉対策材に取り替え減肉の発生する可能性が低い部位においても肉厚測定を行い、減肉傾向を把握し、余寿命評価を行っており、これらの配管減肉管理実績を基に以下の技術評価を実施すると共に、追加保全策を策定している。

経年劣化事象に対する評価点の抽出

配管減肉については、配管のエルボ部等の流れの乱れが起きる箇所を評価点としており、さらに、「配管減肉管理指針」により、運転経験や最新の知見を反映して復水器につながる二相流配管でオリフィス又は水位調整弁下流の偏流発生部位、炭素鋼で溶存酸素の効果が期待できない範囲の内、絞り弁及びオリフィス下流部を減肉監視対象箇所に加えている。

経年劣化事象の発生又は進展の評価

基本的に炭素鋼、低合金鋼、ステンレス鋼のいずれにおいても、内部流体が純水、蒸気であり、温度や溶存酸素量などの条件によっては、エロージョン・コロージョンに

よる減肉の可能性は否定できないとして、肉厚測定を計画的に実施することにより減肉の進展傾向を評価している。

健全性の評価

配管減肉については、減肉傾向の監視による余寿命評価を実施し、必要に応じ予防保全策として取替を実施することで健全性は維持されるとしている。上述の「配管減肉管理指針」を基に、「配管減肉管理長期計画」(福島第一原子力発電所3号機)(平成17年8月)を策定し、主蒸気系、給水系、原子炉冷却材浄化系、復水系、抽気系、補助蒸気系、給水加熱器ベント系、給水加熱器ドレン系、タービンランド蒸気系配管に対して肉厚測定による減肉傾向監視を行っている。

現状保全の評価

前述の「配管減肉管理指針」では、配管減肉の可能性が大きい部位には「減肉監視点検」で減肉傾向の監視を行い、対策材への取替後や使用環境から減肉の可能性が低い部位には「健全性確認点検」としてサンプリング点検を実施するという管理ランク付けが行われている。

本プラントでは、「配管減肉管理長期計画」により、運転経験や最新の知見を受けて復水器につながる二相流配管でオリフィス又は水位調整弁下流の偏流発生部位の内、65A以下の小口径配管及びヒーターベント系配管、並びに炭素鋼で溶存酸素の効果が期待できない範囲の内、絞り弁及びオリフィス下流部については、減肉管理を強化するため、「健全性確認点検」から「減肉監視点検」への管理変更を行い、至近の定期検査時期に全数点検を行うこととしている。

また、小口径配管のソケットエルボ部に対しては、配管の曲率等外部形状から超音波厚さ測定器の探触子を上手く当てるのが困難なため、超音波厚さ測定器による減肉管理が難しいことから、放射線透過装置による肉厚測定を実施し減肉傾向を把握することとしている。

追加保全策の策定

減肉の発生の可能性が低いと考えられる範囲においてもサンプリング点検を実施し、顕著な減肉が確認されれば管理強化を行う等、新たな知見が確認された場合は、その後の計画等に反映するとともに今後も追加的に対策材に取り替えられた配管に対し肉厚測定等を行い、データ及び知見を蓄積し、適切に配管減肉管理へ反映するとしている。

また、現在、配管減肉に関する規格化が進められている日本機械学会での検討結果を踏まえ、新たな知見が確認されれば社内指針等の見直しを行っていくこととしている。

当院は、立入検査において、「配管減肉管理長期計画(福島第一3号機)」(平成17年8月)により、配管減肉管理について配管減肉点検実績、取替実績、管理ランク、配管寿命等を記入した長期計画が定められていることを確認した。また、運転経験や最新の知見を受け、トラブル類似箇所について管理ランクが見直されていることを確認した。さらに、環境条件が緩やかである、または減肉対策材に取り替えられた配管等の減肉の発生する可能性が低い部位に対しては、配管系全体の減肉状況を把握するため抽出箇所を極力分散させることを考慮するとともに、他プラントの類似箇所の点検状況、点検作業の合理性等を勘案し、点検時期を設定するとしていることを確認した。

以上の結果、事業者の行った配管等の減肉に係る技術評価及びこれに基づく追加保全策は妥当なものであると評価する。

(5) 絶縁低下

絶縁低下とは、ケーブル等の通電部位である導体と大地間、あるいは導体と他の導体との電氣的独立性(絶縁性)を確保するために、電気抵抗の大きい材料(絶縁体)を介在させているが、その絶縁体が環境的(熱・放射線等)、電氣的及び機械的な要因で劣化し、電気抵抗が低下することで電氣的独立性(絶縁性)を確保できなくなる現象のことであり、時間の経過とともに進展する事象である。量的には、ケーブルが最も多く、その影響を受ける。

事業者は、点検時に絶縁抵抗測定等を実施するとともに、点検時に実施する系統機器の動作試験においてもケーブルの絶縁機能の健全性を確認しており、これまで有意な絶縁低下は生じていない状況にある。しかしながら、ケーブルは通常運転中に熱や放射線に曝されているものがあり、今後これらにより絶縁低下が進展する可能性は否定できず、またケーブルの中には厳しい事故時雰囲気環境に曝されても機能が要求されるものがあり、この場合、通常運転時と事故時雰囲気内での絶縁低下を考慮する必要がある。

これに対し、事業者は以下の事項について評価を行い、追加保全策を策定している。

経年劣化事象に対する評価点の抽出

最も環境(温度、線量率)が厳しい使用条件を特定し、その箇所のケーブルの絶縁体の絶縁低下を経年劣化事象に対する評価点として抽出している。

経年劣化事象の発生又は進展の評価

ケーブルの絶縁体は、有機物の架橋ポリエチレン等であるため、60年の供用を仮定すると、熱的、電氣的、環境的要因で経年的に劣化が進行し、絶縁低下を起こす可能性があることから、長期健全性試験により評価している。

健全性の評価

通常運転中に受ける熱・放射線を加速付与するとともに必要に応じて事故時雰囲気模擬した環境にケーブルを曝す電気学会技術報告 部第139号「原子力発電所用電線・ケーブルの環境試験方法ならびに耐延焼試験方法に関する推奨案」(以下「電気学会推奨案」という)と同じ手順でケーブルの長期健全性試験を実施し、この結果に基づき、例えば高圧難燃 CV ケーブルは60年間の通常運転及び事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価している。なお、一部のケーブル(難燃PNケーブル)の試験条件は、51年間の運転期間に対応するものとなっている。

現状保全の評価

例えば高圧ケーブルでは、点検時に絶縁抵抗測定や電位減衰法による絶縁診断試験を実施するとともに、点検時に実施する系統機器の動作試験においてもケーブルの絶縁機能の健全性を確認している。

また、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、ケーブルの取替を行うこととしている。

追加保全策の策定

長期健全性試験の試験条件が60年間の運転期間を満たしていない一部のケーブルについて、電気学会推奨案と同じ手順による60年間の運転期間における熱・放射線及び事故時の雰囲気による劣化を想定した長期健全性試験を実施し、健全性の再評価を行うとともに、必要に応じて適切な対応をとっている。

また、現在国のプロジェクトで、より実機環境を模擬したケーブルの経年劣化評価手法に関する検討が実施されていることより、今後その成果の反映を検討していくとしている。

当院は、立入検査等において、長期健全性試験の試験条件が、福島第一原子力発電所3号機における60年間等の想定使用条件及び想定事故時雰囲気条件と合致または包絡していること、ケーブル種別、使用目的等を記載したケーブル管理リストを作成して管理されていることを確認した。

以上の結果、事業者の行ったケーブル絶縁低下に係る技術評価及びこれに基づく追加保全策は妥当なものであると評価する。

(6) コンクリートの中性化

コンクリートの中性化による強度低下は、すべての構造物に確実に発生する劣化事象であり、コンクリート構造物の耐久性を考える場合、基本的な劣化事象である。その進展の程度は、コンクリート構造物が置かれた環境や材料、仕上げ等により異なる。

コンクリート構造物の強度低下については、日常点検により必要に応じて補修されるとともに、中性化に関し、定期的な非破壊検査による強度確認及び中性化深さの調査が実施されているため、大きな課題は少ないと考えられるが、環境等の条件に応じた中性化に関する継続的な調査及び保全が重要である。

これに対し、事業者は、コンクリートの中性化による強度低下に対し、以下の技術評価を実施し、追加保全策を検討している。

経年劣化事象に対する評価点の抽出

中性化の進展に影響を及ぼす要素として、二酸化炭素濃度、温度、湿度、仕上げの有無が考えられることから、当院の指摘に基づき、これらを考慮して、事業者は運転開始後30年を迎える平成18年に複数箇所において中性化深さの実測を行った。その結果を踏まえて評価点を抽出しており、妥当なものであると評価する。

経年劣化事象の発生又は進展の評価

中性化が内部に進行し、鉄筋を保護する能力が失われると、鉄筋はコンクリート中の水分、酸素により腐食し始め、腐食による体積膨張によりコンクリートにひび割れや剥離が生じ、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性があることから、理論式(最も保守的な結果が得られる岸谷式)により進展評価している。この理論式は実測データとの照合によりその妥当性を検証している。

健全性の評価

理論式による60年時点での中性化深さの推定値は、屋内において3.2cmであり、鉄筋が腐食し始める時の中性化深さ6.0cmを下回っている。同様に、屋外においても推定値3.2cmに対して鉄筋が腐食し始める時の中性化深さ4.0cmを下回っており、コンクリートの中性化による強度低下は長期健全性評価上問題とならないとしている。

現状保全の評価

日常の巡視点検又は定期目視点検を実施し、必要に応じて補修を行うとともに、定期的な非破壊検査による強度確認、中性化深さの実測を実施している。

追加保全策の策定

高経年化の観点からは追加保全策はなしとしており、現状の定期的な目視点検、必要に応じた補修を実施するとしている。

当院は、立入検査等において、中性化を評価する場合の評価点について、その選定理由を確認するとともに、日常保全の状況を確認した。また、高経年化技術評価済みプラントである福島第一原子力発電所1号機及び2号機において追加保全策とされていた定期的なコンクリートの非破壊検査は、3号機では現状保全に含まれていることも確認した。

以上の結果、事業者の行ったコンクリートの中性化による強度低下に係る技術評価及びこれに基づく追加保全策は妥当なものであると評価する。

(7)その他の経年劣化事象

事業者は、前記のうち(1)～(5)の経年劣化事象について、(1)～(5)に記述した以外の機器・構造物に対する健全性評価等を実施するとともに、(1)～(6)以外の下記の経年劣化事象についても関連する機器・構造物の健全性評価等を実施している。

当院はJNESの技術的知見を踏まえ、妥当なものであると評価する。

機械設備(ポンプ、熱交換器、容器等)を中心とした、孔食、隙間腐食、全面腐食、腐食、摩耗、疲労われ(高サイクル疲労、熱疲労)、へたり、クリープ、中性子吸収能力低下、性能低下、支持機能低下、基礎ボルト樹脂の劣化

電気・計装設備(モータ、電源設備、電気ペネトレーション、計測制御設備)を中心とした特性低下、固着、気密性の低下

コンクリート構造物(熱、放射線照射、塩分浸透、アルカリ骨材反応、機械振動)、コンクリートの遮蔽能力低下(熱)、鉄骨の強度低下(腐食)

3.3 網羅性の確保について

審査要領に示す「4. 審査等の視点及び判断基準」中 (1) ~ に基づき、以下のとおり審査した。

(1) 経年劣化事象の評価に係る網羅性の確保

事業者報告書中の機器・構造物に想定される経年劣化事象と評価対象部位を組み合わせた一覧表において示された着目すべき経年劣化事象とされているすべての経年劣化事象が、漏れなく評価されていることを確認した。

(2) 部位の評価に係る網羅性の確保

機器・構造物を構成する評価対象部位として抽出された部位が、漏れなく評価されていることを確認した。

(3) 機器・構造物の評価に係る網羅性の確保

事業者は、選定された評価対象機器は数千機器にも及ぶことから、合理的に評価するため、構造(型式等)、使用環境(内部流体等)、材料等によりグループ化し、グループ毎に重要度、使用条件、運転状態等を考慮して評価モデルとしての代表機器を選定し、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評価している。また、代表機器の評価結果を適用できない経年劣化事象については、別途評価を実施している。

この結果、事業者が抽出した重要度指針のクラス1、2の機器・構造物及びクラス3のうち高温、高圧の環境下にある機器・構造物のすべてについて、評価が行われていることを確認した。

3.4 耐震安全性の評価

前項までにおいて、各機器・構造物に対して発生しているか、又は発生が否定できない経年劣化事象に係る発生・進展状況等を踏まえた技術評価及びこれに基づく追加保全策等についての審査を行い、現状保全の継続又は追加保全策の実施により、機器・構造物の健全性(プラントの安全のために要求される本来の機能)が維持されることを評価した。

しかしながら、プラントの機器・構造物に発生が想定される経年劣化事象のうち配管の減肉、応力腐食割れ等については、機器・構造物の振動応答特性又は構造・強度に影響を及ぼす可能性があることから、60年の供用に伴う経年劣化を考慮して、機器・構造物ごとに耐震重要度クラスに応じた地震力を用いて技術基準に照らして耐震安全性を評価し、必要に応じ現状の保全に追加すべき保全策を抽出することが重要である。

これに対し、事業者は以下の技術評価を実施し、追加保全策を検討している。

(1) 技術評価結果の整理

技術評価で検討された経年変化事象を、その検討結果に基づき、

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(保全対策により発生可能性が十分に低減されているものを含む)。

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。

に分類し、bの事象について耐震安全性に与える影響を評価することとしているが、a. に分類した経年劣化事象については個別の機器・構造物の技術評価結果を引用して耐震安全性評価対象外とする理由を記載している。

(2) 耐震安全上考慮すべき経年劣化事象の抽出

前項(1)で整理された経年劣化事象について、これが顕在化した場合、対象となる機器の振動応答特性または構造・強度評価上、影響が「有意」であるか「軽微もしくは無視」できるか等を検討し、「有意」なものを耐震安全上考慮すべき経年劣化事象として抽出している。

(3) 経年劣化事象に対する耐震安全性評価

各機器・構造物について、(1)、(2)で整理された耐震安全上考慮すべき経年劣化事象ごとに、JEAG4601「原子力発電所耐震設計技術指針」及び JEAG5003「変電所等における電気設備の耐震対策指針」に基づいた耐震安全性評価を実施している。

例えば、エロージョン・コロージョンによる配管減肉については、当初設計において地震時の発生応力と許容応力の比が最も厳しいとされる部位を選定し、保守的に技術基準で要求される必要最小板厚で周方向一様減肉が生じたものとしてモデル化し、配管の減肉による発生応力と許容応力を比較している。また、この結果、発生応力が許容応力を上回った場合には、同一配管系内の減肉実測データからの予測値のうち最大値を用いて再評価している。

(4) 現状施設の評価

前項での耐震安全性評価の結果、現状の機器・構造物の施設は耐震安全上問題ないとしている。

(5) 追加保全策の策定

例えば、エロージョン・コロージョンによる配管減肉については、評価の前提とした想定板厚は現時点までの測定データに基づくものであるため、耐震安全性評価の観点から、今後の肉厚測定等による減肉傾向の把握及びデータ蓄積を行うとしている。

当院は、立入検査において、配管(炭素鋼、ステンレス鋼)を例に、評価対象とする具体的な判断基準、想定減肉量、解析を行う対象ライン(代表ライン)とその考え方及び解析範囲等を確認するとともに、サンプリングにより、肉厚測定結果と耐震解析入力値が合致していることを確認した。

以上の結果、事業者の耐震安全性評価及びこれに基づく追加保全策の策定は妥当なものであると評価する。

4. 長期保全計画

(1) 今回策定された長期保全計画

事業者は、個別の技術評価結果から示された「追加保全策の策定」において現状保全に追加すべき保全策とされたものについて、対象機器、経年劣化事象、健全性評価結果、現状保全の評価結果、追加保全項目とその内容および実施時期を取りまとめた長期保全計画を策定している。また、本計画においては、個別の技術評価結果から示された今後の技術開発課題が抽出されている。

当院は、立入検査において、上述の長期保全計画の記述が抽象的な範囲にとどまっているものについて、より具体化することを指摘し、事業者は補正により記述の充実を図った。

こうした補正内容を含め策定された長期保全計画は、上述の審査の結果、妥当なものと評価する。

長期保全計画を添付 - 2 に示す。

(2) 長期保全計画の実施

策定した長期保全計画については、発電所の保全計画に反映し、当該プラントが運転開始30年を迎える平成18年3月27日以降の最初の定期検査より、原則的に定期事業者検査として計画的に実施し、その実施状況を国に報告するとしており、妥当なものと評価できる。

(3) 長期保全計画の見直し

今後、運転経験や技術開発等により新技術、新知見が得られたものについては、適時適切に活用し、保全活動に反映してその向上を図っていくとしており、妥当なものと評価できる。

5. おわりに

本年3月に運転開始後30年を迎える東京電力株式会社福島第一原子力発電所3号機の事業者報告書に対し、新しく策定したガイドライン及び審査要領に則り審査を行った。

事業者が実施した高経年化技術評価においては、最新の技術知見等を踏まえ、関連するデータ、知見、安全研究等を組み合わせて関連する経年劣化事象を適切かつ総合的に評価するとともに、監視の強化等、現状の保守管理活動に追加すべき新たな保全策を長期保全計画として策定していると評価できる。事業者は今後のプラント運用にあたって、今回の評価結果を踏まえて、プラントの安全性・信頼性の維持のために現状保全の確実な実施に加えて、長期保全計画としてとりまとめられた現状保全に追加すべき保全策を品質保証規定、保守管理規定の下で着実に実施していくことが重要である。

また、事業者は、万全の高経年化対策を講じるため、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的確にこれに反映するとともに、「実用発電用原子炉施設における高経年化対策の充実について」(平成17年8月31日、原子力安全・保安院)において示された高経年化対策の充実のための課題である、

透明性・実効性の確保
技術情報基盤の整備
企業文化・組織風土の経年劣化防止
高経年化対策に関する説明責任の着実な実施

に着実に対応するため、その役割に応じた具体的な計画や施策を策定し実施することが望まれる。

なお、当院は、今回の審査において妥当性を確認した長期保全計画に基づく新たな保全策について、原則として定期事業者検査として事業者を実施させるとともに、その実施状況及び結果並びにその適切性について、その重要性、実施内容等を考慮して、定期検査、定期安全管理審査又は保安検査において確認することとしている。

東京電力(株)福島第一原子力発電所3号機高経年化技術評価等に対する指摘事項リスト

分類	審査項目	対象	連番	指摘事項
高経年化技術評価実施体制		関連ドキュメントの位置付け	1	高経年化技術評価の具体的実施手順等が定められている「高経年化対策評価要領」について、文書体系上の位置付けを確認したが、上位文書である「定期安全レビューマニュアル」との関係が規定されておらず、品質保証計画における文書の位置付けが不明確であることを指摘した。
		関連ドキュメントの位置付け	2	経年劣化事象の抽出手順に関する文書が品質保証計画における文書に位置付けられていないことを指摘した。
		NISA関連文書の反映	3	NISA文書(高経年化対策実施ガイドライン等)の技術評価への反映については、本店から発電所に対し具体的な社内指示文書が発出されているが、高経年化技術評価に関連した「定期安全レビューマニュアル」、「高経年化対策評価要領」、「高経年化対策実施計画」等に当該NISA文書の内容が正確に反映されていないことを指摘した。
			4	当該NISA文書の内容の基本的部分については、高経年化技術評価に反映させること。
		最新技術知見及び運転経験の反映	5	最新技術知見及び運転経験の調査対象期間は個別電力毎ではなく、我が国の原子力発電所全体における高経年化対策の継続性を加味する必要があり先行号機との継続性を明確に記載すること。
		国内外運転経験の反映体制	6	国内外の運転情報の収集と評価および反映要求並びに反映状況確認に関する関連部門の役割等について記載すること。
		海外運転経験の反映	7	高経年化技術評価に反映した海外運転経験について具体的に例示すること。
評価対象機器・構造物の抽出	重要度指針の重要度分類クラス1, 2及び3に該当する機器・構造物の抽出	8	評価対象機器等の抽出を行うために使用した配管計装線図等の図面・資料について具体的に記載すること。	
消耗品・定期取替品の抽出	定義	9	ガイドライン上で除外が認められる消耗品・定期取替品の定義を明確にするとともに、事業者が規定する「機器単体で長期間使用しない機器」との関係を整理し、記載すること。	

添付 - 1

東京電力(株)福島第一原子力発電所3号機高経年化技術評価等に対する指摘事項リスト

分類	審査項目	対象	連番	指摘事項
機器・構造物の部位への分割		評価部位への展開(全般)	10	部位展開の考え方、手順が定められておらず、機器等の種類ごとに具体的展開が異なっていることを指摘した。
		評価部位への展開(原子炉圧力容器)	11	健全性評価等では、母材、溶接部位(インコネル182等)は評価部位として抽出し材質を考慮し評価されているが、評価部位展開の段階においては溶接部位の抽出を規定していないことを指摘した。
		評価対象部位の選定(配管)	12	配管に含まれるフローエレメントやオリフィスが対象評価部位になっていない根拠を明確にするか、対象部位として選定し評価を行うこと。
経年劣化事象の抽出		熱交換器	13	先行号機の高経年化技術評価で使用した「原子力発電所で想定される経年劣化事象の抽出」を用い経年劣化事象の抽出を行っているが、本資料の位置づけが明確となっていないことを指摘した。
		配管	14	応力腐食割れを経年劣化事象として評価するうえで材料、環境、残留応力を考慮した選別基準が規定されていないことを指摘した。
		経年劣化事象抽出	15	新たな国内外の運転経験等の反映について、経年劣化事象抽出のため活用することが明確となるよう、報告書の記載を修正すること。
		抽出期間	16	経年劣化事象抽出に当たって考慮した国内外の運転経験等の抽出対象期間を明確に記載すること。
経年劣化事象に対する評価点の抽出		原子炉圧力容器(腐食)	17	低合金鋼等が高温流体に接している部位において発生の可能性が否定できない経年劣化事象(減肉)として、エロージョン・コロージョンと全面腐食について発生可能性部位との組み合わせた評価を行うこと。
		コンクリート鉄骨構造物	18	中性化を含め、評価対象となる経年劣化事象(要因)毎に、評価点選定理由を記載すること。
経年劣化事象の発生又は進展の評価		配管(減肉)	19	「配管減肉管理長期計画」に記載される配管減肉の発生可能性を想定した管理を引用し、具体的に記載すること。

東京電力(株)福島第一原子力発電所3号機高経年化技術評価等に対する指摘事項リスト

分類	審査項目	対象	連番	指摘事項
	高経年化対策上着目すべき経年化事象の抽出	評価対象経年化事象の範疇の定義	20	着目すべき経年化事象であっても「日常の巡視点検等にて経年化の兆候が容易に把握でき、かつ容易に修復することが可能であるもの」を着目すべき経年化事象の評価対象外とする理由を明確に記載すること。
健全性の評価	原子炉圧力容器(応力腐食割れ)		21	応力腐食割れ感受性が比較的高い600系ニッケル基合金及び溶接材料、SUS316L溶接部位に対する予防保全・補修、取替え等について、評価対象部位ごとに個別に健全性評価を行うこと。
			22	応力腐食割れに対する予防保全の一環で実施している環境改善である水素注入について具体的な効果を記載すること。
	原子炉圧力容器(腐食)		23	健全性評価は理論計算評価と目視等による実機点検結果を加味した評価を行うこと。
	配管(減肉)		24	「配管減肉管理長期計画」に記載されている点検や余寿命評価結果を基に、具体的に健全性評価を記載すること。
	コンクリート鉄骨構造物		25	中性化を含め、評価対象となる経年化事象(要因)毎に、健全性の判断根拠、判断基準を記載すること。また、中性化については運転開始後29年時点での実測値及び推定予測式を用いた60年時点での評価方法の考え方を明確に記載すること。
	ポンプモータ(炉心スプレイ系ポンプモータ)		26	点検結果からのみ健全性を評価しているが、過去にモータ取替実績があることから、取替え理由を加味した健全性評価を記載すること。
	ケーブル(端子台・コネクター)		27	健全性評価による寿命計算結果に誤りがあるため、寿命評価結果を正確に記載すること。
ケーブル(高圧ケーブル、難燃PNケーブル等)		28	ケーブルの長期健全性試験に用いた温度条件、放射線照射量条件等の試験条件が記載されておらず、試験条件を記載すること。	

東京電力(株)福島第一原子力発電所3号機高経年化技術評価等に対する指摘事項リスト

分類	審査項目	対象	連番	指摘事項
現状保全の評価		原子炉圧力容器(応力腐食割れ)	29	一次冷却材の漏洩監視として実施しているドライウエルサンプ流量監視及びドライウエル露点監視を行っていることを追記すること
		原子炉圧力容器(腐食)	30	「定期検査時の漏えい検査」のみで減肉管理を担保することは不十分であり、他の点検項目、予防保全対策、補修・取替え時等の実績を加味した記載とすること。
		配管(減肉)	31	「配管減肉管理指針」に基づき策定した「配管減肉管理長期計画」に美浜3号機配管破断事故を反映した配管源肉管理を実施しており、その実態を現状保全として記載すること。
追加保全策の策定		原子炉圧力容器(応力腐食割れ) 炉内構造物	32	追加保全として実施するデータ拡充等について、最新の知見を反映したデータ採取やその反映方法等の計画を具体的に記載すること。
		原子炉圧力容器(腐食)	33	減肉管理に対し、現状保全への追加保全策として目視検査等を検討すること。
		原子炉圧力容器(中性子照射脆化)	34	他プラントの実績から関連温度の上昇が国内脆化予測式を上回る可能性が否定できないため、監視試験データの拡充や脆化予測の精度向上に関する動向を考慮した追加保全策を記載すること。
		制御棒	35	30年間取替えていない制御棒については、作動確認のみで外観点検は実施していない。このような長期間にわたり使用している制御棒については、今後、知見の拡充のために計画的な点検実施を検討していくことを、追加保全とし、長期保全計画に記載すること。
		配管	36	埋設配管については現状十分な点検が行われておらず「埋設配管管理要領」等の点検管理要領を作成し点検を実施することを追加保全として追記すること。
耐震安全性の評価	耐震安全性評価のための経年劣化事象の抽出		37	耐震安全性評価上考慮すべき経年変化事象の抽出は「機器・構造物の健全性評価結果」を引用し記載する必要があり、耐震安全性評価上考慮すべき経年変化事象の抽出に整合性をとること。
			38	機器・構造物の健全性評価において着目すべき経年変化事象として評価を行った経年劣化事象のうち、耐震安全性評価において対象外とする理由、根拠を明確にすること。
			39	配管の耐震安全性評価の具体的な判断基準、想定減肉量、解析を行う対象ライン、部位について、その考え方及び解析範囲を明確にすること。
耐震安全性への追加保全策の策定	耐震安全性への追加保全策の策定		40	精度の高い耐震解析のために炭素鋼配管の減肉データの評価・蓄積を追加保全とし、長期保全計画に位置付けること。

資料6 - 1 福島第一原子力発電所3号機 高経年化技術評価に基づく長期保全計画(1/25)

機器名		考慮すべき 経年変化事象	健全性評価	現状保全	総合評価	長期保全計画	
						保全項目	実施時期
熱 交 換 器	原子炉冷却材 浄化系再生熱 交換器	水室の腐食	水室の材料は炭素鋼であり、腐食が発生する可能性がある。なお、第13回定期検査(平成5年度)に新しい熱交換器に取替を行っている。	・漏えい確認	念のため、水室、胴の代表部位の点検を計画し腐食の有無を確認する必要があると判断する。	水室の代表部位の肉厚測定を計画する。	短期
		胴の腐食	胴の材料は炭素鋼であり、腐食が発生する可能性がある。なお、第13回定期検査(平成5年度)に新しい熱交換器に取替を行っている。			胴の代表部位の肉厚測定を計画する。	短期

注

- ・短期 : 2006年~2010年までに実施するもの。
- ・中長期 : 2006年~2015年までに実施するもの。
- ・定期安全レビュー : 定期安全レビュー時に実施するもの。

資料6 - 1 福島第一原子力発電所3号機 高経年化技術評価に基づく長期保全計画(2/25)

機器名		考慮すべき経年変化事象	健全性評価	現状保全	総合評価	長期保全計画	
						保全項目	実施時期
熱交換器	気体廃棄物処理系排ガス予熱器	胴等の応力腐食割れ	胴等の材料はステンレス鋼であり,100以上の流体に接液するため,応力の高い部位に応力腐食割れが発生する可能性がある。	・漏えい検査	応力腐食割れが発生する可能性がある溶接部に対し,探傷可能な範囲の超音波探傷検査が必要。	耐圧部の探傷可能な範囲の溶接部について超音波探傷検査を実施し,健全性を確認する。	短期
	気体廃棄物処理系排ガス復水器	胴等の応力腐食割れ	胴の材料はステンレス鋼であり,100以上の流体に接液するため,応力の高い部位に応力腐食割れが発生する可能性がある。	・漏えい検査	応力腐食割れが発生する可能性がある溶接部に対し,探傷可能な範囲の超音波探傷検査が必要。	耐圧部の探傷可能な範囲の溶接部について超音波探傷検査を実施し,健全性を確認する。	短期
	グランド蒸気蒸化器	ドレンタンクの腐食	ドレンタンクの材料は合金鋼であり,腐食の発生する可能性がある。なお,第14回定期検査(平成6年度)に取替が行われている。	・運転圧による漏えい確認	腐食進行の可能性は否定できないことから,将来的に胴の代表部位の点検を計画し,健全性を確認する必要がある。	胴の代表部位の肉厚測定を計画する。	短期
	グランド蒸気復水器	胴及び内部構造物の腐食	胴及び内部構造物の材料は炭素鋼であり,腐食の発生する可能性がある。	・運転圧による漏えい確認	腐食が発生する可能性があるため,計画的な点検が必要。	胴の代表部位の肉厚測定を計画する。	短期

注

- ・短期 : 2006年~2010年までに実施するもの。
- ・中長期 : 2006年~2015年までに実施するもの。
- ・定期安全レビュー : 定期安全レビュー時に実施するもの。

機器名		考慮すべき 経年変化事象	健全性評価	現状保全	総合評価	長期保全計画	
						保全項目	実施時期
ポンプ	原子炉再循環系ポンプ	ケーシングの疲労割れ	運転開始後 60 年時点の過渡回数（運転実績に基づいた推定）を用いて応力算出並びに評価を実施し、疲れ累積係数は許容値以下であることを確認した。	・目視点検 ・超音波探傷検査（溶接部）	ケーシングの疲労割れが発生する可能性は小さい。また、現状の保全是点検手法として適切であると判断する。	定期的の実過渡回数の確認による疲労評価を実施する。	定期安全レビュー時
弁	原子炉冷却材再循環ポンプ出口弁（仕切弁）	弁箱の疲労割れ	運転開始後 60 年時点の過渡回数（運転実績に基づいた推定）を用いて応力算出並びに評価を実施し、疲れ累積係数は許容値以下であることを確認した。	・目視点検	弁の疲労割れ発生の可能性は十分に小さいと判断する。	念のため定期的の実過渡回数の確認による疲労評価を行っていく。	定期安全レビュー時
	原子炉給水入口弁（仕切弁）						
	原子炉給水入口逆止弁（逆止弁）						
	主蒸気隔離弁		これまでの分解点検において弁箱内面に有意な欠陥が無いことを目視にて確認し、主蒸気隔離弁漏えい率検査にて健全性を確認している。	・目視点検 ・漏えい率検査	現状の保全是点検手法として適切であるが、定量的な疲労評価を行う必要があると判断する。	疲労評価に必要な部位の寸法測定を計画し、定量的な疲労評価を行っていく。	短期

注

- ・短期：2006年～2010年までに実施するもの。
- ・中長期：2006年～2015年までに実施するもの。
- ・定期安全レビュー：定期安全レビュー時に実施するもの。

機器名	考慮すべき経年変化事象	健全性評価	現状保全	総合評価	長期保全計画	
					保全項目	実施時期
弁	原子炉格納容器内の電動(交流)弁用駆動部	固定子コイル, 口出線・接続部品の絶縁特性低下	・ 絶縁抵抗測定 ・ 動作試験	健全性評価結果より, 絶縁物の急激な絶縁特性低下の可能性は低い。 また, 絶縁特性低下は点検時の絶縁抵抗測定等で把握可能。	60年間の運転期間における熱, 放射線, 機械的及び事故時雰囲気による劣化を想定した評価を行うこととする。	中長期
	原子炉格納容器外の電動(交流・直流)弁用駆動部	固定子コイル, 口出線・接続部品, 回転子コイルの絶縁特性低下			固定子コイル等の絶縁物は, 40年間の運転期間における熱, 機械的及び事故時雰囲気による劣化を想定した長期健全性試験を実施し, この結果に基づき長期間の健全性を評価した。試験結果は判定基準を満足しており, 絶縁性能を維持できると評価できる。	60年間の運転期間における熱, 機械的及び事故時雰囲気による劣化を想定した評価を行うこととする。

注

- ・短期 : 2006年~2010年までに実施するもの。
- ・中長期 : 2006年~2015年までに実施するもの。
- ・定期安全レビュー : 定期安全レビュー時に実施するもの。

資料6 - 1 福島第一原子力発電所3号機 高経年化技術評価に基づく長期保全計画 (5 / 25)

機器名	考慮すべき経年変化事象	健全性評価	現状保全	総合評価	長期保全計画		
					保全項目	実施時期	
配管	原子炉冷却材再循環系ステンレス鋼配管	粒界型応力腐食割れ	材料、環境及び応力に関して改善を行っており、粒界型応力腐食割れが発生する可能性は小さいと考える。これまでの超音波探傷検査でも応力腐食割れ等による異常は発見されていない。	・漏えい検査 ・超音波探傷検査	配管に応力腐食割れが発生する可能性は小さいと判断する。	計画的な点検を実施するとともに、これらの点検結果及び国によるプロジェクトや電力共同研究等の研究で粒界型応力腐食割れ発生に関する新しい知見、あるいは現在得られているき裂進展データと異なった知見等が得られた場合には追加点検や点検周期の見直し等を実施する。	中長期
		疲労割れ	運転開始後 60 年時点の過渡回数（運転実績に基づいた推定）を用いて応力算出並びに評価を実施し、疲れ累積係数は許容値以下であることを確認した。	・漏えい検査 ・超音波探傷検査	配管に疲労割れが発生する可能性は小さいと判断する。	念のため定期的に実過渡回数の確認による疲労評価を実施する。	定期安全レビュー時
	主蒸気系給水系炭素鋼配管	疲労割れ	運転開始後 60 年時点の過渡回数（運転実績に基づいた推定）を用いて応力算出並びに評価を実施し、疲れ累積係数は許容値以下であることを確認した。	・超音波探傷検査	配管に疲労割れが発生する可能性は小さいと判断する。	念のため定期的に実過渡回数の確認による疲労評価を実施する。	定期安全レビュー時

注

- ・短期：2006年～2010年までに実施するもの。
- ・中長期：2006年～2015年までに実施するもの。
- ・定期安全レビュー：定期安全レビュー時に実施するもの。

資料 6 - 1 福島第一原子力発電所 3号機 高経年化技術評価に基づく長期保全計画 (6 / 25)

機器名		考慮すべき 経年変化事象	健全性評価	現状保全	総合評価	長期保全計画	
						保全項目	実施時期
配 管	気体廃棄物処理系ステンレス鋼配管	粒界型応力腐食割れ	内部流体が 100 以上であり粒界型応力腐食割れが発生する可能性は否定できない。	・漏えい検査	超音波探傷検査を実施し、健全性を確認していく必要があると判断する。	超音波探傷検査を実施し健全性を確認していく。	短期

注

- ・短期 : 2006年~2010年までに実施するもの。
- ・中長期: 2006年~2015年までに実施するもの。
- ・定期安全レビュー: 定期安全レビュー時に実施するもの。

資料6 - 1 福島第一原子力発電所3号機 高経年化技術評価に基づく長期保全計画(7/25)

機器名	考慮すべき経年変化事象	健全性評価	現状保全	総合評価	長期保全計画	
					保全項目	実施時期
配管 ステンレス炭素鋼 低合金鋼 配管共通	エロージョン・コロージョン、エロージョン	配管のエルボ部、分岐部、レギュレータ部等の流れの乱れが起きる箇所にエロージョン・コロージョンが発生する可能性はあるが、減肉傾向を監視し、必要に応じ予防保全として取替を実施することで健全性は維持される。なお、ステンレス鋼及び低合金鋼配管は耐浸食性に優れており、エロージョン・コロージョン、エロージョンの影響は低い。	配管減肉管理は、使用環境や材料により異なる減肉の発生・進行条件を考慮した点検、余寿命評価等を定めた社内指針に基づき実施している。具体的には、エルボ部等の下流の偏流部について、肉厚測定を実施し、健全性を確認するとともに、その結果に基づき余寿命評価を行い、次回測定時期、配管取替時期等の計画を立てることとしている。小口径配管のソケットエルボ部に対しては、放射線透過装置による肉厚測定を実施し、減肉傾向を把握することとしている。	減肉の発生する可能性が低いと考える範囲においても、顕著な減肉が確認されれば管理強化を行う等、新たな知見が確認された場合は、その後の計画等に反映することとしており、現状の配管減肉管理は点検手法として適切である。今後も当社指針に基づき、計画的な肉厚測定により減肉傾向を監視し、配管取替等を実施していく。 また、今後は対策材に取り替えられた配管に対しても肉厚測定を行う等、データ及び知見を蓄積することが、適切な配管減肉管理を行う上で重要と判断する。	今後も対策材に取り替えられた配管に対しても追加的に肉厚測定等を行い、データ及び知見を蓄積し、適切に配管減肉管理へ反映する。また、継続的に肉厚測定結果等を適切に配管減肉管理に反映するとともに、現在配管減肉に関する規格化が進められている日本機械学会での検討結果等を踏まえ、新たな知見が確認されれば、社内指針等の見直しを行っていく。 過去の測定データに基づき耐震安全性評価を行った炭素鋼配管については、精度向上の観点から、蓄積された肉厚測定データに基づき、耐震性への影響を検討する。	中長期

注

- ・短期：2006年～2010年までに実施するもの。
- ・中長期：2006年～2015年までに実施するもの。
- ・定期安全レビュー：定期安全レビュー時に実施するもの。

資料 6 - 1 福島第一原子力発電所 3号機 高経年化技術評価に基づく長期保全計画 (8 / 25)

機器名		考慮すべき 経年変化事象	健全性評価	現状保全	総合評価	長期保全計画	
						保全項目	実施時期
容 器	原子炉圧力容器	胴の中性子照射脆化	関連温度の測定値から特異な脆化傾向はない。また運転開始後 60 年時点の関連温度及び上部棚吸収エネルギーの予測結果も運転管理上問題とならない。	監視試験、脆化予測に基づく最低使用温度管理、超音波探傷検査	今後も適切な時期に監視試験を実施し、破壊靱性の変化を把握すると共に、脆化予測式に基づく最低使用温度管理を行うことで、健全性を確保していくことは可能であるが、監視試験データの拡充や脆化予測精度の向上が信頼性向上の観点で重要。	信頼性向上の観点で重要となる使用済試験片の再生技術や新しい脆化予測式については事業者としてもそれらの開発に取り組むと共に国や民間の技術開発動向も見極めつつ、規格基準化に積極的に参画し、実機への早期適用を検討していく。なお、再生試験片技術が確立された場合には、例えば約 40 年目 (32EFPY) 以前の早期に再生試験片による確認を実施する等、予測式の適切な補完を検討する。	中長期

注

- ・短期 : 2006年～2010年までに実施するもの。
- ・中長期: 2006年～2015年までに実施するもの。
- ・定期安全レビュー: 定期安全レビュー時に実施するもの。

機器名		考慮すべき経年変化事象	健全性評価	現状保全	総合評価	長期保全計画	
						保全項目	実施時期
容器	原子炉压力容器	ノズル等 ^{*1} の疲労割れ	運転開始後60年時点の過渡回数(運転実績に基づいた推定)を用いて応力算出並びに評価を実施し、疲れ累積係数は許容値以下であることを確認した。	<ul style="list-style-type: none"> 超音波探傷検査 漏えい検査 目視検査 	疲労割れの可能性は小さいと考えられるが、念のため、実過渡回数の確認による疲労評価を行うことが有効と判断する。	定期的に実過渡回数の確認による疲労評価を実施する。	定期安全レビュー時
		ノズル及びノズルセーフエンドの粒界型応力腐食割れ	高周波誘導加熱応力改善法により、溶接残留応力を圧縮側に改善しており、SCC発生の可能性は小さいと考えられる。 ^{*2} また、水素注入を実施し、SCCの一要因である腐食環境の改善を図っている。	<ul style="list-style-type: none"> 超音波探傷検査または浸透探傷検査 漏えい検査 	計画的な点検を実施することにより健全性の確認は可能である。	維持規格 ^{*4} 等に基づく計画的な点検を実施するとともに、これらの点検結果及び国によるプロジェクトや電力共同研究等の研究で粒界型応力腐食割れ発生に関する新しい知見、あるいは現在得られているき裂進展データと異なった知見等が得られた場合には追加点検や点検周期の見直し等を実施する。	中長期
		制御棒駆動機構ハウジング、中性子束計測ハウジング、スタブチューブの粒界型応力腐食割れ	中性子束計測ハウジング取付溶接部は、レーザクラッディング工法により内表面に耐食性に優れたクラッド層を形成する予防保全対策を実施しており、SCC発生の可能性は小さいと考えられる。また、水素注入を実施し、SCCの一要因である腐食環境の改善を図っている。	<ul style="list-style-type: none"> 漏えい検査 			
		ブラケットの粒界型応力腐食割れ		<ul style="list-style-type: none"> 目視点検 			

注

- ・短期 : 2006年~2010年までに実施するもの。
- ・中長期 : 2006年~2015年までに実施するもの。
- ・定期安全レビュー : 定期安全レビュー時に実施するもの。

- *1 : 上鏡, 下鏡, 胴, 主フランジ, ノズル, ノズルセーフエンド, スタッドボルト, 支持スカート
- *2 : 再循環水入口及び出口ノズルセーフエンド及びジェットポンプ計測管貫通部シール
- *3 : 支持スカート
- *4 : 発電用原子力設備規格維持規格(日本機械学会)

資料6 - 1 福島第一原子力発電所3号機 高経年化技術評価に基づく長期保全計画 (10 / 25)

機器名		考慮すべき 経年変化事象	健全性評価	現状保全	総合評価	長期保全計画	
						保全項目	実施時期
容 器	原子炉格納容器	ドライウエル等*1の腐食	有意な腐食が発生する可能性は小さいと考えられるが、防錆塗装の塗膜が損なわれた場合等に腐食が発生する可能性がある。	<ul style="list-style-type: none"> 全体漏えい率試験 目視点検（サブプレッションチェンバ水中部） 	腐食が発生する可能性は小さいと考えられるが、念のため原子炉格納容器の代表部位及びサンドクッション部（鋼板）の板厚測定を実施し、健全性を確認する必要がある判断する。	原子炉格納容器の代表部位及びサンドクッション部（鋼板）の計画的な肉厚測定を実施する。	短期
		ドライウエルスプレイヘッド、サブプレッションチェンバスプレイヘッドの腐食	外面については防食塗装を施しており、目視にて有意な腐食がないことを確認している。内面については腐食の発生する可能性がある。	<ul style="list-style-type: none"> 目視点検（外面） 	腐食の可能性は否定できないため、内面の目視点検が必要。	ドライウエルスプレイヘッド、サブプレッションチェンバスプレイヘッドについては、内面の目視点検を実施する。	短期
		機械ペネトレーションベローズの疲労割れ	運転開始後60年時点の過渡回数（保守的に運転状態、については1000回、運転状態、については200回として評価）を用いて評価を実施し、疲れ累積係数は許容値以下であることを確認した。	<ul style="list-style-type: none"> 全体漏えい率試験 	疲労割れが発生する可能性は十分小さいと判断する。	念のため定期的の実過渡回数の確認による疲労評価を実施する。	定期安全レビュー時
	気体廃棄物処理系排ガス再結合器	胴、鏡板等の粒界型応力腐食割れ	胴、鏡板等の材料はステンレス鋼であり、運転温度は約275のため応力腐食割れが発生する可能性がある。	<ul style="list-style-type: none"> 目視確認 	応力腐食割れ発生の可能性は否定できないため、今後溶接部の超音波探傷検査が必要と判断する。	溶接部の超音波探傷検査を実施する。	短期

注

- ・短期：2006年～2010年までに実施するもの。
- ・中長期：2006年～2015年までに実施するもの。
- ・定期安全レビュー：定期安全レビュー時に実施するもの。

*1：ドライウエル（上鏡，円筒胴，球形胴），サブプレッションチェンバトラス部，サンドクッション部（鋼板）及びコンクリート埋設部（鋼板）の腐食（全面腐食）

機器名		考慮すべき経年変化事象	健全性評価	現状保全	総合評価	長期保全計画	
						保全項目	実施時期
容 器	原子炉格納容器	電気ペネトレーション (キャニスタ型・モジュール型)絶縁特性低下	キャニスタ型はシール材料がモジュール型とほぼ同一であることから、モジュール型と同等の絶縁性能があると評価でき、モジュール型は40年間の通常運転及び事故時雰囲気による劣化を想定した長期健全性試験を実施した結果、基準を満足していた。この結果から、40年間の通常運転及び事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価できる。	<ul style="list-style-type: none"> ・絶縁抵抗測定 ・系統機器の動作試験 ・漏えい率検査 	点検時に絶縁抵抗測定、系統機器の動作試験及び漏えい率検査を行い傾向管理を行うとともに、計画的な取替での予防保全を行うことにより、シール材の経年劣化による絶縁特性低下の可能性は低いものと判断される。	キャニスタ型については、現在製造中止となっているため、ペネトレーション取替機会を利用してモジュール型と同様な長期健全性試験を実施し、この結果に基づき取替等を計画的に実施する。 また、モジュール型については、60年間を想定した長期健全性試験を実施する。	中長期
	原子炉格納容器	電気ペネトレーション (キャニスタ型・モジュール型)気密性低下	キャニスタ型はシール材料がモジュール型とほぼ同一であることから、モジュール型と同等の気密性能があると評価でき、モジュール型は40年間の通常運転及び事故時雰囲気による劣化を想定した長期健全性試験を実施した結果、基準を満足していた。この結果から、40年間の通常運転及び事故時雰囲気において気密性能を維持できると評価できる。	<ul style="list-style-type: none"> ・漏えい率検査 	定検時に原子炉格納容器漏えい率検査を行い傾向管理を行うとともに、計画的な取替での予防保全を行うことにより、シール材の経年劣化による気密性低下の可能性は低いものと判断される。	キャニスタ型については、現在製造中止となっているため、ペネトレーション取替機会を利用してモジュール型と同様な長期健全性試験を実施し、この結果に基づき取替等を計画的に実施する。 また、モジュール型については、60年間を想定した長期健全性試験を実施する。	中長期

注

- ・短期 : 2006年~2010年までに実施するもの。
- ・中長期 : 2006年~2015年までに実施するもの。
- ・定期安全レビュー : 定期安全レビュー時に実施するもの。

資料6 - 1 福島第一原子力発電所3号機 高経年化技術評価に基づく長期保全計画 (12 / 25)

機器名		考慮すべき 経年変化事象	健全性評価	現状保全	総合評価	長期保全計画	
						保全項目	実施時期
ター ビ ン 設 備	高圧タービン	車軸接合部の 応力腐食割れ	車軸は低合金鍛鋼製であり、 湿り蒸気雰囲気下で使用されて おり、特に隙間を有する部位で ある車軸接合部において、応力 腐食割れが発生する可能性は否 定できない。	・目視点検	タービン開放点検時に目 視点検を実施するとともに、 今後超音波探傷検査を実施 していく。	抜き取りで超音 波探傷検査を実施す る。	中長期
	低圧タービン	車軸接合部の 応力腐食割れ	車軸は低合金鍛鋼製であり、 湿り蒸気雰囲気下で使用されて おり、特に隙間を有する部位で ある車軸接合部において、応力 腐食割れが発生する可能性は否 定できない。	・目視点検	タービン開放点検時に目 視点検を実施するとともに、 今後超音波探傷検査を実施 していく。	抜き取りで超音 波探傷検査を実施す る。	中長期
	タービン駆動 原子炉給水ポ ンプ駆動ター ビン	翼・車軸接合部 の応力腐食割 れ	翼・車軸接合部は、隙間を有 する部位であり、湿り蒸気環 境下で使用されていることから 応力腐食割れが発生する可能性 は否定できない。	・目視点検	応力腐食割れが発生する 可能性は否定できないため、 翼・車軸接合部の超音波探傷 検査等により健全性を確認 していく必要があり、検査技 術等について検討が必要と 考える。	高圧タービン及 び低圧タービンの 翼・車軸接合部の超 音波探傷検査の結 果等を参照してい くとともに、検査等 について検討を実 施していく。	中長期

注

- ・短期 : 2006年～2010年までに実施するもの。
- ・中長期 : 2006年～2015年までに実施するもの。
- ・定期安全レビュー : 定期安全レビュー時に実施するもの。

資料6 - 1 福島第一原子力発電所3号機 高経年化技術評価に基づく長期保全計画 (13 / 25)

機器名	考慮すべき経年変化事象	健全性評価	現状保全	総合評価	長期保全計画		
					保全項目	実施時期	
炉内構造物	<ul style="list-style-type: none"> 炉心シュラウド シュラウドサポート 	疲労割れ	<p>運転開始後 60年時点の過渡回数 (運転実績に基づいた推定) を用いて応力算出並びに評価を実施し、疲れ累積係数は許容値以下であることを確認した。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 計画的な目視点検を実施 第 16 回定期検査時に炉心シュラウド, 上部格子板, 炉心支持板, 周辺燃料支持金具, 炉心スプレイ配管, 炉心スプレイスパージャ, 給水スパージャ, 差圧検出/ほう酸水注入系配管, ジェットポンプ, 中性子束計測案内管の取替を実施 	<p>疲労評価結果より, 疲労割れの可能性は十分小さいと考えるが, 念の為, 定期的の実過渡回数の確認による疲労評価を行う事が必要。</p>	<p>維持規格^{*1}, ガイドライン^{*2}等に基づく計画的な点検を実施するとともに, 定期的の実過渡回数の確認による疲労評価を実施する。</p>	定期安全レビュー時
	<ul style="list-style-type: none"> 上部格子板 炉心支持板 周辺燃料支持金具 炉心スプレイ配管 炉心スプレイスパージャ 給水スパージャ 差圧検出/ほう酸水注入系配管 ジェットポンプ 中性子束計測案内管 シュラウドサポート 制御棒案内管 シュラウドヘッド及び気水分離器 蒸気乾燥器 	粒界型応力腐食割れ	<p>材料がステンレス鋼であり, 高温の純水または飽和蒸気環境中にあるため, 応力腐食割れ発生の可能性は否定できない。しかし, 水素注入により環境改善を行い, 応力腐食割れを抑制している。</p>	<p>計画的な点検を実施していくことにより健全性の確認は可能と判断する。</p>	<p>維持規格^{*1}, ガイドライン^{*2}等に基づく計画的な点検を実施するとともに, 点検結果及び国によるプロジェクトや電力共同研究等の研究で粒界型応力腐食割れ発生に関する新しい知見, あるいは現在得られているき裂進展データと異なった知見等が得られた場合には追加点検や点検周期の見直し等を実施する。シュラウドサポートは, 代表部位の目視点検を定期的実施するとともに, 長期的には近接可能な範囲について目視点検を実施する。</p>	中長期	

注

- ・短期 : 2006年~2010年までに実施するもの。
- ・中長期: 2006年~2015年までに実施するもの。

* 1: 発電用原子力設備規格維持規格 (日本機械学会)

* 2: BWR炉内構造物点検評価ガイドライン

・定期安全レビュー: 定期安全レビュー時に実施するもの (原子力発電技術協会)

機器名		考慮すべき経年変化事象	健全性評価	現状保全	総合評価	長期保全計画	
						保全項目	実施時期
炉内構造物	<ul style="list-style-type: none"> ・上部格子板 ・炉心シュラウド ・炉心支持板 ・周辺燃料支持金具 ・制御棒案内管 	照射誘起型応力腐食割れ	長期間の運転を仮定した場合、照射誘起型応力腐食割れの感受性が増加する可能性がある。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 計画的な目視点検を実施 ・ 第16回定期検査時に炉心シュラウド、上部格子板、炉心支持板、周辺燃料支持金具の取替を実施 	計画的な点検を実施していくことにより健全性の確認は可能と判断する。	維持規格 ^{*1} 、ガイドライン ^{*2} 等に基づく計画的な点検を実施するとともに、これらの点検結果及び国によるプロジェクトや電力共同研究等の研究で照射誘起型応力腐食割れ発生に関する新しい知見、あるいは現在得られているき裂進展データと異なった知見等が得られた場合には追加点検や点検周期の見直し等を実施する。	中長期
	<ul style="list-style-type: none"> ・上部格子板 ・炉心シュラウド ・炉心支持板 ・周辺及び中央燃料支持金具 ・制御棒案内管 	中性子照射脆化	オーステナイト系ステンレス鋼は靱性の高い材料であり、欠陥がなければ割れが発生する可能性は小さい。			計画的な点検を実施していくことにより健全性の確認は可能であると判断する。	維持規格 ^{*1} 、ガイドライン ^{*2} 等に基づく計画的な点検を実施するとともに、これらの点検結果及び研究等でオーステナイトステンレス鋼の中性子照射脆化に関する新しい知見が得られた場合には追加点検や点検周期等の見直しを実施する。

注

- ・短期：2006年～2010年までに実施するもの。
- ・中長期：2006年～2015年までに実施するもの。
- ・定期安全レビュー：定期安全レビュー時に実施するもの。

- * 1：発電用原子力設備規格維持規格（日本機械学会）
- * 2：BWR炉内構造物点検評価ガイドライン（火力原子力発電技術協会）

資料6 - 1 福島第一原子力発電所3号機 高経年化技術評価に基づく長期保全計画 (15 / 25)

機器名	考慮すべき 経年変化事象	健全性評価	現状保全	総合評価	長期保全計画	
					保全項目	実施時期
機械設備 制御棒 (ボロン・カー バイド型・ハフ ニウム板型)	照射誘起型応 力腐食割れ*1	照射誘起型応力腐食割れは、中性子 照射に加え、引張応力の存在下で発生 の可能性が高まると考えられ、照射量 の観点からは、照射誘起型応力腐食割 れ発生の可能性は否定できない。	<ul style="list-style-type: none"> ・運用基準に基づく 取替 ・停止余裕検査 ・制御棒駆動機構機 能検査 	<p>運用基準に基 づく取替及び定 期検査毎の機能 検査を実施して いくことで、機 能上の観点から 健全性の確認は 可能と判断す る。</p>	<p>今後複数のプラント において制御棒の外観 点検を実施しデータを 拡充することにより、適 切な予防保全措置を検 討していく。 また、炉内で長期間にわ たり使用している制御 棒については、今後、知 見の拡充のために計画 的な点検実施を検討し ていく。なお、1F6 ハフ ニウム板型制御棒のひ び事象への対応として、 原子力安全・保安院指示 事項でもある外観点検 を実施することとして おり、また、同事象の原 因究明の結果から高経 年に係わる知見が得ら れれば、必要な措置をと っていく。</p>	中長期

注

- ・短期 : 2006年~2010年までに実施するもの。
- ・中長期: 2006年~2015年までに実施するもの。
- ・定期安全レビュー: 定期安全レビュー時に実施するもの。

* 1 : 制御材被覆管, シース, タイロッド, ピン, 上部ハンドル

資料6 - 1 福島第一原子力発電所3号機 高経年化技術評価に基づく長期保全計画 (16 / 25)

機器名		考慮すべき 経年変化事象	健全性評価	現状保全	総合評価	長期保全計画	
						保全項目	実施時期
機械 設備	可燃性ガス濃 度制御系設備	気水分離器,配 管の腐食(全面 腐食)	気水分離器,配管は炭素鋼または炭素鋼 鋳鋼製であり,腐食が想定されるが,定例 試験の時間は短く,内部流体は窒素ガスで あり腐食の可能性は小さいと考える。	・目視確認 (機器取合部)	腐食が発生する 可能性は小さい が,念のため代表 機器の肉厚測定を 実施し,健全性を 確認する。	念のため肉厚 測定を実施す る。	短期
		加熱管 再結合器 冷却器 配管の クリープ	クリープ破断に対する評価を実施し問題 ないことを確認した。	・系統漏えい試験 ・機能試験	クリープによる 変形・破断が発生 する可能性は十分 小さいと考える が,念のため適切 な機会を捉えて代 表機器の健全性の 確認を行う。	適切な機会を 捉えて代表機器 の内部の目視点 検を実施する。	中長期
	蒸気式空気抽 出器	胴,管支持板の 腐食(全面腐 食)	胴,内部構造物の材料は炭素鋼製であ り,内部流体は非凝縮性ガスと蒸気の混合 ガスであることから,腐食の可能性があ る。しかし,類似環境にある他号機の内部 確認結果より,急激な腐食はないと考 える。	・漏えい検査	胴及び管支持板 については,腐食 の可能性は小さい と考えるが,胴代 表部位の肉厚測定 が必要。	胴の代表部位 の肉厚測定を実 施する。	短期

注

- ・短期 : 2006年~2010年までに実施するもの。
- ・中長期: 2006年~2015年までに実施するもの。
- ・定期安全レビュー: 定期安全レビュー時に実施するもの。

	機器名	考慮すべき経年変化事象	健全性評価	現状保全	総合評価	長期保全計画	
						保全項目	実施時期
送受電・発電設備	主要変圧器 所内変圧器 起動変圧器 励磁電源変圧器	タンクの腐食	<p>タンクの材料は炭素鋼板を使用しているため腐食が想定されるが、内部には絶縁油が入れられており、内面腐食の可能性は低い。外面は防食塗装されており、点検時に目視確認しているが、タンク底板は外周を除き点検ができない。</p> <p>当該変圧器と同様な環境下で25年間経過した、福島第一5号機主要変圧器の底板を調査した結果から、60年間の腐食量を推定した結果、タンク強度確保に必要な肉厚は維持可能であることから、健全性の維持は可能と考える。</p>	<p>・目視点検</p> <p>ただし、タンク底部は除く。</p>	健全性評価結果より、当該変圧器においてもタンクの腐食によるタンク強度低下の可能性は低い。	当該変圧器または同発電所における同様環境下変圧器の取替等の機会を利用して、タンク底板の腐食量調査を行い、健全性評価の妥当性を確認する。	中長期
		タンク底板ビームの腐食	<p>タンク底板ビームの材料は炭素鋼板を使用しているため腐食が想定される。外面は防食塗装されており、点検時に目視確認しているが、内側面並びに基礎との接触面については点検できない。</p> <p>当該変圧器と同様な環境下で25年間経過した、福島第一5号機主要変圧器の底板ビームを調査した結果から、60年間の腐食量を推定した結果、タンク支持機能に必要な肉厚は維持可能であることから、健全性の維持は可能と考える。</p>	<p>・目視点検</p> <p>ただし、内側面及び基礎との接面部は除く。</p>	健全性評価結果より、当該変圧器においても底板ビームの腐食による支持機能低下の可能性は低い。	当該変圧器または同様な環境下変圧器の取替等の機会を利用して、タンク底板ビームの腐食量調査を行い、健全性評価の妥当性を確認する。	中長期

注

- ・短期 : 2006年～2010年までに実施するもの。
- ・中長期: 2006年～2015年までに実施するもの。
- ・定期安全レビュー: 定期安全レビュー時に実施するもの。

	機器名	考慮すべき経年変化事象	健全性評価	現状保全	総合評価	長期保全計画	
						保全項目	実施時期
ケーブル	高圧難燃 CV ケーブル	絶縁体の絶縁特性低下	<p>高圧難燃 CV ケーブルは、60 年間の運転期間における熱、放射線及び事故時雰囲気による劣化を想定した長期健全性試験を実施し、健全性を評価した。</p> <p>試験結果は判定基準を満足しており、絶縁性能を維持できると評価できる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・絶縁抵抗測定 ・絶縁診断試験 ・系統機器の動作試験 	<p>健全性評価結果より、絶縁体の急激な絶縁特性低下の可能性は低い。</p> <p>また、絶縁特性低下は点検時の絶縁抵抗測定等で把握可能。</p>	<p>国プロジェクトで実施している経年変化評価手法の成果反映を検討する。</p>	中長期
	高圧 CV ケーブル	絶縁体の絶縁特性低下	<p>代表機器以外の高圧 CV ケーブルには、事故時雰囲気において動作要求されるものがあり、健全性は絶縁体材料が同じ高圧難燃 CV ケーブルの長期健全性試験結果を用いて評価を行った。</p> <p>試験結果は判定基準を満足しており、絶縁性能を維持できると評価できる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・絶縁抵抗測定 ・絶縁診断試験 ・系統機器の動作試験 	<p>健全性評価結果より、絶縁体の急激な絶縁特性低下の可能性は低い。</p> <p>また、絶縁特性低下は点検時の絶縁抵抗測定等で把握可能。</p>	<p>60 年間の運転期間における劣化を想定した長期健全性試験を実施し、健全性の再評価等を行う。</p> <p>また、国プロジェクトで実施している経年変化評価手法の成果反映を検討する。</p>	中長期

注

- ・短期 : 2006年～2010年までに実施するもの。
- ・中長期 : 2006年～2015年までに実施するもの。
- ・定期安全レビュー : 定期安全レビュー時に実施するもの。

	機器名	考慮すべき 経年変化事象	健全性評価	現状保全	総合評価	長期保全計画	
						保全項目	実施時期
ケ ブ ル	低圧 EV ケーブル 低圧 CV ケーブル 低圧 KGB ケーブル 低圧難燃 CV ケーブル	絶縁体の絶縁特性低下	低圧 EV ケーブル, 低圧 CV ケーブル, 低圧 KGB ケーブル及び低圧難燃 CV ケーブルは, 60 年間の運転期間における熱, 放射線及び事故時雰囲気による劣化を想定した長期健全性試験を実施し, 健全性を評価した。 試験結果は判定基準を満足しており, 絶縁性能を維持できると評価できる。	・絶縁抵抗測定 ・系統機器の動作試験	健全性評価結果より, 絶縁体の急激な絶縁特性低下の可能性は低い。 また, 絶縁特性低下は点検時の絶縁抵抗測定等で把握可能。	国プロジェクトで実施している経年変化評価手法の成果反映を検討する。	中長期
	低圧難燃 PN ケーブル	絶縁体の絶縁特性低下	低圧難燃 PN ケーブルは, 51 年間の運転期間における熱, 放射線及び事故時雰囲気による劣化を想定した長期健全性試験を実施し, この結果に基づき長期間のケーブルの健全性を評価した。 試験結果は判定基準を満足しており, 絶縁性能を維持できると評価できる。	・絶縁抵抗測定 ・系統機器の動作試験	健全性評価結果より, 絶縁体の急激な絶縁特性低下の可能性は低い。 また, 絶縁特性低下は点検時の絶縁抵抗測定等で把握可能。	60 年間の運転期間における劣化を想定した長期健全性試験を実施し, 健全性の再評価等を行う。 また, 国プロジェクトで実施している経年変化評価手法の成果反映を検討する。	中長期

注

- ・短期 : 2006年～2010年までに実施するもの。
- ・中長期: 2006年～2015年までに実施するもの。
- ・定期安全レビュー: 定期安全レビュー時に実施するもの。

	機器名	考慮すべき 経年変化事象	健全性評価	現状保全	総合評価	長期保全計画	
						保全項目	実施時期
ケ ブ ル	難燃一重同軸 ケーブル 一重同軸ケー ブル 難燃二重同軸 ケーブル 難燃三重同軸 ケーブル	絶縁体の絶縁 特性低下	難燃一重同軸ケーブル，一重同軸ケー ブル，難燃二重同軸ケーブル及び難燃三重同 軸ケーブルは，60年間の運転期間における 熱，放射線及び事故時雰囲気による劣化を 想定した長期健全性試験を実施し，健全性 を評価した。 試験結果は判定基準を満足しており，絶 縁性能を維持できると評価できる。	<ul style="list-style-type: none"> 絶縁抵抗測定 系統機器の動作 試験 静電容量測定 (難燃一重同軸， 難燃三重同軸ケ ーブルのみ) 	健全性評価結果 より，絶縁体の急 激な絶縁特性低下 の可能性は低い。 また，絶縁特性 低下は点検時の絶 縁抵抗測定等で把 握可能。	国プロジェク トで実施してい る経年変化評価 手法の成果反映 を検討する。	中長期
	端子台	絶縁物の絶縁 特性低下	端子台は 約36年間の運転期間における 熱，放射線及び事故時雰囲気による劣化を 想定した長期健全性試験を実施し，この結 果に基づき長期間の端子台の健全性を評価 した。 試験結果は判定基準を満足しており，絶 縁性能を維持できると評価できる。	<ul style="list-style-type: none"> 絶縁抵抗測定 機器の動作試験 	健全性評価結果 より，絶縁体の急 激な絶縁特性低下 の可能性は低い。 また，絶縁特性 低下は点検時の絶 縁抵抗測定等で把 握可能。	設置場所温度 を測定し，60年 間の運転期間に おける劣化を想 定した長期健全 性試験を実施 し，健全性の再 評価等を行う。	短期

注

- ・短期 : 2006年～2010年までに実施するもの。
- ・中長期: 2006年～2015年までに実施するもの。
- ・定期安全レビュー: 定期安全レビュー時に実施するもの。

	機器名	考慮すべき 経年変化事象	健全性評価	現状保全	総合評価	長期保全計画	
						保全項目	実施時期
ケ ブル	同軸コネクタ	絶縁物の絶縁 特性低下	<p>同軸コネクタは、15年間の運転期間における熱、放射線及び事故時雰囲気による劣化を想定した長期健全性試験を実施し、この結果に基づき長期間の同軸コネクタの健全性を評価した。</p> <p>試験結果は判定基準を満足しており、絶縁性能を維持できると評価できる。</p> <p>なお、現在使用している同軸コネクタのこれまでの実使用年数は約8年である。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・絶縁抵抗測定 ・出力信号測定 	<p>健全性評価結果より、絶縁体の急激な絶縁特性低下の可能性は低い。</p> <p>また、絶縁特性低下は点検時の絶縁抵抗測定等で把握可能。</p>	60年間の運転期間における劣化を想定した長期健全性試験を実施し、健全性の再評価等を行う。	短期

注

- ・短期 : 2006年～2010年までに実施するもの。
- ・中長期 : 2006年～2015年までに実施するもの。
- ・定期安全レビュー : 定期安全レビュー時に実施するもの。

	機器名	考慮すべき 経年変化事象	健全性評価	現状保全	総合評価	長期保全計画	
						保全項目	実施時期
計測制御設備	計測装置のうち 圧力伝送器 / 差圧伝送器 (ダイヤフラム式)	圧力伝送器 / 差圧伝送器の 特性変化	<p>圧力伝送器等の特性変化については、特性試験による健全性確認結果、及び事故時雰囲気で動作要求される圧力伝送器等を対象とした 10 年間の経年変化及び事故時雰囲気を想定した長期健全性試験結果等より、特性変化する可能性は低い。</p> <p>現状、特性試験を実施しており、特性変化の把握は可能である。</p>	特性試験 (入出力試験、ループ試験等)	<p>健全性評価結果から、著しく特性変化する可能性は低い。</p> <p>また、特性変化は点検時の特性試験で把握可能。</p>	<p>事故時雰囲気における動作が要求される圧力伝送器、差圧伝送器については、供用期間の経年変化を考慮した事故時耐環境性能に関する評価について、規格・基準の整備状況を見極めつつ実機への適用を検討していく。</p>	中長期
	計測装置のうち 圧力検出器 (ペローズ式)	圧力検出器の 特性変化	<p>圧力検出器の特性変化については、特性試験による健全性確認結果より、特性変化する可能性は低い。さらに事故時雰囲気で動作要求される圧力検出器については、10 年間の経年変化及び事故時雰囲気を想定した長期健全性試験を実施した圧力伝送器等と検出器材質が同じであることから、同等の性能を期待できる。</p> <p>現状、特性試験を実施しており、特性変化の把握は可能である。</p>	特性試験 (入出力試験、ループ試験等)	<p>健全性評価結果から、著しく特性変化する可能性は低い。</p> <p>また、特性変化は点検時の特性試験で把握可能。</p>	<p>事故時雰囲気における動作が要求される圧力検出器については、供用期間の経年変化を考慮した事故時耐環境性能に関する評価について、規格・基準の整備状況を見極めつつ実機への適用を検討していく。</p>	中長期

注

- ・短期 : 2006年～2010年までに実施するもの。
- ・中長期: 2006年～2015年までに実施するもの。
- ・定期安全レビュー: 定期安全レビュー時に実施するもの。

	機器名	考慮すべき 経年変化事象	健全性評価	現状保全	総合評価	長期保全計画	
						保全項目	実施時期
計測制御設備	計測装置のうち 温度検出器 (熱電対式, 測温抵抗体式)	絶縁特性低下	<p>温度検出器の絶縁特性低下については, 絶縁抵抗測定含む特性試験による健全性確認結果, 事故時雰囲気において動作が要求される温度検出器を対象とした封止性確認試験及び放射線評価試験結果によるエポキシ樹脂の封止性結果より, 絶縁特性低下する可能性は低い。</p> <p>現状, 絶縁抵抗測定含む特性試験を実施しており, 絶縁特性低下の把握は可能である。</p>	特性試験 (加温・冷却試験, 常温試験, 絶縁抵抗測定等)	<p>健全性評価結果から, 著しく絶縁特性低下する可能性は低い。</p> <p>また, 絶縁特性低下は点検時の絶縁抵抗測定含む特性試験で把握可能。</p>	<p>事故時雰囲気での動作が要求される温度検出器については, 供用期間の経年変化を考慮した事故時耐環境性能に関する評価について, 規格・基準の整備状況を見極めつつ実機への適用を検討していく。</p>	中長期
	計測装置のうち SRNM前置増幅器	特性変化	<p>SRNM前置増幅器等の特性変化については, 特性試験による健全性確認結果, 事故時雰囲気において動作が要求されるSRNM前置増幅器等を対象とした5年間の経年変化及び事故時雰囲気を想定した長期健全性試験等より, 特性変化する可能性は低い。</p> <p>現状, 特性試験を実施しており, 特性変化の把握は可能である。</p>	特性試験 (入出力試験, ループ試験等)	<p>健全性評価結果から, 著しく特性変化する可能性は低い。</p> <p>また, 特性変化は点検時の特性試験で把握可能。</p>	<p>供用期間の経年変化を考慮した事故時耐環境性能に関する評価について, 規格・基準の整備状況を見極めつつ実機への適用を検討していく。</p>	中長期

注

- ・短期 : 2006年~2010年までに実施するもの。
- ・中長期: 2006年~2015年までに実施するもの。
- ・定期安全レビュー: 定期安全レビュー時に実施するもの。

	機器名	考慮すべき 経年変化事象	健全性評価	現状保全	総合評価	長期保全計画	
						保全項目	実施時期
計測制御設備	計測装置のうち 放射線検出器 (イオンチェンバ式)	特性変化	放射線検出器(イオンチェンバ式)の特性変化については、特性試験による健全性確認結果、事故時雰囲気において動作が要求される格納容器内雰囲気監視系放射線計測装置の放射線検出器を対象とした事故時雰囲気暴露試験、耐放射線試験より、特性変化する可能性は低い。 現状、特性試験を実施しており、特性変化の把握は可能である。	特性試験 (入出力試験、ループ試験)	健全性評価結果から、著しく特性変化する可能性は低い。 また、特性変化は点検時の特性試験で把握可能。	事故時雰囲気での動作が要求される格納容器内雰囲気監視系放射線計測装置の放射線検出器については、供用期間の経年変化を考慮した事故時耐環境性能に関する評価について、規格・基準の整備状況を見極めつつ実機への適用を検討していく。	中長期
その他設備	気体廃棄物処理系炭素鋼配管	外面腐食(全面腐食)	腐食防止のために表面塗装が施されており、塗装が健全であれば腐食は防止できるが、塗装がはく離すると腐食が発生する可能性がある。	目視にて配管表面の確認を実施しているが、一部の地中埋設部については、表面状態の確認が困難である。	表面が塗装されているため、急激に腐食が進行する可能性は小さいと考えるが、地中埋設部については、健全性の確認等を実施する必要があると判断する。	地中埋設の代表部位について、外面の目視点検を実施する。	中長期

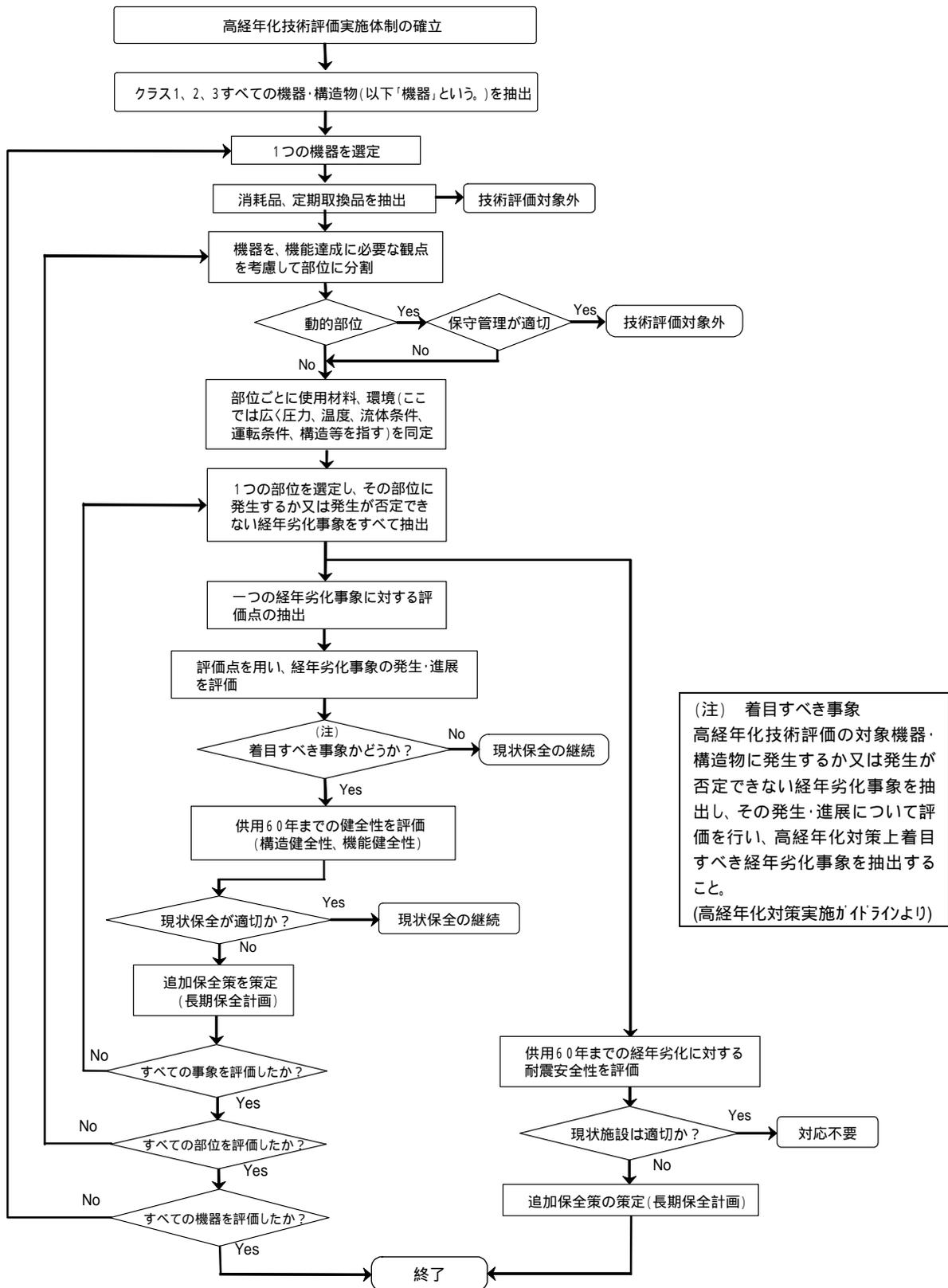
注

- ・短期 : 2006年~2010年までに実施するもの。
- ・中長期: 2006年~2015年までに実施するもの。
- ・定期安全レビュー: 定期安全レビュー時に実施するもの。

	機器名	考慮すべき 経年変化事象	健全性評価	現状保全	総合評価	長期保全計画	
						保全項目	保全項目
共通	<ul style="list-style-type: none"> ・機器付基礎ボルト ・後打メカニカルアンカ（テパ[®]ボルト、シールド） ・後打ケミカルアンカ（ア[®]ボルト） 	腐食	塗装が施されていない部位について腐食が懸念されるが、これらの部位は風雨に直接接する暴露環境にないことから塩分濃度は低く、有意な水分の侵入も防止できていると考えられる。また、他電力の調査における腐食量調査から推定し、60年時点でも機器の支持機能を喪失させる腐食が発生する可能性は小さいと考える。	基礎ボルトの腐食に対しては、日常の巡視点検や機器点検時に目視にて表面状態を確認している。	有意な腐食の進行はないと考えられるが、今後も類似環境機器のデータの取得等により健全性評価の妥当性を確認することは有効であると判断する。	機器取替等の適切な機会を利用して、サンプル調査を行い、健全性評価の妥当性を確認していく。	中長期
	後打ケミカルアンカ	樹脂の劣化	ケミカルアンカの使用環境及び文献データ等より、熱、紫外線、放射線、水分付着による劣化の可能性は小さい。また、サンプル調査の結果、設計許容荷重に対し、引抜耐力は十分な耐力を有していることを確認している。	日常の巡視点検、機器点検時に目視にて機器支持機能に異常のないこと及び有意な振動が発生していないことを確認している。	ケミカルアンカの樹脂が劣化する可能性は小さいと考えるが、類似環境機器のデータの取得等により健全性評価の妥当性を確認することは有効であると判断する。	類似環境の機器の取替等、適切な機会を利用してケミカルアンカのサンプル調査を行い、健全性評価の妥当性を確認していく。	中長期

注

- ・短期：2006年～2010年までに実施するもの。
- ・中長期：2006年～2015年までに実施するもの。
- ・定期安全レビュー：定期安全レビュー時に実施するもの。



(注) 着目すべき事象
 高経年化技術評価の対象機器・構造物に発生するか又は発生が否定できない経年劣化事象を抽出し、その発生・進展について評価を行い、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を抽出すること。
 (高経年化対策実施ガイドラインより)

図 高経年化技術評価等の標準的な流れ

高経年化技術評価WG 委員名簿

(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
	安藤 弘昭	(あんどう・ひろあき)	独立行政法人原子力安全基盤機構理事
	上杉 信夫	(うえすぎ・のぶお)	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
	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
	庄子 哲雄	(しょうじ・てつお)	国立大学法人東北大学理事(研究担当)
	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 安全研究センター研究計画調整室長・部長
	宮 健三	(みや・けんぞう)	慶應義塾大学大学院理工学研究科特別研究教授
	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

高経年化技術評価WG 開催実績

第3回 平成18年2月24日 経済産業省

第4回 平成18年3月3日 経済産業省

第5回 平成18年3月10日 経済産業省

浜岡原子力発電所1号機 高経年化技術評価等報告書の審査状況について

平成 18 年 3 月 16 日
原子力安全・保安院

1. これまでの審査状況

実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則第24条第2項に基づき、本年1月31日、中部電力(株)より浜岡原子力発電所1号機に係る高経年化技術評価等報告書の提出があった。

「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ライン」(平成 17・12・20 原院第8号)に基づき、独立行政法人原子力安全基盤機構が技術的妥当性確認を行い、その結果等を踏まえつつ、関連データ及び文書並びに評価の対象とした機器及び構造物を直接確認するため、当院は、2月13日から16日にかけて当該発電所において立入検査を実施した。

これらを踏まえ、総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会の下に設置された高経年化技術評価WGの審議を経つつ総合的な審査を行い、当該報告書に対し指摘事項を抽出し、中部電力(株)に伝えた。

これを受け、中部電力(株)から評価代表機器の変更、経年劣化事象の抽出内容の変更、健全性評価結果の変更等を含む本質的かつ大量の内容修正の申し入れがあり、高経年化技術評価WGの同意を得た上で、中部電力(株)に対し、改めて総点検の実施を求めた。

これを受けて、中部電力(株)は当該報告書の総点検を行い、本日、変更報告書の提出があった。

2. 当院の今後の対応

上述のような経緯を踏まえ、当院としては、本日が当該発電所の運転開始から30年を経過する日であるものの、当該発電所が長期停止中であること及び当該修正報告書の内容について慎重な審査を行う必要があることなどから、今後、独立行政法人原子力安全基盤機構による技術的妥当性確認を改めて行うとともに、必要に応じ再度立入検査を実施するなどにより、引き続き総合的な審査を行い、すみやかにその結果を取りまとめ、公表することとする。