資料 No.5－2

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
（案）

平成 17 年　　月　　日

原 子 力 安 全・保 安 院

目　次

１．はじめに　・・・・・・・・・・・・　1

２．原子力発電プラントの運転状況等　・・・・・・・・・・・・　2
（１）供用年数に伴う基数等の推移　・・・・・・・・・・・・　2
（２）運転状況　・・・・・・・・・・・・　3
（３）保守管理の状況　・・・・・・・・・・・・　4

３．これまでの高経年化対策　・・・・・・・・・・・・　5
（１）プラント供用期間と安全確保のための基本的措置　・・・・・・・・・・・・　5
（２）これまでの高経年化対策の基本的な考え方　・・・・・・・・・・・・　7
（３）これまでの実施実績　・・・・・・・・・・・・　9
①法令上の要求事項　・・・・・・・・・・・・　9
②高経年化技術評価及び長期保全計画策定に係る実施実績　・・・・・・・・・・・・　9
（４）海外における状況　・・・・・・・・・・・・　10

４．高経年化技術評価の考え方　・・・・・・・・・・・・　13
（１）高経年化対策に関連する経年劣化事象　・・・・・・・・・・・・　13
①機械設備　・・・・・・・・・・・・　13
②電気・計装設備　・・・・・・・・・・・・　14
③コンクリート構造物　・・・・・・・・・・・・　14
（２）経年劣化事象と技術基準の関係　・・・・・・・・・・・・　14
（３）高経年化対策上着目すべき経年劣化事象　・・・・・・・・・・・・　16

５．高経年化対策の検証と課題　・・・・・・・・・・・・　16
（１）これまでの高経年化対策の検証　・・・・・・・・・・・・　16
①高経年化技術評価の開始時期等　・・・・・・・・・・・・　16
②追加保全策等の内容　・・・・・・・・・・・・　17
③諸外国との対比　・・・・・・・・・・・・　17
（２）高経年化対策に関連する状況の変化　・・・・・・・・・・・・　18
①データ、知見の蓄積　・・・・・・・・・・・・　18
②品質保証及び保守管理活動に対する安全規制の導入　・・・・・・・・・・・・　18
③技術力維持に対する懸念　・・・・・・・・・・・・　19

④長期供用プラントの増加に伴う安全への関心の高まり ････････････ 19
（３）高経年化対策の充実のための課題 ････････････ 19
①ガイドライン等の整備 ････････････ 19
②機器・構築物の重要度に応じた規制 ････････････ 20
③長期保全計画の実施状況の確認 ････････････ 20
④技術情報基盤の整備 ････････････ 20
⑤企業文化・組織風土の経年劣化防止及び技術力の維持・向上 ････････････ 20
⑥高経年化対策に関する説明責任の着実な履行 ････････････ 21
⑦課題の整理 ････････････ 21

６．高経年化対策の充実のための新たな施策 ････････････ 21
（１）透明性・実効性の確保 ････････････ 21
①ガイドライン等の整備 ････････････ 21
②高経年化技術評価等の対象部位及び実施体制等の審査 ････････････ 23
③長期保全計画の実施状況等の確認 ････････････ 24
④高経年化技術評価の開始時期以前における経年劣化事象への対応 ････････････ 25
（２）技術情報基盤の整備 ････････････ 26
①技術情報の収集・整備と活用 ････････････ 27
②安全研究のテーマ選定と実施 ････････････ 28
③技術情報基盤の国際的な展開 ････････････ 29
④産官学の役割と有機的連携 ････････････ 30
（３）企業文化・組織風土の経年劣化防止及び技術力の維持・向上 ････････････ 33
①企業文化・組織風土の基本的な要素 ････････････ 33
②企業文化・組織風土の経年劣化防止への取り組みの考え方 ････････････ 34
③技術力の維持・向上への取り組み ････････････ 36
（４）高経年化対策に関する説明責任の着実な履行 ････････････ 37

７．おわりに ････････････ 37

添付資料

　添付－１　高浜発電所１号機　高経年化対策検討に基づく長期保全計画（概要）

　添付－２　海外の高経年化対応の状況

　添付－３　９プラントの高経年化技術評価で取り上げられている主要経年劣化事象

　添付－４　主要経年劣化事象と高経年化対策

　添付－５　高経年化対策実施ガイドライン（イメージ）

　添付－６　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

　添付－７　「高経年化対応に関するロードマップ」において抽出された安全研究課題

参考資料

（高経年化対策に高経年化対策検討委員会･WG名簿）

（委員会･WG開催実績）

別冊－１：主な経年劣化事象の性状分析と対策

別冊－２：技術情報基盤整備のための具体的検討

①高経年化対策上必要な技術情報について

②高経年化対策上必要な安全研究について

③潜在的事象への具体的な取り組みの在り方について

④高経年化対策における｢リスク情報｣活用の可能性について

別冊－３：原子力安全文化についての国際機関、海外規制機関及び我が国の取り組みについて

別冊－４：海外における高経年化対応に係る技術情報等

別冊－５：電気事業者における高経年化対策に係る活動

別冊－６：用語集

１．はじめに

一般に、原子力発電所の長期供用には、全体として老朽化が進行し、安全上の問題が発生するのではないかという漠然とした不安があると言われる。しかしながら、プラントの運転に伴う経年劣化に対し、その状況を点検し、必要に応じ補修・取替などを適切に行えば、供用期間が長期化する場合であっても老朽化することなく、その安全を確保することが可能である。

高経年化対策とは、原子力発電所が長期間供用されることに伴い発生する経年劣化を把握して、その影響を分析し、現状の保全活動が有効かどうか、新たな保全策を追加すべきかどうかを評価したうえで、必要な保守管理を行うことである。これには関連する安全研究等も必要となるなど、高経年化対策は供用期間が長期化した原子力発電所の安全確保を図るための幅広い対策を包含している。

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」によっている。これまで9プラントについて各事業者は経年劣化に関する技術評価（高経年化技術評価）を行い、現状の保全活動の評価や長期保全計画の策定等の対策を実施し、国はその妥当性の評価を行うという形で実施されてきた。

その後、昨年８月９日に発生した関西電力株式会社美浜発電所３号機二次系配管破損事故を契機に、地元自治体をはじめとして、原子力発電所の高経年化問題への関心が高まった。

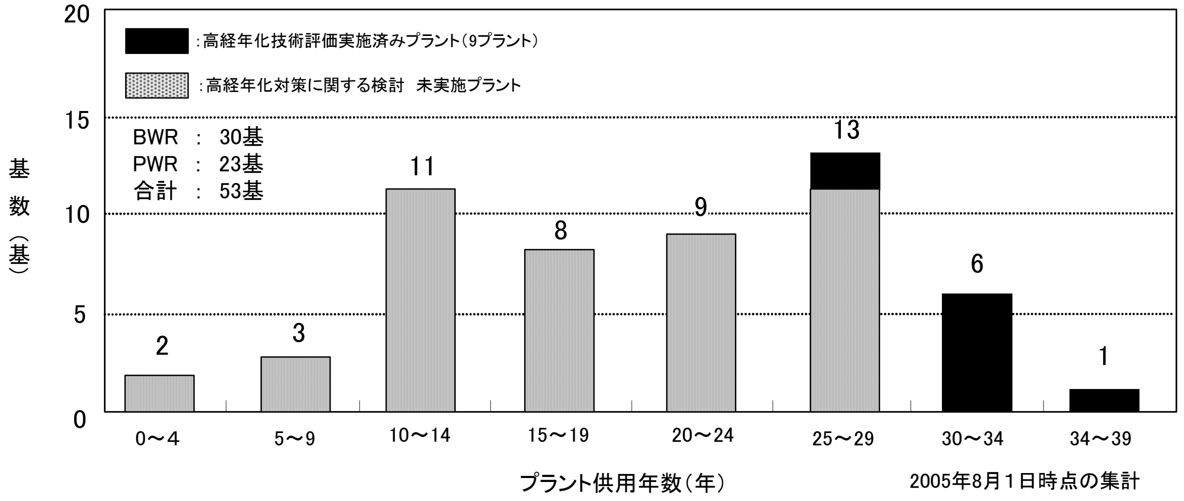
これらの経緯を踏まえ、当院としては、従来の高経年化対策の検証とこれを踏まえた対策の充実について検討する必要があると判断し、昨年１２月に総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会に高経年化対策検討委員会を設置し、検討を行ってきた。

検討に当たっては、これまでの高経年化技術評価及びその後に得られたデータを分析し、その妥当性を検証するとともに、高経年化対策の意義を改めて確認し、今後の高経年化対策の課題及びこれを充実するための施策を検討した。

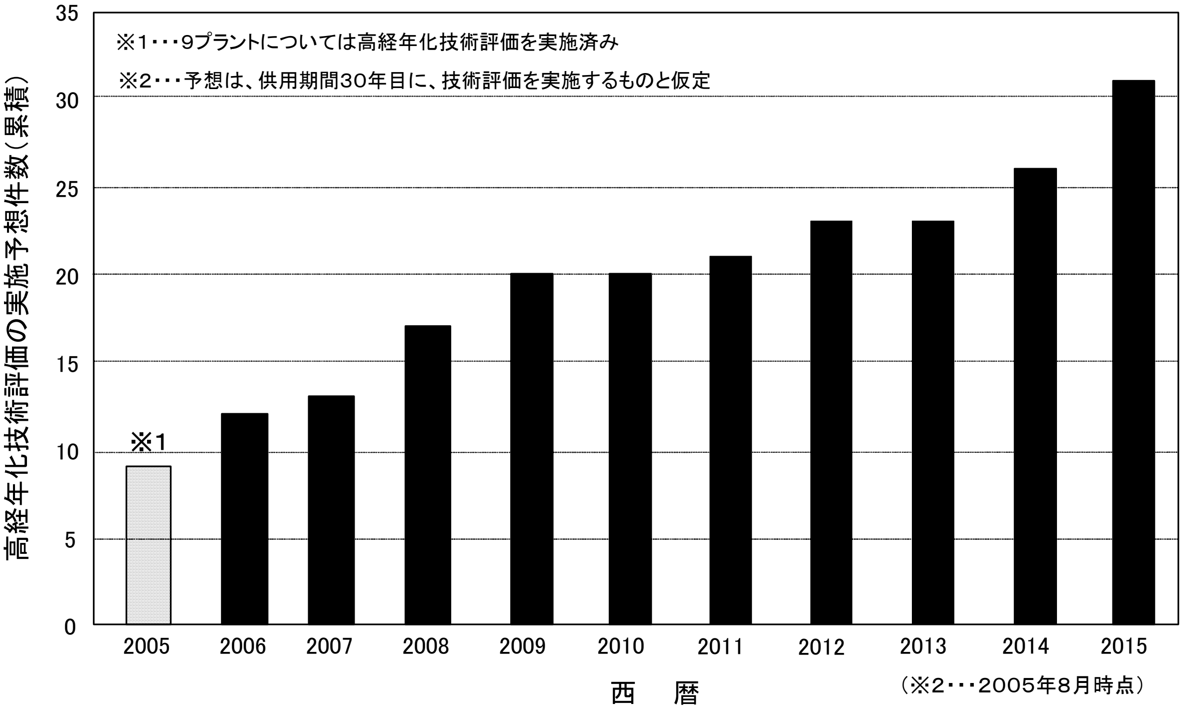
2. 原子力発電プラントの運転状況等

(1)供用年数に伴う基数等の推移

我が国の営業運転中の原子力発電プラントは53基であり、供用期間と基数の関係を図－1に、高経年化技術評価の実施予想件数の累積（予想は、供用期間30年目に技術評価を実績すると仮定）を図－2に示す。図－2によると、2009年には同累積実施件数は20基となり、2015年にはこれが30基を超えることになる。



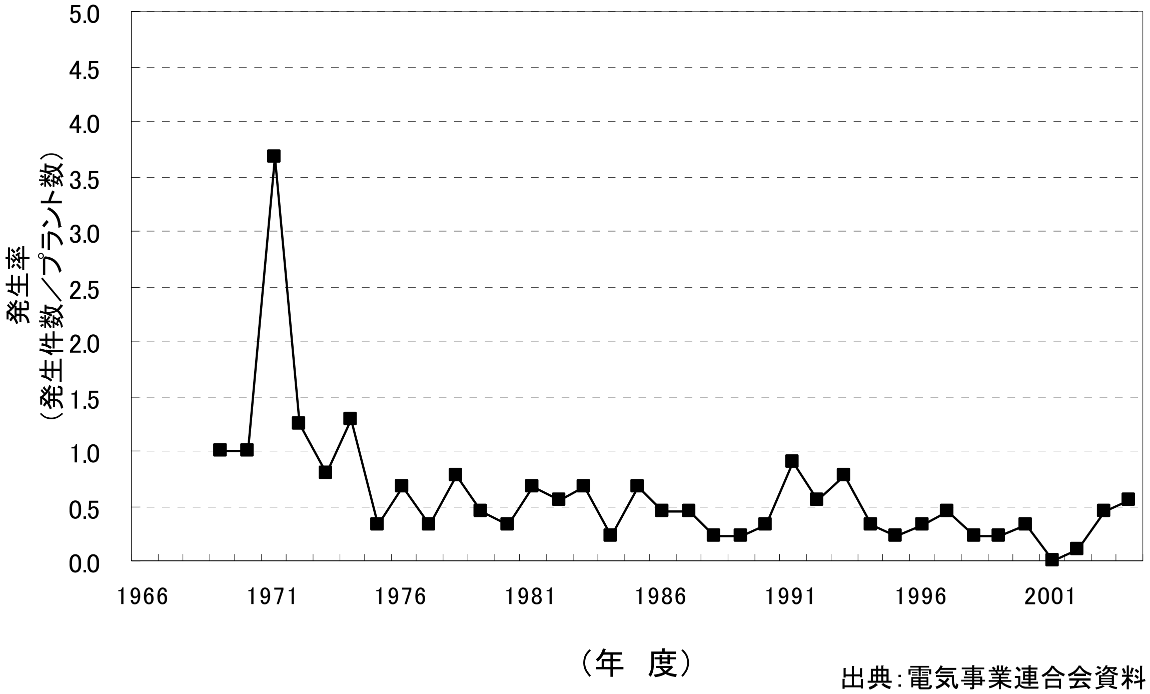
図－1 運転開始後の経過年数とプラント基数



図－2 高経年化技術評価の実施予想件数（累積）※2

（2）運転状況

原子力発電プラントの供用に伴う運転状況について、実績データに基づき分析を行った。まず、これまでに供用年数が30年前後の9プラント[1]を対象に、これらプラントの運転開始当初から現在まで、年度ごとに発生した計画外停止件数の合計をプラント数で除した1プラント当たりの計画外停止率を見ると、供用期間の長期化に伴いこれが増加する傾向は認められない。（図－3）

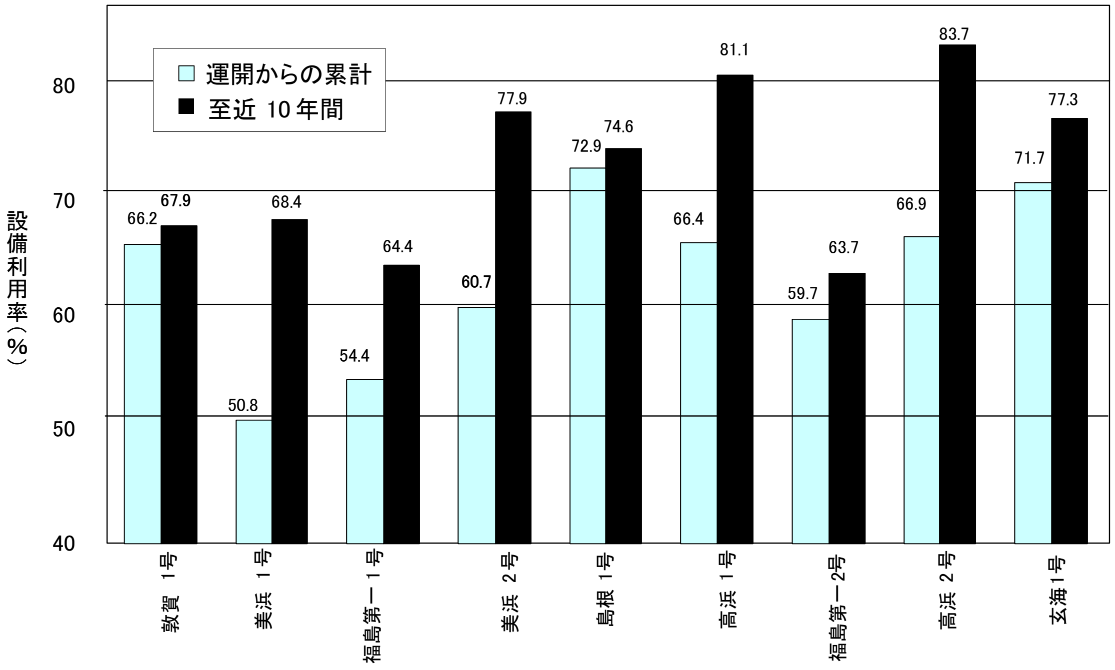


出典：電気事業連合会資料

図－3　計画外停止発生率の推移

また、これまでに供用年数が30年前後の9プラントの設備利用率は、PWRプラントについては蒸気発生器の取り替え等による効果があると考えられるものの、至近の10年間（94～03年度）の設備利用率は運転開始からの累計の設備利用率に比べ高くなる傾向が認められた。（図－4）

[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



(出典:原子力施設運転管理年報を基に作成)

図－４　9プラントの運転開始からの累計と至近 10 年間の設備利用率の比較

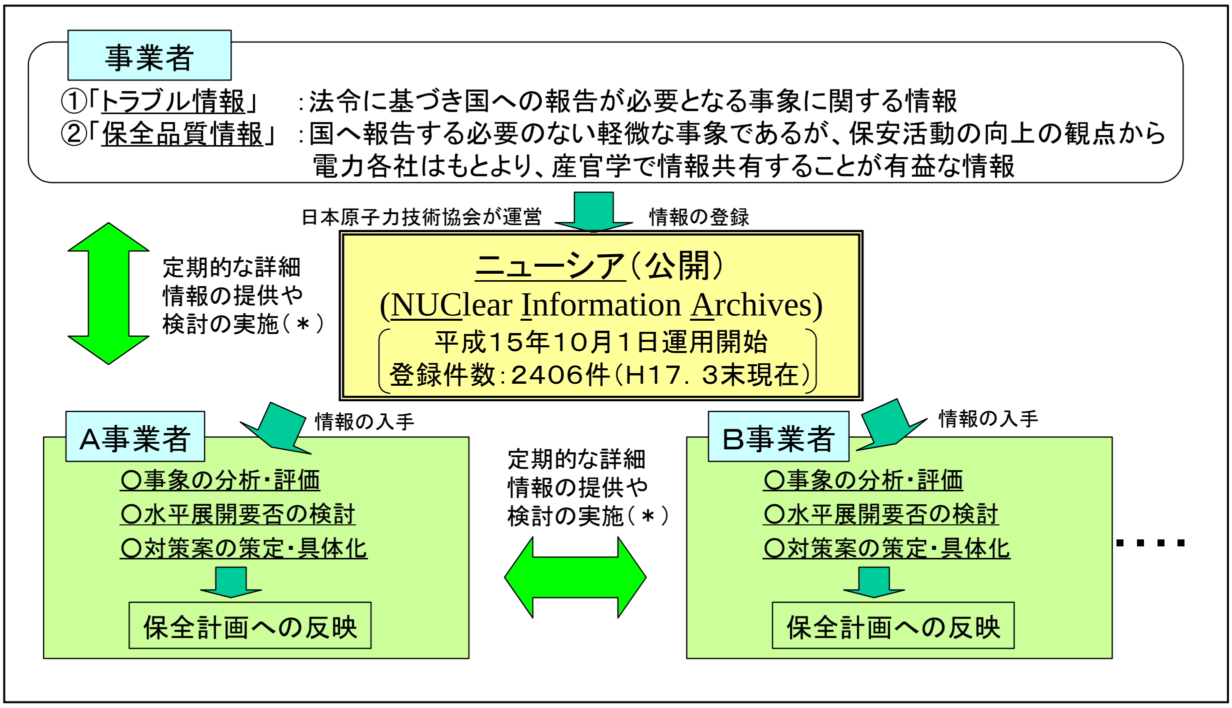
(3)保守管理の状況

事業者は、保全計画を策定して保守管理活動を行っている。プラント運転中には運転管理、巡視点検及び定例試験を、プラント停止中には定期事業者検査を行い、必要に応じ修理・取替、改良をしている。

これら保守管理活動においては、自社又は国内外で発生した事故・故障等の再発防止策を適切に反映するとともに、電力共通研究や自社研究の成果を活用して新しい検査手法の開発を行うなど継続的に改善の取り組みがなされてきている。例えば、国内他社で発生した事故・故障等について、各事業者は、ニューシア(NUCIA)[2]などから関係情報を入手し、その事象の分析・評価を行うとともに、再発防止のための必要な措置の有無について検討を行い、そのような措置がある場合には、それを再発防止策として保全計画等に反映させている。(図－５)

---

[2] 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をいう。原子力発電所や核燃料サイクル施設のトラブル情報など運転に関する各種情報を広く共有化するためのサイト。



電気事業連合会資料

図－５　運転経験の保全計画への反映

３．これまでの高経年化対策

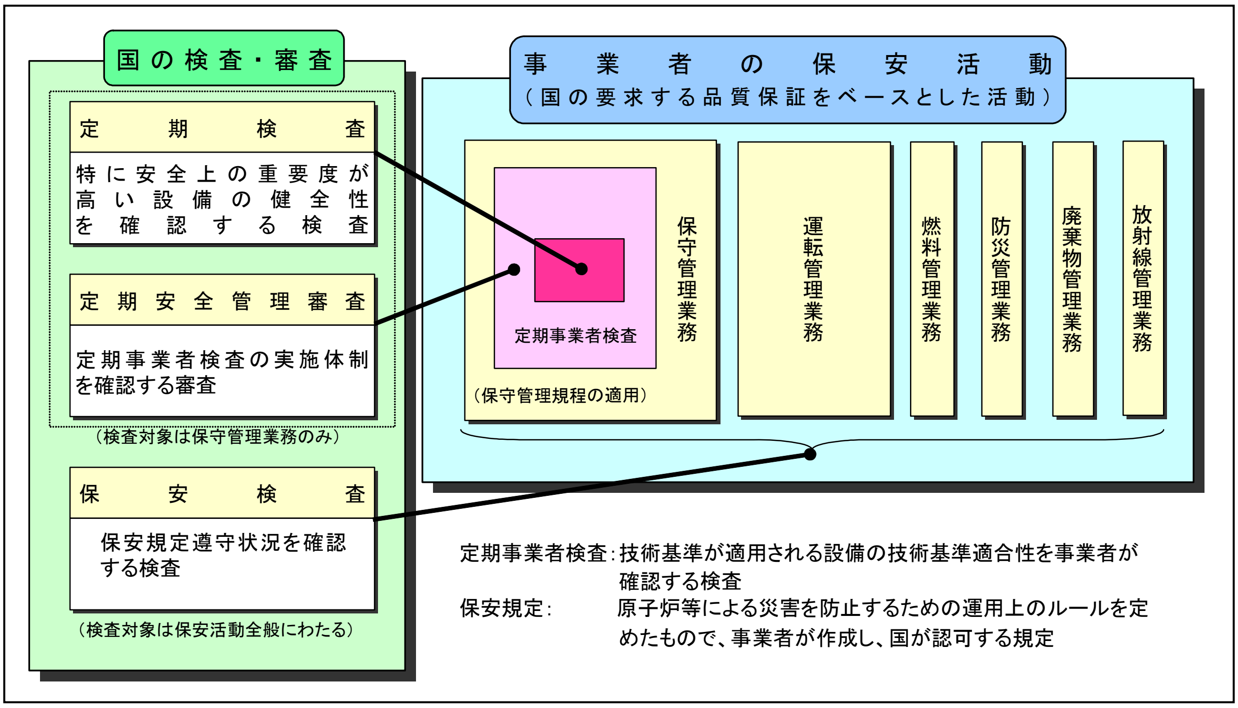
（１）プラント供用期間と安全確保のための基本的措置

　原子力発電プラントは、多種多様な機器・構築物で構成されている。一部機器については、予め30年ないし40年供用したときに発生する起動・停止に伴う温度変化の繰り返しや中性子照射量を評価条件の一つとして設定して設計されている。しかしながら、この期間は、当該機器に発生する劣化事象の発生量や進展量を評価するためのものであって、実際のプラントの技術上の供用可能期間ではない。

　プラントの技術上の供用可能期間は、設計上の余裕に加え適切な保守管理活動によって担保される。すなわち、原子炉圧力容器など安全上重要な機器・構築物は設計時に性能や強度に十分な余裕を持たせ、運転開始後は、事業者が、定期的に原子炉を停止して定期事業者検査及び必要に応じ補修・取替、改良を行い、国においては、定期検査、定期安全管理審査、保安検査等を通じ、事業者によるこれら安全確保のための措置が適切であるかどうかを確認している。（図－６）　更に、10年ごと

に行う定期安全レビュー[3]などを通じ、当該プラントはもちろん、諸外国のプラントを含め他プラントで発生した事故、故障等の経験も適切に反映するための努力が払われてきている。（表－１）

　このように、安全確保のための基本的な仕組みが整備され、事業者及び国は、それぞれの役割に応じた活動を行ってきている。プラントの供用期間が長期化しても、基本的にはこのような措置を講じていくことにより、プラントの安全は確保される。



図－６　検査制度の概要

---

[3]（PSR：Periodic　Safety　Review）　事業者が原子力発電所の運転開始以来行ってきた保安活動に関して、運転開始以降１０年を超えない期間ごとに安全に関わる諸特性の振舞いについて調査・分析し、また、内外の原子力発電所の運転経験や原子力安全に関わる最新の技術的知見に照らして、その反映状況を調査・分析し、さらに確率論的安全評価も併せ用いて総括し、必要に応じて安全性向上のために有効な追加措置を抽出、実施する取組。

表－１　定期安全レビューの実施項目と内容

大項目	詳細項目
1.運転経験の包括的評価	1.1　品質保証活動
	1.2　運転管理
	1.3　保守管理
	1.4　燃料管理
	1.5　放射線管理及び環境モニタリング
	1.6　放射性廃棄物管理
	1.7　事故・故障等発生時の対応及び緊急時の措置
	1.8　事故・故障等の経験反映状況
2.最新の技術的知見の反映	2.1　安全研究成果の反映状況
	2.2　国内外の原子力発電所の運転経験から得られた教訓の反映状況
	2.3　技術開発成果の反映状況
3.確率論的安全評価	3.1　プラント運転時及び停止時の評価
	3.2　システム及び起因事象の重要度評価
4.高経年化対策検討※	4.1　高経年化技術評価
	4.2　長期保全計画の策定

※運転開始後30年を経過する日までに実施し、10年を超えない期間ごとに再評価を行う。

（2）これまでの高経年化対策の基本的な考え方

平成８年４月に当時の資源エネルギー庁は「高経年化に関する基本的な考え方」をとりまとめた。そのポイントは、以下のとおりである。

① 高経年化への具体的施策を展開する時期については、予防保全の観点も含め、慎重を期して運転開始後30年とする。

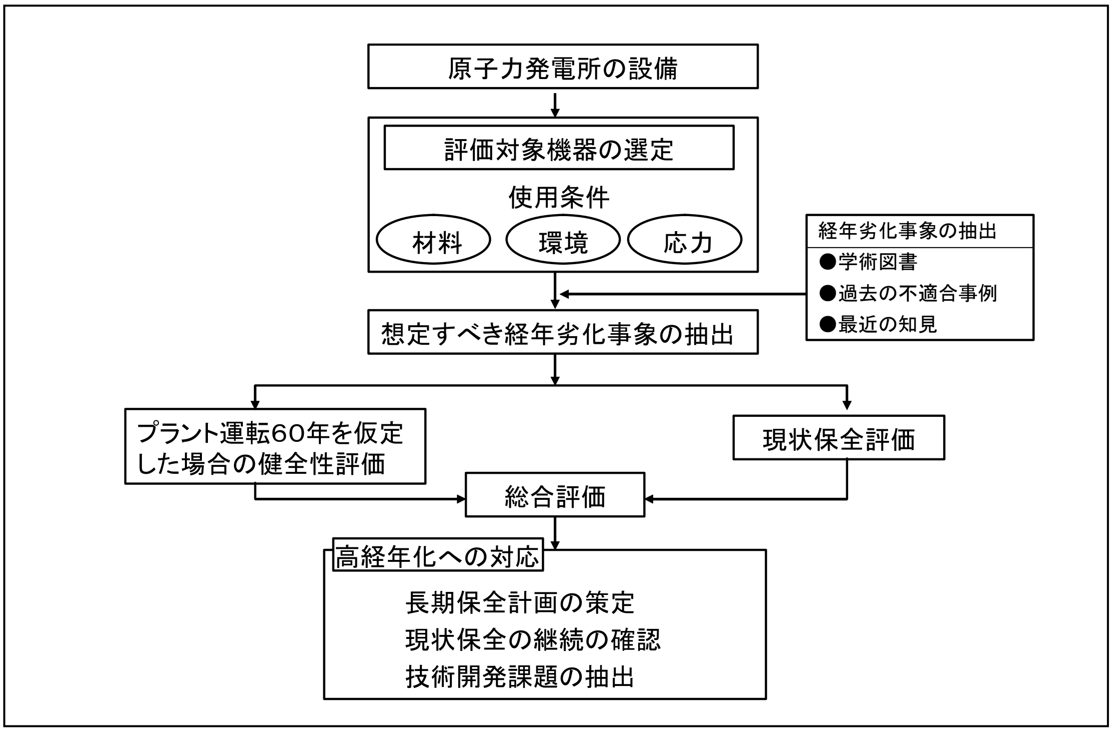
② 安全上重要な機器・構築物[4]のうち、補修・取替が容易でなく、かつ、長期的な経年変化を考慮すべきものについて、60年の使用を仮定して技術評価[5]を行うこととする。（図－７）

③ 事業者は、炉毎に取替え容易なものも含めたプラント全体の機器・構築物について、健全性に関する技術評価を定期的に実施するとともに、この評価結果に基

[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）におけるクラス２以上の構築物、系統及び機器。

[5] 工学的に想定される経年劣化事象のうち、原子力発電プラントが置かれた環境を考慮して、想定される劣化事象を抽出し、機器・構造物の設計、運転実績等を踏まえその健全性を評価すること。

づく適切な保全を行っていく必要があり、国はこれを評価していくことが重要である。



図－7　高経年化に関する技術評価の流れ

④　高経年化した原子力発電プラントの健全性は、現状の技術により確保可能であるが、より信頼性の高い管理を行うためには、今後も技術開発を継続することが重要である。技術開発課題として、検査・モニタリング技術、予防保全・補修技術、経年変化評価技術の開発が挙げられ、今後も、国、事業者等において必要な技術開発を進めていく必要がある。また、発電所の健全性を評価していくためには、技術開発課題の解決と併せ、プラントの経年的な材料データ、運転データの取得が重要である。

この基本的考え方について、原子力安全委員会は原子炉安全総合検討会において確認し、その内容は妥当であるとの結論を示した報告書「発電用軽水型原子炉施設の高経年化対策について」を平成10年11月に了承した。

（3）これまでの実施実績

①法令上の要求事項

当院は「高経年化に関する基本的な考え方」等に基づき、平成15年10月に原子炉施設の定期的な評価として、これら高経年化対策を含む定期安全レビューを実施すること及びこれら活動を保安規定上の要求事項とすることを法令上明確にした。このうち、高経年化対策に関連する内容は、以下のとおりである。

(a) 事業者は、原子炉の運転開始日以後30年を経過する日までに、次の措置を講じなければならない。
- ・経年変化に関する技術的な評価を行うこと
- ・技術的な評価に基づき、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）を策定すること

(b) 当該技術的な評価及び長期保全計画は、10年ごとに行われる定期安全レビューの際に再評価するとともに、さらなる10年間の長期保全計画の策定を行わなければならない。

②高経年化技術評価及び長期保全計画策定に係る実施実績

これまでに各事業者は、9プラントについて「高経年化対策に関する報告書」を作成し、当省に提出した。その中で、各事業者は原子力発電所を構成する機器・構築物のうち安全機能を有するものすべてに対して、経年変化事象に関する技術的な評価を実施するとともに、高経年化の観点から現状の保全計画を充実する新たな保全策を抽出し、それを長期保全計画として取りまとめている。

当省は、これらの検討結果について、経済産業大臣が委嘱する学識経験者の専門的意見を聴きつつ評価を行ってきた。

その結果、営業運転開始後60年間を評価期間とする事業者の評価方法は、膨大な数に上る安全機能を有する機器、構築物を合理的に評価するために適切なものであると評価してきている。

また、事業者は技術評価の中で、評価時点までの最新の知見に基づき経年劣化事象の影響を評価しているとともに、その分析結果を踏まえた現状の保全活動の有効性及び新たな保全策追加の必要性などを評価している。当省としては、この新たに抽出された保全策を取りまとめた長期保全計画（添付－1）を適切に実施

することで問題ないと判断してきている。

これら当省の判断結果については、「高経年化に関する報告書」としてとりまとめ、原子力安全委員会に報告するとともに、公表してきた。（表－２）

表－２　当省が高経年化対策を評価したプラント

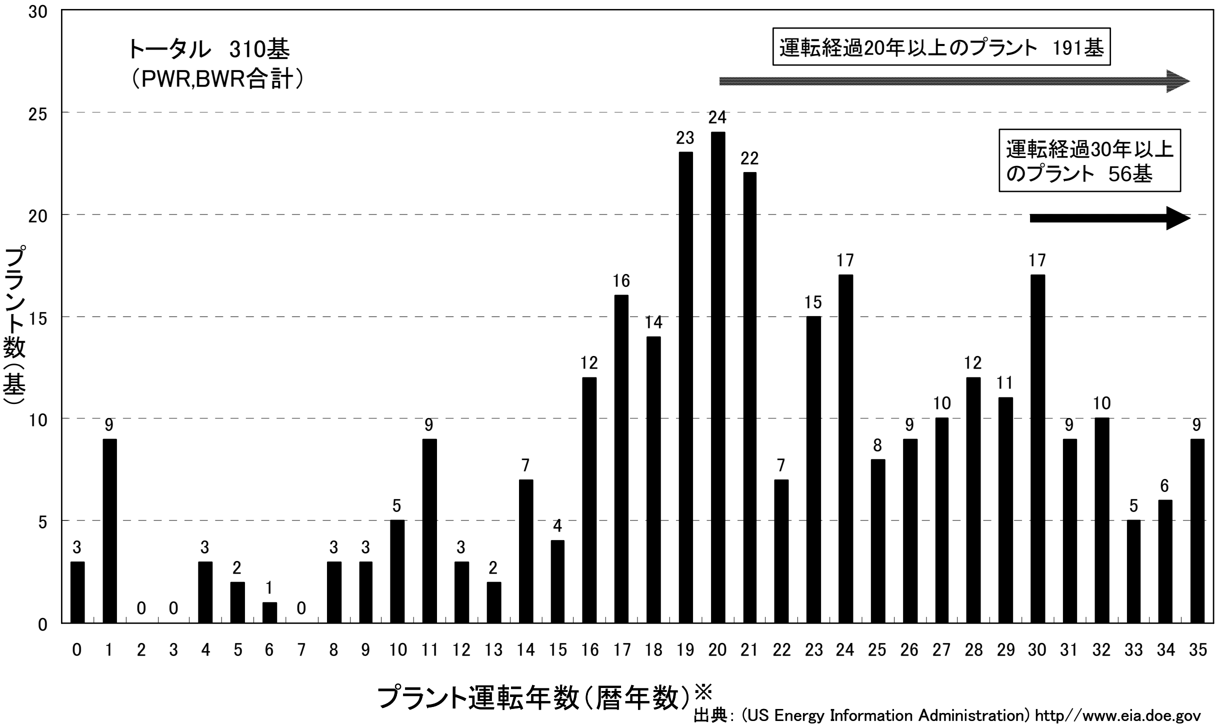
当省の評価	対象プラント	運転開始
平成11年2月	① 日本原子力発電株式会社　敦賀発電所1号	昭和45年3月
	② 関西電力株式会社　美浜発電所1号	昭和45年11月
	③ 東京電力株式会社　福島第一原子力発電所1号	昭和46年3月
平成13年6月	④ 関西電力株式会社　美浜発電所2号	昭和47年7月
	⑤ 東京電力株式会社　福島第一原子力発電所2号	昭和49年7月
平成16年3月	⑥ 関西電力株式会社　高浜発電所1号	昭和49年11月
	⑦ 関西電力株式会社　高浜発電所2号	昭和50年11月
	⑧ 九州電力株式会社　玄海原子力発電所1号	昭和50年10月
	⑨ 中国電力株式会社　島根原子力発電所1号	昭和49年3月

（4）海外における状況

２００５年５月時点で運転経過３０年を超えるPWR、BWRプラントは世界で５６基あり、これに２０年を超えるプラントを加えると１９１基に達する。このように多くのプラントの供用期間が長くなってきていることから、原子力発電所の高経年化の問題は、世界的にも大きな関心事となっている。（図－８）

高経年化対策に関する各国の安全規制の取組みとしては、運転認可更新や定期安全レビューがある。米国では、連邦規則で運転認可更新要件が規定されている。

また、欧州諸国の多くでは、プラント運転期間を法令上限定する規定がないかわりに、ほぼ１０年毎に行う定期安全レビューが法令等で義務付けられている。最近の欧州諸国の動向として、運転開始３０年に向け実施する第3回目の定期安全レビューにおいて、規制側並びに事業者は高経年化対策の充実等の検討に着手しているのが現状である。各国における高経年化対策の概要を以下に示すとともに、詳細を添付－2に示した。



出典: (US Energy Information Administration) http//www.eia.doe.gov
※2005年6月現在で1年未満の運転年数を切り捨て

図−8 世界における原子力発電プラント運転基数
(加圧水型(PWR)と沸騰水型(BWR)発電用原子炉の合計基数)

(a) 米国

米国では、米国原子力法(Atomic Energy Act of 1954)に基づく40年の運転認可と、運転認可更新規則(10 CFR Part 54)に基づき20年間の更新を可能としている。2005年6月末現在、米国原子力規制委員会(NRC)は33基について運転認可更新免許を交付し、15基の申請をレビュー中である。

NRCは、運転認可更新のプロセスと評価方法を明確にするため、運転認可更新申請書の要件やレビューに関するガイダンスドキュメントとして、認可更新申請書標準様式[6]、標準審査計画書(SRP-LR)[7]、高経年化共通教訓(GALL)[8]などの関連するガイドライン等を整備しており、運転認可更新申請のレビュープロセスを明確にしている。更に、NRCは、これまでの認可更新に係る経験を反映して、GALLの見直しを行

[6] Regulatory Guide 1.188“Standard Format and Content for Applications to Renew Nuclear Power Plant Operating Licenses”
[7] NUREG-1800“Standard Review Plan for the Review of License Renewal Applications for Nuclear Power Plants (SRP-LR)”
[8] NUREG-1801“Generic Aging Lessons Learned Report”

っており、2005年中に改訂版の発行を予定している。

(b) フランス

2005年5月現在、フランスでは運転開始30年を超える軽水炉プラントは無い。

フランスの法令には原子力発電プラントに係る運転期間の規定はないが、10年毎の定期安全レビュー及び原子炉停止時検査(Ten-Yearly Outage)を実施し、プラントの安全性を確認している。原子力安全放射線防護総局(DGSNR)は、仏電力公社(EDF)に対して、第3回目の定期安全レビューにおいて、30年以降に実施すべき高経年化対策プログラムの提出と30年以降も原子力発電プラントを安全に運転できることの説明を要求している。

(c) ドイツ

2005年5月現在、ドイツでは運転開始30年を超える軽水炉プラントは1基のみである。

ドイツ原子力安全委員会(RSK)は、高経年化対策に関するガイドとして、2002年に「原子力発電所の高経年化対策の取組みに関する原則」を制定した。さらに、2004年7月には「原子力発電所の高経年化対策」に関する勧告において、プラントの運転期間中を通じて達成すべき総合的・継続的な高経年化対策の要求事項(Non-physical Ageing への対応を含む)を示し、事業者に高経年化対策に関する年度報告書の提出を要求している。

(d)スウェーデン

2005年5月現在、スウェーデンでは運転開始30年を超える軽水炉プラントは3基ある。

スウェーデン議会は、2010年までに全ての原子力発電プラントの運転を停止することを決議していたが、1997年に、本決議を撤廃したことから、高経年化対策が重要課題となってきた。原子力発電検査庁(SKI)は、「原子力発電プラントの安全に関する規則」(SKIFS 2004:1)において、各プラントに対して2005年12月31日までに、高経年化対策プログラムを作成することを要求している。

4. 高経年化技術評価の考え方

(1)高経年化対策に関連する経年劣化事象

これまでに高経年化に係る評価を実施した9プラントの技術評価では、事業者は、機器、構築物ごとに高経年化対策上考慮すべき経年劣化事象(詳細は添付－3)を抽出し、これらがプラントの長期供用に伴う与える影響についての評価を行っている。その主なものは以下のとおり。

① 機械設備

機械設備の代表的なものとしては、原子炉圧力容器、炉内構造物、1次冷却材配管(原子炉再循環配管)、1次冷却材ポンプ(原子炉再循環ポンプ)、蒸気発生器、タービン等が挙げられる。これら設備は、熱、圧力、水流、振動などを受ける使用条件下にあり、複雑な作用を受け、劣化事象が生じる。その代表例は次のとおり。

(a)中性子照射脆化

金属材料が中性子の照射を受けて結晶構造の中に非常に微小な欠陥等が生じ、靭性(粘り強さ)が低下する現象。

(b) 応力腐食割れ

引張応力を受ける材料が腐食環境下で通常の破壊応力より低い応力で割れを生じる現象。材料、環境、応力の3因子により発生し、以下にその代表的なものを示す。

・ステンレス鋼の応力腐食割れ

溶接等の熱影響により粒界炭化物が析出し耐食性が低下(鋭敏化)したステンレス鋼や硬化層のある低炭素ステンレス鋼で生ずる溶存酸素を含む高温水中での応力腐食割れ。

・ニッケル基合金の応力腐食割れ

インコネル 600 等で生ずる高温水中での応力腐食割れ。

・照射誘起型応力腐食割れ

炉内構造物に使用されているオーステナイト系ステンレス鋼で生ずる割れ。中性子照射により材料の応力腐食割れに対する感受性が高まることと、材料周辺の水が放射線分解して腐食を促進することから起こる現象。

(c)疲労割れ

材料に繰返し応力がかかることにより、微小な変形領域が生じ、それが微小な割れとなって成長し、静的強度より低い応力でも割れを起こす現象。

(d)配管減肉(エロージョン／コロージョン)[9]

配管の内面で、材料と形状、流体とその流れ及び環境の組合せにより物理的作用による浸食(エロージョン)と化学的作用による腐食(コロージョン)が発生して、相互作用で減肉する現象。

② 電気・計装設備

電気・計装設備の代表的なものとして、発電機、変圧器、ケーブル等がある。発電機や変圧器は通電等による内部で発生する熱を、ケーブルは設置環境において熱や放射線などを受け、絶縁物に使用されているゴム、プラスチック等が時間の経過とともに変質して絶縁低下が生じる。

③ コンクリート構造物

コンクリート構造物の代表的なものとして、原子炉建屋、排気筒、タービン架台等がある。これら設備のコンクリートには、塩分の浸透、コンクリート中の水酸化カルシウムと大気中の二酸化炭素等との反応(中性化)など、経年により性能が低下する事象が生じる。中性化による経年劣化は、このうちの代表的なもので、コンクリートのアルカリ性が表面から徐々に低下し、これにより鉄筋の保護機能が失われ、鉄筋が腐食して膨張し、コンクリートのひび割れが生じる。

(2)経年劣化事象と技術基準の関係

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・構築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。ここでいう技術基準には、機器・構築物が確保しなければならない性能(機械的強度など)が規定されており、供用期間中は、これら要求事項に適合するよう機器・構築物を維持することが求められている。

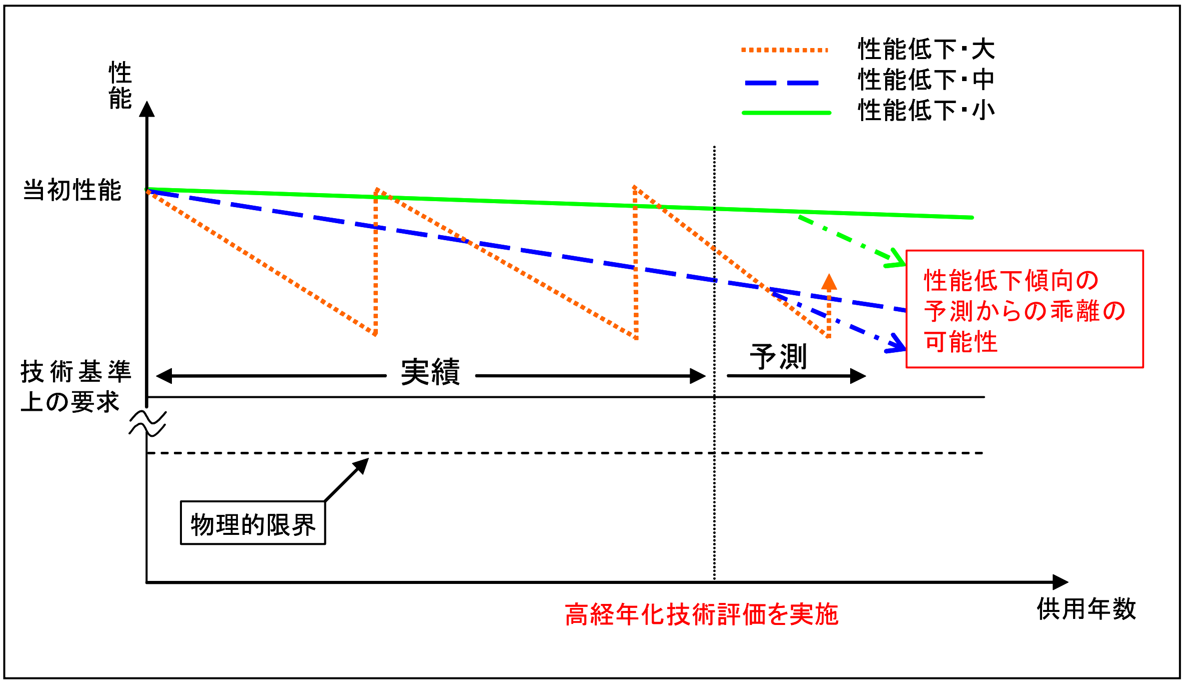
減肉やひび割れなど様々な経年劣化事象の発生により、機器・構築物の性能に経

9 FAC(Flow Accelerated Corrosion)ともいう。

年的な低下が生じる。その進展傾向の代表的なものと技術基準の関係を模式的に図－9に示す。

事業者は、技術基準を常に満足するため、これら様々な性能低下の傾向に応じてある程度の余裕をもって、機器・構築物の設計・製作を行うとともに、供用開始後の点検、補修等を行っている。この余裕のとり方や点検、補修等を行う時期は、機器・構築物の種類、使用状況等に応じて適切に決められるべきである。

事業者は、これまで、定期事業者検査等において機器・構築物の点検を行うとともに、蒸気発生器、炉心シュラウド等の大型機器の更新等必要に応じ適切な時期に補修、取替又は改良を行ってきている。しかしながら、プラントの長期供用に伴い、程度の差はあっても性能低下が機器・構築物全体として進むので、より慎重な監視及び計画的な予防保全策が必要となる。



図－9　性能低下の進展傾向（実績＋予測）と技術基準

（3）高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

経年劣化による性能低下には、図―10のように様々なパターンがある。事業者は技術基準を満足するために、このような性能低下傾向を評価・予測して保全活動を実施してきているが、長期間の供用に伴い、経年劣化事象による性能低下が、①急速に進展する、②発現頻度が高まる（これまでの性能低下の発現が面的、量的に高まる状態）、③新たに顕在化するなど、予測から乖離する可能性があることも考えられる。これに的確に対応するため、監視の強化等、現状の保守管理活動に追加して行う対策を検討する必要があることから、このような乖離の発生が否定できない経年劣化事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と位置付ける。

高経年化技術評価は、安全機能を有する機器・構築物に発生しているか、又は発生する可能性のあるすべての経年劣化事象の中から、着目すべき経年劣化事象を抽出し、これに対する機器・構造物の健全性を評価したうえで、現状の保守管理が有効かどうかを確認し、必要に応じ、追加すべき保全策を長期保全計画として策定するものである。

5. 高経年化対策の検証と課題

（1）これまでの高経年化対策の検証

①高経年化技術評価の開始時期等

これまで、高経年化技術評価は、プラントが運転開始から30年を迎える前に、60年の供用年数を仮定して行われている。これまでの経年劣化データをみると、添付－4に示すように、運転開始から30年以降では、一部ケーブルについて絶縁劣化による性能低下が急速に進展することや長期使用に伴う減肉速度の遅い配管全般における面的、量的な減肉事象の発現頻度の高まりといった、これまで目立たなかった経年劣化事象が徐々に発生する可能性が否定できない。このような現象は、運転開始から30年を節目として目立ってくるものではないが、このタイミングを一つの目安として本技術評価を行い、それ以降の保守管理において点検箇所を増やすなどの追加保全策が必要かどうかを検討することは、適切である。

また、技術上のプラント寿命は、取替え困難な機器・構造物の供用可能期間が支配要因になると考えられ、例えば原子炉圧力容器やコンクリート構造物がこれに該当する。今回の検討で、原子炉圧力容器については、中性子照射脆化の評価で、

60年供用時においても十分な余裕を有していることが、コンクリート構造物については、中性化に係る評価で100年程度の耐久性を保持していることが、それぞれ確認された。このことから、保守管理が適切に行われることを前提に、プラントの技術評価を行うに当たり、供用期間を60年と仮定することは妥当であると考える。なお、この仮定は、あくまで技術評価を行う前提であり、実際にプラントをどの程度の期間供用するかは、安全確保を大前提として、事業者自らが判断して行くものである。

②追加保全策等の内容

高経年化対策上重要な6つの経年劣化事象（①中性子照射脆化、②応力腐食割れ、③疲労割れ、④配管減肉、⑤絶縁低下、⑥中性化）の追加保全策等の妥当性について、添付—4に示すように、これまで9プラントで実施された高経年化技術評価とその後に得られた知見も考慮して検討した。（詳細は別冊—1） その結果、各経年劣化事象について、それぞれの特徴を踏まえ、高経年化対策として追加保全策等が適切に抽出されていると考える。

③諸外国との対比

我が国の原子力発電プラントに係る安全規制は、平成15年10月の制度改正を受けて、事業者による定期事業者検査と国による定期検査及び独立行政法人原子力安全基盤機構（以下「JNES」という。）による定期安全管理審査が行われることとなり、更に品質保証及び保守管理活動が保安規定上の要求事項として取り入れられ、保安検査の対象となった。また、定期安全レビュー及び高経年化対策も法令上事業者の義務とされ、保守管理活動の一環として実施されることとなった。これにより、プラントの設備から品質保証及び保守管理体制に至るまでの全体について、短期的にも長期的にも、高経年化対策を含め網羅的に評価ができる仕組みとなっている。

諸外国の状況を見ると、米国及びドイツに法令上の運転期間の制限があり、その他ヨーロッパの主要国では運転期間の制限はないが、10年毎の定期安全レビューが実質的な運転継続の要求事項となっている。我が国の安全規制は、約1年毎の定期検査に加え、10年毎の定期安全レビューが義務付けられていることから、諸外国の仕組みと比肩し得るものと考えられる。

（2）高経年化対策に関連する状況の変化

①データ、知見の蓄積

これまでに実施した9プラントの高経年化技術評価では、各事業者は、評価対象プラントを構成するあらゆる機器・構築物について、個々に過去の内外の経年劣化事象等と対比するなど、膨大な作業量を投入して評価を実施し、当院も、個別プラント毎、個別機器毎に事業者の評価作業の妥当性を評価した。

安全研究では、国及び事業者はともに経年劣化の進展把握等の高経年化対策に関連する研究を進めている。これまで、国は、「高経年化に関する基本的な考え方」が取りまとめられた平成8年度から、高経年化対策に関連する安全研究を着実に実施してきた。その成果は、原子炉容器の中性子照射脆化に対する健全性評価等に活用されるとともに、社団法人日本電気協会、社団法人日本機械学会等での民間規格・指針に反映されてきている。一方、事業者においても、例えば、電力共通研究において、「Ni基合金のPWSCC長期信頼性確証試験」を行い、その成果は高経年化技術評価においてインコネル600合金の応力腐食割れについての評価に反映されてきた。

これらの結果等から、高経年化技術評価のための手法やこれに係る知見、技術情報データ等が徐々に蓄積されてきており、現在検討が行われている（社）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」への反映等が行われている。また、諸外国でも経年変化事象を評価・管理するための民間規格や政府ガイドライン等の整備が進んでおり、我が国でもこれらを活用することが可能となっている。

②品質保証及び保守管理活動に対する安全規制の導入

前述のように平成15年10月の制度改正により、保安規定に品質保証及び保守管理活動に関する規定を盛り込むことが義務付けられ、国は保安検査によりその遵守状況を確認することとなった。また、JNESは、事業者による定期事業者検査の実施体制を定期安全管理審査により確認することとなっている。

また、事業者の品質保証及び保守管理活動は、原子力安全に関する企業文化・組織風土（安全文化）に密接に係わるものである。昨年8月に発生した関西電力(株)美浜発電所3号機二次系配管破損事故は、不適切な品質保証及び保守管理活動が事故の根本原因であり、その背景には安全文化の綻びがあった、と指摘さ

れている。［1］

③技術力維持に対する懸念

原子力発電プラントの保全は、原子力、機械、電気及び建築の幅広い分野の知識と経験を組み合わせて実施する必要があり、とりわけ高経年化対策の着実な実施のためには、建設当初の設計思想を把握しその後の運用を経験した人材が求められる。2009年には高経年化技術評価を行うプラントの累計が20基となるなど、長期供用プラントは今後着実に増加する一方、当初から設計・建設等に携わりその後の運用経験の中でトラブルを含めた様々な経験を積んだベテラン技術者が一線を退く時期を迎えようとしており、技術伝承を含めた高経年化対策に係る技術力の維持が懸念される。

④長期供用プラントの増加に伴う安全への関心の高まり

長期間供用されているプラントにおいて発生した事故、故障等については、プラント全体が「老朽化」していることが原因ではないかという懸念を一般に引き起こしやすく、長期供用プラントの安全性に対する漠然とした不安につながることがある。また、我が国のみならず、世界的に見ても、30年を超える長期供用プラントは今後着実に増加することから、当該プラントの安全確保についての関心は高くなっている。

（3）高経年化対策の充実のための課題

前述のように、これまでの高経年化対策は、9プラントにおける高経年化技術評価とそれに基づく長期保全計画の策定などにより適切に行われてきている。今後増加する長期供用プラントの高経年化対策をより的確に実施するためには、高経年化対策に関する状況の変化を踏まえ、次のような重点的な対応をとる必要があると考えられる。

①ガイドライン等の整備

規制当局は、これまでの高経年化対策の経験や国内外の知見・データに基づき、高経年化対策の基本的な要求内容などを明らかにする必要がある。このため、高経年化対策ガイドライン等を作成し、事業者が実施する個別プラントの個別機器・構築物の経年劣化事象に係る評価や長期保全計画を策定する実施体制等に関して要求事項を明確にする必要がある。

また、事業者においても、高経年化対策のプロセスを明確化するとともに、民間規格を整備するなど、所要の対策を講じる必要がある。

②機器・構築物の重要度に応じた規制

国は、高経年化対策の実効性を高めるため、対象とする機器・構築物の原子力安全における重要度や事故・故障等の再発防止対策上の重要性などを考慮し、機器・構築物ごとにメリハリの利いた安全規制を講ずる必要がある。

③長期保全計画の実施状況の確認

長期保全計画に基づく追加的な点検や補修・取替などの高経年化対策については、規制当局は、事業者の実施状況を着実に確認する必要がある。このため、その確認方法については、定期検査、定期安全管理審査、保安検査を活用するなどを含め明確にする必要がある。

④技術情報基盤の整備

高経年化対策の実施に当たっては、経年劣化等に関連する様々な知見・データを整備（これを「技術情報基盤」という。）し、有効活用することが不可欠である。

具体的には、この技術情報基盤については、国内外の知見、データ等を収集・整備し、ネットワークを構築して有効活用するとともに、これに高経年化対策に関連する安全研究を組み込んで、総合的な体系を有する技術情報基盤として整備し、高経年化対策実施の基礎として活用できるようにする必要がある。

この際、産官学は、それぞれの有する技術情報や安全研究成果が高経年化対策へ効果的に活用されるよう、相互に有機的な連携を保つことが重要である。このため、産官学それぞれが、技術情報基盤の整備・運営状況について情報を交換し、内容に共通性のある部分の連携や組織ごとに有する技術情報の相互融通等を図るべきである。

さらに、他産業での経験を十分に参考にすることや高経年化対策が行われている海外の知見を十分に活用できるよう国際協力を充実する必要がある。

⑤企業文化・組織風土の経年劣化防止及び技術力の維持・向上

原子力発電所の長期供用に際しては、機器・構築物の経年劣化事象だけでなく、事業者の組織や人材あるいは運営管理活動の方法といった品質保証や保守管理活動に関する事柄の劣化が懸念される。

このうち、企業文化・組織風土の経年劣化防止については、その基本的な要素である技術力の維持・向上を含め対応する必要がある。なお、このことは、原子力

発電プラントの長期供用に伴ってより重要になるものの、高経年化技術評価を行う運転開始後30年といった特定の時点に着目するよりも、プラント供用期間を通じて継続して適切に対応する必要がある。

⑥高経年化対策に関する説明責任の着実な履行

長期供用プラントの増加がもたらす安全性への不安を払拭するためには、国、事業者のそれぞれが原子力安全に関する考え方、高経年化対策を含む様々な保守管理活動や検査活動の内容と結果について、わかり易く立地地域の人々を始めとする国民に周知することが重要である。それに加え、長期供用プラントにおける事故、故障等が原子力安全に及ぼす影響やそれが高経年化とどう関係しているかについて、適切な説明をした上で、幅広く積極的に公表していくことが重要である。

⑦課題の整理

①～⑥の課題を整理すると、次のように要約される。

(a)高経年化対策に係る基本的ガイドライン等の整備、規制当局による長期保全計画の実施状況の確認等による<u>透明性・実効性の確保</u>。

(b)高経年化対策の科学的合理的な実施を支える、国際協力の拡充を含めた<u>技術情報基盤の整備</u>。

(c)安全文化・組織風土の経年劣化防止や技術力の維持・向上への事業者の取り組みを国が把握し、称揚等をする仕組みを充実する<u>組織風土の劣化等への対応</u>。

(d)長期間供用されているプラントは、その全体が「老朽化」しているのではないかという不安を払拭するための<u>高経年化対策に関する説明責任の着実な履行</u>。

6. 高経年化対策の充実のための新たな施策

（1） 透明性・実効性の確保

高経年化対策の透明性・実効性を確保するため、対策の対象とすべき範囲を明確にし、事業者が実施する高経年化対策への実効的な国の関与を行う仕組みを構築することが重要である。また、これら新たな仕組みは、ガイドライン等において明確化を図るなどにより透明性を確保することが重要である。具体的な施策は以下のとおり。

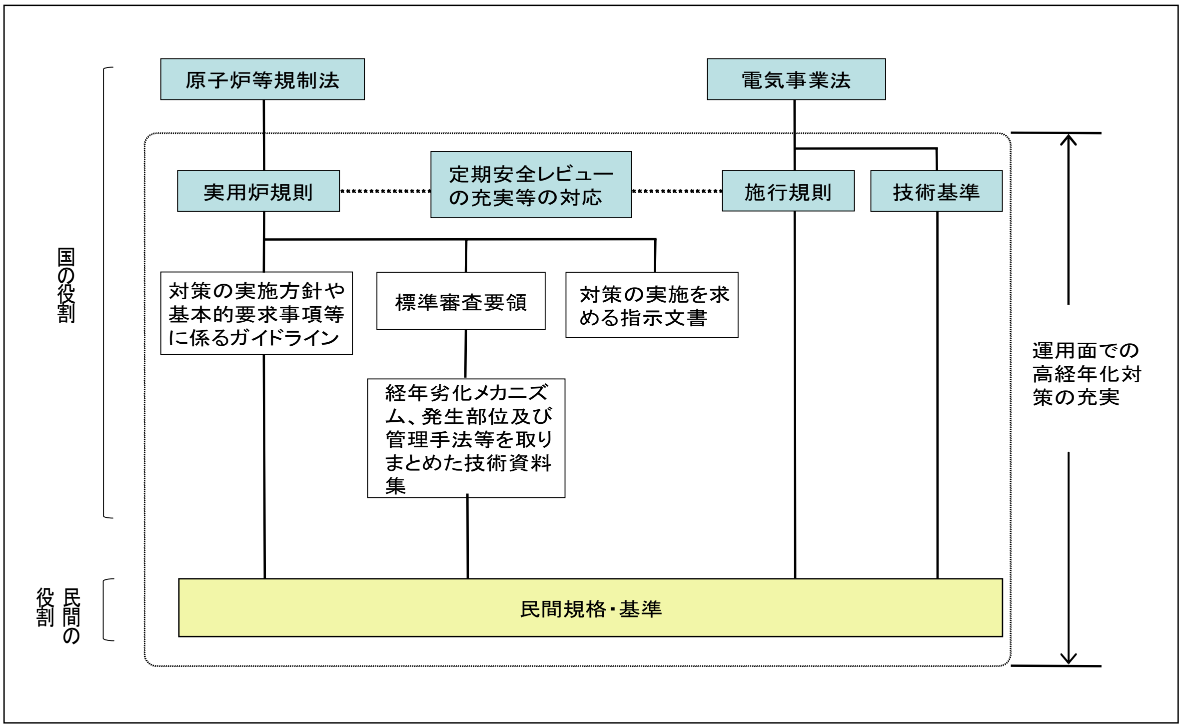
① ガイドライン等の整備

高経年化対策の透明性、実効性を確保するため、国は高経年化対策の実施方針や基本的要求事項を「高経年化対策実施ガイドライン」（添付－5参照）として整備するとともに、事業者が実施する高経年化技術評価の結果を国が審査するための技術評価の手順・着眼点や定期安全レビューにおいて事業者が高経年化対策上、注目すべき経年劣化事象等を適切に評価しているかを、国としても評価するための視点等を定めた「高経年化対策標準審査要領」を整備することとし、これらについては本年末を目途に定める。

また、国は高経年化技術評価を的確に実施するために、「高経年化対策技術資料集」として本年より順次整備を進めることとする。（図－10）

これらのガイドライン等の整備に当たっては、国内9プラントの高経年化技術評価実績やその検証結果、海外における高経年化対策に係るガイダンス等を参考にするとともに、経年劣化のカニズム、経年劣化発生部位及び評価対象部位、経年劣化の管理・評価方法、トラブル等のプラント運転経験を反映することとする。

民間においては、これら国が示したガイドライン等を受けて、保守管理規程、維持規格等の関連規格、個々の機器・構築物に関するもの、学会標準等を積極的に整備していくことが望まれる。国は、これら規格類を適切に評価した上で安全規制に積極的に活用していくものとする。



図－10　高経年化対策のガイドライン等の整備体系

② 高経年化技術評価等の対象部位及び実施体制等の審査

(a)高経年化技術評価の対象設備と国の関与の在り方

原子力発電所の安全性・信頼性を確保するため、高経年化対策の対象とすべき設備範囲はプラントの安全機能を有する機器・構築物とする必要がある。係る観点から、事業者は、プラント運転開始後30年目までに高経年化技術評価及び長期保全計画の策定を、発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針（平成２年８月３０日原子力安全委員会決定）（以下「重要度指針」という、添付－６参照）において安全機能を有する構築物、系統及び機器として定義されるクラス１、２及び3を対象として実施する。（定期取替品及び消耗品は適用除外）

この際、機能面の劣化状態を容易に検出できる動的機能を有する部分については、通常の保守管理活動として、材料等の経年劣化の影響から生じる性能低下の状況が的確に把握され、的確な対応がなされている場合は、高経年化技術評価の開始時期以降もこれらが適切に行われることを前提に、高経年化技術評価の実施は不要とする。

一方、国は、安全規制を科学的合理性に基づいたメリハリの利いたものとするため、原子力安全に係る基本機能の重要度等を考慮し、事業者の技術評価及び長期保全計画の適切性の確認を以下のカテゴリーに基づき行う。

・重要度指針上の重要度分類クラス１，２

最高度又は高度の信頼性を確保し、かつ、維持することが求められる機器・構築物であり、事業者の技術評価及び長期保全計画策定に係る<u>実施体制、実施方法及びその結果の適切性</u>を確認する。

・重要度指針上の重要度分類クラス3

一般の産業施設と同等以上の信頼性を確保・維持することが求められるものであり、事業者の技術評価及び長期保全計画策定に係る<u>実施体制の適切性</u>を確認する。

・事故・故障等の経験を踏まえた再発防止対策上重要な設備

一般に原子力プラントにおいて事故・故障等が発生した場合、その経験を踏まえて事故・故障等の再発を防止するために適切な措置を講ずることは重要

である。また、再発防止対策を講ずることが重要な機器・構築物については、的確な国の関与が必要である。

係る観点から、当院は、我が国の原子力発電所では例をみない重大な結果となった美浜発電所3号機二次系配管破損事故に鑑み、二次系配管を定期事業者検査の対象として法令上明確にするなどの事故の再発防止対策が講じられてきている。高経年化対策としても、運転中に作業員等の出入りが可能な場所において、対策上着目すべき経年劣化事象に起因して機器・構築物が損壊し、作業員等に火傷等を引き起こす可能性のある高温、高圧等の環境にある機器・構築物については、当面、事業者の技術評価及び長期保全計画策定に係る実施体制、実施方法及びその結果の適切性を確認することとする。

(b)事業者が実施する高経年化技術評価についての国の確認方法

事業者の技術評価及び長期保全計画策定に係る実施方法及びその結果の適切性については、JNESが主体的な役割をもって技術的な審査を行い、必要に応じて現地において確認することとし、国はこれら技術審査結果を踏まえ、最終的な審査報告書を作成する。また、事業者の実施体制については、保安検査を活用することにより確認する。

また、事業者が、動的機能を高経年化技術評価の対象から除外しようとする場合、国又はJNESは、必要に応じ、定期検査、定期安全管理審査及び保安検査において、当該部位の保守管理状況を確認する。

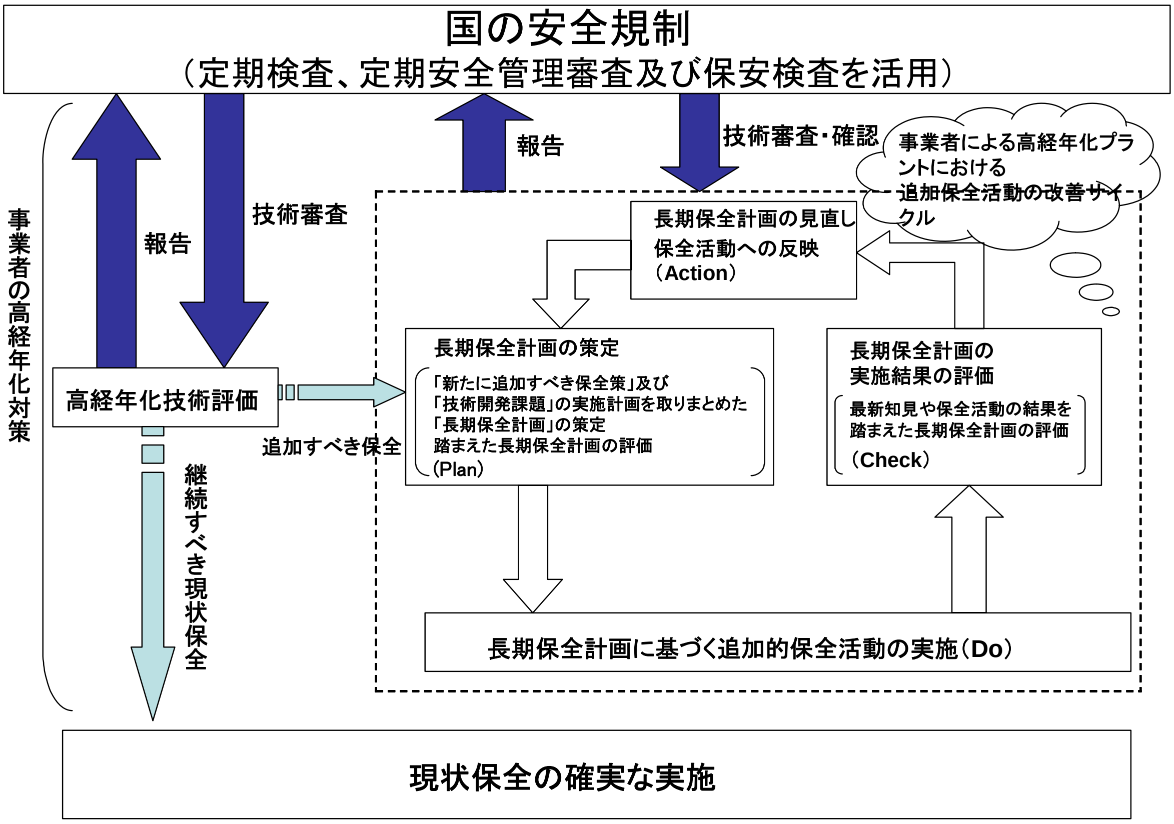
なお、事業者が国の策定した「高経年化対策技術事例集」に基づいて技術評価を実施した場合は、国(JNES)は、当該技術評価の審査について簡素化を図るなど、科学的・合理的な規制が可能となるよう検討する。

③長期保全計画の実施状況等の確認

事業者は、策定した長期保全計画の内容を具体的な保全プログラムに反映させるなどして確実に実施するとともに、長期保全計画に記載された追加保全項目については原則的に定期事業者検査として実施する。また、事業者はこれら追加的な保全活動に関する具体的な実施計画及び実施状況について、定期的に国に報告するとともに、最新の知見等を長期保全計画に適切なタイミングで反映させ、国にその変更内容について報告する。

一方、国は、これら事業者の追加保全活動が確実に実施されることなどについて、実施状況及びその結果などを定期検査、定期安全管理審査又は保安検査において確認する。また、国は、事業者による最新の知見等が長期保全計画に適切な形で反映されているかについて、事業者から報告を受けた長期保全計画の変更内容に基づいて確認を行う。（図－11）

また、事業者は長期保全計画に基づき検査・モニタリングを行う場合、経年劣化事象の進展が予測の範囲内に収まっているか確認し、異常な傾向が見られる場合には適切な措置を講ずるとともに、その内容について国へ報告を行う。

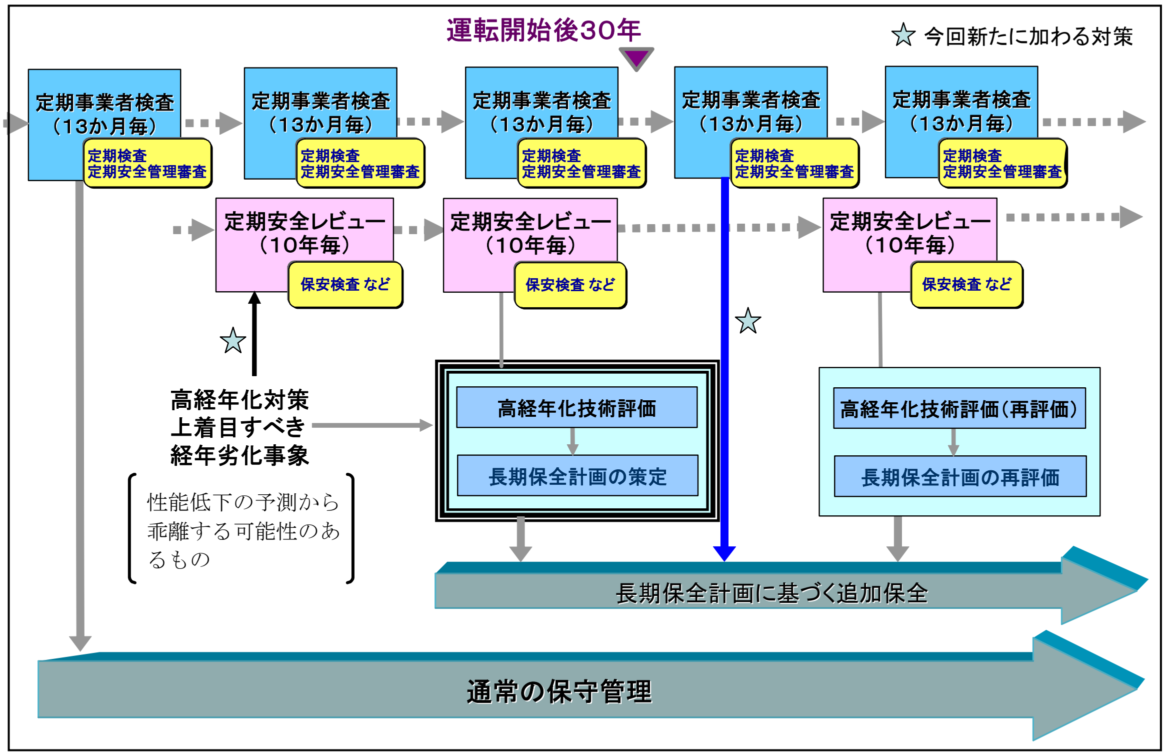


図－11　事業者の長期保全計画に関する国の関与

④高経年化技術評価の開始時期以前における経年劣化事象への対応

事業者は、高経年化技術評価の開始時期（運転開始後30年経過時点）以前であっても高経年化対策上着目すべき経年劣化事象について、通常保全活動の一環として定期事業者検査等においてその劣化傾向を把握し、適切な改善措置を講ずるとともに、これら活動状況を定期安全レビュー（PSR）で評価する。（図－12）

一方、国は、これら事業者の実施した高経年化対策上着目すべき経年劣化事象による機器・構築物の劣化傾向の把握、改善措置の採用等の保守管理活動に関する定期安全レビューについて、その実施体制、評価方法及び評価結果を保安検査等により確認する。



図－12　高経年化対策を含む保守管理の流れ

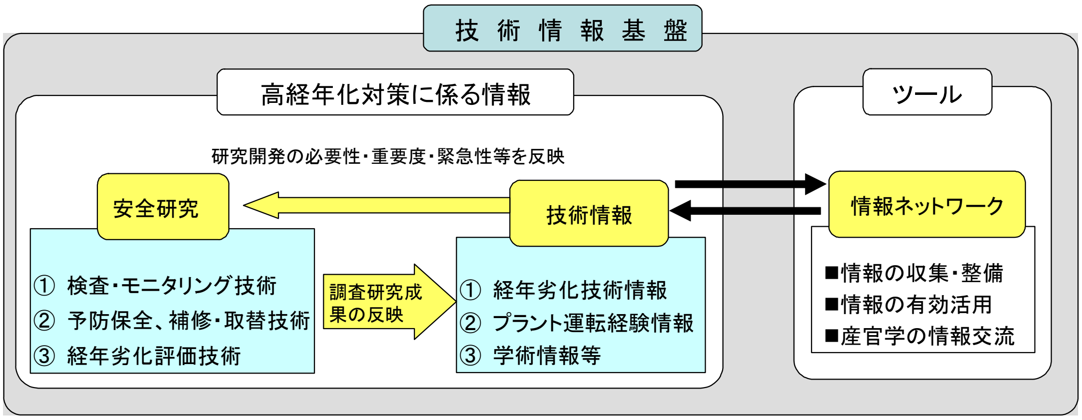
（2） 技術情報基盤の整備

事業者は、原子力発電所の高経年化対策を含む安全性・信頼性の確保に一義的な責任を有しており、適切な保守管理、継続的な改善及び的確な安全管理を行うため、関連する情報を収集・整備し、それに基づく適切な保守管理の継続的な改善を行っていく必要がある。

一方、国は、国民の付託を受け事業者の行為を監督する責務を有しており、科学的合理性を持った客観的かつ効果的な安全規制を行うため、最新の技術的知見を得ておく必要がある。また、学界においては、高経年化対策の理論的な妥当性の確認等のための基礎研究を行うなど、事業者の保守管理活動や国の安全規制の基礎となる情報を提供する必要がある。このように、産官学はそれぞれの役割分担に応じて

必要となる技術情報を収集・整備する必要がある。

上記の要求を満たし、高経年化対策を的確に実施するためには、高経年化に係る技術情報を収集・整備し有効活用できる情報ネットワークを構築するとともに、これに安全研究を組み込んだ総合的な体系を技術情報基盤として位置付け、整備することが必要である。（図－13）［参考資料1］



図－13　高経年化対策のための技術情報基盤

① 技術情報の収集・整備と活用

(a) 技術情報の収集

高経年化対策に必要な技術情報の範囲は、国内外の原子力プラントならびに他産業における事故・トラブル及びプラント設計・点検・補修等のプラント運転経験に係る情報、経年劣化に係る安全研究の成果、経年劣化事象やそのメカニズム解明等の学術情報、関連する規制・規格・基準等、多様で広範である。これらの技術情報を適切かつ効率的に収集・整備し、常に最新のものに更新し、効果的に活用する必要がある。（別冊－2①参照）

これら技術情報の収集については、現状では、国はJNESを活用し、事業者はニューシア（NUCIA）や関連機関を活用して行ってきているが、今後ともそれぞれの収集・整備活動を強化・継続し、各自が必要とする情報を最新のものとするよう努める必要がある。そのうえで効率的、効果的な活用を図るために情報の共有化を行うことが重要である。

また、技術情報のうち、特にプラント設計や運転に関する経験・技術は、個人に

属していることが多い。その技術力が、経験者の退職等によって低下することのないよう、マニュアル類の整備・標準化等によって共有の技術情報として整備していくことが重要である。

(b) 技術情報の活用等

収集・整備した技術情報は、産官学で有効利用するために情報ネットワークを通じて共有化を図り、事業者は保守活動に、国は安全規制等にそれぞれ反映するとともに、安全研究課題の抽出のために有効利用する。経年劣化情報やプラント運転経験情報等の技術情報は多岐にわたることから、産官学における専門家がそれぞれの専門技術分野に応じて、詳細な技術評価を適切かつ継続的に実施し、効果的・効率的に高経年化対策に反映していくことが重要である。

② 安全研究のテーマ選定と実施

高経年化対策を確実なものとするに当たっては、性能低下の正確な把握等のための監視手法、確実な補修工法、経年劣化事象の発生・進展メカニズムの解明及びこれに基づく予測手法等を把握するため、「検査・モニタリング技術」、「予防保全・補修取替技術」及び「経年劣化評価技術」の各分野において、安全研究を実施する必要がある。

(a)安全研究テーマの選定

高経年化対策に係る安全研究課題を摘出するために、社団法人日本原子力学会において、「高経年化対応に関するロードマップ」の検討が行われ、安全研究課題が抽出され、それぞれについて安全上及び、高経年化対策上の重要性、緊急性等の検討が行われた。(添付－7、別冊－2②参照)

特に、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象への対応を強化するためには、工学的に発生が予見し難い部位に発生したり、経年劣化事象の複合作用により発生する、いわゆる「潜在的事象」についての研究や、経年劣化を考慮したリスク情報に基づく「確率論的安全評価手法(PSA:Probabilistic Safety Assessment)の活用」の研究も重要であり、これらについても、ロードマップの検討の中で安全研究課題として抽出されている。(別冊－2③、④参照)

また、企業文化・組織風土の経年劣化防止のための評価手法等の開発についても、引き続き進めるべき課題である。

具体的な安全研究テーマの選定に当たっては、産官学それぞれが「高経年化対

応に関するロードマップ」での検討結果も参考にしつつ、高経年化対策上の重要性、緊急性等を考慮し、安全規制の動向や関連する技術分野を俯瞰し、蓄積する運転経験や変化する社会環境、要求事項等を反映するとともに、研究進捗に応じて継続的な見直しや評価を行う必要がある。

(b)安全研究の実施

高経年化に係る安全研究の実施に当たっては、研究ニーズを適切に反映することにより研究成果の活用が図られやすい実施体制とすることが必要である。これまでのところ、事業者は原子力発電プラントの適切な保全の実施や安全管理等を行うための技術開発、国は科学的・合理的な安全規制を行うための安全研究、また学界においては経年劣化メカニズム解明や高経年化対策の理論的な妥当性の確認等のための基礎研究について、それぞれの立場から、例えば、国はJNESを中心に、また事業者は電力共通研究等を用いてそれぞれ実施してきている。今後の安全研究の実施に当たっては、研究開発に係るニーズとシーズの整合性をより重視し、研究成果の活用を促進する観点から、関連する研究機関や大学等の専門性や特性を生かした連携を強化する必要がある。

③ 技術情報基盤の国際的な展開

我が国をはじめ国際的にも増加が見込まれる長期供用プラントを的確に管理していくためには、各国が高経年化技術評価や保守管理技術等に係る国際的な情報交換を積極的に行い、これら情報の集積化・共有化を図り、それぞれの国の安全規制に効果的に反映し、活用していくことが必要である。

このため我が国は、高経年化対策の先進国として、IAEA、OECD/NEA[10]等の国際機関を通じ、高経年化対策に係るガイドラインの整備や研究等に一貫性・継続性をもって参加するとともに、材料劣化等に関する国際会議等にも計画的・戦略的に参加するなど、国際協力や国際的な技術情報交流を積極的に展開していく必要がある。

この際、国際的に必要とされる技術情報の集積化・共有化を図るため、原子力の安全研究及び安全規制に関する国際協力において実績があるOECD/NEAを活用することとし、OECD/NEAにおける高経年化対策に係る協力事業について我が国を中核として積極的に展開していくことが重要である。

---

[10] Organization for Economic Cooperation and Development/ Nuclear Energy Agency

今後、国際的な技術情報交流等が必要な分野としては、中性子照射脆化や応力腐食割れ等の材料劣化に関する国際会議や高経年化対策に係るガイドラインや技術資料の策定等、多岐にわたるため、国際協力についても民間の参加を求めるなど、産官学の連携を図っていくことが重要である。

参考として、IAEA、OECD／NEA及び米国NRC等で実施されているプロジェクトや研究の例を以下に示す。

- 原子炉圧力容器鋼照射損傷メカニズム検討国際会議 [11]
- NRC：ニッケル基合金のSCCに関する技術検討（PINC）[12]
- NRC：潜在的な材料劣化への対応検討議（PMDM／PIRT）[13]
- IAEA及びOECD／NEA：原子力発電所の長期運転を支援するための経年管理に関するガイダンス策定
- IAEA：原子力発電所高経年化対策に関する技術/専門家会合
- OECD／NEA：配管信頼性への影響要因等に関する情報・データベースの構築プロジェク（Piping Failure Data Exchange Project）

④産官学の役割と有機的連携

（a）産官学の連携・協調

高経年化対策を適切に実施していくうえで、産官学がそれぞれの役割に基づき、独自に技術情報基盤の整備・運営を行うことも重要であるが、それぞれが個別に整備している技術情報以外にも産官学が共有することが高経年化対策の効果的実施上重要である情報もある。これら技術情報や安全研究の成果を規制面や実際の高経年化対策に効果的・効率的に反映していくためには、産官学が俯瞰的視点や時間軸を考慮した有機的な連携を保ちつつ、技術情報基盤の整備・運営を行う必要がある。

（b）産官学の有機的連携の実現のための方策

産官学の有機的連携は、それぞれの技術情報基盤の整備・運営状況（安全研究の実施状況等を含む。）について情報を交換し、内容に共通性のある部分の連

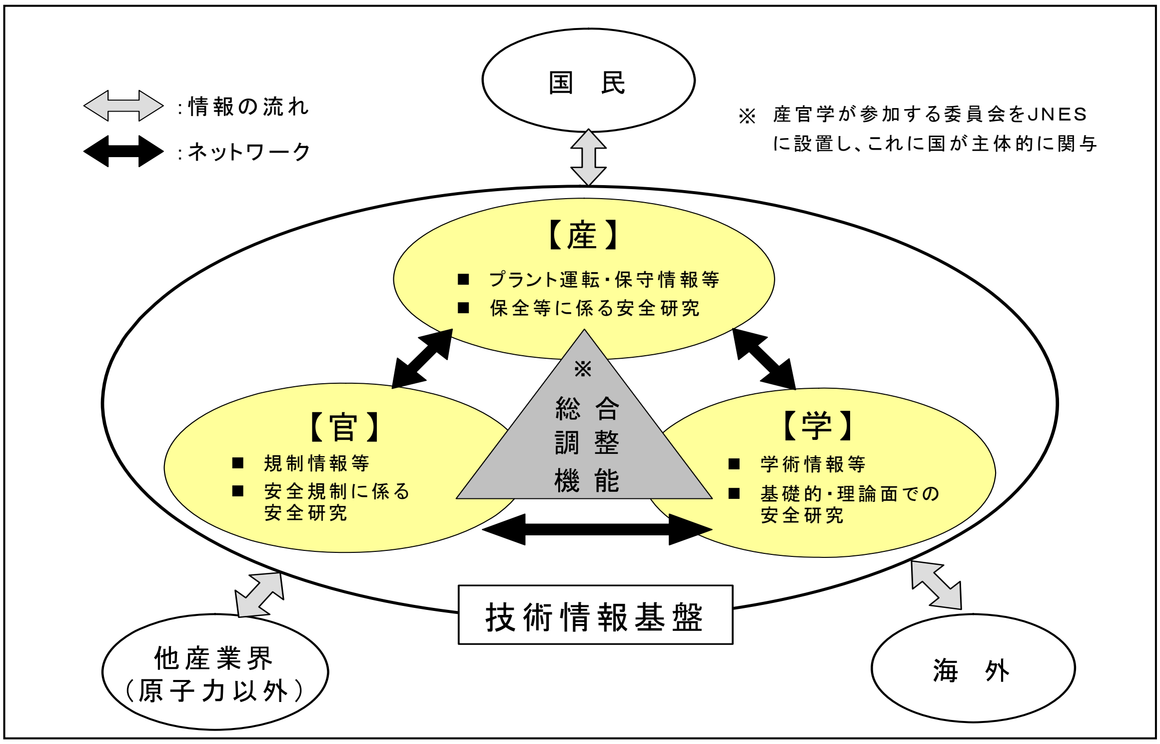
[11] IGRDM：International Group on Radiation Damage Mechanisms in Pressure Vessel Steels
[12] Program for Inspection of Nickel Base Alloy Components
[13] Proactive Material Degradation Management(PMDM)／Phenomena Identification and Ranking Table(PIRT) Meeting

携や組織ごとに有する技術情報（安全研究成果を含む。）の相互融通等を図る形で進めることが重要であり、これら活動を円滑に進めるため、産官学の総合調整機能を持った委員会を構築することが有効であり、国はこれに主体的に関与していく。（図－14）

このため、産官学による有機的連携の実現のための総合調整機能を持った委員会を JNES に設置しその基に下記の3ワーキンググループ（WG）を設ける。各WGは基本的に次の役割を担うこととする。なお、総合調整機能を有する委員会、WGを JNES に設置するに当たっては、JNES の体制・機能を拡充・充実させる等の検討が必要である。

・技術情報 WG

産官学それぞれの役割を的確に果たせるよう、それぞれが有する技術情報の種類、内容等について情報交換を行い、産官学が有する技術情報の全体像を把握する。経年劣化に係る情報のうち、相互融通・共有化を図ることが産官学のそれぞれの役割を的確に果たすために望ましい分野を検討し、それら分野についての技術情報ネットワーク化に関する連絡・連携調整を行う。（例えば国については、技術事例集の整備に必要な情報等の共有化が挙げられる。）



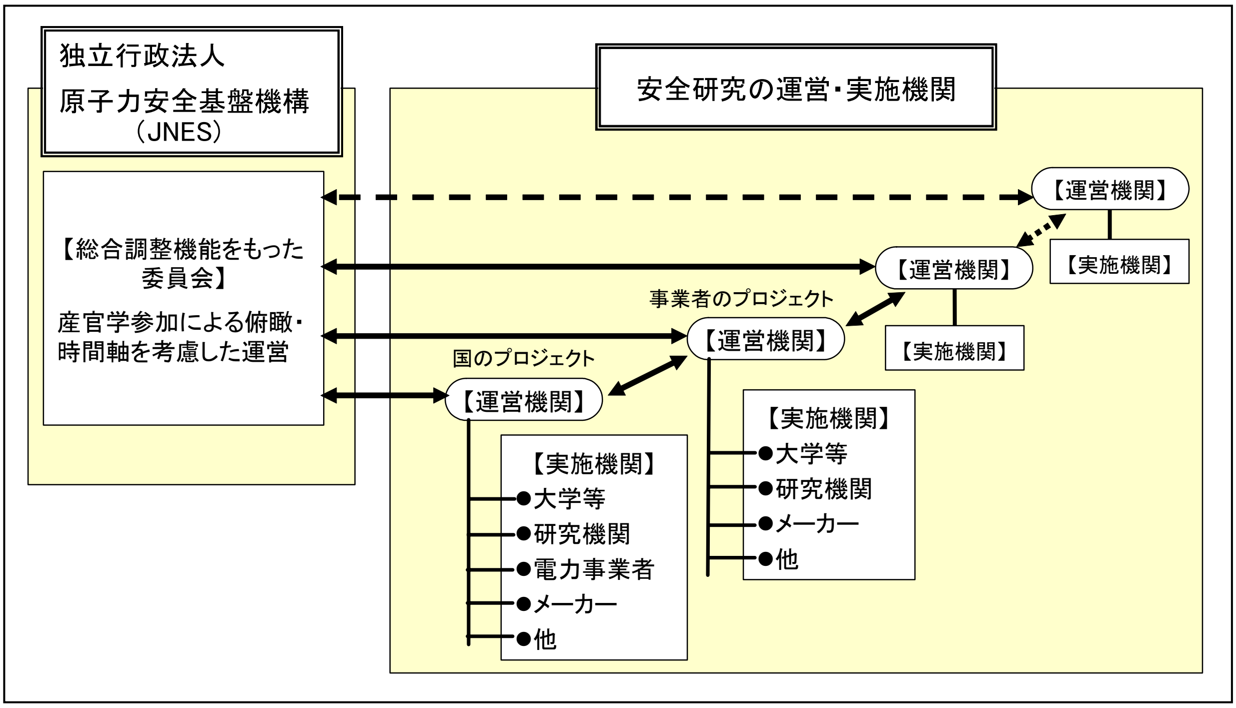
図－14　産官学による有機的な連携のための総合調整機能

・安全研究WG

産官学が実施した又は、実施している経年劣化関連安全研究に係る情報交換を行い、安全研究の全体像を把握するとともに、産官学で類似研究が行われている分野の技術的な連携の可能性を検討する。また、安全研究の成果について技術専門的な検討を行い、産官学がそれぞれの役割に応じた経年劣化への適切な対応を図るため、得られた技術成果を体系的に規格・基準化する方策の検討などを行うとともに、それらの有効活用化についての連絡・連携調整を行う。

産官学の役割に応じ戦略的、効果的かつ効率的に安全研究を実施するため、産官学で分担する安全研究の整合性検討など必要な連絡・連携調整を行う。この際、社団法人日本原子力学会において策定された「高経年化対応に関するロードマップ」の検討結果を参考に、今後、安全研究の必要な分野を検討し、これら安全研究の実施主体の在り方等についても連絡・連携調整を行う。

また、安全研究の実施の効率性・実効性の観点から、これら関連機関や関連機関が集積している地域との連携をとることが望ましく、それぞれの地域等の原子力関連研究施設や各大学の専門性や施設、研究資源等を考慮して自律・分散・協調的な体制で実施する必要があり、図－15に安全研究の運営・実施の概念と総合調整機能の関連を示した。



図－15　安全研究の運営・実施の概念と総合調整機連

・国際協力WG

材料劣化等の経年劣化に関連した国際協業、国際会議への戦略的・計画的な参加、NRC等の海外規制局、IAEA、OECD／NEA等の国際機関との政府間及び民間ベースでの協力に関して、一貫性・継続性をもった国際協業の推進、技術情報交流を進め、我が国の諸施策実施に際して、これら機関との協調を図るための連絡・連携調整を行う。

また、我が国の高経年化対策を的確に実施するために国内データのみでは十分でない分野等について、我が国を中核としたOECD／NEAにおける高経年化対策に係る協力事業を実効的に実施するため、産官学が協力・協調するための連絡・連携調整を行う。

（3）企業文化・組織風土の経年劣化防止及び技術力の維持・向上

企業文化・組織風土は原子力発電所の安全を守る各種活動の基礎となっており、品質保証活動の一環としてその劣化防止対策が講じられるものである。また、企業文化・組織風土の劣化防止は、他の産業分野における同様の対応と共通するものがあるため、その知見を活用することができる。

①企業文化・組織風土の基本的な要素

企業文化・組織風土に係るIAEA, OECD／NEA等の国際機関や国内原子力分野での検討報告（別冊－3）並びに国内他産業分野の調査結果［3］によれば、共通的な教訓として以下のようなものが得られている。今後、企業文化・組織風土の長期にわたる劣化を防止するためには、各項目に関して事業者自らがそれぞれの活動内容を検証するとともに、その検証活動を継続させることが重要である。

(a)組織トップのコミットメント

トップが安全についての経営方針、ヴィジョンを明確にするとともに、それを実行するための組織構造、部門間関係（内部監査、協力業者との関係等を含む）を明確にした組織作りを行う。

(b)実行可能なルール作り

技術管理、作業管理、トラブル対応に当たって遵守すべきものを含めたルール（標準・基準・手順書等）について、効果的でありかつ、実行可能なルール作りを継続する。

（c）報告する文化

構成員が自らの失敗を含めて潜在する危険等を隠さずに進んで報告しようとする組織の雰囲気を醸成すること及びそれを組織全体として保証するために、匿名化の徹底を含め、報告者の秘密を守るシステムを構築する。

（d）学習する組織

危機感をもって問題を顕在化させ、解決する作業を繰り返し、不断の努力で自分を高めるとともに、教育訓練の体系化を含めてトラブル等から継続して学習するプロセスを構築する。

(e)属人的組織の排除

業務の推進が、特定の人間的な繋がり等によって左右される（いわゆる属人的組織）ことにより、公正な組織運営がなされにくく透明性も低下し易い。そのようなことのない組織運営を確立する。

②企業文化・組織風土の経年劣化防止への取り組みの考え方

（a）事業者が取り組むべき事項

事業者においてはこれまでも、主として品質保証活動の一環として、企業文化・組織風土の劣化を防止する取り組みを、例えば、「職場風土改善活動」、「協力企業エコー委員会」と名付けて、協力会社を含め発電所全体の活動として実施してきている。さらには、NSネット[14]、OSART[15]等による外部評価も実施されてきている。ただ、これら内部活動及び外部評価の反映活動はややもすれば形骸化し劣化し易いものである。

重要なことは、事業者自らが劣化防止のための方策を明確にし、平成１５年１０月の制度改正に伴い義務化された品質保証活動の中で定着化させることである。事業者が取り組むべき事項としては以下のように整理できる。

・事業者自らが、原子力発電所の安全性を向上させ維持するために必要な企業文化・組織風土とは何かについて、①で示した企業文化・組織風土の基本的要素や別冊―3の内容等も参考に、自社の発電所に則したものとして明確化する。

---

[14] 日本原子力技術協会が運営するもので、安全文化の普及活動として、安全キャラバン、各種セミナー及び会員間で安全意識の徹底と安全文化の共有を図るための相互評価を実施

[15] IAEAの運転安全調査団（ OPERATIONAL SAFETY REVIEW TEAM ）

・それらが維持されていること、あるいは劣化の兆候がないことを検出するための評価の視点等を、IAEA等の国際機関や国内諸機関が永年にわたる研究成果として提示している項目等を参考に、自社の現場に則した視点として明確化する。

・その評価の視点等を用いながら、企業文化・組織風土の維持を品質保証活動の中で自己評価機能として体系化させること、すなわち、マネジメントレビュー、内部監査、不適合管理等における定期的なチェック項目として、あるいは教育内容等に明確に位置づけることが必要である。さらに、NSネット、OSART等による外部評価を積極的に受け入れることも有効である。それらの活動を、10年ごとに実施する定期安全レビューにおいて事業者自らが評価する。

(b)規制機関が取り組むべき事項

世界の共通的な考え方としては、規制機関は事業者の企業文化・組織風土への取り組みを強制するものではなく、これを評価し奨励するものであるということである。また、企業文化・組織風土は通常は明確な形で現出していないものの、"観察可能な行動"を通じて識別可能であるということも共通の認識となっている。

企業文化・組織風土の経年劣化防止への取り組みについては、10年ごとに実施する定期安全レビューにおいて事業者が自らの活動を評価し、国はこの事業者の取り組みを把握して、良好事例についてはこれを積極的に称揚するなど事業者の取組みを促進させることとする。

その際の国の視点としては、IAEA等で提唱されている内容を踏まえて、例えば以下のようなものが考えられる。

- 定期安全レビューの評価期間において大きな組織変更や協力会社の選定等の変更があった場合に、それが安全性の維持・向上を考慮したものとなっているか。
- 事故故障の原因究明において、組織風土の要因(技術継承不足、部門間の連携・報告等の不備、資源投入不足、管理者及び担当者の当事者能力・気概の不足等)がないかまでさかのぼって検討した上で、品質保証との関係を明確にし、システム改善に取り組んでいるか。
- 欠陥や改善に関する報告制度が確立されているか。形骸化しないような仕組みと工夫が行われているか、どのように活用されているか。
- 上記のそれぞれにおいて、安全担当組織あるいは品質保証担当組織がどのような役割を果たしたか。

上記項目はあくまで例示であり、事業者が実施する定期安全レビューを規制機関が具体的にどのような視点で把握し称揚すべきかについては、国内外の研究成果も踏まえて今後具体的な検討を進めるものとする。また、それらの視点は実際の活用の中で新たな知見を入れつつ不断に見直すべきものである。

③技術力の維持・向上への取り組み

原子力発電所のような巨大な技術システムでは、実機の設計、建設、運転、保守管理等について、総合した技術力が要求される。特に高経年化対策は、幅広い知識、経験が必要とされる分野であり、その実行に当たっては、長年に亘り保守管理等に従事した技術者の知見を蓄積し、伝承する必要がある。他方、近年の原子力関係従事者数の減少も考慮すると、今後増大する長期供用プラントの高経年化対策を的確に実施するためには、技術力の維持・向上のための以下の取組みを早急に進める必要がある。

（a）人材の育成と技術伝承

事業者では、技術力の維持・向上を図るため、訓練・研修の実施、国家資格取得の奨励、保修点検作業の直営化、長期的な観点からの人事交流・配置等を行っているところである。これに加え、長年に亘り実機の設計、建設、運転、保守管理等に従事した原子力事業にとっての共有財産ともいうべき存在の高年齢技術者からの技術伝承を図るために、組織の枠を超えた活用などの積極的な取組みが望まれるところである。

（b）プラントメーカ等との協業の強化と技術力向上

「設計情報」と「運転保守」は発電所の保全活動の両輪であることから、事業者はこれまでも、必要な研究・技術開発をプラントメーカと共同で行うなど、プラントメーカ等との協調を重視した活動を行ってきている。安全を確保するための保全活動では、プラントメーカ等における永年の研究開発、設計等を通じた技術蓄積を確実に活用する関係の継続・進展が不可欠である。

このため事業者は、例えば、高経年化対策の的確な実施の観点から、メーカとの良好なパートナーシップを維持し、経年劣化事象の分析、潜在的事象等への対応の充実を図るため、主要機器保全情報のメーカとの共有、事業者・メーカ間の情報・人材の交流等を積極的に進めることも一案である。

（c）保全手法の体系化による技術力の維持向上

原子力発電プラントの保全は、原子力、機械、電気及び建築の幅広い分野の知識

と経験を組み合わせて実施する必要があり、これに必要な能力、手法等を整理・体系化し、その中で必要となる人材の技術力を明確にし、その確保・育成のための計画を作成することが重要である。
今後、このような体系化の試みを行うことにより、原子力発電プラントの保全分野における人材への要請内容と意欲のある若者のチャレンジの対象が明確となり、人材確保の促進及び技術力の維持・向上に寄与するものと考えられる。

（４）高経年化対策に関する説明責任の着実な履行

これまで、当院は各種パンフレットの発行、ホームページへの掲載等を通じ、原子力安全に関する広報活動を行ってきている。また、個別の事故トラブルについて、必要に応じ地元で自治体等に直接説明を行っている。高経年化対策についても、運転開始３０年を経過するプラントの高経年化技術評価の審査結果について、要請に応じ地元で直接説明を行っている。

しかしながら、様々な要素からなる高経年化対策について、一般の理解を得ることは容易ではない。国及び事業者は、一般国民の視点にたって、高経年化対策の疑問点について、タイムリーかつ的確に答えて行く必要がある。

このため、高経年化と原子力安全との関係、高経年化対策の基本的な考え方、高経年化対策の具体的内容及びその効果、高経年化と事故・故障等の発生との関係等について、国及び事業者は、それぞれの役割に応じ、きめ細かく広報活動を行う必要があり、高経年化対策専門のホームページやパンフレットの作成を行うとともに、地方自治体と協力して、セミナーやパネルディスカッション等を地元で積極的に開催すべきである。また、学術界においても、セミナーへの参加などを通じ、積極的に情報発信を行うことが望まれる。

７．おわりに

高経年化対策においては、原子力発電プラントの長期供用に伴い、性能低下が想定していた傾向を上回る速度で進展する、あるいは性能低下の発現頻度が高まるなどの性状を示す経年劣化事象に着目して、これに対する安全対策を確実にするため、関連するデータ、知見、安全研究等を組み合わせて総合的に評価し、必要な場合には、現状の保全活動に追加した点検・補修等の措置が講じられることとなっている。

これまで見てきたように、これまで実施してきた9プラントについての高経年化技術評価は、当時の知見を踏まえ、このようなアプローチを行い、関連する経年劣化事象を適切に評価するとともに、監視の強化等の必要な長期保全計画を策定しており、現状でも必要な高経年化対策は実施されつつあると認められる。

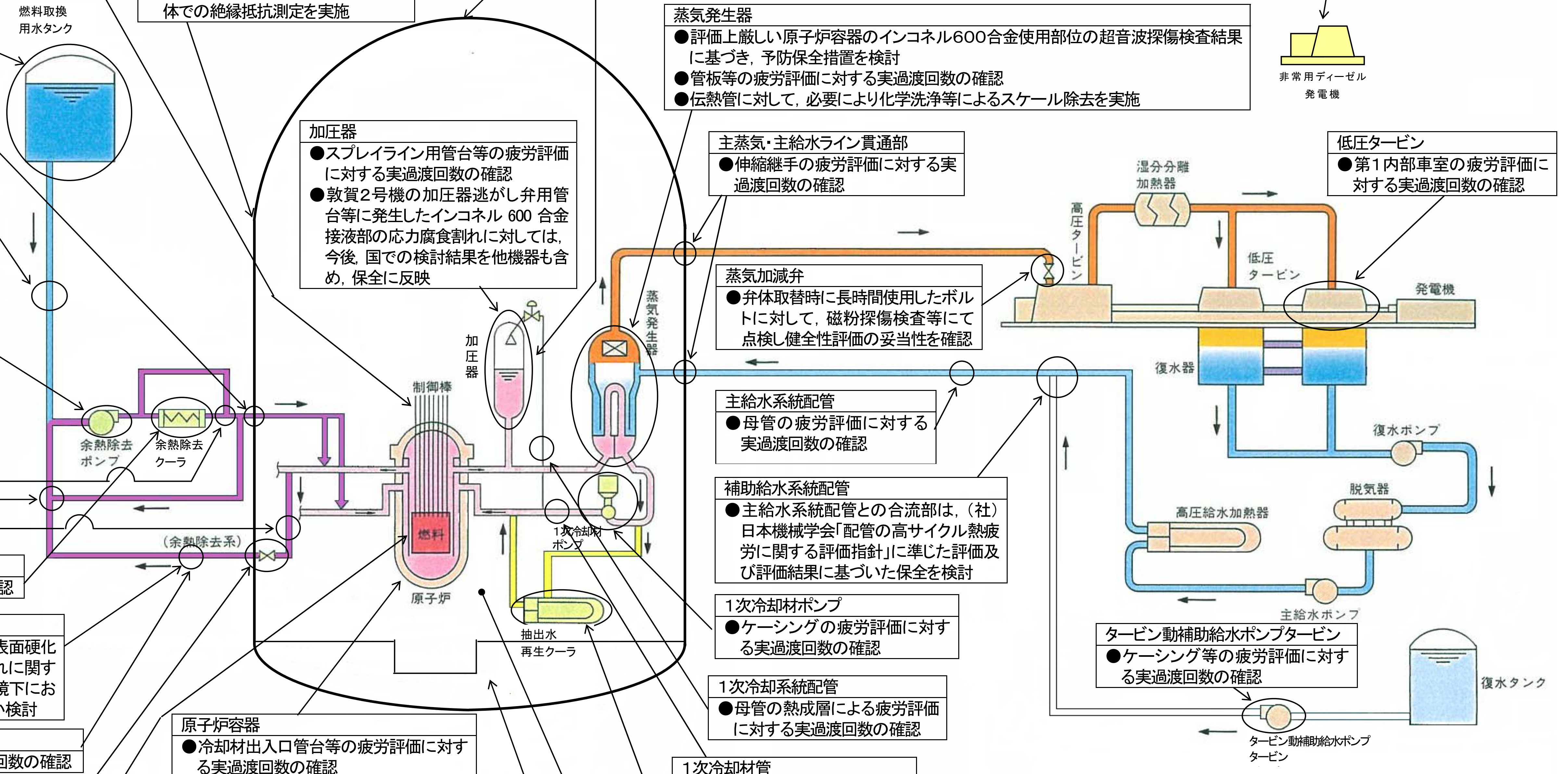
しかしながら、今後の長期供用プラントの増加を考慮すると、これまでの審査の経験や各種の安全研究成果、更には海外での経験、技術的知見等を有効に活用して、万全の高経年化対策を講じる必要がある。今回の検討は、そのための具体的な方向性を示したものである。

今回検討した、①透明性・実効性の確保、②技術情報基盤の整備、③組織風土の劣化等への対応及び④高経年化対策の理解促進の新たな施策は、今後の高経年化対策の基本となるものである。これにより、長期供用プラントにおける経年劣化事象への先行的、総合的な対応が促進され、トラブルの未然防止対策に大きく寄与することが期待される。

産官学は、それぞれの役割に応じて、これらの施策を早急に具体化し、着実に実施していくことが求められる。特に、高経年化対策の基礎となる技術情報基盤の整備を進めるためには、国際協力も含め産官学の連絡・連携が重要であり、総合調整の場等を通じ、これが円滑に進むようそれぞれが努力すべきである。また、施策の内容は、今後の知見を的確に反映して見直し、更なる内容の充実等を図ることが必要である。

また、これと併せ、一般には理解しづらい高経年化対策の内容を分かり易く整理し、官民それぞれの立場から、様々なメディアを通じ、又は直接の形で地元等への説明責任を果たすための活動を一層充実させる必要がある。

添付－1



制御棒駆動装置(圧力ハウジング)
●BWRプラントにおいて発生している接液表面硬化層等に起因すると考えられる応力腐食割れに関する国プロジェクト等の知見がPWR水質環境下における今後の保全に反映すべきものであるか検討

原子炉格納容器
●定期的なトップドーム部板厚測定

加圧器サポート
●スカート溶接部の疲労評価に対する実過渡回数の確認

電源設備
●非常用ディーゼル発電機関のシリンダライナ等純水接液部については，内部流体への防錆材注入等腐食防止対策を検討
●清水冷却器の伝熱管については，点検状況に応じ，内部流体への防錆材注入等を検討

電気ペネトレーション
●代表機器に対して適切な頻度で単体での絶縁抵抗測定を実施

燃料取換用水タンク
●第22回定期検査時に取替

蒸気発生器
●評価上厳しい原子炉容器のインコネル600合金使用部位の超音波探傷検査結果に基づき，予防保全措置を検討
●管板等の疲労評価に対する実過渡回数の確認
●伝熱管に対して，必要により化学洗浄等によるスケール除去を実施

余熱除去クーラ出口ライン貫通部
●端板の疲労評価に対する実過渡回数の確認

加圧器
●スプレイライン用管台等の疲労評価に対する実過渡回数の確認
●敦賀2号機の加圧器逃がし弁用管台等に発生したインコネル 600 合金接液部の応力腐食割れに対しては，今後，国での検討結果を他機器も含め，保全に反映

主蒸気・主給水ライン貫通部
●伸縮継手の疲労評価に対する実過渡回数の確認

低圧タービン
●第1内部車室の疲労評価に対する実過渡回数の確認

ステンレス鋼配管
●配管外面の塩分付着量を測定し，その結果に基づき他機器への展開を含めた保全を検討

蒸気加減弁
●弁体取替時に長時間使用したボルトに対して，磁粉探傷検査等にて点検し健全性評価の妥当性を確認

余熱除去ポンプ
●ケーシングの疲労評価に対する実過渡回数の確認

主給水系統配管
●母管の疲労評価に対する実過渡回数の確認

余熱除去系統配管
●母管の疲労評価に対する実過渡回数の確認
●高温水と低温水の合流部は，(社)日本機械学会「配管の高サイクル熱疲労に関する評価指針」に準じた評価及び評価結果に基づいた保全を検討

補助給水系統配管
●主給水系統配管との合流部は，(社)日本機械学会「配管の高サイクル熱疲労に関する評価指針」に準じた評価及び評価結果に基づいた保全を検討

余熱除去クーラ
●管板の疲労評価に対する実過渡回数の確認

1次冷却材ポンプ
●ケーシングの疲労評価に対する実過渡回数の確認

余熱除去系統配管他
●BWRプラントにおいて発生している接液表面硬化層等に起因すると考えられる応力腐食割れに関する国プロジェクト等の知見がPWR水質環境下における今後の保全に反映すべきものであるか検討

タービン動補助給水ポンプタービン
●ケーシング等の疲労評価に対する実過渡回数の確認

1次冷却系統配管
●母管の熱成層による疲労評価に対する実過渡回数の確認

余熱除去系統配管サポート
●配管サポートの疲労評価に対する実過渡回数の確認

原子炉容器
●冷却材出入口管台等の疲労評価に対する実過渡回数の確認
●微小な信号指示が認められた炉内計装筒1本については第22回定期検査時に渦流探傷検査を実施し，予防保全措置の実施についても検討

1次冷却材管
●母管及び管台の疲労評価に対する実過渡回数の確認

余熱除去系統仕切弁他
●弁箱の疲労評価に対する実過渡回数の確認

燃料取換クレーン／燃料ピットクレーン
●ロッキングカムの摩耗に対しては，すき間計測を実施

抽出水再生クーラ
●管板の疲労評価に対する実過渡回数の確認

プロセス計測制御設備(計装配管)
●BWRプラントにおいて発生している接液表面硬化層等に起因すると考えられる応力腐食割れに関する国プロジェクト等の知見がPWR水質環境下における今後の保全に反映すべきものであるか検討

炉内構造物
●炉心支持構造物の疲労評価に対する実過渡回数の確認
●ステンレス鋼の照射誘起型応力腐食割れについては、適切な時期に超音波探傷検査を実施することを検討する。また，国プロで蓄積された知見，民間規格等の活用により今後の保全を進めていく。
●制御棒クラスタ案内管案内板については，高浜1号機と同型のプラントにて摩耗データの採取を行い評価の精緻化を図る。また，民間規格等の活用により今後の保全を進めていく。
●炉心そうについては，国プロで蓄積された知見，民間規格等の活用により今後の保全を進めていく。

原子炉格納容器内設置の低容量オイルスナバ
●使用年数を踏まえた取替を計画

基礎ボルト
●スタッドボルト等の大気接触部に対しては，適切な機会を利用してサンプリング等により腐食・付着力等の調査を実施
●ケミカルアンカに対しては，適切な機会を利用してサンプリング等により樹脂の劣化等の調査を実施

コンクリート構造物
●シュミットハンマーによりコンクリートの強度推定を行う非破壊試験等を定期的に実施

高浜発電所1号機　高経年化対策検討に基づく長期保全計画（概要）

(出典：平成16年3月　経済産業省　原子力安全・保安院報告「原子力発電所の高経年化対策の評価について」)

添付－２

海外の高経年化対応の状況

平成17年6月現在

項　　目		日　本	米　国	フ ラ ン ス	イギリス	ド イ ツ	スウェーデン
運転中の原子力発電プラント（）内は30年以上運転プラント基数（2005年6月時点）		合計 53基(7) BWR 30基(4) PWR 23基（3） 2005年8月時点で、9プラントについては高経年化技術評価の実施とそれに基づく長期保全計画を実施済み。	合計 104基(36) BWR 35基（16） PWR 69基（20） 2005年6月時点で、33プラントについては運転認可更新済み、15プラントについて審査中。	合計 58基(0) PWR 58基（0）	合計　23基(8) GCR＋AGR: 22基 (8) PWR 1基（0）	合計 17基(1) BWR 6基（0） PWR 11基（1）	合計 10基(3) BWR 7基(2) PWR 3基（1）
法令に基づく運転期間の規定	基本法令	・「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（原子炉等規制法）」、 ・「電気事業法」	原子力エネルギー法（Atomic Energy Act 、1954年）	政令（Decree 63-1228、1963年）	労働等の保健安全法（Health and Safety at Work Act、1974年） 原子力施設法（Nuclear Installations Act 、1965年）	原子力エネルギー法（Atomic Energy Act、2002年）(*3)	原子力活動法（Act on Nuclear Activities、1984年）
	運転認可期間の規定	・運転期間の法的規定なし。	・運転認可は40年を超えない期限付。有効期間満了時には更新可。（103.c) ・認可更新は 20年を超えない期間。	・運転期間の法的規定なし。	・運転期間の法的規定はなし	・運転期間32年（暦年）に限定。	・運転期間の法的規定なし。
法令に基づく長期運転に関する規定		・原子炉設置者は、原子炉施設の保全について、保安のために必要な措置を講じなければならない（原子炉等規制法）。 ・原子炉設置者は、原子炉の運転を開始した以後30年を経過する日までに、経年変化に関する技術的な評価及び原子炉施設保全のために実施すべき措置に関する10年間の計画を策定。この評価及び計画は、10年を超えない期間毎に再評価を行わなければならない（実用炉規則）	・原子炉設置者は、総合プラント評価（IPA）(*1）、時間限定経年化解析（TLAA)(*2)に最終安全解析書（FSAR)の最新化、環境報告を行う（運転認可更新規則 10 CFR　54）	・原子炉設置者は、主務大臣の要求により、10年毎のプラント安全評価を実施するよう規定されている（Decree 63-1228, Article 5 II ）。 ・原子炉設置者は、10年の運転期間後、一次系及び二次系の詳細検査及び水圧試験を実施するよう規程されている。 ［Attete 1974年2月, 1999年11月］	・原子炉設置者は、原子力敷地認可を受ける際に条件を付加 される (NIA 1965 s.1.(1))。 ・原子炉設置者は、10年毎の定期安全レビューを実施しなければならない （敷地認可条件　15）。	・原子炉設置者は、10年毎の安全レビューを実施しなければならない（Atomic Energy Act §19a）。	・原子炉設置者は、10年毎に定期安全レビューを実施しなければならない －特定原子力施設の安全に関する規則（SKIFS 1998:1、2004:1） －特定原子力施設の機械的機器に関する規則（SKIFS 2000:2） －原子力発電炉の設計と建設に関する規則（SKIFS 2004:2）
		10年毎に安全レビューを実施 13ヶ月を超えない期間ごとに定期事業者検査等を実施	運転認可（免許）を更新	10年毎に安全レビューを実施	10年毎に安全レビューを実施	10年毎に安全レビューを実施	10年毎に安全レビューを実施
	経年変化対応関係の発行文書	【当局の基準・ガイド等】 ・「高経年化に関する基本的考え方」（平成8年4月） －高経年化に関する技術評価や高経年化対策の方向性を示した報告書	【当局の基準・ガイド等】 ・標準審査計画書（SRP-LR）（NUREG 1800） －NRCスタッフに認可更新申請レビューの指針を提供 ・経年変化共通教訓書（GALL Report: NUREG 1801） －経年変化に関する知見を取りまとめたもの（経年変化メカニズム、発生部位、経年変化管理手法） ・指針 認可更新申請書標準様式・内容（RG-1.188） －申請者に認可更新申請書作成の指針を示す。	【当局の基準・ガイド等】 ・定期安全レビュー及び10年検査を実施する都度、規制当局から原子炉設置者に指導文書（具体的な評価事項等）が発行される。 ・900MWe級原子炉プラントの30年目の定期検査は、2008年に予定されている。この定期安全レビューの定義等については、2007年末までに決定される見込み。	【当局の基準・ガイド等】 ・安全評価原則（Safety Assessment Principles） －放射線防護に関するガイドであり、"エンジニアリング"原則で、プラント経年変化の影響を考慮することを要求。 ・定期安全レビュー技術審査指針（T/AST/050　） －設備の全体的な現在の原子力安全証明書などの文書のレビューのガイドを示す。 ・原子力安全証明書技術審査指針（ T/AST/051） －中間レビュー及び定期安全レビューのガイドを示す。	【当局の基準・ガイド等】 ・法改正（2002年）によって、従来原子炉設置者の自主としていた定期安全レビューは、法制化された。（安全レビューの申請時期を明示)。 ・BMU定期安全レビューガイド（1997年8月） ・RSK声明 （2002年1月） －包括的・体系的経年変化管理の策定の骨子を提示 ・RSK推奨事項 （2004年7月） －包括的体系的な経年変化管理の毎年実施	【当局の基準・ガイド等】 ・特定原子力施設の安全に関する規則（SKIFS 1998:1、2004:1）の推奨事項 -安全報告書の内容・審査、安全レビューの原則的事項を提示 ・原子炉設置者は、経年変化管理プログラムを作成しSKIへ提出しければならない。（期限：005年12月31日まで）［SKIFS 2004:1 附則］
		［行政文書］ ・原子炉設置者に高経年化対策の実施状況の報告を要求（平成15年12月） ・原子炉設置者に原子炉施設の定期的な評価の実施に関する実施時期、評価項目等の要請（平成15年12月）	【行政文書】 ・安全に関する情報、検討の必要な事項（認可更新申請予定等）を文書にて要請	【行政文書】 ・規制当局の文書（2003年10月） －900MWe級原子炉のプラント30年目の最初の安全レビューの方向性が現在提示されている。			
			【NRCの指針を受けて産業界が策定した手引き】 ・申請者が許可申請書を作成するための手引［NEI95-10 Rev.3］				
	規制要求事項	・高経年化に関する技術評価 －経年変化事象、発生部位の予測 －現状保全の確認、追加すべき保全策の抽出 ・長期保全計画策定 －追加する保全策のまとめ －実施時期の策定	・運転認可更新申請 -総合プラント評価（IPA)、時間限定経年化解析（TLAA)を含む。 ・最新化した最終安全解析（UFSAR) －最終安全解析書の変更箇所のレビュー ・環境影響評価 －潜在的な環境への影響評価	・適合性評価 －建設時の状態と現在の状態を比較評価 ・安全性再評価 －設備の安全性のレベルを最新の安全性レベルと比較評価	・原子力安全証明書のレビュー －設備全体の適切な保全状態を評価 －今後10年間の運転を評価 －追加する保全策のまとめ	・定期安全レビュー －決定論的な安全状態解析 －炉心溶融確率を求める安全解析 －物理的防護のレビュー	・定期安全レビュー －経年変化などの施設の状態 －現在の安全解析と追加解析 －施設の適用指針 －安全に重要な活動（プロセス）の有効性評価
予測評価	評価対象範囲	・プラント全体 （原子炉（圧力）容器、一次系冷却材圧力バウンダリのポンプ、弁、配管機器、構築物等の安全上重要な機器の他、運転継続上重要な機器を含めて対象。）	・動的機器を除く静的機器で長期間使われる機器・構造物。 （動的機器は、別途計画的に動作状況を確認）	・プラント全体 －適合性評価及び安全性再評価	・プラント全体 －すべての安全面（緊急時計画、放射線防護、プラントの運転状態）を含む	・プラント全体 －施設の安全概念の総合評価（クラス分けして評価） －原子炉設置者は、科学的・技術的進捗とプラント現状との継続的な評価（毎年提出）	・プラント全体 －施設の包括的な解析・レビュー
	評価方法	・一部、通達、民間ガイドラインに基づいて評価 ・対象機器・構造物で想定される経年変化事象の影響を分析 ・現状の保全活動が、経験変化事象の顕在化による機器・構造物の機能喪失を未然に防止できるかどうかを評価	・経年変化共通教訓書と標準審査計画書を適用 ・延長した運転期間を通じて、安全な許容レベルに維持できること（経年変化管理が行われること）を評価 ・審査では十分な管理の行われているもの、今後管理が必要なものに分類し、後者は実施を約束させること（誓約事項）で認可	・適合性評価 －運転認可を得た時点の安全水準が維持されていることを確認 ・安全性再評価 －最新プラントの安全要求・最新の安全規制と比較 －世界の動向・運転経験の反映等を確認 ・改善策をまとめる	・原子力安全証明書のレビュー －現時点で安全か確認 －少なくとも次の10年間安全を脅かす可能性がないか確認 －合理的に実施可能な改善策をまとめる	・経年化現象は、「運転に係わる影響」として評価 ・最新の科学的・技術的知見を反映した評価 －工学的安全性レビュー －機器・運転管理の安全への影響・安全解析 －物理的防護の解析 ・改善策をまとめる	・規制当局の規則（SKIFS)に基づいて評価。 －施設の安全性について。包括的な解析・評価 －最近10年間の技術や組織的な経験の分析、実施した安全向上策の評価 －現状の安全レベルや改善策のまとめ ・最良の技術と合理的な放射線防護についての管理を強化（SKIFS2004：2）
検査・モニタリング		・評価結果に基づき、長期保全計画に反映し計画的に実施	・現状又は強化した経年化管理プログラム（AMP)の実施 ・誓約事項の実施の追跡 ・許認可更新のレビュー中の検査実施 ・認可更新後、検査を実施予定。	・原子炉設置者は、10年毎検査時、追加調査プログラムの検査として、非破壊検査を実施 ・10年毎の検査では、一次系と二次系の一部につき、完全点検及び耐圧試験を実施	・規制当局は、定期安全レビューの追跡検査実施 ・1～3年後の中間レビューを実施。	・運転による劣化の可能性のあるものを対象に監視	・施設の安全機能の検査・試験継続 ・保守プログラムは、継続して最新化。
補修・取替		・評価結果に基づき、長期保全計画に反映し計画的に実施。	・評価結果に基づき、誓約事項の実施	・評価結果に基づいて実施	・評価結果に基づいて実施	・評価結果に基づいて実施	・安全レビューと法令改正に合わせて、段階的に発電所機器・設備の近代化を実施中

（注記）　*1: 総合プラント評価（IPA）:　認可更新後の期間中に経年化管理が安全なレベルに管理されることを示す評価
*2: 時間限定経年化解析（TLAA）:　経年変化の影響を時間的要因で評価する解析（例：中性子照射脆化、疲労）
*3: ドイツでは2002年4月に法律が改正され、Isar1号が本法律の適用後初めての安全レビュー対象プラントとなる。
○○○：アンダーライン箇所は日本と特に相違が見られる個所

NRC：米国原子力規制委員会
NEI：米国原子力エネルギー協会
BMU：独国連邦環境自然保全・原子力安全省
RSK：独国原子力安全委員会

SKI：スウェーデン原子力発電検査庁
SKIFS：SKI規制規則
PWR：加圧水型原子炉

9プラントの高経年化技術評価で取り上げられている主要経年劣化事象　（1）

経年劣化事象	メカニズム	管理・保全方法	考慮した機器
応力腐食割れ	引張応力を受ける材料が腐食環境下で通常の破壊応力より低い応力で割れを生じる現象で、材料、環境、応力の3因子により発生する現象をいう。		
ステンレス鋼の応力腐食割れ	溶接等の熱影響により、粒界炭化物が析出し耐食性が低下（鋭敏化）したステンレス鋼が溶存酸素を含む高温水中で生ずる応力腐食割れ	水化学管理、材料変更、表面処理（圧縮残留応力付与）、目視点検、浸透探傷検査もしくは超音波探傷検査、ECT	熱交換器伝熱管
ニッケル基合金の応力腐食割れ	高温水中でのインコネル600等ニッケル基合金の応力腐食割れをいう。メカニズムについての定説はない。	同上	原子炉圧力容器等貫通部セーフエンド、蒸気発生器伝熱管
塩化物応力腐食割れ	Cl等塩化物の付着によりステンレス鋼の保護皮膜が破壊されることになる応力腐食割れをいう。粒内割れを経路とすることが多い。	塗装、表面処理（圧縮残留応力付与）、目視検査、液体浸透探傷検査	外気に触れるステンレス鋼機器（配管、弁、容器、タンク等）
照射誘起応力腐食割れ（IASCC）	高い中性子照射を受けることにより、結晶粒界近傍のクロムが減少し、ニッケル、シリコン等が富化（照射誘起偏析）することにより、粒界に沿った割れ（応力腐食割れ）が生ずる。	目視検査、超音波探傷検査	炉内構造物（上部格子板、炉心支持板、バッフルフォーマボルト等）
ボルトの応力腐食割れ	高強度に調質した低合金鋼製ボルトで、湿分大気中や軽微な腐食環境中で生ずる応力腐食割れ。遅れ破壊ともいう。	定期的な目視点検、取替	弁、ポンプ、熱交換器等の締め付けボルト
タービンロータの応力腐食割れ	腐食性イオン等の濃縮により、腐食環境が助長され発生するもので、高圧タービンでは、車軸接合部の隙間、低圧タービンでは、蒸気の乾湿交番域が該当する。	定期的な解放点検時の目視確認	タービン
タービンブレードの応力腐食割れ	12Crステンレス鋼製タービンブレードにおいて乾湿交番域での腐食環境の悪化と高応力により発生する。	定期的な解放点検時の目視確認。超音波探傷検査による精密点検	タービン（BWR）

添付−3

９プラントの高経年化技術評価で取り上げられている主要経年劣化事象　（２）

経年劣化事象	メカニズム	管理・保全方法	考慮した機器
疲労割れ	材料が繰返し応力のもとで微小な変形領域が生じ、それが成長して静的強度よりはるかに低い応力によって破壊を起こす現象		
低サイクル疲労割れ	繰り返し数が10^5回以下の領域での疲労割れ	疲労損傷度を表す疲れ累積係数を許容値と比較評価。実過渡回数に基づく評価を定期的に実施。定期的な超音波探傷検査及び漏洩試験の実施。	原子炉圧力容器、1次冷却材管、加圧器、主蒸気隔離弁、原子炉再循環ポンプ、原子炉再循環ポンプ、格納容器等
高サイクル疲労割れ 高サイクル熱疲労割れ フレッティング疲労割れ	繰り返し数が10^5回以上の領域の疲労割れであり、繰返し応力が熱サイクルによるものを熱疲労という。互いに押し付けられ接触している2物体の接触面に微小すべりと繰り返し荷重が作用して生ずる疲労。	定期的な目視検査、渦流探傷検査	ポンプ、熱交換器等 ポンプ、蒸気発生器等
エロージョン・コロージョン	材料、流体の流れ及び環境の組合せにより物理的作用による浸食と化学的作用による腐食との相互作用で材料が減肉する現象。	適切な頻度での超音波による肉厚計測により減肉傾向監視	主蒸気管、主蒸気隔離弁、抽気管、熱交換器等
腐食			
全面腐食	耐食性の劣る炭素鋼等が大気中、水中、海水中で一様に腐食する形態をいう。	塗装等による環境との遮断。目視点検	原子炉格納容器等炭素鋼製機器・部位
孔食、隙間腐食	ステンレス鋼のように表面保護皮膜により耐食性が保たれている金属で、皮膜の一部が破壊された場合にその部分で局部的に進行する腐食形態。隙間部では溶存酸素の低下等により皮膜が破壊され易く孔食が生じ易い。	塩化物イオン濃度の低減 設計の変更	海水系機器 （ポンプ、弁、配管等）
異種金属接触腐食	腐食電位の異なる金属を接触させて水溶液中におくと異種金属間の電池作用のため、電位の低い金属が腐食すること。	塗装等による環境との遮断。異種金属間の絶縁	海水系機器 （ポンプ、弁、配管）
アンモニアアタック	銅合金が酸素の存在下で酸化し銅イオンの状態でアンモニアと化学反応し、著しく腐食する現象。	定期的な渦流探傷検査	給水加熱器等

9プラントの高経年化技術評価で取り上げられている主要経年劣化事象 （3）

経年劣化事象	メカニズム	管理・保全方法	考慮した機器
中性子照射脆化	金属材料が中性子の照射を受けると結晶中に、非常に微小な欠陥（析出物、マイクロボイド）が生じ、靭性（粘り強さ）が低下する現象。 原子炉（圧力）容器用鋼では鋼中に銅（Cu）、リン（P）等の不純物が多いほど、中性子照射脆化の程度が大きくなる。	監視試験片を挿入し、運転後計画的に取り出して脆化の程度を監視する。 試験結果に基づき、運転制限条件を設定する。	原子炉（圧力）容器
磨　耗	２物体間で相対すべりが発生したときに生じる物体表面層の破壊現象。	国内プラントの点検結果より、（社）火力原子力発電技術協会における炉内構造物点検評価ガイドラインにより評価（制御棒クラスタ案内管案内板） 定期的な渦流探傷検査（炉内計装用シンブルチューブ）	制御棒クラスタ案内管案内板 炉内計装用シンブルチューブ
熱時効	2相ステンレス鋼[注1]は高温での長時間の使用に伴いフェライト相内の組織変化により靭性の低下等、材料特性が変化する。	健全性評価の実施。	1次冷却材管、1次冷却材ポンプ、弁等
変形（ばねのへたり）	ばねを長時間使用することによる変形	定期的な機能試験。	主蒸気隔離弁、安全弁、主蒸気逃し弁、安全逃し弁、主蒸気止め弁、蒸気加減弁等

（注１）鋳造ステンレス鋼のこと。金属組織がオーステナイト相と若干のフェライト相から構成されるため，２相ステンレス鋼と呼ばれる。

9プラントの高経年化技術評価で取り上げられている主要経年劣化事象 （4）

経年劣化事象	メカニズム	管理･保全方法	考慮した機器
絶縁低下	ケーブル等の絶縁物に使用されているゴム、プラスチック等の高分子材料が、設置環境において熱や放射線等のエネルギーによって外的作用を受け、酸化等によって外観や物性が初期の状態を維持できなくなり、変質や破壊に至って絶縁低下を起こす現象。	これまでの運転経験より、運転上必要な絶縁耐力まで低下する期間を予測し、必要に応じて取替を実施しており、これより急激な絶縁低下の可能性は小さいと判断している。 また、定期的に絶縁診断を実施している。	発電機 配電盤
		変圧器内部で局所的な加熱が生じると、油や絶縁紙等の絶縁物が分解し、水素等のガスが発生することから、絶縁紙が浸されている絶縁油の溶存ガスを定期的に分析し、分析結果が規定値内であることより、急激な絶縁低下の可能性は小さいと判断している。	主変圧器
		(社)電気学会の技術報告Ⅱ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性試験方法に関する推奨案」に従って、ケーブルの長期健全性評価を行い、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断している。 なお、一部のケーブルについては長期健全性評価が60年間に満たないもの、現状特性評価のみで評価しているものがあるが、今後、適切な時期に60年間の長期健全性評を実施するとしている。	ケーブル
機械的固着	しゃ断器の操作機構が、時間の経過に伴いグリスの潤滑油分が蒸発等により減少し、グリスの粘度が高くなり、ばね力で動作している箇所等で固着する現象。	定期的な目視点検、清掃、グリス塗布及び動作試験で異常のないことを確認していることにより、急激に操作機構が固着する可能性は小さいと判断している。	配電盤
水トリー劣化	長時間にわたって水が存在する状態でかつ高い電位に絶縁材料が晒されている場合に、水と局部的な電界集中が原因で絶縁材料中に樹枝状に欠陥が発生し(この現象を水トリーと称す)、絶縁低下を起こす現象。高圧架橋ポリエチレン絶縁ケーブルにのみ発生が確認されている。	長時間にわたって高圧ケーブルの周りに水が存在しないことを確認していることにより、水トリー劣化による絶縁低下は問題ないと判断している。	ケーブル （高圧ケーブルのみ）

経年劣化事象	メカニズム	管理・保全方法	考慮した機器
コンクリートの強度低下			
熱	コンクリート中の水分の逸散に伴う乾燥により、微細なひび割れや水分の移動による空隙の拡大などにより強度が低下する。	定期目視点検、温度管理	原子炉建屋
放射線照射	放射線照射により、結晶の中の原子が移動や、核反応により他の核種に原子核変換したり、水素やヘリウムが発生したりするため、材料が本来持っている性能や性質を徐々に失う。また、中性子線、ガンマ線の照射による発熱で、水分逸散が生じて、ひび割れ等に結びつく。	定期目視点検 中性子線及びガンマ線照射量推定、確認	原子炉建屋
コンクリートのひび割れ			
中性化	コンクリートは通常強アルカリ性であり、この雰囲気下で鉄筋は腐食から保護されている。大気中の二酸化炭素や硫黄酸化物、窒素酸化物等の酸化物とコンクリートの水酸化カルシウムが反応し、コンクリート表面からアルカリ性が徐々に低下する。この現象が中性化であり、中性化により鉄筋への保護機能を失うことで、鉄筋腐食に結びつく。鉄筋の腐食による鉄筋体積膨張からコンク	定期目視点検、必要に応じて補修 中性化進行速度予測、確認	原子炉建屋
塩分浸透	コンクリート中に海水飛沫等を原因とした塩化物イオンが侵入すると、鉄筋の腐食が徐々に進行し、腐食による鉄筋体積膨張からコンクリートにひび割れや剥離が生じる。	定期目視点検、必要に応じて補修 採取コンクリート供試体より、イオン濃度測定、鉄筋腐食減量推定、確認	原子炉建屋、取水構造物
アルカリ骨材反応	コンクリートを構成する骨材中に反応性シリカ鉱物や炭酸塩岩を含んだ場合、コンクリート中のアルカリ成分が、水の存在下で反応して珪酸ナトリウム等を生成する。この際にコンクリートの異常膨張やひび割れを発生する。	定期目視点検、必要に応じて補修 アルカリ骨材反応試験、確認	原子炉建屋
機械振動	機械振動により、コンクリート構造物が長期間にわたって繰り返し荷重を受けることで、ひび割れが発生する。	定期目視点検、必要に応じて補修	タービン架台
コンクリートの遮へい能力			
熱	中性子線、ガンマ線の照射による発熱で、水分逸散が生じて、中性子遮へい能力低下に結びつく。	温度管理、確認	原子炉建屋
鉄骨腐食	鉄は大気中の酸素と水分と反応して腐食する。また、海水飛沫等の塩分により腐食は促進され、鉄骨の断面減少に至り、強度低下につながる。	定期目視点検、必要に応じて補修	タービン建屋、排気筒、上屋鉄骨、原子炉補助建屋

主要経年劣化事象と高経年化対策

経年劣化事象		事象の説明	特　徴	通常保全活動	高経年化への留意事項	高経年化対策（追加保全策等　※）		
						モニタリング・検査	予測・評価	補修・取替等
原子炉圧力容器の中性子照射脆化		中性子照射により破壊靭性が低下し、破壊に対する抵抗力が低下する事象。	・中性子照射量に応じて脆化は進行 ・60年の2倍の照射量でも、原子炉圧力容器は健全	監視試験片による監視	・脆化は進行 ・脆性遷移温度のバラツキ ・中性子照射量の増加に伴う評価対象部位の検討	再生監視試験片を用いた試験間隔短縮の検討	新しい遷移温度予測方法を含む予測の高精度化	なし
応力腐食割れ（SCC）（材料、環境、応力の3要素が重畳して、主に溶接部及びその熱影響部に割れが発生する事象）	粒界応力腐食割れ（IGSCC）	金属組織中の粒界に沿って応力腐食割れが生じる事象	経年に依存しない発生傾向	・定期検査等における点検 ・一部箇所は点検を強化（例として再循環系配管の場合 100%／5 年） ・残留応力改善	・供用後 20 年以上のデータが乏しく、発生傾向予測が困難 ・経年に従い発生頻度（検出頻度）高くなる可能性を否定できない	・点検間隔の短縮 ・点検箇所の追加 ・検査精度の向上	・健全性評価手法の向上 ・発生・進展メカニズムの解明	・ウェルドオーバーレイ工法（WOL 工法） ・ピーニング等による応力低減　他
	一次系冷却水応力腐食割れ（PWSCC）	PWR の一次冷却水環境で応力腐食割れが生じる事象	年数が長くなる程、また、温度が高くなる程発生する可能性が大きくなる。	・定期検査等における点検 ・一部箇所は点検を強化（例として、原子炉容器のベアメタル検査） ・600 系合金から 690 系合金に取替	経年に従い顕在化する可能性あり	・点検間隔の短縮 ・点検箇所（溶接金属）の追加 ・検査精度の向上	・発生・進展予測式の高精度化 ・発生・進展メカニズムの解明 ・発生時間評価方法の確立	・600 系合金から 690 系合金への取替促進 ・ピーニング等による応力低減　他
	照射誘起応力腐食割れ（IASCC）	中性子照射を受けると材料の応力腐食割れ感受性が高まり、あるしきい値を超えると割れが生じる事象	一定の中性子照射量に達するまではほとんど発生せず	・定期検査等における点検（バッフルフォーマボルト等照射量の高い部位を点検） ・炉内構造物の取替	バッフルフォーマボルト、上部格子板等照射量の高い部位でより顕在化する可能性あり	積算中性子照射量の予測 検査精度の向上	・発生・進展予測の高精度化 ・発生・進展メカニズムの解明 ・発生時間評価方法の確立	バッフルフォーマボルト等の取替
疲　労（応力が繰り返し付与されることにより材料が破壊する事象）	低サイクル疲労	プラントの起動・停止などに伴う設備全体の大きい温度・圧力の変化による大きな応力振幅を伴う疲労	・現時点で、き裂等は発生せず ・"停止・起動"回数に伴い疲労蓄積	・定期検査等における点検 ・一定期間毎に評価	疲労蓄積は進行するが、設計時の疲労設計余裕は大きく、き裂等の発生は見込まれず	（通常保全活動の継続）	実過渡回数による確認	（通常保全活動の継続）
	高サイクル疲労	応力振幅が小さく、多数回の繰り返しによる疲労	個別部位ごとの施設・環境条件により発生	・日常巡視・定期検査等における点検 ・水平展開による未然防止（例；高・低温水合流形状を考慮した取替）	経年（運転時間）に依存して発生状況が変化するものではない	（通常保全活動の継続）	（通常保全活動の継続）	（通常保全活動の継続）
配管減肉（エロー-ジョン／コロージョン）		材料、流体の流れ及び環境条件（温度、不純物濃度等）がそれぞれ単独又は重畳して配管の肉厚が減少する事象。	部位の"構造・環境条件"により進展状況が大きく異なる	計画的な肉厚測定と配管取替	減肉が少ない部位（いわゆるその他部位）の減肉顕在化	・点検箇所の拡大 ・点検頻度の短縮化	・点検実績に基づく点検箇所及び点検頻度の設定	取替
ケーブルの絶縁低下		電気的独立性（絶縁性）を確保する絶縁物が環境的（熱、放射線等）、電気的及び機械的要因で劣化し、電気抵抗が低下する事象	一部の高温・高放射線下の環境にあるものを除き劣化の進展はゆるやか。	絶縁抵抗測定や機能試験等	30年程度の運転で絶縁低下が顕在化している状況にはないが、一定照射線量に達すると急速な絶縁低下のおそれ	・新しい絶縁低下検出検査技術の適用 ・高温・高放射線に曝されるケーブルの布設環境の確認	実機の熱・放射線環境を適切に模擬した加速試験による健全性評価の向上と合理的な判定方法の決定	供用期間中に健全性が維持されると評価されないケーブルの取替
コンクリートの中性化		コンクリートが空気中の炭酸ガスを吸収し、表面から内部に向けて徐々にアルカリ性が失われる事象。最終的に鉄筋腐食がおこり、コンクリートにひび割れが生ずる	・コンクリート強度と鉄筋のかぶり厚さに依存する ・中性化速度式を適用した評価では、健全性保持期間は9プラントすべて100年以上の耐久性を保持している	・定期目視点検 ・必要に応じて補修	経年に従い進行する	環境条件を考慮した適切な箇所の選定、実測調査の実施	実測調査結果に基づく予測・評価	必要に応じた適切な補修の実施

※安全規制を行うための安全研究はJNESを中心に実施

添付－５

高経年化対策実施ガイドライン（イメージ）

平成１７年８月２２日
原子力安全・保安院

1. 総則

1.1 目的

本ガイドラインは、実用発電用原子炉施設（以下、「プラント」という。）の高経年化対策を効果的に実施するために必要な高経年化技術評価等に係る、定義、要求事項、経年劣化の技術評価手順、国と事業者の役割等を定める。

1.2 定義

① 機器・構築物：実用発電用原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針（平成２年８月３０日原子力安全委員会決定。以下「重要度指針」という。）において安全機能を有する構築物、系統及び機器をいう。

② 経年劣化事象：経年又は使用に伴って機器・構築物の劣化を引き起こす事象（例・・・応力腐食割れ、中性子照射脆化、腐食、摩耗、疲労、クリープ、侵食、絶縁低下、コンクリートの中性化等）。

③ 経年劣化：経年劣化事象の進展により機器・構築物の性能が低下する、又は低下する可能性があること。

④ 着目すべき経年劣化事象：長期間の供用に伴い、機器・構築物の経年劣化事象による性能低下が、「急速に進展する」、「発現頻度が高まる」、「新たに顕在化する」など、予測から乖離する可能性が否定できない経年劣化事象。

⑤ 長期保全計画：高経年化技術評価において抽出された追加すべき保全策及び技術開発課題の実施計画を取りまとめたもの。

1.3 適用範囲

本ガイドラインは、事業者による高経年化技術評価の実施、長期保全計画の策定と実施及び、国によるそれらの審査・確認並びに事業者による高経年化対策に係る定期安全レビューの実施及び国によるそれらの評価に適用する。

2. 高経年化技術評価

2.1 評価対象機器・構築物

重要度分類指針で定義されるクラス１、２及び３の機器・構築物を対象とする。（定期取替品及び消耗品は適用除外）

この際、機能面の劣化状態を容易に検出できる動的機能を有する部分については、通常の保守管理活動として、材料等の経年劣化の影響から生じる性能低下の状況が的確に把握され、的確な対応がなされている場合は、高経年化技術評価の開始時期以降もこれらが適切に行われることを前提に、高経年化技術評価の実施は不要とする。

2.2 評価対象部位

機器・構築物の安全機能達成のために要求される機能の維持のために必要な部位。

2.3 評価すべき経年劣化事象

他プラント及び他産業の最新の経年劣化技術情報、プラント運転経験情報、及び科学的知見等を踏まえ、当該プラントで発生しているか、又は発生する可能性のある経年劣化事象。

2.4 考慮すべきデータ・技術的知見

当該プラントの運転管理データ、保守管理データのみならず、国内外の他プラント及び他産業の経年劣化技術情報、プラント運転経験情報データ、技術開発成果、科学的知見等の最新の技術的知見を反映すること。

2.5 評価期間

供用開始から30年以降60年までを評価期間とすること。ただし、合理的な理由がある場合は、この限りでない。

2.6 評価手順

高経年化技術評価の対象となる機器・構築物に対して、その安全機能達成のために要求される機能の維持のために必要な部位（評価対象部位）に発生しているか、又は発生する可能性のある経年劣化事象（評価すべき経年劣化事象）を組み合わせて評価を行い、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を抽出し、60年の運転を仮定した健全性評価を行うとともに、現状の保全について評価し、必要な追加保全策を長期保全計画として策定する。

3. 長期保全計画の策定

長期保全計画は、最新の技術知見及び運転経験等を反映し、その実施主体、実施内容及び実施スケジュール等を明確にしたものであること。

4. 高経年化技術評価及び長期保全計画の実施時期

高経年化技術評価及び長期保全計画の策定は、原子炉の運転を開始した日以降30年を経過する日までに実施しなければならない。また、10年を超えない期間ごとに再評価を行わなければならない。

5. 高経年化技術評価及び長期保全計画に関する報告書

5.1 報告書本文に記載すべき事項

高経年化技術評価報告書には、高経年化技術評価の方法と結果、長期保全計画の策定結果、高経年化技術評価およびに長期保全計画の実施に係る品質マネジメントシステム並びに今後の高経年化対策への取り組み等について記載すること。

5.2 関連するデータ・技術資料の添付

高経年化技術評価の透明性、説明責任の観点から、高経年化技術評価に使用した関連データ、資料については報告書に添付すること。

5.3 報告書の提出時期

事業者は、高経年化技術評価に関する報告書を国の審査に要する期間を考慮して提出すること。

6. 高経年化技術評価及び長期保全計画の国による審査等

6.1 審査等の対象

① 高経年化技術評価の実施に係る手順と体制。

② 重要度指針クラス1及びクラス2に該当する機器・構築物並びに別途定める事故・故障等の経験を踏まえた再発防止対策上重要な機器・構築物に関する高経年化技術評価の結果。

③ 高経年化技術評価対象から除外した動的機能を有する部分については、通常の保守管理活動として、経年劣化による性能低下の状況が的確に把握され、的確な対応がなされているか評価し、運転開始30年以降もこれら活動が適切に行われることを確認する。

④ 長期保全計画の内容。

6.2 審査方法

審査は、別途定める「高経年化対策標準審査要領」をもちいて、事業者から提出された高経年化技術評価報告書に基づき実施するが、必要に応じ、現地において保守管理、保全に関する資料等を確認する。また、審査の過程で、原子力安全・保安部会の関係委員会等に適宜報告し、専門的意見を聴取する。

6.3 審査結果の公表

審査報告書は、原子力安全委員会に報告するとともに、当院のホームページで公表する。

7. 国による長期保全計画の実施状況の確認

① 長期保全計画は、原則として定期事業者検査として実施することとし、その実施状況について定期的な報告を事業者に求めるとともに、国は定期検査、定期安全管理審査又は保安検査により確認する。

② 長期保全計画の変更については、運転経験、最新の技術知見等を適切に反映したものであるかを確認する。

③ 経年劣化事象の進展に異常な傾向が見られる場合、適切な措置が講じられるとともに、長期保全計画に適切に反映されているかを確認する。

8. 定期安全レビューにおける確認

① 事業者は、高経年化技術評価の開始時期（運転開始後３０年）以前であっても高経年化対策上着目すべき経年劣化事象について、通常保全活動の一環として定期事業者検査等においてその劣化傾向を把握し、適切な改善措置を講ずるとともに、これら活動状況を供用開始後１０年目及び２０年目の定期安全レビューにおいて評価する。国はその実施体制、評価方法及び評価結果を保安検査等により確認する。

② 事業者は、企業文化・組織風土の劣化防止活動を定期安全レビューにおいて評価する。国はこの事業者の取り組みを把握して、良好事例についてはこれを積極的に称揚するなど事業者の取り組みを促進させることとする。

9. 高経年化対策標準審査要領

事業者が実施する高経年化技術評価の結果を、国が審査するための技術評価の手順・着眼点や、定期安全レビューにおいて事業者が企業文化・組織風土の劣

化防止活動を適切に評価しているかを、国としても評価するための視点等を定めた「高経年化対策標準審査要領」を整備する。

10. 高経年化対策に係る技術資料集

国は、高経年化技術評価を的確に実施するために、経年劣化のカニズム、評価対象部位、評価方法、ならびにトラブル等のプラント運転経験等を取りまとめた「高経年化技術資料集」を別途作成する。

11. 最新の技術的知見等

国は、高経年化技術評価及び長期保全計画の策定に当たって参照すべき最新の技術的知見等を明示する。

添付－6

○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

I. 目的

本指針は、発電用軽水型原子炉(以下「軽水炉」という。)施設の安全性を確保するために必要な各種の機能(以下「安全機能」という。)について、安全上の見地からそれらの相対的重要度を定め、もって、これらの機能を果たすべき構築物、系統及び機器の設計に対して、適切な要求を課すための基礎を定めることを目的とするものである。

II. 本指針の位置付けと適用範囲

本指針は、軽水炉の設置許可申請(変更許可申請を含む。以下同じ。)に係る安全審査において、「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」(以下「安全設計審査指針」という。)に定める各指針の具体的な適用に当たって、安全機能の重要度についての判断のめやすを与えるものである。

III. 安全機能の重要度分類

1. 安全機能の区分

安全機能を有する構築物、系統及び機器を、それが果たす安全機能の性質に応じて、次の 2 種に分類する。

(1) その機能の喪失により、原子炉施設を異常状態に陥れ、もって一般公衆ないし従事者に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれのあるもの(異常発生防止系。以下「PS」という。)。

(2) 原子炉施設の異常状態において、この拡大を防止し、又はこれを速やかに収束せしめ、もって一般公衆ないし従事者に及ぼすおそれのある過度の放射線被ばくを防止し、又は緩和する機能を有するもの(異常影響緩和系。以下「MS」という。)。

2. 重要度分類

PS 及び MS のそれぞれに属する構築物、系統及び機器を、その有する安全

機能の重要度に応じ、それぞれクラス 1、クラス 2 及びクラス 3 に分類する。それぞれのクラスの呼称は第 1 表に掲げるとおりとし、それぞれのクラスに属する構築物、系統及び機器の定義並びにその安全機能は、第 2 表に掲げるとおりとする。

第１表　安全上の機能別重要度分類

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">機能による分類

重要度による分類</td><td colspan="2">安全機能を有する構築物、系統及び機器</td><td rowspan="2">安全機能を有しない構築物、系統及び機器</td></tr>
<tr><td>異常の発生防止の機能を有するもの（ＰＳ）</td><td>異常の影響緩和の機能を有するもの（ＭＳ）</td></tr>
<tr><td>安全に関連する構築物、系統及び機器</td><td>クラス　１
クラス　２
クラス　３</td><td>ＰＳ－１
ＰＳ－２
ＰＳ－３</td><td>ＭＳ－１
ＭＳ－２
ＭＳ－３</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">安全に関連しない構築物、系統及び機器</td><td></td><td></td><td>安全機能以外の機能のみを行うもの</td></tr>
</table>

第２表　安全上の機能別重要度分類に係る定義及び機能

分類		定義	機能
クラス１	ＰＳ－１	その損傷又は故障により発生する事象によって、 (a)炉心の著しい損傷、又は (b)燃料の大量の破損 を引き起こすおそれのある構築物、系統及び機器	１）原子炉冷却材圧力バウンダリ機能
			２）過剰反応度の印加防止機能
			３）炉心形状の維持機能
	ＭＳ－１	１）異常状態発生時に原子炉を緊急に停止し、残留熱を除去し、原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧を防止し、敷地周辺公衆への過度の放射線の影響を防止する構築物、系統及び機器	１）原子炉の緊急停止機能
			２）未臨界維持機能
			３）原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能
			４）原子炉停止後の除熱機能
			５）炉心冷却機能
			６）放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能
		２）安全上必須なその他の構築物、系統及び機器	１）工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能
			２）安全上特に重要な関連機能
クラス２	ＰＳ－２	１）その損傷又は故障により発生する事象によって、炉心の著しい損傷又は燃料の大量の破損を直ちに引き起こすおそれはないが、敷地外への過度の放射性物質の放出のおそれのある構築物、系統及び機器	１）原子炉冷却材を内蔵する機能（ただし、原子炉冷却材圧力バウンダリから除外されている計装等の小口径のもの及びバウンダリに直接接続されていないものは除く。）
			２）原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていないものであって、放射性物質を貯蔵する機能
			３）燃料を安全に取り扱う機能

分　　類		定　　義	機　　能
		２）通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に作動を要求されるものであって、その故障により、炉心冷却が損なわれる可能性の高い構築物、系統及び機器	１）安全弁及び逃がし弁の吹き止まり機能
	ＭＳ－２	１）ＰＳ－２の構築物、系統及び機器の損傷又は故障により敷地周辺公衆に与える放射線の影響を十分小さくするようにする構築物、系統及び機器	１）燃料プール水の補給機能
			２）放射性物質放出の防止機能
		２）異常状態への対応上特に重要な構築物、系統及び機器	１）事故時のプラント状態の把握機能
			２）異常状態の緩和機能
			３）制御室外からの安全停止機能
クラス３	ＰＳ－３	１）異常状態の起因事象となるものであって、ＰＳ－１及びＰＳ－２以外の構築物、系統及び機器	１）原子炉冷却材保持機能（ＰＳ－１、ＰＳ－２以外のもの。）
			２）原子炉冷却材の循環機能
			３）放射性物質の貯蔵機能
			４）電源供給機能（非常用を除く。）
			５）プラント計測・制御機能（安全保護機能を除く。）
			６）プラント運転補助機能
		２）原子炉冷却材中放射性物質濃度を通常運転に支障のない程度に低く抑える構築物、系統及び機器	１）核分裂生成物の原子炉冷却材中への放散防止機能
			２）原子炉冷却材の浄化機能
	ＭＳ－３	１）運転時の異常な過渡変化があっても、ＭＳ－１、ＭＳ－２とあいまって、事象を緩和する構築物、系統及び機器	１）原子炉圧力の上昇の緩和機能
			２）出力上昇の抑制機能
			３）原子炉冷却材の補給機能
		２）異常状態への対応上必要な構築物、系統及び機器	緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能

Ⅳ. 分類の適用の原則

第 2 表に示す分類を、具体的に適用する場合は、原則として次項以下に定めるところによるものとする。

1. 関連系の範囲と分類

第 2 表に示す安全機能を直接果たす構築物、系統及び機器(以下「当該系」という。)が、その機能を果たすために直接又は間接に必要とする構築物、系統及び機器(以下「関連系」という。)の範囲と分類は、次の各号に掲げるところによるものとする。

(1) 当該系の機能遂行に直接必要となる関連系は、当該系と同位の重要度を有するものとみなす。

(2) 当該系の機能遂行に直接必要はないが、その信頼性を維持し、又は担保するために必要な関連系は、当該系より下位の重要度を有するものとみなす。ただし、当該系がクラス 3 であるときは、関連系はクラス 3 とみなす。

2. 二つ以上の安全機能を有する構築物、系統及び機器

一つの構築物、系統及び機器が、二つ以上の安全機能を有するときは、果たすべきすべての安全機能に対する設計上の要求を満足しなければならない。

3. 分離及び隔離の原則

安全機能を有する構築物、系統又は機器は、これら二つ以上のものの間において、又は安全機能を有しないものとの間において、その一方の運転又は故障等により、同位ないし上位の重要度を有する他方に期待される安全機能が阻害され、もって原子炉施設の安全が損なわれることのないように、機能的隔離及び物理的分離を適切に考慮しなければならない。

4. 異クラスの接続

重要度の異なる構築物、系統又は機器を接続するときは、下位の重要度のものに上位の重要度のものと同等の設計上の要求を課すか、又は上位の重要度のものと同等の隔離装置等によって、下位の重要度のものの故障等により上位の重要度のものの安全機能が損なわれないように、適切な機能的隔離が行われるよう考慮しなければならない。

V. 安全機能を有する構築物、系統及び機器に対する設計上の考慮

1. 基本的目標

各クラスに属する構築物、系統及び機器の基本設計ないし基本的設計方針は、確立された設計、建設及び試験の技術並びに運転管理により、安全機能確保の観点から、次の各号に掲げる基本的目標を達成できるものでなければならない。

(1) クラス 1：合理的に達成し得る最高度の信頼性を確保し、かつ、維持すること。

(2) クラス 2：高度の信頼性を確保し、かつ、維持すること。

(3) クラス 3：一般の産業施設と同等以上の信頼性を確保し、かつ、維持すること。

2. 「安全設計審査指針」への分類の適用

安全機能を有する構築物、系統及び機器については、上記 1.の基本的目標を満足するように、設計上の配慮がなされなければならない。このため、「安全設計審査指針」に、本指針の分類を次の各号に定めるところにより適用する。

(1) 信頼性に対する設計上の考慮

次に掲げる系統は、「安全設計審査指針」指針 9.第 2 項の「重要度の特に高い安全機能を有する系統」とみなす。

(a) PS−1 のうち、通常運転時に開であって、事故時閉動作によって原子炉冷却材圧力バウンダリ機能の一部を果たすこととなる弁

(b) MS−1

(c) MS−2 のうち、事故時のプラント状態の把握機能を果たすべき系統

(2) 自然現象に対する設計上の考慮

次に掲げるものは、「安全設計審査指針」指針 2.第 2 項の「重要度の特に高い安全機能を有する構築物、系統及び機器」とみなす。

(a) クラス 1

(b) クラス 2 のうち、特に自然現象の影響を受けやすく、かつ、代替手段によってその機能の維持が困難であるか、又はその修復が著しく困難な構築物、系統及び機器。

(3) 電気系統に対する設計上の考慮

「安全設計審査指針」指針 48.第 1 項及び第 4 項の「重要度の特に高い安全機能」及び「重要度の高い安全機能」とは、それぞれ次に掲げるものをいう。

(a) 重要度の特に高い安全機能

i) PS-1

ii) MS-1

iii) MS-2 のうち、

ア) 燃料プール水の補給機能

イ) 事故時のプラント状態の把握機能

ウ) 異常状態の緩和機能のうち、逃がし弁からの原子炉冷却材放出の阻止機能

エ) 制御室外からの安全停止機能

(b) 重要度の高い安全機能

i) クラス 1

ii) クラス 2

「高経年化対応に関するロードマップ」において抽出された安全研究課題

大項目 ／ 中項目 ／ 小項目 ／ サブアイテム

- 安全研究の推進

検査・モニタリング技術

- 非破壊検査技術（UT・ECT）の高度化
  - 1 ノズルコーナー等低合金鋼に対するUT技術の実証
  - 2 シュラウド等ステンレス鋼溶接部のSCCに対する非破壊検査技術の実証
  - 3 低炭素ステンレス鋼配管溶接部のSCCに対するUT技術の実証
  - 4 複雑形状配管及び薄肉配管に対する検査技術調査
  - 5 Ni基合金溶接部のPWSCCに対する非破壊検査技術の確証
  - 6 圧力容器貫通部狭隘部の非破壊検査技術（ECT,TOFD）の実証
  - 7 2相ステンレス鋼管に対するUT技術の実証
  - 8 ｵｰｽﾃﾅｲﾄ系ｽﾃﾝﾚｽ鋳鋼製主冷却材管等の高精度検査技術の実証
- モニタリング技術の高度化
  - 9 非破壊検査技術による広域及び局所モニタリング実証
  - 10 ｵｰｽﾃﾅｲﾄ系ｽﾃﾝﾚｽ鋼配管におけるSCCき裂進展の運転中ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ技術調査
  - 11 炭素鋼配管減肉の運転中モニタリング技術調査
  - 12 原子炉圧力容器鋼照射脆化の磁気的非破壊検査技術に関する研究
- 検査システムの整備
  - 13 確率論的安全評価に基づく検査（RIIを行う場合の判断基準整備）

経年変化評価技術

- 中性子照射脆化
  - 14 **原子炉圧力容器鋼材の照射脆化予測手法の確立**
    - 42 **高照射領域の照射脆性繊維温度領域における破壊靭正評価手法**
    - 43 延性脆性遷移温度領域における破壊靭性評価手法の確立
    - 44 低上部棚原子炉容器の健全性評価手法の確立
    - 45 原子炉圧力容器鋼の高経年化に伴う中性子照射脆化機構の解明
    - 46 原子炉圧力容器照射材補修溶接の健全性実証
  - 15 **原子炉（圧力）容器の靭性監視技術の確立（PLIM再生）**
- 二相ステンレス鋼の熱時効
  - 16 **熱脆化した2相ステンレス鋼の健全性評価技術の確立**
- ステンレス鋼の応力腐食割れ（SCC）
  - 17 PWR環境下のオーステナイト系ステンレス鋼の応力腐食割れ評価
  - 18 **原子力用ステンレス鋼の耐応力腐食割れ実証試験**
    - 47 原子炉起動停止時の応力、水質変動による応力腐食割れき裂進展加速の評価
    - 48 放射線分解水質下での応力腐食割れき裂進展への影響評価
    - 49 低照射速度、低照射量での応力腐食割れき裂進展速度への影響評価
  - 19 SCC機構解明に関する基盤的研究
  - 20 複雑形状配管の破壊評価基準の確立
  - 21 SCC対策・評価に関する研究
- 照射誘起型応力腐食割れ（IASCC）
  - 22 **照射誘起応力腐食割れ評価技術**
    - 50 PWR環境下での照射誘起応力腐食割れき裂進展評価
    - 51 放射線分解水質下での応力腐食割れき裂進展への影響評価
    - 52 中性子照射環境下での照射誘起応力腐食割れ評価技術
  - 23 照射試験技術としての加速照射の妥当性評価とメカニズムの検討
    - 53 ステンレス鋼照射劣化に及ぼす照射速度の影響評価
  - 24 SCC機構解明に関する基盤的研究
  - 25 中性子照射による靭性低下とスウェリング
  - 26 SCC対策・評価技術に関する研究
- Ni基合金の応力腐食割れ（SCC）
  - 27 **ニッケル基合金の応力腐食割れき裂進展評価**
    - 54 **ﾆｯｹﾙ基合金のK値減少下及び高ひずみ領域での応力腐食割れき裂進展評価と実証試験**
    - 55 600系合金のPWSCCに関する溶存水素濃度依存性評価
    - 56 放射線分解水質下での応力腐食割れき裂進展への影響評価
    - 57 原子炉起動停止時の応力、水質変動による応力腐食割れき裂進展加速の評価
  - 28 ニッケル基合金溶接部の溶接残留応力解析評価技術の実証
  - 29 複雑形状部のき裂進展評価（IAF）
  - 30 **ニッケル基合金溶接金属の破壊評価手法に関する実証**
- 疲労割れ
  - 31 **疲労評価(1)：炉水環境中疲労き裂の発生評価**
    - 58 疲労評価(3)：炉水環境中の超高サイクル疲労評価
  - 32 配管高サイクル熱疲労評価手法
  - 33 **疲労評価(2)：炉水環境中疲労き裂進展評価**
- 腐食
  - 34 配管減肉評価技術の高精度化
- 絶縁劣化
  - 35 **ケーブル経年変化（絶縁劣化）評価手法の確立**
- コンクリート劣化
  - 36 **コンクリート構造物の劣化モニタリング技術の実証**
    - 59 コンクリート構造物の耐久性に係わる知見の調査・整理
    - 60 原子力施設のコンクリート構造物の耐久性評価手法に関する調査
- 耐震安全性評価
  - 37 **経年劣化を想定した炉内設備・配管の耐震安全評価手法の整備**
  - 38 経年劣化を想定した鉄筋コンクリート構造の耐震安全評価手法の整備

予防保全・補修取替技術

- 補修技術
  - 39 **原子力プラント照射材料安全補修溶接技術**
    - 61 高経年（高照射）構造部材の補修溶接部健全性評価データベースの構築
    - 62 照射溶接部の健全性評価手法の確立
- 表面改質技術
  - 40 中性子照射材に対する表面改質技術の適用性研究、残留応力改善
- 取替技術
  - 41 炉内構造物等の取替技術実証試験

太字表示は重点課題として抽出されたテーマ

添付－７

参考資料

[1]関西電力株式会社美浜発電所3号機二次系配管破損事故について(最終報告書)、平成17年3月30日

[2]高経年化対策検討委員会(第3回)資料3－4“高経年化対策のための技術情報基盤について”

[3]“他産業における企業文化・組織風土の経年劣化の分析と防止策”、JNES、2005年10月予定

高経年化対策検討委員会委員

（敬称略・五十音順）

委員長	宮　健三	慶應義塾大学大学院理工学研究科教授
	秋庭　悦子	社団法人日本消費生活アドバイザー・コンサルタント協会東日本支部支部長
	朝田　泰英	社団法人火力原子力発電技術協会技術顧問
	旭　　信昭	福井県県民生活部長【平成１７年３月まで】
	安藤　弘昭	独立行政法人原子力安全基盤機構理事
	井川　陽次郎	読売新聞東京本社論説委員
	上杉　信夫	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
	大出　厚	東京電力株式会社　原子力本部原子力運営管理部長【平成１７年６月まで】
	大木　義路	早稲田大学理工学術院教授
	大橋　弘忠	東京大学大学院工学系研究科教授
	小山田　修	株式会社日立製作所電力グループ技師長
	川瀬　清孝	株式会社新潟建築確認検査機構　代表取締役社長【平成１７年４月まで】
	橘高　義典	首都大学東京都市環境学部教授【平成１７年６月より】
	木原　正則	静岡県防災局技監【平成１７年８月より】
	小森　明生	東京電力株式会社　原子力本部原子力運営管理部長【平成１７年７月より】
	庄子　哲雄	国立大学法人東北大学理事（研究担当）
	須藤　亮	株式会社東芝　電力･社会システム社　電力･社会システム技術開発センター センター長
	関村　直人	東京大学大学院工学系研究科教授
	筑後　康雄	福井県安全環境部　部長【平成１７年４月より】
	辻倉　米蔵	関西電力株式会社取締役原子力事業本部 副事業本部長（原子力発電・原子力技術担当）
	寺村　映	静岡県防災局技監【平成１７年８月まで】
	平野　雅司	日本原子力研究所東海研究所 安全性試験研究センター原子炉安全工学部長
	飯井　俊行	福井大学大学院工学研究科教授
	山内　澄	三菱重工業株式会社原子力事業本部 原子力技術センター　センター長

配管減肉に係る高経年化技術検討ＷＧ

（敬称略・五十音順）

主査	関村　直人	東京大学大学院工学系研究科教授
	朝田　泰英	社団法人火力原子力発電技術協会技術顧問
	大出　厚	東京電力株式会社 原子力本部原子力運営管理部長
	小山田　修	株式会社日立製作所電力グループ技師長
	須藤　亮	株式会社東芝　電力・社会システム社 原子力技師長
	辻倉　米蔵	関西電力株式会社取締役原子力事業本部 副事業本部長（原子力発電・原子力技術担当）
	宮　健三	慶應義塾大学大学院理工学研究科教授
	飯井　俊行	福井大学大学院工学研究科教授
	山内　澄	三菱重工業株式会社原子力事業本部 原子力技術センター　センター長

高経年化技術検討ＷＧ

（敬称略・五十音順）

主査	関村　直人	東京大学大学院工学系研究科教授
	朝田　泰英	社団法人火力原子力発電技術協会技術顧問
	上杉　信夫	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
	大出　厚	東京電力株式会社　原子力本部原子力運営管理部長【平成１７ 年６月まで】
	大木　義路	早稲田大学理工学術院教授
	大橋　弘忠	東京大学大学院工学系研究科教授
	小森　明生	東京電力株式会社　原子力本部原子力運営管理部長【平成１７ 年７月より】
	庄子　哲雄	国立大学法人東北大学理事（研究担当）
	辻倉　米蔵	関西電力株式会社取締役原子力事業本部 副事業本部長（原子力発電・原子力技術担当）
	平野　雅司	日本原子力研究所東海研究所 安全性試験研究センター原子炉安全工学部長
	宮　健三	慶應義塾大学大学院理工学研究科教授
	飯井　俊行	福井大学大学院工学研究科教授

開催実績及び今後の開催予定

高経年化対策検討委員会

第１回　平成１６年１２月１６日　福井県国際交流会館
第２回　平成１７年２月１日　　経済産業省
第３回　平成１７年２月２５日　経済産業省
第４回　平成１７年４月６日　　福井県国際交流会館
第５回　平成１７年６月１６日　経済産業省

（以下予定）
第６回　平成１７年８月２２日　福井県国際交流会館
第７回　平成１７年８月３１日　経済産業省

配管減肉に係る高経年化技術検討WG

平成１７年３月２８日　　　　　経済産業省

高経年化技術検討WG

第１回　平成１７年５月２４日　経済産業省
第２回　平成１７年６月６日　　経済産業省
第３回　平成１７年７月４日　　経済産業省
第４回　平成１７年７月２２日　現地調査（福井県）
第５回　平成１７年８月５日　　経済産業省

高経年化対策検討委員会及びWG開催実績

高経年化対策検討委員会

第1回　平成16年12月16日　福井県国際交流会館
第2回　平成17年2月1日　　経済産業省
第3回　平成17年2月25日　経済産業省
第4回　平成17年4月6日　　福井県国際交流会館
第5回　平成17年6月16日　経済産業省
第6回　平成17年8月22日　福井県国際交流会館
（第7回　平成17年8月31日　経済産業省）

配管減肉に係る高経年化技術検討WG

平成17年3月28日　　　　　経済産業省

高経年化技術検討WG

第1回　平成17年5月24日　経済産業省
第2回　平成17年6月6日　　経済産業省
第3回　平成17年7月4日　　経済産業省
第4回　平成17年7月22日　現地調査（福井県）
第5回　平成17年8月5日　　経済産業省