

<概要>

日本において初期の原子力発電所の運転が開始されてから30年以上が経過した。日本の原子力発電所では安全性・信頼性の確保の観点から、品質保証体制の下に保守管理活動が行われ、様々な保全が継続的に実施されるとともに、国や独立行政法人により厳格な検査、審査が実施されている。一方、原子力発電所の運転の長期化に対しては、安全性・信頼性のより一層の向上に向けた取り組みとして、高経年化対策の活動が実施されている。さらに、美浜発電所3号機二次系配管破断事故を契機に高経年化対策の充実が図られている。

（注）東北地方太平洋沖地震（2011年3月11日）に伴う福島第一原発事故を契機に原子力安全規制の体制が抜本的に改革され、新たな規制行政組織として原子力規制委員会が2012年9月19日に発足したため、本データに記載されている原子力の安全性・信頼性確保に関する考え方や具体的な高経年化対策についても見直しや追加が行われる可能性がある。

<更新年月>

2006年12月

<本文>

1. 高経年化対策の実施状況

原子力発電所の高経年化対策については、原子力委員会が1994年（平成6年）に策定した「原子力の研究、開発および利用に関する長期計画」また、平成6年に示された「総合エネルギー調査会原子力部会（現総合資源エネルギー調査会電気事業分科会原子力部会）中間報告」等でその必要性が指摘され具体的な検討が開始された。

1996年（平成8年）に資源エネルギー庁から「高経年化に関する基本的な考え方」として、具体的な評価手法、評価例が示され、事業者はこれに基づき具体的な検討を開始している。1999年（平成11年）には、初期に運転を開始した軽水型商業用原子力発電所である、日本原子力発電株式会社敦賀発電所1号機（営業運転開始：1970年3月、電気出力：357MW、炉型：BWR）、関西電力株式会社美浜発電所1号機（営業運転開始：1970年11月、電気出力：340MW、炉型：PWR）、東京電力株式会社福島第一原子力発電所1号機（営業運転開始：1971年3月、電気出力：460MW、炉型：BWR）について、高経年化対策に関する事業者の検討が行われ、詳細な技術評価結果が公表された。

この活動は定期安全レビュー（PSR）に組み込み継続的に実施され、2003年（平成15年）末には、関西電力株式会社高浜発電所1・2号機、中国電力株式会社島根原子力発電所1号機、九州電力株式会社玄海原子力発電所1号機の高経年化対策に関する報告書が公表され、これらを含め5事業者により、9プラントにおいて実施されている。表1に高経年化対策の実施状況を示す。

なお、事業者による高経年化対策に関する技術評価等は、自主的な保安活動の位置付けにより実施されてきたが、2003年（平成15年）9月に「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」が改正され、その実施の義務規定が整備されるとともに、保安規定の要求事項となった。

2. 高経年化対策の概要

原子力発電所の高経年化対策については、1996年（平成8年）の資源エネルギー庁「高経年化に対する基本的な考え方」において、安全上重要でかつ補修取替が困難な機器・構築物（加圧水

型原子炉（PWR）：8機器、1構築物、沸騰水型原子炉（BWR）：6機器、1構築物）を評価対象とし、技術評価にあたっては、考慮すべき経年変化事象に対し、現状が適切に管理されているか、あるいは発生・進展の可能性があるか、運転期間中の健全性に対し十分な裕度を有するかなどについて評価が行われ、高経年化に対応するための保全活動が評価されている。

事業者においては、この考え方を取替容易な機器を含めた原子力発電所の安全機能を有するすべての構築物、機器に展開し評価が実施されている。

事業者において実施された技術評価内容（関西電力株式会社高浜発電所1号機の例）について、技術評価対象機器を表2に示す。また、図1に経年変化事象の抽出および技術評価手順について示す。

3. 高経年化対策の評価結果

事業者の評価結果（関西電力株式会社高浜発電所1号機の例）では、高経年化に関する技術評価結果から、大部分の機器については現状の保全を継続することにより長期的な健全性が確保されることが確認された。しかしながら、一部の機器については、今後の高経年化を考慮した場合、現状実施している保全に加えさらに充実すべき対応事項が抽出された。これらの新たな保全策については長期保全計画としてとりまとめられている（図2）。事業者は、この長期保全計画については、保守管理活動の一環として、発電所の具体的な保全計画に反映し、計画的に実施していくこととしている。同時に、今後更に充実すべき技術開発課題について以下の事項が抽出されている。

関西電力株式会社高浜発電所1号機における長期保全計画の例を表3に示す。なお、高経年化に関する評価は、現在の最新知見に基づき実施されたものであり、今後10年を超えない期間ごとに新たな知見を踏まえて再評価が実施される。

技術開発課題（高浜発電所1号機の例）

- (1) 原子炉容器中性子照射脆化の上部棚吸収エネルギー低下に関する評価技術の整備
- (2) 原子炉容器中性子照射脆化に関する関連温度上昇に対する脆化予測式の精度向上
- (3) 原子炉容器中性子照射脆化に関する使用済試験片再生技術の確立
- (4) ステンレス鋼の照射誘起型応力腐食割れ評価技術の確立
- (5) ケーブルの絶縁低下に関する実機環境を模擬した評価手法の確立

4. 高経年化対策の充実

2004年8月9日に発生した関西電力美浜発電所3号機二次系配管破損事故を契機に、今後の原子力発電所の高経年化対策の在り方について、これまで実施してきた9プラントの高経年化評価等を踏まえ、透明性・中立性の確保を図りつつ、科学的・合理的判断に基づく実効性の高い対策を実施するために、2004年12月に、原子力安全・保安部会に高経年化対策検討委員会が設置された。内外の最新の知見を採り入れ、高経年化対策の拠り所となる基準、指針等の明確化や国による合理的な検査の在り方等について検討を行い、2005年8月31日に報告書「実用発電用原子力施設における高経年化対策の充実について」を取りまとめ公表した（図3および図4）。報告書の方針に沿って、2005年12月に省令改正・標準審査要領等の整備を行い、透明性・実効性の確保を図るとともに、各種施策の実現に向けた取り組みが行われている（図5）。

2006年10月現在、東京電力福島第一原子力発電所3号機、中部電力浜岡原子力発電所1号機、関西電力美浜発電所3号機の3プラントについて、事業者は高経年化技術評価（60年の供用を仮定）の実施および長期保全計画（10年間の追加保全策）の策定を行い、国に報告し、国はその妥当性を審査した。さらに、四国電力伊方発電所1号機の高経年化技術評価等報告書の提出を受け、その審査が開始されている。

（前回更新：2005年1月）

<関連タイトル>

日本における原子力発電設備の維持基準 (02-02-03-15)

海外の原子力発電所の設備利用率の推移（2004年まで） (02-06-02-01)

原子力発電施設の高経年化対策と関連研究 (06-01-01-12)

軽水炉圧力容器鋼の脆化機構と研究動向 (06-01-01-30)

<参考文献>

(1) 原子力委員会：原子力の研究、開発および利用に関する長期計画（1994年6月）

(2) 総合エネルギー調査会：原子力部会中間報告（1994年6月）

- (3) 資源エネルギー庁：高経年化に関する基本的な考え方（1996年4月）
 - (4) 原子力安全委員会：発電用軽水型原子炉施設の高経年化対策について（1998年10月）
 - (5) 資源エネルギー庁：電気事業者の原子力発電所高経年化対策の評価および今後の高経年化に関する具体的取組について（1999年2月）
 - (6) 原子力安全・保安院：原子力発電所の高経年化対策の評価について（2004年3月）
 - (7) 関西電力株式会社：高浜発電所 1 号機高経年化対策に関する報告書（2003年12月）
 - (8) 関西電力株式会社：高浜発電所 2 号機高経年化対策に関する報告書（2003年12月）
 - (9) 関西電力株式会社：美浜発電所 2 号機定期安全レビュー（第2回）報告書（2001年2月）
 - (10) 社団法人火力原子力発電技術協会：発電設備の予防保全と余寿命診断、IV. 原子力発電所の高経年化対策（2001年年6月）
 - (11) 原子力保安院ホームページ：審議会、高経年化対策検討委員会、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-（平成17年8月31日）
 - (12) 原子力保安院ホームページ：高経年化対策
 - (13) 西田泰信：第 1 回学術講演会、要旨集、日本保全学会（2004年7月）、p.211
-

表1 高経年化対策の実施状況

プラント名	営業運転 開始年月	炉型	高経年化対策に関する報告書の公表						
			1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
敦賀発電所1号機	1970.3	BWR		●	□				
美浜発電所1号機	1970.11	PWR		●	□				
福島第一原子力 発電所1号機	1971.3	BWR		●		□			
美浜発電所2号機	1972.7	PWR				●	□		
島根原子力 発電所1号機	1974.3	BWR						●	□
福島第一原子力 発電所2号機	1974.7	BWR				●			□
高浜発電所1号機	1974.11	PWR						●	□
玄海原子力 発電所1号機	1975.10	PWR						●	□(05')
高浜発電所2号機	1975.11	PWR						●	□(05')

●：事業者の公表時期を示す □：営業運転開始後30年を示す

[出典]西田泰信：第1回学術講演会、要旨集、日本保全学会(2004年7月)、p.211

表2 技術評価対象機器

種類	評価対象機器
ポンプ	ターボポンプ(海水ポンプ等), 1次冷却材ポンプ, 真空ポンプ(復水器真空ポンプ)
熱交換器	多管円筒型熱交換器(抽出水再生クーラ等), 蒸気発生器, 直接接触式熱交換器(脱気器), 2重管式熱交換器(RCS高温側サンプル冷却器)
ポンプモータ	高圧ポンプモータ(海水ポンプモータ等), 低圧ポンプモータ(ほう酸ポンプモータ等)
容器	原子炉容器, 加圧器(加圧器本体等), 原子炉格納容器(原子炉格納容器本体等), 補機タンク(アキュムレータ等), フィルタ(ほう酸フィルタ等), 脱塩塔(脱ほう素塔等), プール型容器(使用済燃料ピット等)
配管	ステンレス鋼配管(1次冷却系統配管等), 炭素鋼配管(主蒸気系統配管等), 1次冷却材管, 配管サポート
弁	一般弁本体部(仕切部等), 一般弁駆動部(電動装置等), 特殊弁(主蒸気止め弁等)
炉内構造物	炉内構造物
ケーブル	高圧ケーブル(高圧CAケーブル等), 低圧ケーブル(PAケーブル等), 同軸ケーブル(三軸同軸ケーブル等)
電気設備	特高開閉所設備(ガス遮断器等), 発電設備(タービン発電機等), 配電設備(メタクラ等)
タービン設備	高圧タービン, 低圧タービン, 主油ポンプ, 補助油ポンプ, ターニング油ポンプ, タービン調速装置・保安装置, タービン動補助給水ポンプタービン
コンクリートおよび鉄骨構造物	コンクリート及び鉄骨構造物
計測制御設備	プロセス計測制御設備(1次冷却材圧力(広域)等), 制御設備(補助給水ポンプ起動盤等)
空調設備	ファン(制御建物屋送気ファン等), モータ(制御建物屋送気ファンモータ等), 空調ユニット(制御建物屋冷暖房ユニット等), ダクト(格納容器排気筒等), ダンパ(中央制御室送気隔離第1ダンパ等), 弁(格納容器送気弁等)
機械設備	重機器サポート(原子炉容器サポート等), 空気圧縮装置(計器用空気圧縮装置), 燃料取扱設備(燃料取替クレーン等), 原子炉容器上蓋附属設備(制御棒駆動装置等), 非核燃料炉心構成品(制御棒クラスタ等), 基礎ボルト(スタッドボルト等)
電源設備	非常用ディーゼル発電設備(非常用ディーゼル発電機等), 直流電源装置, 計器用電源設備(無停電電源等), 制御棒駆動装置用電源設備(M/Gセット発電機等)
その他設備	廃液蒸発装置, アスファルト固化装置, 雑固体焼却設備

表3 長期保全計画(例)

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

機種名	機器名	経年変化事象	長期健全性評価結果	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	余熱除去ポンプ	ケーシング (ケーシング カバーを含む) 疲労割れ	疲れ評価を行い、疲れ累積係数が1以下。	定期的な内面目視検査	現時点の知見において発生の可能性はない。疲労評価は実過渡回数に依存する。目視検査により検知可能。	実過渡回数の確認	定期安全レビュー
	1次冷却材ポンプ	ケーシング 疲労割れ	疲れ評価を行い、疲れ累積係数が1以下。	定期的な内面目視検査、配管溶接部超音波探傷検査及び脚部溶接部浸透探傷検査	現時点の知見において発生の可能性はない。疲労評価は実過渡回数に依存する。目視検査、超音波探傷検査及び浸透探傷検査により検知可能。	実過渡回数の確認	定期安全レビュー

短期:2004年～2008年までに実施, 中長期:2004年～2013年までに実施, 定期安全レビュー:定期安全レビューで実施

[出典]関西電力株式会社:高浜発電所2号機高経年化対策に関する報告書(2003年12月)

経年変換事象の抽出

一般的スクリーニング

第一段階

・工学的に想定される経年変換事象のうち、原子力機器の置かれている環境を考慮し、原子力で想定される経年変換事象を抽出

第二段階

・原子力で想定される経年変換事象について、国内外の過去数十年の運転実績等を踏まえ、将来を見通して発生する可能性について整理

個別条件下での抽出

第三段階

・各機器個別の条件(設計・保全上の配慮、運転実績)を踏まえ、代表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品に展開した上で、マトリックス形式により考慮すべき部位・経年変換事象を抽出

経年変換事象の評価

技術評価

健全性評価

高経年化を考慮した場合の経年変換事象の厳しさ度合いについての評価

- ・傾向管理データによる評価
- ・最近の技術的知見に基づいた評価
- ・解析等の定量的評価

現状保全

- ・点検内容(手法、範囲、頻度)
- ・関連する機能試験内容
- ・補修・取替技術

総合評価

高経年化への対応

- ・点検・検査の充実、適正化
- ・現状保全の継続
- ・長期運転に際しての留意点抽出
- ・技術開発課題の抽出等

図1 経年変換事象の抽出および技術評価手順

[出典]関西電力株式会社:高浜発電所2号機高経年化対策に関する報告書(2003年12月)

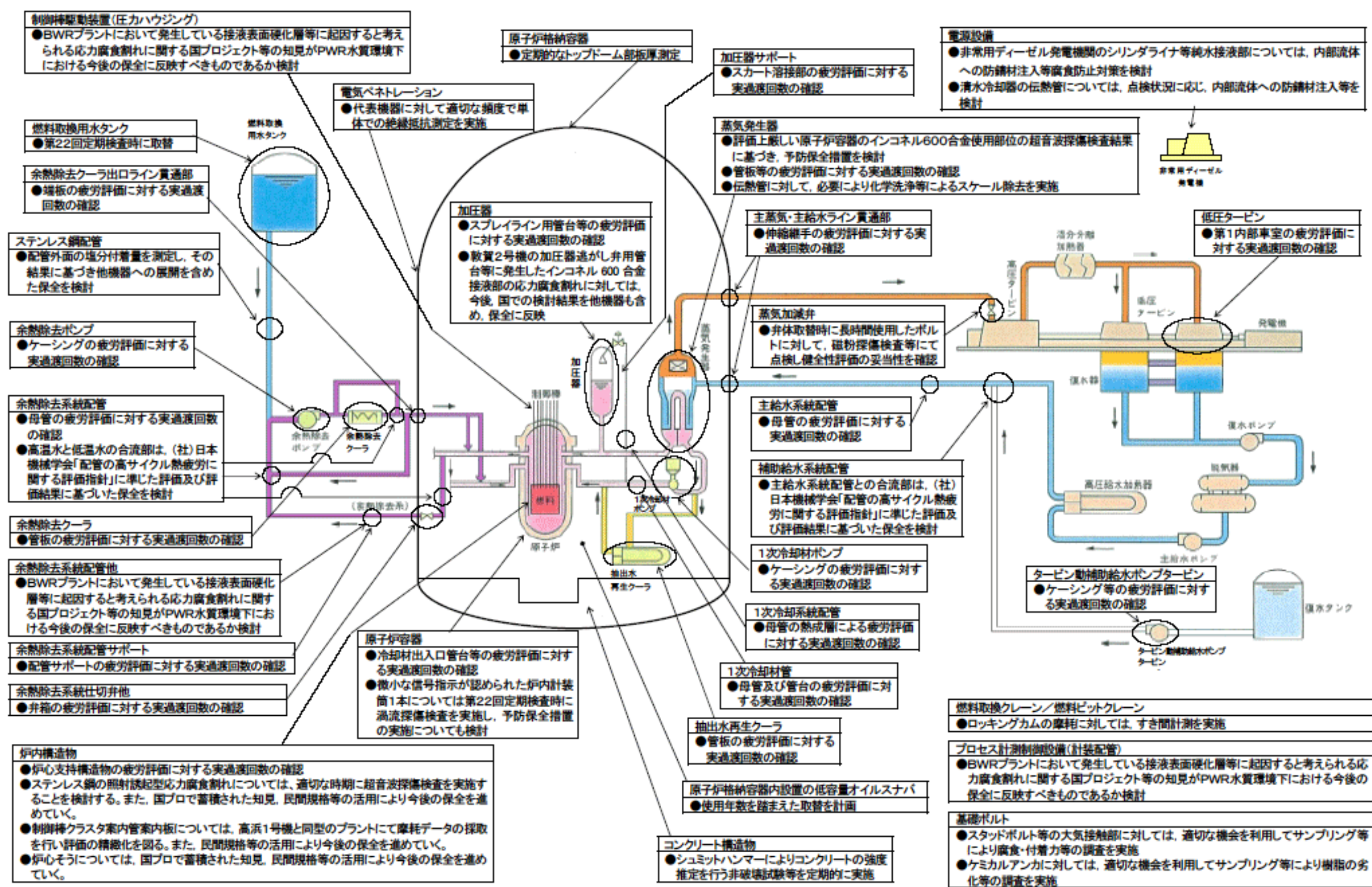


図2 高浜発電所1号機高経年化対策検討に基づく長期保全計画(概要)

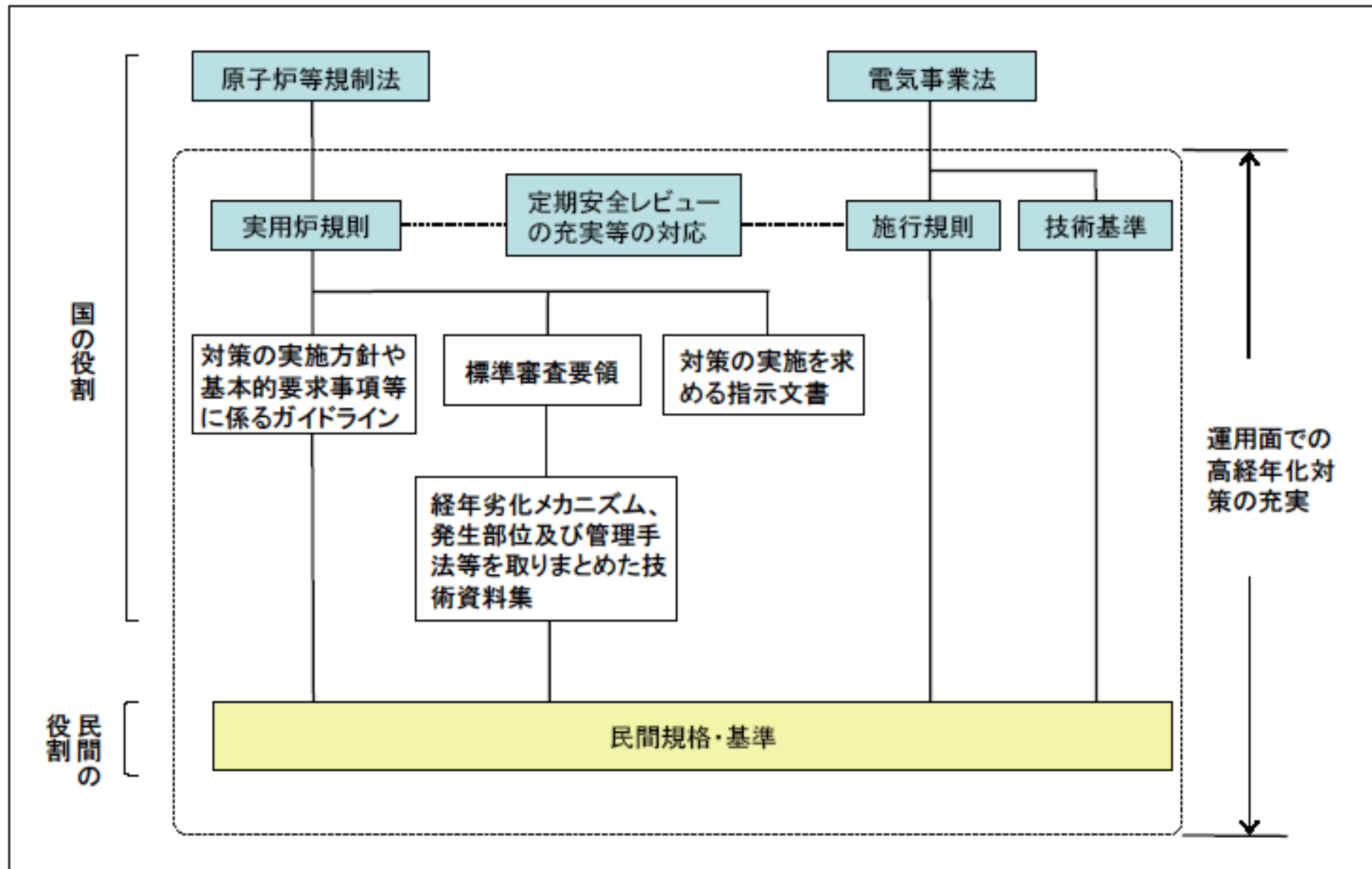


図3 高経年化対策のガイドライン等の整備体系

[出典] 原子力保安院ホームページ: 審議会、高経年化対策検討委員会、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－、本文(平成17年8月31日)、<http://www.meti.go.jp/committee/materials/downloadfiles/g50930a01j.pdf>、31/48

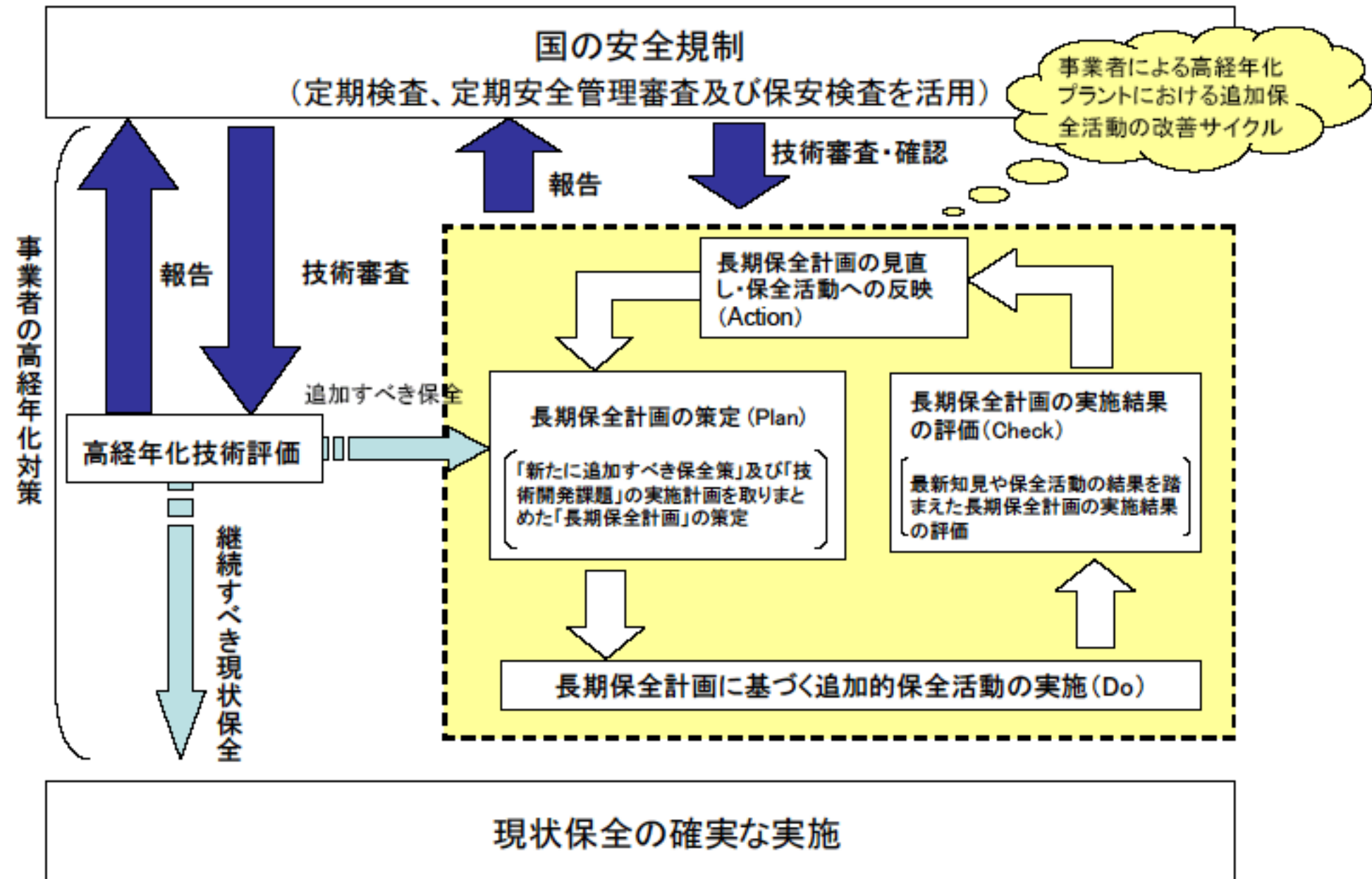


図4 事業者の長期保全計画に関する国の関与

[出典] 原子力保安院ホームページ: 審議会、高経年化対策検討委員会、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一報告書一、本文(平成17年8月31日)、
<http://www.meti.go.jp/committee/materials/downloadfiles/g50930a01j.pdf>、34/48

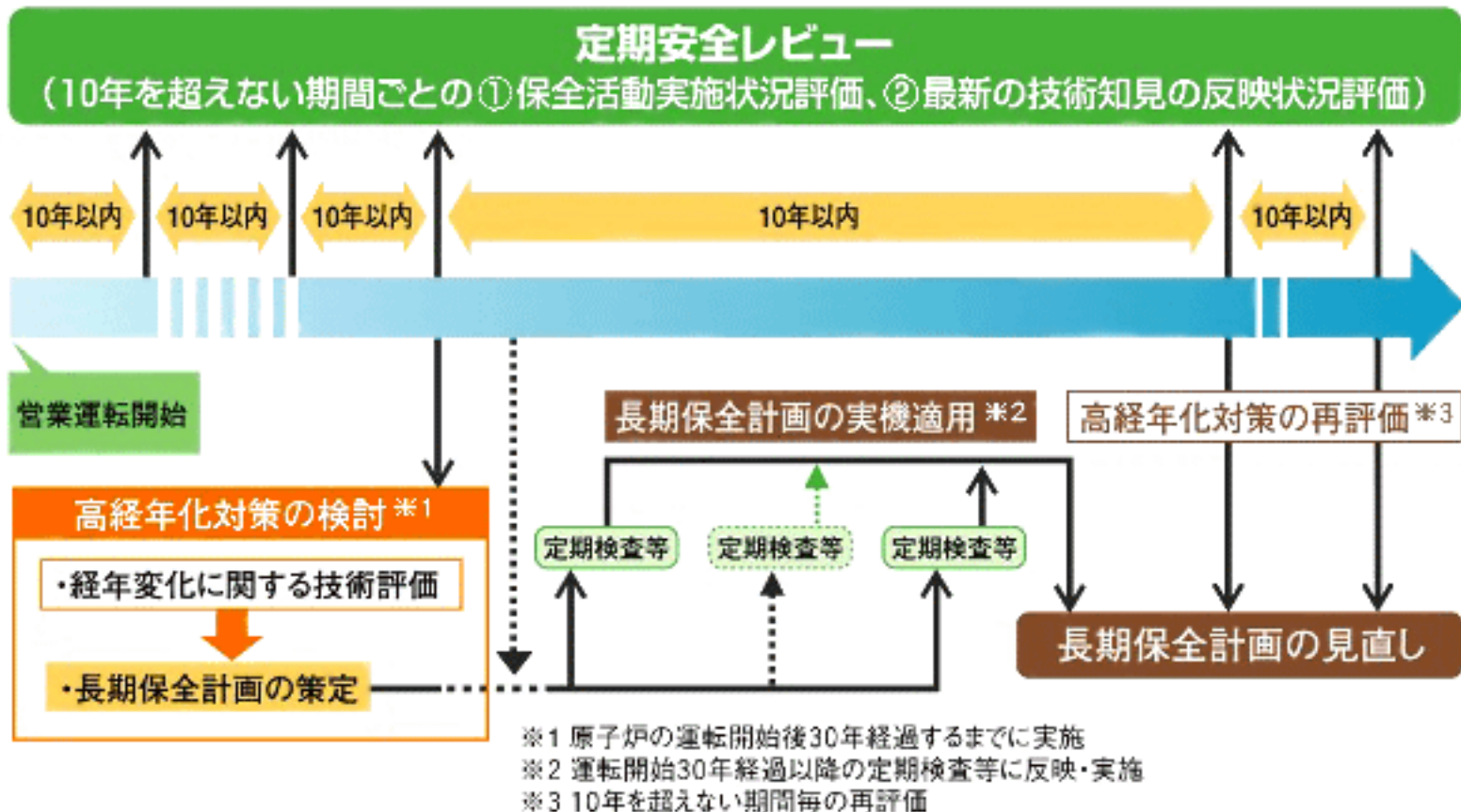


図5 高経年化対策の充実

[出典]原子力保安院ホームページ:高経年化対策、定期安全レビュー及び高経年化対策
http://www.nisa.meti.go.jp/7_nuclear/02_unten/koukeinenn.htm