資料Ｎｏ．２

美浜発電所３号機および高浜発電所１、２号機の安全性向上対策等に係るこれまでの議論の取りまとめ（案）

2021 年４月

福井県原子力安全専門委員会

はじめに

2011 年３月に発生した福島第一原子力発電所事故を踏まえ、本委員会は、事故直後より電源や冷却機能確保など原子力発電所の安全性向上のために必要な対策等を国に先駆けて提言するとともに、事業者に対して安全性向上対策や初動体制の充実強化などを求めてきた。

また、事業者や原子力安全・保安院（当時）から聴取および現地調査を行い、2012 年６月に大飯発電所３、４号機の安全性向上対策等に係る報告書を取りまとめ、その後も、機器・設備の運用や教育訓練等の改善状況等について適宜確認を行った。

2012 年９月には、原子力規制委員会が発足し、2013 年７月に福島第一原子力発電所事故を踏まえた新たな規制基準が施行され、関西電力は、原子力規制委員会に対して、大飯発電所３、４号機および高浜発電所３、４号機の原子炉設置変更許可等の申請を行った。また、2015 年３月に美浜発電所３号機、高浜発電所１、２号機の原子炉設置変更許可申請を行うとともに、40 年目の高経年化技術評価等をまとめ、同年４月に高浜発電所１、２号機、11 月に美浜発電所３号機の運転期間延長認可申請を行った。

本委員会は、事業者および原子力規制庁から、各発電所の安全性向上対策工事や新規制基準適合性審査の内容等について適宜説明を受け、2015 年 12 月に高浜発電所３、４号機の安全性に係る議論を報告書として取りまとめ、その後、2017 年 11 月には、大飯発電所３、４号機に関する報告を取りまとめた。

美浜発電所３号機および高浜発電所１、２号機については、運転期間延長認可が出された 2016 年以降、委員会を 13 回開催し、原子力規制庁から、その審査の内容等について説明を受けるとともに、事業者から、中央制御盤や非難燃ケーブルの取替工事などの安全性向上対策工事や原子炉容器、原子炉格納容器、コンクリート構造物を対象とした追加点検（特別点検）、高経年化技術評価の内容等について説明を受け議論を行ってきた。

また、2020 年 11 月に美浜発電所、同年 12 月に高浜発電所における事故制圧訓練の視察を行うとともに、本年３月には、両発電所の現場確認を行った。

本報告書は、美浜発電所３号機および高浜発電所１、２号機に係るこれらの議論の結果や現場確認結果を取りまとめたものである。

目次

はじめに

１．新規制基準適合性審査の確認結果
　１－１　原子炉設置変更許可申請　…　1
　１－２　工事計画認可申請　…　2
　１－３　保安規定変更認可申請　…　2
　１－４　運転期間延長認可申請　…　3
　１－５　バックフィット制度導入の状況　…　5

２．安全性向上対策の実施状況等の確認結果
　２－１　設備対策　…　9
　　（１）電源確保　…　9
　　（２）炉心・格納容器冷却機能の確保　…　16
　　　１）冷却設備　…　16
　　　２）水源　…　23
　　（３）使用済燃料プール冷却機能の確保　…　27
　　（４）中央制御盤の取替え　…　29
　　（５）ケーブル火災防護対策　…　30
　　（６）格納容器上部遮へい設置（高浜発電所１、２号機）　…　31
　　（７）耐震補強工事等　…　31
　２－２　安全管理体制の強化等　…　34
　　（１）初動対応体制の強化　…　34
　　（２）指揮命令系統の強化　…　35
　　（３）シビアアクシデント対応能力の向上　…　36
　　（４）情報通信網等の強化　…　40
　　（５）災害対応資機材等の充実　…　42
　　（６）免震事務棟および緊急時対策所の設置　…　43
　２－３　外的事象への対応　…　45
　　（１）地震・津波　…　45
　　　１）地震対策　…　45
　　　２）津波対策　…　49
　　（２）その他外的事象　…　52
　２－４　高経年化対策　…　55
　　（１）特別点検　…　55
　　　１）原子炉容器　…　55
　　　２）原子炉格納容器　…　56
　　　３）コンクリート構造物　…　56
　　（２）高経年化技術評価および長期保守管理方針（40 年目評価）　…　57
　　　１）高経年化技術評価結果（主な項目）　…　57
　　　２）長期保守管理方針の内容　…　59

２－５　中長期の安全性向上対策　…　62
（１）特定重大事故等対処施設等の設置　…　62
１）フィルタ付格納容器ベント設備等　…　62
２）常設直流電源設備　…　63
（２）過酷事故用計装システムの開発　…　63
（３）その他（汚染水処理対策）　…　64
２－６　長期停止中の保守管理　…　66
２－７　トラブル事例を踏まえた今後の保全　…　68

３．これまでの議論の取りまとめ
３－１　本委員会が独自に指摘した安全対策　…　71
３－２　本委員会の見解　…　73
（１）設備対策　…　73
（２）安全管理体制の強化等　…　73
（３）外的事象への対応　…　74
（４）高経年化対策　…　74
（５）中長期の安全性向上対策　…　74
（６）長期停止中の保守管理　…　74
３－３　規制委員会および事業者に対応を求める事項　…　76
３－４　本委員会の今後の対応　…　77

添付資料
添付１　本委員会が事業者に対して指摘した主な事項　…　79
添付２　本委員会がこれまで規制委員会および事業者に対応を求めた事項　…　82
添付３　福井県原子力安全専門委員会委員名簿　…　84
添付４　原子力安全専門委員会の開催実績（2011 年３月以降）　…　85

１．新規制基準適合性審査の確認結果

原子力規制委員会（以下、規制委員会）は、福島第一原子力発電所事故を踏まえた新たな規制基準を策定し、2013 年７月８日に施行した。（以下、「新規制基準」）

新規制基準では、地震・津波などの自然災害や火災などへの対応の充実、多重性・多様性・独立性を備えた信頼性のある電源・冷却設備の機能強化など、従来の基準が強化された。

また、それまで事業者が自主的に実施していた炉心損傷の発生を想定したシビアアクシデント対策および意図的な航空機衝突などのテロリズムを想定した対策を新たに規制対象として事業者に求めている。

〇シビアアクシデント対策

福島第一原子力発電所事故においては、地震や津波などの共通要因により、安全機能が一斉に喪失し、その後のシビアアクシデントの進展を食い止めることができなかった。

このため、規制委員会は、それまで事業者が自主的に実施していたシビアアクシデント対策を規制対象とし、複数の機器の故障など設計基準を超える事象を想定した炉心損傷防止対策、格納容器破損防止対策を求めた。また、格納容器が破損した場合なども想定した放射性物質の拡散抑制対策などの対策も求めている。

〇意図的な航空機衝突などのテロリズムを想定した対策

原子炉建屋への意図的な航空機衝突などのテロリズムを想定した対応については、海外の知見を基に新たに事業者に求めた項目であり、原子炉施設が大規模に損壊する事態が生じた場合でも、可搬型設備等による炉心損傷防止や格納容器破損防止のための対策、格納容器の破損を防止するための設備を格納した施設（特定重大事故等対処施設）の設置を求めている。

関西電力㈱（以下、「事業者」）は、規制委員会に対し、美浜発電所３号機（以下、「美浜３号機」）については、2015 年３月 17 日に原子炉設置変更許可申請および保安規定変更認可申請を行い、同年 11 月 26 日に工事計画認可申請を行った。

また、高浜発電所１、２号機（以下、「高浜１、２号機」）については、2015 年３月 17 日に原子炉設置変更許可申請、同年７月３日に工事計画認可申請、2019 年７月 31 日に原子炉施設保安規定（以下、「保安規定」）変更認可申請を行った。

１－１　原子炉設置変更許可申請

原子炉設置変更許可申請書は、原子炉施設の位置、構造および設備などの基本設計や事故が発生した場合の対処に必要な施設および体制などが記載されている。

規制委員会は、事業者から提出を受けた原子炉設置変更許可申請書について、

- 地震・津波などの自然現象および人為事象への対策の強化、火災対策、電源対策など重大事故の発生を防止するための対策
- 「止める」「冷やす」「閉じ込める」ための対策や訓練実施などの重大事故の発生を想定した対策
- 放射性物質の拡散抑制対策や大規模損壊が発生した場合などの更なる対策

の観点から審査を行い、美浜３号機に対しては 2016 年 10 月５日、高浜１、２号機に対しては 2016 年４月 20 日、原子炉設置変更を許可した。

また、規制委員会は、事業者が、津波警報が発表されない可能性のある津波への対応として、「隠岐トラフ海底地すべり」による津波を追加し 2019 年９月 26 日に申請した高浜発電所の原子炉設置変更に対して審査を行い、2020 年 12 月２日、許可した。（「２－３ 外的事象への対応 ２）津波対策」に概要を記載）

１－２ 工事計画認可申請

工事計画認可申請書は、原子炉設置変更許可申請書に記載した原子炉施設の基本設計に基づき、各施設・設備の詳細設計が取りまとめられている。

規制委員会は、事業者から提出を受けた工事計画認可申請書について、

- 工事計画が設置変更許可申請書の設計方針と整合していること
- 発電用原子炉施設が技術上の基準に適合していること
- 設計および工事に係る品質管理の方法およびその検査のための組織が技術上の基準に適合していること

の観点から審査を行い、美浜３号機に対しては 2016 年 10 月 26 日、高浜１、２号機に対しては 2016 年６月 10 日、工事計画を認可した。

１－３ 保安規定変更認可申請

保安規定は、原子力発電所の運転の際に実施すべき事項や、職員の保安教育の実施方針など原子力発電所の保安のために必要な基本的な事項が記載されている。

規制委員会は、事業者から提出を受けた保安規定変更認可申請書について、

- 設置変更許可申請書等の運用および手順等の措置に関する内容が規定されていること
- 火災、内部溢水、重大事故等の発生時における原子炉施設の保全のための活動を行う体制の整備等が保安規定の審査基準の要求事項を満足していること

の観点から審査を行い、美浜３号機に対しては 2020 年２月 27 日、高浜１、２号機に対しては 2021 年２月 15 日、保安規定を認可した。

（本委員会の確認内容）

本委員会は、規制委員会における新規制基準適合性審査について、

- 新規制基準を基に、原子炉施設の安全性を確保するための基本設計に係る審査が行われ、審査の考え方等が、詳細設計をはじめ、機器・設備の運用や手順の審査等に反映されているか
- 事業者が実施する訓練を規制委員会としてどのように確認するのか
- 保安規定の審査の中で、高経年化プラント特有の事項はあるのか

などの観点から新規制基準適合性審査の基本方針等の確認を行った。

これに対し、原子力規制庁からは、

- 審査体制に関して、工事計画認可の審査においては、原子炉設置変更許可の審査を担当した審査官を中心として審査を行い、基本設計等の考え方を引き継いでいること
- 事業者が実施する訓練のうち、成立性の確認訓練※1に関しては、保安規定に係る審査の中で、事業者の対策・体制の有効性について確認を行い、同規定認可後の重大事故等対処設備に係る運転上の制限の適用開始日までに原子力規制庁が行う検査の中で、確認する方針である

・ 原子力災害対策特別措置法に基づき実施する総合訓練に対して、規制委員会が定める指標※2を用いて評価を行う
・ 高経年化プラントに関しては、営業運転開始後 30 年が経過する前およびその後 10 年ごとに、高経年化技術評価を実施し、それに基づいた長期保守管理方針（現在の「長期施設管理方針」）を策定し、保安規定に記載することが義務づけられている

ことなどが示された。

これらのことから、本委員会は、規制委員会の中で基本設計を詳細設計等へ反映する体制や、事業者の訓練等を評価するための仕組みができていることなどを確認した。

※1　重大事故の発生および拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力を満足することおよび有効性評価の前提条件を満足することを確認するため、事業者が保安規定に基づき年に１回実施する訓練

※2　原子力規制庁は、「原子力施設事態即応センターと原子力規制庁緊急時対応センター（ERC）プラント班との情報共有」、「シナリオの多様化」等の各項目についてそれぞれＡ～Ｃの３段階評価を行い、その結果を年度毎に公表している。

表１－１　美浜３号機および高浜１、２号機の各許認可

	申請	申請日	許認可日
美浜３号機	原子炉設置変更許可申請	2015 年３月 17 日	2016 年 10 月５日
	工事計画認可申請	2015 年 11 月 26 日	2016 年 10 月 26 日
	保安規定変更認可申請	2015 年３月 17 日	2020 年２月 27 日
高浜１、２号機	原子炉設置変更許可申請	2015 年３月 17 日	2016 年４月 20 日
	工事計画認可申請	2015 年７月３日	2016 年６月 10 日
	保安規定変更認可申請	2019 年７月 31 日	2021 年２月 15 日

１－４　運転期間延長認可申請

原子炉等規制法では、発電用原子炉を運転することができる期間を運転開始から40 年とし、その満了までに認可を受けた場合には、１回に限り延長することが認められている。また、延長期間の上限は 20 年とし、具体的な延長期間は審査において個別に判断するとしている。

規制委員会は、この運転期間延長認可制度に関して、運転開始 40 年目の高経年化技術評価と重複した作業とならないよう、運転期間延長認可申請に係る運用ガイドにおいて、延長期間の劣化状況評価及び保守管理方針を記載した書類は 40 年目の高経年化技術評価におけるものと同様とし、審査を一体的に行う運用としており、事業者に対して、

・ 特別点検の実施（運転開始後 35 年経過以降に実施）
・ 延長期間の劣化状況（経年劣化）に関する技術的評価（高経年化技術評価）、延長期間の保守管理方針（長期保守管理方針）の策定

を行うことを求めている。

美浜３号機は 1976 年 12 月 1 日、高浜１号機は 1974 年 11 月 14 日、２号機は、

1975 年 11 月 14 日に運転を開始し、それぞれ 2016 年 12 月１日、2014 年 11 月 14 日、2015 年 11 月 14 日に運転開始後 40 年を迎えている。

事業者は、2015 年４月 30 日に高浜１、２号機、2015 年 11 月 26 日に美浜３号機の運転期間延長認可申請を行い、規制委員会は、その後、審査会合や現地確認を通じて、事業者が実施した特別点検や保守管理の実施状況を確認した。

その結果、

- 原子炉容器の炉心領域部全ての母材及び溶接部の超音波探傷試験、原子炉格納容器の腐食状況の目視試験、コンクリート構造物の圧縮強度試験等、「実用発電用原子炉の運転期間延長認可申請に係る運用ガイド」で定める特別点検が適切に行われている
- 低サイクル疲労、中性子照射脆化、照射誘起型応力腐食割れ、二相ステンレス鋼の熱時効、電気・計装設備の絶縁低下、コンクリート構造物の強度低下等の劣化事象について、特別点検の結果を踏まえた技術評価が行われ、延長しようとする期間において「実用発電用原子炉の運転の期間の延長の審査基準」の要求事項に適合すること、または要求事項に適合しない場合には、適切な保守管理※がなされることにより、延長しようとする期間において審査基準の要求事項に適合する

  ※耐震安全性評価を実施している一部の炭素鋼配管について、必要最小肉厚でも耐震性が確保されるよう耐震サポート補強工事を実施することを長期保守管理方針として定めている
- 耐震安全性評価として、耐震安全上着目すべき経年劣化事象を考慮した上で評価が行われ、延長しようとする期間において審査基準の要求事項に適合すること、または要求事項に適合しない場合には、適切な保守管理がなされることにより、延長しようとする期間において審査基準の要求事項に適合する
- また、耐津波安全性評価として、耐津波安全上着目すべき経年劣化事象を考慮した上で、構造強度及び止水性に影響がある機器・構造物を抽出した結果、評価対象機器は抽出されなかった
- 保安規定に定める長期保守管理方針は、劣化状況評価等の結果において、保守管理に関する方針を定めるとした項目が抽出されている

として、原子炉等規制法に規定する基準に適合していると判断し、高浜１、２号機に対しては、2016 年６月 20 日、美浜３号機に対しては、2016 年 11 月 16 日に認可を行った。

（本委員会の確認内容）

本委員会は、規制委員会における運転期間延長認可について、

- 事業者が定めた長期保守管理方針が適切に実施されているかについて、どのように確認していくのか
- 事業者は、保安規定の品質保証計画等に基づき、要員の力量の確認をしているが、規制当局として、どのような視点で確認したのか
- 新規制基準対応として、現場には様々な機器、設備が新たに設置されたが、これらの保全をどのように確認していくのか
- 海外における高経年化プラントの運転経験など、最新知見で考慮するものがないか規制当局としてどのように確認したのか

などの観点から審査内容等の確認を行った。

これに対し、原子力規制庁からは、

- 長期保守管理方針に関して、例えば、配管の取替えやケーブルの交換が必要な事項については、保安規定の中で取替えるということを明記することを要求しており、将来確実に実施することを担保している。また、長期保守管理方針が適切に行われているかについては、保安検査（現在の「原子力規制検査」）等を通じて適切な時期にその実施状況を確認していく
- 高経年化評価は、10 年毎に実施されるものであるが、事業者における日常の保守管理、保全計画、それに基づく保守管理業務に対して、高経年化評価に基づいた評価内容と乖離がないかについても確認していく
- 要員の力量については、例えば、非破壊検査の評価の有資格者が実施していることや原子炉格納容器の点検などは、関連する資格はないため、社内で教育訓練のプログラムを組んだ上で研修を受講して、力量があることを事業者が確認しているかなどを見ている
- 新たに設置した設備に対しては、事業者は、概ね現状の知見の中で劣化評価ができるとしており、その妥当性を確認した上で認可しているが、評価したものが、今後、どのように劣化してくのか確認していくことが大事であり、規制当局としても、保安検査等を通じて確認していく
- 最新知見の反映については、運転延長のガイドにおいて、事業者に対して、何を反映したのかを要求しており、規制当局が把握している技術情報から見て、反映すべき情報が入っているかどうかを確認した

ことなどが示された。

表１－２　美浜３号機、高浜１、２号機の運転期間延長認可

	美浜３号機	高浜１号機	高浜２号機
運転開始日	1976 年 12 月 1 日	1974 年 11 月 14 日	1975 年 11 月 14 日
40 年を経過する日	2016 年 12 月 1 日	2014 年 11 月 14 日	2015 年 11 月 14 日
延長期間（期限）※	2036 年 11 月 30 日	2034 年 11 月 13 日	2035 年 11 月 13 日
運転期間延長認可申請日	2015 年 11 月 26 日	2015 年４月 30 日	
運転期間延長認可日	2016 年 11 月 16 日	2016 年６月 20 日	

※原子力規制委員会設置法附則 25 条に基づく経過措置（改正法施行時点（2013 年 7 月）で運転期間が 37 年を経過しているプラント（高浜１、２号機が該当）は、３年の猶予（運転期間を 2016 年 7 月まで）とする措置）が設定された。

１－５　バックフィット制度導入の状況

福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえ、新知見が得られ、許可基準が変更された場合や許可基準は変更されないものの、発電用原子炉施設が許可基準に適合しなくなった場合などにおいて、規制委員会は、事業者に対し、施設の使用の停止や改造、修理または移転、発電用原子炉の運転の方法の指定その他保安のために必要な措置の命令、いわゆるバックフィット命令を行うことが可能となった。

規制委員会は、2015 年 11 月 13 日に「新たな規制基準のいわゆるバックフィットの運用に関する基本的考え方」を定め、

- 新たな規制基準を既存の施設等に適用する場合には、規制基準の決定後一定の期間を確保した施行日を定めるか、又は、当該規制基準の施行後の経過措置として当該規制基準に対応するために必要な期間を設定することを基本とする

・ これらの期間は、規制委員会が、当該規制基準の新設・変更の安全上の重要性、被規制者が対応するために必要な期間等を総合的に判断して、個別に設定する
・ なお、安全上緊急の必要性がある場合には、新たな規制基準の新設・変更に際し、当該規制基準を即時に適用することもあり得る
・ 新たな規制基準の施行日又は経過措置として必要な期間の満了後、その時点で適用される当該規制基準を満足していない施設については、運転の前提条件を満たさないものと判断する

ことを示した。

2013 年７月に施行された新規制基準以降に、新たな知見を踏まえて法令等の新設や改正を行ったもの、また、既存の法令等の解釈上、事実関係について新知見の取り入れを行い、バックフィット制度を適用した事例を表１－３に示す。

（本委員会の確認内容）

本委員会は、既設プラントに対する新たな知見の取り入れに関して、安全性向上評価など事業者の自主的な安全性向上に向けた取り組みを活用することや、それを規制要求に取り入れるかどうかの判断にあたり、学会など第三者の意見を踏まえていくことも重要であるとの指摘を行った。

これに対して、原子力規制庁は、新知見に対する対応の要否などについて、必要に応じて、原子炉安全専門審査会・核燃料安全専門審査会などに助言を求めることや、原子力施設の継続的な安全性向上の取組をより一層円滑かつ効果的なものとするため、これまでの取組における改善点や内外の先進的な事例も踏まえ幅広く検討することとし、2020 年７月に「継続的な安全性向上に関する検討チーム」を設置したことなどを示した。

この検討チームでは、継続的な安全性向上をより一層効果的に進めるために規制はいかにあるべきか等について外部専門家も参加した議論が進められており、設置から概ね１年を目途に検討結果を取りまとめるとしている。

表１－３　新たな規制基準の既存の施設等への適用（バックフィット）について

件名	概要	対応状況
津波警報が発表されない可能性のある津波への対応 （高浜発電所のみ） 原子力規制委員会決定 （2019 年７月３日）	（要求事項） 高浜発電所の津波警報が発表されない可能性がある「隠岐トラフ海底地すべり」による津波を評価した結果、高浜１～４号機稼動時は、敷地への浸水及び海水ポンプの取水可能水位を下回る取水性への影響が否定できないため、原子炉設置変更許可を変更する必要がある （経過措置等） 取水路防潮ゲート３門以上を開ける前に本新知見を踏まえた対策を完了させること	2020 年 12 月２日許可
大山火山の噴火に伴う降下火砕物の層厚評価の見直し 原子力規制委員会から事業者への命令発出 （2019 年６月 19 日）	（要求事項） 大山火山の大山生竹テフラの噴出規模は11km^{3}程度と見込まれること等を前提として、原子炉設置変更許可を申請すること （経過措置等） 申請期限　2019 年 12 月 27 日	審査中
火山影響等発生時の体制整備等に係る措置の規則改正 （美浜３号、高浜３、４号、大飯３、４号のみ） （2017 年 11 月 19 日施行）	（要求事項） 火山現象による影響が発生した場合等において、原子炉の停止等の操作を行えるよう、非常用交流電源の機能維持や交流電源喪失時の炉心の著しい損傷防止のための対策に係る体制を整備し、保安規定に記載すること （経過措置等） 施行から約１年後までは適用しない	保安規定認可 大飯３、４号機 高浜３、４号機 美浜３号機
火災防護に係る審査基準の一部改正 （2019 年２月 13 日施行）	（要求事項） 火災を早期に感知するために設置している２種類の感知器について、それぞれの設置要件を明確化し、全域に網羅的に設置することとし、工事計画変更認可を申請すること （経過措置等） 2024 年２月 13 日以降最初の定期事業者検査終了の日から適用	設計及び工事計画認可 審査中 大飯３、４号機 申請準備中 美浜３号機 高浜１、２号機 高浜３、４号機
有毒ガス防護に関する規則改正 有毒ガス防護に係る影響評価ガイド制定 （2017 年４月５日）	（要求事項） 敷地内外で発生する可能性のある有毒ガスに対して、中央制御室の運転員や重大事故時に特に重要な操作を行う要員等に影響を及ぼさないようにすること （経過措置等） 2020 年５月１日以降最初の定期事業者検査終了の日から適用	原子炉設置変更許可 美浜３号機 高浜２～４号機 大飯３、４号機 2020 年１月 29 日許可

件名	概要	対応状況
内部溢水による管理区域外への漏えいの防止 （2017 年 11 月 29 日基準改正施行）	（要求事項） 福島第二原子力発電所において、地震に伴う使用済燃料貯蔵槽のスロッシングにより、放射性物質を含む水が非管理区域へ向け流れ出す事象が発生したことを踏まえ、使用済燃料プール等の設備から溢れ出た場合においても管理区域外への漏えいを防止するよう規制要求を明確化 （経過措置等） 2019 年２月 20 日から適用	原子炉設置変更許可 美浜３号機 高浜１～４号機 大飯３、４号機
地震時の燃料被覆管の閉じ込め機能維持 （2017 年９月 11 日基準改正施行）	（要求事項） 運転中の原子炉内の水圧や水流による応力と基準地震動による応力に加えて、燃料ペレットの熱膨張等による応力を加えた評価を行うこと （経過措置等） 2019 年 10 月１日から適用	原子炉設置変更許可 美浜３号機 高浜１～４号機 大飯３、４号機
高エネルギーアーク対策 （2017 年８月８日基準改正施行）	（要求事項） 国内外の原子力発電所の電気設備で高エネルギーアーク損傷が発生していることを踏まえ、重要安全施設への電力供給に係る電気盤について、遮断器の遮断時間の変更やインターロックの追加を行うこと （経過措置等） ① 2021 年８月１日以降最初の定期事業者検査終了の日（非常用ディーゼル発電機に接続される電気盤） ② 2019 年８月１日以降最初の定期事業者検査終了の日（上記以外）	①工事計画変更認可 高浜３、４号機 大飯３、４号機 （申請準備中） 美浜３号機 高浜１、２号機 ②工事計画変更認可 美浜３号機 高浜１～４号機 大飯３、４号機
中央制御室の居住性を確保するための対策 （柏崎刈羽６、７号機の適合性審査において得られた技術的知見の反映） （2017 年 12 月 14 日規則改正施行）	（要求事項） 重大事故時に運転員が中央制御室に留まるための設備として、格納容器から漏えいした空気中の放射性物質の濃度を低減する必要がある場合、アニュラス空気再循環設備等を設置することを規制要求として追加 （経過措置等） 2019 年１月１日以降最初の定期事業者検査から適用	原子炉設置変更許可 美浜３号機 高浜１～４号機 大飯３、４号機
動的機能保持に関する評価の規則の解釈等の一部改正 （新規制基準適合性審査における確認方法の明確化） （2017 年 11 月 15 日基準改正施行）	（要求事項） 地震時の動的機器の機能維持に係る評価として、評価用加速度が機能確認済加速度を上回る場合、異常要因分析に基づき抽出された評価項目に対する評価を行うこと等 （経過措置等） 2018 年 12 月１日から適用	工事計画（変更）認可 美浜３号機 高浜１～４号機 大飯３、４号機

２．安全性向上対策の実施状況等の確認結果

本委員会は、2017 年 11 月に大飯発電所３、４号機の安全性に係る報告書を取りまとめた以降も、各発電所において、継続的な安全性向上が図られているか等の観点から、機器・設備の運用改善をはじめ、シビアアクシデント対応能力の向上など安全管理体制の強化、地震・津波などの外的事象への対応状況等について確認を行った。

以下、各事項に対する事業者の対応状況および本委員会による現場確認結果の概要を記す。

２－１　設備対策

設備対策について、「電源確保」、「炉心・格納容器冷却機能の確保」、「使用済燃料プール冷却機能の確保」等に区分して事業者の対応状況等を整理した。

（１）電源確保

福島第一原子力発電所事故においては、地震による受電系統の電気設備の損傷等の理由で外部から受電できず、また、建屋への浸水により非常用ディーゼル発電機等の電気設備がほぼ同時に水没・浸水し機能を失った。

このため、事業者は、外部電源の強化策として、送電線の碍子について耐震性を強化したものに取り替えるとともに、外部電源が喪失して非常用ディーゼル発電機が起動しない事態（全交流電源喪失）においても電源を確保できるようにするため、空冷式非常用発電装置の配備（２台／基）を行った。

本委員会は、全交流電源喪失時において、事故対応に必要な設備へ電源供給が行われることを確認するため、空冷式非常用発電装置、電源車、蓄電池、代替所内電気設備の設置状況等を確認した。

（事業者の対応状況）

〇空冷式非常用発電装置

空冷式非常用発電装置は、非常用ディーゼル発電機など既設の電源の代替として、原子炉停止後、冷温停止状態（約 93℃以下）に移行するために必要なポンプや弁を駆動させることが可能である。

空冷式非常用発電装置から電源供給できる重要機器には、充電器盤、計器用電源盤、ほう酸ポンプ、１次系純水ポンプ、充てん／高圧注入ポンプ、恒設代替低圧注水ポンプ、原子炉キャビティ注水ポンプ、余熱除去ポンプ、１次系冷却水ポンプ、電動補助給水ポンプ、アニュラス空気浄化設備、中央制御室空調設備等がある。

空冷式非常用発電装置は、建屋内にある非常用ディーゼル発電機と共通要因による機能喪失リスクを回避するため、美浜３号機は屋外の背面道路の擁壁上（標高（以下、EL）約 37m）、高浜１、２号機は屋外の背面道路（EL 約 32m）に配置している。

また、空冷式非常用発電装置を遠隔起動するため、操作盤を中央制御室に設置し、同装置の電源ケーブルを常時接続しておくこととした。これにより、原子炉補助建屋内※に設置されている高電圧開閉装置（メタクラ）のしゃ断器を操作することで給電できる運用とした。

空冷式非常用発電装置の遠隔操作が失敗した場合の対応として、背面道路まで移動して直接起動する手順を整備するとともに、自主的対応として、高圧ケーブルが損傷した場合を想定して、損傷部分を切断し、健全な部分をつなぎ合わせる手順を整備（2013 年３月）し、継続的に訓練を実施している（年１回）。

さらに、空冷式非常用発電装置が使用できない状態を想定し、他号機からの電力融通を行うため、高浜１、２号機については、号機間電力融通ケーブル（１号機～２号機）の敷設および予備ケーブルの配備を行った。また、自主的対応として、号機間電力融通ケーブル（美浜発電所：１、２号機～３号機、高浜発電所：１、２号機～３、４号機）を敷設した。

※工事計画認可上は、原子炉補助建屋、制御建屋、中間建屋と区別されているが、本報告書では、原子炉補助建屋で統一する

〇電源車

可搬式の代替電源車

空冷式非常用発電装置や他号機からの電力融通が期待できない場合を想定して、プラント監視機能等を維持するために必要な電源を供給することが可能な電源車（美浜３号機：２台、予備１台、高浜１、２号機：２台／基、予備１台／発電所）を配備した。

電源車からの電力ケーブルを原子炉補助建屋側面に設置した接続口（２箇所／基）に接続することで、非常用高圧母線を経由して直流電源系統、計器用電源系統等への電源供給が可能である。

緊急時対策所用電源車

緊急時対策所非常用空気浄化ファンおよび通信連絡設備等に電源供給を行うため、各発電所に電源車３台（予備１台含む）を配備した。

可搬式代替低圧注水ポンプ用電源車

新規制基準対応として設置した可搬式代替低圧注水ポンプを駆動させるための電源車（美浜３号機：２台、予備１台、高浜１、２号機：２台／基、予備１台／発電所）を配備した。

〇代替所内電気設備

原子炉停止後、冷温停止状態（約 93℃以下）に移行するために必要なポンプや弁は、高電圧開閉装置（メタクラ（6.6kV））またはその下流の低電圧開閉装置（パワーセンタ、コントロールセンタ（440V））のしゃ断器を介して非常用母線に接続されている。

この高電圧開閉装置が使用できない場合を想定して、同開閉装置を経由することなく、空冷式非常用発電装置から安全系計器（プラント監視計器）や恒設代替低圧注水ポンプなどの重要機器に直接給電を行うため、代替所内電気設備（高圧ケーブル分岐盤、変圧器、分電盤、補機切替盤等）を設置した。

また、この代替所内電気設備は、既設の高電圧開閉装置（EL 約４m）とは位置的分散を図った場所（EL 約 10m）に設置し、現場にある各補機切替盤の操作により、重要機器への電源供給を可能としている。

〇蓄電池

全交流電源喪失時には、安全系蓄電池から原子炉を冷却するための弁の操作や監視に必要な電源が供給される。

安全系蓄電池は、各プラントの原子炉補助建屋（EL 約 11m）に２系統（容量 2,200Ah／系統）設置されており、事故対応に必要なプラント監視計器等の専用電源となるＳＡ監視計器用電源の設置、それ以外の不要な負荷（停止機器の制御電源など）を切り離すための遠隔操作スイッチの設置により、中央制御室からの簡易な操作で、安全系蓄電池から 24 時間以上にわたり直流電源の供給を可能とした。

さらに、直流電源系統が機能喪失した場合を想定して、加圧器逃がし弁を作動させるための電磁弁に直流電源を供給するため、専用の可搬式代替直流電源（バッテリ）を配備した。

なお、美浜３号機については、自主的対応として、常用系蓄電池（１系統（3,000Ah））から安全系直流母線に給電可能な電路（ケーブル）を設置した。

〇直流電源系への給電（可搬式直流電源設備（電源車、可搬式整流器）の設置）

全交流電源喪失後、24 時間以内に外部電源、非常用ディーゼル発電機、空冷式非常用発電装置のいずれも復旧できない場合において、安全系蓄電池の電圧が低下する前までに、同蓄電池の代替として直流電源を必要とする監視計器等に給電できるように電源車および既設の整流器（充電器盤）の代替となる可搬式整流器を配備した。

さらに、直流電源系の給電の独立性を確保することが重要であるとの本委員会の指摘（2015 年 12 月）を踏まえ、直流電源専用電源車１台（美浜発電所は新規に配備、高浜発電所は３、４号機用として配備済の１台を全機共用に変更）を、非常用高圧母線（交流）を介さずに可搬式整流器と組み合わせて直流電源系統に直接接続し、プラント監視計器等に直接給電する手順を整備した。

〇空冷式非常用発電装置等への燃料補給

非常用ディーゼル発電機への燃料補給として、耐震性を有する燃料油貯蔵タンクを各号機に２基（約 200kL／基）設置するとともに、空冷式非常用発電装置に燃料（重油）を補給するため、美浜３号機は可搬式オイルポンプ、高浜１、２号機は専用の給油ポンプを配備した。また、燃料油貯蔵タンク（燃料油貯油そう）から空冷式非常用発電装置または電源車（緊急時対策所用電源車、可搬式代替低圧注水ポンプ用電源車含む）に燃料（重油）を補給するため、構内にタンクローリーを配備し、手順を整備した。

（現場確認結果）

〇空冷式非常用発電装置（美浜３号機、高浜１、２号機）

・ 空冷式非常用発電装置が屋外の背面道路に配置されていることを確認するとともに、同装置の電源ケーブルを原子炉補助建屋側面の接続盤に常時接続し、建屋内のメタクラのしゃ断器を操作することで給電する運用としていることを確認した。

〇代替所内電気設備の設置（美浜３号機、高浜１、２号機）

・ 既設の高電圧開閉装置とは位置的分散を図った場所に代替所内電気設備を設置していることを確認した。また、代替所内電気設備への切り替えは、現場の補機切替盤の操作により、安全系計器や恒設代替低圧注水ポンプなどの重要機器への電源供給元を容易に切り替え可能であることを確認した。

〇非常用ディーゼル発電機等への燃料の補給手段（美浜３号機、高浜１、２号機）

・ 非常用ディーゼル発電機に燃料を補給するためのタンクが、美浜３号機は、ディーゼル建屋付近（EL 約６m）、高浜１、２号機は、背面道路（EL 約 32m）に設置されていることを確認した。

・ この燃料は、空冷式非常用発電装置への補給も可能であり、その手段として、恒設の給油ポンプおよび配管を配備しており、遠隔操作による補給を可能としていることを確認した。なお、美浜３号機については、可搬式オイルポンプと給油ホースも配備している。

〇号機間の電力融通手段（高浜１、２号機）

・ 空冷式非常用発電装置が使用できない状態を想定し、他号機からの電力融通を行うため、高浜発電所では、号機間電力融通ケーブル（１号機～２号機）を敷設するとともに、予備ケーブルを配備していることを確認した。また、自主的対応として号機間電力融通ケーブル（１、２号機～３、４号機）を敷設していることを確認した。

・ なお、美浜発電所では、廃止措置中の２号機非常用ディーゼル発電機および１、２号機の空冷式非常用発電装置（２台）から３号機への電力融通が可能である。

交流電源

1	外部電源　３系統５回線 （敦賀線２回線（275kV）、美浜線２回線（275kV）、丹生線１回線（77kV））
↓	
2	非常用ディーゼル発電機　２台／基
↓	
3	空冷式非常用発電装置　２台／基【重大事故等対処設備】
↓	
4	号機間電力融通ケーブル　※他号機からの電力融通が期待できる場合 ・１、２号機～３号機間ケーブル　１組　　【自主的対応設備】
↓	
5	電源車　２台＋予備１台【重大事故等対処設備】 （非常用高圧母線（交流）に接続し、監視計器等の直流電源に対しても給電が可能）

直流電源

1	安全系蓄電池　２系統／基
↓24 時間以内に交流電源が復旧できない場合、もしくは、蓄電池が使用不可	
2	可搬式直流電源設備 ・可搬式整流器　　２台＋予備１台　　【重大事故等対処設備】 ・直流電源専用の電源車　１台　　【自主的対応設備】 （可搬式整流器と組み合わせて、直流電源に直接給電）

今後、３系統目の常設直流電源設備（容量：3,000Ah　１系統／基）を設置予定

図１　美浜３号機　外部電源喪失時の電源確保フロー

交流電源

1	外部電源　３系統５回線 （高浜線２回線（500kV）、青葉線２回線（500kV）、高浜連絡線１回線（77kV））
↓	
2	非常用ディーゼル発電機　２台／基
↓	
3	空冷式非常用発電装置　２台／基【重大事故等対処設備】
↓	
4	号機間電力融通ケーブル　※他号機からの電力融通が期待できる場合 ・１～２号機間ケーブル　　１組＋予備１組　【重大事故等対処設備】 ・１、２号機～３、４号機間ケーブル　１組　　【自主的対応設備】
↓	
5	電源車　２台／基＋予備１台（共用）【重大事故等対処設備】 （非常用高圧母線（交流）に接続し、監視計器等の直流電源に対しても給電が可能）

直流電源

1	安全系蓄電池　２系統／基
↓24 時間以内に交流電源が復旧できない場合もしくは、蓄電池が使用不可	
2	可搬式直流電源設備 ・可搬式整流器　　１台／基＋予備１台（共用）　【重大事故等対処設備】 ・直流電源専用の電源車　１台　　【自主的対応設備】 （可搬式整流器と組み合わせて、直流電源に直接給電）

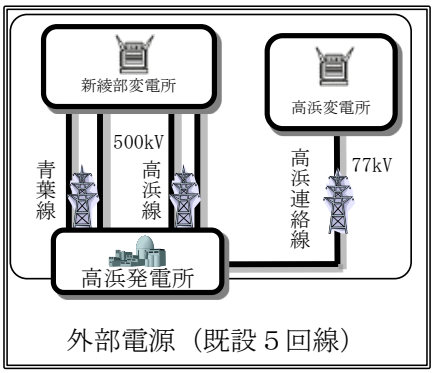
今後、３系統目の常設直流電源設備（容量：3,000Ah　１系統／基）を設置予定

図２　高浜１、２号機　外部電源喪失時の電源確保フロー

外部電源喪失時の電源確保フロー（高浜１、２号機の例）

当初から設置している設備（設計基準対象施設）

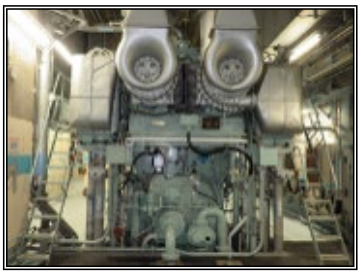
外部電源



外部電源（既設５回線）

外部電源喪失時

非常用ディーゼル発電機



（２台／基）
（4875kVA）

使用不可の場合

新規制基準として新たに設置した設備（重大事故等対処設備）

空冷式非常用発電装置

（２台／基）
（1825kVA）

電源車

（２台／基＋予備１台）
（610kVA）

号機間電力融通ケーブル

・１号機～２号機間ケーブル（恒設）
→コネクタ盤に接続し使用（プラグ方式）
・１号機～２号機間ケーブル（予備：可搬）
→端子台に接続し使用

・１、２号機～３、４号機間ケーブル（恒設）
→コネクタ盤に接続し使用（プラグ方式）

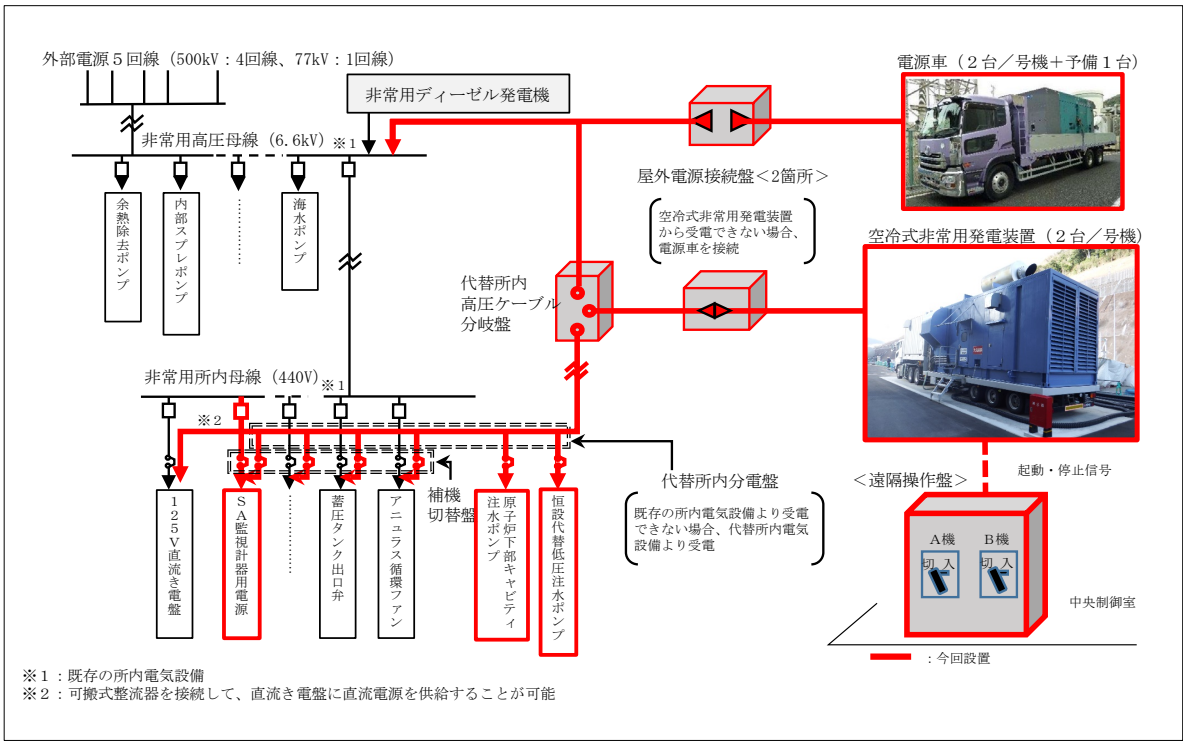
《凡例》

：既設設備

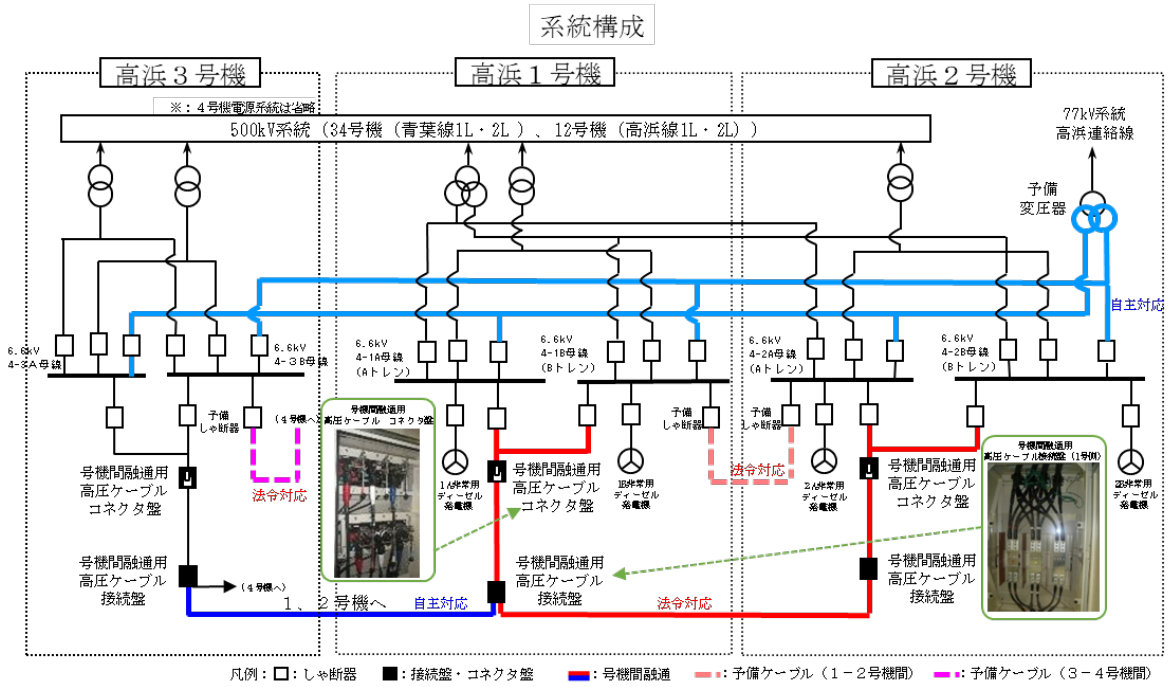
：新設設備

代替所内電気設備（高浜１、２号機の例）

系統構成



号機間電源融通ケーブル（高浜１、２号機の例）



（２）炉心・格納容器冷却機能の確保

福島第一原子力発電所事故においては、発電所敷地への津波の到来により、海側に設置されていた冷却用のポンプ類がすべて機能を喪失し、また、消防車等による注水・海水注入の具体的な方策があらかじめ策定されておらず作業に手間取るなど、炉心損傷の防止のための対策が不十分であった。

このため、事業者は、海水ポンプが機能喪失した場合の代替手段として、移動式の大容量ポンプを配備するとともに、炉心、格納容器および蒸気発生器に注水するためのポンプ等を配備した。

本委員会は、海水ポンプ故障時の復旧手段をはじめ、全交流電源喪失時において既設の給水系統が使用不能の場合でも、代替手段等が確保されていることを確認するため、事業者が設置した冷却設備や事故等の収束に必要となる水の供給設備の設置状況を確認した。

１）冷却設備

（事業者の対応状況）

〇大容量ポンプを用いた原子炉補機冷却水系統への注水等

海水ポンプ（４台／基）が機能喪失した場合の格納容器の除熱機能確保等の代替手段として、大容量ポンプ（美浜３号機：２台、予備１台※、高浜１、２号機：２台／２基、予備１台／発電所※）を配備した。

その他、原子力発電所外への放射性物質の拡散抑制等に対応するため、放水砲用の大容量ポンプ（美浜３号機：１台、予備１台※、高浜１、２号機：２台／２基、予備１台／発電所※）を配備した。

※原子炉補機冷却水系統への注水等用と放水砲用の予備を兼用

〇炉心および格納容器への注水等

全交流電源喪失､原子炉補機冷却機能喪失､一次冷却水漏えいなどが発生し、充てん／高圧注入ポンプ、余熱除去ポンプ、内部スプレイポンプなどの原子炉や格納容器を冷却する既存設備が機能喪失した場合を想定して、恒設代替低圧注水ポンプ（１台／基）を配備した。

また、可搬式代替低圧注水ポンプ（２台／基、予備１台／発電所）とともに同ポンプ専用の電源車、送水車（２台／基、予備１台／発電所)、ホース延長・回収車（各２台／基、予備１台／発電所）を配備した。

恒設代替低圧注水ポンプおよび可搬式代替低圧注水ポンプの接続配管は、格納容器スプレイ系統の配管に繋がれており、弁等の操作により、原子炉容器または格納容器に注水する手順が整備されている。

炉心損傷が発生した場合、恒設代替低圧注水ポンプを用いることで、格納容器スプレイ系統を通じて格納容器上部から注水が行われる。

高浜３、４号機や大飯３、４号機は、原子炉下部キャビティ底部が格納容器底部床面に比べて低いため、注水された水は、この高低差により、まず、原子炉下部キャビティにたまり、溶融炉心が落下する前に冷却手段を確保することが可能である。

一方、美浜３号機および高浜１、２号機は、格納容器底部と原子炉下部キャビティ底部床面の高低差がほとんどないことから、内部スプレイポンプが使用できない場合を想定し、原子炉下部キャビティに早期に水を張るためのポンプ

（原子炉下部キャビティ注水ポンプ）を配備した。

原子炉補機冷却水系統の機能喪失時に既設の充てん／高圧注入ポンプおよび内部スプレイポンプを使用可能とするため、充てん／高圧注入ポンプ３台のうち１台と、内部スプレイポンプ４台のうち２台について、ポンプが吐出する水の一部を取出しモータ等を冷却する配管（自己冷却配管）を設置した。

これらのポンプの自己冷却による運転は、放射性物質を含む水（一次冷却水）が原子炉補機冷却水系統に流れこみ汚染する可能性があるため、恒設代替低圧注水ポンプ等のバックアップとして位置づけている。

さらに、燃料取替用水タンクや復水タンクを水源とする恒設代替低圧注水ポンプ、充てん／高圧注入ポンプ（自己冷却）、内部スプレイポンプ（自己冷却）が使用できない場合を想定して、海水を水源とする可搬式代替低圧注水ポンプを使用する手順を整備した。

また、原子炉補機冷却水系統（純水）との熱交換により格納容器内を冷却する格納容器循環冷暖房ユニットについて、原子炉補機冷却水系統の機能喪失時においても使用できるようにするため、同系統に海水を直接注水する手順を整備した。

〇蒸気発生器等への注水

蒸気発生器への給水手段の多様性を確保する観点から、既設のタービン動補助給水ポンプおよび電動補助給水ポンプの機能喪失時における自主的対応として、美浜３号機は復水タンク前エリアに仮設の中圧ポンプ（２台／基）、高浜１、２号機は原子炉補助建屋内（EL 約 11m）に中圧ポンプ（１台／基）を配備した。

（現場確認結果）

〇原子炉、格納容器等への注水手段（美浜３号機、高浜１、２号機）

- 原子炉下部キャビティへ直接注水するための配管およびポンプが設置されていることを確認した。また、燃料取替用水タンクを水源として、原子炉下部キャビティに注水する手順が整備されていることを確認した。
- 格納容器スプレイについては、格納容器再循環ユニット（EL 約 25m）による自然対流冷却に影響しない高さ（約 20m）まで注水（約 6,600m^3）されたことを格納容器水位計等により確認した時点で同スプレイを停止し、自然対流による冷却とする手順が整備されていることを確認した。

〇蒸気発生器への注水手段（美浜３号機、高浜１、２号機）

- 蒸気発生器への給水手段として、タービン動補助給水ポンプ、電動補助給水ポンプの機能が喪失した場合を想定し、自主的対応として、美浜３号機では、屋外の復水タンクエリアに専用発電機を駆動源とする中圧ポンプが配備されていることを確認した。また、高浜１、２号機では、屋内の原子炉補助建屋（EL 約 10m）に安全系母線から給電される中圧ポンプが配備されていることを確認した。
- 本委員会は、大飯３、４号機の報告書（2012 年６月）の取りまとめにあたり、非常用炉心冷却設備が使用できない場合でも、炉心に直接注水する手段を確保しておくことが、冷却機能の多様化の観点からも非常に重要であると指摘し、事業者は、消防ポンプおよび消火水系を使用して炉心注水を行う手順を整備した。

・ その後、新規制基準対応として、恒設代替低圧注水ポンプ等を設置した以降も、これらの消防ポンプ等を使用し、炉心注水や格納容器スプレイを行う手順が整備されていることを確認した。
・ また、福島第一原子力発電所事故時の東京電力の対応として、全電源喪失に伴い恒設の非常用炉心冷却ポンプ等が使用不能となったことから、原子炉への注水に消防車を活用したが、全量が原子炉へ注水されたわけではなく、他系統・機器へ流れ込んでいたことがあり、PWR において、そのような懸念がないか確認した。
・ 事業者からは、恒設、可搬式代替低圧注水ポンプおよび消火水系統の接続ラインを設計図面により確認し、バイパスフローが生じないことを確認するとともに、使用前検査において、系統の一部に水を送り込み、設計通りに通水されていることを確認したとの説明を受けた。

〇海水ポンプの予備モータの配備（美浜３号機、高浜１、２号機）

・ 海水ポンプのモータの故障等を想定して、高浜１、２号機用の予備モータ（１台／基）が海水淡水化装置エリア（EL 約 10m）に配備されており、クレーンの調達等も含め約７日間で取替が可能であることを確認した。なお、美浜発電所においても、ディーゼル建屋付近の構台（EL32m）上に予備モータが配備されている。

原子炉補機冷却水系統への注水手段

1	海水ポンプ（3,200m³/h） ４台
↓	
2	大容量ポンプ（1,440m³/h） ２台＋予備１台 【重大事故等対処設備】

炉心および格納容器への注水手段

1	・内部スプレイポンプ（423m³/h） ４台 ・充てん／高圧注入ポンプ（147m³/h） ３台 ・余熱除去ポンプ（852m³/h） ２台
↓	
2	恒設代替低圧注水ポンプ（120m³/h） １台 【重大事故等対処設備】
↓	
3	可搬式代替低圧注水ポンプ（150m³/h） ２台＋予備１台（＋専用電源車、送水車、ホース延長・回収車）【重大事故等対処設備】

蒸気発生器等への注水手段

1	電動補助給水ポンプ（85m³/h） ２台 タービン動補助給水ポンプ（171m³/h） １台
↓	
2	中圧ポンプ（30m³/h） ２台【多様性拡張設備】
↓	
3	送水車※（300m³/h） ２台＋予備１台【重大事故等対処設備】

※：海水を水源とする

図３　美浜３号機　重大事故等発生時の原子炉容器等への注水フロー

原子炉補機冷却水系統への注水手段

1	海水ポンプ（3,200m³/h） ４台／基
↓	
2	大容量ポンプ（1,800m³/h） ２台＋予備１台【重大事故等対処設備】 （３台のうち２台追加）

炉心および格納容器への注水手段

1	・内部スプレイポンプ（423m³/h） ４台／基 ・充てん／高圧注入ポンプ（147m³/h） ３台／基 ・余熱除去ポンプ（852m³/h） ２台／基
↓	
2	恒設代替低圧注水ポンプ（120m³/h） １台／基 【重大事故等対処設備】
↓	
3	可搬式代替低圧注水ポンプ（150m³/h） ２台／基＋予備１台（＋専用電源車、送水車、ホース延長・回収車、仮設水槽）【重大事故等対処設備】

蒸気発生器等への注水手段

1	電動補助給水ポンプ（75m³/h） ２台／基 タービン動補助給水ポンプ（148m³/h） １台／基
↓	
2	中圧ポンプ（50m³/h） １台／基【多様性拡張設備】
↓	
3	送水車※（210m³/h） ２台／基＋予備１台【重大事故等対処設備】

※：海水を水源とする

図４　高浜１、２号機　重大事故等発生時の原子炉容器等への注水フロー

表２－１　炉心・格納容器への注水設備（新設、改造）

○美浜３号機

給水設備（新設、改造）	目的	水源
恒設代替低圧注水ポンプ	格納容器スプレイ 炉心注水	燃料取替用水タンク 復水タンク 海水
充てん／高圧注入ポンプ（自己冷却）	炉心注水	燃料取替用水タンク 復水タンク
内部スプレイポンプ（自己冷却）	格納容器スプレイ 炉心注水	燃料取替用水タンク
可搬式代替低圧注水ポンプ （専用電源車、送水車、ホース延長・回収車）	格納容器スプレイ 炉心注水	海水
原子炉下部キャビティ注水ポンプ	格納容器スプレイ 原子炉下部キャビティ直接注水	燃料取替用水タンク 復水タンク 海水

○高浜１、２号機

給水設備（新設、改造）	目的	水源
恒設代替低圧注水ポンプ	格納容器スプレイ 炉心注水	燃料取替用水タンク 復水タンク 海水
充てん／高圧注入ポンプ（自己冷却）	炉心注水	燃料取替用水タンク 復水タンク
内部スプレイポンプ（自己冷却）	格納容器スプレイ 炉心注水	燃料取替用水タンク
可搬式代替低圧注水ポンプ （専用電源車、送水車、ホース延長・回収車、仮設水槽）	格納容器スプレイ 炉心注水	海水
原子炉下部キャビティ注水ポンプ	格納容器スプレイ 原子炉下部キャビティ直接注水	燃料取替用水タンク 復水タンク 海水

表２－２　蒸気発生器への注水設備（新設）

○美浜３号機

給水設備（既設含む）	水源
中圧ポンプ （水源は、既設のタービン動補助給水ポンプ、電動補助給水ポンプと同様）	復水タンク
送水車	海水

○高浜１、２号機

給水設備（既設含む）	水源
中圧ポンプ （水源は、既設のタービン動補助給水ポンプ、電動補助給水ポンプと同様）	復水タンク
送水車	海水

炉心・格納容器への注水設備（高浜１、２号機の例）

当初から設置している設備（設計基準対象施設）

余熱除去ポンプ

（２台／基）
（852m³/h）

充てん・高圧注入ポンプ

（３台／基）
（147m³/h）

内部スプレイポンプ

（４台／基）
（423m³/h）

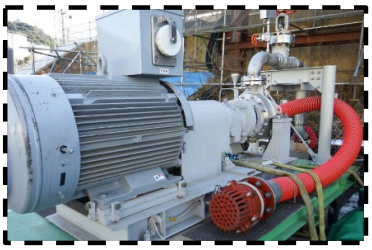
使用不可の場合

新規制基準として新たに設置した設備（重大事故等対処設備）

恒設代替低圧注水ポンプ

（１台／基）
（120m³/h）

可搬式代替低圧注水ポンプ



（２台＋予備１台／発電所）
（150m³/h）

原子炉下部キャビティ注水ポンプ

（１台／基）
（120m³/h）

（重大事故等対処設備※）

※設計基準対象施設であるが重大事故等対処施設としても活用

内部スプレイポンプ

（４台／基）
２台に自己冷却配管を設置

充てん・高圧注入ポンプ

（３台／基）
１台に自己冷却配管を設置

《凡例》

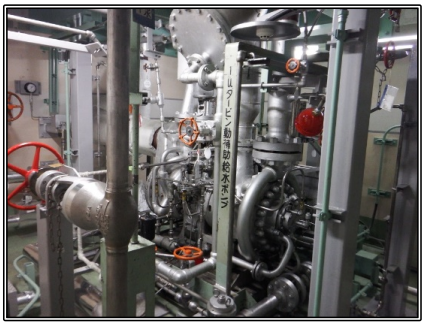
：既設設備

：新設設備

蒸気発生器への注水設備（高浜１、２号機の例）

当初から設置している設備（設計基準対象施設）

タービン動補助給水ポンプ



（１台／基）
（148m³/h）

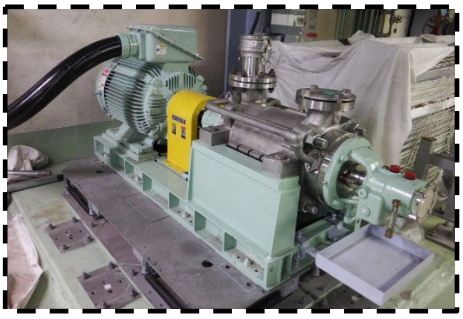
電動補助給水ポンプ

（２台／基）
（75m³/h）

使用不可の場合

新規制基準として新たに設置した設備（重大事故等対処設備）

中圧ポンプ



（１台／基）
（50m³/h）

＋

送水車

（２台＋予備１台／発電所）
（210m³/h）

《凡例》

：既設設備

：新設設備

２）水源

（事業者の対応状況）

○代替淡水源の確保

原子炉や格納容器を冷却する水源として、復水タンク、燃料取替用水タンク、２次系純水タンクや淡水タンクを確保している。

○消火水バックアップタンクの設置

火災防護対策として、地震等により既設の消火水系統が使用できない場合を想定して、消火水バックアップタンク（消火水タンク）（美浜３号機：８台、40㎥／台、高浜発電所１、２号機：４台、150㎥／台）とポンプ等を設置した。

○復水タンクから燃料取替用水タンクへの補給

原子炉や格納容器を冷却する水源である燃料取替用水タンクに１次系純水タンクやほう酸タンクから補給ができない場合を想定して、通常は蒸気発生器を冷却する水源として使用する復水タンクから補給できるようにするため移送配管等を設置した。また、蒸気発生器による炉心冷却の水源として復水タンクを使用していないことを確認した上で移送を行う手順を整備した。

（現場確認結果）

○水源タンクの運用（高浜１、２号機）

・ 本委員会は、2015 年の現場確認の際に、事業者より、溢水に関する規制要求を満足するための対策として、３、４号機のＢおよびＣ－淡水タンク、Ｂ－２次系純水タンクの保有水量を 6,000㎥から０㎥、Ｂ、Ｃ淡水タンクの保有水量を約 6,000㎥から約 2,500㎥に水位制限を行うとの説明を受けた。
・ その後、冷却機能の改善として、消防ポンプを送水車に置き換えたことで、送水車が水没するまでの溢水評価を行った結果、水位制限の緩和が可能となり、３、４号機のＢおよびＣ－淡水タンク、Ｂ－２次系純水タンクの保有水量を約 5900㎥に変更していることを確認した。これらの水源は、配管により１、２号機側への融通が可能であり、発電所全体として保有水量が増加していることを確認した。

○消火水バックアップタンクの設置（美浜３号機、高浜１、２号機）

・ 既設の消火水系統に加え、基準地震動に対しても機能を維持するための新たな消火水系配管や消火水バックアップタンクが、美浜３号機は、ディーゼル建屋付近の構台内（EL 約 18m）、高浜１、２号機は、背面道路（EL 約 32m）に設置されていることを確認した。

○給水訓練用の水源（淡水）の確保（美浜３号機、高浜１、２号機）

・ 事業者は、大容量ポンプおよび可搬式代替低圧注水ポンプの動作確認試験を行う際、設備保護のため、海水の代わりに淡水を使用している。
・ 動作確認試験にあたっては、仮設水槽（各ポンプ用：約 100㎥）を設置して、淡水タンクの水を貯水し、ポンプへ送水する手順等が整備されていることを確認した。
・ また、同水槽の組立等の試験準備に係る負担軽減のため、今後、ポンプの動作試験専用の貯水ピットを設置する予定であることを確認した。

表２－３　主な水源（タンク）一覧

（美浜３号機）

水源	容量	運用状況 （溢水対策等による 水位制限）	設置場所
燃料取替用水タンク	1,720m^3	—	屋外 （原子炉補助建屋横）
復水タンク	700m^3	—	屋外 （原子炉補助建屋横）
2 次系純水タンク	1,500m^3	容量:1000m^3	屋外 （背面道路）
1 次系純水タンク	510m^3	水位：40%	屋外 （原子炉補助建屋横）
・A,B 淡水タンク ・No.1,2 淡水タンク	3,000m^3×2 3,000m^3×2	—	屋外 （第 3 廃棄物庫西側 1,2 号機背面道路東側）
ほう酸タンク	30m^3×2	—	原子炉補助建屋内
消火水タンク	40m^3×8	—	屋外 （32m 構台下）

（高浜１、２号機）

水源	容量	運用状況 （溢水対策等による 水位制限）	設置場所
燃料取替用水タンク	1,720m^3	—	屋外 （補助建屋間）
1 号機復水タンク	700m^3	—	屋外 （海水ポンプエリア）
2 号機復水タンク	700m^3	—	屋外 （廃樹脂貯蔵庫前エリア付近）
2 次系純水タンク	2,700m^3×2	水位：55%	屋外 （背面道路）
1 次系純水タンク	510m^3	水位：58%	屋外 （補助建屋間）
1,2 号機淡水タンク	6,000m^3×5	容量：5,560m^3	屋外 （特高開閉所エリア東側）
1 号機ほう酸タンク 2 号機ほう酸タンク	30m^3×2 30m^3×2	—	原子炉補助建屋内
消火水バックアップタンク	150m^3×4	—	屋外 （背面道路）

表２－４　重大事故等の収束に必要となる水の供給設備一覧表

（美浜３号機）

分類	機能喪失を想定する設備	対応策	対応設備等（丸内数字は優先順位）	分　類
2次蒸気発生器冷却	復水タンク損傷	水源切替	①２次系純水タンク	多様性拡張設備※
			②脱気器タンク	
			③海水（海水ポンプ）	
			④海水（送水車）	重大事故等対処設備
			⑤燃料取替用水タンク	
	復水タンク枯渇	復水タンクへの補給	①２次系純水タンク	多様性拡張設備※
			②Ａ、Ｂ淡水タンク	
			③Ｎｏ．１、２淡水タンク	
			④海水（送水車）	重大事故等対処設備
炉心注水	燃料取替用水タンク損傷	水源切替	①１次系純水タンクおよびほう酸タンク	多様性拡張設備※
			②Ａ、Ｂ淡水タンク	
			③Ｎｏ．１、２淡水タンク	
			④復水タンク	重大事故等対処設備
			⑤海水（海水ポンプ）	多様性拡張設備※
			⑥海水（送水車）	重大事故等対処設備
	燃料取替用水タンク枯渇	燃料取替用水タンクへの補給	①１次系純水タンクおよびほう酸タンク	多様性拡張設備※
			②１次系純水タンク	
			③２次系純水タンク	
			④Ａ、Ｂ淡水タンク	
			⑤Ｎｏ．１、２淡水タンク	
			⑥復水タンク	重大事故等対処設備
			⑦海水（送水車）	
格納容器スプレイ	燃料取替用水タンク損傷	水源切替	①Ａ、Ｂ淡水タンク	多様性拡張設備※
			②Ｎｏ．１、２淡水タンク	
			③復水タンク	重大事故等対処設備
			④海水（海水ポンプ）	多様性拡張設備※
			⑤海水（送水車）	
	燃料取替用水タンク枯渇	燃料取替用水タンクへの補給	①１次系純水タンクおよびほう酸タンク	多様性拡張設備※
			②１次系純水タンク	
			③２次系純水タンク	
			④Ａ、Ｂ淡水タンク	
			⑤Ｎｏ．１、２淡水タンク	
			⑥復水タンク	重大事故等対処設備
			⑦海水（送水車）	

※多様性拡張設備：設備が健全な状態であり、プラント状況によって使用可能な場合に、事故対応の代替手段として有効な設備。設備使用にあたる手順を事故時操作所則等に定めており、設備の健全性や電源の有無等を確認した上で、使用を判断することとしている。

（高浜１，２号機）

分類	機能喪失を想定する設備	対応策	対応設備等（丸内数字は優先順位）	分　類
2次蒸気発生器則冷却	復水タンク損傷	水源切替	①２次系純水タンク	多様性拡張設備※
			②脱気器タンク	
			③燃料取替用水タンク	重大事故等対処設備
	復水タンク枯渇	復水タンクへの補給	①２次系純水タンク	多様性拡張設備※
			②１、２号機淡水タンク	
			③海水（送水車）	重大事故等対処設備
炉心注水	燃料取替用水タンク損傷	水源切替	①１次系純水タンクおよびほう酸タンク	多様性拡張設備※
			②１、２号機淡水タンク	
			③復水タンク	重大事故等対処設備
			④海水（送水車）	
	燃料取替用水タンク枯渇	燃料取替用水タンクへの補給	①１次系純水タンクおよびほう酸タンク	多様性拡張設備※
			②１次系純水タンク	
			③２次系純水タンク	
			④１、２号機淡水タンク	
			⑤復水タンク	重大事故等対処設備
			⑥海水（送水車）	
格納容器スプレイ	燃料取替用水タンク損傷	水源切替	①１、２号機淡水タンク	多様性拡張設備※
			②復水タンク	重大事故等対処設備
			③海水（送水車）	
	燃料取替用水タンク枯渇	燃料取替用水タンクへの補給	①１次系純水タンクおよびほう酸タンク	多様性拡張設備※
			②１次系純水タンク	
			③２次系純水タンク	
			④１、２号機淡水タンク	
			⑤復水タンク	重大事故等対処設備
			⑥海水（送水車）	

※多様性拡張設備：設備が健全な状態であり、プラント状況によって使用可能な場合に、事故対応の代替手段として有効な設備。設備使用にあたる手順を事故時操作所則等に定めており、設備の健全性や電源の有無等を確認した上で、使用を判断することとしている。

（３）使用済燃料プール冷却機能の確保

原子炉で使用された燃料は、放射線と熱（崩壊熱）が発生することから、放射線の遮蔽や崩壊熱除去のため、水で満たされた使用済燃料プールに貯蔵され、冷却器およびポンプによる水の循環冷却が行われている。2020 年 12 月末時点で、美浜発電所に 1,153 体（貯蔵容量 1,652 体)、大飯発電所に 3,800 体（貯蔵容量 4,962 体)、高浜発電所に 2,887 体(貯蔵容量 4,386 体)の燃料が貯蔵されている。

福島第一原子力発電所事故においては、電源喪失や水素爆発の影響で、使用済燃料プールへの注水や冷却の機能が喪失したとされている。また、沸騰水型軽水炉は、使用済燃料プールが原子炉建屋の上部に設置されていることもあり、高所への継続的な注水手段の確保に時間を要した。

このため、事業者は、使用済燃料プールへの水の注水手段を多様化するため、消火水や海水を供給できる送水車、消火ホース等の配備を行った。

本委員会は、使用済燃料プールの監視機能の強化策や冷却機能が喪失した場合の水源や注水手段の状況について確認した。

（事業者の対応状況）

使用済燃料プールの冷却器やポンプの故障、配管等の損傷によるプール水の漏えいなどにより冷却機能が喪失した場合においても、プールの水温、水位、周辺の空間線量などの状態を継続的に監視するため、既設の温度計、超音波式水位計、放射線量率監視モニタや福島第一原子力発電所事故を踏まえて設置した広域水位計（電波式)、監視カメラに加え、新たに可搬型水位計（フロート式)、可搬型エリアモニタを配備した。

既設の監視機器の強化として、使用済燃料プールエリア周辺温度が上昇した場合においても監視機能を維持するため、監視カメラ本体を冷却する空気冷却カバーを装着した。

使用済燃料プールへの注水に関しては、燃料取替用水タンクや純水タンクから行う手順に加えて、消防ポンプおよびホースを用いて淡水タンクから注水する手順を整備した。また、これらの水源が使用できない場合を想定し、海水を注水する手順を整備した。

その他、大規模損壊等により使用済燃料プールから大量の水が漏えいする事態を想定し、使用済燃料の損傷を緩和する手段を確保するため、送水車等により使用済燃料プールへのスプレイを行う手順を整備した。

（現場確認結果）

- 美浜３号機および高浜１、２号機の使用済燃料プールは、いずれも燃料取扱建屋内にあり、上端は地盤面と同じ高さ、下端は地盤面近くの水面から約 12m 下に位置しており、燃料取扱建屋は、原子炉格納容器、背後斜面（山）に囲まれた場所に設置されていることを確認した。
- 使用済燃料プールエリアは背面道路（EL 約 32m）からのアクセスが容易であり、送水車等を用いた給水が可能であることを確認した。
- 使用済燃料プールの温度監視として、中央制御室に赤外線監視モニタが設置されていることを確認した。

表２－５　使用済燃料プールの冷却機能の確保に用いる水の供給設備一覧

（美浜３号機）

対応設備等	分類	位置づけ
燃料取替用水タンク	多様性拡張設備※	炉心や格納容器の冷却機能の確保等を目的とした水源であるが、炉心損傷が確認されない場合等においては水源として使用可能
２次系純水タンク		基準地震動に対する耐震性を有していないが、タンクが健全な場合は水源として使用可能
Ａ、Ｂ淡水タンク		火災発生時に消火水源として使用することを目的とした水源であるが、火災が発生していない場合は水源として使用可能
Ｎｏ．１、２淡水タンク		火災発生時に消火水源として使用することを目的とした水源であるが、火災が発生していない場合は水源として使用可能
１次系純水タンク		基準地震動に対する耐震性を持たせるために耐震補強を実施。タンクが健全な場合は水源として使用可能。
海水	重大事故等対処設備	－

（高浜１、２号機）

対応設備等	分類	位置づけ
燃料取替用水タンク	多様性拡張設備※	炉心や格納容器の冷却機能の確保等を目的とした水源であるが、炉心損傷が確認されない場合等においては水源として使用可能
２次系純水タンク		基準地震動に対する耐震性を有していないが、タンクが健全な場合は水源として使用可能
１、２号機淡水タンク		火災発生時に消火水源として使用することを目的とした水源であるが、火災が発生していない場合は水源として使用可能
１次系純水タンク		基準地震動に対する耐震性を持たせるために耐震補強を実施。タンクが健全な場合は水源として使用可能
海水	重大事故等対処設備	－

※多様性拡張設備：設備が健全な状態であり、プラント状況によって使用可能な場合に、事故対応の代替手段として有効な設備。設備使用にあたる手順を事故時操作所則等に定めており、設備の健全性や電源の有無等を確認した上で、使用を判断することとしている。

（４）中央制御盤の取替え

（事業者の対応状況）

美浜３号機および高浜１、２号機においては、運転開始以来、アナログ式の中央制御盤により運転を行い、定期的に指示計などの部品を取り替え、機能維持、向上を図ってきたが、アナログ式の計器の製造中止等により、取替部品調達が困難になってきたことや、保守性向上や操作機能の向上の観点から、中央制御盤を最新のデジタル式に取替えを行った。

これに伴い、運転操作や監視は、ディスプレイ（タッチパネル）や大型表示装置で行うため、計器用電源容量が増加することから、計器用電源の増強※を行った。

※美浜３号機：115kVA から 280kVA に増強、高浜１、２号機：170kVA から 300kVA に増強

（現場確認結果）

・ 全交流電源喪失に備え、シビアアクシデント監視操作盤が設置されており、シビアアクシデント発生時に監視が必要な温度や圧力などのパラメータの監視ができること等を確認した。

＜本委員会の主な指摘事項＞

〇運転員の習熟訓練

中央制御盤取替に伴い、アナログ式からデジタル式となり監視操作のインターフェースが大きく変わることから、本委員会は、事業者に対して、運転員の習熟期間を十分に確保することや、過去の不具合など他電力の先行事例の知見を反映していくことが重要である等の指摘を行った。

これに対し、事業者は、2018 年 10 月から 2019 年７月にかけてシミュレータによる運転員の習熟訓練を行い、通常操作や事故・故障対応操作に対する運転員の習熟を図り、その後も反復訓練を実施し、この訓練を通じて、運転員から監視操作等の気づき事項の収集を行っている。

この中では、「ディーゼル発電機の力率表示が、デジタル表示（絶対値表示）に変わり、力率の遅れや進みが分からない」などの指摘があり、これに対して、ディスプレイで遅れや進みがわかるよう画面表示の改善を図っている。

〇電源喪失時のプラントパラメータの把握

本委員会は、福島第一原子力発電所事故時に、中央制御室において、原子炉の温度、圧力、水位などのパラメータ監視ができなかったことを教訓として、対策を講じる必要があるとの指摘を行った。

これに対し、事業者は、中央制御盤、シビアアクシデント監視操作盤による監視ができない場合でも、可搬型のテスター等を準備するとともに、中央制御室階下の計装室において、パラメータの測定ができるよう手順を整備した。

この手順については、可搬型テスターを計器盤に接続し電圧を測定することで、対象機器の換算表から数値を読み取ることになっている。

本委員会は、更なる改善として、この換算表の代替として、より平易に値を算出するため、携帯用の小型コンピュータ等の導入を提案した。これに対して、事業者は、今後、具体的な検討を進めていくとの方針を示した。

（５）ケーブル火災防護対策

（事業者の対応状況）

〇難燃ケーブルへの取替え

発電所で使用するケーブルは、電力、計装、制御ケーブルの３種類があり、種類毎にケーブルトレイ等で敷設されている。

新規制基準では、火災発生防止の観点から、これらのケーブルに対して、「難燃ケーブルの使用、もしくは、難燃ケーブルと同等以上の性能を有するものであること」を要求している。

このため、美浜３号機、高浜１、２号機では、格納容器内のケーブルをはじめ、中央制御盤取替工事にあわせ、中央制御室下のケーブル処理室や制御計装設備リレー室（リレーラック室）の計装、制御ケーブルを難燃ケーブルに取替えることとした。

これに伴い、美浜３号機は、非難燃ケーブル全体（約 1,000km）のうち、約５割（約 500km）が難燃ケーブルに取替えられた。また、高浜１、２号機は、非難燃ケーブル全体（約 1,300km）のうち、約６割（各号機それぞれ約 390km）が難燃ケーブル取替えの対象として、高浜１号機の取替えが完了するとともに、高浜２号機については、2021 年３月時点で約９割の取替えを完了した。

また、非難燃ケーブルについては、ケーブルトレイを不燃材の防火シートで覆う等の防火措置により難燃ケーブルと同等以上の性能を確保するとして、美浜３号機および高浜１号機における敷設は完了し、高浜２号機については、2021 年３月時点で敷設作業を継続している。

〇火災防護対策

新規制基準では、原子炉の安全停止に必要な機能を有する機器等について、火災の発生防止の観点の他、火災の感知・消火および火災の影響低減に対する対策を要求している。

原子力発電所では、原子炉の安全停止に用いる補助給水系統や余熱除去系統など安全機能を有する系統は、機器の故障等によりその機能が失われることがないよう多重化を図っている。

事業者は、原子炉補助建屋等で火災が発生した場合に、これらの系統につながるケーブルの火災を早期に感知・消火するとともに、火災の影響軽減の観点から、２系統同時に機能を失うことがないように、以下の方針で対策を実施した。

- ケーブルを１系統ずつ別の部屋に敷設し（３時間以上の耐火能力のある壁で分離する）、各部屋にスプリンクラーまたはハロン消火設備を設置
- ケーブルが２系統とも同じ部屋の中にある場合、１時間の耐火能力のある隔壁で分離するとして、１系統（ケーブルトレイ）に発泡性耐火被覆を貼り付けた鋼板を設置して防火シートの外側を囲い、その中にガス消火設備を設置するとともに、残りの１系統は、部屋に設置されたスプリンクラーまたはハロン消火設備による消火を実施

（現場確認結果）

- 美浜３号機および高浜１、２号機の補助建屋内で、非難燃ケーブルのケーブルトレイに、防火シートが施工されていることを確認した。また、中央制御

盤取替えに伴い、制御計装設備リレー室（リレーラック室）等の計装、制御ケーブルが難燃ケーブルに取替えられていることを確認した。

（６）格納容器上部遮へい（トップドーム）設置（高浜１、２号機）

（事業者の対応状況）

事業者は、シビアアクシデント時において、格納容器からのスカイシャインガンマ線※を低減し、屋外作業時の作業員の被ばく線量を減らすため、格納容器上部に鉄筋コンクリート製のドーム状の遮へい壁（トップドーム）を設置した。

この工事に伴い、格納容器上部の既設コンクリート壁の一部（約 1,800 トン）を撤去しており、これらは、新たに設置した固体廃棄物保管建屋に保管した。

※格納容器から上方へ放出された放射線のうち、大気によって散乱され地上に到達するもの

（現場確認結果）

〇格納容器トップドーム設置（高浜１、２号機）

・ ２号機補助建屋において、事業者より、１号機および２号機の格納容器トップドーム等の工事の経緯などについて説明を受けるとともに、その完成状況を確認した。

（７）耐震補強工事等

（事業者の対応状況）

事業者は、新規制基準に基づき、地震動評価を見直し、新たな基準地震動を策定した（美浜発電所：750 ガルから 993 ガルに変更、高浜発電所：550 ガルから 700 ガルに変更）。これに伴い、配管サポートの追設※などを行うとともに、以下の設備等について、耐震補強工事等を実施した。

※一次冷却系統（美浜３号機：約 120 箇所、高浜１、２号機：各 60 箇所）

〇燃料取替用水タンク取替え

燃料取替用水タンクは、これまで海塩粒子の付着による塩素型応力腐食割れ対策などの予防保全として、建設以降、美浜３号機は 2002 年、高浜１号機は 2004 年、高浜２号機は 2003 年に取替えを行っている。

今回、耐震裕度向上のため、タンクの厚みをより厚くしたタンクへの取替えを実施するとともに、基礎コンクリートの補強や直径を太くした基礎ボルトへの取替えを実施した。

（胴板厚さ）

美浜３号機：約８～30㎜から約 10～70㎜に変更

高浜１、２号機：約８～34㎜から約８～40㎜に変更

（基礎ボルト）

美浜３号機：直径約 56㎜（100 本）から直径約 64㎜（160 本）に変更

高浜１、２号機：直径約 57㎜から約 64㎜に変更

〇使用済燃料プールラック取替え（美浜３号機）

使用済燃料プールラックは、床にボルトで固定することで地震力に対応する設計としていたが、耐震裕度向上のため、ラックの取替えを行った。

取替え後のラックは、外周板を取り付け、床に固定しない設計とし、水の流体力や床との摩擦により耐震性を向上させた「フリースタンディングラック」を採用した。なお、ラックの取替えにより、貯蔵燃料容量は 1,118 体から 809 体に減少した。

〇使用済燃料プールの耐震補強（美浜３号機）

事業者は、耐震性向上を目的として、使用済燃料プール横の背面地盤（約 39m×約 13m の範囲）を約９m 掘削し、そのうち約６m を人工岩盤に置き換えた。

その後、残りの空間に鋼管杭および鉄筋コンクリート造の床版を新たに設置する等により、地震による使用済燃料ピットの揺れを床版と鋼管杭を通じて背面地盤に伝達させる構造とした。

〇構台の設置（美浜３号機）

事業者は、３号機のディーゼル建屋付近の盛土について、基準地震動を想定した場合、地震による斜面崩壊により、燃料油貯蔵タンクおよびアクセスルート等に対して波及的影響を及ぼす可能性が否定できないことから、これらを切削し、構台に置き換えた。

〇格納容器および格納容器外部遮へい壁の耐震補強等（美浜３号機）

事業者は、格納容器の耐震裕度向上のため、格納容器下部側面（鋼板）の外面に補強材を取り付けた。また、格納容器外部遮へい壁の耐震裕度向上のため、上部（EL 約 45m～73m：遮へい壁外部）および下部（EL 約 17m～45m：遮へい壁内部）に鉄筋の追加を行った。

〇炉内構造物の取替え（美浜３号機）

事業者は、海外プラントにおけるバッフルフォーマボルトの応力腐食割れ損傷事例を踏まえ、美浜３号機および高浜１、２号機の炉内構造物取替えの検討を行っていたが、美浜３号機については、耐震評価の結果、ラジアルサポート（原子炉容器内に固定するために下部炉心構造物に取り付けられている支持具）の改造等が必要となったことから、炉内構造物一式（上部炉心構造物、下部炉心構造物）の取替えを行った。

取替えにあたっては、ラジアルサポートキーの大型化により耐震性を確保するとともに、熱遮へい体の変更（分割型）、改良バッフル構造（角バッフル構造、バッフルフォーマボルトの長尺化、ボルトの冷却孔追加）の採用により、応力腐食割れ損傷等への対策を行った。

〇海水取水設備の移設（高浜２号機）

事業者は、堆積層（地下約２m）に設置されている高浜２号機の海水管の地盤支持性能を向上させるため、強固な岩盤内にトンネルを設置（深さ約 40m、全長約 130m）し、この中に海水管を移設した。

なお、高浜１号機の海水管については、海水取水エリアから建屋内まで強固

な岩盤に設置されており、耐震評価の結果、海水管の地盤支持性能は維持されるとの結果となっている。

（現場確認結果）

〇構台の設置（美浜３号機）

・ ３号機ディーゼル建屋付近において、事業者より、斜面の土砂を約 9.4 万 m^3 切削し、構台に置き換えた経緯などについて説明を受けるとともに、構台内に消火水バックアップタンクが設置されていることを確認した。

〇１次系配管の耐震補強（美浜３号機、高浜１、２号機）

・ 耐震補強として、一次系の余熱除去系注入配管にサポート（オイルスナバ長さ約１m×直径約 0.3m）を追設していることを確認した。

〇海水取水設備の移設など（高浜２号機）

・ １、２号機事務建屋屋上において、事業者より、２号機の海水取水設備の移設工事の経緯などについて説明を受けるとともに、その完成状況を確認した。

２－２　安全管理体制の強化等

安全管理体制の強化等について、「初動対応体制の強化」、「指揮命令系統の強化」、「シビアアクシデント対応能力の向上」、「情報通信網等の強化」、「災害対応資機材等の充実」、「免震事務棟および緊急時対策所の設置」に区分して事業者の対応状況等を整理した。

（１）初動対応体制の強化

福島第一原子力発電所事故においては、災害への対処に必要な各種オペレーション要員（重機による漂流物撤去作業・消防車による原子炉注水作業等）の確保、機材の整備が不十分であったため、迅速な対応に支障をきたしたとされている。

これらを踏まえ、事業者は、事故対応に必要な技術能力を有する要員を増員し、発電所常駐要員のみで、事故の初動対応を行うことができる体制とするとともに、社員に加え、プラントの詳細情報を持つプラントメーカの技術者や、現場実務に精通している協力会社作業員を緊急時に速やかに召集し、事故の収束に向けた支援を行う体制を構築した。

本委員会は、事故時における初動対応を行う常駐要員や参集要員の体制等の改善状況や指揮命令系統の強化策等を確認した。

（事業者の対応状況）

〇初動対応要員の増強

美浜発電所については、事故発生時の初動対応を行うため、常駐要員を 34 名から 49 名（緊急時対策本部要員４名、運転員および緊急安全対策本部要員 45 名）に増員し、初動対応体制の強化を図った。

高浜発電所については、１～４号機における事故発生時の初動対応を行うため、常駐要員を 70 名（2015 年 12 月時点）から 100 名（緊急時対策本部要員 11 名、運転員および緊急安全対策要員 89 名）に増員し、初動対応体制の強化を図った。

〇参集要員の確実性の向上

美浜発電所については、緊急時対策本部要員として、さらに５名が参集（参集要員）することで、事象発生後６時間以内に合計 54 名を確保することとした。参集要員５名は、自然災害による交通手段の途絶が発生した場合でも、発電所構外にある社員寮・社宅等（丹生地区：約１㎞）から、徒歩等により参集する体制とした。

高浜発電所については、緊急時対策本部要員として、さらに 28 名が参集することで、事象発生後６時間以内に合計 128 名を確保することとした。参集要員 28 名は、自然災害による交通手段の途絶が発生した場合でも、発電所構外にある社員寮・社宅等（三松地区：約３㎞、安土地区：約 10㎞）から、徒歩等により参集する体制とした。

〇資機材調達体制等の強化

福島第一原子力発電所事故の際、東京電力㈱本店や外部からの技術的な支援がなく、災害への対処に必要な資機材の調達や輸送が円滑に実施できなかったことを踏まえ、プラントメーカ等による技術的支援体制を構築した。

「美浜原子力緊急事態支援センター」の運営に関しては、日本原子力発電㈱

等と協定を締結し（2016 年２月）、同支援センターから、無線重機、遠隔操作ロボットおよび操作指導者等を派遣する体制とした。

2017 年９月に実施した大飯・高浜発電所の訓練時には、支援センターから搬送された資機材を原子力研修センター（現地支援拠点）において、各発電所の発災状況に応じて搬送し、操作訓練等を実施した。

また、若狭地域の原子力機器・工事の調達体制の強化、緊急時も含めた調達機能の一元化・充実を目的として、2015 年６月、美浜町に「原子力調達センター」を設置し、要員を福島第一原子力発電所事故前の約 10 名から約 30 名（2020 年６月現在）に増員するなど体制を強化している。

その他、地震・津波など自然災害に対する安全性向上対策や特定重大事故等対処施設等の工事を一元的に実施するため、2015 年６月に「原子力土木建築センター」を設置し、現在、約 150 名体制としている。

事故時の外部支援体制については、派遣要員の参集時間や休祝日の対応、建設会社（ゼネコン）の建屋に関する情報の提供、シビアアクシデント解析コード等によるプラント挙動の解析等が確実に行われるよう、メーカや協力会社と覚書を締結した。

〇火災発生時の初動対応

火災時の対応体制として、初動対応を行う常駐要員（美浜発電所：49 名、高浜発電所：100 名）のうち消火活動要員７名を含む 10 名以上を自衛消防隊と位置づけた。

常駐の自衛消防隊が待機する詰所においては、火災感知器と連動した火災検知システムを設置し、カメラ映像によりスプリンクラーの動作等の現場状況が把握できる仕組みを構築した。

自衛消防隊は、公設消防隊が所内に到着するまでの間、運転員と連携をとり、公設消防隊到着後に放射線管理要員を現場に派遣し、放射線防護に関する管理を行った上で管理区域内の消火活動を引き継ぐ手順を整備した。また、火災対策設備として、火災検知器（原子炉建屋内等）を増設した。

（２）指揮命令系統の強化

福島第一原子力発電所事故の際、３号機の高圧注入系の手動停止後の主蒸気逃し弁による減圧操作失敗等の状況やその後の対応について、運転員（当直長）は発電所対策本部の発電班と相談したが、それらに関する情報が班全体で情報共有されず、発電所や東京電力㈱本店で共有されるまでに時間を要した。

これらを踏まえ、事業者は、複数プラント同時発災時においても現地事故対策本部が的確に状況を把握し対応できるように、プラント毎の指揮者と事故対策班を設置し、指揮命令系統を明確化した。

本委員会は、事故時における指揮命令系統の強化策等を確認した。

（事業者の対応状況）

原子力発電所において緊急事態が発生した場合、美浜発電所においては３号機北方あご越えエリア、高浜発電所においては、１、２号機背面道路に設置した耐震構造の緊急時対策所内に「発電所原子力緊急時対策本部」を設置し、事故の制圧および拡大防止を図る体制としている。

また、原子力事業本部（原子力施設事態即応センター）には、「本店原子力緊急時対策本部」を設置し、発電所の事故対応を支援することとしている。

〇原子力安全統括の配置

発電所の体制の充実強化を図るため、自主的対応として、所長に次ぐ職位として原子力安全の実務に特化した「原子力安全統括」を配置した。

原子力安全統括は、緊急事態が発生した場合に、対応の優先度や有効性について助言を行うなど、発電所長の技術的判断のサポートを行う参謀機能を担っている。

〇原子炉主任技術者の号機毎の選任

原子炉主任技術者は、発電所の指揮命令系統とは独立して原子炉の運転に関する保安・監督を行う役割を担っており、発電所の運転や設備管理に直接関わらない職務に就いている社員から選出している。

2013 年７月の「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）」の改正を受け、これまでの号機間を兼任する体制から号機毎に専任する体制とした。

〇原子力事業本部の体制

原子力事業本部に設置される緊急時対策本部は、事故情報の収集と社内外への連絡、要員や資機材の派遣要請等の事故制圧に係る技術的支援等を行う。

緊急時において、重要度の異なる情報や報告が１名の指揮者に集中する等の課題に対応するため、米国の ICS（インシデントコマンドシステム）の考え方を導入し、緊急時対応の指揮命令を一元的に統括するインシデントコマンダーを設置し、2016 年８月以降、防災訓練等によりその有効性の検証を行っている。

また、複数の発電所が発災した場合を想定し、緊急時対策本部内の情報の錯そう等による混乱を防ぐため、インシデントコマンダーの配下に、発災発電所毎に事故対応を行う担当統括（サイト統括）を配置した。

インシデントコマンドシステムについては、東京電力㈱、九州電力㈱なども導入しており、各社が実施する原子力防災訓練などの機会を通じて、その運用状況等の情報収集を行っている。

対策本部となる会議室のレイアウトについては、発電所毎に部屋を区分けし、さらに、事故対応を行う各発電所のプラントパラメータや発電所の対策本部が確認できるようモニタ等を増強した。また、電子ホワイトボードを導入したことにより、各要員は、そこに書きこまれた情報を自席のパソコンで閲覧、確認することが可能となった。

なお、原子力事業本部建屋は、非常用ディーゼル発電機や電源車による電源確保対策に加え、会議室の天井落下防止や窓ガラス飛散防止フィルムの貼付等の地震対策や空気浄化装置等による放射線防護対策が講じられている。

（３）シビアアクシデント対応能力の向上

福島第一原子力発電所事故においては、アクシデントマネジメント用の運転操作手順書に制御盤上の操作手順しか記載がなく、操作を必要とする弁の特定等、手順を一つ一つ確認する必要があった。また、複数号機が全電源喪失する事態に直面し、錯綜する情報から必要情報を適切に取捨選択して評価することが非常に

困難であったことなどが指摘されている。
　このため、事業者は、地震津波による機器の損壊等を想定した長期間におよぶ全交流電源喪失マニュアルを整備し、運転員と事故対策要員に対する教育と訓練を実施している。
　本委員会は、全交流電源喪失時のマニュアル等の整備や教育の実施状況等を確認した。

（事業者の対応状況）

〇手順書の整備

　従来の設計基準を超える重大事故に対応するため、原子炉設置変更許可を受けた事故対応手順を警報時操作所則や事故時操作所則（第１部から第３部）に反映した。
　また、発電所対策本部（緊急安全対策要員等）の対応として、炉心損傷に至る可能性のある領域での対応を定めた「重大事故等発生時における原子炉施設の保全のための活動に関する所達（シビアアクシデント所達）」や「大規模損壊発生時における原子炉施設の保全のための活動に関する所達（大規模損壊所達）」を新たに定めた。
　さらに、格納容器破損に至る可能性のある領域での対応として、これらの所達による対応に加え、発電所対策本部（緊急安全対策要員等）が「事故時影響緩和操作評価所則」に基づきプラント状態の把握や実施する措置の有効性や影響評価など技術的判断を加えた上で、要員に対応を指示することとなっている。
　これらの所達や所則は、確実な対応や操作が実施できるようにプラント状態や操作の判断基準等が明記され、対応手順がフロー形式で示されている。

〇事故発生時のプラント挙動の理解等に関する教育訓練

　福島第一原子力発電所事故を踏まえ、重大事故時のプラント挙動を理解するため、プラント挙動を可視化する研修ツールを新たに整備した。
　この研修ツールは、炉心損傷後のプラント挙動の模擬が可能であり、コンピュータ上に系統図やプラントパラメータを表示するなど、プラント状態を把握することができるものとなっている。このツールを用いて、各発電所の運転員（約 300 名：2019 年度）、および指揮者を含む発電所対策本部の技術要員（約 700 名：2019 年度）を対象としてグループ演習等を実施している。さらに、指揮者等に対しては、新規制基準の中で要求されている重大事故シーケンス（19 事象）のプラント挙動や事故進展を理解するための教育等が行われている。
　また、運転員が訓練に使用するシミュレータに関して、新規制基準対応として新たに設置した空冷式非常用発電装置や恒設代替低圧注水ポンプ等のシビアアクシデント対策設備や、それらの設備を使用した事故対応シーケンスをシミュレータのプログラムに反映し、長期間の全交流電源・最終ヒートシンク喪失を想定した運転操作の訓練に活用している。さらに、2018 年 12 月に、炉心損傷後のプラント挙動を模擬できるプログラムを導入したことにより、プラントパラメータの確認等を実機に即した形で実施することが可能となり、原子炉容器や格納容器破損等の判断をはじめ、対応操作等の更なる知識・技能の向上を図っている。

〇若手技術者への技術継承に関する教育（人材育成）

事業者は、若手技術者の教育プログラムの継続的な評価、改善を行っており、2009 年から若手技術者に専任の指導員を配置することによる育成責任の明確化を行っている。

また、2004 年に発生した美浜３号機２次系配管破損事故をはじめとした事故の教訓を継承するため、事故の概要や再発防止対策等を理解するための講座を新入社員研修および新任役職者研修に組み込むことで、事故の風化防止を図っている。

福島第一原子力発電所事故後は、技術力の維持・向上対策として、運転員に対して、舞鶴火力発電所における当直業務の実務研修（2016 年度）や運転中の高浜３、４号機における運転操作の立会い等の実務研修（2017 年度）を実施している。

また、原子燃料課員に対して、2014 年度以降、原子力研修センター（おおい）のシミュレータを用いた炉物理検査業務研修（2017 年度：２回、2018 年度：２回、2019 年度：２回、2020 年度：３回）を実施している。

さらに、美浜発電所の若手社員（電気保修課員、放射線管理課員）を大飯発電所、高浜発電所の運転プラントに派遣し、安全系計器用電源の検査対応や１次系統、２次系統の水質管理、分析などの業務に従事するなどの実務研修（2019 年度：２回）を実施している。

その他、持続的なプラント運営に向けた要員の技術力維持･向上を図るため、原子力事業本部および各発電所の役職者（電気、機械、発電、燃料分野など）のうち約 40 名を育成キーマンに指名した。

新規配属者に対しては、運転・保守等の経験者（ベテラン社員）が指導員として配置されており、発電所の育成キーマンは、その活動状況を把握するとともに、「定常的な業務ができるか」、「非定常的な業務（トラブル発生時など緊急時対応）ができるか」などの指標に対する３年間の力量向上の度合いを管理している。（対象者：約 90 名（2017 年～2019 年））

また、事業本部の育成キーマンは、発電所から、それらの状況の聞き取りを行い、指導方法に関する良好事例などを抽出し、各発電所に展開している。

〇事故制圧訓練

福島第一原子力発電所事故を踏まえ、電源復旧や蒸気発生器への給水確保など作業手順の確認を含めた要素訓練を繰り返し実施するとともに、全交流電源および蒸気発生器による原子炉の除熱機能が喪失する事故等を想定し、緊急時対策所の立ち上げをはじめとする初動対応や、事故進展に対応するための総合的な訓練を実施している。

原子力規制庁は、毎年、これらの訓練の評価を行っており、事業者が 2019 年度に実施した訓練に対しては、事業本部から原子力規制庁緊急時対応センター（ERC）へのプラント情報の連絡のタイミング等に課題があるとの指摘があった。これらを踏まえ、事業者は、電力間で情報交換会を開催し、他社の取組み事例も踏まえ継続的に改善を図る予定である。

また、事故時の初動対応能力の向上等を目的として、休日に発電所において重大事故が発生した場合を想定し、原子力事業本部と発電所を TV 会議システムで接続し、原子力事業本部における社内外への情報連絡訓練や発電所支援の実

効性の検証を行った。

（４基同時発災への対応（高浜発電所））

高浜発電所では、2020 年 12 月、１号機から４号機が運転している状況を想定し、地震により外部電源が喪失し、さらに各号機において、

- １号機：全交流電源が喪失
- ２号機：一次冷却材の喪失事故（中 LOCA）に加え非常用炉心冷却系による炉心冷却ができない設備故障が発生
- ３号機：蒸気発生器２次側の全ての給水ができない設備故障が発生
- ４号機：一次冷却材の喪失事故（小 LOCA）に加え非常用炉心冷却系による炉心冷却ができない設備故障が発生

するなど、４基同時発災した状態を模擬した事故制圧訓練を実施した。

この訓練では、休日を想定した限られた人数（初動対応要員 100 名と参集要員 28 名）により、プラントの設備の状態把握や、事故対応手順の確認、情報共有等により事故制圧ができることを検証した。

（現場確認結果）

〇美浜発電所および高浜発電所の事故制圧訓練

- 休日における複数号機の発災を想定し、保安規定で定める常駐要員および６時間以内に参集する要員により、事故制圧体制を構築する訓練が行われていることを確認した。
- また、この訓練では、原子力事業本部の体制を検証するため、休日を想定した人数（美浜発電所：初動４名、参集８名、高浜発電所：初動 10 名、参集 20 名）により緊急時対策本部を立ち上げ、発電所との情報連絡等が行われていることを確認した。
- 高浜発電所では、４基同時発災を想定し、各号機毎に対応班を明確化するとともに、あらゆる情報が対策本部長（所長）に集中し、優先度に応じた対応や判断に遅れ等が生じないよう、所長が、運営統括長、品質保証室長、安全・防災室長、保修工事グループ課長を各号機の指揮者（ユニット指揮者）として指名していることを確認した。

＜本委員会の主な指摘事項＞

〇シビアアクシデント対応能力の向上

本委員会は、これまで、シビアアクシデント対応能力を向上させるため、解析ツールに頼るだけでなくプラントのパラメータ（温度、圧力等）の情報を基に、状況を把握できるよう習熟度を向上させる教育を行うことが重要であるとの指摘を行ってきた。また、組織の対応能力向上のためにシナリオ非提示型訓練を行うことを求めてきた。

これに対し事業者は、2015 年度以降、指揮者等を対象とした机上訓練として、プラント挙動を可視化した研修ツールを用い、事故時のプラントパラメータ（温度、圧力等）の挙動からプラント状態を推定、事故収束手段を検討・選択する訓練を継続して実施している（年１回）。

また、事業者は、現場指揮者に求められるスキルとして、福島第一原子力発電所事故の教訓から、「コミュニケーション」、「ストレス下の意思決定、人間特性」、

「権限委譲」、「状況把握」、「状況評価（認識）」、「組織管理」および「非常事態への事前準備」を抽出し、2016 年から、発電所対策本部の指揮者クラス※を対象に、リーダーシップやコミュニケーションなど個人や組織に関連するノンテクニカルスキルを向上させるための訓練（名称：たいかん訓練）を実施している。

※指揮者クラス（高浜発電所の例）：全体指揮者（発電所長）、原子炉毎の指揮を行うユニット指揮者とその補佐役を担う安全統括、副所長（技術）、運営統括長、安全・防災室長をはじめ課長クラス以上の役職者

この訓練では、１チーム６名（高浜）、４名（美浜）を基本として、指揮者クラスの社員が事故対策本部を模擬した部屋に集合し、これらプレーヤーに対して、別室より電話のみにより情報伝達が行われる。

その中には、起因事象（地震、火災等）やプラント情報のほか、負傷者情報や外部からの支援要請、問い合わせなど、チームの活動を阻害する情報が付与され、それらのストレス環境下で即応できているかなどの評価が行われている。

この訓練は、2016 年に開始され、2019 年までの４年間に延べ 193 名が参加しており、引き続き、訓練の振返りによる訓練者の気づき等を活かし、訓練、評価方法の改善を図るとしている。

（４）情報通信網等の強化

福島第一原子力発電所事故においては、発電所から国等への連絡は屋外に駐車した防災車に搭載された衛星電話を用いて行っていたが、線量の上昇に伴い、屋外に出ることが困難となり、この電話を用いた連絡ができなくなった。また、発電所敷地内に設置されている８台のモニタリングポストは、非常用を含めた電源喪失のためにすべて監視不能となった。

このため、事業者は、衛星電話による連絡や通信を強化するため、発電所に衛星電話を配備し、発電所内の通信手段として電池式の通話装置を配備した。

本委員会は、通常の通信手段が途絶した場合の発電所内外への連絡手段の強化策の状況を確認した。

（事業者の対応状況）

〇発電所内外への通信設備の強化

中央制御室および緊急時対策所（美浜発電所：３号機北方あご越えエリア、高浜発電所：１、２号機背面道路）と原子炉建屋やタービン建屋等の作業現場の間の通信手段としては、指令通信装置（ページング装置）や PHS が配備されている。

これらの装置が使用できなくなる場合を想定し、美浜３号機では新たに乾電池を用いた携行型通話装置（34 台）およびトランシーバー（20 台）を配備した。

また、高浜発電所では、携行型通話装置を 36 台から 74 台に増強し、トランシーバーについても 72 台から 100 台に増強した。

発電所外との通信手段については、美浜発電所では、衛星携帯電話を新たに 28 台配備し、高浜発電所では、衛星携帯電話を 39 台から 48 台に増強した。

さらに、中央制御室および緊急時対策所内で衛星電話が使用できるようにするため、屋外アンテナを設置（美浜発電所：３号機原子炉補助建屋に２台、緊急時対策所建屋に７台、高浜発電所１、２号機および３、４号機原子炉補助建屋にそれぞれ２台、緊急時対策所建屋に 17 台）するとともに、予備の屋外アン

テナ（美浜発電所：５台、高浜発電所：９台）を配備し、屋外が高線量となった場合においても、発電所外と通信できる手段を確保した。

〇プラントパラメータ表示システムの耐震化および通信の強化

原子炉の温度や圧力などの各種パラメータは、発電所に設置している安全パラメータ表示システム（SPDS）サーバに集約され、緊急時対策所、原子力事業本部に設置している SPDS 表示装置により表示・監視を行っている。

福島第一原子力発電所事故時においては、通常の通信設備や SPDS が機能せず、発電所および本店事故対策本部がプラント状態に関する情報を十分に得ることができなかったとされており、この対策として、事業者は、SPDS サーバおよびデータ伝送ラインの耐震性向上対策を行った。

美浜発電所の SPDS サーバについては、事務所から原子炉補助建屋内に移設し、耐震性を確保した。また、高浜１、２号機の SPDS サーバについては、従来は３、４号機の SPDS サーバからプラントパラメータを転送していたが、１、２号機の原子炉補助建屋内に新設した。

また、サーバを設置している原子炉補助建屋と緊急時対策所とのデータ伝送については、有線回線に加え、耐震性を有する無線通信設備を設置し、通信方法の多重化を行った。

さらに、これまで SPDS のデータは、発電所の SPDS サーバから原子力事業本部の同サーバに伝送し、原子力事業本部から統合原子力防災ネットワーク※（有線回線）を介して国へ伝送していたが、さらなる信頼性向上を目的に、発電所の SPDS サーバから直接国へ伝送する新たな通信設備を設置した。この設備による国への伝送は、有線および衛星の多重回線により行われる。

なお、発電所内外への通信のため、自主的対応として整備している保安電話などの通信設備は、免震事務棟に移設した。

※国が整備した原子力防災専用回線であり、国、自治体、原子力事業者、各原子力防災センターを繋いでいる。福島第一原子力発電所事故を踏まえ、従来の有線回線に加え衛星回線を整備し、通信を強化した。

〇発電所敷地周辺の放射線監視体制の強化

敷地周辺のモニタリングポストについては、停電時も継続して放射線量の監視ができるよう、無停電電源装置の給電能力を約６時間から約 24 時間に強化した。また、長時間の停電に対しては、非常用所内電源に接続しており、給電が可能である。

モニタリングポストから中央制御室サーバまでのデータ伝送は、これまでの有線に加え、無線による伝送回線を新たに整備した。

さらに、モニタリングポストが使用不能となった場合の代替測定器として、衛星通信機能およびバッテリを内蔵した可搬型モニタリングポストを美浜発電所については 11 台（予備１台を含む）、高浜発電所については９台（予備１台を含む）を配備し、車両等による現地への運搬と設置・測定に関する手順を整備した。

なお、可搬型モニタリングポスト（約 65kg～約 70 kg）は、パーツ（約 10kg～15kg）に分解することで人力による運搬が可能である。

（５）災害対応資機材等の充実

福島第一原子力発電所事故においては、原子炉格納容器ベントの実施に関し、全電源喪失を想定した準備が絶対的に不足していた。また、津波により発生したがれきが構内の通行を妨げ、事故対応の大きな障害になるとともに、多くの個人線量計が被水し使用できず、事故発生直後の放射線管理を十分に行うことができなかったとされている。

このため、事業者は、必要資機材のリストを作成し、がれき撤去用ホイールローダ、空気作動弁開閉用の窒素ボンベ、現場作業用のヘッドライト等を配備した。空路や海路による運搬手段として、ヘリコプター発着地の拡大や大型運搬船の手配を行った。また、緊急時の被ばく管理として、高線量対応防護服や内部被ばく評価用測定器の配備を行った。

本委員会は、資機材の調達に係る体制の強化や運搬手段等の改善策について事業者の対応状況を確認した。

（事業者の対応状況）

資機材の調達に係る体制として、原子力事業本部に「原子力調達センター」を設置し、調達本部（本店）の原子力設備調達に係る要員を常駐させ、緊急時も含めた調達機能を一元化している。

資機材等の調達に関しては、調達先リストに具体的な調達先（名称、住所、電話番号など）や仕様の記載を追加するとともに、緊急時に必要となる技能（弁やポンプの点検・補修、発電機やケーブル、計器の点検・補修等）を備えた協力会社の要員リストを発電所毎に作成し、半期毎に更新している。

○海路および空路による資機材運搬手段

海路に関しては、要員や資機材の夜間輸送を可能とするため、サーチライト等を船舶に装備し、大型資機材の運搬船等の手配に関する契約を締結した。また、それらの船が接岸する物揚げ岸壁の耐震性強化のため、高浜発電所では、地盤改良工事を実施した。

空路に関しては、ヘリコプターおよび必要な資機材（送水車等の燃料）を予め確保（大阪市内に２箇所）するとともに、福井県内７箇所および美浜発電所、大飯発電所、高浜発電所内もしくは近郊に臨時ヘリポートを設置し、夜間着陸用の灯火機器を配備した。このうち、高浜発電所では、構外（音海地区）の駐車場を活用し、美浜発電所では、構内および構外（丹生地区）の駐車場を活用することとしている。

○事業者間協力協定による支援

全国の原子力事業者（12 社）は原子力災害時における協力協定を締結しており、環境放射線モニタリングや周辺地域の汚染検査、住民避難等への人的・物的な支援を行う体制としている。2014 年 10 月には、災害時に派遣する要員を 60 名から 300 名に増員するとともに、サーベイメータや線量計、タイベックスーツなどの貸与資機材の数量の充実を図った。

また、2016 年４月に西日本４社（関西電力㈱、中国電力㈱、四国電力㈱、九州電力㈱）、2016 年８月に北陸電力㈱を加えた５社において、原子力災害時の協力要員の派遣および資機材の提供等を相互に行う協定を締結した。

2019 年には、中国電力㈱島根発電所における原子力総合防災訓練において、

両事業者の原子力部門責任者間でテレビ会議を開催し、中国電力㈱に対して支援協力等を行っている。また、志賀、島根、伊方、玄海、川内発電所の原子力防災訓練に参加し、事業者（関西電力）よりモニタリング要員（避難退域時検査のための要員）を派遣している。

その他、これらの訓練を通じて、可搬式代替低圧注水ポンプなどの資機材融通時に、接続ホースの口径が異なることを想定した器具の追加配備を行った。また、今後、電源車についても、同様に接続器具を追加配備する予定である。

（６）免震事務棟および緊急時対策所の設置

福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全性向上対策として、事故対応時の指揮機能の強化、現場対応体制の確保等の更なる充実の観点から、免震構造、放射線遮へい性能や対応要員の収容機能等を有した各号機共用の免震事務棟を設置することとした。

本委員会は、重大事故等が発生した場合の事故制圧および拡大防止を図るための対策本部の設置状況を確認した。

（事業者の対応状況）

事業者は、免震構造の緊急時対策所を設置するため、2013 年６月に工事に着手し、当初、2015 年度上期の運用開始を目指していた。その後、2013 年７月に施行された新規制基準において、現地対策本部として、基準地震動等により発電所内外への通信連絡等の機能が喪失しない緊急時対策所の設置が要求されたことから、建設中の免震事務棟を各号機共用の緊急時対策所として活用することとした。

しかし、2014 年５月の基準地震動見直し等の新規制基準適合性審査の状況等を踏まえ、事業者は、2015 年３月、免震事務棟とは別に、緊急時対策所として耐震構造建屋を建設する計画に変更した。

美浜発電所は 2017 年９月、高浜発電所は 2016 年３月に工事に着手し、美浜発電所の緊急時対策所（地上１階建て）は 2020 年８月に工事を完了し、高浜発電所の緊急時対策所（地上１階、地下１階建て）は、2019 年６月に工事を完了し、運用を開始した。

また、免震事務棟（美浜発電所：地上２階建て、高浜発電所：地上６階、地下１階建て）については、自主的対応と位置付け、事故対応支援要員や資機材を収容するための免震構造の施設として、美浜発電所は 2020 年９月、高浜発電所は 2019 年３月に運用を開始した。

（現場確認結果）

〇免震事務棟の運用

- 美浜発電所は最大約 200 名、高浜発電所は最大約 800 名を収容することができ、汚染対策や被ばく低減のための除染エリア、空気浄化装置を備えており、事故時の現場対応要員の待機場所として使用できることを確認した。
- また、本委員会が、免震事務棟における事故対応支援設備の整備の必要性を指摘したこと等を踏まえ、免震事務棟内に、社内テレビ会議システムや事故対応マニュアルを配備した会議室を設置するとともに、通信設備（衛星電話等）や SPDS 端末を整備したことを確認した。

・ 事故時に対策本部となる緊急時対策所については、美浜発電所は約 100 名、高浜発電所は約 200 名を収容することができ、事故対応に必要な要員および原子力規制庁や協力会社等とともに対応を行うことを確認した。

〇中央制御室と緊急時対策所等との連絡手段（美浜３号機および高浜１、２号機）

・ 中央制御室と緊急時対策所等の通信連絡手段として、PHS および運転指令装置が設置されているが、本委員会の指摘等も踏まえ、電源喪失等により、これらが使用できない場合に、中央制御室と緊急時対策所、主蒸気ヘッダ室、メタクラ室、空冷式非常用発電装置（屋外）等の各現場に、通話装置回線（ケーブル、ジャック）を恒設化していることを確認した。
・ また、携行型通話装置を配備しており、この回線に容易に接続できることを確認するとともに、回線が断線した場合を想定して、中央制御室に 200m 長の通信ケーブルドラムを配備し、現場までケーブルを敷設する手順を整備していることを確認した。

２－３　外的事象への対応

外的事象への対応について、「地震・津波」、「その他外的事象」に区分して事業者の対応状況等を整理した。

このうち、「地震・津波」については、原子力規制庁より、基準地震動に係る審査や津波警報が発表されない可能性のある津波への対応（高浜発電所）に係る審査結果について説明を受けており、その内容をまとめている。

2011 年３月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震（モーメントマグニチュード 9.0)では、福島第一原子力発電所２、３、５号機の原子炉建屋基礎版上において、観測地震動の最大加速度（２号機：550 ガル、３号機：507 ガル、５号機：548 ガル）が基準地震動で定めた最大応答加速度（２号機：438 ガル、３号機：441 ガル、５号機：452 ガル）を上回った。また、地震に伴う津波が、敷地前面海域から到来し、主要建屋が設置されているエリアのほぼ全域が浸水したとされている。

このため、事業者は、地震や津波に関して、活断層の連動の考慮、発電所敷地地盤に係る調査データの拡充、国内の地震観測記録の収集および行政機関の津波評価等、現在までに得られている知見を考慮した上で、各種不確かさを考慮して基準地震動および基準津波の策定を実施した。加えて、竜巻や森林火災、火山等の外的事象を考慮し、施設の防護対策を実施した。

本委員会は、基準地震動の見直しに伴う配管等の耐震補強や竜巻対策等として実施した海水ポンプ室エリアの防護設備等の配置状況を確認した。

（１）地震・津波

１）地震対策

（事業者の対応状況）

○基準地震動の策定

事業者は、基準地震動の策定にあたり、プレート間地震およびプレート内地震については、震源が発電所から離れているため、敷地近傍の活断層の評価を重点的に行い、基準地震動を策定した。

（美浜発電所）

Ｃ断層、三方断層、白木－丹生断層、大陸棚外縁～Ｂ～野坂断層、安島岬沖～和布－干飯崎沖～甲楽城断層および甲楽城沖断層～浦底断層～池河内断層～柳ヶ瀬山断層を震源として考慮した。

また、敷地内において実施した微動アレイ探査等を基に地盤の速度構造を推定し、地盤モデルを更新するとともに、震源断層の上端深さを３km として設定した。

敷地内で反射法地震探査等を実施した結果、発電所の地下に地震波を増幅させる特異な構造がないと評価した。

これらの結果に加え、短周期の地震動レベルや断層傾斜角、断層の破壊伝播速度等に関し、不確かさを考慮して地震動評価を行った。その結果、「震源を特定して策定する地震動」として、応答スペクトル法による地震動（Ss-1：750 ガル）および断層モデルによる地震動のうち、Ss-1 を一部周期帯で上回る 21 波（Ss-2～Ss-22）を基準地震動として策定した。

（高浜発電所）

海域の FO-A 断層、FO-B 断層に陸域の熊川断層を加えた断層の３連動および上林川断層を震源として考慮した。また、敷地内外において実施した微動アレイ探査や地震波干渉法等を基に地盤の速度構造を推定し、地盤モデルを更新するとともに、震源断層の上端深さを従来評価の４km から３km に変更した。

敷地内で反射法地震探査等を実施した結果、発電所の地下に地震波を増幅させる特異な構造がないと評価した。

これらの結果に加え、短周期の地震動レベルや断層傾斜角、断層の破壊伝播速度等に関し、不確かさを考慮して地震動評価を行った。その結果、「震源を特定して策定する地震動」として、応答スペクトル法による地震動（Ss-1：700 ガル）および断層モデルによる地震動のうち、Ss-1 を一部周期帯で上回る４波（Ss-2～Ss-5）を基準地震動として策定した。

表２－６　基準地震動の最大加速度（ガル）一覧（美浜発電所）

基準地震動		NS方向	EW方向	UD方向
Ss－1	設計用模擬地震波	750		500
Ss－2	C断層（短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点1）	910	978	373
Ss－3	C断層（短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点2）	960	993	385
Ss－4	C断層（短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点3）	912	862	296
Ss－5	C断層（短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点4）	668	867	339
Ss－6	C断層（短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点5）	799	680	340
Ss－7	C断層（傾斜角55°ケース、破壊開始点3）	620	611	337
Ss－8	白木－丹生断層（短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点1）	541	781	577
Ss－9	白木－丹生断層（短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点2）	787	598	467
Ss－10	白木－丹生断層（短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点3）	669	562	411
Ss－11	白木－丹生断層（短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点5）	806	623	502
Ss－12	大陸棚外縁～B～野坂断層（短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点2）	708	620	402
Ss－13	大陸棚外縁～B～野坂断層（短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点3）	746	545	508
Ss－14	大陸棚外縁～B～野坂断層（短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点4）	680	761	536
Ss－15	大陸棚外縁～B～野坂断層（短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点6）	506	661	476
Ss－16	大陸棚外縁～B～野坂断層（短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点7）	802	815	535
Ss－17	大陸棚外縁～B～野坂断層（Vr=0.87βケース、破壊開始点1）	492	613	348
Ss－18	大陸棚外縁～B～野坂断層（Vr=0.87βケース、破壊開始点4）	518	609	445
Ss－19	安島岬沖～和布－干飯崎沖～甲楽城断層（Vr=0.87βケース、破壊開始点2）	239	279	232
Ss－20	安島岬沖～和布－干飯崎沖～甲楽城断層～甲楽城沖断層～浦底断層～池河内断層～柳ヶ瀬山断層～柳ヶ瀬断層南部～鍛冶屋断層～関ヶ原断層（破壊開始点2）	441	584	402
Ss－21	安島岬沖～和布－干飯崎沖～甲楽城断層～甲楽城沖断層～浦底断層～池河内断層～柳ヶ瀬山断層～柳ヶ瀬断層南部～鍛冶屋断層～関ヶ原断層（破壊開始点6）	603	451	436
Ss－22	安島岬沖～和布－干飯崎沖～甲楽城断層～甲楽城沖断層～浦底断層～池河内断層～柳ヶ瀬山断層～柳ヶ瀬断層南部～鍛冶屋断層～関ヶ原断層（破壊開始点9）	433	407	270
Ss－23	2000年鳥取県西部地震の賀祥ダムの観測記録	528	531	485
Ss－24	2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動	620		320

表２－７　基準地震動の最大加速度（ガル）一覧（高浜発電所）

基準地震動		NS方向	EW方向	UD方向
Ss-1	設計用模擬地震波	700		467
Ss-2	FO-A～FO-B～熊川断層（短周期1.5倍ケース、破壊開始点5）	376	248	334
Ss-3	FO-A～FO-B～熊川断層（短周期1.5倍ケース、破壊開始点6）	396	240	313
Ss-4	FO-A～FO-B～熊川断層（Vr=0.87βケース、破壊開始点9）	255	205	218
Ss-5	上林川断層（短周期1.5倍ケース、破壊開始点3）	180	374	320
Ss-6	2000年鳥取県西部地震・賀祥ダムの記録	528	531	485
Ss-7	2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動	620		320

○震源を特定せず策定する地震動

新規制基準では、基準地震動として、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」および「震源を特定せず策定する地震動」について、解放基盤表面における水平方向および鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定することを要求している。

規制委員会は、新規制基準適合性審査において、「震源を特定せず策定する地震動」のうち、「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」については、「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」に例示されているモーメントマグニチュード 6.5 未満の 14 地震の中から、敷地に及ぼす影響が大きいとして抽出された５地震のうち、2004 年北海道留萌支庁南部地震について佐藤ほか(2013)で推定された基盤地震動に不確かさを考慮した地震動を「震源を特定せず策定する地震動」として策定することを妥当と判断してきた。

残りの４地震の検討については、国内の各事業者が、各観測地点の地盤調査等による地盤物性値に基づく基盤地震動の評価に時間を要している状況などを踏まえ、規制委員会は、2017 年 11 月に「震源を特定せず策定する地震動に関する検討チーム」を設けることを決定した。検討チームでは、過去の内陸地殻内地震の地震動観測記録を収集・分析し、地域的な特徴を極力低減させて普遍的な地震動レベルを設定するために、震源近傍での多数の地震動記録について統計的な処理を行い、地震基盤相当面における標準応答スペクトルを策定した。その結果を、2019 年８月に報告書として取りまとめた。

その後、事業者からの意見聴取や規制委員会における議論等を踏まえ、2021 年１月、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」、「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」の案が公表された。

事業者は、今後、これらのガイド等が改正された後、その基準に基づき、発電所の基準地震動の変更要否の検討を行い、変更が必要な場合には、規制委員会に対して、原子炉設置変更許可申請を行うとしている。

○原子力規制庁による熊本地震の分析

2016 年４月 16 日に発生した熊本地震（マグニチュード 7.3）に関して、地震・津波の審査会合を担当した規制委員会の元委員が、地表地震断層の長さや地震規模等から、現行の基準地震動策定手法に従って評価した基準地震動が過小評価となる場合があり、大飯発電所の基準地震動が該当する可能性を指摘した。

原子力規制庁は、その指摘を踏まえ、大飯発電所の基準地震動の妥当性を検証した。その中で、審査で用いた断層面積と地震モーメントの関係式を指摘に従い別の関係式に置き換えた場合、強震動の生成に大きく寄与するアスペリティ（震源断層の中のすべり量が大きい領域）の面積が震源断層全体の面積を上回るなど、不均質震源モデルの構築の過程で矛盾が生じることを確認した。

規制委員会は、上記の検証作業の結果を踏まえ、2016 年７月 27 日、現行の基準地震動策定手法を部分的に変更することは科学的見地から合理性がなく、大飯発電所の基準地震動を見直す必要はないとの見解を示した。

また、原子力規制庁は、熊本地震の観測記録等が基準地震動策定手法に与え

る影響の有無を確認するため、観測記録に基づく解析を行うとともに、東京大学地震研究所や防災科学技術研究所等の研究機関の研究報告等を含めて分析した結果、現行の基準地震動策定手法に影響する要因はないとの見解を示した。

〇基準地震動の策定に係る審査

原子力規制庁は、2020 年 12 月４日の「大飯発電所３、４号機設置変更許可処分取消請求訴訟（大阪地方裁判所）」の判決に関連して、同年 12 月 16 日に基準地震動の策定に係る審査の基本的考え方などの見解をまとめ、規制委員会に報告した。

また、その際の審議において、規制委員会から、技術的な内容について説明を加えていく必要があるとの指示があったことから、審査の具体例として、大飯発電所の基準地震動の審査を取り上げ、2021 年２月３日に「基準地震動の策定に関する審査における不確かさの反映の具体例」を取りまとめ、規制委員会に報告した。この中で、原子力規制庁は、

- 地震動評価の「基本ケース」自体も、評価結果が厳しい側のものとなるように、断層長さ及び断層幅、アスペリティ位置を設定している
- 「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の断層モデルを用いた手法に基づく地震動評価は、地震調査研究推進本部地震調査委員会の「震源断層を特定した地震の強震動予測手法（レシピ）」に示された関係式及び手順に基づいて行われている
- レシピを用いて地震動評価を行う際には、その評価に影響を与える種々の不確かさがあることから、敷地での地震動が厳しい側のものになるように、レシピにより算出された震源特性パラメータに各種の不確かさを考慮することにより、地震動評価結果が大きくなるように評価を行う

ことを示すとともに、基準地震動が、地震動評価に大きな影響を与えると考えられる不確かさを考慮しているかについて、

- 地震動評価の「基本ケース」自体も、評価結果が厳しい側のものとなるように、断層長さ及び断層幅、アスペリティ位置を設定していること
- 地震動評価の「不確かさケース」は、「基本ケース」に対して、さらに保守性を確保し厳しい地震動評価となるように、短周期の地震動レベル、断層傾斜角、すべり角、破壊伝播速度、アスペリティ位置、これら不確かさの重畳など、震源特性パラメータを設定していること

などを確認し、基準地震動の審査は妥当であるとした。

本委員会は、規制委員会が基準地震動を策定するにあたり、レシピに従い、敷地への影響を考えた様々な不確かさを考慮していることを確認した。

その上で、本委員会は、

- 基準地震動の策定過程や結果を説明するにあたり、震源断層のモデル化における「基本ケース」と「不確かさのケース」には、全国共通に同じ尺度で考えるケースと、震源断層が敷地に近い場合は、さらなる不確かさの考慮や不確かさの重畳を考えるケースがあることから、その考え方を明確にするとともに、評価された基準地震動の保守性についても説明する必要がある
- 解放基盤面（硬質地盤）上で評価した基準地震動と国内各地で実際に観測された地震動との震動特性（最大振幅）の差について、地盤特性等を踏まえ

た比較分析を行い、その結果を分かりやすく情報提供していくことが重要
・ 活断層が確認されていない場所でも地震は起きる可能性もあることから、敷地周辺の活断層の有無にかかわらず、基準地震動を策定する方法を検討してはどうか

などを指摘した。これに対して、原子力規制庁は、

・ 福島第一原子力発電所事故の教訓の一つとして、地震などの自然現象に関して、不確かさを十分に考慮することが重要との観点から、審査では、基本ケースを定める段階から、地質調査等の結果を踏まえた上で、断層長さ、断層幅や断層上端あるいは下端深さ等について、不確かさを反映しており、さらに「不確かさケース」として、短周期レベル 1.5 倍、破壊開始点の位置、アスペリティの位置・形状などを考慮するとともに、それらの重畳も考え、基準地震動として最大の地震動を求めている
・ 策定した基準地震動の値が、現在の地質学、地震学、地震工学的見地からどのような位置づけにあるのかについては、分かりやすく説明していく必要があると考えており、理解が得られるように努めていく
・ 原子力発電所敷地周辺の状況等を十分考慮した詳細な調査を実施しても、なお敷地近傍において発生する可能性のある内陸地殻内の地震の全てを事前に評価しうるとは言い切れないため、敷地近傍における詳細な調査の結果にかかわらず、全国共通に考慮すべき「震源を特定せず策定する地震動」を規制に取り入れ、事業者に対してこの手法による評価を求めている

などの説明があった。

〇大深度地震観測装置の整備

地盤モデルの信頼性向上および地震動評価の精度向上を目的として、敷地内において地盤面（以下、GL）-100m 級の鉛直アレイ地震観測を実施するとともに、2007 年の新潟県中越沖地震により得られた知見等を踏まえ、自主的対応として GL-1000m 級の大深度地震観測のための地震計を設置し、美浜発電所については 2014 年４月、高浜発電所については、2016 年４月より観測を開始している。

２）津波対策

（事業者の対応状況）

〇基準津波の策定

事業者は、基準津波の策定にあたり、海域の活断層や、その周辺の地すべり（海底地すべり、陸上地すべり）を波源として考慮し、これらを組み合わせた津波の評価を実施した。

評価の結果、美浜発電所および高浜発電所では、若狭海丘列付近断層と隠岐トラフ海底地すべりとの組み合わせを基準津波として策定し、高浜発電所に関しては、FO-A 断層～FO-B 断層～熊川断層と陸上地すべりの組み合わせも基準津波として策定した。さらに、潮位のばらつき等も考慮して想定される津波高さを入力津波高さとして設定した。若狭海丘列付近断層に対しては、福井県が想定した波源モデル（断層長さ 90km）を用いて津波評価を実施した。

また、津波発生に係る情報収集に関して、日本気象協会と契約し、地震や津波を含む気象観測の情報を常時収集するとともに、津波の襲来を察知するため、

放水口および取水口等を監視できる屋外監視カメラを設置し、中央制御室からの監視を可能とした。

(美浜発電所)
若狭海丘列付近断層と隠岐トラフ海底地すべりによる入力津波高さ（取水口前 4.2m、防潮堤（内陸側）4.0m）に対し、敷地への浸水を防止するために、津波防護施設として３号機側敷地を取り囲むように防潮堤（海面からの高さ 5.5m、6.0m）を設置した。

(高浜発電所)
若狭海丘列付近断層と隠岐トラフ海底地すべりによる入力津波高さ（放水路奥 6.7m、防潮ゲート前面 6.2m）に対し、敷地への浸水を防止するために、津波防護施設として、放水口側防潮堤（海面からの高さ 8.0m)、取水路防潮ゲート（海面からの高さ 8.5m）を設置した。
このうち、放水口側防潮堤については、堆積層等に設置されていることから、地盤の液状化により強度が低下する可能性のある層を対象に、地盤改良工事(浸透固化改良）を実施した。
FO-A 断層～FO-B 断層～熊川断層と陸上地すべりによる入力津波高さ(海水ポンプ室前面 2.9m）は、敷地高さ（海面からの高さ 3.5m）を下回った。

〇津波警報が発表されない可能性のある津波への対応（高浜発電所）
2018 年 12 月 22 日、インドネシアのスンダ海峡にある火山島のアナク・クラカタウの噴火に伴い津波が発生し、その原因は、火山噴火の山体崩壊により大量の土砂の塊が海に滑り落ちたことや、津波の規模の割には被害が大きい要因として、津波警報が発表されずに津波が来襲したことが考えられたため、規制委員会は、2019 年１月に「津波警報が発表されない可能性のある津波への対応」を取りまとめた。
この中で、高浜発電所では、基準津波に対する設計に該当する運用として、津波警報が発表された後、常時開いている取水路防潮ゲートを閉止することにより津波の敷地への遡上、流入を防止していることから、津波警報が発表されない可能性のある「隠岐トラフ海底地すべり」による津波について、取水路防潮ゲートが開状態での遡上評価、津波による海水ポンプ等の重要な設備への影響等を確認することとした。
その後、原子力規制庁は、2019 年５月に事業者から評価結果をまとめた報告書の提出を受け、「津波警報が発表されない可能性のある津波への対応の現状聴取に係る会合」を開催した。この会合における事業者からの聴取結果を踏まえ、2019 年７月に規制委員会は、
・ 本件津波については、インドネシアのスンダ海峡で発生した津波の知見を踏まえると規制に取り入れる必要があり、基準津波として選定する必要がある
・ １～４号炉が稼働する場合は、本件津波に対する対策を講じる必要があると考えられる
として、原子炉設置変更許可申請が行われる必要があるとの見解を示した。これを受け、事業者は、2019 年９月に原子炉設置変更許可申請を行うとともに、

審査会合における議論等を踏まえ、補正申請を行い、

- 取水路防潮ゲートの閉止にあたり、１、２号機と３、４号機中央制御室間の当直課長の連絡手段として、新たに、衛星電話を１、２号機中央制御室に２台、３、４号機中央制御室に２台追加するとともに、電路（通信アンテナ等）についても、それぞれ２系統追加
- 発電所に設置する４台（うち１台は予備）の潮位計をもとに、２台の観測潮位がいずれも 10 分以内に 0.5m 以上下降し、その後、最低潮位から 10 分以内に 0.5m 以上上昇した場合に加え、２台の観測潮位がいずれも 10 分以内に 0.5m 以上上昇し、その後、最高潮位から 10 分以内に 0.5m 以上下降した場合に、循環水ポンプ停止・プラント停止の操作を行い、停止後に取水路防潮ゲートを閉止する運用手順を整備

するなどの対応を図った。

規制委員会は、これらの内容に係る審査を行い、2020 年 12 月２日に原子炉設置変更を許可した。

事業者は、その他、津波の早期検知を目的として、兵庫県の津居山港の検潮所の潮位データを活用することに加え、自社所有の潮位計を設置するとともに、この潮位データを高浜１、２号機および３、４号機の中央制御室へ伝送する手段を確保した。

また、潮位データをもとに、潮位変動が 10 分以内に 0.5m の変動（上昇または下降）があった場合に、運転員等は、津波襲来に備えた対応（ゲート落下機構の確認、津波監視カメラによる監視等）を実施するとともに、潮位変動が 10 分以内に１m の変動（上昇または下降）があった場合に、取水路防潮ゲートの閉止判断を早期化することなどを保安規定等に明記した。

これらに加え、地震と津波の組み合わせが施設に及ぼす影響に関して、荷重、浸水等の観点から評価を実施した。

美浜発電所の防潮堤等、高浜発電所の放水口側防潮堤や取水路防潮ゲート等については、基準地震動による地震荷重、余震荷重と津波荷重との組み合わせ等を考慮して設計を行い、地震発生後においても設備の健全性が保たれ、津波が敷地内に浸水することはないとした。

（現場確認結果）

○津波警報が発表されない可能性のある津波への対応（高浜発電所）

- 基準津波に津波警報が発表されない可能性のある津波が発生した場合に取水路防潮ゲート閉止の判断に用いる潮位計が敷地内に４台されていることを確認するとともに、１、２号機の中央制御室において、潮位計の指示値を確認できる表示装置（モニター）が設置されていることを確認した。
- また、取水路防潮ゲートの閉止のための１、２号機および３、４号機中央制御室間の連絡手段として、衛星電話が設置されていることを確認した。
- 「隠岐トラフ海底地すべり」による津波が発生した場合において、津波の敷地への遡上および水位の低下による海水ポンプへの影響を防止するため、原子炉の停止や取水路防潮ゲートの閉止等を行う手順が整備されていることを確認した。

（２）その他外的事象

（事業者の対応状況）

〇竜巻対策

竜巻の影響評価にあたり、日本国内において過去に発生した竜巻の最大風速92m/s に対して余裕を持たせた風速 100m/s を考慮し、竜巻による飛来物の発生を防止するため、電源車やコンテナ等の資機材の固縛対策を実施した。また、安全上重要な屋外設備の健全性を維持するため、飛来物の衝突に対する防護対策として、海水ポンプ室エリアへの鋼板、ネットの設置等を行った。

〇森林火災対策

森林火災の延焼等から発電所施設を防護するため、発電所施設周辺の樹木を伐採し、防火帯（幅 18m）を設置した。また、伐採箇所にモルタル吹付を実施した。

〇火山対策

（火山灰への対応）

事業者は、発電所の安全性に影響を与える可能性のある火山事象として、火山性土石流や噴石、火山ガス、火山灰等の影響を評価しており、このうち火山灰については、発電所の敷地周辺の地質調査や文献調査、大山（鳥取県）を対象とした数値シミュレーションにより敷地における最大層厚を 10cm と設定し、建屋や屋外施設に火山灰の堆積荷重を考慮しても健全性が維持されると評価するとともに除灰作業に必要な資機材や手順等を整備した。

また、設備等に及ぼす影響への対応として、外気を取り入れる箇所については、フィルタを設置し、火山灰がフィルタに付着して閉塞する場合は、フィルタの清掃または交換を行うことで機能を維持する設計方針とした。

（火山影響評価ガイド等の改正）

規制委員会は、2016 年 10 月に開催した第 21 回技術情報検討会において、火山灰濃度に関する新知見として電力中央研究所や産業技術総合研究所等の最新の研究成果等が報告され、その中で、委員より、引き続き、最新知見の収集・分析等を進めて継続して検討を行うことなどの指摘があったことを踏まえ、同月、「原子力発電所の火山影響評価ガイド」の改正等を検討する方針を示した。

また、2017 年１月に「降下火砕物濃度の評価に関する検討チーム」を設置し、気中降下火砕物濃度等の設定方法、当該濃度等の規制上の位置づけ、発電用原子炉施設への影響を防止するための規制要求について検討を行い、2017 年６月に「気中降下火砕物濃度等の設定、規制上の位置付け及び要求に関する基本的考え方」を取りまとめた。

規制委員会は、これらの基本的考え方を基に、2017 年９月に火山影響等発生時の体制整備等に係る措置を保安規定等で要求することを決定した。また、同年 11 月に「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則（実用炉規則）」等を改正した。

これを受け、事業者は、既許可における敷地の火山灰の堆積量（10cm）に基

づき、降灰継続時間を 24 時間と仮定して気中降下火砕物濃度（美浜発電所：約 1.75g/m^3、高浜発電所：約 1.4g/m^3）を設定した。

また、気中降下火砕物濃度への対応として、降灰が予想される場合に非常用ディーゼル発電機の吸気消音器に改良型フィルタ（着脱式）を設置し、火山灰で閉塞する前にフィルタを順次交換・清掃する体制を整備した。

さらに、降灰による全交流動力電源喪失を想定して、代替電源として使用する電源車を降灰の影響を受けない屋内に配置して給電する等の手順を定めた。

（大山火山の大山生竹テフラの噴出規模の見直し）

原子力規制庁は、2017 年６月、火山活動可能性評価に係る安全研究を行った結果、大山生竹テフラ（DNP）の噴出量については、既知見とは異なる可能性があることから、事業者に対し、DNP の火山灰分布について、情報収集を行うことを求めた。これを受け、事業者は 2018 年３月に情報収集の結果を原子力規制庁に報告した。

その後、原子力規制庁と事業者との意見交換会や現地調査が行われ、規制委員会は、2018 年 11 月、京都市越畑地点の DNP の降灰層厚は 25 ㎝程度であること、DNP の噴出規模は従来考えられてきた規模を上回る 10 ㎞^{3}以上と考えられることが新知見として認定した。

また、規制委員会は、2018 年 12 月、事業者に対し、越畑地点等の DNP の降灰層厚に基づく DNP の噴出規模、原子力発電所ごとの敷地における降下火砕物の最大層厚について評価するよう報告徴収命令を発出した。これに対し、事業者は、各発電所の敷地における降下火砕物の最大層厚の評価を行い、2019 年３月 29 日、報告書を規制委員会に提出した。

これを受け、規制委員会は、2019 年５月 29 日、火山影響評価に係る基本設計ないし基本的設計方針の変更が必要と判断し、2019 年６月 19 日、事業者に対し、12 月 27 日までに原子炉設置変更許可申請を行うよう命令を発出した。

事業者は、美浜、大飯、高浜発電所における最大層厚の見直しを行い、2019 年９月 26 日、設置変更許可申請を行うとともに、審査会合における議論※を踏まえ、再度、最大層厚の見直しを行うとともに、層厚変更に伴う施設の強度評価や非常用ディーゼル発電機の改良型フィルタ取替運用などの成立性確認の結果等をまとめ、2021 年１月 26 日、原子力規制庁に補正書を提出した。

その後、規制委員会は、2021 年３月 17 日に審査書案を取りまとめた。

※2020 年５月の第 360 回審査会合において、原子力規制庁より、京都府越畑地点と大飯発電所が大山から同じ距離にあることを踏まえ、越畑地点の層厚 25cm が敷地付近で確認されたとみなし、申請時の層厚を見直すよう指摘があった。

表２－８　美浜、大飯、高浜発電所における想定降灰層厚

		高浜	大飯	美浜
噴出規模 11km^{3}に基づく関西電力のシミュレーション結果		21.9cm	19.3cm	13.5cm
降灰層厚	上記に基づく層厚	25cm	22cm	15cm
	審査を踏まえ見直した結果	27cm	25cm	22cm

（現場確認結果）

- 燃料取替用水タンクや海水ポンプに対する竜巻対策として、側面および上面を鋼板で囲うなどの工事により設備が防護されていることを確認した。
- 防火帯については、看板やマーキングで範囲を明確にするとともに、可燃物

の設置を禁止する旨を表示していることを確認した。

- 火山活動に伴う降灰が予想される場合において、非常用ディーゼル発電機の吸気消音器の吸気フィルタの閉塞を防止するため、着脱式の改良型フィルタを配備し、非常用ディーゼル発電機を運転しながら改良型フィルタを交換する手順が整備されていることを確認した。
- また、非常用ディーゼル発電機の機能停止を想定して、降灰予報（多量）が発表されたのち、直ちに電源車を屋外から原子炉補助建屋（燃料取扱建屋）内に移動するとともに、全交流電源喪失を想定して、電源車から仮設中圧ポンプへの給電および同ポンプにて蒸気発生器２次側に注水し炉心冷却を行う手順が整備されていることを確認した。

２－４　高経年化対策

美浜３号機は 1976 年 12 月 1 日、高浜１号機は 1974 年 11 月 14 日、２号機は、1975 年 11 月 14 日に運転を開始し、それぞれ 2016 年 12 月１日、2014 年 11 月 14 日、2015 年 11 月 14 日に運転開始後 40 年を迎えた。

本委員会は、美浜３号機および高浜１、２号機の高経年化対策について、事業者より、原子炉容器、原子炉格納容器、コンクリート構造物の追加点検（特別点検）の結果などもまとめた 40 年目の高経年化技術評価の内容について説明を受けるとともに、原子力規制庁より、これらに係る審査（運転期間延長審査）の結果について説明を受けた。

これらに関する主な概要については、以下の通りである。

（１）特別点検

「実用発電用原子炉の運転期間延長認可申請に係る運用ガイド」では、「申請に至るまでの間の運転に伴い生じた原子炉その他の設備の劣化の状況の把握のための点検」として、加圧水型軽水炉については、原子炉容器、原子炉格納容器、コンクリート構造物を対象に、着目する劣化事象および点検方法を定め、それらを特別点検として、運転開始後 35 年を経過する日以降に実施することを求めている。

表２－９　特別点検の対象設備・部位（加圧水型軽水炉）

対象設備	対象部位	現在の点検方法	特別点検
原子炉容器	母材及び溶接部（炉心領域 100%）	溶接部の超音波探傷試験の実施	母材及び溶接部の超音波探傷試験の実施
	一次冷却材ノズルコーナー	超音波探傷試験の実施	クラッド表面の渦流探傷試験の実施
	炉内計装筒	下鏡との溶接部の外面からのベアメタル検査と漏えい試験の実施	下鏡との溶接部の内面から目視試験、炉内計装筒内面の渦流探傷試験の実施
原子炉格納容器	原子炉格納容器鋼板（接近できる点検可能範囲の全て）	原子炉格納容器漏えい率試験等の実施	目視試験による塗膜状態の確認
コンクリート構造物	コンクリート	目視および非破壊検査の実施	採取したコアサンプルによる強度、中性化、塩分浸透等の確認

１）原子炉容器

炉心領域に関しては、これまで、供用期間中検査の中で、溶接部を対象として超音波探傷試験を実施し、欠陥のないことを確認している。特別点検では、点検範囲を拡大し、母材および溶接部を対象として炉心領域全域にわたり超音波探傷試験を実施し、欠陥のないことを確認した。

一次冷却材ノズルコーナー部に関しては、これまで、疲労損傷を把握する観点から、供用期間中検査の中で、母材部に対する超音波探傷試験を実施している。また、母材表面のステンレスクラッド（厚さ約５㎜）については、強度部材でないが、疲労割れなど従来の知見を上回る劣化事象がないことを把握する

ため、特別点検において、クラッド表面の渦流探傷試験を実施し異常がないことを確認した。

炉内計装筒に関しては、600 系ニッケル基合金で製造されており、応力腐食割れに対する感受性を有しているため、これまで、予防保全策として、管台の内面および溶接部に対してウォータージェットピーニングを実施している。

炉内計装筒に関する供用期間中検査としては、原子炉容器外面からの直接目視により漏えいの有無を確認しているが、今回の特別点検において、内面の熱影響部に対する渦流探傷試験および溶接部に対する目視確認（ビデオカメラを使用）を行った。

その結果、異常は認められず、ウォータージェットピーニングによる予防保全対策の有効性を確認した。

表２－１０　炉内計装筒管台のウォータージェットピーニング実施時期

	美浜３号機	高浜１号機	高浜２号機
内面	2004～2006、2007 年度 （第 21、22 回定期検査）	2002 年度 （第 21 回定期検査）	2003 年度 （第 21 回定期検査）
溶接部	2007 年度 （第 22 回定期検査）	2007～2008 年度 （第 25 回定期検査）	2010 年度 （第 26 回定期検査）

２）原子炉格納容器

原子炉格納容器に関しては、これまで、日常保全として、原子炉格納容器漏えい率試験に合わせ、内外壁の塗装状態の目視点検を行い、その状態に応じ塗膜の修繕を行い、健全性の確認を行っている。

特別点検では、円筒部外面上部を含め、仮設足場などを利用して接近できる点検可能な範囲のすべての鋼板を対象として、照度・距離を確保し、視認性を実証できる条件で塗膜の状態を目視点検により確認した。

その結果、一部の鋼板において塗膜の割れ等が確認されたが、下塗りは健全な状態であり、原子炉格納容器の構造健全性、気密性に影響を与える塗膜の劣化がないことを確認した。

３）コンクリート構造物

コンクリート構造物の点検に関しては、これまで、原子炉格納施設、原子炉補助建屋等の構造物を対象として、定期的に目視点検を行うとともに、高経年化対策として、非破壊検査による強度確認やコアサンプルを取出し、中性化、塩分浸透、強度等を確認している。

特別点検では、これらの点検を補完することを目的として、原子炉格納施設、原子炉補助建屋等の構造物の詳細な部位を指定し、コンクリートコアを約 150 個（各号機）採取し、中性化、塩分浸透、強度等の点検を実施した。

その結果、コンクリート構造物の強度低下および遮へい能力低下に対する健全性に影響を与える劣化がないことを確認した。

（現場確認結果）

○原子炉格納容器の点検結果（美浜３号機、高浜１、２号機）

・ 原子炉格納容器内の運転床（オペレーションフロア（EL 約 32m））から、格納容器内面の塗膜の状態を確認するとともに、想定される経年劣化モードや構造健全性に与える影響等を確認した。

○コンクリート構造物の試料採取（美浜３号機、高浜１、２号機）

・ 原子炉格納容器内の下部キャビティ注水ポンプが設置されているエリアにおいて、コンクリートコアが取りだされた場所を確認するとともに、中性化、塩分浸透、強度等の点検結果について確認した。

（２）高経年化技術評価および長期保守管理方針（40 年目評価）

実用炉規則では、原子炉の運転を開始した日以降 40 年を経過する日までに、原子炉施設の安全を確保する上で重要な機器および構造物等について、経年劣化に関する技術的な評価（高経年化技術評価）を行い、この評価結果に基づき運転延長期間が満了する日までの期間に実施すべき保守管理に関する方針（長期保守管理方針）を策定し、保安規定に反映することなどが義務付けられている。

2013 年６月に制定された「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」においては、次の要求事項が追加されている。

- 運転継続を前提とした評価に加えて、冷温停止状態を継続した場合の評価を加えること
- 浸水防護施設に属する機器・構造物を対象として、耐津波安全性に有意な影響を与える劣化事象を抽出し、その劣化を考慮した上で津波荷重が加わっても問題ないかを評価すること
- 運転期間延長を行う運転開始後 40 年を迎えるプラントの高経年化技術評価には、延長申請に至るまでの間の運転に伴い生じた原子炉その他の設備の劣化の状況の把握のために実施した点検（特別点検）の結果を適切に反映すること
- 運転期間延長を行う運転開始後 40 年を迎えるプラントの高経年化技術評価及び運転開始後 50 年を迎える高経年化技術評価においては、それぞれ運転開始後 30 年を経過する日から 10 年以内のできるだけ遅い時期及び運転開始後 40 年を経過する日から 10 年以内の適切な評価が実施できる時期に監視試験片を取り出し、監視試験を行うこと

これらを踏まえ、事業者は、美浜３号機、高浜１、２号機について、原子炉容器や蒸気発生器をはじめ、ポンプや弁、配管、電気・計装設備、ケーブルおよびコンクリート構造物など安全機能を有する機器および構造物等について、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を抽出し、高経年化技術評価を実施した。

また、この評価結果をもとに、現状の保全項目に追加すべき新たな保全策の実施内容や方法等を長期保守管理方針に定めた。

１）高経年化技術評価結果（主な項目）

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においては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として、次の６つの事象が挙げられている。

・　低サイクル疲労
・　中性子照射脆化
・　照射誘起型応力腐食割れ
・　二相ステンレス鋼の熱時効
・　電気、計装品の絶縁低下
・　コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下

これらのうち、事業者からの主な説明内容については以下のとおりである。

〇原子炉容器の中性子照射脆化※

美浜３号機、高浜１、２号機の原子炉容器内（炉内構造物外面）には、それぞれ８個の監視試験片のカプセルが装着されており、これまでに各プラントとも４個のカプセルの取り出しが行われている。

この監視試験片をもとに中性子照射脆化に対する試験、評価を行った結果、運転開始後 60 年時点の関連温度（脆性遷移温度）は、板厚の 1/4 深さ位置では、美浜３号機が 64℃（装荷時：-20℃）、高浜１号機が 97℃（装荷時：-4℃）、高浜２号機が 50℃（装荷時：-30℃）である。

また、原子炉容器内面に傷（長さ 60 ㎜、深さ 10 ㎜）があると仮定した状態で、原子炉冷却材喪失事故等に伴い非常用炉心冷却装置が作動した場合に、注入される水と原子炉容器内の温度差によって生じる熱衝撃（加圧熱衝撃）を評価した結果、運転開始後 60 年時点においても原子炉容器の脆性破壊が発生しないことを確認している。

さらに、特別点検において、母材および溶接部を対象として炉心領域全域にわたり超音波探傷検査（深さ５㎜程度のき裂を検出可能）を実施し、欠陥のないことを確認しているため、想定き裂深さ５㎜とした評価も実施し、原子炉容器の健全性に問題がないとの評価結果をまとめた。

※鋼材は、ある温度よりも低い温度では破壊に対する粘り強さが低下する性質を持っており、その温度を関連温度（脆性遷移温度）とよんでいる。炉心からの中性子は高いエネルギーを持っており、原子炉容器を構成する鋼材に中性子が衝突すると、原子の配列に乱れが生じ、鋼材が脆くなるなど材料特性が変わる。この現象を照射脆化という。このため、原子炉容器と同じ材料でできた監視試験片を、あらかじめ原子炉容器内に入れ、計画的に取り出し機械試験等を行うことにより、関連温度（脆性遷移温度）の上昇量等を確認している。

〇炉内構造物の照射誘起型応力腐食割れの評価※

炉内構造物は、原子炉の運転に伴う中性子照射量が一定の値を超えた場合、材料の組成、構造物にかかる応力、水質、温度の環境の条件が重なることにより応力腐食割れが生じる可能性がある。

高浜１、２号機では、水中カメラによる炉内構造物の内外表面の目視点検を定期的に実施し異常がないことを確認している。また、バッフルフォーマボルトを対象に超音波探傷検査を実施※し、有意な欠陥がないことを確認している。

※高浜１号機は、第 13 回定期検査時（1991～1992 年度）および第 17 回定期検査時（1997 年度）の２回でボルト全数（1,188 本）に対して実施、高浜２号機は第 15 回定期検査時（1995 年度）にボルト全数の２分の１に対して実施している。

高経年化技術評価においては、バッフルフォーマボルト、熱遮へい体、炉心そう等の炉内構造物の各部位の中性子照射量、温度、応力レベルを整理し、バ

ッフルフォーマボルトを最も厳しい評価部位として選定した。

発電用原子力設備規格維持規格（JSME S NA1-2008）においては、バッフルフォーマボルトが多数本損傷した場合の炉心バッフルの安全機能の評価がなされており、バッフルフォーマボルトが縦列に２本残存（評価上、最も厳しい条件は最上段と最下段の２本が残る場合）した状態で、ボルト本数全体の約７割が損傷した場合でも炉心の健全性が確保できるとの評価がなされている。

また、(独）原子力安全基盤機構（当時）の「照射誘起型応力腐食割れ評価技術に関する報告書に示された評価ガイド（案)」および（一社）原子力安全推進協会の「PWR 炉内構造物点検評価ガイドライン」に基づき、バッフルフォーマボルトの応力履歴を算出し、損傷予測の評価を行った結果、運転開始後 60 年時点でのバッフルフォーマボルトの予測損傷本数は、点検時期を決定するための管理基準となる本数（全体の 20%）以下であることを確認した。

〇疲労評価（原子炉容器、一次冷却材ポンプ、配管など）

低サイクル疲労（一般的に疲労破壊までの繰返し数が 10^4 回程度以下）に関しては、供用期間中に繰り返される起動・停止などの運転操作による過渡変化（温度、圧力、流量の変動）や地震による繰り返し荷重変動を考慮して評価を行っている。

原子炉容器を例に挙げると、冷却材入口、出口管台、下部胴接続部、炉内計装筒などを対象に疲労評価を行っており、構造不連続部に対する応力集中や１次冷却材に接する部位の環境条件を考慮し、評価に用いる温度、圧力、過渡回数を保守的に見積もった上で、運転開始後 60 年時点における疲労累積係数を評価し、許容基準の１以下であることを確認した。

一方、機器の振動などに関連する高サイクル疲労に関しては、その対象として、一次冷却材ポンプや配管などの機器・部位を想定している。高サイクル疲労発生の原因は、機械的振動、流体振動や高低温水合流部の温度揺らぎによるものなどがあり、評価対象機器・部位に高サイクル疲労が想定される場合は、その原因を考慮した評価を実施し健全性を確認している。

〇配管の減肉を考慮した耐震安全性評価

配管内の水、蒸気の流れにより減肉が発生する可能性のある配管の分岐部分や弁の下流部等について、必要最小肉厚まで内面全周が減肉した状態(高浜１、２号機では、一部の配管は実測データに基づく 10 年後以降の予想肉厚の状態)を想定し、耐震安全性評価を実施し、問題がないことを確認した。なお、高浜１、２号機において実測データに基づく耐震安全性評価を実施し、問題がないことを確認している一部の配管については、必要とされる最小肉厚を想定しても耐震性が確保できるよう、長期保守管理方針として、耐震サポート補強工事を実施することを定めた。

２）長期保守管理方針の内容

- 原子炉容器胴部（炉心領域部）の中性子照射脆化については、今後の原子炉の運転サイクル・照射量を勘案して適切な時期に第５回監視試験を実施する。(美浜３号機、高浜１、２号機)
- 配管の腐食（流れ加速型腐食）については、肉厚測定による実測データ

に基づき耐震安全性評価を実施した炭素鋼配管（第４抽気系統配管、グランド蒸気系統配管、復水系統配管、ドレン系統配管）に対して、サポート改造等の設備対策を行い、必要最小肉厚まで減肉を想定した評価においても耐震安全性評価上問題ないことを確認する。なお、サポート改造等の設備対策が完了するまでは、減肉進展の実測データを反映した耐震安全性評価を継続して行い、サポート改造等の設備対策が完了するまでの間、耐震安全性評価上問題ないことを確認する。（高浜１、２号機）

・ 低圧ケーブルの絶縁低下については、旧原子力安全基盤機構の「原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイド」に従った長期健全性評価結果から評価期間に至る前に取替を実施する。（高浜１、２号機）
・ 疲労評価における実績過渡回数の確認を継続的に実施し、運転開始後 60 年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。（美浜３号機、高浜１、２号機）

＜本委員会の主な指摘事項＞

〇炉内構造物の照射誘起型応力腐食割れへの対応

（高浜１、２号機の炉内構造物バッフルフォーマボルトの健全性評価）

本委員会は、高浜１、２号機における炉内構造物の照射誘起型応力腐食割れの評価に関して、バッフルフォーマボルトに損傷が発生していた場合、ボルトの頭部が炉内に脱落し燃料を損傷させる可能性があることから、事業者に対して、

・ ボルトの回り止めピンに異常がないことを確認すること
・ ボルトが首下部で全周破断した状態を想定して、回り止めピンによるボルト頭部の保持力を評価すること

を求めた。

これに対して、事業者は、高浜１号機について、前回定期検査に引き続き、今定期検査において、バッフルフォーマボルトの目視点検を行い、ボルトの回り止めの状況等に異常がないことを確認した。また、高浜２号機についても、今定期検査において点検を実施し、異常がないことを確認した。

また、工場において、モックアップ試験を実施し、ボルトが首下部で全周破断した状態においても、回り止めピンの保持力（158N）が流体励振力（0.07N）よりも高いこと、また、回り止めピンの溶接部に発生する応力（15MPa）は、その疲労限（94MPa）を下回ることを確認した。

（高浜１、２号機の炉内構造物バッフルフォーマボルトの点検）

炉内構造物の今後の保全に関して、本委員会は、事業者に対して、取替計画を早期に定め取替えを行うことや、取替えまでの間は、毎定期検査時に全てのバッフルフォーマボルトの目視点検を行うことを求めた。

これに対して、事業者は、今後、炉内構造物の取替計画を定めるとともに、取替えまでの間は、毎定期検査時にバッフルフォーマボルトの目視点検を行う方針を示した。

〇運転データ（機器の振動データ等）の知見拡充

本委員会は、高経年化技術評価に関連して、事業者から、機器・構造物の健全性確認の結果の説明を受けた際、機械的振動や流体振動による配管や弁等の疲労割れに着目し、今後の保守管理として、振動状況の把握など、運転データ等の知見の蓄積が重要であるとの指摘を行った。

これらに対し、事業者は、

- 一次冷却材ポンプについては、ポンプ運転時に主軸に繰り返し変動応力が発生し、段付部等の応力集中部に高サイクル疲労割れが発生する可能性があるが、共振周波数を避けるなど設計上の対応を図り、振動についても常時監視している
- 一次冷却材系統の配管に関しては、大飯２号機において、1998 年に余熱除去系統配管のドレン弁管台で高サイクル疲労割れが発生したトラブルの反映として、配管の管台について、運転中の振動調査等に基づく応力評価を行い、健全性を確認している
- 流体振動に関しては、炉内構造物を例に挙げると、炉心そうや熱遮へい体と炉心そう下部を結合しているたわみ金などの部位に、一次冷却材の高速の流れによる振動により、繰り返し応力が発生し、高サイクル疲労割れが想定されるため、３ループプラントを対象とした５分の１スケールモデルの流動試験を実施し、問題のないことを確認している

ことを説明するとともに、本委員会の指摘も踏まえ、ポンプやモータ等の運転中の振動データを採取し、運転データの知見拡充に努めていくとした。

２－５　中長期の安全性向上対策

本委員会は、フィルタ付格納容器ベントの設置、過酷事故用計装システムの開発などの中長期的な対策等について、工事の実施状況等を確認してきた。

以下、特定重大事故等対処施設、過酷事故用計装システムの開発等に関して、事業者の対応状況、本委員会の現場確認結果を記す。

（１）特定重大事故等対処施設等の設置

特定重大事故等対処施設および常設直流電源設備（３系統目）は、設置期限（法定猶予期間）として、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」（2016 年１月 12 日改正）において、本体施設の工事計画認可後５年以内と定められている。

表２－１１　特定重大事故等対処施設の設置に関する許認可申請の状況

発電所		申請	申請日	許認可日	工事状況 （2020 年 12 月時点）
美浜	３号機	原子炉設置変更許可	2018．4.20	2020．7．8	工事中 （敷地造成、本体施設工事中）
		工事計画認可	2020．7.10	2021．4．6	
大飯	３、４号機	原子炉設置変更許可	2019．3．8	2020．2.26	工事中 （本体施設工事中）
		工事計画認可	2020．3．6	2020．12.22	
			2020．8.26	－	
高浜	１、２号機	原子炉設置変更許可	2016.12.22	2018．3．7	工事中 （本体施設工事中）
		工事計画認可	2018．3．8	2019．4.25	
			2018.11.16	2019．9.13	
			2019．3.15	2019.10.24	
			2019．5.31	2020．2.20	
	３、４号機	原子炉設置変更許可	2014.12.25	2016．9.21	完了 （2020 年 12 月）
		工事計画認可	2017．4.26	2019．8．7	
		保安規定変更認可	2020．4.17	2020.10．7	

（設置期限）高浜１、２号機：2021 年６月９日、美浜３号機：2021 年 10 月 25 日、
大飯３、４号機：2022 年８月 24 日

１）フィルタ付格納容器ベント設備等

（事業者の対応状況）

福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全性向上対策として、事業者は、加圧水型軽水炉に対して、自主的対応としてフィルタ付ベント設備を設置することとし、平成 27 年度中の運用開始を目指し、2011 年 12 月にフィルタの仕様をはじめとする詳細設計の検討等を開始した。

その後、新規制基準において、重大事故対策の一つである格納容器過圧破損防止対策として、フィルタ付ベント設備または格納容器再循環ユニットを設置することが求められた。

また、原子炉建屋への故意による大型航空機の衝突やその他のテロリズムにより、原子炉を冷却する機能が喪失し、炉心が著しく損傷した場合への対応として、特定重大事故等対処施設を設置し、格納容器の破損を防止するためにフィルタ付ベント設備など必要な設備を整備することが求められた。

このため、既設の格納容器再循環ユニットを重大事故対策として位置づけるとともに、詳細設計を検討していたフィルタ付ベント設備を特定重大事故等対

処施設の設備として位置づけた。
なお、規制委員会は、2014 年 12 月に高浜３、４号機等の特定重大事故等対処施設に関する申請が出されたことを踏まえ、具体的な施設の仕様や配置場所等を非公開の審査会合において審査を行うこと等を決定した。
また、2016 年８月、審査結果の取りまとめの公開に対する考え方として、不開示とする範囲を整理し、事業者に対応を求めること等を決定した。

２）常設直流電源設備

（事業者の対応状況）

重大事故等の対応に必要な設備に電気の供給を行うため、新規制基準において、安全系蓄電池（１系統目）および可搬式直流電源設備（２系統目）の既設電源設備に加え、特に高い信頼性を有する常設直流電源設備（３系統目）の設置が求められている。
これを踏まえ、事業者は、特定重大事故等対処施設の建屋内に常設蓄電池（3,000Ah（１系統）／基）を設置した。

＜本委員会の主な指摘事項＞

本委員会は、これまで、電源設備や原子炉への低圧注入設備などを備えた特定重大事故等対処施設について、

- 既存の設備に与える影響等を含めてプラントシステム全体の安全性の観点から評価を行う必要がある
- 設計基準事故対処設備や重大事故等対処設備のバックアップ施設としても活用することが重要であり、運用方針や対応手順を整備する必要がある

ことなどを指摘した。
規制委員会は、特定重大事故等対処施設の保安規定の審査にあたり、同施設の活用を含むシビアアクシデント対策のあり方や手順について議論を行うため、2019 年６月に同審査の方針及び今後の進め方をまとめるとともに、事業者から審査の方針に関する意見聴取を行った。これらを踏まえ、

- 重大事故等対策について、事業者が、事前に十分な検討の上、手順書を整備し、訓練を行い、自ら継続的な改善を実施していくこと
- また、実際の重大事故等時においては、必ずしも手順書に縛られることなく、的確かつ柔軟な対応を行うことが必要

との考え方の下、保安規定審査基準の改正案を作成し、意見募集を行い、同年 10 月に改正した。
本委員会は、引き続き、同施設の運用等に関する事業者および規制委員会の対応状況等を確認していく。

（２）過酷事故用計装システムの開発

福島第一原子力発電所事故においては、シビアアクシデントが発生した状況の下で、原子炉と格納容器の計装系が十分に働かず、事故対応に必要な原子炉の水位等の情報を的確に把握することが困難であったことから、国は、「原子力安全に関する IAEA 閣僚会議に対する日本国政府の報告書（2011 年６月）」において、「シビアアクシデント時にも十分機能する圧力容器および格納容器の計装系、並びに使用済燃料プールの計装系の開発および整備など、状態把握のための計装系の強

化を事業者に求めていく。」とした。

（事業者の対応状況）

事業者は、過酷事故条件下におけるプラントパラメータ監視機能の信頼性を向上させるため、国が出資するプロジェクトのもと、プラントメーカなどと共同で過酷事故用計装システムの開発を行い、格納容器水素濃度、圧力、水位の検出器の耐環境性を向上させた検出器の開発を 2014 年度に完了した。

＜本員会の主な指摘事項＞

本委員会は、これまで、海外プラント等の計装システムに係る最新知見や開発状況について、引き続き調査を行うとともに実機に適用していくことが重要であると指摘し、事業者は、実機への適用を視野に入れた検証等を行う方針を示していた。

本委員会が、大飯３、４号機に係る報告書を取りまとめた 2017 年 12 月時点では、事業者は、実機への検出器導入のため、メーカ、他事業者等と共同で実証試験等を実施していたが、その後、実機への適応の目途ができたことから、2020 年 11 月に高浜３、４号機の格納容器内に設置した。

今後、大飯３、４号機、美浜３号機、高浜１、２号機においても、同様の位置づけで設置することとしている。

（３）その他（汚染水処理対策）

汚染水対策については、新規制基準において、炉心損傷および格納容器の破損等に伴う放射性物質の拡散を抑制する対策が要求されている。

（事業者の対応状況）

事業者は、新規制基準において、炉心損傷および格納容器の破損等に伴う放射性物質の拡散を抑制する対策が要求されており、これに対し、事業者は、放水砲やシルトフェンス等を配備するとともに、原子炉建屋への放水手順や放水口等へのシルトフェンスの設置手順を整備した。

シルトフェンスは、セシウムが吸着された泥など、細かな土粒子（シルト）の拡散や海底からの巻き上がりを防止する効果があり、福島第一原子力発電所におけるデータ※を踏まえるとシルトフェンスによる低減効果は約二分の一程度とされている。

また、事業者は、自主的対応として、汚染水の放射性物質低減対策として吸着剤（ゼオライト）を配備するとともに、原子炉建屋等から放水口に至るまでの側溝等にゼオライトを設置する手順を整備した。

※港湾内の海水中放射性物質濃度の状況について（2013 年 1 月 31 日　東京電力㈱）

（現場確認結果）

〇汚染水対策（美浜３号機、高浜１、２号機）

・ シルトフェンスおよびゼオライトの保管状況を確認するとともに、汚染水の放出経路を想定し、袋詰めしたゼオライト（10kg）を側溝等に配備する手順が整備されていることを確認した。

＜本委員会の主な指摘事項＞

本委員会は、これまで、汚染水を可能な限り回収し、貯蔵および処理を行うことが重要であり、福島第一原子力発電所における汚染水処理の実績等を踏まえ、汚染水処理設備の設置等を検討するよう指摘し、事業者は、汚染水処理に係る研究開発状況等の調査を実施する方針を示していた。

事業者は、吸着剤を用いたセシウムの除去技術等に関する文献調査を行うとともに、東京電力が福島第一原子力発電所の港湾内において、セシウムおよびストロンチウム吸着繊維の性能試験を実施していることを確認している。

また、2016 年４月、側溝等に流出した汚染水を回収・浄化する海水循環型浄化装置（ゼオライトを充てんした吸着塔など）を美浜整備センターに配備し、放射性物質の放出が予想される事態に至った時点で同装置を搬入、設置する手順を整備し、定期的（１回／年）に行っている訓練の中で、海水循環型浄化装置を美浜整備センターから発電所に運搬し、装置を設置・操作する手順を確認している。

事業者は、引き続き汚染水処理に係る技術の研究開発状況の調査を実施していくとしている。

２－６　長期停止中の保守管理

美浜３号機、高浜１、２号機は、福島第一原子力発電所事故後に定期検査により停止し、その後、９年以上が経過している。

実用炉規則では、原子炉の運転を相当期間（概ね１年以上）停止する場合、特別な保全計画を定め、実施することを求めている。

これを踏まえ、事業者は、特別な保全計画を策定し、機器、設備の使用条件・環境に応じて、追加点検や保管を行っている。これらの概要については、以下の通りである。

○追加点検の実施

事業者は、通常保全サイクルにおいて、機器、設備毎に経年劣化事象を想定し、機能維持のための点検計画を策定している。この考え方をもとに、長期停止中に機能要求がある機器の点検項目の抽出を行い、１基あたり約 3,000 件が選定されている。

主な対象機器としては、１次系統および２次系統のポンプや非常用ディーゼル発電機などがあり、定期運転や負荷試験等を通じて健全性を確認するとともに、長期停止中も使用している原子炉補機冷却水クーラ、海水ポンプ等については、約１年ごとに分解点検等を実施している。

○長期保管管理

長期停止期間中に機能要求がないものについては、経年劣化の進展を抑制するため保管対策を行うこととしており、主に、配管や主タービン、発電機などが対象となっている。これらについては、系統・機器に応じて乾燥保管等を実施している。

（保管方法）

１次冷却材系統については、原子炉容器ノズルセンターまでの水張りを行っており、定期的（１回／月）に水質管理を行うとともに、脱塩塔に通水することで防食環境を維持している。

また、蒸気発生器については、２次側の水張りおよび気相部に窒素ガスを封入しており、定期的（１回／半年）に水質管理を行っている。

２次系統の配管やタービン本体、主蒸気系統等については、乾燥機を通して乾燥空気を循環し、定期的に湿度を確認することで乾燥状態を維持し、結露等による腐食の進行を抑制している。また、動的機器であるタービンやポンプについては、ターニング等を実施し固着防止等を図っている。

（現場確認結果）

高浜２号機のタービン建屋内において、低圧タービンと湿分分離加熱器の保管管理状況を確認し、これら機器については、酸化防止の観点から湿度 40%以下を目標に乾燥保管していることや、タービンロータ（軸）を定期的にターニング（低速回転）することで、曲がり防止の対応を実施していることを確認した。

＜本委員会の主な指摘事項＞

本委員会は、機器、設備を使用するにあたり、協力会社やメーカ、プラントの設計や運転、保守に携わったＯＢなどの視点をもとに、プラント全体の総点検を行うことを求めた。

これに対して、事業者は、プラントの設計や運転、保守に関して様々な経験や知識を有するメンバーを集め、設備全体の健全性も含めて確認する方針を示した。

表２－１２　追加点検の実績

	追加点検の実施時期
美浜３号機	2012 年 11 月 26 日～2013 年 11 月６日 2014 年７月９日～2015 年４月 23 日 2016 年３月４日～2017 年５月 30 日 2017 年 12 月４日～2019 年３月 14 日 2019 年 10 月１日～2020 年 12 月 24 日
高浜１号機	2012 年９月３日～2013 年３月 28 日 2013 年 10 月 11 日～2015 年３月 13 日 2016 年４月 11 日～2016 年９月 21 日 2017 年 11 月１日～2018 年７月 23 日 2019 年５月７日～2020 年１月 22 日 2020 年３月 19 日～2021 年２月７日
高浜２号機	2013 年３月 18 日～2013 年 10 月 23 日 2015 年２月 12 日～2016 年３月 25 日 2016 年８月 22 日～2017 年５月 30 日 2018 年２月２日～2018 年６月 12 日 2019 年３月 12 日～2020 年３月 27 日

表２－１３　主な点検機器とその点検内容

点検した機器	点検の内容
非常用ディーゼル発電機	分解点検、クーラ解放点検、細管清掃
原子炉補器冷却水クーラ	解放点検、細管清掃、渦流探傷試験
海水ポンプ、循環水ポンプ	分解点検
海水管	内部点検・清掃
計器用電源	機能確認、冷却ファン取替え
放射線監視装置、稼働系統の計器	点検調整、入出力試験

表２－１４　主な健全性確認を行った機器

機器	健全性確認方法
非常用ディーゼル発電機、余熱除去ポンプ、格納容器スプレイポンプ、充てん／高圧注入ポンプ	定期試験（１回／月）
主タービン、主給水ポンプ、電動補助給水ポンプ、復水ブースタポンプ	ターニング
１次冷却材ポンプモータ、電動主給水ポンプモータ、復水ブースタポンプモータ	絶縁抵抗測定

２－７　トラブル事例を踏まえた今後の保全

本委員会は、これまで、美浜３号機および高浜１、２号機をはじめ、県内発電所の運転、保守管理などの保安活動について事業者より説明を受ける中で、トラブルへの対応状況等の確認も行ってきた。

2017 年 11 月に大飯３、４号機の安全性向上対策等に係る報告書を取りまとめて以降、事業者からは、大飯３号機の加圧器スプレイライン配管に傷が確認された事例および高浜３、４号機における蒸気発生器伝熱管の損傷について説明を受けた。また、これらに関して、美浜３号機、高浜１、２号機の対応状況を確認した。

○大飯３号機の加圧器スプレイライン配管のき裂

（トラブルの概要）

大飯３号機は、第 18 回定期検査中の 2020 年８月、１次冷却材配管と加圧器スプレイライン配管の溶接部付近の超音波探傷試験を実施したところ、配管内面に有意な信号指示が認められ、当該部に傷があると評価された。

当該配管を切り出し、調査した結果、当該部には母材と溶接金属部との境界に沿って配管の内側から外側に進展した応力腐食割れによる傷があることを確認した。

き裂が発生した原因は、過大な溶接入熱と形状による影響が重畳したことで、表層近傍に特異な硬化が生じ、その硬化部に溶接時の高い残留応力が作用したことで粒界割れが発生し、その後、応力腐食割れが進展したと推定された。

対策として、当該配管の取替えを行うこととした。

＜本委員会の主な指摘事項＞

委員より、PWR プラントでのステンレス鋼の応力腐食割れは、報告事例が少ないこと、また、今回の事例は、特殊な条件が重なった結果、発生したものと推定されるとの説明があった。また、溶接部近傍に特異な硬化が生じた要因については、再現実験等では完全には解明できていないことから、今後、高経年化プラントの配管等の機器の健全性を担保するにあたり、応力腐食割れの発生原因やその機構の解明が重要であると指摘した。

さらに、今後の予防保全として、応力腐食割れの発生を防止するための溶接施工法の確立等が必要であると指摘した。

これらに対して、事業者は、今後の対応として、

- ステンレス鋼の応力腐食割れの発生に関して、表面加工や試験温度等をパラメータとした基礎研究を行い、き裂が発生する条件についての知見拡充を進める
- ステンレス鋼の応力腐食割れの進展に関して、PWR 環境下におけるき裂進展評価や規格基準化に向け、EPRI（米国電力研究所）や EDF（フランス電力）とも協力し、既存データの整備や更なるデータ拡充を検討する

ことなどを説明し、産学官の連携により、ステンレス鋼の応力腐食割れの発生および進展に関する知見拡充に取り組む方針を示した。

○高浜４号機の蒸気発生器伝熱管損傷

（トラブルの概要）

高浜４号機は、第 23 回定期検査中の 2020 年 11 月、３台ある蒸気発生器の伝熱管全数の渦流探傷検査を実施した結果、ＡおよびＣ蒸気発生器伝熱管計４本の第３管支持板部付近に、外面減肉とみられる有意な欠陥信号が認められた。

Ａ蒸気発生器伝熱管の点検の結果、信号指示箇所に付着物を確認するとともに、各伝熱管にきずを確認した。

付着物の調査の結果、主成分やその形状からスケールと判明した。さらに、接触痕を確認するとともに、伝熱管の成分が検出された。また、Ｃ蒸気発生器からも同様のスケールを確認した。これらのスケールの層の大部分は、密度が高く、類似のスケールを用いた摩耗試験の結果等から、伝熱管をきずつけた要因と推定した。

このため、原因は、伝熱管表面に生成された稠密なスケールが、プラント運転等に伴い管表面から剥離し管支持板下部に留まり、伝熱管に繰り返し接触したことで摩耗減肉が発生したものと推定した。

対策として、当該伝熱管４本に閉止栓を施工するとともに、伝熱管全体のスケールの脆弱化を図るため、蒸気発生器内を薬品で洗浄することとした。

また、高浜３、４号機では、2018 年以降、同様の事例が３件発生しており、原因は、外部からの異物混入と推定していたが、今回の調査結果等を踏まえると、スケールによる減肉の可能性が否定できない。

その他、福島第一原子力発電所事故後の停止中は、蒸気発生器内をヒドラジン水と窒素による保管状態としていたが、その状態が長期間続いたことから、スケールの粒径が大きくなり、伝熱管との接触面積が減少し、プラントの運転等に伴い伝熱管から剥離しやすくなったことも判明している。

＜本委員会の主な指摘事項＞

委員より、スケールの性状確認に関して、これまでの知見も踏まえ、今後の保全に反映していく必要があることや、今回の調査で得られた知見等は国内外に対しても情報発信していくことが重要と指摘した。

これらに対して、事業者は、

- 高浜３、４号機は、定期検査ごとにスケールを回収し、スケールの稠密層厚さの確認および摩耗試験を行う
- 今後、国内外にも今回の知見を共有することとしており、米国 EPRI が実施する蒸気発生器保全プログラムのワーキング等で公表する

ことなどを示した。

なお、本委員会は、高浜３、４号機の蒸気発生器伝熱管については、今後、応力腐食割れが発生する可能性があることから、早期に蒸気発生器を取替えることを求めた。これに対して、事業者は、取替の方針やその検討を加速させていく方針を示した。

（美浜３号機および高浜１、２号機における対応）

大飯３号機の加圧器スプレイライン配管のき裂の原因および再発防止を踏まえた対応に関しては、美浜３号機、高浜１、２号機においても、応力腐食割れが発生する可能性がある条件で、かつ、当該箇所と同様の方法で溶接された箇所を

抽出し、これまで、美浜３号機、高浜１号機の超音波探傷検査が完了し問題がないことを確認した（対象箇所：美浜３号機：98 箇所、高浜１号機：94 箇所）。

高浜２号機については、今後、超音波探傷検査を実施予定である。（対象箇所：132 箇所）

高浜３、４号機の蒸気発生器伝熱管損傷の原因および再発防止策を踏まえた対応に関しては、美浜３号機および高浜１、２号機は、蒸気発生器取替え等を行っており、高浜３、４号機と比較して蒸気発生器の運用時間が短いこと等もあり、スケールの性状に問題はないと評価した。また、高浜２号機を代表プラントとして、実際に、蒸気発生器内スケールの性状を確認し、採取できるほどの厚みがないことを確認した。

３．これまでの議論の取りまとめ

本委員会は、福島第一原子力発電所事故以降、電源確保や冷却機能確保など原子炉の安全確保のために必要な対策等の実施状況を確認し、2012 年６月に大飯３、４号機の安全性向上対策等に係る報告書を取りまとめた。

その後も、工学的な安全性が向上しているかを確認するため、新規制基準対応として新設あるいは強化された機器・設備による改善策や組織人員体制の強化等の検証を行い、2015 年 12 月に高浜３、４号機、2017 年 11 月に大飯３、４号機に関する報告書を取りまとめた。

工学的な安全性とは、システムを構成する設備、機器などのハードおよび要員や組織の力量に係るマネジメントなどのソフトの両面から、事故の発生を防止し、たとえ事故が発生した場合でも、システムを正常な状態に引き戻す対策を図ることで原子炉の安全が確保できるという考え方である。

これは、深層防護の考え方に基づくものであり、設備や機器の信頼性が高いとしても、なお、それらの機能が喪失する可能性が皆無とは言えず、そのような不確かさに備えるためには、設備や機器による対策だけではなく、人的マネジメントによる対策を図るなど、想定する事故や進展度合いなどに応じた多様な防護策を多層的に設定することが事故の発生防止、拡大防止、影響緩和などに有効である。さらに、設備や機器の機能が喪失し想定外の事故が発生する可能性をできる限り低減するためには、最新知見を取り込みつつ継続的な改善を実施することが極めて重要である。

本委員会は、この考え方等を基本に、各発電所の安全性向上対策をはじめ、高経年化対策、安全性向上評価、原子炉設置変更許可申請などの許認可の内容などについて確認を行ってきた。

以下、美浜３号機および高浜１、２号機に係る議論の取りまとめとして、本委員会がこれまで事業者に対して独自に指摘した安全対策への対応状況、本委員会の見解、規制委員会および事業者に対応を求める事項を記す。

３－１　本委員会が独自に指摘した安全対策

本委員会は、各発電所において新たに設置した設備の運用改善、発電所支援体制の強化、要員および組織の緊急時対応能力向上などについて、新規制基準の要求とは別に、独自に指摘を行い、事業者に対応を求めてきた。

その中には、直流電源専用の可搬型の発電機の整備、海水ポンプ予備モータの確保などのハード対策や、初動対応要員の増強、事故制圧体制の実効性確認のための訓練の実施などのソフト対策など多岐にわたる指摘を行っている。

このうち、主に、2017 年 11 月に大飯３、４号機の安全性向上対策等に係る報告書を取りまとめた以降の指摘事項および事業者の対応状況は、以下の通りである（**表３**）。また、過去の指摘事項等については、別紙（**添付１**）としてまとめた。

表３　本委員会の主な指摘事項および事業者の対応

項目	本委員会の指摘事項	事業者の対応状況
中央制御盤の取替え	運転員の習熟期間を十分に確保すること	2018 年 10 月から 2019 年７月にかけてシミュレータによる運転員の習熟訓練を実施
	過去の不具合など他電力の先行事例の知見はもとより、運転訓練センターでの訓練で得られた意見や気づき事項を実設備やマニュアルに反映すること	習熟訓練を通じて、運転員から監視操作等の気づき事項の収集を行い、現場設備等への反映を実施（例：ディーゼル発電機の力率について、ディスプレイの表示方法を変更）
電源喪失時のプラントパラメータの把握	全交流動力電源喪失などにより、中央制御室において計器や機器の状態が確認できない場合を想定し、プラント状態を把握するための可搬型機器およびその運用手順等を整備すること	・ シビアアクシデント監視操作盤等を新たに設置 ・ 中央制御盤、シビアアクシデント監視操作盤が使用できない場合に備え、可搬型計測器（約 40 個）を配備し、手順を整備
	導入した可搬型機器をもとにプラントパラメータを算出する際に、携帯用の小型コンピュータ等を活用することにより作業短縮を図ること	（今後、具体的な検討を進める予定）
過酷事故計装システム開発	最新知見や開発状況の調査を継続し、実機に適用していくこと	検証試験が終了した検出器を高浜３、４号機の格納容器内に設置し、高浜１、２号機、美浜３号機においても導入予定
高経年化対策	高浜１、２号機の炉内構造物のバッフルフォーマボルトに損傷が発生していた場合を想定して、ボルトが脱落し、異物とならないか評価を行うこと	モックアップによる試験の結果、炉内の水の流れによりボルト頭部が動かないこと、回り止めピンの溶接部が疲労により損傷しないことを確認
	高浜１、２号機の炉内構造物取替えを行うまでの間、定期検査毎にバッフルフォーマボルトの回り止めピンに異常がないか目視確認を行うこと	炉内構造物取替えまでの間、定期検査毎にバッフルフォーマボルトの回り止めピン目視点検を実施
	今後の保守管理として、ポンプやモータ等の運転中の振動状況の把握など、運転データ等の蓄積を行うこと	今後、ポンプやモータ等の運転時の振動データの採取、知見拡充に努めていく
緊急時対策所・免震事務棟	免震事務棟においても、プラント情報の収集や外部との連絡を行うための設備を設置すること	社内 TV 会議システムや事故対応マニュアルなどを配備した会議室を設置するとともに、通信設備（衛星電話等）や SPDS 端末を整備
シビアアクシデント対応能力の向上	要素訓練以外に総合訓練の頻度を増やすなど、事故制圧体制の実効性を確認する訓練を行うこと	・ 2015 年度より、原子力事業本部も参加する原子力総合防災訓練を毎年実施 ・ 高浜発電所では、４基同時発災した状態を想定した事故制圧訓練を実施 ・ 発電所の緊急時対策本部におけるリーダーシップやコミュニケーションに重点を置いた「たいかん訓練」を実施
特定重大事故等対処施設	既存の設備に与える影響等について、プラントシステム全体の安全性の観点から評価を行うこと	・ 高浜３、４号機では、既存の設備を含めた他の設備への影響を評価し、施設の対応手順等を整備 ・ 美浜３号機、高浜１，２号機においても、施設の運用開始までに整備予定
	設計基準事故対策設備等のバックアップ施設としても活用するため、施設の運用方針や対応手順を整備すること	

３－２　本委員会の見解

本委員会は、事業者から美浜３号機および高浜１、２号機の電源や冷却機能確保対策、安全管理体制の強化を中心に説明を受け、工事の進捗状況等を適宜確認するとともに、高経年化技術評価および今後の保守管理方針等について説明を受け、プラントの安全性向上および継続的改善に係る議論を行ってきた。

また、規制委員会から原子炉設置変更許可や運転期間延長認可、工事計画認可、保安規定認可の内容について説明を受け、審査の基本方針等の確認を行った。

さらに、美浜発電所および高浜発電所の現場確認を行い、新規制基準対応工事をはじめ、事業者が自主的対応として設置した設備や緊急時対応体制の強化、教育訓練の実施状況等を確認した。これらの結果は次の通りである。

（１）設備対策

電源確保に関しては、海水冷却を必要としない空冷式非常用発電装置や電源車を配備し、全交流電源喪失時においても炉心冷却のために必要なポンプ等の機器や原子炉の温度、圧力等を計測する計器に電源を供給するための対策が講じられている。

また、既設の高電圧開閉装置が機能喪失する場合も想定して、空冷式非常用発電装置からこれらの機器、計器に直接給電するための補助切替盤を設置するなど電源供給に関する信頼性等の向上が図られている。

さらに、空冷式非常用発電装置が使用できない状態を想定し、他号機からの電力融通を行うための号機間電力融通ケーブルが敷設されている。

冷却機能確保に関しては、移動式の大容量ポンプを配備し、海水ポンプが機能喪失した場合の代替手段を整備するなどの対策が講じられている。

本委員会は、事業者に対し、万一、何らかの要因ですべての炉心冷却設備が使用できない場合も想定して、炉心に海水等を直接注入する手段を確保するよう指摘し、消防ポンプや消火系統ラインを活用した注入手段、手順の整備が行われた。

その後、新規制基準対応として、炉心、格納容器に注水するための恒設代替低圧注水ポンプ、可搬式代替低圧注水ポンプ、送水車および原子炉下部キャビティ注水ポンプが配備されている。また、蒸気発生器への給水手段の多様化を図るため、送水車とともに、自主的対応として中圧ポンプが配備されており、冷却手段の多様化が図られている。

（２）安全管理体制の強化等

緊急時対応体制、教育訓練等については、初動対応を行う発電所の常駐要員の増強とともに、重大事故が発生した場合の対応手順を定めた所達や所則が制定されている。

また、事故時のプラント挙動や事故進展を理解するため、シミュレータに炉心損傷後のプラント挙動を模擬できるプログラムを導入した訓練が行われているほか、幹部クラス社員を対象とした事故時対応能力の向上に関する訓練が行われるなど、事故制圧のための教育訓練の改善が図られている。

高浜発電所においては、４基が同時発災した状態を想定した訓練が行われ、初動対応要員等による限られた人数（128 名）により、プラント設備の状態把握や事故対応手順の確認等が行われ、事故制圧が可能であることが検証されている。

（３）外的事象への対応

地震や津波に関しては、新規制基準に基づき、新たな基準地震動や基準津波が策定され、これに伴い、燃料取替用水タンクなどの設備の取替えや配管等の耐震補強等が行われている。また、高浜発電所では、津波警報が発表されない可能性のある津波への対応として、潮位計の追設とともに、防潮ゲート閉止の運用手順が定められた。

本委員会は、基準地震動について、原子力規制庁より、その策定に係る審査の基本的考え方等について説明を受け、敷地への影響を考えた様々な不確かさを考慮していることを確認した。

竜巻や森林火災等の外的事象に関しては、竜巻飛来物防護設備の設置や、発電所施設周辺の樹木の伐採による防火帯の設置等が行われている。

また、火山対策として、非常用ディーゼル発電機の吸気消音器へのフィルタ設置の手順等の整備や非常用ディーゼル発電機が使用できない場合を想定した代替電源等が確保されている。

（４）高経年化対策

40 年目の高経年化技術評価として、原子炉の中性子照射脆化や疲労評価などの劣化事象の評価や、運転期間延長認可制度の下で、原子炉容器、原子炉格納容器、コンクリート構造物を対象とした特別点検が行われ、60 年の運転を想定しても設備等の健全性は維持できるとの評価結果が取りまとめられている。

また、デジタル中央制御盤の導入や難燃ケーブルへの取替えなどが行われるとともに、原子炉容器の健全性確認のために、照射試験片の取出しが計画されている。

その他、経年劣化管理等の充実強化のため、応力腐食割れなどの経年劣化事象に関して、産学官の連携による知見拡充に取り組む方針等が示されている。

（５）中長期の安全性向上対策

事故対応時の指揮機能の強化、現場対応体制の確保等の更なる充実強化の観点から、緊急時対策所および免震事務棟が設置され、事故制圧訓練などが行われている。

免震事務棟については、本委員会が、事故対応支援設備の整備の必要性を指摘したこと等を踏まえ、社内テレビ会議システムや事故対応マニュアルを配備した会議室等が整備されている。

（６）長期停止中の保守管理

長期停止に伴い、特別な保全計画が策定されており、機器、設備の使用条件や環境に応じてポンプや非常用ディーゼル発電機などについては、定期運転や負荷試験などが行われるとともに、長期停止中も使用する原子炉補機冷却水クーラや海水ポンプ等については、約１年毎に分解点検等が実施されている。

また、長期停止中に機能要求がない配管や主タービン、発電機などについては、系統・機器に応じて乾燥保管等が行われており、タービンロータ（軸）に対しては、定期的にターニングすることで曲がり防止の措置が講じられている。

（まとめ）

事業者は、美浜３号機および高浜１、２号機について、電源確保や冷却機能確保などの設備強化対策を実施するとともに、初動対応体制の充実強化や教育訓練等を積み重ねるなど、継続的な安全性向上を図っている。また、高経年化技術評価を行い機器・設備の健全性を確認するとともに、長期保守管理方針を定め、計画的に設備の取替え等を実施することとしている。

高浜２号機については、一部、火災防護対策の工事等が残っている。本委員会は、これら工事中の部分についても現場確認を行うとともに、プラント設計が同じ１号機の工事完了の状況を確認することにより、１号機と同様の機能が確保されることを確認した。

これらのことから、本委員会としては、美浜３号機および高浜１、２号機について、ハード、ソフト両面から改善が図られており、原子炉の工学的な安全性を確保するために必要な対策が講じられていると評価する。

なお、高浜２号機の工事については、施工後に原子力規制庁の検査官による検査が行われることになる。本委員会としても、工事完了後に現場を確認することとする。

３－３　規制委員会および事業者に対応を求める事項

原子力発電所の工学的な安全性の確保のためには、システムが日常的に機能する中で、潜在的に発生しうる事象を予見して対策を講じ、安全管理に関する日々の業務を高い水準に保つことが重要である。

このため、現場の保守管理を確実に実施し、それらの活動を継続的に評価、改善していくことが重要である。また、安全対策や規制に必要な技術的能力を有する人材を計画的に確保、育成していく必要がある。

これらの考えのもと、本委員会は、これまで高浜３、４号機や大飯３、４号機の安全性向上対策等に係る報告書を取りまとめ、その中で、規制委員会に対して、実効的な規制活動を行うことを求めるとともに、事業者に対して、継続的な安全性向上を図るよう求めてきた（**添付２**）。

美浜３号機および高浜１、２号機については、運転開始後 40 年を経過したプラントであり、また、福島第一原子力発電所事故後に定期検査により停止した後、長期停止が続いている。このため、海外で先行している 40 年超運転プラントの知見などを取り入れるとともに、設備、機器の点検強化を図ることで、高経年化対策や保守管理の充実強化に努めていく必要がある。

これらの他、規制委員会は、事業者が安全を確保するという一義的な責任を負っていることを明確にし、事業者が自ら改善活動を積極的かつ的確に運用する体系とすることを目的として、2020 年４月に新検査制度を導入し、事業者の保安活動に対して、総合的に監視・評価を行う仕組みを取り入れた。

また、2020 年７月には、「継続的な安全性向上に関する検討チーム」を設置し、原子力発電所の継続的な安全性向上の取組みをより一層、円滑かつ効果的なものとするための議論を開始した。

一方、事業者は、2013 年 12 月に安全性向上評価制度が施行されたことを踏まえ、高浜３、４号機、大飯３、４号機について、運転サイクル毎にそれまでの運転経験や最新知見をもとに安全性向上計画等をまとめ、規制委員会に届出を行っている。

この他、最近では、東京電力柏崎刈羽原子力発電所社員によるＩＤカード不正使用問題や同発電所における核物質防護設備の機能の一部喪失などの問題などが発生し、情報開示のあり方や核セキュリティ文化の醸成に係る課題が生じている。

このような状況も踏まえ、以下の通り、規制委員会および事業者に対して、新たに求める事項を追加した。

本委員会としては、規制委員会および事業者に対し、過去の指摘事項等とともに、これらの項目に対して積極的に対応するよう求める。

（１）規制委員会に求める事項

- 新検査制度について、当委員会をはじめ地元に対して十分説明するとともに、第三者の意見も踏まえ制度の運用改善に努めていくこと

- 新検査制度のもとで行われる原子力規制検査の結果等について、データベースを整備するなど透明性確保に努めること

- 基準地震動の策定過程で考慮する不確かさについて、どのような保守性を有しているのか、引き続き、分かりやすく説明していくこと

・ 核セキュリティ事案に係る情報開示の在り方について、事業者と具体的検討を行うこと

（２）事業者に求める事項

・ 海外で先行している 40 年超運転プラントの運転経験等を収集し、その知見を反映すること

・ IAEA などの外部評価を受けることにより、国際的知見や提言を取り入れ、プラントの安全性向上を図ること

・ 美浜１、２号機など廃止措置プラントの配管、ポンプなどの実機材を活用した材料試験などを実施し、経年劣化データの拡充に努めること

・ １次冷却材系統の機器・配管などの振動状況のモニタリングを行い、劣化状況の把握・評価のためのデータを蓄積すること

・ プラントが長期停止している状況を踏まえ、通常の点検はもとより、メーカや協力会社等の経験を活用したプラント全体の総点検を行うこと

・ 安全性向上評価制度に基づき事業者が原子炉ごとに取りまとめる評価書について、他事業者の評価内容を分析し、安全確保に必要な対策を適切に取り入れていくこと

３－４　本委員会の今後の対応

本委員会は、事業者の高経年化対策や規制委員会の新検査制度等の運用状況を注視しながら、引き続き、原子力発電所の安全性向上に係る事業者の自主的かつ継続的な改善策の対応状況等を確認していく。

添付１

本委員会が事業者に対して指摘した主な事項

（１）設備対策

項目	本委員会の指摘事項	事業者の対応状況
電源確保	空冷式非常用発電装置の遠隔操作が失敗した場合の対応について検討すること	高圧ケーブルが損傷した場合も想定し、損傷部分を切断し健全部分をつなぎ合わせる手順を整備（2013 年）
	直流電源系の給電の独立性を確保するため、直流電源専用の可搬型の発電機を整備すること	予備の電源車を直流電源専用とし、可搬式整流器と接続するケーブルを配備するとともに手順を整備（2017 年）
冷却機能確保	非常用炉心冷却設備が使用できない場合でも、炉心に直接注水する手段を確保すること	・消防ポンプおよび消火水系を利用した原子炉注水手順を整備（2012 年） ・その後、新規制基準対応として、恒設および可搬式代替低圧注水ポンプ、中圧ポンプ、送水車を配備 ・また、特定重大事故等対処施設の冷却設備を活用した注水手段を確保
	海水ポンプ故障時の復旧手段、方策について改善を図ること	・予備モータを構内に配備し、竜巻飛来物防護設備設置を踏まえた交換手順を整備するとともに、運搬訓練を年１回実施. ・主軸やインペラ等の主要部品の予備品の発電所内への配備を検討中
	海水ポンプ機能喪失時に使用する大容量ポンプについて、準備から使用開始までの手順等の改善を図ること	・大容量ポンプ設置に伴い必要なクレーン作業を効率的に実施するため、玉掛、小型クレーンの資格者数を１名から２名に運用変更 ・大容量ポンプとユニック車に積載している資機材（水中ポンプ、ホース等）のクレーンによる積み下ろし作業を並行して実施できるように改善 ・大容量ポンプ作業エリアにおいて作業をしやすくするため、当該エリアにある既設配管のルート変更を実施し、作業エリアを拡大
	冷却設備の多様化を図るため、タービン動補助給水ポンプ、電動補助給水ポンプ等に加え、新たな蒸気発生器への注水手段を確保すること	蒸気発生器への給水が確実に行えるよう、消防ポンプよりもさらに吐出圧の高い中圧ポンプ（電動）を配備
	局所的な対策として、２次系純水タンク等の水位制限を行うのではなく、プラントシステム全体の最適化の観点から改善策を検討すること	淡水タンク等から燃料取替用水タンクへの補給等の水源の切換え手順を整備
		特定重大事故等対処施設に、新たな水源を設置予定

項目	本委員会の指摘事項	事業者の対応状況
緊急時対策所・免震事務棟	待機場所を設定し、要員の居住性を確保するための除染エリアや換気空調等を設置すること	参集した要員の待機場所として免震事務棟を活用するため、同建屋内に汚染対策や被ばく低減のための除染エリア、空気浄化装置を設置
	免震事務棟との建屋間のアクセス性について事故時の状況を想定した上で最適な方策を示すこと	要員の移動時間の短縮化を図るため、両建屋間に階段等を設置
汚染水対策	福島第一原子力発電所における汚染水処理の実績等を踏まえ、汚染水処理設備の設置等を検討すること	・側溝等に流出した汚染水を回収・浄化する海水循環型浄化装置を、美浜整備センターに配備（2016 年） ・放射性物質の放出が予想される事態に至った時点で同装置を搬入し設置する手順を整備し、１回／年の頻度で訓練を実施

（２）安全管理体制の強化等

項目	本委員会の指摘事項	事業者の対応状況
初動対応体制の強化	初動対応を行う常駐要員を増強すること	（美浜）34 名（2018 年）から 49 名に増員 （高浜）70 名（2015 年）から 100 名に増員
	発電所への資機材調達を支援するための体制を強化すること	調達機能の一元化・充実を目的とした「原子力調達センター」を設置し、要員を約 10 名から約 20 名に増員（2015 年）
シビアアクシデント対応能力の向上	若手技術者への教育プログラムなどの有効性を検証し、継続的改善に努めること	新入社員に対して、福島第一原子力発電所事故、美浜３号機２次系配管破損事故など過去の事故概要や再発防止対策等の教訓継承に関する研修等を実施
	解析ツール等に頼らず、自らプラントパラメータ（温度、圧力等）の情報を基に、状況を把握できるよう、習熟度を向上させるための教育を行うこと	・プラント挙動を可視化するツールを活用し、事故収束手段を検討・選択する教育や机上訓練を定期的に実施 ・2016 年度から指揮者クラス約 40 名、指揮者を含む対策本部要員約 250 名を対象に実施
	組織の対応能力向上のためにシナリオ非提示型訓練を行うこと	・原子力事業者防災業務計画に基づき、社内で実施している防災訓練において、シナリオ非提示型の訓練を継続して実施
	事故対応要員が実際の現場環境および作業目的を理解しながら訓練を行うなど、事故対応の実効性を高めること	現場環境（作業空間や照明等）を模擬し、実機と同等の機器等を配備した訓練設備（モックアップ設備）を発電所内に設置し、訓練を実施
	可搬式代替低圧注水ポンプのホース敷設にあたり、作業員の負担軽減等の観点から、ホース同士の接続方法の改善を図ること	訓練を通じてホース同士の接続方法を変更し、時間短縮を図るなどの運用改善を図った
指揮命令系統の強化	原子力事業本部内のインシデントコマンダーと各サイト統括の責任範囲や権限の委譲について検証を行い、役割等を明確にすること	事故制圧訓練等を通じ、インシデントコマンダーと各サイト統括の責任・所掌について役割を明確にしたマニュアルを整備

項目	本委員会の指摘事項	事業者の対応状況
情報通信網の強化	中央制御室と現場の連絡手段として配備した携行型の通話装置について、常設回線が使用できない場合を想定した対応を検討すること	中央制御室に 200m 長の通信ケーブルドラムを配備し、現場までケーブルを敷設する手順を整備
	可搬型モニタリングポストを設置した場合の汚染防止を図ること	可搬型モニタリングポストを養生する運用とした（2017 年）
災害対応資機材等の充実	社員自らが重機を扱う資格等を取得し訓練を行うこと	・ 初動対応を行う常駐要員を対象として、計画的にブルドーザ等の重機を扱う資格を取得（2020 年時点：319 名） ・ ブルドーザ等の重機を扱う訓練を定期的に実施（至近１年の実績：302 回）

（３）その他

項目	本委員会の指摘事項	事業者の対応状況
地震の知見反映	地震動評価に係る知見を速やかに反映させていくため、観測記録の管理、解析等を行う体制を強化すること	・ 地震観測による地下構造データの収集を目的として各発電所において大深度地震計による観測を開始（高浜発電所：2016 年、美浜発電所：2014 年） ・ 地震計等の管理、施設の評価を原子力事業本部で、地震観測記録の評価を本店で実施する体制を構築（2016 年）
津波の知見収集	若狭湾周辺の津波堆積物調査を実施すること	約１万年前以降の地層の調査を実施し、発電所に影響を与える規模の津波はなかったと評価し、調査結果報告書を規制委員会に提出（2012 年）
火山発生時の対応	非常用ディーゼル発電機の吸気口フィルタの交換作業を行う要員が、重大事故発生時には給水や消火活動等の役割を担っていることを考慮し、適切な体制を検討すること	火山灰降灰時の非常用ディーゼル発電機の吸気口フィルタ交換作業や重大事故時の給水作業等について、常駐要員で対応できる体制とした

添付２

本委員会がこれまで規制委員会および事業者に対応を求めた事項

○規制委員会に求めた事項

（大飯発電所３、４号機の安全性向上対策等に係る報告書（2017 年 11 月））

- 原子炉建屋への意図的な航空機衝突などのテロを想定した対応については、事業者が、可搬型機器による対応手順等を整備するとともに、今後、特定重大事故等対処施設を設置することとしているが、テロ全体への対応強化のためには国が積極的に関与することが重要であり、関係省庁と連携し対応を図ること

- 地震等の外的事象や運転経験、研究成果等について、規制基準への反映を速やかに検討するため、今後も最新知見の収集や分析研究を継続的に行うとともに、規制基準への反映等に係る適用対象範囲や時期等の考え方を明確に示すこと

- 原子力規制庁は、事業者が実施する総合訓練に参加し、事業者の対応等を評価しているが、訓練を通じて事業者から原子力規制庁の緊急時即応センター等の事故対応の評価を受け、危機管理体制の実効性確保等に努めていくこと

（高浜発電所３、４号機の安全性向上対策等に係る報告書（2015 年 12 月））

- 規制委員会の現場対応能力の向上のためには、発電所の現場において日常的に実践的かつ実効的な規制活動を行うことが重要であり、現地の規制事務所の人員体制を強化すること

- 新規制基準を踏まえ事業者が実施した対策について、プラントシステム全体からみて最適となっているか事業者と十分に議論を行い、相互の理解を深め、安全規制の改善を図ること

- 日常的な保安活動の達成状況だけでなく、深層防護の強化につながるような課題について、事業者に対して適切な指導・監督を継続して行うこと

- 規制当局として、緊急時に迅速かつ的確な対応を行うため、訓練などを通じ、プラント情報の収集、現地への社員派遣、事業者への指導など、ソフト面における初動対応能力と危機管理体制の実効性を向上させること

○事業者に求めた事項

（大飯発電所３、４号機の安全性向上対策等に係る報告書（2017 年 11 月））

- 国内外の原子力発電所の運転経験はもとより、自然災害から得られた知見等を含めた最新知見等に係る情報収集を継続的に行い、先進事例等を抽出し、発電所の安全対策に迅速に展開していくこと

- 発電所の設備全般を熟知し、プラントシステム全体を俯瞰できる人材を計画的に育成するとともに、想定する運転期間中の人的資源等を確保するための方策を構築すること

（高浜発電所３、４号機の安全性向上対策等に係る報告書（2015 年 12 月））

- 経年変化の影響を受けつつある既設の設備、機器や新規制基準等への対応として新たに設置した設備、機器について、日常的に行う点検や定期検査など全体の保全活動の中で安全に維持・管理していくとともに、原子力に関する組織内外の状況変化なども踏まえながら設備改善や運用面での適正化に努めていくこと

- 発電所の安全性を維持・向上させるため、個別事象に対応した局所的な安全対策を図るのではなく、プラントシステム全体への影響を考慮し継続的改善を行うこと

- 深層防護の強化を図るため、事故の発生防止のみならず、事故が起きた場合の影響緩和に対する改善に対しても焦点をあて、対策の展開を図ること

- 運転員や緊急安全対策要員等の意思決定能力や現場力の強化を図るための教育訓練について、実践的かつ実効的な訓練となるよう発電所と原子力事業本部が連携を図り、現場の意見を踏まえ改善に努めていくこと

添付３

福井県原子力安全専門委員会委員名簿

（2021 年４月現在）

（敬称略、五十音順）

（委員長）

氏名	現職	専門
鞍谷　文保	福井大学学術研究院教授	振動工学

（委員）

氏名	現職	専門
泉　　佳伸	福井大学附属国際原子力工学研究所教授	放射線化学・生物学、放射線防護学
大堀　道広	福井大学附属国際原子力工学研究所准教授	地震工学
黒﨑　　健	京都大学複合原子力科学研究所教授	核燃料工学
近藤　竜二	福井県立大学教授	微生物生態学
田島　俊彦	福井県立大学名誉教授	素粒子物理学
玉川　洋一	福井大学学術研究院教授	放射線計測学
西本　和俊	大阪大学名誉教授	材料工学、溶接・接合工学
三島　嘉一郎	京都大学名誉教授 （㈱原子力安全システム研究所 技術システム研究所長（2021 年 3 月 31 日まで））	原子力学、熱工学、流体工学
望月　正人	大阪大学大学院教授	熱加工力学、材料力学
山本　章夫	名古屋大学大学院教授	原子力工学

（臨時委員）

氏名	現職	専門
釜江　克宏	京都大学複合原子力科学研究所　特任教授	地震工学

（参考：大飯発電所３、４号機に係る報告書（2017 年）を取りまとめた以降に退任された委員）

氏名	現職	専門
中川　英之 （元委員長）	福井大学名誉教授 （2004 年８月～2019 年３月）	電気・電子工学材料物性

添付４

福井県原子力安全専門委員会の開催実績

開催日	議題	説明者
2021 年 ４月９日	美浜、高浜発電所の現場確認における委員からの質問に対する回答	関西電力
	これまでの議論の取りまとめ（報告書(案)）	（事務局）
2021 年 ３月 31 日	現場確認（高浜発電所）	
2021 年 ３月 19 日	現場確認（美浜発電所）	
2021 年 ３月４日 （第 98 回）	関西電力(株)高浜発電所１・２号機保安規定認可	規制庁
	基準地震動の策定に関する審査	
	美浜・大飯・高浜発電所の安全性向上対策の実施状況等	関西電力
	大飯発電所３号機加圧器スプレイライン配管における亀裂の調査を踏まえた対策および高浜発電所４号機の蒸気発生器伝熱管損傷の原因と対策	
2021 年 １月 22 日 （第 97 回）	高浜発電所１～４号炉の津波警報等が発表されない可能性のある津波への対応に係る審査結果	規制庁
	美浜・大飯・高浜発電所の安全性向上対策の実施状況等	関西電力
	高浜発電所４号機の蒸気発生器伝熱管の損傷	
	大飯発電所３号機の加圧器スプレイライン配管溶接部の傷	
2020 年 12 月 18 日	事故制圧訓練視察（高浜発電所）	
2020 年 11 月 27 日	事故制圧訓練視察（美浜発電所）	
2020 年 10 月 27 日 （第 96 回）	高浜発電所３号機の蒸気発生器伝熱管の損傷および大飯発電所３号機の加圧器スプレイライン配管溶接部における有意な信号指示について	関西電力
	美浜・大飯・高浜発電所の安全性向上対策の実施状況等について	関西電力
2019 年 11 月 27 日 （第 95 回）	高速増殖原型炉もんじゅの廃止措置状況について	原子力機構
	美浜・大飯・高浜発電所の安全性向上対策の実施状況等について	関西電力
2019 年 ３月 15 日 （第 94 回）	高速増殖原型炉もんじゅの廃止措置状況について	原子力機構
	美浜・大飯・高浜発電所の安全性向上対策の実施状況等について	関西電力
2018 年 ８月９日	現場確認（もんじゅ）	原子力機構
2018 年 ３月８日 （第 93 回）	高速増殖原型炉もんじゅの廃止措置計画について	原子力機構
	高浜発電所３号機の安全性向上評価について	関西電力
	美浜・大飯・高浜発電所の安全性向上対策の実施状況等について	関西電力
2017 年 11 月 22 日	**大飯発電所３、４号機報告書とりまとめ**	
2017 年 11 月８日 （第 92 回）	現場確認（10 月 23 日）における委員からの質問に対する回答	関西電力
	これまでの審議の取りまとめ（報告書(案)）	（事務局）
2017 年 10 月 23 日	現場確認（大飯発電所）	

開催日	議題	説明者
2017 年 9 月 22 日 (第 91 回)	大飯発電所３、４号機の新規制基準適合性に係る工事計画および保安規定の認可について	規制庁
	美浜・大飯・高浜発電所の安全性向上対策の実施状況について （大飯・高浜発電所における事故制圧訓練の結果など）	関西電力
2017 年 9 月 12 日	事故制圧訓練視察（大飯発電所）	
2017 年 8 月 29 日 (第 90 回)	美浜・大飯・高浜発電所の安全性向上対策の実施状況等について	関西電力
2017 年 6 月 7 日 (第 89 回)	大飯発電所３、４号機の新規制基準適合性に係る原子炉設置変更許可について	規制庁
	美浜・大飯・高浜発電所の安全性向上対策の実施状況について	関西電力
	美浜発電所１、２号機および敦賀発電所１号機の廃止措置について	関西電力 日本原電
	高速増殖原型炉もんじゅの廃炉に係る実施体制について	文部科学省
2017 年 2 月 13 日 (第 88 回)	美浜発電所３号機の運転期間延長認可について	規制庁
	福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全性向上対策の実施状況等について	関西電力
2016 年 11 月 2 日 (第 87 回)	美浜発電所３号機の新規制基準適合性に係る原子炉設置変更許可および工事計画認可について	規制庁
	美浜発電所３号機の運転期間延長認可申請の概要について	関西電力
	福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全性向上対策の実施状況について	関西電力
2016 年 8 月 31 日 (第 86 回)	高浜発電所１、２号機の工事計画および運転期間延長認可について	規制庁
	前回の委員会（5/13）における委員からの質問に対する回答	関西電力
2016 年 5 月 13 日 (第 85 回)	高浜発電所１、２（３、４）号機の新規制基準適合性に係る原子炉設置変更許可について	規制庁
	福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全性向上対策の実施状況等について	関西電力
	高浜発電所１、２号機の運転期間延長認可申請の概要について	関西電力
2015 年 12 月 19 日	**高浜発電所３、４号機報告書とりまとめ**	
2015 年 12 月 10 日 (第 84 回)	現場確認（11 月 30 日）における委員からの質問に対する回答	関西電力
	これまでの審議の取りまとめ（報告書(案)）	（事務局）
2015 年 11 月 30 日	現場確認（高浜発電所）	
2015 年 11 月 5 日 (第 83 回)	高浜発電所３、４号機の新規制基準適合性に係る工事計画および保安規定 ・ 高浜４号機の工事計画および３、４号機の保安規定の概要 ・ 高浜４号機の工事計画および３、４号機の保安規定の認可	関西電力 規制庁
	福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全性向上対策の実施状況 （高浜発電所における事故制圧訓練（10/23）の結果など）	関西電力
	高速増殖原型炉もんじゅの保守管理不備に係る対応状況	原子力機構 文部科学省 規制庁

開催日	議題	説明者
2015 年 10 月 23 日	事故制圧訓練視察（高浜発電所）	
2015 年 9 月 3 日 （第 82 回）	高浜発電所３、４号機の新規制基準適合性に係る工事計画認可申請 ・高浜発電所３、４号機　工事計画の概要について ・高浜発電所３号機　工事計画認可について	関西電力 規制庁
	福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全性向上対策の実施状況等 （緊急時対応体制、手順の整備状況など）	関西電力
2015 年 7 月 22 日 （第 81 回）	福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全性向上対策の実施状況等 ・ 新規制基準対応工事等の実施状況 ・ 原子力事業本部の安全管理体制の強化等 ・ これまでの委員会における委員からの質問に対する回答	関西電力
2015 年 5 月 7 日 （第 80 回）	福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全性向上対策の実施状況等 （美浜・大飯・高浜発電所）	関西電力
	県内原子力発電所の新規制基準適合性審査等の状況	規制庁
2015 年 3 月 6 日 （第 79 回）	高浜発電所３、４号機の新規制基準適合性に係る原子炉設置変更許可	規制庁
2014 年 11 月 20 日 （第 78 回）	福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全性向上対策の実施状況等 （美浜・大飯・高浜発電所）	関西電力
2014 年 6 月 9 日	現場確認（高浜発電所）	
2014 年 1 月 28 日 （第 77 回）	福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全性向上対策の実施状況等	関西電力
	高浜３号機の高経年化技術評価書の概要（30 年目評価）	関西電力
	高速増殖原型炉もんじゅにおける保守管理上の不備とその対応	原子力機構 規制庁
2013 年 7 月 23 日	現場確認（大飯発電所） 関西電力(株)大飯発電所３号機及び４号機の現状評価書	関西電力 規制庁
2013 年 6 月 12 日 （第 76 回）	福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全性向上対策実行計画等の実施状況等	関西電力
	大飯発電所３、４号機の新規制基準適合性確認結果 （原子力規制委員会への報告）	関西電力
	若狭湾沿岸における津波堆積物の調査結果	関西電力
2012 年 9 月 6 日 （第 75 回）	大飯発電所３、４号機の運転状況	関西電力
	福島第一原子力発電所事故に関する各事故調査報告書の検討結果等	関西電力
	高速増殖原型炉もんじゅの炉内中継装置の落下に係る原因と再発防止対策および炉内への影響評価	原子力機構
2012 年 6 月 11 日	**大飯発電所３、４号機報告書とりまとめ**	
2012 年 6 月 10 日 （第 74 回）	関西電力への追加確認事項について	関西電力
	大飯発電所敷地内の破砕帯の評価について	保安院
	これまでの審議事項の取りまとめについて	関西電力
2011 年 5 月 21 日 （第 73 回）	関西電力への追加確認事項について	関西電力
	これまでの審議事項の整理・確認について	（事務局）

開催日	議題	説明者
2011 年 5 月 8 日 (第 72 回)	地震・津波に関する意見聴取会（主に地震動関係）の審議状況について	保安院
	県原子力安全専門委員からの質問に対する回答	関西電力
2011 年 4 月 25 日 (第 71 回)	大飯発電所３、４号機の現場確認結果について	県事務局
	これまでの委員会における委員からの質問に対する回答	保安院 関西電力
2011 年 4 月 18 日	現場確認（大飯発電所）	
2011 年 4 月 16 日 (第 70 回)	原子力発電所の再起動にあたっての安全性に関する判断基準	保安院
2011 年 4 月 4 日 (第 69 回)	福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全性向上対策実行計画等の実施状況について	３事業者
2011 年 3 月 30 日 (第 68 回)	福島第一原子力発電所事故を踏まえた原子力災害時の初動体制等に係る追加安全対策について	３事業者
	地震・津波に関する意見聴取会（主に地震動関係）の審議状況について	保安院
2011 年 2 月 20 日 (第 67 回)	原子力安全・保安院の各意見聴取会の審議状況について	保安院
2011 年 10 月 27 日 (第 66 回)	福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全性向上対策実行計画の実施状況について	３事業者
2011 年 3 月 25 日 (第 65 回)	東北地方太平洋沖地震と日本海側における地震・津波の知見について	委員
	東北地方太平洋沖地震を踏まえた県内発電所の対応状況について	３事業者
2011 年 3 月 14 日	現場確認（敦賀発電所）	
	現場確認（美浜発電所）	

注）３事業者：関西電力・日本原電・原子力機構、保安院：原子力安全・保安院