

大飯発電所3、4号機の安全性向上対策等に係る  
これまでの審議の取りまとめ  
(案)

平成29年11月  
福井県原子力安全専門委員会



はじめに

平成 23 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、平成 24 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。

平成 24 年 9 月に原子力規制委員会が発足し、平成 25 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、同日、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。

本委員会は、これらを踏まえ、平成 25 年 7 月、大飯発電所において、同基準への対応状況等の確認を行った。また、審査が先行する高浜発電所 3、4 号機を中心に、原子力規制庁および事業者から新規制基準適合性審査の内容や安全性向上対策対応工事等について適宜説明を受け、平成 27 年 12 月に高浜発電所 3、4 号機の安全性向上対策に係る報告書を取りまとめた。

その後も、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、工学的な論点を中心に機器・設備や組織人員体制等について検証を行うとともに、新規制基準対応工事の状況等の確認を行ってきた。

平成 29 年 5 月に大飯発電所 3、4 号機に係る原子炉設置変更が許可されたことを踏まえ、原子力規制庁から審査結果等について説明を受けた。また、新規制基準対応工事が平成 29 年 8 月末に完了したことなどから、平成 29 年 10 月 23 日に大飯発電所の現場確認を行った。

本報告書は、大飯発電所 3、4 号機に係るこれらの審議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. これまでの審議および現場確認結果

1-1	新規制基準適合性審査の確認結果	
(1)	原子炉設置変更許可申請	… 1
(2)	工事計画認可申請	… 2
(3)	原子炉施設保安規定変更認可申請	… 2
1-2	安全性向上対策の実施状況等の確認結果	
(1)	設備対策	… 4
1)	電源確保	… 4
2)	炉心・格納容器冷却機能の確保	… 8
3)	使用済燃料ピット冷却機能の確保	… 15
(2)	安全管理体制の強化等	… 17
1)	初動対応体制の強化	… 17
2)	指揮命令系統の強化	… 19
3)	シビアアクシデント対応能力の向上	… 21
4)	情報通信網等の強化	… 24
5)	災害対応資機材等の充実	… 26
(3)	外的事象への対応	… 28
1)	地震・津波	… 28
2)	その他外的事象	… 32
1-3	中長期の安全性向上対策の実施状況等の確認	
(1)	免震事務棟および緊急時対策所の設置	… 34
(2)	特定重大事故等対処施設等の設置	… 36
1)	フィルタ付格納容器ベント設備等	… 36
2)	常設直流電源設備	… 36
(3)	過酷事故用計装システムの開発	… 38
(4)	その他（汚染水処理対策）	… 39

#### 2. これまでの審議の取りまとめ

2-1	本委員会が独自に指示した安全対策	… 40
2-2	本委員会の見解	… 44
2-3	規制委員会および事業者に対応を求める事項	… 45

#### 添付資料

添付1	福井県原子力安全専門委員会委員名簿
添付2	原子力安全専門委員会の審議実績（平成27年12月以降）
添付3	原子力安全専門委員会の審議実績（平成23年3月～平成27年12月）
別添資料	これまでの委員会等において事業者から提出された資料

## 1. これまでの審議および現場確認結果

### 1-1 新規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、平成 25 年 7 月 8 日に施行した。（以下、「新規規制基準」）

新規規制基準では、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。

#### 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。

#### 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、新規規制基準が施行された平成 25 年 7 月 8 日、規制委員会に対し、大飯発電所 3、4 号機の原子炉設置変更許可、工事計画認可、保安規定変更認可の申請を行った。

#### （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を記載したものである。

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、平成 29 年 5 月 24 日、原子炉設置変更を許可した。

## (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・設備の詳細設計を取りまとめたものである。

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、平成 29 年 8 月 25 日、工事計画を認可した。

## (3) 原子炉施設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ものである。

規制委員会は、事業者から提出を受けた原子炉施設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、平成 29 年 9 月 1 日、保安規定を認可した。

## (規制委員会の審査の基本方針等の確認)

本委員会は、規制委員会における審査について、

- ・ 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かなどの観点から確認を行った。

これに対し、規制委員会からは、

- ・ 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<sup>※1</sup>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、同規定認可後の初回の原子炉起動前に保安検査として確認する方針であること
- ・ 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<sup>※2</sup>を用いて評価を行うこと

などが示された。

※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、「即応センターと 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。

これらのことから、本委員会は、規制委員会の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を確認した。

表 1 大飯発電所3、4号機の各申請日および許認可日

申請	申請日	補正書提出日	許認可日
原子炉設置変更許可	H25. 7. 8	H28. 5. 18, H28. 11. 18, H29. 2. 3, H29. 4. 24	H29. 5. 24
工事計画認可	H25. 7. 8 H25. 8. 5*	H28. 12. 1, H29. 4. 26, H29. 6. 26, H29. 7. 18, H29. 8. 15	H29. 8. 25
保安規定変更認可	H25. 7. 8	H28. 12. 1, H29. 8. 25	H29. 9. 1

※平成28年12月1日に提出した補正書の中に平成25年8月5日の申請内容を含めたため申請を取り下げた。

## 1-2 安全性向上対策の実施状況等の確認結果

本委員会は、平成 24 年 6 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、同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、緊急時の対応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、本委員会の現場確認（平成 25 年 7 月 23 日、平成 29 年 10 月 23 日）の結果を記す。

### (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」、「使用済燃料ピット冷却機能の確保」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、非常用ディーゼル発電機等の電気設備が建屋への浸水によりほぼ同時に水没・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、大飯発電所においては、既設の 500kV 送電線 2 系統 4 回線に加え、大飯支線 (77kV) を 3、4 号機安全系所内高圧母線に接続させることで、外部電源系統の多重性を強化した (平成 26 年 3 月)。なお、同支線については、支持碍子の免震対策などが図られている。

また、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)

##### ① 空冷式非常用発電装置

空冷式非常用発電装置 (2 台/基) 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、蓄電池、計装用電源盤、ほう酸ポンプ、1 次系補給水ポンプ、高圧注入ポンプ、恒設代替低圧注水ポンプ、余熱除去ポンプ、原子炉補機冷却水ポンプ、電動補助給水ポンプ、アニュラス排気設備、中央制御室空調設備等がある。

空冷式非常用発電装置は、原子炉周辺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、屋外の背面道路 (標高 (以下、EL) 約 33m) 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、制御建屋内の高電圧開閉装置 (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（平成 25 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、号機間電力融通ケーブル（3号機～4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（1、2号機～3、4号機）を敷設した。

## ② 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（2台／基、予備1台／2基）を配備した。

電源車からの電力ケーブルを原子炉周辺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蓄電池、計装用電源等に電源を供給することとしている。

### 緊急時対策所用電源車

緊急時対策所およびモニタリングポスト等に電源供給を行うため、電源車（4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（2台／基、予備1台／2基）を配備した。

## ③ 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、高電圧開閉装置を介して非常用高圧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（高圧分岐盤、分電盤、補機切替盤等）を設置した（平成 28 年 1 月）。

また、この代替所内電気設備は、既設の高電圧開閉装置（EL15.8m）とは位置的分散を図った場所（EL17.1m）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。

## ④ 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、制御建屋（EL15.8m）に2系統設置されており、これら蓄電池の容量を増強（1400Ah／系統→2400Ah／系統）した。また、当該蓄電池の負荷切り離しのための遠隔操作スイッチの設置により、中央制御室から

の操作および現場操作により不要な負荷（停止機器の制御電源など）を切り離すことで、一次冷却材の温度・圧力・水位等の事故時に監視する計器等に24時間以上の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（バッテリー）を配備した。

#### ⑤ 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、非常用高圧母線（交流）に電源車を接続し直流電源を必要とする監視計器等に給電する手順を整備した。また、既設の整流器（充電器）の代替として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（平成27年12月）を踏まえ、予備の電源車1台を直流電源専用と位置付け、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監視計器等の直流電源系に直接給電する手順を整備した。

#### ⑥ 空冷式非常用発電装置等への燃料補給

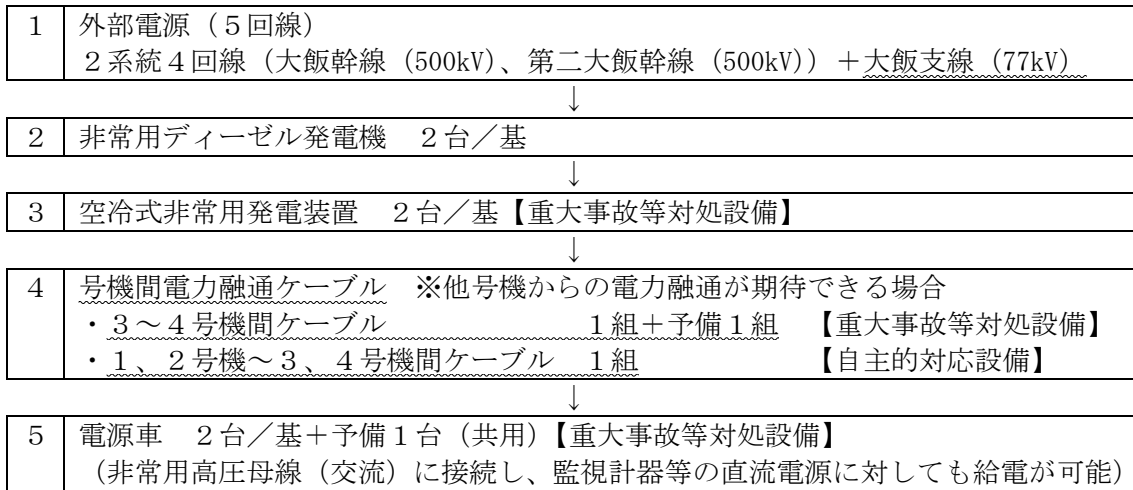
非常用ディーゼル発電機の燃料油貯蔵タンク（約165kL/台、2台/基）から空冷式非常用発電装置および電源車（緊急時対策所用電源車含む）に燃料（重油）を補給するため、構内にタンクローリー等を配備し、手順を整備した。

また、燃料油貯蔵タンクに加えて、新たに重油タンク（約200kL/台、2台/基）を設置し、外部電源が喪失した場合においても7日間の運転継続に必要な重油量を確保している。

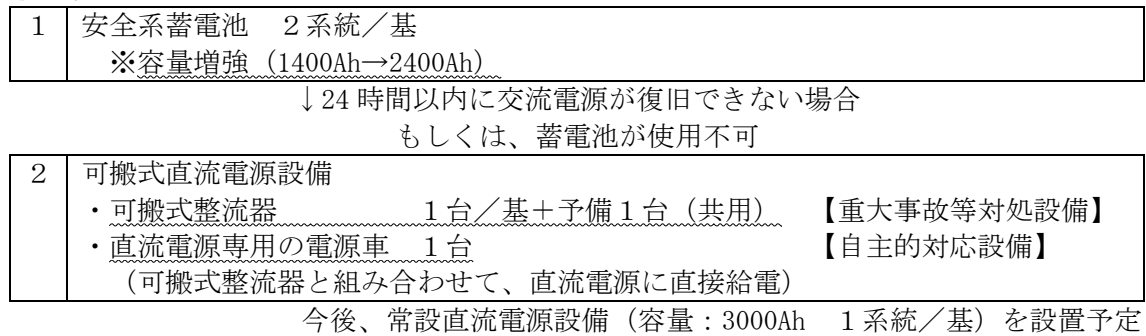
#### （現場確認結果）

- 中央制御室に安全系蓄電池の負荷切り離しのための遠隔操作スイッチが設置されていることを確認した。また、制御建屋内に、安全系蓄電池2系統がそれぞれ別の部屋（EL15.8m）に配置されていること、さらに、常用系蓄電池がこれらの蓄電池と分散して配置（EL15.8m）されていることを確認した。
- 加圧器逃がし弁作動用電磁弁を操作するための可搬型バッテリーおよび作動用空気を供給する可搬型コンプレッサ、窒素ポンプ等が、原子炉周辺建屋内に設置されていることを確認した。また、これらの資機材を使用した加圧器逃がし弁開操作については、現場移動時間も含め約65分（1基あたり要員1名）で実行可能であるとの説明を受けた。
- 常用系蓄電池は、通常、安全系以外の機器（発電機保護装置、タービン非常用油ポンプ等の二次系機器等）に給電しているが、自主的対応として、常用系蓄電池から安全系の直流電源系統に給電する手順が整備されていることを確認した。

交流電源



直流電源



~~~~~：平成24年6月以降に配備

図1 外部電源喪失時の電源確保フロー

## 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（1800m<sup>3</sup>/h）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システム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な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）

##### 大容量ポンプを用いた原子炉補機冷却水システムへの注水等

海水ポンプ（3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（2台/2基、予備1台/2基）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（2台/2基）を配備した。

##### 炉心および格納容器への注水等

大飯発電所3、4号機においては、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、充てんポンプ、高圧注入ポンプ、余熱除去ポンプ、格納容器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/2基）とともに同ポンプ専用の電源車、送水車（300m<sup>3</sup>/h）、ホース延長・回収車（各2台/基、予備1台/2基）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、余熱除去システムと格納容器スプレイシステムを接続する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。

原子炉補機冷却水システムの機能喪失時に既設の充てんポンプおよび格納容器スプレイポンプを使用可能とするため、充てんポンプ3台のうち1台と、格納容器スプレイポンプ2台のうち1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システム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、燃料取替用水ピットや復水ピットを水源とする恒設代替低圧注水ポンプ、充てんポンプ（自己冷却）、格納容器スプレイポンプ（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再循環ユニットについて、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。

### 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、原子炉周辺建屋内（EL17.1m）に中圧ポンプ（1台／基）を配備するとともに、可搬式代替低圧注水ポンプ用に配備した送水車およびホース延長・回収車を活用する手順を整備した。

### （現場確認結果）

- ・ 炉心等への海水注水手段として、送水車とホース延長・回収車を導入したことにより、消防ポンプを使用した場合と比較して、ホース敷設のための給水対応要員の削減（26名から10名）、注水に係る時間の短縮（約16時間から約4時間※）等の改善が図られていることを確認した。  
※訓練に基づく時間（海水を用いた復水ピット（蒸気発生器）への補給）
- ・ 海水ポンプ室エリアにある大容量ポンプの接続口は、これまで海水ストレーナドレンラインに設置されていたが、竜巻飛来物防護設備の設置に伴い、設備外壁（EL約9m）に位置変更を行い、同ラインまで配管が敷設されていることを確認した。
- ・ シビアアクシデント発生時に格納容器内の圧力や温度上昇を抑制するために実施する格納容器スプレイの運用について、格納容器圧力計が水没しない高さ（EL21.5m：約4,400m<sup>3</sup>）で停止する手順が整備されていることを確認した。
- ・ 海水ポンプのモータの故障等を想定して、予備モータ（1台／基）が4号機側背面道路（EL約33m）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。

### （委員会の主な指摘事項）

本委員会は、これまで、原子炉を長期的に冷却するために海水ポンプの機能復旧が重要であるとの観点から、海水ポンプの分解点検や故障時の復旧作業を想定し、運用改善を図る必要があるとの指摘を行ってきた。

これに対し、事業者は、海水ポンプ分解時において、主軸やインペラ等の主要部品の点検後、手入れ等を行い復旧する現行の手順を見直し、予備の部品を確保（平成30年度）し、分解点検時に交換する手順を整備することにより、点検期間の短縮を図ることとした。

また、本委員会は、余熱除去ポンプを用いた代替炉心冷却に係る大容量ポンプの起動までに要する時間を約7時間※と想定していることに対して、運用改善を図るよう指摘し、事業者は、今後の訓練等を踏まえて検討するとしている。

※訓練に基づく時間（海水を用いた復水ピット（蒸気発生器）への補給）

本委員会は、冷却機能の多様化の観点から、平成 24 年 6 月の報告書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、恒設代替低圧注水ポンプ等の設置により、余熱除去系統と格納容器スプレイ系統を接続する配管に新たに配管が敷設されており、同配管を活用して炉心注入を行う手順を整備していることを確認した。

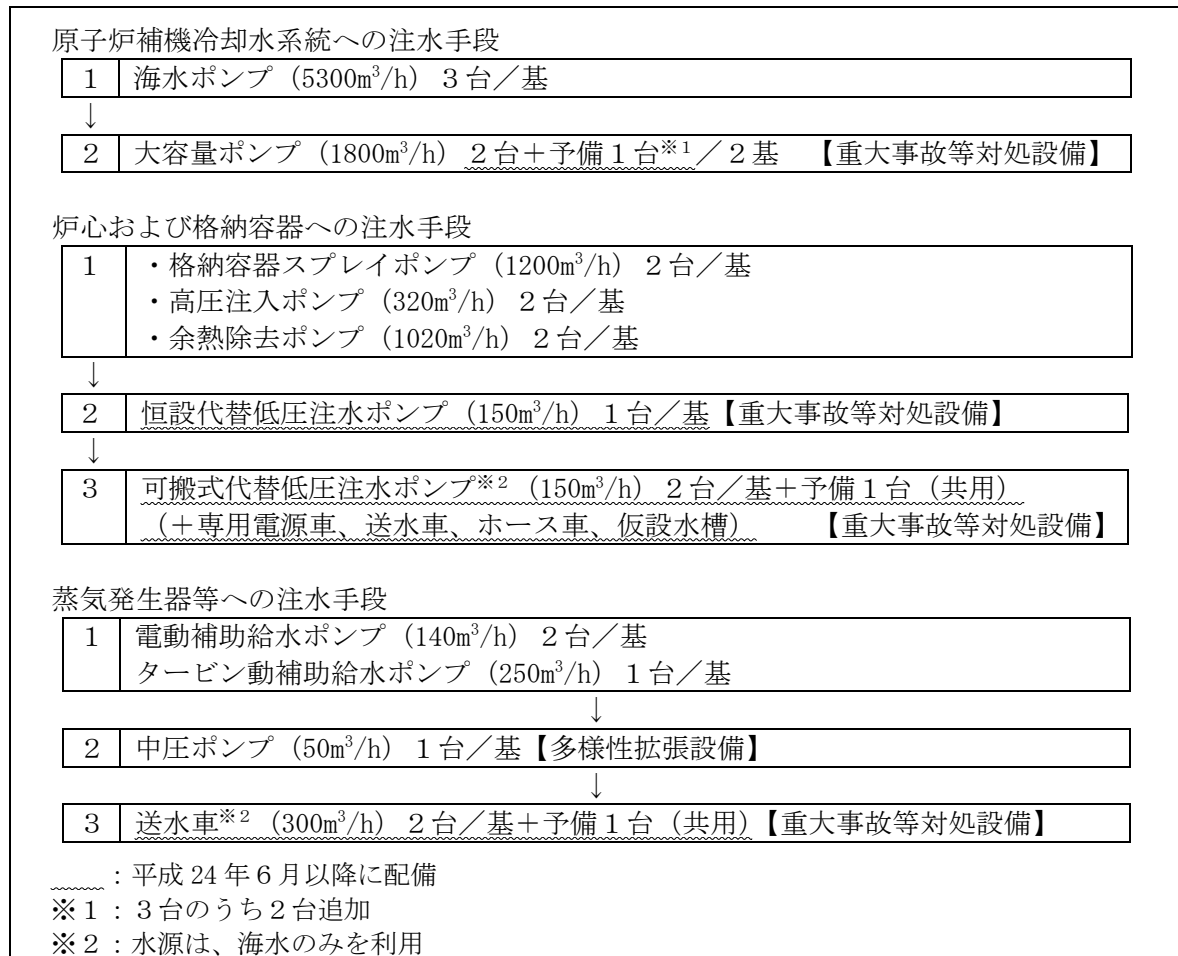


図 2 重大事故等発生時の原子炉容器等への注水フロー

表2 炉心・格納容器への注水設備（新設、改造）

| 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<br>炉心注水 | 燃料取替用水ピット<br>復水ピット |
| 充てんポンプ（自己冷却）                          | 炉心注水             | 燃料取替用水ピット<br>復水ピット |
| 格納容器スプレイポンプ（自己冷却）                     | 格納容器スプレイ<br>炉心注水 | 燃料取替用水ピット          |
| 可搬式代替低圧注水ポンプ<br>（専用電源車、送水車、ホース車、仮設水槽） | 格納容器スプレイ<br>炉心注水 | 海水                 |

表3 蒸気発生器への注水設備（新設）

| 給水設備（既設含む）                                      | 水源                                        |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 中圧ポンプ<br>（水源は、既設のタービン動補助給水ポンプ、<br>電動補助給水ポンプと同様） | 復水ピット<br>No. 3 淡水タンク<br>No. 2 淡水タンク<br>海水 |
| 送水車                                             | 海水                                        |

## 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、復水ピット、燃料取替用水ピット、2次系純水タンクや淡水タンクを確保している。燃料取替用水ピットに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ピットから補給できるようにするために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ピット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。

#### 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（6台、100m<sup>3</sup>/台）とポンプ等を設置した。

#### 淡水タンクおよび純水タンクの保有水量の変更

淡水タンクおよび2次系純水タンクは、基礎ボルトを有していないことから、事業者は、平成19年に発生した新潟県中越沖地震を踏まえた耐震評価において、タンクのすべりを考慮した評価を行い、タンク本体が破損しないことを確認した。

また、すべりによって生じるタンクと接続配管との相対変位による影響については、新潟県中越沖地震対応等で設置したフレキシブルチューブにより、

一部の小口径の接続配管以外は破損せず、タンク堰外への溢水によっても防護対象設備に影響を与えることはないとしていた。

しかし、新規規制基準適合性審査の過程において、タンクのすべりが無い状態（ロッキング現象）で全てのタンク接続配管が完全全周破断すると想定した場合、鯨谷タンクエリア（EL 約 80m）に設置しているタンクからの溢水により、原子炉施設や緊急時に使用する道路等のアクセスルートに影響を及ぼす可能性があることと評価されたことから、事業者は、淡水タンク等の保有水量を約 44,000m<sup>3</sup> から約 12,000m<sup>3</sup> に低減する運用とした。

その後、溢水対策として同タンクエリアに流出した水を構外に排水するための立坑および排水トンネルを設置することで、約 16,000m<sup>3</sup> の保有水量を確保した。

#### （現場確認結果）

- 既設の消火水ラインに接続する水源として、中越沖地震を踏まえて原子炉制御建屋外壁に設置した給水接続口にポンプ車（120m<sup>3</sup>/h）を接続し、防火水槽から給水するラインを敷設しており、消火水バックアップタンク設置以降も、引き続き同システムを活用する手順であることを確認した。
- 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について、淡水タンクを水源とした消火水を仮設水槽（約 100m<sup>3</sup>）に貯水し、ポンプへ送水していることを確認した。今後、同水槽の調達、組立等の試験準備に係る負担軽減のため、平成 29 年度中にキャスク保管庫横エリアに専用の貯水ピット（160m<sup>3</sup>）を設置する予定である。

#### （委員会の主な指摘事項）

本委員会は、これまで、鯨谷タンクエリアに係る運用変更に対して、プラント全体としての水源確保に関する最適化等の観点から運用改善を行う必要があると指摘を行ってきた。

これに対し、事業者は、炉心や格納容器スプレイに必要な水量を確保するとともに、各水源タンクから燃料取替用水ピット等に補給する手順を整備した。

また、今後、新たに、特定重大事故等対処施設に水源を設ける予定である。



表4 主な水源（タンク）一覧

| 水源                                          | 容量                                                                   | 運用変更（溢水対策）                                                        |                                                               | 設置場所             |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------|
|                                             |                                                                      | 26年1月                                                             | 29年9月                                                         |                  |
| 3号機 燃料取替用水ピット<br>4号機 燃料取替用水ピット              | 2,900m <sup>3</sup><br>2,100m <sup>3</sup>                           | —<br>—                                                            | —<br>—                                                        | 原子炉周辺<br>建屋内     |
| A-2次系純水タンク<br>B-2次系純水タンク<br>C-2次系純水タンク      | 8,500m <sup>3</sup><br>8,500m <sup>3</sup><br>7,500m <sup>3</sup>    | —<br>—<br>0m <sup>3</sup>                                         | —<br>—<br>0m <sup>3</sup>                                     | 定検用地<br>鯨谷タンクエリア |
| 2次系純水タンク                                    | 3,000m <sup>3</sup> ×2                                               | 0m <sup>3</sup>                                                   | 0m <sup>3</sup>                                               | 鯨谷タンクエリア         |
| 淡水タンク                                       | 8,500m <sup>3</sup> ×2                                               | —                                                                 | —                                                             | 定検用地             |
| No.1 淡水タンク<br>No.2 淡水タンク<br>No.3 淡水タンク（純水※） | 10,000m <sup>3</sup><br>10,000m <sup>3</sup><br>10,000m <sup>3</sup> | 4,000m <sup>3</sup><br>4,000m <sup>3</sup><br>4,000m <sup>3</sup> | 0m <sup>3</sup><br>8,000m <sup>3</sup><br>8,000m <sup>3</sup> | 鯨谷タンクエリア         |
| 1次系純水タンク                                    | 400m <sup>3</sup><br>400m <sup>3</sup>                               | —                                                                 | 328m <sup>3</sup>                                             | 廃棄物処理<br>建屋内     |
| 3号機 ほう酸タンク<br>4号機 ほう酸タンク                    | 100m <sup>3</sup> ×2<br>100m <sup>3</sup> ×2                         | —                                                                 | —                                                             | 原子炉周辺<br>建屋内     |
| 3号機 復水ピット<br>4号機 復水ピット                      | 1200m <sup>3</sup><br>1200m <sup>3</sup>                             | —                                                                 | —                                                             | 原子炉周辺<br>建屋内     |
| 3号機 脱気器タンク<br>4号機 脱気器タンク                    | 600m <sup>3</sup><br>600m <sup>3</sup>                               | —                                                                 | —                                                             | タービン建屋<br>屋上     |

※1、2号機建設時にNo.1～3 淡水タンクとして運用開始したが、その後、No.2、3 淡水タンクを純水タンクとして使用することとし、さらに新規基準適合性を踏まえて現在の運用とした。

—：運用の変更はない

表5 重大事故等の収束に必要なとなる水の供給設備一覧表

| 分類             | 機能喪失を想定する設備   | 対応策                  | 対応設備等<br>(丸内数字は優先順位) | 分類          |
|----------------|---------------|----------------------|----------------------|-------------|
| 2 蒸気発生器<br>側冷却 | 復水ピット損傷       | 水源切替                 | ①No. 3 淡水タンク (純水)    | 多様性拡張設備※    |
|                |               |                      | ②脱気器タンク              |             |
|                |               |                      | ③燃料取替用水ピット           | 重大事故等対処設備   |
|                | 復水ピット枯渇       | 復水ピットへの補給            | ①No. 3 淡水タンク (純水)    | 多様性拡張設備※    |
|                |               |                      | ②No. 2 淡水タンク         | 重大事故等対処設備   |
|                |               |                      | ③海水 (海)              |             |
| 炉心注水           | 燃料取替用水ピット損傷   | 水源切替                 | ① 1 次系純水タンクおよびほう酸タンク | 多様性拡張設備※    |
|                |               |                      | ②No. 2 淡水タンク         |             |
|                |               |                      | ③復水ピット               | 重大事故等対処設備   |
|                |               |                      | ④海水 (海)              |             |
|                | 燃料取替用水ピット枯渇   | 燃料取替用水ピットへの補給        | ① 1 次系純水タンクおよびほう酸タンク | 多様性拡張設備※    |
|                |               |                      | ② 1 次系純水タンク          |             |
|                |               |                      | ③No. 3 淡水タンク (純水)    |             |
|                |               |                      | ④No. 2 淡水タンク         |             |
|                |               |                      | ⑤復水ピット               | 重大事故等対処設備   |
|                |               |                      | 格納容器スプレイ             | 燃料取替用水ピット損傷 |
| ②復水ピット         | 重大事故等対処設備     |                      |                      |             |
| ③海水 (海)        |               |                      |                      |             |
| 燃料取替用水ピット枯渇    | 燃料取替用水ピットへの補給 | ① 1 次系純水タンクおよびほう酸タンク |                      | 多様性拡張設備※    |
|                |               | ② 1 次系純水タンク          |                      |             |
|                |               | ③No. 3 淡水タンク (純水)    |                      |             |
|                |               | ④No. 2 淡水タンク         |                      |             |
|                |               |                      | ⑤復水ピット               | 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。

### 3) 使用済燃料ピット冷却機能の確保

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（ピット）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。

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、使用済燃料ピット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ポンプ車（エンジン駆動）、送水車、消火ホース等の配備を行った。

本委員会は、使用済燃料ピット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）

使用済燃料ピットの冷却器やポンプの故障、配管等の損傷によるピット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、ピットの水温、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ー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、使用済燃料ピット出口配管破断時等においても同配管下端部よりさらに下の範囲を監視可能とするため、新たに計測範囲を拡大（長尺化）した温度計を設置した。また、蒸気雰囲気下においても水温の状態を可視的に把握するため、赤外線サーモグラフィ機能を追加するとともに、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。

使用済燃料ピットへの注水に関しては、燃料取替用水ピットや純水タンクから行う手順に加えて、ポンプ車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ピット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ピットへのスプレイを行う手順を整備した。

#### （現場確認結果）

- 原子炉周辺建屋内の使用済燃料ピットは、コンクリート構造物に囲われており、ピット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 下に位置していることを確認した。また、原子炉周辺建屋は、原子炉格納容器、背後斜面（山）に囲まれた場所に位置していることを確認した。
- 使用済燃料ピットエリアは背面道路（EL 約 33m）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。
- 使用済燃料ピットの水位監視として、使用済燃料ピット近傍にフロート式の可搬型水位計を配備し、重大事故時に設置する手順が整備されていることを

確認した。また、タービン建屋内に同ピットを模擬した設備と水位計の模型が設置（平成 27 年 3 月）されており、初動対応を行う常駐要員等を対象として、水位計を設置する訓練が行われていることを確認した。

表 6 使用済燃料ピットの冷却機能の確保に用いる水の供給設備一覧

| 対応設備等           | 分類            | 位置づけ                                                      |
|-----------------|---------------|-----------------------------------------------------------|
| 燃料取替用水ピット       | 多様性<br>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 |
| No. 3 淡水タンク（純水） |               | 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                  |
| No. 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                  |
| 海水              | 重大事故等<br>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。

## (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」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ーの技術者や、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)

#### 初動対応要員の増強

大飯発電所において事故発生時の初動対応を行う常駐要員を 54 名（平成 24 年 6 月時点）から 64 名（緊急時対策本部要員 6 名、運転員および緊急安全対策要員 58 名）に増員し、号機毎に指揮者を配置するとともに、大規模火災に備えた消防活動要員の追加、使用済燃料ピット損壊時における設備の健全性確認など役務の追加を行い、初動対応体制の強化を図った。

#### 参集要員の確実性の向上

大飯発電所の所員約 380 名のうち、緊急時対策本部要員として、さらに 10 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 74 名を確保することとした。

参集要員 10 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（本郷地区：約 10km、大島地区：約 3 km）から、徒歩等により参集する体制とした。

#### 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(株)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、プラントメーカー等による技術的支援体制を構築した。

また、「美浜原子力緊急事態支援センター」の運営に関して、日本原子力発電(株)等と協定を締結し（平成 28 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<sup>※</sup>等を派遣する体制とした。

平成 29 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。

※ロボット操作、操作者等の現場管理は、発災事業者が行う。

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、「原子力調達センター」を平成27年6月に設置した。

原子力の設備調達に係る要員は、福島第一原子力発電所事故前の約10名から約20名に増員し、原子力事業本部および発電所に常駐することで体制を強化した。

また、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、平成27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祭日の対応、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、メーカーや協力会社と覚書を締結した。

### 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（64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。

### （現場確認結果）

- ・ 本委員会は、事故時に参集する要員に対して、平成24年7月以降、悪天候時も含め、計7回の参集訓練が実施されていること、また、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64名および6時間以内に参集する要員10名により、事故制圧体制を構築する訓練が行われていること（平成29年9月）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（初動7名、参集56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。

## 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(株)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、大飯発電所においては、3、4号機の緊急時対策所として、1、2号機中央制御室の横に「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。

### 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。

### 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職員から選出しており、平成25年7月の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の専任する体制とした。

### 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ドを設置し、平成28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ドの配下に、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。

また、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。

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。

#### (委員会の主な指摘事項)

本委員会は、これまで、事故時における発電所長や原子力安全統括の技術的な判断が事故の進展防止等のために非常に重要であり、その選任にあたっては現場経験とともに外部機関の意見も重要であるとの指摘を行ってきた。

この指摘に対し、事業者は、発電所長や原子力安全統括の選任について、発電所全体のマネジメント能力を含めた職務経験や公的な資格等を加味した上で会社として決定しており、今後も、発電所における運転員等の実務経験や教育訓練を通じて、人材の育成に努めていくとしている。

現在、事業者は、運転員等の教育訓練として、原子炉主任技術者資格取得に向けた研修等の支援、PRA（確率論的リスク評価）技術研修への派遣、シビアアクシデント対応教育（机上演習）等を継続的に実施している。

また、本委員会は、複数の発電所が発災した場合の原子力事業本部の体制において、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関して、訓練等を通じた検証を行い、役割等を明確にする必要があることを指摘した。

これに対し、事業者は、今後も訓練等を通じた改善を積み重ね、事故対応の実効性を高めていくとしている。



### 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)

##### 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。

##### 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400名）、および、指揮者を含む発電所対策本部の技術要員（約900名）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。

今後、運転シミュレータについて、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、実際の事故対応により近い操作訓練を行うことで、運転員の対応能力の更なる向上を図る予定である。

### 若手技術者への技術継承に関する教育

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、平成 21 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、平成 16 年に発生した美浜発電所 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の技術力の維持・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（平成 28 年度）や運転中の高浜発電所 3、4 号機における運転操作の立会い等の実務研修（平成 29 年度）を実施している。

また、原子燃料課員に対して、平成 26 年度以降、原子力運転サポートセンターのシミュレータを用いた炉物理検査業務研修（平成 29 年度：2 回）のほか、高浜発電所 3、4 号機起動時の燃料装荷作業（平成 27 年度）や燃料取出作業（平成 28 年度）の立会いによる実務研修を実施している。

### 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。

平成 29 年 9 月に実施した訓練では、休日に高浜発電所および大飯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。また、各発電所は、事故進展に応じた空冷式非常用発電装置の起動や炉心冷却用の水源確保などの現場訓練、訓練支援物資の調達、搬入等に係る訓練を実施した。

### （委員会の主な指摘事項）

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。

これに対し事業者は、平成 27 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、本委員会は、これまで、組織の対応能力向上のためにシナリオ非提示

型訓練を行う必要があるとの指摘を行っており、事業者は、初動対応を行う常駐要員や原子力事業本部の事故対応要員に対して、シナリオ非提示型の訓練を平成 25 年以降に計 5 回実施しており、今後も継続的に実施していくとしている。

本委員会は、新規制基準対応として設置した設備等に関して、その運用に係る手順書の充実はもとより、各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い、事故対応の実効性を高めることが重要であることを指摘した。

これを踏まえ、事業者は、タービン建屋内に現場環境（作業空間や照明等）を模擬した設備を設置し、実機と同様の機器等を配備した。初動対応を行う常駐要員等は、この訓練設備を利用して、タービン動補助給水ポンプの手動起動作業や充てんポンプ自己冷却配管の閉止板取替作業等の訓練を行っている。

さらに、本委員会は、可搬型機器を使用した事故対応に関して、可搬式代替低圧注水ポンプのホースを敷設する際の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等を求めた。

事業者は、同ポンプの口径や使用圧力、重量等の仕様および故障時の調達に要する期間等を考慮し、現状の対応として、汎用型のジョイント部品を採用しているが、今後、動作試験や訓練等の実績を踏まえ、運用改善を図ることとしている。

#### 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)

###### 発電所内外への通信設備の強化

3、4号機の中央制御室および緊急時対策所（1、2号機中央制御室横）から原子炉建屋やタービン建屋等の現場に対する通信手段として、指令通信装置（ページング装置）およびPHSを配備しているが、これらの装置が使用できなくなる場合を想定し、乾電池を用いた携行型通話装置やトランシーバーを配備した（平成23年6月）。その後、携行型通話装置を20台から38台に増強するとともに、トランシーバーを15台から33台に増強した。

発電所外との通信手段については、平成25年7月時点で23台であった衛星携帯電話を38台に増強し、3、4号機緊急時対策所内および中央制御室内から衛星電話が使用できるよう原子炉周辺建屋および制御建屋壁面に屋外アンテナを設置（各5台）した。また、予備10台を配備し、屋外が高線量となった場合においても、発電所外との通信手段を確保できるよう通信設備を強化した。

###### 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、3、4号機緊急時対策所、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つたとされており、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。

制御建屋内のSPDSサーバについては、転倒防止措置を行ったラック内に設置し、耐震性を持たせるとともに、3、4号機緊急時対策所に設置しているSPDS表示装置の転倒防止措置を行った。また、サーバを設置している制御建屋と3、4号機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、有線および衛星の二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、建設中の免震事務棟に移設する予定である。

※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。

### 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、停電時に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、長期間の停電に対しては、発電所内に配備した電源車（緊急時対策所用）から給電する手順を整備した。

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ーを内蔵した可搬型モニタリングポスト17台（予備6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1台の重量は約70kgであるが、パーツ（10～15kg）に分解することで人力により運搬が可能である。

### （現場確認結果）

- 中央制御室と現場の連絡に関して、中央制御室から恒設代替低圧注水ポンプや加圧器逃がし弁代替空気供給装置などの設置場所付近（13箇所／基）まで通信回線が敷設されており（平成28年11月）、現場の接続端子に携行型通話装置を接続することで、3、4号機緊急時対策所（指揮所）や中央制御室と通話が可能であることを確認した。
- さらに、既設の通信回線が断線等で使用できない場合を想定し、中央制御室に200m長の通信ケーブルドラム（11台）が配備されており、定期的に通話試験が行われていることを確認した。

## 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、輸送船が接岸する物揚げ岸壁の耐震性強化のため、地盤改良工事等を実施した。

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、福井県内に7箇所の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。また、大飯発電所構内のヘリポートに関しては、物揚げ岸壁付近（EL約3.5m）に加え、放水口北東の高台（EL約15m）に設置した（平成29年8月）。

### 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。平成26年9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、平成28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㈱）、平成28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、相互協力を行うこととした。

**(委員会の主な指摘事項)**

本委員会は、これまで、アクセスルートのがれき撤去等に用いる重機について、社員自らが重機を扱う資格等を取得することが重要であると指摘を行ってきた。

これに対し、事業者は、計画的に重機を扱う資格を取得させるとともに、がれき撤去等の訓練を実施している。

大飯発電所においては、初動対応を行う常駐要員を対象に、ブルドーザ等の重機取扱をはじめとした災害対応に必要な資格の取得と、がれき撤去等の訓練を実施している（年 50 回程度）。

### (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。

平成 23 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、観測地震動の最大値（2 号機：550 ガル、3 号機：507 ガル、5 号機：548 ガル）が基準地震動に対する最大応答加速度（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、主要建屋設置敷地のほぼ全域が浸水したとされている。

このため、本委員会が平成 24 年 6 月に大飯 3、4 号機の報告書を取りまとめた以降、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設置状況を確認した。

#### 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った。この結果、海域の F0-A 断層、F0-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、断層の上端深さを従来評価の 4 km から 3 km に変更した。さらに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 16 波（Ss-2～Ss-17：最大 856 ガル）を基準地震動として策定した。

また、敷地周辺の詳細な調査を実施した場合でも、なお近傍において発生する可能性のある地震の全てを事前に評価しうるとは言い切れないことから、「震源を特定せず策定する地震動」として、事前に活断層の存在が指摘されていなかった過去の地震のうち、平成 12 年鳥取県西部地震の震源近傍



(賀祥ダム)の観測記録(Ss-18:531ガル)および平成16年北海道留萌支庁南部地震の震源近傍の地表観測記録に基づき評価された基盤地震動(Ss-19:620ガル)を基準地震動として策定した。

基準地震動の見直しに伴い、一次冷却材系統等の配管や余熱除去冷却器等の設備の耐震補強を実施した。また、シビアアクシデント対策設備として運用するため、設備クラスを見直した原子炉補機冷却海水系統の配管の耐震補強工事を実施した。

また、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している。また、平成19年の新潟県中越沖地震により得られた知見等を踏まえ、現在、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設置工事を実施中であり、大飯発電所においては平成30年4月より観測を開始する予定である。

### 敷地内破砕帯の評価の経緯

原子力安全・保安院(当時)は、平成22年11月に耐震安全性に係る評価を実施しており、このうち敷地内の破砕帯においては、原子炉施設付近で最も長い破砕帯(F-6破砕帯)について、後期更新世以降(約12~13万年前以降)に活動したものではないと判断した。その後、地震・津波に関する意見聴取会において、F-6破砕帯の活動性を完全に否定するためには現地での直接確認が必要であるとの指摘を受け、事業者に対して、念のための追加調査を指示した。

これに対し、事業者は3号機の南側斜面でトレンチ調査等を実施し、F-6破砕帯には後期更新世以降の活動性がないと評価した。

規制委員会は、平成24年9月、自ら破砕帯の確認と評価を行うため「大飯発電所敷地内破砕帯の調査に関する有識者会合」を設置した。同会合は、トレンチ等の現地調査を実施し、平成25年9月、F-6破砕帯は将来活動する可能性のある断層等に該当しないと評価した。

また、規制委員会は、新規制基準適合性審査の一環として、平成27年11月に実施した現地調査の結果等を踏まえ、F-6破砕帯をはじめとする安全上重要な建物等を設置する地盤に確認された破砕帯は、将来活動する可能性のある断層等ではないとして、審査書に反映した。

なお、事業者は、平成26年4月、調査後のトレンチの埋め戻しに際して、斜面の安定性を評価し、周辺の安全上重要な設備等への影響がないことを確認した。

### 原子力規制庁による熊本地震の分析

平成28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、平成28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。

## ② 津波対策

### （事業者の対応状況）

津波は、海底の活断層や、その周辺の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。

基準津波の策定にあたり、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波源として考慮するとともに、潮位のばらつき等も考慮して想定される津波高さ（入力津波高さ）を設定した。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（90km）を用いて津波評価を実施した。

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（取水路奥 6.9m、海水ポンプ室前面 6.3m）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海水ポンプ室の前面及び周囲に防護壁（海面からの高さ 8.0m）を設置した。また、引き津波対策として海水ポンプ室前の海中に貯水堰を設置した。

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、取水路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。

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。防護壁等については、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。

本委員会からの指摘（平成23年3月25日、第65回委員会）を受け、三方五湖およびその周辺を対象に天正地震（1586）に関する津波堆積物調査を実施した結果、古文書に記載されているような天正地震による大規模な津波を示唆する痕跡はなかった。

また、若狭湾沿岸域の神社に聞き取りおよび現地調査を行った結果、天正地震以前の文書や太刀が現存し、過去に津波が来たという記録がなかった。

さらに、三方五湖およびその周辺、久々子湖東方陸域、猪ヶ池について約1万年前以降（完新世）の地層を対象とした津波堆積物調査においては、猪ヶ池において津波堆積物の可能性のある砂層が認められたが、三方五湖周辺等には認められなかった。

これらの結果から、発電所の安全性に影響を与える規模の津波はなかったと評価した。

事業者は、平成24年12月18日、これらの調査結果を取りまとめた報告書を規制委員会に提出した。

#### （現場確認結果）

- ・ 発電所敷地への浸水を防止するために、津波防護施設として海水ポンプ室の前面及び周囲に防護壁等が設置されていることを確認した。

#### （委員会の主な指摘事項）

本委員会は、これまで、事業者が自ら地震記録および最新の知見の収集を継続し、地震動および津波評価等に反映させていくことが重要であり、事業者に対し、大深度地震観測等の観測記録の収集・管理・解析等の体制を強化し、観測記録および最新の研究成果等から得られた知見を地震動評価に反映することを求めてきた。

また、津波堆積物に関しては、「日本海地震・津波調査プロジェクト」など他の研究機関が行っている調査等の情報を引き続き収集するよう求めてきた。

これらに対し、事業者は、基準地震動や基準津波、施設の地震・津波に対する安全性評価に関する情報（研究成果や地震観測記録等）を継続的に収集し、評価に反映させるとしていた。

この中で、地震観測による地下構造データの収集を目的として、美浜、大飯、高浜の各発電所構内に大深度地震計を設置することとし、美浜発電所は平成26年4月、高浜発電所は平成28年4月に同装置の設置を完了し、観測を開始している。大飯発電所においては、平成30年4月より観測を開始する予定である。

地震観測や施設の安全性評価等を実施する体制については、建屋や地盤に設置された地震計や観測記録の管理、建屋における観測記録を用いた施設の耐震安全性への直接的な影響評価等を原子力事業本部で実施し、地盤における観測記録を用いた評価を本店で実施する体制とし、平成28年3月より運用している。

また、本委員会は、地震の観測記録から得られた知見や地震に係る最新の学術論文、研究成果等の知見に関して、規制への反映が速やかに検討されることが重要であり、原子力規制庁に対し、今後も最新の知見の収集や分析研究に継続して取り組むよう求めた。

これに対し、原子力規制庁は、今後も熊本地震をはじめとする国内の内陸地殻内地震を対象として、地球物理学的調査や地下構造情報の分析等の安全研究を実施するとともに他機関の研究を注視していくと説明している。

## 2) その他外的事象

### ① 竜巻対策

#### (事業者の対応状況)

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。

### ② 森林火災対策

#### (事業者の対応状況)

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、伐採箇所にもルタル吹付けを実施した。

### ③ 火山対策

#### (事業者の対応状況)

##### 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については、吸気フィルタが火山灰の付着により閉塞して吸気量が減少することを考慮し、フィルタの交換や清掃により火山灰を除去することで設備等の吸気量を確保し、機能を維持する設計方針とした。

このうち、非常用ディーゼル発電機においては、米国セントヘレンズ火山噴火における大気中の火山灰濃度の観測データ（ $33,400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）に基づき、降灰時の運転に伴う吸気フィルタの閉塞時間等を算出し、フィルタの交換作業<sup>\*</sup>を行うことで運転機能を維持するために必要な吸気量（設計吸気量の 1/2）が確保されること等を評価した。

※ フィルタの閉塞時間 50 分に対して、フィルタの交換時間 20 分

#### 改正規則の既施設等への適用

規制委員会は、平成 28 年 10 月、電力中央研究所等の火山灰濃度に関する研究成果を踏まえ、最新知見の収集・分析を継続して実施することや「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、平成 29 年 1 月、「降下火砕物濃度の評価に関する検討チーム」を設置した。

同チームは、火山灰濃度評価の考え方や機器への影響評価について議論を行い、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。

平成 29 年 9 月、規制委員会は、これらの基本的考え方を基に、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。

今後、意見募集の結果を踏まえ、改正規則等を施行する予定であり、経過措置として、改正規則等の適用を施行から約 1 年後としている。

これに対し、事業者は、敷地における火山灰の堆積量に基づき、降灰継続時間を 24 時間と仮定して気中降下火砕物濃度 (1.5g/m<sup>3</sup>) 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口の前面に改良型フィルタ (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。

事業者は、改正規則等の施行後に保安規定変更認可申請を行い、これらの内容について、規制委員会において審査が行われる予定である。

#### (現場確認結果)

- ・ 海水ポンプ室エリアの竜巻対策として、側面を鋼板で囲うなどの工事により海水ポンプが防護されていることを確認した。
- ・ 防火帯について、看板やマーキングで範囲を明確にしていること、また、可燃物の設置を禁止する旨が表示され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フィルタの閉塞を防止するため、着脱式のカートリッジフィルタを配備し、非常用ディーゼル発電機を運転しながらカートリッジ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。

#### (委員会の主な指摘事項)

事業者は、火山灰対策として、火山が噴火した場合には初動対応を行う常駐要員 64 名から火山灰対応要員を配置する方針を示した。この中で、降灰予報発表時に 12 名の体制で着脱式フィルタの取付け作業等を行い、火山灰が到達する前に作業が完了<sup>※1</sup>することや、降灰時に 16 名の体制でフィルタの交換作業<sup>※2</sup>を行うことを説明した。

※1 火山灰の到達時間 60 分に対して、フィルタの取付け作業等時間 30 分

※2 降灰時のフィルタの閉塞時間 50 分に対して、フィルタの交換時間 20 分

これに対し、本委員会は、初動対応を行う要員が重大事故発生時において給水や消火活動等の役割を担っており、それらの想定も踏まえ、適切に体制を整えることが可能か検討することを求めた。

本委員会としては、今後、事業者の保安規定変更認可申請に対する規制委員会の審査結果等について確認していく。

### 1-3 中長期の安全性向上対策の実施状況等の確認

本委員会は、「免震事務棟」、「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、平成 24 年 6 月および平成 27 年 12 月に報告書を取りまとめ、その後もこれらの工事の実施状況等を確認してきた。

以下、「免震事務棟および緊急時対策所」、「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について記す。

#### (1) 免震事務棟および緊急時対策所の設置

##### (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 1～4 号機共用の免震事務棟を設置することとし、平成 25 年 6 月に工事に着手し、平成 27 年度上期の運用開始を目指していた。

その後、平成 25 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、発電所内外の通信連絡等の機能を基準地震動等により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大飯発電所 1～4 号機の緊急時対策所として活用することとした。

しかし、平成 26 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、平成 27 年 3 月、免震事務棟と別途、1～4 号機共用の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、平成 28 年 3 月、工事に着手した。

建設中の緊急時対策所（地上 2 階建て）は、平成 30 年度内に運用を開始する予定であり、その際には、1、2 号機の中央制御室横に設置した 3、4 号機緊急時対策所から全ての機能を移設する予定としている。

また、建設中の免震事務棟については、新規制基準対応施設とはせず、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地上 6 階、地下 1 階建ての免震構造の施設として、平成 30 年度内に運用を開始する予定である。

##### (現場確認結果)

##### 免震事務棟、緊急時対策所

- ・ 免震事務棟（EL 約 15m）は、平成 26 年 10 月に敷地造成完了後、基準地震動の見直しによる建屋の設計変更等のため工事を中断した。その後、平成 29 年 3 月から工事を再開し、現在、免震装置の設置工事を行っていることを確認した。
- ・ 緊急時対策所（EL 約 9 m）は、現在、建屋および関連設備の掘削工事が行わ

れていることを確認するとともに、掘削状況を踏まえ地盤強度を確保するための人工岩盤（MMR）の必要量等に関する詳細調査を実施しているとの説明を受けた。

### 3、4号機緊急時対策所

- 平成25年12月に1、2号機中央制御室横に設置された3、4号機の緊急時対策所は、原子力規制庁2名を含む65名が収容できること、また、緊急時対策所の階下（EL7.7m）に待機場所を設置し、41名の要員が収容できることを確認した。
- また、3、4号機緊急時対策所内および中央制御室で活動する要員に対し、プラント状況や事故対応等の情報共有を図るため、3、4号機緊急時対策所（指揮所）、隣室の要員詰所、中央制御室等に電子ホワイトボードが配備（平成27年2月に導入）されていることを確認した。

#### （委員会の主な指摘事項）

本委員会は、これまで、事故時の現場対応要員の増強を想定し、要員待機所の居住性の確保が重要であると指摘してきた。

これに対し、事業者は、待機場所として使用する研修館（EL約37m、収容人数約300名）およびPR館（EL約47m、収容人数約200名）に、汚染対策や被ばく低減のための除染エリアや可搬型の空気浄化装置の配備を行い、手順等を整備した（平成25年5月）。

また、本委員会は、建設中の免震事務棟と緊急時対策所の両建屋間のアクセスについて、事故時の現場状況等を想定した上で最適な方策を示すよう指摘していた。

これに対し、事業者は、両建屋間に高低差があることから、階段を設置することにより要員の移動時間の短縮を図ることとした。

## (2) 特定重大事故等対処施設等の設置

### 1) フィルタ付格納容器ベント設備等

#### (規制委員会および事業者の対応状況)

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、平成 23 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、さらに、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、平成 26 年 12 月に高浜発電所 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、平成 28 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（第 1 系統目）および可搬式直流電源設備（第 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（第 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、今後、常設蓄電池（3000Ah／1 系統／基）を設置し、直流電源系に接続する予定である。

なお、特定重大事故等対処施設および常設直流電源設備（第 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」（平成 28 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。（設置期限：平成 34 年 8 月 24 日（大飯発電所 3、4 号機））



### (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、事業者は、同施設設置に伴う既存の設備への影響を評価するとともに、施設の運用開始までに対応手順等を整備するとしている。

事業者は、現在、大飯発電所3、4号機の特定重大事故等対処施設に係る原子炉設置変更許可申請の準備を行っており、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考え方等を確認していく。

### (3) 過酷事故用計装システムの開発

#### (事業者の対応状況)

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 I A E A 閣僚会議に対する日本国政府の報告書(平成 23 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。

これらを踏まえ、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、プラントメーカー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平成 26 年度に完了した。

#### (委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。

今後、事業者は、これらの検出器を導入することとしており、現在、メーカ、他事業者等と共同で実証試験等を実施している。

## (4) その他

### 1) 汚染水処理対策

#### (事業者の対応状況)

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<sup>\*</sup>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。

※参考：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㈱）

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。

#### (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求めてきた。

これに対し、事業者は、放射性物質の放出が予想される事態に至った時点で、汚染水の回収・浄化を行う系統を構築するとともに、汚染水処理装置等を外部から調達する手順を整備した。また、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い、東京電力㈱等による実汚染水の処理試験の状況等が研究開発段階にあることを確認した。

事業者は、引き続き、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である。

## 2. これまでの審議の取りまとめ

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、平成 24 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るとともに、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、機器・設備の改善策や組織体制の強化等の検証を行い、平成 27 年 12 月に高浜発電所 3、4 号の安全性向上対策等に係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、規制委員会の対応状況、免震事務棟や緊急時対策所等の中長期対策工事の実施状況等の確認を行ってきた。

以下、大飯発電所 3、4 号機に係る審議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示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。

### 2-1 本委員会が独自に指示した安全対策

本委員会は、福島第一原子力発電所事故以降、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、設備運用、組織体制の面から独自に指摘を行い、事業者に対応を求めてきた。

これらの概要については、表 7～表 9 のとおりである。

表7 本委員会が指摘した主な安全対策

| 項目               | 本委員会の指摘事項                                                                    | 事業者の対応状況                                                                                       |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 冷却機能確保           | 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<br>また、主軸やインペラ等の主要部品の予備を発電所内に配備予定（平成30年度） |
|                  | 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                             | 今後の訓練等を通じ、運用改善を図る予定                                                                            |
| 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                  | 今後の原子力総合訓練等を通じ、改善を図る予定                                                                         |
| シビアアクシデント対応能力の向上 | 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、実機と同様の機器等を配備した訓練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                     | 今後の訓練等を通じ、運用改善を図る予定                                                                            |
| 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（11台）を配備し、現場までケーブルを敷設する手順を整備                                              |
| 火山対策             | 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 | 降灰時には、常駐要員64名のうち16名を火山灰対応要員とするとともに、フィルタ交換等の手順を整備<br>今後の規制委員会による審査等を踏まえ、対応を検討する                 |

表8 本委員会が指摘した主な項目への対応状況  
(大飯発電所3、4号機の報告書(平成24年6月)において指摘した事項)

| 項目               | 本委員会の指摘事項<br>(平成24年6月)                                              | 事業者の対応状況<br>(平成29年10月時点)                                                                                  |
|------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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(平成25年3月)                                                      |
|                  | 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                           | 敷地内にある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(平成29年9月)                                              |
| 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使用して炉心注水を行う手順を整備(平成29年1月)                                                                    |
| 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                                                  | 常駐要員を平成24年時点の54名から64名に増員(平成29年9月)                                                                         |
|                  | 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(平成27年6月)                                                |
| 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                                | 過去の事故概要や再発防止対策等の教訓継承を新入社員研修等において実施(福島第一原子力発電所事故の概要研修は、平成24年～)<br>運転中の高浜発電所3、4号機に若手技術員を派遣し、実務研修を実施(平成27年～) |
|                  | 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行う(平成28年度:指揮者クラス対象:46名、指揮者を含む対策本部要員:258名)                   |
|                  | 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                                        | シナリオ非提示型の訓練を継続して実施(平成25年以降:5回)                                                                            |
|                  | 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                         | 原子力総合訓練を年1回実施。<br>平成27年度より、全ての発電所の訓練に原子力事業本部が参加、原子力総合防災訓練として年3回実施。                                        |
| 情報通信網等の強化        | 可搬型モニタリングポストを設置した場合の汚染防止が必要である                                      | 可搬型モニタリングポストを養生するなどの運用を整備(平成29年9月)                                                                        |
| 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                                            | 計画的にブルドーザ等の重機を扱う資格を、初動対応を行う常駐要員が取得(平成28年度時点:40名)<br>平成23年度より、がれき撤去訓練を定期的に行う(平成28年度:53回)                   |
| 津波対策             | 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(平成24年12月)                                     |
| 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                                        | 検出器の導入に向けて、メーカーおよび他の電力会社等と共同で実証試験等を実施                                                                     |
| 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                      | 放射性物質の放出が予想される時点で、消防ポンプ等を用いて汚染水の回収・浄化を行う系統を構成し、汚染水の貯蔵および処理装置を外部から調達する体制を整備(平成28年4月)                       |

表9 本委員会が指摘した主な項目への対応状況（大飯発電所）  
（高浜発電所3、4号機の報告書（平成27年12月）において指摘した事項）

| 項目          | 本委員会の指摘事項<br>(平成27年12月)                                        | 事業者の対応状況<br>(平成27年12月時点)                                                                | 事業者の対応状況<br>(平成29年10月時点)                                                                    |
|-------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 冷却機能確保      | 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 | 自主的対応として、蒸気発生器への新たな注水設備を設置する工事を実施予定*                                                    |                                                                                             |
|             | 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 | 2次系純水タンク等の運用改善策について検討を進めていく*                                                            | 淡水タンク等から燃料取替用水ピットへの補給等の水源の切り換え手順を整備*                                                        |
|             |                                                                | 特定重大事故等対処施設に、新たな水源を設置予定*                                                                |                                                                                             |
| 地震対策        | 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               | 大深度地震観測の開始（高浜発電所：平成28年4月）に合わせ体制の見直し等を実施予定                                               | 各発電所において観測を開始（大飯発電所：平成30年4月予定）<br>また、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（平成28年3月） |
| 緊急時対策所      | 現状の待機場所以外にも待機場所を設定し、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           | ビクターズハウス、研修館等を二次待機場所として活用する方針を示し、資機材等を配備*。<br>事故時に速やかに除染エリア等を設置する手順を平成27年度中に整備予定（高浜発電所） | 参集した要員の待機場所として研修館等を設定するとともに、資機材、除染エリア等を設置する手順を整備*<br>（高浜発電所：平成27年12月、大飯発電所：平成23年5月）         |
|             | 建設中の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                | 今後検討予定*                                                                                 | 両建屋間に階段を設置し、要員の移動時間を短縮する方針*                                                                 |
| 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                    | 既存の設備を含めた他の設備への影響を評価するとともに、施設の運用開始までに対応手順等を整備予定*                                        |                                                                                             |
|             | 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             |                                                                                         |                                                                                             |

※大飯発電所3、4号機、高浜発電所3、4号機共通

## 2-2 本委員会の見解

本委員会は、平成24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た以降も、事業者から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、規制委員会から原子炉設置変更許可や工事計画認可、保安規定認可の内容について説明を受け、審議を行ってきた。

また、平成25年7月および平成29年10月に現場確認を行い、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。そ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、自主的対応として1、2号機の非常用ディーゼル発電機等から給電するための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。委員会としては、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、事業者は、消防ポンプや消火系統ラインを活用した注入手段、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、可搬式代替低圧注水ポンプを配備し、冷却手段の多様化等を図るとともに、可搬式代替低圧注水ポンプの水源（仮設水槽）への給水について、消防ポンプから送水車に変更し、手順の簡素化に伴う準備時間の短縮、要員の削減が図られている。

また、蒸気発生器への給水手段の多様化を図るため、自主的対応として中圧ポンプを配備し、可搬式代替低圧注水ポンプ用に配備した送水車を活用する手順が整備されている。

### (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、発電所に初動対応を行う常駐要員を増強するとともに、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を制定している。

また、事故時のプラント挙動や事故進展を理解するための教育、シナリオ非提示型の訓練、実際の現場の操作環境を模擬した訓練用設備・機器を設置し訓練を行うなど、事故制圧のための教育訓練の改善が図られている。



### (3) 外的事象への対応

事業者は、地震や津波に関し、基準地震動の見直しや基準津波を策定し、設備の耐震補強や海水ポンプ室エリアの防護壁設置等を行った。また、竜巻や森林火災等の外的事象を考慮し、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を行った。

#### (まとめ)

大飯発電所3、4号機については、本委員会が平成24年6月に報告書を取りまとめた以降も、事業者が電源確保や冷却機能確保などの設備強化対策を行うとともに、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、継続的に安全性向上対策を図っている。

これらのことから、本委員会としては、大飯発電所3、4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は確保できていると評価する。

## 2-3 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。

本委員会は、平成27年12月に取りまとめた高浜発電所3、4号機の安全性向上対策等に係る報告書の中で、規制委員会および事業者に対応を求める事項をまとめている。規制委員会および事業者は、これらの項目への対応とともに、今回、新たに追加した事項に対して積極的に対応するよう求める。

#### (規制委員会に求める事項)

- ・ 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<sup>※1</sup>
- ・ 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<sup>※1</sup>
- ・ 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<sup>※1</sup>
- ・ 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、現地への職員派遣、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<sup>※1</sup>

- ・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※<sup>1</sup>
- ・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、その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

#### (事業者に求める事項)

- ・経年変化の影響を受けつつある既設の設備、機器や新規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※<sup>1</sup>
- ・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※<sup>1</sup>
- ・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※<sup>1</sup>
- ・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※<sup>2</sup>
- ・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※<sup>1</sup>
- ・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※<sup>2</sup>

※<sup>1</sup>：「高浜発電所3、4号機の安全性向上対策等に係るこれまでの審議の取りまとめ（平成27年12月）」において記載した事項

※<sup>2</sup>：※<sup>1</sup>の項目に加筆したもの

我が国においては、福島第一原子力発電所事故を踏まえ、新たな規制基準が策定されるとともに、安全規制制度の見直しに伴い、平成 25 年 12 月に安全性向上評価制度が施行され、事業者に対し自主的な安全性向上のための措置及び措置を講じたことによる安全性向上の評価を定期的に行うことを求めている。

事業者においては、今後、発電所の安全性向上のために自主的に講じた措置を踏まえ、発電所の安全性評価を行い改善策の抽出等を行うことになるが、これまでの当委員会における議論や報告書で取りまとめた指摘への対応状況についても評価を行い継続的改善に努めていくことが重要である。

また、規制委員会は、今後の原子力発電所等に対する検査制度の見直しに伴い、事業者の全ての保安活動に対して、総合的に監視・評価を行う仕組みを導入する予定である。

このため、規制委員会は、客観的な指標を基に事業者に対して継続的安全向上に向けた主体的な取り組みを促すとともに、事業者と共通理解を図りながら検査の実効性を高めていくことが重要である。

本委員会は、このような新たな制度の導入に対する事業者、規制当局の対応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や、規制委員会の対応状況、免震事務棟や特定重大事故等対処施設等の中長期対策工事の実施状況等を確認していく。

福井県原子力安全専門委員会委員名簿  
(平成 29 年 11 月現在)

(敬称略、五十音順)

## (委員長)

| 氏名    | 現職       | 専門          |
|-------|----------|-------------|
| 中川 英之 | 福井大学名誉教授 | 電気・電子工学材料物性 |

## (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、<br>放射線生物学、医学物理 |
| 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                  |
| 鞍谷 文保  | 福井大学学術研究院教授                   | 振動工学                  |
| 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  | 福井工業大学教授                      | 溶接・接合工学               |
| 三島 嘉一郎 | (株)原子力安全システム研究所<br>技術システム研究所長 | 原子力学、熱工学、<br>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 | 京都大学原子炉実験所教授 | 地震工学 |

## (参考：平成 27 年 12 月の報告書取りまとめ以降に退任された委員)

| 氏名    | 現職                                       | 専門      |
|-------|------------------------------------------|---------|
| 田岡 久雄 | 福井大学学術研究院教授<br>(平成 26 年 8 月～平成 29 年 3 月) | 電気・電子工学 |
| 竹村 恵二 | 京都大学大学院教授<br>(平成 19 年 4 月～平成 28 年 3 月)   | 地質学     |

高浜発電所 3、4号機報告書取りまとめ（平成 27 年 12 月）以降の  
福井県原子力安全専門委員会の審議実績

| 開催日                             | 議題                                                    | 説明者          |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------|
| 平成 28 年<br>5 月 13 日<br>(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         |
| 8 月 31 日<br>(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         |
| 11 月 2 日<br>(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         |
| 平成 29 年<br>2 月 13 日<br>(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         |
| 6 月 7 日<br>(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<br>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        |
| 8 月 29 日<br>(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         |
| 9 月 22 日<br>(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         |
| 10 月 23 日                       | 現場確認（大飯発電所）                                           | 関西電力         |
| 11 月 8 日<br>(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）        |

注）規制庁：原子力規制庁、日本原電：日本原子力発電株式会社

福島第一原子力発電所事故以降（平成 23 年 3 月～平成 27 年 12 月）の  
福井県原子力安全専門委員会の審議実績

| 開催日                             | 議題                                             | 説明者         |
|---------------------------------|------------------------------------------------|-------------|
| 平成 23 年<br>3 月 14 日             | 現地確認（敦賀発電所）                                    | 日本原電        |
|                                 | 現地確認（美浜発電所）                                    | 関西電力        |
| 3 月 25 日<br>(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       |
| 10 月 27 日<br>(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       |
| 平成 24 年<br>2 月 20 日<br>(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         |
| 3 月 30 日<br>(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<br>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         |
| 4 月 4 日<br>(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<br>実施状況について     | 3 事業者       |
| 4 月 16 日<br>(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         |
| 4 月 18 日                        | 現地確認（大飯発電所）                                    | 関西電力        |
| 4 月 25 日<br>(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<br>関西電力 |
| 5 月 8 日<br>(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        |
| 5 月 21 日<br>(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                            | 県事務局        |
| 6 月 10 日<br>(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        |

| 開催日                      | 議題                                                                                                      | 説明者                   |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 9月6日<br>(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                 |
| 平成25年<br>6月12日<br>(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<br>(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                  |
| 7月23日                    | 現場確認(大飯発電所)<br>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<br>規制庁           |
| 平成26年<br>1月28日<br>(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<br>規制庁          |
| 6月9日                     | 現場確認(高浜発電所)                                                                                             | 関西電力                  |
| 11月20日<br>(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<br>(美浜・大飯・高浜発電所)                                                         | 関西電力                  |
| 平成27年<br>3月6日<br>(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                   |
| 5月7日<br>(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<br>(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                   |
| 7月22日<br>(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<br>・新規制基準対応工事等の実施状況<br>・原子力事業本部の安全管理体制の強化等<br>・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                  |
| 9月3日<br>(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<br>・高浜発電所3、4号機 工事計画の概要について<br>・高浜発電所3号機 工事計画認可について                       | 関西電力<br>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<br>(緊急時対応体制、手順の整備状況など)                                                   | 関西電力                  |
| 11月5日<br>(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<br>・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<br>・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<br>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<br>(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<br>文部科学省<br>規制庁 |
| 11月30日                   | 現場確認(高浜発電所)                                                                                             | 関西電力                  |
| 12月10日                   | 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)                 |

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(当時)、規制庁：原子力規制庁