

福島第一原子力発電所事故を教訓とした  
県内原子力発電所の安全性向上対策について  
(大飯3, 4号機の安全性について)

(案)

平成24年6月  
福井県原子力安全専門委員会



## 目次

はじめに	…	1
第1章 福島第一原子力発電所事故等の状況	…	3
1-1 国等の事故調査の状況	…	3
1-2 国等の調査によって明らかとなった事故原因	…	5
第2章 福島第一原子力発電所事故を踏まえた国の対応状況	…	9
2-1 国がこれまでに実施してきた安全対策	…	9
2-2 原子力発電所の再起動に当たっての安全性についての 国の判断基準	…	11
第3章 関西電力が実施している大飯3、4号機の安全性向上対策と その確認結果	…	14
3-1 大飯3、4号機の安全性向上対策の実実施計画	…	14
3-2 本委員会における安全性向上対策の確認の方式	…	21
3-3 本委員会の確認結果	…	22
(1) 電源確保対策	…	20
(2) 地震対策	…	25
(3) 津波対策	…	26
(4) 炉心冷却機能の確保対策	…	29
(5) 使用済燃料ピット冷却機能の確保対策	…	31
(6) その他のシビアアクシデント対策	…	32
(7) 初動人員体制の強化	…	35
(8) 指揮命令系統の明確化	…	36
(9) シビアアクシデント対応能力の向上	…	37
(10) 情報通信網等の強化	…	38
(11) 災害対応資機材等の充実	…	40
3-4 中期の安全性向上対策の代替措置等の確認	…	42
(1) 免震事務棟	…	42
(2) フィルタ付格納容器ベント	…	43
(3) 防波堤等	…	44
3-5 県が独自に指示した安全対策	…	46
(1) 設備面の安全向上対策の実施	…	46
(2) 組織人員体制の充実	…	47
(3) 途絶えさせない情報通信網の確立	…	48
(4) 歴史的視点からの津波痕跡物調査の実施	…	49

第4章 審議結果について	…	50
4-1 国が示した判断基準に対する本委員会の見解	…	50
4-2 大飯3、4号機の安全性向上対策に対する本委員会の見解	…	53
4-3 本委員会の今後の対応	…	54
第5章 今後の安全確保に向けて国等に対応を求める事項	…	55

#### 添付資料

- 添付1 福井県原子力安全専門委員会委員名簿  
(安全対策検証委員会委員名簿含む)
- 添付2 福島第一原発事故に関する原子力安全専門委員会の審議実績
- 添付3 福島第一原発事故に関する福井県の対応状況

## はじめに

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震（マグニチュード 9.0）と津波により、東京電力福島第一原子力発電所において、原子炉が冷却できず炉心燃料が溶融する過酷事故が発生した。福井県には全国最多の 14 基の原発があり、事故発生時には 9 基の原子炉が運転中であった。

本委員会は、福島のような事故は福井では起こさせないよう原発の安全性を高めることが何よりも重要と考え、これまで 1 年余りの間に、検証委員会を含めて 17 回にわたり保安院および事業者等から聴取や現地調査を繰り返し、事業者の安全対策を審議・検証してきた。

本委員会は、事故直後の 3 月 14 日、敦賀および美浜発電所の現地調査を行い、冷却機能等の状況を確認した。3 月 25 日には、歴史資料やボーリング調査により若狭湾における津波の痕跡調査を行う必要があることを事業者に指摘した。

平成 23 年 4 月 1 日には、迅速に事業者の安全対策を検証するため、特別に「安全対策検証委員会」を設置し、平成 23 年 11 月までに 5 回にわたり、電源車の配備などの緊急安全対策や、緊急時対応の人員体制などの初動体制の充実・強化策について確認・検証を行った。

一方、国は、専門家の意見聴取会により策定した 30 項目の対策など、これまでの議論を整理して、平成 24 年 4 月 6 日に「原子力発電所に関する四大臣会合」において「再起動の安全性に関する判断基準」を決定し、4 月 13 日、大飯原子力発電所 3、4 号機の安全性は確保されていることを確認した。

本委員会は、4 月 14 日に枝野経済産業大臣が福井県に判断基準の報告を行って以降、この判断基準で示された対策が、福島第一原発事故と同様の事故の進展を防ぐものとなっているかの検証を行った。また、関西電力大飯原子力発電所 3、4 号機について、判断基準に照らして対策が十分実施されているかを検証した。

本委員会の役割・使命としては、主に以下の点に集約できる。

- ・事業者の安全対策を国に先駆けて提言し、これらは国の安全基準に反映されていること
- ・独自の視点から設備の安全点検や津波の歴史的調査等を事業者に指示したこと
- ・安全対策の実施状況について、自らが発電所現地において確認したこと

本報告書は、福島第一原発事故以降に事業者が進めてきた安全対策の実施状況と国が示した判断基準、大飯原発 3、4 号機の安全性について、本委員会の見解をまとめたものである。

なお、本委員会の審議は、政府の事故調査・検証委員会、保安院の意見聴取会等の調査結果を議論の前提としている。

今後、万が一、異なる事実認定や見解により、政府調査等の信頼性が揺らぐようなことがあれば、本委員会として改めて審議することを付言しておく。

## 第1章 福島第一原子力発電所事故等の状況

本章は、福島第一原発事故に関する国等の調査状況および明らかとなった基本となる事実を整理したものである。これらの事実を前提として、本委員会は、政府の原発の再起動に関する安全性についての判断基準や事業者の安全性向上対策を確認することとした。

### 1-1 国等の事故調査の状況

政府の原子力災害対策本部では、福島第一原発事故の収束に全力を挙げるとともに、事故の正確な情報や得られる教訓を汲み取り、国際原子力機関（IAEA）の閣僚会議に報告するため、平成23年6月、得られた事実関係をもとに事故の評価と、今後取り組むべき安全対策の教訓等を取りまとめた。

政府が設置した「東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会」では、発電所内での事故対処の経緯等について関係者からの聴取を行うなど詳細に調査・検証を行っており、平成23年12月には、中間報告を取りまとめた。この他、民間においても独自に調査、検証が行われている。

- ① 現在までに公表された政府や民間等による事故調査報告書は表1-1のとおりである。

表1-1 福島第一原子力発電所事故に係る調査報告書

調査主体	報告書名	公表日
政府原子力災害対策本部	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 — 東京電力福島原子力発電所の事故について —	平成23年6月7日 〔平成23年9月11日 第2報〕
東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会 〔政府事故調査委員会〕 (畑村洋太郎委員長他11名)	東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会 中間報告	平成23年12月26日 中間報告
福島第一原子力発電所事故調査検討会 (日本原子力技術協会、電力、メーカー等の専門家15名)	東京電力(株)福島第一原子力発電所の事故の検討と対策の提言	平成23年10月27日
Team H <sub>2</sub> O プロジェクト (大前研一 他)	福島第一原子力発電所事故から何を学ぶか	平成23年12月21日
福島原発事故独立検証委員会 〔民間事故調査委員会〕 (北澤宏一委員長他5名)	福島原発事故独立検証委員会報告書	平成24年2月28日

- ② また、保安院は、平成 23 年 9 月から、地震や津波、高経年化の事故への影響等を技術的観点から検証するため、原子炉工学や地震工学など様々な分野の専門家で構成する 4 つの意見聴取会を設置し、福島第一原発事故の事実解明や原因究明、技術的課題の検討を行い、平成 24 年 2 月、中間取りまとめを公表した。これら意見聴取会の検討内容等は表 1 - 2 のとおりである。

表 1 - 2 保安院が設置した意見聴取会

意見聴取会名 (設置日)	検 討 内 容	委員数 (開催回数：平成 24 年 5 月末まで)
技術的知見に関する 意見聴取会 (平成 23 年 10 月 24 日)	事故の発生及び事象進展について現時点までに判明している事実を分析し、それらを基に技術的課題を整理	8 名 (9 回)
地震・津波に関する 意見聴取会 (平成 23 年 9 月 30 日)	福島第一・第二原子力発電所、女川及び東海第二原子力発電所で観測された地震動や津波を評価し、耐震安全性の知見を検討	24 名 (26 回) (地震動、活断層、津波関係も含む)
建築物・構造に関する 意見聴取会 (平成 23 年 9 月 29 日)	福島第一・第二原子力発電所、女川及び東海第二原子力発電所の建屋や機器への影響等を検討	15 名 (9 回)
高経年化技術評価に関する 意見聴取会 (平成 23 年 11 月 29 日)	福島第一原発事故における経年劣化事象の影響の有無を検討	12 名 (15 回)

- ③ 上記の他、国会においても東京電力福島原子力発電所事故調査委員会（黒川清委員長他 9 名）を平成 23 年 12 月に設置し、政府と事業者の情報共有や指揮命令系統の状況について検証を行っている。現時点において、調査の結果は公表されていないが、これらは、福井県が国に提言している特別な監視体制により対応がなされるべきものと考えている。



## 1-2 国等の調査によって明らかとなった事故原因

福島第一原子力発電所1、2、3号機については、現時点において、格納容器内などの現場確認ができていない状況であるが、政府の事故調査報告書等によると、事故原因は次のとおりとされている。

(地震発生から津波到来までの状況)

地震の揺れにより、送電鉄塔や開閉所等の電気設備が損壊し、長期間にわたり外部電源が喪失した。さらに地震による主要機器への影響については、津波到来までのプラントデータの確認や、観測された実際の地震動による応力評価、現場調査の結果等から以下の知見が示された。

プラントデータによる評価

- ・ 津波到来までの間に記録していた各号機の原子炉圧力や水位等の挙動を分析すると、原子炉を冷却するために必要な安全機能は確保されており、機能が損なわれていたことを示唆するプラント挙動は得られていない

地震動による応力評価

- ・ 観測された地震動を用いて機器に作用した応力を評価した結果、原子炉圧力容器や原子炉格納容器、主蒸気系配管など安全上重要な7施設では健全性の評価基準値以下であった
- ・ 運転開始後60年までの機器の経年劣化を考慮し強度評価した結果等をもみても、経年劣化が事故の発生・拡大の要因になったとは考え難い

地震動による応力評価と現場での確認

- ・ 水素爆発や放射能汚染等の影響がなく現場を確認できる状態の5号機で、評価基準値を上回った地震動を受けたとされる原子炉隔離時冷却系配管等の支持構造物の調査を行った結果、安全機能を損なうような損傷がないことを確認した

なお、津波が到来する前に、原子炉圧力容器・格納容器・重要な配管類の一部が、地震動により破壊されたのではないかとの指摘があることに対して、政府等の事故調査報告書や意見聴取会は、そのような事実は確認できていないとしている。

(津波到来後の状況)

津波到来後の事故進展については、以下の知見が示された。

- ・ 津波の到来により、海側に設置されていたポンプ類がすべて機能を喪失した

- 建屋への浸水により、地下階にあった非常用ディーゼル発電機、非常用蓄電池（直流電源）、1階および地下階にあった配電盤等が同時に水没・被水し、冷却に必要な機器や弁等が作動せず「冷やす機能」の多くが喪失した
- 非常用蓄電池の機能が喪失したことにより、中央制御室の監視計器の機能も喪失し、プラント状況の監視ができなかった
- 1号機は、非常用復水器が直流電源喪失等のため十分機能せず、早期に原子炉の水位が維持できない状況となった
- 2号機、3号機は、原子炉隔離時冷却系または高圧注入系が作動し水位が維持されていたが、直流電源の枯渇および制御用空気圧力の低下による弁の開操作不能等により機能喪失に至るとともに、原子炉圧力容器の減圧ができず、消防ポンプによる代替注水にスムーズに移行できなかった
- その結果、1号機、2号機、3号機いずれの原子炉も、時間差はあるものの原子炉の水位の低下により炉心が露出し、炉心損傷・溶融に至った
- 炉心が露出した際、過熱された燃料被覆管のジルコニウムと水が反応し、大量の水素が発生し、それが原子炉圧力容器から原子炉格納容器を経て原子炉建屋内に漏えいし、同建屋内上部で爆発するに至った
- 燃料棒内に閉じ込められていた放射性物質が建屋内から周辺環境に大量に放出された

福島第一原子力発電所1～4号機の被災状況は表1-3のとおりである。

表1-3 福島第一原子力発電所における被災状況

	1号機	2号機	3号機	4号機	
被災前の運転状況	運転中	運転中	運転中	定検中	
観測された地震動	全ての周期帯で基準地震動を下回った	一部の周期帯で基準地震動を上回った	一部の周期帯で基準地震動を上回った	全ての周期帯で基準地震動を下回った	
津波の遡上高さ (主要建屋敷地高さ)	11.5～15.5m (10m)				
施設への影響	外部電源	全て喪失した(全5回線)			
	非常用電源 (非常用ディーゼル発電機)	起動したが、津波により使用不能になった			
	海水ポンプ	津波で機能が喪失した			
	直流電源	津波で機能が喪失した	津波で機能が喪失した	影響はなかったが、最終的にバッテリーが枯渇した	津波で機能が喪失した
	炉心冷却機能	非常用復水器が直流電源喪失等により十分機能せず、原子炉水位を維持できなくなり、炉心損傷に至った	原子炉隔離時冷却系が直流電源枯渇等により機能喪失するとともに、代替注水に移行できず、炉心損傷に至った	原子炉隔離時冷却系と高圧注水系が直流電源枯渇等により機能喪失するとともに、代替注水に移行できず、炉心損傷に至った	(定検中で炉心に燃料はなかった)
	水素爆発	原子炉建屋で水素爆発	—	原子炉建屋で水素爆発	3号機で発生した水素が流入し、原子炉建屋で水素爆発

今回の地震・津波では、東京電力福島第一原子力発電所(6基)以外にも、福島第二原子力発電所(4基)、東北電力東通原子力発電所(1基)、女川原子力発電所(3基)、日本原子力発電東海第二発電所(1基)の合計15基(いずれも沸騰水型原子炉)が影響を受けた。

15基のうち、地震発生時に運転中であったのは11基で、その全てが地震発生直後に自動停止した。

福島第二原子力発電所、女川原子力発電所および東海第二発電所では、想定を超える津波が来襲したものの、外部電源または非常用電源が確保され、海水

ポンプの機能も確保されたことから、原子炉は冷温停止状態となり、過酷事故に進展しなかった。

福島第一原子力発電所以外の主なプラントの状況は表 1-4 のとおりである。

表 1-4 福島第一原子力発電所以外の主なプラントの状況

		福島第二原子力発電所 1号機	女川原子力発電所 1号機	東海第二発電所
観測された地震動		一部の周期帯で基準地震動を上回った	一部の周期帯で基準地震動を上回った	すべての周期帯で基準地震動を下回った
津波の遡上高さ (主要建屋の高さ)		最大約 18.7m (12m)	最大約 13.8m (13.8m)	最大約 5.3m (8m)
施設への影響	外部電源	1回線が確保(全4回線)された	1回線が確保(全5回線)されたが、起動変圧器が停止し外部電源は喪失した	全て喪失した(全3回線)
	非常用電源 (非常用ディーゼル発電機(DG))	全3台起動したが、津波により使用不能になった	全2台起動	全3台起動したが、DG用海水ポンプ1台が津波で使用不能となり、2台運転となった
	海水ポンプ	津波で機能が喪失した	影響なし	上記DG用1台以外には影響はなかった
運転停止後の原子炉の状況		仮設分電盤・ケーブル、高圧電源車等で電源を復旧、海水ポンプのモータを緊急に取替え、3月14日夕方、冷温停止状態となった	非常用電源が確保され、3月12日未明、冷温停止状態となった	非常用電源が確保され、3月15日未明、冷温停止状態となった

## 第2章 福島第一原子力発電所事故を踏まえた国の対応状況

本委員会は、これまで、国が実施してきた安全対策の実施状況や国が策定した原子力発電所の再起動に当たっての判断基準、関西電力が実施した安全対策の実施状況を審議の対象としている。

本章では、このうち、国の安全対策の対応状況および再稼働の判断基準を要約するものである。

本委員会としての審議結果については、第4章において明らかにしている。

### 2-1 国がこれまでに実施してきた安全対策

福島第一原発事故発生以降、これまで国が実施してきた安全対策の種類およびその内容は以下のとおりである。

#### (緊急安全対策の実施)

国は、平成23年3月30日、福島第一原子力発電所が津波の影響により全ての電源を喪失し、冷却機能が失われたことを踏まえ、今回のような巨大地震に付随した極めて大きな津波に見まわれても、原子炉や使用済燃料の冷却を継続的に行い、炉心や使用済燃料が損傷することを防止するため、電源車、消防ポンプ・ホースの配備、建屋の扉等の浸水対策（シール施工）などの緊急安全対策を各事業者に指示した。

その後、国は全国の原子力発電所への立入検査等を行い対策の実施状況を確認し、平成23年5月6日、原子炉や使用済燃料の損傷を防止できる対策が適切に措置されているとして、上記の対策を盛り込んだ事業者の保安規定を認可（核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第37条第1項<sup>\*1</sup>）した。このことについて、国は、5月9日に原子力安全委員会に報告した。

#### (シビアアクシデント対策の実施)

平成23年6月7日、「原子力安全に関するIAEA閣僚会議に対する日本政府の報告書」が公表された。国は、万が一、炉心損傷等の過酷事故が生じた際に迅速に対応するための通信手段の確保や、がれき撤去用重機の配備、高放射線対応防護服等の整備、水素爆発防止対策などのシビアアクシデント対策を各事業者に指示し、6月18日、事業者の対応状況を立入検査などで確認した。このことについて、国は、6月23日に原子力安全委員会に報告した。

#### (ストレステストの実施)

平成23年7月6日、原子力安全委員会は、原子力委員会及び原子力安全委員会設置法第25条<sup>\*2</sup>の規定に基づき、経済産業大臣に対し、既設の発電用原子炉

施設について、設計上の想定を超える外部事象に対する頑健性に関して、総合的に評価を行うことを要請した。これを受けて国は、平成 23 年 7 月 11 日、全国の原子力発電所について、設計上の想定を超える事象に対して、どの程度の安全裕度を有するかを評価するため、欧州諸国で導入されているストレステストを参考に、原子力発電所の安全性に関する総合的評価（以下「ストレステスト<sup>※3</sup>」という）を実施することを決定、7 月 22 日、各事業者に対して評価の実施と結果の報告を求めた。国は、その一次評価の結果をもとに、定期検査で停止中の原子力発電所の運転再開の可否を判断することとした。

※1 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律

第 37 条 1 項

原子炉設置者は、主務省令で定めるところにより、保安規定（原子炉の運転に関する保安教育についての規定を含む。）を定め、原子炉の運転開始前に、主務大臣の認可を受けなければならない。これを変更しようとするときも、同様とする。

※2 原子力委員会及び原子力安全委員会設置法

第 25 条

原子力委員会又は原子力安全委員会は、その所掌事務を行うため必要があると認めるときは、関係行政機関の長に対し、報告を求めることができるほか、資料の提出、意見の開陳、説明その他必要な協力を求めることができる。

※3 ストレステスト

保安院は、ストレステストの二次評価では、プラントの安全裕度（実耐力）を評価するとともに、地震・津波以外の自然現象や炉心損傷後の事故進展を対象とした評価も行うことを検討している。

## 2-2 原子力発電所の再起動に当たっての安全性についての国の判断基準

国は、福島第一原発事故の技術的な課題について、専門家による検証も含め、1年以上にわたる議論を積み重ねた結果を整理し、4月6日の四大臣会合において、特に、再起動に当たっての基準を決定した。

これらの判断基準は、ダブルチェック機関である原子力安全委員会に対して必要な報告が行われ、助言や評価がなされている。その内容は以下のとおり。

### 基準（1）

福島第一原発事故では、地震や津波による電気設備の故障等により外部電源が全て受電できない状態となり、さらに津波による浸水という共通要因によって「冷やす」機能に関係する安全設備を作動させるための電気設備や海水ポンプが機能喪失したことが致命的であった。このことから、基準（1）では、「地震・津波による全電源喪失という事象の進展を防止するための以下の安全対策が既に講じられていること。」として、所内電源設備対策や、冷却・注水設備対策などの16項目の安全対策を示した。

表2-1 基準（1）で示された16項目の安全対策

① 所内電源設備 対策の実施	1) 電源車やケーブル等の配備及び地震・津波の影響を受けない場所への保管
	2) 直流電源の浸水対策
	3) 電源車による給電実施手順の確立と訓練の実施
② 冷却・注水設備 対策の実施	4) 確実な冷却・注水のための最終ヒートシンクの多様性確保
	5) 冷却・注水機能維持に使用される機器の浸水対策
	6) 給水実施手順の確立と訓練の実施
	7) 給水のための消防車・ポンプ車等の確保及び地震・津波の影響を受けない場所への保管
③ 格納容器破損 対策等の実施	8) 消防車・ポンプ車等の燃料を外部から調達可能な仕組みの構築
	9) 低圧代替注水の手順・体制の明確化と訓練の実施
④ 管理・計装設備 対策の実施	10) ベント実施の手順・体制の構築と訓練の実施（BWRのみ）
	11) ベント弁等の駆動源の代替手段の確保（BWRのみ）
	12) 中央制御室の非常用換気空調系設備（再循環系）を運転可能とする
	13) 発電所構内の通信手段の確保
	14) 計装設備を使用可能とする
	15) 高線量対応防護服、個人線量計等の資機材確保と放射線管理要員を拡充できる体制の整備
	16) がれきを迅速に撤去できるホイールローダ等の重機の配備

この基準（1）の16項目については、福井県が、平成23年4月2日に各事業者に対し策定を要請し、4月8日に提出された安全対策に係る実行計画書の中にすべて含まれている。

## 基準（２）

基準（２）は、地震・津波による全交流電源喪失という事象の進展を防止するための基準（１）の対策が既に講じられたプラントについて「国が『東京電力福島第一原子力発電所を襲ったような地震・津波が来襲しても、炉心及び使用済燃料ピットまたは使用済燃料プールの冷却を継続し、同原発事故のような燃料損傷には至らないこと』を確認していること。」としている。

福島第一原発事故では、地震や高経年化により安全上重要な設備・機器等が機能を失うような影響を受けていないと推定されること、地震動は敷地周辺の活断層、過去に起きた地震の規模や敷地との距離などの条件を踏まえて想定されるべきであることから、各原子力発電所の最新の基準地震動を用いることが適当であり、複数の活断層の連動可能性等も考慮して保守的に評価した場合の地震動の下でも、燃料損傷に至らないと判断されることが必要としている。

また、津波については、福島第一原子力発電所の想定津波高さが 5.5m であったところ最大遡上高さ 15m の津波に襲われたことを踏まえ、県内の原子力発電所においては、想定津波高さより 9.5m 以上高い津波に耐えられることを求めている。

本委員会は、平成 24 年 4 月 16 日、基準（２）について、具体的な確認手段としてストレステスト（一次評価）を用いた評価結果について国から説明を受けた。具体的には、大飯発電所 3、4 号機は、地震については基準地震動（700 ガル）の 1.80 倍（1,260 ガル）まで耐えられる、また、津波については想定津波高さ 1.9m を 9.5m 上回る 11.4m の津波までは燃料損傷に至らないとの結論であった。

## 基準（３）

基準（３）は、保安院の意見聴取会および政府の事故調査・検証委員会における事象の分析や知見を踏まえ、「下記の事項について、基準（１）で実施済みであるか否かにかかわらず、更なる安全性・信頼性向上のための対策の着実な実施計画が事業者により明らかにされていること。さらに、今後、新規制庁が打ち出す規制への迅速な対応に加え、事業者自らが安全確保のために必要な措置を見だし、これを不断に実施していくという事業姿勢が明確化されていること。」として、以下の対策を示している。

- ① 原子力安全・保安院がストレステスト（一次評価）の審査において一層の取組を求めた事項
- ② 原子力安全・保安院が、福島第一原子力発電所事故の技術的知見に関する意見聴取会での議論を踏まえてとりまとめた「東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の技術的知見について」で示した 30 の安全対策  
(表 2-2)



表 2-2 技術的知見に関する意見聴取会で示された 30 の安全対策

外部電源対策	対策 1	外部電源系統の信頼性向上
	対策 2	変電所設備の耐震性向上
	対策 3	開閉所設備の耐震性向上
	対策 4	外部電源設備の迅速な復旧
所内電気設備対策	対策 5	所内電気設備の位置的な分散
	対策 6	浸水対策の強化
	対策 7	非常用交流電源の多重性と多様性の強化
	対策 8	非常用直流電源の強化
	対策 9	個別専用電源の設置
	対策 10	外部からの給電の容易化
	対策 11	電気設備関係予備品の備蓄
冷却・注水設備対策	対策 12	事故時の判断能力の向上
	対策 13	冷却設備の耐浸水性確保・位置的分散
	対策 14	事故後の最終ヒートシンクの強化
	対策 15	隔離弁・SRV の動作確実性の向上
	対策 16	代替注水機能の強化
	対策 17	使用済燃料プールの冷却・給水機能の信頼性向上
	格納容器破損 ・水素爆発対策	対策 18
対策 19		格納容器トップヘッドフランジの過温破損防止対策
対策 20		低圧代替注入への確実な移行
対策 21		ベントの確実性・操作性の向上
対策 22		ベントによる外部環境への影響の低減
対策 23		ベント配管の独立性確保
対策 24		水素爆発の防止（濃度管理及び適切な放出）
管理・計装設備対策	対策 25	事故時の指揮所の確保・整備
	対策 26	事故時の通信機能確保
	対策 27	事故時における計装設備の信頼性確保
	対策 28	プラント状態の監視機能の強化
	対策 29	事故時モニタリング機能の強化
	対策 30	非常事態への対応体制の構築・訓練の実施

※下線部は主に BWR が対象

### **第3章 関西電力が実施している大飯3、4号機の安全性向上対策とその確認結果**

本章は、関西電力（以下「事業者」という。）が事故以降実施してきた安全性向上対策や、さらなる信頼性向上対策として国が示した30項目の対策の実施状況について、その内容と確認結果を示すものである。

本委員会としては、国が示した基準にとどまらず、立地条件や地域性の観点等から独自に事業者に対策を求めるなど、慎重に検討を進めた。

その結果を以下に示す。

#### **3-1 大飯3、4号機の安全性向上対策の実施計画**

国は、再稼働にあたっての判断基準に基づき、平成24年4月6日関西電力に対し、30項目の安全対策の実施計画を示すよう指示し、関西電力は、4月9日、大飯3、4号機の安全性向上対策の実施計画をとりまとめ保安院に報告した。

その実施計画の内容を表3-1および表3-2に示す。

表 3-1 原子力安全・保安院がストレステスト（一次評価）の審査において  
一層の取組を求めた事項と大飯 3、4 号機の実施計画

項目	大飯 3、4 号機の実施計画	
	実施済み	中長期対策
取組 1) 要員召集体制の構築 および強化	②協力会社支援体制の構築 ③対策本部要員のより確実な召 集	①常駐要員の強化
取組 2) 免震事務棟の前倒し 設置およびより確実 な代替措置の構築	②指揮所の代替措置・訓練	①免震事務棟の設置
取組 3) 空冷式非常用発電装 置の分散配置	②分散配置 (付属ケーブルの恒設化設計中。 平成 24 年 10 月完了予定)	①落石防護柵の設置
取組 4) 3 号機浸水口の津波 による漂流物防護策 の強化	—	①浸水口手前に車両等の漂着物 進入防止のための鋼製門扉の 設置 ②浸水口である防潮扉の水密扉 への取替
取組 5) 陀羅山トンネル内の 未使用配管の撤去	—	①陀羅山トンネル内における耐 震クラスの低い未使用配管の 撤去
取組 6) 消防ポンプの代替の 取水地点の検討	①漂着物撤去用の重機配備 ②代替取水ポイントの選定、訓 練の実施	

表 3-2 福島第一原発事故の技術的知見に関する 30 の安全対策と  
大飯 3、4 号機の実施計画

項目	大飯 3、4 号機の実施計画	
	緊急安全対策および自主的取組 (短期対策：実施済み)	信頼性向上対策 (中長期対策)
対策 1 外部電源系統の信頼性向上	①外部電源系統の信頼性評価 ②送電鉄塔の耐震性強化	③鉄塔基礎の安全性評価 ④大飯 3、4 号機の安全系所内高圧母線に大飯支線(77kV)を接続
対策 2 変電所設備の耐震性向上	①耐震性を強化した断路器の回線を 2 回線確保	②京北開閉所の気中断路器の高強度がいしへの取替え
対策 3 開閉所設備の耐震性向上	①NISA 文書に基づく開閉所電気設備の耐震性評価 ③がいし型遮断器のタンク型遮断器への設備更新	②NISA 文書に基づく開閉所電気設備の詳細な耐震性評価、耐震性向上対策
対策 4 外部電源設備の迅速な復旧	①損傷箇所を迅速に特定できる設備の導入	②復旧手順を定めたマニュアルの整備および必要な資機材の確保
対策 5 所内電気設備の位置的な分散	①空冷式非常用発電装置の配備	②緊急用高所受電設備の設置
対策 6 浸水対策の強化	①建屋の浸水防止対策(シール施工)	②水密扉への取替え ③津波の衝撃力緩和対策 ④外部電源受電設備の浸水対策 ⑤浸水時の排水機能の確保 ⑥非常用ディーゼル発電機空調用ダクトかさ上げ等
対策 7 非常用交流電源の多重性と多様性の強化	①空冷式非常用発電装置の配備(対策 5 ①で実施済) ②非常用交流電源全般の外部電源復旧までの十分な燃料確保 ③非常用交流電源の多様性の強化	④恒設非常用発電機の設置
対策 8 非常用直流電源の強化	①空冷式非常用発電装置からの充電	②常用系蓄電池との接続 ③蓄電池の追加設置
対策 9 個別専用電源の設置	①重要なパラメータを監視する予備の可搬型計測器等の手配(対策 27①で実施済)	②重要なパラメータを監視する予備の可搬型計測器等の配備(対策 27②で実施)
対策 10 外部からの給電の容易化	①電源喪失時のバックアップ設備による給電の確実かつ容易化	②緊急用高所受電設備の設置(対策 5 ②で実施) ③給電口以外への接続マニュアルの整備

項目	大飯3、4号機の実施計画	
	緊急安全対策および自主的取組 (短期対策：実施済み)	信頼性向上対策 (中長期対策)
対策11 電気設備関係予備品の備蓄	①M/C、P/C、ケーブルなど電源設備関係予備品の高所倉庫などへの確保 ②復旧作業環境確保のための照明設備の確保 ③電気設備関係資機材などに関する情報やマニュアルの整備、訓練	④緊急用高所受電設備の設置 (対策5②で実施)
対策12 事故時の判断能力の向上	①最優先すべき状況の判断基準の明確化、対応手順の整備 ②状況判断を可能とするハード、ソフトの整備 ③緊急時対策所などにおける事故時通信機能の確保 (対策26①で実施済) ④引き津波発生時の対応手順書の整備	⑤運転員などのシビアアクシデント対応能力向上
対策13 冷却設備の耐浸水性確保・位置的分散	①建屋の浸水防止対策(シール施工) (対策6①で実施済) ②代替設備を含めた位置的分散	③水密扉への取替え (対策6②で実施) ④津波の衝撃力緩和対策 (対策6③で実施)
対策14 事故後の最終ヒートシンクの強化	①最終ヒートシンクの多重性、多様性確保 ②非常用炉心冷却システムの健全性確認 ③非常用炉心冷却システムの耐震サポート、タンク基礎ボルトの健全性確認	④最終ヒートシンク確保のための海水冷却・固定式機器の津波への耐性強化 (対策6③で実施)
対策15 隔離弁・SRVの動作確実性の向上	①隔離弁の動作確実性の向上 ②主蒸気逃がし弁の動作確実性の確認	③更なる資機材・予備品の確保
対策16 代替注水機能の強化	①代替注水設備の駆動源の多様化 ②水源の多重性、多様性の確保 ③海水接続口の整備 ④補助給水ライン改造	⑤中圧ポンプの配備

項目	大飯3、4号機の実施計画	
	緊急安全対策および自主的取組 (短期対策：実施済み)	信頼性向上対策 (中長期対策)
対策17 使用済燃料プールの冷却・給水機能の信頼性向上	①冷却、給水機能の多重性および多様性の確保 ②外部支援がない場合の冷却期間の確保 ③冷却・給水機能の信頼性向上 ④使用済燃料ピットポンプの健全性確認 ⑤使用済燃料ピットの監視強化 (対策28①で実施済)	⑥使用済燃料ピット広域水位計の設置 (対策28②で実施)
対策18 格納容器の除熱機能の多様化	①余熱除去系などによる除熱機能の確保 ②大容量ポンプの配備 ③交流電源(代替電源含む)に頼らない除熱機能の追加確保 ④格納容器スプレイリングの健全性確認	⑤フィルタ付ベント設備の設置 (対策22②で実施)
対策19 格納容器トップヘッドフランジの過温破損防止対策 (主にBWRのみを対象)	— (PWRプラントにトップヘッドはないため、対策不要)	—
対策20 低圧代替注水への確実な移行 (主にBWRのみを対象)	①低圧代替注水のマニュアル整備	②更なるマニュアルの充実
対策21 ベントの確実性・操作性の向上	①主蒸気逃がし弁の動作確実性の確認 (対策15②で実施済)	②フィルタ付ベント設備の設置 (対策22②で実施)
対策22 ベントによる外部環境への影響の低減	①格納容器スプレイによる汚濁除去	②フィルタ付ベント設備の設置
対策23 ベント配管の独立性確保	①ベント配管の独立性確保	②フィルタ付ベント設備の設置 (対策22②で実施)
対策24 水素爆発の防止(濃度管理及び適切な放出) (主にBWRのみに適用)	①アニュラス排気設備運転手順の整備	②静的触媒式水素再結合装置の設置

項目	大飯3、4号機の実施計画	
	緊急安全対策および自主的取組 (短期対策：実施済み)	信頼性向上対策 (中長期対策)
対策25 事故時の指揮所の確保・整備	①緊急時対策所被災時の対応 ②中央制御室横の会議室での指揮所機能確保	③免震事務棟の設置
対策26 事故時の通信機能確保	①通信設備の信頼性向上	②緊急時対応支援システム(ERSS)へのデータ伝送系増強 ③TV会議システムの導入検討 ④更なる通信設備の信頼性向上 ⑤通信設備の移設(対策25③で実施)
対策27 事故時における計装設備の信頼性確保	①重要なパラメータを監視する予備の可搬型計測器等の手配	②重要なパラメータを監視する予備の可搬型計測器等の配備
対策28 プラント状態の監視機能の強化	①使用済燃料ピットの監視強化	②使用済燃料ピット広域水位計の設置 ③格納容器内監視カメラの活用検討 ④「過酷事故用計装システムに関する研究」
対策29 事故時モニタリング機能の強化	①発電所敷地境界のモニタリングポストの電源対策 ②発電所敷地境界のモニタリングポスト汚染時の対応	③既設伝送ラインに加え、無線伝送装置を設置し伝送を2重化 ④停電や汚染に柔軟に対応できる可搬型モニタリングポストの追加配備
対策30 非常事態への対応体制の構築・訓練の実施	①非常時対応に必要な資機材・予備品確保 ②マニュアル・必要な情報の整備、保管 ③緊急時対応体制の強化、要員召集方法の強化 ④夜間等より厳しい状況を想定した訓練 ⑤指揮命令システムの明確化、特命班の設置 ⑥更なる対応体制の強化	⑦更なる資機材・予備品の確保

(参考)

大飯発電所 3、4号機の主な仕様

	大飯 3号機	大飯 4号機
型式	加圧水型軽水炉(PWR)	同左
定格電気出力	118.0 万 kW	同左
運転開始	平成 3 年(1991 年)12 月 18 日 (H24.4 現在で 20 年経過)	平成 5 年(1993 年)2 月 2 日 (H24.4 現在で 19 年経過)
炉心燃料体数	193 体	同左
燃料集合体	17×17 型二酸化ウラン燃料	同左
制御棒	磁気ジャック駆動、53 体	同左
原子炉容器	低合金鋼製	同左
原子炉格納容器	プレストレストコンクリート造	同左
蒸気発生器	4 基	同左

[備考]

①原子炉容器の照射脆化

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急に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。

原子炉容器について言えば、炉心からの中性子は高いエネルギーを持っているため、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る。この結果、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ておき、この試験片を計画的に取り出し機械試験等を行うことにより、脆性遷移温度の上昇量等を確認している。

大飯発電所 3、4号機では、運転開始前の脆性遷移温度はともに $-30^{\circ}\text{C}$ で、最新の結果は、60 年以上の運転に相当する照射量（1/4 板厚位置）で $-20^{\circ}\text{C}$ および $-15^{\circ}\text{C}$ である。

②制御棒の挿入性

加圧水型軽水炉（PWR）では、運転中、制御棒は炉心から引き抜かれており、様々な異常を検知した場合、自重で落下し炉心に挿入される。制御棒の引き抜き・保持は、電磁石により行われており、この電源がなくなると制御棒は自重で落下する。

大飯発電所 3、4号機の制御棒挿入時間に関しては、原子力安全委員会におけるストレステストの審議の過程で出された質問に対し、保安院から耐震指針の基準地震動に対する詳細解析結果として挿入時間 1.88 秒（評価基準値 2.2 秒）であることを説明している。本委員会は関西電力から説明を受け詳細解析の基礎データを確認した。



### 3-2 本委員会における安全性向上対策の確認の方式

本委員会では、事業者の安全性向上対策について、安全性をわかりやすく系統立てて確認するため、対策の効果に着目して11項目に区分した。以下、それに基づき確認することとする。

具体的には、設備面の対策について、6区分（「(1) 電源確保対策」、「(2) 地震対策」、「(3) 津波対策」、「(4) 炉心冷却機能の確保対策」、「(5) 使用済燃料ピット冷却機能の確保対策」、「(6) その他のシビアアクシデント対策」）に分類した。

また、組織人員体制面の対策について、5区分（「(7) 初動人員体制の強化」、「(8) 指揮命令系統の明確化」、「(9) シビアアクシデント対応能力の向上」、「(10) 情報通信網等の強化」、「(11) 災害対応資機材等の充実」）に分類した。

安全性向上対策についての本委員会の評価区分と国の対策区分の関係は、表3-3のとおりである。

表3-3 安全性向上対策についての本委員会の評価区分と国の対策区分の関係

本委員会の評価区分	国の対策区分
「(1) 電源確保対策」	「外部電源対策」 「所内電気設備対策」
「(2) 地震対策」	「外部電源対策」 「所内電気設備対策」 「冷却・注水設備対策」
「(3) 津波対策」	
「(4) 炉心冷却機能の確保対策」	「冷却・注水設備対策」
「(5) 使用済燃料ピット冷却機能の確保対策」	
「(6) その他のシビアアクシデント対策」	「格納容器破損・水素爆発対策」 「管理・計装設備対策」
「(7) 初動人員体制の強化」 「(8) 指揮命令系統の明確化」 「(9) シビアアクシデント対応能力の向上」 「(10) 情報通信網等の強化」 「(11) 災害対応資機材等の充実」	「冷却・注水設備対策」 「管理・計装設備対策」

### 3-3 本委員会の確認結果

以下 11 区分に従い、本委員会としてのそれぞれの確認結果を示す。

#### (1) 電源確保対策

(事故前の状況)

大飯発電所 3、4 号機で採用している加圧水型軽水炉（以下「PWR」という。）では、安全上重要な設備への電源は、外部につながる複数の送電線から確保し、これらの外部電源が喪失した場合には、非常用ディーゼル発電機（2 台／基）が起動して電源を供給する。

(注) 以下、4 章では、(事故前の状況)として、福島第一原発事故前の PWR のシステムや国および事業者の取組み等の状況を記載する。

(事故の主な知見)

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なかった。また、非常用ディーゼル発電機等の電気設備が建屋の浸水によりほぼ同時に水没・浸水し機能を失ったとされている。

(注) 以下、4 章では、(事故の主な知見)として、政府等の事故調査報告書や保安院の意見聴取会における主な知見を記載する。

(事業者の対応状況)

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）を既に完了した。

今後、更なる対策として、分散配置した空冷式非常用発電装置の付属ケーブルの恒設化、全交流電源喪失に備えるための蓄電池の追加設置（大容量化）や、電源の更なる信頼性向上のため、津波の影響を受けない高台への恒設非常用発電機の設置を計画している。

(本委員会の確認結果)

本委員会は、現場で空冷式非常用発電装置の設置状況を確認し、同装置が共通要因による同時機能喪失のリスクを回避するために高台（33m）に分散配置されていることや、短時間で電源接続を行うことが可能となるように、ケーブルコネクタの接続方法の改良が行われていること、それを使った訓練（平成 23 年度実績：34 回）を実施していることを確認した。

これらのことから、全交流電源喪失時に空冷式非常用発電装置から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した。

本委員会では、全交流電源喪失時にプラント状態の監視や緊急時の安全設備の操作等に必要な電力を供給する蓄電池の持続時間について再検討すべきであるとの指摘を行っており、これに対し、事業者が、平成27年度までに蓄電池の容量を負荷の切り離しを行わずに8時間、不必要な負荷の切り離しを実施した上で、24時間の稼動を可能となる容量を確保するため、現在、設置場所も含め検討を行っていることを確認した。

(県独自の指示)

本委員会は、事故時に炉心冷却状態を監視するために重要となる原子炉水位を直接監視する水位計の計装用電源を強化すべきであると指摘した。

これに対し、事業者は、原子炉水位計の電源を空冷式非常用発電装置から受電できるよう運用の変更を行うこととし、マニュアルの変更を行った。

表3-4 電源確保への事業者の対応状況

項目	対策	実施状況
非常用交流電源の多重性と多様性の強化	○空冷式非常用発電装置の配備 (基準(3)②-対策7①)	済 (基準(1)①1) および 基準(1)④14)に該当)
	○非常用交流電源全般の外部電源復旧までの十分な燃料確保 (基準(3)②-対策7②)	済
	○非常用交流電源の多様性の強化 (基準(3)②-対策7③)	済 (基準(1)①1)に該当)
	○空冷式非常用発電装置の分散配置 (基準(3)①-取組3)①②)	済 (付属ケーブル恒設化 設計中、平成24年 10月完了予定)
	○恒設非常用発電機の設置 (基準(3)②-対策7④)	平成27年度完了予定 (地質調査中)
非常用直流電源装置の強化	○空冷式非常用発電装置からの充電 (基準(3)②-対策8①)	済
	○常用系蓄電池との接続 (基準(3)②-対策8②)	平成24年度完了予定 (接続手順検討中)
	○蓄電池の追加設置 (基準(3)②-対策8③)	平成27年度完了予定 (設計中)
個別専用電源の設置	○重要なパラメータを監視する予備の可搬型計測器等の手配および配備 (基準(3)②-対策9①②) (基準(3)②-対策27①②)	平成24年6月完了予定 (配備中)
外部電源系統の信頼性向上	○外部電源系統の信頼性評価 (基準(3)②-対策1①)	済

	○送電鉄塔の耐震性強化 (基準(3)②-対策1②)	済
	○鉄塔基礎の安定性評価 (基準(3)②-対策1③)	平成24年度完了予定 (対策工事中)
	○大飯3、4号機の安全系所内高圧母線に 大飯支線(77kV)を接続 (基準(3)②-対策1④)	平成25年12月完了予定 (設計中)
変電所設備の耐震性向上	○耐震性を強化した断路器の回線を2回 線確保 (基準(3)②-対策2①)	済
	○京北開閉所の気中断路器の高強度がい しへの取替え (基準(3)②-対策2②)	平成25年度完了予定 (製作中)
開閉所設備の耐震性向上	○NISA文書に基づく開閉所電気設備 の耐震性評価 (基準(3)②-対策3①)	済
	○NISA文書に基づく開閉所電気設備 の詳細な耐震性評価、耐震性向上対策 (基準(3)②-対策3②)	耐震性評価： 平成25年度完了予定 (評価中)
外部電源設備の迅速な復旧	○損傷箇所を迅速に特定できる設備の導 入 (基準(3)②-対策4①)	済
	○復旧に伴う必要な資機材の確保 (基準(3)②-対策4②)	平成24年9月完了予定 (資機材手配中)
外部からの給電の容易化	○電源喪失時のバックアップ設備による 給電の確実かつ容易化(接続コネクタの 改良等) (基準(3)②-対策10①)	済
	○緊急用高所受電設備の設置 (基準(3)②-対策10②)	平成27年度完了予定 (設計中)
	○給電口以外への接続マニュアルの整備 (基準(3)②-対策10③)	平成24年度完了予定 (策定中)
電気設備関係予備品の備蓄	○海水ポンプモータや、ケーブルなど電気 設備関係予備品の高所倉庫などへの確 保 (基準(3)②-対策11①)	済
	○復旧作業環境確保のための照明設備の 確保 (基準(3)②-対策11②)	済
	○電気設備関係資機材などに関する情報 やマニュアルの整備、訓練 (基準(3)②-対策11③)	済
	○緊急用高所受電設備の設置 (基準(3)②-対策11④)	平成27年度完了予定 (設計中)

(3章の表に共通する記載について)

対策欄にある( )の記載は、関西電力が平成24年4月9日に保安院に報告した  
基準(3)に関する取組もしくは対策の番号を示す。

基準(3)①…保安院がストレステスト(一次評価)の審査において  
一層の取組を求めた事項(表3-1参照)

基準(3)②…保安院が技術的知見に関する意見聴取会での議論を  
踏まえ示した30の安全対策(表3-2参照)

## (2) 地震対策

(事故前の状況)

国は、平成18年9月に改定された「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(以下「耐震指針」という。)に基づき、既設発電所の耐震安全性評価(バックチェック)を進めており、大飯発電所については、それまでに想定していた地震動を改め、前面海域にあるF0-AとF0-Bの海域断層が連動することを考慮して、基準地震動を700ガルと設定し、主要機器の健全性を確認している。

大飯発電所敷地の地質・地質構造については、3、4号機建設時に実施した文献調査、ボーリング調査(188本、総延長約12,400m)、試掘坑調査(総延長約1,350m)などにより、原子炉施設の設置に問題がないことを確認している。

(事故の主な知見)

福島第一原子力発電所2、3、5号機における原子炉建屋基礎版上の観測記録は、基準地震動 $S_s$ に対する応答加速度値を一部の周期帯で上回った。

今回の東北地方太平洋沖地震で得られた知見として、海溝型地震では、従来の想定以上の断層すべり量であったことや地震セグメントの連動等により大きな地震動が生じたとされている。また、内陸地殻内地震では、今回の地震に伴う大きな地殻変動により、広域にわたって応力場に影響が及び、これまで活動性が低い断層の活動が誘発され、地震前に比べ活断層が動きやすくなっているとされている。

(国および事業者の対応状況)

今回の福島第一原発事故後、保安院の地震・津波に関する意見聴取会は、若狭湾周辺の活断層の連動性として、連動を考慮した海域のF0-AとF0-Bと陸域の熊川断層との連動について審議を行い、地質構造的につながり、連動を考慮する必要はないことを確認した。

事業者は、念のためこれらの3つの断層が連動した場合の地震動評価を行い、その結果、断層モデルによる地震動(760ガル)と距離減衰式による地震動(643ガル)の値を得た。また、事業者は、これらの地震動の値はいずれも、大飯発電所3、4号機のストレステスト(一次評価)において、燃料損傷に至らないと確認されている地震動の値(1260ガル)を下回っていることから、原子炉容器や蒸気発生器などの主要機器の耐震安全性や制御棒挿入性についても問題がないことを確認した。

基準地震動に対する大飯3、4号機周辺斜面の安定性評価については、事業者は、斜面を滑らせようとする力と斜面がすべりに抵抗する力の比である安全率の算定を行い、2.7という数値結果を得ている。これは、原子力発電所耐震設計技術指針の評価基準値である1.2を満足しており、保安院は、大飯3、4号機の周辺斜面の安定性は確保されており、原子炉施設の安全機能に重大な影響を与えるような崩壊を起こさないと評価をまとめている。

(本委員会の確認結果)

本委員会は、F0-A～F0-B、熊川断層の連動について保安院から説明を受け、3連動を考慮した断層モデルによる地震動評価に関しては、F0-A～F0-B と熊川断層のつながり方やパラメータを適切に設定しており、短周期レベルの不確かさを考慮して評価していることを確認した。また、応答スペクトル法による地震動評価に関しては、経験式の適用限界も考慮した上で地震動を評価していることを確認した。これらのことから、連動を考慮した地震動評価は妥当であると考えている。

また、大飯発電所敷地内の破砕帯については、保安院は耐震バックチェックにおいて、後期更新世以降に活動したのではないと判断している。

大飯3、4号機の周辺斜面については、本委員会の現場確認で、建設時に原子炉建屋等を設置するために岩盤を切り下げてできたものであること、また、斜面には部分的にアンカーを設置しているが、安定性の評価にあたっては、アンカーの効果を考慮せずに評価していることなどを確認した。

(県独自の指示)

本委員会および県は、今回の地震を踏まえ、非常用炉心冷却システムの耐震機能を確認するため、配管の支持構造物や、屋外タンク等の基礎ボルトの点検を行うよう指示し、事業者は、設備の現場総点検を実施した。

### (3) 津波対策

(事故前の状況)

原子炉設置許可の際には、想定される津波高さが発電所敷地高さ以下であるとしていた。その後、土木学会「原子力発電所の津波評価技術（平成14年）」を用いて想定津波高さを評価し、非常用ディーゼル発電機や海水ポンプ等の重要機器施設が浸水しないことを確認している。

(事故の主な知見)

福島第一原子力発電所において、津波は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。

今回の津波は、プレート間地震による長周期の津波と海溝軸沿いで発生した短周期かつ大振幅の津波との重畳等により大規模化したとされている。

事故原因は、原子炉補機冷却系、非常用ディーゼル発電機の冷却用の海水ポンプおよび非常用ディーゼル発電機、配電盤等の多くの重要機器が津波で冠水し、電源や冷却機能の確保に支障をきたしたとされている。

(事業者の対応状況)

事業者は、これまでの土木学会「原子力発電所の津波評価技術（平成14年）」を用いて評価した設計想定津波高さ（約1.9m）に9.5mを加えた11.4mの高さ

まで、建屋内への浸水を防ぐ対策として、電源確保、炉心冷却機能や使用済燃料ピット冷却機能確保の観点から必要な機器が配置される部屋への浸水口となる扉および貫通部についてシール施工を完了した。また、扉については、更なる信頼性向上のために、順次、水密扉への取り替えを実施中である。

なお、これらの設備が配備されている建屋は、9.7mの高さにあり、浸入口については、この高さが想定されている。

今後、更なる対策として、津波の衝撃力を緩和するため、取水口前面に設置している防波堤のかさ上げ(8m)、海水ポンプエリアや淡水タンクエリアへの防護壁(6m)の設置、また、外海から影響を受ける可能性のある放水路ピットのかさ上げ(15m)の実施、3、4号機用海水系機器等周囲の防潮堤(6m)の設置を予定している。

(本委員会の確認結果)

本委員会は、電動補助給水ポンプやタービン動補助給水ポンプなど、原子炉の冷却機能確保に必要な重要機器が設置されている建屋への浸水対策として、11.4mの高さまでの浸水を想定し、外壁にある外部扉(合計15箇所)と貫通部(合計57箇所)について、水密扉への取替え(1箇所)、防潮扉の設置(8箇所)、既存扉の隙間へのシールゴム施工(4箇所)、扉隙間へのシール材注入による閉止措置(2箇所)、配管貫通部の隙間へのシール材注入(合計57箇所)を実施済みであることを確認した。

また、電動補助給水ポンプやタービン動補助給水ポンプのある区画に通じる通路の内部扉(合計7箇所)についても、シール施工を行っており、このうち1箇所については水密扉に取替えを実施済みであることを確認した。

なお、浸水対策として設置した防潮扉のシール材には合成ゴムを使用しており、15mの静水圧に耐えられる強度を有している。また、配管等の貫通部については、充てん材を使用しており、15mの静水圧に耐える強度を有している。通常扉および閉止措置のシール材については、防潮扉と同等の合成ゴムを使用しているものの、扉本体の強度の差により、11.4mの静水圧に耐える強度となっている。

これらのことから、11.4mの高さまでは、電動補助給水ポンプやタービン動補助給水ポンプなど、原子炉の冷却機能確保のための重要機器が浸水することはないことを確認した。

(県独自の指示)

本委員会では、平成23年3月25日の委員会において、委員より、「日本海側は、太平洋側と比較して巨大災害を引き起こす現象の発生頻度は低いと考えられるが、日本海側の津波の痕跡の調査情報の蓄積が必要である」との意見が出された。

この意見を踏まえ、事業者は、若狭地域における津波痕跡調査を行うことを決定し、調査位置の選定作業などを行い、平成 23 年 10 月 24 日から三方五湖周辺の堆積物のボーリング調査（9 地点）を開始した。

その後、事業者は、平成 23 年 11 月、保安院の指示に基づき、天正地震（1586 年）に関する試料分析などの調査を先行して実施し、「天正地震の年代の地層を含む表層 1 m 以浅には津波堆積物の指標となり得る砂層は認められない」とする調査結果をまとめ、平成 23 年 12 月、保安院に提出した。

この結果は保安院の意見聴取会で審議され、平成 24 年 1 月 25 日、「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ものはない」との見解が示された。

その後、事業者は、津波に関する痕跡データの更なる拡充を目的に、平成 24 年 2 月 16 日、追加調査（14 地点）の実施を決定し、現在、調査を進めている。

表 3-5 津波対策への事業者の対応状況

項目	対策	実施状況
浸水対策の強化	○建屋の浸水防止対策（シール施工） （基準（3）②-対策 6 ①） （基準（3）②-対策 13 ①）	済 （基準（1）②5）に該当）
	○水密扉への取替え （基準（3）①-取組 4 ②） （基準（3）②-対策 6 ②） （基準（3）②-対策 13 ③）	平成 24 年 9 月完了予定 （対策工事中）
	○津波の衝撃力緩和対策（防波堤のかさ上げや海水ポンプエリアへの防護壁の設置等） （基準（3）②-対策 6 ③） （基準（3）②-対策 13 ④） （基準（3）②-対策 14 ④）	平成 25 年度完了予定 （対策工事中）
	○外部電源受電設備の浸水対策 （基準（3）②-対策 6 ④）	平成 25 年度完了予定 （対策工事中）
	○浸水時の排水機能の確保 （基準（3）②-対策 6 ⑤）	平成 24 年 9 月完了予定 （仕様検討中）
	○非常用ディーゼル発電機空調用ダクトかさ上げ等 （基準（3）②-対策 6 ⑥）	平成 24 年 6 月完了予定 （対策工事中）
	所内電気設備などの高所配備	○空冷式非常用発電装置の高所配備 （基準（3）②-対策 5 ①）
○緊急用高所受電設備の設置 （基準（3）②-対策 5 ②）		平成 27 年度完了予定 （設計検討中）
○恒設非常用発電機の高所設置 （基準（3）②-対策 7 ④）		平成 27 年度完了予定 （地質調査中）
○代替設備を含めた高所配備および位置的分散 （基準（3）②-対策 13 ②）		済 （基準（1）①1）に該当）



3号機浸水口の津波による漂流物防護策の強化	○浸水口手前に車両等の漂流物進入防止のための鋼製門扉の設置 (基準(3)①-取組4)①)	平成24年9月完了予定 (設計検討中)
-----------------------	---	------------------------

#### (4) 炉心冷却機能の確保対策

(事故前の状況)

PWRでは、全交流電源喪失によりすべての非常用冷却装置が使えなくなった場合、蒸気発生器を使って間接的に原子炉を冷却する。具体的には、蒸気発生器で発生する放射能を含まない2次系蒸気を主蒸気逃がし弁から大気に放出することにより放熱し、蒸気発生器への給水は、蒸気発生器からの蒸気を用いて駆動するタービン動補助給水ポンプによって行う。また、電源が復旧次第、1次系の余熱除去ポンプ等を起動し、海水に熱を逃がすことにより原子炉を直接冷却する。

なお、沸騰水型軽水炉（以下「BWR」という。）は、全交流電源喪失時に、蒸気によって駆動する原子炉隔離時冷却系および高圧注入系を用いて炉心に冷却水を給水し、原子炉圧力容器内で発生した蒸気をサブプレッションチェンバーに放出することで排熱する。この状態が長期間続く場合には、格納容器の圧力が上昇するため、格納容器ベントによりサブプレッションチェンバーから蒸気を大気に放出することで排熱する。

(事故の主な知見)

福島第一原発事故では、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、自然災害によって炉心が重大な損傷を受ける事態に至ることを防止する対策は極めて不十分であったとされている。

(事業者の対応状況)

蒸気発生器による冷却の確保では、蒸気発生器へ給水する手段として、通常のタンク水の給水に加え、海水注入を追加し、このために必要となるエンジン駆動の消防ポンプや消火ホースの配備を行った。また、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した。

また、更なる対策として、蒸気発生器への給水が確実にできるよう、消防ポンプよりもさらに吐出圧の高い中圧ポンプ（電動）の配備や、接続配管の恒設化を一部実施しており、この対策を除き計画した対策は完了している。

(本委員会の確認結果)

本委員会の現場確認で、消防ポンプや大容量ポンプの配備が完了しており、これらのポンプを用いた実際の訓練（平成23年度実績：59回）も行われている。

ことを確認した。また、消防ポンプや大容量ポンプについては、点検において潤滑油の状況を確認していること、空冷式であるため冷却水なしにポンプを十分冷却できること、消防ポンプの燃料として7.2日分（10,250ℓ以上）のガソリンを確保していること、大容量ポンプの燃料は軽油であるが代替燃料としてA重油（補助ボイラ燃料タンク、非常用ディーゼル発電機地下燃料タンク）の使用が可能であることを確認した。

これらのことから、常設の給水システムが使用不能の場合でも、消防ポンプを用いた蒸気発生器への給水が行えること、全交流電源喪失の条件下でも空冷式非常用発電装置と大容量ポンプを使った余熱除去系による除熱が可能であることを確認した。

（県独自の指示）

本委員会や県の指摘および指示に対し、以下の対応を実施していることを確認した。

- ・ 万一、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利用して原子炉への注水を行う手順を整備するとともに、必要な機器を対象弁に接続する訓練などを実施していることを確認した。
- ・ 非常用炉心冷却システムの健全性確認の観点から、通常の試験では通水しない炉心注入ラインを使用して、実際に原子炉容器に水が注入できることを確認するよう指示し、事業者は注水試験を実施した。
- ・ 事故時に格納容器内の圧力を抑制する設備の健全性確認の観点から、通常のシステム機能確認に加え、格納容器スプレイリングの健全性確認として10年に1度実施する格納容器スプレイリングへの通風試験を実施するよう指示し、事業者は通風試験を実施した。

表3-6 炉心冷却機能確保への事業者の対応状況

項目	対策	実施状況
冷却設備の位置的分散	○冷却設備の位置的分散 (基準(3)②-対策13②)	済 (基準(1)②7)に該当)
事故後の最終ヒートシンクの強化	○多重性・多様性の確保(大容量ポンプの配備等) (基準(3)②-対策14①)	済 (基準(1)②4)に該当)
	○非常用炉心冷却システムの健全性確認 (基準(3)②-対策14②)	済
	○非常用炉心冷却システムの耐震サポート、タンク基礎ボルト健全性確認 (基準(3)②-対策14③)	済

主蒸気逃がし弁の動作確実性の確認	○主蒸気逃がし弁の動作確実性の確認 (基準(3)②-対策 15②) (基準(3)②-対策 21①)	済 (基準(1)③9)に該当)
代替注水機能の強化	○駆動源の多様化 (消防ポンプの配備等) (基準(3)②-対策 16①)	済 (基準(1)②7)に該当)
	○水源の多重性・多様性確保 (基準(3)②-対策 16②)	済 (基準(1)②4)に該当)
	○海水接続口の設置、補助給水ライン改造 (基準(3)②-対策 16③④)	済
	○中圧ポンプ配備 (基準(3)②-対策 16⑤)	平成 24 年 5 月完了予定
消防ポンプの代替取水地点の検討	○漂着物撤去用の重機配備 (基準(3)①-取組 6)①)	済

## (5) 使用済燃料ピット冷却機能の確保対策

### (事故前の状況)

PWRでは、使用済燃料ピットポンプと使用済燃料ピット冷却器を使用し、使用済燃料から出る崩壊熱を海水に逃がし冷却する。また、ピット水面からの水の蒸発により使用済燃料ピットの水が減った場合には、2次系純水タンクから水を補給する。

### (事故の主な知見)

福島第一原発事故では、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、BWRで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は時間がかかったとされている。

### (事業者の対応状況)

使用済燃料ピットへの水の補給手段を多様化するため、消火水や海水を供給できるエンジン駆動の消防ポンプや消火ホース等の配備を行った。

今後、更なる対策として、使用済燃料ピットの監視強化のため、非常用電源から給電される広域水位計の設置を計画しており、これを除き計画した対策は完了している。

### (本委員会の確認結果)

本委員会は、現場確認において、水源とポンプの燃料が確保されていることや、消防ポンプを用いた訓練(平成23年度実績:22回)が実施されていることを確認した。

また、BWRは使用済燃料ピットが原子炉建屋の最上階にあるのに対し、PWRは、原子炉建屋のまわりにある原子炉補助建屋に設置され、構内道路からアクセスできる位置にあることを確認した。

これらのことから、消防ポンプを用いた使用済燃料ピットへの給水は継続して行えることを確認した。

(県独自の指示)

本委員会や県の指摘等に対し、以下の対応を実施していることを確認した。

- ・ 使用済燃料ピット内の燃料を冷却するために必要となるポンプ（2台）の健全性確認の観点から、同ポンプの分解点検を実施するよう指示し、事業者は点検を実施した。
- ・ 使用済燃料ピットの監視機能強化の観点から、電源喪失時に水位計、温度計の非常用電源を確保できるように設備改善を実施するとともに、監視機能の多様化を目的として、中央制御室で監視できる監視カメラを設置するよう指摘し、事業者は設備の改善や設置を行った。

表3-7 使用済燃料ピット冷却機能確保への事業者の対応状況

項目	対策	実施状況
使用済燃料ピットの冷却・給水機能の信頼性向上	○冷却・給水機能の多重性・多様性確保(消防ポンプの配備等) (基準(3)②-対策17①)	済 (基準(1)②4)に該当)
	○外部支援までの冷却期間確保 (基準(3)②-対策17②)	済 (基準(1)②8)に該当)
	○冷却・給水機能の信頼性向上 (基準(3)②-対策17③)	済
	○使用済燃料ピットの健全性確認 (基準(3)②-対策17④)	済
	○使用済燃料ピットの監視強化(監視カメラの設置等)(基準(3)②-対策17⑤) (基準(3)②-対策28①)	済
	○非常用電源から電源供給される広域水位計の設置 (基準(3)②-対策17⑥) (基準(3)②-対策28②)	平成25年度完了予定 (資機材手配中)

## (6) その他のシビアアクシデント対策

(事故前の状況)

事業者は国からの要求を受け、炉心が大きく損傷する恐れのある事態が万一発生したとしても、シビアアクシデントに拡大するのを防止する、もしくはシ

ビアアクシデントに拡大した場合にもその影響を緩和できるよう、「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」機能や、これらに共通するサポート機能を強化するためのアクシデントマネジメント策の整備を行ってきた。

#### （事故の主な知見）

事故時対応環境については、中央制御室や原子力発電所緊急時対策所における放射線量の上昇、現場における通信手段の途絶や照明の喪失などの環境の悪化により、様々な面で事故対応活動に支障をきたした。このため、中央制御室や緊急時対策所の空調機能や放射線遮へいの強化、交流電源によらない通信など、シビアアクシデントが発生した場合にあっても、事故対応活動を継続的に実施できる事故対応環境を強化することが重要とされている。

#### （事業者の対応状況）

中央制御室の作業環境を確保するため、中央制御室循環ファンへの電源供給手段の確立、緊急時における発電所構内通信手段の確保、高線量対応防護服等の資機材の確保および放射線管理のための体制の整備、水素爆発防止対策としてアニュラス空気浄化ファンへの電源供給手段の確立やがれき撤去用の重機の配備を完了した。

今後、更なる対策として、緊急時対策拠点として免震事務棟の設置や、格納容器の内圧が大幅に上昇した際に内圧を低減するため、放射性物質の放出を低減するフィルタを通じて格納容器内の蒸気を逃がすフィルタ付ベント設備の設置や、格納容器内の水素濃度低減を図るため、静的触媒式水素再結合装置の設置を計画している。

#### （本委員会の確認結果）

本委員会は、現場確認において、がれき撤去用の重機6台が高台（31m、33m）に分散配置されており、これらを用いた訓練が（平成23年度実績：34回）行われていることや、中央制御室と空冷式非常用発電装置設置場所など10カ所を通信用ケーブルで結び、停電等により通常の連絡手段が使えない場合にも使用できる乾電池式の携行型通話装置を整備していることを確認した。

福島第一原発事故では、直流電源喪失により、隔離弁の開閉状態、圧力容器の水位・温度、格納容器等の温度が十分に確認できず、正確な判断ができなかったことを踏まえ、本委員会は、事業者に対して、「シビアアクシデント時においても重要な計装の電源を確保することが重要である」との指摘を行っており、これに対して、事業者が、計測制御系への電源供給がすべて喪失した場合を仮定し、その状態でもプラント状態を把握するために必要となるパラメータを採取できるよう可搬型計測器を選定し、その配備が計画されていることを確認した。

表3-8 その他のシビアアクシデント対策への事業者の対応状況

項目	対策	実施状況
ベントによる外部環境への影響低減	○格納容器スプレイによるよう素除去 (基準(3)②-対策22①)	済
	○フィルタ付ベント設備の設置 (基準(3)②-対策21②) (基準(3)②-対策22②) (基準(3)②-対策23②)	平成27年度完了予定 (設計中)
水素爆発防止	○アニュラス排気設備運転手順の整備 (基準(3)②-対策24①)	済
	○静的触媒式水素再結合装置の設置 (基準(3)②-対策24②)	平成25年度完了予定 (資機材手配中)
事故時の指揮所の確保・整備	○緊急時対策所被災時の対応 (基準(3)②-対策25①)	済
	○中央制御室横の会議室での指揮所機能確保 (基準(3)①-取組2)②) (基準(3)②-対策25②)	済 (基準(1)②12)に該当)
	○免震事務棟の設置 (基準(3)①-取組2)①) (基準(3)②-対策25③)	平成27年度完了予定 (設計中)
事故時の通信機能確保	○通信設備の信頼性向上(携行型通話装置の配備等) (基準(3)②-対策12③) (基準(3)②-対策26①)	済 (基準(1)④13)に該当)
	○緊急時対応支援システム(ERSS)伝送系増強 (基準(3)②-対策26②)	平成25年度完了予定 (仕様検討中)
	○TV会議システムの導入検討 (基準(3)②-対策26③)	平成25年度完了予定 (仕様検討中)
	○更なる通信設備の信頼性向上 (基準(3)②-対策26④)	平成24年度完了予定 (資機材手配中)
	○免震事務棟への通信設備移設 (基準(3)②-対策26⑤)	平成27年度完了予定 (準備中)
事故時における計装設備の信頼性確保	○重要なパラメータを監視する予備の可搬型計測器等の手配および配備 (基準(3)②-対策9①②) (基準(3)②-対策27①②)	平成24年6月完了予定 (配備中)
資機材・予備品の確保	○資機材・予備品の確保(高線量対応防護服の確保や重機の配備等) (基準(3)②-対策12②) (基準(3)②-対策15③) (基準(3)②-対策30①)	済 (基準(1)④15)および 基準(1)④16)に該当)
格納容器の除熱機能の多様化	○余熱除去系などによる除熱機能の確保 (基準(3)②-対策18①)	済
	○大容量ポンプの配備 (基準(3)②-対策18②)	済
	○交流電源に頼らない除熱機能確保 (基準(3)②-対策18③)	済

	○ 格納容器スプレイリングの健全性確認 (基準(3)②-対策18④)	済
	○ フィルタ付ベント設備の設置 (基準(3)②-対策18⑤)	平成27年度完了予定 (設計中)
陀羅山トンネル内の未使用配管の撤去	○ 地震時に通行の阻害となる可能性のある陀羅山トンネル内の未使用配管の撤去 (基準(3)①-取組5)①)	平成24年7月完了予定 (撤去作業中)

## (7) 初動人員体制の強化

(事故前の状況)

休日・夜間の発電所の勤務体制は、運転員、消防員、連絡当番員が常駐し、緊急時には、事故対応を行う社員を召集する体制であった。

(事故の主な知見)

福島第一原子力発電所では、災害への対処に必要な各種オペレーション要員(重機による漂流物の撤去作業・消防車による原子炉の注水作業等)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。

(事業者の対応状況)

現時点で事業者は、計画したすべての対策を完了している。

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した。

また、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。

(本委員会の確認結果)

本委員会は、関西電力の社内規定により、常駐要員が福島第一原発事故前の29名から44名に増加していること、要員の役割分担が、事故対策指揮、運転助勢、がれき撤去、電源確保、給水確保などに明確にされていることを確認した。

また、緊急時に参集する社員約160名に加え、プラントメーカーの技術者11名が若狭地域に常駐し、協力会社社員約150名とともに緊急時に召集する体制となっていることを確認した。

これらのことから、事故対応体制が強化されたことを確認した。

表 3 - 9 初動人員体制の強化への事業者の対応状況

項目	対策	実施状況
発電所常駐要員の強化	○事故初動対応要員の新規配備 (基準(3)①-取組1)①) (基準(3)②-対策30⑥)	済 (基準(1)①3)および 基準(1)②6)に該当)
事故対策要員(社員)の参集強化	○連絡手段および参集手段の強化 (基準(3)①-取組1)③) (基準(3)②-対策30③)	済 (基準(1)④13)に該当)
プラントメーカーの支援体制の構築	○現地駐在員の配置等 (基準(3)②-対策30⑥)	済 (基準(1)②6)に該当)
協力会社の支援体制の構築	○要員派遣の覚書締結等 (基準(3)①-取組1)②) (基準(3)②-対策30⑥)	済

## (8) 指揮命令系統の明確化

(事故前の状況)

事故が発生した場合、発電所に所長をトップとする現地事故対策本部を設置し、社員をはじめとする事故対策のための要員を指揮する体制となっていた。

(事故の主な知見)

福島第一原子力発電所3号機の高圧注入系の停止について、事前に運転員(当直長)から連絡を受けた発電所対策本部の発電班の一部の者は、現場対応に注意を払う余り、情報伝達が疎かになり、班全体で情報共有されず、発電所や東京電力本店も高圧注入系を停止しようとしていることを知らなかった。1号機の海水注入について、本店から海水注入中断の指示があったため、発電所長は発電所緊急時対策室で海水注入中断の指示をしたが、実際には所長判断で海水注入を継続したとされている。

(事業者の対応状況)

これまでに、事業者は、複数プラント同時発災時に現地事故対策本部において、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(対応者)を設置し、指揮命令系統を明確化した。また、蒸気発生器への海水給水の判断を所長判断とし、これを社内規定に明記した。

現時点で事業者は、計画したすべての対策を完了している。

(本委員会の確認結果)

本委員会は、関西電力の社内規定により、現地対策本部の体制が、中央制御室からの事故情報を入手し運転員に助言を行う発電班と現場対応を行う保修班において、プラント毎の対応者を明確にし、これらの対応者からの情報がプラント毎の指揮者に集約される体制となっていることを確認した。



また、発災時の対応として、新たな役割が必要になった場合に、本部長（所長）の指示により対応する特命班を置く体制となっていることも確認した。

これらのことから、複数プラント同時発災時にも、統制のとれた事故対応を行う準備ができていることを確認した。

表 3-10 指揮命令系統の明確化への事業者の対応状況

項目	対策	実施状況
現地事故対策本部体制の強化	○複数プラント同時発災時の体制の明確化等 (基準(3)②-対策 30⑤)	済 (基準(1)①3)および 基準(1)②6)に該当)
	○予期しない事象に対応する特命班を設置 (基準(3)②-対策 30⑤)	済
海水注入判断の明確化	○判断者の明確化 (基準(3)②-対策 12①)	済

## (9) シビアアクシデント対応能力の向上

(事故前の状況)

シビアアクシデントを想定したマニュアルを整備し、運転員等への教育を行うとともに、原子力災害対策特別措置法に基づき、原子力防災訓練を実施してきた。

(事故の主な知見)

福島第一原子力発電所では、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。1号機の非常用復水器について、発電所対策本部は電源喪失により隔離弁が閉まっているのではないかと指摘する者はいなかった。複数号機で全電源喪失という未曾有の事態に直面し、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は非常に困難であった、などの指摘がされている。

(事業者の対応状況)

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。また、通常の通信設備やプラント情報表示システムが使用不能となる場合などの厳しい条件を想定した訓練も行っている。

現在、現場操作機器の設置場所等の明記や線量予測図の作成など、現場操作の詳細情報を盛り込んだマニュアルの整備を進めるとともに、メーカーからの詳細な知識を得て自らがプラント状態を理解して対応するための教育を実施す

るための計画を策定している。

(本委員会の確認結果)

本委員会は、現場確認において、全交流電源喪失時のマニュアルの整備とその教育（平成 23 年度実績：86 回）を行っていることや、地震・津波に被災した場合を想定した現場での実際の対応を含めた訓練（平成 23 年度実績：電源確保 46 回、復水ピットおよび使用済燃料ピットへの給水確保 81 回、全交流電源喪失を想定した運転シミュレータ訓練 61 回）を行ったことを確認した。

また、3 月 18 日には、複数プラントの同時被災を想定し、要員参集、複数号機対応の現地事故対策本部の設置・運営、衛星電話を用いた連絡、がれき撤去、電源確保、給水確保等の現場対応を組み合わせた原子力総合防災訓練を実施したことを確認した。

これらのことから、シビアアクシデント対応能力が向上していることを確認した。

表 3-11 シビアアクシデント対応能力の向上を目指した事業者の対応状況

項目	基準(3)における対策	実施状況
マニュアルの強化	○福島第一原子力発電所事故を反映したマニュアルの整備 (基準(3)②-対策 12①)	済 (基準(1)①3)および 基準(1)②6)に該当)
	○引き津波発生時の対応手順書の整備 (基準(3)②-対策 12④)	済
	○現場操作の詳細状況を盛り込んだマニュアルの整備 (基準(3)②-対策 12⑤)	平成 24 年度完了予定 (順次追加中)
	○マニュアル・必要な情報の整備、保管 (基準(3)②-対策 30②)	済
教育・訓練の強化	○福島第一原発事故を反映したマニュアルに基づく教育および具体的な訓練の実施 (基準(3)②-対策 30④)	済 (基準(1)①3)、 基準(1)②6)および 基準(1)③9)に該当)
	○自らがプラント状態を理解して対応するための教育 (基準(3)②-対策 12⑤)	平成 24 年度実施予定 (計画策定中)
	○より厳しい条件を想定した訓練の実施 (基準(3)②-対策 30④)	平成 24 年度実施予定 (計画策定中)

## (10) 情報通信網等の強化

(事故前の状況)

発電所内および発電所外への連絡や通信は地上系の有線回線を用いる手段が主であった。また、原子炉のパラメータ監視に用いる計装系は、必ずしもシビ

アアクシデント時の過酷な条件下で高い信頼度を有するものではなかった。

(事故の主な知見)

福島第一原発事故では、保安院等への連絡は、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。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、すべて監視不能となった。平成23年3月11日22時頃、1号機の原子炉水位計が燃料頂部を超える水位(+550mm)を示していたと報告されているが、格納容器内が高圧・高温になった場合の指示値の信頼性に大いに疑問があるとされている。

(事業者の対応状況)

事業者は、衛星電話による連絡や通信を強化するため、発電所への衛星電話の配備を完了し、発電所内の通信手段として、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。

今後、屋内から衛星電話を使用できるよう屋外アンテナを設置するとともに、事業者のモニタリングポストについては、敷地周辺ポストのバックアップ回線の新設や代替観測手段となる可搬型モニタリングポストの整備を行う予定である。また、シビアアクシデント時の過酷環境下においても原子炉等の状態を監視できる計測系の開発を行っている。

(本委員会の確認結果)

本委員会は、現場確認において、大飯発電所の衛星電話の台数が事故前の1台から26台に強化されていることや、発電所内の中央制御室、現場、現地事故対策本部間で、携行型通話装置(20台)やトランシーバー(15台)を用いて連絡が行えることを確認した。また、予備の電池は津波の被害を受けない高所(事務棟4階)に配備していることを確認した。

これらのことから、通常の通信手段が途絶した場合においても対応できるよう、発電所内および発電所外への連絡手段は強化されたことを確認した。

表3-12 情報通信網等の強化への事業者の対応状況

項目	対策	実施状況
通信連絡の強化	○衛星電話の台数増強 (基準(3)②-対策26①)	済 (基準(1)④13)に該当
	○衛星電話の屋外アンテナの新設 (基準(3)②-対策26④)	平成24年9月完了予定 (対策工事中)
	○社内ネットワークのバックアップ回線の新設 (基準(3)②-対策26④)	平成24年度中完了予定 (仕様検討中)
	○発電所内通信設備の増強 (基準(3)②-対策12③)	済 (基準(1)④13)に該当

	(基準(3)②-対策26①)	
	○免震事務棟への通信機器の移設 (基準(3)②-対策26⑤)	平成27年度完了予定 (準備中)
事業者のモニタリングポストの強化	○電源強化とバックアップ回線の新設 (基準(3)②-対策29①③)	平成25年度完了予定 (仕様検討中)
	○可搬型モニタリングポストの整備 (基準(3)②-対策29②④)	平成25年度完了予定 (仕様検討中)
プラント状態の監視機能の強化	○格納容器内監視カメラの活用検討 (基準(3)②-対策28③)	平成26年9月完了予定 (基本計画策定中)
	○原子炉等の状態を監視する計測器の開発 (基準(3)②-対策28④)	平成26年9月完了予定 (基本計画策定中)

## (11) 災害対応資機材等の充実

### (事故前の状況)

事故時に備え、個人線量計や内部被ばく防止用マスク等の資機材を準備し、発電所構内に保管していた。また、発電所への人員や資機材の運搬手段は、陸路の他に、小型船舶やヘリコプターを手配していた。

### (事故の主な知見)

福島第一原子力発電所では、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。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った。多くの個人線量計が被水し使用できなくなったことにより、事故発生直後の放射線管理は十分に行うことができなかつたとされている。

### (事業者の対応状況)

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、高線量対応防護服、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などを新規に配備した。空路や海路による運搬手段については、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。緊急時の被ばく管理については、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。

### (本委員会の確認結果)

本委員会は、現場確認において、空冷式非常用発電装置や消防ポンプなど発電所の安全機能の確保に直接関わる機材の他に、ホイールローダ等の重機(6台)、高線量対応防護服(10着)、全面マスク(671個)、個人線量計(2166個)等が地震や津波の影響を考慮して所内に分散(中央制御室、研修館、第一事務所等)して保管されていることを確認した。

このことから、災害対応に必要な主要な資機材があらかじめ発電所に準備されていることを確認した。

表 3-13 災害対応資機材等の充実への事業者の対応状況

項目	対策	実施状況
制圧機材の充実	○必要資機材の確保と充実（ホイールローダ） (基準(3)②-対策 30①) (基準(3)②-対策 30⑦)	平成 24 年度順次配備 予定 (リスト整備中)
運搬手段の強化	○空路、海路による運搬手段の強化 (基準(3)②-対策 30③)	済 (基準(1)②8)に該当)
被ばく管理の強化	○緊急時体制の強化（高線量対応防護服、 個人線量計、全面マスク） (基準(3)②-対策 12②)	済 (基準(1)④15)に該当)

### 3-4 中期の安全性向上対策の代替措置等の確認

本委員会は、関西電力が中期的に実施するとしている安全性向上対策のうち、特に論点となっている（１）免震事務棟の設置、（２）フィルタ付格納容器ベントの設置、（３）防波堤等の設置が完了するまでの間の代替措置等を確認した。その結果は、以下のとおりである。

#### （１）免震事務棟〔区分（６）その他のシビアアクシデント対策〕

（計画）

大飯発電所では、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を有する免震事務棟を設置（平成27年度完了予定）する予定であり、現在、敷地選定のための地質調査が進められている。

（現状の対応）

大飯発電所では、事故時の対応として、第一事務所（EL.9.3m）の地下にある緊急時対策所（約80名収容）を使用することとしているが、津波などを想定し、この施設が使用できない場合には、原子炉周辺建屋内にある中央制御室（21.8m）横の会議室（約50名収容）に対策本部（指揮所）を設置し、中央制御室横の1次系補機操作室と2次系補機運転員控え室（約150名収容）に、作業員を待機させることとしている。

この代替場所について、現場確認により以下の事項を確認した。

- ・ 指揮所の換気空調は、中央制御室と同じヨウ素除去フィルタを装備した非常用循環系である。
- ・ 作業員待機場所は、中央制御室との連絡扉を開放することにより、放射性物質の流入防止を行った換気が可能となる。
- ・ 指揮所および作業員待機場所は、100cmまたは85cmの遮へい壁で囲まれており、1次冷却材喪失事故時のガンマ線（直接線、スカイシャイン線）による被ばく線量を評価して問題ないことを確認している。

また、この代替場所が耐震性を有し、国が基準（２）で対応を求めた高さの津波を回避できる設置高さにあることや、発電所構内間での通信手段や外部との連絡手段が確保されていることも確認した。

これらのことから、免震事務棟が完成するまでの間についても、事故時の指揮所の機能は確保されていると考える。

なお、事業者は、免震事務棟が完成するまでの間について、上記の代替場所に加え、さらに、大飯発電所敷地内にある研修館（約 300 名収容）と敷地外の「おおいり館」（約 200 名収容）の耐震補強工事や空気浄化装置の設置等を平成 24 年内に完了し、追加の作業員の待機場所を確保することとした。

## （２）フィルタ付格納容器ベント

### 〔区分（６）その他のシビアアクシデント対策〕

（計画）

大飯発電所では、フィルタ付の格納容器ベントを設置する予定（平成 27 年度完了予定）であり、現在、設備の設計を行なっている。

（現状の対応）

現在、国内において、BWR は圧力抑制式の原子炉格納容器を採用していることから格納容器の空間体積が比較的小さく、炉心冷却の機能が長期に喪失するシビアアクシデント時に格納容器内の蒸気を放出するため、格納容器のベントを行うアクシデントマネジメント策が整備されている。

一方、PWR は、原子炉の熱を蒸気発生器に伝える 1 次系と、その熱により蒸気発生器で放射能を含まない蒸気を発生しタービンを回す 2 次系からなり、1 次系はすべて原子炉格納容器内に収納されている。原子炉格納容器の容積が大きいことに加え、全交流電源喪失時に蒸気発生器を使用し、原子炉停止後の崩壊熱を大気に放出できるシステムであることから、格納容器の圧力や温度がきく上昇することはないため、ベントを設置する必要はないとされている。

また、今回、新たに配備した空冷式非常用発電装置や大容量ポンプを用いることにより、全交流電源喪失時においても、格納容器内の圧力を下げるための格納容器スプレイや余熱除去系が使用でき、さらには、格納容器空調設備による冷却も可能となった。

これらのことから、シビアアクシデント時における格納容器ベントの必要性は、BWR に比べて格段に低く、かつ、現状においても格納容器の減圧方法として、複数の減圧手段があり、フィルタ付ベント設備の代替措置が十分機能するものとする。

なお、ヨーロッパにおいては、いくつかの原子炉でフィルタ付きベントを既に設置している一方、米国では、原子力規制委員会が、PWR に対しては格納容器ベントの設置を要求していない。

### (3) 防波堤等 [区分(3) 津波対策]

(計画)

大飯発電所では、津波による浸水対策の観点から、

- ・ タンクまわりの防護壁の設置 (平成 24 年度完了予定)
- ・ 既存防波堤のかさ上げ (平成 25 年度完了予定)
- ・ 取水設備まわりの防護壁の設置 (平成 25 年度完了予定)
- ・ 放水路ピットかさ上げ (平成 25 年度完了予定)
- ・ 防潮堤設置 (平成 25 年度完了予定)

を実施する予定であり、現在、既存防波堤のかさ上げ工事などを行なっている。

これら防波堤等については、敷地内への浸水を抑えることや津波の緩和対策として設置するものであり、直接、建屋等への浸水を防止するものではない。

(現状の対応)

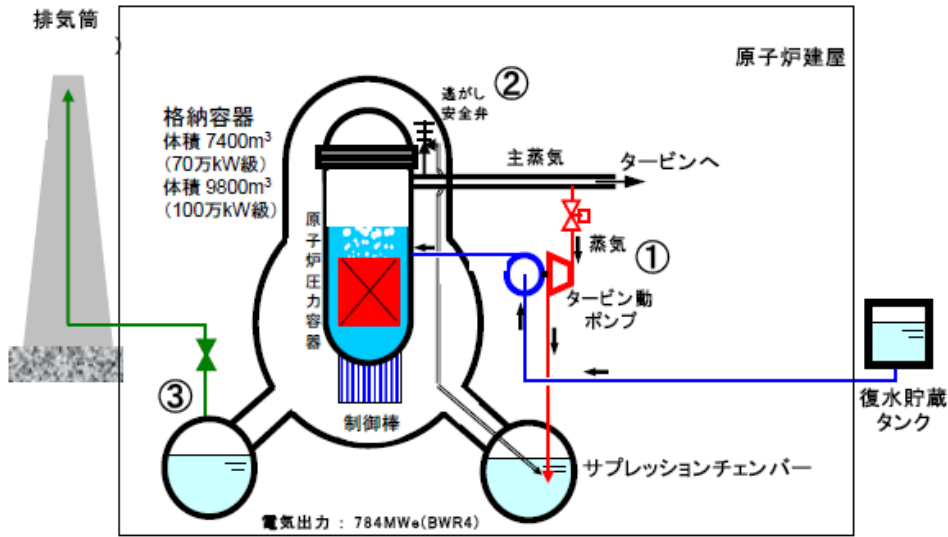
電源確保、炉心冷却機能や使用済燃料ピット冷却機能確保の観点から必要な機器が配置される建屋は、9.7m の高さであり、浸入口については、この高さが想定されているが、建屋内への浸水を防ぐ対策として、これら機器が配置されている部屋の扉および貫通部のシール施工を完了しており、11.4m の静水圧に耐える強度を有していることから、建屋内への浸水防止の機能が確保されている。

海水ポンプが浸水した場合に、早期復旧を図るため、ディーゼル発電機用の海水供給用可搬式ポンプや海水ポンプモータの予備品を配備完了済みであり、また、復旧までの間、海水ポンプの機能を代替する移動式の大容量ポンプ車の配備を完了している。

これらのことから、現状でも、浸水防止策や海水ポンプの代替措置策が完了しており、敷地内に津波が浸入した場合には、それらが十分機能するものと考ええる。

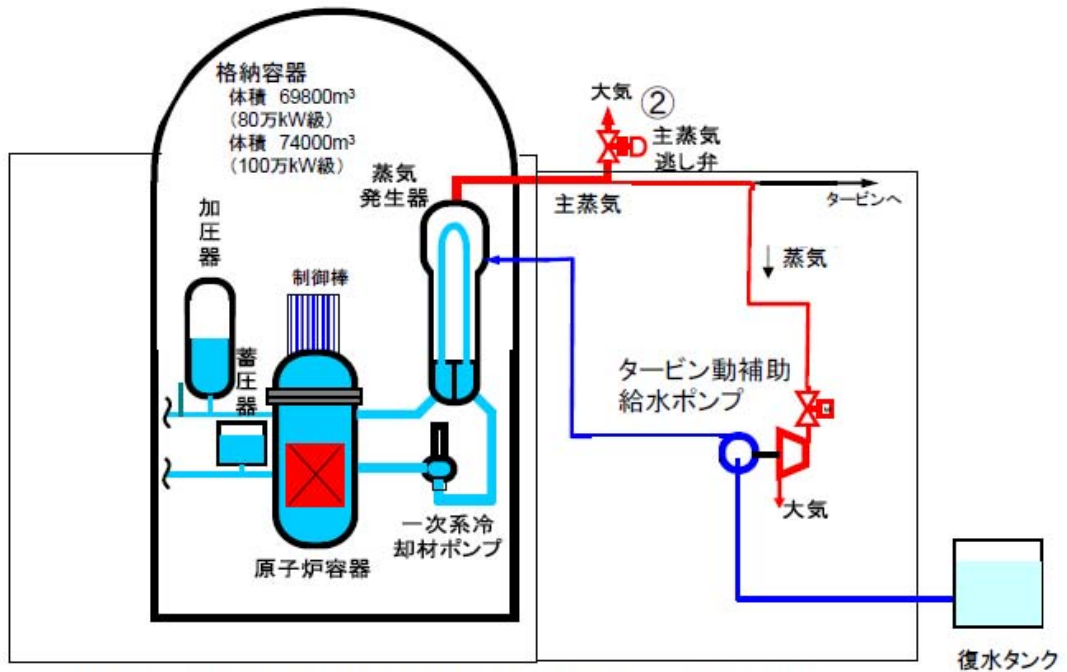


### 炉心冷却およびベントの方法（BWR）



- ①原子炉からの蒸気で駆動するポンプで原子炉へ水を注入し、冷却  
蒸気は放射能を含むため、格納容器のサブプレッションチャンバーへ回収
- ②原子炉の圧力(蒸気)をサブプレッションチャンバーへ逃がして、①を継続
- ③サブプレッションチャンバーで蒸気を凝縮させるが、冷却ができない場合には  
温度が上昇し、圧力が上昇するため、外部へ圧力を逃がすベントを実施

### 蒸気発生器を用いた炉心冷却の方法（PWR）



- ①蒸気発生器からの蒸気で駆動するタービン動補助給水ポンプで蒸気発生器に  
水を給水し、一次系冷却材を冷やし、原子炉を冷却
- ②蒸気は放射能を含まないため、大気へ放出して、蒸気発生器の圧力を下げて①を継続

図1 炉心の冷却方法の比較

### 3-5 県が独自に指示した安全対策

県は、本委員会と合同して検証委員会を設置し、平成23年4月2日、国に先駆けて、事業者に対し、直ちに実施すべき安全対策の詳細な実行計画（工程表）の策定を求めた。事業者は、平成23年4月8日に、電源確保、炉心冷却機能の確保などに関する緊急対策、中期対策などの実行計画を取りまとめ、県に報告した。

また、検証委員会における緊急時の発電所支援体制等の議論を受け、県は、独自に事業者に対し、初動対応要員の増強や通信連絡網の強化、メーカー技術者の現地常駐による支援体制の整備などを求めた。事業者は、平成23年11月28日および平成24年3月23日に、事故時対応体制の増強やメーカーの現地対応事務所の設置などを含む組織人員体制面の対策の実行計画をとりまとめ県に報告した。

これら設備対応面および組織人員体制面の安全性向上対策の実行計画に対し、本委員会および検証委員会は、その内容や実施状況を確認するとともに、平成23年4月11日および平成24年4月18日に、大飯発電所での現場確認を行った。

このように、本委員会は、国とは異なる独立した視点で、事業者に具体的な対応を図るよう指摘している。これらについては、各章において述べているところであるが、県が独自に指示した事項および安全対策の概要をあらためて以下にまとめて示す。

#### （1）設備面の安全向上対策の実施

既設の原子炉、原子炉格納容器および使用済燃料ピットの冷却設備について分解点検や試験を行い、「冷やす」機能が確保されることを確認するよう指示するとともに、万一、これら既設の設備が機能を失った場合にも、原子炉に直接注水して冷却を行う手段を確保することを求めた。

また、原子炉や使用済燃料ピットの監視については、原子炉水位計の電源強化や使用済燃料ピット水位の監視カメラの設置を求めた。

さらに、現時点で過酷事故が発生した福島第一原子力発電所1～3号機の格納容器内などの現場確認ができていない状況を踏まえ、非常用炉心冷却システムの耐震機能を確認するため、配管の支持構造物や、屋外タンク等の基礎ボルトの点検を行うよう指示した。

本委員会は、事業者が、設備に関する指示事項への対応をすべて完了していることを確認した。

具体的には、消防ポンプ等を用いて原子炉への注水を行う手順を整備したこと、原子炉水位計の電源を空冷式非常用発電装置から受電できるよう運用変更したこと、使用済燃料ピットの水位計と温度計の電源を非常用電源へ変更するとともに監視カメラを設置したことを確認した。

表 3-13 県独自に指示した事項（設備対応）

項目	指示内容
炉心への直接注水手段の確保	○冷却機能の多様化の観点から、万一、非常用炉心冷却設備が使用できない場合でも、炉心に注水する手段を確保しておくこと (平成 24 年 4 月 4 日指示、平成 24 年 5 月 8 日確認)
原子炉水位計の電源強化	○事故時に炉心冷却状態監視のために重要となる原子炉水位を直接監視する水位計の電源を強化すること (平成 24 年 4 月 25 日指示、平成 24 年 5 月 8 日確認)
(使用済燃料ピット) 監視機能の強化	○電源喪失時に水位計、温度計の非常用電源を確保できるように設備改善を実施するとともに、監視機能の多様化を目的として、中央制御室で監視できる監視カメラを設置すること (平成 23 年 3 月 20 日、平成 24 年 4 月 4 日確認)
冷却機能の確認	○使用済燃料ピット内の燃料を冷却するために必要となるポンプ（2 台）の健全性確認の観点から、同ポンプの分解点検を実施すること (平成 23 年 3 月 20 日、平成 23 年 10 月 14 日確認)
(非常用炉心冷却設備) 耐震機能の確認	○非常用炉心冷却系統の支持構造物（耐震サポート）、屋外タンク等の基礎ボルトの総点検を行い、健全性を確認すること (平成 23 年 10 月 17 日指示、平成 24 年 4 月 4 日確認)
冷却機能の確認	○非常用炉心冷却系統の健全性確認の観点から、通常の試験では通水しない炉心注入ラインを使用して、実際に原子炉容器に水が注入されることを確認すること (平成 23 年 3 月 20 日指示、平成 23 年 10 月 14 日確認)
(格納容器冷却設備) 冷却機能の確認	○通常の系統機能確認に加え、格納容器スプレイリングの健全性確認として、10 年に 1 度実施する格納容器スプレイリングへの通風試験を実施すること (平成 23 年 10 月 17 日指示、平成 23 年 10 月 14 日確認)

## （2）組織人員体制の充実

県は、平成 23 年 10 月 27 日に、安全対策検証委員会での議論を踏まえ、国に先駆け独自に事業者に対し、組織人員体制に関する対策を要請し、複数プラント同時被災時に並行して初動対応できる人員体制やプラントメーカー技術者の支援体制の構築を求めた。

本委員会は、これらの指示事項に対し事業者の対応がすべて完了していること確認した。

具体的には、事故対応時の役割が明確化された要員が発電所に常駐し、複数プラント同時被災に対応できる体制を構築したことや、プラント設計などの知識・経験が豊富なプラントメーカーの技術者 11 名が若狭地域に常駐し、緊急時に召集する体制を構築したことを確認した。

表 3-14 県独自に指示した事項（組織人員体制）

項目	指示内容
複数プラント同時被災への対応人員体制の構築	○緊急時において複数プラント同時被災を想定した場合に、並行して初動対応できる人員、体制を整備すること (平成 23 年 10 月 17 日指示、平成 23 年 4 月 18 日確認)
プラントメーカー技術者の支援体制の構築	○緊急時にプラント機器の設計根拠や詳細情報を即座に得られるようにするため、プラントメーカー技術者を交えた体制を構築すること (平成 23 年 10 月 17 日指示、平成 24 年 4 月 4 日確認)
シビアアクシデントの総合訓練の実施	○シビアアクシデント対応について、関係者への教育と訓練を行うとともに、総合的な訓練を行い、その習熟を図ること (平成 23 年 10 月 17 日指示、平成 24 年 4 月 4 日確認)

### (3) 途絶えさせない情報通信網の確立

県は、平成 23 年 10 月 27 日の事業者への要請の際、組織人員体制に関する対策が緊急時に有効に機能するために必要な事項（実効性確保）についてもあわせて要請した。

また、通常の通信手段が失われた場合にも、途絶することなく指示や連絡ができる情報通信網の整備、シビアアクシデント対応の総合訓練の実施、陸路が途絶した場合に大物資機材を搬入するための大型運搬船の確保、作業員の内部被ばくの管理の強化を求めた。

本委員会は、事業者が、衛星電話への屋外アンテナの設置を除き、情報通信等の指示事項への対応を完了していることを確認した。

具体的には、衛星電話を追加配備したこと、大型運搬船を手配したこと、内部被ばく評価用の測定器を追加配備したことを確認した。

なお、衛星電話については、既に大飯発電所への配備（1台から26台へ増強）を完了し、屋外に仮設アンテナを設置した。指揮所となる緊急時対策所や代替指揮所となる中央制御室横会議室からは、衛星電話から仮設アンテナまでの仮設ケーブルを敷設することにより屋内通話が可能であることを確認した。現在、屋外アンテナとケーブルの恒設化工事を行っている。（平成24年秋完了予定）

表3-15 県独自に指示した事項（実効性確保）

項目	指示内容
途絶しない情報通信網の整備	○地震等の影響により地上系の電話や携帯電話など、通常の連絡手段が使用不能となった場合に、指示や連絡ができるよう、途絶しない情報通信網を整備すること (平成23年10月17日指示、平成24年4月4日確認)
大型運搬船の確保	○陸路が途絶した場合にも、大物資機材を運びこめるよう、大型運搬船を確保すること (平成23年10月17日指示、平成24年4月4日確認)
内部被ばく管理の強化	○作業員の外部被ばくだけでなく、内部被ばくの管理を強化すること (平成23年10月17日指示、平成24年4月4日確認)

#### （4）歴史的視点からの津波痕跡調査の実施

本委員会は、平成23年3月25日、事業者に対し、若狭地域における津波痕跡調査を行うよう指示した。

事業者は、三方五湖周辺の堆積物のボーリング調査（9地点）を行い、平成23年12月に、天正地震（1586年）の年代の地層を含む表層1m以浅の調査には津波堆積物の指標となり得る砂層は認められないとする調査結果をまとめた。

保安院の意見聴取会では、平成24年1月、「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ものはない」との見解が示された。

表3-16 県独自に指示した事項（津波痕跡調査）

項目	指示内容
若狭地域における津波痕跡調査の実施	○日本海側は太平洋側と比較して巨大災害を引き起こす現象の発生頻度は低いと考えられるが、日本海側の津波痕跡調査情報の蓄積を図ること (平成23年3月25日指示、平成24年4月4日確認)

## 第4章 審議結果について

本委員会は、国が示した判断基準や、事業者の安全性向上対策の計画および実施状況の確認を行うとともに、事業者に対して、設備の追加点検や計画の前倒しなどの設備対応はもとより、初動人員体制の強化や日々の訓練など組織人員体制の対策や、マニュアルの整備、教育についても改善を求めるなど慎重に審議・確認を行ってきた。

本章は、これらの結果に対し、委員会の見解を示すものである。

### 4-1 国が示した判断基準に対する本委員会の見解

国が示した判断基準は、福島第一原発事故に関する技術的知見、地震・津波、建築物・構造、高経年化などに関する意見聴取会や政府の事故調査・検証委員会などを通じてこれまで得られた知見や教訓を反映している。

具体的には、事故の進展段階に応じて、外部電源対策、所内電気設備対策、冷却・注水設備対策、格納容器破損・水素爆発対策および全体を通してのプラントの監視機器や通信設備の対策を講じることを求めており、30の安全対策が示されている。

判断基準について、国は、福島第一原発事故の知見・教訓を踏まえた新たな安全規制を前倒しするものとしている。本委員会としても、この判断基準は、現時点で知り得る限りの知見を反映しており、また、新たに得られる知見については、その都度、対策に反映するという意味において、暫定的なものと考えている。

30の安全対策と福島第一原発事故の進展・検証の関係を整理すると表4のとおりであり、本委員会としては、国の判断基準は、事故の進展に従って何重にも歯止めをかける多層的な対策となっていると考えている。

なお、これらの対策の内容を、今回の地震・津波の影響を受けた福島第一原子力発電所以外の原子力発電所に当てはめると以下のとおりである。

- ・ 福島第二原子力発電所は、津波により冷却機能である海水系（熱の逃がし場）を失ったが、外部電源が確保されていたため、原子炉の水位や圧力を制御しながら海水系を復旧させ、冷却・注水機能の喪失を防止（復旧）することで冷温停止状態となった。
- ・ 女川原子力発電所と東海第二発電所は、外部電源を全て失ったが、非常用ディーゼル発電機の機能が確保されたため、所内電気設備対策の段階

で冷温停止状態となった。

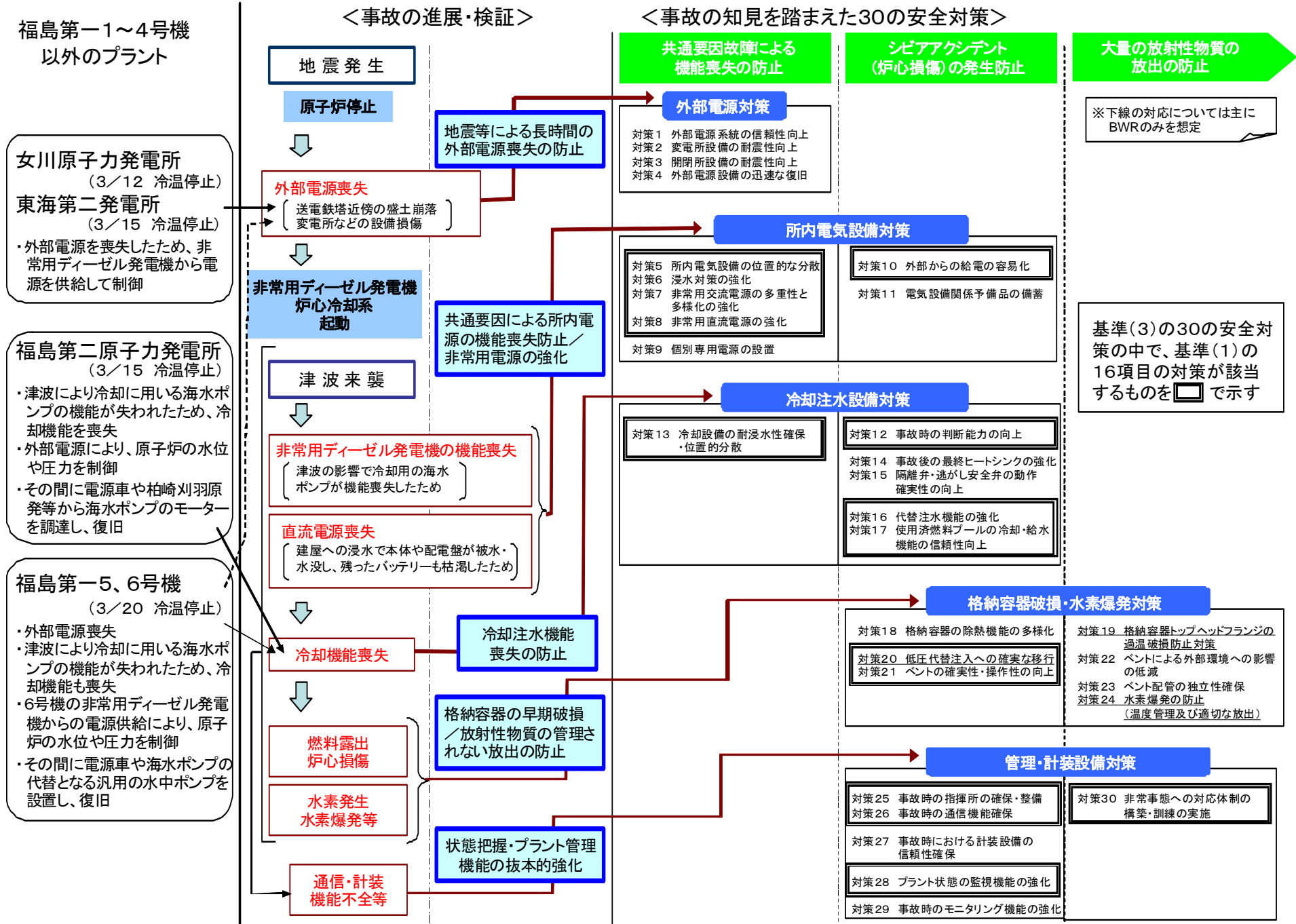
- ・ 福島第一原子力発電所5、6号機（定期検査中）は、外部電源を全て失うとともに、津波により海水系を失ったが、6号機の空冷式非常用ディーゼル発電機からの交流電源供給により、原子炉の水位や圧力を制御し、その間に海水系を復旧し、冷却・注水機能の喪失を防止（復旧）することで冷温停止状態となった。

また、このような過酷事故対策は、これまで日本では、アクシデントマネジメントとして、事業者が自主的に整備していたが、IAEAの原子力発電所の設計に関する安全基準や欧州原子力規制協会の規定では、発電所の当初の設計として求めている。

今回、国はその必要性を認識し、今後、基本的事項について、法体系の中に取り入れ、既設の原子力発電所にも遡及適用するなどの考えであり、これらは、安全性の向上に資するものとする。

国においては、シビアアクシデントの規制要件化を図るとともに、既設の原子力発電所に対しても最新基準への適合を義務付けるバックフィット制度の導入を確実に実施し、原子力発電所の安全性を不断に向上させることが重要である。

表4 福島第一原発事故の進展と国の判断基準の整理





## 4-2 大飯3、4号機の安全性向上対策に対する本委員会の見解

事業者が実施してきた安全性向上対策については、これまで、電源確保、冷却機能確保、浸水防止対策などの多重化・多様化などが図られている。

電源確保に関しては、福島第一原発事故前は、外部電源に繋がる複数の送電線や海水冷却を必要とする非常用ディーゼル発電機を有していたが、これらに加えて、新たに、海水冷却を必要としない空冷式非常用ディーゼル発電装置や電源車を配備しており、全交流電源喪失時においても炉心冷却のために必要な機器や計器に電源を供給するための対策が図られている。

冷却機能確保に関しては、福島第一原発事故前は、蒸気発生器を使った間接的な原子炉の冷却手段として、通常のタンク（復水ピット）からの蒸気発生器への給水手段を有していたが、その他のタンク水を活用するための配管、給水口を追設するとともに、新たに、海水注入手段を追加し、このために必要となるエンジン駆動の移動型消防ポンプや消防ホースを整備した。

また、原子炉を直接冷却する手段として、福島第一原子力発電所事故前は、海水ポンプを使用して原子炉補機冷却水クーラに海水を通水し、1次系の余熱除去システムを介して海水に熱を逃がす手段を有していたが、これに加えて、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図られている。

本委員会としては、炉心冷却機能に関して、国や事業者が示した対策に加え、万が一、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、関西電力は、その手段、手順を整備した。

浸水防止対策に関しては、福島第一原子力発電所事故前は、想定津波高さとして、土木学会「原子力発電所の津波評価技術」（平成14年）を用いて評価した値（1.9m）を用いて、非常用ディーゼル発電機や海水ポンプ等の重要機器や施設が浸水しないことを確認していたが、この値に9.5mを加えた11.4mの高さを想定して、原子炉の冷却機能確保に必要な重要機器が設置されている建屋への浸水対策として、部屋の扉および貫通部のシール施工などを完了しており、建屋内への浸水防止の機能が確保されている。

また、これらの設備強化策に加えて、初動人員体制を強化、社内外の通信を途絶えないようにするための新たな通信機器の配備、さらには訓練等の実績を積み重ねてきたことで、発電所の安全性は向上しており、福島第一原発事故を教訓に想定すべきとされる地震・津波が来襲しても、原子炉の安全を確保するために必要な対策は確保できているものと評価できる。

### 4-3 本委員会の今後の対応

安全性向上対策の中で、中長期対策として示されている今後の計画については、その内容を確認するとともに、可能な限り早期に実現するよう要請してきたが、今後、計画が確実に遂行されることが重要であり、本委員会としてもその計画の進捗状況を確認していく。

本委員会としては、福島第一原発事故を教訓として想定した事象に対しては、確実に対応できるものと考えているが、想定外の事象に対しても対応するためには、可搬型機器などを柔軟に活用するなどの対応が必要であると考えている。そのためには、あらかじめ定められた手順を円滑に実行するとともに、臨機応変に柔軟な対応もできるように、プラント挙動などの物理的現象をより深く理解するための教育、マニュアルを応用した訓練の定期的な実施など、運転員や緊急対応要員の対応能力向上を図るための教育、訓練を充実させていくことが必要である。

なお、これまでの審議過程において、委員からは下記の意見が出されていることを合わせて付記しておく。

- ・ 本委員会の所掌範囲である原子力発電所の安全性および発電所内の防災そのものの議論ではないが、今回の事故を踏まえた発電所外の原子力防災に関して、国が十分な体制と実効性のあるマニュアルを整備するとともに、国としての責任の範囲、想定される事故に対する責任の所在を明らかにする必要がある。
- ・ 国および事業者は、既に実施された安全対策により、安全性がどの程度向上したのか客観的な指標や判断の目安など、分かりやすい形で示していく必要がある。
- ・ 燃料破損等によって生じる高濃度汚染水をより円滑に処理するため、回収、貯蔵、処理する方策についての検討を進めておく必要がある。

## 第5章 今後の安全確保に向けて国等に対応を求める事項

福島第一原発事故は、国の原子力規制に対する信頼とともに、原子力の安全性に対する社会の信頼を大きく失墜させる結果となった。

本委員会としては、国および事業者が以下の項目について早急に取り組み、原子力発電所の安全性向上に努めていくことが重要であると考えている。

また、国および事業者は、原子力発電所の安全確保のための取り組みに関する情報を積極的に公開し、説明責任を果たしつつ、国民の信頼回復に努めていく必要がある。

本章は、今後の安全確保に向けて国等に対応を求める事項について取りまとめたものである。

### ① 安全対策の着実な推進

#### （新たな規制組織の設置）

- ・ 国は、新たな原子力規制庁を早急に設置すること。また、それまでの間、原子力安全・保安院が厳格に安全規制を行い、原子力安全委員会がこれを厳格に確認・指導すること

#### （シビアアクシデント対策）

- ・ 国は、シビアアクシデント対策など原子力安全の深層防護を強化する観点から、福島第一原発の今後の調査等で新たな知見が判明した場合には、それらの知見を迅速に安全規制や既存の施設に反映させるシステムを構築すること
- ・ 国は、アクシデントマネジメントに関する安全規制について、諸外国との比較を行うとともに、アクシデントマネジメント手順書の内容の妥当性確認を行うなど、事業者の活動を評価する仕組みを構築すること
- ・ シビアアクシデントなど過酷事故環境下においても、原子炉等の状態を監視する計測器の開発計画については、諸外国における開発状況などを調査し、実用化に向けた検証を行うこと

#### （中長期の安全性向上対策）

- ・ 中長期対策として計画している安全対策について、事業者は、確実に計画を遂行していくこと。国は、その実施状況を厳格にチェックするとともに、許認可等の手続き等で対策の実施が遅れることがないように迅速に処理する体制を整えておくこと

- ・ 国や事業者は、諸外国の先進事例や最新知見を反映していく仕組みを構築するとともに、諸外国の情報等を収集・分析し、最新知見を迅速に各発電所へ展開すること
- ・ 国は、地震、津波以外の自然現象、テロ等の人為的外的事象など、想定外となり得る事象への対応についての検討を進めること

## ② 人材育成

- ・ 事業者は、アクシデントマネジメントの観点から、可搬型機器などを柔軟に活用するために、マニュアルを応用した訓練を行うなど、通常の保全活動を通じた教育に加え、運転員や緊急対応要員の対応能力向上を図るための教育を充実させていくこと
- ・ 原子力発電所の設備を安全に維持・管理していくためには、これまでの事故・トラブルを踏まえ構築された知識、技術の更なる向上を目指して継承していくことが重要であり、事業者は、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

## ③ 高経年化対策

- ・ 国は、40年運転制限制度に係る運転延長の判断基準について、その考え方を早急に明らかにすること
- ・ 国は、アクシデントマネジメントに活用される格納容器スプレポンプやほう酸タンクなどの対応機器の保全上の重要度について議論を進め、経年劣化を含む評価を行った上で、それらの機器に対して通常の点検に加えた経年劣化管理を徹底すること
- ・ 国および事業者は、高経年化に伴う機器等の劣化およびこれに関連する潜在的な事象に関する安全研究を積極的に推進すること

## ④ 災害時の原子力発電所へのアクセス手段の確保

- ・ 今回の事故の教訓として、発電所への資機材や物資、対応要員を迅速かつ円滑に輸送することが重要であることが明らかになっており、災害時における発電所間の資機材の融通などを確実にするための多様な手段を確保すること

## 福井県原子力安全専門委員会委員名簿（平成 23 年 4 月 1 日以降）

(敬称略)

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
三島 嘉一郎	㈱原子力安全システム研究所 技術システム研究所長	原子力学、熱工学、 流体力学
田島 俊彦	福井県立大学名誉教授	素粒子物理学
西本 和俊	福井工業大学教授 (平成 24 年 3 月 31 日まで大阪大学大学院教授)	溶接・接合工学
小野 公二	京都大学原子炉実験所教授	放射線医学
岩崎 行玄	福井県立大学教授	植物生化学
飯井 俊行	福井大学大学院教授	構造・材料強度評価
山本 章夫	名古屋大学大学院教授	原子力工学
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、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

(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
竹村 恵二	京都大学大学院教授	地質学

(退任された委員)

氏名	現職	専門
安井 譲	福井工業大学教授 (平成 19 年 4 月 1 日～平成 24 年 3 月 31 日)	耐震工学

福井県安全対策検証委員会名簿（平成 23 年 4 月 1 日～平成 24 年 3 月 31 日）

（福井県原子力安全専門委員会）

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
三島 嘉一郎	㈱原子力安全システム研究所 技術システム研究所長	原子力学、熱工学、 流体工学
田島 俊彦	福井県立大学名誉教授	素粒子物理学
飯井 俊行	福井大学大学院教授	構造・材料強度評価

（福井県）

氏名	現職
旭 信昭	副知事（平成 23 年 4 月～5 月）
満田 誉	副知事（平成 23 年 5 月～ ）
石塚 博英	安全環境部長
森阪 輝次	安全環境部危機対策監
櫻本 宏	安全環境部企画幹
岩永 幹夫	安全環境部原子力安全対策課長

## 福島第一原発事故に関する原子力安全専門委員会の審議実績

## 【原子力安全専門委員会】

開催日	議題	説明者
平成 23 年 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 (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 (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 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
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
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
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
4 月 18 日	現地確認（大飯発電所）	関西電力
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
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
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	県事務局

\*：保安院…原子力安全・保安院  
3 事業者…関西電力、日本原電、原子力機構

【安全対策検証委員会】

開催日	議題	説明者
平成 23 年 4 月 1 日 (第 1 回)	県内各電力事業者の安全対策の実効性の確保について	県事務局
4 月 8 日 (第 2 回)	県内各電力事業者の安全対策の実効計画について	3 事業者
4 月 11 日	現地確認 (大飯発電所、原子力運転サポートセンター)	関西電力
4 月 25 日 (第 3 回)	県内各電力事業者の安全対策の実効計画について	3 事業者
10 月 15 日 (第 4 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
11 月 28 日 (第 5 回)	福島第一原子力発電所事故を踏まえたソフト面等の安全対策実行計画について	3 事業者

\* : 3 事業者…関西電力、日本原電、原子力機構



## 福島第一原発事故に関する福井県の対応状況

## 【事業者への要請】

要請日	要請内容	要請者	要請先
平成 23 年 3 月 12 日	原子力発電所の安全確保体制の強化、安全管理について	知事	3 事業者 (社長)
3 月 13 日	冷却系システムの検証など、原子力発電所の安全確保について	知事	3 事業者
3 月 20 日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 県民の安全・安心を早期に確保するための積極的な投資</li> <li>・ 海水ポンプの地震・津波対策の強化</li> <li>・ 送電線系統の強化</li> <li>・ 使用済燃料プールの冷却機能の強化</li> <li>・ アクセス道路への協力</li> </ul> <p style="text-align: right;">などについて</p>	知事	関西電力 (社長)
3 月 25 日	安全対策の実施と沸騰水型軽水炉を持つ事業者としての積極的な情報公開について	副知事	日本原電 (社長)
4 月 2 日	電源や炉心冷却機能の確保など設備面の安全対策に係る実行計画の策定について	副知事	3 事業者
10 月 17 日	初動人員体制の強化など組織人員体制面の安全対策実行計画の策定について	副知事	3 事業者

\* : 3 事業者…関西電力、日本原電、原子力機構

## 【国への要請】

要請日	要請内容	要請者	要請先
平成 23 年 3 月 17 日	(要請書) <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 原子力災害の早期収束と情報公開の徹底</li> <li>・ 原子力災害発生の原因究明と安全確保対策</li> <li>・ 原子力防災対策の充実</li> <li>・ 耐震安全性の向上</li> <li>・ 原子力防災道路の早期整備</li> </ul>	知事	経済産業 大臣
3 月 23 日	(要請書) <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 「もんじゅ」の安全確保</li> <li>・ 環境放射能調査体制の強化</li> <li>・ 日本海側における地震・津波の発生解明</li> </ul>	副知事	文部科学 大臣

要請日	要請内容	要請者	要請先
4月19日	(要請書) <ul style="list-style-type: none"> <li>安全基準の設定と県民への説明</li> <li>安全基準項目 (緊急に実施すべき事項、応急・短期的に実施すべき事項 など)</li> <li>引き続き対応を求める事項 (原子力災害の早期収束と情報公開の徹底、原子力災害発生の原因究明と安全確保対策、原子力防災対策の充実 など)</li> </ul>	知事	経済産業大臣
9月15日	(要請書) <ul style="list-style-type: none"> <li>原子力発電の将来方向に対する責任ある見解の明示</li> <li>定期検査で停止中のプラントの再起動について (福島原発事故の知見の公表、新たな安全基準に基づく安全確認の実施 など)</li> <li>災害制圧道路の早期整備</li> <li>原子力防災指針の早期見直し</li> <li>原子力防災対策の充実強化</li> <li>原子力安全規制体制の見直し</li> </ul>	知事	経済産業大臣
9月15日	(要請書) <ul style="list-style-type: none"> <li>「もんじゅ」の安全確保</li> <li>日本海側の地震・津波の調査研究</li> <li>原子力防災対策の充実強化</li> </ul>	知事	文部科学大臣
10月19日	(要請書) <ul style="list-style-type: none"> <li>原子力政策大綱の見直し</li> <li>原発の安全基準の見直し</li> <li>原子力防災指針の早期見直し</li> <li>原子力安全規制体制の見直し</li> </ul>	知事	再発防止担当 内閣府 特命担当大臣
11月10日	(要請書) <ul style="list-style-type: none"> <li>E P Zの見直しと併せた原発の安全基準の早期の提示</li> <li>立地地域の意見の十分な聴取</li> <li>予算措置を含めた国として早期の対応</li> </ul>	副知事	原子力安全委員会

要請日	要請内容	要請者	要請先
平成 24 年 1 月 11 日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・安全規制の全体像</li> <li>・原発の再稼働に向けた暫定的な安全基準</li> <li>・40年の運転制限の科学的根拠や40年を超えている原発の取り扱い</li> <li>・国の管理責任や体制強化についての方針の明示について</li> </ul>	知事	内閣府 副大臣
2 月 23 日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子力発電の意義と原発再稼働の必要性に対する国の見解の明示と国民の理解について</li> <li>・再稼働判断のための安全基準の早期設定とスケジュールの明示について</li> <li>・福島事故の知見を反映するシステムの構築について</li> <li>・高経年化原発の安全研究の推進について</li> <li>・新たな安全規制に係る制度の詳細や全体像の明示について</li> <li>・責任ある安全規制体制の確立について</li> <li>・災害制圧道路の整備に対する特別な財源措置の継続について</li> </ul>	知事	経済産業 副大臣
2 月 23 日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・日本海側の地震・津波の調査と評価の前倒し、および見解の早期提示について</li> <li>・SPEED I の充実強化について</li> </ul>	知事	文部科学 政務官
5 月 10 日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子力発電所の安全性に関する政府の対応について</li> <li>・厳格な原子力安全規制体制の早期確立について</li> <li>・原子力安全・保安院、原子力安全委員会の責任ある対応について</li> </ul>	知事	内閣府 副大臣
5 月 15 日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子力発電所の安全性に関する政府の対応について</li> <li>・大飯発電所 3, 4 号機の特別な安全監視体制を現地で構築することについて</li> </ul>	知事	経済産業 副大臣

【国からの説明】

説明日	説明内容	説明者
平成 24 年 4 月 14 日	・ 原子力発電所の再稼働に関する四大臣判断について	経済産業 大臣
6 月 4 日	・ 再稼働に関する政府の判断および取組み状況について ・ 特別な監視体制の整備について	再発防止 担当内閣府特 命担当大臣  内閣官房 副長官  経済産業 副大臣

## 資料編リスト

- 資料 1 安全性向上対策の主な対策の実施状況 [関西電力]  
(1) 設備対応  
(2) 組織人員体制
- 資料 2 現場確認結果
- 資料 3 意見聴取会の中間まとめ等の概要 [原子力安全・保安院]  
(1) 東京電力福島第一原子力発電所事故の技術的知見について  
～中間とりまとめ(概要)～  
(2) 東京電力福島第一原子力発電所の事故における経年劣化の影響について ～取りまとめ(概要)～  
(3) 平成23年東北地方太平洋沖地震の知見を考慮した原子力発電所の地震・津波の評価について ～中間取りまとめ(概要)～  
(4) 平成23年東北地方太平洋沖地震による福島第一及び福島第二原子力発電所の原子炉建屋等の影響・評価について ～中間取りまとめ(概要)～  
(5) 原子炉施設の安全性に関する総合評価一次評価について 関西電力大飯発電所3/4号機審査結果  
(参考) 大飯3、4号機のストレステスト(一次評価)の結果  
[関西電力]
- 資料 4 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  
[内閣総理大臣、内閣官房長官、経済産業大臣、内閣府特命担当大臣]
- 資料 5 判断基準に対する大飯発電所3、4号機の対応状況 [経済産業省]
- 資料 6 大飯発電所3、4号機における更なる安全性・信頼性向上のための対策の実施計画 [関西電力]
- 資料 7 委員会で審議したその他の事項  
耐震安全性について  
・ FO-A断層～FO-B断層と熊川断層の連動に関する評価について [原子力安全・保安院]  
・ 断層の連動を仮定した地震動および主要施設の固有周期について  
[関西電力]  
・ 大飯発電所周辺斜面の安定性評価について [関西電力]  
・ 制御棒挿入性について [関西電力]
- 資料 8 シビアアクシデント対策の国内外の規制状況 [原子力安全・保安院]