
「原子力のリスクと対策の考え方」

- 社会との対話のために -

付録集

キヤノングローバル戦略研究所 原子力安全研究会

2016年3月

目次

付録1	3
付録2	24
付録3	64

付録 1 誤解されている電力事業

(1) 電気の同時同量の原則について

電気は貯蔵ができない特性で、安定した電気を供給するためには、時々刻々変動する需要に対し、瞬時に供給とのバランスを一致させており、同時同量の原則という。

電気事業者は、この同時同量の原則のもと、良質な電気を安定して低廉に届けるために、適切な電力供給設備の確保、供給信頼度や品質（適正な周波数・電圧など）の確保が常に求められている。現行制度において、同時同量を達成するために電力会社の送電ネットワークを利用する特定規模電気事業者（PPS）に対し、30分3%の変動範囲を基本としつつ、10%までは変動の程度に応じた段階別の不足供給料金（インバランス料金）を設定している。

また、太陽光、風力などの再生可能エネルギーの増加を受け、発電量の変動による送電系統の影響を緩和するために、電力貯蔵などが課題で、現在、電力貯蔵技術として、NAS 電池（ナトリウム硫黄電池）等の開発研究が進められている。[1]

(2) 電気料金の仕組みについて

電気料金体系には、費用の性質により、定額制、均一従量料金制、定額料金と従量料金との組み合わせた2部料金制など極めて多様な料金制度がある。[1]

◎一般家庭(2部料金制)の電気料金のしくみ

電気料金には、基本料金、電力量料金、燃料費調整額、太陽光発電促進付加金(サーチャージ)および再生可能エネルギー発電促進賦課金より構成されている。

$$\begin{aligned} \text{電気料金} &= \text{基本料金} + \text{電力量料金単価} \times \text{使用電力量} \pm \text{燃料費調整単価} \times \text{使用電力量} \\ &\quad + \text{太陽光発電促進付加金} + \text{再生可能エネルギー発電促進賦課金} \end{aligned}$$

- 基本料金とは、契約電力(kW)や契約容量(kVA)に比例する固定的な料金をいい、基本料金と電力量料金単価の決定にあたっては「原価主義の原則」「公正報酬の原則」そして「電気の利用者に対する公平の原則」の3原則に基づき行われる。

- 燃料費調整制度とは、原油、LNG(液化天然ガス)および石炭の燃料価格の変動に応じて、毎月自動的に電気料金を調整する制度をいい、為替レートの変動などの経済情勢の変化をできる限り迅速に電気料金に反映し、燃料価格や為替変動などの外的要因を外部化することにより電気事業の経営効率化の成果を明確にすることを目的とし、平成8年1月に電気料金改定以降導入された。その後、平成20年の未曾有の燃料価格の乱高下を受け、燃料価格をより迅速に電気料金に反映するとともに、電気料金の変動を平準化する観点から、平成21年5月分の料金以降、燃料価格の変動を電気料金に反映するタイミングなどが見直され、各電力会社では毎月月末に2ヶ月先の燃料調整単価について発表している。
- 再生可能エネルギー固定価格買取り制度とは、「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」に基づき、平成24年7月1日から再生可能エネルギー（太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス）を用いて発電された電気を、一定の期間、一定の価格で電気事業者が買い取ることを義務付けた。なお、電気事業者が買取りに要した費用は、原則として使用電力に比例した賦課金によって回収され、電気料金の一部として、消費者が負担する。
- 再生可能エネルギー発電促進賦課金とは、「再生可能エネルギーの固定価格買取り制度」によって電力の買取りに要した費用を、電気の使用量に応じて負担する。

法令に基づく、再生可能エネルギー発電促進賦課金単価（従量制の場合）は、表-1に示す。

表-1 再生可能エネルギー発電促進賦課金単価

低圧供給※・高圧供給・特別高圧供給（税込）	
平成24年度（平成24年8月分～平成28年3月分）	0.22円/kWh
平成25年度（平成25年4月分～平成26年4月分）	0.35円/kWh
平成26年度（平成26年5月分～平成27年4月分）	0.75円/kWh
平成27年度（平成27年5月分～平成28年4月分）	1.58円/kWh

※最低料金部分は除く

・再生可能エネルギーの固定価格買取り制度について、太陽光の急拡大による国民負担の増大を抑え、安定的な仕組みとなるよう制度を土台から検証するため、有識者会議で見直しに向けた議論を始める予定で、買取り制度は再生エネ導入の推進力として効果が大きかったと評価している一方、「太陽光に偏りすぎ、地熱、水力、バイオマスといっ

た頼りになる電源がなかなか伸びない」と指摘されており、太陽光以外の再生エネ電源の普及促進や高い買取り価格で認定を受けながら発電を開始しない太陽光設備の認定取り消しなどを進め、電気料金に上乗せされる買取り費用を低く抑え、中長期的なコスト抑制策として太陽光の買取り価格の入札制を導入し、発電コストの安い事業者を優先し、国民負担の抑制につなげ、地熱や水力などは買取り価格をあらかじめ数年先まで決め、バランスの取れた普及を後押しするよう、早ければ17年度からの運用を目指すとしている。

(3) 電力自由化と供給義務について

(a) 電力自由化の経緯について

1990年代の世界的な流れとなった規制緩和の進展の中で、日本の高コスト構造、内外価格差の是正が課題となりました。この中で、競争原理を取り入れた電気事業法改正が行われた。

(b) 自由化に対する電力会社の取り組みについて

電力会社は、経営効率化を進めて電気料金の低減を図るとともに、お客さまのニーズを捉えた多様なサービス・価格を提供し、お客さまの負担を軽減するよう取り組んでいるが、電力小売りは2016年4月に全面自由化が決まった。

(c) 発送電分離について

発送電分離については、電力自由化議論の中で相当な時間をかけて議論された。[1]

a. これまで行われてきた国の議論

電力自由化は、電気事業の競争原理がはたらき一層の効率化が図られることを目指し、1995年の発電部門の自由化が始まり、2000年には、販売電力量の約1/4にあたる小売部門の部分自由化、さらに2005年には部分自由化範囲が拡大され、販売電力量の約1/3（それまでの範囲と合わせ約6割にあたる）が小売自由化の対象となった。

発送電分離については、大手電力会社の送配電部門を発電部門から切り離す「発送電分離」を2020年4月に実施するための電気事業法改正案が2015年5月21日に衆院本会議で可決され、同年6月17日に参院本会議で可決成立した。今回電気事業法改正により、電力大手が保有する送配電網を新規参入の事業者も公平に使えるようにして競争を促すものとし、電力システム改革の総仕上げとの位置付けで、電気料金

の引き下げやサービス向上につながることを期待される。また、ガス事業法も同時に改正し、2017年をめどに都市ガスの小売りを全面自由化され、2022年4月には東京、大阪、東邦の大手ガス3社に導管部門の別会社化を義務付けた。大手から分離した送配電会社や導管会社が、グループ企業と新規参入の事業者を公平に扱うよう監視する「電力・ガス取引監視等委員会」も設置する。[2]

送配電部門が分離されることから、送配電部門の効率化も課題となっており、電線や電柱、変圧器、スマートメーター（次世代電力計）などの資材調達の効率化のため、各電力会社で共通する送配電設備資材について、他社との共同調達を拡大や発注方法などを見直し検討を進めている。

b. 海外での発送電分離の状況について

・米国について

州によって対応は異なるが、1990年代後半の規制改革の中で、連邦エネルギー規制委員会(FERC)によって、送電部門は独立した系統運用者(ISO:独立系統運用者、RTO:地域送電機関)が運用を行うことが望ましいとされ、電力自由化を実施した州の電気料金は、平均で約14セント/kWh(2008年)となっており、全米平均約11セント/kWh(2008年)を上回り、一方、電力自由化を実施していない州の電気料金は平均約9.5セント/kWh(2008年)で全米平均よりも低い状況になっている。

・欧州(EU)について

EU各国は、英国やイタリアなど発電部門と送電部門の所有権を明確に分離した国と、フランスやドイツなど発電を行う会社と送電を行う会社同士に資本関係があることが許容されている国のいずれかに分かれている。また、徹底した「発送電分離」を行った英国の電力料金は、約0.04ユーロ/kWh、イタリアでも約0.03ユーロ/kWh上昇しているのに対して、実質的には発送一貫体制となっているフランスの電気料金はほとんど上昇していない状況になっている。

(d) 電力供給システムの整備について

2000年3月に特別高圧で受電するお客さま(原則2,000kW以上)を対象に始まった小売部分自由化は、段階的に自由化の範囲が拡大され、2005年4月より、高圧で受電するすべてのお客さま(原則50kW以上)に拡大され、これに伴い電力供給システムが整備された。

わが国の電力供給システムは、電力会社の発送電一貫体制の良さを堅持しつつ、公平透明な競争環境を確保する日本型自由化モデルと言える。[1]

a. 託送制度の見直し

以前は、お客さまに異なる供給区域の電源から電力を調達すると、供給区域をまたぐごとに課金されるしくみとなっており、枚数を重ねていくパンケーキ（ホットケーキ）に例えてパンケーキ構造といい、2005年4月、この振替料金制度が見直され、負担の公平性、コスト回収の確実性、電源の遠隔地立地の抑制の確保を図ることが今後とも重要であるとして必要な措置を講じることとなった。

b. 同時同量の範囲の弾力化

電気は貯蔵できない特性であり、瞬時に需要と供給のバランスが一致していないと安定供給ができないため、電力会社の送電ネットワークを利用する事業者は、需要量と供給量について同時同量を達成することが求められ、30分3%の変動範囲を基本としつつ、10%までは変動の程度に応じた段階別の不足供給料金（インバランス料金）が設定されている。

c. 自由化範囲の拡大

2000年3月の電力自由化開始時は、特別高圧（20,000V）で受電するお客さま（原則2,000kW以上）が自由化された。その後、2004年4月から、高圧（6,000V）で受電し、使用規模が500kW以上のお客さま、2005年4からはすべての高圧のお客さま（原則50kW以上）に拡大され、電力10社の販売電力量に占める割合は6割を超える状況です。

2016年4月からの電力小売部門全面自由化を見据え、圧受電の需要（家庭用等）も含めた託送供給料金の算定に関する省令を策定、2015年6月に公布・施行された。

電力会社10社は2015年7月末に託送供給等約款の認可申請を行い、電力取引監視等委員会が審査、調整力コストや需要地近接性評価割引制度などについて重点的に論議され、託送原価は申請時から削減され、申請単価も低圧では0.02～1.57円圧縮され、2015年12月18日に認可され、2016年4月から適用される託送料金は表-2に示す。認可された託送料金の水準について、新電力はおおむね「想定範囲内」とした。

表-2 託送料金(平均値) (単価:円/kW時)

		北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	沖縄
特別 高圧	現行 単価	1.72	1.91	19.5	1.84	1.79	2.00	1.69	1.76	1.90	2.15
	新単価	1.85	1.98	1.98	1.85	1.83	2.02	1.62	1.79	2.09	3.01
高圧	現行 単価	4.10	4.50	3.81	3.56	3.78	4.08	4.18	4.10	3.73	6.58
	新単価	4.17	4.50	3.77	3.53	3.77	4.01	3.99	4.04	3.84	5.20
低圧	現行 単価	8.89	9.75	8.61	9.03	8.08	7.86	8.45	8.66	8.36	11.50
	新単価	8.76	9.71	8.57	9.01	7.81	7.81	8.29	8.61	8.30	9.93

○電力システムに関する改革方針(2013年4月2日閣議決定)

電力システム改革は、安定供給を確保し、電気料金を最大限抑制し、需要家の選択肢や事業者の事業機会を拡大することを目的とし、広域系統運用の拡大、小売及び発電の全面自由化、法的分離の方式による送配電部門の中立性の一層の確保するため、電力システム改革は3段階に分け、各段階で課題克服のための十分な検証を行い、その結果を踏まえた必要な措置を講じながら、改革を進めるとしている。

第1段階は、電力広域的運営推進機関(広域機関)を2015年4月1日に設立。第2段階は、電気の小売業への参入の全面自由化の2016年に実施。第3段階は、法的分離による送配電部門の中立性の一層の確保、電気の小売料金全面自由化を2018年から2020年までを目途に実施する。[2]

(e) 電気の供給義務について

電気事業法第18条第1項において、一般電気事業者は正当な理由がなければその供給区域における一般の需要(非特定規模需要)に応じる電気の供給を拒んではならない旨が定められており、これを「供給義務」といい、1932年の電気事業法改正の際、電気事業者に供給区域の独占を認める代わりに供給義務を課した。供給義務には、新規需要者の契約申し込みに対する応諾義務、既設需要者に対する常時供給継続義務がある。電気の供給を拒む「正当な理由」とは、天災・事故などで電気工作物に故障

が生じた場合、料金滞納者に対する場合、特異な地形などのために技術的に供給が著しく困難な場合などをいう。

特定規模需要に対しては最終保障約款での供給義務が定められているが、一般の需要への供給に悪影響がある場合には、拒否することも可能。

また、2014年6月11日、第186回通常国会において、改正電気事業法が成立した。

これは、政府が進めている電力システム改革の3つの段階のうちの第2段階にあたるもので、これまで契約電力50kW以上の大口需要家に限定されていた電力小売りへの参入を全面自由化することを規定し、同時に、これまで一般電気事業者が担ってきた一般家庭等小口需要に対する供給義務が一定の経過措置の後に撤廃される。新法では併せて、従来の事業者類型を大きく見直して、発電事業者、送配電事業者、小売電気事業者等の機能別の事業者類型（ライセンス制）を導入している。[1]

（4）長期エネルギー需給見通し

総合資源エネルギー調査会長期エネルギー需給見通し小委員会の長期エネルギー需給見通しは、エネルギー基本計画を踏まえ、エネルギー政策の基本的視点である安全性、安定供給、経済効率性、環境適合（以下、「3E+S」）について達成すべき政策目標を想定した上で、政策の基本的な方向性に基づいて施策を講じたときに実現するであろう将来のエネルギー需給構造の見通しであるとした。

また、マクロの経済指標や産業動向等を踏まえた需要想定を前提にした見通しであるとともに、対策や技術等裏付けとなる施策の積み上げに基づいた実行可能なものであることが求められる。

なお、今般の長期エネルギー需給見通しは、エネルギー基本計画を踏まえ、中長期的な視点から、2030年のエネルギー需給構造の見通しを策定している。[3]

（a）長期エネルギー需給見通し策定の基本方針

- 3E+Sに関する具体的な政策目標は、安全性を大前提としつつ、以下のとおりとする。

- （1）自給率は震災前を更に上回る水準（概ね25%程度）まで改善すること
- （2）電力コストは現状よりも引き下げること

(3) 欧米に遜色ない温室効果ガス削減目標を掲げ世界をリードすること

- これらの政策目標を同時達成する中で、徹底した省エネルギー・再生可能エネルギーの導入や火力発電の効率化などを進め、原発依存度は可能な限り低減させるものとする。

(b) エネルギー需要及び一次エネルギー供給構造

2030年のエネルギーの需給構造の見通しは、経済成長等によるエネルギー需要の増加を見込む中、徹底した省エネルギーの推進により、石油危機後並みの大幅なエネルギー効率の改善を見込む。

このエネルギー需要を前提とした一次エネルギー供給構造は図-1に示す。

震災後大きく低下した我が国のエネルギー自給率は24.3%程度に改善。また、エネルギー起源CO₂排出量は、2013年比▲21.9%減となる(注1.2)。

(注1) 我が国の温暖化効果ガス排出削減量は、上記のエネルギー起源CO₂排出削減量に加え、その他温室効果ガス排出削減量や吸収源対策等を合計したものとなる。

(注2) 米国は2025年までに2005年比26-28%、EUは2030年までに1990年比40%の削減目標を提示しているが、2013年比では米国が18-21%、EUが24%となる。

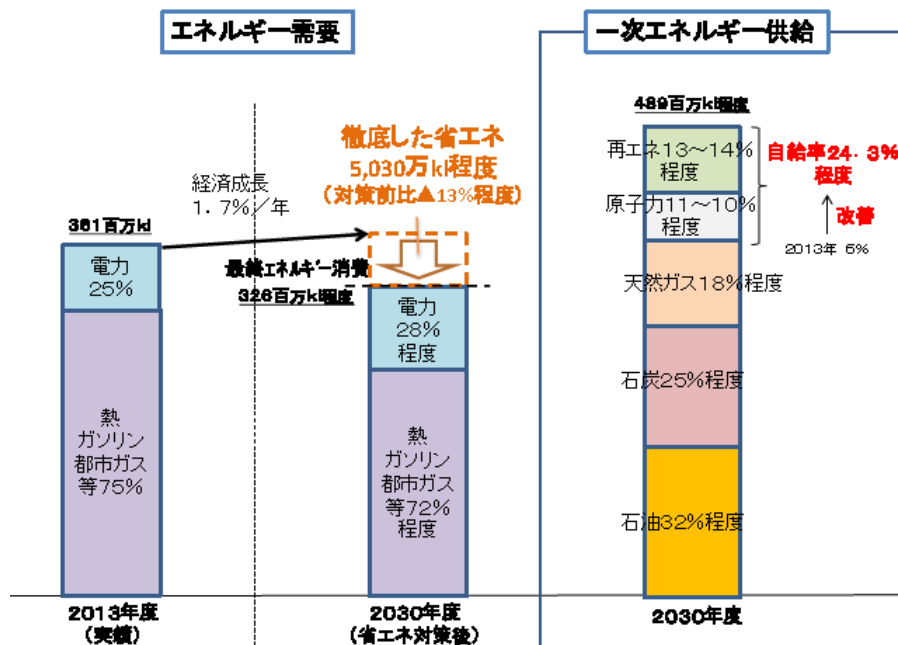


図-1 一次エネルギー供給構造

(c) 電源構成

電力需給構造については、徹底した省エネルギー（節電）の推進、再生可能エネルギーの最大限の導入、火力発電の効率化等を進めつつ、原発依存度を低減した結果を図-2 および図-3、図-4 に示す。

経済成長等による電力需要の増加を見込む中、徹底した省エネルギー（節電）の推進及び再生可能エネルギーの最大限の導入により約4割を賅うことにより、原発依存度の低減に大きく貢献し、ベースロード電源比率は56%程度とすることにより、現状より電力コストが低減される。

経済産業省は電力会社に対し、2030年時点で原子力発電と再生可能エネルギーを合わせた非化石電源比率(発電電力量ベース)を「原則44%以上」とする目標を定め、達成計画の提出を義務付け、複数社が共同での目標達成も認め、2030年度の望ましい電源構成(ベストミックス)の実現を確実にする狙いがある。

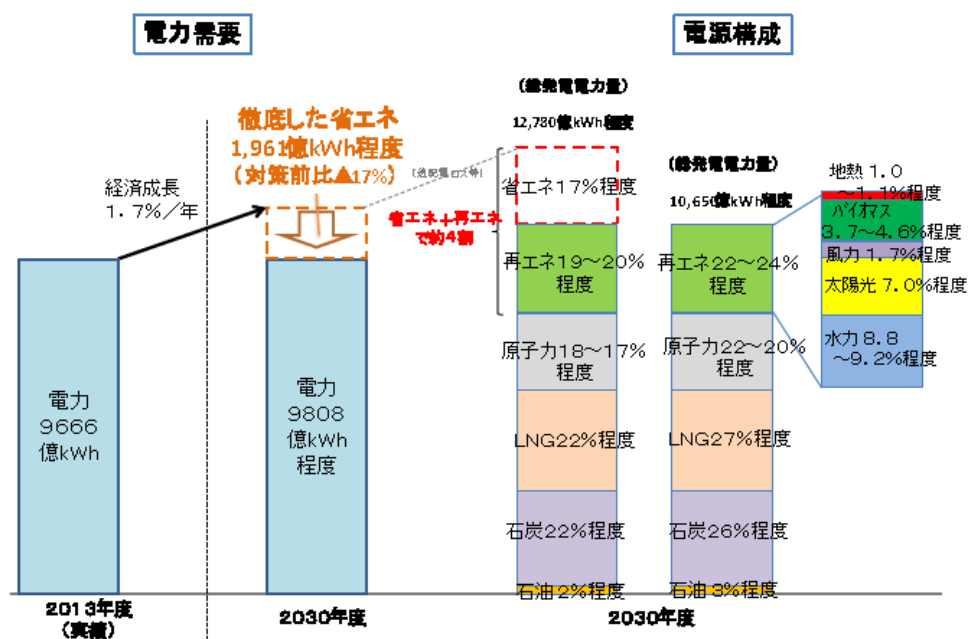


図 7-2 電力需要と電源構成の推移

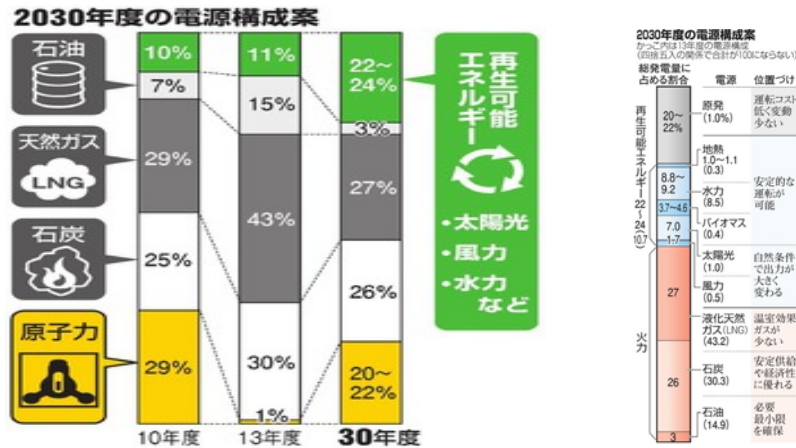


図-3 2030年度の電源構成案

◎原発依存度低減の考え方

エネルギー基本計画において、原発依存度は、「省エネルギー・再生可能エネルギーの導入や火力発電所の効率化などにより、可能な限り低減させる」としている。

1.省エネによる電力需要の抑制

2030年の電力需要を対策前比17%削減。（発電電力量で2、130億kWh程度の削減に相当）

2030年の総発電電力量：10、650億kWh程度

2.再エネ拡大による原子力の代替

自然条件によらず安定的な運用が可能な地熱・水力・バイオマスを拡大。（+382~531億kWh程度）※風力の平滑化効果を含む

3.火力の高効率化による原子力の低減

石炭火力の発電効率が、全体として6.7%向上。（+169億kWh程度）

2、868億kWh（27%）

※震災前10年間の平均的な電源構成

⇒2030年に2、317~2、168億kWh程度

（22~20%）

原発依存度の推移

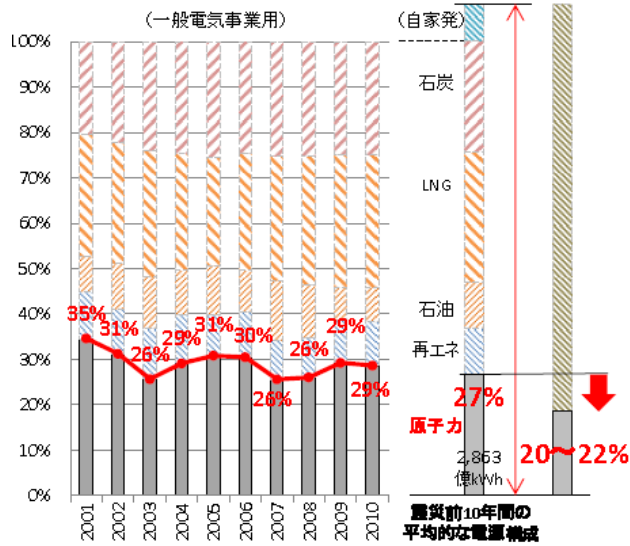


図-4 原発依存度の推移

(参考) 原子力発電所 40 年制限制

現存する全ての原子炉が 40 年で運転終了するとすれば、図-5 に示す通り、2030 年頃に設備容量が現在の約半分、2040 年頃には 2 割程度となる。

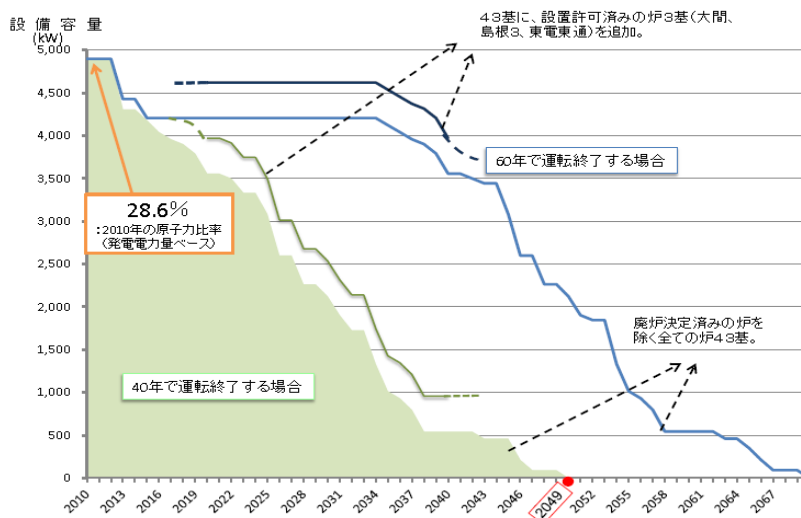


図-5 原子力発電所の設備容量の推移

(5) 発電コストについて

総合資源エネルギー調査会発電コスト検証WG（第6回会合）「長期エネルギー需給見
通し小委員会に対する発電コスト等の検証に関する報告」の2030年モデルプラント発
電コスト試算は下記の通りである。なお、発電コストの比較を図-6 および図-7、図-8
に示す。[4]

【太陽光発電】

①太陽光（住宅）発電コスト

29.4 円/kWh

（政策経費を除いた場合：27.3 円/kWh）



※モデルプラントとして、
設備容量 4kw、設備利用率 12%、
稼働年数20年のプラントを想定。

②太陽光（非住宅）発電コスト

24.3 円/kWh

（政策経費を除いた場合：21.0 円/kWh）



※モデルプラントとして
設備容量 2,000kw、設備利用率 14%、
稼働年数20年のプラントを想定。

【風力発電】

①風力（陸上）発電コスト

21.6 円/kWh

（政策経費を除いた場合：15.6 円/kWh）

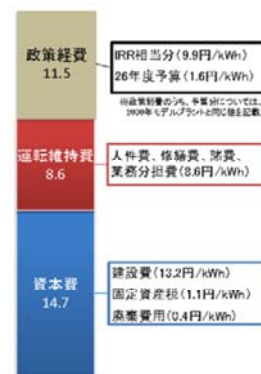


※モデルプラントとして、
設備容量 2 万 kw、設備利用率 20%、
稼働年数 20 年のプラントを想定。

②風力（着床式洋上）発電コスト

34.7 円/kWh

（政策経費を除いた場合：23.2 円/kWh）



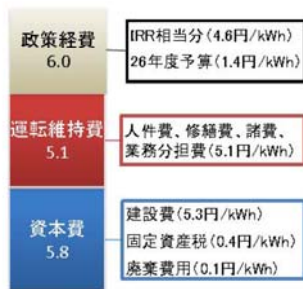
※モデルプラントとして、
設備容量 3~10 万 kw、設備利用率 30%
稼働年数 20 年のプラントを想定。(2020 年モデル)

【地熱・小水力発電】

①地熱発電コスト

16.9 円/kWh

(政策経費を除いた場合： 10.9 円/kWh)



※モデルプラントとして、
設備容量 3 万 kw、設備利用率 83%、
稼働年数 40 年のプラントを想定。

②小水力発電コスト

23.3 円/kWh

(政策経費を除いた場合： 20.4 円/kWh)

※80 万円/kw の場合



※モデルプラントとして、
設備容量 200kw、設備利用率 60%、
稼働年数 40 年のプラントを想定。

【木質専焼バイオマス発電】

木質専焼バイオマス発電コスト

29.7 円/kWh

(政策経費を除いた場合： 28.1 円/kWh)

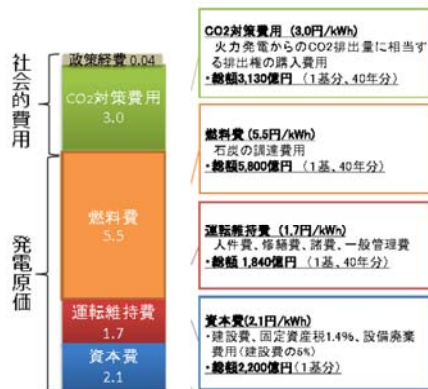


※モデルプラントとして、
設備容量 5,700kw、設備利用率 87%、
稼働年数 40 年のプラントを想定。

【火力発電】

①石炭火力発電コスト

12.3 円/kWh



※モデルプラントとして、

設備容量 80 万 kw、稼働率 70%、
稼働年数 40 年のプラントを想定

・総発電電力量 1,060 億 kWh で割った単価

②LNG 火力発電コスト

13.7 円/kWh



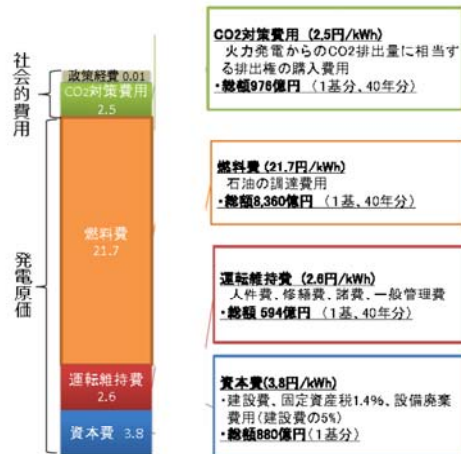
※モデルプラントとして、

設備容量 140 万 kw、稼働率 70%、
稼働年数 40 年のプラントを想定

・総発電電力量 1,945 億 kWh で割った単価

③石油火力発電コスト(稼働率 30%)

30.6 円/kWh



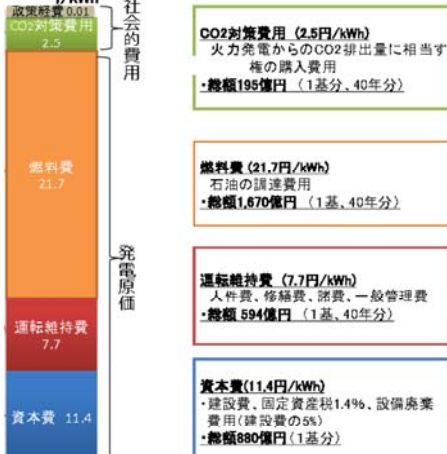
※モデルプラントとして、

設備容量 40 万 kw、稼働率 30%、
稼働年数 40 年のプラントを想定

・総発電電力量 230 億 kWh で割った単価

④石油火力発電コスト(稼働率 10%)

43.4 円/kWh



※モデルプラントとして、

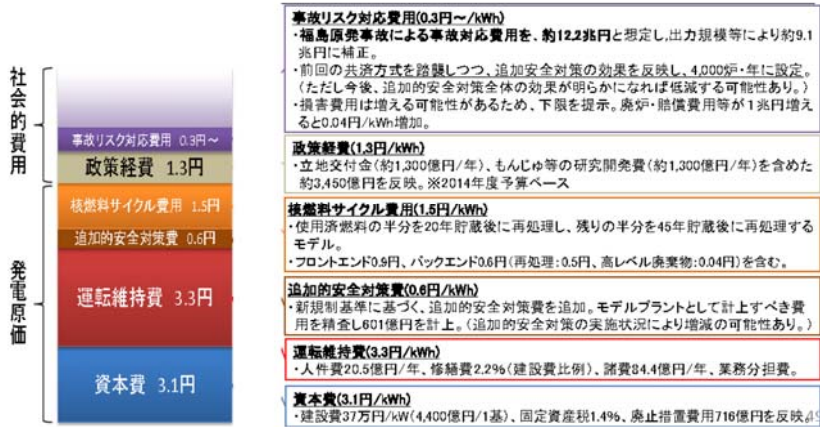
設備容量 40 万 kw、稼働率 10%、
稼働年数 40 年のプラントを想定

・総発電電力量 77 億 kWh で割った単価

【原子力発電】

原子力発電コスト

10.3 円~/kWh

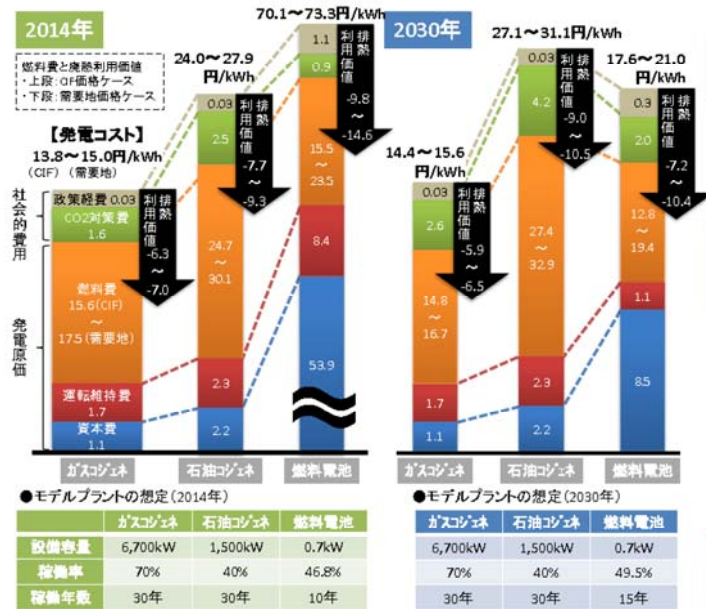


※モデルプラントとして、

設備容量 120 万 kw、稼働率 70%、割引率 3%、稼働年数 40 年のプラントを想定。

- ・発電に直接関係するコストだけでなく、廃炉費用、核燃料サイクル費用（放射性廃棄物最終処分含む）など将来発生するコスト、事故対応費用（損害賠償、除染含む）、電源立地交付金・もんじゅなどの研究開発等の政策経費といった社会的費用も織り込んで試算。

【コジェネ・燃料電池発電】



(参考)

米国企業系「ブルームバーグ・ニュー・エナジー・ファイナンス」(BNEF) [5]が原子力やバイオマス、地熱、水力など 23 の発電手法について、2014 年上期時点の世界各国

の設備費、燃料費、資金調達に必要な債務費などを調べ、施設の耐用年数などでならしたコストを算出し、2014年7月16日までに纏めた発電コストの試算は、

- ・原子力発電の発電コストは、1KW 時当たり平均 14 セント（約 15 円）
- ・太陽光発電の発電コストは、1KW 時当たり平均 14.9 セント（約 16 円）
- ・陸上風力発電の発電コストは、1KW 時当たり平均 8.2 セント（約 9 円）
- ・高効率天然ガス発電の発電コストは、1KW 時当たり平均 8.2 セント（約 9 円）
- ・地熱の発電コストは、1KW 時当たり平均 6.5 セント（約 7 円）
- ・小水力発電の発電コストは、1KW 時当たり平均 7.7 セント（約 8 円）
- ・石炭火力発電の発電コストは、1KW 時当たり平均 9.1 セント（約 10 円）
- ・高効率天然ガス発電の発電コストは、1KW 時当たり平均 8.2 セント（約 9 円）
- ・原子力発電の発電コストが高騰している主な理由は、東京電力福島第 1 原発事故後の安全規制強化もあって建設費や維持管理にかかる人件費などが世界的に高騰している。

（2004 年の日本政府による試算では、原発発電コストは 1KW 時当たり 5.9 円）

・炉心溶融などの深刻な事故を防ぐための対策強化が求められるようになった結果、原発の発電コストは近年上昇しており、設備利用率を 92% と高く見積もっても 1KW 時当たり平均 14 セントとなった。原発コストには、放射性廃棄物処分のために電力会社が積み立てている費用を含むが、廃炉費用は含んでいない。

・太陽光発電は近年、発電コストが下がって 14.9 セントとなっている。日本では、海外に比べ高価な国内製機器が使われることから 32.9 セントと高いが、BNEF は「安価な輸入品機器の利用拡大で、コストは低下傾向にある」としている。風力発電も日本は機器コストが高く、稼働率が欧米に比べて低いいため、19 セントと割高だった。

※米国企業系「ブルームバーグ・ニュー・エナジー・ファイナンス」（BNEF）は、米国大手情報サービス企業「ブルームバーグ」の傘下で、エネルギー問題の調査機関として実績がある。

図-6 2014年モデルプラント発電コスト試算
総合資源エネルギー調査会発電コスト検証WG（第六回会合）資料1より

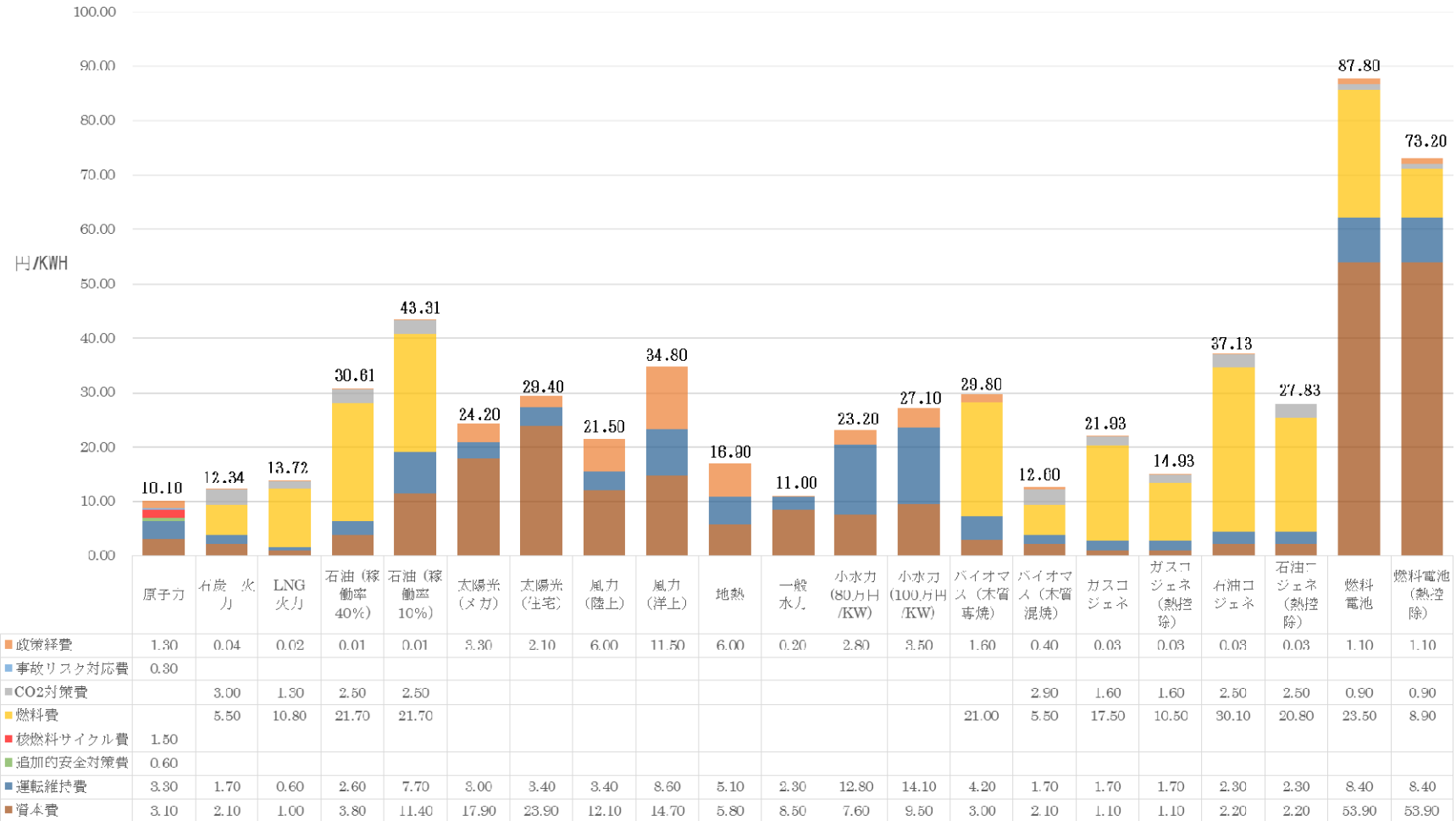


図-7 2030年モデルプラント発電コスト試算
総合資源エネルギー調査会発電コスト検証WG（第六回会合）資料1より

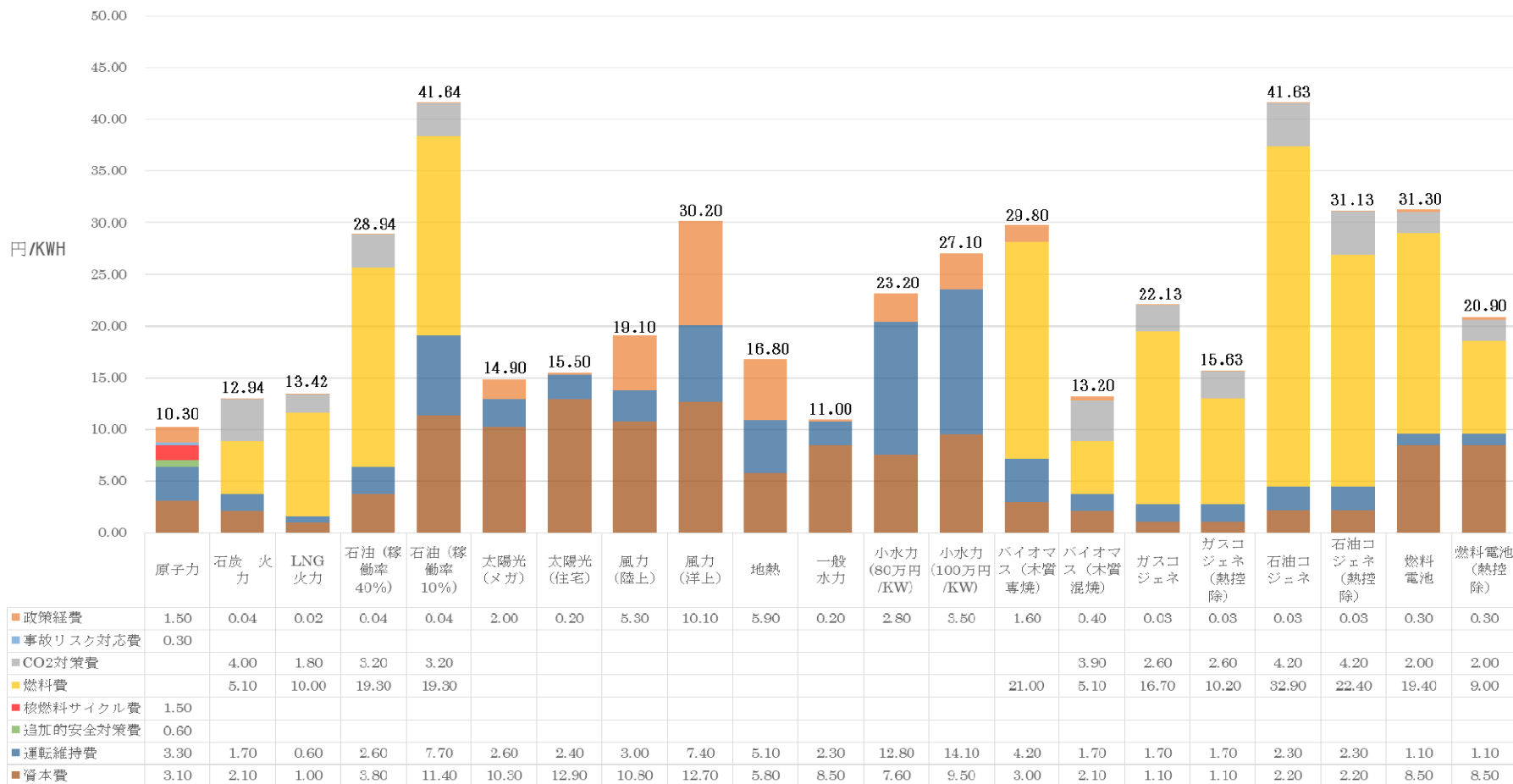
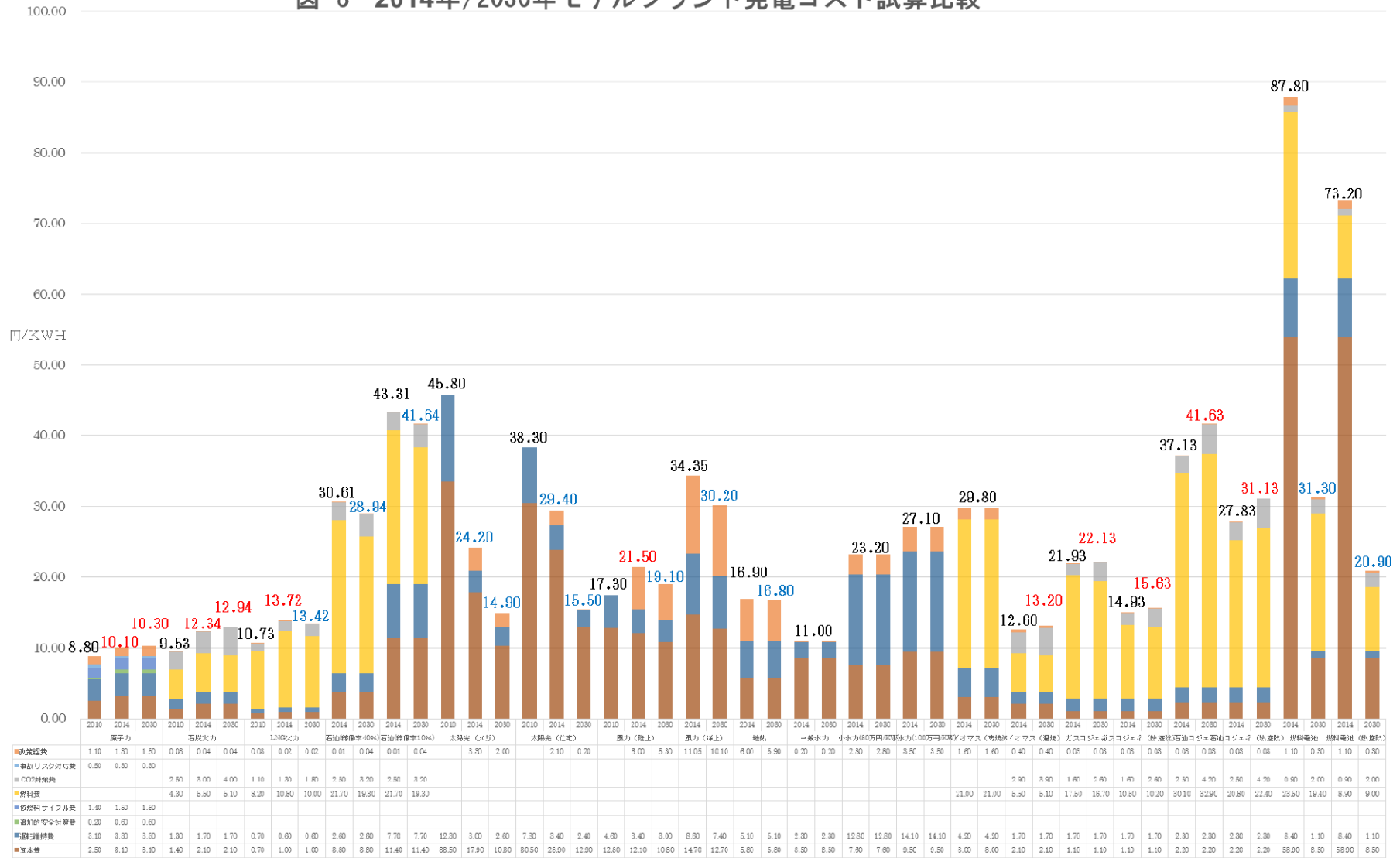


図-8 2014年/2030年モデルプラント発電コスト試算比較



参考文献

- [1] 電気事業連合会ホームページより
- [2] 朝日新聞、産経ニュース、日本経済新聞、毎日新聞、福井新聞Webサイトより
- [3] 総合資源エネルギー調査会長期エネルギー需給見通し小委員会
「長期エネルギー需給見通し」
http://www.meti.go.jp/press/2015/07/20150716004/20150716004_2.pdf
- [4] 総合資源エネルギー調査会 発電コスト検証WG（第6回会合）資料.2015
「長期エネルギー需給見通し小委員会に対する 発電コスト等の検証に関する報告」
http://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/cost_wg/006/pdf/006_05.pdf
- [5] 米国企業系「ブルームバーグ・ニュー・エナジー・ファイナンス」（BNEF）より
<http://about.bnef.com/japan/>

関西電力(株)における

原子力発電の安全確保に向けた取組みについて ～世界最高水準の安全性を目指して～

原子力発電の安全確保に向けた取組みについて ～世界最高水準の安全性を目指して～



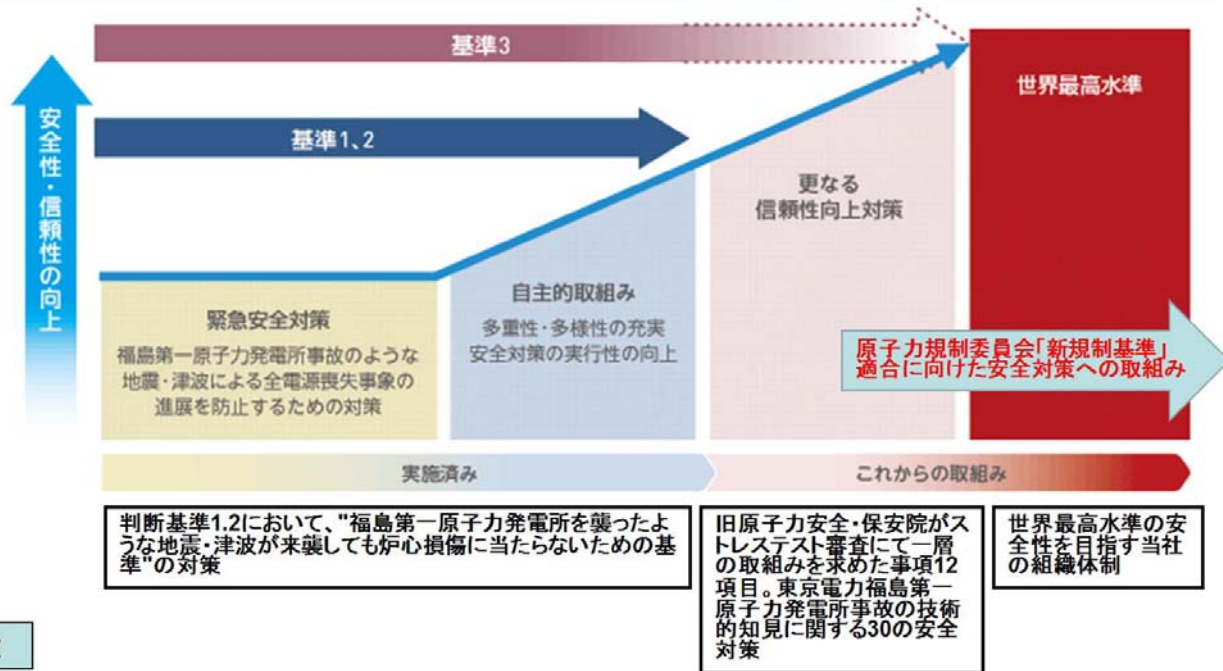
目次

1. 原子力発電所の安全確保に向けた取組み
 2. 緊急安全対策・自主的な取組み
 3. 大飯発電所3/4号機における更なる信頼性向上対策
 4. 新規規制基準への対応
 5. 世界最高水準の安全性を目指した自主的・継続的な取組み
 6. 「原子力発電の安全性向上への決意」への社達の制定
 7. 原子力事業本部における安全性向上に向けた基盤整備
 8. 事故時対応体制の充実
 9. 万一の重大事故に対応した主な訓練
 10. 運転期間60年延長認可申請に当たっての特別点検の実施
 11. 原子力事業本部の安全管理体制の強化
- (参考)
- ・電気事業連合会「原子力緊急事態支援組織」の基本計画
 - ・新規規制基準の安全審査に伴って、各電力会社が追加した安全対策の一例
 - ・美浜発電所1、2号機の廃止措置に向けた取組み



1. 原子力発電所の安全確保に向けた取り組み

関西電力(株)では、「更なる安全性・信頼性向上のための実施計画」を着実に実施するとともに、今後も福島第一原子力発電所の事故に関する新たな知見への対応など、世界最高水準の安全を目指して、原子力発電所の安全確保に取り組んでいる。

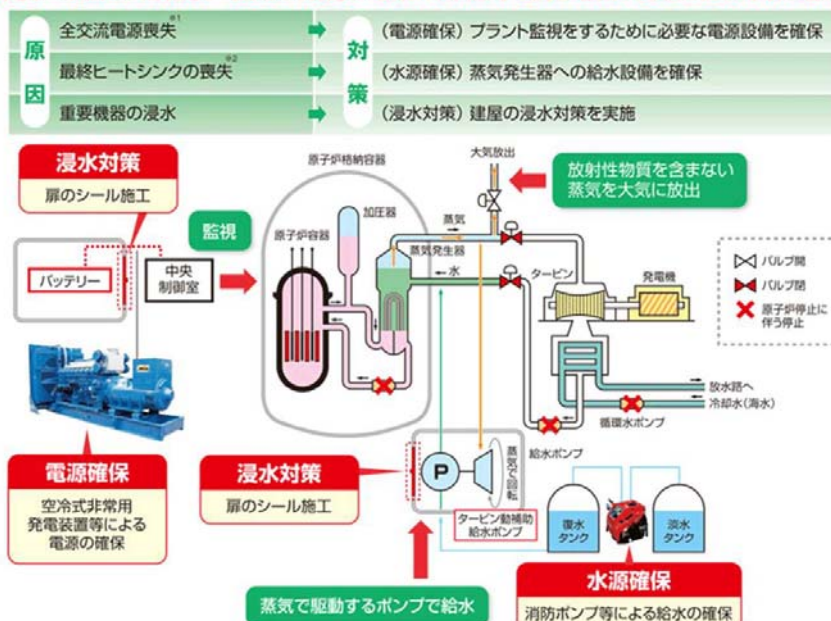


2



2. 緊急安全対策・自主的な取り組み

福島第一原子力発電所の事故では、地震発生直後に「止める」機能は働きましたが、全交流電源の喪失、海水ポンプ損傷等により「冷やす」機能が失われ、結果として放射性物質を「閉じ込める」ことができなかった。緊急時にも原子炉や使用済燃料プールを冷却し、同じような事態にならないように、事故の後直ちに、「電源の確保」、「水源の確保」、「浸水対策」に取り組み、原子力発電所の安全性の向上を図ってきた。



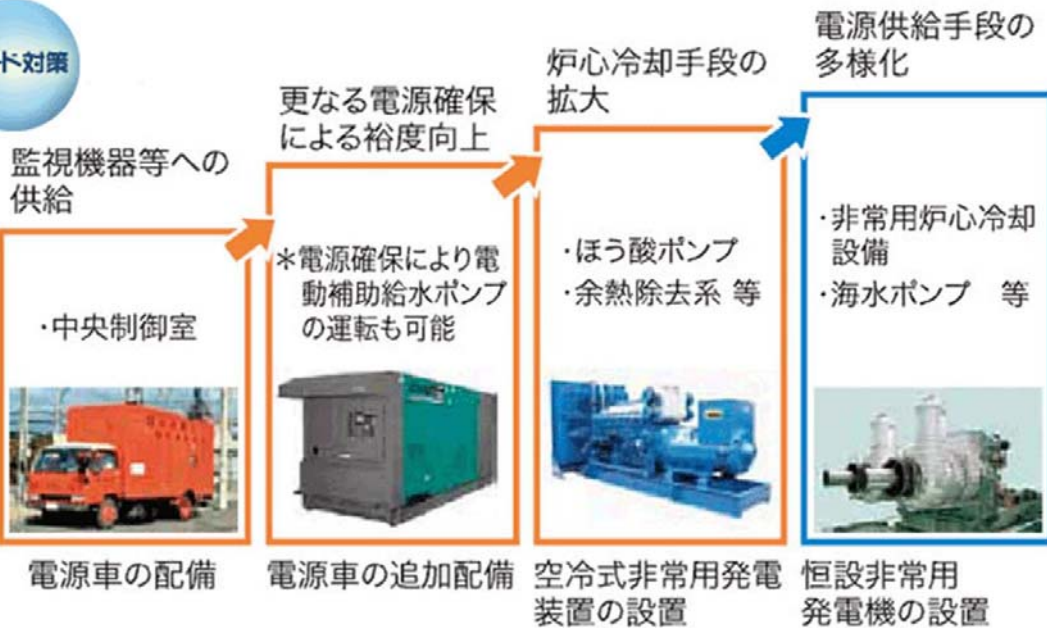
3

※1 外部電源、非常用ディーゼル発電機の機能が失われ、発電所が完全に停止すること。
 ※2 ヒートシンクとは、熱の逃し場所のこと。最終ヒートシンクの喪失は、燃料からの熱を除熱するために海水を取水できなくなる。

2.緊急安全対策・自主的な取組み

①電源の確保

ハート対策



接続の簡素化

津波の影響がない海拔30m以上に配備した空冷式非常用発電装置から円滑に中央制御室や炉心冷却設備等に給電できるようにあらかじめケーブルを敷設

4

2.緊急安全対策・自主的な取組み

①電源の確保

ソフト対策

配備した電源車や空冷式非常用発電装置をすみやかに必要な箇所に接続するための対策

体制の確立

マニュアルの整備

訓練の実施

■訓練項目

・電源車の配置 ・電源車の運転 ・電源ケーブル接続 ・電源車への給油



電源車の接続訓練



夜間訓練

訓練の反映

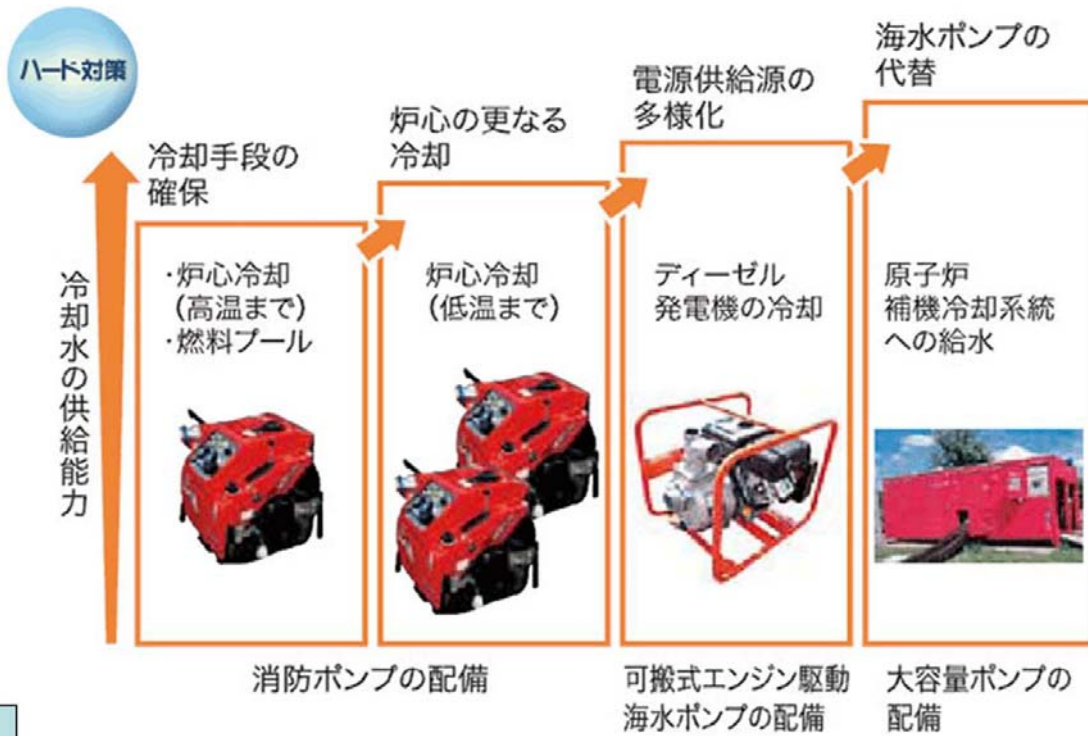
- ・夜間のヘッドランプの配備
- ・作業性向上のため接続端子形状の改善 他

設備強化対策による接続時間の短縮

5

2.緊急安全対策・自主的な取組み

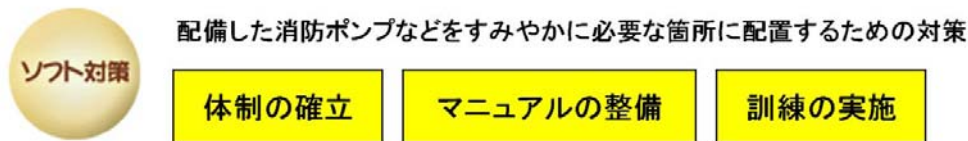
②冷却機能の確保



6

2.緊急安全対策・自主的な取組み

②冷却機能の確保



- 訓練項目
- ・ポンプの配置
 - ・ホースの敷設
 - ・ポンプの運転
 - ・ポンプへの給油



ポンプ配置の訓練



ホース敷設の訓練

訓練の反映

- ・ポンプ配置箇所へのマーキング
- ・連絡を密にするための無線機の配備 他

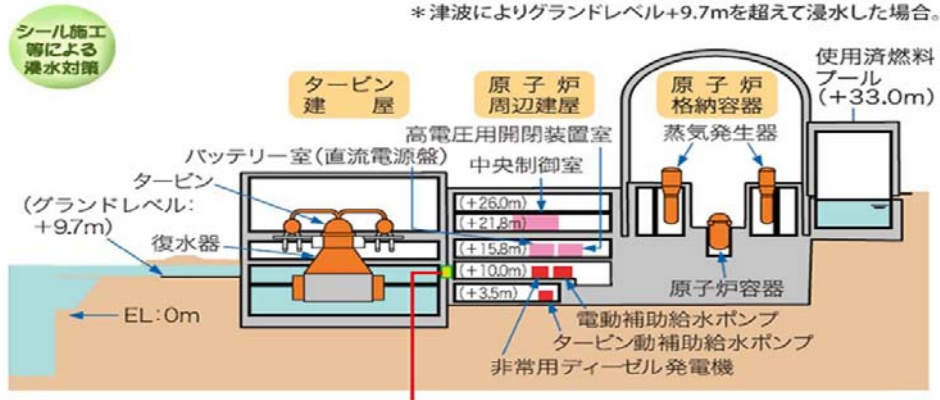
資機材の予備

- ・消防ポンプ、ホース

7

2.緊急安全対策・自主的な取組み

③浸水対策



津波から守るための浸水対策を実施



8

2.緊急安全対策・自主的な取組み

③浸水対策

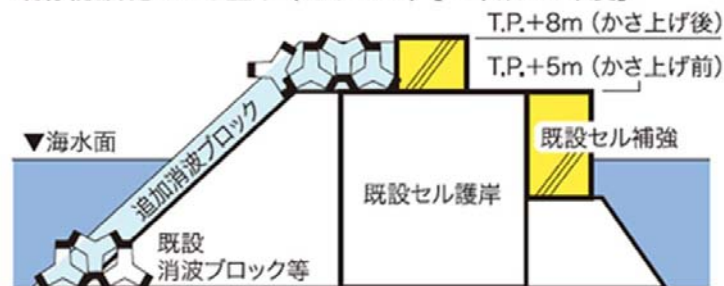
さらなる安全対策

大飯発電所

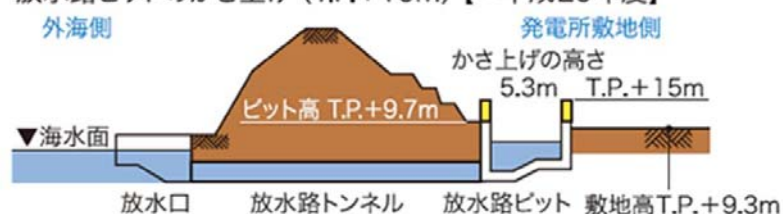
防潮堤設置・防波堤等のかさ上げによる浸水対策

■大飯発電所の防波堤

・既存防波堤のかさ上げ (T.P.+8m) 【～平成25年度】



・放水路ピットのかさ上げ (T.P.+15m) 【～平成25年度】



9

*T.P.:東京湾平均海面(Tokyo Peil)のことであり、全国の標高の基準となる海水面の高さをいいます。



3.大飯発電所3/4号機における更なる信頼性向上対策

安全性に関する総合評価(ストレステスト)の実施

○平成23年7月11日、政府は福島第一原子力発電所事故を踏まえ、原子力発電所における安全上重要な施設や機器等がどの程度まで耐えられるのかを調べたうえで、原子力発電所として総合的に安全裕度を評価するストレステストを行うことを公表した。

これは、国民・住民が安心・信頼確保のために、欧州諸国で既に導入されていたストレステストを参考に、新たな手続き、ルールに基づく安全性に関する総合評価(ストレステスト)の実施する。

「一次評価」:設計上の想定を超える地震や津波等に襲われた場合に対し、どの程度の安全裕度を有するかの評価を行い、緊急安全対策の効果がどの程度かを定量的に評価し、原子力発電所の定期検査後の再稼働の判断材料とする。

「二次評価」:欧州諸国のストレステストの実施状況、福島原子力発電所事故調査・検証委員会の検討状況を踏まえた総合的な安全評価を行う。

○平成23年7月22日、旧原子力安全・保安院から福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全性に関する総合評価(ストレステスト)に関する指示を受け、再稼働に向け随時、結果報告を提出した。

- ・大飯3号機:平成23年10月28日
- ・大飯4号機:平成23年11月17日
- ・美浜3号機:平成23年12月16日 →延長申請:平成27年11月26日、認可期限:平成28年11月30日
- ・高浜1号機:平成24年1月13日 →延長申請:平成27年4月30日、認可期限:平成28年7月7日
- ・大飯1号機:平成24年1月27日
- ・高浜4号機:平成24年4月6日
- ・高浜3号機:平成24年4月27日
- ・大飯2号機:平成24年7月20日
- ・高浜2号機:平成24年8月3日 →延長申請:平成27年4月30日、認可期限:平成28年7月7日
- ・美浜1/2号機:平成24年8月30日 →廃炉:平成27年4月27日、廃止措置計画認可申請:平成28年2月12日

10



3.大飯発電所3/4号機における更なる信頼性向上対策

①平成24年2月13日、旧原子力安全・保安院から出された大飯発電所3/4号機ストレステスト(一次評価)の審査書における「一層の取組みを求めた事項」の6事項12項目



※4 緊急時対策所とは、原子力発電所で事故が起きた場合に、対策本部を設け、状態の把握とともに対策指令や、関係各所との通信連絡等を行う施設
 ※5 空冷式非常用発電機とは、全空冷発電機であり、発電所の保安を確保し原子炉を安全に停止するために必要な設備等に電力を供給することを目的として配備した、空冷式のディーゼルエンジン駆動の発電機
 ※6 原子炉建屋背後斜面は、耐震性を有しており、地震発生時にも大規模な斜面の崩落が発生しないことを確認しています

11



3.大飯発電所3/4号機における更なる信頼性向上対策

旧原子力安全・保安院がストレステスト(一次評価)審査において一層の取組みを求めた事項の実施状況(平成27年8月末)

一層の取組を求められた事項	対応内容	対応状況
1. 要員召集体制の構築および強化	1 常駐要員の強化	完了 平成24年4月完了
	2 協力会社支援体制の構築	完了 平成24年3月体制構築済
	3 対策本部要員のより確実な召集	完了 平成24年3月運用開始
2. 免震事務棟の前倒し設置及び、より確実な代替措置の構築	4 免震事務棟の早期設置	作業中 平成29年度運用開始予定
	5 代替場所の指揮所としての機能充実および指揮所機能の訓練	完了 平成23年度実施済み、訓練は継続実施
3. 空冷式非常用発電装置の分散配置	6 落石防護柵を背後斜面に設置	完了 平成24年6月完了
	7 落石による共通要因故障回避のための分散配置	完了 平成24年10月実施済
4. 3号機浸水口の津波による漂流物防 護柵の強化	8 浸水口手前に車両等の漂流物進入を防止する鋼製門扉を設置	完了 平成24年9月実施済
	9 浸水口である防潮扉をより信頼性の高い水密扉に取替	完了 平成24年5月完了
5. 陀羅山トンネル内の未使用配管の撤去	10 トンネル内の頂部にある耐震クラスの低い未使用配管については地震時に落下し、緊急車両の通行を阻害する可能性があることから、これらを撤去	完了 平成24年6月完了
6. 消防ポンプの代替の取水地点の検討	11 取水ポイントの漂着物等撤去用の重機(油圧ショベル)配備	完了 平成24年2月配備済
	12 地震等の影響を受けにくい代替取水ポイントを複数選定し訓練実施	完了 平成24年4月実施済、訓練は継続実施

12



3.大飯発電所3/4号機における更なる信頼性向上対策

②平成24年3月28日、旧原子力安全・保安院が東京電力福島第一原子力発電所事故の技術的知見に関する国の審議会での論議を踏まえて取りまとめた5項目(30の安全対策)

東京電力福島第一原子力発電所事故の技術的知見に関する30の安全対策

①外部電源対策	1: 外部電源系統の信頼性向上	④格納容器 破損・水素 爆発対策	18: 格納容器の除熱機能の多様化
	2: 変電所設備の耐震性向上		19: 格納容器トップヘッドフランジ※11の過温破損防止対策
	3: 開閉所※7設備の耐震性向上		20: 低圧代替注水への確実な移行
	4: 外部電源設備の迅速な復旧		21: ベント※12の確実性・操作性の向上
②所内電気設備対策	5: 所内電源設備の位置的な分散	⑤管理・計装 設備対策	22: ベントによる外部環境への影響の低減
	6: 浸水対策の強化		23: ベント配管の独立性確保
	7: 非常用交流電源の多重性と多様性の強化		24: 水素爆発の防止(濃度管理及び適切な放出)
	8: 非常用直流電源の強化		25: 事故時の指揮所の確保・整備
	9: 個別専用電源の設置		26: 事故時の通信機能確保
	10: 外部からの給電の容易化		27: 事故時における計装設備の信頼性確保
	11: 電源設備関係予備品の備蓄		28: プラント状態の監視機能の強化
③冷却・注水設備対策	12: 事故時の判断能力の向上	⑩ SRVとは PWRにおいては主蒸気逃がし弁。放射性物質を含まない2次系の蒸気を大気に放出し、原子炉を冷却するための設備。	29: 事故時モニタリング※13機能の強化
	13: 冷却設備の耐浸水性・位置的分散		30: 非常事態への対応体制の構築・訓練の実施
	14: 事故後の最終ヒートシンク※8の強化		※10 トップヘッドフランジとは BWR(沸騰水型軽水炉)の格納容器本体とその上蓋の合わせ面。PWRには格納容器トップヘッドがないため対策不要 BWRとは、減速材及び冷却材として普通の水(軽水)を用い、原子炉で水を沸騰させてきた蒸気を直接タービンに送って発電する原子炉
	15: 隔離弁※9・SRV※10の動作確実性の向上		
	16: 代替注水機能の強化		
	17: 使用済燃料プールの冷却・給水機能の信頼性向上		

※7 開閉所とは

発電した電力を電力系統へ送り出すために設置する中継基地。開閉器で電力回路の開閉を行う施設。

※8 最終ヒートシンクとは

原子炉等で発生した熱を最終的に移送する熱の逃がし場

※9 隔離弁とは

系統などの異常を検出した場合に、安全を確保するために取り付けられた、配管の流路を遮断する弁。ここでいう隔離弁は、緊急時に冷却水を供給する弁を指しているが、PWR(加圧水型軽水炉)では、電源喪失時においても安全を維持する状態で保持することを確認している

PWRとは、原子炉で発生した熱を取り出す1次系冷却水に高い圧力をかけ、沸騰を抑える形式の原子炉。当社の11基の原子力発電所は全てPWR

※10 SRVとは

PWRにおいては主蒸気逃がし弁。放射性物質を含まない2次系の蒸気を大気に放出し、原子炉を冷却するための設備。

※11 トップヘッドフランジとは

BWR(沸騰水型軽水炉)の格納容器本体とその上蓋の合わせ面。PWRには格納容器トップヘッドがないため対策不要
BWRとは、減速材及び冷却材として普通の水(軽水)を用い、原子炉で水を沸騰させてきた蒸気を直接タービンに送って発電する原子炉

※12 ベントとは

万一炉心が損傷し、格納容器の内圧が大きく上昇した場合に、圧力を低減して損傷を防止するために格納容器から気体を外部へ放出すること

※13 モニタリングとは

原子力施設に起因する放射線や放射性物質の影響を確認するため、原子力施設周辺の環境における空間線量率や土壌、食物、水などに含まれる放射性物質濃度を測定・評価すること

13



3.大飯発電所3/4号機における更なる信頼性向上対策

関西電力ホームページのプレスリリース
2013年11月8日

①外部電源対策

対策事項	対応内容		対応状況	
1.外部電源系統の信頼性向上	1-1	1ルート喪失しても外部電源を喪失しないことを確認	完了	平成23年度実施済
	1-2	77kV長幹支持がいし免震対策を実施	完了	平成23年度実施済
	1-3	鉄塔基礎土崩壊や地すべり、急傾斜地の土砂崩壊の影響を評価し、必要な対策を実施	完了	平成24年9月実施済
	1-4	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	完了	平成25年度実施済
2.変電所設備の耐震性向上	2-1	ガス絶縁開閉装置により耐震性を強化した回線を2回線確保されていることを確認	完了	平成23年度実施済
	2-2	変電所において耐震性強化を図るため、高強度がいしへ取替	完了	平成25年度実施済
3.開閉所設備の耐震性向上	3-1	開閉所電気設備の安全裕度を確認	完了	平成23年度実施済
	3-2	開閉所電気設備の耐震性評価を行い、必要に応じ耐震性向上対策を実施	完了	平成25年度実施済
	3-3	がいし型遮断器は設置されていない		対策不要
4.外部電源設備の迅速な復旧	4-1	損傷箇所を迅速に特定できる設備が導入されていることを確認	完了	平成23年度実施済
	4-2	復旧手順を定めたマニュアルを整備、必要な資機材を確保	完了	平成24年8月実施済

14



3.大飯発電所3/4号機における更なる信頼性向上対策

関西電力ホームページのプレスリリース
2013年11月8日

②所内電気設備対策

対策事項	対応内容		対応状況	
5.所内電源設備の 位置的な分散	5-1	空冷式非常用発電装置を津波の影響を受けない高所に配備	完了	平成23年9月実施済
	5-2	既設受電設備が使用できない場合も想定し、緊急用高所受電設備の設置	作業中	平成27年度完了予定
6.浸水対策の強化	6-1	重要な機器が機能喪失しないよう建屋の浸水防止対策を実施	完了	平成23年度実施済
	6-2	水密扉への取替えの実施	完了	平成24年9月実施済
	6-3	防波堤のかさ上げ、防潮堤の設置	完了	平成25年度実施済
	6-4	予備変圧器防油堤かさ上げ、電路他浸水対策	完了	平成25年度実施済
	6-5	可搬式ポンプ他確保	完了	平成24年9月実施済
	6-6	非常用ディーゼル発電機空調用ダクトかさ上げ	完了	平成24年8月実施済
7.非常用交流電源の 多重性と多様性の強化	7-1	空冷式非常用発電装置の配備	完了	対策5-1で実施済
	7-2	発電所内燃料活用により約85日の継続運転が可能	完了	平成23年度実施済
	7-3	空冷式非常用発電装置の配備、ディーゼル発電機への海水供給用可搬式エンジン駆動ポンプの配備などにより多重化・多様化	完了	平成23年度実施済
	7-4	大容量の仮設非常用発電機を津波の影響を受けない高所に設置	作業中	平成29年度完了予定
8.非常用直流電源の強化	8-1	空冷式非常用発電装置の配備により蓄電池への充電が可能(5時間以内)	完了	平成23年9月実施済
	8-2	常用系蓄電池から安全系蓄電池へ接続可能となることを確認	完了	平成25年3月実施済
	8-3	蓄電池を追加設置	作業中	平成27年度完了予定
9.個別専用電源の設置	9-1	重要なパラメータを監視する予備の可搬型計測機器等を手配	完了	対策27-1で実施済
	9-2	重要なパラメータを監視する予備の可搬型計測器等を配備	完了	対策27-2で実施済
10.外部からの 給電の容易化	10-1	高台に空冷式非常用発電装置及び給電口を配備、手順を整備、訓練を実施	完了	平成23年度実施済、訓練は継続実施
	10-2	緊急用高所受電設備の設置	完了	対策5-2で実施
	10-3	給電口への接続困難時のマニュアル整備	完了	平成25年3月実施済

15

3.大飯発電所3/4号機における更なる信頼性向上対策

②所内電気設備対策

関西電力ホームページのプレスリリース
2013年11月8日

対策事項	対応内容	対応状況		
11.電気設備関係 予備品の備蓄	11-1	海水ポンプモータ予備品などを津波の影響を受けない高所に保管	完了	平成23年度実施済
	11-2	ハンドライト他配備	完了	平成23年度実施済
	11-3	資機材に関する情報を加味した全交直流電源喪失時の復旧マニュアル整備・訓練	完了	平成23年度実施済、訓練は継続実施
	11-4	緊急用高所受電設備の設置	作業中	対策5-2で実施

③冷却・注水設備対策

対策事項	対応内容	対応状況		
12.事故時の 判断能力の向上	12-1	事故時操作所則に最優先すべき状況の判断基準が明確化されていることを確認、大津波警報発令時の手順を追加	完了	平成23年度実施済
	12-2	線量計、マスク、防護服他の資機材整備	完了	平成23年度実施済
	12-3	緊急時対策所などの事故時通信機能確保	完了	対策26-1で実施済
	12-4	引き津波発生時の対応手順書が整備されていることを確認	完了	実施済
	12-5	現場操作機器などのマニュアルへの情報追加、教育の実施、線量予測図の作成・シビアアクシデント対応マニュアルへの反映	完了	平成25年度実施済
13.冷却設備の 耐浸水性・位置的分散	13-1	重要な機器が機能喪失しないよう建屋の浸水防止対策を実施	完了	対策6-1で実施済
	13-2	消防ポンプなどの資機材を津波の影響を受けない場所にて保管	完了	平成23年度実施済
	13-4	水密扉への取替えの実施	完了	対策6-2で実施済
	13-5	防波堤のかさ上げ、防潮堤の設置	完了	対策6-3で実施済



16

3.大飯発電所3/4号機における更なる信頼性向上対策

③冷却・注水設備対策

関西電力ホームページのプレスリリース
2013年11月8日

対策事項	対応内容	対応状況		
14.事故後の 最終ヒートシンクの強化	14-1	主蒸気逃がし弁から大気へ原子炉の崩壊熱を放出する手段等の多重性・多様性を確保	完了	平成23年度実施済
	14-2	非常用炉心冷却システムの健全性確認	完了	平成23年度実施済
	14-3	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	完了	平成23年度実施済
	14-4	水源となるタンク周りに防護壁を設置、防波堤のかさ上げ、防潮堤の設置	完了	対策6-3で実施済
15.隔離弁・SRVの 動作確実性の向上	15-1	冷却に必要な系統の弁は電源喪失時にも開状態維持のため対策不要		対策不要
	15-2	主蒸気逃がし弁の手動操作性、アクセス性を確認	完了	平成23年度実施済
	15-3	空気作動弁等の作動用空気確保のためのコンプレッサー等の確保	完了	平成25年3月実施済
16.代替注水機能の 強化	16-1	代替注水設備の駆動源の多様化として、エンジン駆動の消防ポンプを配備	完了	平成23年度実施済
	16-2	水源の多重化・多様化	完了	平成23年度実施済
	16-3	海水接続口の整備	完了	平成23年度実施済
	16-4	補助給水ライン改造	完了	平成23年度実施済
	16-5	復水ピットから蒸気発生器へ直接補給できる中圧ポンプの配備	完了	平成24年5月実施済
17.使用済燃料プールの 冷却・給水機能の 信頼性向上	17-1	海水を含む複数の水源から複数の給水手段を確保	完了	平成23年度実施済
	17-2	外部支援がない場合の冷却期間確保	完了	平成23年度実施済
	17-3	冷却・給水機能の信頼性向上	完了	平成23年度実施済
	17-4	使用済燃料ピットポンプ健全性確認	完了	平成23年度実施済
	17-5	監視強化	完了	対策28-1で実施済
	17-6	使用済燃料ピット広域水位計の設置	完了	対策28-2で実施済

17



3.大飯発電所3/4号機における更なる信頼性向上対策

関西電力ホームページのプレスリリース
2013年11月8日

④格納容器破損・水素爆発対策

対策事項	対応内容	対応状況
18 格納容器の除熱機能の多様化	18-1 大容量ポンプ・空冷式非常用発電装置により原子炉補機冷却機能を確保	完了 平成23年度実施済
	18-2 大容量ポンプの高台への配備	完了 平成23年12月実施済
	18-3 ディーゼル駆動ポンプによる格納容器スプレイを用いた減圧機能を確保済み	完了 実施済
	18-4 格納容器スプレイリングの健全性確認	完了 平成23年度実施済
	18-5 フィルタ付ベント設備の設置	作業中 対策22-2で実施
19 格納容器トップヘッドフランジの過温破損防止対策	19 PWRプラントにトップヘッドはないため、対象外	対象外
20 低圧代替注水への確実な移行	20-1 主蒸気逃がし弁による減圧手段の手順を確立済み	完了 実施済
	20-2 中圧ポンプの配備に伴う更なるマニュアルの充実	完了 平成24年6月実施済
21 ベントの確実性・操作性の向上	21-1 PWRでは炉心冷却を蒸気発生器からの冷却で行うための、主蒸気逃がし弁の手動操作は可能	完了 対策15-2で実施済
	21-2 フィルタ付ベント設備の設置の際に操作性を考慮	作業中 対策22-2で実施
22 ベントによる外部環境への影響の低減	22-1 格納容器スプレイによるよう素除去	完了 平成23年度実施済
	22-2 フィルタ付ベント設備の設置	作業中 平成28年度完了予定
23 ベント配管の独立性確保	23-1 格納容器排気筒はユニット毎に独立	完了 実施済
	23-2 フィルタ付ベント設備はユニット毎に排気筒を設置	作業中 対策22-2で実施
24 水素爆発の防止 (濃度管理及び適切な放出)	24-1 水素がアンユラス内に漏れ出ることも想定し、アンユラス排気ファンの運転手順を整備	完了 平成23年度実施済
	24-2 静的触媒式水素再結合装置の設置	完了 平成25年6月実施済

18



⑤管理・設備対策

関西電力ホームページのプレスリリース
2013年11月8日

対策事項	対応内容	対応状況
25 事故時の指揮所の確保・整備	25-1 緊急時対策所被災時には利用可能な施設に本部を設置することを確認	完了 実施済み
	25-2 中央制御室横指揮所機能の確保	完了 平成23年度実施済
	25-3 事故時の指揮機能を強化するため、免震事務棟の設置	作業中 平成29年度運用開始予定
26 事故時の通信機能確保	26-1 通信設備(トランシーバー、衛星携帯電話など)を確保するとともに分散配備	完了 平成23年度実施済
	26-2 緊急時対応支援システムへのデータ伝送系増強	完了 平成25年度実施済
	26-3 TV会議システムの導入検討	完了 平成25年7月実施済
	26-4 衛星携帯電話の外部アンテナの設置、オフサイトセンターへの衛星電話の配備、衛星可搬局の設置	完了 平成24年11月実施済
	26-5 免震事務棟への通信設備移設	作業中 対策25-3で実施
27 事故時における計装設備の信頼性確保	27-1 重要なパラメータを監視する予備の可搬型計測器等を手配	完了 平成24年4月実施済
	27-2 重要なパラメータを監視する予備の可搬型計測器の配備	完了 平成24年6月実施済
28 プラント状態の監視機能の強化	28-1 非常用電源から電源供給される使用済燃料ピット監視カメラの設置	完了 平成23年度実施済
	28-2 非常用電源から電源供給される使用済燃料ピット広域水位計の設置	完了 平成25年度実施済
	28-3 格納容器内監視カメラの活用検討	完了 平成26年度実施済
	28-4 過酷事故用計装システムに関する研究	完了 平成26年度実施済
29 事故時モニタリング機能の強化	29-1 モニタリングポストの電源対策として、非常用電源からの供給、バッテリー容量の増加、専用のエンジン発電機を設置	完了 平成23年度実施済
	29-2 モニタリングポスト汚染時の対応訓練	完了 平成23年度実施済、訓練は継続実施
	29-3 モニタリングポストの伝送ラインの2重化	完了 平成25年度実施済
	29-4 可搬型モニタリングポストの追加配備	完了 平成25年3月実施済
30 非常事態への対応体制の構築・訓練の実施	30-1 消防ポンプなどの必要な資機材・予備品の確保	完了 平成23年度実施済
	30-2 マニュアル整備	完了 平成23年度実施済
	30-3 体制強化・要員召集方法強化	完了 平成23年度実施済
	30-4 夜間等より厳しい状況を想定した訓練	完了 平成23年度実施済、訓練は継続実施
	30-5 指揮命令系統の明確化・特命班の設置	完了 平成23年度実施済
	30-6 発電所常駐要員の増員	完了 平成24年4月実施済
	30-7 更に必要な資機材や予備品の検討、確保、リストの整備	完了 平成25年3月実施済

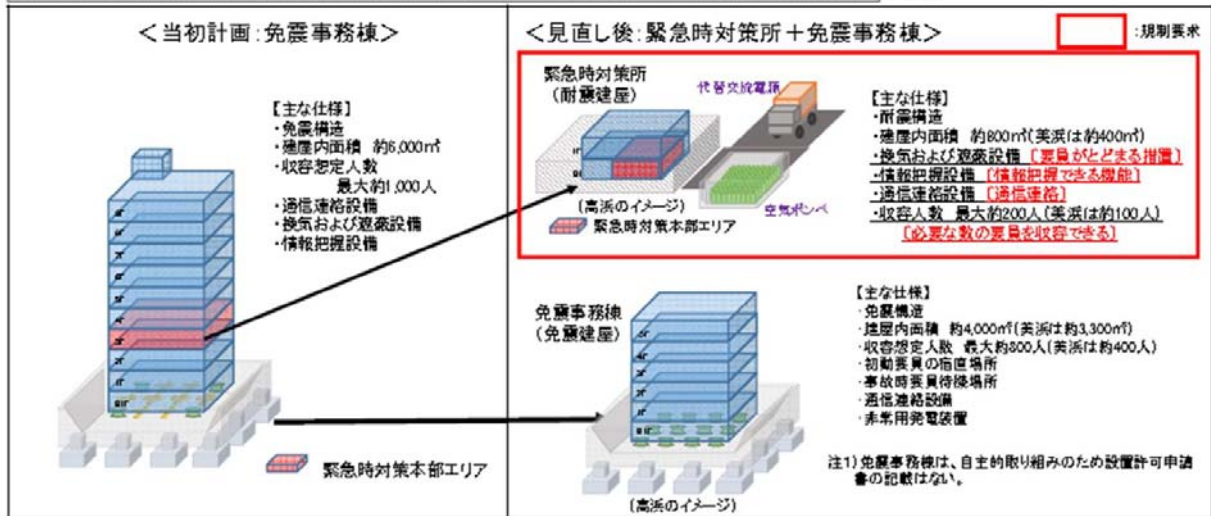
19

3.大飯発電所3/4号機における更なる信頼性向上対策

対策25-3

新規制基準安全審査資料により

緊急時対策所+免震事務棟のイメージ(平成29年度運用開始予定)



緊急時対策所は、新規制基準において、中央制御室以外の場所で、かつ、中央制御室と共通要因により同時に機能喪失しないことが求められていることから、新規制基準を満足する緊急時対策所(耐震建屋)を設置する。(平成29年度運用開始予定) また、自主的取り組みとして、関係要員等をより多く収容するため免震事務棟(免震建屋)を設置する。

設置場所

- ・美浜:3号機取水口横(EL.+6.0m)
- ・高浜:北門横協力会社駐車場(EL.+17.0m)
- ・大飯:グランド横(EL.+15.0m)

20

4.新規制基準への対応

関西電力ホームページより

平成24年9月19日、旧原子力安全・保安院に代わって新たに原子力規制委員会が発足し、原子炉等の設計を審査するための新しい基準を作成し、運用を開始した。

新規制基準は、東京電力福島第一原子力発電所の事故の反省や国内外からの指摘を踏まえて策定され、平成25年7月8日に新規制基準が施行され、下記の項目について強化または新たに追加された。

●重大事故(シビアアクシデント)対策

新規制基準において大規模な自然災害及びテロリズムやその他の犯罪行為等の発生を想定とした重大事故(シビアアクシデント)対策が新設されています。

●地震・津波対策

活断層の認定基準が厳格化。(将来活動する可能性のある断層などは、後期更新世以降(約12~13万年前以降)の活動が否定できないものとし、必要な場合は、中期更新世以降(約40万年前以降)までさかのぼって活動性を評価することを要求)過去最大を上回るレベルの津波を基準津波として策定し、基準津波への対応として防潮堤等の津波防護施設等の設置などの対策。

●設計基準の強化

これまでの「炉心損傷に至らない状態を想定した設計上の基準」において自然現象(火山・竜巻・森林火災等)に対する安全対策の強化。

従来の規制基準	新規制基準
重大事故(シビアアクシデント)を防止するための基準	重大事故(シビアアクシデント)を防止するための設計基準を強化するとともに、万一、重大事故やテロが発生した場合に対処するための基準を新設
自然現象に対する考慮	意図的な航空機衝突への対応 ... C
火災に対する考慮	放射性物質の拡散抑制対策 ... 重大事故対策を新設
電源の信頼性	格納容器破損防止対策 ...
その他の設備の性能	炉心損傷防止対策 (燃費の悪化のリスクを想定) ...
耐震・耐津波性能	内部凝水に対する考慮(新設) ... B
	自然現象に対する考慮 (火山・竜巻・森林火災を新設) ... 設計基準の強化または新設
	火災に対する考慮 ...
	電源の信頼性 ...
	その他の設備の性能 ...
	耐震・耐津波性能 ... A
	地震・津波に関する設計基準の強化

新規制基準への安全審査申請

- ・大飯3/4号機:平成23年7月8日
- ・高浜3/4号機:平成23年7月8日
- ・高浜1/2号機:平成27年3月17日
- ・美浜3号機:平成27年3月17日

21



4.新規制基準への対応

新規制基準は、

想定を上回る自然災害やテロ攻撃などに備えた「**重大事故対策**」

活断層調査の強化や津波防護策を定めた設計基準「**耐震・耐津波性能**」

既存設備の安全対策を強化する設計基準「**自然現象・火災に対する考慮等**」

の3つから構成されています。

ガスタービン非常用発電装置



重大事故対策
自然現象・火災に対する考慮等
 電源・冷却手段の多重化
 高台への電源車、可搬式ポンプの配備、
 外部電源の多様化。

重大事故対策 特定重大事故等対処施設の設置
※平成29年度を目処に完了予定

緊急時制御室
 中央制御室のバックアップ（遠隔操作）
 原子炉、格納容器への注水機能。

フィルタ付ベント
 重大事故時に放射性物質を低減して排気。

静的触媒式水素再結合装置



イグナイタ

重大事故対策
炉心損傷防止対策
 既設の冷却設備以外に多様な冷却手段を確保。水素除去装置の設置。

重大事故対策
放射性物質の拡散抑制
 措置箇所へ放水する放水塔を配備。汚染水の海洋への拡散抑制のために、取水路と放水口にシルトフェンスを配備。

重大事故対策
緊急時対策所
 免震機能や放射線の遮へい能力が高い免震事務棟の設置。

耐震・耐津波性能
津波対策
 過去最大を上回るレベルの津波を「基準津波」として策定。基準津波への対応として防海堤等の津波防護施設等の設置。

耐震・耐津波性能
地質調査
 後期更新世以降活動が無いことを確認。



4.新規制基準への対応

原子炉規制委員会への安全審査申請

原子力規制委員会ホームページより

(2016年2月末現在)

申請者	対象発電炉（号炉）	申請日	許可日
北海道電力	泊原子力発電所（1/2号炉）	2013年7月8日	
北海道電力	泊原子力発電所（3号炉）	2013年7月8日	
関西電力	大飯原子力発電所（3/4号炉）	2013年7月8日	
関西電力	高浜原子力発電所（3/4号炉）	2013年7月8日	2015年2月12日
四国電力	伊方原子力発電所（3号炉）	2013年7月8日	2015年7月15日
九州電力	川内原子力発電所（1/2号炉）	2013年7月8日	2014年9月10日
九州電力	玄海原子力発電所（3/4号炉）	2013年7月12日	
東京電力	柏崎刈羽原子力発電所（6/7号炉）	2013年9月27日	
東京電力	柏崎刈羽原子力発電所（1/6/7号炉）	2014年12月15日	
中国電力	島根原子力発電所（2号炉）	2013年12月25日	
東北電力	女川原子力発電所（2号炉）	2013年12月27日	
中部電力	浜岡原子力発電所（4号炉）	2014年2月14日	
日本原子力発電	東海第二原子力発電所	2014年5月20日	
東北電力	東通原子力発電所（1号炉）	2014年6月10日	
北陸電力	志賀原子力発電所（2号炉）	2014年8月12日	
Jパワー（電源開発）	大間原子力発電所	2014年12月16日	
関西電力	美浜原子力発電所（3号炉）	2015年3月17日	
関西電力	高浜原子力発電所（1/2（3/4）号炉）	2015年3月17日	
中部電力	浜岡原子力発電所（3号炉）	2015年6月16日	
日本原子力発電	敦賀原子力発電所（2号炉）	2015年11月5日	



4.新規制基準への対応

原子炉規制委員会への特重施設の原子炉設置許可変更申請

電気新聞より

原子力発電所へのテロ対策などに備えて配備が要求されている特定重大事故等対処施設(特重施設)の原子炉設置許可変更申請は6発電所10基(PWR6基、BWR4基)となった。

(2016年1月末現在)

プラント	対象発電炉(号炉)	本体審査	本體工認取得時期	設置期限
九州電力	川内原子力発電所(1号炉)	合格	2015年3月	2020年3月
	川内原子力発電所(2号炉)		2015年5月	2020年5月
関西電力	高浜原子力発電所(3号炉)	合格	2015年8月	2020年8月
	高浜原子力発電所(4号炉)		2015年10月	2020年10月
四国電力	伊方原子力発電所(3号炉)	合格	近く認可	—
北海道電力	泊原子力発電所(3号炉)	審査中	—	—
東京電力	柏崎刈羽原子力発電所(1号炉)	審査中	—	—
	柏崎刈羽原子力発電所(6号炉)		—	—
	柏崎刈羽原子力発電所(7号炉)		—	—
Jパワー	大間原子力発電所(建設中)	審査中	—	—

24



4.新規制基準への対応

新聞Webサイトより

■電力各社の原発安全対策費用(新聞報道より)

単位:億円 (2016年2月末現在)

	13年1月	13年7月	14年1月	14年6月	14年12月	15年3月
	9,982	15,000	16,172	22,000	24,000	26,000
	13年1月	14年1月	14年7月	15年6月	15年12月	
北海道電力	600	900	15年度～18年度1,000～1,500⇒最終2,000～2,500			
東北電力	250	1,540	—	3,100超		
東京電力	700	2,700	4,700	4,700		
	←福島1F 廃炉・汚染水対策費用(国が投じた費用)1892億円(2011年以降)					
中部電力	1,500	3,000	—	3,500超		
	←使用済核燃料乾式貯蔵施設建設費約300					
北陸電力	250	650	1,500～2,000程度			
関西電力	2,850	2,850	—	2,850	4,929	
	←高浜 緊急対策所+700、大飯・美浜 緊急対策所(未公表)					
	←高浜1/2 特別点検+2000程度、美浜3 特別点検+1000程度					
	←美浜1/2 廃炉 680					
中国電力	500	1,000	—	2,000超	4,000程度	
	←島根1 廃炉 378					
四国電力	832	832	—	1,200超	1,700	
九州電力	2,000	2,100	3,100	3,100超	4,100超	
	←玄海1 廃炉 357					
	←川内テロ対策設備(特定重大事故等対処施設)1,000以上					
日本原電	500	500	—	930超		
	←敦賀1 廃炉 363					
Jパワー	—	—	—	1,300		

25



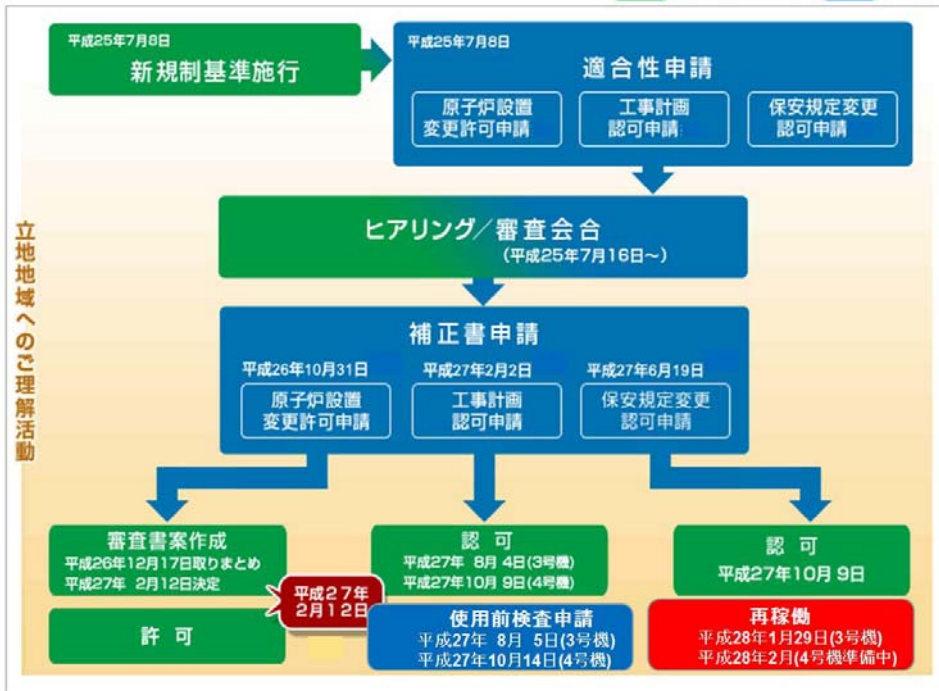
4.新規制基準への対応

高浜3/4号機における新規制基準への適合性審査の流れ

● 審査の流れ

関西電力ホームページのトピックスより

■ 原子力規制委員会 ■ 関西電力

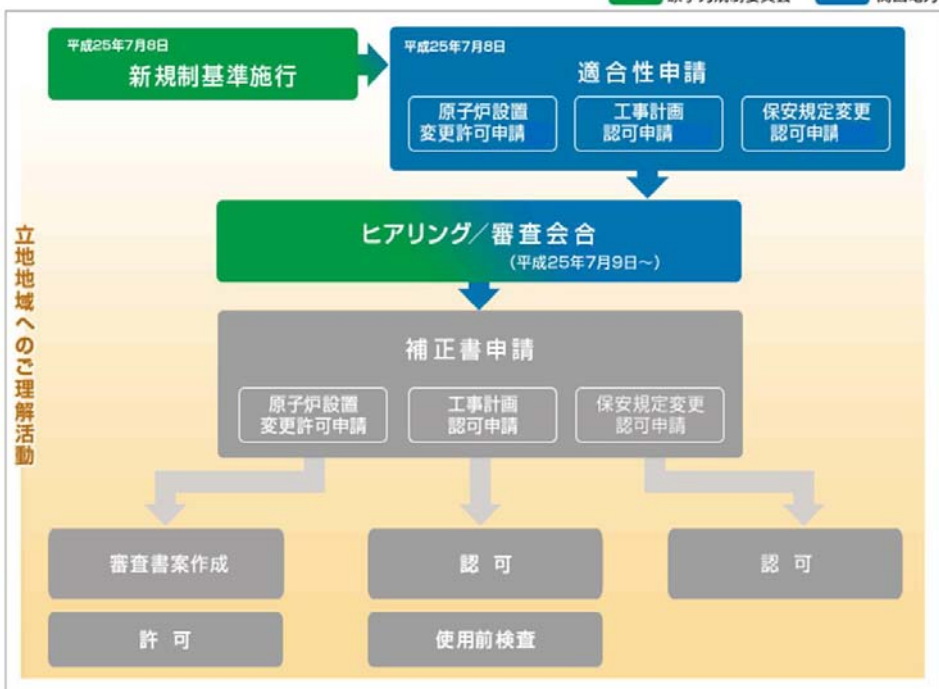


4.新規制基準への対応

大飯3/4号機における新規制基準への適合性審査の流れ

関西電力ホームページのトピックスより

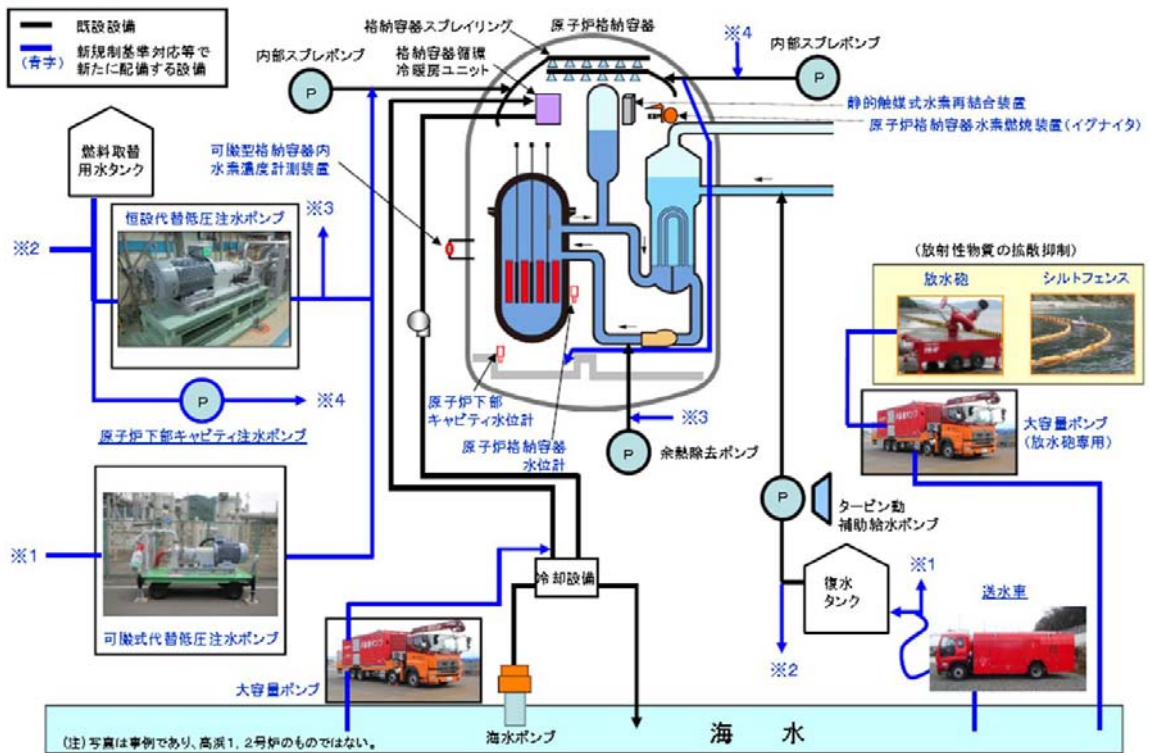
■ 原子力規制委員会 ■ 関西電力



4.新規制基準への対応

新規制基準安全審査資料により

重大事故等対策

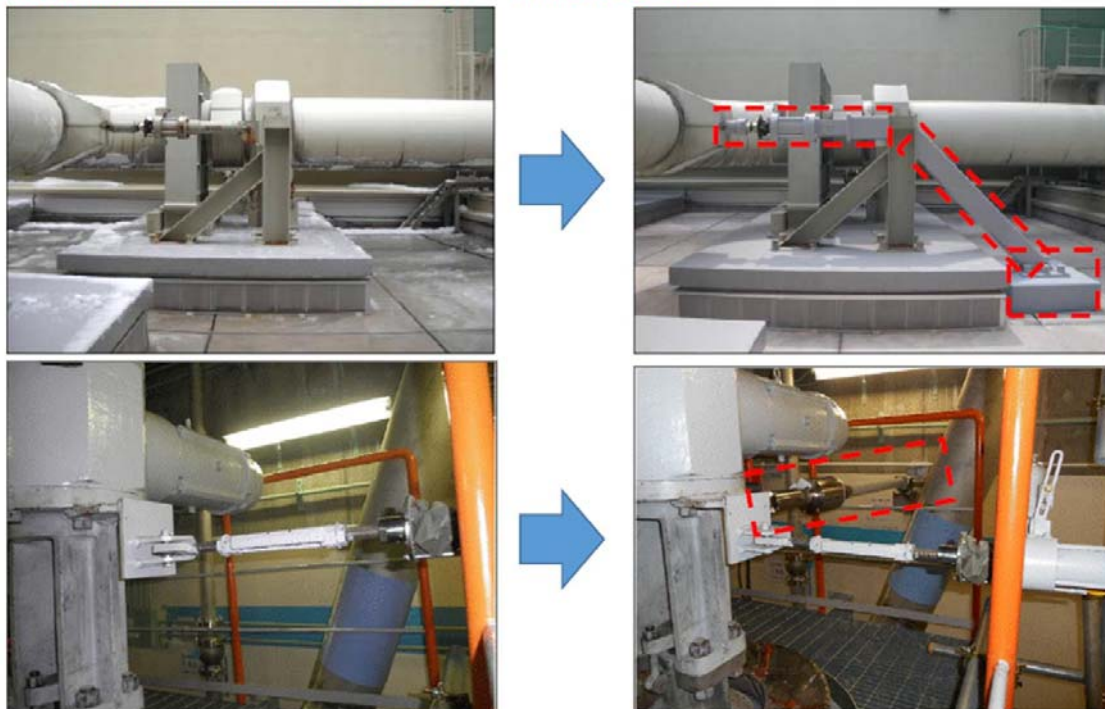


4.新規制基準への対応

新規制基準安全審査資料により

地震対策(一例)

機器・配管の耐震評価およびサポート補強の実施

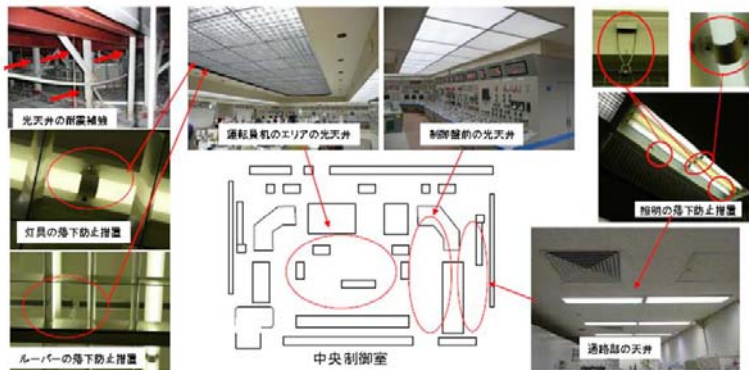


4.新規制基準への対応

新規制基準安全審査資料により

地震対策(中央制御室の例)

光天井の耐震強化/灯具・ルーバーの落下防止措置



運転員執務機の固定化



炭酸ガス消火器の設置



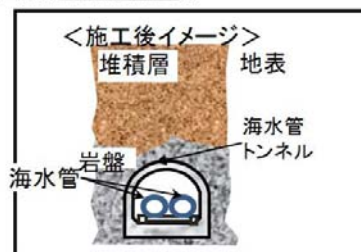
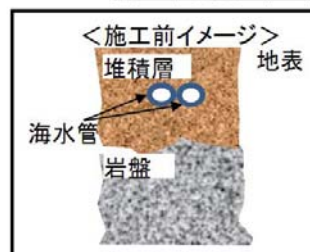
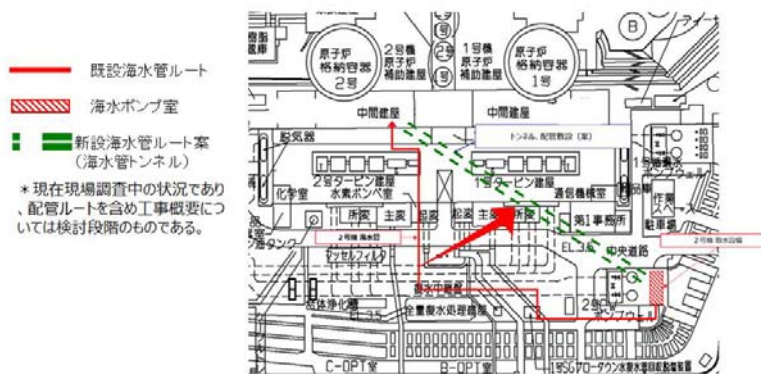
30

4.新規制基準への対応

新規制基準安全審査資料により

地震対策(高浜1/2号機のみ)

基準地震動の見直し(550ガル→700ガル)を踏まえ、強固な岩盤上に海水管を移設し、海水管が設置されている地盤の支持性能の向上



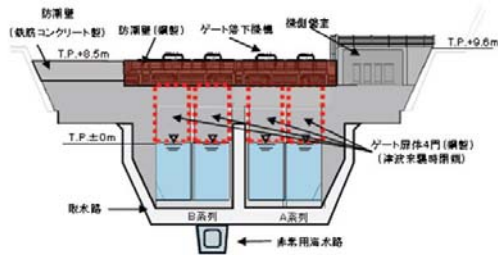
31

4.新規制基準への対応

新規制基準安全審査資料により

津波対策(一例)

高浜発電所取水路への防潮ゲートの設置



大津波警報が発令した場合に、中央制御室からの遠隔操作により、地震・津波発生後13分以内に、全ての防潮ゲート(4門)を確実に閉止する。遠隔操作不能時を考慮し現地での手動操作も可。想定される津波の最大の高さ(入力津波)をT. P+4. 8mとしている。

高浜発電所放水口防潮堤(杭式防潮堤/地盤改良)の設置



32

4.新規制基準への対応

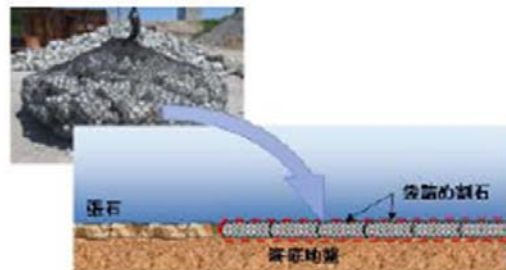
新規制基準安全審査資料により

津波対策(一例)

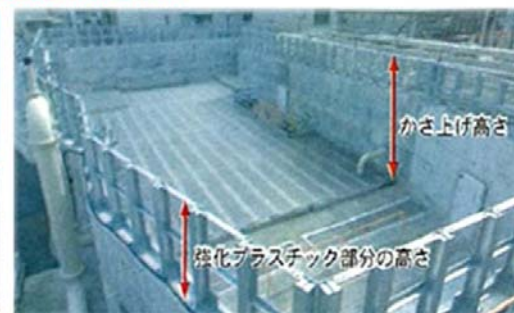
高浜発電所取水口 /放水口の屋外監視カメラ設置



大飯発電所海水ポンプ取水機能低下防止 /土砂の巻き上げ防止対策 (合成繊維を用いた袋材に割石を詰める)



大飯発電所防護壁の設置や放水路のかさ上げ



33

4.新規制基準への対応

新規制基準安全審査資料により

竜巻対策(一例)

【竜巻対策(飛来物防護対策)】

設置前

(海水ポンプエリアの飛来物防護対策)



設置後

<上面>

ネットで飛来物の衝突時の衝撃を吸収



<側面>

鋼板で貫通を阻止

(注)写真は事例であり、高浜1,2号炉のものではない。

【竜巻対策(飛散防止対策)】

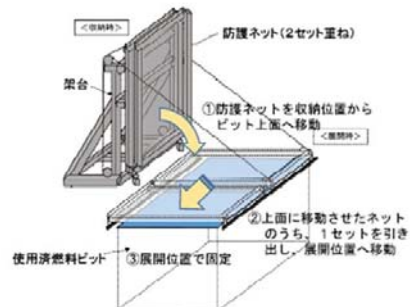
【使用済燃料ピット上面への防護ネットの設置】



34

飛散対象物をアンカー、ウエイト等にて飛散しないよう固縛。

(注)写真は事例であり、高浜1,2号炉のものではない。

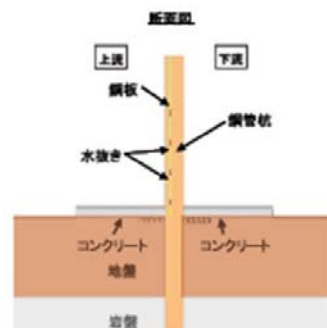
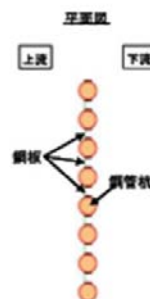
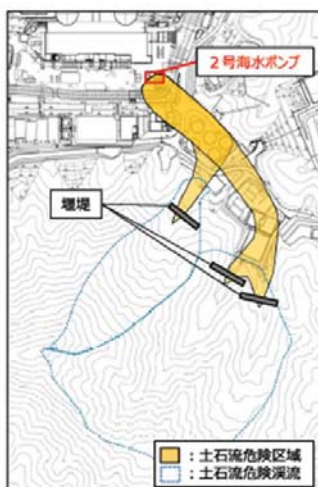


4.新規制基準への対応

新規制基準安全審査資料により

土石流対策(一例)

高浜発電所2号機/土石流危険区域内の土石流対策のための堰堤3箇所の設置



35

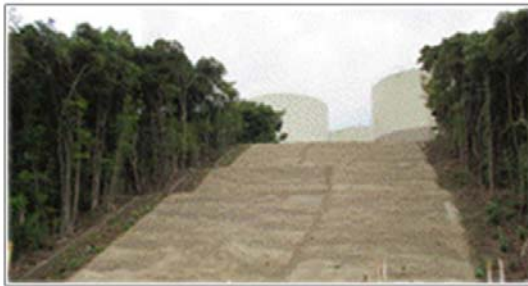
4.新規制基準への対応

新規制基準安全審査資料により

外部火災対策(一例)



発電所を囲む幅1.8mの防火帯



(モルタル吹付け状態)



防火帯
(樹木伐採箇所)

4.新規制基準への対応

新規制基準安全審査資料により

内部火災対策(一例)

消火設備設置



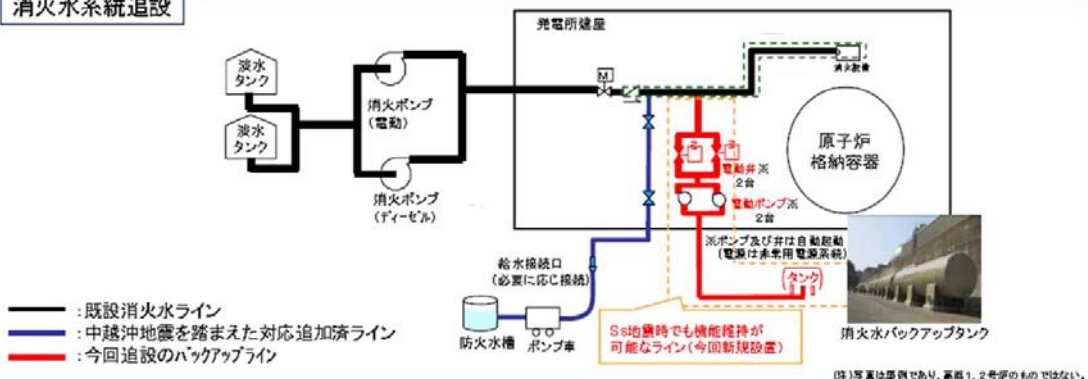
ハロン消火設備の設置



スプリンクラーの設置

(注)写真は事例であり、高圧1、2号炉のものではない。

消火水系統追設

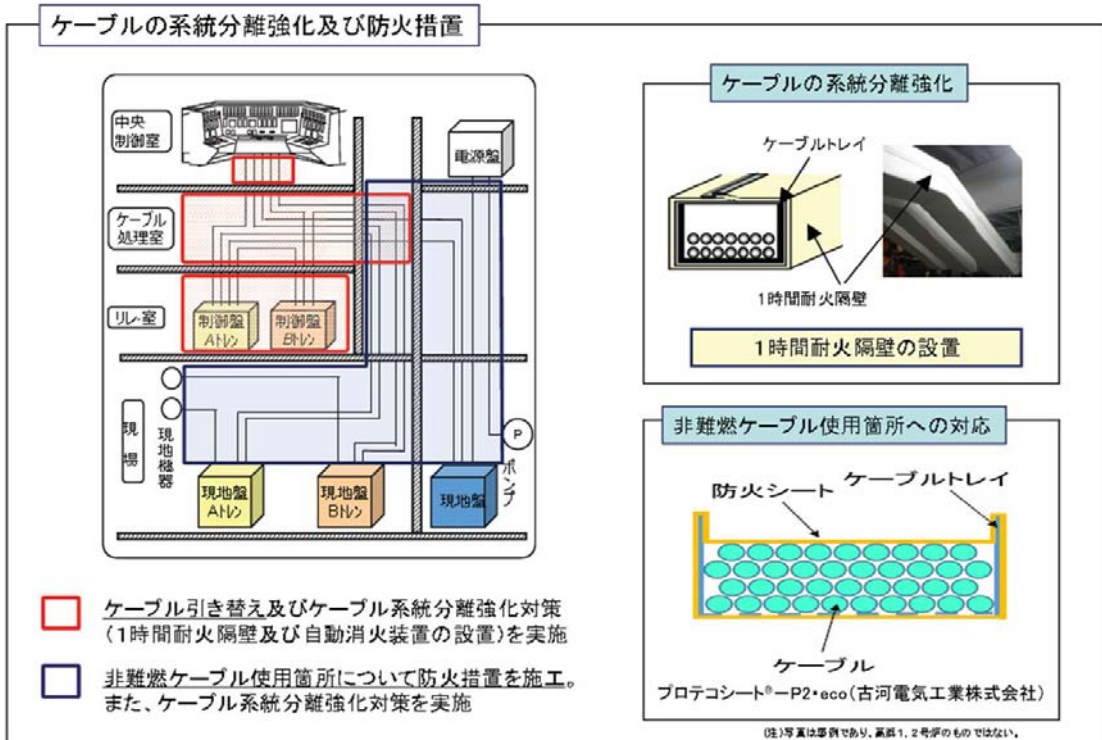


(注)写真は事例であり、高圧1、2号炉のものではない。

4.新規制基準への対応

新規制基準安全審査資料により

内部火災対策(一例)



38

4.新規制基準への対応

新規制基準安全審査資料により

内部火災対策(一例)

新型中央制御盤の火災影響軽減対策

a.筐体による分離

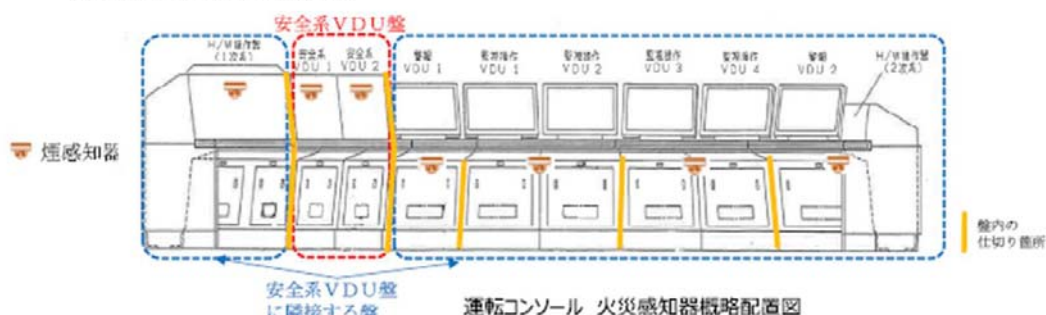
b.火災感知設備及び消火設備

【火災感知設備】

- ・ 盤内で火災が発生すると、温度が上昇する前から煙は発生するため、各安全系VDU盤内に煙感知器を設置し、盤内の構成部品がごく僅かに燃焼した状態で火災を感知する設計とする。
- ・ 念のため、安全系VDU盤に隣接する盤についても、煙感知器を設置し早期に火災を感知する。

【消火設備】

- ・ 火災を感知した場合は、手順にしたがい、中央制御室に常駐する運転員が消火器で消火を行う設計とする。
- ・ 使用する消火設備は、消火剤が不活性で、電気設備に悪影響を及ぼさない二酸化炭素消火器とし、常駐する運転員が、火災が感知された盤の背面扉を開放し当該の盤内全体に消火剤を噴射して消火を行う。
- ・ なお、火災に伴う盤からの発煙については、中央制御室内の換気設備で排煙することが可能であることから、消火活動に支障はない。



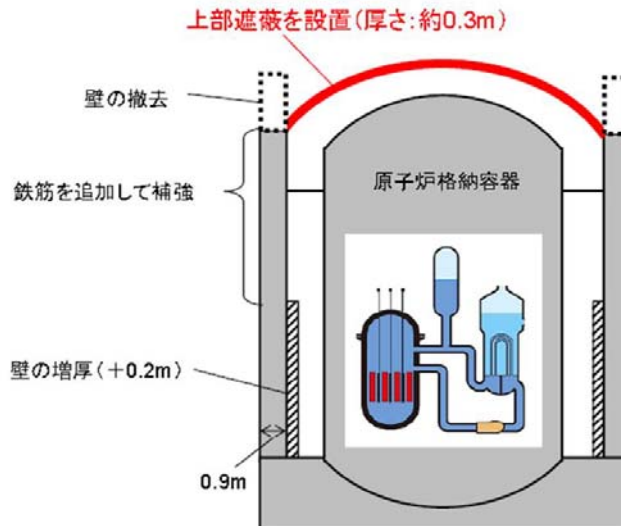
39

4.新規制基準への対応

新規制基準安全審査資料により

重大事故時の被ばく低減対策(一例)(高浜1/2号機のみ)

○重大事故時に原子炉格納容器からのスカイシャインガンマ線を低減し、屋外作業における被ばく低減を図るため、格納容器上部外側にドーム状の鉄筋コンクリート造の遮蔽を設置する。また、この工事にあたり、現在の外部遮蔽壁の一部を解体するため、それに伴い発生するコンクリート廃棄物を敷地内で保管する建屋を設置予定である。



40

4.新規制基準への対応

新規制基準安全審査資料により

内部火災対策(一例)

携行式の酸素濃度計/二酸化炭素濃度計の配置

〔酸素濃度計〕



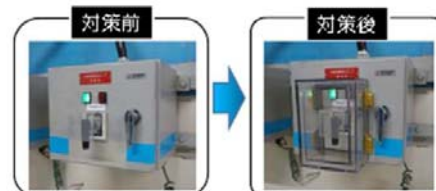
〔二酸化炭素濃度計〕



内部火災防護対策に伴う内部溢水対策

設置したスプリンクラーからの放水により、周辺設備が安全機能を損なわないよう防水カバーや堰を設置。

●機器操作スイッチの例



●機器、防護区画の例

「対策例①」防護対象設備(ファン・ファンダパンなど)への防水カバーの設置 「対策例②」溢水防護区画(扉)への堰の設置



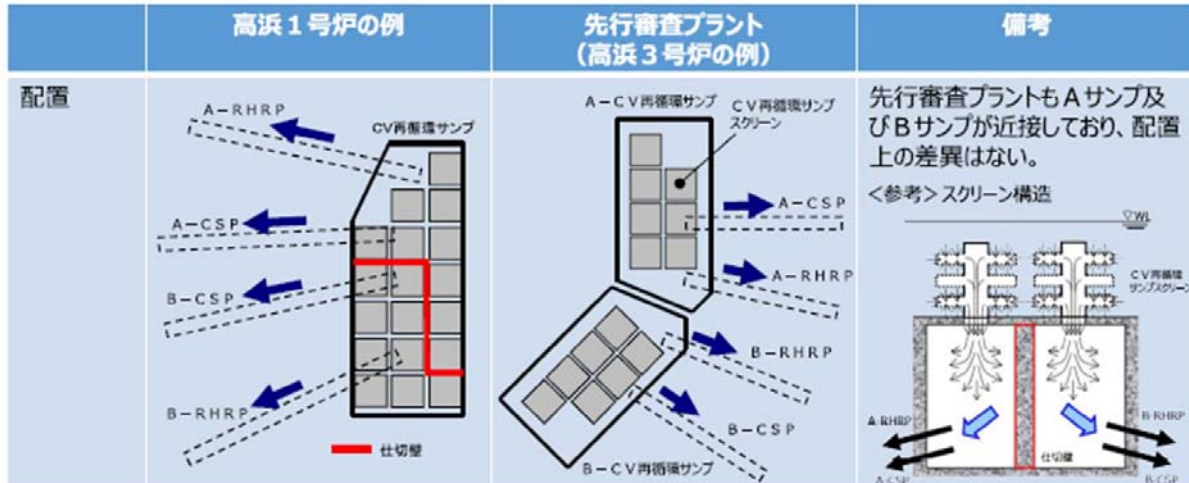
41

4.新規制基準への対応

新規制基準安全審査資料により

炉心注入 & 格納容器スプレーの安全対策(一例)

1970年頃までの古いプラントでは、格納容器(CV)再循環サンプスクリーン破損による炉心注入および格納容器スプレーの両トレンの完全機能喪失を防止するために、CV再循環サンプの多重性および独立性のための仕切壁設置



42

4.新規制基準への対応

第83回福井県原子力安全専門委員会(H27.11.5)資料により

保安規定へのシビアアクシデント(SA)設備の運転上の制限(LCO)の設定

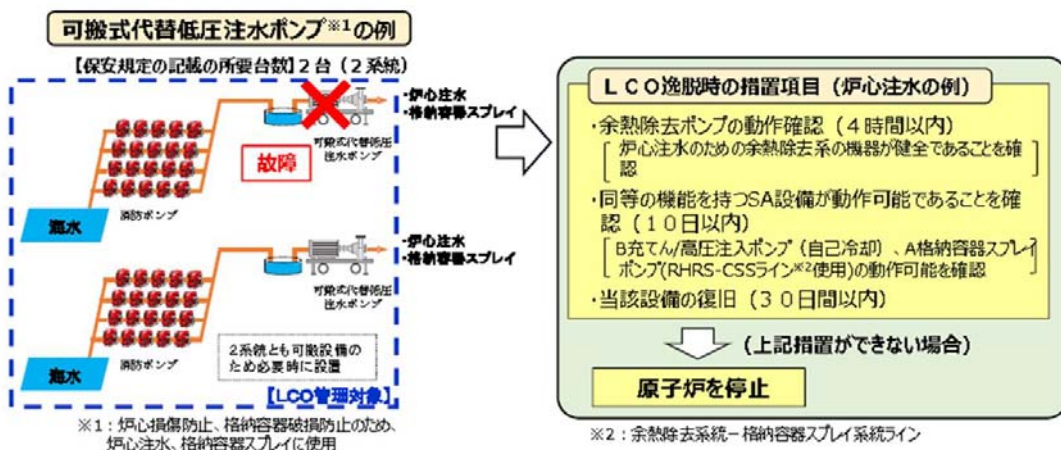
保安規定へのSA設備の記載

全てのSA設備について、保安規定においてLCOを設定。

可搬型設備は、1系統(100%容量)が故障等により機能喪失した場合においても、同機能の残りの1系統を確保により安全機能を維持。

LCOによる管理の対象は2系統。なお、故障時においては、代替品の補充等、LCO逸脱時の措置を行い、万一、措置が出来ない場合には原子炉を停止。

常設SA設備は、1系統をLCOによる管理対象とした設備。



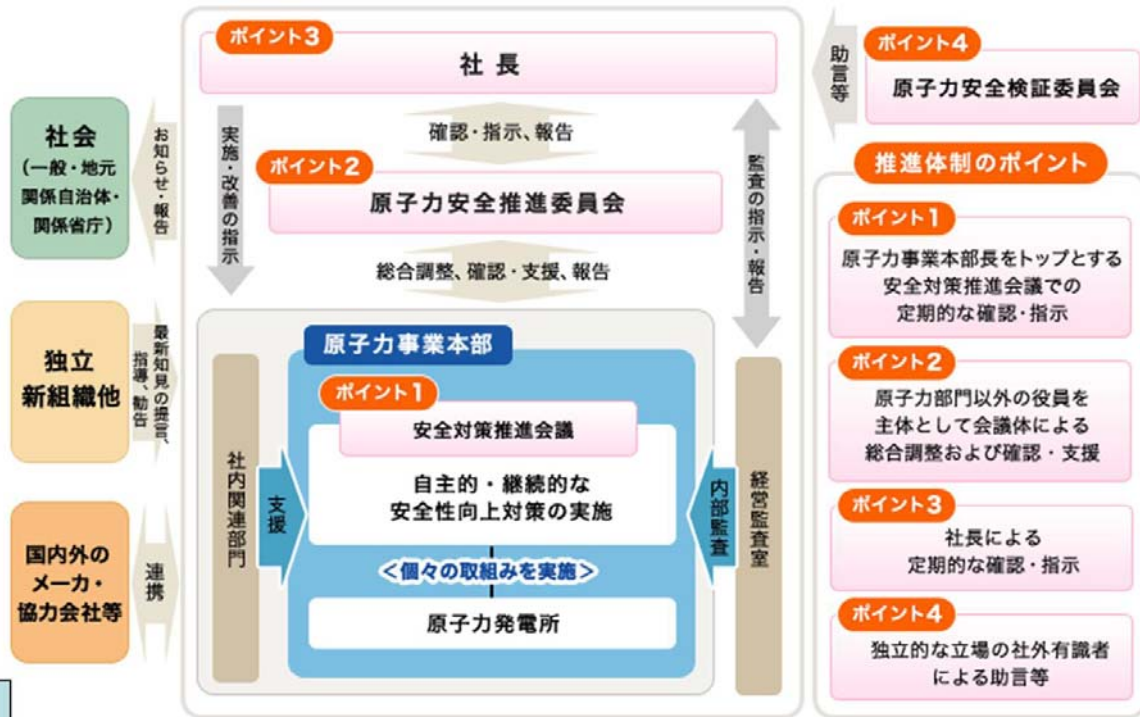
43



5.世界最高水準の安全性を目指した

関西電力ホームページのプレスリリース
2015年11月11日

自主的・継続的な取組みの推進体制

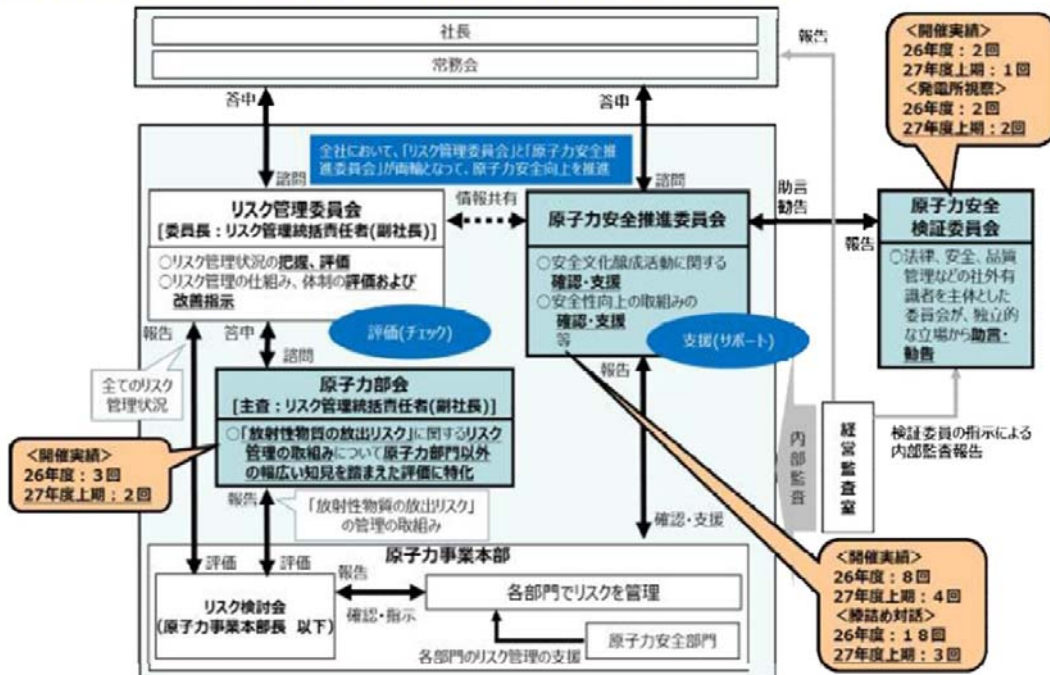


5.世界最高水準の安全性を目指した

関西電力ホームページのプレスリリース
2015年11月11日

自主的・継続的な取組みの推進体制

原子力発電所の安全性向上の推進体制(活動実績含む)



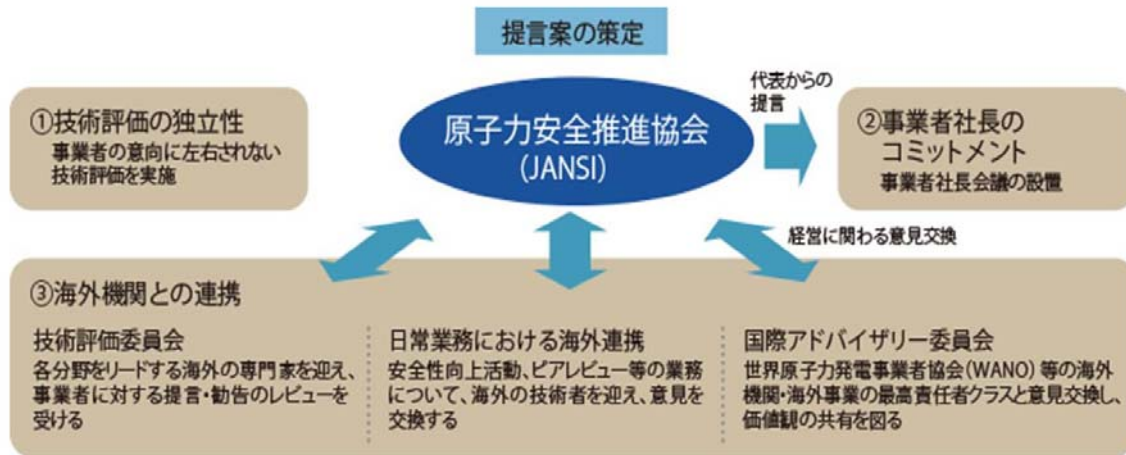


5.世界最高水準の安全性を目指した

関西電力ホームページのプレスリリース
2015年11月11日

自主的・継続的な取組みの推進体制

原子力安全推進協会 (JANSI) の役割



46



5.世界最高水準の安全性を目指した自主的・継続的な取組み

代表メッセージ

関西電力ホームページより

原子力発電の自主的・継続的な安全への取組みに向けて

当社は、福島第一原子力発電所事故のような極めて深刻な事故を二度と起こしてはならないとの固い決意のもと、安全確保のための多重性、多様性を拡充し、電源と冷却機能の確保、浸水防止などの緊急安全対策を、速やかにかつ徹底的に実施しております。

これらの対策が有効であることにつきましては、大飯発電所3・4号機の安全性に関する総合評価(ストレステスト)によって、想定を超える事象に対しても頑健性が十分であることを定量的に評価して国にご報告し、原子力安全・保安院および原子力安全委員会からの評価を賜りました。

国が新たに策定されました「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」に関しまして、当社は、更なる安全性・信頼性の向上のために今後実施してまいりる対策の実施計画をとりまとめ、本日ご報告させて頂きました。当社は、原子力発電の信頼を回復するためには、規制の枠組みにとらわれず、安全性向上対策を自主的かつ継続的に進めていくことが不可欠であると考えており、この実施計画を着実に実行してまいります。

また今後は、新規制庁が打ち出される規制に対しまして、迅速かつ確実に対応することはもとより、安全性向上のために必要な措置を自主的に策定し、これを実施してまいります。

今後、地域が策定される原子力防災計画に対し、積極的に協力していくとともに、当社ならびに関係する組織における非常時の緊急時体制を継続的に改善してまいります。

当社といたしましては、原子力安全の継続的な向上を最重要の経営方針と位置づけ、あらゆる経営資源を投入し、世界最高水準の安全性を達成すべく、私が自ら先頭に立って、努力してまいります。

平成24年4月9日

関西電力株式会社 取締役社長

八木 誠

47



5. 世界最高水準の安全性を目指した自主的・継続的な取組み

関西電力ホームページより

1. 原子力安全の理念の明文化と共有。
2. 原子力事業本部におけるリスクマネジメントの充実
 - (1) 経営トップのガバナンスの強化
 - (2) 国内外の知見収集の充実
 - 海外電気事業者との情報交換
 - a. 情報交換協定の締結
 - b. トップマネジメント会合、実務者レベルでの情報交換の実施
 - c. INSSとの海外発電所情報の収集と活用
 - (3) PRAの活用の推進
 - PRAの活用方針の策定および高度化に向けた検討への積極的な関与
 - a. 電気事業連合会「PRA活用推進タスクチーム」のリーダーとしての積極的な対応
 - b. NRCC幹部との意見交換
3. リスクコミュニケーションの充実
 - (1) リスクコミュニケーションの実施
 - リスクコミュニケーションの実施に向けた検討
(部門横断的なワーキンググループにおける議論、「取組みスタンス」「目的」の明確化)
 - (2) 避難計画への協力
 - 避難計画への積極的な対応
 - a. 広域避難支援の検討
 - b. 内閣府主催の福井エリア地域原子力防災会議作業部会高浜分科会への参画
4. 原子力事業本部における安全性向上に向けた基盤整備
 - (1) 安全性向上対策の推進
 - (2) 事故時対応能力の向上
 - (3) 体制の充実
5. 安全文化の発展

48



6. 「原子力発電の安全性向上への決意」への社達制定

関西電力ホームページのプレスリリース
2015年8月1日

関西電力は、美浜発電所3号機事故^{※1}の反省を踏まえながら、安全最優先の事業運営を行ってきたが、その中で、東京電力福島第一原子力発電所事故から、原子力発電固有のリスクに対する認識や向き合う姿勢が十分ではなかったのではないかとこのことを教訓として学んだ。このことを踏まえ、原子力発電の安全性向上に向けた自主的かつ継続的な取組みのさらなる充実を進めていくこととし、その取組みのひとつとして、**平成26年8月1日、将来世代の従業員まで引き継いでいく原子力安全に係わる理念を明文化した「原子力発電の安全性向上への決意」を社達^{※2}として制定した。**

本社達は、全ての役員および従業員が原子力発電の特性とリスクを十分認識し、事故の重大性を片時も忘れることなく、社長のリーダーシップのもと、全社一丸となって、立地地域をはじめ社会の皆さまの安全を守り、環境を守るため、原子力発電のたゆまぬ安全性向上に取り組んでいくという決意を示したものです。具体的には、「『ここまでやれば安全である』と過信せず、リスクの継続的な除去・低減の取組みを実施する。」や「リスクの継続的な除去・低減の取組みの意義を理解したうえで実践し、それが日々当たり前に行えるよう、安全文化を高めていく。」といった内容となっている。

- (1) 原子力発電所の特性・リスクの認識
- (2) リスクの継続的な除去・低減
- (3) 安全文化の発展
- (4) 安全性向上への決意

関西電力は、本社達に基づき、原子力安全に関する全ての取組みを実践するとともに、引き続き、規制の枠組みにとどまらない自主的・継続的な安全性の向上に取り組む。

※1：平成16年8月9日、美浜発電所3号機タービン建屋において、二次系配管が破損し、配管から熱水と蒸気が噴出した事故
事故当時、定期検査の準備作業をしていた協力会社の方が被災し、5名の方が亡くなり、6名の方が重傷を負われた

※2：最上位の社内規程。主に「経営方針等に関する事項」について定めたものを社達としている

49



6. 「原子力発電の安全性向上への決意」への社達制定

要旨

関西電力ホームページのプレスリリース
2015年8月1日

- はじめに
 - ・当社の全員が、福島第一原子力発電所事故から得た**教訓を胸に刻み、立地地域をはじめ社会の皆さまの安全を守り、環境を守るため、たゆまぬ安全性向上に取り組む。**
- 原子力発電の特性、リスクの認識
 - ・**原子力発電は、エネルギーセキュリティ、地球環境問題への対応、経済性の観点で優れ、わが国にとって将来にわたり、重要な電源である一方、大量の放射性物質を取り扱うため、放射線被ばくや環境汚染を引き起こすリスクがある。**従って、適切な管理を怠って**重大な事故を起こせば人や環境に甚大な被害を与えうることを、**当社の全員は**片時も忘れない。**
- リスクの継続的な除去・低減
 - ・安全性を向上させるために、原子力発電の特性とリスクを十分認識し、「**ここまでやれば安全である**」と過信することなく、**絶えずリスクを抽出・評価し、それを除去・低減する取組みを継続する。**これを深層防護の各層で行う。
- 安全文化の発展
 - ・リスクに対する継続的な**取組みの基盤は安全文化**であり、美浜発電所3号機事故を契機に再構築に取り組んできた**安全文化を高めていく。**
 - ・そのため、これまで以上に、**問いかけ・学び・社会の声に耳を傾ける姿勢、自由闊達な議論と多様な意見の尊重**などを徹底していく。
- 安全性向上の決意
 - ・原子力発電の安全性向上は**経営の最優先課題**である。それらの取組みについて、立地地域をはじめ社会の皆さまとの**双方向のコミュニケーション**を一層推進し、原子力発電の安全性について**認識を共有**することが重要である。
 - ・**社長のリーダーシップのもと、全社一丸**となって、**たゆまぬ安全性向上**に取り組む。

50



7. 原子力事業本部における安全性向上に向けた基盤整備

関西電力ホームページのプレスリリース
2015年11月11日

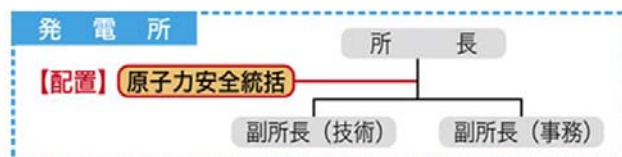
原子力安全部門を新設 (平成26年6月26日)

「原子力安全」と「核セキュリティ」に関する機能を集約し、安全性向上に係る取組みを一元的に推進するため、新たに「原子力安全部門」を設置しました。



「原子力安全統括」を配置 (平成26年6月26日)

全ての発電所に、発電所長に次ぐ職位として「原子力安全統括」を配置し、安全俯瞰人材^{※1}をその職位につけました。



※1 安全俯瞰人材…発電所の設備全般や事故時のプラントの状況変化等を熟知し、事故時・平時に おいて、安全対策を上層部に進言できる人材

(「原子力安全統括」は、平時は安全性向上を推進し、事故時には、発電所長の技術的判断をサポートする参謀としての機能を担います。また、事故時対応能力の向上、安全俯瞰人材の計画的な育成・配置にも取り組んでまいります。)

51



8. 事故時対応体制の充実

新規制基準安全審査資料により



52



8. 事故時対応体制の充実

新規制基準安全審査資料により

重大事故発生時の初動対応体制強化(要員の確保)

(高浜発電所の別)

	震災前	震災後 H23.3~	H23.12~	H24.4~	新規制基準を踏まえた体制強化*	安全審査を踏まえたさらなる体制強化
運転員	22	22	22	22	24	24
本部指揮	1	1	1	1	1	1
通報連絡	1	—	1	2	2	2
ユニット指揮	—	—	—	—	—	2
現場調整	—	—	1	1	1	1
電源確保	—	6(消防業務4)	8	6	4	4
運転支援	—	—	2	5	2	2
消防活動	5	5	5	5	5	7
瓦礫撤去	—	1(消防業務)	1	1	4	4
給水確保	—	—	4	11	13	13
設備対応	—	—	—	—	—	10
合計	29	30	45	54	56	58 → 70

※: H25.8~

(高浜発電所の例)

	安全審査を踏まえたさらなる体制強化	合計
運転員	24	24
本部指揮	1	
通報連絡	2	6
ユニット指揮	2	
現場調整	1	40
電源確保	4	
運転支援	2	
消防活動	7	
瓦礫撤去	4	
給水確保	13	
設備対応	10	
合計	70	

保安規定 第13条の記載

要員	人数	
中央制御室 (運転員)	両中央制御室 合計で24名以上	
本部要員	常駐	6名以上
	召集※	10名以上
緊急安全対策要員	常駐	40名以上
	召集※	38名以上
合計	118名以上	

53

8. 事故時対応体制の充実

新規制基準安全審査資料により

大規模自然災害や放射性物質拡散時の原子力事業本部機能維持

原子力事業本部建屋の主な災害対応→継続した若狭地域の発電所への支援

◇ 電源確保

- ・33kV外部電源2回線からの引き込み
- ・非常用ディーゼル発電機1台(1250kVA)の24時間フル負荷連続運転可(燃料保有量による仕様)
- ・電源車(600kVA)1台の配備

◇ 地震対応

- ・建築基準法に基づき十分な耐震強度を有した建物(EL約16m)
- ・SPDS(安全パラメータ表示システム)計算機の2重化+固縛等および通報システムの免震台上に設置
- ・即応センターの天井落下防止、窓ガラスの飛散防止フィルムの貼付

◇ 放射線管理の充実

- ・避難所に指定される公共施設程度の天井コンクリート厚さ確保(10cm～15cm)
- ・マスク・線量計・ヨウ素剤の配備
- ・近隣の環境モニタリングセンターに必要な資機材の保有
- ・即応センターに放射線対策設備(空気浄化装置)の設置

◇ 通信機能の確保

- ・衛星通信回線の充実



54

9. 万一の重大事故に対応した主な訓練

関西電力HP.プレスリリースより

●原子力総合防災訓練

発電所内ですべての電源を失い、原子炉を冷却することができなくなるなどの重大事故を想定し、原子力緊急時対策本部を設置して対応するなど、事態を安全に収束できるよう原子力総合防災訓練を実施しています。



緊急時参集訓練



原子力緊急時対策本部での事故対応



ヘリによる資機材運搬訓練



遠隔操作ロボットの操作訓練

55

9. 万一の重大事故に対応した主な訓練

関西電力HP.プレスリリースより

●電源供給訓練

送電線からの電力供給や非常用ディーゼル発電機が使用できない場合を想定し、電源車などの接続・起動訓練を実施しています。また、夜間の訓練も実施しています。



夜間における接続・起動訓練

●重機による瓦礫(がれき)撤去訓練

津波等で発電所内に瓦礫が散乱したことを想定し、配備した重機で瓦礫を撤去し、人や車の通路を確保するための訓練を実施しています。



瓦礫を撤去するドーザーショベルを使った訓練

56

9. 万一の重大事故に対応した主な訓練

関西電力HP.プレスリリースより

●給水訓練

原子炉や使用済燃料プールを冷却できない事態を想定し、可搬式の注水ポンプや大容量ポンプ、消防ポンプなどを使用し、海水などを用いて原子炉等を冷却し続けるための給水訓練を実施しています。



大容量ポンプ設置訓練



可搬式代替低圧注入ポンプ設置訓練



原子炉に冷却水を注入するためのポンプの設置訓練



57

制限時間: 12時間12分以内に注水開始

9. 万一の重大事故に対応した主な訓練

関西電力HP.プレスリリースより

●給水訓練

原子炉や使用済燃料プールを冷却できない事態を想定し、可搬式の注水ポンプや大容量ポンプ、消防ポンプなどを使用し、海水などを用いて原子炉等を冷却し続けるための給水訓練を実施しています。



長期にわたる事故を想定した燃料補給訓練



可搬式代替低圧注水ポンプを用いた、原子炉への注水訓練



放射線防護服やマスクを着用した悪条件下を想定した消防ポンプ設置訓練



可搬式モニタポスト設置訓練

58

9. 万一の重大事故に対応した主な訓練

関西電力HP.プレスリリースより

●放射性物質の拡散抑制訓練

格納容器の破損に至った場合を想定し、発電所外部への放射性物質の拡散を抑制するための訓練を実施しています。



格納容器からの放射性物質の拡散を抑制するための放水砲を用いた格納容器への放水を想定した訓練



汚染水が海洋へ拡散することを抑制するための発電所放水口でのシルトフェンス設置訓練

●電源を失った場合の運転操作訓練

発電所内ですべての電源を失った事態を想定し、運転員は厳しい状況の中、落ち着いて事態を安全に収束できるように訓練を実施しています。



すべての電源を失った事態を想定したシミュレーターによる対応訓練

59

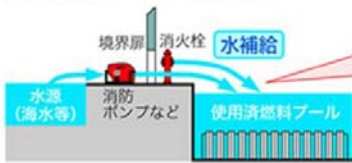
9. 万一の重大事故に対応した主な訓練

関西電力HP.プレスリリースより

●使用済燃料プールの水の温度を十分に冷やすことができなくなった場合の訓練

原子力発電所の使用済燃料プールには、十分な水があるため、温度の上昇が緩やかであり、プールの水位が急激に低下することはないが、緊急時には付近の消火栓や水源から海水等を補給し、安全な水位を維持するため、「水補給訓練」を実施し、緊急時に対応できるよう備えています。

使用済燃料プールへの水補給方法

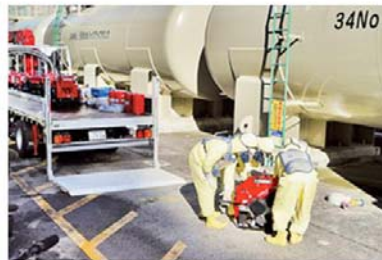


使用済燃料プールへの水補給訓練
(4月7日 大飯発電所)



使用済燃料プール

消防ポンプを用いた使用済燃料プールへの注水訓練



制限時間:4時間以内に注水開始

9. 万一の重大事故に対応した主な訓練

関西電力HP.プレスリリースより

●地区住民の避難訓練とよう素剤の配布訓練



バスで避難場所へ移動



よう素剤の配布

9. 万一の重大事故に対応した主な訓練

第82回福井県原子力安全専門委員会(H27.9.3)資料により

事故時対応能力の向上について～教育・訓練の充実・強化～

- ① **指揮者**(事故時に指揮者となる所長、原子力安全統括、運営統括長他が対象)
 - ・知識ベースの教育(事故対策への習熟)
研修会、自学自習用の資料の整備、専門家による講義、研修ツールを用いた学習など
 - ・実践的な訓練(対応能力向上)
机上訓練
訓練シナリオを参加者に事前に通知せず、実動を含む原子力防災訓練
- ② **運転員**
 - ・シミュレータ訓練の内容に、長時間の全交流電源喪失を想定した訓練を追加実施
 - ・シビアアクシデント発生時のプラント挙動を可視化するツールを用いた教育の実施
 - ・メーカ等専門家による理論研修の実施
- ③ **緊急安全対策要員**
 - ・協力会社社員を含め、電源供給、給水活動等の手順の教育を実施
 - ・重大事故等発生時を想定した訓練を実施

高浜発電所実績

	H23年度	H24年度	H25年度	H26年度	H27年度
教育・演習受講者人数 (延べ人数)	約480人	約1,300人	約1,200人	約1,600人	約2,000人 (予定)
訓練回数	約280回	約400回	約800回	約1,500回	約600回(※)

※：8月末実績

62

10. 運転期間60年延長認可申請に当たっての特別点検の実施

関西電力 越前若狭のふれあい特別号NO.32より

原子炉容器点検

原子炉容器炉心領域等に対し、超音波探傷試験(超音波の反射によって欠陥の有無を確認)、渦流探傷試験(材料に渦電流を発生させ、その電流の変化によって表面欠陥の有無を確認)、目視試験等の非破壊試験を実施

- 一次冷却材ノズルコーナ部(渦流探傷試験)
1号機：12/28～1/3
2号機：3/8～3/16
- 炉心領域・母材および溶接部(超音波探傷試験)
1号機：12/7～12/22
2号機：2/19～3/5
- 溶接部および内面
- 炉内計装筒(渦流探傷試験、目視試験)
1号機：1/14～1/22
2号機：3/26～4/3

原子炉格納容器点検

格納容器鋼板内外表面の目視試験により塗膜状態を確認

原子炉格納容器鋼板(目視試験)
1号機：12/1～3/16
2号機：12/1～3/17

- タービン建屋(タービン架台)
- 外部遮へい壁
- 原子炉補助建屋
- 原子炉補助建屋
- 内部コンクリート
- 原子炉格納施設基礎

コンクリート構造物点検

原子炉格納施設等から円柱状のサンプル(コアサンプル)を取り出し、強度、中性化深さ等の点検を実施

【参考】強度・中性化深さの点検事例

強度

コアサンプルに圧縮力を加えて破壊したときの力(圧縮強度)を確認しました。

強度の点検事例

中性化深さ

特殊な薬剤により、コンクリートがアルカリ性を保っているかを確認しました。

中性化深さの点検事例

原子炉格納施設 原子炉補助建屋等
コアサンプル試験

1号機：12/4～3/26
2号機：1/7～3/26

コアサンプル例

63



11. 原子力事業本部の安全管理体制の強化

関西電力ホームページのプレスリリース
2015年6月23日

平成27年6月25日付で、原子力事業本部に、美浜発電所1、2号機の廃止措置を安全かつ着実に推進するための廃止措置関連業務を統括する廃止措置技術センターを設置、また、福井県下における安全管理体制の強化を目的とした原子力調達センターならびに原子力土木建築センターを設置する。

○**廃止措置技術センター**には、廃止措置計画グループおよび廃止措置技術グループを設置し、今後、廃止措置を進めるにあたり廃止措置計画の策定、審査対応や廃止措置工事の安全かつ着実な実施に加え、廃止措置に関連した研究、技術開発の推進、他事業者との連携などについて取り組む。

専任:約25名、併任:60名 合計約85名体制

○**原子力調達センター**は、原子力設備調達にかかる要員を原子力事業本部に常駐させることで、若狭地域における原子力機器・工事の調達体制を強化し、戦略的、機動的な調達機能の充実を図る。

約10名増員、約20名体制

○**原子力土木建築センター**には、土木建築技術グループおよび土木建築設備グループを設置、大飯発電所と高浜発電所に土木建築工事グループを設置し、発電所における地震・津波などの自然災害に対する自主的・継続的な安全性向上対策の検討や各種安全対策工事について推進する。

新規10名増員、約120名体制

64



(参考) 電事連「原子力緊急事態支援組織」の基本計画

電事連ホームページのプレスリリースより

・電気事業連合会は2015年9月18日、福井県美浜町に整備を進めている「原子力緊急事態支援組織」の実施主体を日本原子力発電とした、組織の業務内容、施設・資機材、体制などについて取りまとめた基本計画を発表。

・2016年3月を目途に原電を実施主体とする支援組織を設立、整備が完了した施設から順次使用開始し、本格運用開始は同年12月の予定。

・「原子力緊急事態支援組織」は、福島第一原発事故後、電事連が2012年7月の大飯原発再稼働を機に、原発の安全性を自主的・継続的に向上させていく取組の一環として設置を決め、万一の原子力災害発生時、速やかに現場に資機材、要員を派遣し、発生事業者の緊急対応活動を支援するほか、通常時には、資機材の配備・管理、要員へのロボット等の操作訓練を行う。

・2013年1月、福井県敦賀市沓見の日本原子力発電(株)敦賀総合研修センター内に、遠隔操作ロボットなどの資機材を配備した「原子力緊急事態支援センター」を設置、電力業界全体による基本構想のもと、原電を準備主体として詳細検討が進められてきた。

・現在、美浜町内の福井県園芸研究センターの一部で敷地造成工事が行われている。敷地面積約26,000平方メートルの施設は、事務所棟、資機材保管庫・車庫棟の他、無線重機や無線ヘリの訓練を行う屋外訓練フィールド、ロボットも輸送するためのヘリポートを備え、基本計画では、偵察や障害物除去のためのロボット8台、無線重機3台、無線ヘリ2台と資機材整備も具体化された。要員数は21名を予定。

65

(参考) 電事連「原子力緊急事態支援組織」の設置

完成予定図

日本原子力発電ホームページより



<参考：資機材の例（ロボット等）>

【偵察用ロボット】被災現場の調査用（映像、放射線測定等）

【作業用ロボット】障害物撤去用



66

PackBot®（パックボット） SAKURA-1（さくら1）

Warrior®（ウォリアー） MHI-HERCULES（MHIヘラクレス）

(参考) 新規制基準の安全審査に伴って、 各電力会社が追加した安全対策の一例

平成25年7月8日、原子力規制委員会の新規制基準施行に伴う安全審査の過程において、各電力会社が新たに安全対策として追加または強化された項目の一例は下記の通りである。

1. 冷却・注水設備対策

- ・PWR蒸気発生器直接給水高圧ポンプの設置
- ・PWR可搬式代替低圧注入ポンプの設置
- ・使用済燃料ピットへの可搬型スプレイ設備の設置
- ・貯水槽・貯水池・貯水タンク・地下水槽の設置
- ・代替屋外給水タンクの高台設置
- ・緊急時海水取水設備(EWS)の設置



PWR可搬式代替低圧注入ポンプ

2. 炉心損傷防止

- ・PWR原子炉緊急停止失敗(ATWS)時のタービン発電機自動停止信号回路等の設置
- ・PWR加圧器逃がし弁用窒素ガス供給設備を現場に配備



静的触媒式水素再結合装置

3. 格納容器破損・水素爆発対策

- ・PWR格納容器内のイコライザーおよび静的触媒式水素再結合装置(PAR)の設置
- ・PWR格納容器再循環ユニットへの可搬型送水ポンプ車の配備
- ・PWR格納容器頂部水張り設備の設置
- ・BWR原子炉建屋トップベント設備の設置
- ・BWR格納容器ベント弁開閉用の手動ハンドル設置
- ・BWR原子炉ウェルへの水注入設備の設置
- ・PWR原子炉下部キャビティー側面ライナプレートへの防護壁の設置(MCCIの影響防止対策)
- ・PWR格納容器水素濃度、圧力、水位検出器の耐環境性向上対策(検出器の開発・実証試験)
- ・BWR原子炉建屋内触媒式水素ガス濃度計の設置
- ・BWR原子炉建屋4階ハッチの固縛装置の設置
- ・BWR原子炉建屋内の静的触媒式水素再結合装置(PAR)の設置



BWR原子炉建屋トップベント設備

67

(参考)新規制基準の安全審査に伴って、 各電力会社が追加した安全対策の一例

4.地震対策

- ・免震事務棟の設置
- ・鉛直アレイ地震観測計/大深度地震観測計の設置
- ・電源車などの可動車のロープ固定
- ・構内道路の陥没防止対策
- ・周辺斜面の安定化/法面強化
- ・中央制御室運転員執務机/什器類等の固定化
- ・光天井の耐震補強/器具・ルーバーの落下防止措置
- ・換気空調設備等の耐震性強化
- ・海水ピットの浸水防止対策
- ・建屋の耐震補強のため鉄筋追加の設置
- ・送電線がいし耐震性部品への取替
- ・外部電源信頼度向上対策として高年劣化した鉄塔の建替え(塩害防止対策含む)
- ・地盤改良(浸透固化:シリカのゲル化)による液状化防止
- ・PWR格納容器ポーラクレーン耐震裕度向上対策
- ・地震による火災延焼防止用の排気管内に高温空気遮断用防火ダンパの追加設置
- ・海水管設置地盤の支持性能の向上対策

5.津波対策

- ・防潮ゲート/防護壁/杭式防潮堤の設置
- ・HF帯電波レーダーによる津波監視
- ・赤外線監視型津波監視カメラの設置
- ・予備変圧器の高台移設/油防堰の嵩上
- ・貯留堰の設置
- ・浮遊物の防止柵の設置
- ・構内車両の乗入れ禁止(浮遊物の排除)
- ・取水口溢水防止壁(フラップゲート・フラッティングゲート)の設置



海水ポンプエリアの防護壁

68

(参考)新規制基準の安全審査に伴って、 各電力会社が追加した安全対策の一例

5.津波対策(続き)

- ・内部溢水防止用の浸水防止堰、漏えい感知器の設置
- ・水密扉/強化扉の多重化
- ・原子炉建屋開口部の自動閉止装置の設置
- ・盛土の嵩上げ
- ・地盤の改良工事
- ・津波による土砂の巻き上げ防止対策(合成繊維を用いた袋材に割石を詰める)

6.竜巻対策

- ・海水ポンプエリア飛来物防護壁/防護金網の設置
- ・重油タンクエリア飛来物防護材の設置
- ・循環水ポンプ建屋飛来物防護ネットの設置
- ・使用済燃料ピット上面への防護ネットの設置

7.外部火災対策

- ・防火帯(モルタル吹付け・樹木伐採18m～35m)の設置
- ・重要機器設置されている建屋外壁に断熱材の設置
- ・送電線接続箇所の屋根付きしゃ蔽建屋の設置
- ・固体廃棄物庫の消火設備の設置
- ・消火水バックアップタンク(100m³×6基)の設置
- ・トンネル式貯水槽(700m³)の設置
- ・自然環境監視のための赤外線監視型構内監視カメラの設置
- ・軽油タンクの地下化

8.土石流対策

- ・土石流危険区域内の土石流対策のための堰堤設置

9.内部火災対策

- ・消火設備の設置(消火水スプリンクラーの設置・ハロゲン消火設備)
- ・消火システムの追設(消火貯水タンクの増設)



海水ポンプエリア飛来物防護壁



(モルタル吹付け状態)

防火帯

69

(参考) 新規制基準の安全審査に伴って、**9. 内部火災対策(続き)**

- ・ケーブルの系統分離強化および防火措置(非難燃ケーブルへの防火シート)
- ・耐火障壁の設置
- ・火災感知器設置等の火災防護強化
- ・ドレン口への逆止フロートの設置・炭酸ガス消火器の設置
- ・ディーゼル発電機の燃料タンク地下化
- ・内部火災対策により設置してスプリンクラーによる放水に伴う内部溢水対策(機器操作スイッチや機器への防水カバー、溢水防護区画(扉)への堰の設置)



火災延焼防止用装置

10. シビアアクシデント(SA)時の重大事故対策

- ・特定重大事故等対処施設(緊急時制御室等)の設置
- ・地下トンネル・通路の設置
- ・ガスタービン非常用発電機の設置



ガスタービン非常用発電機

11. 被ばく低減対策

- ・格納容器上部しゃへいの設置
- ・放水砲の設置
- ・マルチコプター(ドローン)による放射線モニタリング
- ・中央制御室へのチャンジングエリアの設置
- ・中央制御室用放射線防護装置 または、待機室や待機所または待避所の設置
- ・緊急時対策所への可搬型空気浄化装置の設置
- ・緊急時対策所の被ばく防護壁の設置
- ・タングステン入り高線量対応防護服等を配備



マルチコプターの活用

12. 放射性物質の拡散抑制

- ・シルトフェンスの設置
- ・ゼオライト土嚢袋の設置
- ・海水循環型ゼオライト浄化装置(Cs, Srなど、多核種の吸着除去)の設置
- ・繊維状吸着材浄化装置の設置検討および汚染水処理対策技術の導入検討

70

(参考) 新規制基準の安全審査に伴って、**13. テロ対策**

- ・防護壁の設置
- ・侵入監視装置の強化
- ・構内従事者情報の電力自主管理
- ・大型航空機衝突等に備えた泡混合器による泡消火剤の放水設備の設置
- ・特定重大事故等対処施設(緊急時制御室等)の設置

各電力会社が追加した安全対策の一例**14. その他**

- ・地下通路・トンネルカルパートの設置/アクセス・ルートの多重性
- ・コンクリートポンプ車等の配備
- ・新安全基準対策用資機材置場の整備(分散配置)
- ・航空機レーダーの設置検討
- ・小型無人機(ドローン)による監視強化と対策検討(国による原子力発電所上空の飛行禁止等の規制案)
- ・中央制御室への可搬式照明器具/ランタン・ヘッドライト・懐中電灯の設置(複数台)
- ・中央制御室への酸素濃度計および二酸化炭素濃度計の配備
- ・当直体制の強化(直運転員数の増員:6直体制→5直体制)
- ・当直運転員の教育・訓練の強化(教育訓練時間の確保:5直体制→6直体制)
- ・リスクマネジメントの強化
- ・安全性向上計画策定における確率論的リスク評価(PRA)の活用
- ・包括的なリスクの分析・評価による継続的なリスク低減対策の検討・実施
- ・原子力緊急事態支援センターの設置
- ・夜間の携帯用照明だけの作業訓練の実施
- ・インターフェンスLOCA時余熱除去ポンプ入口弁閉止操作の成立性改善(非管理区域外からの操作化)
- ・緊急時対策所用電源車分電盤用火災感知器の設置
- ・使用済燃料乾式貯蔵容器の安全性評価の実施
- ・PWR格納容器(CV)再循環サンプの多重性および独立性のための仕切壁の設置
- ・原子力緊急事態支援センター(遠隔操作ロボットなどの資機材を配備等)の設置

遠隔操作ロボット
PackBot® (バックボット)

71

(参考)美浜発電所1、2号機の廃止措置に向けた取組み

福井県原子力安全専門委員会(H27.11.30)現場確認資料により

- ◆美浜1号機
 - 電気出力34万kW、加圧水型軽水炉（PWR 2ループ）
 - 1970年11月28日 営業運転開始
 - 〔2010年6月28日 運転開始後40年から10年間の保守管理方針（保安規定）認可〕
 - 2010年11月24日 運転停止後、長期停止
- ◆美浜2号機
 - 電気出力50万kW、加圧水型軽水炉（PWR 2ループ）
 - 1972年7月25日 営業運転開始
 - 〔2012年7月19日 運転開始後40年から10年間の保守管理方針（保安規定）認可〕
 - 2011年12月8日 運転停止後、長期停止



【関西電力 美浜発電所】

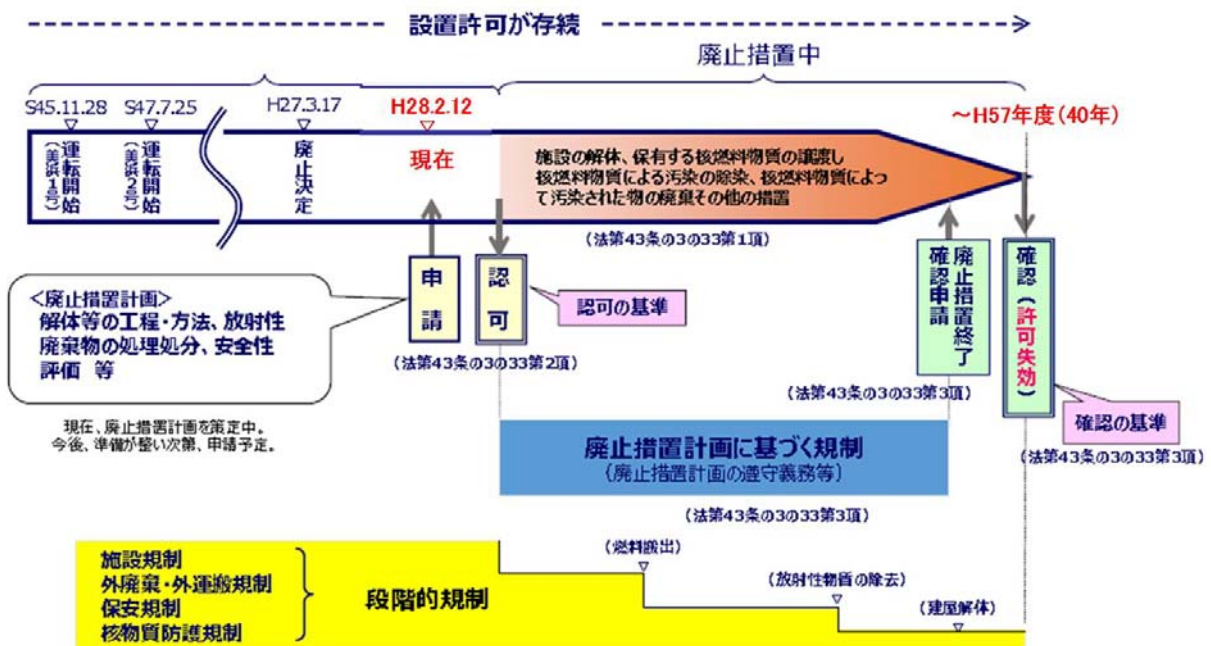
【発電実績】	美浜1号機	美浜2号機
総発電電力量	約638.0億kWh	約1,075.3億kWh
発電日数	8,229日	9,240日
設備利用率	約48.2%	約57.4%

- 2015年3月17日 美浜1号機及び2号機の廃止を決定
- 2016年2月12日 原子炉等規制法に基づく原子炉規制委員会へ廃止措置計画申請

(参考)美浜発電所1、2号機の廃止措置に向けた取組み

廃止措置の安全規制

福井県原子力安全専門委員会(H27.11.30)現場確認資料により



(参考)美浜発電所1、2号機の廃止措置に向けた取組み

廃止措置段階の規制

福井県原子力安全専門委員会(H27.11.30)現場確認資料により

廃止措置段階においても安全確保上必要な規制が継続される。(段階に応じた規制)

項目	運転段階	廃止措置段階(燃料有)	廃止措置段階(燃料無)
安全確保のための 主な機能要求	「止める」 「冷やす」 「閉じ込める」	－ 「冷やす」(燃料貯蔵施設) 「閉じ込める」(一部)	－ － 「閉じ込める」(一部)
機器・設備の 機能維持	法令(技術基準)に基づき、 全ての機器・設備を維持	廃止措置計画に基づき、 必要な機器・設備を維持	
巡視	毎日	毎日	毎週
施設定期検査 などの法定検査 (対象施設と検査数)	・原子炉本体 ・核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設 ・原子炉冷却系統施設 ・計測制御系統施設 ・放射性廃棄物の廃棄施設 ・放射線管理施設 ・原子炉格納施設 ・非常用電源設備 【法定検査数 約230件】	－ ・核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設 － ・放射性廃棄物の廃棄施設 ・放射線管理施設 － ・非常用電源設備 【法定検査数 約30件(想定)】	法定検査無し
保安規定	原子炉施設の運転に関し、保安のために講ずるべき事項を規定	廃止措置期間中における保安のために講ずるべき事項を規定 (廃止措置計画の認可日までに認可が必要)	
保安検査	年4回	年4回以内	
保安の監督	原子炉主任技術者を選任	廃止措置主任者を選任 (原子炉主任技術者に準じた資格要件)	

74

(参考)美浜発電所1、2号機の廃止措置に向けた取組み

廃止措置段階の保守管理

福井県原子力安全専門委員会(H27.11.30)現場確認資料により

	運転段階	廃止措置段階		
		核燃料物質 有り	核燃料物質 無し	管理区域解除以降
要求機能	 止める、冷やす、閉じ込める	 冷やす、閉じ込める*1	 閉じ込める*1	 要求無し
保守管理の対象設備	○原子炉の運転を前提に全ての機器を保守	○対象機器の保守(例) ・核燃料物質取扱設備及び貯蔵施設*2 ・放射性廃棄物の廃棄設備 ・放射線管理施設(換気空調設備を含む) ・非常用電源設備	○対象機器の保守(例) － ・放射性廃棄物の廃棄設備 ・放射線管理施設(換気空調設備を含む) －	○対象機器無し
		○安全貯蔵 放射線量の高い設備を時間減衰させている期間中、適切に隔離し管理。	－	－

※1 解体の進捗によって対象範囲は変化していくが、状況に応じて確実に実施

※2 使用済燃料は取り出し後3年以上経過し十分冷却されているが、適切な保守管理を実施

75

(参考) 美浜発電所1、2号機の廃止措置に向けた取組み

廃止措置の主な工事内容と安全対策

関西電力ホームページのプレスリリース

<p>①解体準備期間 (H28年度(認可後)～H33年度)</p> <p>主な解体範囲</p>	<p>②原子炉周辺設備解体撤去期間 (H34年度～H47年度)</p> <p>主な解体範囲</p>
<p>工事内容</p> <ul style="list-style-type: none"> ・系統除染 ・残存放射能調査 ・核燃料物質の搬出 ・2次系設備の解体撤去 ・安全行蔵 <p>安全対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・遮蔽、遠隔操作等による被ばく低減等 	<p>工事内容</p> <ul style="list-style-type: none"> ・原子炉周辺設備の解体撤去(第1段階に引き続き) ・核燃料物質の搬出 ・2次系設備の解体撤去 ・安全行蔵 <p>安全対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・遮蔽による被ばく低減 ・防護用具着用による内部被ばく防止 ・汚染防止回り等の活用による粉じんの拡散・漏えい防止等
<p>③原子炉領域解体撤去期間 (H48年度～H53年度)</p> <p>主な解体範囲</p>	<p>④建屋等解体撤去期間 (H54年度～H57年度)</p> <p>主な解体範囲</p>
<p>工事内容</p> <ul style="list-style-type: none"> ・原子炉領域の解体撤去(第2段階に引き続き) ・2次系設備の解体撤去 ・原子炉周辺設備の解体撤去 <p>安全対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・遮蔽、遠隔操作等による被ばく低減 ・防護用具着用による内部被ばく防止 ・汚染防止回り等の活用による粉じんの拡散・漏えい防止等 	<p>工事内容</p> <ul style="list-style-type: none"> ・管理区域の解除 ・建屋等の解体撤去 <p>安全対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・汚染防止回り等の活用による粉じんの拡散・漏えい防止等

(参考) 美浜発電所1、2号機の廃止措置に向けた取組み

核燃料物質の管理および譲渡し

関西電力ホームページのプレスリリース

- 搬出するまでの期間、新燃料貯蔵設備又は使用済燃料貯蔵設備で貯蔵する。
- 新燃料は、第1段階が終了するまでに廃止措置対象施設から搬出し、加工施設へ輸送する。
- 使用済燃料は、第2段階が終了するまでに廃止措置対象施設から搬出する。

核燃料物質の貯蔵量

貯蔵場所	種類及び数量				
	1号機		2号機		
	新燃料	使用済燃料	新燃料	使用済燃料	
1号機 原子炉 補助建屋内	新燃料 貯蔵設備	28体 (9tU)	—	—	—
	使用済燃料 貯蔵設備	32体 (11tU)	191体 (64tU)	—	—
2号機 原子炉 補助建屋内	新燃料 貯蔵設備	—	—	48体 (19tU)	—
	使用済燃料 貯蔵設備	—	—	—	400体 (159tU)
3号機 原子炉 補助建屋内	使用済燃料 貯蔵設備	—	40体 (13tU)	—	110体 (44tU)
合計		60体 (20tU)	231体 (77tU)	48体 (19tU)	510体 (202tU)

※ 重量については、端数処理のため合計値が一致しないことがある。

(参考)美浜発電所1、2号機の廃止措置に向けた取組み

汚染させた物の廃棄

関西電力ホームページのプレスリリース

○放射性固体廃棄物の管理

- ・放射能レベルに応じて、廃止措置の終了までに廃棄施設に廃棄する。
- ・放射性物質として取り扱う必要のないもの（クリアランス）は、所定の手続き及び国の確認を経て、可能な限り再生利用する。

廃止措置に伴い発生する放射性固体廃棄物の推定発生量 (単位：トン)

放射能レベル区分		推定発生量		
		1号機	2号機	合計
低レベル 放射性 廃棄物	放射能レベルの比較的高いもの（L1）	約110	約110	約220
	放射能レベルの比較的低いもの（L2）	約630	約800	約1,430
	放射能レベルの極めて低いもの（L3）	約1,600	約1,790	約3,390
放射性物質として扱う必要のないもの（クリアランス）		約3,600	約4,100	約7,600
合計		約5,900	約6,800	約12,600

※ 推定発生量は、第1段階に実施する残存放射能調査結果を踏まえ見直していく。端数処理のため合計値が一致しないことがある。

○放射性気体廃棄物及び放射性液体廃棄物の管理

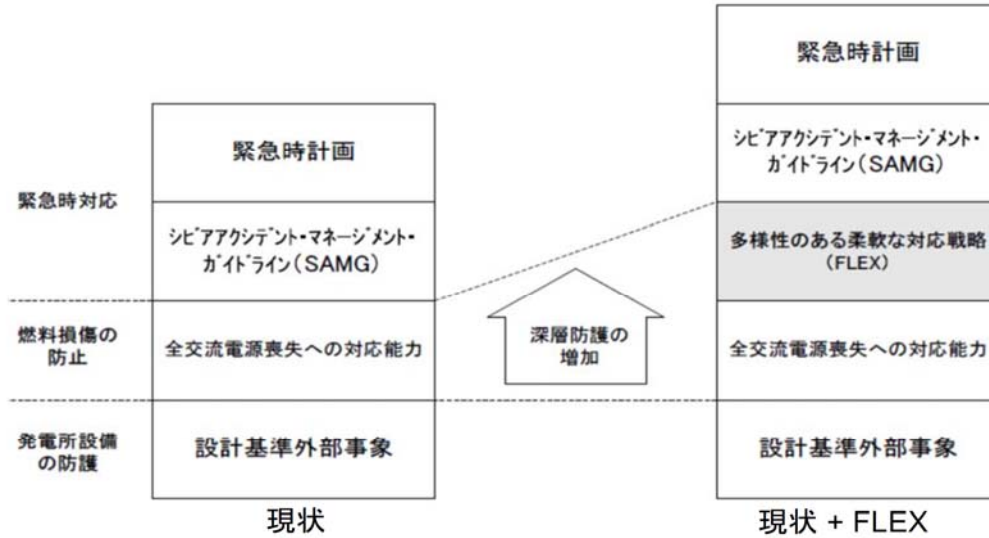
適切に処理を行い、運転中と同様に環境モニタリング下で放出する。


付録 3 「米国 FLEX と保全学会の提言」

NRC の福島タスクフォース (NTTF) が勧告した安全性強化策と NRC のアクション

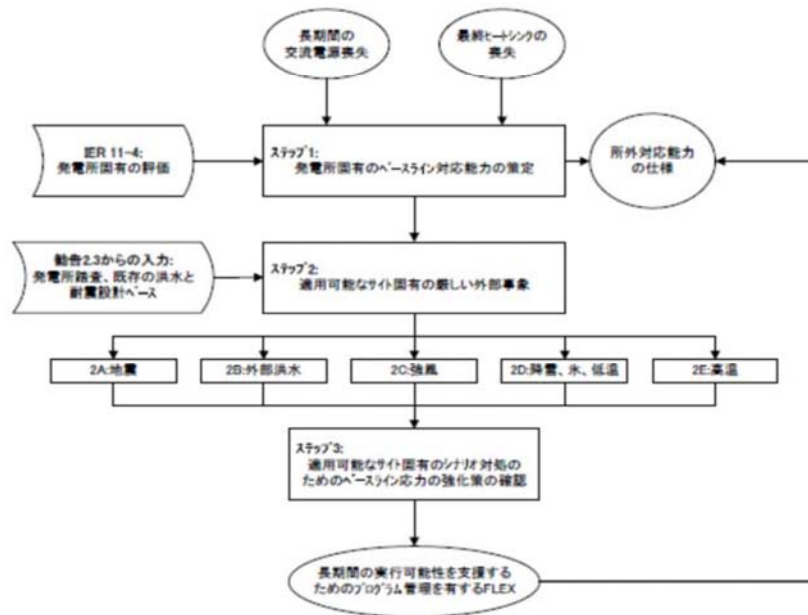
Tier	NRCの福島タスクフォースが勧告した安全性強化策	NRC アクションの状況
Tier 1	設計基準を超える外部ハザードの緩和方策	命令 (2012年3月12日)
	Mark I及びMark II格納容器に対する信頼性のある耐圧ベント	命令 (2012年3月12日)
	使用済燃料プールの計装	命令 (2012年3月12日)
	耐震及び洪水のハザード再評価	情報提出要求 (2012年3月12日)
	耐震及び洪水の踏査	情報提出要求 (2012年3月12日)
	緊急時対応への規制対応 (スタッフィングとコミュニケーション)	情報提出要求 (2012年3月12日)
	全交流電源喪失に対する規制対応	規則作成の事前通達 (2012年3月20日)
	緊急時操作手順 (EOP), 過酷事故・マシント・ガイトライン (SAMG), 大規模損傷緩和ガイトライン (EDMG) の強化と統合	規則作成の事前通達 (2012年4月18日)
Tier 2	使用済燃料プールへの補給水能力 (Tier 1の使用済燃料プール対応に基づく)	規則作成 (2013年予定)
	緊急時対応への規制対応	NRCスタッフはTier 3での扱いを提案したが, NRC委員会はより情報が必要としてこれを却下 (2012年8月)
	その他の外部ハザード (例, トルネード, ハリケーン, 干ばつ) の再評価	情報提出要求 (リソースが準備できれば)
Tier 3	地震及び洪水ハザード10年後の確認	プログラム計画書 (必要なリソース, 必要な情報, Tier 1及びTier 2問題の解決に基づく)
	地震起因の火災と洪水の防止能力の潜在的改善 (長期的評価)	
	その他の格納容器に対する信頼性ある耐圧ベント (長期的評価)	
	格納容器内とその他建屋内での水素制御と緩和 (長期的評価)	
	長期間の全交流電源喪失と複数基事象に対する緊急時対応の強化 (重要なスキルセットの利用可能性に依存)	
	緊急時対応データベース (ERDS) 性能 (NTTF勧告10に関連)	
	長期間の全交流電源喪失と複数基事象に対する追加の緊急時対応の課題 (長期的評価)	
	意思決定, 放射線モニタリング, 公衆の教育に関する緊急時計画の課題 (長期的評価)	
	深層防護の枠組みを反映した原子炉監視プロセス (ROP) の変更 (NTTF勧告1に関連)	
	過酷事故に関するNRCスタッフ訓練, SAMGに関する駐在検査官の訓練 (NTTF勧告8に関連)	
	緊急時計画区域の範囲の根拠	
	10マイル以遠でのヨウ素剤の準備	
使用済燃料の乾式キャスク貯蔵への移送		

多様性かつ融通性を有する影響緩和策(FLEX)による多重防護の強化



福島第一事故の教訓を  に実現するための統合的な安全確保の取り組み
 (米原子力エネルギー協会NEI (Nuclear Energy Institute) による多重防護強化策の提案)
 平成24年2月1日 原子力安全委員会事務局

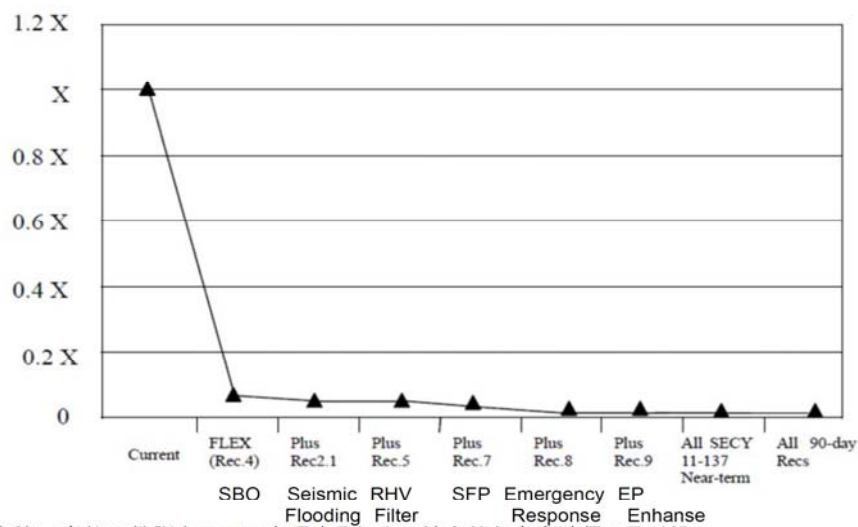
サイト評価プロセス



BWR のFLEX ベースライン能力のまとめ

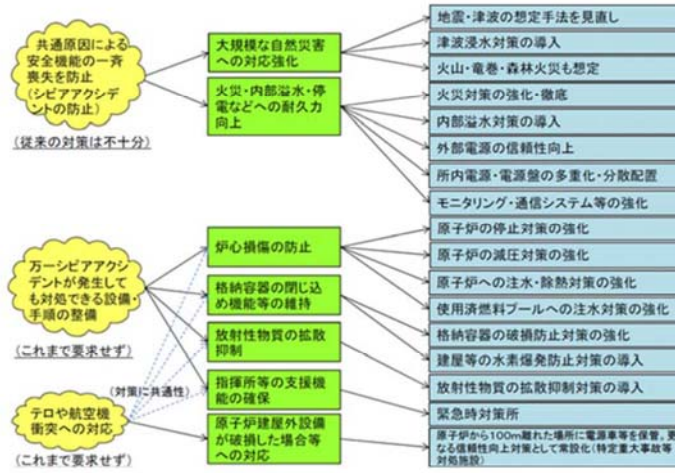
安全機能	方法	ベースライン能力	
炉心冷却	原子炉炉心冷却	<ul style="list-style-type: none"> RCIC/HPCLIC 可搬式の注入源で注入し RPV 減圧 水源の長期の持続 	<ul style="list-style-type: none"> 初期対応のために設置済みの設備を利用 可搬式ポンプの1次、2次接続が 2 点 RPV 減圧の方法 炉心の熱除去補給のための代替水源の使用
	主要原子炉パラメータ	<ul style="list-style-type: none"> RPV 水位 RPV 圧力 	<ul style="list-style-type: none"> 計装への(再)充電 発電所個別戦略のためのその他の計装
格納容器	格納容器圧力制御/熱除去	格納容器ベントまたは代替格納容器熱除去	信頼性のある耐圧ベント (Mark I, II に対する命令 EA 12-050 による) またはその他の能力
	格納容器健全性 (BWR Mark III のみ)	水素イグナイタ	可搬式電源による水素イグナイタへの再給電
	主要な格納容器パラメータ	<ul style="list-style-type: none"> 格納容器圧力 サブプレッションプール温度 サブプレッションプール水位 	計装への(再)給電
SFP冷却	使用済燃料冷却	可搬式水源による補給水	<ul style="list-style-type: none"> ホースによるプール補給水 プール補給水配管との接続またはその他の手段による補給水 可搬式にずるによるスプレー
	使用済燃料プールのパラメータ	使用済燃料プールの水位	命令 EA 12-051 による

FLEX によるリスク低減効果(安全性向上)

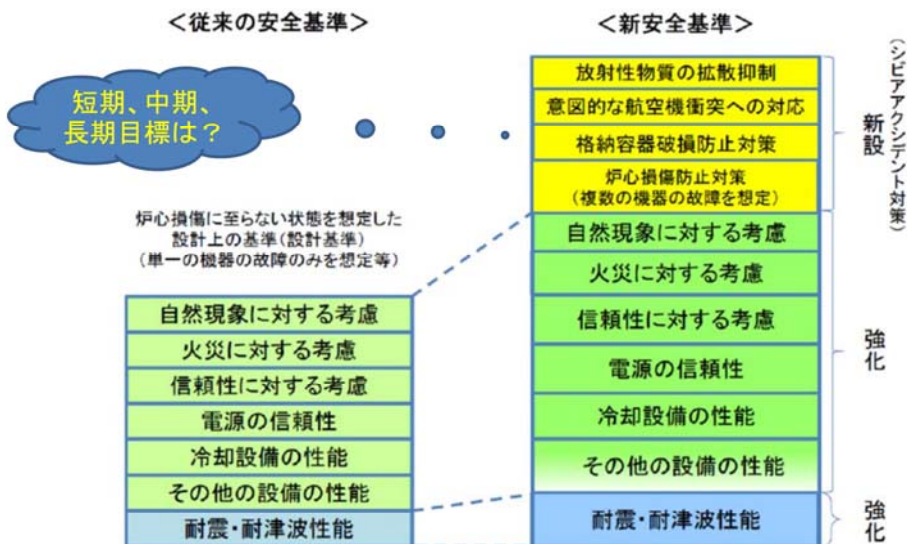


福島第一事故の教訓を早期に実現するための統合的な安全確保の取り組み
 (米国原子力エネルギー協会NEI (Nuclear Energy Institute) による多重防護強化策の提案)
 平成24年2月1日 原子力安全委員会事務局

新規制基準の基本的な考え方と 主な要求事項



新安全基準の構成



発電用軽水型原子力発電所の新規制基準に関する提案と課題
2013年5月 日本保全学会 原子力規制関連事項検討会

2. リスク低減効果の評価方法の候補

- A. 対策設備の冗長性マトリクス
 - 安全機能に対する対策設備の冗長性をマトリクスで示す。
- B. イベントツリー(ET)による定性的評価
 - 事象進展を表すイベントツリー(ET)を示し、ETの分岐(成功/失敗)において各対策が成功パスへ導く箇所を示すことで、リスク低減を定性的に示す。
- C. ストレステスト評価(クリフエッジ)
 - 外部事象(地震事象, 津波事象)について、クリフエッジを評価する。機器の損傷領域において不確かさが大きいことから、成功パスを中心とした検討が適切である。
- D. 条件付リスク評価
 - 代表的な評価として長期SBO事象での対応を例に示す。
- D'. NEI方式によるリスク評価の比較
 - 現状のリスクに対して、各対策のリスク低減効果を表す
- E. 確率論的安全評価(PRA)
 - 対象プラントのPRAを実施し、対策を採用した場合の炉心損傷頻度(CDF)の低減効果を示す。ただし、外部事象(地震, 津波PRA)のハザード評価が必要である。

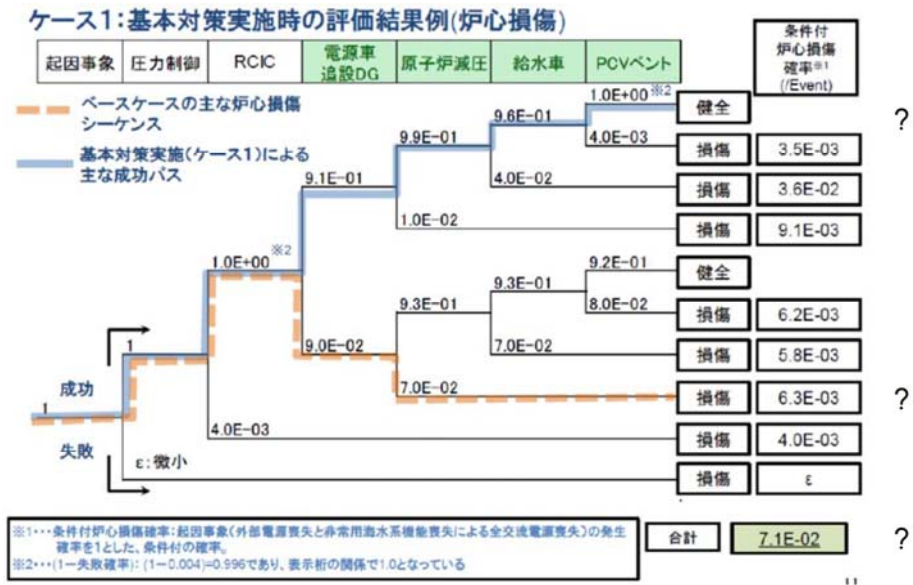
3. リスク低減効果の評価方法の比較

項目		A 冗長性マトリクス	B イベントツリー	C クリフエッジ	D 条件付リスク	D' NEI方式	E PRA
定量性	数値化可否	×	×	○	○	○	○
	判断基準有無	-	-	×	△	△	○
	数値の取扱い	-	-	○	△	△	○
効果の わかり やすさ	一般的分り やすさ (視認性など)	◎	○	◎	○	○	○
	対策の有効性 に関する区別 化の程度	-	-	△	○	○	-

● 比較結果

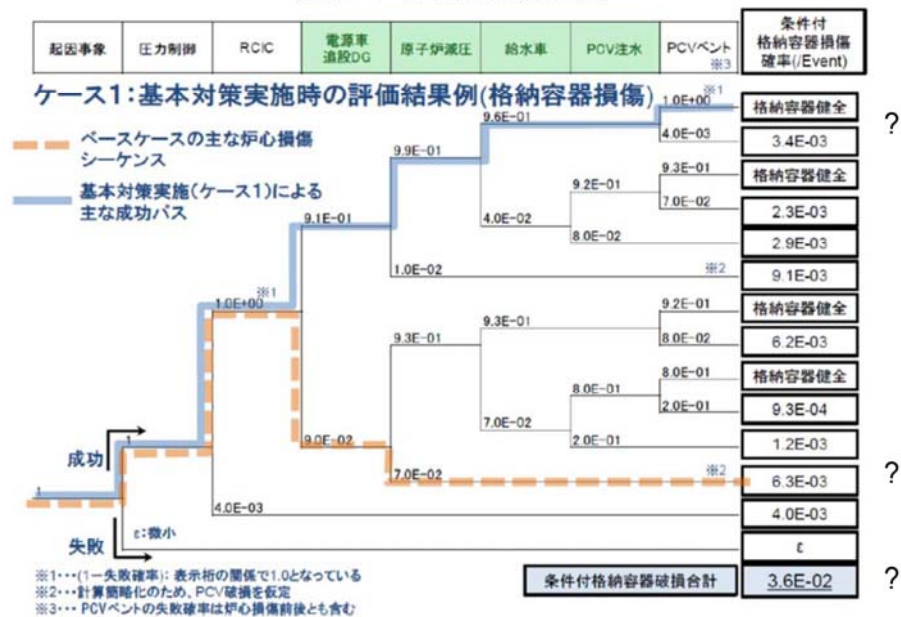
1. 定量化および区別化の面から、「C:クリフエッジ」と「D:条件付リスク」の結果により、対策の効果を確認することとする。
2. Dの結果のまとめかたについては、D'の表現方法を参考にして、効果と対策優先順位の関係を表せるようにする。
3. Dを実施する際にはBの検討を行う必要があるため、その結果も合わせて整理する。

ケース1: 基本対策による条件付炉心損傷確率の低減効果



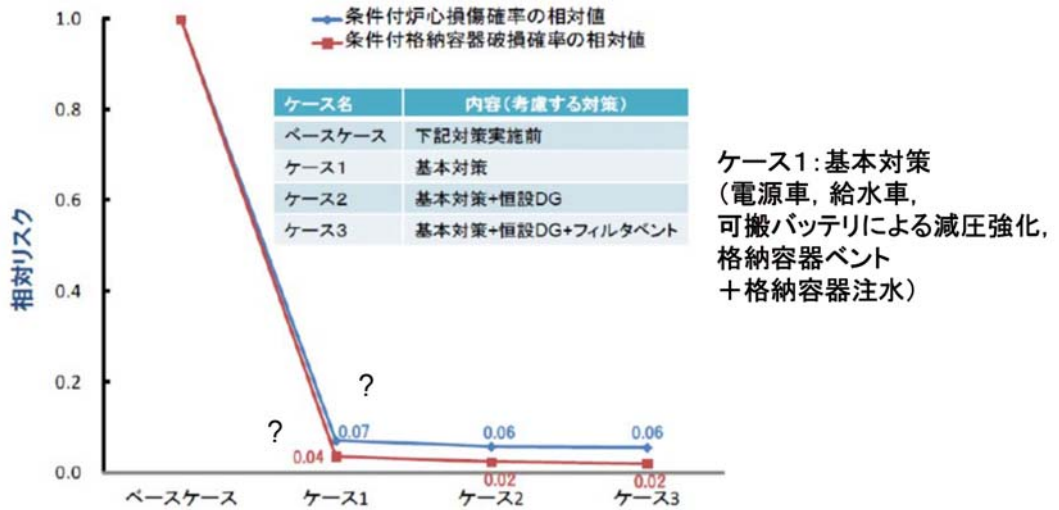
発電用軽水型原子力発電所の新規制基準に関する提案と課題
2013年5月 日本保安学会 原子力規制関連事項検討会

ケース1: 基本対策による条件付格納容器破損の低減効果



発電用軽水型原子力発電所の新規制基準に関する提案と課題
2013年5月 日本保安学会 原子力規制関連事項検討会

対策によるリスク低減効果



条件付炉心損傷確率の相対値及び条件付格納容器破損確率の相対値は、ともにベースケースに対して、ケース1の段階ですでに十分に低くなり、ケース2、ケース3の対策を取り入れても、ほとんど寄与しない

発電用軽水型原子力発電所の新規規制基準に関する提案と課題
2013年5月 日本保全学会 原子力規制関連事項検討会

キヤノングローバル戦略研究所 原子力安全研究会

氏田 博士	キヤノングローバル戦略研究所
村松 健	東京都市大学
富永 研司	原子力安全推進協会
安藤 弘	原子力安全システム研究所



キヤノングローバル戦略研究所
The Canon Institute for Global Studies

キヤノン株式会社の70周年記念事業の一環として、2008年12月に一般財団法人として設立された民間・非営利のシンクタンク。元日本銀行総裁福井俊彦氏を理事長に迎え、そのリーダーシップのもとに2009年4月より活動を開始した。キヤノン株式会社の寄付により運営されているが、キヤノンの事業や利害からは独立した活動を行っている。主たる研究領域は「マクロ経済」「資源・エネルギー・環境」「外交・安全保障」。科学的に価値ある研究を行い、それに基づいて有意な政策提言を発出することを目指している。また海外の研究者・研究機関とも積極的に交流し、グローバルな知識のネットワークを創造するとともに、知的交流のプラットフォームを提供している。