

キヤノングローバル戦略研究所 原子力安全研究会

「原子力のリスクと対策の考え方」 - 社会との対話のために -

平成28年3月26日

- 安藤 弘 原子力安全システム研究所
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



キヤノングローバル戦略研究所「原子力安全研究会」とは

- ▶ 原子力の現状における安全課題を明確化し、対策の考え方を体系的に整理して、社会に発信し議論していくことを目的に発足した。
- ▶ 1F事故の課題と対策を深層防護のどこに位置づけるかを明確にすること、そしてそれを確率論的安全評価に基づき全体のバランスを定量的に把握する。
- ▶ リスクマネジメントは、リスクを定量化するリスク解析(確率論的リスク評価)、それが安全目標を満足するか対策が必要かを判断するリスク解析とリスク評価の現状とあるべき姿を検討し、リスクコミュニケーションを行う。

これらの問題意識から、以下のような4つの課題に対し、検討し提言をまとめた。

- (1) 1F事故を受け、深層防護、特にシビアアクシデントに対する安全防護の考え方を論理的に再構築する
- (2) 電気事業者が1F事故後の新規制基準に従い事業者が実施している安全対策とその費用に関する情報を収集し、安全対策の現状(対策の項目やコスト)を明らかにする
- (3) 確率論的リスク評価は、現在の安全の水準を総合的に評価し、定量化する特徴を持つので、安全評価と対策立案の過程に有効活用する方法を検討する
- (4) 原子力の社会的受容を考えるときには、リスク評価だけではなくベネフィット(例えば、気候変動対策、環境対策、エネルギーセキュリティなどに対する有効性)も考慮してエネルギーシステムとして比較評価する方法を検討する

発表内容

シリーズ発表(1)

「原子力の安全設計と運用について」

- ▶ 深層防護と安全設計
- ▶ 電気事業者の安全設備対策の状況

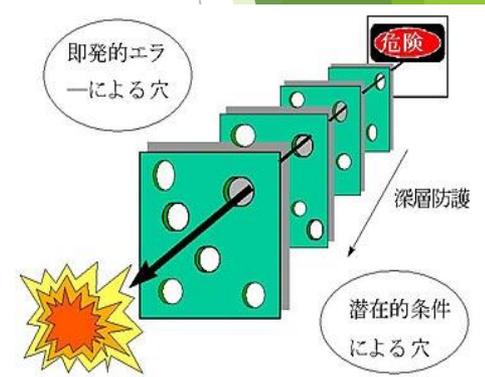
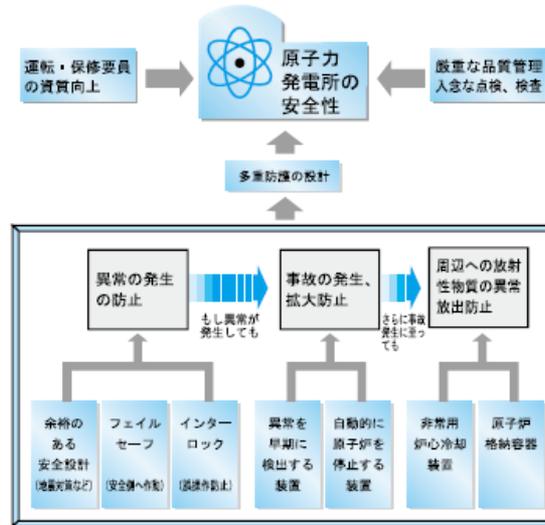
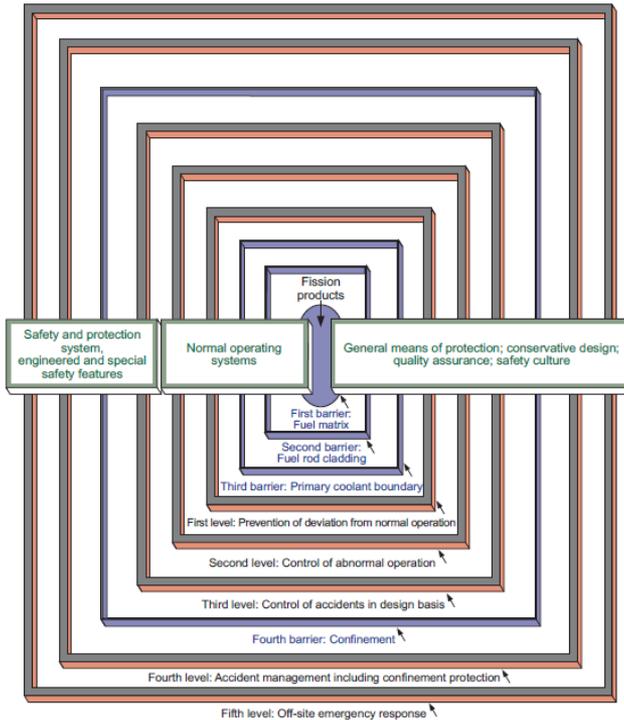
シリーズ発表(2)

「リスクに基づく合理的な安全の考え方について」

- ▶ リスク情報に基づく安全の考え方
- ▶ まとめ提言

安全思想（深層防護）に関する検討

1F事故と深層防護



IAEAの深層防護(5レベル)

我国の深層防護(事故前:3レベル)

1F事故の直接的原因は想定外の津波による全交流電源喪失であるが、根本原因としては深層防護のレベル4&5の対策が不十分であったことによる。期待していたレベル1~3の対策は、津波(共通原因)により同時に機能喪失してしまった。

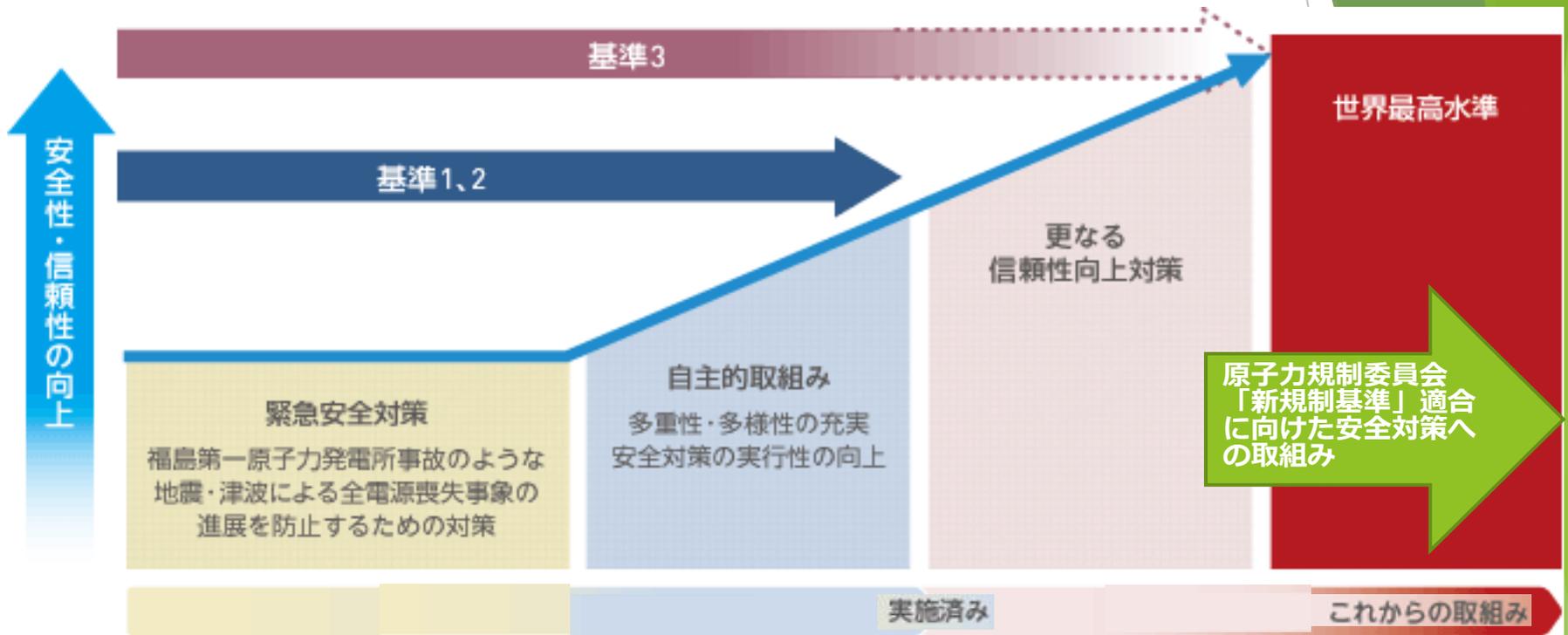
レベル4&5の対策整備

深層防護のロバスト性(強靱性)の強化が重要。

【CIGS原子力安全研究会での検討項目】

- 1) 深層防護は、シンプルで一般国民にも分かる分かり易いもの
- 2) 人的要因(HF)を考慮した深層防護
- 3) 深層防護の適切な実装化
- 4) 規制機関・事業者・メーカーの適正な仕組みづくり。

福島第一原子力発電所事故以降の安全確保に向けた取り組み



判断基準1.2において、「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損傷に当たらないための基準」の対策

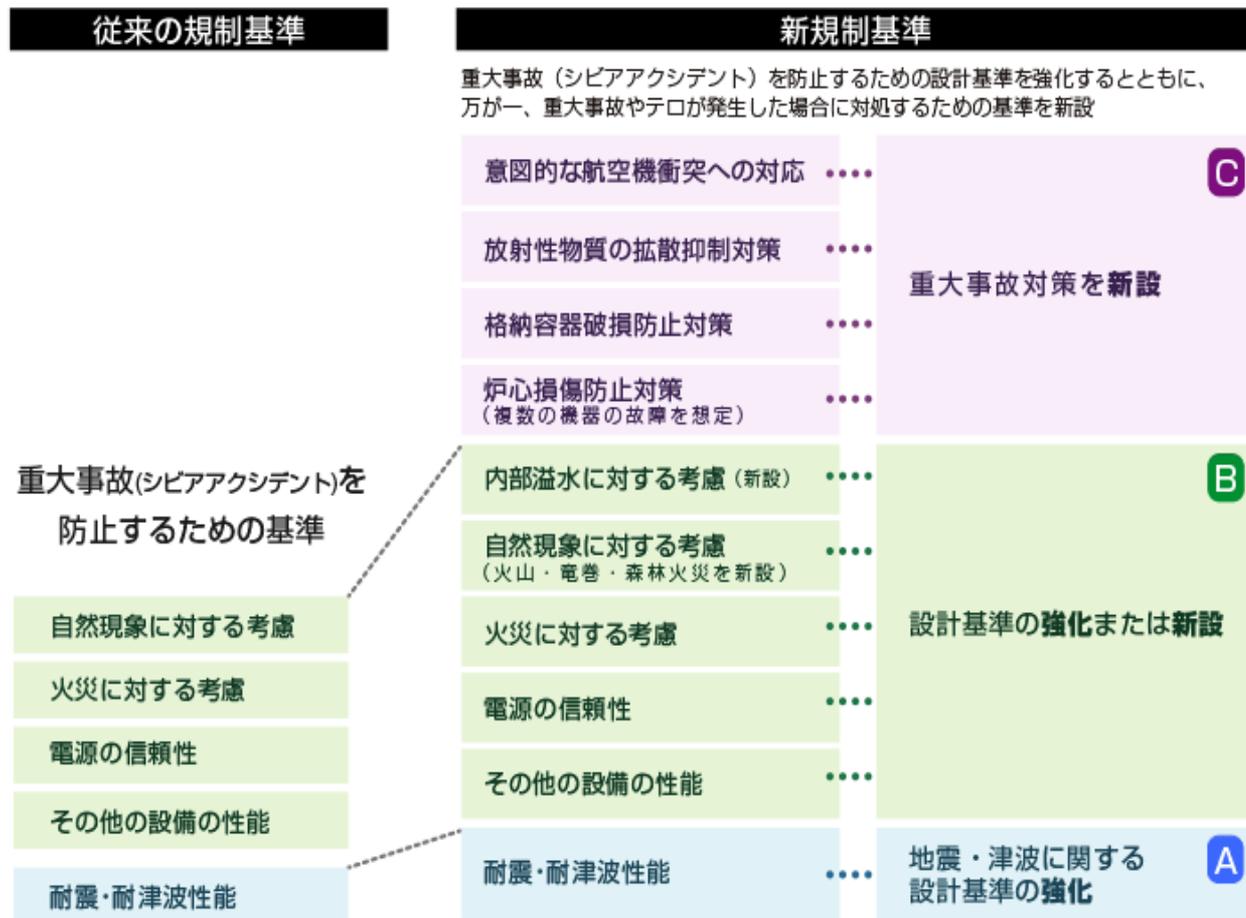
旧原子力安全・保安院がストレステスト審査にて一層の取組みを求めた事項12項目。東京電力福島第一原子力発電所事故の技術的知見に関する30の安全対策

世界最高水準の安全性を目指す組織体制

NRAの「新規制基準」への対応

原子力規制委員会の「新規制基準」として、新たに強化または追加された。

- 重大事故(シビアアクシデント)対策
- 地震・津波対策
- 設計基準の強化



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。

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

放射性物質の拡散抑制

損傷箇所へ放水する放水砲を配備。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。

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潮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。



イグナイタ



ガスタービン非常用発電装置

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

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。



静的触媒式水素再結合装置



NRAの「新規制基準」への対応

原子力規制委員会ホームページより

原子炉規制委員会への安全審査申請

(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	
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	(2016年2月24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	

NRAの「新規制基準」への対応 電力各社の原子力発電所安全対策費用

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	16年2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	5,279	
	←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+2,000程度、美浜3 特別点検+1,000程度						
	←美浜1/2 廃炉 680						
	←美浜3 1,290 高浜1/2/3/4 3,881 大飯3/4 108						
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1/2 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	—	—	

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



静的触媒式水素再結合装置

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

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

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

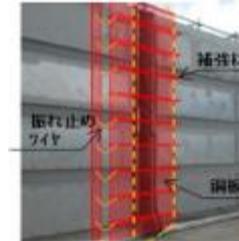
4.地震対策

- ・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
- ・送電線がいしの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
- ・防潮堤間ジョイント部の衝突防止工に揺れ止めワイヤーの設置



免震事務棟

可動イメージ



防潮堤衝突防止工の揺れ止めワイヤー



赤外線監視型津波監視カメラ

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

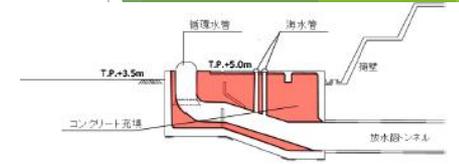


海水ポンプエリアの防護壁

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)
- ・防潮堤間ジョイント部への衝突防止工(漂流物の衝突を防止する設備)を設置
- ・放水ピット内へのコンクリートの充てん(循環水・海水管の放水路直接接続)



放水ピットのコンクリート充てん

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



海水ポンプエリア飛来物防護壁

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



(モルタル吹付け状態)

防火帯

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)
- ・消火系統の追設(消火貯水タンクの増設)



火災延焼防止用装置

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

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)



溢水防護区画(扉)への堰の設置

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



マルチコプターの活用



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



シルトフェンスの設置

12.放射性物質の拡散抑制

- ・シルトフェンスの設置
- ・ゼオライト土壌袋の設置
- ・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

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

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

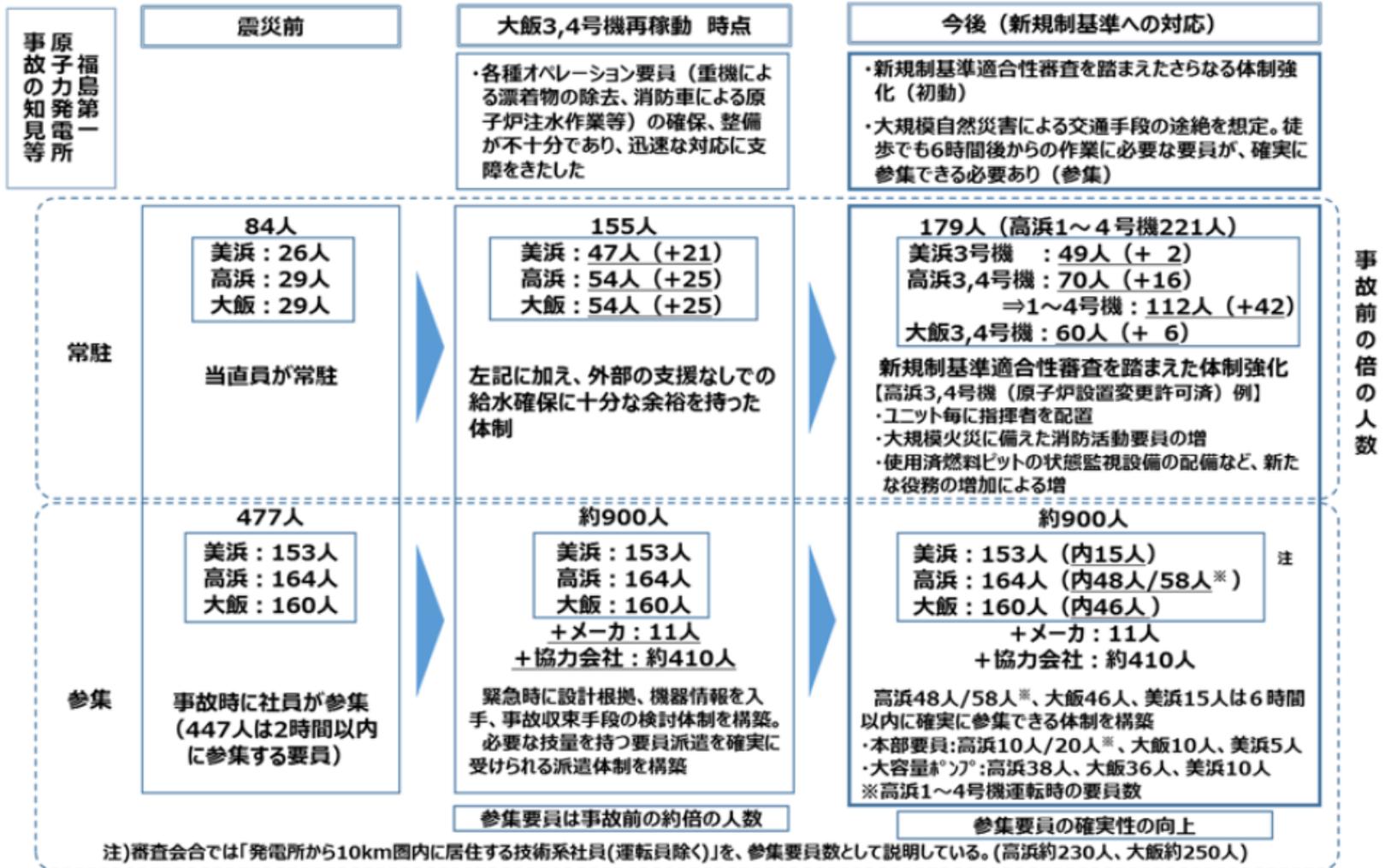


遠隔操作ロボット

PackBot® (パックボット)

NRAの「新規制基準」への対応 事故時対応体制の充実(関西電力の場合)

新規制基準安全審査資料により



美浜、大飯および高浜1~4号機の体制は、今後の新規制基準適合性審査により変更の可能性あり

2014年 原子力発電所の維持費

新聞Webサイトより

原子力発電所の維持、管理のため費用について、2014年では電力会社9社で、約1兆4,260億円で、この費用のうち多くを電気料金に転嫁されている。内訳は、人件費や修繕費、使用済燃料の再処理費などで、大部分は維持管理費が占めている。

表 2014年度の原子力発電所の維持費

	費用	基数	平均
北海道電力	798億円	3	266億円
東北電力	915億円	4	228億円
東京電力	5,486億円	11	498億円
中部電力	1,080億円	3	360億円
北陸電力	510億円	2	255億円
関西電力	2,988億円	11	271億円
中国電力	478億円	2	239億円
四国電力	642億円	3	214億円
九州電力	1,363億円	6	227億円
合計	14,260億円	45	316億円

※億円未満は切り捨て

※廃炉が決定した関西電力美浜1/2号機、中国電力島根1号機、九州電力玄海1号機含む

原子力発電停止に伴う燃料コスト高騰等による電気料金値上げ

新聞Webサイトより

北海道電力:2013年9月～2014年10月平均7.73%(1回目)

2014年11月～2015年3月平均12.43%(緩和措置) 4月～平均15.33%(2回目)

東北電力:2013年7月～平均15.24%(1回目)

東京電力:2012年9月～平均8.46%(1回目)

中部電力:2014年4月～平均4.95%(1回目)

関西電力:2013年5月～2015年5月平均9.75%(1回目)

2015年6月～9月平均4.62%(緩和措置) 10月～平均8.36%(2回目)

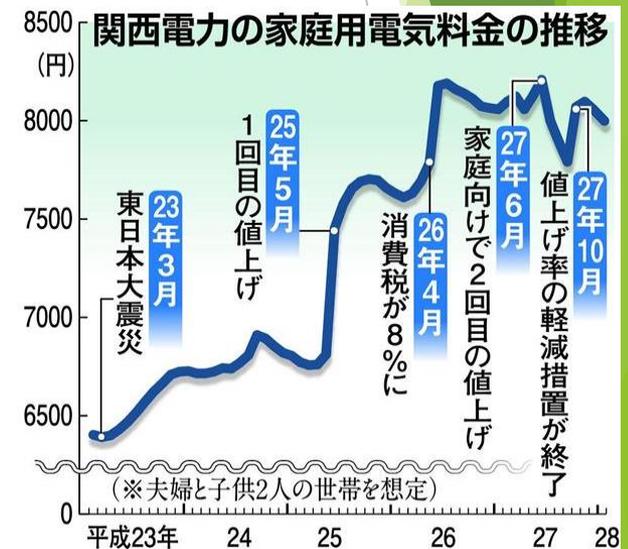
四国電力:2013年9月～平均7.80%(1回目)

九州電力:2013年5月～平均6.23%(1回目)

(北陸電力、中国電力、沖縄電力はなし)

経済産業省は、2011年度の原子力発電所の停止に伴う重油や液化天然ガス(LNG)などの燃料コストの増加額は2.3兆円、2012年度は3.1兆円、2013年度は3.6兆円とした。2014年度は原油価格の下落などの影響で、3.4兆円と東日本大震災以降で初めて減少。

2015年度は2兆円台半ばで、2014年度の3.4兆円から1兆円ほど減ると試算している。



東日本と西日本間の送電周波数変換能力の強化

東日本大震災に伴い東日本と西日本間の電力融通能力が社会問題化となった。

現在、東日本と西日本間の電力融通を行うための周波数を変換する周波数変換所は、静岡県「佐久間周波数変換所(変換能力30万kW)」と「東清水周波数変換所(変換能力30万kW)」、長野県「新信濃周波数変換所(変換能力60万kW)」の3箇所で、**周波数変換能力は合計120万kW**。

・**2020年度を目途に、第一段として**佐久間周波数変換所の周波数変換能力を30万kWから60万kWに、東清水周波数変換所の周波数変換能力を30万kWから90万kWに増強し、長野方面で直流送電を活用して連系することで**周波数変換能力を合計210万kW**とする。

・**第二段として、2020年後半に**佐久間周波数変換所と東清水周波数変換所の設備増強により**周波数変換能力300万kWへ**増強計画である。工事費の概算は1754億円と見込まれ、沖縄電力管内を除く各地の電気料金に上乗せして回収する考え、標準家庭で1カ月当たり数円～十数円の負担増となる見込み。

(最終目標は、現行の変換能力の2.5倍、原子力発電所3基分としている。)

- ・1965年 佐久間周波数変換所(電源開発(株)・静岡県)変換能力30万kW
- ・1977年 新信濃周波数変換所(東京電力(株)・長野県)変換能力30万kW
- ・1992年 新信濃周波数変換所の変換能力を60万kWに増強
- ・2006年 東清水周波数変換所(中部電力(株)・静岡県)変換能力10万kW
- ・2011年 東清水周波数変換所を緊急対策として変換能力を13.5万kWに増強
- ・**2013年** 東清水周波数変換所の変換能力を30万kWに増強(合計120万kW)
- ・**2020年度** 佐久間周波数変換所と東清水周波数変換所の変換能力を90万kW増強(第一段)
- ・**2020年後半** 佐久間周波数変換所と東清水周波数変換所の変換能力を90万kW増強(第二段)



佐久間周波数変換所(変換能力30万kW)



東清水周波数変換所(変換能力30万kW)



新信濃周波数変換所(変換能力60万kW)

北海道・本州間連系/東北・東京間連系設備の強化

○北海道・本州間連系設備の強化について

北海道・本州間連系設備の供給能力は、1979年15万kWが徐々に増強され60万kW
2019年3月には、30万kWの新たな連系線の新設、供給能力を90万kWにする計画。
 2016年4月電力小売全面自由化後、託送可能容量が逼迫することが問題視され、さらなる設備増強を検討中。



○東北・東京間連系設備の強化について

東北地方から、首都圏への送電能力を高め、首都圏で消費される電力需要の5分の1程度とすることで、電力自由化で地域をまたぐ電力の販売が広がり、市場競争を後押しし一般家庭などの電気料金抑制するため、送電能力を500万kWから1120万kWに増やす基本計画。工期は10年程度、連系線長さは約140キロ。総工費は少なくとも1390億円に上る見込み。



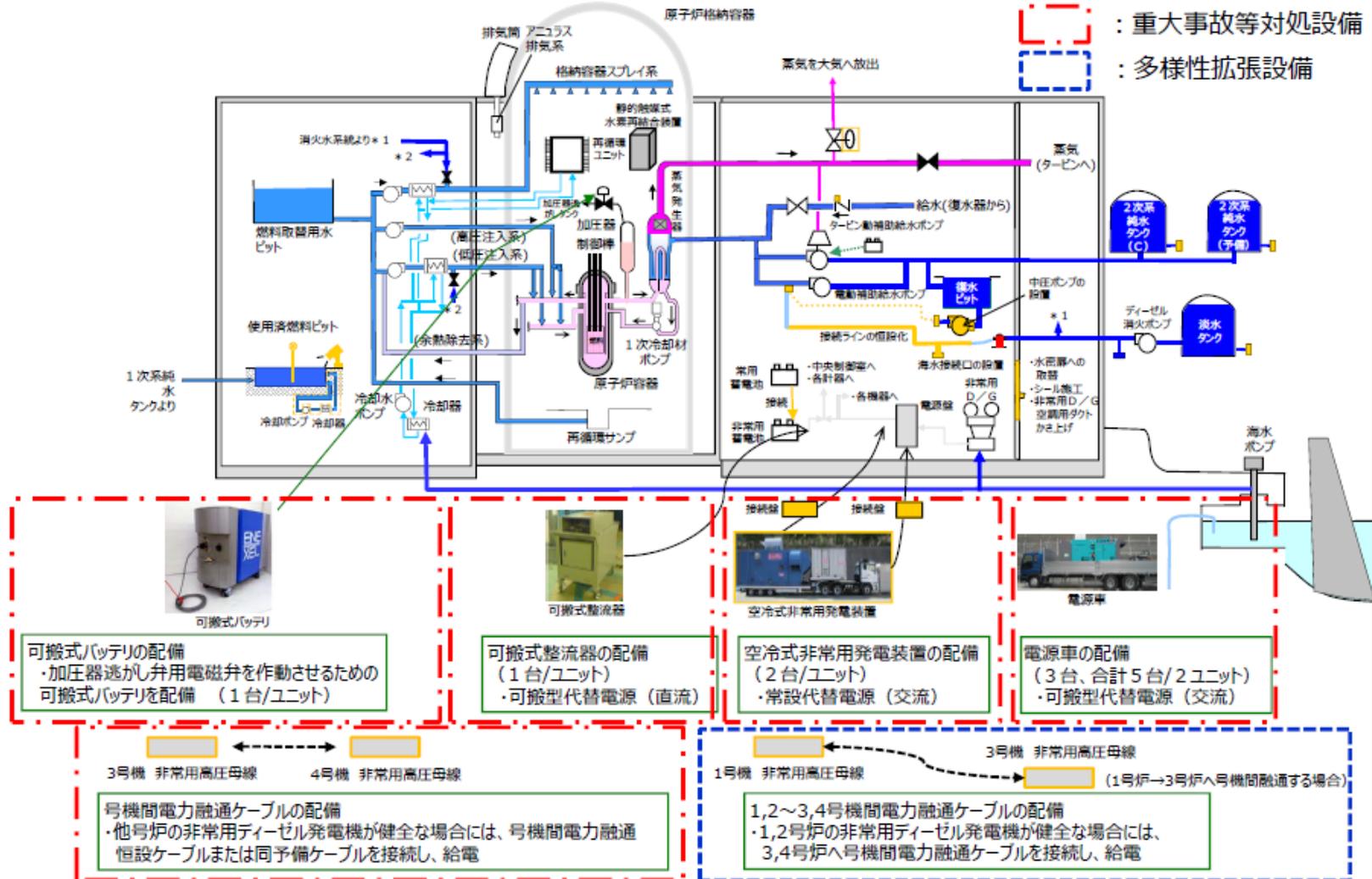
日本の電力系統における周波数変換所の位置

ご清聴ありがとうございました。

新規制基準への対応

電源確保対策(一例)

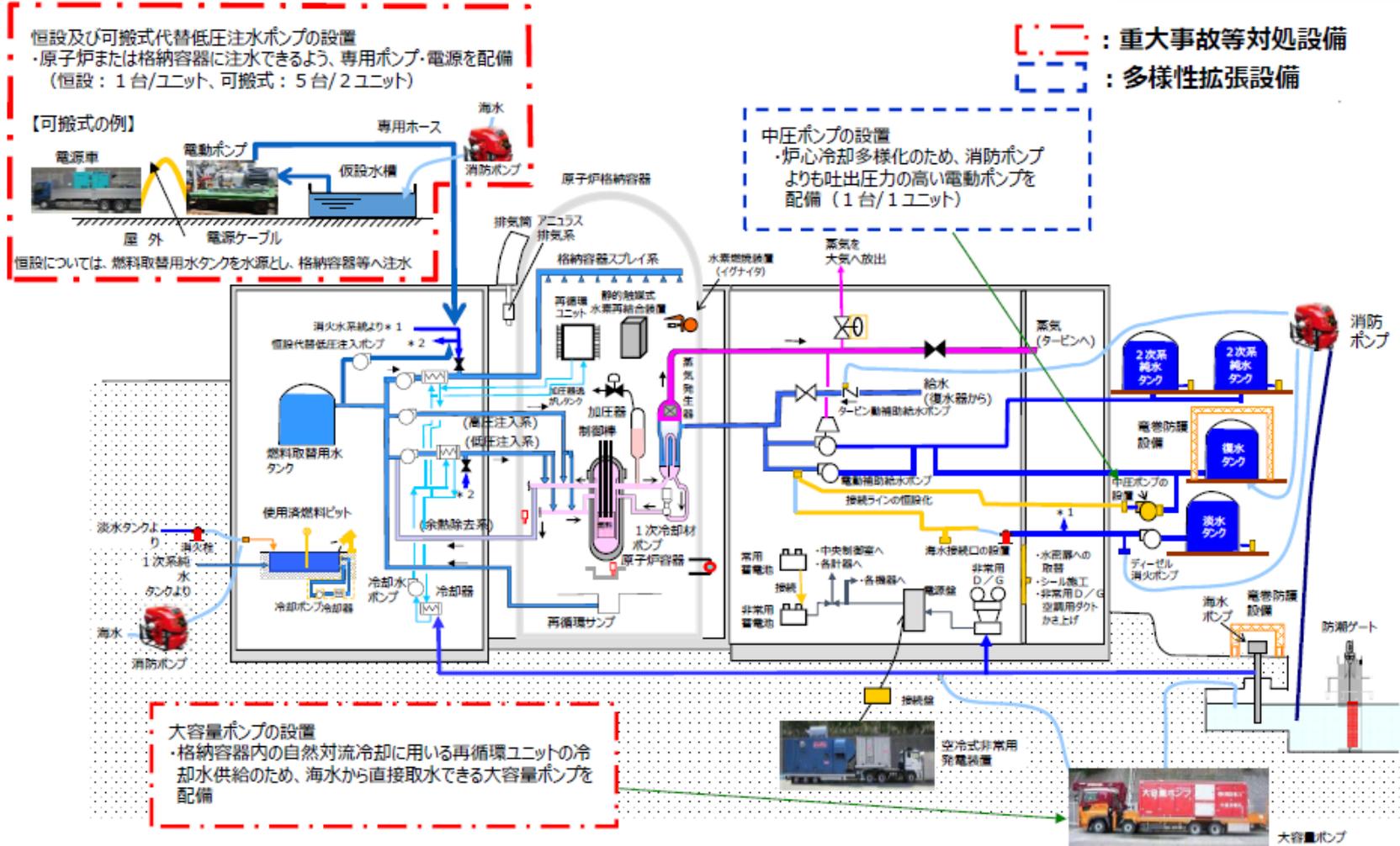
福井県原子力安全専門委員会資料により



新規制基準への対応

福井県原子力安全専門委員会資料により

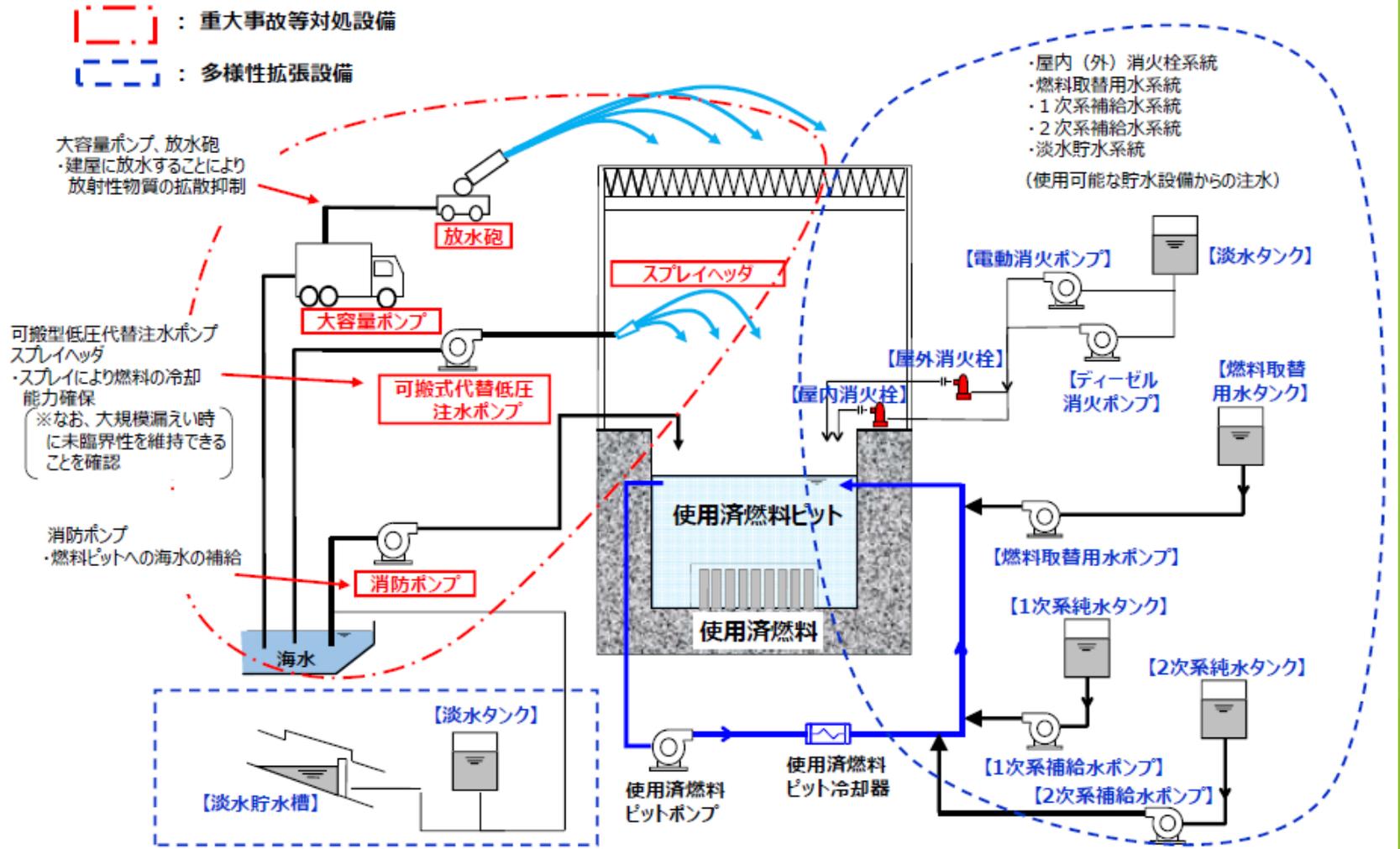
炉心冷却・格納容器冷却機能確保対策(一例)



新規制基準への対応

使用済燃料ピット冷却機能確保対策(一例)

福井県原子力安全専門委員会資料により

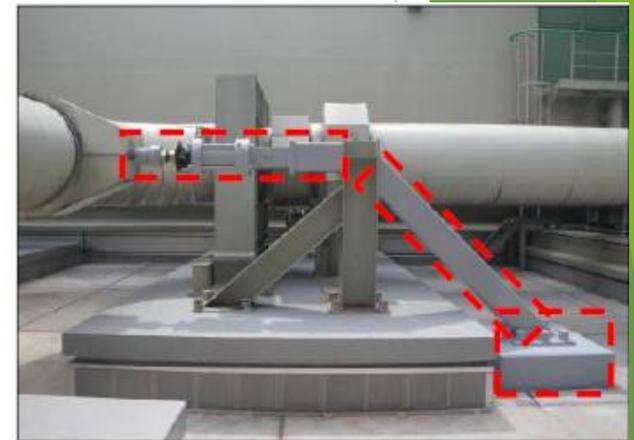


新規制基準への対応

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

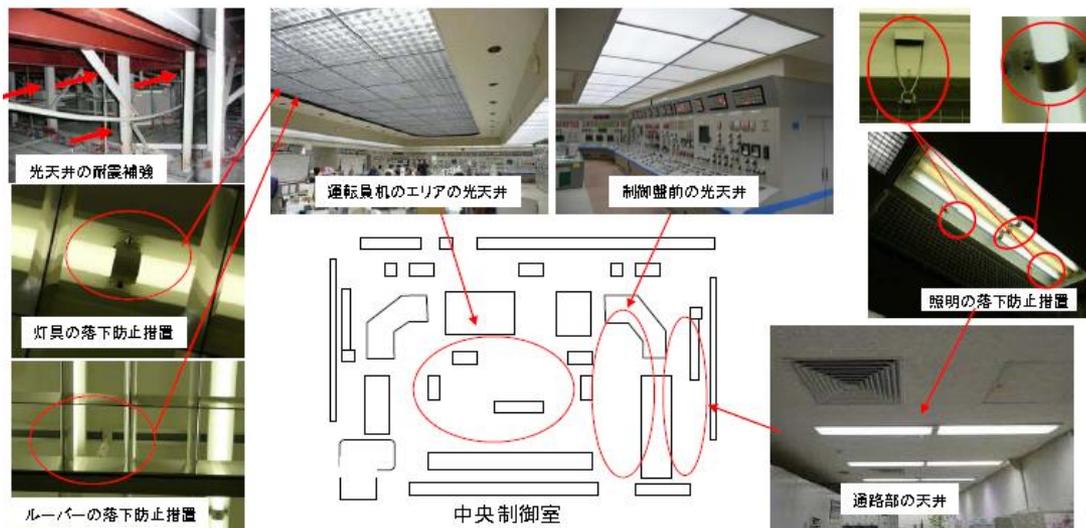


新規制基準への対応

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



新規制基準への対応

福井県原子力安全専門委員会資料により

津波対策(地震対策含む)(一例)

放水口の全周防潮堤衝突防止工の設置

防潮堤間のジョイント部に衝突防止工(漂流物の衝突を防止する設備)を設置。

放水口平面図

■■■■■■■■■■ : 防潮堤
● : 衝突防止工(23箇所)

【衝突防止工設置工事】

設置後

可動イメージ

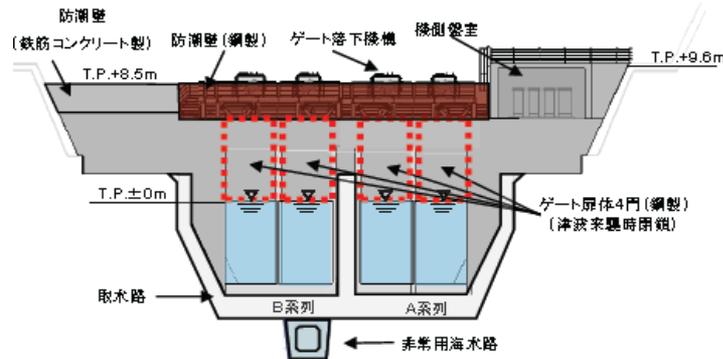
地震時変位に対し可動

新規制基準への対応

新規制基準安全審査資料により

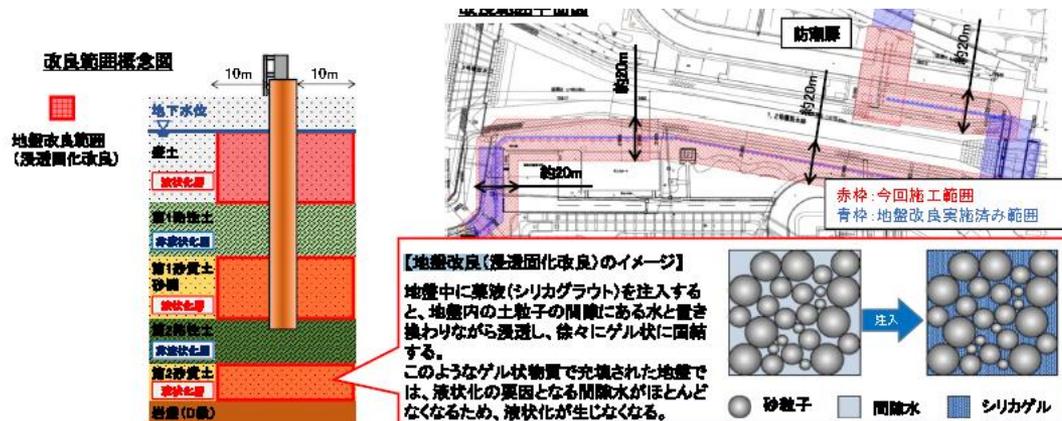
津波対策(一例)

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(地盤改良/杭式防潮堤)の設置



新規制基準への対応

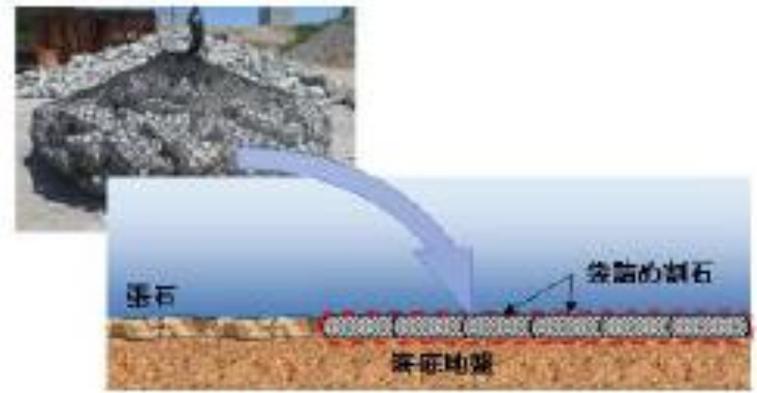
新規制基準安全審査資料により

津波対策(一例)

取水口/放水口の屋外監視カメラ設置



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)



防護壁の設置・放水ピットのかさ上げ



新規制基準への対応

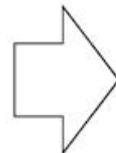
新規制基準安全審査資料により

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。

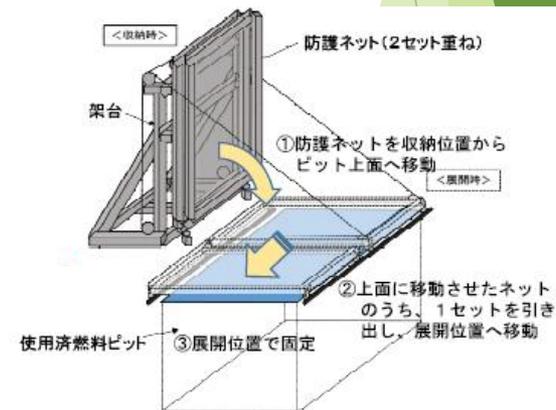
【竜巻対策(飛散防止対策)】



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。

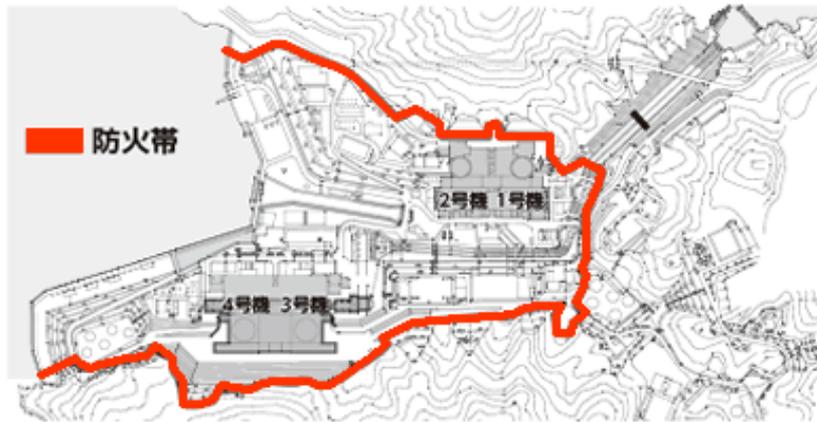
【使用済燃料ピット上面への防護ネットの設置】



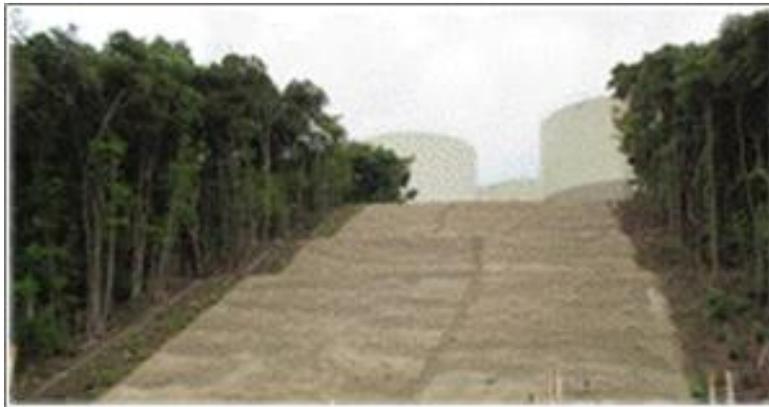
新規制基準への対応

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18mの防火帯



(モルタル吹付け状態)



防火帯
(樹木伐採箇所)

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]



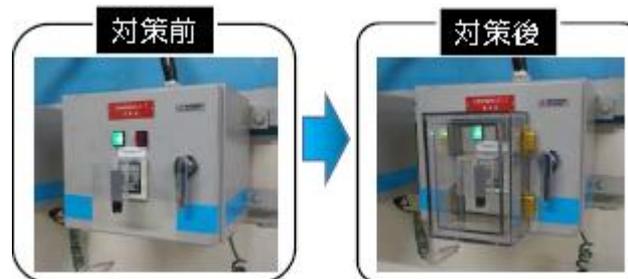
[二酸化炭素濃度計]



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・ファンダンパなど）への防水カバーの設置

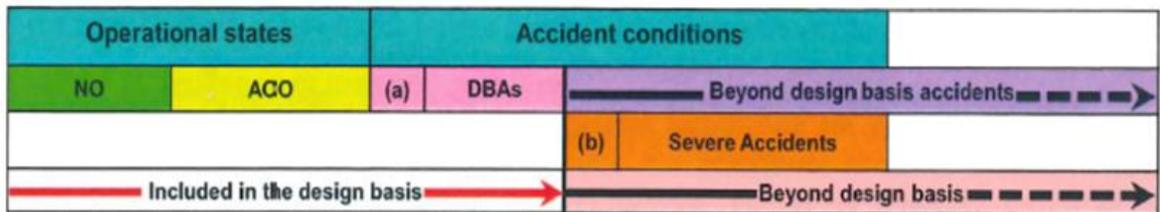


「対策例②」溢水防護区画(扉)に堰の設置

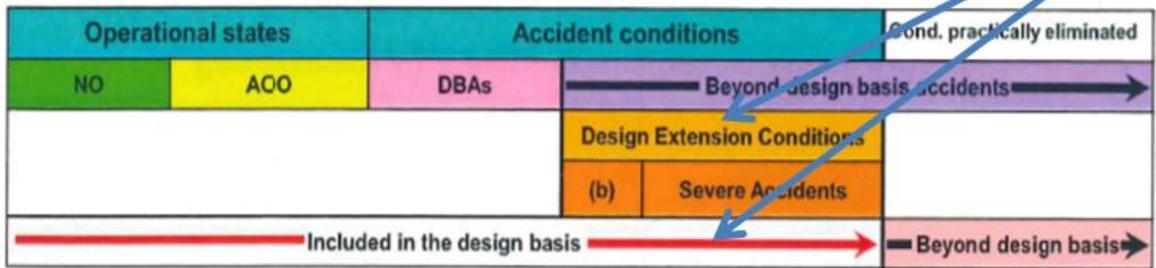


IAEAの深層防護は絶対不変ではない
 ⇒ 歴史的に変化している
 ⇒ 参加機関により解釈が異なる

NS-R-1, 2000



SSR-2/1, 2012



① レベル4を↓
DEC と呼称
② レベル4まで↓
設計範囲

Level 1 Level 2 Level 3 Level 4 Level 5 ↕

Operational States		Accident Conditions		
NO	AO	DBAs	DECs	
			No core melt	Severe accidents
Level 1 (1)	Level 2	3a	Level 3 3b	Level 4
Level 1 (2)	Level 2	Level 3	4a	Level 4 4b

深層防護の区分

WENRA*

IAEA

深層防護レベル3とレベル4を巡る議論

WENRAは、レベル3(DBA)とレベル4(B-DBA)の境界を炉心溶融としている。
IAEAは、従来の設計基準の範囲をレベル3(DBA)として変えず、レベル4の中にも炉心溶融前の状態と炉心溶融後の状態があると定義している。

注* WENRA: 西欧原子力規制者協会

発表内容

シリーズ発表(1)

「原子力の安全設計と運用について」

- ▶ 深層防護と安全設計
- ▶ 電気事業者の安全設備対策の状況

シリーズ発表(2)

「リスクに基づく合理的な安全の考え方について」

- ▶ リスク情報に基づく安全の考え方
- ▶ まとめ提言

発表内容

シリーズ発表(1) 原子力の安全設計と運用について

- ▶ 福島第1原発(1F)事故の結果、我が国では新規制基準に適合するよう各種の安全対策が強化された。新規制基準では、深層防護のレベル1~3の対策を強化するとともに、レベル4の過酷事後対策が追加された。原子力安全思想の一つに「深層防護」と「安全設計」の関係について議論するとともに、追加した安全対策の具体例とその経済的負担について報告する。

シリーズ発表(2) リスクに基づく合理的な安全の考え方について

- ▶ 原子力の安全の考え方を、リスクに基づく定量的で合理的な手段で整理することが望まれる。本来、確率論的リスク評価(PRA)とリスクベネフィット解析は、我が国のエネルギー政策を合理的に進めるうえで不可欠なものである。我が国の安全評価を合理的に実施するうえで、安全設計・運用の方式を再構築するとともに、リスク評価とリスクベネフィット解析を有効活用する方策を検討した。