資料2-1 JAEE耐津波工学委員会　130612第5回委員会

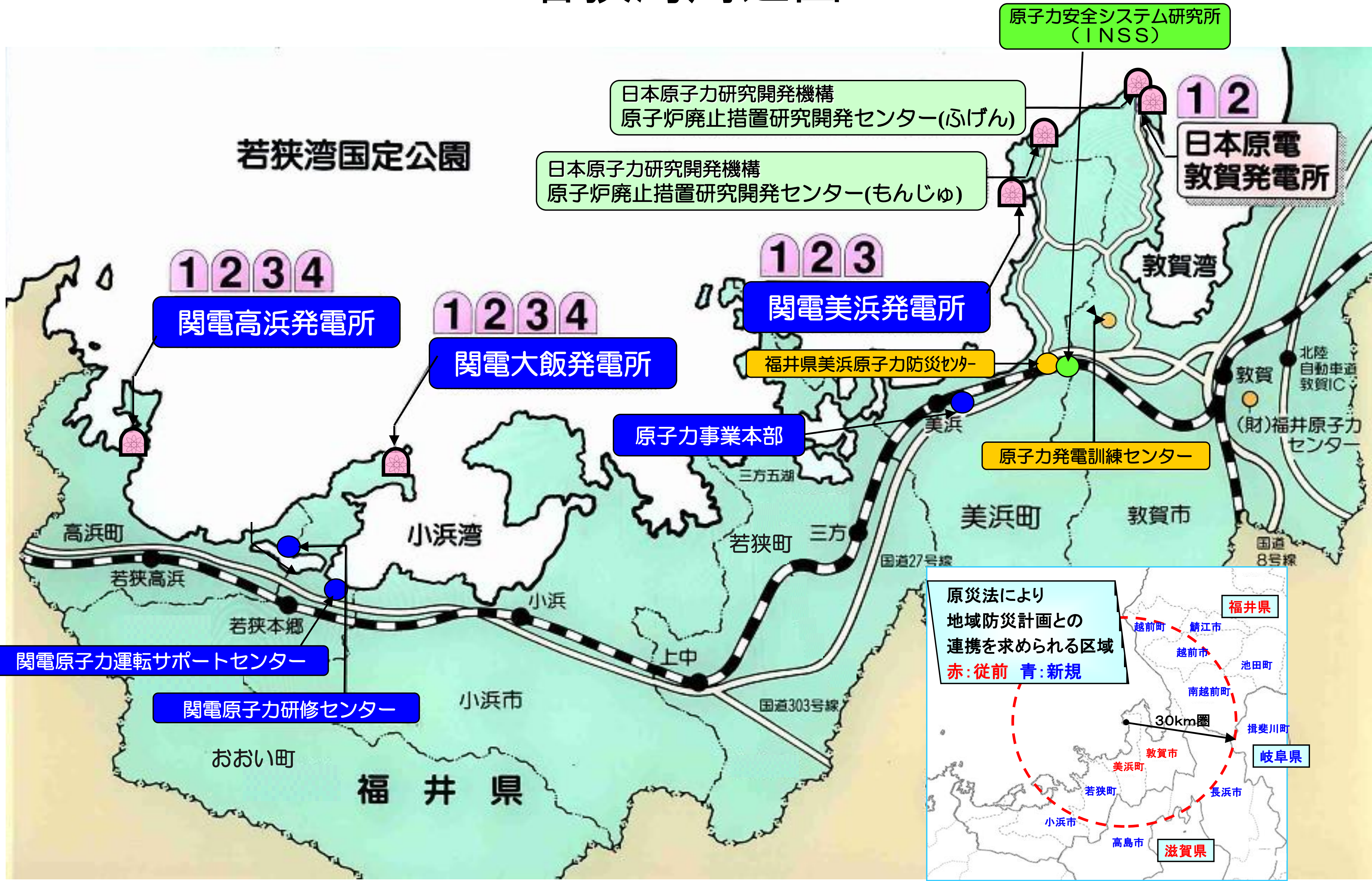
安全性向上に向けた取組み

平成25年6月12日

関西電力株式会社

当社の原子力発電所について

若狭湾周辺図



原子力安全システム研究所（ＩＮＳＳ）
日本原子力研究開発機構
原子炉廃止措置研究開発センター(ふげん)
日本原子力研究開発機構
原子炉廃止措置研究開発センター(もんじゅ)
1 2
日本原電
敦賀発電所
若狭湾国定公園
1 2 3 4
関電高浜発電所
1 2 3 4
関電大飯発電所
1 2 3
関電美浜発電所
福井県美浜原子力防災センター
原子力事業本部
原子力発電訓練センター
敦賀湾
敦賀
北陸
自動車道
敦賀IC
(財)福井原子力センター
美浜
三方五湖
高浜町
若狭高浜
若狭本郷
小浜湾
小浜
若狭町
三方
美浜町
敦賀市
国道27号線
国道8号線
上中
小浜市
国道303号線
関電原子力運転サポートセンター
関電原子力研修センター
おおい町
福　井　県
原災法により
地域防災計画との
連携を求められる区域
赤：従前　青：新規
福井県
越前町
鯖江市
越前市
池田町
南越前町
30km圏
揖斐川町
岐阜県
敦賀市
美浜町
若狭町
長浜市
小浜市
高島市
滋賀県

当社が実施した緊急安全対策について

福島第一原子力発電所事故から得られた知見

【地震による影響】

○ 地震発生により原子炉は正常に自動停止
● 地すべりによる送電鉄塔の倒壊等により外部電源が喪失
○ 非常用ディーゼル発電機は全て正常に自動起動
○ 原子炉の冷却に必要な機器は正常に動作

【津波による影響】

● 非常用ディーゼル発電機、配電盤、バッテリー等の重要な設備が被水
● 海水ポンプが損壊し、最終ヒートシンクが喪失（原子炉冷却機能喪失）
（最終ヒートシンクとは：最終的な熱の逃し場、あるいは逃し機能）
● 全交流電源（外部電源＋非常用ディーゼル発電機）が喪失

全交流電源喪失、最終ヒートシンク喪失が長期に亘り継続し、
燃料の重大な損傷、格納容器の破損など深刻な事態に陥った

【安全確保対策】

- 全交流電源喪失の対策
  ⇒プラント監視をする為に必要な電源設備を確保
- 最終ヒートシンクの喪失の対応
  ⇒蒸気発生器への給水設備を確保
- 重要機器の被水防止
  ⇒建屋の浸水対策を実施

電源確保
水源確保
浸水対策

「多様化」と「多重化」

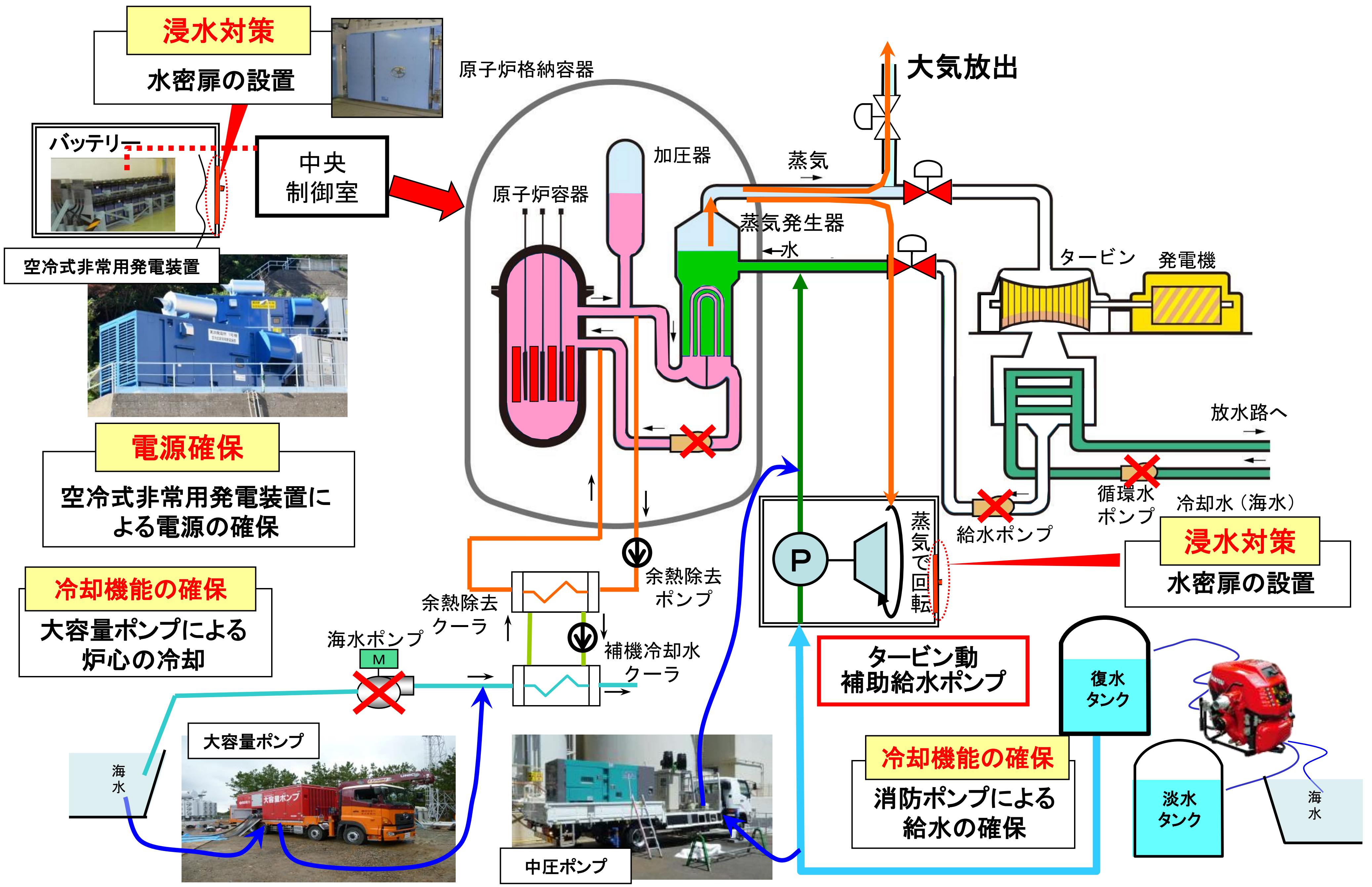
知見を踏まえた対策の方向性

- PWRの特徴である蒸気発生器等を活用し、炉心からの**熱除去のための手段(ヒートパス)を多重化、多様化**し確実にする
- 地震・津波を考慮しつつ**電源・水源を多重化、多様化**し確実にする
- バッテリー等の重要機器を**津波から守る対策（防波堤等の設置、建屋水密化）**を確実にする

↓

安全確保対策として順次実施

加圧水型炉（PWR）プラントの安全対策



電源確保への対応（大飯発電所の例）

ハード対策
（海抜30m以上に配備）

合計：2310kVA	合計：4710kVA	合計：14600kVA	電源供給手段の多様化
監視機器等への供給	更なる電源確保による裕度向上	炉心冷却手段の拡大	
・中央制御室	※電源確保により電動補助給水ポンプの運転も可能	・ほう酸ポンプ ・余熱除去系 等	・非常用炉心冷却設備 ・海水ポンプ 等
電源車の配備 ４台 （予備３台）	電源車の追加配備 ３台	空冷式非常用発電装置の設置 ８台	恒設非常用発電機の設置 ４台 （中長期で対応予定）

○接続の簡略化
空冷式非常用発電装置から効率的に中央制御室や
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

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

休日・夜間	常に6名確保

○マニュアルの整備

○訓練の実施

（訓練項目）
- ・電源車の配置
- ・電源ケーブル接続
- ・電源車の運転
- ・電源車への給油

平日昼間訓練	52回
平日夜間訓練	8回
休日訓練	11回

H24年7月までの実施回数

○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

○接続時間の短縮
- ・電源車：135分　⇒　空冷式非常用発電装置：78分
（全号機への給電が完了するまでの訓練実績）
- ・接続部の改造により、接続を簡略化

水源確保への対応（大飯発電所の例）

ハード対策

冷却水の供給能力

海水ポンプの代替

水源供給源の多様化

炉心のさらなる冷却

冷却手段の確保

・炉心冷却（高温）
・燃料ピット

消防ポンプの配備
25台

炉心冷却（低温）

消防ポンプの追加配備
＋28台

ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ発電機の冷却

可搬式ｴﾝｼﾞﾝ駆動海水ﾎﾟﾝﾌﾟの配備
30台

原子炉補機冷却系統への給水

大容量ポンプの配備
1台

消防ポンプの総配備数
88台（予備含む）

総配備数32台
（予備含む）

平成23年12月
配備済

ソフト対策

配備した消防ポンプ等をすみやかに必要な箇所に敷設するための対策

○体制の確立

○マニュアルの整備

○訓練の実施

（訓練項目）
・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

SG給水訓練	48回
SFP給水訓練	31回
CSD訓練	25回

H24年7月までの実施回数

訓練：ポンプ設置

訓練：ホース敷設

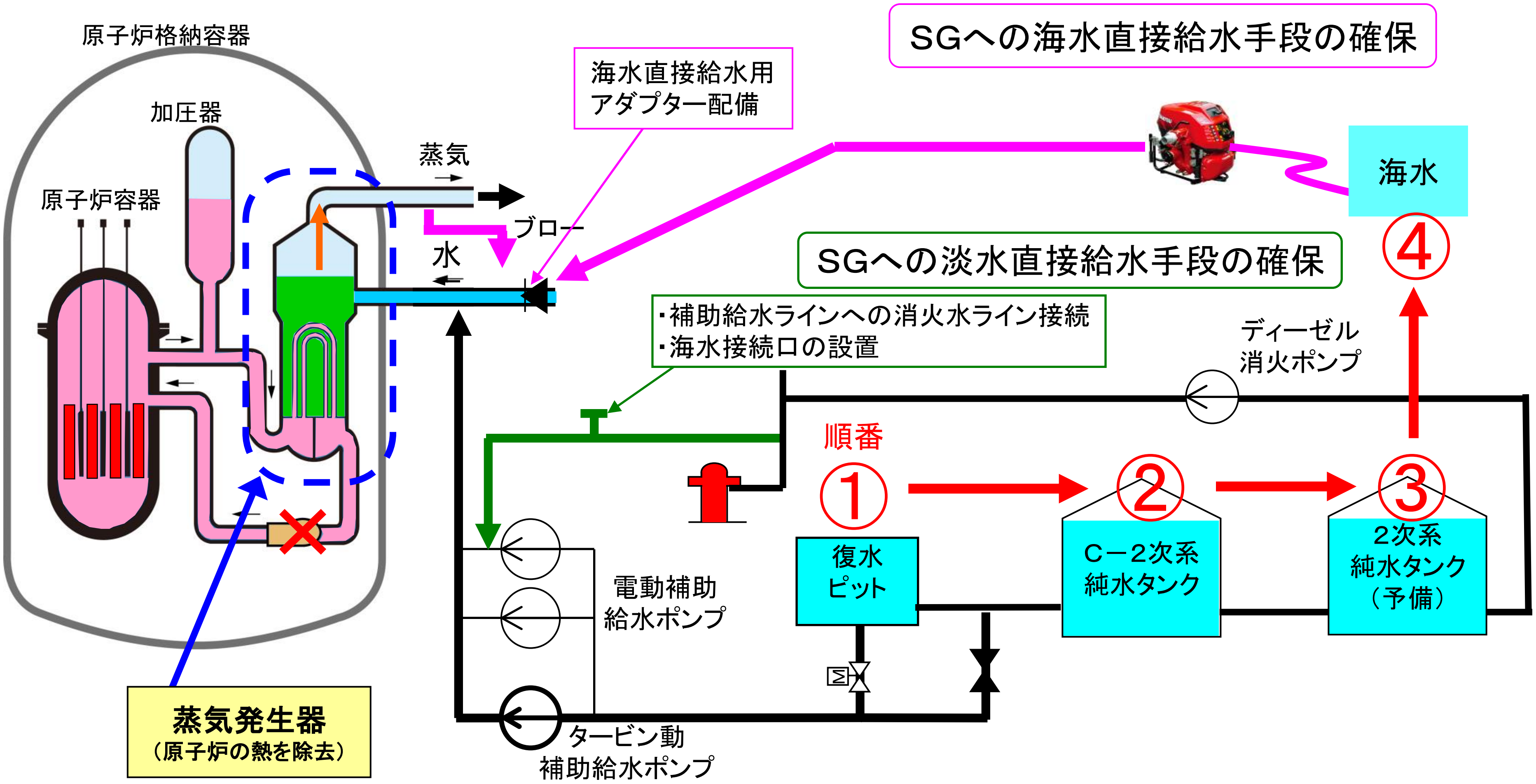
○訓練の反映

・ポンプ設置箇所へのマーキング
・連絡を密とするため無線機を配備　他

○資機材の予備

・消防ポンプ　必要台数53台／総数88台
・ホース　必要本数631本／総数670本

水源の確保（大飯3号機の例）



供給の順番	水　源	容量（m3）	供給可能時間
①	復水ピット	約1,200	約5時間
②	C−2次系純水タンク	約7,500	約6日
③	2次系純水タンク（予備）	約3,000	約10日
④	海水	−	燃料補給が継続する時間

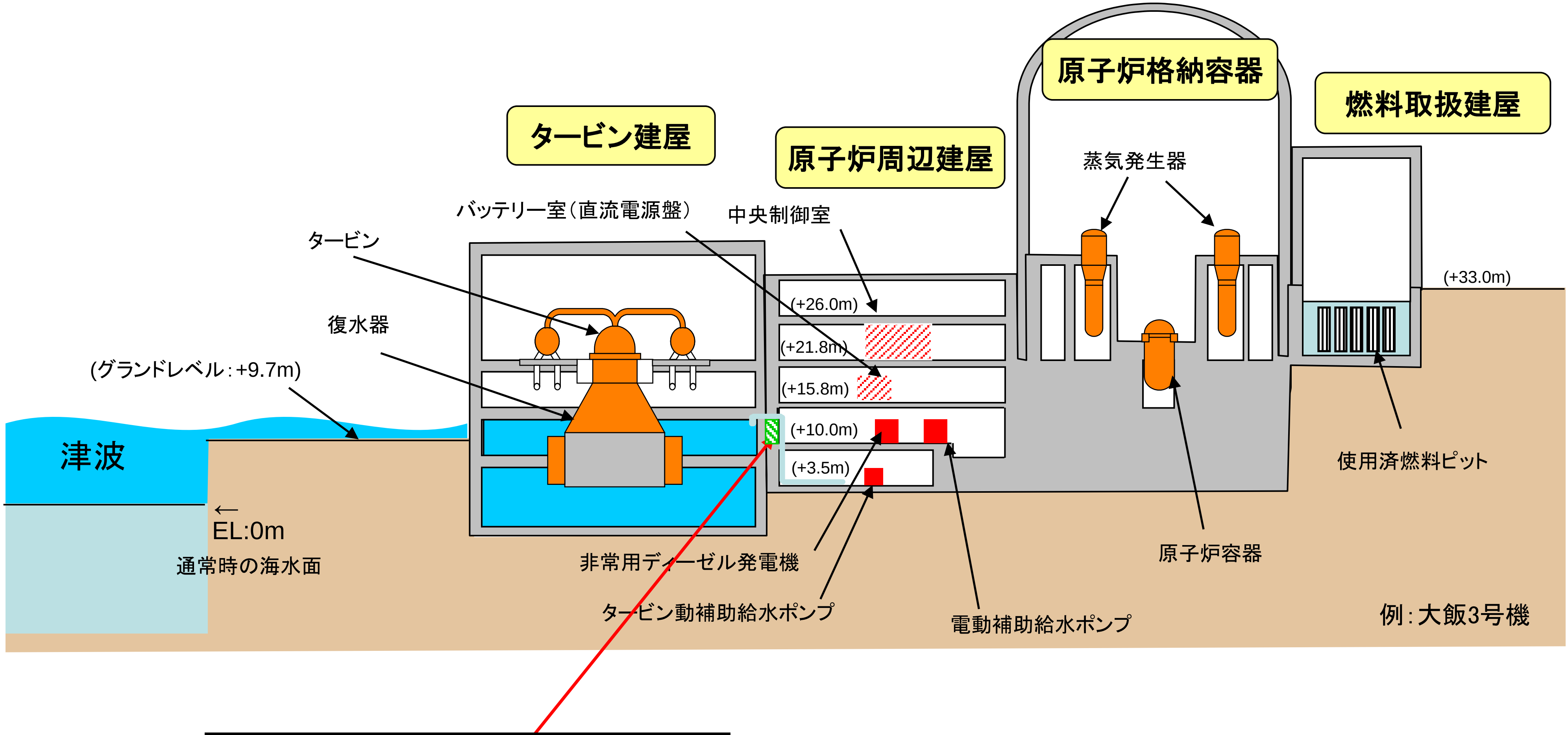
電源と水源の多重化と多様化のまとめ

（大飯3号機の例）

青字；既存の安全系　赤字；安全確保対策

	電　源	水　源
多重化	○非常用ディーゼル発電機　2台 ＋空冷式非常用発電装置　2台 ＋（予備）電源車　1台	○復水ピット ＋C−2次系純水タンク（3,4号） ＋2次系純水タンク（予備） ＋海水
多様化	【設置場所】 非常用ディーゼル発電機　EL10m ＋空冷式非常用発電装置　EL33m ＋電源車（予備）　EL33m 【冷却方法】 非常用ディーゼル発電機＜海水冷却式＞ ＋空冷式非常用発電装置＜空冷式＞ ＋電源車（予備）＜空冷式＞	【設置場所】 復水ピット（屋内）　EL26m C−2次系純水タンク（3,4号）EL80m 2次系純水タンク（予備）　EL72.5m 【蒸気発生器への給水設備】 タービン動補助給水ポンプ ＋電動補助給水ポンプ（電源回復後に使用） ＋消防ポンプ（復水ピットへの給水用） ＋消防ポンプ（蒸気発生器への直接給水用） ＋中圧注入ポンプの設置

浸水(津波)に対する対策　その1

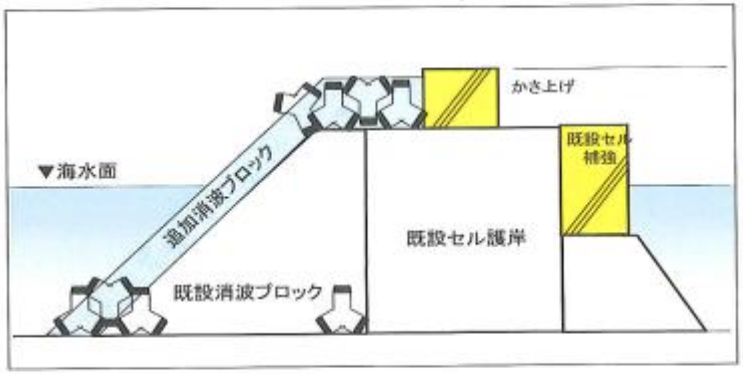


津波から重要機器守る
ため浸水対策を実施

浸水（津波）に対する対策　その2

屋外の津波対策

防波堤の強化

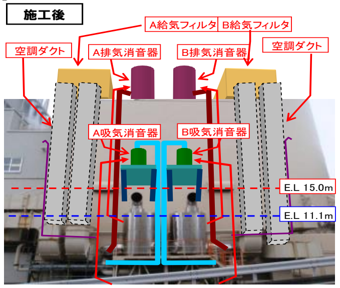


■水密扉の例

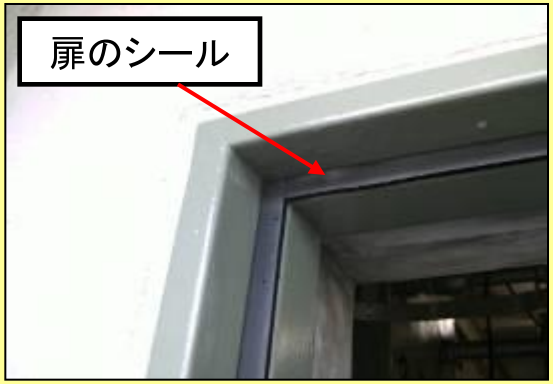
■非常用ディーゼル発電機給排気口嵩上げ

施工前

施工後



建屋内の浸水対策



中央制御室に給電するために必要な設備

（バッテリー室／メタクラ室）

蒸気発生器に給水するために必要な設備

（ポンプ室／メタクラ室）

安全確保対策の効果を確実にするための措置

安全確保対策の効果を確実なものとするため、福島第一原子力発電所の事故を経験した方々の生の声を反映して、着実な作業遂行に必要な各種措置を講じている。

作業環境	所内通信手段	放射線管理	水素爆発防止	がれき撤去
・事故時の中央制御室換気系（再循環系）の着実な運用手順を整備	・トランシーバ ・携行型通話装置 ・衛星電話	・高線量対応防護服 ・事業者の資機材相互融通	・事故時のアニュラス※1からの着実な排気手順を整備 （大飯1，2号は、イグナイタ※2への電源確保を確認）	・配備済

更なる緊急時ソフト面の強化（所内通信手段・放射線管理より）

・緊急時対応体制、支援体制の強化

・通信手段の強化　他

ホイールローダ

ブルドーザー

クローラーキャリア

※1:格納容器を取り囲む空間、※2:水素燃焼装置

ストレステストについて

安全性に関する総合評価（ストレステスト）について

位置付け

H23年7月11日　枝野官房長官、海江田経済産業大臣、細野内閣府特命大臣により公表

- 安全性の確認は現行法令に則り行われており、さらに緊急安全対策が実施されており、従来以上に慎重に安全性の確認が行われている。
- 定期検査後の再起動については、国民・住民の方々に十分な理解が得られているとは言い難い状況にあることから、国民・住民の方々の安心・信頼確保のため、欧州諸国で導入され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評価を実施する。
- 一次評価（定期検査中で起動準備の整った原子力発電所）
  設計上の想定を超える事象に対しどの程度の安全裕度を有するかの評価を実施。緊急安全対策の効果がどの程度かを定量的に評価し、再起動の判断材料とするもの。
- 二次評価（稼働中および一次評価の対象となった発電所）
  欧州諸国のストレストテストの実施状況、福島原子力発電所事故調査・検証委員会の検討状況も踏まえ、総合的な安全評価を実施。報告の時期は本年内を目途。

評価の視点

- 福島を踏まえ、想定を超える事象を評価することで、プラント全体としてどの程度の安全裕度を有しているのか、プラントの脆弱性はどこなのかを認識する。
- 想定を超える事象に対する収束手段の多重性を確認し、それを確実にする。
- 緊急安全対策により多重防護の厚みを増し安全性向上に有効に寄与していることを示すとともに、今後の取り組みにより更なる信頼性の向上を図る。

ストレステスト一次評価の項目

- **地震**

  想定を超える地震にどの程度まで燃料損傷せずに耐えられるか評価

- **津波**

  想定を超える津波にどの程度の高さまで燃料損傷せずに耐えられるか評価

- **地震と津波の重畳**

  想定を超える地震と津波の同時発生にどの程度まで燃料損傷せずに耐えられるか評価

- **全交流電源喪失**

  発電所が完全に停電（全交流電源喪失）した場合に、外部からの支援なしでどの程度まで燃料損傷せずに耐えられるか評価

- **最終ヒートシンク喪失**

  燃料から除熱するための海水を取水できない場合（最終ヒートシンク喪失）に外部からの支援なしでどの程度まで燃料損傷せずに耐えられるか評価

- **シビアアクシデントマネジメント**

  これまでに事業者が整備してきたシビアアクシデントマネジメント策について、多重防護の観点からその効果を明示

地震の評価方法（原子炉にある燃料に対する評価）

Step1

【起因事象の特定】

想定を超えて地震レベルを上げ、損傷する機器に起因して
燃料損傷に至る可能性のある事象を特定する

Step2

【緩和機能の抽出】

起因事象が燃料損傷に進展しないように収束させるシナリオ
（イベントツリー）から必要な緩和機能を抽出する

Step3

【緩和機能の耐震評価】

緩和機能を構成する個別機器の耐震裕度を算出する

Step4

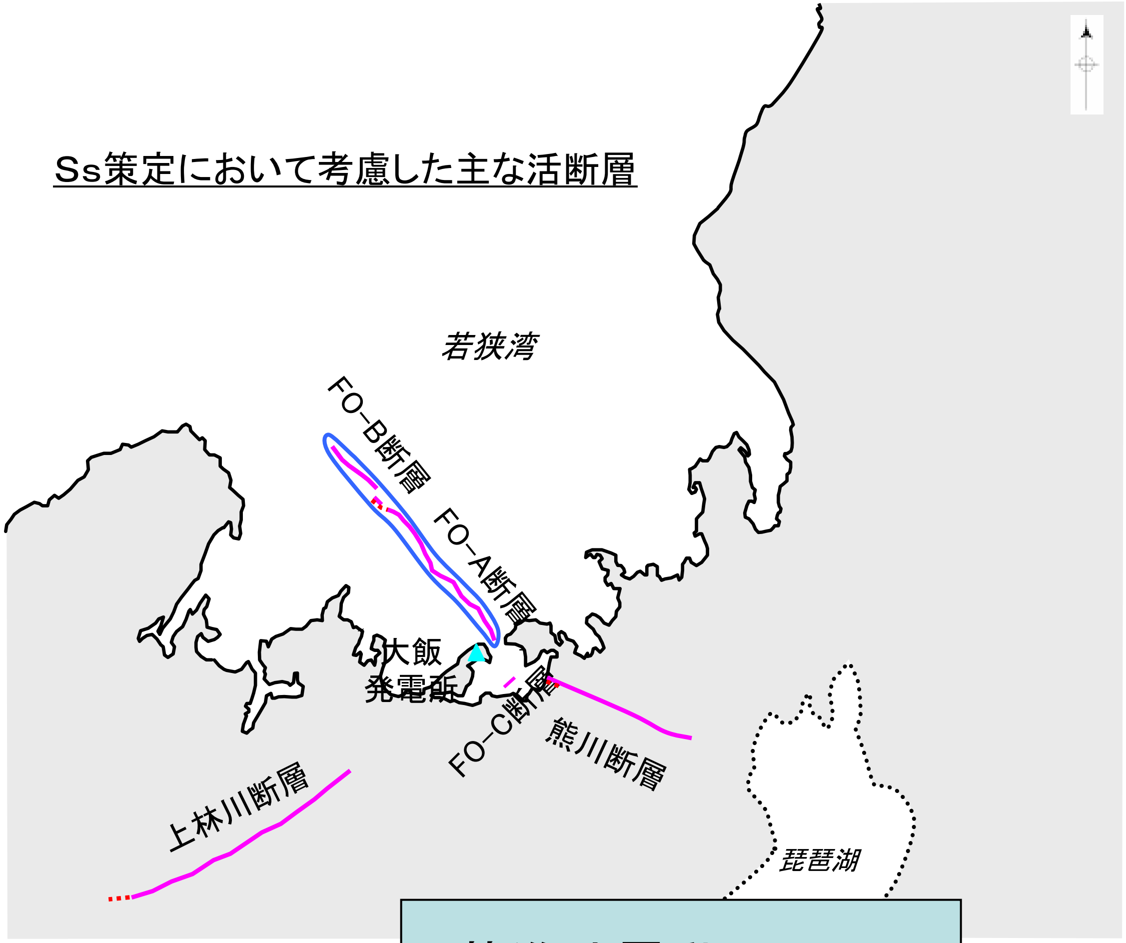
【クリフエッジの特定】

燃料損傷に進展しないよう収束させるシナリオが成立しなくなる
地震レベル（クリフエッジ）を特定し、緊急安全対策実施前後を比較する

（※）地震に対する機器の健全性の評価には、許容値として規格基準等の値のほか、実験等で妥当性が確認されている値を使用。
また評価値は、実機条件を保守的に見積もり算出（温度条件、タンク保有水量等）

ストレステストに用いた基準地震動Ss設定の条件

- 基準地震動Ssの策定においては、敷地周辺の過去の地震や活断層の中から最も影響の大きいものを考慮。
- 地震動を強く放出する部分を敷地近傍に配置したり、活断層の同時活動を考慮するなど、厳しい条件で断層モデルを設定し地震動評価を実施している。



基準地震動：700gal

- FO-A断層/FO－B断層（大飯発電所に最も近い断層）については、別々に活動するのではなく、同時に活動すると仮定した評価を実施
- FO-A断層/FO－B断層をつないだ断層長さ（35km）に基づき、マグニチュード7.4の地震を考慮
- 断層モデルによる地震動の計算については、不確かさを考慮し、地震動を強く放出する部分（アスペリティ）を敷地近傍に配置した評価を実施。

起因事象の特定（原子炉にある燃料に対する評価）

Step1　想定を超えて地震レベルを上げ、損傷する機器に起因して燃料損傷に至る可能性のある事象を特定する

起因事象	損傷する可能性のある部位・設備	基準地震動（Ss）の倍数
主給水喪失	主給水ポンプ他 （工学的判断）	1．0未満
外部電源喪失	変圧器他 （工学的判断）	1．0未満
補機冷却水の喪失	原子炉補機冷却水ポンプ	1．75
大破断による 原子炉冷却材喪失	RHR高温側吸込み配管	1．99
炉心損傷直結	原子炉建屋　等	2．00
小破断による 原子炉冷却材喪失	一次冷却材圧力バウンダリ接続 小口径配管	2．03
2次系破断	主給水系配管	2．13
格納容器バイパス	蒸気発生器 （内部構造品）	2．21
中破断による 原子炉冷却材喪失	加圧器スプレイライン配管　等	2．58

（本ページ以降の評価結果は全て大飯3号機のものを例示する。）

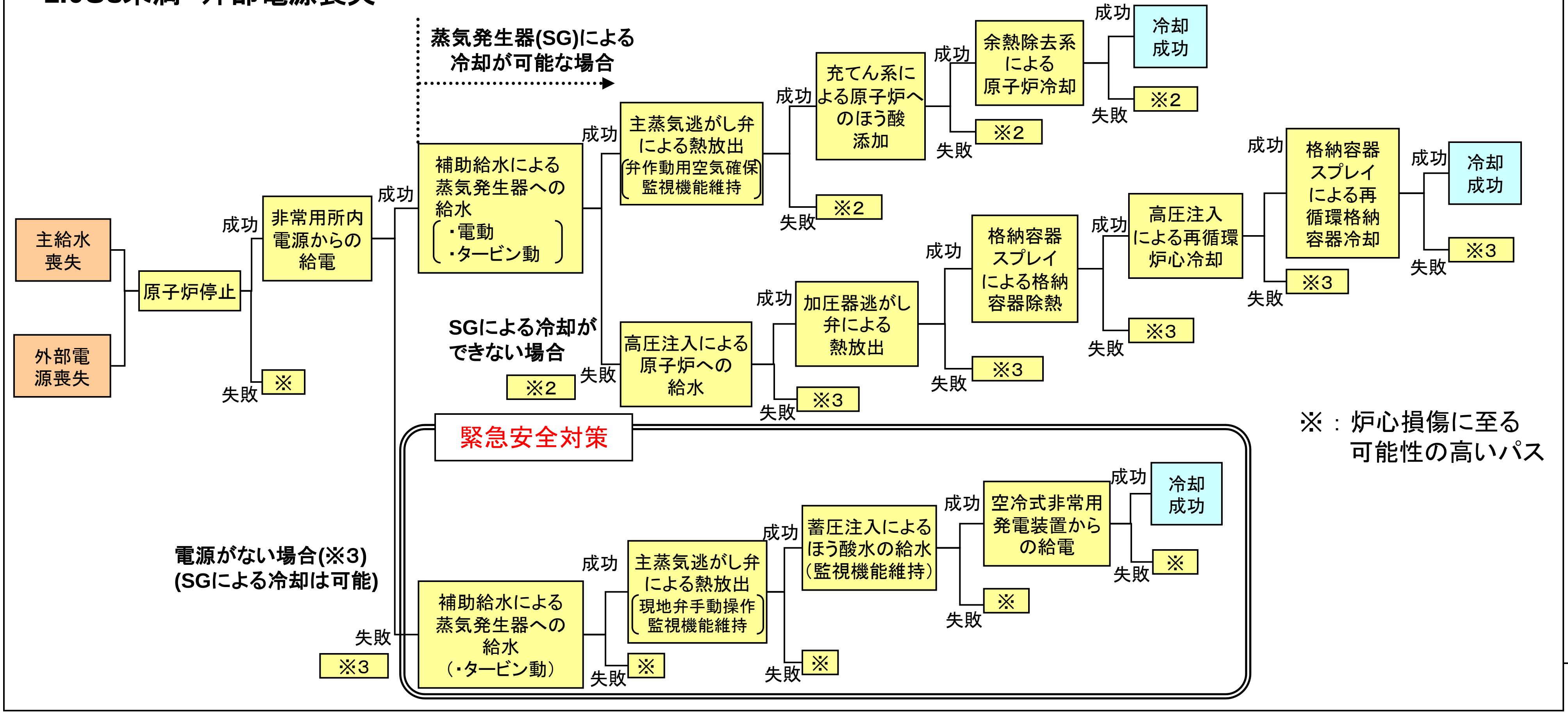
緩和機能の抽出（原子炉にある燃料に対する評価）

Step2 起因事象が燃料損傷に進展しないように収束させるシナリオ（イベントツリー）から必要な緩和機能を抽出する。

1.75Ss 原子炉補機冷却水の喪失

1.0Ss未満 主給水喪失

1.0Ss未満 外部電源喪失



※：炉心損傷に至る可能性の高いパス

緩和機能の裕度算出（原子炉にある燃料に対する評価）

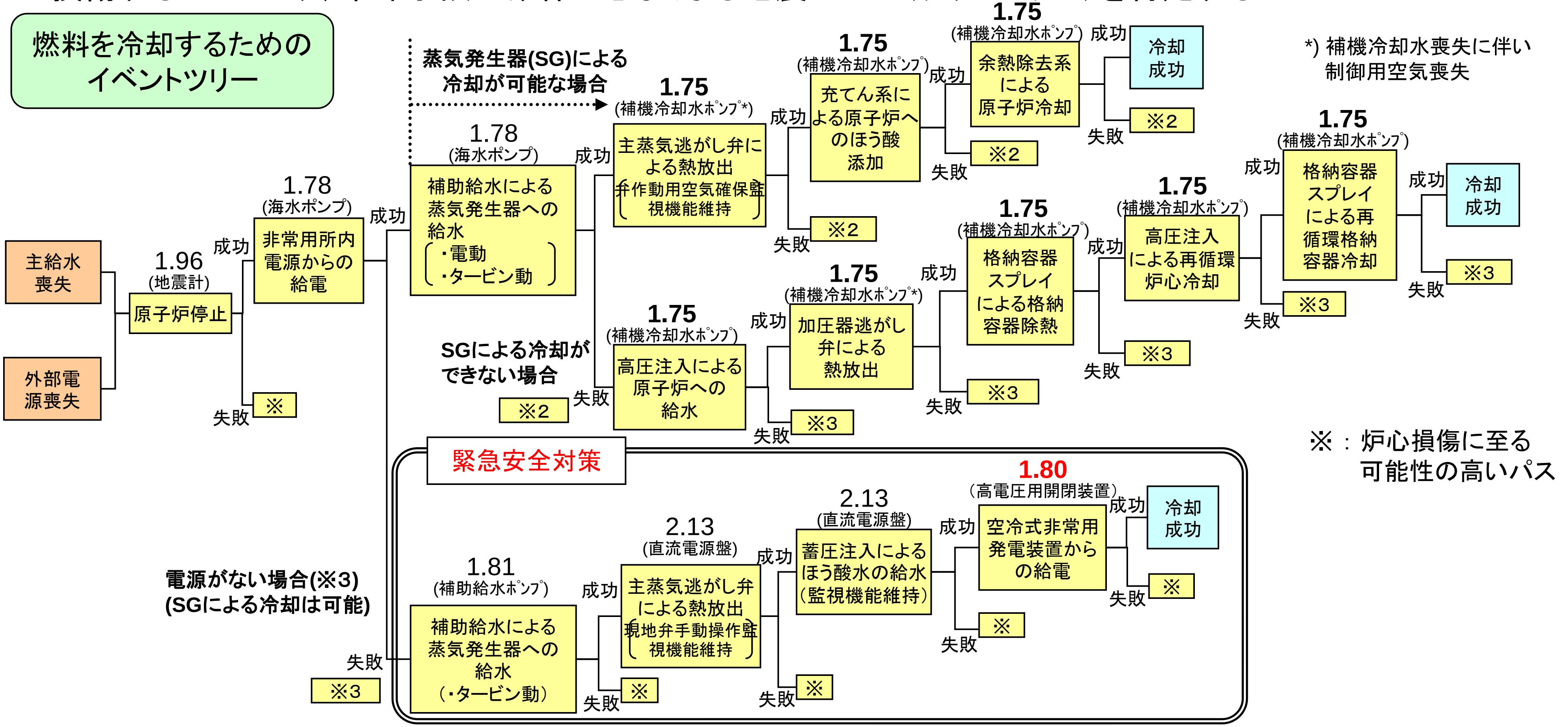
Step3 緩和機能を構成する個別機器の耐震裕度を算出する

原子炉停止	非常用所内電源からの給電	補助給水による蒸気発生器への給水	主蒸気逃がし弁による熱放出	蓄圧注入による原子炉へのほう酸水給水	空冷式非常用発電装置からの給電	充てん系による原子炉へのほう酸水の給水	余去系 る 冷却
1.96	1.78	1.81	2.13	2.13	1.80	1.75	

		設備	単位	評価値(a)	許容値(b)	裕度(b/a)
フロントライン系	空冷式非常用発電装置		1.84×Ssに対し、転倒しないことを確認。			1.84
フロントライン系	空冷式非常用発電装置　中継・接続盤		MPa	16	168	10.50
サポート系	6.6kV AC電源	高電圧用開閉器	G	0.61	1.10	1.80
サポート系	440V AC電源	パワーセンタ	G	0.61	1.10	1.80
サポート系	440V AC電源	原子炉コントロールセンタ	G	0.74	3.0	4.05
サポート系	440V AC電源	動力変圧器	MPa	31	210	6.77
サポート系	125V DC電源	ドロッパ盤	G	0.74	2.00	2.70
サポート系	125V DC電源	直流き電盤	G	1.44	3.07	2.13
サポート系	125V DC電源	直流分電盤	G	1.72	8.00	4.65
サポート系	125V DC電源	充電器盤	G	0.74	2.00	2.70
サポート系	115V AC電源	インバータ（計装用電源盤）	G	1.44	12.00	8.33
サポート系	115V AC電源	計装用分電盤	G	1.72	8.00	4.65
サポート系	115V AC電源	計装用交流電源切替盤	G	0.94	3.00	3.19

地震に対するクリフエッジの特定(原子炉運転中)

地震により外部電源喪失と主給水喪失が同時に発生するとの想定で、燃料を冷却するために必要な機器が損傷することにより、冷却手段が確保できなくなる地震レベル(クリフエッジ)を特定する



評価結果	クリフエッジ		緊急安全対策の効果
	緊急安全対策後	緊急安全対策前	
燃料の冷却手段が確保できなくなる地震動と基準地震動Ss(700gal)との比較	**約1.80倍(1260gal相当)**	**約1.75倍(1225gal相当)**	約3%向上
対象となる機器	高電圧用開閉装置	原子炉補機冷却水ポンプ	

⇨ **設計想定の約1.8倍未満の地震が発生した場合であっても、炉心を冷却することが可能**

津波の評価方法（原子炉にある燃料に対する評価）

Step1

【起因事象の特定】

想定を超えて津波高さを上げ、損傷する機器に起因して
燃料損傷に至る可能性のある事象を特定する

Step2

【緩和機能の抽出】

起因事象が燃料損傷に進展しないように収束させるシナリオ
（イベントツリー）から必要な緩和機能を抽出する

Step3

【緩和機能の水没高さ評価】

緩和機能を構成する個別機器の設置位置、浸水経路から水没する
高さを算出する

Step4

【クリフエッジの特定】

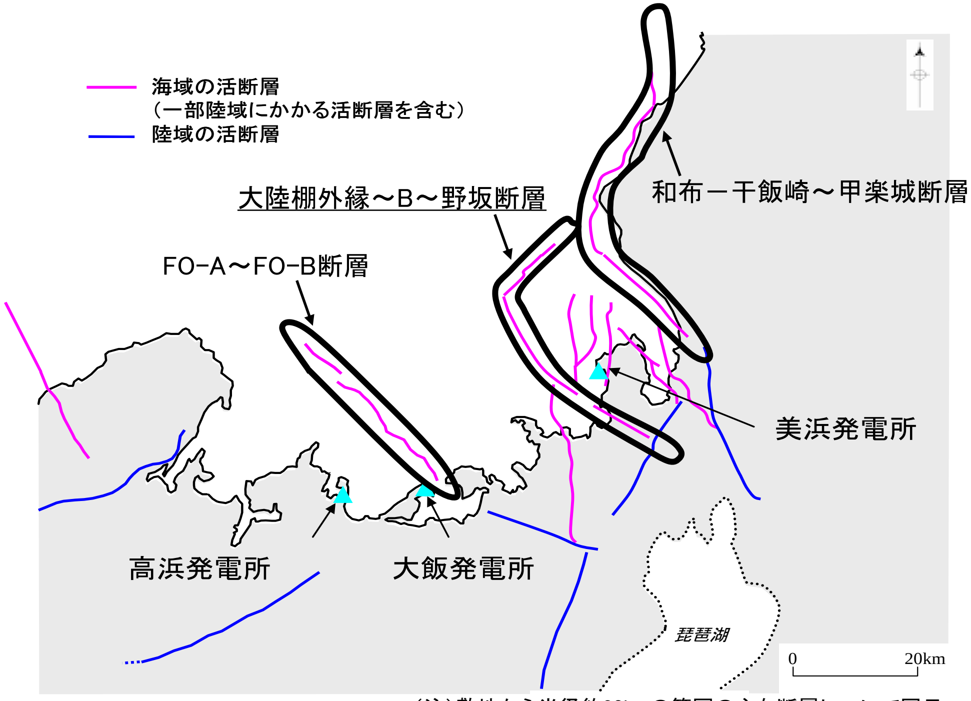
燃料損傷に進展しないよう収束させるシナリオが成立しなくなる
津波高さ（クリフエッジ）を特定し、緊急安全対策実施前後を比較する

（※）津波に対する機器の健全性については、津波水位が機器設置フロア高さに達すると、当該機器が機能喪失と仮定し、機能喪失した設備等の回復はできないものとして評価

ストレステストに用いた想定津波高さ設定の条件

海域活断層に想定した津波波源（若狭湾周辺）

➢ 別々に活動すると完全に言い切れないものについては、活断層の同時活動も考慮するなど厳しい条件で想定津波高さ評価を実施している。

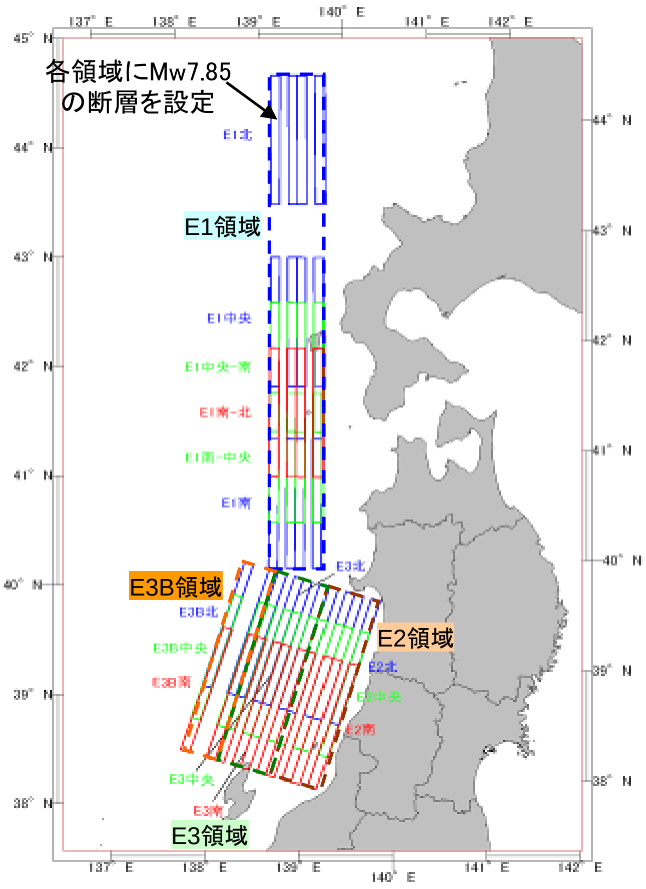


（注）敷地から半径約30kmの範囲の主な断層について図示

想定津波高さ：2.85m
（大飯発電所）

日本海東縁部に想定した津波波源

➢ 断層の位置、走向、傾斜等、不確かさを考慮して様々なパラメータスタディを百数十ケース実施するなど厳しい条件で想定津波高さ評価を実施している。

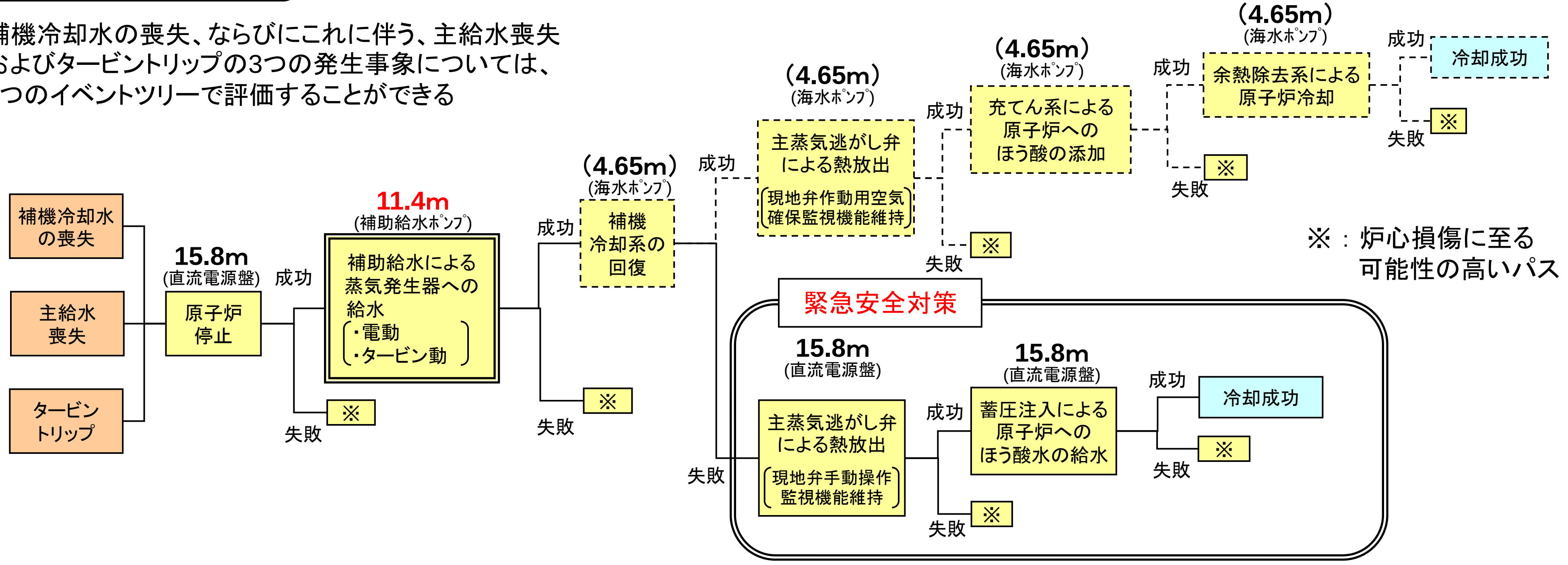


津波の評価（原子炉運転中）

津波により補機冷却水喪失と主給水喪失等が同時に発生するとの想定で、燃料を冷却するために必要な機器が損傷することにより、冷却手段が確保できなくなる津波高さ（クリフエッジ）を特定する

燃料を冷却するためのイベントツリー

補機冷却水の喪失、ならびにこれに伴う、主給水喪失およびタービントリップの3つの発生事象については、1つのイベントツリーで評価することができる



評価結果	クリフエッジ		緊急安全対策の効果
	緊急安全対策後	緊急安全対策前	
燃料の冷却手段が確保できなくなる津波高さと設計津波高さ（2.85m）との比較	**約4倍（11.4m）**	**約1.6倍（4.65m）**	約145％向上
対象となる機器	補助給水ポンプ	海水ポンプ	

⇨ **設計想定の約4倍未満の高さの津波が発生した場合であっても、炉心を冷却することが可能**

全交流電源喪失(SBO) の評価方法

Step1

【起因事象の特定】
発電所が完全に停電(全交流電源喪失)したことを想定する

Step2

【緩和系機器・措置の抽出】
原子炉および使用済燃料ピット冷却のために必要な給水機能と電源機能を抽出する

Step3

【緩和系機器の継続時間評価】
各機能の継続可能時間を評価する

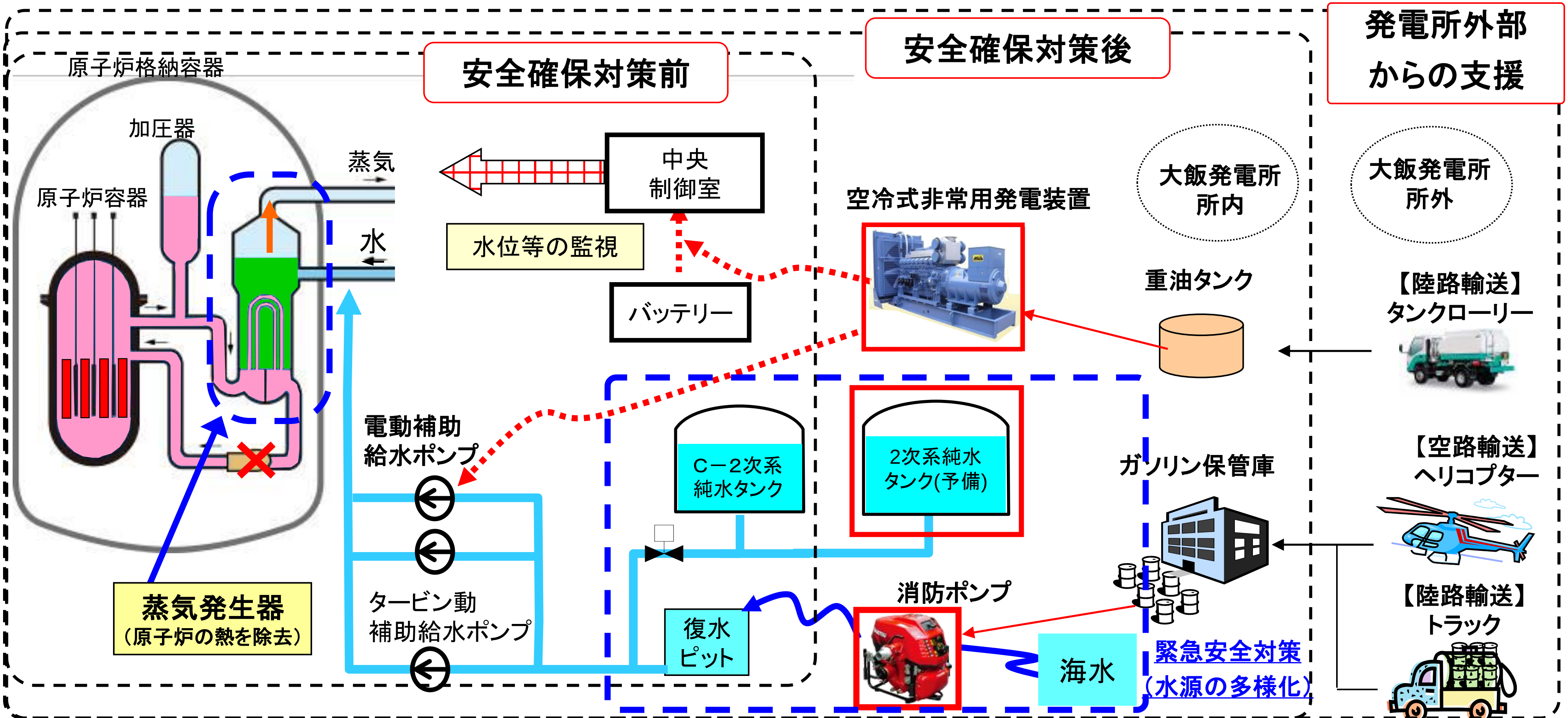
Step4

【クリフエッジの特定】
外部からの支援なしで各機能を継続できなくなるまでの時間(クリフエッジ)を特定する

(※)手順が整備されていない対策などについては実施できる可能性があるものでも期待しないなど保守的な条件で評価

全交流電源喪失に対する安全性について

- 安全確保対策により、空冷式非常用発電装置を配備し、各種タンクからの給水や消防ポンプによる給水手段などを整備したことにより、**発電所外部からの支援なしで原子炉に約16日間給水を継続できる**こととなった。
- さらに消防ポンプ等に必要なガソリン等を外部から輸送することとしており、これら外部支援により長期間給水を継続できる。



全交流電源喪失の評価結果（原子炉運転中）

全交流電源喪失が発生するとの想定で、燃料を冷却するために必要な給水機能や電源機能が喪失することにより、外部からの支援なしで冷却が継続できなくなるまでの時間（クリフエッジ）を特定する

（炉　心）

	水源	分類	全交流電源喪失発生からの時間（日数）
SG給水機能	復水ピット	イ）	←約5時間
	C−2次系純水タンク	ロ）	約6日間
	2次系純水タンク（予備）	ハ）	約10日間
	海水（消防ポンプ利用）※	ハ）	
電源機能	蓄電池	イ）	←約5時間
	空冷式非常用発電装置（補助ボイラ燃料タンク、非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク利用）	ニ）	約85日間

時間軸：1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 … 84 85 86

約5時間後（緊急安全対策前）

約16日後（緊急安全対策後）

※：消防ポンプはガソリンにより稼動。消防ポンプに期待する16日目以降においては、発電所備蓄ガソリンは他号機に使用して枯渇しており使用できない。

イ）工事計画で対象とした設備
ロ）実施済みのアクシデントマネジメント設備
ハ）緊急安全対策（短期）
ニ）設備強化対策（緊急安全対策に係る実施状況報告書にて計画されているもののうち設置済みの設備）

評価結果	クリフエッジ 緊急安全対策後	クリフエッジ 緊急安全対策前	緊急安全対策の効果
燃料の冷却手段が確保できなくなるまでの時間	**約16日後**	**約5時間後**	約76倍向上
対象となる機器等	水源補給用消防ポンプガソリン	蓄電池、復水ピット水	

⇒ **評価結果は外部から支援を期待するに十分な時間であり、また、ガソリン補給のためにヘリコプターによる空輸を行う仕組みも構築しており、クリフエッジは回避できる**

地震･津波の重畳時の炉心（運転時）の冷却継続時間の評価

全交流電源喪失（基本シナリオ）

	水源	全交流電源喪失発生からの時間（日数）（1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 … 84 85 86）	地震･津波の重畳時の使用可否
電源機能	蓄電池	←約5時間	○
	空冷式非常用発電装置		○
	（非常用ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ発電機燃料貯蔵ﾀﾝｸ（712m3））	約85日間	○
	（補助ﾎﾞｲﾗ燃料ﾀﾝｸ(300m3)利用）		× （耐震設計Cｸﾗｽ）
SG 給水機能	復水ピット※2 730m³利用	←約5時間	○
	C-2次系純水タンク 3,030m³利用	約6日間	× （耐震設計Cｸﾗｽ）
	2次系純水タンク(予備） 2,700m³利用	約10日間	× （耐震設計Cｸﾗｽ）
	海水（消防ポンプ利用）※1		○

約16日後

※1：1～4号機の同時発災を想定しており、消防ポンプの燃料であるガソリンは共用している。16日目においては、ガソリンは他号機で先に使用して枯渇しており消防ポンプは使用できない。

全交流電源喪失（地震･津波の重畳）

	水源	地震（1.8×Ss）、津波（11.4m）発生からの時間（日数）（1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 … 59 60 61）
電源機能	蓄電池	←約5時間
	空冷式非常用発電装置	
	（非常用ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ発電機燃料貯蔵ﾀﾝｸ（712m3））	約59日間
	（補助ﾎﾞｲﾗ燃料ﾀﾝｸ） 利用不可	
SG 給水機能	復水ピット※2 1,035m³利用	←約18.7時間
	C-2次系純水タンク 利用不可	
	2次系純水タンク(予備） 利用不可	
	海水（消防ポンプ利用）※3	約6.5日間

約7.2日後

※2：全交流電源喪失（基本シナリオ）の評価では復水ピットの水位を保守的に保安規定値（730m³）として評価しているが、水位は中央制御室から監視可能であり、常に水位低警報値（1,035m³）以上で管理されていることから、地震･津波の重畳時の評価においては水位低警報値の水位を用いて評価した。

※3：所内に保有しているガソリンの量は全交流電源喪失（基本シナリオ）の評価時点（10月1日）では3,400ﾘｯﾄﾙであったが、その後追加配備したことから、地震･津波の重畳時の評価においては12月15日時点の保有量10,250ﾘｯﾄﾙを用いて評価した。

大飯3号機ストレステスト一次評価結果概要

	クリフエッジ 評価の指標	クリフエッジ 下段：対象となる設備		緊急安全対策前 下段：対象となる設備	安全確保対策の効果
地震 （津波との重畳も同じ）	基準地震動Ss （700gal）との比較	**約1.80倍（1260gal相当）** 高電圧用開閉装置		約1.75倍（1225gal相当） 原子炉補機冷却水ポンプ	約3%向上
津波 （地震との重畳も同じ）	想定津波高さ （2.85m）との比較	**約4.0倍（11.4m）** タービン動補助給水ポンプ		約1.6倍（4.65m） 海水ポンプ	約145%向上 （＋6.75m）
地震と津波の重畳時におけるSBO（またはLUHS）＊1	地震・津波に起因するSBO,LUHSにおいて、燃料の冷却手段が確保できなくなるまでの時間	炉心	**約7.2日後** 水源補給用消防ポンプガソリン	約5時間後 蓄電池	約34倍向上
		使用済燃料	**約7.2日後** ピット水補給用消防ポンプガソリン	約12時間後（停止中） （水温が100℃到達時点）	約14倍向上
全交流電源喪失（SBO）	地震・津波以外によるSBO,LUHSにおいて、燃料の冷却手段が確保できなくなるまでの時間	炉心	**約16日後** 水源補給用消防ポンプガソリン	約5時間後 蓄電池	約76倍向上
		使用済燃料	**約10日後（停止中）** ピット水補給用消防ポンプガソリン	約12時間後（停止中） （水温が100℃到達時点）	約20倍向上
最終ヒートシンク喪失（LUHS）		炉心	**約16日後** 水源補給用消防ポンプガソリン	約6日後 蒸気発生器給水用水源	約2.6倍向上
		使用済燃料	**約10日後（停止中）** ピット水補給用消防ポンプガソリン	約12時間後（停止中） （水温が100℃到達時点）	約20倍向上

＊1：保安院指示書にはなく、審議過程で評価を実施した項目。

安全確保対策により、炉心の冷却手段が「多様化」「多重化」され、プラントの安全性が向上したことが確認できた

これからの当社の取り組み

安全性向上に向けた事業者の取組み

安全確保の第一義的責任を有する事業者として、世界最高水準の安全性を目指した取組みを実施していく。

福島第一原子力発電所事故への対応

対策の視点

決して二度と今回と同様の事故を起こさない

「多重化」と「多様化」

- **電源確保**
  （電源車等の配備による中央制御室等の電源の確保）
- **冷却確保**
  （消防ポンプ等の配備による原子炉や蒸気発生器等への供給水の確保）
- **浸水対策**
  （配電盤、ﾊﾞｯﾃﾘｰ、ﾎﾟﾝﾌﾟの浸水対策）

・敷地内断層の活動性評価
・周辺活断層の連動評価・基準地震動見直し

世界最高水準の安全性を目指した対応

目指すべき目標

世界最高水準の安全性を確保

①安全性向上対策の拡大

技術的知見30項目の対策を含めたシビアアクシデント発生防止・影響緩和対策への取組み

② 安全性向上対策のチェック・レビュー

政府事故調をはじめとした各事故調査報告書における指摘事項の検討及び対応

③ 安全性向上対策のさらなる推進

安全性向上対策を継続的に推進するための仕組みとして新組織を設立

世界最高水準の安全性を目指した取組み

新組織とともに、安全性向上対策を自主的かつ継続的に進め、世界最高水準の安全性を目指していく。

安全性・信頼性の向上

福島第一原子力発電所のように、設計想定を越える津波により、3つの機能（全交流電源、海水冷却機能、使用済燃料プール冷却機能）を全て喪失したとしても、炉心損傷等を防止

ストレステストで定量的に確認

震災前

地震動・津波高さなどの設計想定に基づく安全設計を実施

緊急安全対策

- 電源確保
  電源車等の配備
- 冷却確保
  消防ポンプ等の配備
- 浸水対策
  配電盤・バッテリー・ポンプの浸水対策

自主的取組み

多重性・多様性の充実
安全対策の実効性の向上

- 空冷式非常用発電装置配備
- 海水ポンプモータ予備品配備
- 大容量ポンプの配備
- 緊急時対応体制の強化
- 通信機能の強化　他

さらなる安全性向上対策

- 恒設非常用発電機の設置
- 中圧ポンプの配備（補助給水ポンプ代替）
- フィルタ付ベント設備の設置
- 静的触媒式水素再結合装置の設置
- 既存防波堤のかさ上げ
- 免震事務棟の設置
- さらなる対応体制の強化　他

世界最高水準

- 国内外の優良事例、新知見の反映

（新組織が牽引）

30の対策（短期対策）　　30の対策（中長期対策）

緊急安全対策（平成23年4月）▼

ストレステスト（平成23年7月～）▼

安全規制見直し
- 30の対策の規制化
- ｼﾋﾞｱｱｸｼﾃﾞﾝﾄ、ﾊﾞｯｸﾌｨｯﾄ　など

▼

更なる安全性・信頼性のための対策の取組状況

世界最高水準の
安全性を達成

自主的かつ
継続的な改善

対策

・恒設非常用発電機
　設置
・防波堤のかさ上げ
・非常用直流電源強化
・フィルタ付ベント
　設置
・免震棟の設置　等

・大容量ポンプ配備
・海水ポンプモータ予備品配備　等

・空冷式非常用発電装置配備
・可搬式エンジン駆動ポンプ配備　等

・電源の確保（電源車配備）
・冷却機能の確保（消防ポンプ配備）
・浸水防止（シール施工）　等

▽ 緊急安全対策（H23.4）
▽ ｽﾄﾚｽﾃｽﾄ提出時点（H23.10）
▽ 現在（H24.4）

時　期

大飯3,4号機の例

まとめ

まとめ

- 当社は、福島第一原子力発電所のような事故を**二度と起こさないという固い決意**のもと、事故原因を踏まえ、**緊急安全対策**等を速やかに実施しました。
- 当社原子力発電所の安全性・信頼性をより向上させるべく、福島第一原子力発電所の事故を踏まえ、**中長期安全対策を計画し、着実に実施**しております。

↓

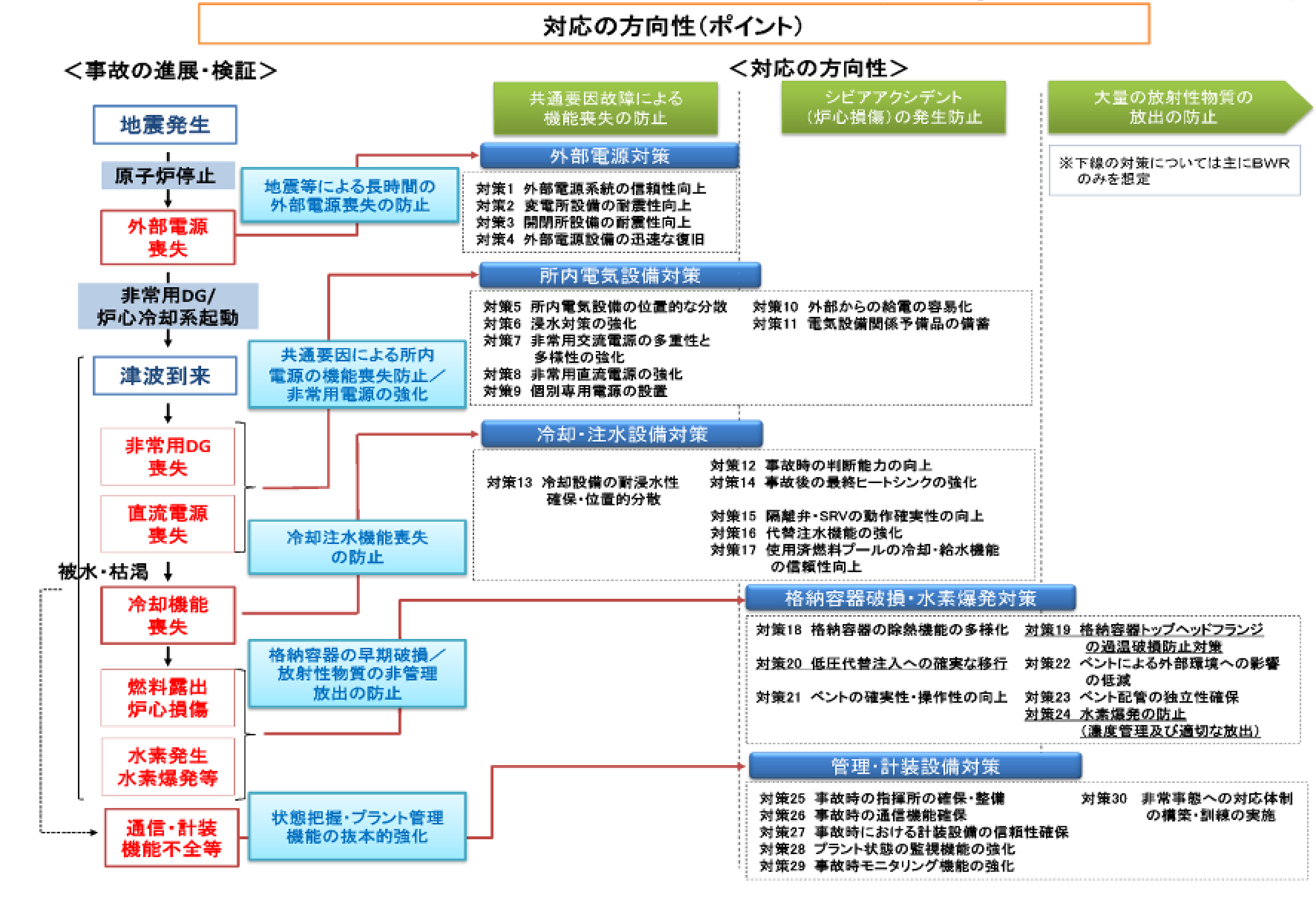
今後も規制の枠組みにとどまることなく、原子力発電所の安全性を**世界最高水準**とするため、**最新知見や諸外国の動向を踏まえた**、更なる安全性向上対策を自主的・継続的に実施してまいります。

付録

今後実施する対策の具体例

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

「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」（原子力安全・保安院　H24.3.28）抜粋



30の安全対策から、当社は、詳細85項目の取り組みに展開

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の安全対策の主な対応状況（1／5）

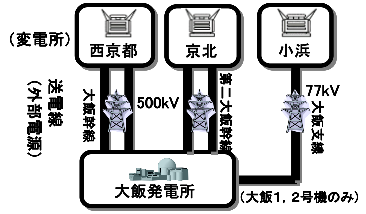
緊急安全対策（H23.4）	ストレステスト提出時点（H23.10）	報告書提出時点（H24.4.9）	9月末の実施状況（黒：実施済、赤：新たに完了、青：実施中）

1．外部電源対策（対策1～4）

外部電源設備の耐震性・信頼性の向上

□：自主的な対応

【外部電源系の信頼性評価】
1つのルート（送電線及び変電所）を失っても外部電源を喪失しないことを確認



→ **【大飯3，4号機77kV線路接続】**
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（H25.12 ）

【鉄塔基礎の安定性評価】
鉄塔敷地周辺の盛土崩壊や地すべり、急傾斜地の土砂崩壊の影響を評価

→ 評価結果に基づき必要な対策を実施（H24.9）

【開閉所設備耐震性評価】
JEAG5003による評価にて安全裕度を確認

→ 基準地震動Ssによる評価を行い、必要に応じ耐震性向上対策を実施（評価：H25年度）

【変電所設備の耐震性向上】
京北開閉所の気中断路器の高強度がいしへの取替え（H25年度）

【外部電源設備の迅速な復旧】
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（H24.8）

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の安全対策の主な対応状況（2／5）

緊急安全対策（H23.4）	ストレステスト提出時点（H23.10）	報告書提出時点（H24.4.9）	9月末の実施状況（黒：実施済、赤：新たに完了、青：実施中）

2. 所内電気設備対策（対策5～11）

非常用交流、直流電源の多重性・多様性の強化

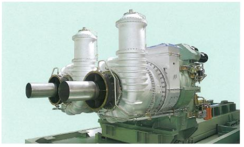
□：自主的な対応

【電源車の配備】

【電源車の追加配備】

【空冷式非常用発電装置の配備】

【恒設非常用発電機の設置】



接続コネクタの改善

H27年度 恒設非常用発電機の設置（専用建屋内に設置）

H23.9空冷式非常用発電装置の配備（1825kVA×8台）：冷温停止機器をカバー

H23.4　電源車の追加配備（800kVA×3台）：電動補助給水ポンプ容量をカバー

H23.4　電源車（500kVA×1台、610kVA×3台）：中央制御室でのプラント状態の監視

【非常用直流電源の強化】
- 常用系蓄電池との接続（H24年度）
- 蓄電池の追加設置（H27年度）

【外部からの給電の容易化】
- 緊急用高所受電設備の設置（H27年度）
- 給電口以外への接続マニュアルの整備（H24年度）

【水密扉への取替】

【排水機能の確保】

排水ポンプ

【建屋の浸水対策】
福島第一原子力発電所事故を踏まえた考慮すべき浸水高さ（11.4m）に対し浸水対策を実施

H25年度 防波堤のかさ上げ　他

H25年度 外部電源受電設備の浸水対策

H24.9浸水時の排水機能の確保

H24.6非常用ディーゼル発電機空調用ダクトかさ上げ

防潮扉の設置

雨水排水管に逆止弁設置

水密扉への順次取替（H24.9全て完了）

H23.4　冷温停止機器へのT.P.11.4mまでのシール施工

H23.4　重要機器へのT.P.11.4mまでのシール施工

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の安全対策の主な対応状況（3／5）

緊急安全対策（H23.4）	ストレステスト提出時点（H23.10）	報告書提出時点（H24.4.9）	9月末の実施状況（黒：実施済、赤：新たに完了、青：実施中）

3. 冷却・注水設備対策（対策12～17）

可搬式給水設備の配備による代替の冷却・注水機能の強化

□：自主的な対応

【消防ポンプ】

25台

【消防ポンプ追加】

+28台

総配備数87台

【可搬式エンジン駆動ポンプ】

30台

総配備数32台

【海水ポンプモータ予備品】

【大容量ポンプ】

【中圧ポンプ】

- H24.5 中圧ポンプの配備
- H23.12 大容量ポンプの配備：海水ポンプの代替
- H23.11 海水ポンプモータの予備品配備：浸水後の取替用
- H23.6 可搬式エンジン駆動ポンプの配備：非常用ディーゼル発電機の冷却海水給水
- H23.6 消防ポンプの追加配備：冷温停止移行分
- H23.4 消防ポンプの配備：炉心冷却（高温停止）、燃料ピット冷却

【事故時の判断能力の向上】
・マニュアルへの情報追加、教育の実施（H25年度）

【弁動作確実性の向上】
・弁作動用空気確保のためのコンプレッサー等の確保（H24年度）

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の安全対策の主な対応状況（4／5）

緊急安全対策（H23.4）	ストレステスト提出時点（H23.10）	報告書提出時点（H24.4.9）	9月末の実施状況（黒：実施済、赤：新たに完了、青：実施中）

4．格納容器破損・水素爆発対策
（対策18～24）

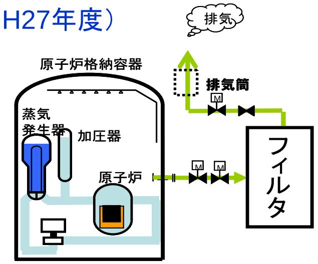
多様な除熱機能の確保およびフィルター付ベント設備の設置等による格納容器の更なる健全性確保

□：自主的な対応

【除熱機能の確保】
PWRは、格納容器の容積が大きく、電源によらない格納容器スプレイにより内圧を抑制するアクシデントマネジメントを整備

→ **【多様な除熱機能の確保】**
空冷式非常用発電装置、大容量ポンプにより原子炉補機冷却機能を回復

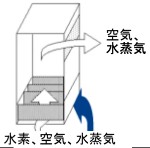
→ **【フィルタ付ベント設備の設置】**
（H27年度）



【格納容器外での水素の多量滞留の防止】
PWRは、格納容器の容積が大きいため、シビアアクシデント時の発生水素濃度は爆発領域に至ることはなく、格納容器の健全性に影響を及ぼすような水素爆発の可能性は極めて小さい

→ **【アニュラス排気設備運転手順の整備】**
水素が格納容器からアニュラス内へ漏れ出ることも想定し、手順を整備

→ **【静的触媒式水素再結合装置の設置】**
（H25年度）



【低圧代替注水への確実な移行】
PWRは、蒸気発生器からの冷却を行うことから、炉心直接注入機能は不要

→ **【更なるマニュアルの充実】**
中圧ポンプの配備による蒸気発生器注水機能の更なる改善に合わせてマニュアルを充実（H24.6）

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の安全対策の主な対応状況（5／5）

緊急安全対策（H23.4）	ストレステスト提出時点（H23.10）	報告書提出時点（H24.4.9）	9月末の実施状況（黒：実施済、赤：新たに完了、青：実施中）

5. 管理・計装設備対策（対策25～30）

事故時の通信機能等の強化および免震事務棟の設置による事故対応指揮所の更なる強化

□：自主的な対応

【発電所常駐要員の強化】
発電所常駐要員の強化（30名）

→ **【更なる対応体制の強化】**
複数プラントの同時作業を想定し発電所常駐要員を強化（30名→44名）

【ﾌﾟﾗﾝﾄﾒｰｶ他支援体制整備】
緊急時対応体制の強化のためﾌﾟﾗﾝﾄﾒｰｶ技術者を若狭地区常時配置および協力会社による現場支援体制構築
→ﾄｰﾀﾙ約800名体制で事故収束にあたる

→ **【更に強化】**
・更に、外部支援なしで電源確保と給水確保を独立して実施できるよう、冗長性を確保し、発電所常駐要員を強化（44名→54名）（H24.4）

【更なる資機材・予備品の確保】
・更に必要な資機材等を検討・確保（H24年度）

【夜間など厳しい状況を想定した訓練】
夜間訓練、抜き打ち訓練、全ユニット同時災害などの訓練を実施

→ 訓練を引き続き実施し、手順書の改善を図っていく。

【指揮所機能の確保】
・中央制御室横の会議室に通信機器などを配備し、指揮所機能を確保

→ **【免震事務棟の設置】**（H27年度）

免震事務棟のイメージ

【通信機能の確保】
トランシーバー、携行型通話装置、衛星携帯電話の配備

→ **【通信機能の強化】**
・衛星携帯電話の追加配備
・緊急時衛星通報システムの設置

→ **【通信機能の更なる強化】**
・緊急時対応支援システムの伝送系増強（H25年度）
・政府系関係機関とのTV会議システム導入（H25年度）
・外部アンテナの設置、衛星可搬局の設置（H24年度）

【更なる事故時モニタリング機能の強化】
・モニタリングポストの伝送2重化（H25年度）
・可搬型モニタリングポストの追加配備（H25年度）

【可搬型計測器】
・ｼﾋﾞｱｱｸｼﾃﾞﾝﾄ時などにおいてﾌﾟﾗﾝﾄ監視上特に重要なﾊﾟﾗﾒｰﾀを監視できるように予備を配備(H24.6)

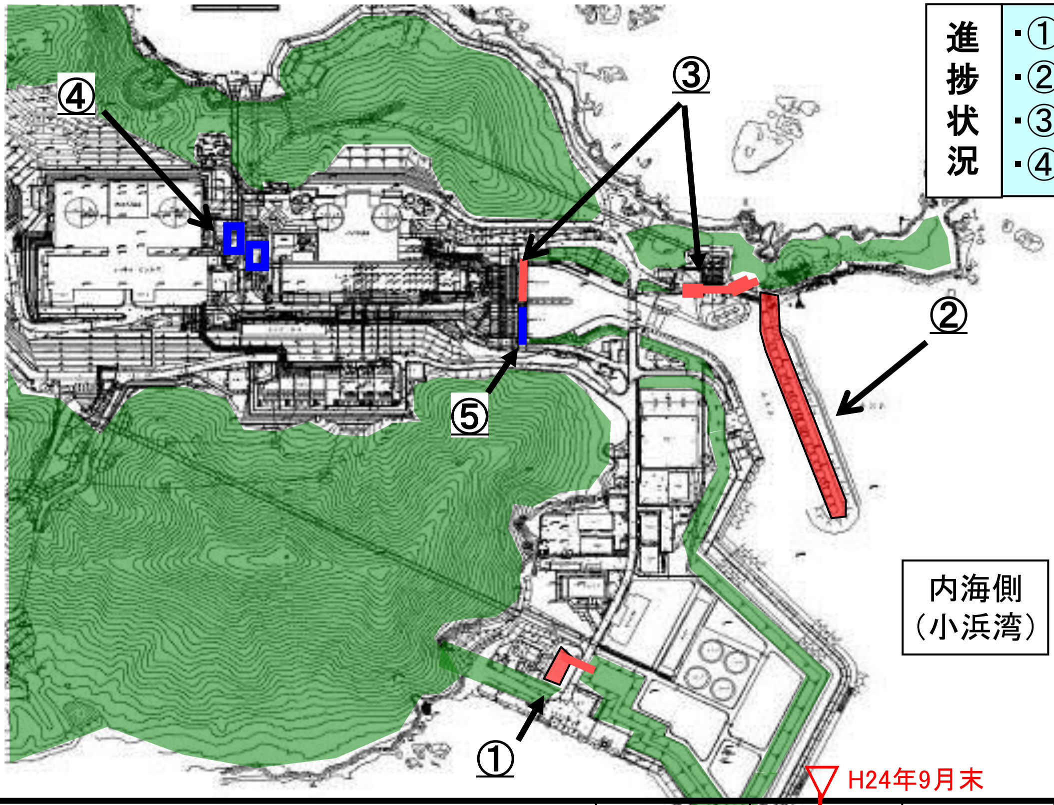
【使用済燃料ピット既設カメラによる監視】
既設カメラによる水位監視の強化

→ **【使用済燃料ピット監視カメラの設置】**
・非常用電源から電源供給される監視カメラの設置

→ **【プラント状態の監視機能の強化】**
・使用済燃料ピット広域水位計の設置（H25年度）
・格納容器内監視カメラの活用検討（H26.9）
・炉心損傷時にプラント状態を確実に把握できる計装システムの研究開発（H26.9）

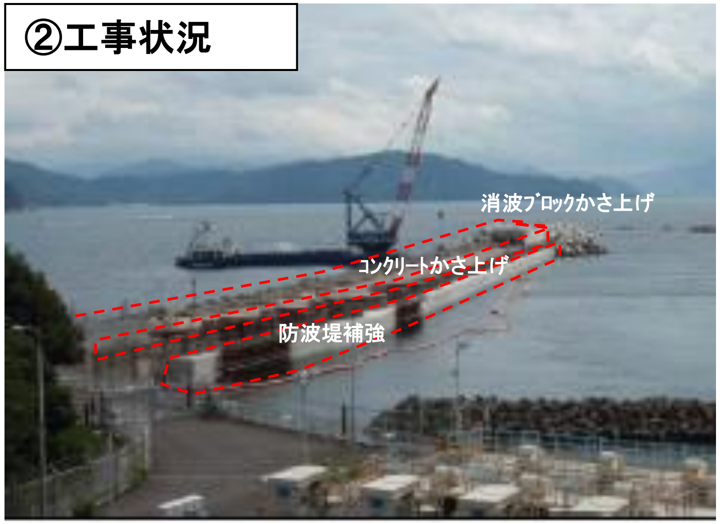
主な中長期対策の進捗状況（防波堤のかさ上げ他）

外海側



進捗状況	
	・①は、H24年7月に工事着手し、防護壁設置箇所掘削作業中 ・②は、H24年5月に工事着手し、既存防波堤上部かさ上げ作業中 ・③は、H24年7月に工事着手し、基礎施工作業中 ・④、⑤は、設計済みで社内手続き中

②工事状況



▽ H24年9月末

	内容	H23年度	H24年度	H25年度	H26年度	H27年度
①	タンクまわりの防護壁の設置 （T.P.+6mの高さの防護壁を設置）	設計	施工	▽平成25年3月		
②	既存防波堤のかさ上げ （T.P.+5mからT.P.+8mにかさ上げ）	設計	施工	施工	▽平成26年3月	
③	取水設備まわりの防護壁の設置 ※ （T.P.+6mの高さの防護壁を設置）	設計	施工	施工 ▽平成25年6月		
④	放水路ピットのかさ上げ （放水口からの逆流対策として T.P.+15mまでピット壁をかさ上げ）	設計	設計・施工	施工	▽平成26年3月	
⑤	防潮堤設置 ※ （ T.P.+6mの高さの防潮堤を設置）	設計	設計・施工	施工	▽平成26年3月	

①工事状況

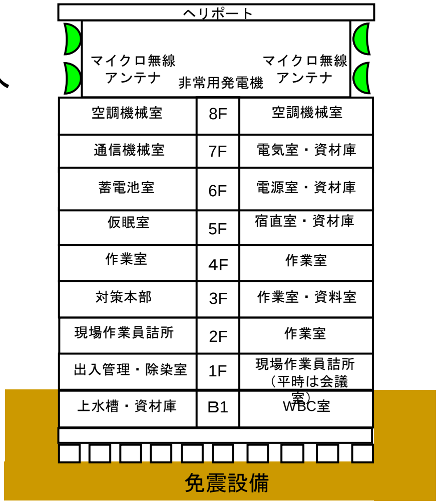
注）施工工程は、今後の現地調査等により変更になる可能性がある。　※ 防護壁：津波から設備を守る壁　防潮堤：津波の侵入を防止する堤

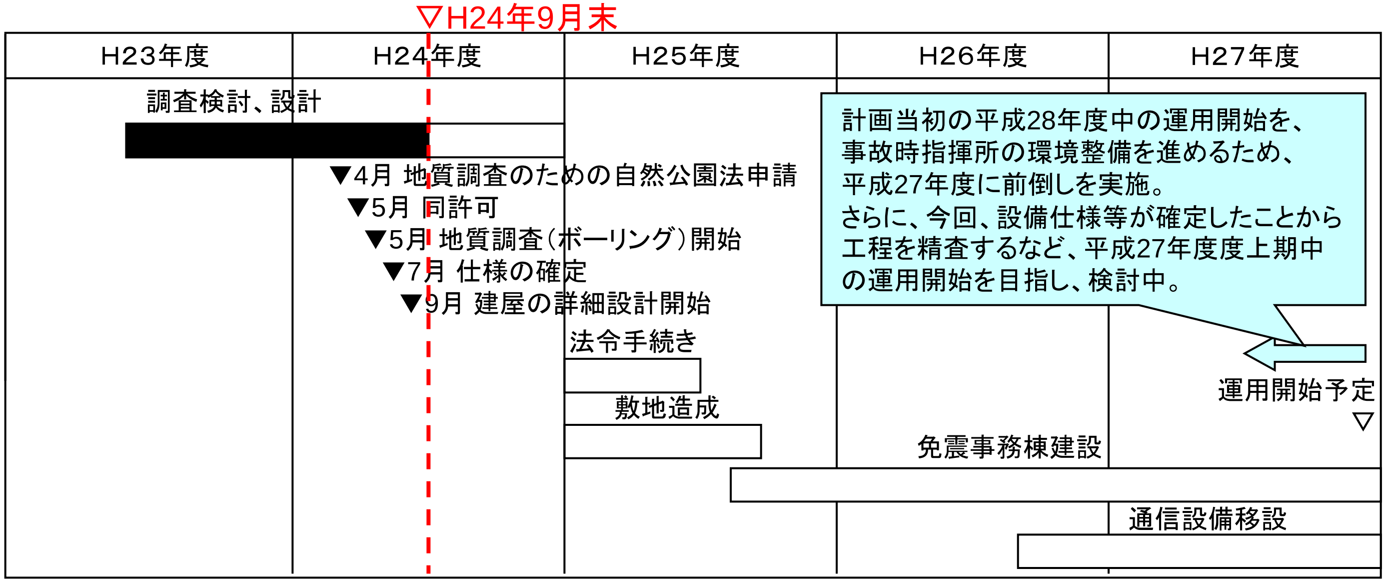
主な中長期対策の進捗状況（免震事務棟の設置）

概　要

○地震等の自然災害などによっても機能喪失しない緊急時の指揮所を確保・整備
○その際、必要人員の収容スペース、事故時においても中央操作室や指揮所が十分に機能を発揮できる必要な電源の確保、放射性物質の流入防止（換気空調系機器の機能確保）、カメラ等による建屋等の周辺状況の監視機能及び通信機能の確保を担保

【主な仕様】
- 地上８階＋地下１階（鉄骨鉄筋コンクリート構造）
- 建屋内面積　約6，000㎡、収容想定人数　最大約1，000人
- 免震構造（基準地震動（Ss）の2倍程度の裕度を確保）
- 津波にも耐えられるような配置場所や構造を選定
- 壁厚70cm、粒子・よう素除去フィルタ付換気空調設備
- 窓は必要最小限とし、設置する場合は、２重化＋鉄製扉
- 汚染測定、除染室を設置
- 非常用発電機（1，000kVA）3台を設置
- 光通信、マイクロ波無線、衛星通信を設置し通信機能を確保
- プラントパラメータ伝送システムを設置
- 初期対応要員のための仮眠室（120床）を確保
- 原子力災害対策用の資料室を確保
- ヘリポートを設置





○設置場所の地質調査を5月に開始し7月末に免震事務棟の仕様を確定

○現在、建屋の詳細設計中

○地質調査結果や建物他の法令手続き等を踏まえながら、一部の通信機能の設置を早めるなどにより、平成27年度上期中の運用開始を目指し、検討中