

福島第一原子力発電所事故を踏まえた 安全性向上対策の実施状況等について

(設備対応など)

平成26年11月20日
関西電力株式会社

福島第一原子力発電所事故以降の安全性向上対策の取り組み

1

	電源	冷却	浸水対策	ソフト面	その他
緊急安全対策に係る 実施状況報告書 (平成23年4月)	・電源車および資機材の 配備、保管 ・空冷式非常用発電装置 の設置	・消防車／消防ポンプ および消火ホース他の 配備、保管	・扉等へのシール施工 ・水密扉への取替を実施 ・既存防波堤のかさ上げ 又は防潮堤を設置	・緊急時対応体制の強化 (要員確保、手順書整備 および訓練実施)	・非常用炉心冷却系統 および格納容器スプレ イリングの健全性確認
ソフト面等の安全対策 実行計画について (平成23年11月)			・防潮堤・防護壁等の設置	・要員を発電所構内に常時 確保する体制に強化 ・プラントメーカー技術者の 若狭地区への常時配置	・トランシーバ、携行型 通話装置の配備 ・衛星携帯電話の増強 ・可搬式の緊急時衛星 通報システムを追加 ・免震事務棟の設置
大飯3, 4号機 更なる安全性・信頼性向 上のための対策の実施計 画(平成24年4月)	・恒設非常用発電装置 の設置 ・非常用直流電源の強化	・大容量ポンプの配備 ・中圧ポンプの設置	・既存防波堤かさ上げ ・予備変圧器防油堤かさ 上げ	・対応体制の増員	・静的触媒式水素再結合 装置の設置
各事故調査報告書※の検 討結果について (平成24年8月)				・シビアアクシデント対策 チームの整備 ・SA時のプラント挙動等を 可視化する研修ツール 構築、訓練 ・緊急時に必要となる技能 を備えた要員のリスト化	・緊急時の確実な対応を 行うためのポータブル 照明の配備
新規制基準 (平成25年7月)	・非常用蓄電池の増強	・大容量ポンプの追加配備 ・恒設・可搬式代替低圧 注水ポンプを設置	・基準津波変更に伴う 防潮堤他のかさ上げ	・対応体制の増員 ・SA機材取扱い、シミュ レーター等に係る訓練の 実施	・基準地震動変更に伴う 耐震補強 ・海水ポンプ他の竜巻対策 ・外部火災対策として防火 帯を設置 ・火災影響低減対策を 実施 ・水素燃焼装置(イグナ イタ)の設置 ・放水砲の設置

※: ・国会事故調「東京電力福島原子力発電所 事故調査委員会」報告書(H24.7.5 公表)
 ・政府事故調「東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会」最終報告(H24.7.23 公表)
 ・東京電力「福島原子力事故調査報告書」(H24.6.20 公表)
 ・民間事故調「福島原発事故独立検証委員会 調査・検証報告書」(H24.2.28 公表)

斜体文字は再掲を示す。

本日の主な説明内容

○新規制基準対応

- ・高浜3,4号機設置変更許可補正申請の概要
- ・前回の専門委員会(H26.6.9現地確認)以降の対応状況

○中長期対策の実施状況

○これまでに専門委員からいただいたご質問への回答

新規制基準対応

(高浜3,4号機設置変更許可補正申請の概要)

高浜3,4号機 設置変更許可補正申請の概要

4

基準		平成26年10月31日補正
設計基準	地震	○FO-A～FO-B断層と熊川断層の3連動を基本ケースとし、地震発生層上端深さを3km(4km→3km)として、基準地震動Ssを見直し。(最大加速度700ガル)。 ○震源を特定せず策定する地震動として、鳥取県西部地震および北海道留萌支庁南部地震を考慮。
	竜巻	○設計竜巻の最大風速変更。 ○安全上重要な屋外設備を防護する設備を設置。
	火 外 災 部	○火災防護範囲の拡大。
	火 内 災 部	○安全上重要な施設に対する火災影響軽減のための防護対策の追加。
	津波	○若狭海丘列付近断層の想定変更(約38kmから約90km)等により津波水位を見直し。
重大事故等対策	融に格 炉落納 心の下 のした 冷却溶 却部	○原子炉下部キャビティ水位計を新設。
	爆内格 発の水 止の素 器	○水素燃焼装置（イグナイタ）を設置。
	時却原 の材子 冷却炉 高冷	○タービン動補助給水ポンプを手動で起動し対応する手順を整備。
	冷却霧 ・減気 圧のの 内	○原子炉格納容器水位計を新設。
	放出放 抑制射 対策性 物質 の	○放水砲専用の大容量ポンプを配備。（2台／2ユニット） ○放水砲を追加配備。（2台→3台／2ユニット）

福島第一原子力発電所事故以降の安全対策概要（高浜3,4号機）

5

 : 実施済み
 : 実施中

補正書に追記したものを赤文字記載

竜巻防護設備の設置

消防ポンプの配備

防潮ゲートの設置

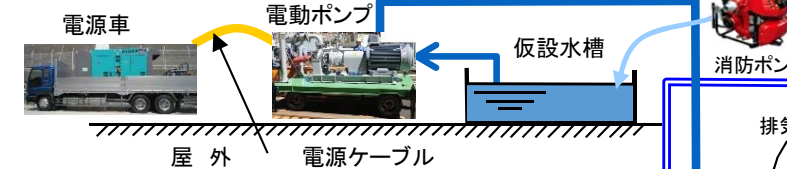
防潮ゲートの設置

中圧ポンプの設置
 ・炉心冷却多様化のため、消防ポンプよりも吐出圧力の高い電動ポンプを配備（1台/1ユニット）

水素濃度低減装置の設置
 ・静的触媒式水素再結合装置（5台/ユニット）
 ・水素燃焼装置（イグナイタ）（13台/ユニット）

恒設及び可搬式代替低圧注水ポンプの設置
 ・原子炉または格納容器に注水できるよう、専用ポンプ・電源を配備（恒設：1台/ユニット、可搬式：5台/2ユニット）
 （工事中）（配備済）

【可搬式の例】

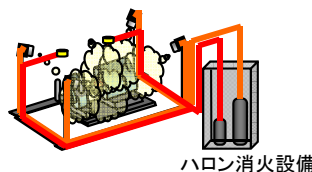


恒設については、燃料取替用水タンクを水源とし、格納容器等へ注水

放水砲の配備
 ・放射性物質拡散抑制のため放水砲（3台/2ユニット）と大容量ポンプ（2台/2ユニット）を配備
 （放水砲、大容量ポンプ各1台は手配中）



火災防護の追加対策
 ・系統分離
 鉄板＋耐火シート
 ・消火設備の設置
 自動消火設備（スプリンクラー、ハロン消火設備等）
 ・耐震Sクラスの消火水バックアップライン



原子炉格納容器水位計

可搬型格納容器内水素濃度計測装置

原子炉下部キャビティ水位計

空冷式非常用発電装置遠隔起動化
 ・中央制御室から起動操作が可能（恒設化）
 （2台/ユニット）



電源車の配備
 合計5台/2ユニット

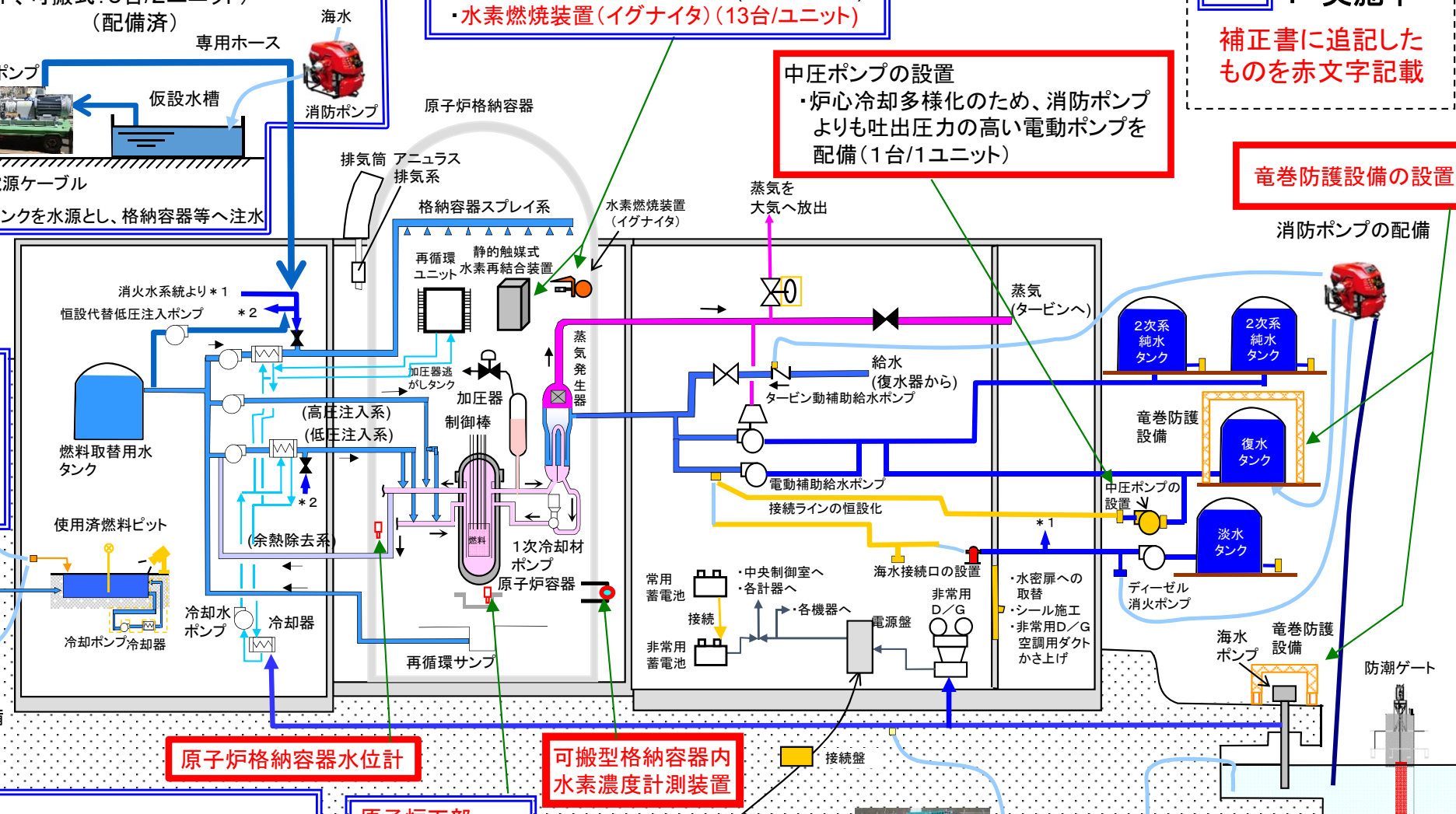


電源車の配備



大容量ポンプの配備
 （3台/2ユニット）

外部支援に期待することなく必要な重大事故対策を7日間継続可能とする資機材を確保している。



新規制基準対応 前回の専門委員会（H26.6.9現地確認）以降の対応状況

地震対策(1/3)

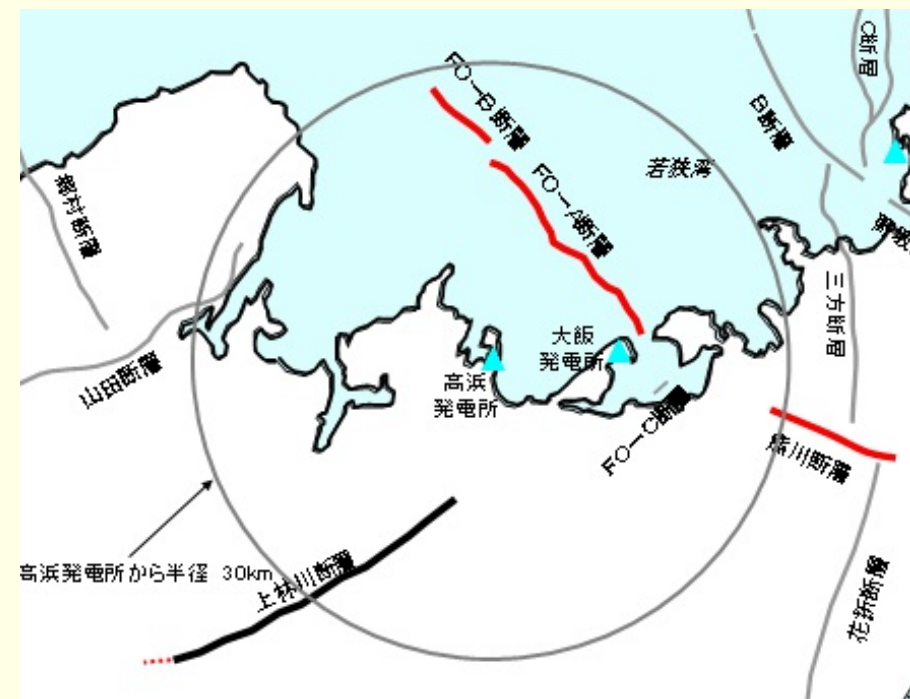
～基準地震動の見直し～

震源を特定して策定する地震動

○高浜発電所の基準地震動策定において、これまでは、FO-A～FO-B断層および上林川断層を検討用地震としていたが、**FO-A～FO-B断層については熊川断層との3連動を考慮**することとした。

■敷地及び敷地周辺の微動観測データ等を用いて、地震動評価に用いる地盤モデルを作成し、**断層上端深さ3kmを基本ケース**（従来は4km）として、FO-A～FO-B断層と熊川断層との3連動および上林川断層について地震動評価を実施。

- ・Ss-1を変更
550ガル→700ガル（高浜発電所）
- ・断層モデル波より4波を追加（Ss-2～5）



震源を特定せず策定する地震動

○震源を特定せず策定する地震動について、以下の基準地震動を採用。

- ・2000年鳥取県西部地震、賀祥ダムの観測記録
- ・2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動

- ・これら2地震をSs-6、Ss-7として追加

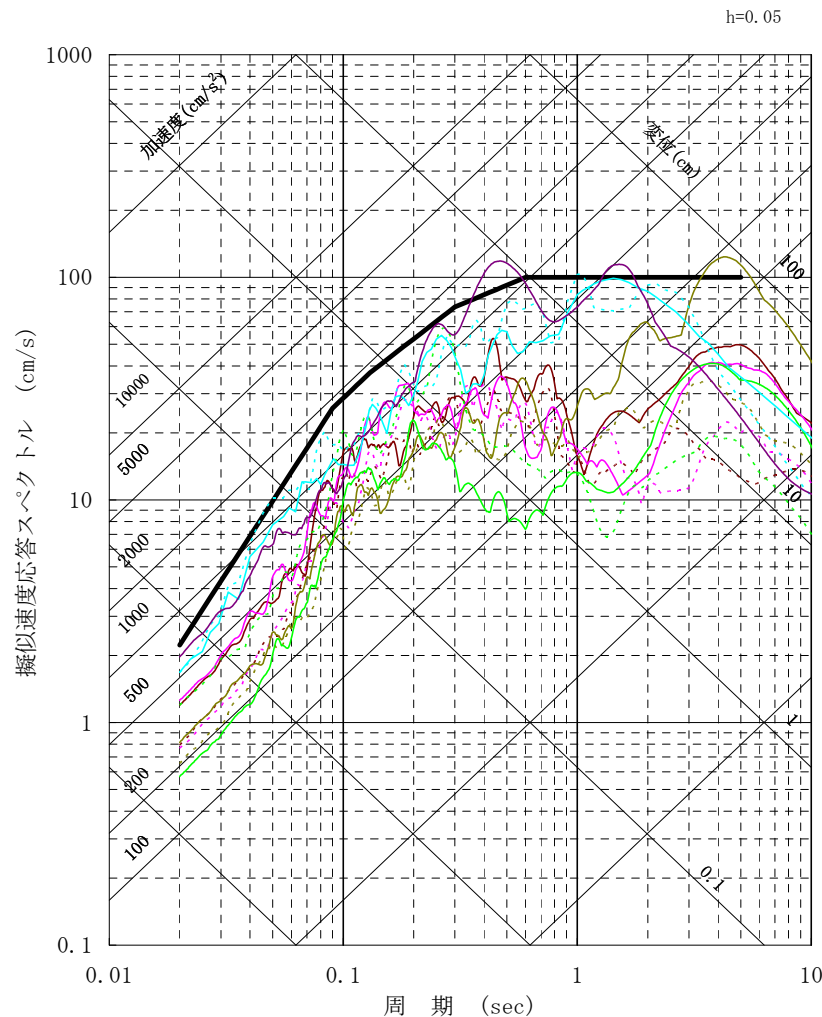
今後とも、敷地の地震観測の充実や微動観測の充実による地盤モデルの高精度化、地震動評価に関する知見収集を継続的に行う。

地震対策(2/3)

～基準地震動の見直し～

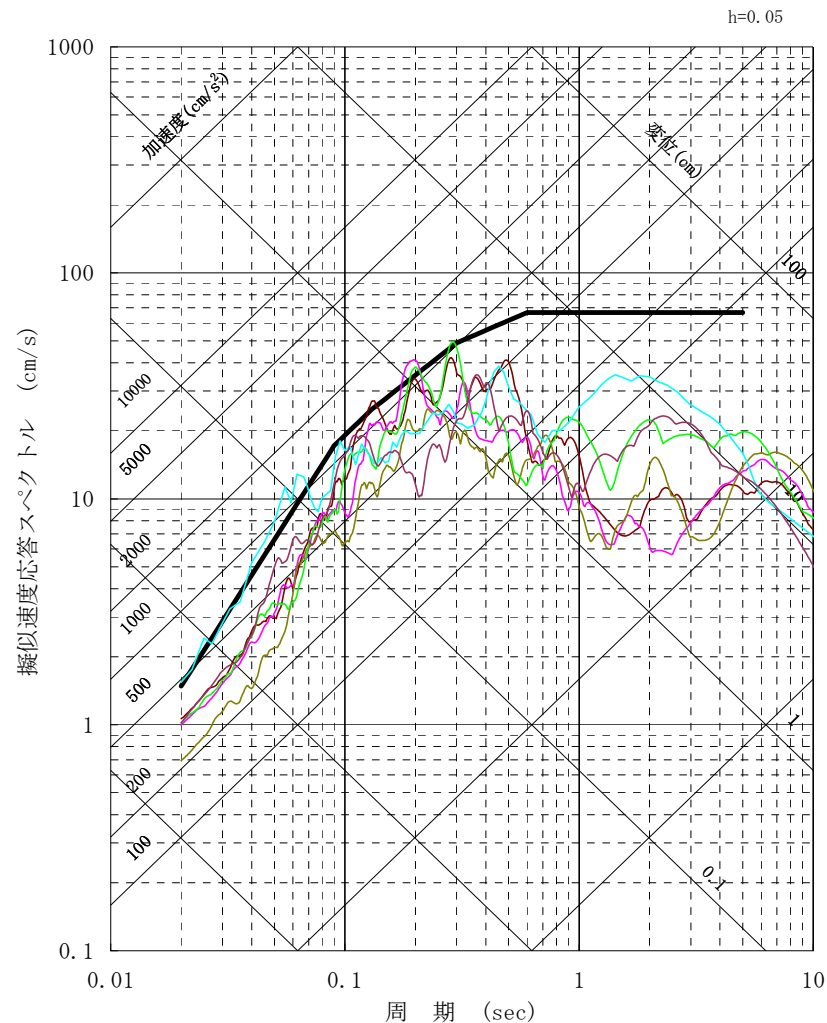
■ 高浜発電所における基準地震動Ss-1～Ss-7の応答スペクトルは以下のとおり。

第131回審査会合資料を引用



水平

(Ss-2～Ss-6では実線がNS成分、破線がEW成分)



上下

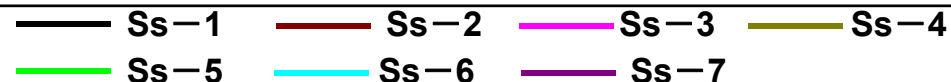
Ss-1: FO-A～FO-B～熊川断層、上林川断層(応答スペクトル法)

Ss-2～4: FO-A～FO-B～熊川断層(断層モデル波)

Ss-5: 上林川断層(断層モデル)

Ss-6: 2000年鳥取県西部地震・賀祥ダムの記録

Ss-7: 2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動

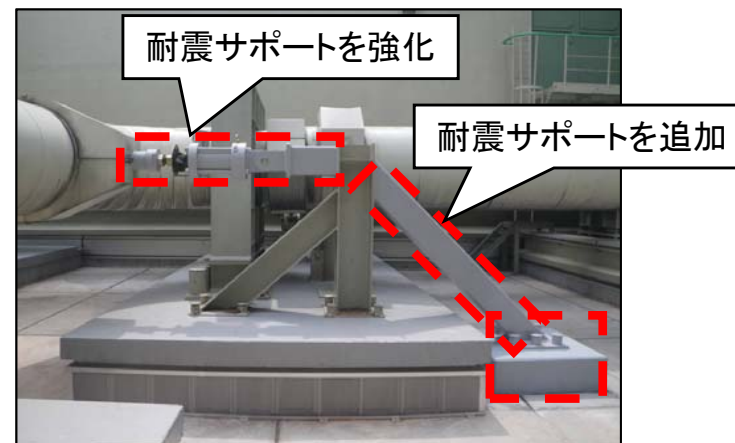
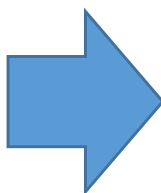
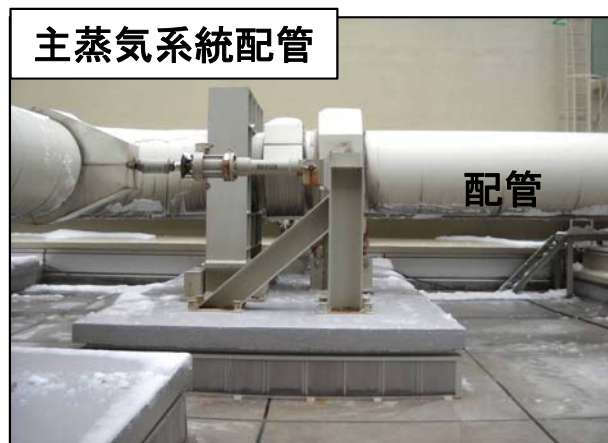


地震対策(3/3)

～耐震性向上対策～

新規制基準施行に伴い、耐震性向上対策が必要となった設備

工事区分	対象設備
基準地震動の見直しに伴うもの。 (550→700ガル+留萌、鳥取西考慮)	・配管 1次冷却材系統、安全注入系統、余熱除去系統、主蒸気系統、主給水系統、格納容器スプレイ系統、原子炉補機冷却水系統、2次系補給水系統 ほか ・設備 使用済燃料ピットクレーン、格納容器給気ユニット、ほう酸補給タンク 使用済燃料ピットフィルタ、海水ストレーナ ほか
耐震クラスの見直しに伴うもの。 耐震B、Cクラスの既設設備を シビアアクシデント対策設備 として使用するため等	・配管 原子炉補機冷却海水系統 ・設備 ほう酸回収装置※、ブローダウンサンプル冷却器※、中間建屋給気ファン、 水素再結合装置ガス分析器、CV再循環ユニット、中央制御室循環ファン ほか ※ 当該設備の損傷に伴う他設備への溢水影響を考慮し耐震化



【竜巻対策】

規制要求(実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則)

第6条(外部からの衝撃による損傷の防止)

安全施設は、想定される自然現象(地震及び津波を除く。次項において同じ。)が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

※「想定される自然現象」とは、敷地の自然環境を基に、洪水、風(台風)、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象又は森林火災等から適用されるものをいう。

○安全上重要な施設を竜巻から防護するために、想定していた設計竜巻の最大風速を69m/sから92m/sに変更。
さらに安全側に100m/sにて、竜巻荷重に対する安全性を確認。

○竜巻による飛来物の発生を防止するため、飛来物源となる資機材の固縛対策を実施。(飛来物の飛散防止対策)

○加えて、設計飛来物※の衝突を想定した場合においても、安全上重要な屋外設備の健全性を維持するための防護対策を実施。(飛来物の防護対策)

※原子力発電所の竜巻影響評価ガイドに基づき鋼製材(質量135kg)を設定

(海水ポンプエリアの飛来物防護対策の例)

設置前



設置後



<上 面>

ネットで飛来物の衝突時の衝撃を吸収

<側 面>

鋼板で飛来物の貫通を阻止

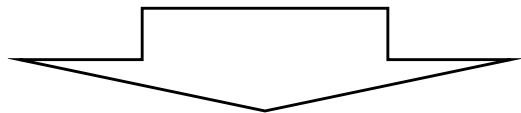
【外部火災対策(防火帯・防火エリアの設置)】

規制要求(実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則)

第6条(外部からの衝撃による損傷の防止)

安全施設は、想定される自然現象(地震及び津波を除く。次項において同じ。)が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

※「想定される自然現象」とは、敷地の自然環境を基に、洪水、風(台風)、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象又は森林火災等から適用されるものをいう。



○森林火災の延焼や火災による輻射熱等から発電所施設を防護するため、樹木を伐採し安全施設廻りに防火帯を設置する計画を人が常駐するエリアも防護範囲として追加し、発電所内の主要施設全体に防火帯(幅18m)(延焼防止)を設置。また、固体廃棄物庫周りにも防火エリア(幅18m)(輻射熱の影響を防止)を設置予定。

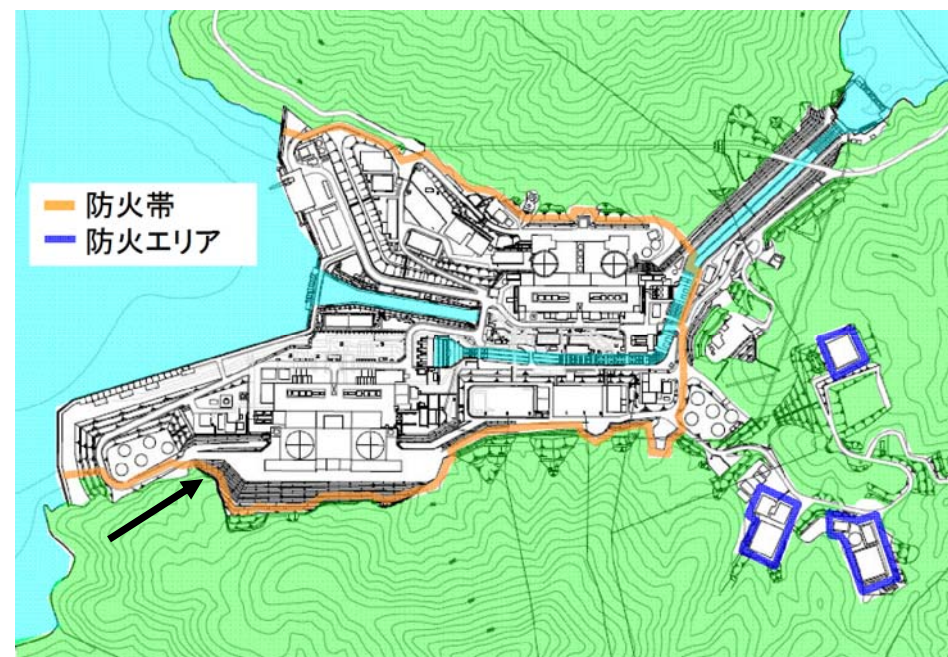
防火帯の工事(例)

【モルタル吹付け状況】

森林火災の延焼を防止するため防火帯を設置



幅18m



規制要求(実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則)

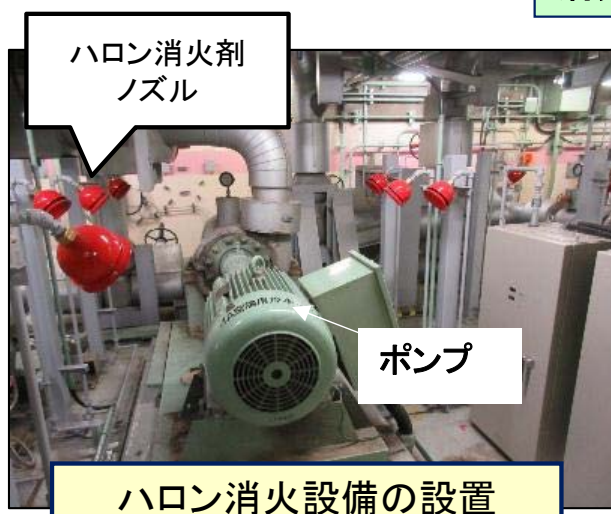
第8条(火災による損傷の防止)

設計基準対象施設は、火災により発電用原子炉施設の安全性が損なわれないよう、火災の発生を防止することができ、かつ、早期に火災発生を感知する設備(以下「火災感知設備」という。)及び消火を行う設備(以下「消火設備」といい、安全施設に属するものに限る。)並びに火災の影響を軽減する機能を有するものでなければならない。

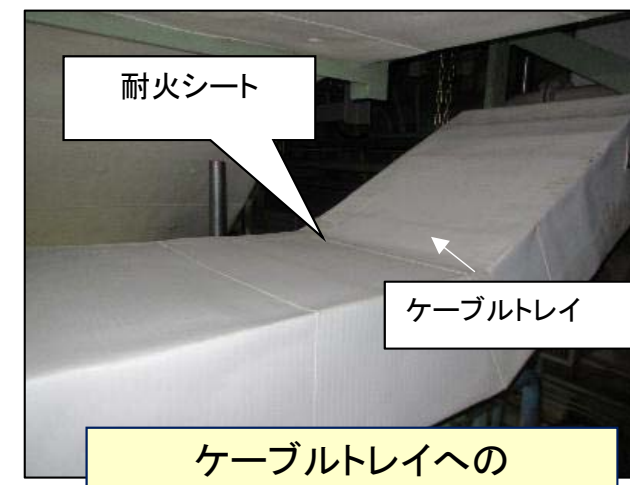


- 高浜3,4号機については火災の発生を防止するためにケーブル等に不燃性または難燃性材料を使用している。
- 火災の発生を早期に感知するために火災報知機および火災報知機盤を設置。
- 消火を行う設備として、原子炉を安全に停止する際に使用するポンプやケーブルに対して、ハロン消火設備、スプリンクラー等の消火設備を新たに設置。
- 火災の影響を軽減する機能を有するものとして、原子炉を安全に停止する際に使用するポンプやケーブルに対して、耐火シートを新たに設置。

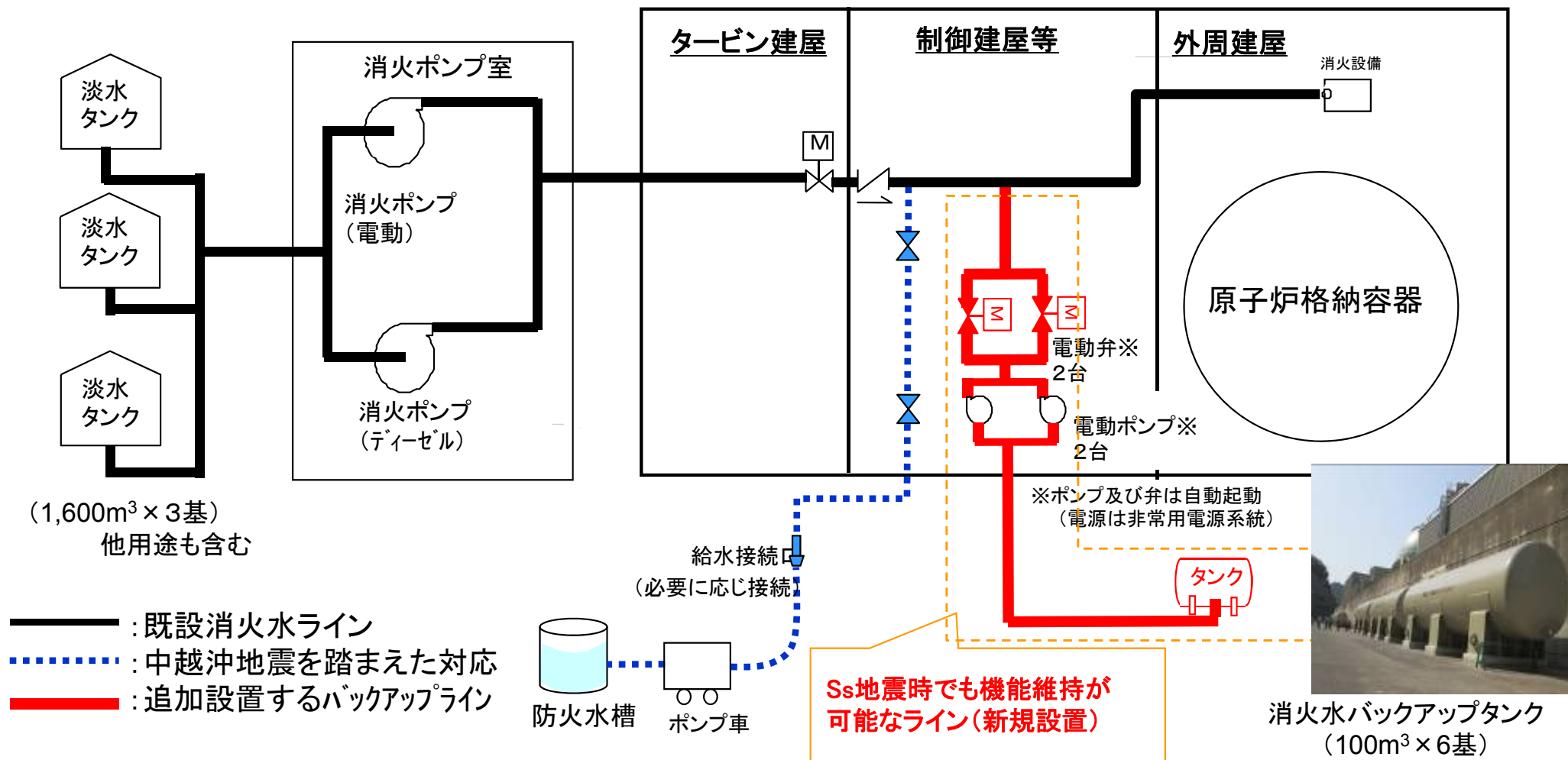
消火設備



火災の影響の軽減



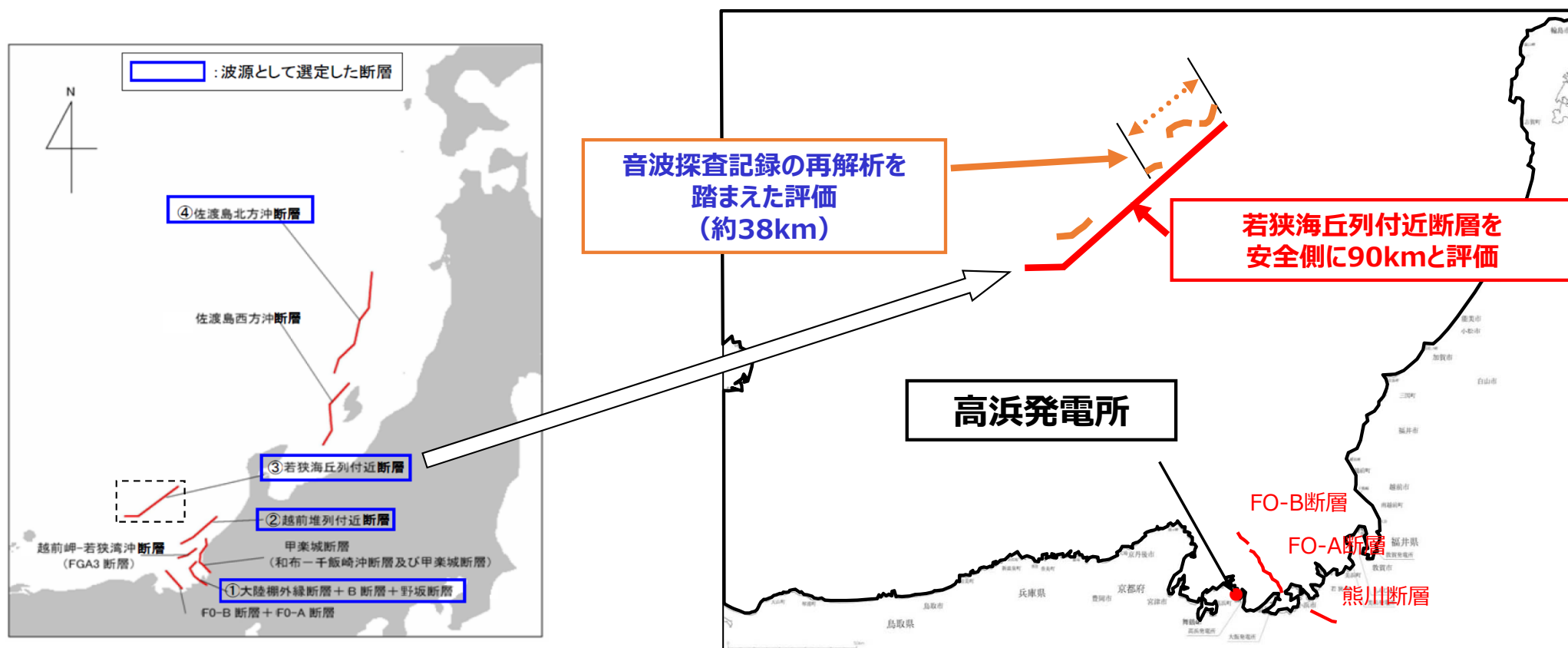
○既設の消火水ラインは耐震Cクラスであることから、消火水ラインの信頼性向上のために耐震Sクラスのバックアップラインを追加設置



基準津波については、これまでの審査会合を踏まえて、若狭海丘列付近断層やFO-A～FO-B～熊川断層の3連動による津波を評価することとし、さらに地すべり等の重疊を考慮して設定した。

また、設計に用いる入力津波高さについては、潮位のばらつき等を考慮して設定した。

基準津波に関する断層の位置

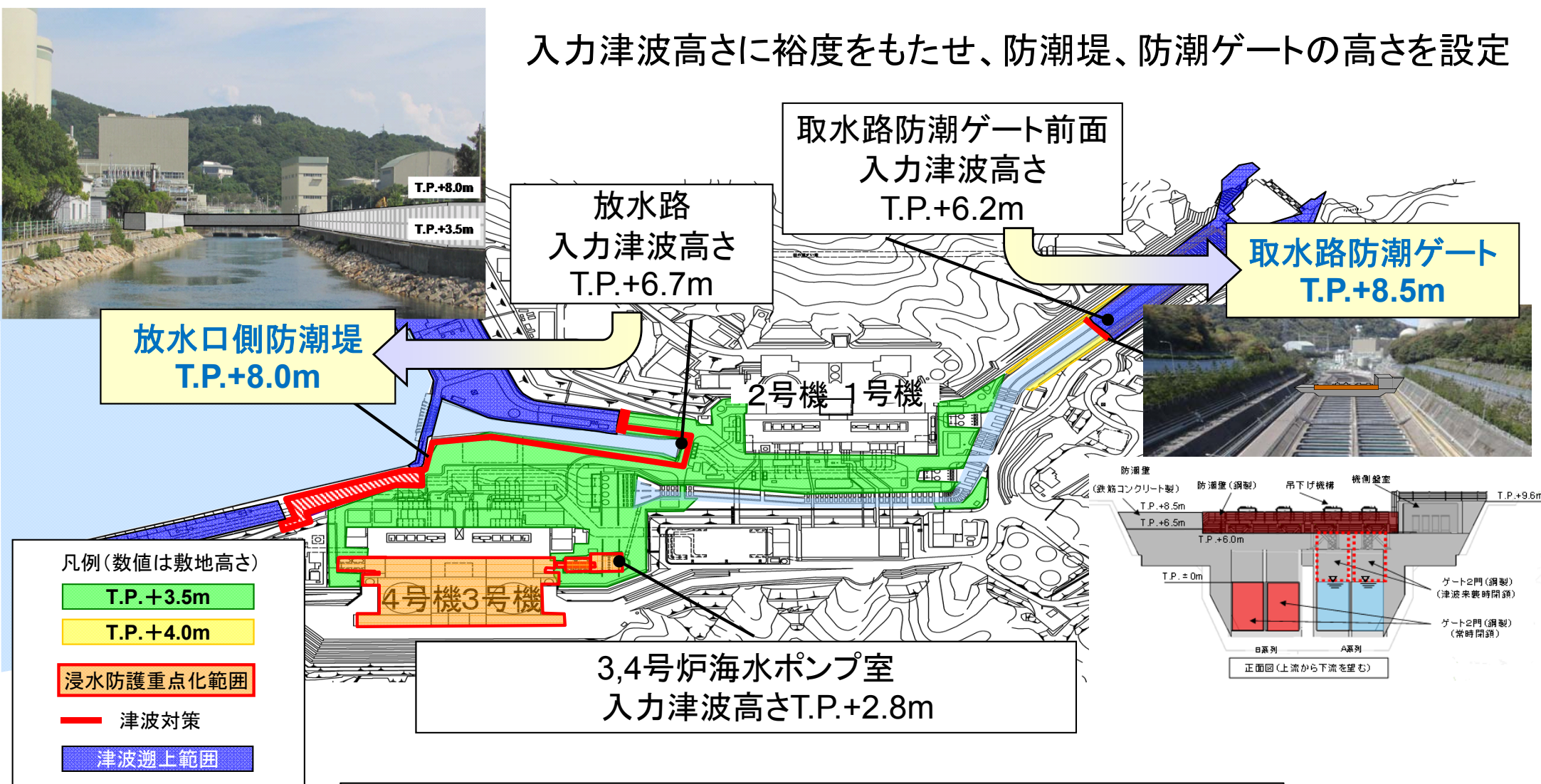


福井県(2002): 福井県における津波シミュレーション結果について、平成24年9月3日、福井県 危機対策・防災課。

津波対策(2/2)

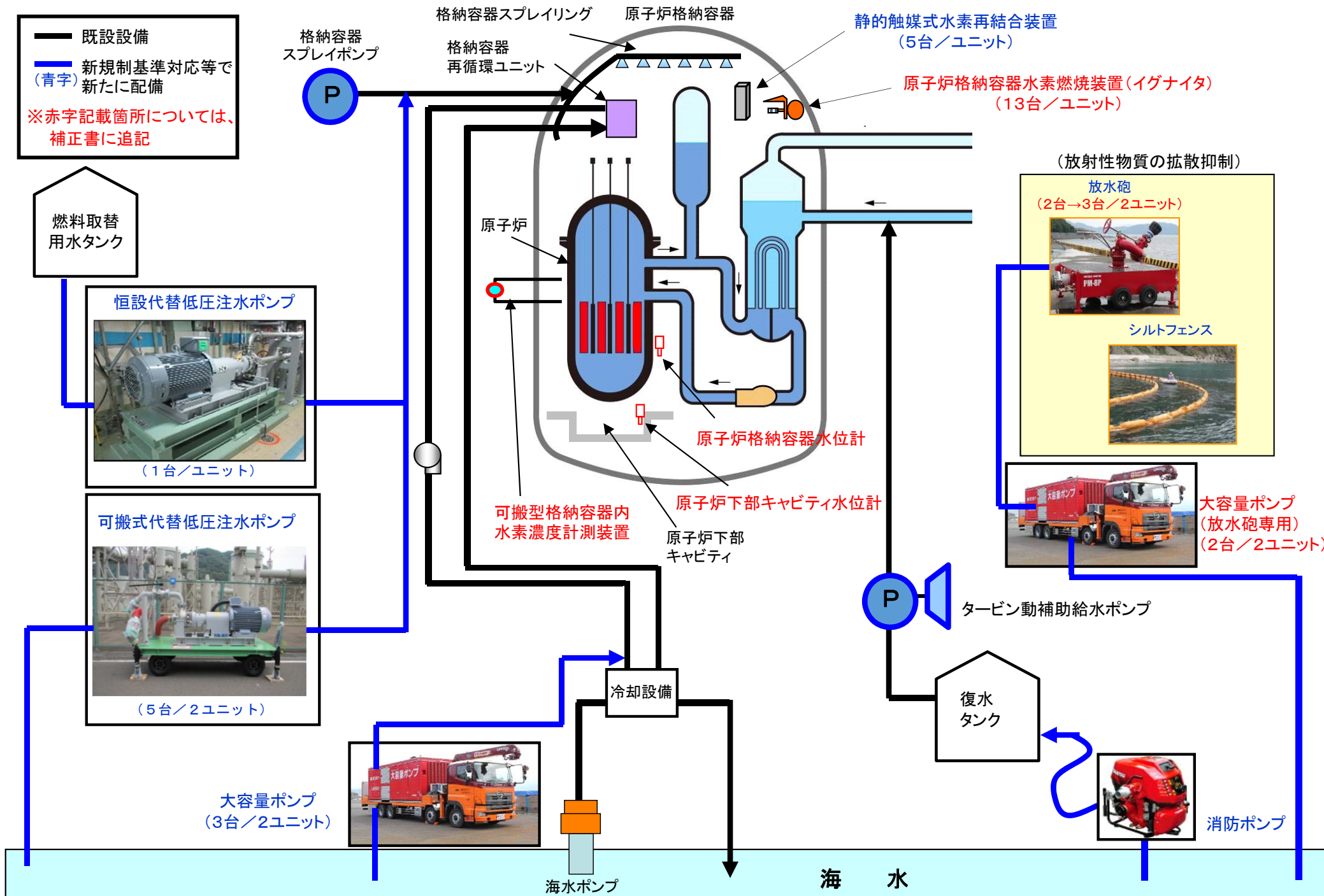
～津波防護～

入力津波高さに裕度をもたせ、防潮堤、防潮ゲートの高さを設定



申請の中では津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の設計並びに海水ポンプの取水性等の評価に当たっては、入力津波による水位変動に対して朔望平均潮位を考慮して安全側の評価を実施している。

設置変更許可補正申請の概要(重大事故等対策)



規制要求(実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈)

第58条(計装設備)

- c) 原子炉格納容器内の温度、圧力、水位、水素濃度及び放射線量率など想定される重大事故等の対応に必要なパラメータが計測又は監視及び記録ができること。

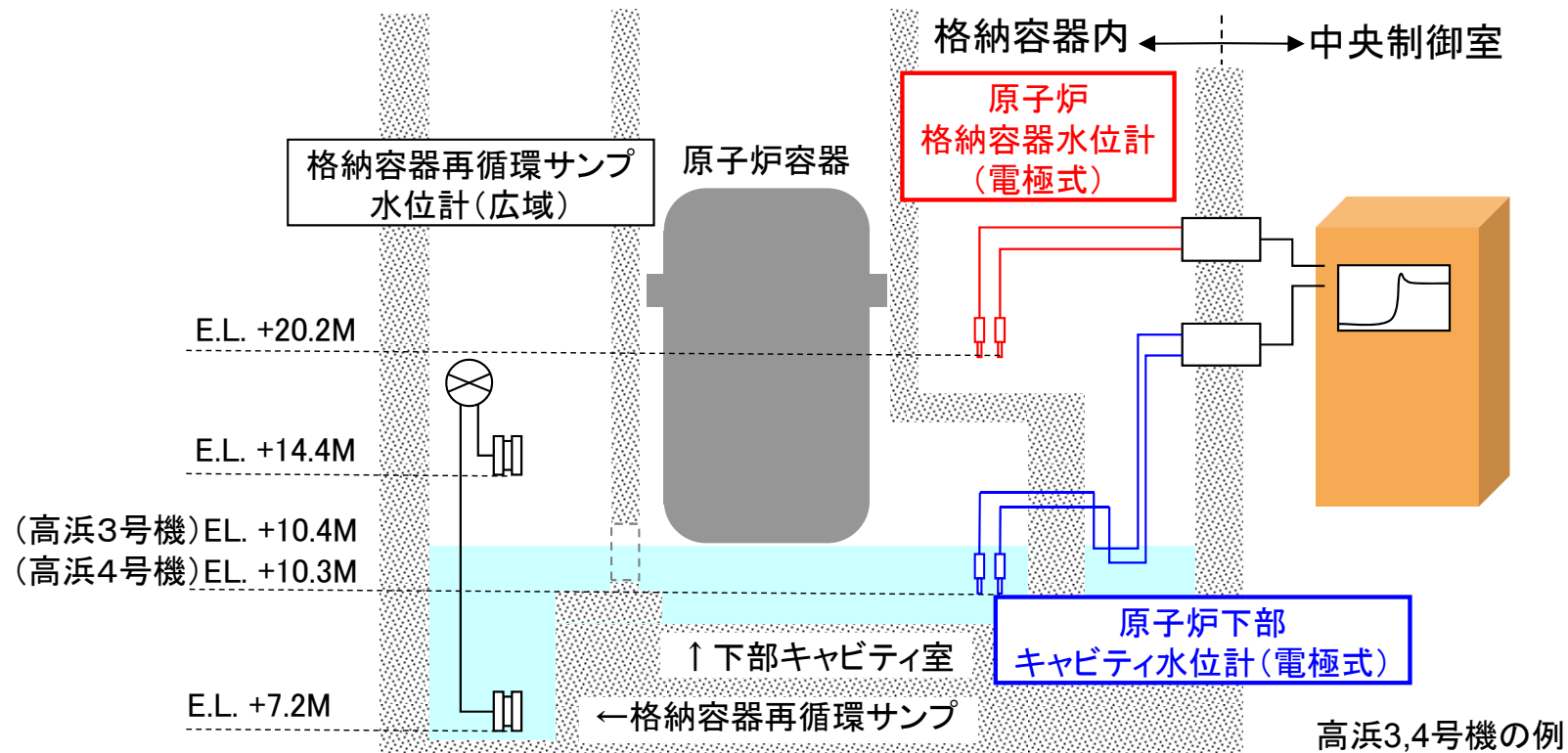


【原子炉下部キャビティ水位計】

○溶融炉心冷却時における注水量を把握する手段として、注水量の積算や水源となるタンクの水位変化による確認としていたものに加え、原子炉下部キャビティ水位計を新設。

【格納容器水位計】

○格納容器スプレイ時の格納容器水位を把握する手段として、格納容器への注水量の積算による確認に加え、原子炉格納容器水位計を新設。

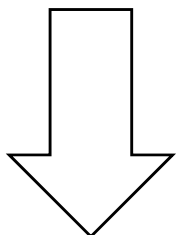


中長期対策の実施状況

フィルタ付ベント設備設置工事の進捗状況について

(高浜3,4号機、大飯3,4号機)

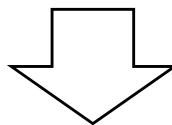
フィルタ付ベント設備については、平成27年度中の設置に向け、設計条件の検討、フィルタ仕様検討、フィルタ設置準備作業等を進めてきた。



進捗状況(大飯3, 4号機の例)			平成26年10月末▽	
平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度
設計条件・基本配置計画・フィルタ仕様検討				
	▼8月 フィルタ仕様決定、発注			
		詳細設計		
※高浜3, 4号機も ほぼ同様の工程		▽よう素フィルタ基礎 ▽微粒子フィルタ架台		据付
		基礎部工事		
		配管/ダクト/電動弁/操作盤 設計・製作		

フィルタ付ベント設備は特定重大事故等対処施設としての要求事項を満足させるよう新規制基準で要求された。また、平成26年9月17日原子力規制委員会より特定重大事故等に関する審査ガイド※が示された。

※「特定重大事故等対処施設に関する審査ガイド」および「航空機衝突影響評価に関する審査ガイド」



新規制基準、審査ガイドに沿った設計の再検討を行うこととした。

免震事務棟設置工事の進捗状況について(高浜発電所の例)

概要

- 緊急時の指揮所を確保・整備(設置完了までは、高浜1,2号機原子炉補助建屋に整備した緊急時対策所で緊急時対応を行う。)
- 要員収容スペースの確保、電源の確保、通信機能の確保を担保

○建設地: 北門横協力会社駐車場(EL17.0m)

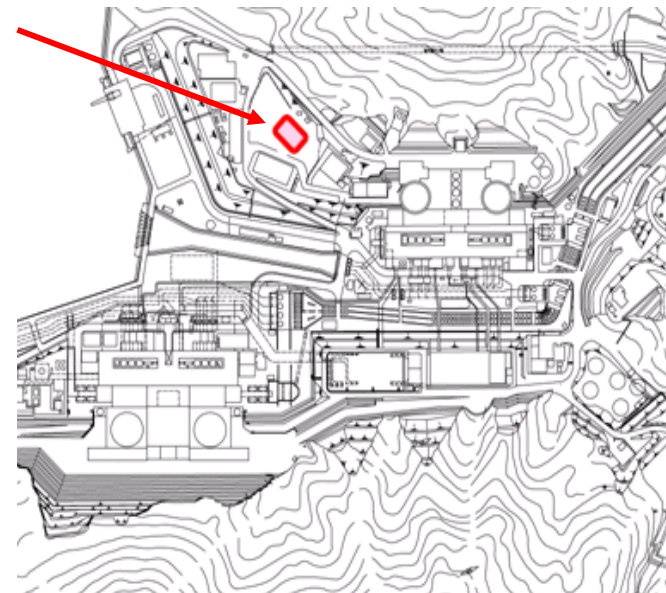
【免震事務棟のイメージ】

ヘリポート			
マイクロ無線アンテナ		マイクロ無線アンテナ	
非常用発電機	9F	非常用発電機	
空調機械室	8F	空調機械室	
通信機械室	7F	電気室・資材庫	
蓄電池室	6F	電源室・資材庫	
仮眠室	5F	宿直室・資材庫	
作業室	4F	作業室	
対策本部	3F	作業室・資料室	
現場作業員詰所	2F	作業室	
出入管理・除染室	1F	現場作業員詰所(平時は会議室)	
上水槽・資材庫	B1	WBC室	

免震設備



- ・建屋内面積 約6,000m²
- ・収容想定人数 最大約1,000人



平成26年10月末▽

平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度
基本計画	▼5月 ボーリング調査・評価 ▼9月 詳細設計 設置場所決定	▼3月 敷地造成	建物工事	通信および付属設備工事
美浜発電所、大飯発電所についてもほぼ同様の工程				

H27年度上期の完成を目指していたが、基準地震動が変更となったこと等により、機器の仕様変更や免震装置の設計の再検討※等を実施中。

※ 積層ゴム免震装置に加え、転がり支承や減衰こまの組合せ等を検討中

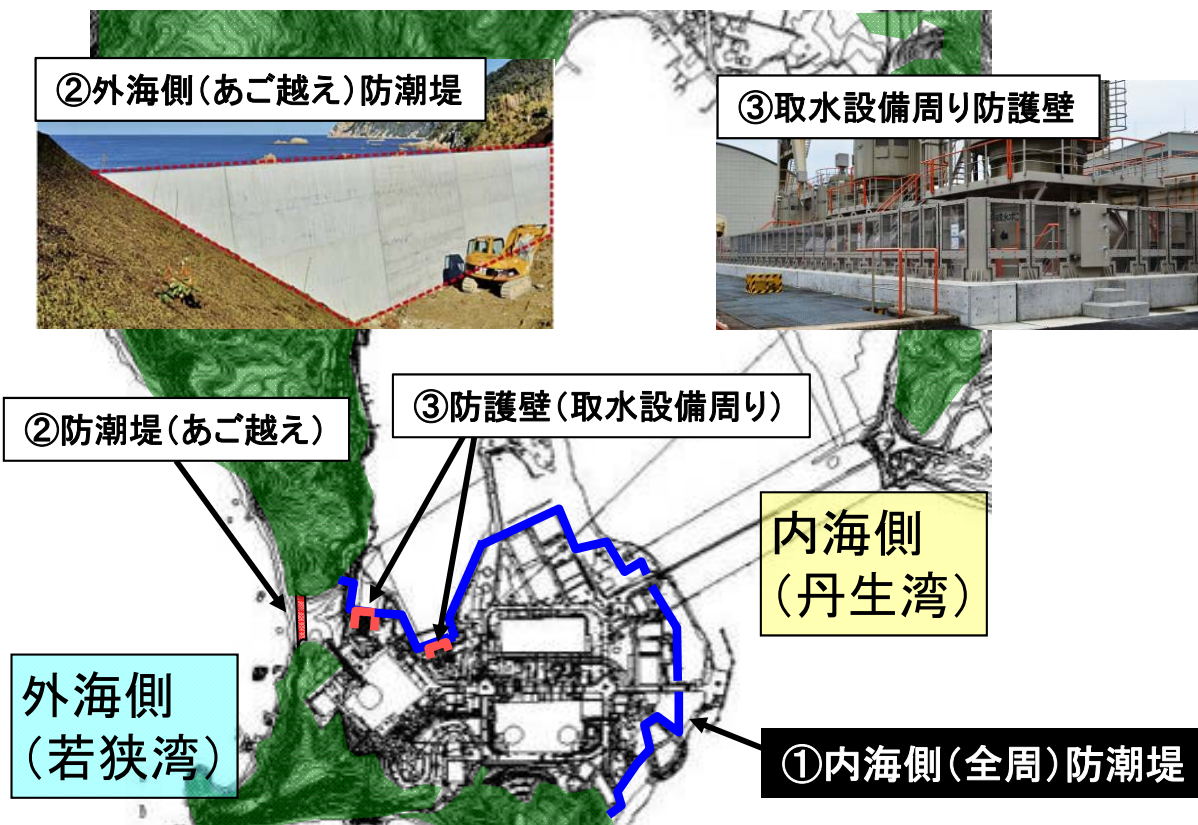


積層ゴム免震装置



転がり支承

防潮堤・防護壁等設置工事(美浜発電所)の進捗状況について



【防潮堤】

① 内海側(全周):

平成27年度中の完成に向け、設計、基礎となる鋼管杭の設置等を進めてきたが、高浜、大飯発電所の新規制基準適合性審査経緯を踏まえると、設計開始当初に想定していた基準地震動、設計津波高さについて変更の可能性があることから、それらを見極めて設計の再検討を行うこととした。

② 外海側(あご越え):

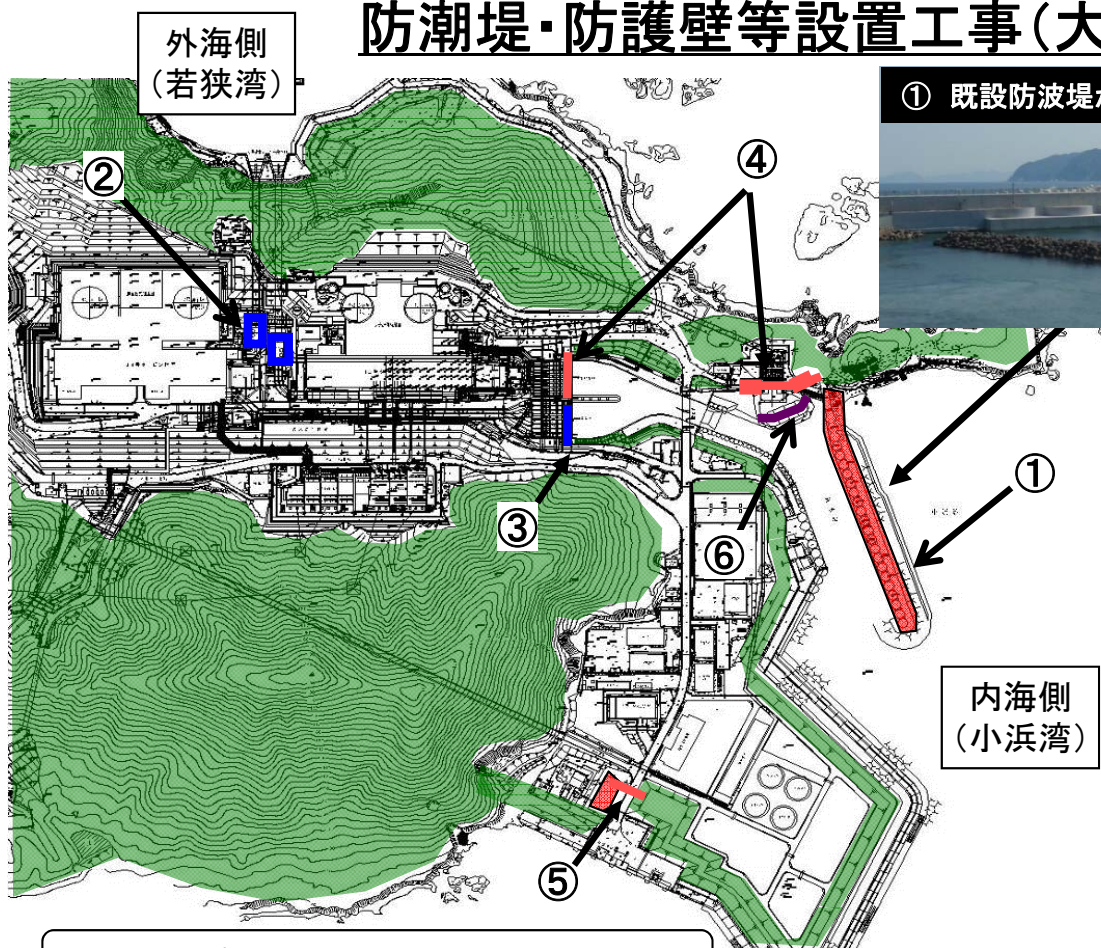
平成25年11月 設置工事完了

【防護壁】

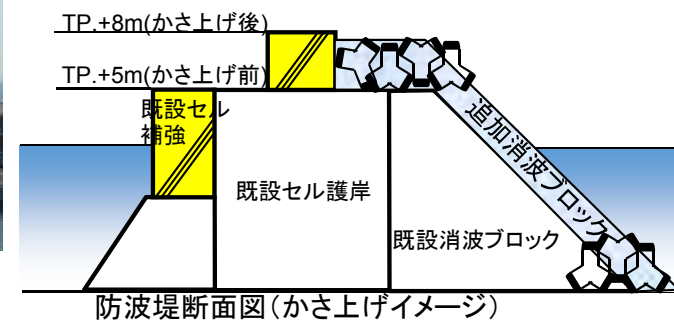
③ 取水設備周り:

平成25年10月 設置工事完了

防潮堤・防護壁等設置工事(大飯発電所)の進捗状況について



① 既設防波堤かさ上げ



防波堤断面図(かさ上げイメージ)

進捗状況

(安全性向上対策)

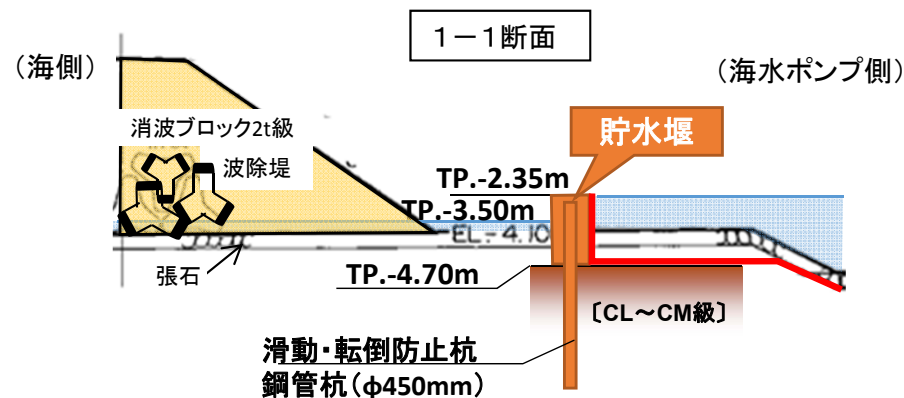
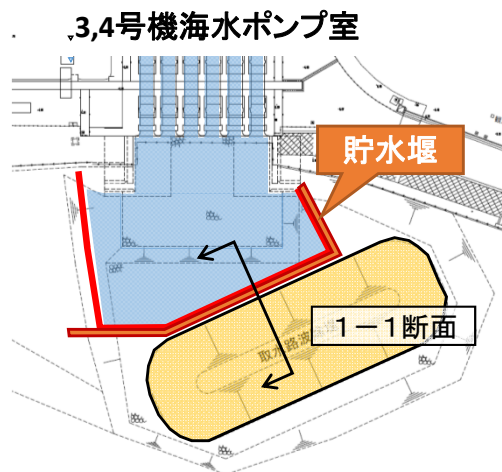
- ① 既存防波堤のかさ上げ : 平成25年8月 工事完了
- ② 放水路ピットのかさ上げ : 平成26年3月 工事完了
- ③ 防潮堤の設置 : 平成25年9月 工事完了
- ④ 取水設備まわり防護壁の設置 : 平成25年6月 工事完了
- ⑤ タンクまわり防護壁の設置 : 平成25年3月 工事完了

(新規制基準適合のための対策)

- ⑥ 【追加】海水ポンプの引き津波対策 : 平成26年9月 工事完了 (審査中)

海水ポンプの引き津波対策(追加)の概要

施設の設計・評価に用いる入力津波においても海水ポンプの取水機能を維持するため、引き津波時に海水を貯水する対策を実施。



(大飯3, 4号機の例)

▽ H26年11月

実施項目	概要	H23 年度	H24 年度	H25 年度	H26 年度	H27 年度	H28 年度	H29 年度	他発電所 完了時期
恒設非常用 発電機の設置	大容量の恒設非常用 発電機を高台に設置 恒設非常用発電機を特定重大事故等対処施設※ の電源設備としても活用することとした。 これに伴い、他の設備の設置工程との兼ね合い から、恒設非常用発電機の設置計画を見直した。 (※新規制基準において、テロ、意図的な航空機 衝突への対策として求められている設備)		敷地選定 (候補地検討)		敷地造成／建屋設置 機器設計・製作	機器据付			高浜3, 4号機は 大飯3, 4号機と 同時期 【設置時期検討中】 美浜1～3号機、 高浜1, 2号機、 大飯1, 2号機
外部電源の 信頼性の向上、 強化	緊急時に必要機器へ 給電する高所受電設備 を設置		【代替所内電気設備設置】	現場調査 設備詳細設計	機器据付	電源接続			【代替所内電気設備設置】 高浜3, 4号機 H26年度中 【3系統目蓄電池、交流 電源設備設置】 高浜3, 4号機 H30年7月 【設置時期検討中】 美浜1～3号機、 高浜1, 2号機、 大飯1, 2号機

規制要求（実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則）

第57条（電源設備）

発電用原子炉施設には、設計基準事故対処設備の電源が喪失したことにより重大事故等が発生した場合において炉心の著しい損傷、原子炉格納容器の破損、貯蔵槽内燃料体等の著しい損傷及び運転停止中原子炉内燃料体の著しい損傷を防止するために必要な電力を確保するために必要な設備を設けなければならない。

○所内電気設備が、地震、火災、溢水等の共通要因により機能を失うことを防止するため、既存の所内電気設備と位置的分散を図った代替所内電気設備を設置

緊急時用所内電源設備（代替所内電気設備）設置工事

〔現状〕

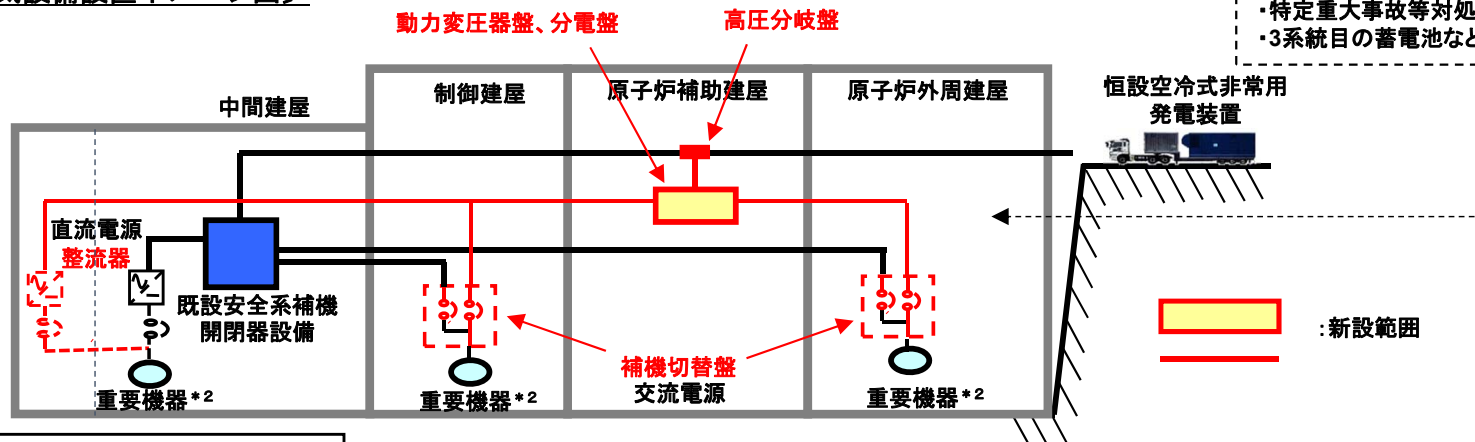
- ・安全系補機開閉器設備を別々の場所に配置している。

〔今回の対応〕

- ・安全系補機開閉器設備とは別の場所に、代替所内電気設備を設置し、位置的分散を図る。

- ・多重性の強化および位置的分散
- ・共通要因故障（地震・火災・溢水等）の防止

〔代替所内電気設備設置イメージ図〕



- ※1: 更なる信頼性向上への取り組み事項
- ・特定重大事故等対処施設からの交流電源設備
- ・3系統目の蓄電池などの直流電源設備

更なる信頼性向上への取り組み事項※1

※2: 重大事故等時に格納容器防護、プラント監視に必要な機器

- ・特定重大事故等対処施設からの交流電源設備（設置許可基準42条：H30年7月施行）、および3系統目の蓄電池などの直流電源設備（設置許可基準57条解釈2(a)：H30年7月施行）について詳細検討を実施している。

高浜3, 4号機

- 設置変更許可にかかる審議は概ね終了し、補正書を提出。
- 中長期の安全対策についても、スケジュールを示し、早期設置に向けて取り組む。

大飯3, 4号機

- 審査会合において継続審議となっていた基準地震動は概ね妥当として了承。
- 残りの以下の論点について、原子力規制委員会のコメントに真摯に対応していく。
 - ・大規模な自然災害(基準地震動を超える地震等)及び故意による大型航空機の衝突等を想定した対応手順等
 - ・組織、技術者の確保、品質保証活動、教育訓練、有資格者の選任配置等の審査指針への適合性

その他のプラント

- 高浜3,4号機、大飯3,4号機以外のプラントについても新規制基準適合のための技術的検討、安全対策の実現性について検討をすすめている。

これまでに専門委員からいただいたご質問への回答

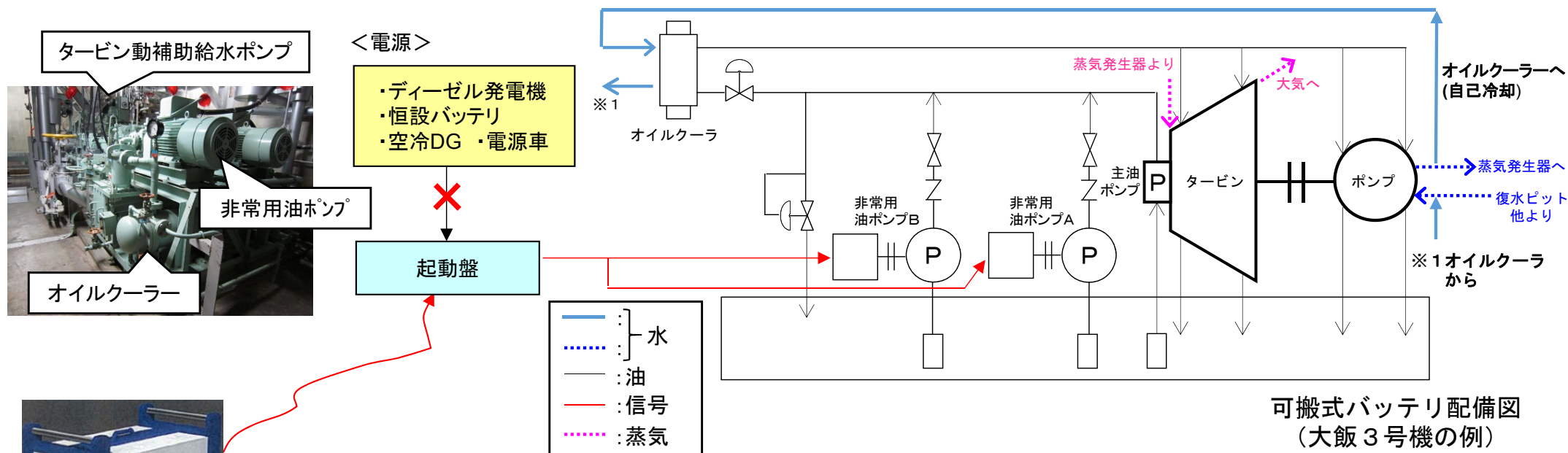
タービン動補助給水ポンプ非常用油ポンプ用可搬式バッテリーの配備

タービン動補助給水ポンプの潤滑油はどのように冷却するのか

系統水を用いた自己冷却方式を採用している。

工事目的： 全交流電源喪失・恒設直流電源系統喪失によるタービン動補助給水ポンプ非常用油ポンプの電源喪失を想定した場合においても、現場にて非常用油ポンプへの給電・起動が出来るように可搬式バッテリーを配備する。

工事概要： 専用の可搬式バッテリーをタービン動補助給水ポンプ起動盤付近に配備する。



可搬式バッテリー
(イメージ)

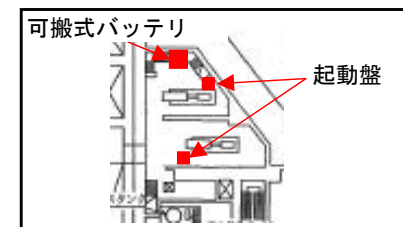
<タービン動補助給水ポンプの通常起動フロー>

- ①タービン動補助給水ポンプ待機時は、非常用油ポンプは待機状態(大飯3, 4号機の場合)
- ②起動信号により、非常用油ポンプが自動起動(潤滑油・制御油を供給)※
- ③油圧確立後、駆動用蒸気弁が開放するとともに、蒸気加減弁が開放
⇒タービン動補助給水ポンプ起動

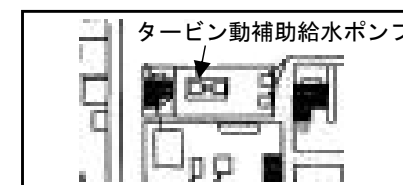
※電源喪失時に非常用油ポンプが起動しない場合、可搬式バッテリーを接続し、非常用油ポンプを起動、手動にて駆動用蒸気弁を開放し、タービン動補助給水ポンプを起動

参考：タービン動補助給水ポンプの起動後は、同軸に直結されている主油ポンプで潤滑油・制御油を供給

可搬式バッテリー配備図 (大飯3号機の例)

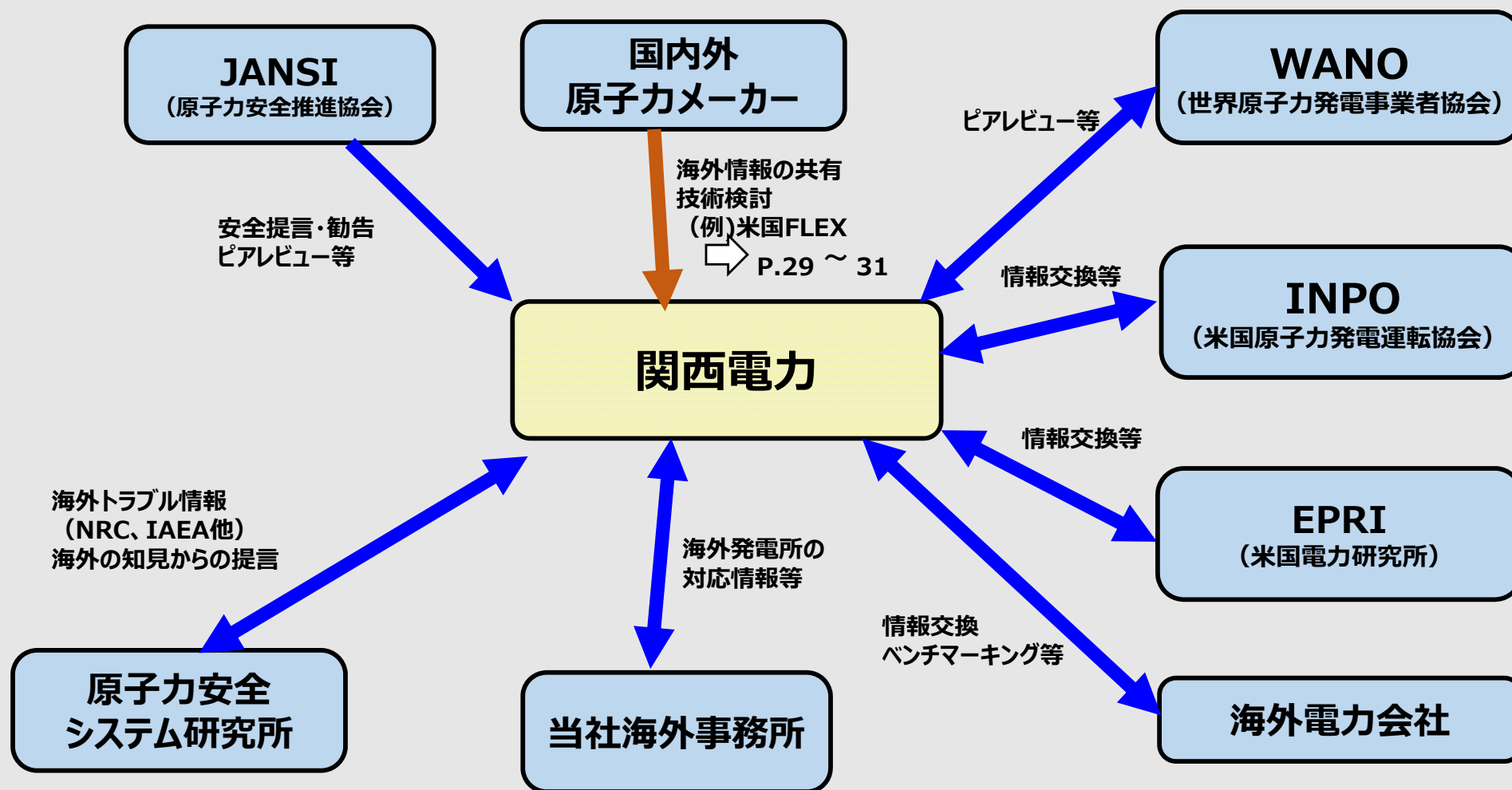


EL10.0M



EL7.0M

諸外国の先進事例や最新知見を反映していく仕組みを構築するとともに、諸外国の情報等を収集・分析し、最新知見を迅速に各P/Sへ展開すること



➡ 諸外国からの最新知見を収集し、各種対策の検討に活用

米国FLEXについて(1/3)



2012.3.12 米国原子力規制委員会(NRC)、「福島第一事故に関する短期タスクフォース報告書」(2011年7月)の勧告4.2を受けた命令の発出

NRC命令の内容

炉心冷却、格納容器健全性、使用済燃料プール(SFP)冷却の各機能(以下「三機能」)を維持・復旧するために、三段階のアプローチに従う緩和戦略を策定すること。

- ・ 初期段階: 炉心冷却、格納容器及びSFP冷却の維持・復旧のため、既存の設備とリソースの利用
- ・ 移行段階: サイト外からのリソースにより、三機能が達成されるまでの間、三機能の維持・復旧に十分な量の可搬式設備及び消耗品をサイト内に準備
- ・ 最終段階: 三機能を無期限で維持するために十分な量のリソースをサイト外に準備

2012.8.29 米国産業界 FLEXガイダンス(NEI 12-06)の発行

- ・ 産業界は命令を受け、「多様性及び柔軟な対応戦略(FLEX)実施ガイダンス」を公表。
- ・ NEI 12-06は、設計基準を超える外部事象による、長期全交流電源喪失(ELAP)及び最終ヒートシンク喪失(LUHS)発生時の、三機能を維持するための緩和戦略を示すもの

NEI 12-06

Diverse and Flexible Coping Strategies (FLEX) Implementation Guide

NEI

NUCLEAR ENERGY INSTITUTE

May 2012

1700 K STREET, NW WASHINGTON, DC 20006-3708 202-739-6000

米国FLEXについて(2/3)

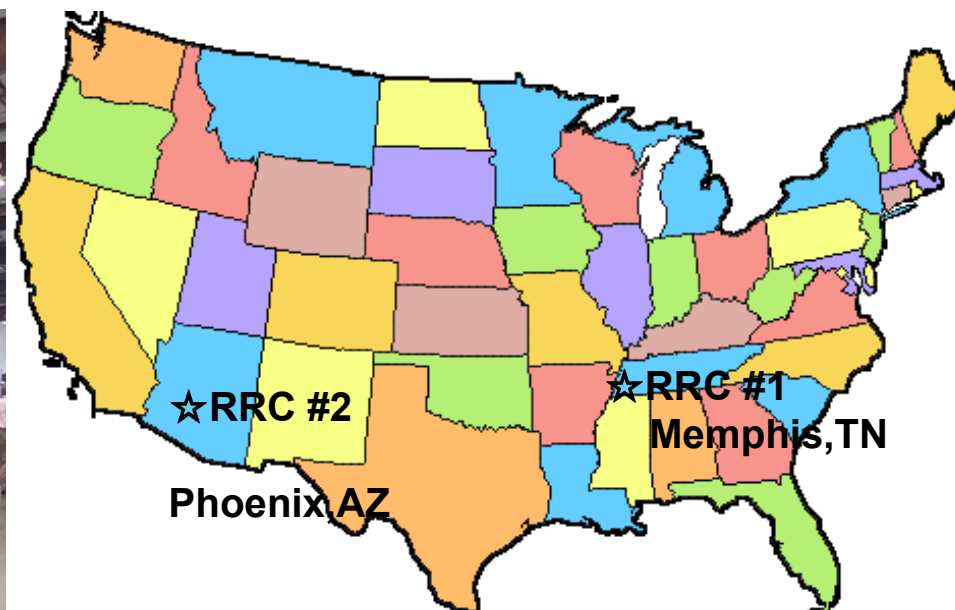
日本国内電力各社のフォロー状況

- ・2011年秋以降、日本原子力技術協会(JANTI,当時)と協力し、FLEXガイドラインを含めてNRCと産業界の折衝状況をフォローし、その内容を分析。
- ・FLEXにかかる地域対応センター(RRC)※は、本年5-6月にかけて全米2箇所を設置済。日米原子力CNO会議にかかる情報交換(2014.10)で、国内電力各社のCNOが米国を訪問し、弊社原子力事業本部長も、フェニックスに設置されたRRCを視察。

※資機材等の支援拠点



フェニックス地域対応センター



米国FLEXについて(3/3)

日本国内の規制対応状況

- ・ 米国産業界NEIガイダンス(FLEX含む)について、原子力規制委員会による安全審査においては、大規模損壊事故への対応の中で検討されている。
- ・ 関西電力においては、大規模損壊事故への対応として、以下の事項について検討・対応し、新規制基準適合性審査においても確認を頂いている。
 - 自然災害については、NEIガイダンスのほか、IAEA、米国NRC、米国機械学会など関連文献を幅広く調査し74事象を収集した上で、発電所の安全性に影響を与えうる極低温、地震、豪雪、降灰、津波、暴風、竜巻、森林火災など、10事象を選定した。
 - これら10事象によって発電所にどのような事故・トラブルが発生するかについて、そのような自然事象(重畳含む)に対して、機器の防護や機器の配置が適切か精査を行ったうえで、事故シナリオを系統的に分析し、大規模損壊に至りうる自然事象として、地震、津波、竜巻を選定した。
 - また、大規模損壊対応において使用する機器に関する、手順の利用可能性、整備状況や今後の整備の考え方を整理した。
 - 合わせて、米国産業界NEIガイダンス(FLEX含む)に係る要求事項を数百項目に細分化して、「技術的能力に係る審査基準」と比較検討し、米国と同等の対策を実施。

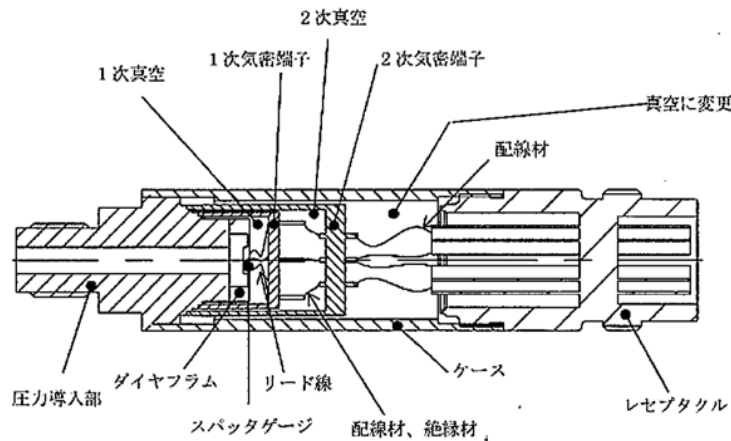
シビアアクシデントなど過酷事故環境下においても、原子炉等の状態を監視する計測器の開発計画については、諸外国における開発状況などを調査し、実用化に向けた検証を行うこと

福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえ、シビアアクシデント発生時にも十分機能する原子炉・格納容器計装系検出器素子の開発・整備を進めている。

＜研究における開発環境条件＞

	現状	開発後
最高使用圧力	0.43MPa	1.6MPa
最高仕様温度	144℃	300℃
積算線量	0.5MGy未満	5MGy未満

＜格納容器圧力検出システム＞



「歪ゲージ式圧力検出素子(研究開発対象)」特徴

- スパッタゲージ部の樹脂を無機絶縁材料に変更し、耐環境性を向上。
- 耐環境を有するコネクタ、ケーブルを採用し、事故時の信頼性を向上。

＜格納容器水素濃度検出システム＞

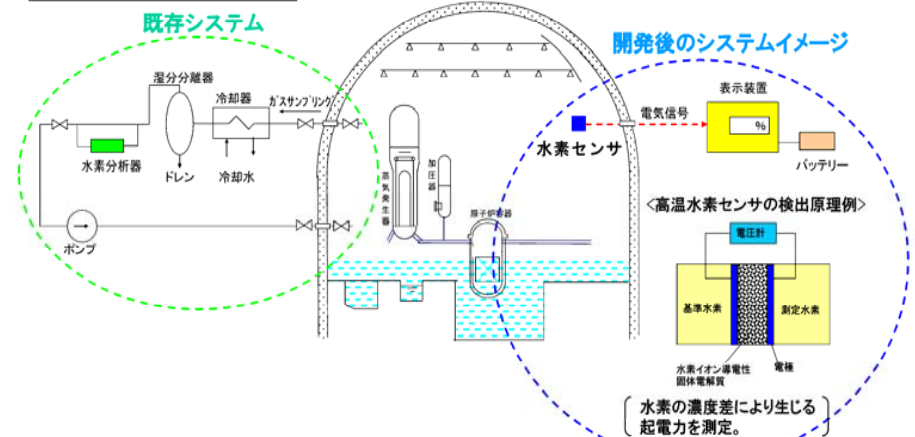
【現状】

格納容器内のガスをポンプにより格納容器外にサンプリングし、ガスを冷却、湿分を除去して水素濃度を測定。(サンプリング方式)

東京電力福島第一原子力発電所事故では、電源、冷却水の喪失によりガスサンプリングが困難となり、水素濃度が測定できなかった。

【開発後】

過酷事後時の環境条件下で水素濃度を測定可能なセンサを適用。サンプリング不要なロバスト性を有したシステムで計測可能となる。



参考資料

- 新規制基準対応として設置した主な設備の設置台数とその根拠
- 地震対策 地すべり対策
- 恒設代替低圧注入ポンプの設計変更について（高浜3,4号機の例）
- 途絶させない情報通信網の確立
- 安全パラメータ表示システム（SPDS）の地震時における機能維持対策の状況
- 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の安全対策の対応状況
- 外部電源強化の取組み
- 水源となる各タンクについて

新規制基準対応として設置した主な設備の設置台数とその根拠

	設備名		設置台数 (高浜3, 4号機合計)	台数の根拠
電源確保	空冷式非常用発電装置		4台	2台／1ユニット
	◎電源車		5台	2台×2ユニット＋1台（予備）の5台
	電源車（緊急時対策所用）		2台	1台＋1台（代替交流電源）
	○可搬型代替 直流電源設備	加圧器逃し弁駆動用	2台	1台／1ユニット
		タービン動補助給水ポンプ起動用	2台	1台／1ユニット
水源確保	◎大容量ポンプ		3台	3, 4号機共用として2台＋1台（予備）の3台
	恒設代替低圧注水ポンプ	ポンプ	2台	1台／1ユニット （注）電源は空冷式非常用発電装置から給電
	◎可搬式代替低圧注水ポンプ	ポンプ	5台	2台×2ユニット＋1台（予備）の5台
		電源車（可搬式代替低圧注水ポンプ用）	5台	
	放水砲（水源は大容量ポンプ）		3台（2台）	放水砲については、所内プラント基数の半数以上となる2台＋予備1台。水源については、大容量ポンプから同時に2台の放水砲に給水できるため、1台＋予備1台。

発電所全体で
予備1台を保有

（注）「◎」を付した設備については、可搬型重大事故等対処設備のうち代替電源設備または注水設備であるため、「1基あたり2セット以上持つこと」、これに加え、「故障時のバックアップ及び保守点検による待機除外時のバックアップを工場等全体で確保すること」が新規制基準において要求されている。

「○」を付した設備については、可搬型重大事故等対処設備のうち直流電源設備等であって負荷に直接接続するものであるため、「1負荷当たり1セット」に、「工場等全体で故障時のバックアップ及び保守点検による待機除外時のバックアップを加えた容量を持つこと」が新規制基準において要求されている。

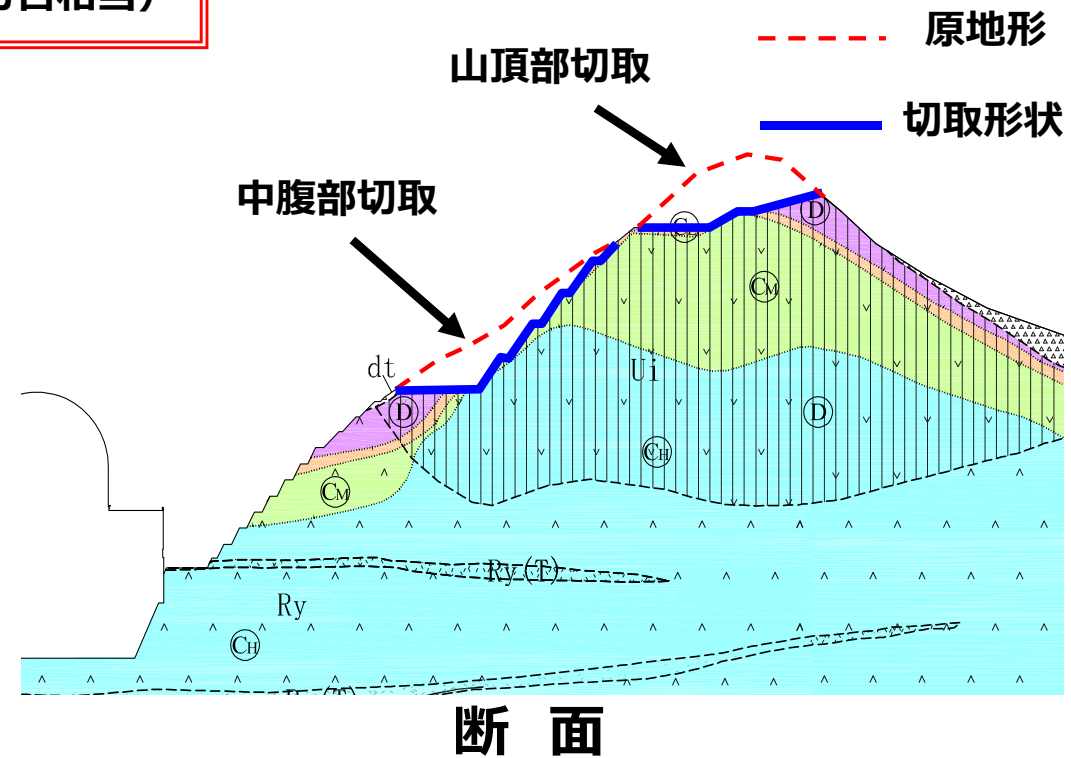
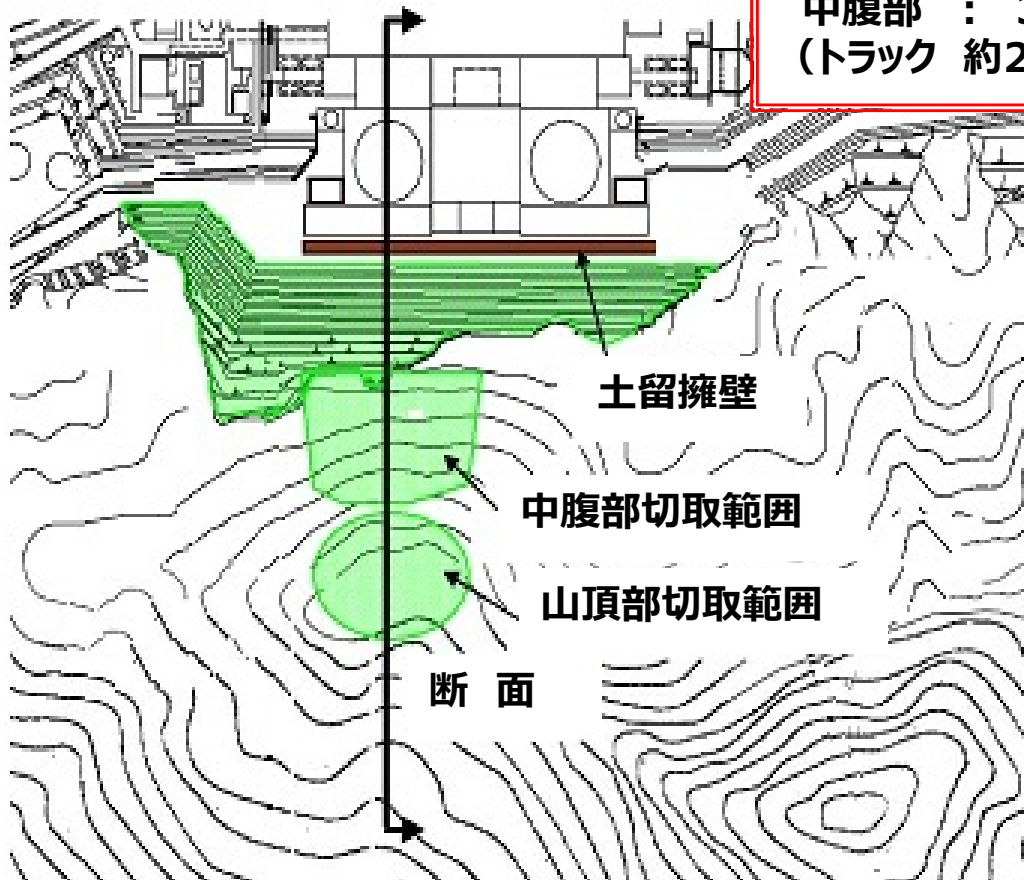
○周辺斜面(高浜3,4号機 背面)の安定性を確保するために、山頂部および中腹部の土砂の掘削を実施

掘削した土砂の量

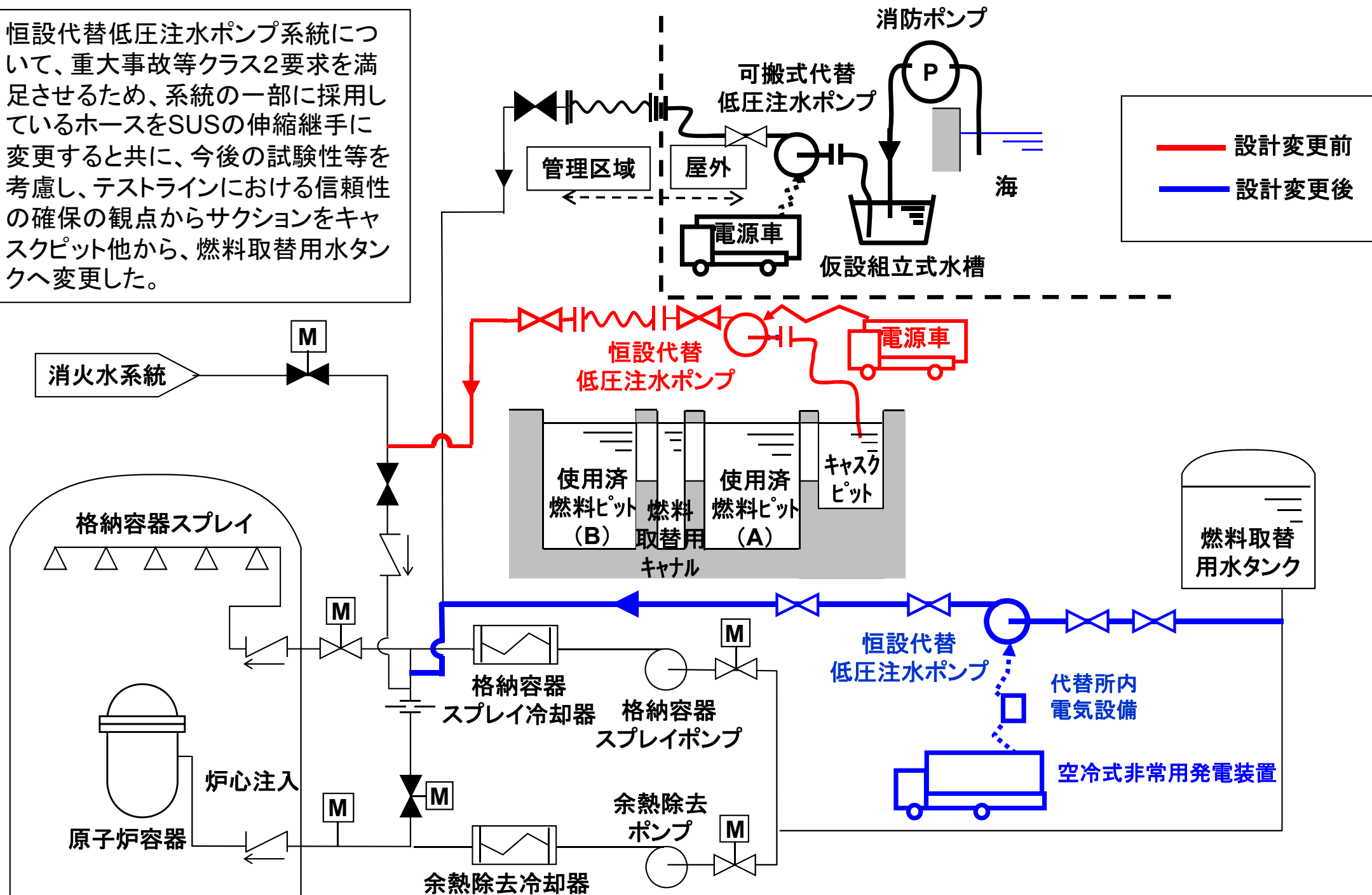
山頂部 : 60,200m³

中腹部 : 34,000m³

(トラック 約2.2万台相当)



恒設代替低圧注水ポンプシステムについて、重大事故等クラス2要求を満足させるため、システムの一部に採用しているホースをSUSの伸縮継手に変更すると共に、今後の試験性等を考慮し、テストラインにおける信頼性の確保の観点からサクシオンをキャスクピット他から、燃料取替用水タンクへ変更した。



発電所

【構内の通信：電源喪失時等における通信手段確保】

○トランシーバー（震災前：0台）

美浜：15台、高浜17台、大飯18台配備済み



○携行型通話装置（震災前：0台）

・中央制御室と現場各所に専用通信線を敷設

・携行型通話装置を配備

通信線：敷設済み

通話装置：美浜、高浜20台、大飯25台配備済み



【構外との通信：携帯電話不通時等の通信手段確保】

○緊急時衛星通報システム（震災前：0台）

美浜3台、高浜5台、大飯4台配備済み



○衛星電話（震災前：各発電所 1台）

美浜：21台、高浜20台、大飯23台配備済み



○衛星電話（屋外アンテナ付）（震災前：0台）

各発電所10台分配備済み

○社内LAN用衛星可搬局（震災前：0台）

各発電所1台配備済み



【屋外アンテナ】



【衛星可搬局】

原子力事業本部

○緊急時衛星通報システム（震災前：0台）

1台配備済み



○衛星電話（震災前：2台）

13台配備済み



○衛星電話の屋外アンテナ（震災前：0台）

12台配備済み

○社内LAN用衛星可搬局（震災前：0台）

2台配備済み



オフサイトセンター

○衛星電話（屋外アンテナ付）（震災前：0台）

各オフサイトセンター6台配備済み



【衛星電話】



【屋外アンテナ】

本店(大阪)

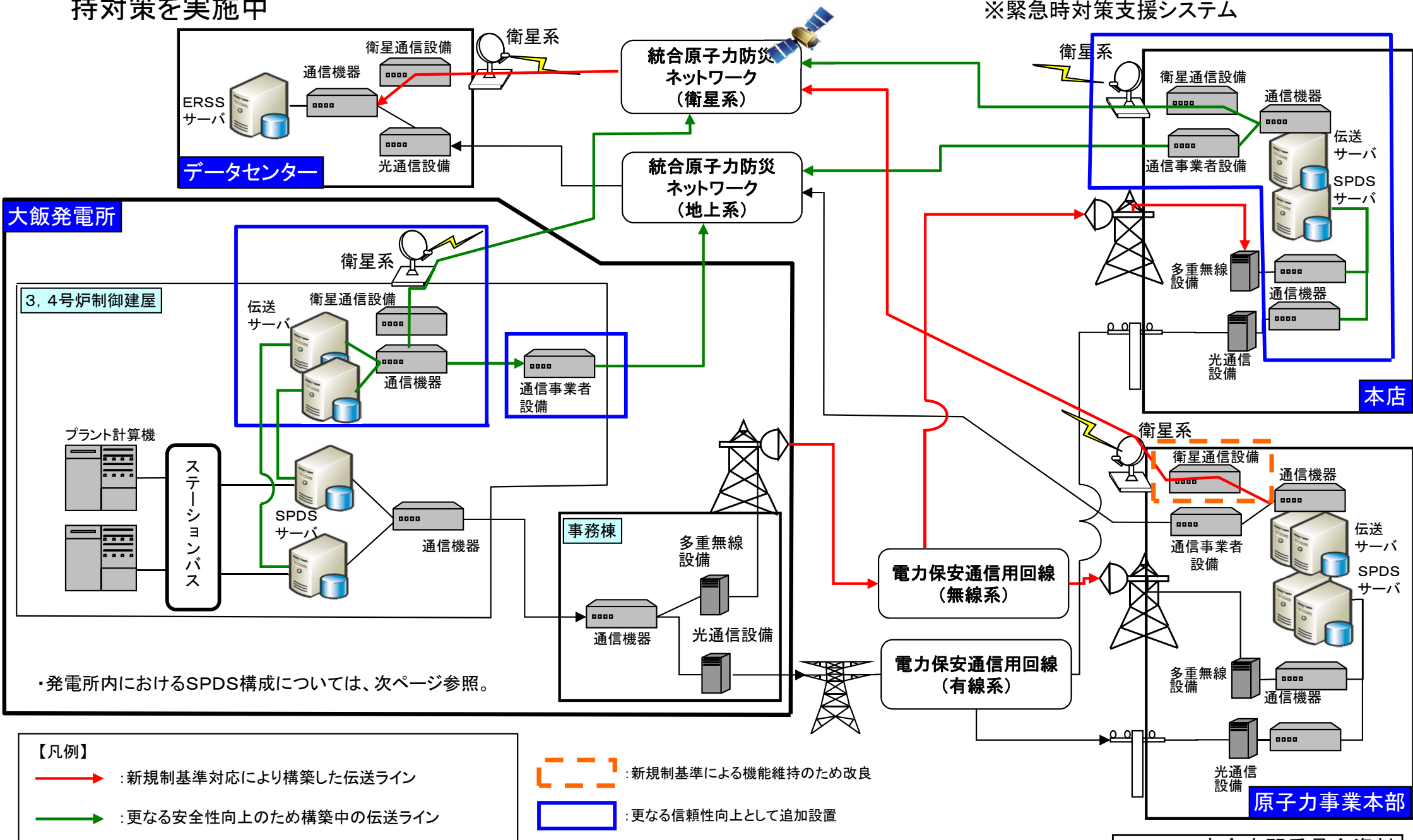
○衛星電話（震災前：3台）

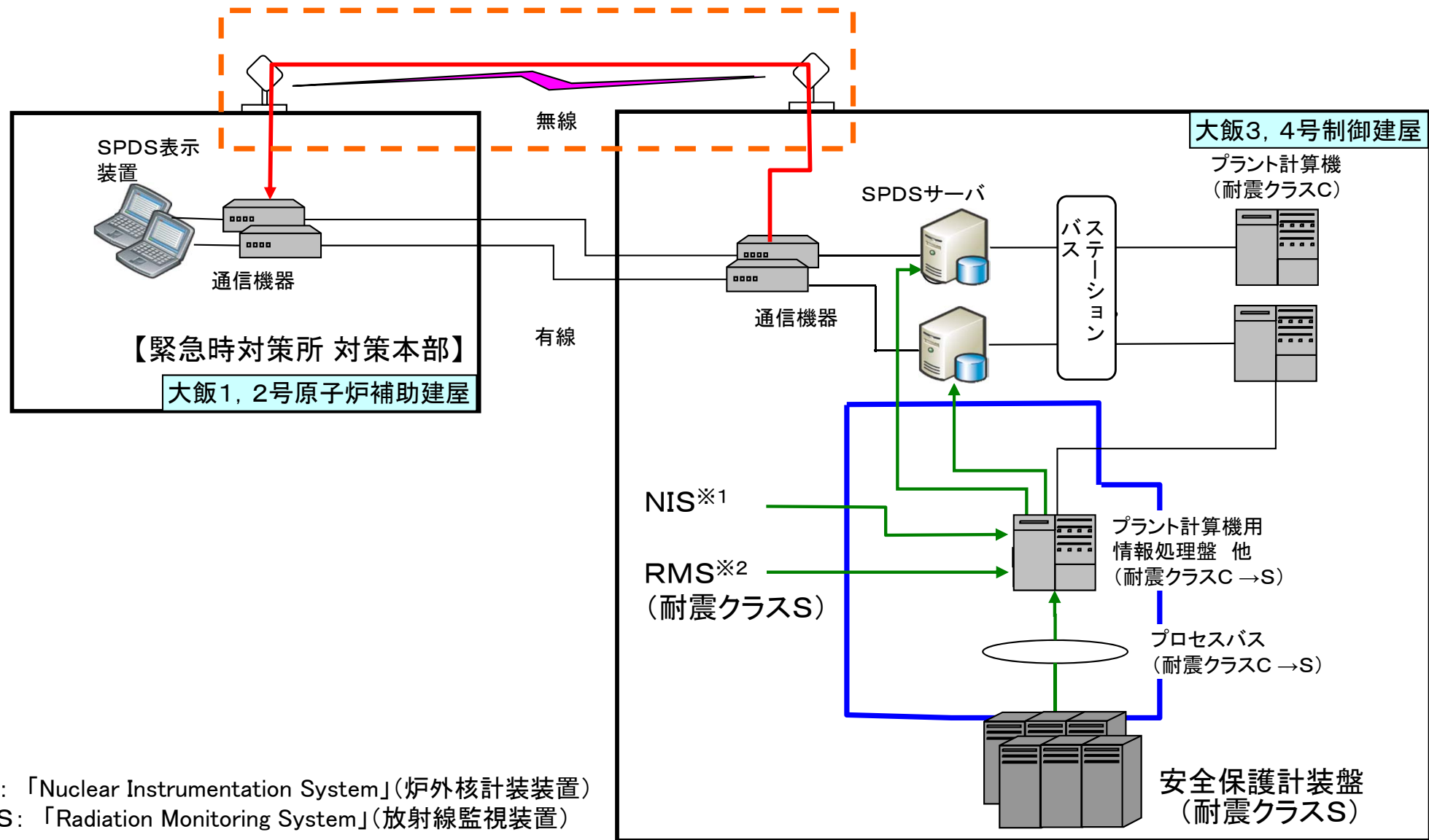
10台配備済み



○新規制基準対応として、プラントパラメータをERSS※等へ伝送する設備について、地震時における機能維持対策を実施中

※緊急時対策支援システム





※1: NIS: 「Nuclear Instrumentation System」(炉外核計装装置)

※2: RMS: 「Radiation Monitoring System」(放射線監視装置)

【凡例】 → : 新規制基準対応により構築した伝送ライン

→ : 更なる安全性向上のため構築(多様化、耐震性向上)した伝送ライン

 : 新規制基準による機能維持のため追加設置

 : 更なる信頼性向上として改良

技術的知見（30の安全対策）		緊急安全対策および自主的取組み （短期対策；実施済）	信頼性向上対策（中長期対策）
①外部電源 対策	対策1：外部電源系統 の信頼性向上	1－①1ルート喪失しても外部電源を喪失しないことを確認 1－②77kV長幹支持がいしの免震対策を実施	1－③鉄塔基礎盛土崩壊や地すべり、急傾斜地の土砂崩壊の影響を評価し、必要な対策を実施【平成24年9月完了】 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【平成26年3月完了】
	対策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	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【H25年11月完了】
	対策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 3－③がいし型遮断器は設置されていないことを確認	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【耐震性評価：平成26年3月完了】
	対策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	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【平成24年8月完了】

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の安全対策の対応状況 (2/5)

技術的知見(30の安全対策)		緊急安全対策および自主的取組み (短期対策;実施済)	信頼性向上対策(中長期対策)
②所内電気 設備対策	対策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	5-②既設受電設備が使用できない場合も想定し、緊 急用高所受電設備を設置
	対策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	6-②水密扉への取替えの実施【平成24年9月完了】 6-③防波堤のかさ上げ、防潮堤の設置 【平成26年3月完了】 6-④予備変圧器防油堤かさ上げ、電路他浸水対策 【平成26年3月完了】 6-⑤可搬式ポンプ他確保【平成24年9月完了】 6-⑥非常用ディーゼル発電機空調用ダクトかさ上げ 【平成24年6月完了】
	対策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 (★5-①) 7-②発電所内燃料活用により約85日の継 続運転が可能 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	7-④大容量の恒設非常用発電機を津波の影響 を受けない高所に設置
	対策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)	8-②常用系蓄電池から非常用直流電源系統 への接続【平成25年3月完了】 8-③蓄電池を追加設置
	対策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(★27-①)	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(★27-②)
	対策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	10-②緊急用高所受電設備の設置(★5-②) 10-③給電口への接続困難時のマニュアル整備 【平成25年3月完了】
	対策11: 電源設備関係 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 11-②ハンドライト他配備 11-③資機材に関する情報を加味した全交 流電源喪失時の復旧マニュアル整備・訓練	11-④緊急用高所受電設備の設置(★5-②)

技術的知見(30の安全対策)		緊急安全対策および自主的取組み (短期対策;実施済)	信頼性向上対策(中長期対策)
③冷却・注水 設備対策	対策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 12-②線量計、マスク、防護服他の資機材整備 12-③緊急時対策所などの事故時通信機能確保 (★26-①) 12-④引き津波発生時の対応手順書の整備	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 【平成26年4月完了】
	対策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(★6-①) 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	13-③水密扉への取替えの実施 (★6-②) 13-④防波堤のかさ上げ、防潮堤の設置 (★6-③)
	対策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 14-②非常用炉心冷却系統の健全性確認 14-③非常用炉心冷却系統の耐震サポート、タンク 基礎ボルトの健全性確認	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(★6-③)
	対策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 15-②主蒸気逃がし弁の手動操作性、アクセス性 を確認	15-③弁作動用空気確保のための コンプレッサー等の確保 【平成25年3月完了】
	対策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 16-②水源の多重化・多様化 16-③海水接続口の整備 16-④補助給水ライン改造	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 【平成24年5月完了】
	対策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 17-②外部支援がない場合の冷却期間確保 17-③冷却・給水機能の信頼性向上 17-④使用済燃料ピットポンプ健全性確認 17-⑤監視強化(★28-①)	17-⑥使用済燃料ピット広域水位計の設置 (★28-②)

技術的知見(30の安全対策)		緊急安全対策および自主的取組み (短期対策;実施済)	信頼性向上対策(中長期対策)
④格納容器 破損・水素 爆発対策	対策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 18-②大容量ポンプの高台への配備 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 18-④格納容器スプレイリングの健全性確認	18-⑤フィルタ付ベント設備の設置 (★22-②)
	対策19: 格納容器トップ ヘッドフランジの 過温破損防止対 策	PWRプラントにトップヘッドはないため、対象外	PWRプラントにトップヘッドはないため、対象外
	対策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の 確立	20-②中圧ポンプの配備に伴うさらなる マニュアルの充実 【平成24年6月完了】
	対策21: ベントの確実性・ 操作性の向上	21-①PWR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(★15-②)	21-②フィルタ付ベント設備の設置の際に ベント弁の操作性を考慮(★22-②)
	対策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	22-②フィルタ付ベント設備の設置
	対策23: ベント配管の独 立性確保	23-①格納容器排気筒はユニット毎に独立	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(★22-②)
	対策24: 水素爆発の防止 (濃度管理及び 適切な放出)	24-①水素がアニュラス内に漏れ出ることも想定 し、アニュラス排気ファンの運転手順を整 備	24-②静的触媒式水素再結合装置の設置 【平成25年10月完了】

技術的知見(30の安全対策)		緊急安全対策および自主的取組み (短期対策;実施済)	信頼性向上対策(中長期対策)
⑤管理・計装設備対策	対策25:事故時の指揮所の確保・整備	25-①緊急時対策所被災時の利用可能施設設置を確認 25-②中央制御室横指揮所機能確保	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
	対策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、充電用可搬式発電機を確保	26-②緊急時対応支援システムへのデータ伝送系増強【平成25年7月完了】 26-③TV会議システムの導入検討【平成25年7月完了】 26-④さらなる通信設備の信頼性向上【平成24年11月完了】 26-⑤免震事務棟への通信設備移設(★25-③)
	対策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	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【平成24年6月完了】
	対策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	28-②使用済燃料ピット広域水位計の設置【平成26年3月完了】 28-③格納容器内監視カメラの活用検討 28-④過酷事故用計装システムに関する研究
	対策29:事故時モニタリング機能の強化	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 29-②モニタリングポスト汚染時の対応訓練	29-③モニタリングポストの伝送ラインの2重化【平成26年3月完了】 29-④可搬型モニタリングポストの追加配備【平成25年3月完了】
	対策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予備品の確保 30-②マニュアル整備 30-③体制強化・要員召集方法強化 30-④夜間事故時等の訓練継続実施、高線量環境を想定した訓練等の実施 30-⑤指揮命令系統の明確化・特命班の設置	30-⑥要員の発電所常駐体制の増員【平成24年4月完了】 30-⑦さらに必要な資機材や予備品の検討・確保【平成25年3月完了】

凡例: 黒は実施済(78項目)、斜字は実施中(7項目)、計85項目。★は重複(17項目)

H25.6.12安全専門委員会資料を更新

外部電源強化

送電鉄塔基礎の安定性評価に基づく対策工事、外部電源の回線追加、開閉所等の電気設備の浸水・地震対策、美浜線・敦賀線の送電鉄塔建替

H23年度から現地調査や設計等を実施中

H24.3 77kV用長幹支持がいし免耐震対策

【対策】

送電鉄塔基礎の安定性評価に基づく対策工事、外部電源の回線追加、開閉所等の電気設備の浸水・地震対策、美浜線・敦賀線の送電鉄塔建替

77kV用長幹支持がいし免震対策

77kVの原子力電源線の長幹支持がいしについて、免震金具を設置した。(93基)



年度	H23
工程	免震金具の製作 免震金具の設置・取付

送電線の建替

原子力発電所に外部から電源供給するための送電線のうち、比較的運用年数が経過している美浜線を改修している。

年度	H25	H26	H27	H28	H29	H30
工程				鉄塔・架線工事		



送電鉄塔基礎の安定性評価に基づく対策工事

送電鉄塔基礎の安定性評価(盛土崩壊、地すべりおよび急傾斜地の土砂崩壊)の結果、対策が必要と判断した3基の鉄塔について、鉄塔移設や法面保護工の対策を実施した。

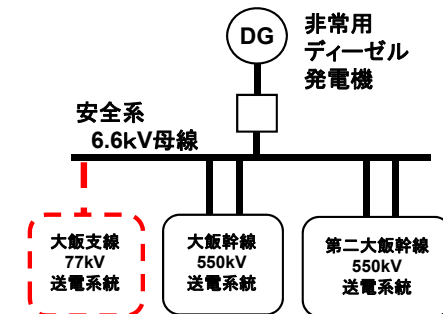


開閉所等の電気設備の浸水・地震対策

77kV開閉設備、予備変圧器から6.6kV安全系高圧母線のある建屋までの間の布設ルートを高所化、防油堤の嵩上げ等を実施した。

各号機と全ての送電回線との接続

大飯3/4号機の安全系所内高圧母線への大飯支線(77kV)接続を実施した。(その他のプラントは全て接続されている)

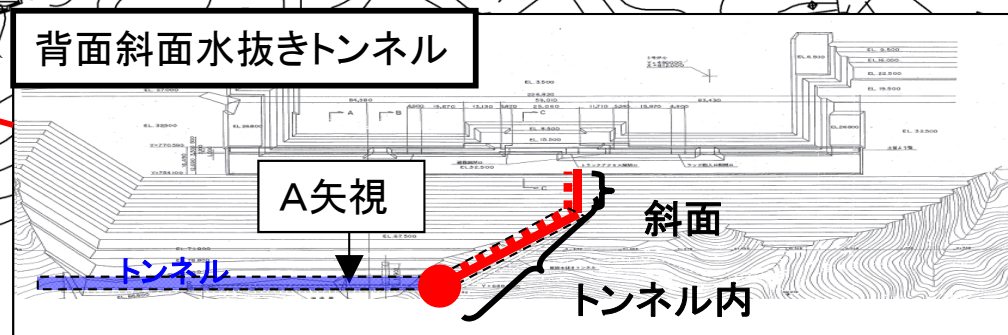
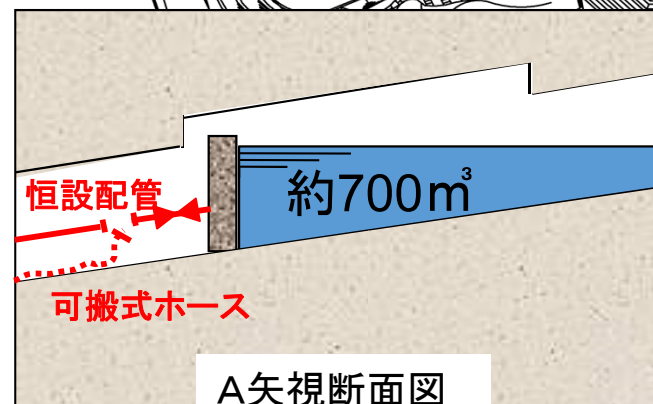


3, 4号機淡水タンクエリア等	
タンク名	タンク台数
復水タンク	2
2次系純水タンク	2
淡水タンク	3

1, 2号機淡水タンクエリア	
タンク名	タンク台数
淡水タンク	5

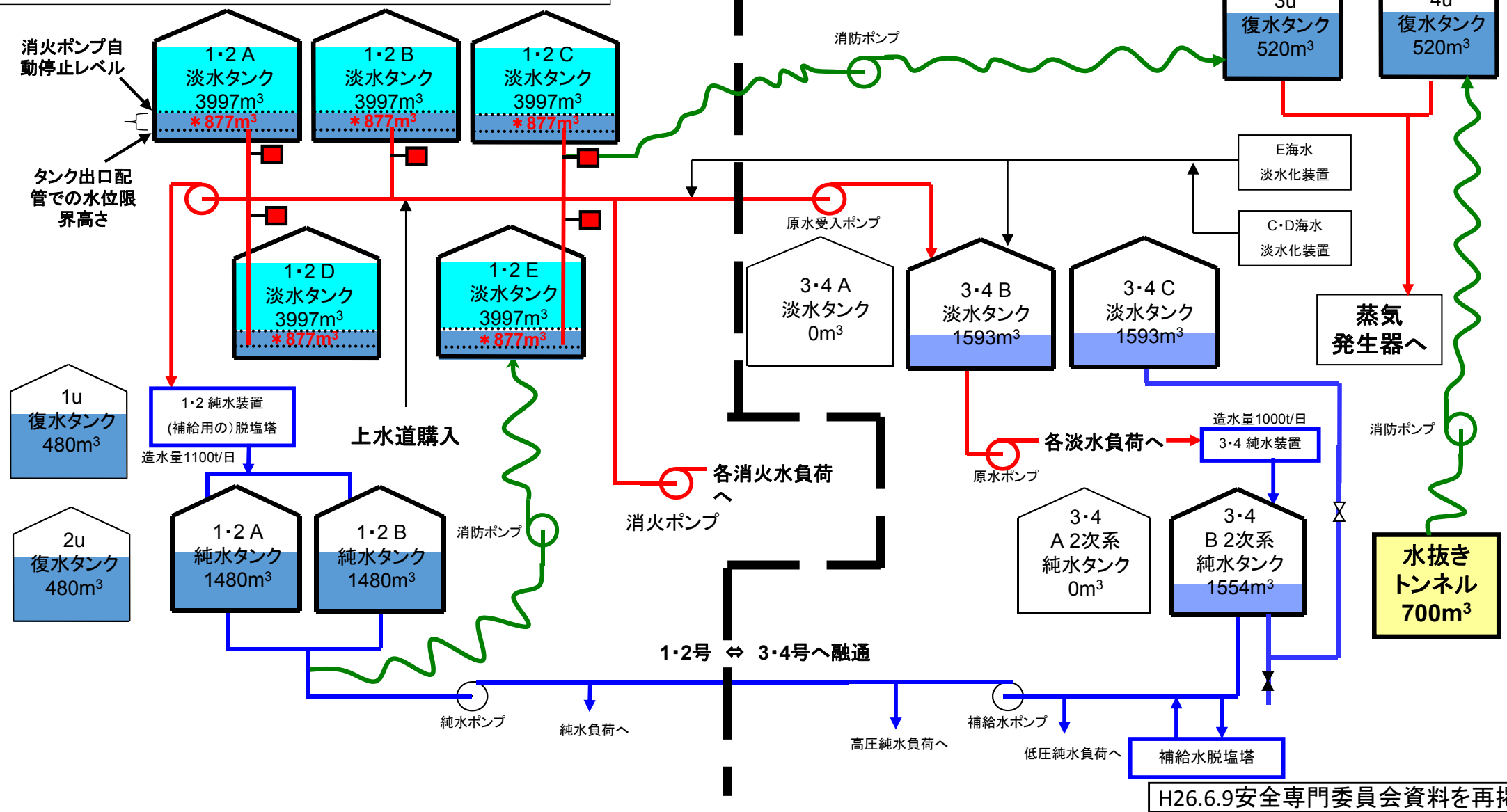
真水給水可能日数

溢水対策による 水量制限後	追加検討後
約8日 →	約20日

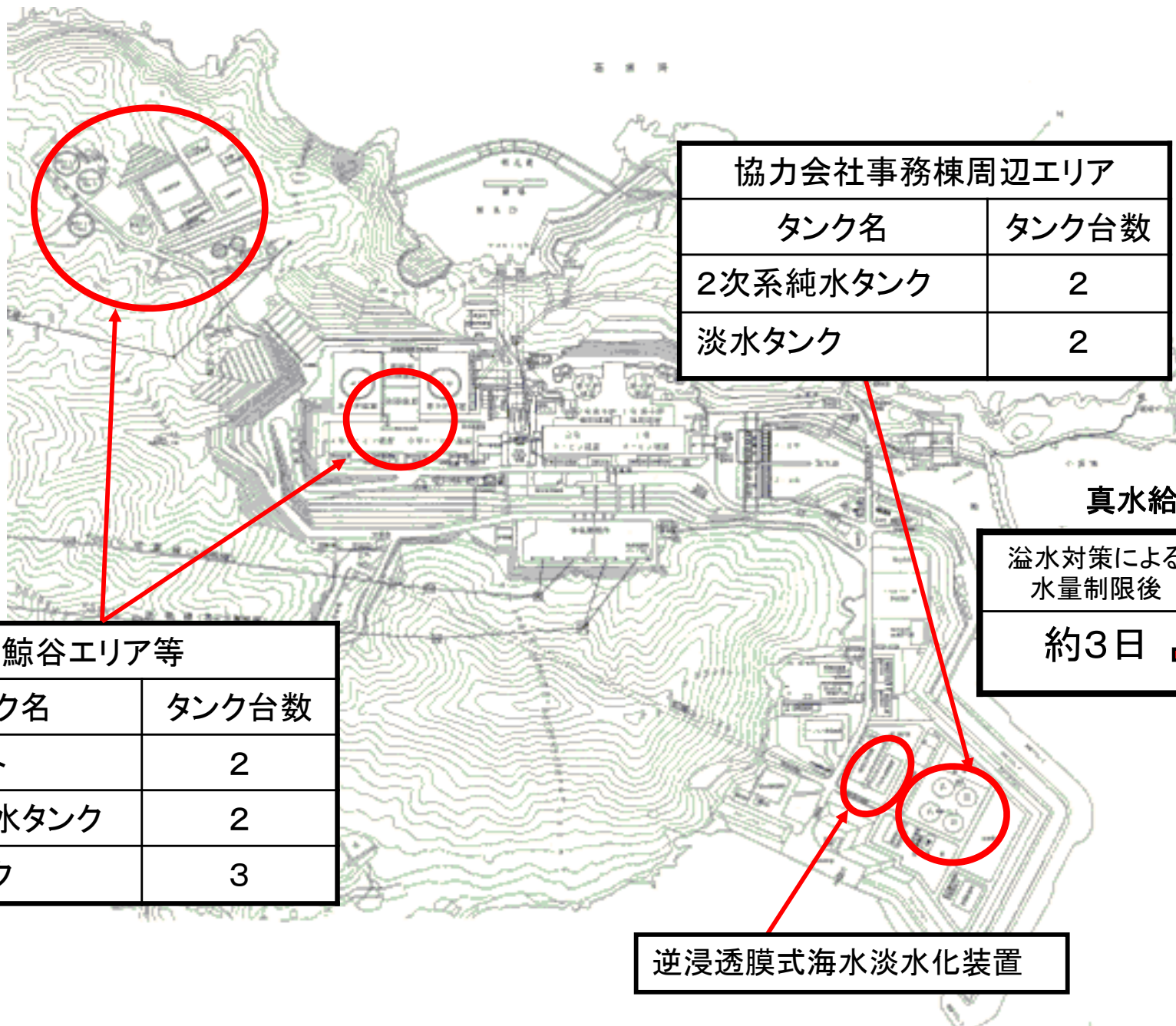


高浜3,4号機 純水・淡水タンクの運用について

* : 1, 2号淡水タンク下部の貯留水を活用
 淡水タンク出口配管ラインに仮設の消防ポンプ等を接続することで、消火ポンプ自動停止レベル～出口配管レベルまでの保有水 [4385m³ (877m³×5基)] を3, 4号向けに活用。



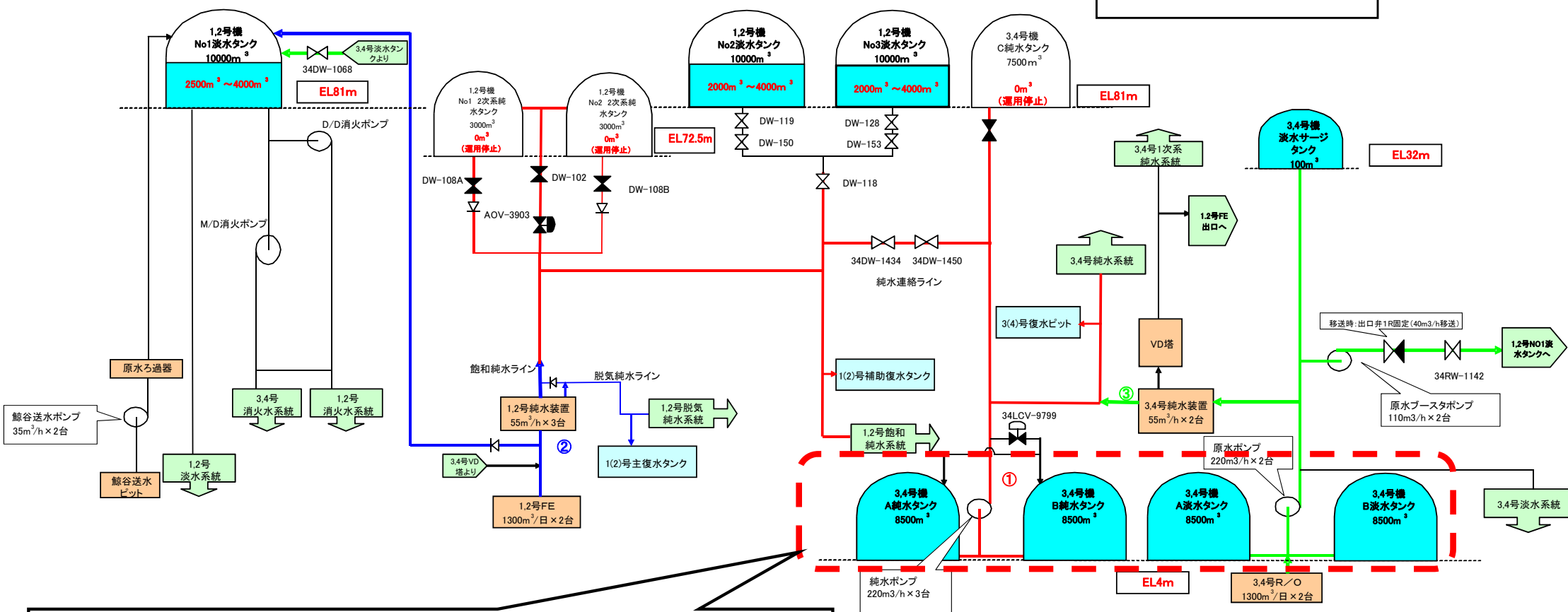
水源となる各タンクについて(大飯発電所)



大飯3,4号機 純水・淡水タンクの運用について

タンク補給方法

- ①純水ポンプを起動し、A(B)純水タンク水にて補給する。
- ②1,2号FEを起動後、1,2号純水装置起動し、補給する。
- ③3,4号RO起動し、A(B)淡水タンクに補給。A(B)淡水タンク水を使用し、3,4号純水装置起動し、補給する。



ストレステスト一次評価時には期待していなかった
3,4号純水タンク、淡水タンクを水源として活用
(既設配管でプラントへの給水が可能)

FE: 海水淡水化装置
R/O: 逆浸透膜式海水淡水化装置

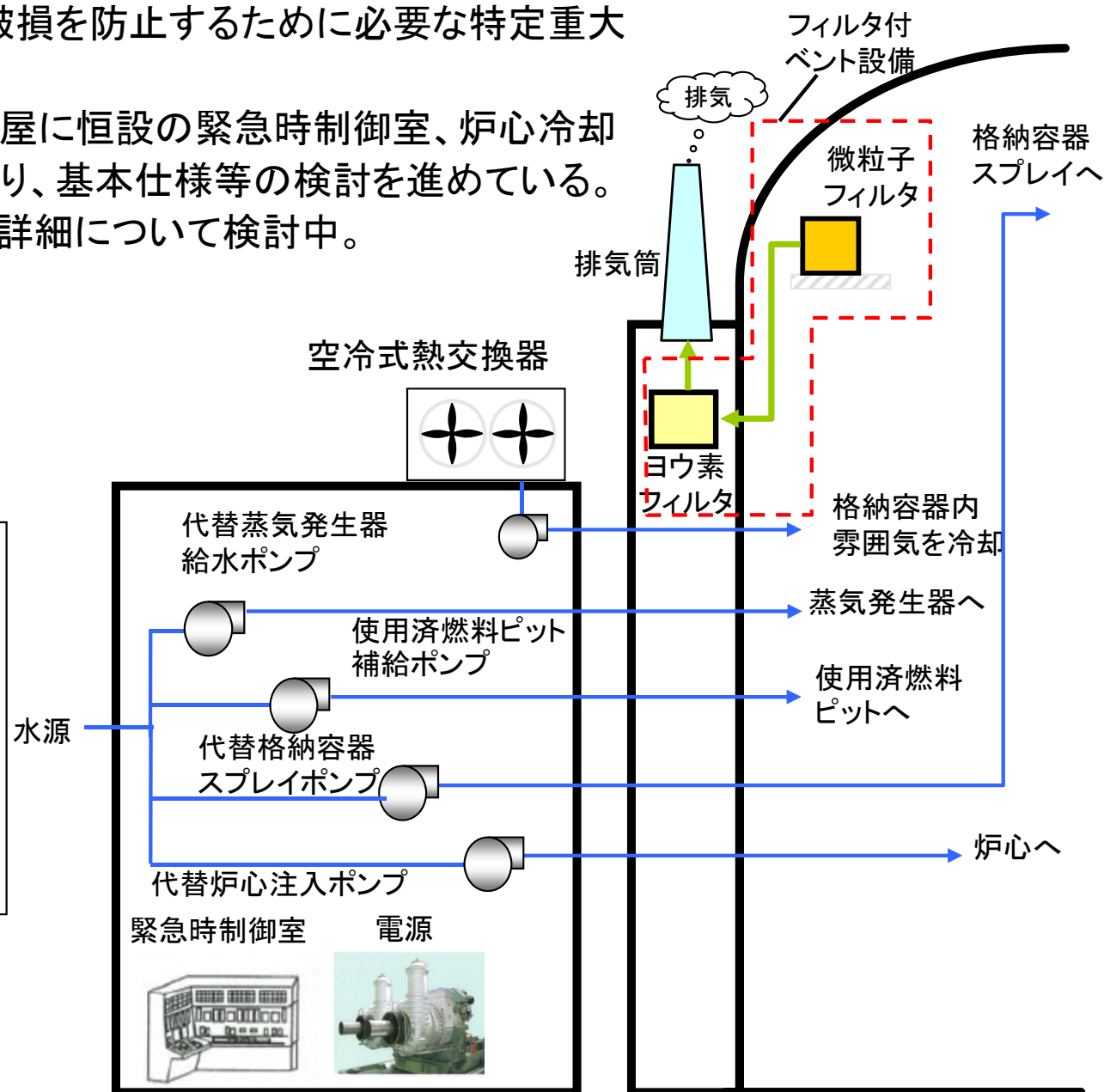
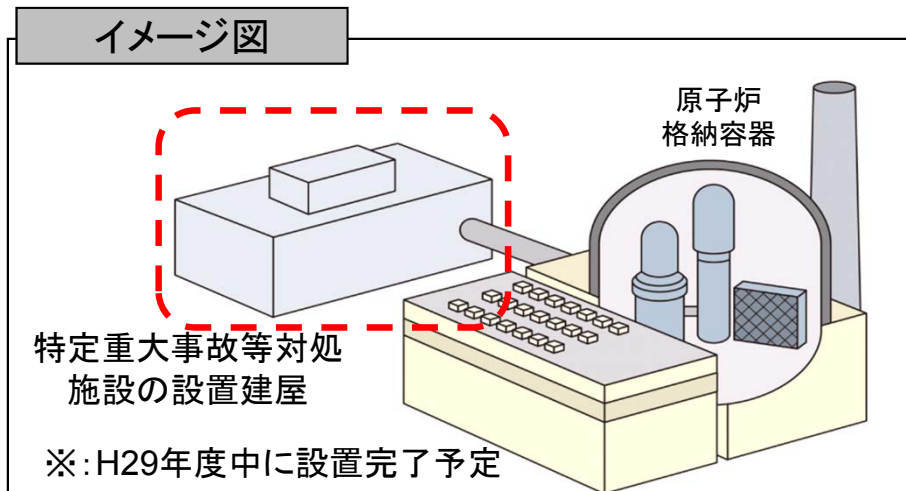
H26.6.9安全専門委員会資料を再掲

特定重大事故等対処施設設置の進捗状況について

○意図的な航空機衝突等により炉心を冷却する設備等が機能喪失し、炉心に著しい損傷が発生した場合において、格納容器の破損を防止するために必要な特定重大事故等対処施設の設置を進めている。

○特定重大事故等対処施設として、専用の建屋に恒設の緊急時制御室、炉心冷却に必要なポンプ、電源等の設置を計画しており、基本仕様等の検討を進めている。

○特定重大事故等対処施設への要求事項の詳細について検討中。



特定重大事故等対処施設の設置建屋