



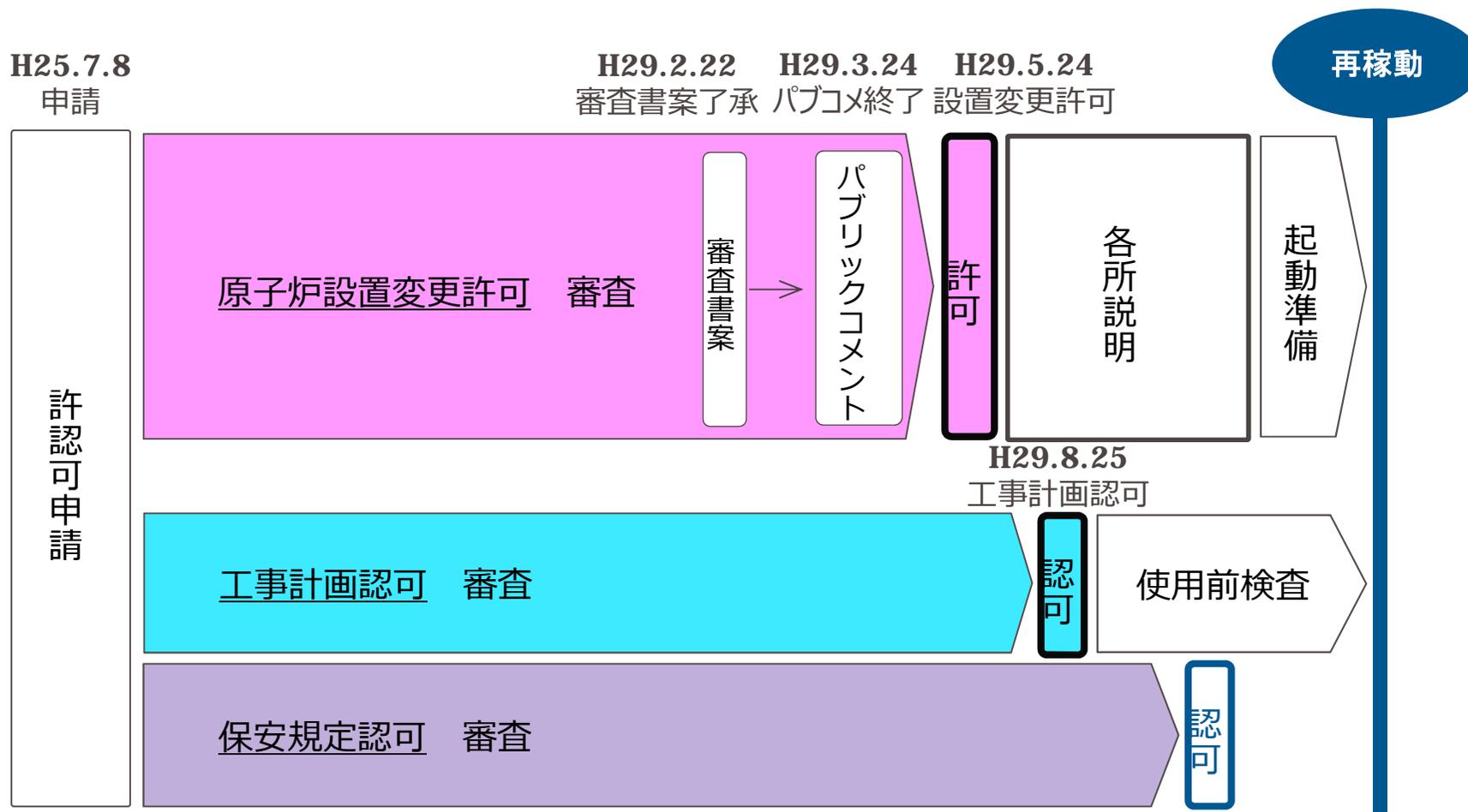
関西電力 大飯3・4号機の 安全性向上対策の取組みについて

平成**29**年 **8**月**31**日

関西電力株式会社

新規制基準への対応状況

新規制基準に適合することを確認するために、当社は許認可申請をし、「原子炉設置変更」の許可、「工事計画」の認可を受けた。現在、「保安規定認可」について、原子力規制委員会の審査を受けているところ。



新規制基準にかかる主な対策

従来の規制基準

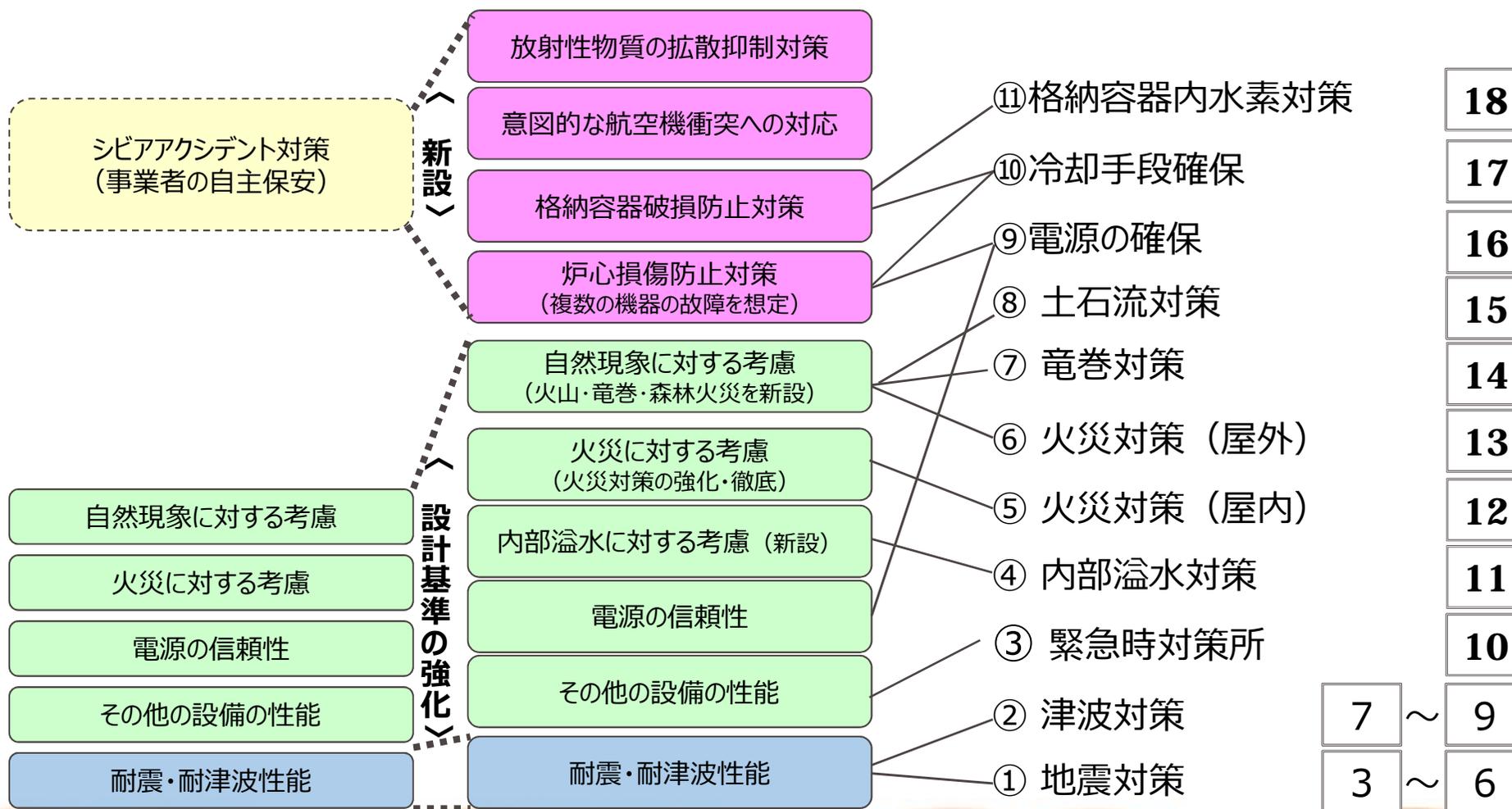
炉心損傷は想定せず
(単一故障のみを想定等)

新規制基準 (H25.7施行)

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、
万が一、シビアアクシデントやテロが発生した場合に対処するための基準を新設

<主な要求事項>

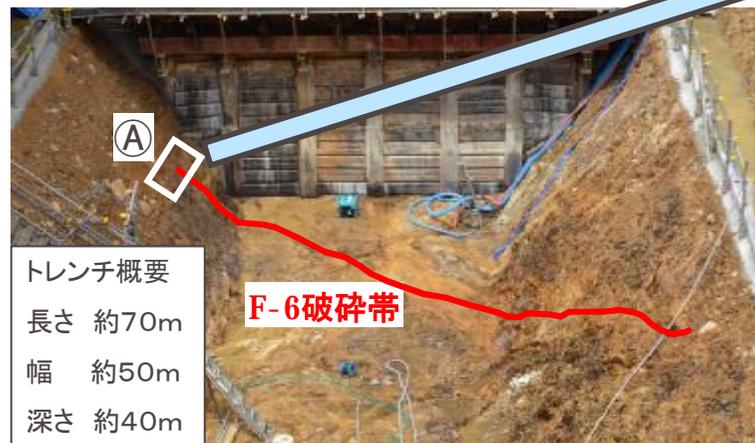
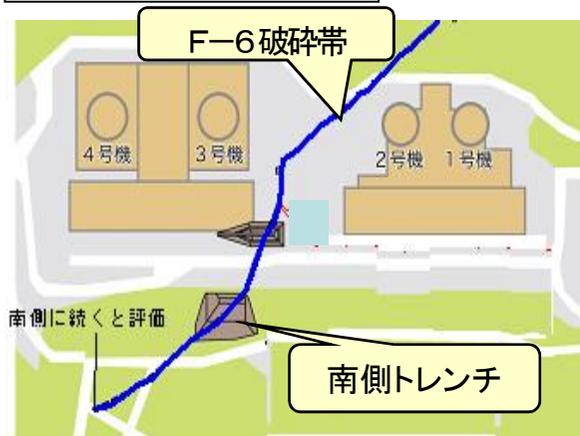
<主な対応例>



① - 1 破砕帯調査について

- 旧原子力安全保安院より、「F - 6 破砕帯の活動性を完全に否定するには、断層を直接確認する必要がある」との指示を受ける。(平成24年7月18日)
- 調査の結果、「F - 6 破砕帯は、将来活動する可能性のある断層等ではない」とする当社評価を原子力規制庁が了承。(平成26年2月12日)

敷地内破砕帯調査



トレンチ概要
長さ 約70m
幅 約50m
深さ 約40m



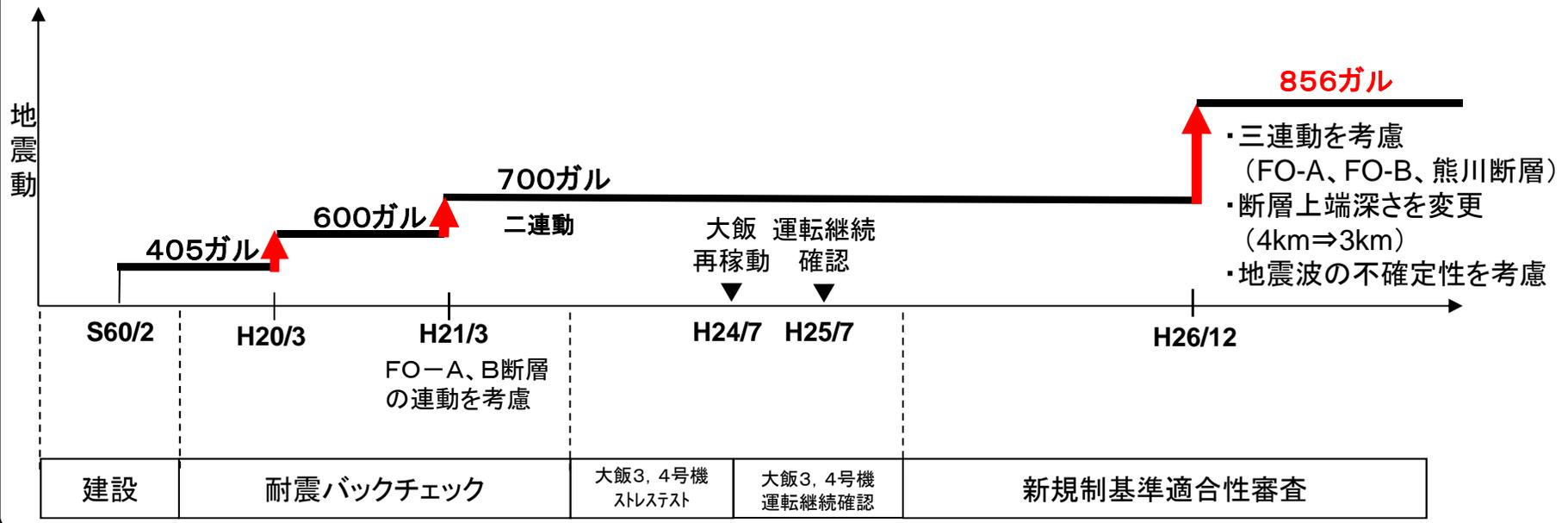
火山灰により、約23万年前以前に堆積したと考えられる堆積層に、F-6破砕帯が変位・変形を与えていないことを確認

F - 6 破砕帯は、約23万年前以前に堆積した堆積層に変位・変形を及ぼしておらず、将来活動する可能性のある断層等ではない。

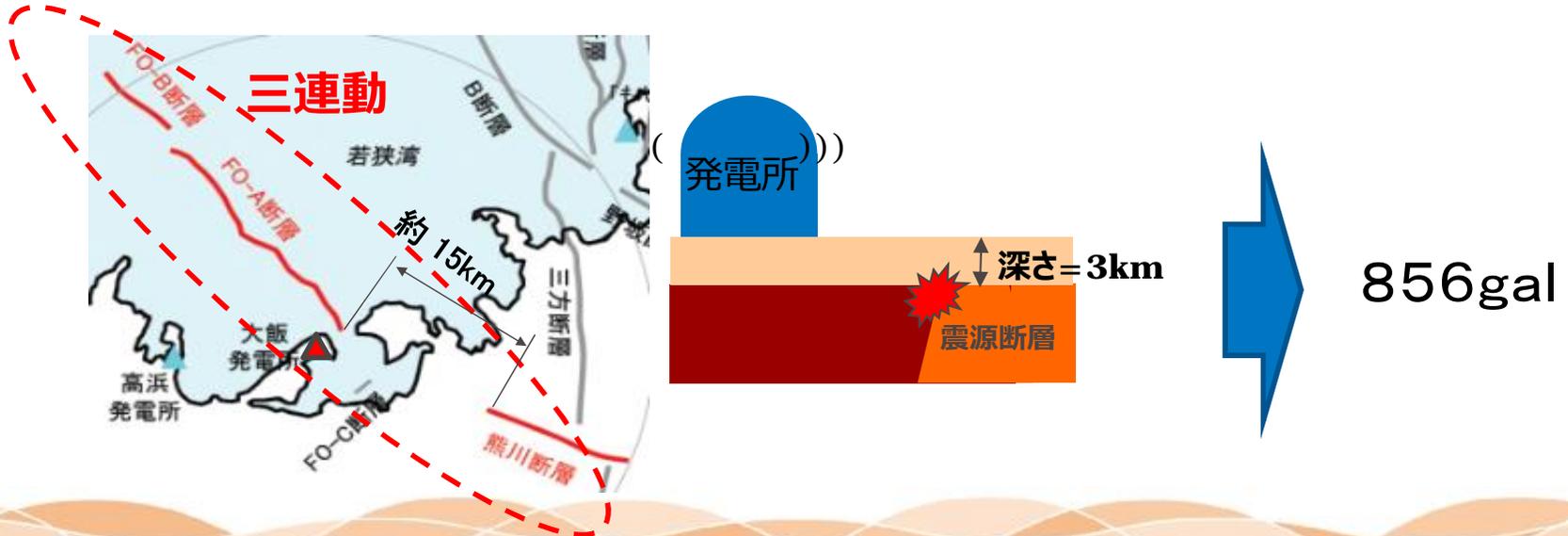
※将来活動する可能性のある断層等の定義：後期更新世以降(約12～13万年前以降)の活動が否定できない震源として考慮する活断層や地すべり面。

① - 2 基準地震動の変遷と地震動の決定について

基準地震動の変遷



見直し後の基準地震動



① - 3 地震対策(機器・配管のサポート補強)

5

○大飯3,4号機では、耐震性強化のため、機器・配管のサポート補強を実施（約1,200箇所）
（高浜3,4号機：約830箇所）

格納容器スプレイ配管



サポート鋼材を溝型鋼から
角鋼へ取替え



格納容器スプレイ配管



オイルスナバからメカニカル
スナバへ取替え



[高浜発電所3・4号機より対策箇所を増加]

① - 4 地震対策（斜面崩落防止対策）

6

○基準地震動 S_s （最大の加速度 8.56ガル）に備えるため、崩落防止の観点から斜面を切り取り（5箇所、25万 m^3 ）、コンクリート等で覆う、斜面の安定化工事を実施。（高浜：3箇所、20万 m^3 ）

3号機北東背後斜面



シ`アクシメント(SA)
資機材置場背後斜面

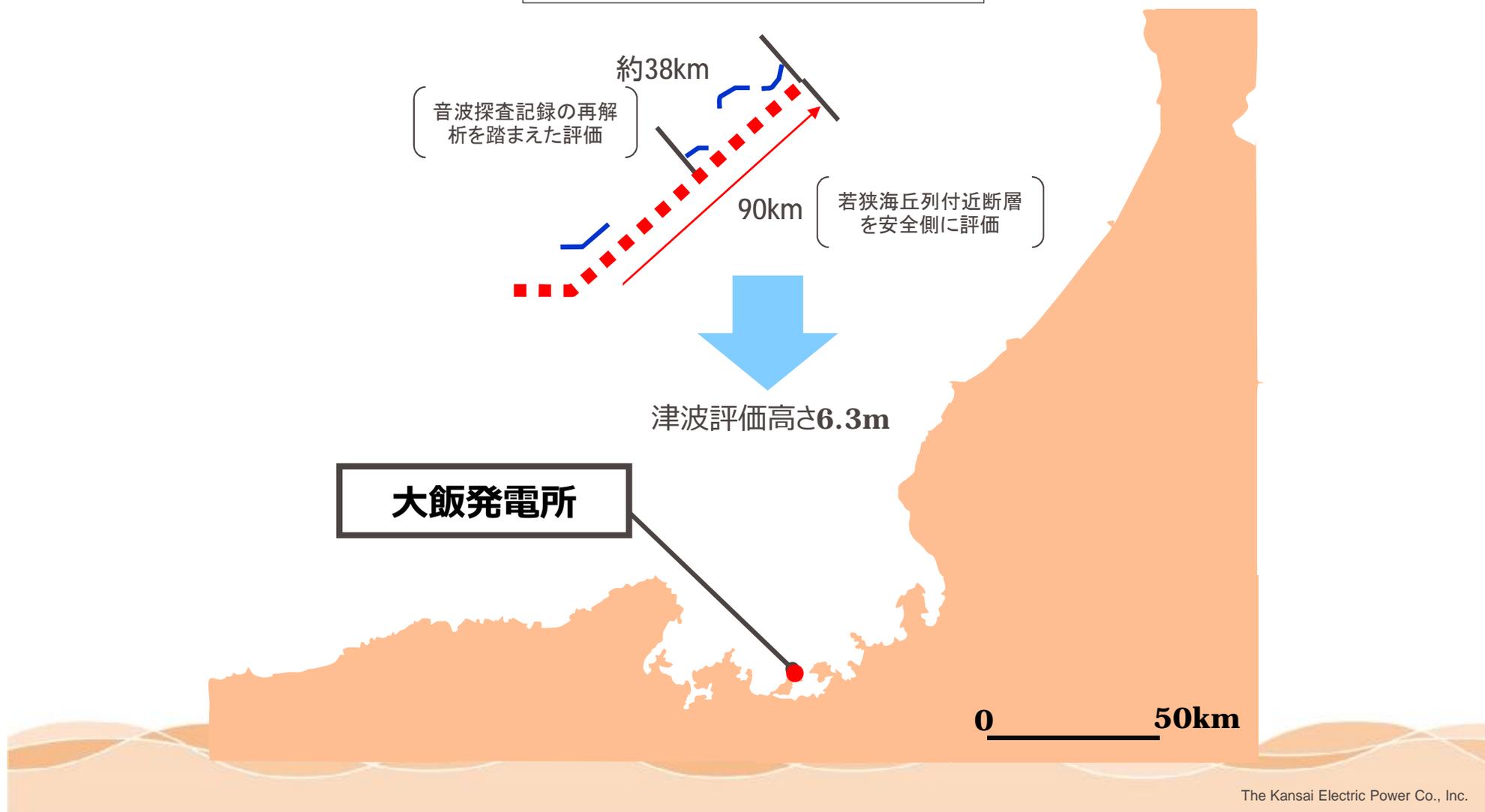


[高浜発電所 3・4号機より対策箇所を増加]

② - 1 津波対策（津波高さの設定）

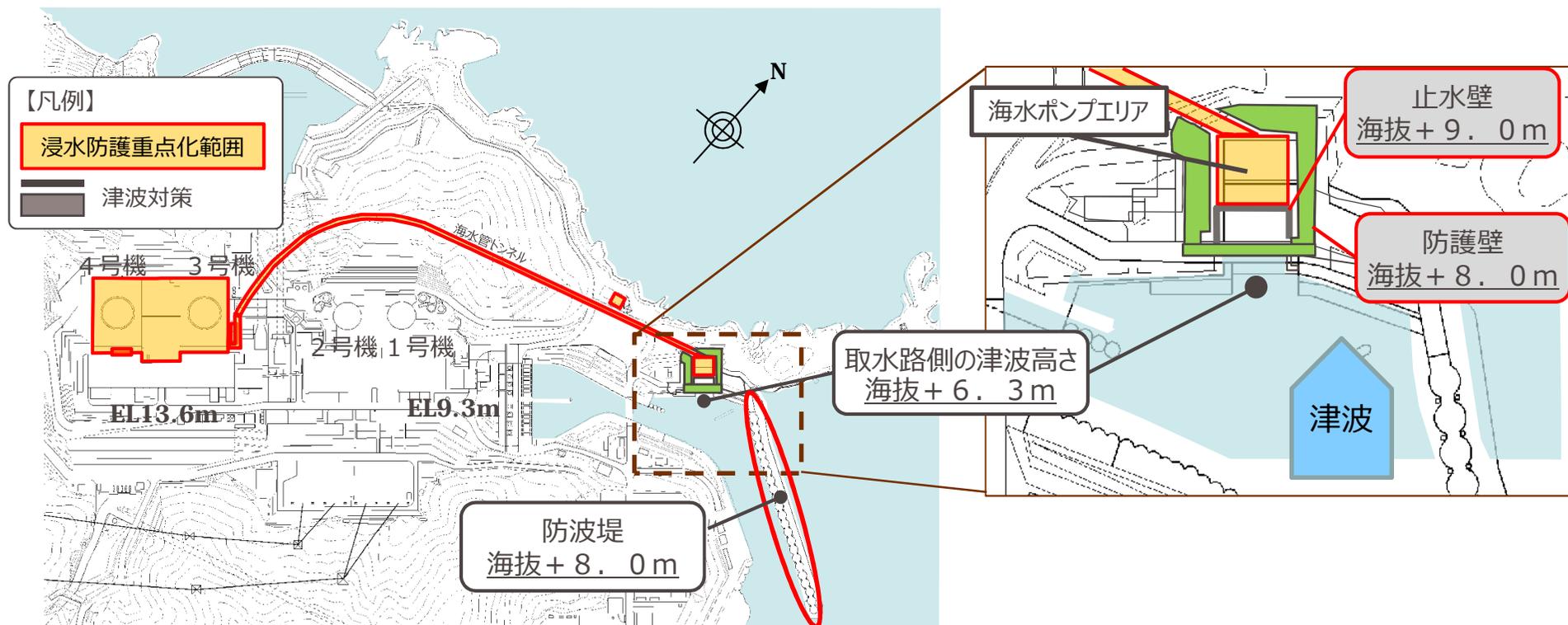
○若狭海丘列付近断層を安全側に90kmとし、海底地すべり等の重畳や潮位のばらつきを考慮して、津波評価高さを海拔+6.3mに設定。

津波に関する断層の位置



② - 2 津波対策（浸水防護施設の設置）

- 大飯発電所の津波評価高さは、取水路側 海拔+ 6. 3mである。
- 主要な建屋は、敷地高さ9. 3m以上であり、津波対策は必要ない。
- ただし、大飯3,4号機の海水ポンプエリアのみ、津波評価高さが敷地高さを上回るため、津波評価高さに裕度をもたせた高さで、防護壁（海拔+ 8. 0m）、止水壁（海拔+ 9. 0m）を設置。
- なお、防波堤を海拔+ 5. 0m⇒+ 8. 0mにかさ上げし、津波の影響を軽減。



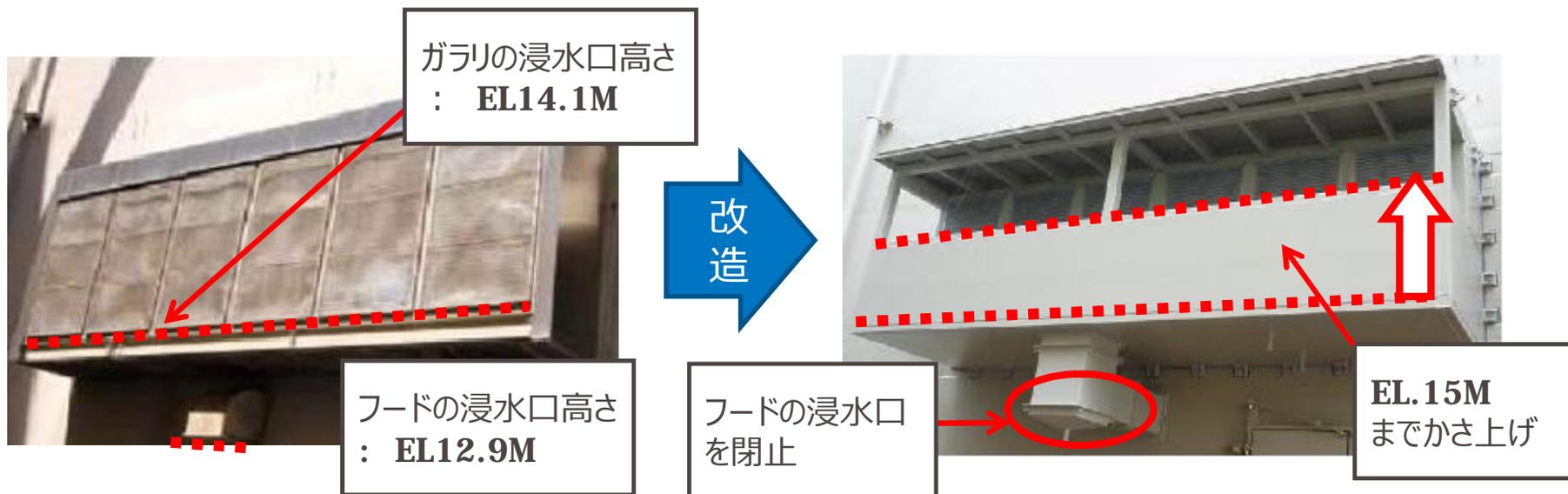
[高浜発電所3・4号機とは施設配置が異なることから、高浜発電所3・4号機と異なる対策]

② - 3 津波対策（各種設備対策）

9

- 自主的な安全対策として、非常用ディーゼル発電機換気空調用排気ダクトのかさ上げおよび水密扉への取替えを実施。

非常用ディーゼル発電機室の換気空調用ダクトのかさ上げ



水密扉への取替え（21箇所/3・4号機）



[大飯発電所3・4号機の自主的な安全対策]

③緊急時対策所の設置場所

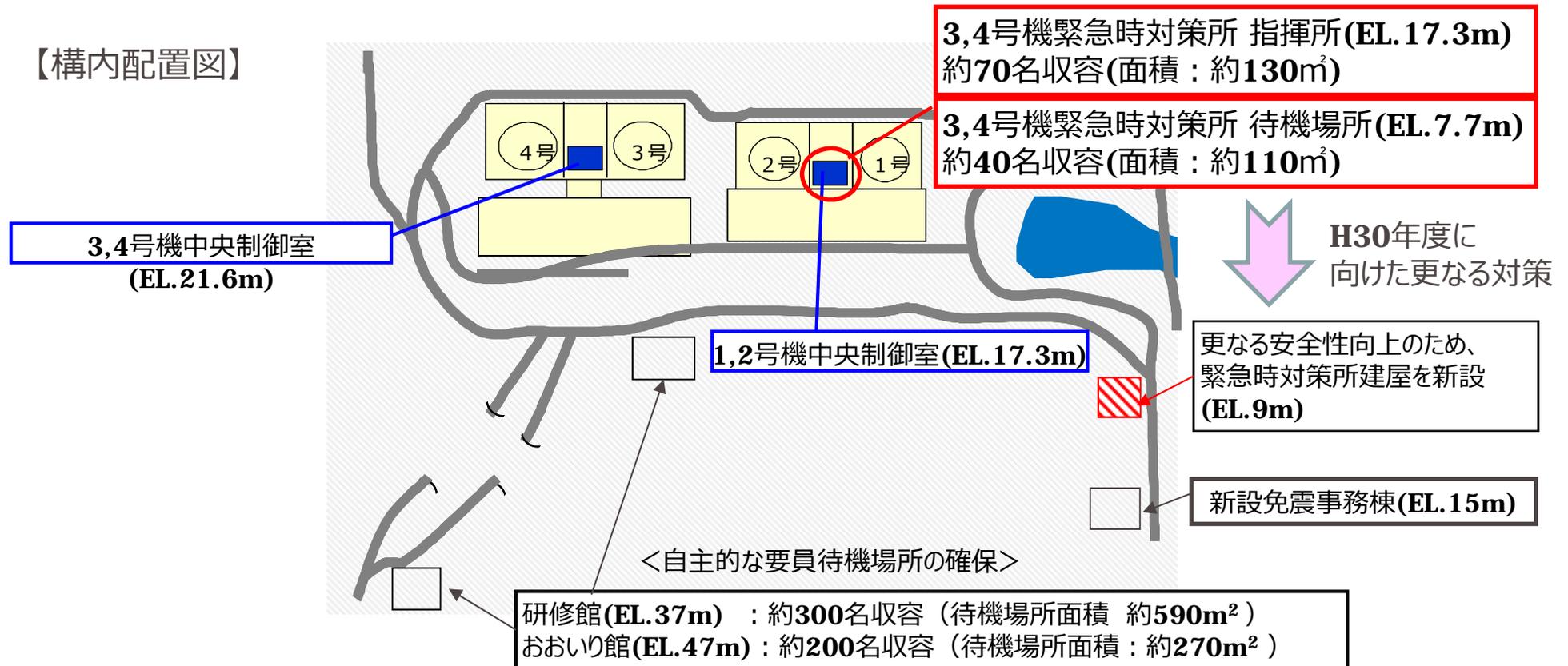
10

○現状の3,4号機緊急時対策所は、1,2号機原子炉補助建屋内に設置。

【耐震・耐津波】基準地震動による地震に対し機能を喪失することなく、津波の影響を受けない位置に設置。

【居住性】 必要な要員が7日間居住できる。(被ばく[換気、遮蔽]、交代要員の体制、食料等)

【構内配置図】



[高浜発電所3・4号機と同様の対策]

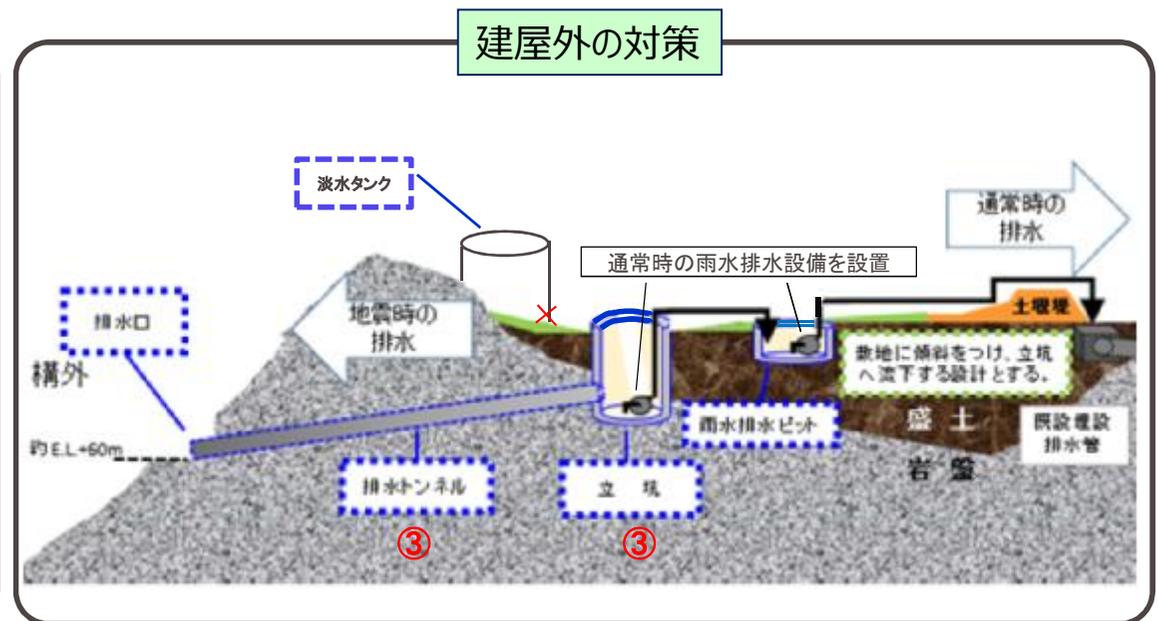
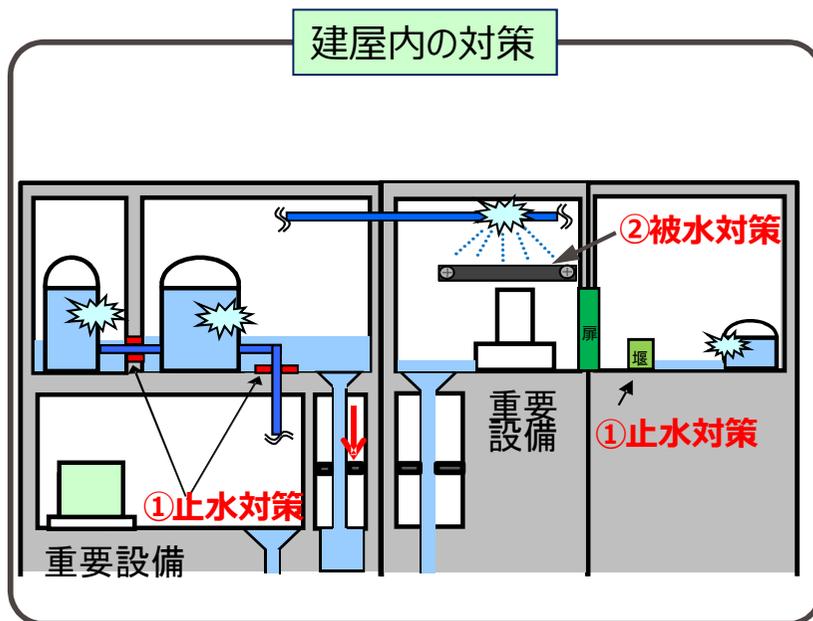
④内部溢水対策（建屋内・外のタンク等からの水漏れ等）

【建屋内の対策】

- 建屋内に設置されたタンク等から水漏れ等を想定した場合に、重要な設備が浸水の影響を受けないように止水対策を実施。(①)
- 配管の破損またはスプリンクラーにより、重要な設備が被水の影響を受けないように保護カバー等を設置。(②)

【建屋外の対策】

- 発電所の北西部の高台に設置している淡水タンクについて、地震によりタンク等が破損し、溢水が発生した場合においても、原子炉施設の安全機能を損なうおそれのないよう耐震性を有する排水設備（立坑および排水トンネル）を設置。(③)



【高浜発電所3・4号機と同様の対策】

【大飯発電所3・4号機固有の対策】

⑤火災対策（屋内）

12

- 火災の早期検知のため、火災の態様を踏まえ多様な火災感知器を追加設置。
- ポンプ等へのハロン消火設備、可燃物へのスプリンクラーおよびケーブルトレイ消火設備を設置。
- 火災の影響を軽減するためのケーブルトレイへの耐火シートの巻付け。

火災感知器の追設

【煙感知器】



【熱感知器】



【炎感知器】

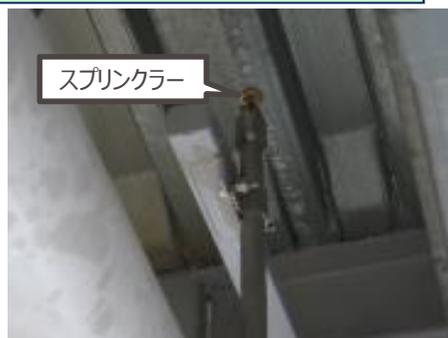


煙感知器[約450個]・・・施設全域

熱感知[約700個]・・・隔壁、筐(きょう)体等により火災が遮られるケーブル、電気盤

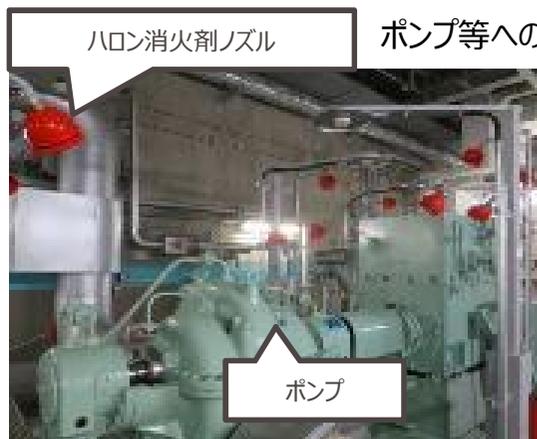
炎感知器[約350個]・・・火災が機器外に出るポンプ類、密集している電源盤

固定式消火設備の追設



スプリンクラー

スプリンクラー設備[約2,000個]



ハロン消火剤ノズル

ポンプ等へのハロン消火設備[約80箇所]

ポンプ

ケーブルトレイへの耐火シートの巻き付け



ケーブルトレイ

耐火シートの巻き付け[約2,000m]

トレイ内へ自動消火装置
(ハロン式)を設置

ケーブルトレイ消火設備[約60区画]

大飯3・4号機については、建設当時から難燃ケーブルを使用する事になっており、非難燃ケーブルから難燃ケーブルに変更する必要はありません。

[高浜発電所3・4号機と同様の対策]

⑥火災対策（屋外）

13

○森林火災による発電所施設への延焼を防止するために森林を伐採し、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」（原子力規制委員会制定）に基づいた評価により、幅**18m**以上の防火帯を設置。

防火帯の工事状況（例）



 防火帯

[高浜発電所3・4号機と同様の対策]

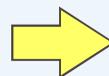
- 風速**100m/s**の竜巻を想定し、以下の対策を実施。（北陸地方過去最大の風速は**69m/s**）
 - ・重要な発電設備を竜巻による飛来物から保護するため、飛来物防護対策を実施。
 - ・飛来物となり得る物品の飛散防止対策(飛散防止、移動、収納)を実施。

飛来物防護対策

〔竜巻飛来物対策設備設置前〕



＜上 面＞
3重の金属ネットで飛来物のエネルギーを吸収



〔竜巻飛来物対策設備設置後〕



＜側 面＞
鋼板で貫通を阻止

飛散防止対策

- 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。
- 対象物：ユニットハウス、定期検査工具保管庫、運転・保守に必要な仮置資機材 他

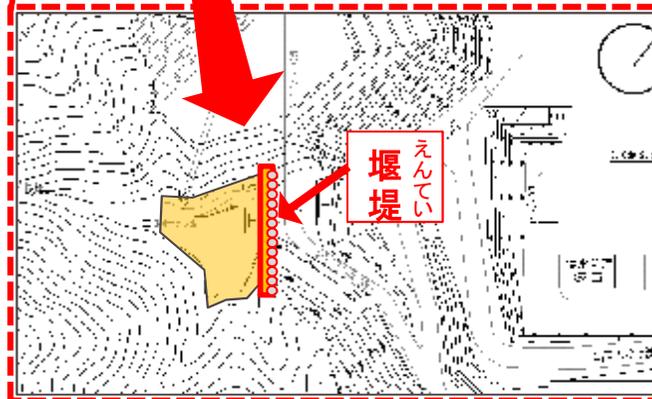
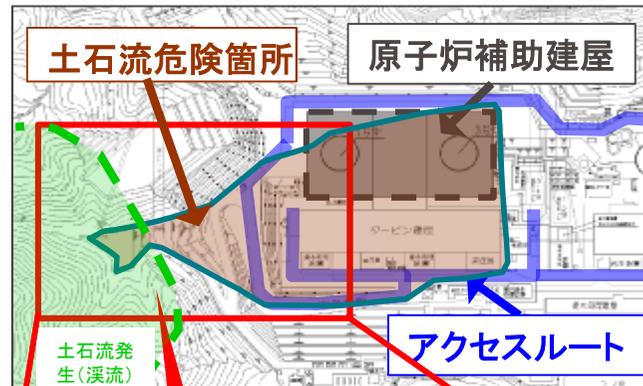


[高浜発電所3・4号機と同様の対策]

⑧土石流対策

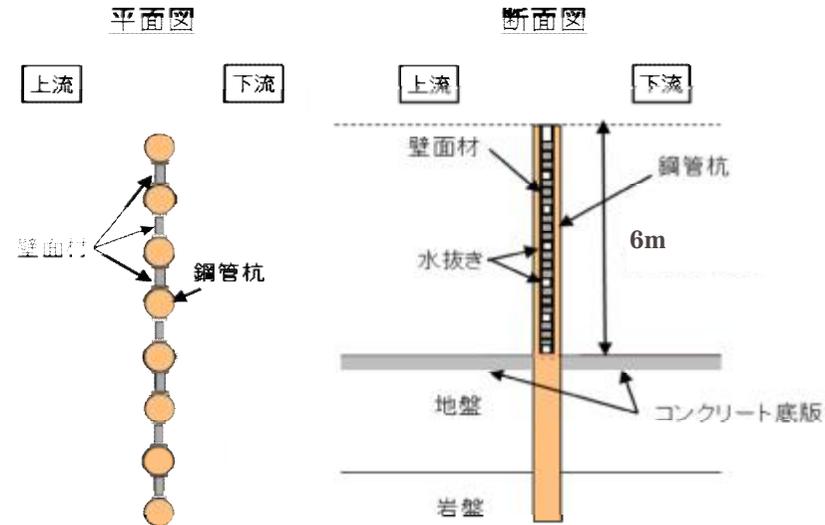
○大飯発電所において、土砂災害危険箇所図（国土交通省国土政策局発行）の記載に基づけば、4号機の南西にある溪流から発生する土石流により、重大事故等の対処に必要となるルート（アクセスルート）および原子炉補助建屋に影響を及ぼす可能性があるため、堰堤（えんてい）を設置する。

工事位置図

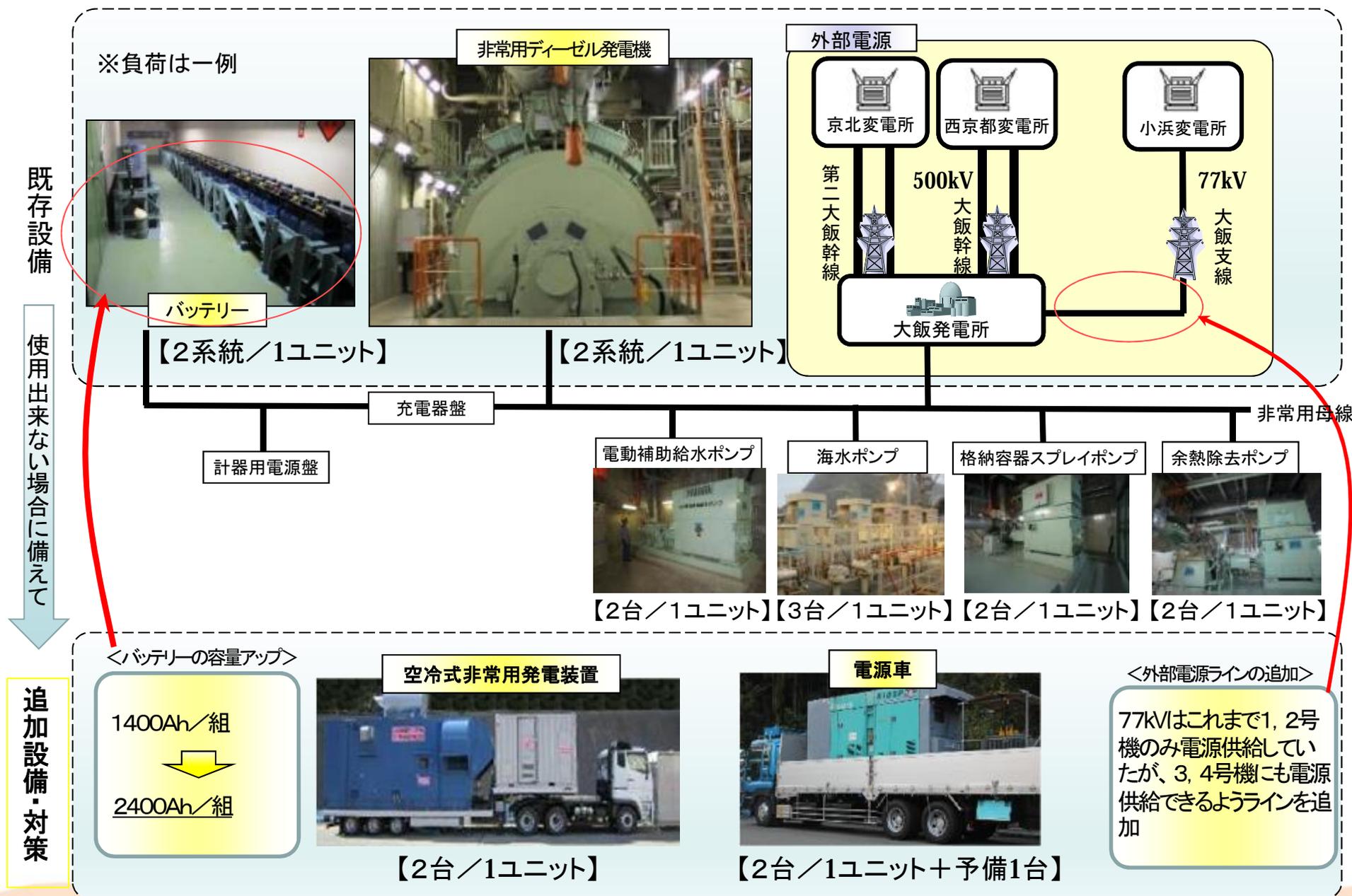


工事概要図

堰堤（えんてい）概要

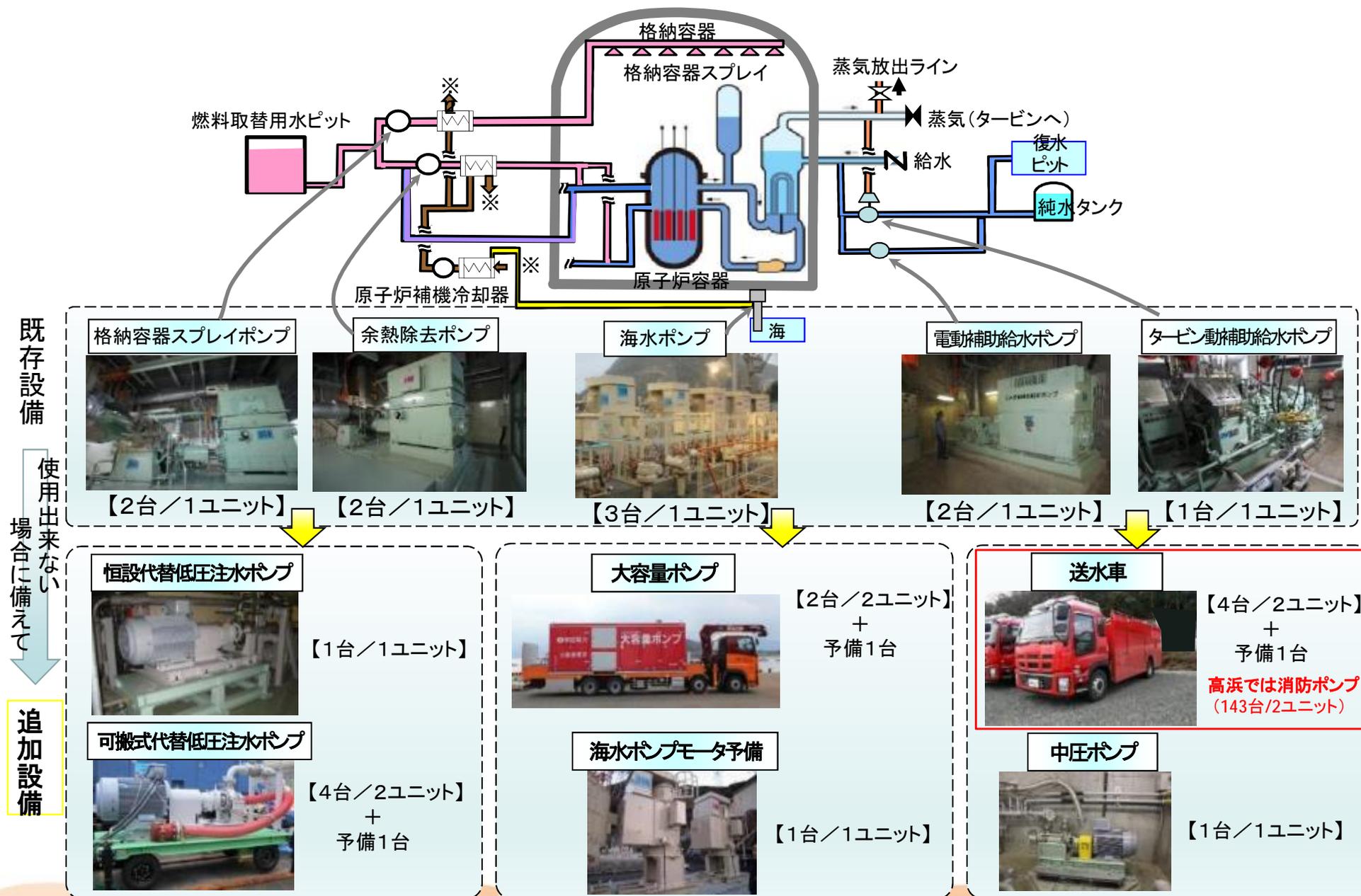


⑨電源の確保（多重化・多様化）



[高浜発電所3・4号機と同様の対策]

⑩冷却手段の確保 (多重化・多様化)



[高浜発電所3・4号機と同様の対策 (送水車を除く)]

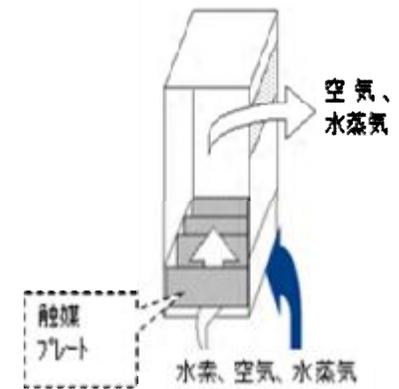
⑪格納容器内水素対策

- PWRプラントは原子炉格納容器が大きく、炉心が損傷しても水素爆発（爆轟）の可能性は極めて小さい。
- 炉心溶融時に原子炉格納容器内に発生する水素の濃度を低減させる装置として、格納容器内にPAR（静的触媒式水素再結合装置）およびイグナイタを設置。

PAR（静的触媒式水素再結合装置）による水素濃度の低減

原子炉格納容器内に設置し、著しい炉心損傷に伴うジルコニウム-水反応等により短期間に発生する水素と事故後の長期間にわたって緩やかに発生する水の放射線分解による水素を除去する

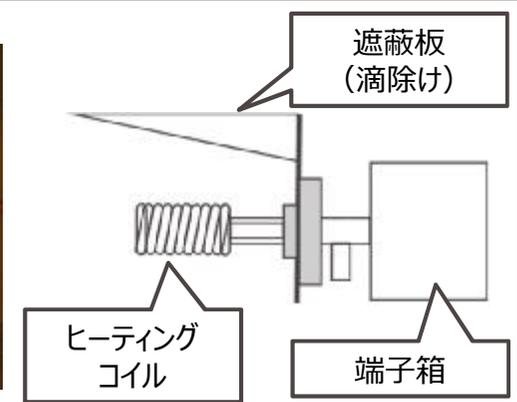
〔 水素処理能力:1.20kg/h 個数:5台/1ユニット 〕



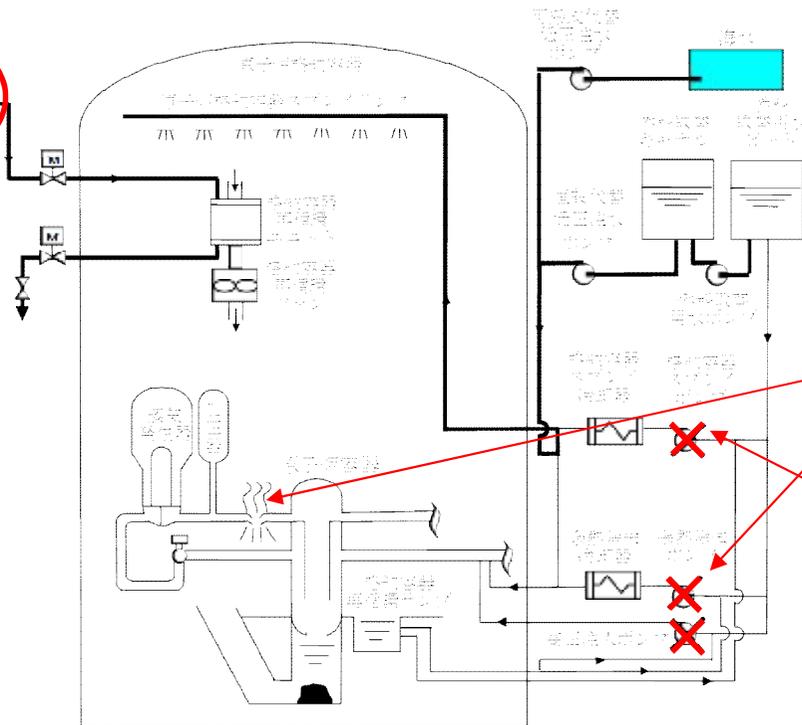
イグナイタによる低濃度での計画的燃焼

炉心損傷時に発生する水素は格納容器の健全性に影響を及ぼす水素爆発を起こす濃度に至らないことを評価しているが、さらなる安全性確保のため、炉心損傷時の短期間に発生する多量の水素を計画的に燃焼させることにより、初期の水素発生ピークを抑えることを目的としている

〔 出力:550W 個数:13個/1ユニット
+ 予備1個（格納容器内頂部） 〕



〔高浜発電所3・4号機と同様の対策〕



シビアアクシデント時放出放射エネルギーの評価

炉心の著しい損傷に至る重大事故を想定し、最も放射性物質放出量の厳しい、格納容器破損を防止する事故シーケンスを想定して評価

(想定)

- 大口径の1次冷却材配管の完全破断を想定
- 非常用炉心冷却設備(ECCS)である、余熱除去ポンプ、高圧注入ポンプは全動作しないを仮定
- 格納容器の圧力上昇を緩和する格納容器スプレイポンプも全動作しないを仮定
- 炉心損傷により、格納容器内に大量の放射性物質が放出され、格納容器圧力上昇による漏えいによって、環境中に放出される放射エネルギーを評価。
- 以上のようなシビアアクシデント時で、大容量ポンプによる格納容器再循環ユニットのみの動作を仮定。

- 大飯発電所3,4号機では、重大事故時に環境に放出されるセシウム137の放射エネルギーは約5.2TBqと、審査ガイドで示された100TBqを下回り、また福島第一原子力発電所事故での放出推定値16000TBq(1~3号炉合計)の1000分の1以下。
- 5.2TBqのセシウム137が放出された場合、約5km圏外の空間線量率は0.1μSv/h以下^{※1}となり、原子力災害対策指針で定める一時移転基準(OIL2: 20μSv/h)を下回るため、一時移転は不要と考えられ、屋内退避によって十分放射線被ばくのリスクを低減できると考えられる。

※ 1「平成24年度原子力規制委員会第34回議事録」の記載とセシウム放出量との比較によって算出

- ◆ 原子力発電所において緊急事態が発生した場合には、発電所に発電所対策本部、原子力事業本部に本店対策本部（即応センター）を設置。
- ◆ 発電所対策本部は、事故の制圧、拡大防止に向けた対応を実施。
- ◆ 本店対策本部は、発電所における事故対応活動を支援。

【発電所対策本部、本店対策本部の役割】

オフサイトセンター対策本部

- ◇ 設置場所： オフサイトセンター
- ◇ 本部長： 原子力事業本部長代理
- ◇ 主な任務
 - ・ 国、地方公共団体との情報発受
 - ・ 原子力災害合同対策協議会対応
 - ・ センターにおける報道発表対応 等

発電所対策本部

- ◇ 設置場所： 発電所内
- ◇ 本部長： 発電所長
- ◇ 主な任務
 - ・ 事故制圧・拡大防止
 - ・ 通報連絡
 - ・ 緊急時環境モニタリング
 - ・ 発電所員の退避誘導 等

初動対応要員 **64名**
(発電所構内に24時間常駐)

緊急安全対策本部要員
10名 (6時間以内に召集)

原子力防災要員
約400名

24時間365日常時確保

本店対策本部 (72名)

- ◇ 設置場所： 原子力事業本部（即応センター）
- ◇ 指揮： 社長、原子力事業本部長
- ◇ 主な任務
 - ・ 発電所への支援
(要員派遣、技術事項の指示助言等)
 - ・ オフサイト活動対応

メーカー等 (約500名)
協力会社 (約150名)
(24時間目処に召集)

支援

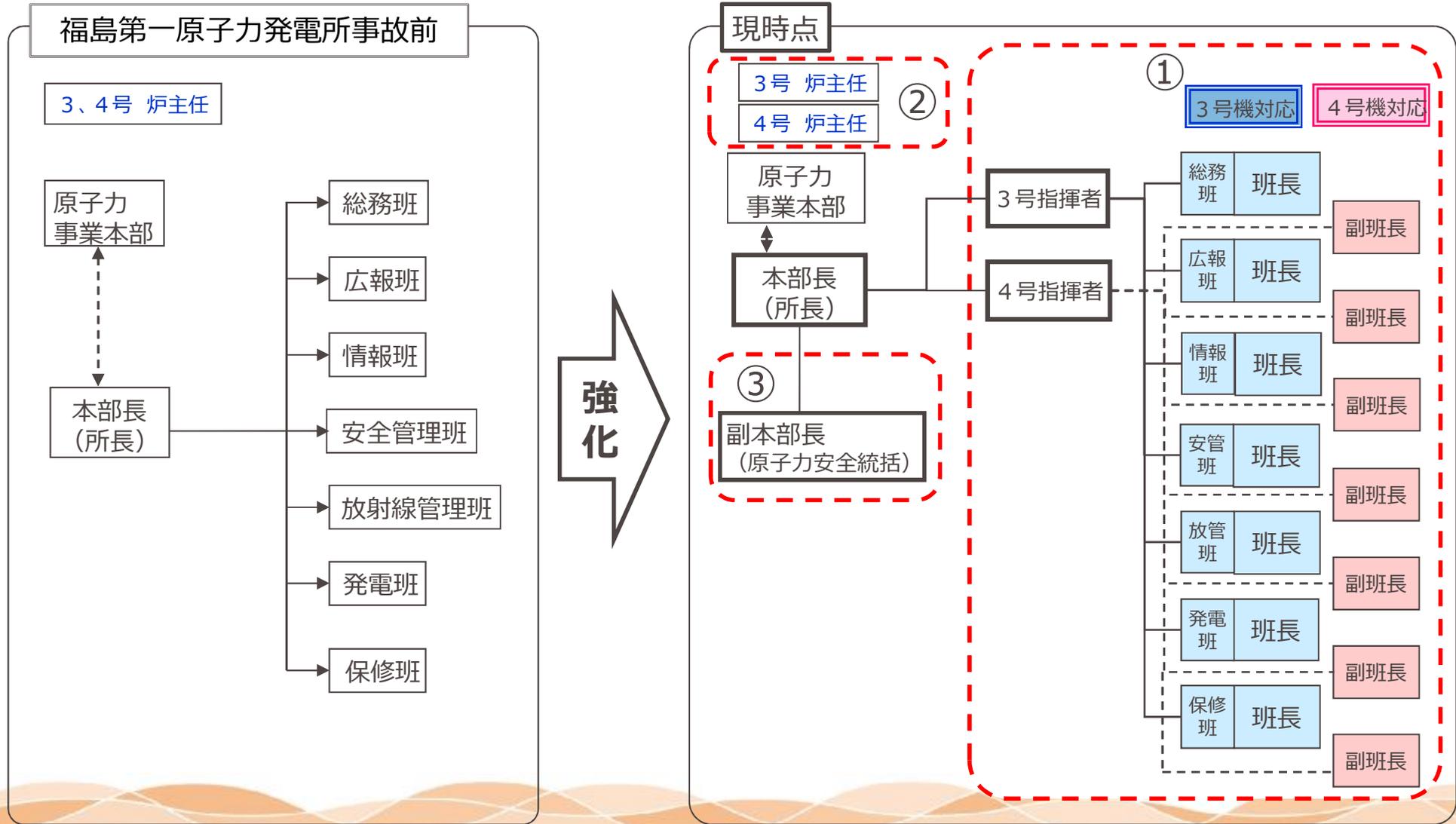
支援

規制庁 ERC

・年1回、国、自治体、当社で連携訓練を実施

ERC:原子力規制庁緊急時対応センター

- 福島第一原子力発電所における事故以降、発電所の緊急時対応体制を強化
 - ①ユニット毎に対応班を明確化
 - ②ユニット毎に原子炉主任技術者を配置
 - ③本部長（発電所長）を補佐する副本部長（原子力安全統括）を配置



事故時対応能力の向上（教育・訓練の充実・強化）

発電所の重大事故対策要員の対応能力向上を図るため、その役割に応じた教育・訓練を充実・強化。

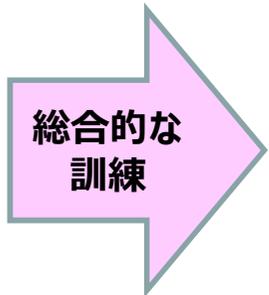
【主な教育】

- ・指揮者クラス、運転員対象：知識ベースの教育（事故対策への習熟）
 メーカー等専門家による理論研修、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および机上演習の実施 など
- ・緊急時対策要員対象：協力会社社員を含め、事故時対応に関する知識ベースの教育を実施

| | H25年度 | H26年度 | H27年度 | H28年度 |
|-------------------|---------|---------|---------|---------|
| 教育・演習 受講者人数（延べ人数） | 約1,100人 | 約1,400人 | 約1,300人 | 約1,600人 |

【主な訓練】

- 指揮者クラス対象
 - ・実践的な訓練（対応能力向上）
 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
- 運転員対象
 - ・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
 - ・重大事故等発生時対応手順の現場確認の実施
- 緊急時対策要員対象
 - ・重大事故等発生時を想定し、電源供給、給水活動等の手順に係る訓練を実施



- 原子力事業本部も含めた防災訓練を年1回実施
- 成立性確認訓練（シーケンス訓練）を号機ごとに年1回実施

23

24

| | H25年度 | H26年度 | H27年度 | H28年度 |
|------|---------|---------|---------|---------|
| 訓練回数 | 約1,100回 | 約1,000回 | 約1,100回 | 約1,000回 |

緊急時対策要員対象の電源供給、給水活動等の手順に係る訓練 23

緊急安全対策要員を対象に、重大事故発生時を想定し、電源供給、給水活動等の手順に係る各種訓練を繰り返し行い、事故時対応能力の向上を図っています。



＜大容量ポンプを用いた、冷却水系統への海水供給訓練＞



＜長期にわたる事故を想定した燃料補給訓練＞



＜可搬式モニタポスト設置訓練＞



＜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＞

平成28年8月28日、福井県原子力防災訓練が行われ、大飯発電所を対象とした事故制圧訓練では当社社員および協力会社の方々合わせて約330名が参加しました。

若狭湾沖で震度6以上の地震が発生し、全交流電源を失ったことで、3号機の炉心が損傷し、放射性物質が外部に放出されたことを想定し、発電所構内では、全交流電源喪失を想定した原子炉等へ海水を送るポンプの設置、ホースの接続訓練を行い、本部では事故の収束、関係機関への情報発信の訓練等を行いました。また、同日発電所構内において原子力緊急事態支援センター※と連携して、偵察用ロボットの操作訓練も行いました。



<発電所 緊急時対策所>



<送水車の配置、ホースの接続訓練>



<可搬式代替低圧注水ポンプの設置訓練>



※<偵察用ロボット操作訓練（原子力緊急時支援センターと連携）>

- 原子力発電所における安全性向上への取り組みとして、設備面における充実を図るとともに、新たに配備した設備を含め、緊急時にそれらの設備を活用できるよう、教育・訓練を繰り返し実施するなど、運用面での改善も図ってまいりました。
- 安全に対する取り組みに終わりはなく、海外の知見や国内外情報をより幅広く収集するとともに、様々な方々のご意見を伺いながら、今後とも、安全性の向上を継続的に進めてまいります。

緊急時対策所

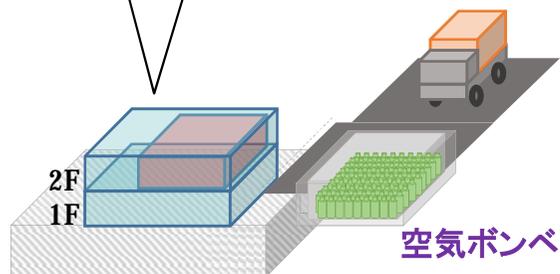
重大事故等発生時、災害対策本部を設置し事故の収束を図る。

【耐震構造】

竣工目途：平成30年度内

- ・通信連絡設備
- ・換気および遮蔽設備
- ・情報把握設備を配備

代替交流電源



緊急時対策本部エリア

- ・建屋内面積：約750㎡
- ・収容想定人数：最大約200人

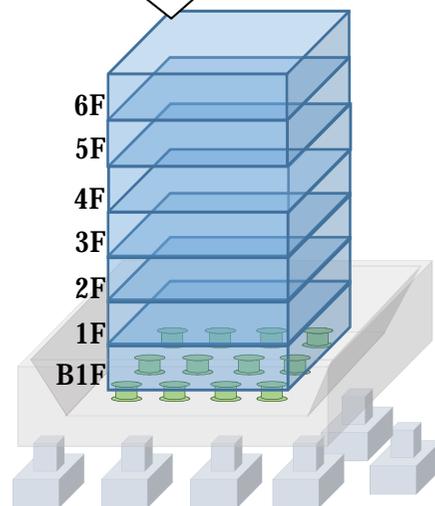
免震事務棟

作業員の安全性確保および関係要員等をより多く収容する。

【免震構造】

竣工目途：平成30年度内

- ・通信連絡設備
- ・非常用発電装置を配備



- ・建屋内面積：約4,000㎡
- ・収容想定人数：最大約800人

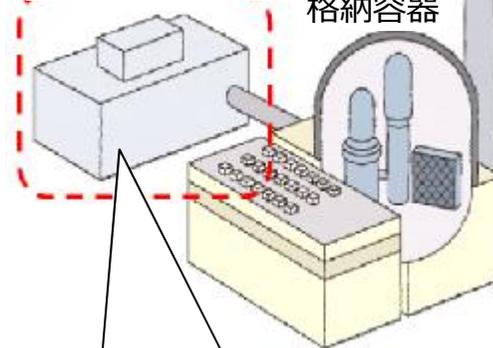
特定重大事故等対処施設

(工事計画認可後5年以内に設置)

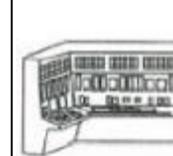
意図的な航空機衝突等により炉心を冷却する設備等が機能喪失し、炉心に著しい損傷が発生した場合において、格納容器の破損を防止する。

特定重大事故等
対処施設建屋

原子炉
格納容器



- 緊急時制御室
- 非常用発電機
- 代替格納容器スプレイポンプ



代替炉心注入ポンプ