関西電力 大飯発電所３・４号機の
安全性向上対策の取組みについて

平成29年11月23日

関西電力株式会社

関西電力の原子力発電所の概要

■原子力事業本部

■地域共生本部

■大飯発電所

ﾕﾆｯﾄ	ｸﾞﾛｽ出力 (万ｋW)	営業運転開始
1 2 3 4	117.5 117.5 118.0 118.0	S54. 3 S54.12 H 3.12 H 5. 2
合計	471.0	－

■高浜発電所

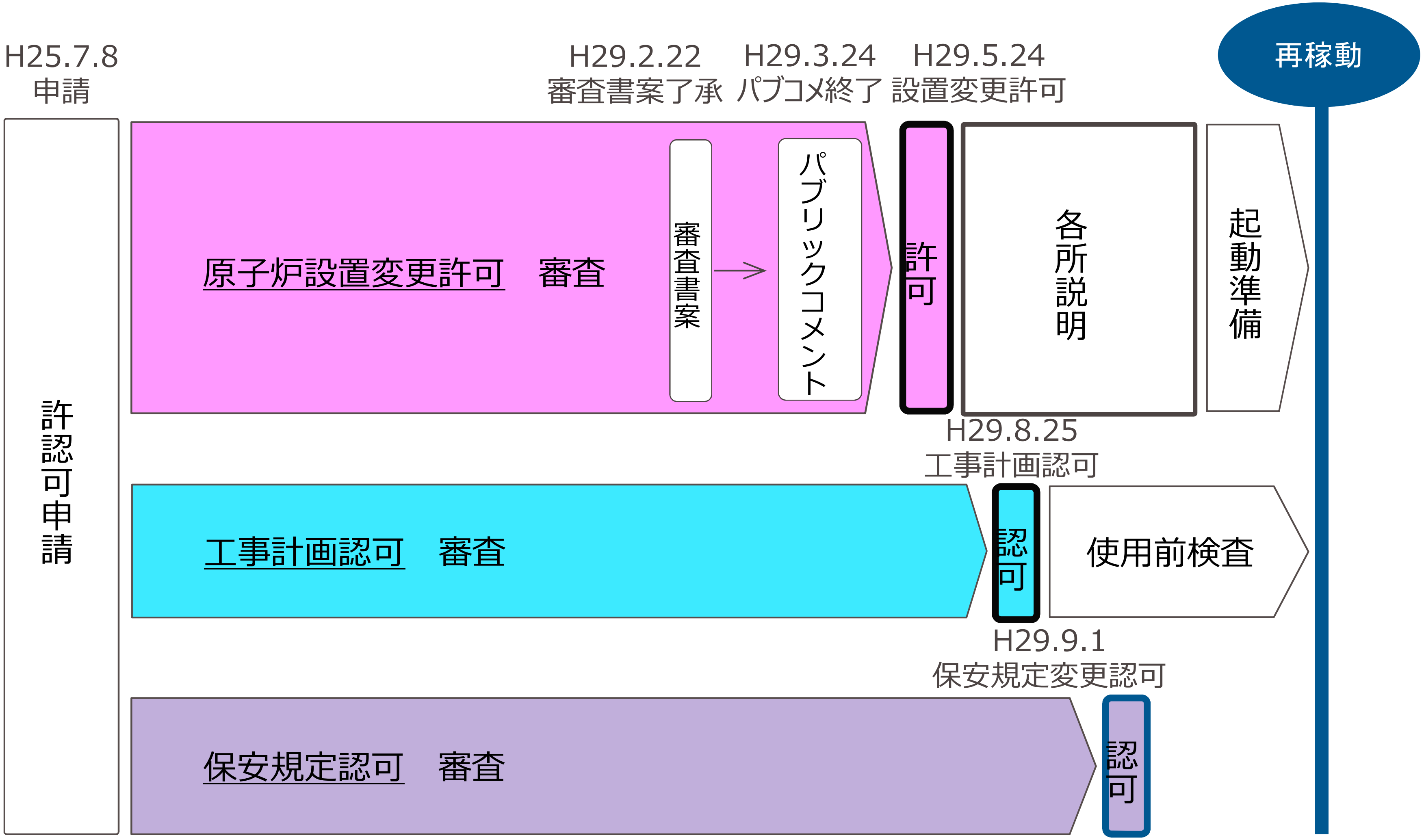
ﾕﾆｯﾄ：1～4（合計339.2万kW）

■美浜発電所

ﾕﾆｯﾄ：3（合計82.6万kW）
※1,2号機は廃止

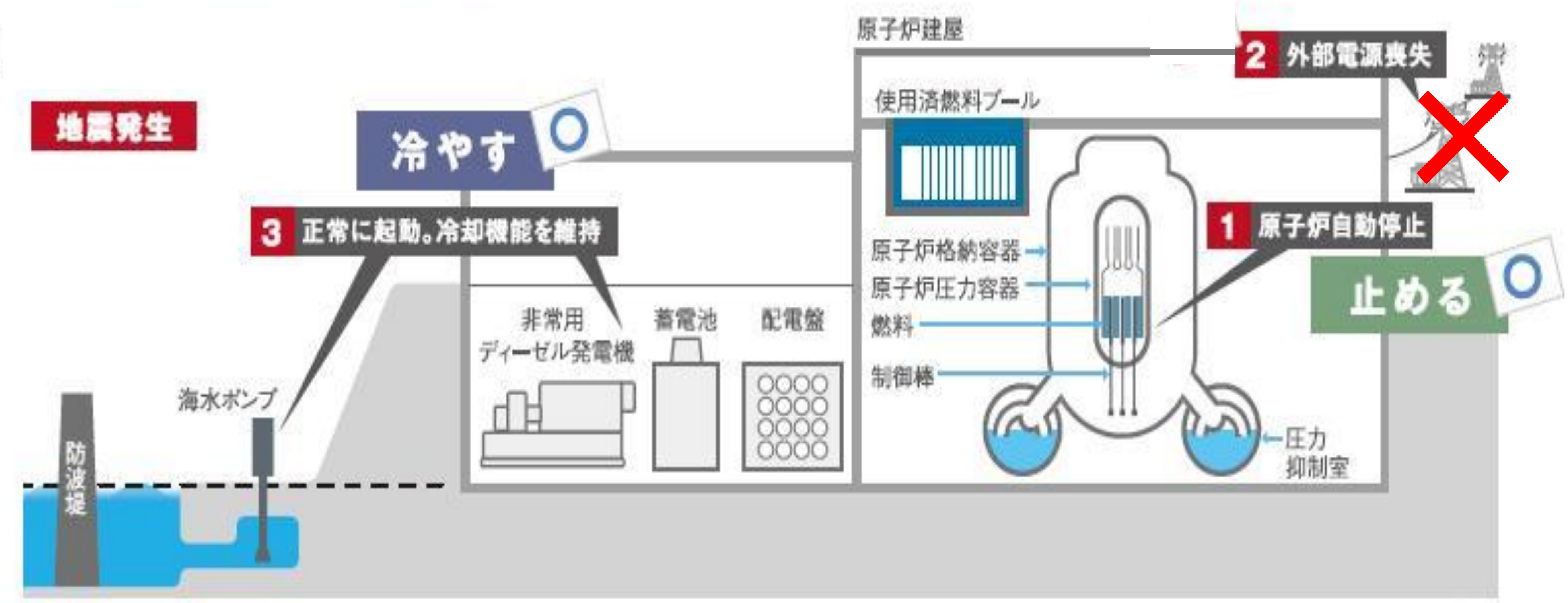
新規制基準への対応状況

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、「保安規定変更」の認可を受け、全ての許認可手続きが終了致しました。現在は、使用前検査を受検している段階です。



福島第一原子力発電所事故の概要[地震]

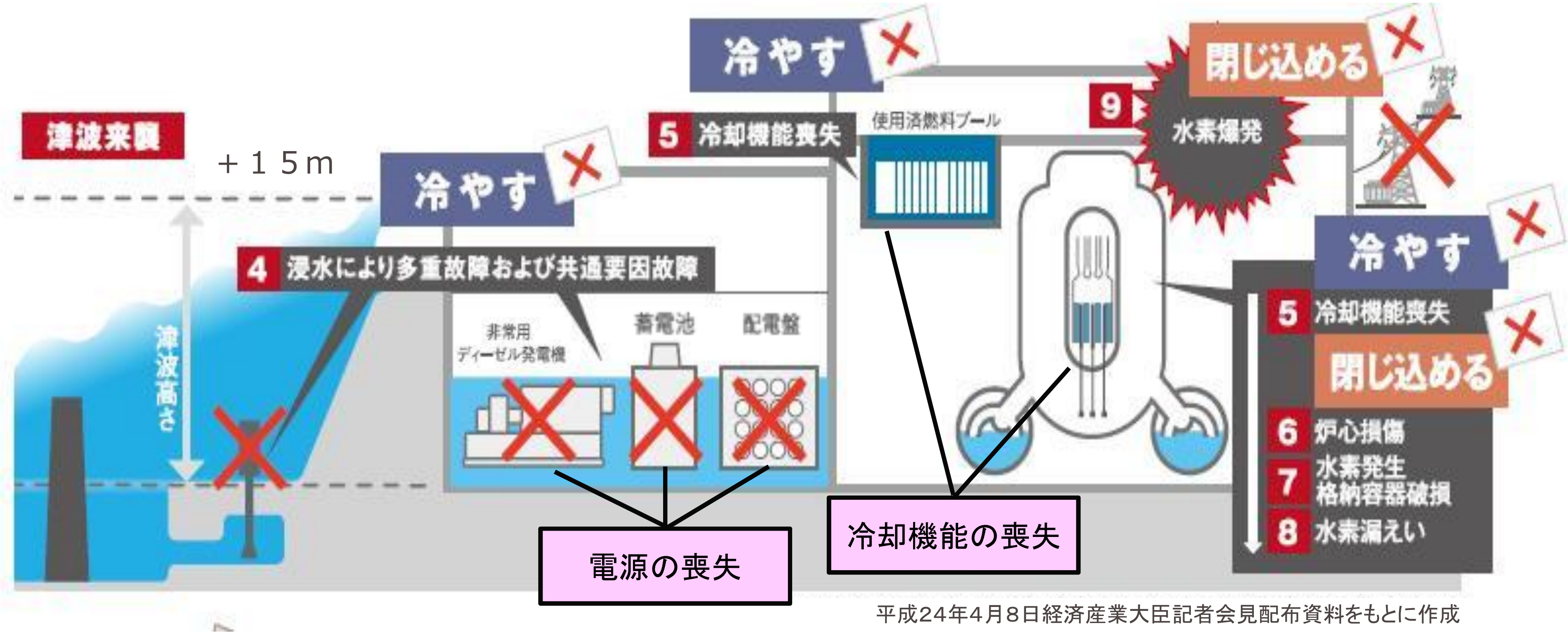
○地震発生時には、１号機～４号機が運転中であったが、運転中の原子炉は全て自動停止した。
○同時に、地震によって全ての外部電源(送電線等からの電力供給)が失われたが、非常用ディーゼル発電機が起動し、原子炉の安全維持に必要な電源は確保された。[事故調査報告書より引用]



平成24年4月8日経済産業大臣記者会見配布資料をもとに作成

福島第一原子力発電所事故の概要[津波]

○その後、来襲した津波により、多くの電源盤が被水・浸水するとともに、運転中の非常用ディーゼル発電機が停止し、全ての交流電源が喪失し、（ポンプを動かす動力が無くなり）冷却機能が失われた。
○冷却用の海水ﾎﾟﾝﾌﾟも冠水し、原子炉内部の残留熱(崩壊熱)を海水へ逃がすための除熱機能を喪失した。[事故調査報告書より引用]



平成24年4月8日経済産業大臣記者会見配布資料をもとに作成

新・旧の規制基準の比較

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）

- 火災に対する考慮
- 電源の信頼性
- 自然現象に対する考慮
- 耐震・耐津波性能

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>

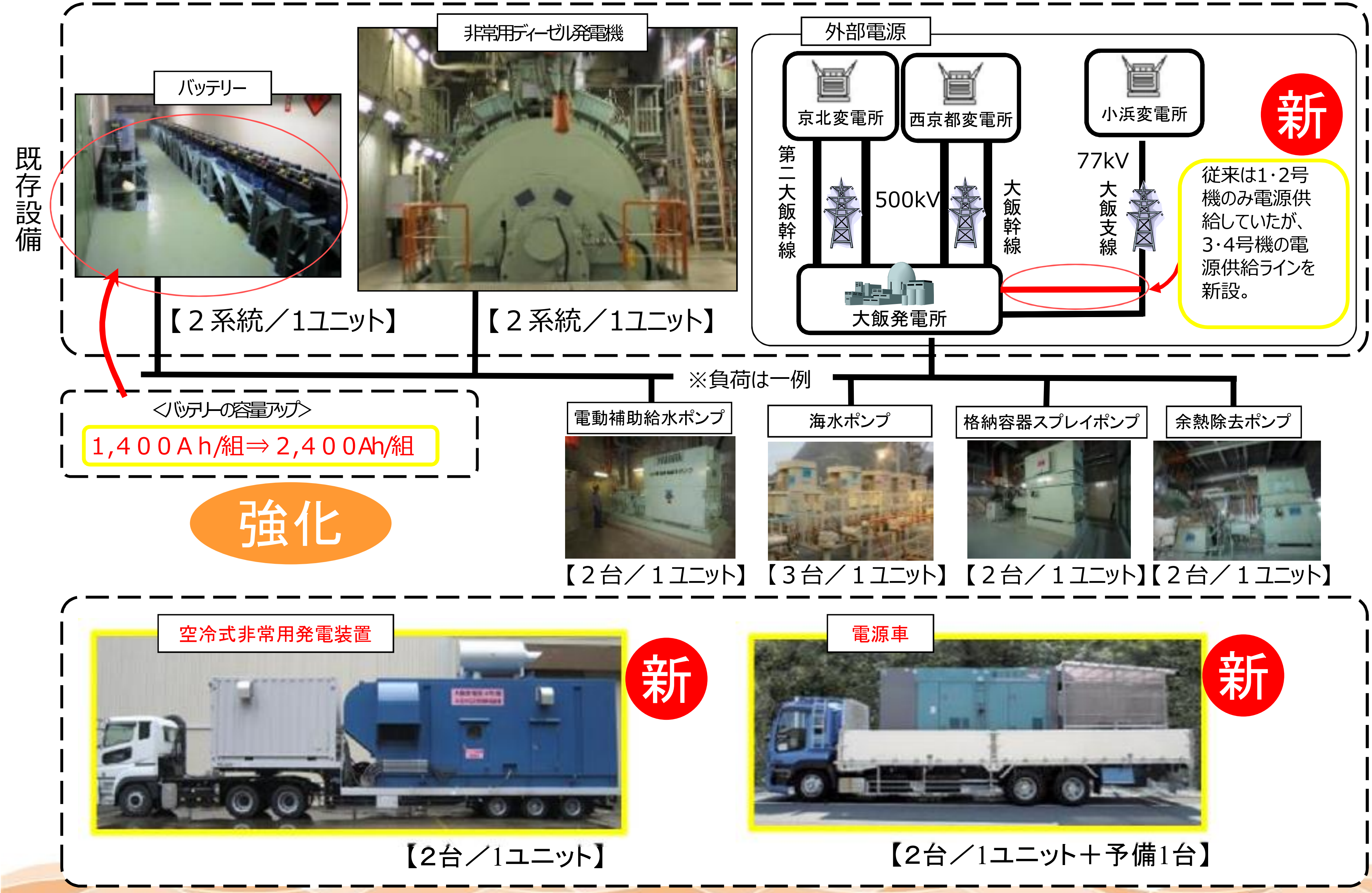
新設

- 万一への さらなる備え：意図的な航空機衝突への対応
- 事故拡大防止：放射性物質の拡散抑制対策
- ③ 格納容器破損防止対策
- ①② 炉心損傷防止対策（複数の機器の故障を想定）

設計基準の強化

- 事故進展防止：
  - ⑦ 内部溢水に対する考慮
  - ② 冷却設備等の性能
  - ⑥ 火災に対する考慮（火災対策の強化・徹底）
  - ① 電源の信頼性
- 事故発生防止：
  - ⑤ 自然現象に対する考慮（火山・竜巻・森林火災を新設）
  - ④ 耐震・耐津波性能

①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]

②冷却手段の確保（多重化・多様化）

○海水取水

既存設備

海水ポンプ

【3台／1ユニット】

大容量ポンプ

新

【２台／２ユニット】＋予備１台

海水ポンプ予備モーター

新

【１台／１ユニット】

○直接炉心冷却

既存設備

格納容器スプレイポンプ

【２台／１ユニット】

余熱除去ポンプ

【２台／１ユニット】

恒設代替低圧注水ポンプ

新

【１台／１ユニット】

可搬式代替低圧注水ポンプ

新

【４台／２ユニット】＋予備１台

○蒸気発生器による炉心冷却

既存設備

電動補助給水ポンプ

【２台／１ユニット】

タービン動補助給水ポンプ

【１台／１ユニット】

送水車

新

【４台／２ユニット】＋予備１台

高浜では消防ポンプ
（143台/2ユニット）

中圧ポンプ

新

【１台／１ユニット】

［高浜発電所3・4号機と同様の対策（送水車を除く）］

③素１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。

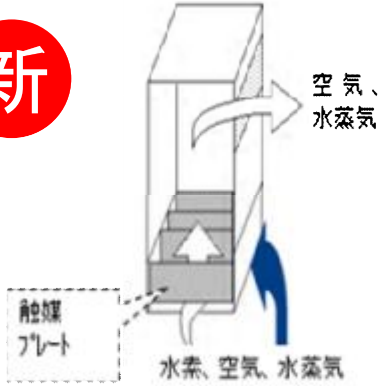
ＰＡＲ（静的触媒式水素再結合装置）による水素濃度の低減

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）

触媒式で電力不要

新

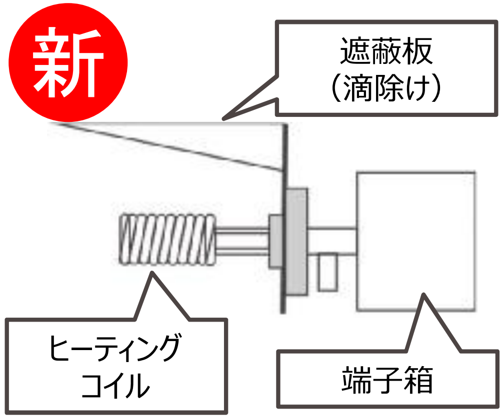


イグナイタによる低濃度での計画的燃焼

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）

新

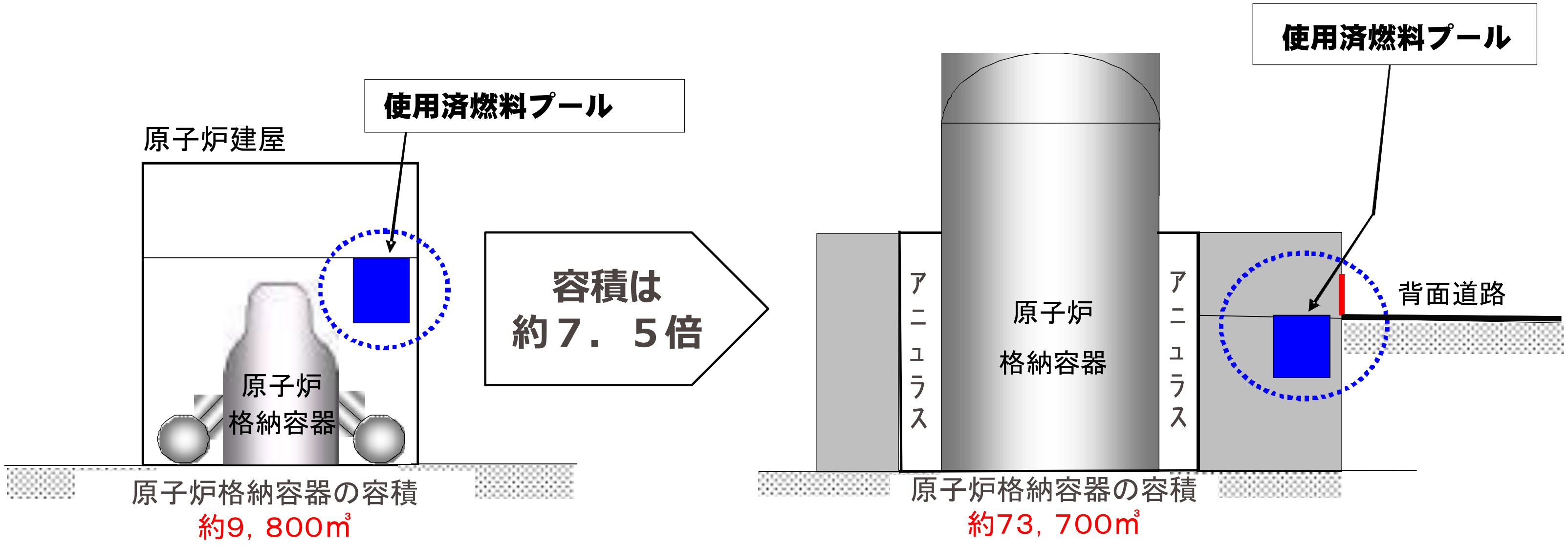


[高浜発電所3･4号機と同様の対策]

③－２水素爆発による格納容器の破損防止の優位性[参考]

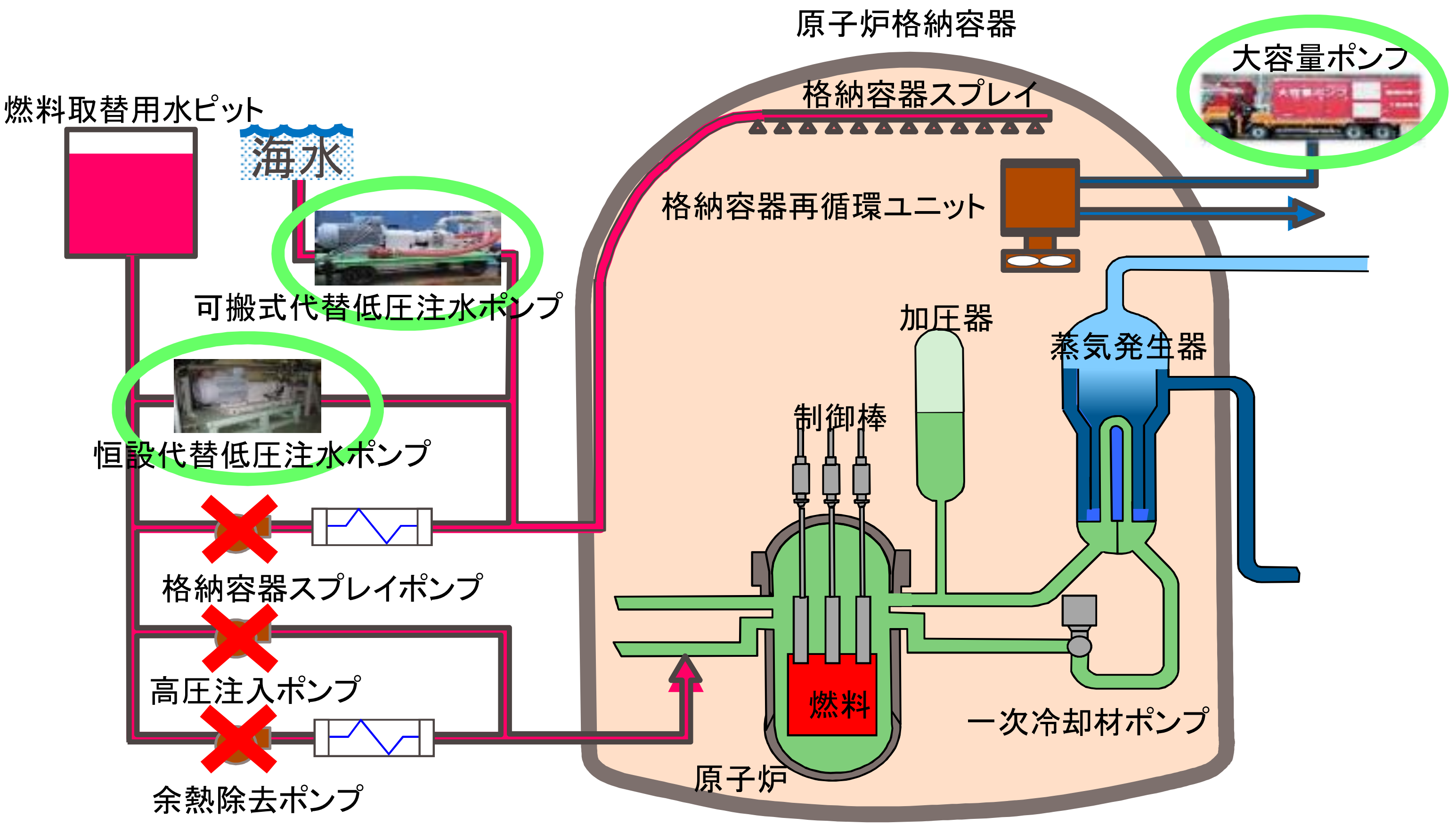
沸騰水型原子炉（BWR）と加圧水型原子炉（PWR）の原子炉格納容器容積の違い

沸騰水型原子炉 （ＢＷＲ） ～福島第一６号機～ [出力110万kw]	加圧水型原子炉 （ＰＷＲ） ～大飯３号機）～ [出力118万kw]



PWRは、BWRに比べ原子炉格納容器の容積が大きく、多様な原子炉格納容器の除熱機能があるため、格納容器の破損防止に対して優位性がある。

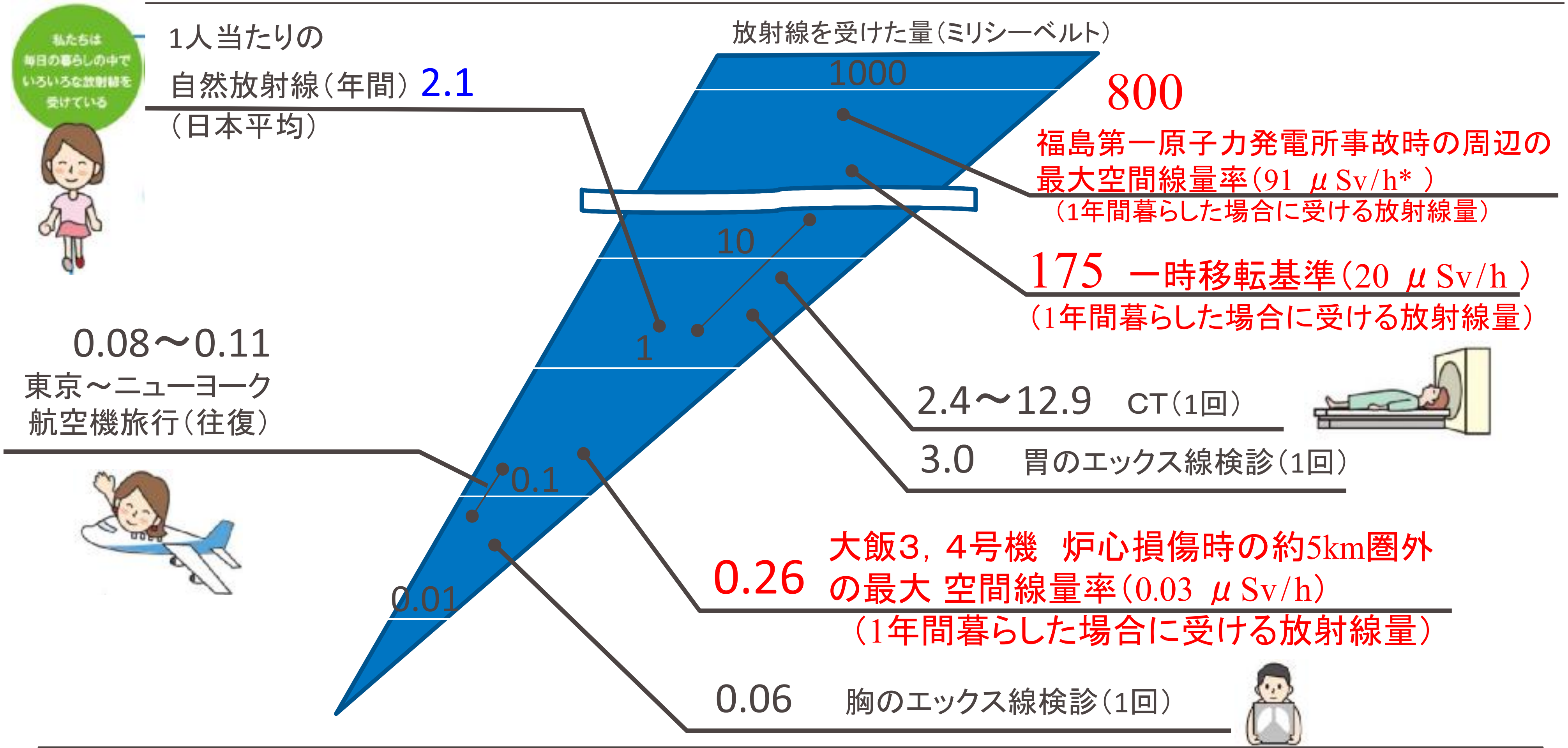
③－３仮に炉心損傷を想定した場合の放出放射能量について



- 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の放射能量は約5.2TBqと、審査イイドで示された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）の約3000分の1**。
- 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0.03μSv/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回資料」 福島第一原子力発電所 約5km圏外のモニタリング結果（最大91μSv/h）との比例計算

③－４仮に炉心損傷を想定した場合の被ばく線量について



- 大飯発電所3，4号機で、重大事故時に環境に放出されるセシウム137の放射能量は約5．2TBq
- 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0.03 μSv/h以下となる。

0.03 μSv/h ＝ 0.26 mSv/年

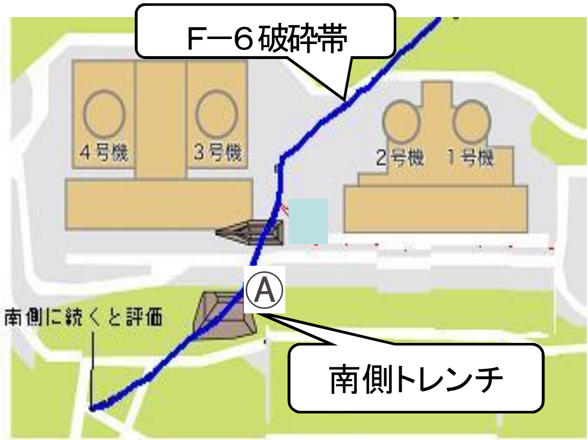
➢ 日常生活においていろいろな放射線を受けており、1年間を通して0.03 μSv/h浴びたとしても、健康に影響を及ぼすことはなく、一時移転は不要。（一時移転基準：20 μSv/hを下回る。）

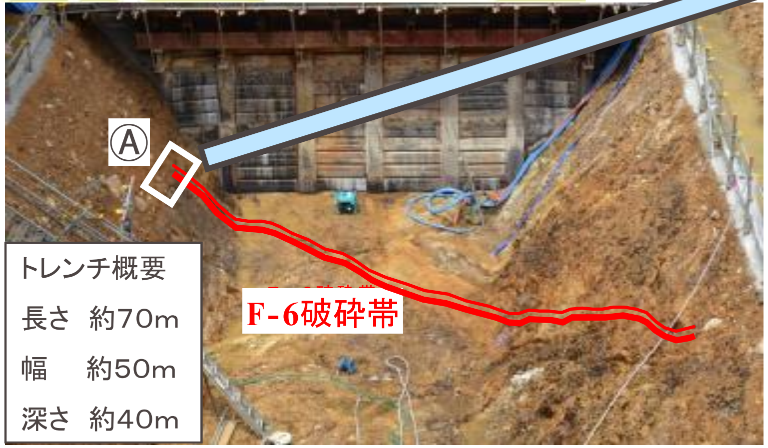
＊ 文部科学省及び米国DOEによる航空機モニタリングの結果 より

④－１破砕帯調査について

○平成24年7月、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」との指示を受けた。
○平成26年2月、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委員会設置の「有識者会合」が了承。

敷地内破砕帯調査





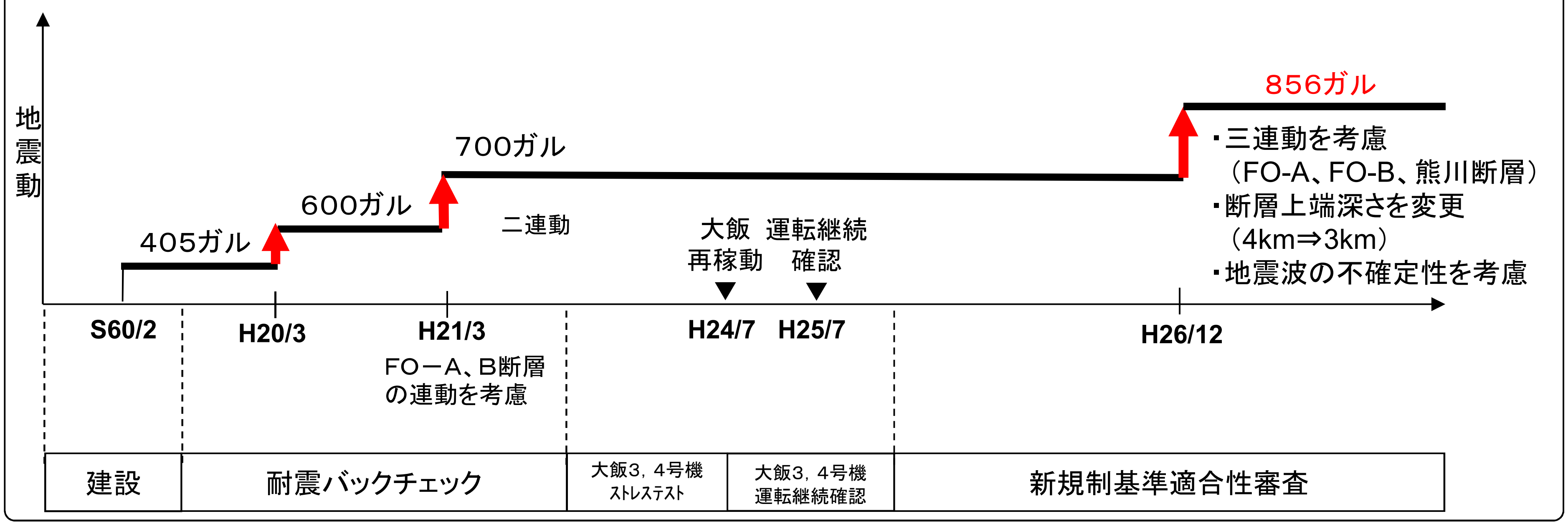
火山灰により、約23万年前以前に堆積したと考えられる堆積層に、F-6破砕帯が変位・変形を与えていないことを確認

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。

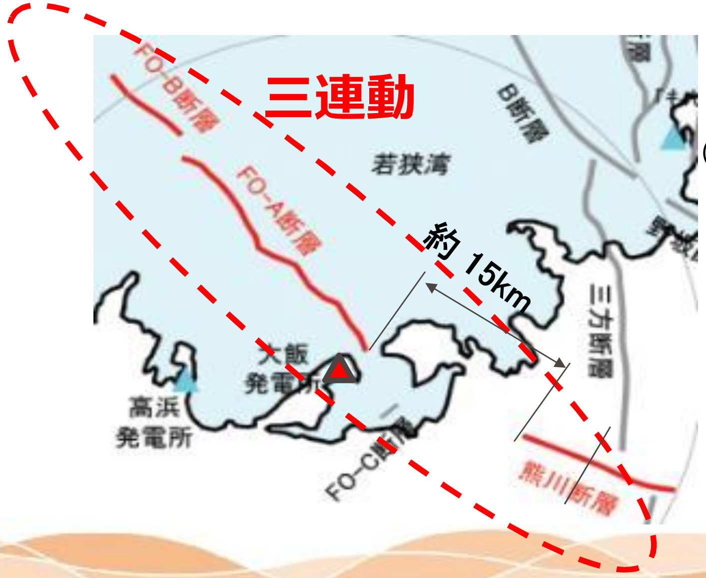
※将来活動する可能性のある断層等の定義：後期更新世以降(約１２～１３万年前以降)の活動が否定できない震源として考慮する活断層や地すべり面。

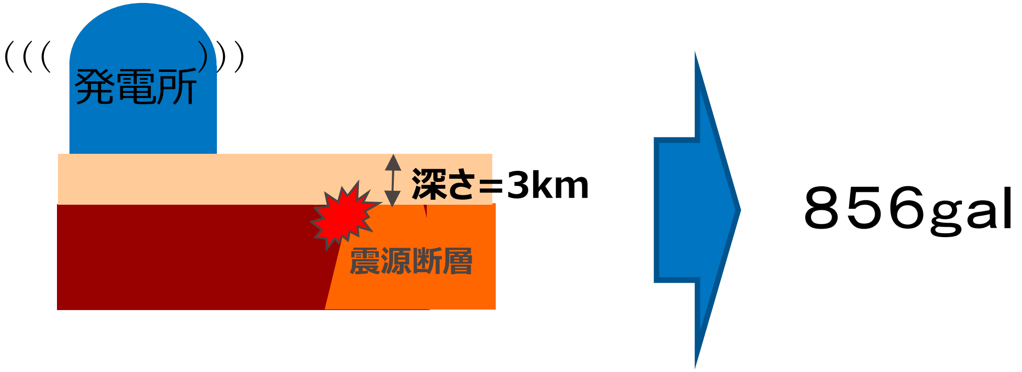
④－２基準地震動の変遷と地震動の決定について

基準地震動の変遷



見直し後の基準地震動





④－３地震対策(機器・配管のサポート補強)

○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）

[高浜発電所３・４号機より対策箇所を増加]

④－４地震対策（斜面崩落防止対策）

○基準地震動Ｓｓ（最大の加速度８５６ガル）に備えるため、崩落防止の観点から斜面を切取り（5箇所、25万m³）、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m³）

3号機北東背後斜面

ｼﾋﾞｱｱｸｼﾃﾞﾝﾄ(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]

震度と加速度

　地震動の強さを表すものの１つに震度があります。以前は震度観測は体感で行われていましたが、現在は器械により観測され、計測震度と呼ばれます。計測震度は加速度波形から計算されます。　計測震度の計算には、加速度の大きさの他にも、揺れの周期や継続時間が考慮されますので、最大加速度が大きい場所が震度も大きくなるとは限りません。
実際の地震波はさまざまな周期の波が含まれているので、震度７が加速度で何ｇａｌに相当すると言えませんが、仮に周期１秒の波が同じ振幅で数秒間続くとすると、震度７の下限に相当する計測震度6.5以上になるためには、3成分の合成値で約600gal以上の加速度が必要です。
[気象庁HPより引用]

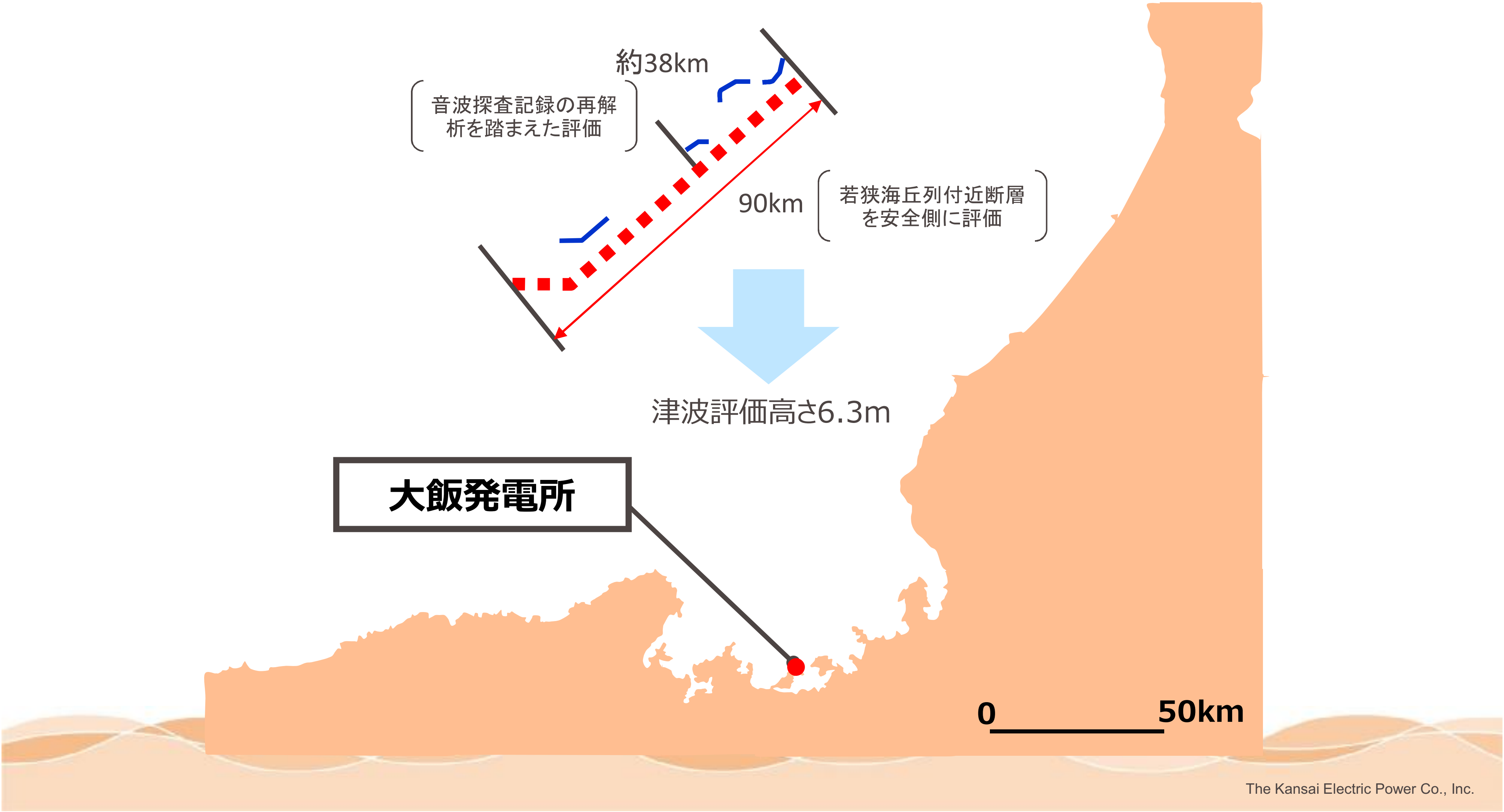
震度階級	計測震度	参考加速度
震度７	６．５～	６００gal 以上

上記の気象庁ホームページの記述どおり、加速度（gal）の大きさだけでは計測震度は算出できず、揺れの周期や時間が考慮されますので、大飯発電所の８５６galが震度階級のどの階級に該当するかは一概には断定出来ないことをご理解願います。

④－６津波対策（津波高さの設定）

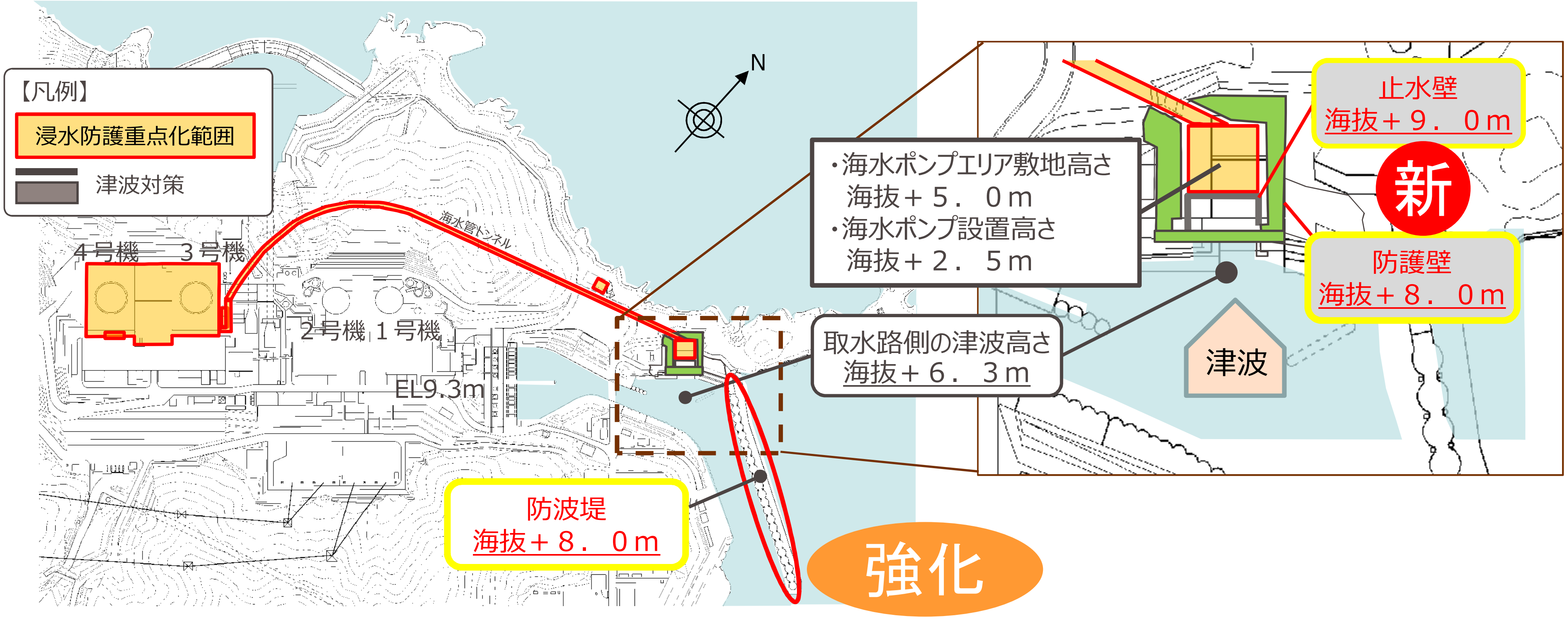
○若狭海丘列付近断層を安全側に９０ｋｍとし、海底地すべり等の重畳や潮位のばらつきを考慮して、津波評価高さを海抜＋６．３ｍに設定。

津波に関する断層の位置



④－７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 海抜＋６． ３ｍである。
○主要な建屋は、敷地高さが9．3m以上にあり、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（海抜+８． ０ｍ）、止水壁（海抜+９． ０ｍ）を設置。
○なお、防波堤を海抜+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]

⑤－１竜巻対策と外部火災対策

竜巻対策

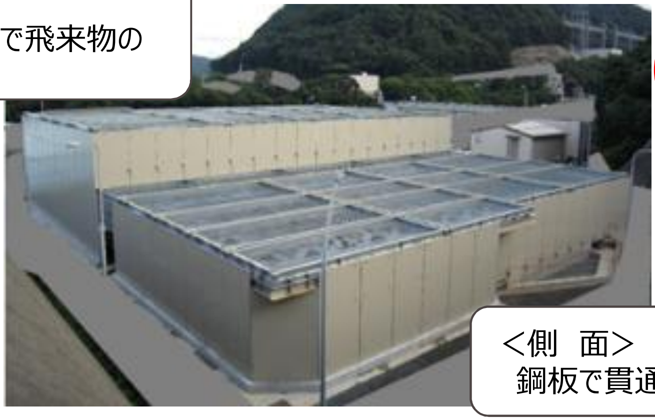
○風速100m/sの竜巻を想定し対策を実施。
（国内過去最大は92m/S、北陸地方過去最大の風速は69m/S）

〔竜巻飛来物対策設備設置前〕

〔竜巻飛来物対策設備設置後〕

<上　面>
３重の金属ネットで飛来物のエネルギーを吸収

新



<側　面>
鋼板で貫通を阻止

外部火災対策

○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、幅18m以上の防火帯を設置。

○防火帯の確保

新

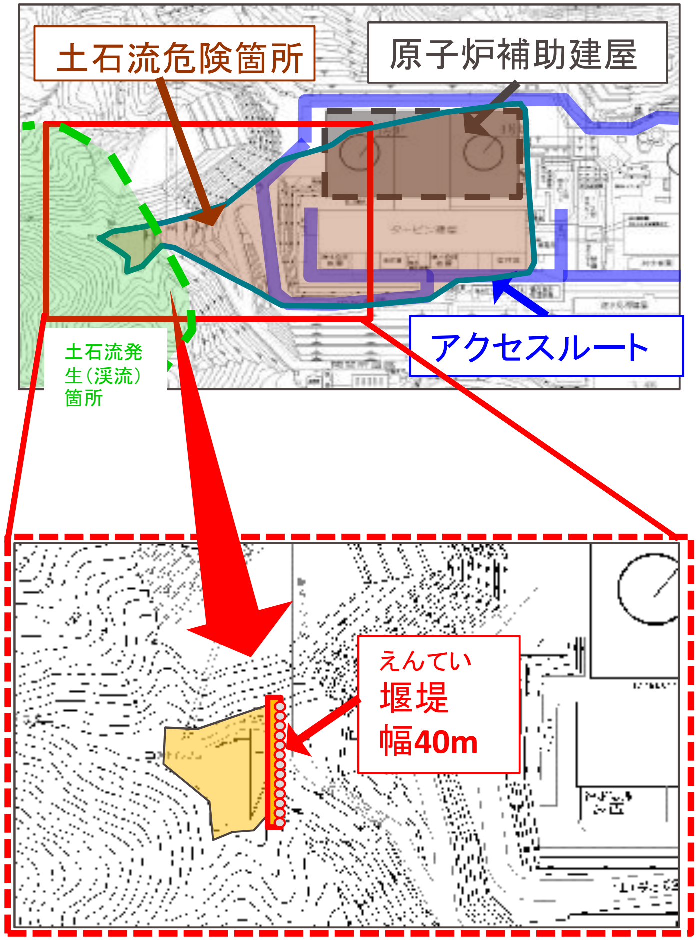
防火帯

[高浜発電所3･4号機と同様の対策]

⑤－２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号機の南西にある渓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。

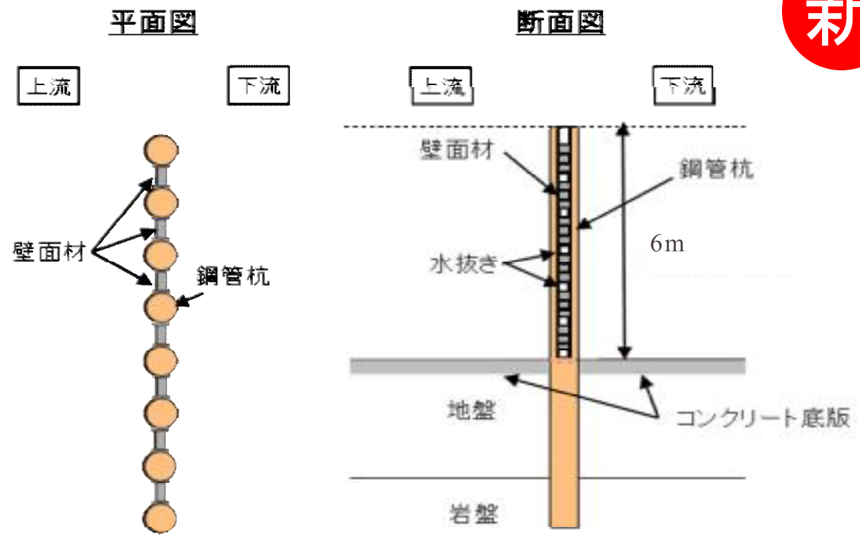
工事位置図



工事概要図

新

堰堤（えんてい）概要



The Kansai Electric Power Co., Inc.

⑥火災対策（屋内）

○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　強化

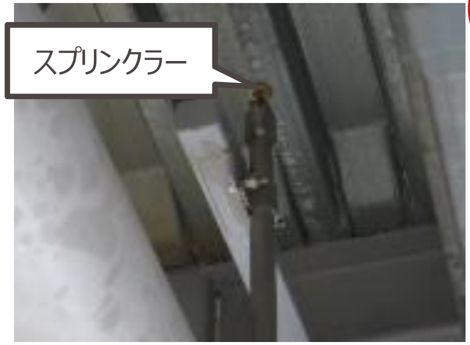
【煙感知器】

【熱感知器】

【炎感知器】

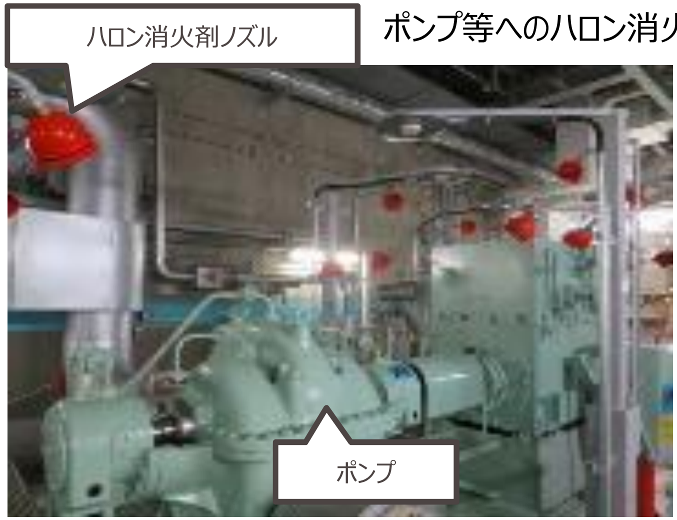
煙感知器[約450個] ･･施設全域
熱感知器[約700個]･････隔壁、筐(きょう)体等により火災が遮られるケーブル、電気盤
炎感知器[約350個]･･･火炎が機器外に出るポンプ類、密集している電源盤

固定式消火設備の追設　新

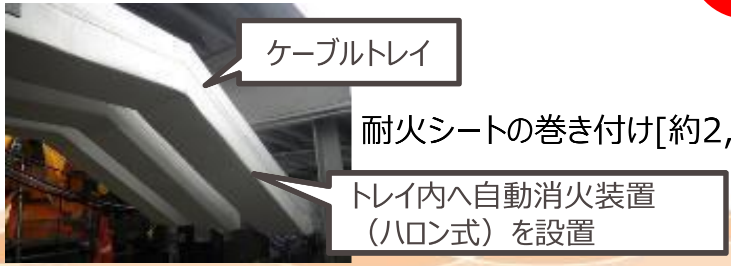


スプリンクラー設備[約2,000個]

ポンプ等へのハロン消火設備[約80箇所]　新



ケーブルトレイへの耐火シートの巻き付け　新



耐火シートの巻き付け[約2,000m]

ケーブルトレイ消火設備[約60区画]

[高浜発電所3･4号機と同様の対策]

The Kansai Electric Power Co., Inc.

⑦内部溢水対策（建屋内・外のタンク等からの水漏れ等）

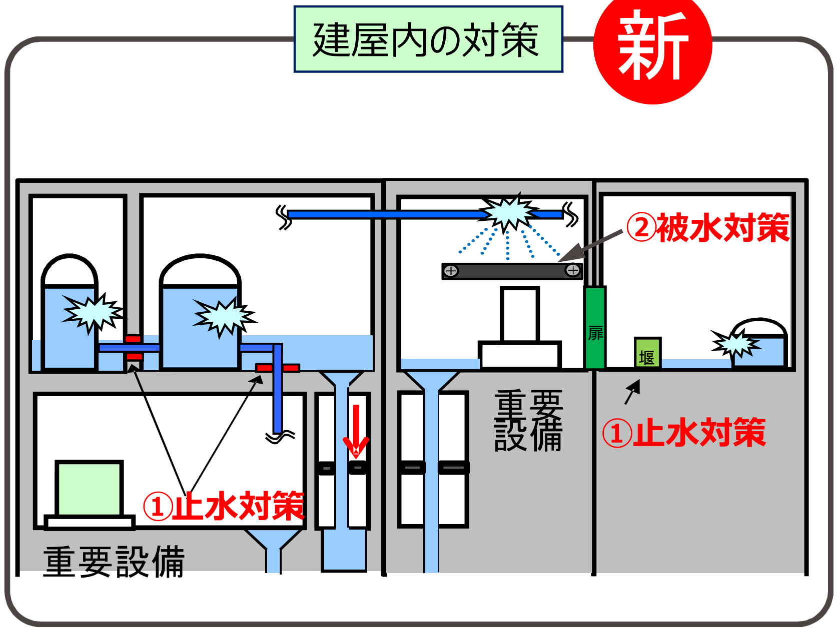
【建屋内の対策】

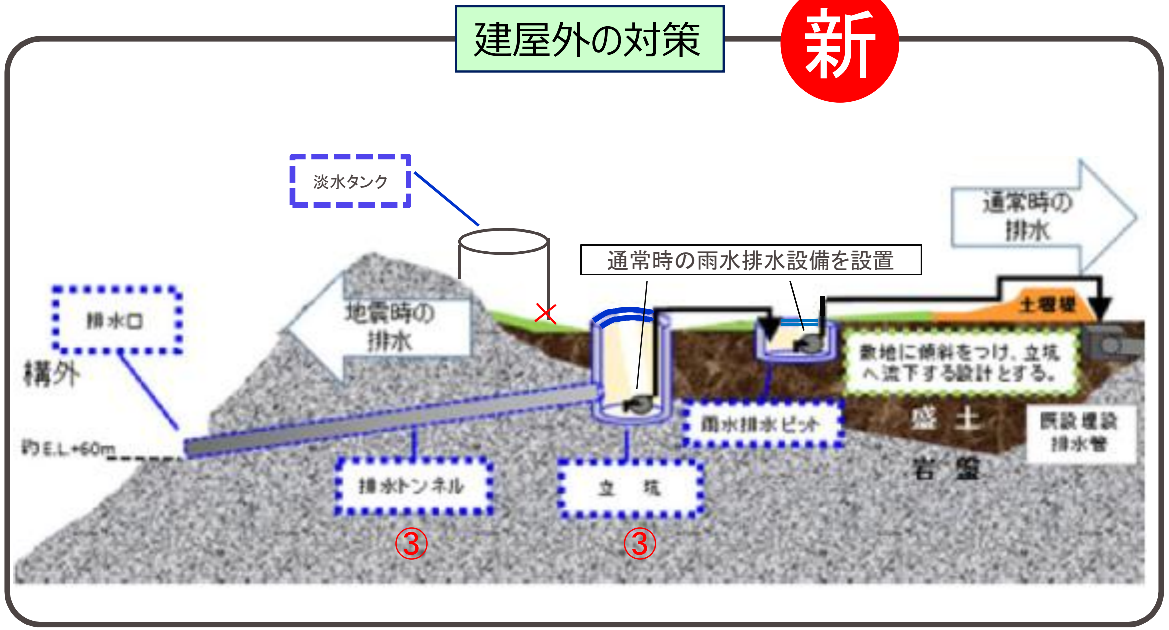
○建屋内に設置されたタンク等から水漏れ等を想定した場合に、重要な設備が浸水の影響を受けないように止水対策を実施。(①)

○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】

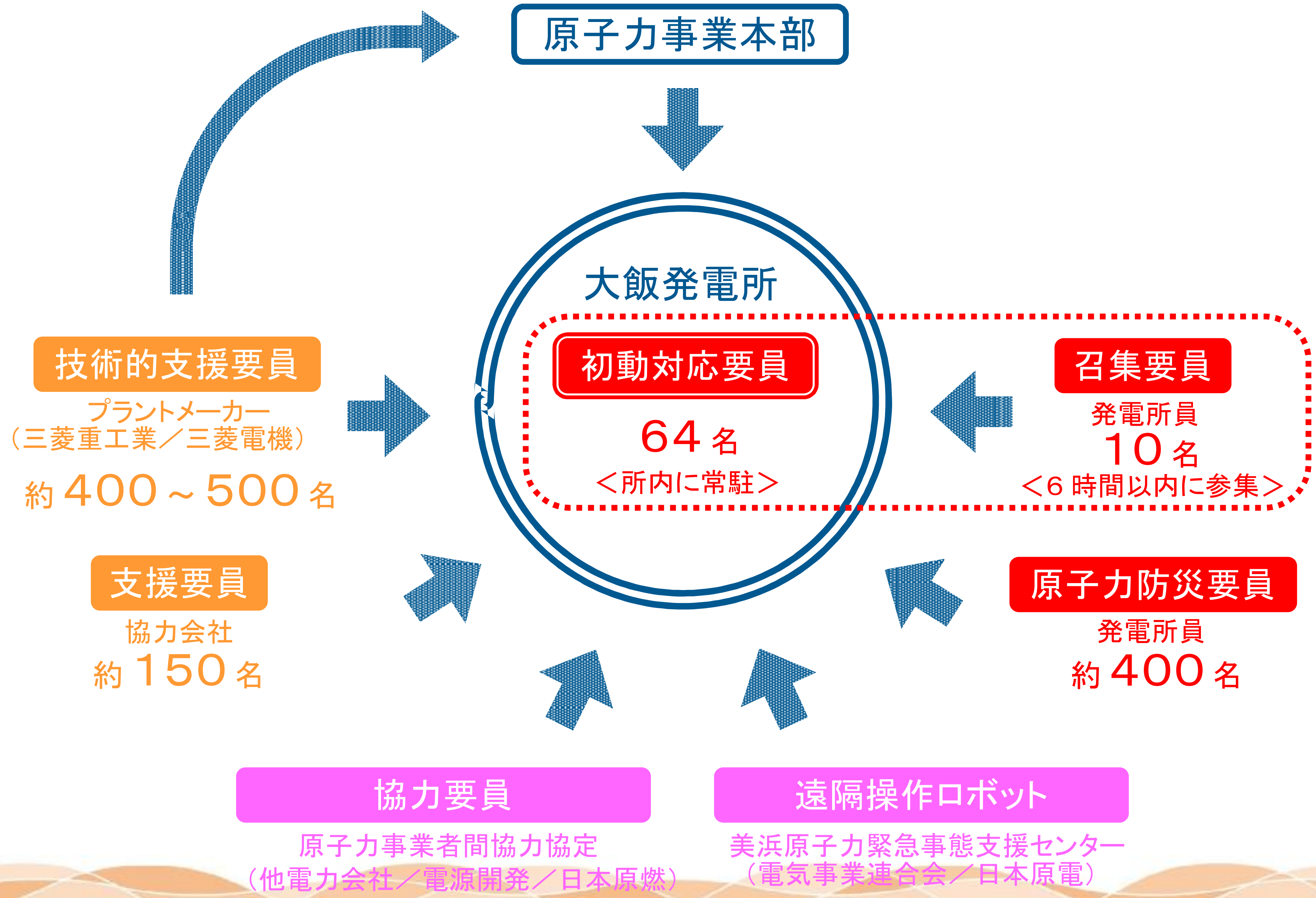
○発電所の北西部の高台に設置している淡水タンクについて、地震によりタンク等が破損し、溢水が発生した場合においても、原子炉施設の安全機能を損なうおそれのないよう耐震性を有する排水設備（立坑および排水トンネル）を設置。(③)





[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]

重大事故等発生時の対応体制



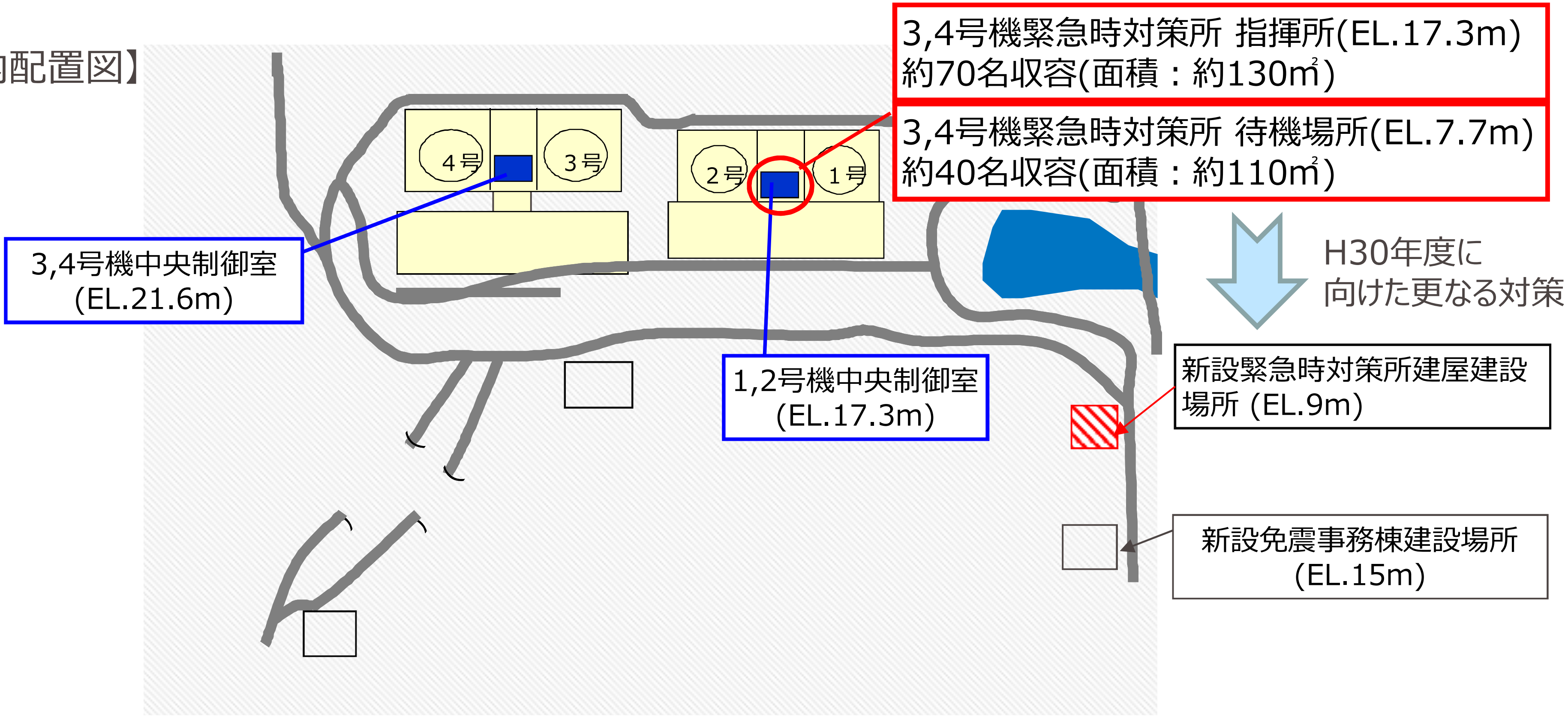
事故対応のための施設（緊急時対策所）

○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はなく、津波の影響を受けることのない位置に設置。

【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】

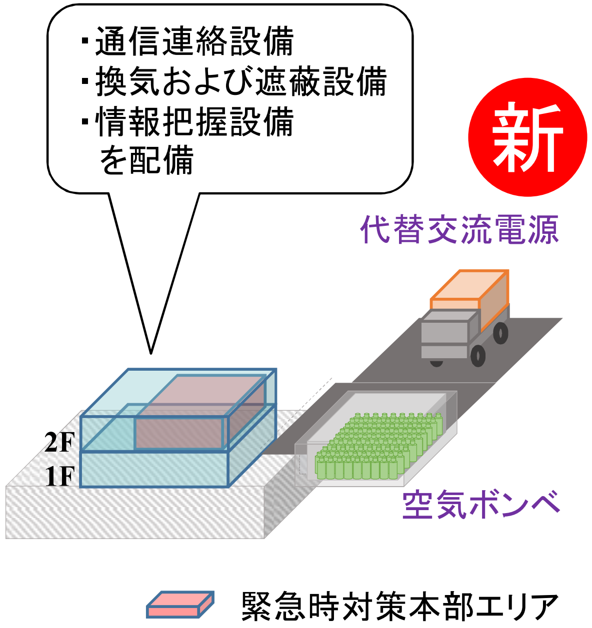


[高浜発電所3・4号機と同様の対策]

今後の更なる安全性向上に資する対策 [参考]

緊急時対策所

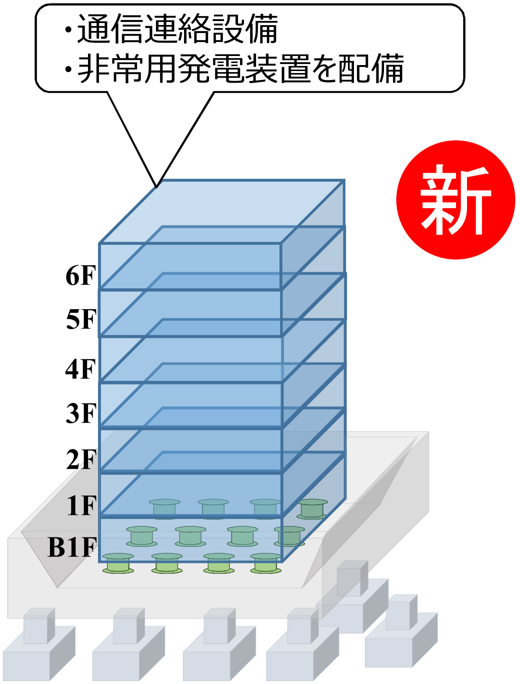
重大事故等発生時、災害対策本部を設置し事故の収束を図る。
【耐震構造】
竣工目途：平成３０年度内



・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

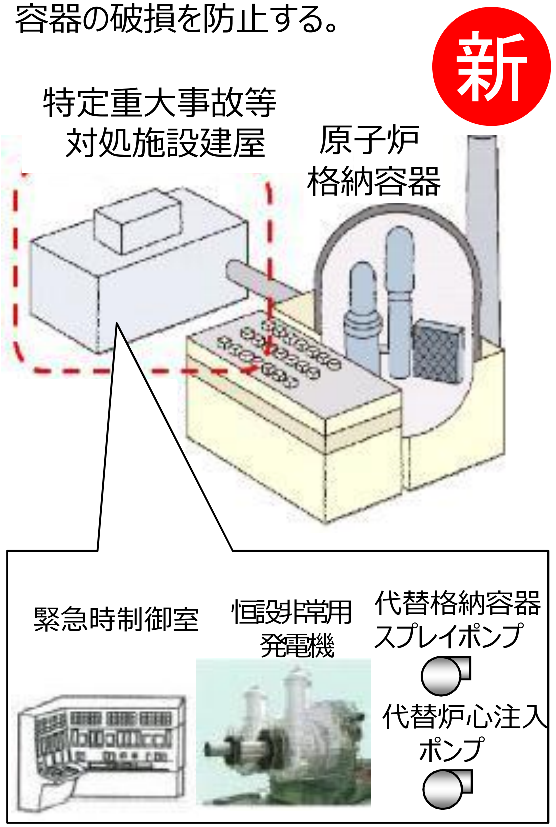


・建屋内面積　：　約４，０００㎡
・収容想定人数：　最大約８００人

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。



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

➡ 27

総合的な訓練 ➡

○原子力事業本部も含めた防災訓練を年１回実施

➡ 28

○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

	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

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>

自治体や原子力事業本部も含めた防災訓練（事故制圧訓練）

平成28年8月、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実施。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実施。

<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）>

広域避難計画への協力・支援の準備状況

項　目	具体的内容（例）
輸送に関する協力	○ 社有バス、 福祉車両、 ヘリコプター、 船舶の提供
避難退域時検査の支援	○ 汚染検査、 除染作業の支援 ○ 原子力事業者間の協力による放射線防護資機材の提供 サーベイメータ　タイベックスーツ
その他	○ 生活物資の支援