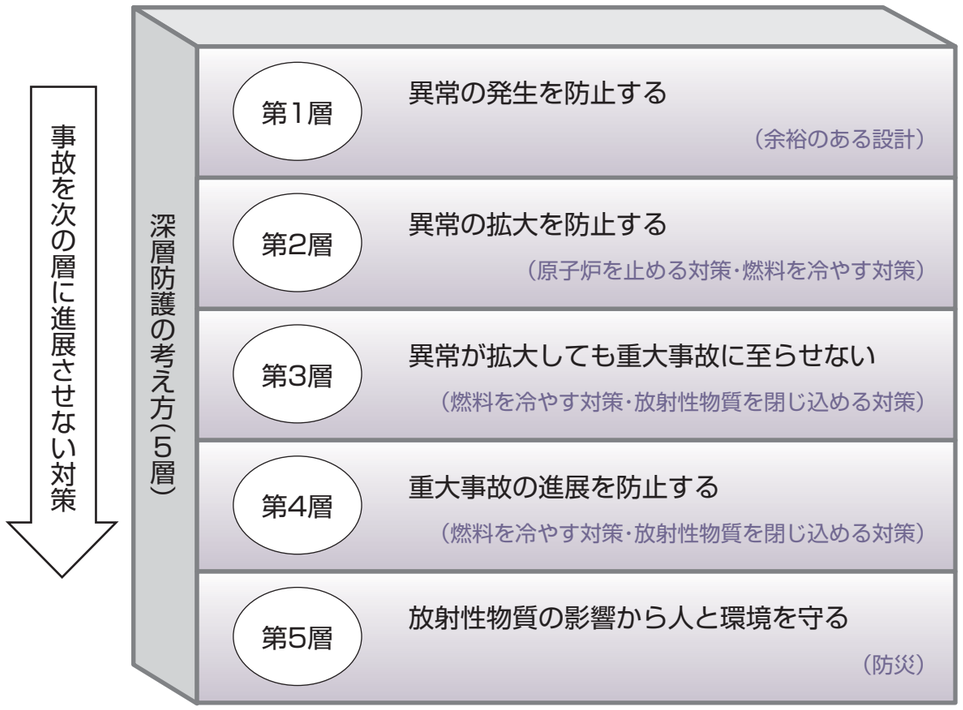
原子力発電所の安全対策の考え方について

・原子力発電所の安全確保のため「深層防護」の考え方を用いて対策を多重に講じています。
・具体的には事故の進展を５段階に分け、事故をその層だけで食い止めて収束できるように対策を講じる考え方です。
・この考え方により、原子力発電所で行う安全対策は、多重で厚みのあるものとなります。



敦賀発電所では、「深層防護」の考え方に基づき、多重で厚みのある対策の強化を進めており、今後も地域の皆さまに安心していただけるよう、さらなる安全対策を行ってまいります。

日本原子力発電株式会社

敦賀事業本部 立地・地域共生部
〒914-0051 福井県敦賀市本町2-9-16 TEL: 0770-25-5713
〒910-0005 福井県福井市大手3-4-1（福井放送会館4階） TEL: 0776-25-3233
ホームページ　http://www.japc.co.jp

Waterless Printing. Naturally.
VEGETABLE OIL INK
この印刷物は環境配慮型印刷システムを採用しています。

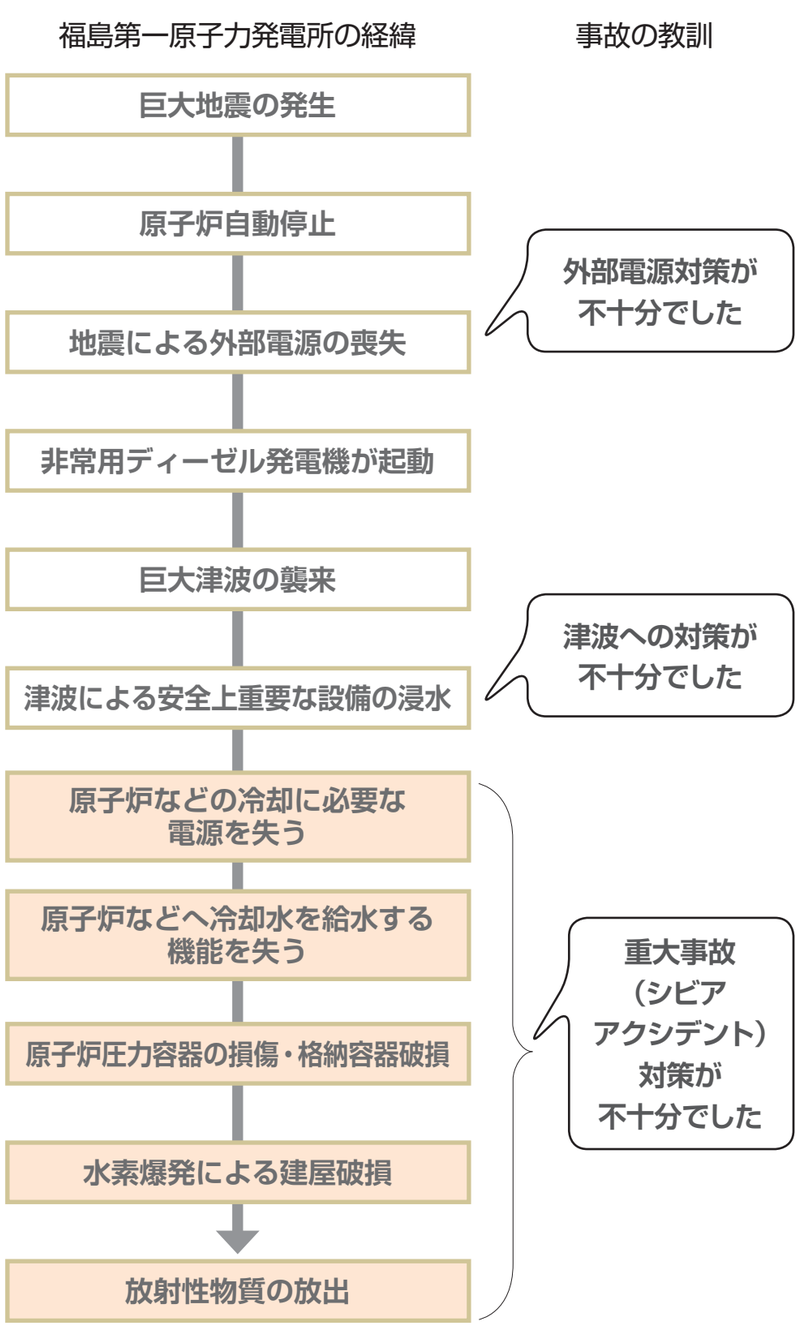
<2019.1>

敦賀発電所2号機の安全対策について

日本原子力発電株式会社

福島第一原子力発電所での事故

福島第一原子力発電所での事故は、地震発生時に原子炉は自動停止しましたが、地震により外部電源を失い、津波の影響で非常用ディーゼル発電機が停止しました。これにより、原子炉や使用済燃料ピットにある燃料の冷却ができなくなりました。原子炉については燃料が損傷し、原子炉圧力容器の損傷・格納容器の破損が生じ、外部へ放射性物質が放出される事態となりました。



新規制基準について

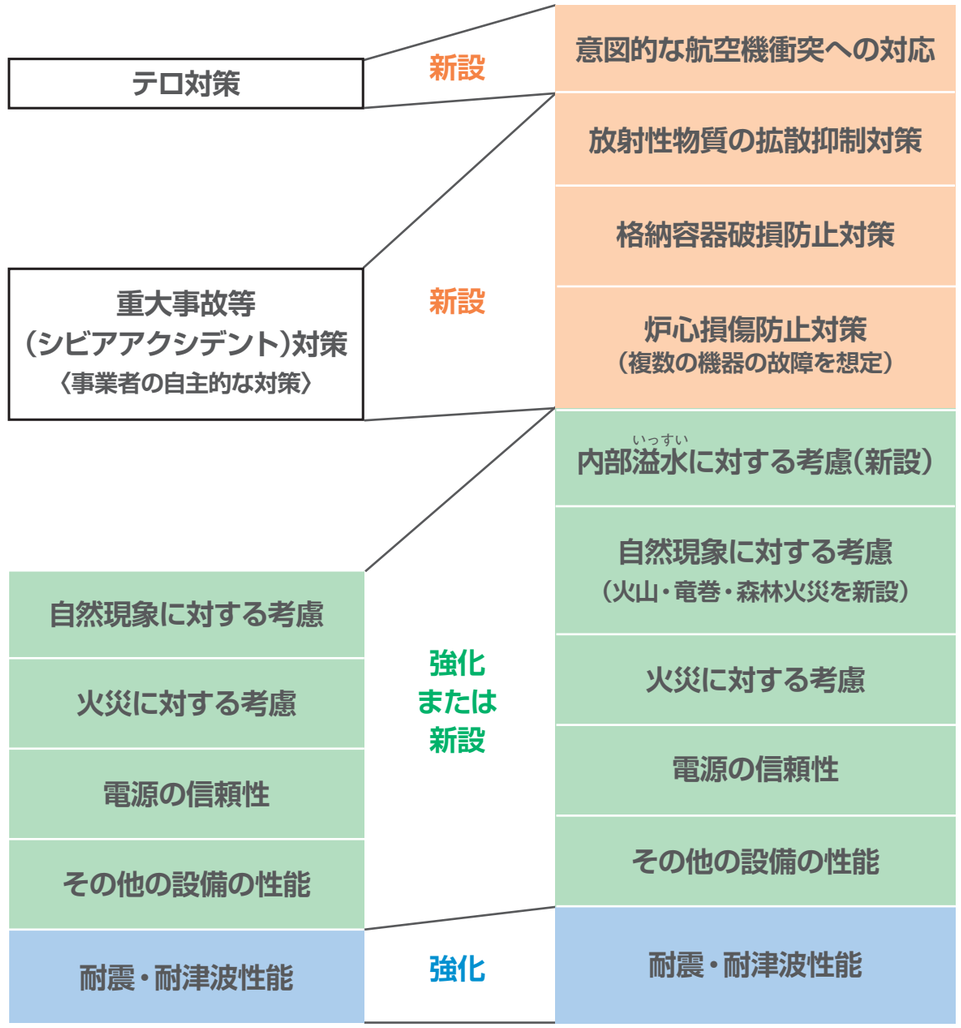
福島第一原子力発電所の事故の教訓から原子力発電所の従来の基準が見直され、2013年7月8日に新しい規制基準が施行されました。新規制基準では、従来の基準が防ぐ対策と緩和する対策が要求より厳しく見直されるとともに、新たな要求として、設計基準を超えた重大事故（シビアアクシデント）をされています。

従来の規制基準

重大事故（シビアアクシデント）を防止するための基準
（単一の機器の故障を想定しても炉心損傷に至らないことを確認）

新規制基準

重大事故（シビアアクシデント）　を防止するため、設計基準に関する要求が強化されました。加えて、設計基準に該当する機能が喪失した場合においても、重大事故を防ぐ対策と緩和する対策が要求されています。



意図的な航空機衝突への対応	テロによる燃料の損傷への備え
放射性物質の拡散抑制対策	万一、原子炉の燃料の損傷が発生した場合に備え、格納容器の破損の防止や、環境への放射性物質の拡散を抑制する対策
炉心損傷防止対策（複数の機器の故障を想定）	燃料の損傷を防ぐため、原子炉を冷やすための対策
内部溢水（いっすい）に対する考慮（新設）	配管破損などにより発生する水への対策
自然現象に対する考慮（火山・竜巻・森林火災を新設）	自然現象による発電所への影響を防止する対策
火災に対する考慮	安全施設内部での火災発生防止などの対策
電源の信頼性	外部から電源を供給する回線を異なる変電所に接続するなどの対策
耐震・耐津波性能	地震や津波による発電所への影響を防止する対策

重大事故等対策の新設

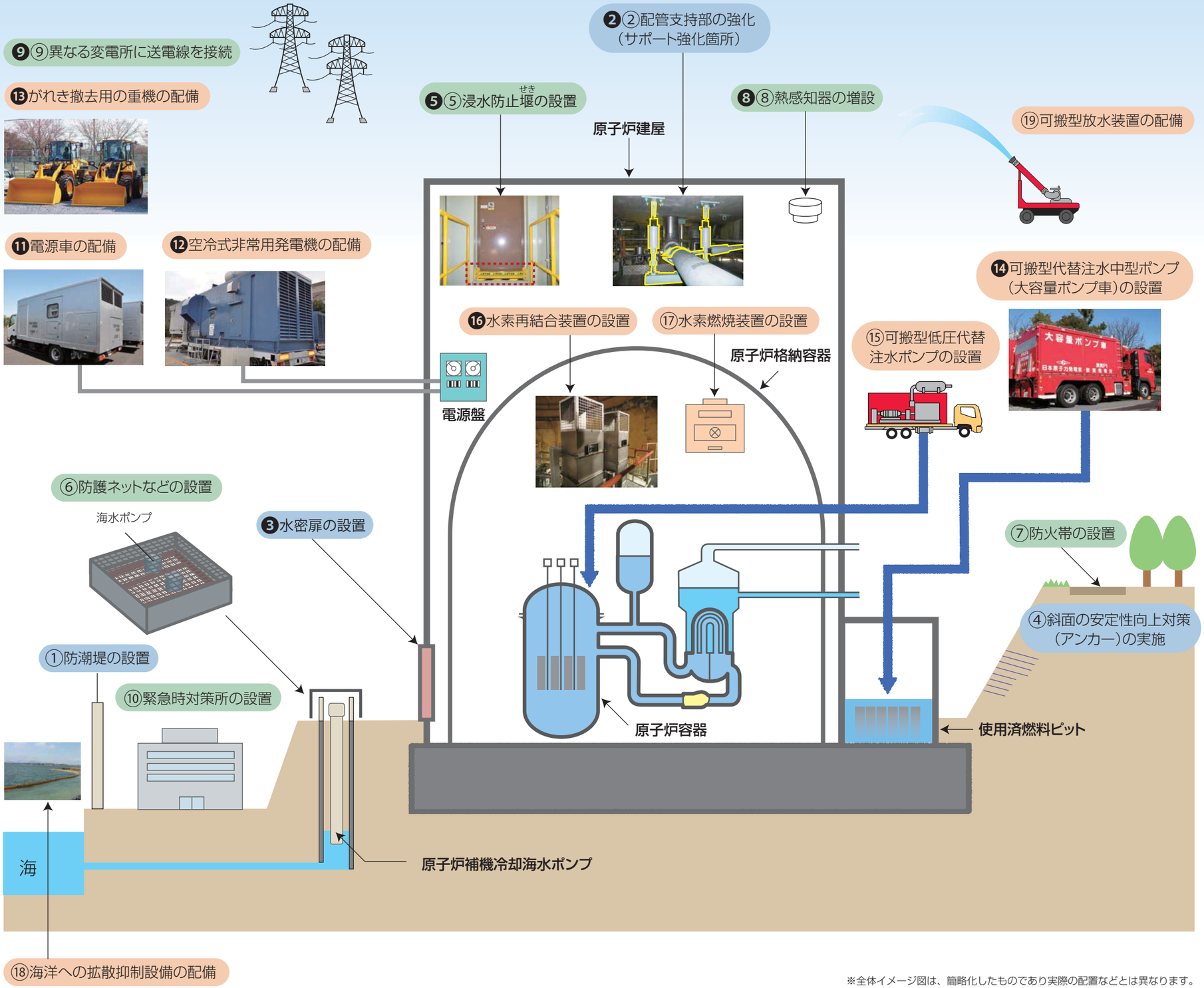
設計基準の強化または新設

原子力規制委員会資料（2013.7.3）をもとに作成

敦賀発電所2号機の新規制基準への取り組み

敦賀発電所2号機は、新規制基準に適合した安全対策に取り組んでいます。その適合性確認の審査を受けるため、原子力規制委員会に原子炉設置変更許可申請を行いました。

	新規制基準への対策内容	敦賀発電所の主な安全対策 実施済	実施中または予定
設計基準の強化または新設	地震・津波対策（P.7～10参照）	❷❸	①②④
	内部溢水（いっすい）に対する対策（新設）	❺	⑤
	自然現象に対する対策（火山・竜巻・森林火災を新設）		⑥⑦
	火災に対する対策	❽	⑧
	電源の信頼性	❾	⑨
	その他の設備の対策（P.11～12参照）		⑩
重大事故等対策の新設	炉心損傷防止対策（複数の機器の故障を想定）（P.13～15参照）	⓫⓬⓭⓮	⑮
	格納容器破損防止対策	⓰	⑰
	放射性物質の拡散抑制対策（P.16参照）		⑱⑲
	意図的な航空機衝突への対応（P.16参照）	・テロによる発電所の大規模な損傷が発生した場合でも可搬型代替注水中型ポンプ(大容量ポンプ車)などで対応可能 ・バックアップの制御室などの設置を予定	



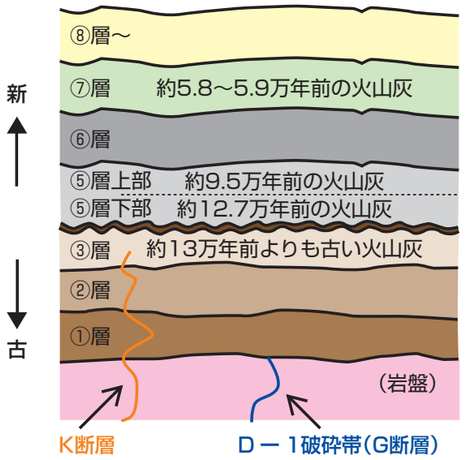
※全体イメージ図は、簡略化したものであり実際の配置などとは異なります。

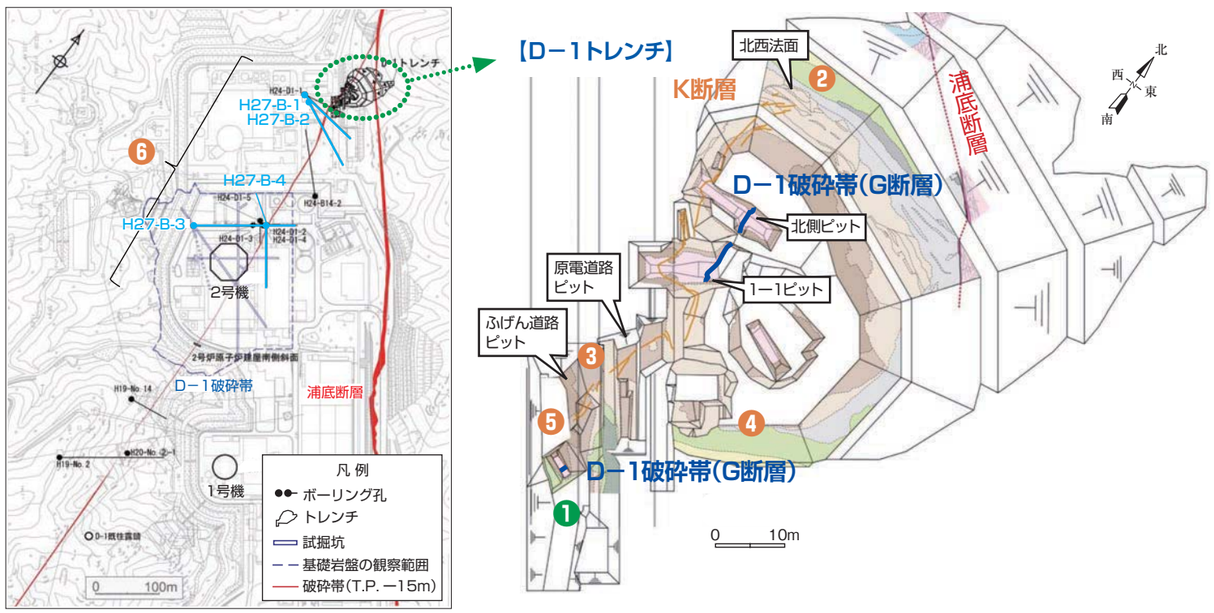
敦賀発電所２号機の敷地内破砕帯について

敦賀発電所２号機の原子炉建屋直下を通るD－１破砕帯が「耐震設計上考慮する活断層である」※1との評価書が、2015年3月25日、原子力規制委員会に報告されました。当社は、これまで**K断層とG断層およびD－１破砕帯は「耐震設計上考慮する活断層ではない」ことを明確に確認しています**が、新規制基準への適合性確認申請にあたり、さらなる追加調査を行いました。これらの掘削・ボーリング調査および地層の詳細調査などにより、K断層とG断層およびD－１破砕帯の活動時期と連続性について、データを拡充強化しました。この結果D－１破砕帯とK断層は活断層などではないこと、K断層は2号機原子炉方向に延びておらず、原子炉建屋直下のすべての破砕帯とも一連でないことの証拠がさらに補強されました。

敦賀発電所敷地図

D－１トレンチ内の地層状態





＜これまでの評価＞

D－1破砕帯（G断層）

〈活 動 性〉

活断層などではない。

D－1トレンチ北側ピットおよび1－1ピットにおいて、13万年前より古い地層（①層及び②層）に変位・変形を与えていないことを確認。

K断層

〈活 動 性〉

活断層などではない。

北西法面、原電道路ピットにおいて、１３万年前より古い地層（③層の上部）に変位・変形を与えていないことを確認。

〈連 続 性〉

K断層は２号機原子炉建屋の方向に延びておらず、D－1破砕帯（G断層）と一連ではない。

- 原電道路ピット付近でK断層がほぼ消滅していることを確認。
- ボーリング調査（計６本）の結果から、２号機側にはK断層と同じずれの破砕帯は一切ないことを確認。また、D－1破砕帯（G断層）は、K断層とずれの向きなどの性状が異なることを確認。

＜さらにデータを拡充強化＞

D－1破砕帯（G断層）

〈活 動 性〉

新たにピット調査などを実施し、活断層などでない証拠が更に補強された。

D－1トレンチ北側ピットおよび1－1ピットに加え、ふげん道路ピットにおいても、１３万年前より古い地層（①層）に変位・変形を与えていないことを確認。❶

K断層

〈活 動 性〉

新たに複数個所でピット調査などを実施し、活断層などでない証拠が更に補強された。

- 北西法面の追加調査（掘り込みによる追加観察、CTによる堆積状況の詳細観察）により、K断層が13万年前よりも古い地層（③層の上部）に変位・変形を与えていないことを、より明確に確認。❷
- 原電道路ピット、ふげん道路ピットのデータ拡充（地層の連続性調査、地層の変位・変形に関するデータ拡充）により、K断層が１３万年前よりも古い地層（③層の上部）に変位・変形を与えていないことを、より明確に確認。❸❹

〈連 続 性〉

新たに複数個所でボーリング調査やピット調査などを実施し、K断層は2号機原子炉建屋方向に延びておらず、D－1破砕帯（G断層）を含め原子炉建屋直下のすべての破砕帯とも一連ではない証拠が更に補強された。

- ふげん道路ピット中央付近より２号機側では、K断層は確認されない。❺
- 追加ボーリング調査（今回４本追加）の結果から、２号機側にはK断層［逆断層］と同じずれの破砕帯が一切ないことを、より明確に確認。また、D－1破砕帯（G断層）［正断層］を含め原子炉建屋直下のすべての破砕帯は、K断層とずれの向きなどの性状が異なることを、より明確に確認。❻

※1「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(2006年9月19日原子力安全委員会)における記載。2013年7月8日施行の「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」では、「後期更新世以降(12～13万年前以降)の活動が否定できない断層」を含めて「将来活動する可能性のある断層等」と記載されています。

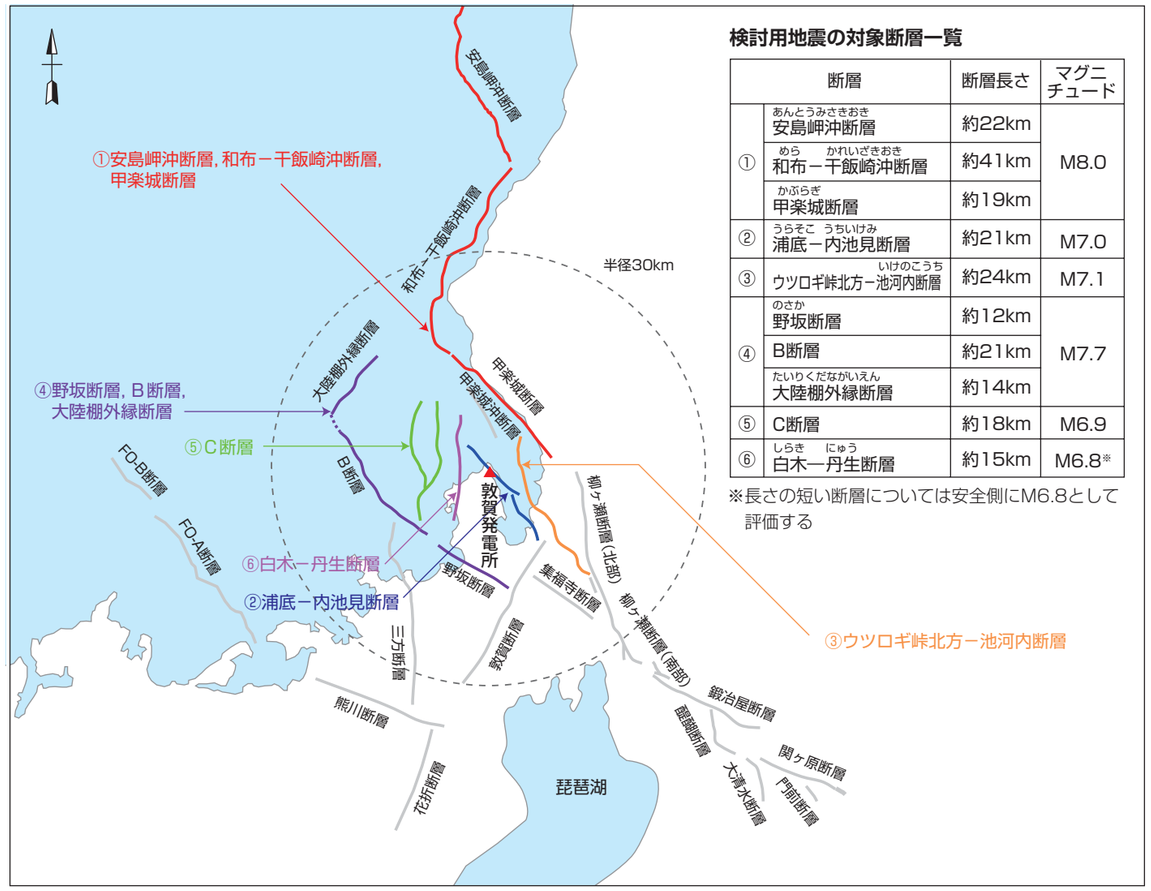
※本頁では「将来活動する可能性のある断層など」を「活断層など」と記載している。

地震対策

当社が実施した地質調査の結果、安全上重要な建物などの設置位置には、活断層がないことを確認しました。
東北地方太平洋沖地震の知見などを踏まえ、発電所周辺の活断層の評価を行い建屋や設備などの設計の基本となる揺れの大きさ(基準地震動)を800ガル*に設定しました。また、基準地震動に対して、地盤が重要な建屋を十分に支えることができることを確認しました。
さらに、重要な設備の安全機能が損なわれない設計であることを確認するとともに、地震対策を継続して行います。
＊ガル:地震によって地盤や建物に加えられる揺れの大きさ(加速度)を示すもの(単位:1ガル=0.01m/s^2)

●基準地震動の評価

基準地震動の評価に用いた断層は以下の①～⑥です。



検討用地震の対象断層一覧

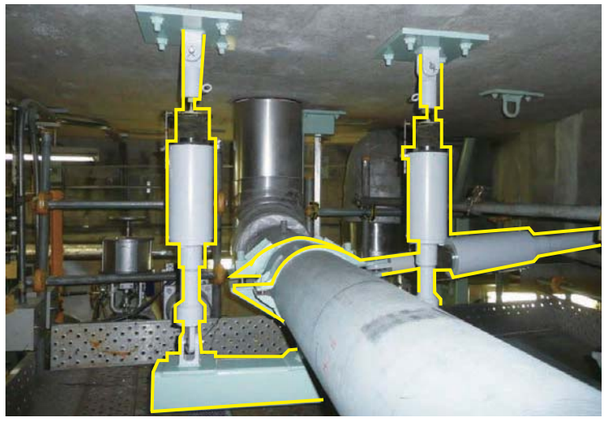
	断層	断層長さ	マグニチュード
①	安島岬沖断層	約22km	M8.0
	和布－干飯崎沖断層	約41km	
	甲楽城断層	約19km	
②	浦底－内池見断層	約21km	M7.0
③	ウツロギ峠北方－池河内断層	約24km	M7.1
④	野坂断層	約12km	M7.7
	B断層	約21km	
	大陸棚外縁断層	約14km	
⑤	C断層	約18km	M6.9
⑥	白木－丹生断層	約15km	M6.8※

※長さの短い断層については安全側にM6.8として評価する

(イメージ図)

●重要配管などのサポート強化

耐震裕度を一層向上させるため、必要に応じて配管サポートなどの支持構造物を補強します。

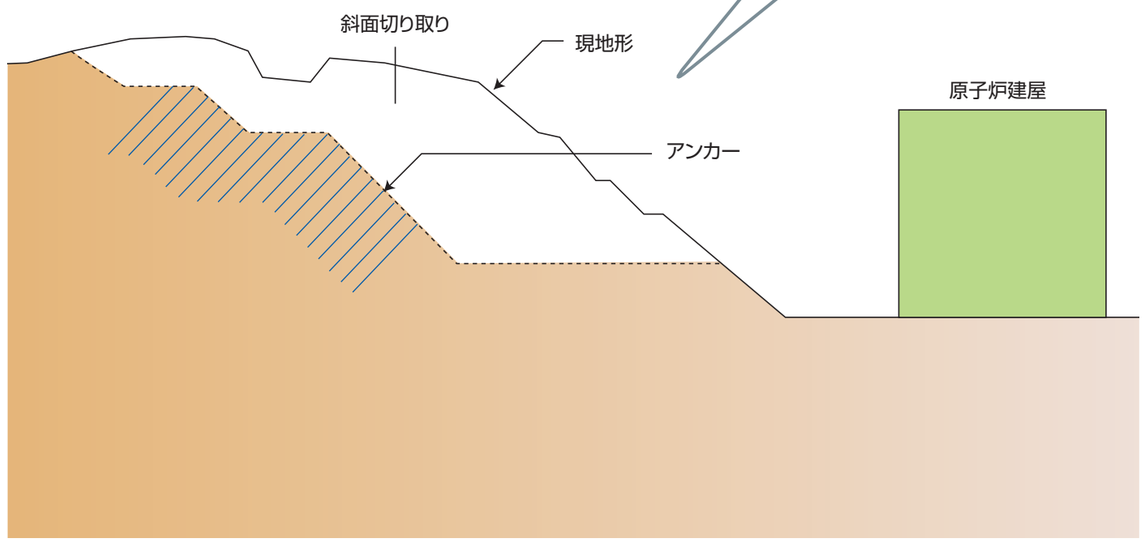


原子炉建屋内の重要配管へのサポート設置(例)

●斜面の安全性向上対策

原子炉建屋などの重要施設に近い斜面の安定性を向上させるため、切取や補強工事(アンカーなど)を実施します。

地滑り対策工事の施工状況(イメージ)



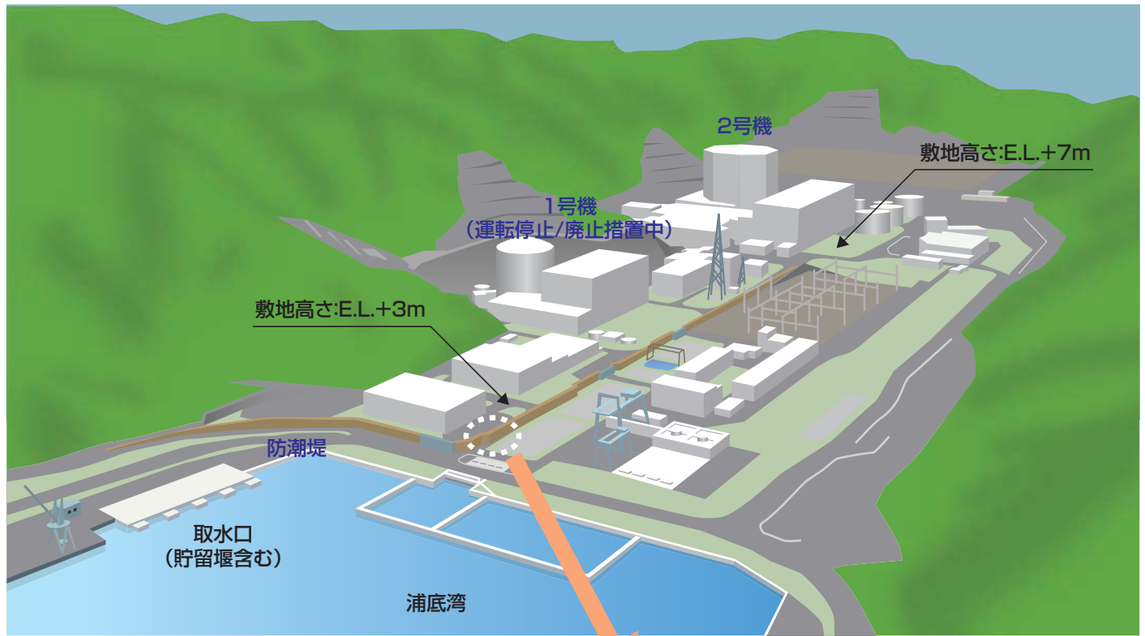
2号機西側斜面の地滑り対策(イメージ図)

津波対策

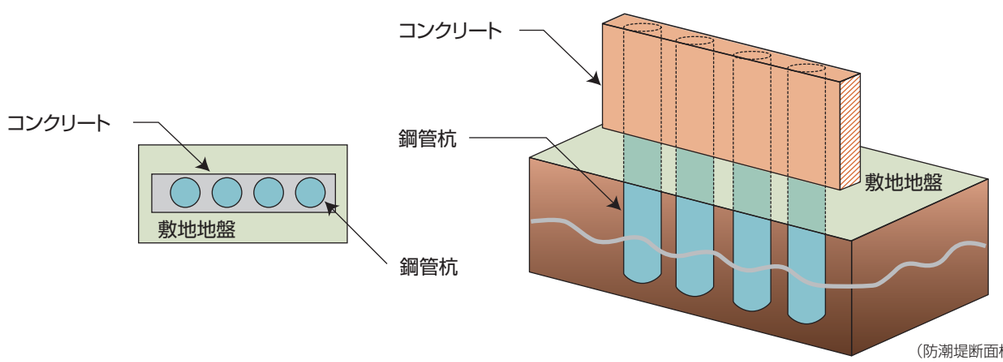
最新の科学的・技術的知見を踏まえ、敦賀発電所が想定している津波の高さ（基準津波）を策定した結果、敷地前面での最高水位が約４．４mとなります。
基準津波に対して、重要な施設の安全性が損なわれることがないように、敷地の海側に標高約7m、敷地内に標高約6mの防潮堤を設置するなどの対策を行います。
これに加え、津波により電源盤や蓄電池などの安全上重要な設備に海水が流入しないように、水密扉に取り替えるなど対策の多重化を図っています。

●防潮堤を設置予定

津波による発電所周辺の重要設備（機器）への浸水を防ぐため、敦賀発電所が想定している津波の高さ（約４．４m）から余裕を考慮した高さの防潮堤を設置します。



（イメージ図）



（防潮堤断面構造イメージ図）

●津波防護の多重化

【例】
原子炉建屋の地下階の扉へ閉止板設置
タービン建屋と隣接する原子炉建屋及び原子炉補助建屋の地下階の扉を閉止板により閉鎖することにより、タービン建屋からの原子炉建屋への水漏れを防止します。

●水密扉を設置済

開放状態

閉止状態

内部溢水・自然現象・火災・電源の信頼性の対策

内部溢水に対する対策

原子炉施設内において配管が破損し水があふれた場合（溢水）でも、安全機能が損なわれないように、浸水防止堰を設置するなどの対策工事を行っています。

浸水防止堰を設置済

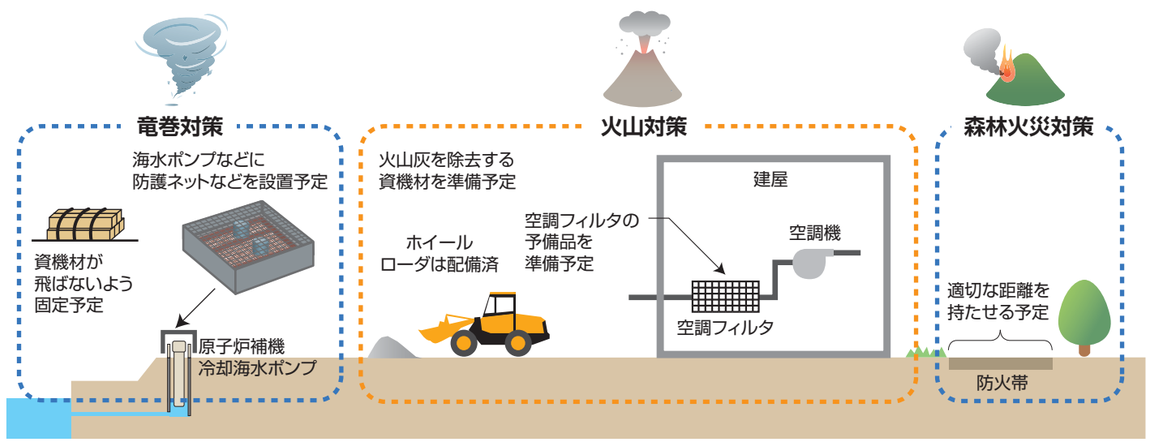
自然現象に対する対策

【竜巻】
最大風速100m/秒の竜巻による風圧や飛来物から、重要な施設（海水ポンプなど）を守る対策や、資機材が飛ばないよう固定する対策を行います。

【森林火災】
発電所敷地と周辺森林との間に距離（防火帯）を持たせることで、発電所敷地内への森林火災の延焼を防止します。

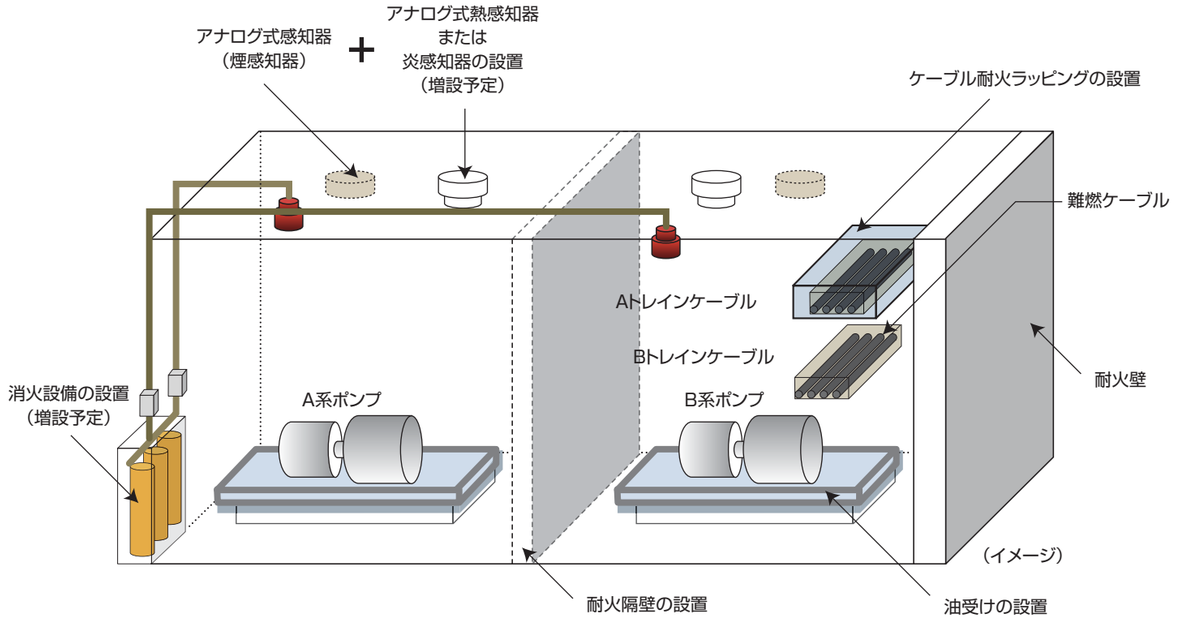
【火山】
発電所から半径160km圏内の火山を評価した結果、設計による対応が難しい火山現象（火砕流など）が発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低いことを確認しました。
また、火山灰が降下した場合（堆積厚さを最大10cmと評価）に備え、火山灰を除去する資機材を準備するとともに、空調フィルタの予備品を準備します。

〈主な対策予定〉



火災に対する対策

火災の発生を防止する対策、火災を感知し消火する対策および火災の影響を軽減する対策を強化します。



電源の信頼性

外部からの電力供給が同時に停止することのないように、異なる変電所に送電線を接続します。

その他設備の対策

緊急時の対応の拠点として、耐震性、遮へい設計、換気空調設備などにより、重大事故の発生時でも機能を維持できる緊急時対策所を設置します。
また、可搬型の大型ポンプなどの設備は、地震・津波やテロなどによる影響を考慮し強固な岩盤に掘ったトンネルの中に保管します。

重大事故(シビアアクシデント)などの対策

炉心損傷や格納容器の破損などの重大事故に備えた対策(炉心の損傷防止対策・格納容器の破損防止対策)をさらに強化しています。万一重大事故が発生した場合でも、放射性物質の放出による周辺環境への影響をできるだけ緩和するための対策(放射性物質の拡散抑制対策)も行っています。

〈重大事故対策の概要〉

福島第一原子力発電所の事象経過

原子炉などの冷却に必要な電源を失う ▶ 原子炉などへ冷却水を給水する機能を失う ▶ 原子炉で発生した水素が格納容器から漏れ原子炉建屋内に充満し、水素爆発が発生

敦賀発電所の対策(例)

電源の確保対策

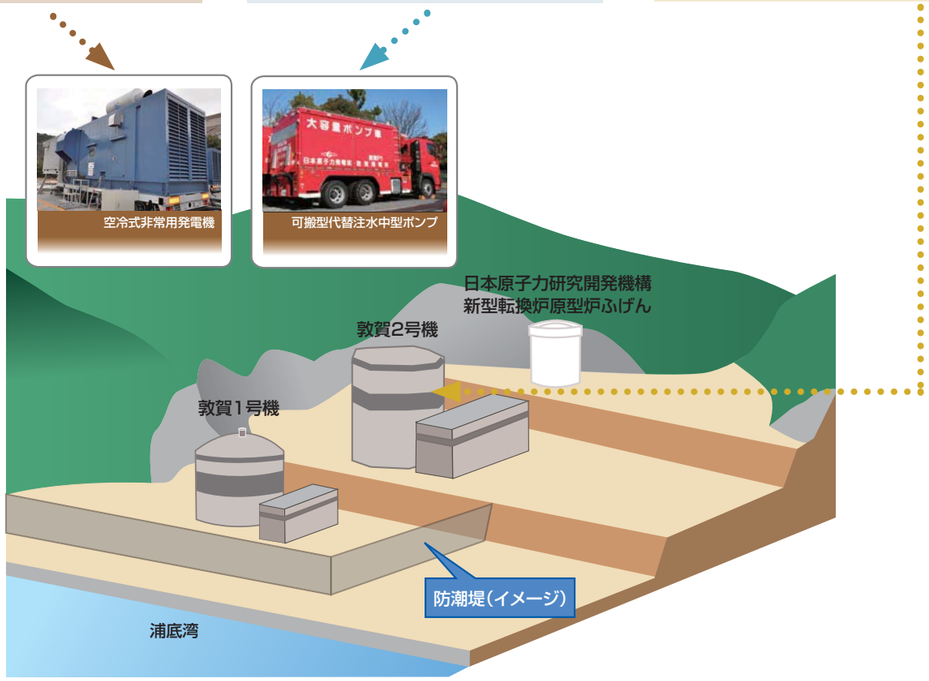
電源装置を設置することで、緊急時に必要な電源を確保 (P.14)

冷却水の供給手段の多様化対策

可搬型ポンプを配備することで、電源がなくても原子炉などへ冷却水を供給可能 (P.15)

格納容器の破損防止・放射性物質の拡散抑制対策

格納容器内の水素を取り除くため、水素を酸素と結合させる装置を設置 (P.16)



電源の確保対策

外部電源および非常用ディーゼル発電機による電源が確保できない場合でも、原子炉や使用済燃料ピットを冷却するためのポンプや計測装置などに必要な電力を供給できるよう、空冷式の非常用発電機と電源車を津波の影響を受けない場所に配備するとともに、所内電源盤とつなぐ電源ケーブルなどを敷設します。

●空冷式非常用発電機の配備

運転訓練の様子

●電源車の配備

ケーブル敷設訓練の様子

重大事故(シビアアクシデント)などの対策

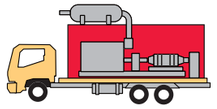
冷却水の供給手段の多様化対策

緊急時に原子炉の冷却機能がすべて使えなくなった場合や使用済燃料ピットが冷却できなくなった場合に備え、津波の影響を受けない場所に可搬型代替注水中型ポンプなどを配備し、冷却に必要な水源となるタンクに淡水や海水を補給し、冷却することができるようにしました。
さらにこれらに加え、別の注水ルートとして専用配管を新たに設置し、屋外から原子炉を冷却する設備や使用済燃料ピットに直接注水して冷却することができるようにします。

●大容量ポンプの配備

●代替の注水装置を設置予定

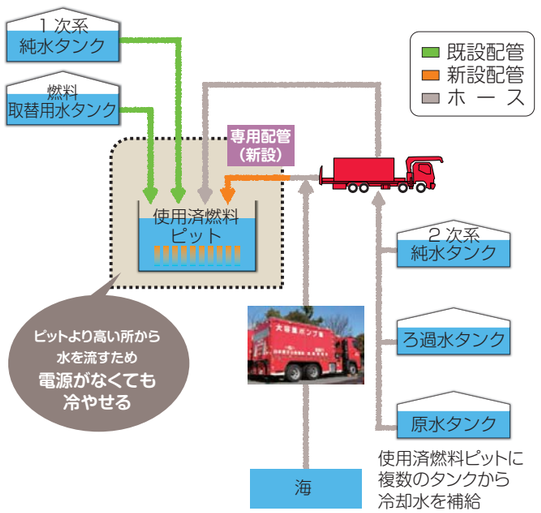
冷却水を原子炉などへ送る既存のポンプのバックアップとして代替の注水装置(低圧)も設置します。



可搬型低圧代替注水ポンプ

●使用済燃料ピットの冷却機能の確保

すべての電源がなくなっても、使用済燃料ピットの冷却に必要な水を確保できるようにしました。



●可搬型代替注水中型ポンプを配備済・原子炉や使用済燃料ピットへの専用配管を設置

大容量ポンプ車などから、直接原子炉や使用済燃料ピットに冷却水を供給できる専用配管を設置します(一部設置済)。

可搬型代替注水中型ポンプ

専用配管へのホースつなぎ込み訓練

格納容器の破損防止・放射性物質の拡散抑制対策

福島第一原子力発電所で発生した原子炉建屋の破損は、格納容器から建屋内に漏れて充満した水素が爆発したことが原因でした。
そのため、格納容器内の水素を取り除く装置(水素再結合装置)を設置しました。
さらに、原子炉建屋が万一破損した場合に備え、大型ポンプからの水を破損部へ放水して放射性物質の拡散抑制を図るため、可搬型放水装置を配備するとともに、海洋への拡散抑制設備も配備します。

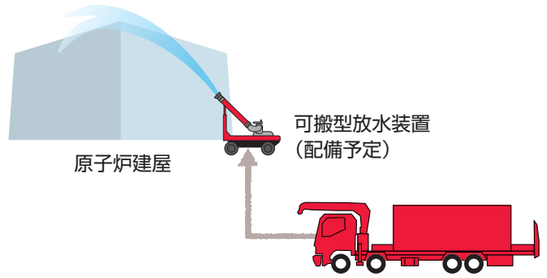
●水素への対策

格納容器内の水素を取り除く装置(水素再結合装置)を設置しました。また、格納容器内の水素濃度の状況を監視するために、水素濃度計測装置を設置します。

水素再結合装置

●放射性物質の拡散抑制対策

原子炉建屋が万一破損した場合に、破損部へ放水することで、放射性物質の環境への放出を抑制します。



可搬型代替注水大型ポンプ

意図的な航空機衝突への対応

意図的な航空機衝突などにより炉心損傷が発生した場合においても、新たに配備する可搬型代替注水大型ポンプ、可搬型放水装置、泡消火薬剤などを用いて、格納容器への放水、大規模火災の消火などを行い、敷地外への放射性物質の放出を抑制します。また、バックアップの制御室や電源・水源を備えた施設(特定重大事故等対処施設)を設置します。

体制面・運用面の対策

●緊急時の対策要員の確保および各種訓練の実施

従来の緊急時の対策要員に加え、電源・水源確保の対応要員を24時間体制で発電所近傍に常時待機させており、万一の場合には直ちに現場に出動して対応にあたります。
また、発電所の災害対策を支援するための施設を敦賀市内に置き、必要な資機材を配備するとともに、緊急時の対応要員の移動手段の多様化としてヘリコプターの優先契約の手続きを実施しました。
緊急時の対応の拠点として、耐震構造で放射線対策を施した緊急時対策所を設置するとともに、緊急時に発電所内外との通信手段となる衛星電話やトランシーバー、高い放射線の環境下でも作業できるよう放射線を遮へいする防護服、がれきを撤去するための重機（ホイールローダ）なども配備しました。
さらに緊急時の対応要員が緊急時対策用に配備した資機材を確実に使えるよう、電源車の操作訓練やポンプを用いた復水タンクへの給水訓練などの各種訓練を、夜間・休日の発生も想定し、継続して実施しています。

電源車の遠隔起動操作訓練

送水訓練

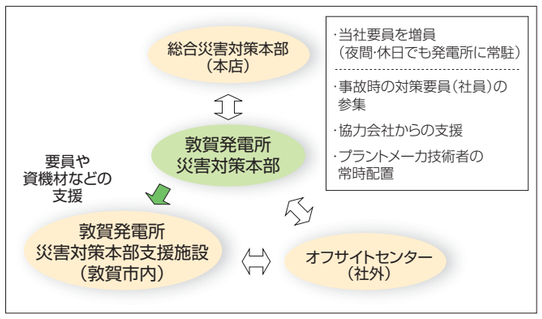
電源確保訓練

夜間訓練

●緊急時対応の多様化

要員移送用ヘリコプター（イメージ）

●原子力災害時の初動体制などの強化



緊急時の対応体制と発電所の支援体制の強化

災害対策本部における対応訓練の実施

災害対策本部長（発電所長）による指示

ホイールローダによるがれき撤去訓練

復水タンクへの給水訓練