

# 当社原子力発電所における 安全性・信頼性向上への取組みについて

平成24年9月21日  
九州電力株式会社

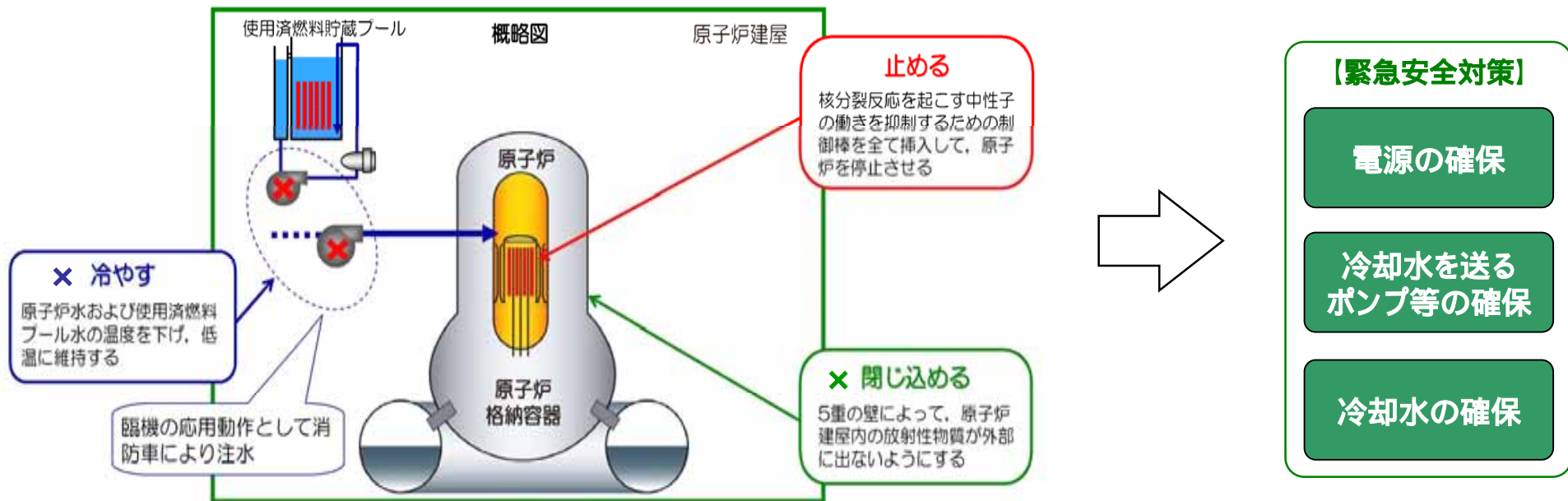
# 目次

1 . 福島第一原子力発電所の事故概要	2
2 . 原子力の安全確保	3
3 . 緊急安全対策等の実施状況	6
3 - 1 当社原子力発電所における津波に対する安全対策について	
3 - 2 シビアアクシデントへの対応に関する措置の実施状況	
4 . ストレステスト一次評価結果[川内原子力発電所の例]	18
5 . 福島第一原子力発電所事故の技術的知見（抜粋）	21
6 . 安全対策に係る国からの要求事項	22
6 - 1 国が示した3つの基準	
6 - 2 再起動に向けての手順	
7 . 当社原子力発電所の更なる安全性・信頼性向上への取組み	24
参考：地震・津波に対応するための各種訓練の実施について(川内の例)	28
用語等の説明	29

# 1. 福島第一原子力発電所の事故概要

原子力発電所の安全確保の基本は、原子炉を安全に「止める」、燃料を水で「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」ことです。

福島第一原子力発電所では、地震発生時に、原子炉を**止めることは成功**しましたが、その直後に起こった想定を上回る津波の影響で、非常用ディーゼル発電機や海水ポンプなどが冠水し、すべての電源を失うとともに、冷却用の水の供給もできなくなりました。このため、**燃料を冷やすことができず**、最終的には**放射性物質を閉じ込められなくなる**という、事故に至りました。



## 2. 原子力の安全確保(1/3)

### 安全確保のための対策(概要)

- ◆ 東日本大震災のような地震・津波が起こり、原子力発電所に被害が生じた場合においても、「原子炉の燃料等の損傷」及び「放射性物質の放出」を防止するため、設備面の対策を講じました。
- ◆ また、事故発生時を想定した訓練の実施、手順書の整備等のソフト面の対策にも取り組んでいます。
- ◆ 今後、福島第一原子力発電所の事故に関して、新たな知見が得られた場合も、迅速・的確に反映してまいります。

## 2. 原子力の安全確保(2/3)

### 緊急安全対策等の取組み(概要)

当社は福島第一原子力発電所事故を踏まえて、従来の安全対策に加え、さまざまな安全対策を進めています。今後も、原子力発電所の安全が確保できるよう安全対策に取り組むとともに、新たな知見が得られれば、迅速かつ適切に反映してまいります。

#### 【(a)緊急安全対策の実施】(詳細：P6～P11)

福島第一事故を踏まえた国の指示(H23.3.30)を受け、津波により3つの機能(全交流電源、海水冷却機能、使用済燃料ピットの冷却機能)を失ったとしても炉心損傷や使用済燃料の損傷を防止できるよう、直ちに安全対策(高压発電機車の配備、仮設ポンプ・ホースの配備等)を実施し、国から適切であるとの評価を受けました。(H23.4.15報告・公表、H23.5.6国が評価)

#### 【(b)シビアアクシデント対策の実施】(詳細：P12～P17)

福島第一事故を踏まえた国の指示(H23.6.7)を受け、万一シビアアクシデント(炉心の重大な損傷等)が発生した場合でも迅速に対応するための措置のうち、直ちに取組むべき措置を実施し、国から適切であるとの評価を受けました。(H23.6.14報告・公表、H23.6.28国が評価)

#### 【(c)総合評価(ストレステスト)の実施】(詳細：P18～P20)

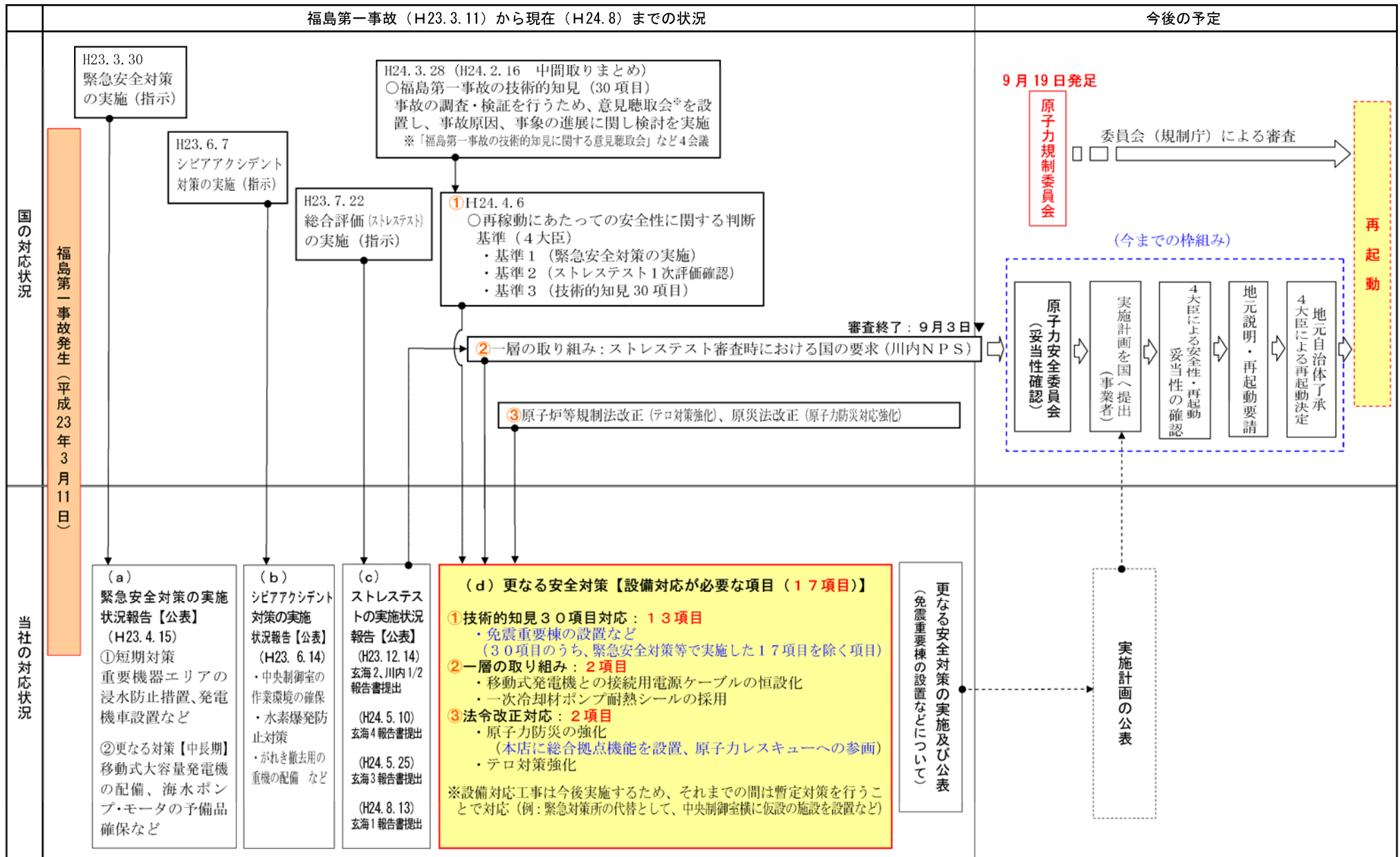
国からの指示(H23.7.22)に基づき、設計上の想定を超える地震や津波等に対し、原子力発電所がどこまで耐えられるかの安全裕度を評価しました。当社全プラントについて、一次評価結果報告書を提出済みです。(H24.9.3川内1/2号機について国が審査結果を取りまとめ、公表)

#### 【(d)更なる安全対策】(詳細：P24～P27)

原子力安全・保安院がストレステスト(一次評価)の審査において一層の取組みを求めた事項及び東京電力(株)福島第一原子力発電所事故の技術的知見に関する意見聴取会での議論を踏まえてとりまとめた報告書で示した30項目の安全対策について、当社として更なる安全性・信頼性向上のための取組みを実施しています。

# 2. 原子力の安全確保(3/3)

## 【国から指示に対する緊急安全対策等の取組み状況】



### 3. 緊急安全対策等の実施状況

平成23年3月30日： 経済産業大臣からの指示文書受領  
「平成23年福島第一・第二原子力発電所事故を踏まえた他の発電所の緊急安全対策の実施について」

平成23年4月15日： 国へ実施状況を報告

平成23年5月6日： 国が、当社の実施状況について、適切であると評価

#### (1) 緊急安全対策

電源の確保【高圧発電機車の配備】

給水源の確保【仮設ポンプ・ホースの配備】

使用済燃料ピットの冷却機能確保【仮設ポンプ・ホースの配備】

これらを迅速かつ確実に実施できるよう手順書や体制を整備するとともに、各種訓練等を実施。

#### (2) 更なる安全向上対策

電源の確保【移動式大容量発電機の配備】

海水ポンプ等の予備品確保【海水ポンプ及びモータの予備品の確保】

重要機器エリアの防水対策【海水ポンプエリア等の防水対策】

水源の信頼性向上【タンクの津波等に対する補強】

### 3 - 1 当社原子力発電所における津波に対する安全対策について(1/5)

#### 電源の確保【高圧発電機車、移動式大容量発電機の配備】

高圧発電機車



機器の操作や監視を行う中央制御室等に電気を供給するため、高圧発電機車を配備。

移動式大容量発電機



全交流電源を喪失した場合に、海水を使った熱交換による冷却を行うポンプ等の電源を確保するため、移動式大容量発電機を各原子炉に1台ずつ導入。



## 3 - 1 当社原子力発電所における津波に対する安全対策について(2/5)

給水源の確保【仮設ポンプ・ホースの配備】

使用済燃料ピットの冷却機能確保【仮設ポンプ・ホースの配備】



原子炉や使用済燃料貯蔵プールの冷却を長期間行えるよう、冷却水を補給する仮設ポンプ・仮設ホースを配備。原子炉をより冷やすための大容量の仮設ポンプも追加配備。

### 3 - 1 当社原子力発電所における津波に対する安全対策について(3/5)

#### 海水ポンプ等の予備品確保【海水ポンプ及びモータの予備品の確保】



海水ポンプ用モータ予備品

海水による熱交換によって原子炉や使用済燃料プール内の燃料を冷やすために使用する海水ポンプ及び海水ポンプ用モータが損傷した場合に備え、予備品を各原子炉に1台ずつ確保。

モータ予備品：平成24年3月24日 配備済み

ポンプ予備品：平成26年度初めまでに配備完了

### 3 - 1 当社原子力発電所における津波に対する安全対策について(4/5)

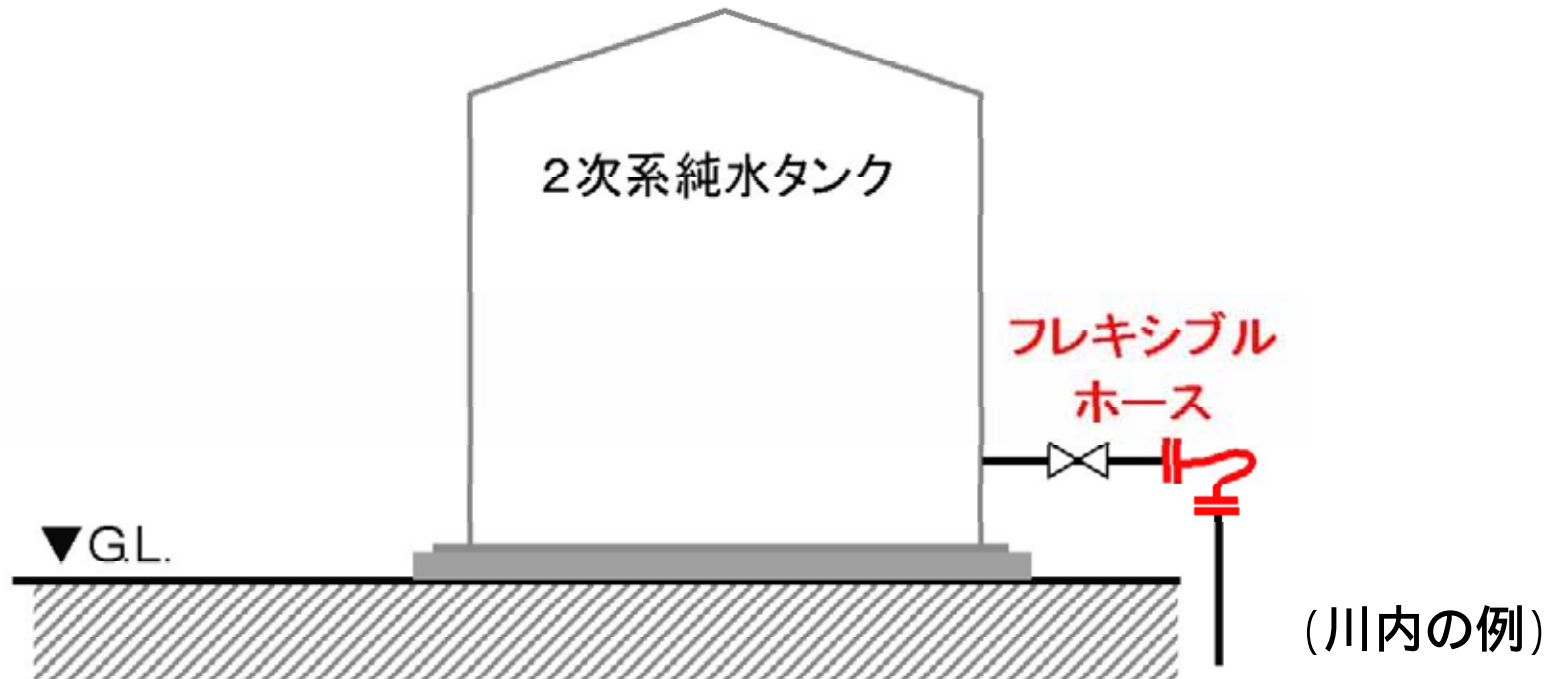
#### 重要機器エリアの防水対策【海水ポンプエリア等の防水対策】



海水ポンプやタービン動補助給水ポンプ等の安全上重要な機器を津波から守るため、これらを設置しているエリアの扉やシャッターの水密扉への取替え等を実施する。

### 3 - 1 当社原子力発電所における津波に対する安全対策について(5/5)

#### 水源の信頼性向上【タンクの地震等に対する補強】



原子炉や使用済燃料貯蔵プール内の燃料を冷やすための代替水源となる水タンクを地震等から守るため、補強工事を実施。

## 3 - 2 シビアアクシデントへの対応に関する措置の実施状況(1/6)

平成23年6月 7日： 経済産業大臣からの指示文書受領

「平成23年福島第一原子力発電所事故を踏まえた他の原子力発電所におけるシビアアクシデントへの対応に関する措置の実施について」

平成23年6月14日： 国へ実施状況を報告

平成23年6月18日： 国が、当社の実施状況について、適切であると評価

中央制御室の作業環境の確保

緊急時における発電所構内通信手段の確保

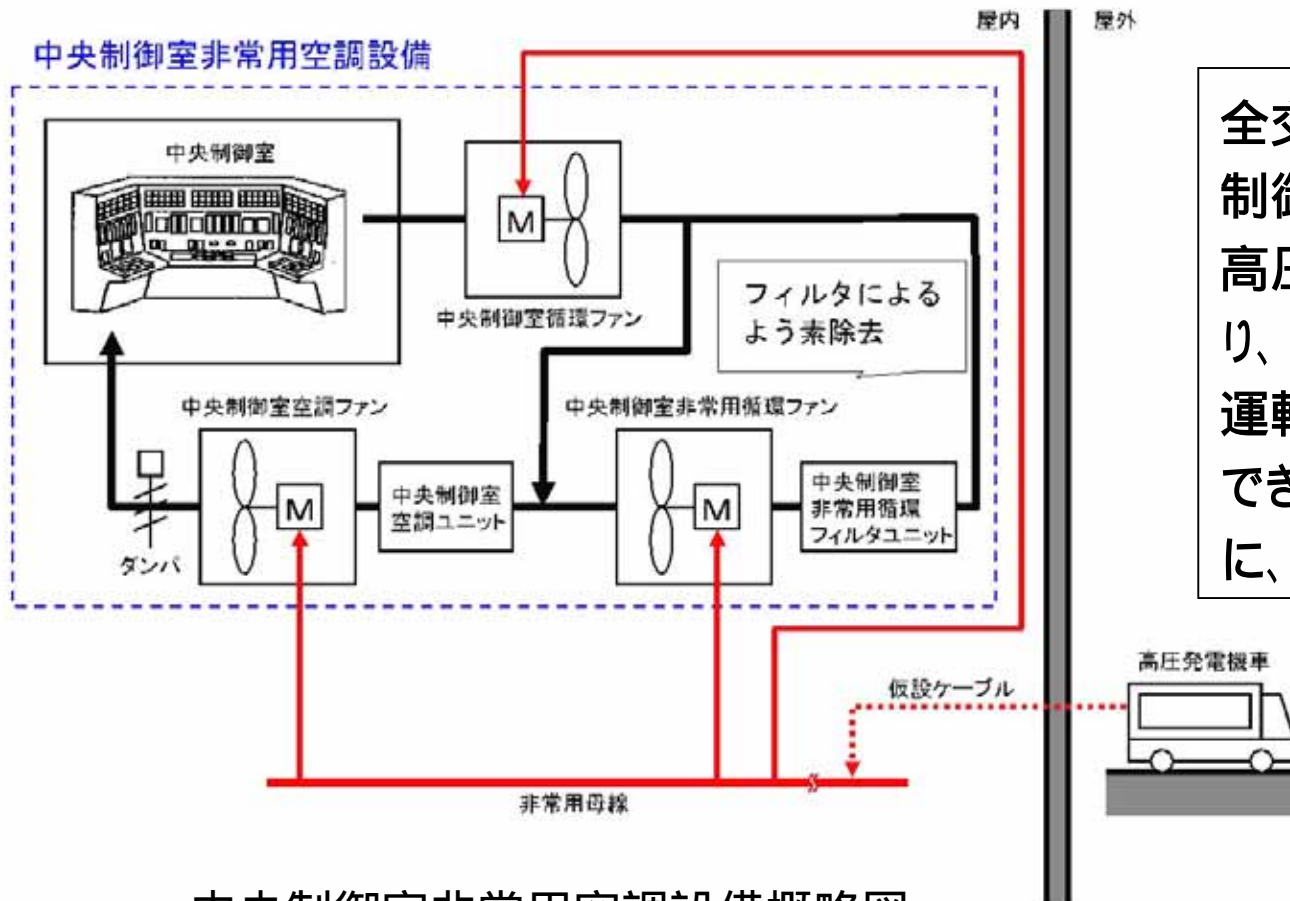
高線量対応防護服等の資機材の確保及び放射線管理のための体制の整備

水素爆発防止対策

がれき撤去用の重機の配備

## 3 - 2 シビアアクシデントへの対応に関する措置の実施状況(2/6)

### 中央制御室の作業環境の確保



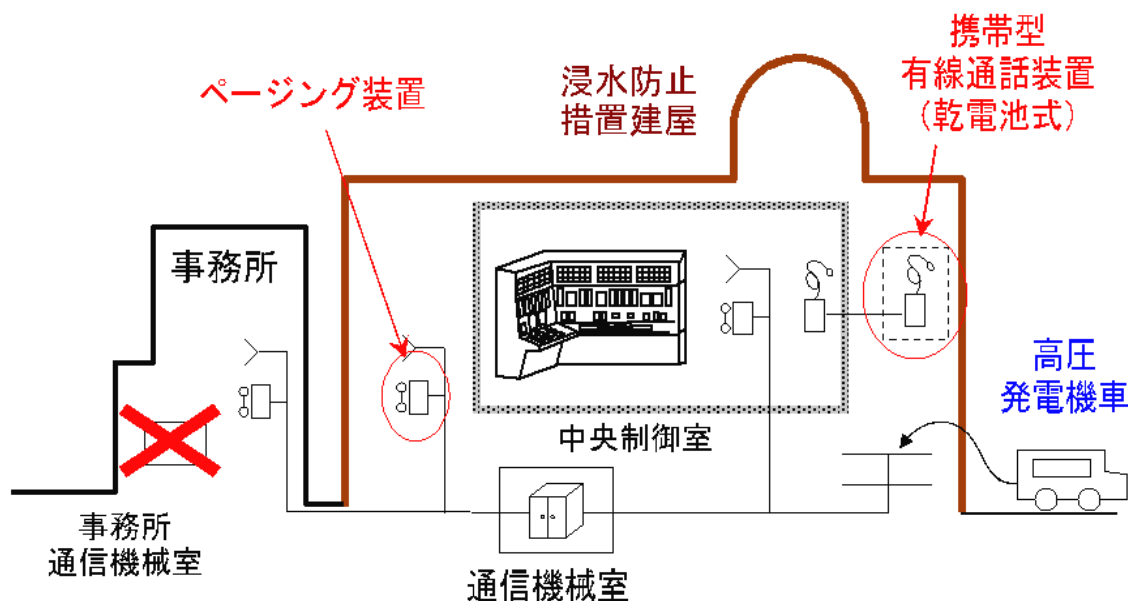
全交流電源喪失時において、中央制御室の作業環境を確保するため、高圧発電機車からの電源供給により、中央制御室非常用空調設備を運転し、中央制御室内の空気を浄化できるように手順書を整備するとともに、訓練を実施。

中央制御室非常用空調設備概略図  
(玄海原子力発電所3, 4号機の例)

## 3 - 2 シビアアクシデントへの対応に関する措置の実施状況(3/6)

### 緊急時における発電所構内通信手段の確保

- ・ 高圧発電機車よりページング装置に電源を供給
- ・ 携帯型有線通話装置（乾電池式）を配備



地震・津波による長時間の全交流電源喪失や浸水

緊急時における通信手段

(玄海原子力発電所3, 4号機の例)

- ・ 発電所構内の通信手段として配備しているページング設備は、全交流電源喪失が発生した場合でも各設備が有している蓄電池により一定期間の通信機能の確保は可能であるが、長期間の通信機能を確保するため、高圧発電機車から電源を供給。
- ・ また、緊急安全対策で操作する安全上重要な機器があるエリアにおいては、携帯型有線通話装置(乾電池式)を用いることにより通話が可能。

## 3 - 2 シビアアクシデントへの対応に関する措置の実施状況(4/6)

### 高線量対応防護服等の資機材の確保及び放射線管理のための体制の整備



(例) 高線量対応防護服  
(タングステン入り)  
重量: 約9.1kg  
遮へい能力: 約20%  
配備数: 玄海20着、川内10着

高線量対応防護服(例)

#### 高線量対応防護服の配備

放射線防護をより確実なものとするため、高線量対応防護服(タングステン入り)を配備。

#### 原子力事業者間での相互融通の確立

高線量対応防護服や個人線量計などの資機材についても、必要に応じ原子力事業者間で相互融通できる仕組みを確立している。

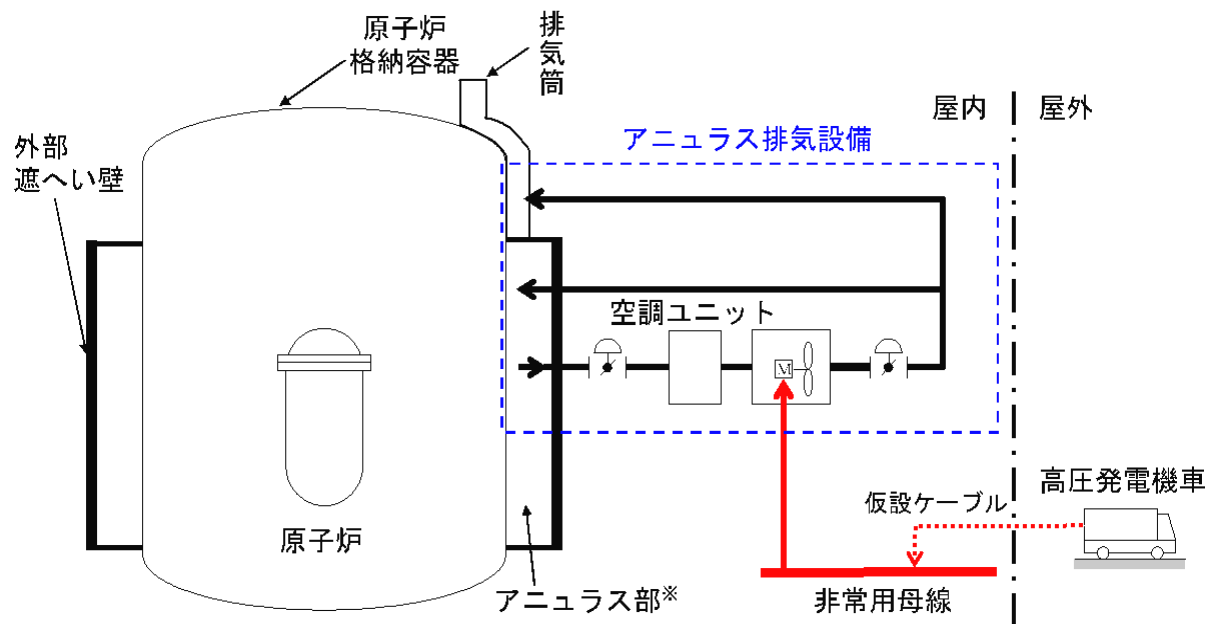
#### 緊急時の放射線管理要員の拡充

緊急時に放射線管理を行う要員については、従来から本店や他の原子力発電所から応援できるように定めているなど体制を整備している。



## 3 - 2 シビアアクシデントへの対応に関する措置の実施状況(5/6)

### 水素爆発防止対策



※アニュラス部：外部遮へい壁と原子炉格納容器の間にある密閉された円筒状の空間。事故時にアニュラス排気設備で原子炉格納容器から漏えいした空気を浄化する。

### アニュラス排気設備

・万一、炉心損傷等により生じる水素が、原子炉格納容器外で多量に滞留することを防止するため、全交流電源喪失時において、高圧発電機車からの電源供給により、アニュラス排気設備を用いて水素を放出する手順書を整備するとともに、訓練を実施。

・また、更なる安全性向上を目的として、原子炉格納容器内の水素を低減する設備(静的触媒式水素再結合装置等を検討)を3年程度で設置する。

## 3 - 2 シビアアクシデントへの対応に関する措置の実施状況(6/6)

### がれき撤去用の重機の配備



ホイールローダ

・緊急安全対策に使用する高圧発電機車等の通行障害となるがれき等の排除については、既に配備したフォークリフトにより可能であるが、更なる効率化を図るため、ホイールローダを配備。

## 4. ストレステスト一次評価結果[川内原子力発電所の例](1/3)

### 安全性の確認・評価結果

- ◆ 緊急安全対策を講じる以前においても、ある程度想定を超える地震に対して従来の冷却設備により、燃料を冷却することが可能  
さらに想定を超える地震に対しても、仮設ポンプ・高圧発電機車を配備した緊急安全対策により、確実に燃料を冷却することが可能
- ◆ 想定を超える津波高さにおいても、仮設ポンプ・高圧発電機車の配備、扉の水密性向上など緊急安全対策により、確実に燃料を冷却することが可能
- ◆ 全交流電源喪失、最終ヒートシンク喪失に対しても、緊急安全対策による電源確保及び水源確保により、外部からの支援を期待するのに十分な時間が確保でき、クリフエッジを回避することが可能

## 4. ストレストテスト一次評価結果[川内原子力発電所の例](2/3)

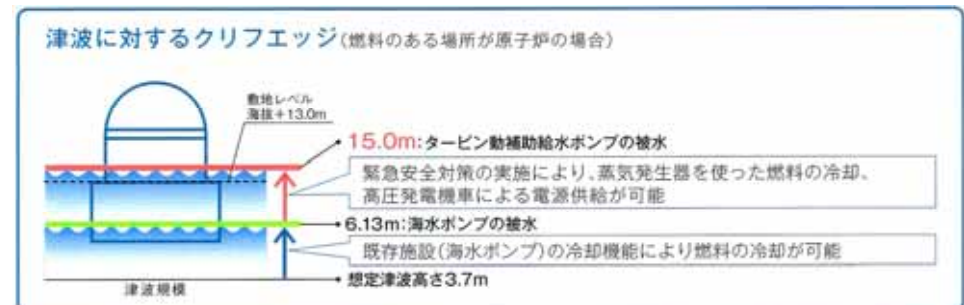
### 想定を超えるストレスに対する安全裕度

地震による揺れは基準地震動の1.86倍(1号機)・1.89倍(2号機)、津波の高さでは15mまで燃料を冷却する機能が維持されることを確認した。

評価項目	クリフエッジ 評価の指標	燃料の場所	クリフエッジ(耐久性の限界)	
			緊急安全対策前	緊急安全対策後 <sup>※1</sup>
地震	地震による機器の損傷により、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 <sup>※1</sup> (540gal)との比較	原子炉	1号機	約1.68倍(約907gal) ▶ <b>約1.86倍(約1004gal)</b>
			2号機	約1.75倍(約945gal) ▶ <b>約1.89倍(約1020gal)</b>
		使用済燃料 貯蔵プール	1号機	約1.68倍(約907gal) ▶ <b>約2.00倍(約1080gal)</b>
			2号機	約1.75倍(約945gal) ▶ <b>約2.00倍(約1080gal)</b>
津波	燃料の冷却手段が確保できなくなる津波高さ(想定津波高さ:3.7m)	原子炉	6.13m ▶ <b>15.0m</b>	
		使用済燃料 貯蔵プール	13.3m ▶ <b>33.0m</b>	

※1 基準地震動:原子力発電所周辺で起こると想定される最も大きな地震による揺れの大きさ。なお、gal(ガール)とは、地震による地盤や建物等の揺れの強さを表す加速度の単位

※2 地震と津波が同時に発生した場合もクリアエッジは同じであると評価



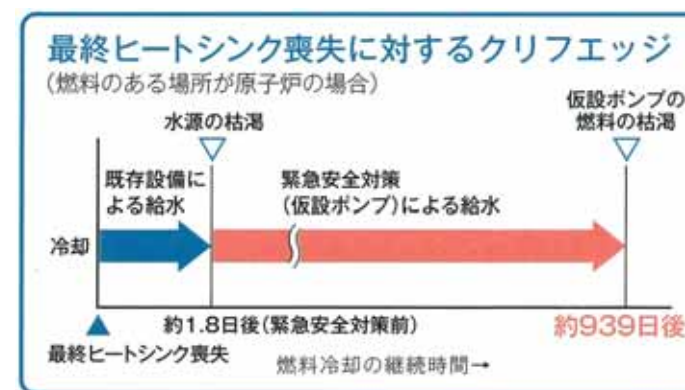
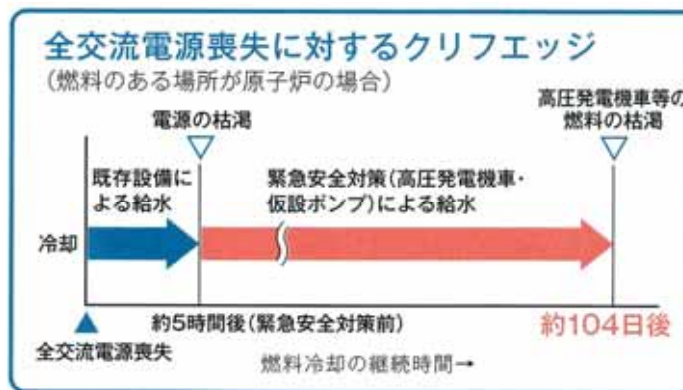
## 4. ストレステスト一次評価結果[川内原子力発電所の例](3/3)

### 外部の支援なしに燃料を冷やし続けられる時間

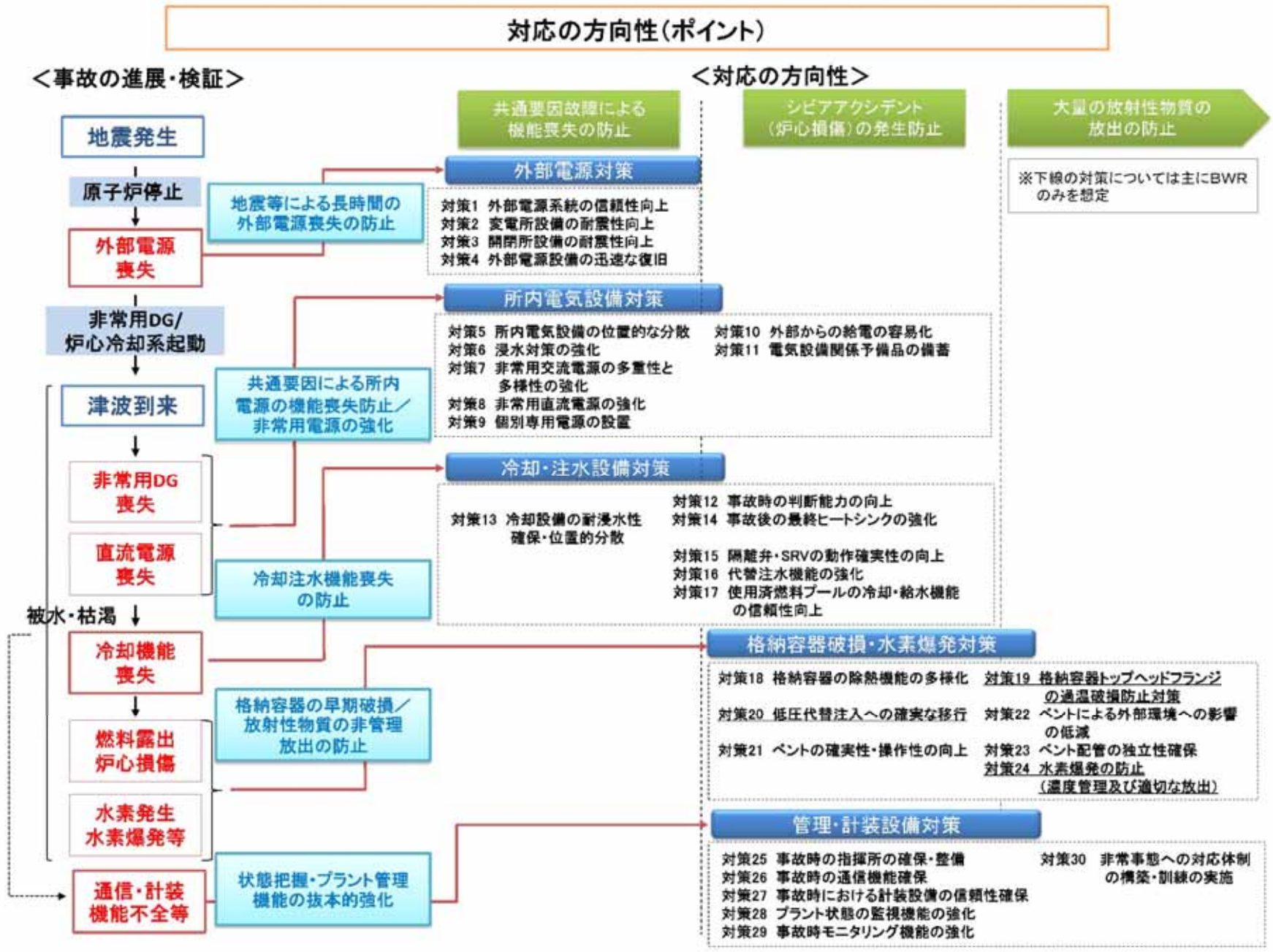
燃料を継続して冷やすことができ、外部からの支援を期待するのに十分な時間を確保できることを確認した。

評価項目	クリフエッジ 評価の指標	燃料の 場所	クリフエッジ	
			緊急安全対策前	緊急安全対策後
全交流 電源喪失	外部からの支援がない条件 で燃料の冷却手段が確保で きなくなるまでの時間	原子炉	約5時間後	▶ 約104日後
		使用済燃料 貯蔵プール		▶ 約104日後
原子炉		約1.8日後	▶ 約939日後	
使用済燃料 貯蔵プール				

※最終ヒートシンク喪失:燃料の冷却に必要な海水を取水できなくなること



# 5. 福島第一原子力発電所事故の技術的知見(抜粋) [平成24年3月28日 保安院公表]



## 6. 安全対策に係る国からの要求事項

### 6 - 1 国が示した3つの基準

福島第一事故を踏まえた当社原子力発電所の安全対策向上への取組みについては、「原子力発電所の再起動にあたっての安全性に関する判断基準」として国が示した3つの基準を満足する必要がある。

また、法制度改正による原子力防災・テロ対策の規制強化についても対応する必要がある。

基準1:地震・津波による全電源喪失という事象の進展を防止するための以下の安全対策が既に講じられていること。

所内電源設備対策の実施

格納容器破損対策の実施

冷却・注水設備対策の実施

管理・計装設備対策の実施

- ✓ 当社は、緊急安全対策及びシビアアクシデントへの対応について措置済み。

基準2:国が「東京電力・福島第一原発を襲ったような地震・津波が来襲しても、炉心及び使用済燃料ピットまたは使用済燃料プールの冷却を継続し、同原発事故のような燃料損傷には至らないこと」を確認していること。

- ✓ 当社は緊急安全対策により安全性が更に向上していることを確認し、全プラントについて、ストレステスト一次評価結果を国へ報告済み。
- ✓ 平成24年9月3日に原子力安全・保安院が川内1/2号機のストレステスト(一次評価)に係る審査を取りまとめ、公表。

基準3:以下に列挙される事項について、更なる安全性・信頼性向上のための対策の着実な実施計画が事業者より明らかにされていること。さらに、今後、新規制庁が打ち出す規制への迅速な対応に加え、事業者自らが安全確保のために必要な措置を見出し、これを不断に実施していくという事業姿勢が明確化されていること。

原子力安全・保安院によるストレステスト(一次評価)で一層の取組を求められた事項

東京電力・福島第一事故の技術的知見に関する意見聴取会「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」で示された30の安全対策

- ✓ 当社としては、現在、原子力発電所の更なる安全性・信頼性向上のための検討を鋭意進めているところ。  
(福島第一事故調査報告書(国会、政府等)の指摘・提言に基づく、設備・運用面、リスク・危機管理面、組織・企業風土面等の課題を抽出し、事業者として必要な対策を検討・実施する体制を整備)

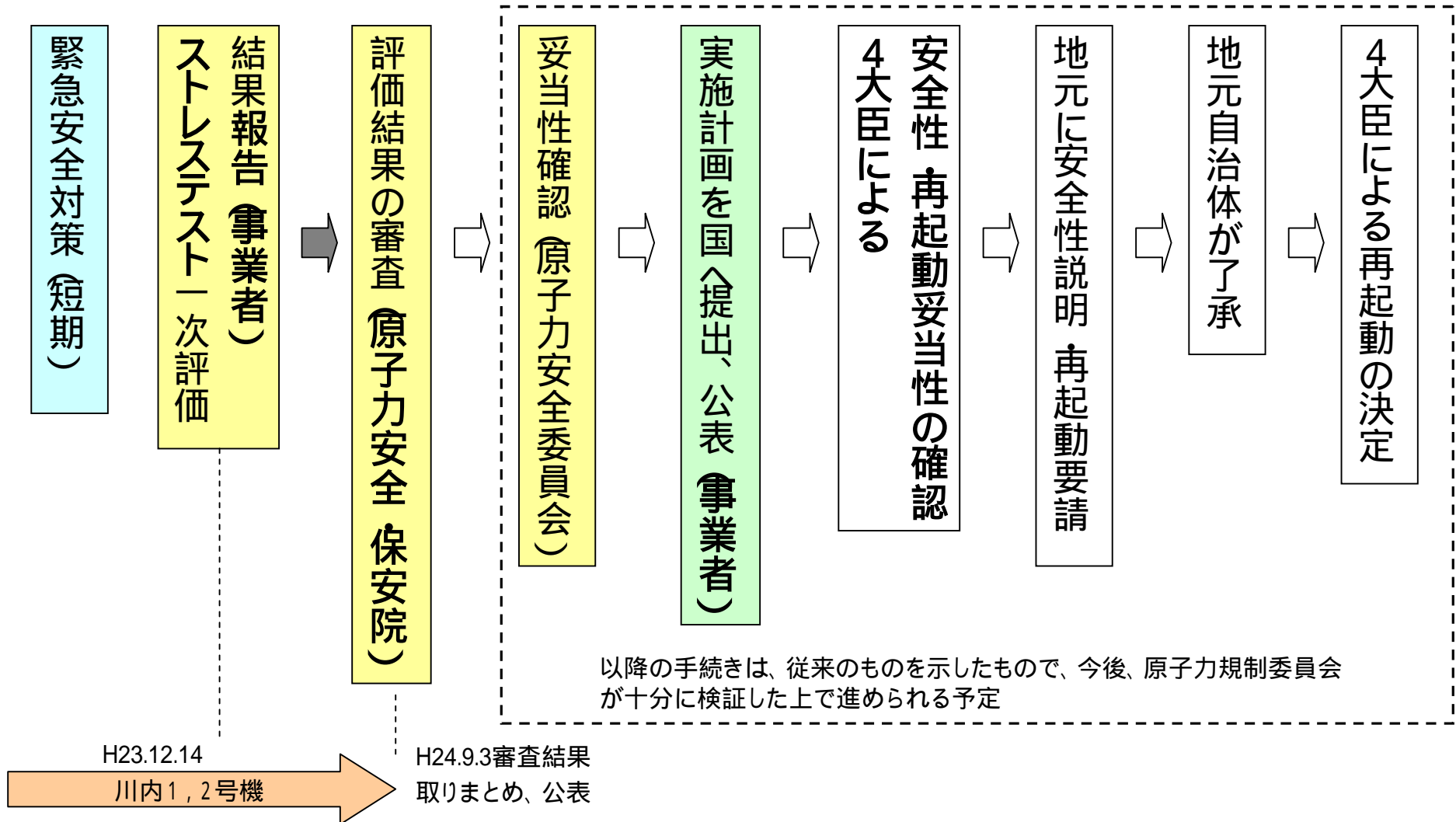
# 6. 安全対策に係る国からの要求事項

## 6 - 2 再起動に向けての手順

【基準1】

【基準2】

【基準3】

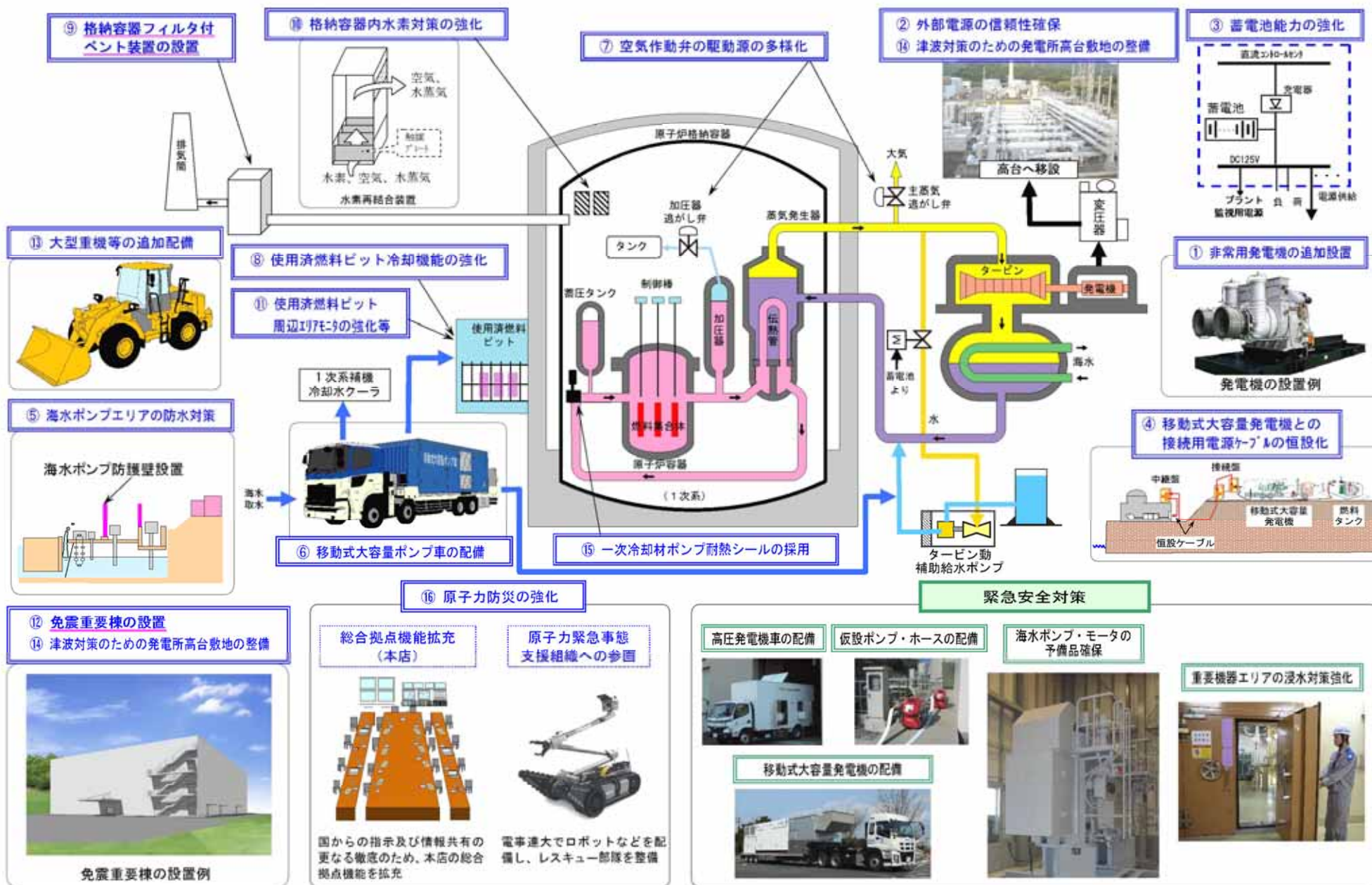




## 7. 当社原子力発電所の更なる安全性・信頼性向上への取組み(対策項目と内容)(1/4)

対策項目	内容
1. 電源設備対策	
非常用発電機の追加設置	空冷式の非常用発電機を追加設置
外部電源の信頼性確保	予備変圧器等を高台に移設
蓄電池能力の強化	プラント監視計器等の電源である蓄電池の容量増加等
移動式大容量発電機との接続用電源ケーブルの恒設化	高台に配備している移動式大容量発電機から接続先への電源ケーブルを恒設化
2. 冷却・注水対策	
海水ポンプエリアの防水対策	海水ポンプエリア周囲に津波の防護壁を設置
移動式大容量ポンプ車の配備	多目的に使える移動式の大容量ポンプ車を配備
空気作動弁の駆動源の多様化	原子炉冷却系に使用する空気作動弁の駆動源を多様化(窒素ガス)
使用済燃料ピット冷却機能の強化	仮設ポンプから使用済燃料ピットへの給水配管を恒設化
3. 格納容器破損防止対策	
格納容器フィルタ付ベント装置の設置	事故時の格納容器内圧上昇を抑制し、放射性物質の放出量を大幅に低減する装置を設置
格納容器内水素対策の強化	事故時の格納容器内の水素濃度を低減する触媒式水素再結合装置を設置
4. その他の対策	
使用済燃料ピット周辺エリアモニタの強化等	放射線監視装置の予備器を配備
免震重要棟の設置	免震構造で放射線管理機能を有する事故時の指揮所を設置
大型重機等の追加配備	ガレキ撤去用の大型重機等を追加配備
津波対策のための発電所高台敷地の整備	免震重要棟設置や予備変圧器等の移設のための高台敷地を整備
一次冷却材ポンプ耐熱シールの採用	改良型耐熱シールへ順次交換
原子力防災の強化(総合拠点機能拡充等)	電事連大の原子力緊急事態支援組織への参画や本店の総合拠点機能の拡充等
テロ対策の強化	防護壁の設置や侵入監視装置を強化

# 7. 当社原子力発電所の更なる安全性・信頼性向上への取組み(概要) (2/4)



※「⑩テロ対策の強化」は、核物質防護管理のため工事内容の図は、記載していません。

## 7. 当社原子力発電所の更なる安全性・信頼性向上への取組み(免震重要棟)(3/4)

### 1. 機能及び主要設備

#### (1) 機能

- ・免震構造で放射線管理機能を有する事故時の指揮所

#### (2) 主要設備

##### 専用電源設備

- ・専用の非常用発電機や蓄電池を設置

##### 放射線管理設備

- ・事故収束作業時の被ばく管理、環境放射線測定設備を設置

##### 放射線防護設備

- ・無窓の遮へい壁を有する建屋とし、よう素除去フィルタ付換気空調設備を設置

##### 通信・情報設備

- ・衛星通信設備、テレビ会議システムによる中央制御室や外部との通信設備を設置
- ・事故時プラントパラメータを収集・表示できる設備を設置

### 2. 構造

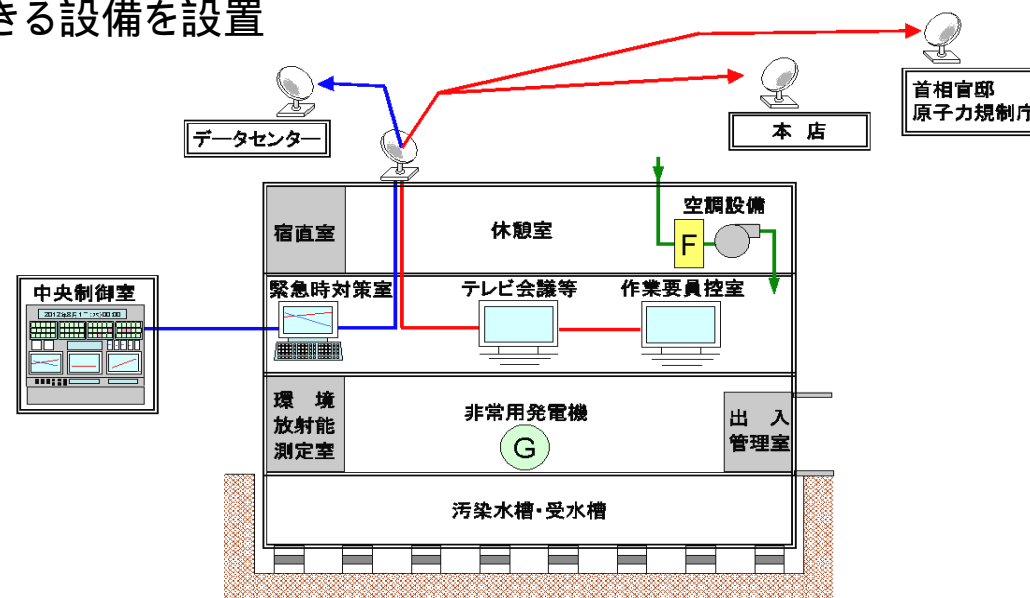
免震構造の鉄骨鉄筋コンクリート構造

### 3. 設置場所

玄海及び川内原子力発電所敷地内の、津波の影響を受けない高台

### 4. 設置時期

平成27年度目途



## 7. 当社原子力発電所の更なる安全性・信頼性向上への取組み(格納容器フィルタ付ベント装置)(4/4)

### 1. 機能及び主要設備

#### (1) 機能

- ・ 事故時の格納容器内の内圧上昇を抑制し、放射性物質の放出量を大幅に低減させる。

#### (2) 主要設備

##### フィルタタンク

- ・ 放射性物質の放出量を大幅に低減する、薬液(水酸化ナトリウム等)と金属フィルタを備えたタンクを設置

##### 排気管、隔離弁

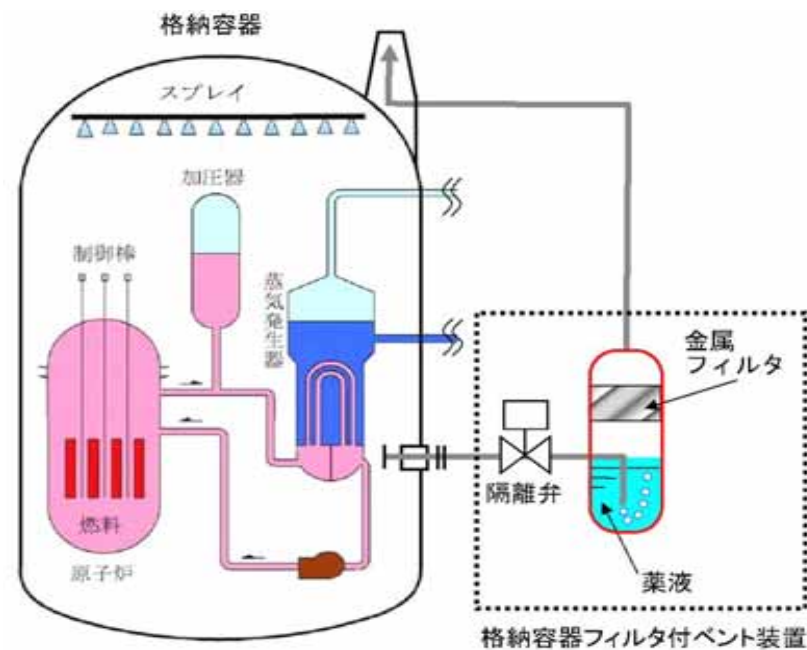
- ・ 格納容器内のガスを排気する管と遠隔操作できる隔離弁を設置

### 2. 設置場所

- ・ プラント毎に1基(玄海4基、川内2基)
- ・ 格納容器近傍に設置

### 3. 設置時期

平成28年度目途



# 【参考】地震・津波に対応するための各種訓練の実施について（川内の例）

原子力発電所では、地震・津波により発電所の全ての電源が喪失した状態を想定し、訓練シミュレータを使った運転操作訓練、発電所員の召集訓練、がれき撤去訓練等を実施し、災害時に迅速な対応が取れるよう万全を期しています。

## 運転操作訓練（事象発生）

地震・津波によって、発電所の全ての電源喪失(全交流電源喪失)に至った場合を想定し、実機と全く同様の運転操作ができる訓練シミュレータを使った緊急時運転操作を行います。



◇訓練シミュレータを使った全交流電源喪失訓練  
(川内原子力訓練センター内)

訓練では、

- ・ 全交流電源喪失によりシミュレータ室の照明が消灯。
- ・ 運転員は懐中電灯の明かりで計器の確認やスイッチの確認・操作を実施。

## 発電所員の召集訓練

緊急事態対応のために、対策要員となる社員・協会の社員を居住場所から発電所へ召集します。



◇対策要員召集のため関係者へ連絡  
(発電所内)

連絡



◇みやま寮玄関前での召集  
(熊本川内市久見町町)

連絡



◇交通機関の乱れ等も想定した徒歩による出社  
(熊本川内市青山町付近)

徒歩による出社



◇緊急時対策所召集  
(発電所内)

## がれき撤去訓練

高圧発電機車等の通行障害となるがれきをホイールローダにより撤去します。



◇小型ホイールローダによるがれき撤去



◇大型ホイールローダによるがれき撤去

## 高圧発電機車による電源供給訓練

高圧発電機車からの電源供給及び建屋内の電源ケーブルを敷設します。



◇高圧発電機車による電源供給



◇電源ケーブル敷設

## 仮設備による給水訓練

原子炉及び使用済燃料ピットの燃料を冷却するための水源を確保します。



◇仮設ポンプより海水を取水



◇仮設ホースの敷設

〔発電所では、夜間における訓練も行い、災害時に迅速な対応が取れるよう努めています。〕

# 用語等の説明

## 緊急安全対策

福島第一事故を踏まえた国の指示を受け、直ちに実施した安全対策(高圧発電機車の配備、仮設ポンプ・ホースの配備等)津波により3つの機能(全交流電源、海水冷却機能、使用済燃料ピットの冷却機能)を失ったとしても、炉心損傷や使用済燃料の損傷を防止でき、安全性は確保されていることを、国に確認していただいている

## シビアアクシデント

安全設計において想定している事象を大幅に超える原子炉の燃料が重大な損傷を受けるような事象であり、必要な対策を実施している

## 安全性に関する総合評価(ストレステスト)

設計上の想定を超える地震や津波等に対し、原子力発電所がどこまで耐えられるかの安全裕度について評価するもの

## 全交流電源喪失(外部電源、非常用所内電源)

発電所外部の送電線(外部電源)から受電が停止した後、バックアップの非常用ディーゼル発電機(非常用所内電源)も停止し、発電所の交流電源が完全に停電し、電力を駆動源とする安全上重要な機器が使えなくなること

## 安全上重要な施設・機器等

原子力発電所の安全確保に重要な役割を果たす「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」の機能を持つ機器

## 最終ヒートシンク喪失

燃料の冷却に必要な海水を取水できなくなること

## クリフエッジ

地震や津波の度合いを大きくしていった時、ある大きさを境に燃料損傷に向け事象の進展が大きく変わる時点のこと

## 基準地震動

原子力発電所で想定すべき、最も大きな地震による揺れの大きさ地震による地盤や建物等の揺れの強さを表す加速度の単位であるgal(ガル)で表示される

## 2次系純水タンク

通常運転中は、タービンを回す蒸気を作るための水を溜めておく役割を果たすが、原子炉が緊急停止する場合等においては、原子炉冷却のための水源として使用される