

福島第一原子力発電所の事故

巨大地震・津波の発生

地震により原子炉が停止しました。また、送電鉄塔の倒壊により外部電源が喪失しましたが自動で非常用ディーゼル発電機が起動しました。



津波による重要設備の浸水

津波によって重要設備が浸水し、使用できなくなりました。



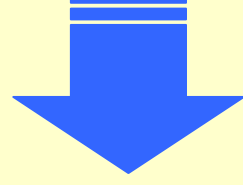
全交流電源の喪失

外部電源に加え、浸水により非常用ディーゼル発電機など緊急時の電源もなくなりました。



冷却機能の喪失

原子炉が停止した後に炉心や使用済燃料プールを冷やす設備が使用できなくなりました。



浸水を防ぐ

電源を確保する

冷却機能を確保する

- 福島第一原子力発電所では、津波によって所内にある交流電源が機能喪失したことから、防波壁の設置や水密扉の設置など津波から守るため何重もの浸水防止対策を実施しています。

#### 防波壁の設置

設計基準対応

- 敷地内へ津波の浸水を防ぐため、高さ15mの防波壁を設置した。  
<平成25年9月完了>

#### 取水槽・海水ポンプエリアの浸水防止(自主対策)

設計基準対応

- 【防水壁】取水槽の開口部レベルを超える津波が来襲した場合においても、敷地へ津波を流入させないため、防水壁を設置した。  
<平成26年7月完了>
- 【防水蓋】防波壁を超える津波が来襲した場合、海水ポンプエリア上部から津波の流入を防止するため、防水蓋を設置した。  
<平成26年7月完了>

#### 火災・溢水対策(水密扉)

設計基準対応

- 建物内の配管から水が溢れるなどの溢水が発生した場合においても、原子炉施設の安全性が損なわれないよう、プラントの安全上重要な機器がある部屋の入口扉を、防水性の高い扉(水密扉)を設置する。  
<平成31年度上期完了予定>

- 福島第一原子力発電所では、津波によって所内にある交流電源が機能喪失したことから、外部電源の強化や代替電源の確保などの対策を実施しています。

#### 外部電源の強化

設計基準対応

- 現状の北松江変電所(500kV, 220kV)からの受電ができなくなった場合においても、外部電源を確保できるよう、北松江変電所と独立した津田変電所(66kV)からの受電設備を設置する。
- 平成26年10月、高台に設置した、耐震性を有する「緊急用変圧器」(第2予備変圧器)として、津田変電所(66kV)からの受電を可能とする。
- 第2予備変圧器は、1号および2号にも電源を供給することが可能である。

<平成31年度上期完了予定>

#### 代替交流電源の確保

重大事故等対応

- 既設の電源が失われた場合に備えて、原子炉や燃料プールを冷やすために必要な電源を確保する。

##### 高圧発電車の配備

▲高圧発電車6配備  
(2000kVA×6台、予備1台以上)  
<平成26年3月完了>

##### ガスタービン発電機の設置

除物工事状況(平成28年5月14日撮影)  
▲発電機の設置のため、2号ガスタービン発電機を設置  
(6,000kVA×1基、予備1基)  
<平成31年度上期完了予定>

#### 代替直流電源の確保

重大事故等対応

- 既設の直流電源が失われた場合に備えて、原子炉の状態監視等に必要で直流電源を確保するため、蓄電池の増強や可搬型直流電源設備による代替直流電源の強化を実施する。  
<平成31年度上期完了予定>

##### 蓄電池の強化

全交流電源喪失時に伴う直流電源供給の確保策として、蓄電池を増強設置する。  
<平成31年度上期完了予定>

##### 可搬型直流電源設備の配備

高圧発電車(交流電源)から代替直流電源を介して、直流電源に供給できるように、可搬型直流電源設備を配備する。  
<平成31年度上期完了予定>

#### 引波への対応(自主対策)

設計基準対応

- 津波の引き波による水位低下が起こった場合においても、原子炉の熱を除去するための海水が取水できるよう、取水口階に海水を溜めるための電を設備した。  
<平成27年6月完了>

- 福島第一原子力発電所では、津波によって海側に設置された冷却用のポンプ全てが機能喪失し、原子炉・燃料プールを冷却することができなくなったことから、冷却、注水機能の強化や水源の確保などの対策を実施しています。

#### 高圧原子炉代替注水系の設置

重大事故等対応

- 原子炉を冷却する既設の高圧注水機能が使用できなくなった場合に備えて、代替の高圧原子炉注水系を設置する。  
<平成31年度上期完了予定>

##### 高圧原子炉代替注水系の設置

#### 残留熱代替除去系の設置

重大事故等対応

- 既設の原子炉への注水機能が使用できなくなった場合に備えて、代替の残留熱除去系(常設)を設置する。  
<平成31年度上期完了予定>

##### 残留熱代替除去系の設置

#### 可搬型代替注水設備の配備

重大事故等対応

- 既設の原子炉への注水機能が使用できなくなった場合に備えて、外部から注水できる配管の多重設置および大量送水車等の可搬型代替注水設備を配備する。  
<平成31年度上期完了予定>

##### 可搬型代替注水設備の配備

#### 水供給機能の確保

重大事故等対応

- 重大事故等の取組が必要となる十分な量の水を有する水源(代替注水槽、地上式淡水タンク、宇中貯水槽)を確保する。  
<平成31年度上期完了予定>
- 各水源からの移送ホース、大量送水車及び大型送水ポンプ車を配備した。  
<平成26年3月完了>

##### 代替注水槽

約2,500m³

##### 地上式淡水タンク

2基、約560m³/基

##### 宇中貯水槽

約16,000m³

〔福島第一原子力発電所の事故〕

炉心損傷の発生

水素による建屋爆発

水素爆発を引きがねに大量の放射性物質を環境中に放出してしまいました。

放射性物質の放出

迅速に収束させる

● 万が一、炉心損傷が起きた場合でも影響を最小限に抑え、事故を迅速に収束させるための対策を実施しています。

**コリウムシールドの設置 重大事故等対応**

■ 溶融炉心が下部ドライウェルへ落下した場合に備え、ドライウェル上部のコンクリートの侵食を防ぐため、溶融炉心と原子炉格納容器鋼製ライナの接合を防止する耐熱材(コリウムシールド)を設置する。  
<平成31年度上期完了予定>

**静的触媒式水素処理装置の設置 重大事故等対応**

■ 原子炉建物内に水素が漏れ出した場合において、水素を早期に感知するため、水素濃度計を設置する。  
<平成31年度上期完了予定>

■ 水素濃度を低減し、水素爆発を防止するため、電源を必要とし、省電力による水素処理装置を設置する。  
<平成31年度上期完了予定>

**燃料プールの状態監視設備の設置 重大事故等対応**

■ 既設の燃料プールの状態を監視する設備が失われた場合に備えて、重大事故時等における環境条件を考慮しても使用可能な代替の監視設備を設置する。  
<平成31年度上期完了予定>

① 燃料プール水位計  
② 燃料プール温度計  
③ 燃料プールエア放射線モニタ  
④ 燃料プール監視カメラ

**格納容器フィルタベント系の設置 重大事故等対応**

■ 原子炉格納容器内の圧力が異常に上昇し、格納容器内の蒸気を大気へ放出(ベント)する必要が生じた場合に備えて、フィルタを介して放出することで放射性物質の放出を大幅に低減することができるよう、格納容器フィルタベント系を設置する。  
<平成31年度上期完了予定>

【格納容器フィルタベント系の概要】

- スクリーン: 直径約8m、高さ約8m、設置数: 2基  
高圧シフト容器: 直径約3m、高さ約2m、設置数: 1基
- 格納容器: 直径約12m、高さ約20m、高さ約14m
- 格納容器: 放射性物質: 99.9%以上  
蒸気: 99%以上、蒸気: 99%以上

**発電所外への放射性物質の拡散抑制対策 重大事故等対応**

■ 炉心の著しい損傷および原子炉格納容器の破損または燃料プール内の燃料棒が著しい損傷に至った場合において、大気への放射性物質の拡散を抑制するため、大型水ポンプ車および放水車等を配備した。(原子炉建物周辺における航空機衝突による航空機燃料火災にも対応可能。)  
<平成26年5月完了>

■ 原子炉建物へ放水した後の放射性物質を含む水が海洋へ拡散するのを抑制するため、放射性物質吸着材及びフィルタを配備する。  
<平成31年度上期完了予定>

品名	数量
大型水ポンプ車	1台(9号1台)
放水車	1台(9号1台)
吸着材	約1,000kg/台
吸着材	約1,000kg

**緊急時対策所の設置 重大事故等対応**

■ 重大事故が発生した場合にも対応できるよう、緊急時対策所の機能を有する新設構造の建物を発電所構内の高台に設置する。(2号機と共用) <平成30年度上期完了予定>

■ 免震重要機は支援機として使用し、復旧作業等に従事する要員約300名を収容する。

免震重要機: 高さ20m

完成イメージ図

緊急時対策所の概要

- 建物規模: 地上1階、約900㎡
- 収容人数: 最大150名程度
- 主要設備:
  - フロント監視設備、通信設備
  - 非常用電源および燃料ポンプ
  - 放射性物質の吸入を低減する放射線管理設備等
- 設置場所: 高さ20mの高台(免震型基礎近傍)

工事状況(平成30年4月23日撮影)

● その他、火山や竜巻、火災など自然災害への対策も実施しています。また、地震への揺れに対し十分耐えるような対策を実施しています。

**チャンネルボックス厚肉化 設計基準対応**

■ 地震によるチャンネルボックスの撓れを低減し、制御線の挿入性を向上させるため、チャンネルボックスの板厚を厚くする。

	チャンネルボックス板厚(mm)
変更前	2.54
変更後	3.05

**排気筒の耐震裕度向上(自主対策) 設計基準対応**

■ 排気筒の地震に対する耐震性を向上させるため、制震装置を設置するなどの耐震裕度向上工事を実施した。  
<平成26年3月完了>

**火山・竜巻対策 設計基準対応**

**火山対策**

■ 非常用ディーゼル発電機や換気系統のフィルタが火山灰で目詰まりした場合に交換等ができるよう、フィルタの二重化等を行う。  
<平成31年度上期完了予定>

**竜巻対策**

■ 竜巻による飛来物の発生を防止するため、発電所構内の資機材・車両に孔閉鎖を実施する。  
<平成31年度上期完了予定>

■ 竜巻による飛来物の破壊を防止するため、排水貯留タンク層棚に竜巻防護板を設置する。  
<平成31年度上期完了予定>

対策の評価

● 実施している様々な対策が、実際に有効かどうか評価を実施しています。

**重大事故対策の有効性評価**

■ 炉心損傷などに至る事故シナリオに基づき評価し、これらの重大事故等対策が炉心損傷防止対策や格納容器破損防止対策として有効であることを確認した。

■ 炉心損傷防止のための格納容器フィルタベント操作に伴い、放出される希ガスやヨウ素による総量を評価した結果、敷地境界での実効線量は約0.27mSvであり、審査ガイドに示す概ね5mSv以下であることを確認した。

■ 炉心損傷が発生した場合においても、残留熱代替除去系を使用することにより格納容器過圧・過温破損防止のための格納容器フィルタベント操作は必要とならない。

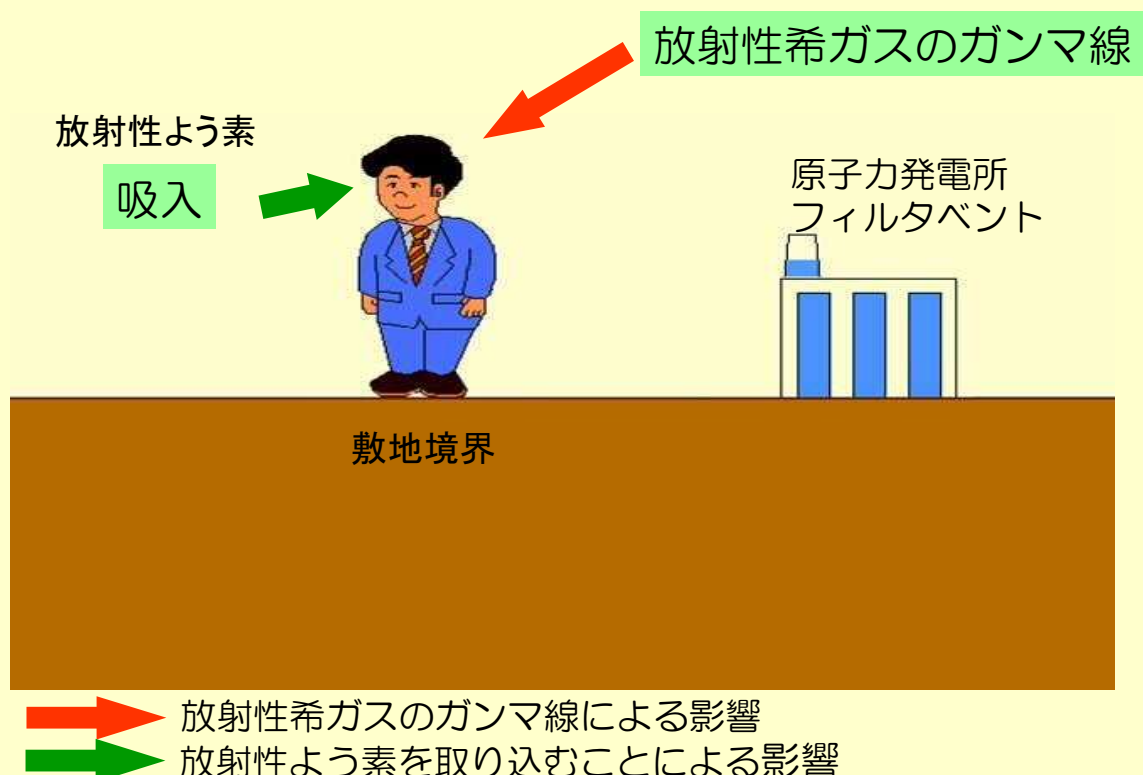
残留熱代替除去系が使用できない場合、格納容器フィルタベント操作を行うが、セシウム137の総放出量は約0.0008TBqであり、審査ガイドに示す100TBqを下回る。(原子炉建物からの漏れ等によるセシウム137の総放出量については、審査中の2号機での結果を踏まえ別途評価する。)

## 重大事故等時の線量評価の目的

- 炉心損傷防止対策の有効性評価で格納容器圧力逃がし装置を使用するシナリオにおいて、周辺の公衆に対して著しい放射線被ばくのリスクを与えないことを確認する。

(発生事故当たり概ね5mSv 以下)

## 重大事故等時における線量評価モデル



# 重大事故等時の線量評価結果

島根3号機 (ベント開始 17時間)	放出量 (Bq)	大気拡散条件	実効線量 (mSv)
放射性希ガスのガンマ線による被ばく	約 $4.5 \times 10^{13}$	相対線量(D/Q) 約 $3.5 \times 10^{-18}$ (Gy/Bq)	約 $1.5 \times 10^{-1}$
放射性よう素による被ばく	約 $7.6 \times 10^9$	相対濃度( $x/Q$ ) 約 $1.0 \times 10^{-3}$ (s/m <sup>3</sup> )	約 $1.1 \times 10^{-1}$
合計			約 $2.7 \times 10^{-1}$

■希ガスの $\gamma$ 線外部被ばくによる実効線量 $H_{\gamma}$  (Sv) は、以下の式で計算する。

$$H_{\gamma} = K \cdot D/Q \cdot Q_{\gamma}$$

K : 空気カーマから実効線量への換算係数 (K=1Sv/Gy)

D/Q : 相対線量 (Gy/Bq)

$Q_{\gamma}$  : 事故期間中の希ガスの大気放出量 (Bq) ( $\gamma$ 線実効エネルギー0.5MeV換算値)

■よう素の内部被ばくによる実効線量 $H_{I_2}$  (Sv) は以下の式で計算する。

$$H_{I_2} = R \cdot H_{\infty} \cdot x/Q \cdot Q_I$$

R : 呼吸率 (m<sup>3</sup>/s) (活動時の呼吸率0.31m<sup>3</sup>/hを秒当りに換算 ( $8.61 \times 10^{-5}$  m<sup>3</sup>/s))

$H_{\infty}$  : よう素 (I-131) を1Bq吸入した場合の小児の実効線量 ( $1.6 \times 10^{-7}$  Sv/Bq)

$x/Q$  : 相対濃度 (s/m<sup>3</sup>)

$Q_I$  : 事故期間中のよう素の大気放出量 (Bq) (I-131等価量-小児実効線量係数換算)

(全交流電源喪失時, 原子炉隔離時冷却系 (RCIC), 低圧原子炉代替注水系 (可搬型) で原子炉注水が続いている場合に, 格納容器の圧力が上昇し, 格納容器最高使用圧力でベントを行うことを想定)