世界の原子力発電の動向

Q 「原子力発電ゼロ」は海外でも進められているのですか？

A 一部の国では「脱原子力発電」の方針を決めていますが、世界の大勢では今後も原子力発電はクリーンなエネルギー源として着実に増加すると見られています。

ドイツやベルギー、スイスなど一部の国では、福島第一原子力発電所の事故以降「脱原子力発電」の方針を決めています。

しかしながら、世界の原子力発電の発電容量は、着実に増えています。IAEA（国際原子力機関）によると、世界の原子力発電容量は、2030年までに低成長のケースでも17%増加すると評価しており、天野事務局長も2013年9月に開催されたIAEAの総会において、同様の発言をしています。

ベトナム

中南部のニントゥアン省の2カ所に100万kW級の原子炉を各2基建設することを計画しています。第1サイトはロシアが受注することを決めていますが、第2サイトについては日本をパートナーとすることが決定しています。当社では、現在、現地にて原子力発電所の導入可能性を調査するFS（フィージビリティ・スタディ）を実施しています。

アメリカ

2013年3月中旬、V.C.サマー原子力発電所とボーグル原子力発電所において、米国では約30年ぶりとなる建設が始まりました。両発電所では東芝の子会社ウエスチングハウスが開発した新型原子炉が採用されています。

UAE

2012年7月にバカラ原子力発電所1号機の建設工事が始まりました。新規に原子力発電を導入する国としては、1985年の中国の原子力発電所の着工以来となります。

トルコ

地中海東部沿岸アックユ地域と黒海沿岸シノップ地域の2箇所で原子力発電所の建設計画を進めています。アックユ・サイトでは2015年に着工し、2020年に初号機の運転開始を計画しています。さらに第3サイトについても検討を始めています。

（注）各種報道をもとに当社において取りまとめたものです。

日本原子力発電株式会社 茨城総合事務所・東海事務所

［茨城総合事務所］〒310-0852 茨城県水戸市笠原町978-25 TEL: 029-301-1511
［東 海 事 務 所］〒319-1198 茨城県那珂郡東海村白方1-1 TEL: 029-287-1250
ホームページ　http://www.japc.co.jp
お問い合わせ　土日祝日を除く　9時～17時

Waterless Printing. Naturally.
VEGETABLE OIL INK 植物油インキを使用しています。

＜2013.10 発行＞

東海第二発電所の震災時の状況と安全対策強化の取り組み

日本原子力発電株式会社

東海第二発電所の震災時の状況

東海第二発電所の震災時の状況

平成23年3月11日	大地震の発生(東海村震度6弱)	平成23年3月11日、東北地方太平洋沖地震が発生しました。
	原子炉が自動停止	地震により原子炉が自動停止しました。
	バックアップ電源の起動	地震の影響により外部電源を受電できなくなりましたが、非常用ディーゼル発電機3台が自動起動し、発電所で必要な電源を確保しました。
	原子炉の冷却を開始	緊急時の冷却用機器により原子炉の冷却を開始しました。
	津波の襲来	津波の影響を受け、非常用ディーゼル発電機の海水ポンプ3台のうち1台は防水対策工事終了直前であったので使用できなくなりましたが、残る2台の非常用ディーゼル発電機により安全に原子炉の冷却を行いました。
3月13日	外部電源の復旧	外部電源が復旧しました。
3月15日	**原子炉の冷温停止**	原子炉は冷温停止しました。(原子炉温度:100℃未満)

Q 冷温停止まで通常より長く時間がかかりましたが、安全に操作が行われたのでしょうか?綱渡りのような危険な状態だったのでしょうか?

A 冷温停止に向けて安定状態を保っていたため、現状の冷却方法を継続した方がより適切であると判断して慎重に操作しました。

外部電源が受電できなくなった後、非常用ディーゼル発電機が直ちに自動起動し、原子炉を緊急時に冷却する機器※1により原子炉の冷却を開始しました。
その後、津波の影響で非常用ディーゼル発電機1台が停止したことにより、原子炉を冷却する機器のうちの一部※2が停止しましたが、残り2台の非常用ディーゼル発電機で十分冷却を行うことができたので、確実に冷温停止(原子炉温度100℃未満)までの操作ができると判断しました。
非常用ディーゼル発電機2台による冷却操作は、設計上の前提であり、運転手順書に従って行ったものです。
【詳しい説明】
原子炉を冷温停止するためには、停止した原子炉を緊急時に冷却する機器に非常用ディーゼル発電機の電源を融通し、冷却をこの冷却機器に切り替えればより早く冷温停止することもできました。しかしながら、次の状況を考慮し、切り替えない方がより適切であると判断して、切り替えせずに冷却を継続しました。

- 3月13日、稼動中の原子炉を冷却する機器は、安定状態で冷却を継続していました。
- 原子炉温度も冷温停止直前(110℃程度)でした。
- 3月14日には、外部電源を受電できる見通しが立っていました。
- 冷却する機器を切り替える作業などにおける二次トラブル発生のリスクを回避しました。

原子炉は、通常自動停止後1~1.5日でほぼ冷温停止となりますが、このように慎重のうえにも慎重を期した操作を行ったため、通常より時間がかかりましたが、何の不安もなく安定的に冷温停止しました。
このように、一部で報道された「綱渡りの3日半」のような危険な状態では全くありませんでした。

※1　原子炉隔離時冷却系、高圧炉心スプレイ系および残留熱除去系
※2　残留熱除去系2系統のうち1系統

Q 津波による影響で、非常用ディーゼル発電機1台が停止しました。原子炉の冷却に必要な電源を確保することはできたのですか?

A 残る2台の非常用ディーゼル発電機で原子炉の冷却に必要な電源は確保できていました。

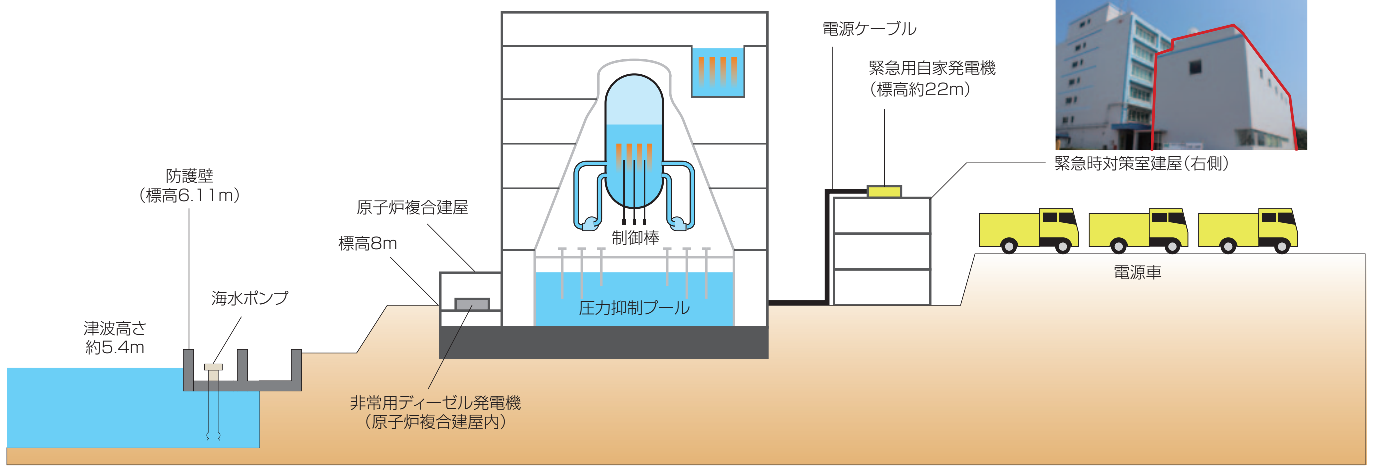
東海第二発電所では、茨城県の津波評価※1を参考に、震災前から津波対策の強化として非常用ディーゼル発電機の冷却に必要な海水ポンプを設置しているエリアに防護壁(標高6.11m)を平成22年9月に設置し、引き続き防水工事を行っていました。
地震後、約5.4mの津波が襲来しましたが、一部防水工事が終了直前であったため、海水ポンプ3台のうち北側の1台は海水に浸かり使用不能となりました。しかしながら工事が終了していた南側の2台の海水ポンプを使って非常用ディーゼル発電機2台を運転し、安定した冷却を継続しました。
このように非常用電源を確保できたのは、津波対策の強化として高い防護壁を設置した対策が功を奏したものと考えています。

「仮に津波があと70cm高ければ、全電源が喪失して、原子炉の冷却ができなかった」と一部で指摘されていますが、電源は複数確保されており、冷却できる状態でした。

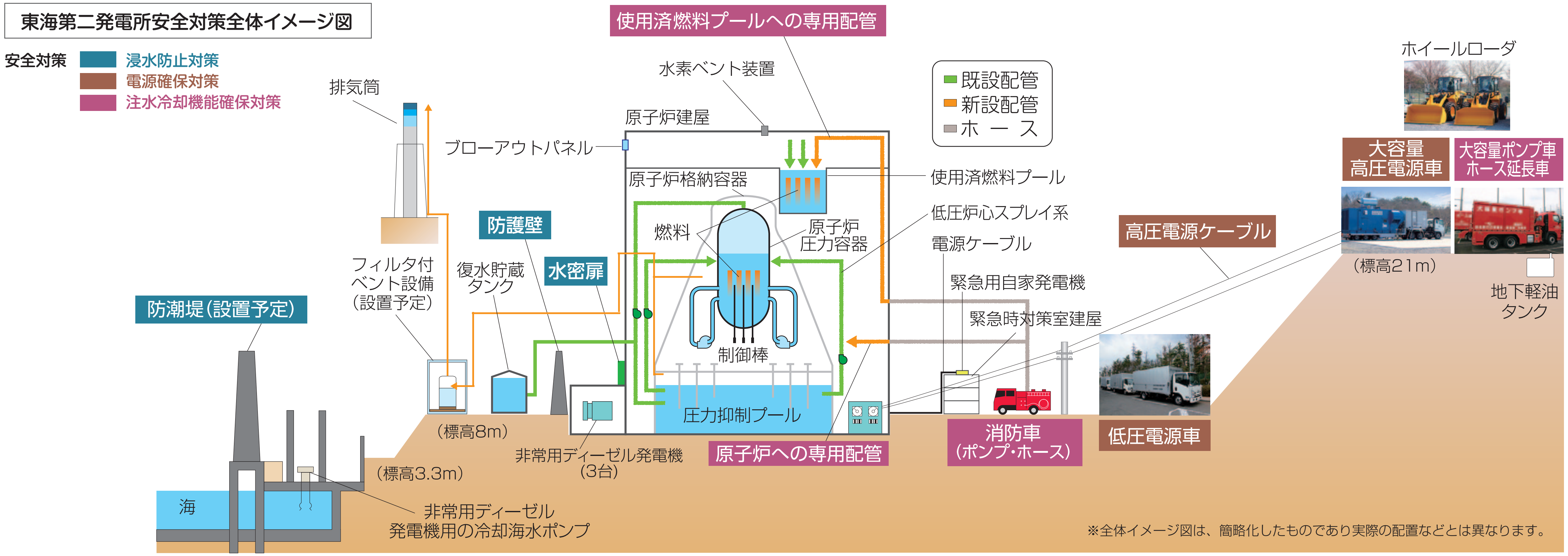
原子炉の冷却に必要な設備(電気室電源盤、蓄電池など)は、標高8mにある原子炉建屋および原子炉複合建屋内に配置しています。また、免震構造の緊急時対策室建屋の屋上(標高約22m)に**緊急用自家発電機(500kVA)が設置済であり、電気室電源盤までのケーブルも敷設**されていました。
したがって、仮に津波があと70cm※2高く、非常用ディーゼル発電機を冷却する海水ポンプ3台がすべて使用不能になったとしても、原子炉および使用済燃料プールへの注水に必要な電源(430.6kVA)を有していました。
加えて、3月12日午前には電源車も到着し、最終的には**3台の電源車が待機していました。**
このようにバックアップとして複数の非常用電源を確保しており、原子炉の冷却が十分可能な状況にあったと考えています。

※1　茨城県が平成19年10月に公表した「本県沿岸における津波浸水想定区域図等」の想定最高潮位(標高5.72m)
※2　津波の高さ(約5.4m)と防護壁の高さ(6.11m)の差

■震災時の非常用電源確保のイメージ



東海第二発電所の安全対策の強化の概要



地震津波対策 P5・6

東北地方太平洋沖地震の発生以前から、施設や配管などの地震対策と津波対策の強化を実施

- ●海水ポンプ室の防護壁のかさ上げ
- ●主排気筒の補強
- ●原子炉の冷却に必要な重要配管の支持の補強
- ●非常用ガス処理系配管の支持の強化
- ●免震構造で放射線対策を施した緊急時対策室建屋を設置
- ●地下防火水槽を増設
- ●消火配管・海水冷却系配管を地上化

海水ポンプ室を津波から守る防護壁

福島第一原子力発電所の事故を踏まえた対策の強化

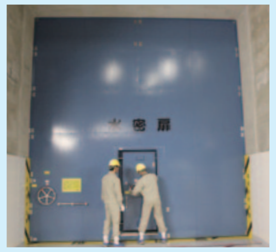
●：実施済　○：実施中

【浸水防止対策】P7・8

津波により、安全上重要な設備（非常用ディーゼル発電機や電源盤・蓄電池など）が浸水しないような対策

●建物の壁に配管や電線が貫通している部分の密封化や非常用ディーゼル発電機の給排気設備の外側に標高約16mの防護壁を設置
●安全上重要な設備が入っている建屋の扉を水密扉に取り替え
●津波で浸水した取水口ポンプエリアの水の流入経路を閉止
○防潮堤などの設置

防護壁



水密扉

【電源確保対策】P9・10

地震や津波により全ての電源がなくならないように、電源を多重化・多様化する対策

●移動式の低圧電源車を配備（4台）
●非常用ディーゼル発電機の代替となる大容量高圧電源車を配備（5台）
●大容量高圧電源車と所内電源盤をつなぐ高圧電源ケーブルを敷設
○恒設の空冷式発電装置の設置

大容量高圧電源車

【注水冷却機能確保対策】P11・12

原子炉や使用済燃料プールを冷やす水を確保するために、炉内などに冷却水を供給する手段を多様化する対策

●消防車や可搬式ポンプ・ホースを配備
（発電所内の複数のタンクを水源として活用）
●原子炉や使用済燃料プールへ直接給水する専用配管を新設
●大容量ポンプ車、ホース延長車を配備（各6台）

大容量ポンプ車、
ホース延長車

体制面・運用面の対策 P13・14

安全対策を確実にするため、
万一の事故を想定した対策を実施しています

- ●緊急時対応要員が24時間体制で発電所近傍に待機
- ●原子力災害防止業務の専任者を配置
- ●緊急時模擬訓練を実施（夜間・休日含む）
- ●手順書の追加整備

（訓練）災害対策本部内の様子

地震対策

Q 東北地方太平洋沖地震の地震の揺れに対して、東海第二発電所の設備は大丈夫だったのでしょうか？

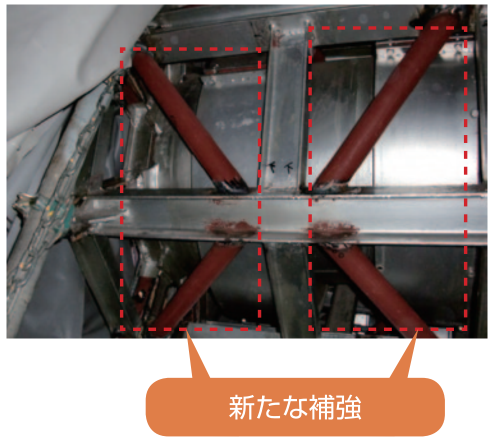
A 東北地方太平洋沖地震の発生以前から、配管や施設などの耐震性を強化しており、建屋や安全上重要な配管や施設などに被害はありませんでした。

東海第二発電所の建屋は、地震の揺れに対する余裕を持たせた設計を行い、建設しています。さらに、平成18年9月に改訂された「発電用原子炉に関する耐震設計審査指針」や平成19年7月に発生した新潟県中越沖地震などから得られた知見などを踏まえ、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の前から、配管や施設などの耐震性を一層強化する工事を実施してきました。

この地震では、タービンの翼のこすれや中間軸受台の傾きなどの損傷はありましたが、建屋や安全上重要な配管や施設などに被害はありませんでした。また、安全上重要な配管や施設などについて影響評価を行い、原子炉施設の健全性に問題がなかったことを国に報告しました。これについて、平成24年8月28日に国が開催した「意見聴取会」でも健全性が確認されました。

●原子炉の冷却に必要な重要配管の支持の補強

残留熱除去系配管（原子炉建屋）の周りに補強材を追加しました。



残留熱除去系海水系配管（海水ポンプ室）の下部に架台を追加しました。

●海水冷却系配管を地上化

地震による地盤の液状化に備え、海水冷却系配管を地上化しました。

●地下防火水槽を増設

地下防火水槽を増設しました。

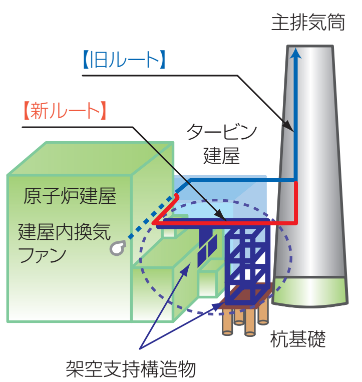
●主排気筒の補強

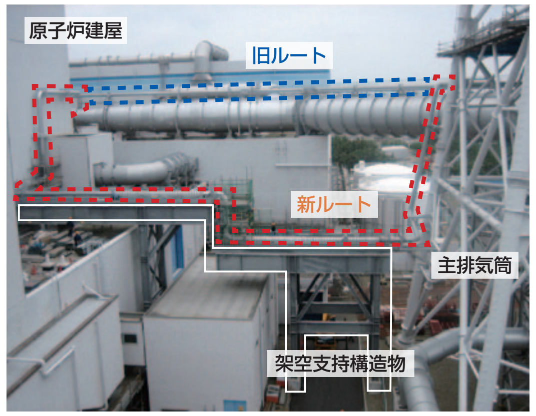
主排気筒上部の支持構造物を外して軽くし、振動を吸収する構造物（ダンパー）を設置し、耐震性を強化しました。

補強前　補強後

●非常用ガス処理系配管の支持の強化

配管ルートを変更し、建屋と支持構造物・杭基礎により支える構造にして、耐震性を強化しました。



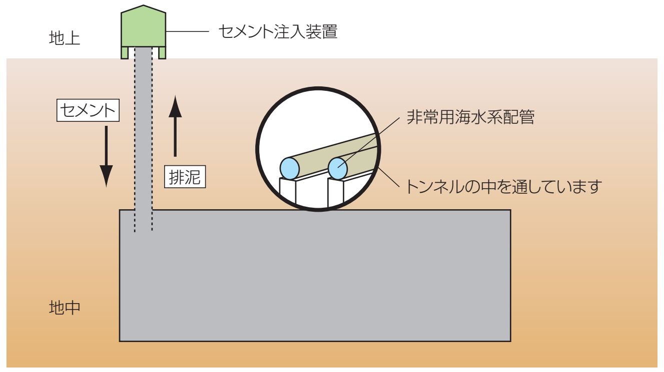


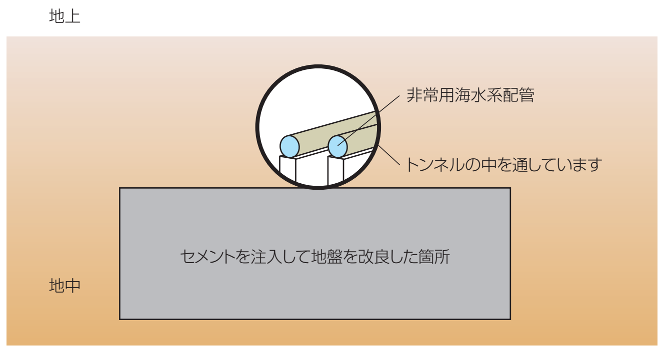
●地盤改良工事

地震による地盤の液状化に備え、地中に埋設した非常用海水系配管などの下部にセメントを注入して地盤の改良を行いました。

改良工事中　改良工事後

■イメージ図





津波による浸水防止対策

Q 福島第一原子力発電所では15m程度の津波が来たと言われていますが、東海第二発電所に同程度の津波が来ても大丈夫でしょうか？

A 現時点で福島と同じ規模の津波が発生したとしても、同様の事故を防止することができます。さらに防止対策を強化していきます。

安全上重要な設備（電気室電源盤、蓄電池など）が津波で浸水しないよう、建屋扉、ハッチなどの強化と隙間のシール施工による密封化を行うとともに、津波の水圧にも耐えられる水密扉への取り替えを行いました。また、非常用ディーゼル発電機の給排気設備（屋外）の外側に防護壁（標高約16m）を設置しました。

今後は、より一層の万全を期すため、発電所敷地への津波の浸水を防止するため、福島第一原子力発電所に襲来した津波を考慮した、発電所を取り囲む防潮堤を設置することとしています。

さらに、津波の影響により原子炉や使用済燃料プールの冷却ができなくなった場合でも確実に冷却が継続できるよう、電源や水源を確保する対策を講じました。

これにより、万一福島と同じような津波が発生したとしても、同様の事故を防止することができます。

●建屋の浸水防止対策

安全上重要な非常用ディーゼル発電機の給排気設備を津波から守る、標高約16mの防護壁を設置しました。

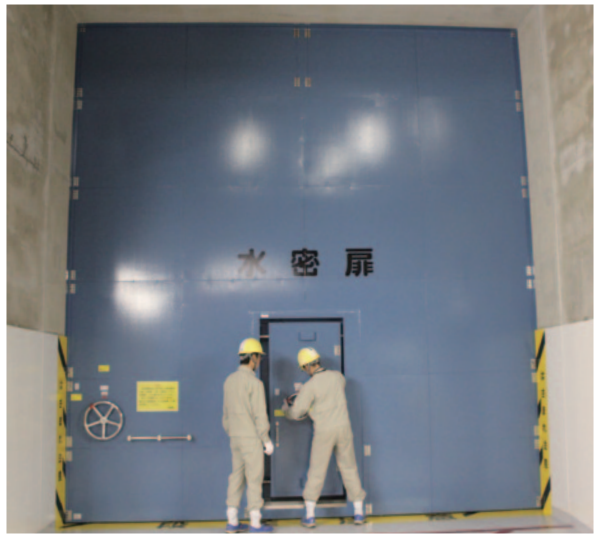
非常用ディーゼル発電機の給排気設備の外側に設置した防護壁

●建屋の水密対策

安全上重要な設備が浸水しないよう、津波の水圧に耐えられる水密扉に取り替えるなどの対策を行いました。

水密扉（閉止状態）

水密扉（開放状態）



水密扉（閉止状態）

水密扉（開放状態）

電源確保対策

Q　地震や津波ですべての電源がなくなったら、どのように電源を確保するのですか？

A　外部電源や非常用ディーゼル発電機が、万一使えなくなった場合でも、電源を確保できるよう、複数の電源を常時配備しています。

外部電源および非常用ディーゼル発電機の電源が確保できない場合でも、原子炉や使用済燃料プールを冷却するために必要なポンプや計測装置などに電力を供給できるよう、空冷式の大容量高圧電源車（５台）を津波の影響を受けない高台に配備するとともに、所内電源とつなぐ高圧電源ケーブルなどを敷設しました。今後はさらに、恒設の空冷式発電装置を高所に設置することとしています。

また、原子炉の冷却や中央制御室の監視機能などを維持するための低圧電源車（4台）も配備し、随時発電所へ電気を供給できるようにしました。

さらに、非常用ディーゼル発電機を冷却する海水ポンプが津波により使えなくなった場合に備え、直接非常用ディーゼル発電機を冷却することができる大容量ポンプ車、ホース延長車（各6台）を配備しています。

これらの資機材は、津波や竜巻などの自然災害に備え、高所および発電所構内に分散して配備しています。

■電源確保の拡大

●非常用ディーゼル発電機の代替となる大容量高圧電源車を配備

津波の影響を受けない高台に5台配備しました。複数のタンクに貯蔵した燃料（軽油）により、約24日間連続して発電できます。

また、電源系の強化のために、大容量高圧電源車と所内電源盤をつなぐ高圧電源ケーブルを敷設しました。

空冷式の大容量高圧電源車（5台）

［・高圧電源車 電源容量：1,725kVA（1台）×5台＝8,625kVA
（原子炉および使用済燃料プールの冷却に必要な電源容量：4,275kVA）］

■電源確保の多様化

●低圧電源車を配備

津波の影響を受けない高台および発電所構内に4台分散して配備しました。

低圧電源車（2台）と専用電源ケーブル搭載車（1台）

［・低圧電源車 電源容量：500kVA（1台）×4台＝2,000kVA
（原子炉への注水・維持および使用済燃料プールへの注水に必要な電源容量：431kVA）］

■緊急時に備えた訓練の実施

万一の事態を想定し、電源車の運転操作訓練や所内電源盤への電源ケーブル接続訓練を実施しています。

大容量高圧電源車の運転操作訓練

電源ケーブル接続訓練（夜間訓練）

低圧電源車ケーブル接続訓練

注水冷却機能確保対策

Q すべての冷却手段がなくなっても、原子炉や使用済燃料プールを冷やす方法はあるのですか？

A 大容量ポンプ車や消防車から、原子炉や使用済燃料プールの冷却に必要な水を補給したり、専用配管から直接注水したりして冷却することができます。

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プール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高所に大容量ポンプ車、ホース延長車（各6台）や消防車（2台）を配備し、冷却に必要な水源となるタンク（復水貯蔵タンク）に淡水タンクの水や海水を補給し、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、屋外から原子炉や使用済燃料プールに直接注水して冷却することができるようにしました。

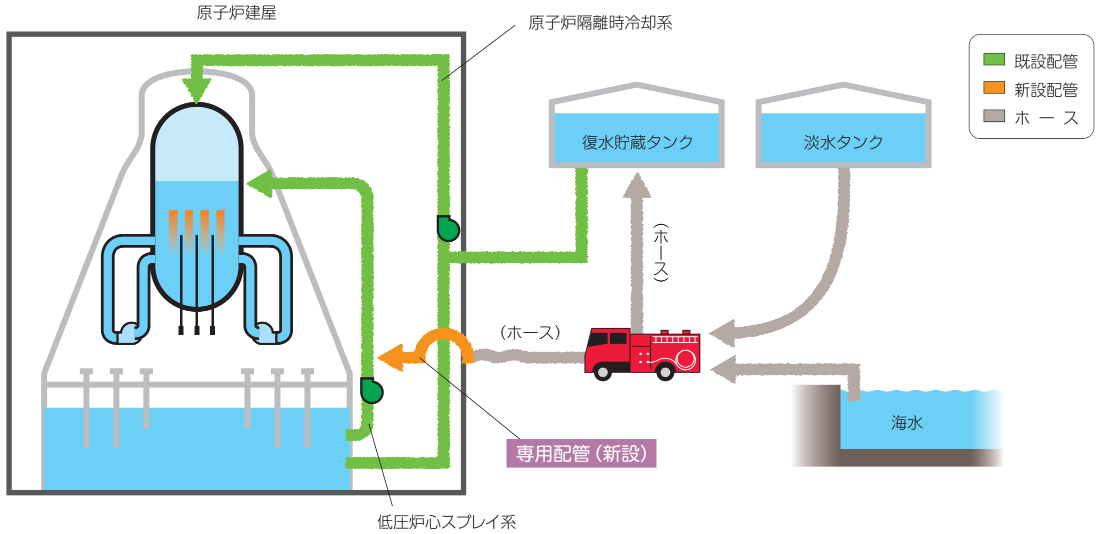
●大容量ポンプ車を6台配備

大容量ポンプ車とホース延長車

送水ポンプの海中投入・送水訓練

●原子炉の冷却機能の確保

冷却水を補給する大容量ポンプ車は、複数のタンクに貯蔵した燃料（軽油）により、約105日間連続して運転できます。



●消防車や可搬式ポンプ・ホースを配備（発電所内の複数のタンクを水源として活用）

消防車

可搬式ポンプ

●原子炉や使用済燃料プールへの専用配管を新設

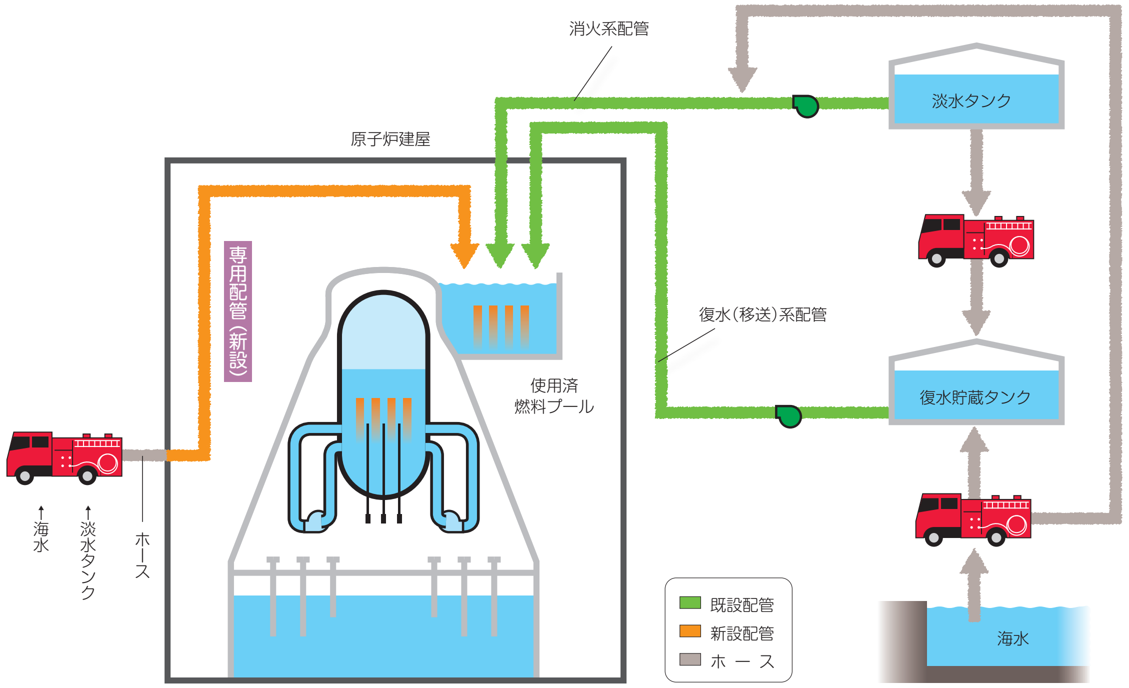
緊急時に消防車などから直接原子炉や使用済燃料プールへ、冷却水を供給するための専用配管を、新たに設置しました。

専用配管とホースのつなぎ口

専用配管へのホースつなぎ込み訓練

●使用済燃料プールの冷却機能の確保

冷却水を補給する大容量ポンプ車は、複数のタンクに貯蔵した燃料（軽油）により、約105日間連続して運転できます。



体制面・運用面の対策

Q 発電所で万一の事故が発生した場合、どのように対応するのですか？

A 発電所の近傍に常時待機している発電所員が直ちに発電所へ出動して、緊急時の対応にあたります。また、日頃から、緊急時用の資機材を利用した訓練を行うなど、万一に備えています。

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。

緊急時の対応の拠点として、免震構造で放射線対策を施した緊急時対策室建屋を設置しています。

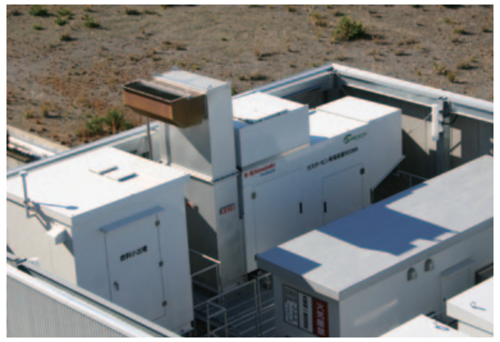
また、緊急時に発電所内外との通信手段となる衛星電話やトランシーバー、高い放射線の環境下でも作業できるよう放射線を遮へいする防護服、がれきを撤去するための重機なども配備しました。

さらに緊急時対策・対応要員が緊急時対策用の資機材を確実に使えるよう、電源車から電源盤への電源ケーブル接続訓練や大容量ポンプ車を用いたタンクへの給水訓練などの各種訓練を、夜間・休日の発生想定も含め、継続して実施しています。

●緊急時対策室建屋（災害対策本部）を設置

免震構造で放射線対策を施した緊急時対策室建屋を設置しました。また緊急時における発電所構内の通信手段として衛星電話やトランシーバーも配備しました。

緊急時対策室建屋（右側）



緊急時対策室建屋屋上に設置したガスタービン発電装置

■緊急時を想定し、各種訓練を継続して行っています

●災害対策本部・中央制御室における情報収集・通報訓練

災害対策本部の運用訓練

通信機器を使用した通報訓練

災害対策本部での情報収集・通報訓練

中央制御室での確認作業訓練

●アクセス道路確保訓練

津波により、発電所構内に散乱するがれきを撤去するための重機（ホイールローダ）を高台に配備しました。

ホイールローダによる障害物撤去訓練

●大容量ポンプ車による送水訓練

配管接続訓練（夜間訓練）