

第4章 県内の原子力施設の被災状況とその後の対策

1 日本原子力発電株式会社東海第二発電所

(1) 概要

日本原子力発電株式会社 東海第二発電所は、日本初の大型原子力発電所（認可出力110万kW）として、昭和53年11月に営業運転を開始した。

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の影響で原子炉が自動停止した。その後、津波の影響により、非常用ディーゼル発電機1台が使用不能になったが、原子炉の冷却を継続し、3月15日に冷温停止に到達した。

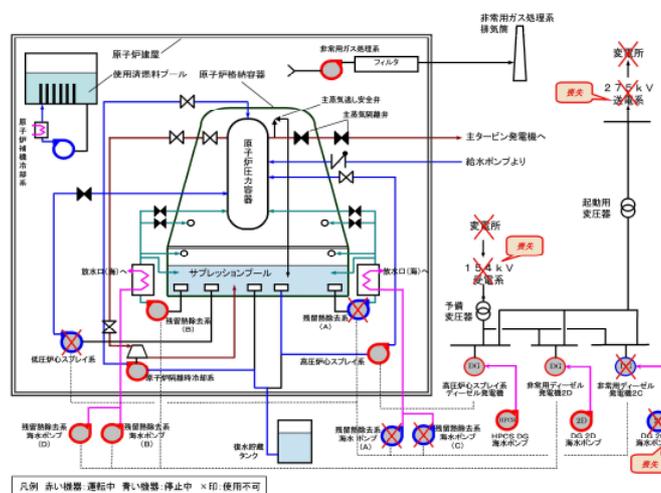
本事象を踏まえ、緊急安全対策や福島第一原子力発電所事故の技術的知見を反映した対策を実施し、新規規制基準への適合や更なる安全性向上を進めていく。

(2) 原子炉自動停止から冷温停止まで

ア 地震発生直後

東海第二発電所は定格熱出力一定運転中、平成23年3月11日14時46分頃に発生した東北地方太平洋沖地震（東海村震度6弱）により、14時48分に原子炉が自動停止した。また、外部電源（275kV及び154kV系）が地震の影響により喪失したが、非常用ディーゼル発電機3台が自動起動し、非常用機器への電源は確保された。

地震発生から約4時間半後、重要海水ポンプが設置されている取水口北側ポンプ槽が津波の影響により非常用ディーゼル発電機用海水ポンプの電動機1台が水没し自動停止したことから、非常用ディーゼル発電機1台が使用不能となったため、手順書に基づき残り2台の非常用ディーゼル発電機による冷温停止操作に移行した。



東海第二発電所 津波後の主要機器状況

（出典：日本原子力発電(株)）

イ 「止める」「冷やす」「閉じ込める」機能の状況

原子炉自動停止により全制御棒は正常に挿入され、22 分後に未臨界を確認した。

自動停止直後の原子炉は、非常用炉心冷却系の高圧炉心スプレイ系、原子炉隔離時冷却系の自動起動により原子炉への注水機能を確保し、通常水位に維持するとともに、圧力制御には主蒸気逃し安全弁の開閉により実施した。また、原子炉の崩壊熱除去には残留熱除去系 2 系統を起動し、サプレッションプールの冷却を開始していたが、その後、津波による取水口北側ポンプ槽への海水浸入により、非常用ディーゼル発電機 1 台が使用不能となったことから、残留熱除去系 1 台により冷却を継続した。

原子炉の自動停止に伴い、設計どおり格納容器が隔離され、また、同様に原子炉建屋の通常換気系も隔離され、非常用ガス再循環系・非常用ガス処理系へと切り替り閉じ込め機能が確保された。

ウ 冷温停止に向けて

原子炉は、原子炉隔離時冷却系および高圧炉心スプレイ系の 2 系統を用いて水位が維持されるとともに、主蒸気逃し安全弁の開閉により蒸気をサプレッションプールに排出し残留熱除去系 1 系統を用い冷却することで原子炉圧力を降下させていた。

原子炉の冷温停止に向けては、残留熱除去系を 2 系統確保してより確実な冷却を達成するためにも、電源の無い残留熱除去系に運転中の非常用ディーゼル発電機からの電源融通や、水没した非常用ディーゼル発電機用海水ポンプの復旧、もしくは外部電源の復旧などを検討していた。

この際、冷温停止に至るまでは原子炉隔離時冷却系および高圧炉心スプレイ系の複数の原子炉水位維持手段を確保することが最善と判断し、外部電源の復旧までは煩雑な操作を伴う電源融通操作をせず、その状態で冷却操作を継続することとした。

その後、外部電源（154kV 系）が復旧可能である連絡を給電所より受けたことから、受電準備を経て、所内電源を外部電源より 13 日 19 時 37 分に受電した。

外部電源復旧後、電源が無く停止していた残留熱除去系の停止時冷却モード（原子炉水を直接冷却するモード）の運転を開始し、15 日 0 時 40 分に原子炉を冷温停止した。

なお、原子炉の状態は、外部電源が復旧した時点において、水位は通常水位、圧力も 0.1MPa 以下で安定な状態を保っていた。仮に、外部電源の復旧がさらに長期間に及んだ場合においても、原子炉の冷却は補助的手段（復水移送ポンプ、ディーゼル駆動消火水ポンプ）なども含め、これらが使用可能となる原子炉状態になった時点で、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機からの電源融通

により残留熱除去系を停止時冷却モードにて運転することで、原子炉を安全に冷温停止にすることが可能であった。

日時	事象 / 主要操作	備考
3/11 14:46	東北地方太平洋沖地震発生	東海村震度6弱
14:48	主タービン発電機自動停止 原子炉自動停止	
14:48	外部電源喪失(275kV, 154kV) 非常用ディーゼル発電機3台自動起動	東京電力(株)変電所内損壊
14:48	高圧炉心スプレイ系自動起動	原子炉水位低(L2)
14:49	原子炉隔離時冷却系自動起動	〃
15:01	サプレッションプール冷却運転開始	
15:10	原子炉未臨界	
19:25	非常用ディーゼル発電機1台停止(2台運転)	津波により海水ポンプ水没
21:52	原子炉減圧操作開始	主蒸気逃し安全弁操作
3/12 13:11	原子炉隔離時冷却系停止	原子炉圧力低下のため
3/13 19:37	154kV系 外部電源受電, 所内電源系受電開始	
3/14 23:43	残留熱除去系(A)停止時冷却モード運転開始	炉水温度 117°C
3/15 0:40	原子炉「冷温停止」	炉水温度 100°C未満
2:26	サプレッションプール冷却運転停止	
4:09	高圧炉心スプレイ系停止	
4:19	非常用ディーゼル発電機全台停止	
3/17	275kV系 外部電源受電(1回線)	
3/22	水没非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ 点検作業終了(待機状態に復帰)	全台待機状態
4/27	275kV系 外部電源(2回線目)復旧完了	外部電源復旧完

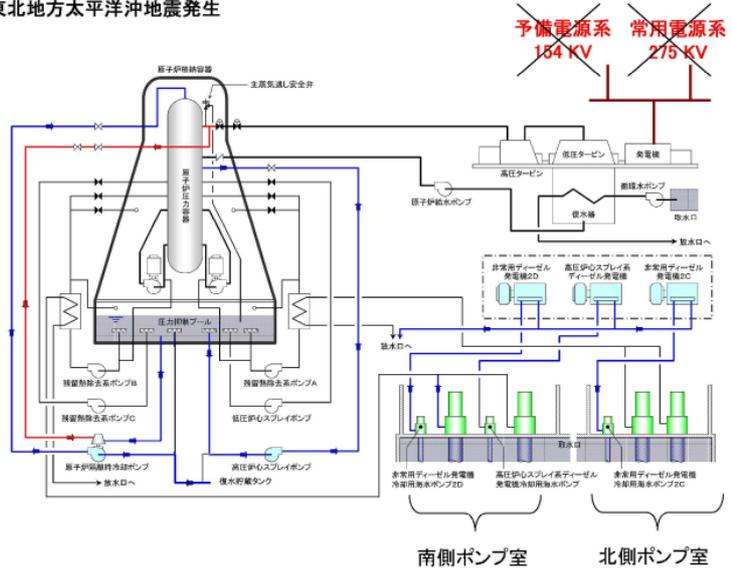
原子炉冷温停止までの主要時系列

(出典：日本原子力発電(株))

冷温停止までの経過（その1）

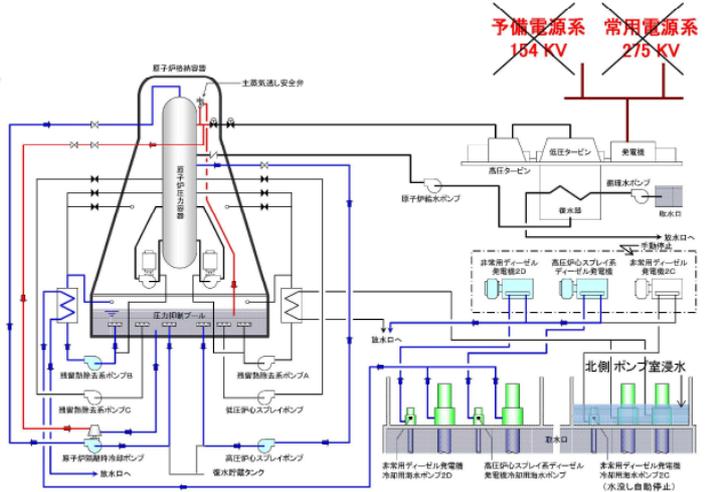
○平成23年3月11日14時46分：東北地方太平洋沖地震発生

- 14:48 **原子炉自動停止**
主タービン発電機が地震の影響により自動停止。それに伴い原子炉も自動停止。さらに外部電源が全て喪失。
- 非常用ディーゼル発電機にて安全停止に必要な電力を確保**
非常用ディーゼル発電機3台により原子炉を安全に停止するための電源を確保
- 原子炉隔離時冷却系及び高圧炉心スプレイ系にて原子炉水位を確保**
原子炉水位が低下し、原子炉隔離時冷却水系・高圧炉心スプレイ系が自動起動

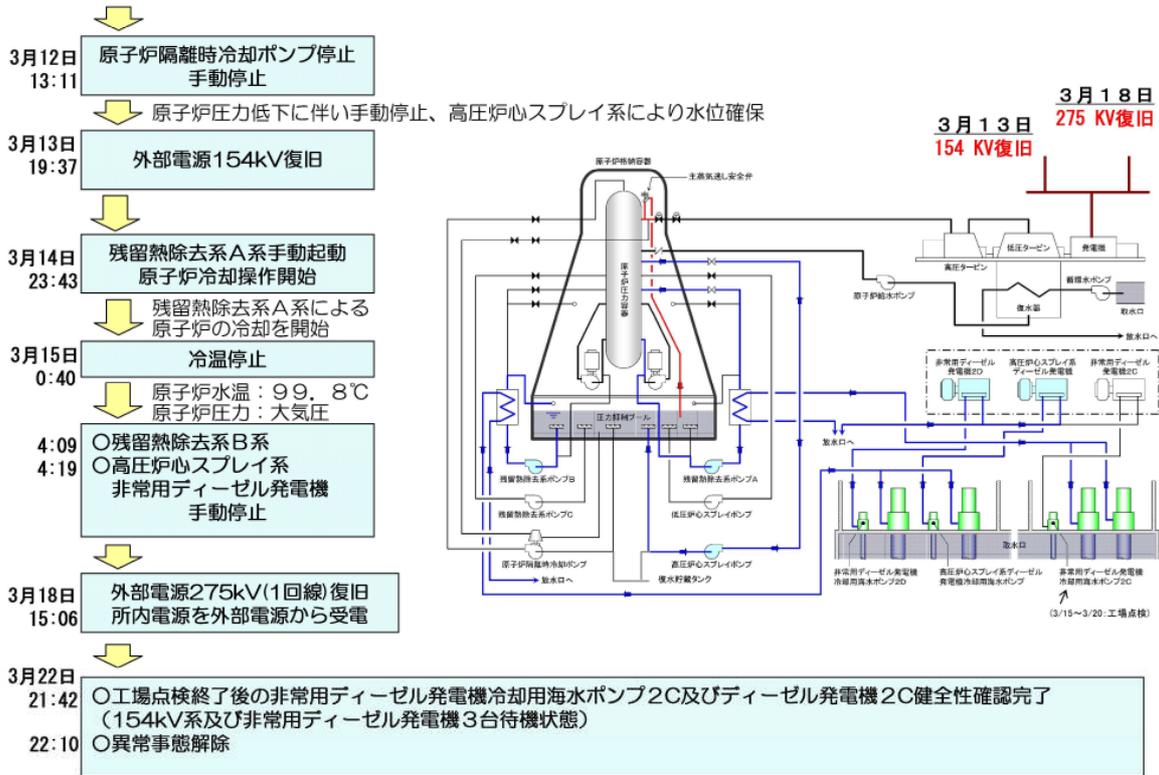


冷温停止までの経過（その2）

- 15:01 **残留熱除去系による圧力抑制プールの冷却開始**
主蒸気逃し安全弁により原子炉内の蒸気を圧力抑制プールに排出。プール水温の上昇抑制のため、残留熱除去系による冷却運転を開始
- 15:22 頃 **津波第一波を観測**
- 19:20 **非常用ディーゼル発電機冷却海水ポンプ2C自動停止**
津波により非常用ディーゼル発電機冷却海水ポンプ2Cの電動機が水没したため、ポンプ自動停止
- 19:25 **残留熱除去系A系非常用ディーゼル発電機2C手動停止**
- 21:52 **主蒸気逃し安全弁による原子炉減圧操作開始**

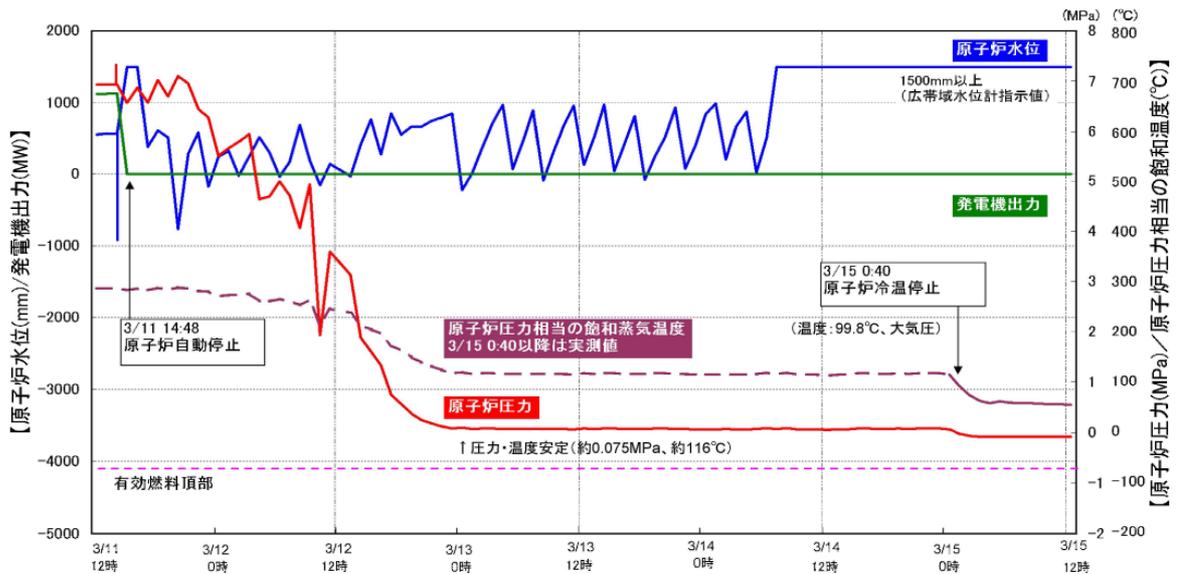


冷温停止までの経過（その3）



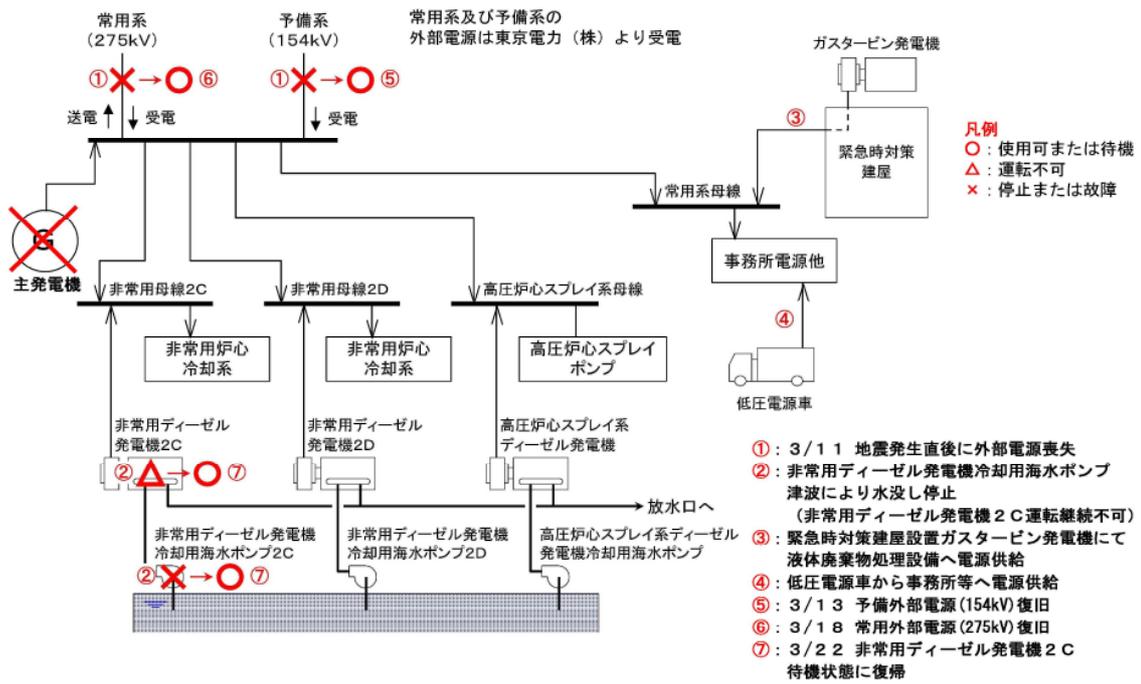
津波後の主要機器状況

(出典：日本原子力発電(株))



冷温停止までの主要パラメータ

(出典：日本原子力発電(株))



電源系統復旧

(出典：日本原子力発電(株))

エ 使用済燃料プールの冷却

使用済燃料プールは、地震によるスロッシング（波立ち現象）により、水位低警報が発報するとともにプールの周囲に溢水が発生し、通常水位から約20cm低下した。そのため、手順書に従いプールへの補給を行った。なお、水位は低下したものの、プールに保管されている使用済燃料は、十分冠水（燃料頂部から約7m上）されていた。

使用済燃料プール冷却浄化系は、外部電源の喪失で停止していたが、地震後の健全性確認を行ったうえで、非常用ディーゼル発電機からの電源供給により冷却運転を再開した。なお、運転を再開するまでの約28時間でプール水温は約8℃の上昇（最高温度29℃）であった。（保安規定上の制限温度65℃までは約142時間と評価されていた）

(3) 地震・津波の被害状況と対応

ア 地震観測記録

地震の際、東海第二発電所原子炉建屋では下表に示すような地震観測記録が得られた。

観測記録に基づく各階の最大応答加速度^{※1}は、建設時の当初設計時に用いた最大応答加速及び新耐震指針^{※2}に基づく耐震バックチェックで設定した基準地震動 Ss の最大応答加速度以下であった。

また、原子炉建屋の地震観測記録による床応答スペクトルは、一部の周期帯で建設時の設計に用いた床応答スペクトルを上回っていたが、その周期帯と共振する固有周期を持つ安全上重要な機器・配管系はなく、主要な周期帯では地震観測記録が下回っていた。

※1：最大応答加速度値

建物などの揺れを加速度で評価した場合の最大値

※2：新耐震設計審査指針

発電用軽水型原子炉の設置許可申請に係る安全審査のうち、耐震設計方針の妥当性について判断する際の基礎を示すことを目的として国が定めたもの。地震学及び地震工学に関する新たな知見の蓄積ならびに発電用軽水型原子炉施設の耐震設計技術の著しい改良および進捗を反映し、平成 18 年 9 月に改訂が行われている。

観測位置		地震観測データ			建設時の最大応答 加速度値 (ガル)		基準地震動 Ss に対する 最大応答加速度値 (ガル)		
		最大加速度値 (ガル)			南北 方向	東西 方向	南北 方向	東西 方向	上下 方向
		南北 方向	東西 方向	上下 方向					
原子炉 建屋	6階	492	481	358	932	951	799	789	575
	4階	301	361	259	612	612	658	672	528
	2階	225	306	212	559	559	544	546	478
	基礎版上 (地下2階)	214	225	189	520	520	393	400	456

(参考) 原子炉スクラム設定値

- ・水平 基礎版上端：250 ガル、2階：300 ガル
- ・上下 基礎版上端：120 ガル

東海第二発電所 地震観測記録と建設時の最大応答加速度値及び 基準地震動 Ss に対する最大加速度値の比較

(出典：日本原子力発電(株))

イ 津波遡上高

東海第二発電所敷地における津波遡上高^{※3}は、現場調査により確認した痕跡等の確認結果から、標高(T.P.^{※4}) +5.0m～+5.4m程度であったと推定した。

この津波により、取水口海水ポンプエリア内の北側海水ポンプ槽に津波対策工事の未完了部から海水が浸水し、3台ある非常用ディーゼル発電機用海水ポンプのうち1台が水没したことから自動停止した。海水ポンプエリアについては、震災前から津波対策として海水ポンプ槽南北の側壁新設工事（標高+4.9mまでであった側壁の外側に標高+6.1mまでの側壁を新たに設置）や、壁の貫通部（配管・電線管等を通すための穴）の封止（浸水防止）工事を実施してきており、震災前に側壁の新設工事は完了していたが、当該エリアの貫通部封止工事が一部未完了だった。

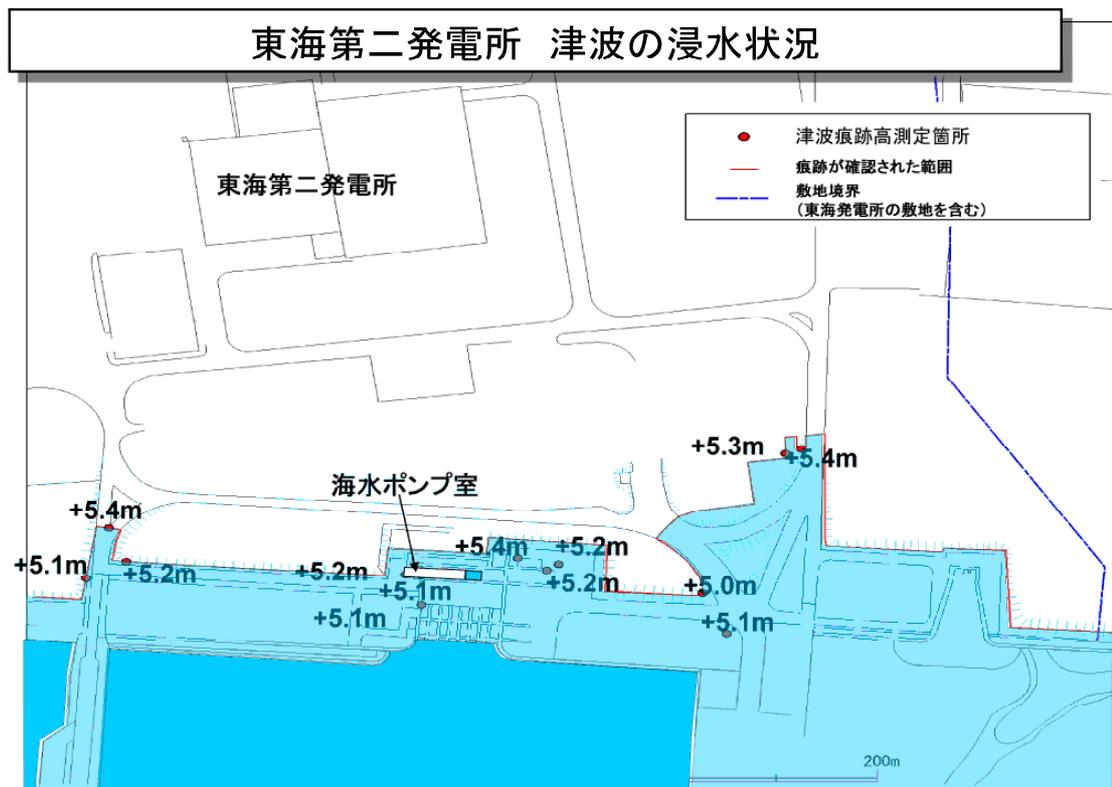
なお、原子炉建屋等の主要建屋への影響は、建屋の設置レベルが標高+8mであることから、津波による影響はなかった。

※3：津波遡上高

海岸から内陸に津波が及んだ高さ。

※4：T.P.

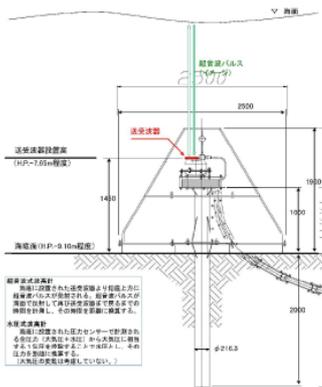
東京湾平均海面。



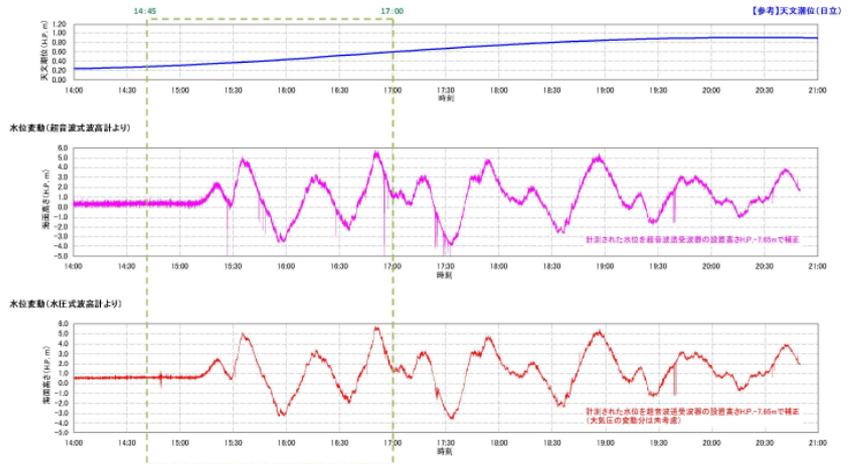
* 数値はすべて標高表示（地殻変動の影響は考慮していない）

東海第二発電所 津波遡上高及び範囲

（出典：日本原子力発電（株））



○東海港沖合い約150mに設置された波高計では、3月11日16:50頃に最高潮位約H.P.+5.5m(T.P.+4.6m)が確認された。

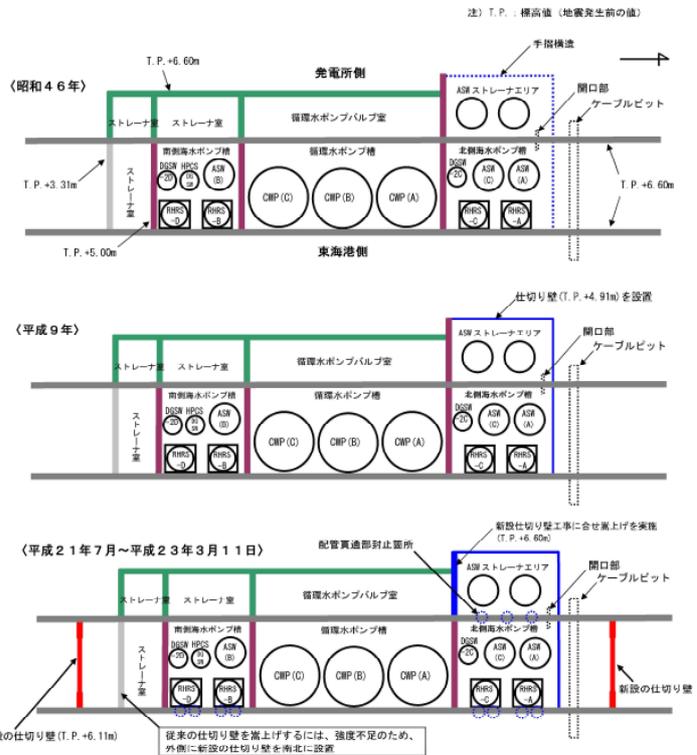


注) H.P.: 日立港工事基準面 (Hitachi Peil)
T.P.: 東京港平均海面 (Tokyo Peil)

東海第二発電所 津波観測記録

(出典: 日本原子力発電(株))

年	工事内容等	備考
昭和46年	原子炉設置許可申請時、昭和31年7月以降の茨城県日立港で観測された潮位記録として最高潮位T.P.+1.46mをもとに取水口機器設置レベルT.P.+3.31mを超えないとしていたため、建設時には非常系の海水ポンプが設置された南北2つのポンプ槽のうち北側ポンプ槽に仕切り壁はなかった。	最高潮位は昭和33.9.27狩野川台風にて観測
平成5年7月	北海道南西沖地震発生。土木学会が「原子力発電所の津波評価技術」をまとめる契機となる。	M7.8、最大津波高さ16.8m
平成6年	耐震バックチェックにより「歴史津波に対する評価」が行われる。	
平成9年	平成14年に評価結果がでた土木学会「原子力発電所の津波評価技術」の情報を先取りし津波対策として、北側ポンプ槽に仕切り壁(高さT.P.+4.91m)を設置。	津波対策は平成9年から平成13年まで実施。
平成14年2月	土木学会「原子力発電所の津波評価技術」に基づく評価結果として、最高潮位をT.P.+4.80mと想定。	
平成18年9月	「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」改定。	(新耐震指針)
平成19年10月	茨城県より「本県沿岸における津波浸水想定区域図等」が公表。	
平成20年12月	新耐震指針に照らした津波の影響評価より厳しい影響評価となる茨城県公表「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T.P.+5.72mで対策実施を決定。	最高潮位は、1677年延宝房総沖地震の評価結果
平成21年7月～平成22年9月	想定最高潮位に対し、新設の仕切り壁高さをT.P.+6.11mとして設置工事。	
平成22年11月末～平成23年3月9日	南北ポンプ槽の配管貫通部水密化工事を実施。	南側ポンプ槽工事完了
平成23年2月2日～平成23年5月末	北側ポンプ槽の配管貫通部以外を工事中。(3月11日地震に遭遇、北側ポンプ槽浸水)	



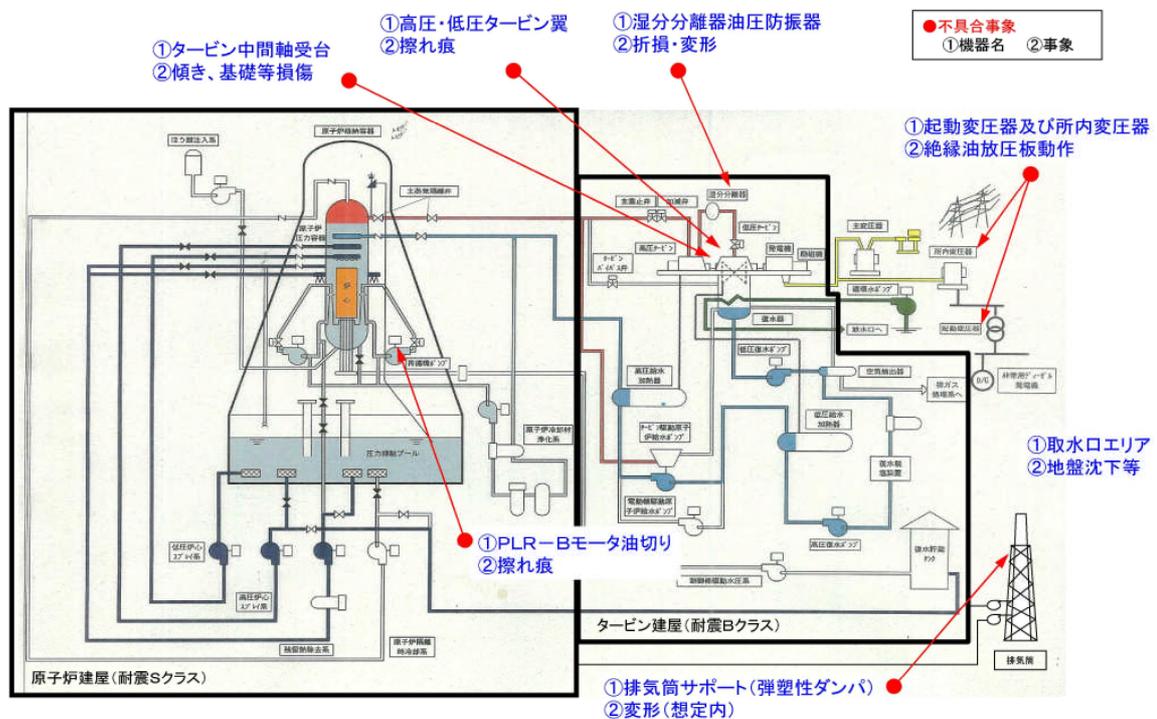
取水口津波対策工事の経緯

(出典: 日本原子力発電(株))

ウ 地震・津波の被害状況

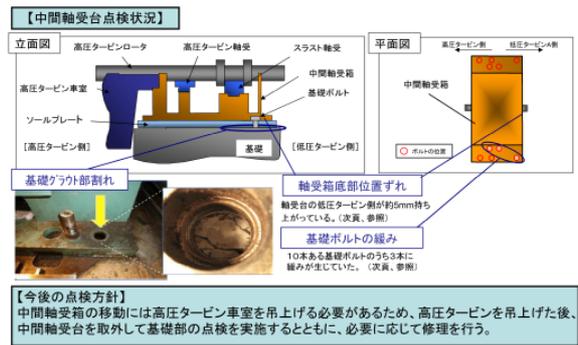
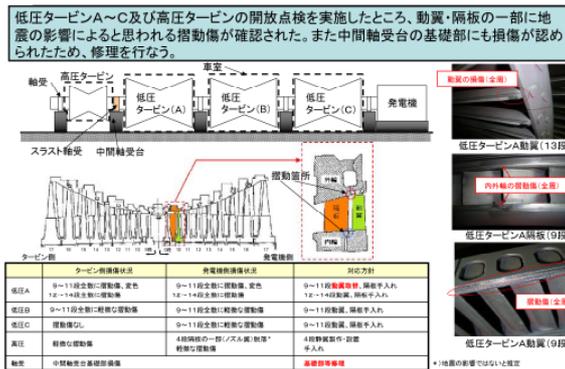
今回の地震および地震に伴う津波により、主タービン発電機や海岸設置機器を中心に多くの発電設備に影響が出た。震災後の第25回定期検査等において、不具合事象として確認された主なものを以下の図に示す他に、東海第二発電所として約150件、同じ敷地内の東海発電所と合わせると約210件の大小様々な不具合事象が確認されている。なお、これらの不具合事象については、一部を除き新品に取替える等復旧が完了し、運転復帰されている。

不具合事象のうち、法令報告（実用炉規則第19条の17に基づく報告）対象事象が2件発生しているが、次のエ項にて詳細を述べる。



地震による主な被害箇所

(出典：日本原子力発電(株))



主タービン発電機の被害状況と対応

(出典：日本原子力発電(株))

1. 不具合事象

① 主変圧器、起動用変圧器放圧管からの絶縁油漏れ

起動変圧器全景



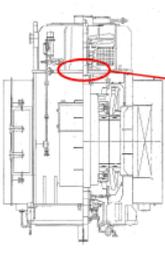
起動変圧器 2A

絶縁油漏れ跡



起動変圧器 2B

② 原子炉再循環ポンプ(B)モータ油切り擦れ痕



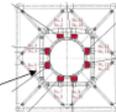
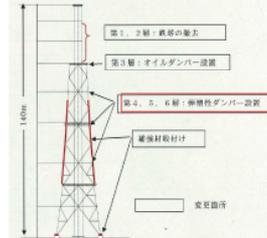
油切り部

拡大



モータ上部油切りと主軸に擦れ痕

③ 主排気筒サポート(弾塑性ダンパー)の変形



④ 湿分離器油圧防振器の折損・変形



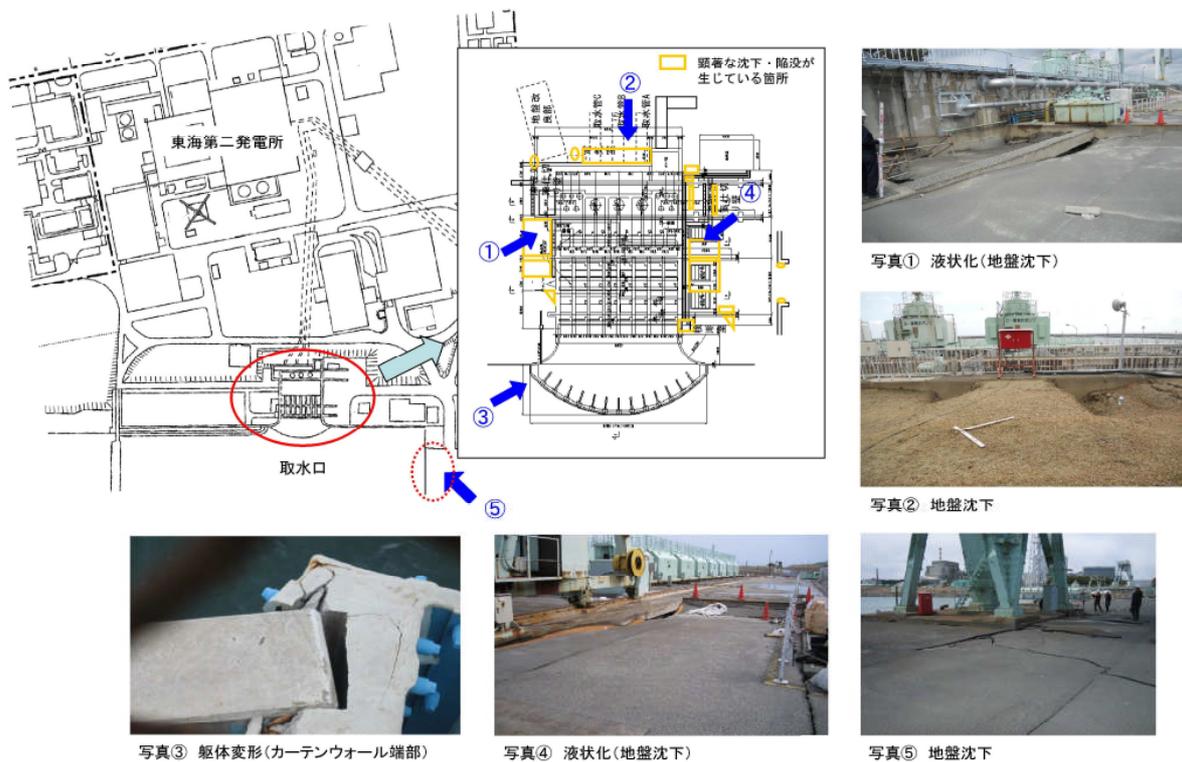
2. 対応状況

①から④の不具合事象に対して、以下の対応により復旧を実施した。

不具合事象	対応状況
①主変圧器、起動用変圧器放圧管からの絶縁油漏れ	①地震により変圧器内絶縁油々面が変動したため、放圧装置が作動し絶縁油が漏洩。新品の放圧板と交換を実施。
②原子炉再循環ポンプ(B)モータ油切り擦れ痕	②地震により当該部とシャフトが接触したものと推定。工場点検にて修理を実施。
③主排気筒サポート(弾塑性ダンパー)の変形	③地震による変位のためダンパーが塑性変形。ダンパーの詳細点検後、交換を実施。
④湿分離器油圧防振器の折損・変形	④地震による影響のため油圧防振器1本が破断、取替を実施。

その他主要設備の被害状況と対応

(出典：日本原子力発電(株))



取水口周辺の被害状況

(出典：日本原子力発電(株))

エ 法令報告事象

(ア) 非常用ディーゼル発電機冷却用海水ポンプ 2C の自動停止

地震後の津波に伴い、19時20分に非常用ディーゼル発電機 2C 用海水ポンプ（「以下、当該ポンプ」という）の自動停止をポンプ運転表示灯の消灯等により確認した。このため、非常用ディーゼル発電機 2C の運転継続が不可能と判断し、19時25分にディーゼル発電機を手動停止した。

その後、当該ポンプの現場状況を確認したところ、取水口の南北に配置されている非常用海水ポンプ用ポンプ槽のうち当該ポンプが設置されている北側ポンプ槽において、底面から約2mの位置に水面があり、当該ポンプの電動機（以下、「当該電動機」という）が完全に水没（縦型ポンプである当該ポンプの電動機頂部レベルは、ポンプ槽底面から約1.8mに位置）していることを確認した。

後日、当該電動機を点検した結果、「原子炉施設の安全を確保するために必要な機能を有していない」ことから、3月18日に法令報告事象であると判断した。

a 電動機に関する点検調査

(a) 現地における点検

- ・当該電動機用電源盤のノーヒューズブレーカ、ヒューズの外観点検を実施した結果、異常のないことを確認した。また、熱動継電器^{※5}が作動していることについて、熱動継電器の外観点検を実施したが、継電器設定値に変化は見られず、設定不良はないことを確認した。
- ・当該電動機は、事象発生時には頂部まで水没を確認していたが、外観に損傷は見られず、手回し等により内部に機械的な固着等はないものと判断した。さらに、スペースヒータ^{※6}用端子箱を開放したところ、当該ポンプ用電動機に海水が浸入していることを確認した。

(b) 工場点検

- ・当該電動機の分解点検の結果、電動機固定子の鉄心部分に錆、回転子の下部には海水が乾燥して析出されたと推定される白い付着物が見られたが、それ以外の損傷等は確認されなかった。
- ・また、固定子の絶縁抵抗値に低下が見られた。

※5：熱動継電器

サーマルリレーとも呼ばれ、過負荷継電器の総称。回転機の温度が設定値以上になったときに動作するもので、異常電流の発生などによる発熱を検出すると動作し、電磁接触器を動作させて電路を遮断し保護を行う。

※6：スペースヒータ

小さな区画を暖房するための装置の総称。ヒーターに放熱カバーを取付けたもので、盤内の結露防止用、湿気防止用に使用される。

b 北側ポンプ槽浸水に関する調査

(a) 北側および南側ポンプ槽の目視調査

- ・北側ポンプ槽への海水浸入ルートとして、補機冷却海水系（ASW）ストレナーエリア（北側ポンプ槽の西側）の仕切り壁が津波高さより低かった（標高+4.9m）ために、津波が壁を乗り越え、排水用側溝を通して海水がポンプ槽に浸水した。
- ・さらに、封止工事が未完了であった電線管のケーブルピットは、従来から設置されている北側ポンプ槽の仕切り壁（標高+4.9m）と、津波対策として新たに設置した仕切り壁の間に配置されていたことから、このケーブルピットを通して海水が浸入したことを確認した。
- ・なお、南側ポンプ槽については、海水の浸入はなかった。

(b) 取水口での津波対策に関する作業状況

- ・南側ポンプ槽においては、津波がポンプ槽に直接浸入することを防ぐための仕切り壁の設置ならびに壁の配管等貫通部の封止工事は完了していたが、北側ポンプ槽については、排水用の側溝閉塞などの止水対策

が未完了の状況にあった。

c 推定原因

津波対策として、新たに設置した仕切り壁高さよりも低い津波の場合であっても、北側ポンプ槽周辺の封止工事が未完了であったことで、北側ポンプ槽に津波による海水の浸入箇所が、以下の2箇所あった。

①北側ポンプ槽と補機海水冷却系（ASW）ストレーナエリア間にある排水溝による開口部

②電線管ケーブルピット部

これらの箇所から海水の浸入により、当該電動機が水没し、電動機冷却用ファンが水の抵抗を受け軸動力が増加したことで電流値が増加し、過負荷から保護するための熱動継電器の作動により、当該ポンプが自動停止したものと推定した。

d 対策

(a) 当該電動機に対する対策

固定子をメーカ工場に搬出し、洗浄乾燥させたいえで吸湿防止のためのワニス処理、発錆防止のための錆止め塗装を再施工した。

また、回転子については洗浄乾燥させ、スペースヒータならびに軸受を交換し、工場にて組立ならびに試験を実施したうえで現地へ搬入、据付ならびに試運転を実施し、異常の無い事を確認した。

その後、非常用ディーゼル発電機2Cについて健全性確認運転のうえ、3月22日に待機状態へ復帰した。

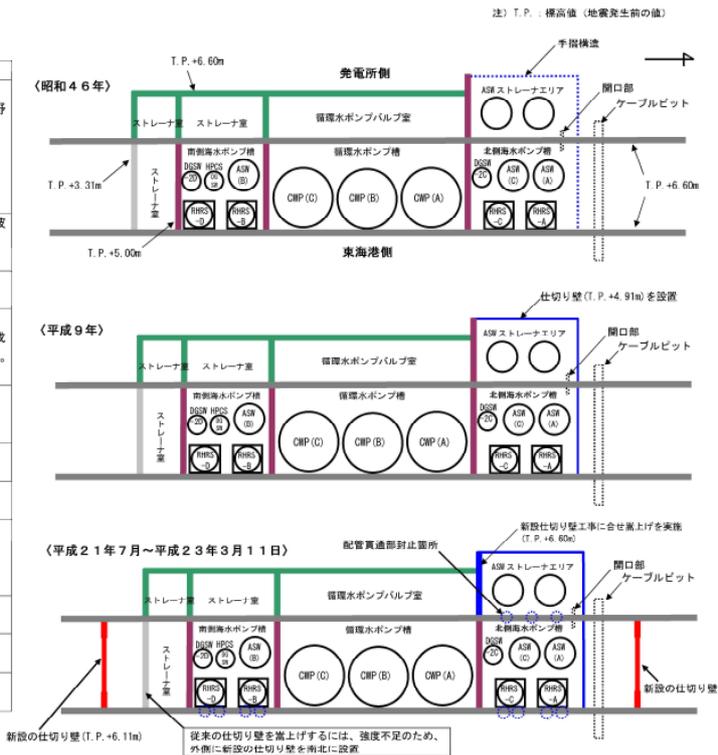
(b) 北側ポンプ槽に関する対策

当初から実施予定であった補機海水冷却系（ASW）ストレーナエリア間にある排水溝、およびケーブルピットについて、コンクリート打設による封止措置を実施した。

(c) 津波に対する安全対策

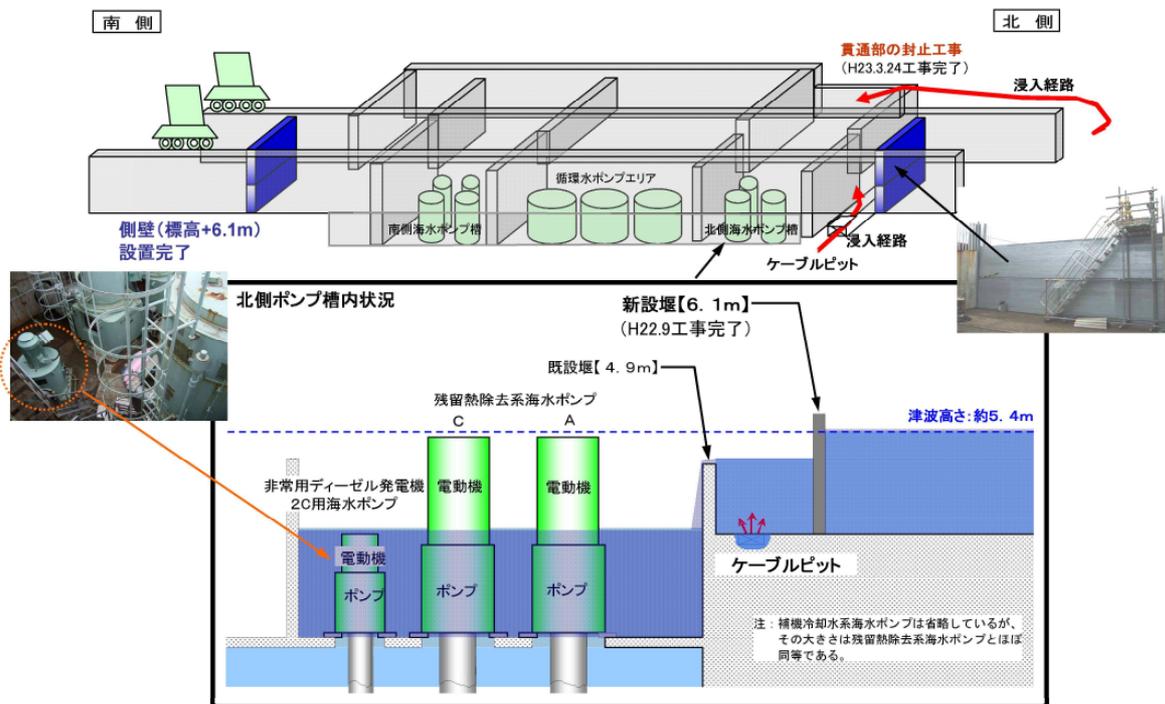
津波に対する安全対策として、緊急安全対策を実施したが、更なる安全対策として今後得られる新たな知見は反映する。

	工事内容等	備考
昭和46年	原子炉設置許可申請時、昭和31年7月以降の茨城県日立港で観測された潮位記録として最高潮位T.P.+1.46mをもとに取水口機器設置レベルT.P.+3.31mを超えないとしていたため、建設時には非常系の海水ポンプが設置された南北2つのポンプ槽のうち北側ポンプ槽に仕切り壁はなかった。	最高潮位は昭和33.9.27狩野川台風にて観測
平成5年7月	北海道南西沖地震発生。土木学会が「原子力発電所の津波評価技術」をまとめる契機となる。	M7.8、最大津波高さ16.9m
平成6年	耐震バックチェックにより「歴史津波に対する評価」が行われる。	
平成9年	平成14年に評価結果がでた土木学会「原子力発電所の津波評価技術」の情報を先取りし津波対策として、北側ポンプ槽に仕切り壁(高さT.P.+4.91m)を設置。	津波対策は平成9年から平成13年まで実施。
平成14年2月	土木学会「原子力発電所の津波評価技術」に基づく評価結果として、最高潮位をT.P.+4.86mと想定。	
平成18年9月	「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」改定。	(新耐震指針)
平成19年10月	茨城県より「本県沿岸における津波浸水想定区域図等」が公表。	
平成20年12月	新耐震指針に照らした津波の影響評価より厳しい影響評価となる茨城県公表「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T.P.+5.72mで対策実施を決定。	最高潮位は、1677年延宝房総沖地震の評価結果
平成21年7月～平成22年9月	想定最高潮位に対し、新設の仕切り壁高さをT.P.+6.11mとして設置工事。	
平成22年11月末～平成23年3月9日	南北ポンプ槽の配管貫通部水密化工事を実施。	南側ポンプ槽工事完了
平成23年2月2日～平成23年5月末	北側ポンプ槽の配管貫通部以外を工事中。(3月11日地震に遭遇、北側ポンプ槽浸水)	



取水口津波対策工事の経緯

(出典：日本原子力発電(株))



海水ポンプエリア概要図と浸水状況

(出典：日本原子力発電(株))

(イ) 125V蓄電池 2B室における溢水

震災当日の21時50分頃、複合建屋電気室1階（非管理区域）に設置されている125V蓄電池^{※7} 2B室（以下、「2Bバッテリー室」という）内にある床ドレンファンネル^{※8}（以下、「当該ファンネル」という）から逆流が見られ、床面に約3cmの深さで溢水していることを発見した。

この溢水では流入源が特定できていなかったこと、電気室内の電源盤への影響を考慮し汚染の無いことをGM汚染サーベイメータ^{※9}による測定にて確認したうえで、仮設ポンプを用い屋外に排水（総排水量約1.1m³）した。

その後、さらにNaI放射線検出器による核種分析^{※9}を実施し、バックグラウンド以外のピークは確認されなかったことから、排水は汚染が無いと判断した。

なお、排水作業とほぼ同時刻に、複合建屋に隣接するサービス建屋1階管理区域内を巡視していた運転員が実験室サンプル^{※10}（以下、「当該サンプル」という）水位がサンプルポンプシール水の流入継続により高くなっていることを発見していたが、この溢水事象との関連付けはしていなかった。

後日、改めてGe半導体測定器（通常放出管理で使用している測定器）にて排水を測定したところ、微量の放射性核種が検出されたことから、「核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物が管理区域外で漏えいしたとき」に該当したため、3月28日に法令報告事象であると判断した。

※7：125V蓄電池

発電所直流電源系（制御電源系）で、複数系統による多重性を有する。

※8：床ドレンファンネル

床面に設置された排水口。

※9：GM汚染サーベイメータ、NaI放射線検出器

環境モニタリング用に使用している測定器で、通常の作業管理に用いるGe半導体測定器に比べると検出感度や放射能核種を判別する精度は劣る。（外部電源が喪失した影響で放射線管理に使用している機器は使用不可だった）

※10：実験室サンプル

管理区域内の一次系の水を含む液体サンプルについて成分等の化学分析を行った後の排水を受けるための溜め。溜った水は液体廃棄物処理系へポンプにより移送される。

a 点検調査

図面確認の結果、2Bバッテリー室の当該ファンネルと、サービス建屋の実験室サンプルが配管で接続している可能性が考えられたことから現場での調査を行った。

(a) 当該ファンネルからのドレン配管は一部が埋設となっていたことから、確認のため当該ファンネルに水を流し、当該サンプルに流入することで両者の接続を確認した。

(b) 当該サンプルへの流入源を調査した結果、外部電源喪失に伴い常用系電源

が停電したことから、当該サンプのポンプシール水電磁弁が開（電源喪失時に開）となり、シール水がサンプに流入し続け、サンプ内に溜まったことを確認した。

- (c) また、当該サンプの制御電源が停電したことから、サンプの水位高警報が発信されなかったこと、さらに、当該ファンネルを閉塞していたゴム栓が外れた（地震の影響と推定）ことで、非管理区域側の当該ファンネルへサンプ水が逆流したことで溢水したことを確認した。

b 推定原因

当該ファンネル（非管理区域）と当該サンプ（管理区域）が配管で接続されていた経緯を調査した結果、過去に実施された発電所の管理区域縮小に伴い、電気室が管理区域から保全区域（非管理区域）に変更となったものの、接続する配管は閉塞措置を講じたのみで撤去せず接続された状態となっていた。

以上のことから溢水の原因は、管理区域と非管理区域を接続する配管が存在していたことと、当該サンプと当該ファンネルに高低差がなかったことに加え、逆流を防止する措置が講じられておらず、地震の影響で閉塞用ゴム栓が外れサンプ水が当該ファンネルに逆流したと推定した。

c 対策

当該ファンネルと当該サンプの隔離措置として、鋼板とモルタルを用いた閉止措置を実施するとともに、当該接続配管につながる他のファンネル8箇所についても、鋼板とモルタルを用いた閉止措置を実施した。

また、管理区域と非管理区域が配管等で接続され、管理区域で発生した水が非管理区域側で溢水を生じる可能性がある箇所を確認した結果、13箇所のファンネルが抽出されたが、非管理区域側のファンネル設置位置が管理区域側サンプから見て高所に位置するため、逆流の可能性はないが、管理区分の異なるエリア間で接続されていることから、念のため恒久的な閉止措置を行うこととした。

(4) 東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故への対応

ア 事故支援活動

東日本大震災に起因する東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故は、大量の放射能放出により 10 万人を超える人々が避難する未曾有の事態となり、電力事業者としても総力を挙げ現地支援活動が行なわれた。懸命の復旧対策の結果、平成 23 年末に事故を起こした原子炉の冷温停止状態をもって、電力事業者の現地支援活動は終了した。

福島第一への支援については、電力各社間で締結している『原子力事業者間協力協定（日本原燃、電源開発を含む 12 社の協定）』に基づき、事故発生直後より電力各社から放射線サーベイを中心とした要員派遣及び資機材提供が開始され、原電も東海第二の被災対応が一段落した後に支援活動に参画している。

当初、電力の支援に際し取りまとめ業務を中部電力（その後、電気事業連合会内に支援組織を設置した同年 6 月以降は幹事会社を関西電力としている）が務め、その下で全社一丸となって活動した。震災翌日の 3 月 12 日に福島県郡山市に電力支援本部が設置され、3 月 15 日には原電も含め全社が到着し活動が開始された。原電は、現地支援組織の放射線管理責任者、モニタリング班長を担当した。

支援活動では、オフサイトセンター、文部科学省及び福島県からの要請を受け、環境モニタリング、住民・車両のスクリーニング及び放射性核種分析を実施した。また、東京電力の要請を受け、同年 6 月中旬まで J ビレッジにおける放射線管理業務（退域サーベイ、個人線量管理、入所教育、放射線環境定点測定）、J ビレッジでの車両サーベイを実施している。支援組織への派遣は、国の要請に各社が応じた人数を基にした 300 人体制で出発し、延要員数は同年 12 月までに約 57,700 人となった。なお、この支援活動に伴う被ばく線量は、全体で約 170 人・mSv であった。

原電は、東海第二が被災している状況であったが、3 月 14 日には敦賀発電所の派遣要員が電力支援本部に到着し、活動に参加した。その後順次東海発電所、本店、グループ会社からの要員が参加している。モニタリングカーによる 20 km 圏外のモニタリング、放射線核種測定、物資運搬を除く支援業務に参画している。なお、原電は業務量に応じて支援組織への派遣者を調整し、延派遣要員数 4,971 名（実人数は 387 名）、被ばく線量は約 21 人・mSv となっている。

イ 茨城県内支援対応

(ア) サーベイ助勢

茨城県からの要請により、福島県から県内へ自主的に避難してきた方の避難場所におけるサーベイ助勢や相談員として支援活動を行った。期間は、震災 6 日後の 3 月 17 日から 22 日の 6 日間で、派遣要員数は延べ 13 人、サーベイ者数は約 360 人であった。

サーベイ助勢は、水戸保健所とつくば洞峰公園体育館の2箇所であったが、東海・東海第二発電所は地震・津波の影響を受けその対応に追われていたため、本店からの応援者も含めて対応した。

サーベイは汚染サーベイメータを用いた身体表面の測定で、県内の原子力関係者や県職員等にて実施された。他に保健所からの除染要員も配置され、緊急マニュアルにより 10,000cpm (40Bq/cm²) 以上で当該部の除染を行うことになっていたが、サーベイの結果は対象となるような汚染者はほとんど見られなかった。

単位：人

		3/17	3/18	3/19	3/20	3/21	3/22	計
水戸保健所	派遣数	2	2	2	2	2	1	11
	測定数	約70	94	28	10	6	46	約260
つくば洞峰公園体育館	派遣数	2	—	—	—	—	—	2
	測定数	約100	—	—	—	—	—	約100

サーベイ助勢派遣要員数

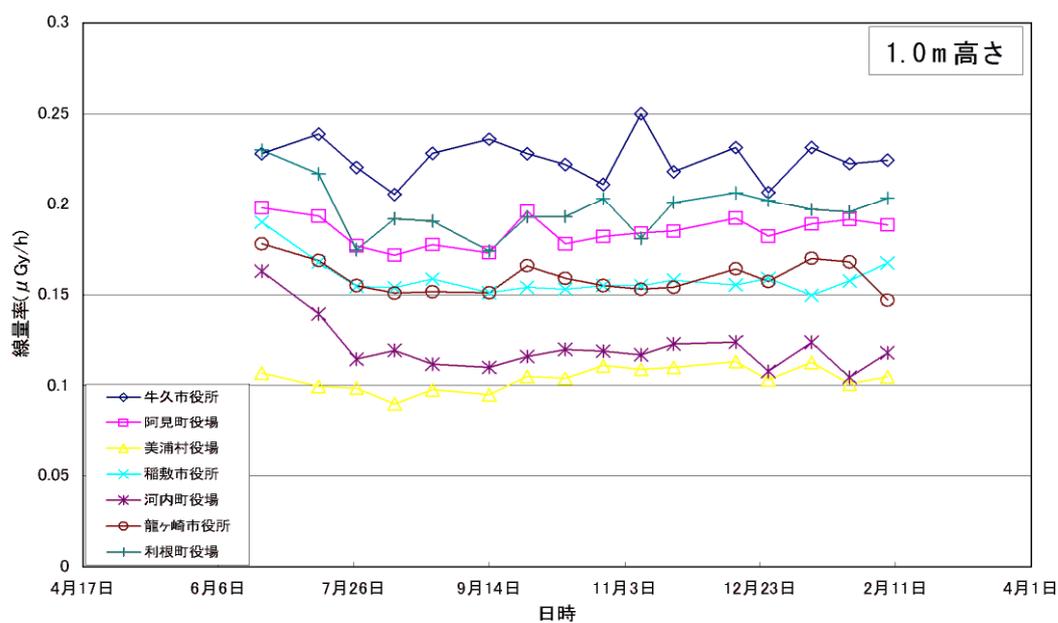
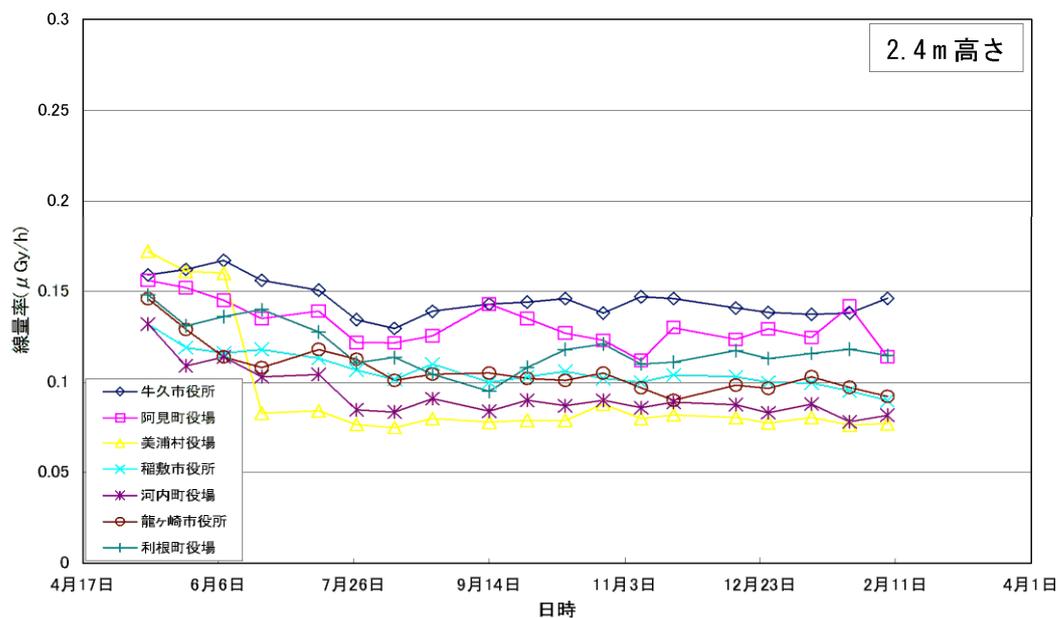
(出典：日本原子力発電(株))

(イ) モニタリング車による県南サーベイ

福島第一原子力発電所の事故を受け、茨城県では直ちに北茨城市等の県北に可搬型モニタリングポストを設置するとともに、東海・大洗地区の固定放射線測定局 41 局において監視体制の強化を図っていた。しかし、放射線量率の測定を実施していない県南の住民からの要望が多かったため、県より JAEA 及び原電にモニタリング車を用いた定点サーベイを実施するよう依頼があり対応した。

原電は、牛久市、阿見町、美浦村、稲敷市、河内村、龍ヶ崎市、利根町の 7 市町村の担当となった。放射線量率の測定は 5 月より開始し、月 2 回、第 2・第 4 水曜日に実施しており、平成 23 年度末まで継続された。

また、測定は当初 NaI 検出器をモニタリング車天井に設置した状態で地上 2.4m 高さのみであったが、その後地上 1m 高さに検出器を移動させた測定も追加されている。



県南サーベイ線量率推移

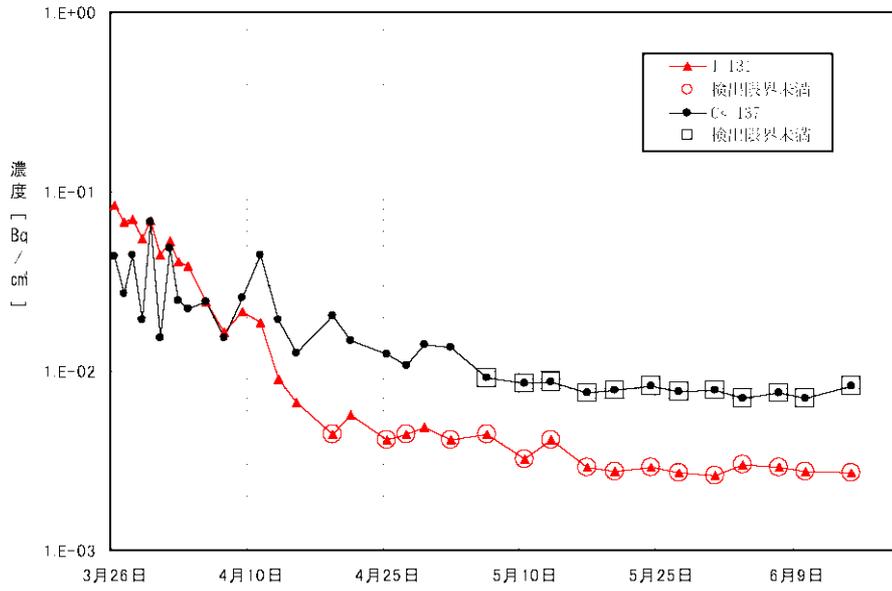
(出典：日本原子力発電(株))

(ウ) 水道水の核種分析

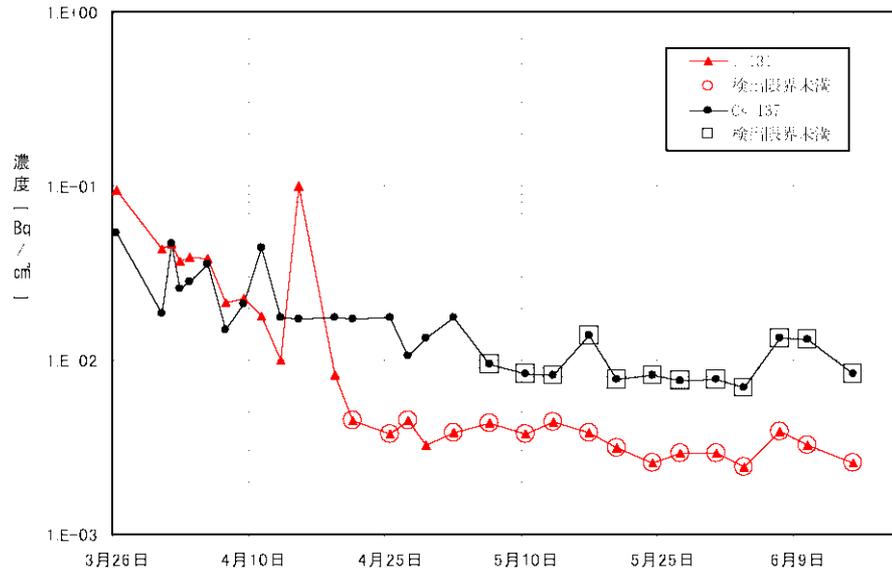
東海村より依頼を受け、3月26日より原電にて水道水の核種分析を開始した。対象核種はヨウ素131とセシウム137で、当初は毎日測定を実施していたがその後、隔日毎、週2回の測定に頻度を落とし、6月15日の測定を最後に終了した。

また、常陸大宮市からも同様の依頼を受け、対応を実施した。

東海村 浄水(久慈川)



東海村 水道水(那珂川)



東海村水道水の核種分析

(出典：日本原子力発電(株))

(5) 福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全対策

ア 緊急安全対策

福島第一原子力発電所事故を踏まえ、平成 23 年 3 月 30 日付で経済産業大臣から「福島第一・第二原子力発電所事故を踏まえた緊急安全対策の実施指示」に基づき、津波により 3 つの機能（交流電源を供給する全ての設備の機能、海水を使用して原子炉施設を冷却する全ての設備の機能及び使用済燃料貯蔵プール等を冷却する全ての設備の機能）が喪失した場合の緊急安全対策を実施し、同年 4 月 22 日に経済産業大臣に報告した。

(ア) 指示内容

全ての原子力発電所を対象に、電気事業者に対して以下の緊急安全対策に直ちに取り組むよう求めるとともに、以下の 6 項目の緊急安全対策の実施状況（今後取り組む計画を含む）を原子力安全・保安院（当時）に早急に提出するよう求められた。

①緊急点検の実施

津波に起因する緊急時対応のための機器及び設備の緊急点検の実施

②緊急時対応計画の点検及び訓練の実施

交流電源を供給する全ての設備の機能、海水により原子炉施設を冷却する全ての設備の機能及び使用済燃料貯蔵プール等を冷却する全ての設備の機能の喪失を想定した緊急時対応計画の点検及び訓練の実施

③緊急時の電源確保

原子力発電所内の電源が喪失し、緊急時の電源が確保できない場合に、必要な電力を機動的に供給する代替電源の確保

④緊急時の最終的な除熱機能の確保

海水系施設又はその機能が喪失した場合を想定した機動的な除熱機能の復旧対策の準備

⑤緊急時の使用済燃料貯蔵プール等の冷却確保

使用済燃料貯蔵プール等の冷却及び使用済燃料貯蔵プール等への通常の原子力発電所内の水供給が停止した際に、機動的に冷却水を供給する対策の実施

⑥各原子力発電所における構造等を踏まえた当面必要となる対応策の実施

(イ) 緊急安全対策に係る実施状況

a 津波による 3 つの機能喪失時の対応シナリオの策定

(a) 平成 23 年 3 月 30 日付の経済産業大臣からの実施指示内容に照らし、津波により上記 3 つの機能が喪失した場合において、炉心損傷や使用済燃料の損傷を防止し、放射性物質の放出を抑制しつつ、冷却機能の回復を図るため、

・電源車による電源緊急復旧

- ・原子炉への注水確保
- ・使用済燃料貯蔵プール等への給水確保の対応

を行うこととし、これらの対応を具体的に実現するためのシナリオを策定した。

- (b) シナリオの策定にあたっては、基本シナリオの策定 (Plan) の後、現場での適用検討 (Do) を経て、再度シナリオへのフィードバック (Check) を行い、現場でのシナリオに基づく確認 (Action) のプロセスを踏み、手順として策定した。

b 緊急安全対策の実施状況

策定した対応シナリオにより、経済産業省から示された以下の①～⑥の項目の指示内容に照らし、以下の通り取り組んだ。

(a) 緊急安全対策

直ちに講じるべき対策を緊急安全対策として、設備面および運用面での対策により、津波により3つの機能を喪失した場合においても、炉心損傷及び使用済燃料の損傷を防止し、放射性物質の放出を抑制しつつ原子炉施設の冷却機能の回復を図る。

①緊急点検の実施

策定したシナリオ実現のために必要となる資機材や設備についての点検を行った。

②緊急時対応計画の点検及び訓練の実施

策定したシナリオ実現のための緊急時対応計画として、体制、役割分担、要員配置、手順、訓練、資機材について定めた社内規程を策定した。また、これらの社内規程の策定にあたっては、訓練による改善点を抽出し、反映している。

③緊急時の電源確保

電源車及び電源ケーブルは、津波の影響を受けない場所に配備した。

④緊急時の最終的な除熱機能の確保

消防ポンプ車及び消火ホース車は、津波の影響を受けない場所に配備または退避するとした。

⑤緊急時の使用済燃料貯蔵プール等の冷却確保

消防ポンプ車及び消火ホース車は、津波の影響を受けない場所に配備または退避するとした。

⑥各原子力発電所における構造等を踏まえた当面必要となる対応策の実施

重要建屋や重要機器設置エリアについて水密性の強化(貫通部のシール施工, 防護壁)を図った。

(b) 緊急安全対策のさらなる充実

緊急安全対策により原子炉の冷却と使用済燃料の損傷防止を確実にす

るが、以下対策により、今後、一層の信頼向上を図っていく。

③緊急時の電源確保

非常用発電機の代替電源設備の配備や海水供給用の可搬式ポンプを配置した。

④緊急時の最終的な除熱機能の確保

原子炉の冷却水源の強化を実施する。また、海水系ポンプ等が津波により使用できなくなった場合に備え、最終的な除熱機能の確保として、代替の海水ポンプの配備や海水ポンプモータの予備品を確保した。

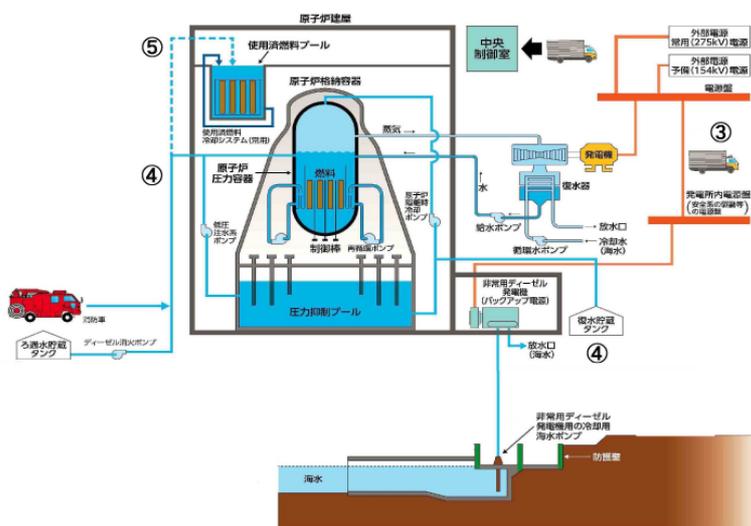
⑤緊急時の使用済燃料貯蔵プール等の冷却確保

使用済燃料貯蔵プール等への給水機能の強化として、消防ポンプ車等から直接補給できる配管を新設した。

⑥各原子力発電所における構造等を踏まえた当面必要となる対応策の実施
安全上重要な設備の冠水防止対策として、既存扉を水密扉に取替等を行った。

c 原子炉施設保安規定の変更

平成 23 年 3 月 30 日付経済産業大臣からの緊急安全対策の指示文書及び「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」の改正を踏まえ、各発電所の保安規定に電源機能等喪失時の体制の整備に関する措置を新たに追加し、保安規定を変更した。



①緊急点検の実施	3つのシナリオ※実現のために必要となる資機材や設備の点検 ※電源車による電源応急復旧、原子炉への注水確保、使用済燃料プールへの補給水確保
②緊急時対応計画の点検と訓練の実施	訓練の実施とフィードバック 社内ルールの策定
③緊急時の電源確保	電源車及び電源ケーブルの配置
④緊急時の最終的な除熱機能の確保	消防ポンプ及び消防ホースの配置
⑤緊急時の使用済燃料貯蔵プールの冷却確保	消防ポンプ及び消防ホースの配置
⑥構造等を踏まえた当面必要となる対応策の充実	建屋の水密性向上

緊急安全対策の概要

(出典：日本原子力発電(株))

イ ストレステスト

(ア) ストレステストの経緯

平成23年7月22日、原子力安全・保安院から、「東京電力株式会社福島第一原子力発電所における事故を踏まえた既設の発電用原子炉施設の安全性に関する総合的評価の実施について（指示）」が発出され、各原子力発電所に対して設計上の想定を超える外部事象に対する頑健性に関する総合的な評価（通称「ストレステスト^{※11}」）を行うよう指示された。

上記の指示文書に基づき、東海第二発電所に対するストレステスト（一次評価）を実施し、その評価結果を以下のとおり取りまとめ、平成24年8月31日に報告書を提出した。

なお、原子力安全・保安院は評価結果の妥当性の確認をすることになっていたが、平成24年9月19日の原子力規制委員会の発足により実施されていない。

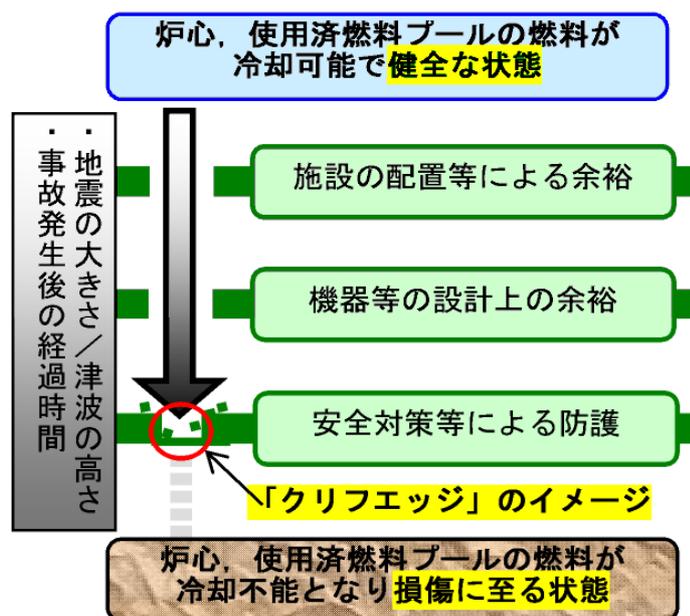
※11：ストレステスト

ストレステストとは、設計上の想定を超える地震や津波の発生や電源喪失等の事故の発生を仮定し、重要機器等の設計や安全対策等により、炉心の損傷や使用済燃料プールの燃料の損傷に至るまでに、安全上の余裕がどの程度あるかを評価するもの。

安全上の余裕を示す指標として、炉心や使用済燃料プールの燃料の冷却に寄与する機器等が機能喪失し、炉心や燃料の損傷が回避できなくなる限界、または、炉心や燃料の損傷が回避できなくなるまでの限界を「クリフエッジ」として評価する。

なお、評価では、主に設計基準上の許容値等に対する余裕を評価する一次評価を実施しており、設備等が損傷に至るまでの実力を評価する二次評価に比べて保守側の評価を実施している。

- 一次評価（定期検査で停止中の原子力発電所について運転の再開の可否について判断）
定期検査中で起動準備の整った原子力発電所について、安全上重要な施設・機器等が設計上の想定を超える事象に対し、どの程度の安全裕度を有するかの評価を実施するもの。
- 二次評価（運転中の原子力発電所について運転の継続または中止の判断）
欧州諸国のストレステストの実施状況、福島原子力発電所事故調査・検証委員会の検討状況も踏まえ、稼働中の発電所、一次評価の対象となった発電所を含めた全ての原子力発電所を対象に、総合的な安全評価を実施するもの。



クリフェッジの考え方

(出典：日本原子力発電(株))

(イ) 評価対象事象

ストレステスト（一次評価）の評価項目として、以下を対象に具体的な評価を行っている。

評価対象事象	評価の内容
①地震	設計上の想定を超える大きな地震が発生した場合に、炉心や使用済燃料プールの燃料の冷却維持が可能な地震動の大きさの限界（クリフェッジ）を評価
②津波	設計上の想定を超える高さの津波が発生した場合に、炉心や使用済燃料プールの燃料の冷却維持が可能な津波高さの限界（クリフェッジ）を評価
③地震と津波との重畳	①と②が同時発生した場合に、炉心や使用済燃料プールの燃料の冷却維持が可能な地震動の大きさと津波高さの限界（クリフェッジ）を評価
④全交流電源喪失	発電所内の交流電源が失われた場合に、外部からの支援がない条件で、炉心や使用済燃料プールの燃料の冷却手段が確保できなくなるまでの期間（クリフェッジ）を評価
⑤最終ヒートシンク喪失	海水系ポンプの故障等で燃料の崩壊熱等を最終ヒートシンクである海水に輸送できなくなった場合に、外部からの支援がない条件で、炉心や使用済燃料プールの燃料の冷却手段が確保できなくなるまでの期間（クリフェッジ）を評価
⑥シビアアクシデント・マネジメント	整備済みのシビアアクシデント・マネジメント対策について、燃料の重大な損傷や放射性物質の大規模な放出に関して、多重防護の観点からその効果を示す。

ストレステスト評価対象事象

(出典：日本原子力発電(株))

(ウ) 評価結果

評価の結果、東海第二発電所の安全上重要な施設・機器等は、福島第一原子力発電所の事故を踏まえて実施した緊急安全対策等の効果により、設計上の想定を超える事象（地震、津波等）に対し安全裕度を十分に有していることを確認した。

- 巨大地震の発生：発電所は想定している地震の1.73倍に耐えられる。
- 大津波の襲来：発電所は想定を超える津波の高さ15.0mに耐えられる。
- 交流電源の喪失事故：発電所内に備蓄してある燃料で原子炉等の冷却を24日間続けられる。
- 除熱機能の喪失事故：発電所内に備蓄してある燃料で原子炉等の冷却を105日間続けられる。

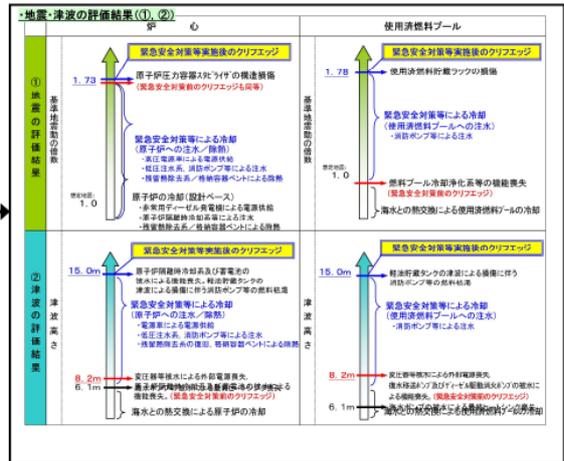
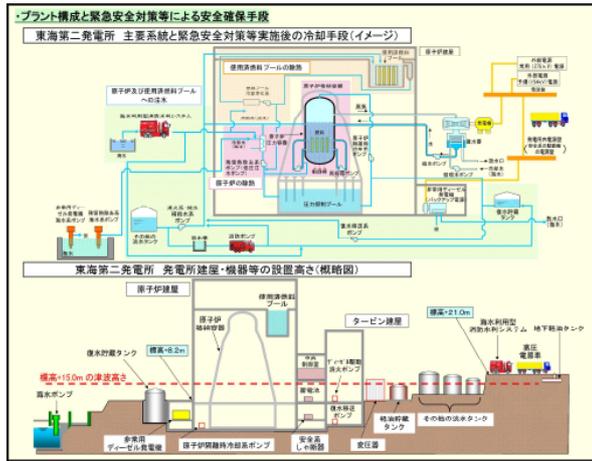
評価対象事象	クリフェッジ評価の指標	クリフェッジ等の評価結果		
		対象燃料	緊急安全対策等実施後 (下段：対象設備)	緊急安全対策実施前 (下段：対象設備)
①地震	基準地震動Ss (600gal)との比較	炉心	1.73倍 (原子炉圧力容器スベライザ)	同左
		使用済燃料プール	1.78倍 (使用済燃料貯蔵ラック)	耐震裕度評価対象外 ^{※1} (燃料プール冷却浄化系等)
②津波	津波高さ (標高：m)	炉心	15.0m ^{※2} (RCICポンプ、蓄電池、軽油貯蔵タンク等)	8.2m (RCICポンプ、蓄電池)
		使用済燃料プール	15.0m ^{※2} (軽油貯蔵タンク)	8.2m (復水移送ポンプ、ディーゼル駆動消火ポンプ)
③地震と津波との重畳	緊急安全対策等実施後の地震と津波との重畳による評価結果は、地震に関するクリフェッジの評価結果(①)と津波に関するクリフェッジの評価結果(②)をそれぞれ合わせたもの。			
④全交流電源喪失	発電所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 (④、⑤共通)	炉心	約24日後 (高圧電源車の燃料枯渇)	約8時間後 (蓄電池の枯渇)
		使用済燃料プール	約24日後(運転時) 約29日後(停止時) (高圧電源車の燃料枯渇)	約30時間後(運転時) 約7時間後(停止時) (プール水温約100℃到達)
⑤最終ヒートシンク喪失	⑤では、外部電源が使用可能な条件で評価	炉心	約105日後 (海水利用型消防水利システムの燃料枯渇)	約2.3日後 (原子炉注水の水源枯渇)
		使用済燃料プール	約105日後(運転時) 約120日後(停止時) (海水利用型消防水利システムの燃料枯渇)	約30時間後(運転時) 約7時間後(停止時) (プール水温約100℃到達)
⑥シビアアクシデント・マネジメント	—	これまでに整備したシビアアクシデント・マネジメント対策が、燃料の重大な損傷や放射性物質の大規模な放出を防止する措置として、多重防護の観点から、有効に整備されていることを確認した。		
使用済燃料乾式貯蔵設備(ドライヤス)	—	既往の研究等により頑健性が確認され、また空気の自然対流で冷却しており電源や海水を利用しない。地震、津波、全交流電源喪失等で想定される事象に対しても燃料の重大な損傷には至らないと考えられる。		

※1 プールの冷却機能に期待できなくなるが、直ちに燃料損傷に至る訳ではなく、④及び⑤の評価と同じ状態になる。

※2 プラントの冷却機能が確保できる高さをクリフェッジとしており、15.0mを超えても直ちに当該機能が失われる訳ではない。

ストレステスト評価結果

(出典：日本原子力発電(株))



全交流電源喪失の評価結果(④)(原子炉運転中の場合)

全交流電源喪失発生後、高圧電源車による電源供給等により、原子炉と使用済燃料プールの貯熱性能の維持を約24日間継続できる。

種別	各種機器の維持に係る設備	全交流電源喪失発生からの継続(日)
原子炉	原子炉冷却系外部冷却系、電気送電系	約14日間(100℃未満)
	原子炉冷却系内部冷却系、電気送電系	約18日間(100℃未満)
燃料	燃料ポンプ	約18日間(100℃未満)
	燃料ポンプ	約18日間(100℃未満)
使用済燃料プール	燃料ポンプ	約18日間(100℃未満)
	燃料ポンプ	約18日間(100℃未満)

最終ヒートシンク喪失の評価結果(⑤)(原子炉運転中の場合)

最終ヒートシンク喪失発生後、海水利用型消防水システムによる冷却に必要な海水の供給等により、原子炉と使用済燃料プールの貯熱性能の維持を約105日間継続できる。

種別	各種機器の維持に係る設備	全交流電源喪失発生からの継続(日)
原子炉	原子炉冷却系外部冷却系、電気送電系	約14日間(100℃未満)
	原子炉冷却系内部冷却系、電気送電系	約18日間(100℃未満)
燃料	燃料ポンプ	約18日間(100℃未満)
	燃料ポンプ	約18日間(100℃未満)
使用済燃料プール	燃料ポンプ	約18日間(100℃未満)
	燃料ポンプ	約18日間(100℃未満)

シビアアクシデント・マネジメントの評価結果(⑥)

これまでに整備したシビアアクシデント・マネジメント対策や緊急安全対策等が、燃料の重大な損傷及び放射性物質の大量な放出を防止する措置として、多重防護の観点から有効に整備されていることを確認した。

<確認内容>

- 設備、組織、体制、手順書、訓練等の有効性をも含めて以下のことを確認
- 原子炉の停止機能、炉心冷却機能、放射性物質の閉じ込め機能、安全機能のサポート機能のそれぞれについて、防護措置が多重性又は多様性を持って整備されていることを確認
- 緊急安全対策で整備した高圧電源車による緊急時の電源確保は、従来、電源の復旧や高圧炉心スプレイ系原子炉からの電源融通といった防護措置が整備されていた安全機能のサポート機能の信頼性向上に寄与していることを確認
- シビアアクシデントへの対応に関する措置として整備した防護措置は、中央制御室の作業環境の確保や水素爆発防止対策など、炉心損傷後の防護措置実施にあり、信頼性を高めることを確認

ストレステスト一次評価詳細結果

(出典：日本原子力発電(株))

ウ 安全性向上対策の最新状況 (平成 25 年 5 月現在)

(ア) 地震対策

東海第二発電所の原子炉建屋等の重要建屋は、設計段階から地震の揺れに対し余裕を持たせた設計で建設されている。また、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を踏まえ、震災前から安全上重要な配管や設備の耐震性を強化する工事を実施してきている。

今回の地震では、主タービン発電機の動翼の擦れや中間軸受台の傾きなどの損傷はあったが、建屋や安全上重要な配管等に被害はなかった。

震災前から実施している主な耐震性の強化は以下のとおり。

- ・主排気筒の補強
- ・原子炉冷却に必要な重要配管の支持補強
- ・非常用ガス処理系配管の支持強化
- ・免震構造、対放射線性を有した緊急時対策室建屋の設置

- ・地下防火水槽の増設
- ・消火配管，海水冷却系配管の地上化
- ・海水ポンプ室南北防護壁の設置（津波対策）
- ・耐震性向上（予定）

(イ) 福島第一原子力発電所事故を踏まえた対策強化

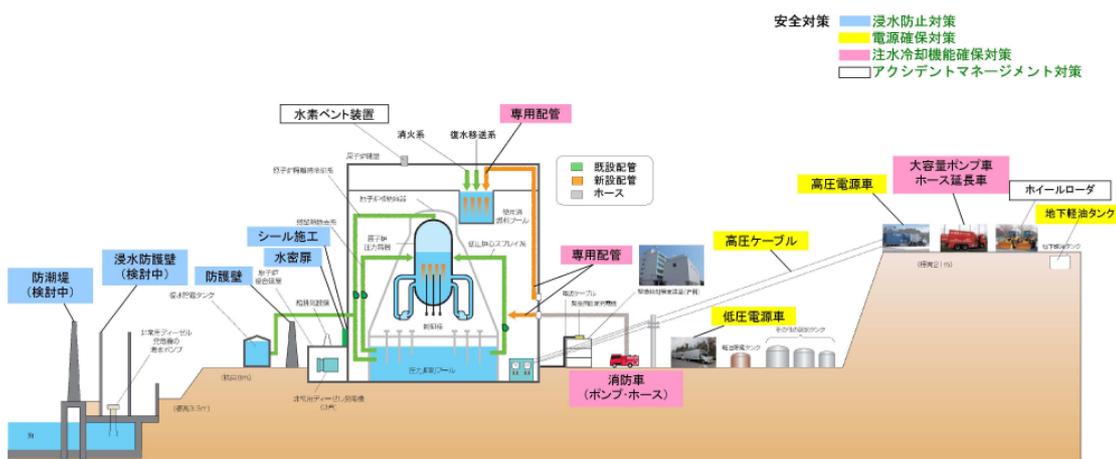
a 浸水防止対策（安全上重要な設備の津波による浸水防止）

地震対策同様に，震災前から新たな知見などを踏まえ，非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ等が設置されている取水口ポンプエリアの津波対策を実施してきた。震災後の対策として，建屋内に設置してある安全上重要な設備（電源盤・ポンプ・蓄電池など）が浸水しないよう，建屋扉やハッチなどの強化，シール施工による隙間の密封化や水密扉への取り替えを行っている。また，非常用ディーゼル発電機の給排気設備からの浸水防止として建屋に防護壁（地上8m（標高+約16m））を設置した。

これらにより，福島第一と同規模の津波が襲来したとしても，同様な過酷事故は防止することが可能となった。今後，さらに万全を期すため，想定される津波から発電所構内全域を浸水させないための防潮堤（取水口海水ポンプエリアの浸水防護壁を含む）の設置を予定している。

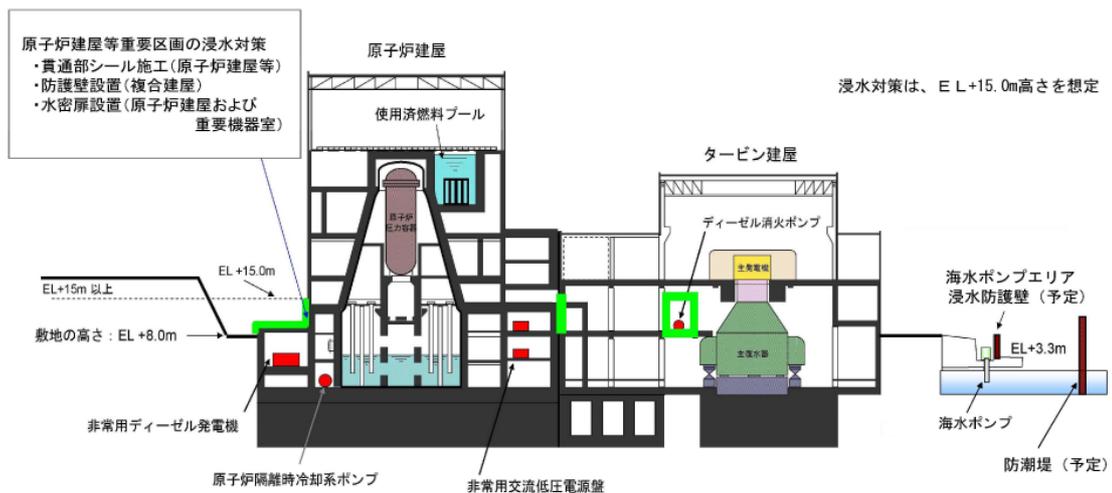
主な津波対策は以下のとおり。

- ・建屋貫通部の隙間の密封化，非常用ディーゼル発電機給排気設備等への防護壁設置
- ・重要建屋等の扉を水密扉へ取替え
- ・防潮堤の設置（予定）



東海第二発電所 安全性向上対策の概要

(出典：日本原子力発電(株))



浸水対策例



原子炉建屋大物搬入口水密扉 非常用ディーゼル発電機 給排気設備防護壁 非常用ディーゼル発電機室 水密扉 電気室水密扉

重要建屋・設備の浸水防止対策の概要

(出典：日本原子力発電(株))

b 電源確保対策（全交流電源喪失防止のための電源多重化・多様化）

原子炉の冷温停止や使用済燃料プールの冷却に必要なポンプ・計測装置などに必要な電源を供給できるよう、高圧電源車を津波の影響を受けない場所に配備し、所内電源系とつなぐ高圧ケーブルを敷設した。今後は、恒設の空冷式発電装置を高台に設置する予定である。さらに、原子炉の冷却や中央制御室の監視機能などの最低限の設備を維持するために低圧電源車も配備し、所内電源系へ給電できるようにした。

また、非常用ディーゼル発電機の冷却用海水ポンプが津波により使用できなくなった場合に備え、大容量ポンプ車を配備した。

なお、これらは、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配備している。

- ・非常用ディーゼル発電機の代替となる高圧電源車の配備（5台）
- ・低圧電源車の配備（4台）
- ・原子炉隔離時冷却系（RCIC）、主蒸気逃し安全弁（SRV）、格納容器ベント系等専用電源の追設
- ・中央制御室監視計器用電源の強化
- ・恒設の空冷式発電装置の設置（予定）

① 高圧電源車の配備（非常用ディーゼル発電機代替電源設備）

容量：1,725kVA×5台（6.6kV）
 専用地下燃料タンク90kL設置
 燃料運搬用小型タンクローリ配備
 電源車と所内電源系を繋ぐ高圧ケーブルを敷設

高圧電源車

高圧ケーブル

② 低圧電源車の配備

容量：500kVA×4台（440V）

低圧電源車

③ その他電源系の強化

- 原子炉隔離時系電源の強化
 - ・ 交流電源喪失時に原子炉隔離時冷却系（RCIC）を継続運転するためシステム改善
 - RCICタービン制御装置を原子炉建屋地下2階から複合建屋4階に移設
 - ・ 全電源喪失時、RCIC、主蒸気逃し安全弁、格納容器ベント系等の専用発電装置を複合建屋4階に設置。
- 中央制御室監視計器用電源の強化
 - ・ 予備蓄電池、専用発電装置等の設置。



RCIC系等専用発電装置



予備蓄電池



中央制御室計器用
予備電源

電源確保対策

（出典：日本原子力発電(株)）

c 注水冷却機能確保対策（原子炉や使用済燃料プールの注水冷却手段を多様化）

原子炉の緊急時の冷却には、非常用炉心冷却系（ECCS）や交流電源を必要としない原子炉隔離時冷却系（RCIC）の運転により対応できるようになっているが、これらの機能が使えなくなった場合に備え、原子炉に冷却水を直接送水できるよう専用の配管を新たに設置した。水源は、発電所内に保有している淡水もしくは海水を大容量ポンプ車等で送水できるように対策を講じている。

使用済燃料プールについても原子炉同様に専用の配管を新たに設置し、大容量ポンプ車などから直接、冷却水を送水できるようにした。

また、使用済燃料プールの水位監視計器の多様化により監視機能の強化を図った。

- ・ 原子炉や使用済燃料プールへの専用給水配管の新設
- ・ 大容量ポンプ車の配備（ポンプ車とホース車の6セット）
- ・ 消防ポンプ車や可搬式ポンプ、ホースを配備

①代替送水ポンプの配備の配備

○残留熱除去系海水系、非常用ディーゼル発電機海水系ポンプ等が使用できなくなった場合、必要流量を確保する代替の送水ポンプを配備。
 なお、海水系ポンプの予備モータも必要台数を配備。
 ・大容量送水システム（ハイドロサブユニット）
 ポンプ基本性能：240 m³/h/台
 ポンプ車とホース車の6セット配備



大容量ポンプ車

②消防車、可搬式動力ポンプの活用

○原子炉隔離時冷却系の運転に必要な水を淡水タンク・海水等の水源から確保できるように、従来から配備の消防車、可搬式動力ポンプを活用する。
 原子炉圧力が低下後は、消防車等により新設配管を介し代替注水を行う。
 ○使用済燃料プールの冷却手段がなくなった場合、淡水や海水を供給する。



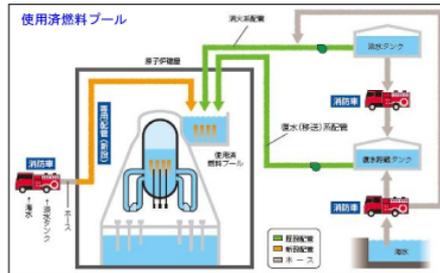
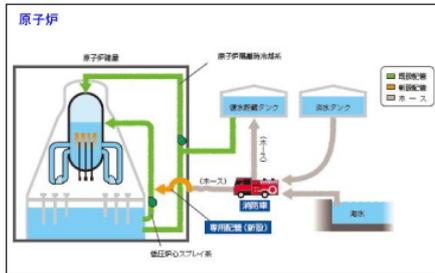
化学消防車



可搬式動力ポンプ

③原子炉および使用済燃料プールへの直接注入専用配管の設置

○原子炉および使用済燃料プールへの直接注入専用配管を設置。



低圧炉心スプレイ系専用配管接続口



使用済燃料プール専用配管接続口

注水冷却機能確保対策

(出典：日本原子力発電(株))

d シビアアクシデント対策

シビアアクシデント^{※12}対策は、福島第一原子力発電所事故まで原子炉設置者による自主的な取組みで対策が進められてきたが、平成24年6月の「原子力規制委員会設置法」において改正された「原子炉等規制法」では、大規模な自然災害及びテロリズムの発生も想定すること、重大事故（炉心の著しい損傷、その他の重大な事故）も考慮した改正が含まれている。

また、今回の事故の技術的知見として原子力安全・保安院報告書「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」の中で示されたシビアアクシデント対策について、以下のとおり取り組んでいる。

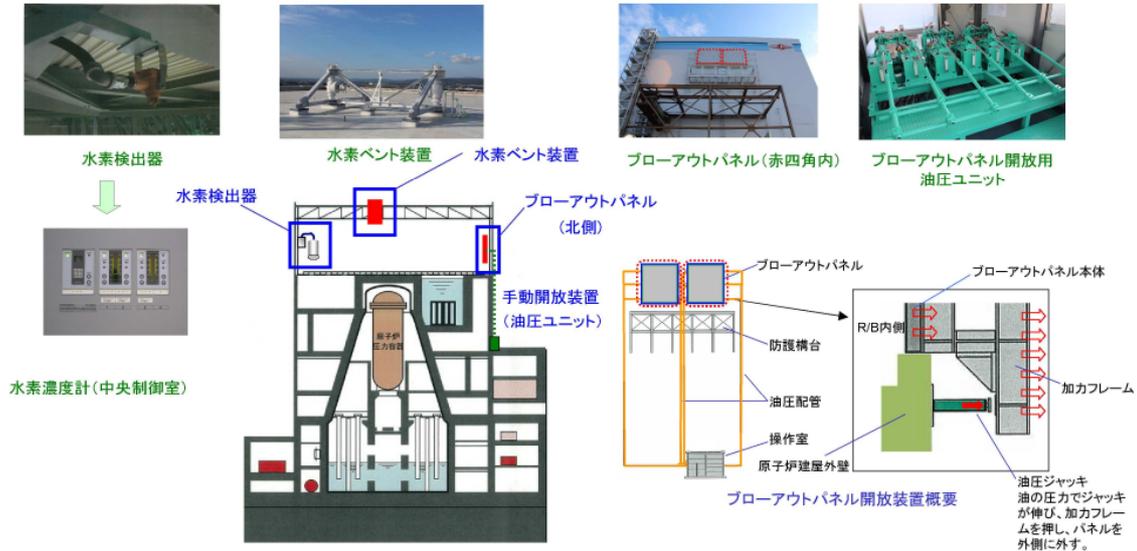
- ・水素爆発防止対策（原子炉建屋恒設ベント設備、水素検知器）
- ・がれき撤去用の重機（ホイールローダ）の配備
- ・周辺環境への放射性物質の放出抑制（格納容器フィルター付ベント設備）（設置予定）
- ・高放射線対応防護服等の配備及び放射線管理のための体制整備
- ・緊急時における通信手段の確保

※12：シビアアクシデント（過酷事故）

「設計上想定していない事態が起こり、安全設計の評価上想定された手段では適切な炉心の冷却又は反応度の制御ができない状態になり、炉心熔融又は原子炉格納容

器破損に至る事象」であり、今回の福島第一原子力発電所事故も含め過去には、米国のスリーマイル島発電所（昭和 54 年）、旧ソ連のチェルノブイリ発電所（昭和 61 年）の事故例がこれに該当する。

○原子炉建屋の水素爆発防止のため、原子炉建屋水素検出器(3台)、天井に水素ベント装置(2箇所)および既設ブローアウトパネル(2箇所)の手动開放装置を設置。



シビアアクシデント対策（水素爆発防止）

（出典：日本原子力発電(株)）

（ウ）体制・運用面の強化

緊急事態に備え、安全性向上対策を迅速かつ円滑に実施できるよう、運用マニュアルに追加・整備するとともに、その要員として、各役割に応じた専任者を 24 時間体制で発電所近辺に待機させている。

また、配備した資機材が緊急時に確実に使用できるよう、電源車から電源盤へのケーブルつなぎ込み訓練や、大容量ポンプ車を用いた送水訓練など、夜間も含め継続して実施している。

さらに、平成 19 年の中越沖地震の教訓から設置した免震構造および耐放射線防御性を有した緊急時対策室建屋を活用した総合訓練、がれきを撤去するための重機、高い放射線環境下でも作業できるよう放射線遮へい防護服、緊急時における通信手段として衛星電話やトランシーバーなどを配備し、これらを活用した訓練を実施し維持向上を図っている。

- ・運用マニュアルに安全性向上対策を追加・整備
- ・災害防止に係る業務の専任者を新たに配置
- ・緊急時の対応要員を 24 時間体制で発電所近傍に待機
- ・緊急時の模擬訓練を夜間も含め継続実施

実施状況－1



総合訓練(緊急時対策本部)



高圧電源車運転確認



電源盤へのケーブル接続(夜間)



地下軽油タンク燃料抜き取り訓練



大容量送水システムポンプ設置



大容量送水システムポンプ設置(夜間)

実施状況－2



大容量送水システムホース延長



大容量送水システム既設配管接続
(RHRS)



大容量送水システム通水状態



直接注入専用配管接続
(SFP)



直接注入専用配管接続(夜間)
(LPCS)



ホイールローダによるガレキ撤去訓練

安全対策関連訓練の実施状況

(出典：日本原子力発電(株))

(6) 今後の課題

福島第一原子力発電所の事故の教訓に学び、二度とこのような事故を起こさないために世界最高水準の安全を目指して、平成 24 年 9 月 19 日に原子力規制委員会が設置された。

これに伴い、原子力規制委員会設置法の施行に伴う関係規則が平成 25 年 7 月に施行された。

原電はこれまでに、緊急安全対策の実施や福島第一原子力発電所事故の技術的知見（原子力安全・保安院 30 項目の提言事項）を踏まえた対策等の実施、検討を行ってきた。

今後とも、原子力規制委員会から示された新規制基準に適合するよう防潮堤や格納容器フィルター付ベント装置の設置等を進めるとともに、新たな知見が得られた場合には、安全性向上対策を確実に反映していくこととしている。