

# 東北地方太平洋沖地震発生後の 東海第二発電所の状況及び安全対策について

平成23年10月24日  
日本原子力発電株式会社

# 目 次

資料 1 地震発生後の東海第二発電所の状況（被害状況含む）

資料 2 東海第二発電所の緊急安全対策  
（更なる安全対策含む）

資料 3 シビアアクシデントへのアクシデントマネジメント  
追加対応

資料 4 外部電源の信頼性確保について

資料 5 ストレステストについて

資料 6 今後の対応工程

# 地震発生後の東海第二発電所の状況

# 東海第二発電所の地震後の概要

## 1. 発生時の状況[3月11日(金)]

定格熱出力一定運転中のところ、3月11日14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震に伴い軸振動大により自動停止 ➡ 原子炉自動停止

(1)原子炉及びタービンは安全に停止

(2)全外部電源(275kV(2回線)、154kV)停止 ➡ 全非常用ディーゼル発電機(3台)が自動起動

(3)タービン主蒸気止め弁閉止により原子炉圧力上昇 ➡ 原子炉水位が一時的に低下

・原子炉水位低下により、高圧炉心スプレイ系(HPCS)・原子炉隔離時冷却系(RCIC)が自動起動しRCICの注水により原子炉水位確保

・[地震データ] 東西:225gal、南北:214gal、鉛直:189gal (スクラム設定値:水平:250gal、鉛直:120gal)

## 2. 状況の推移(上記、「1. 発生時の状況[3月11日(金)]以降の状況)

○3月11日(金) ・①原子炉水位はRCIC系で確保(HPCS系は待機運転)。②原子炉圧力は主蒸気逃がし安全弁により制御。③圧力抑制プール(格納容器内)は残留熱除去系(RHR)A系及びB系で冷却  
・19時25分 津波の影響により非常用ディーゼル発電機冷却用海水ポンプ2Cが水没しトリップ、非常用ディーゼル発電機2Cを手動停止(RHR A系使用不能)。非常用ディーゼル発電機2DとHPCS系ディーゼル発電機で電源を確保

○3月12日(土) 13時11分 原子炉圧力低下に伴いRCIC系停止。HPCS系により原子炉水位確保。

○3月13日(日) 12時32分 外部電源154kV復旧。

○3月14日(月) 23時43分 原子炉冷却のためRHR A系統(停止時冷却モード)を起動。(尚、RHR B系は圧力抑制プール冷却継続)

○3月15日(火) 0時40分 原子炉冷温停止(炉水温度が100℃未満)到達

○3月16日(水) 夕刻、非常用ディーゼル発電機冷却用海水ポンプ2Cモーターを工場搬出

○3月18日(金) 外部電源275kV系(1回線)受電(線路充電→3/17 15時20分)

○3月22日(火) 21時42分 工場点検終了後の非常用ディーゼル発電機冷却用海水ポンプ2C及びディーゼル発電機2C健全性確認を完了し待機状態とした。

(外部電源154kV系及び非常用ディーゼル発電機3台は待機中:22時10分 異常事態解除)

# 東北地方太平洋沖地震発生後の状況 その1(直後)

平成23年3月11日14時46分

東北地方太平洋沖地震  
発生！！

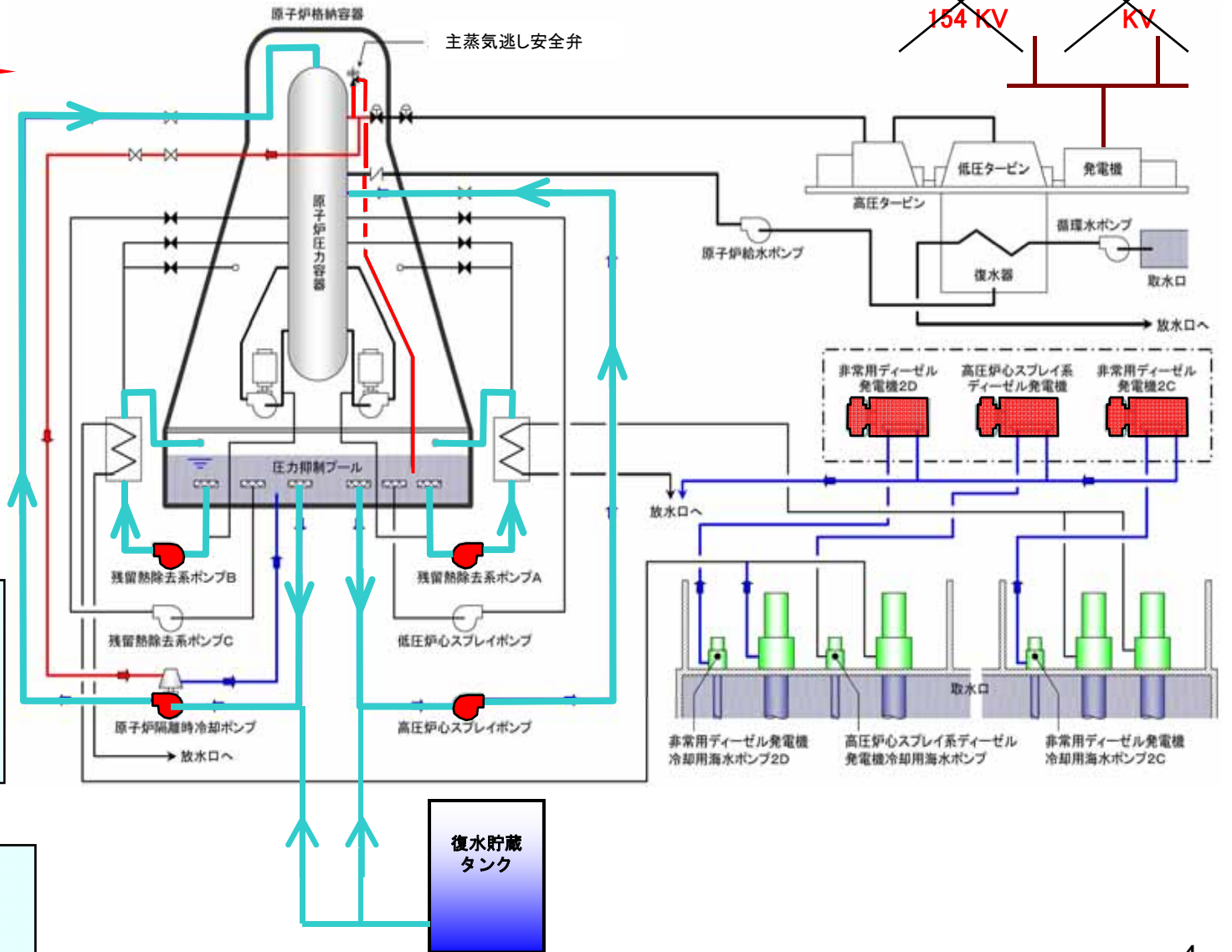
原子炉自動停止

外部電源喪失

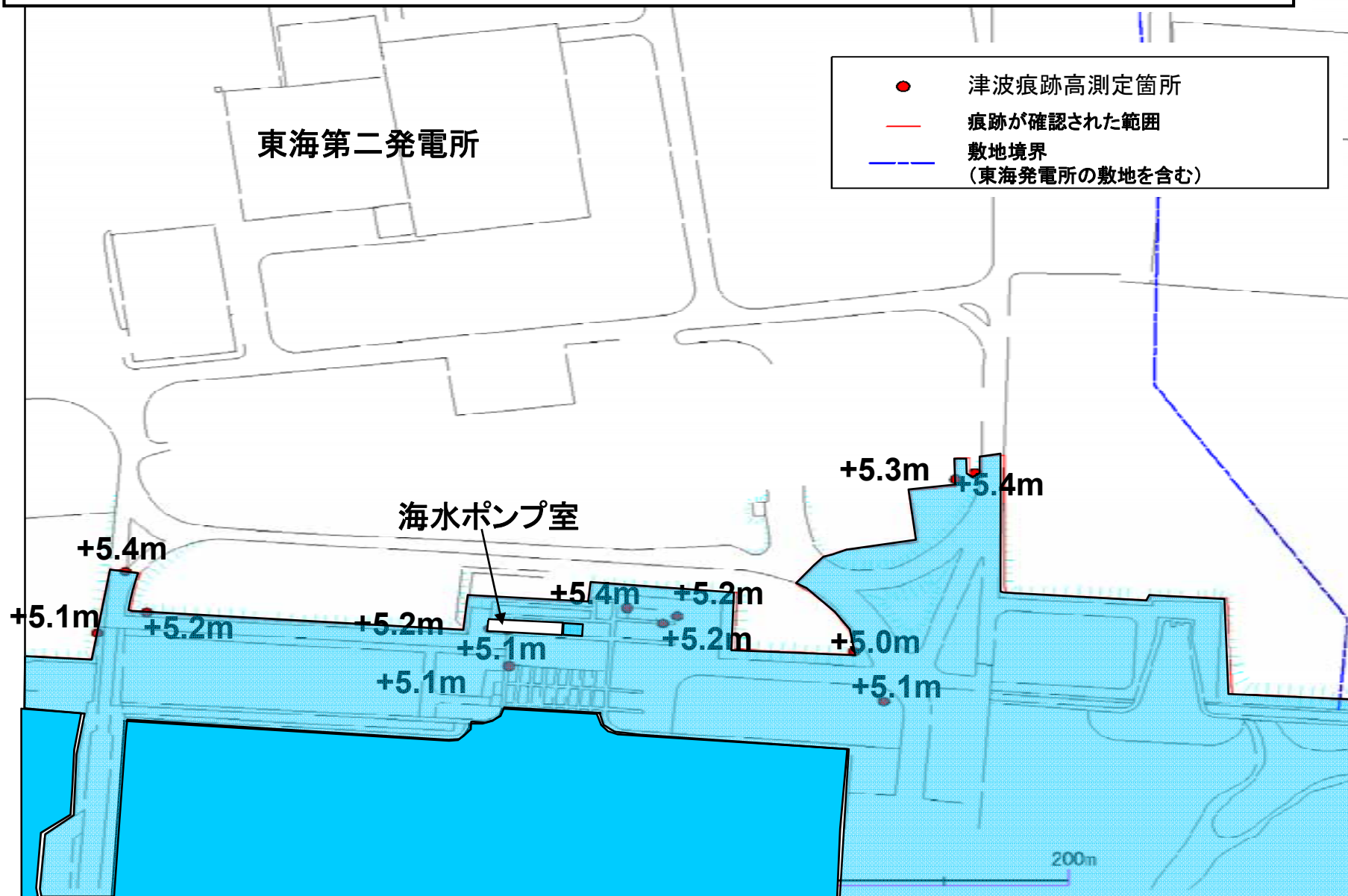
非常用ディーゼル発電機にて  
安全停止に必要な電力を確保

原子炉隔離時冷却ポンプ及  
び高圧炉心スプレイ  
ポンプにて原子炉水位を確保

残留熱除去系による  
圧力抑制プールの冷却開始



# 東海第二発電所 津波の浸水状況

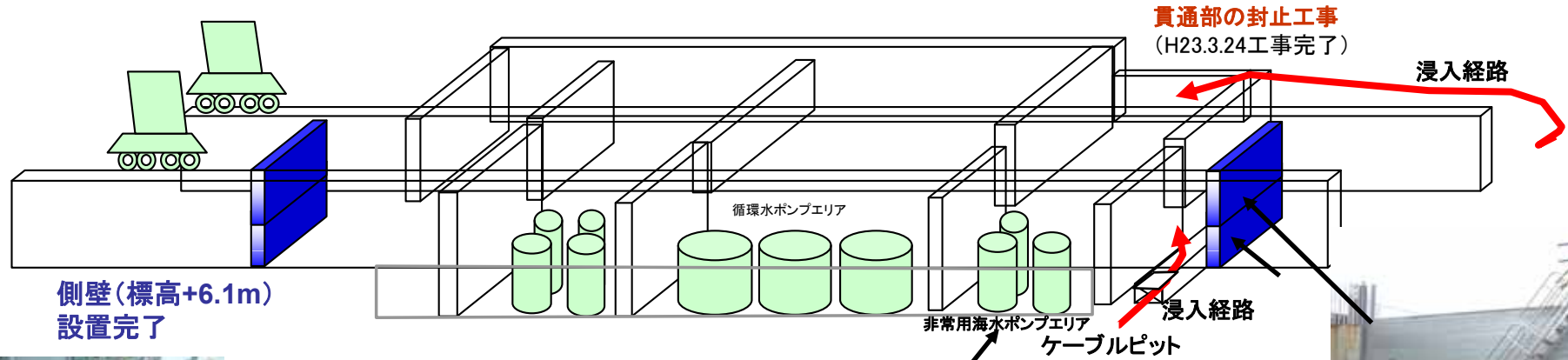


\* 数値はすべて標高表示(地殻変動の影響は考慮していない)

# 海水ポンプエリア概要図と浸水状況

南側

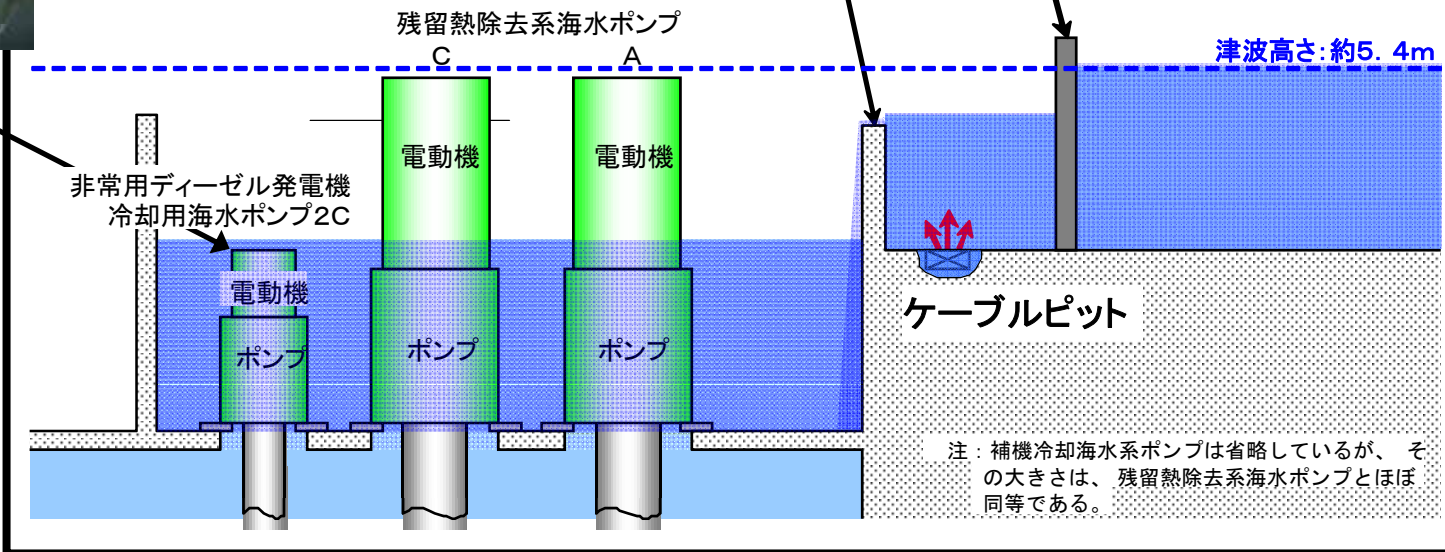
北側



北側堰 内の状況

新設堰【6.1m】  
(H22.9工事完了)

既設堰【4.9m】



# 東北地方太平洋沖地震発生後の状況 その2(津波来襲)

津波の影響

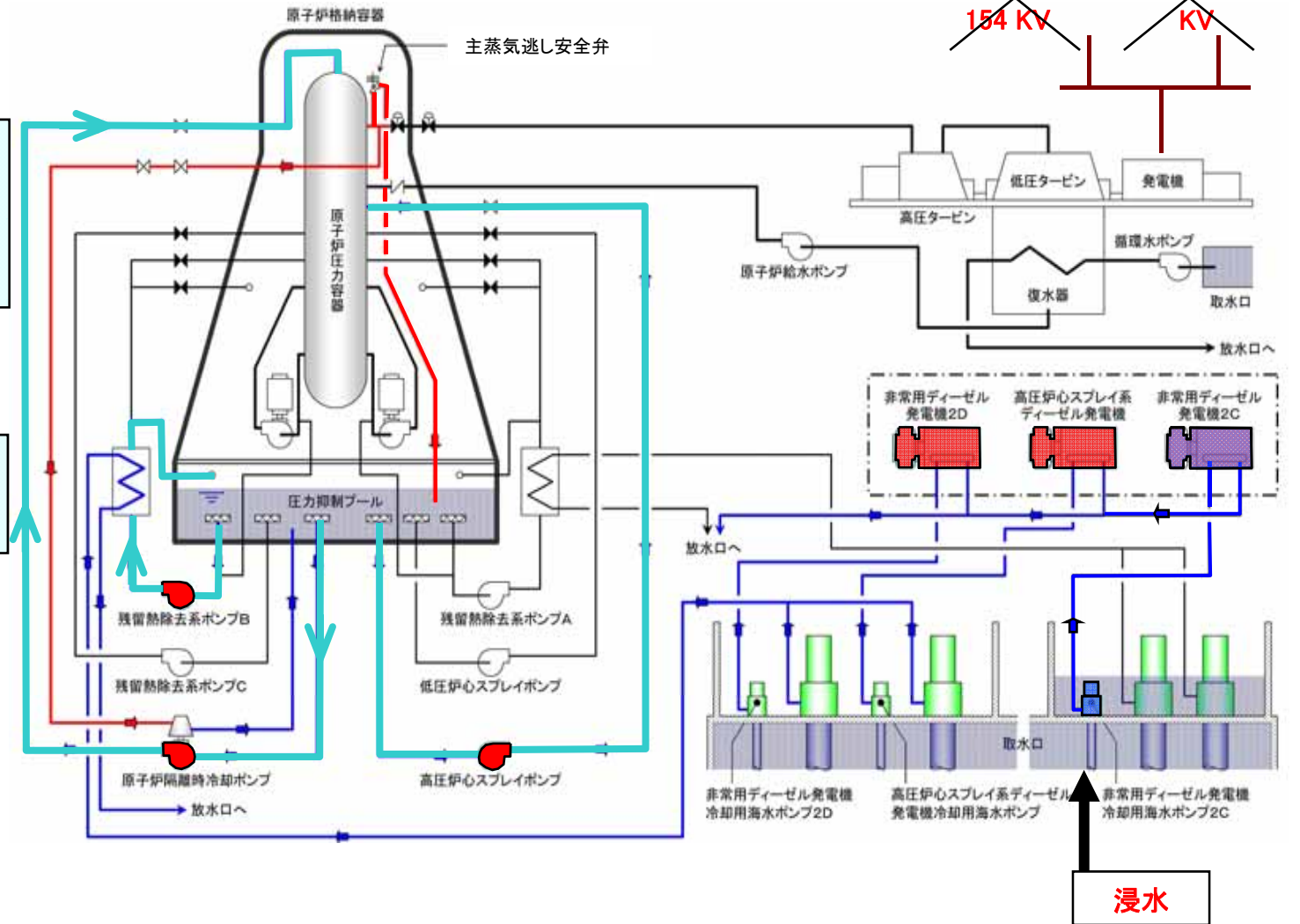
非常用ディーゼル発電機  
冷却用海水ポンプ2C  
自動停止

3月11日19時20分

非常用ディーゼル発電機2C  
手動停止

3月11日19時25分

原子炉の冷却(継続)  
減圧・減温





# 東北地方太平洋沖地震発生後の状況 その3(電源復旧)

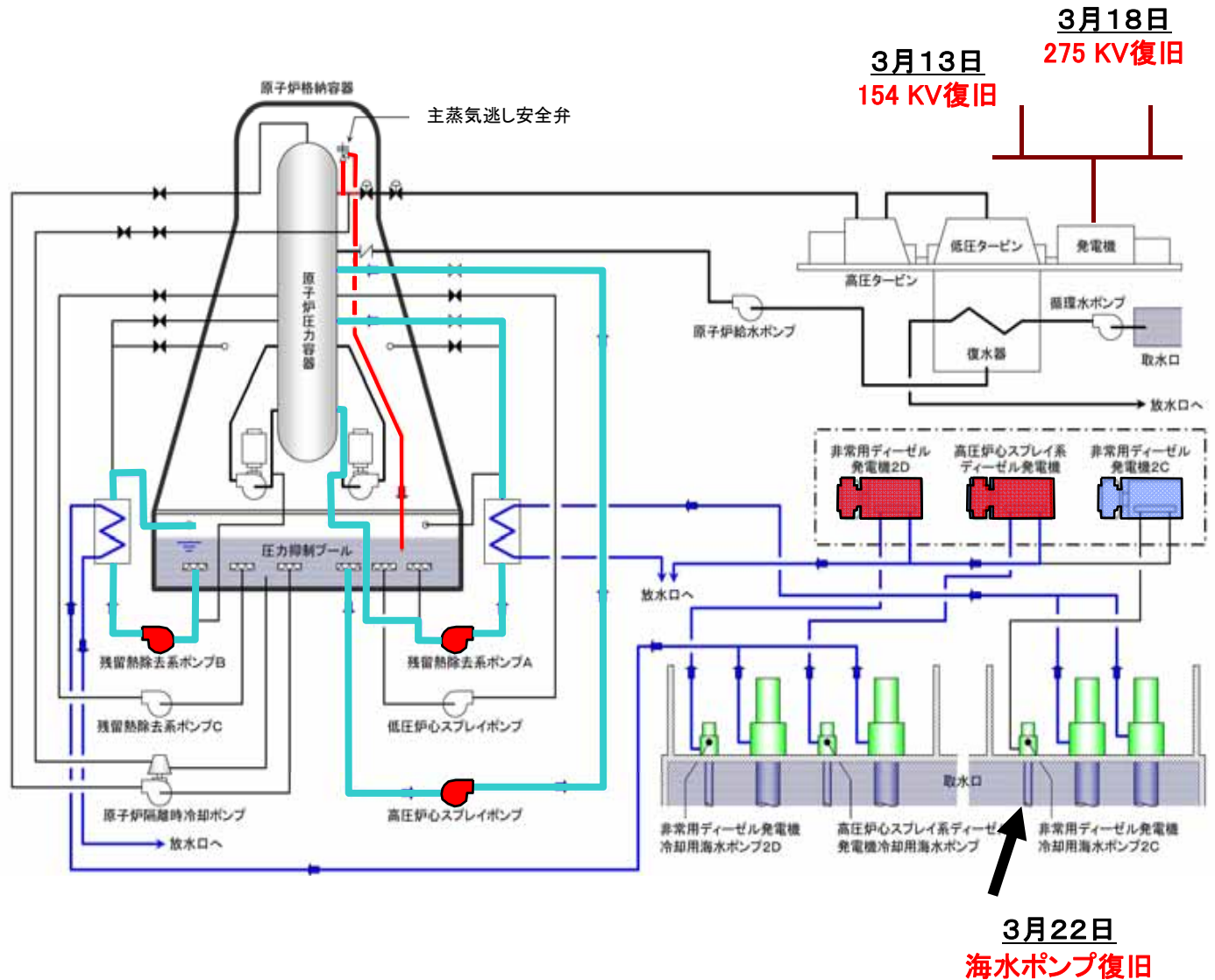
予備の外部電源154KV復旧  
非常用母線2C受電

3月13日 19時37分~

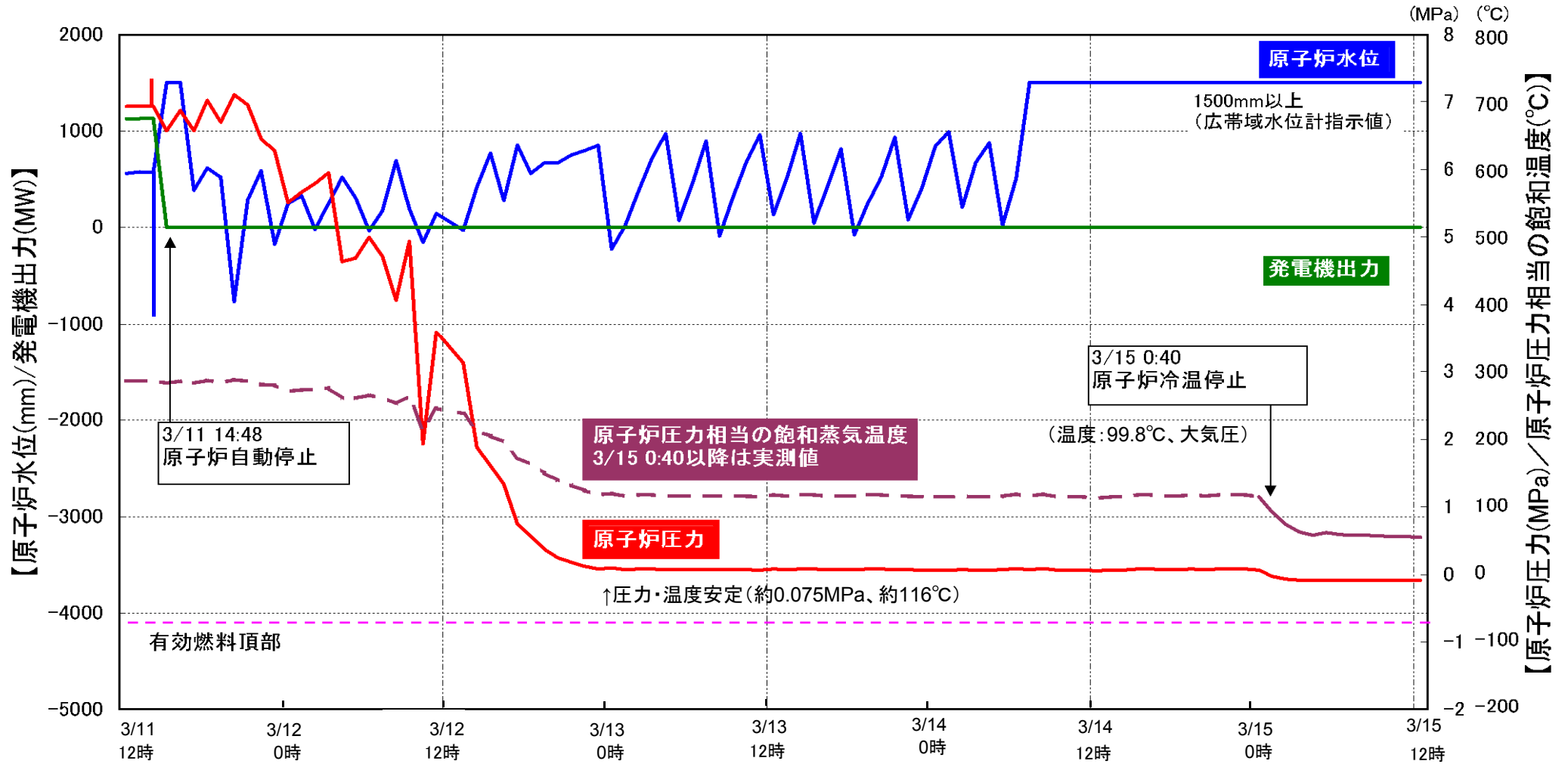
残留熱除去系A系手動起動  
原子炉冷却操作開始

原子炉冷温停止

3月15日 0時40分  
原子炉水温度：99.8  
原子炉圧力：大気圧



# 地震発生後のプラントパラメータ



# 東北地方太平洋沖地震 観測記録

## 【原子炉建屋の最大加速度】 単位:ガル(加速度)

	地震観測記録			基準地震動※		
	南北	東西	鉛直	南北	東西	鉛直
6階	492	481	358	799	789	575
4階	301	361	259	658	672	528
2階	225	306	212	544	546	478
地下2階	214	225	189	393	400	456

※各階の基準地震動:

解放基盤表面[標高(E.L.)-370m]で設定された基準地震動 $S_s$ (600ガル)による、建屋の各階の最大応答加速度値。

### 耐震設計上重要な建物・構築物の評価結果

地震計が設置されている原子炉建屋の地震観測記録における最大加速度は、工認設計波及び基準地震動による最大応答加速度を下回っていることを確認した。

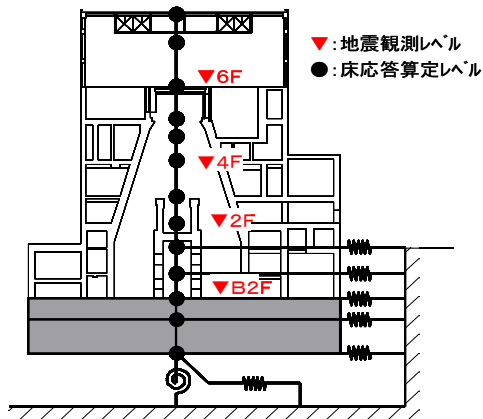
### 耐震設計上重要な機器・配管系の評価結果

耐震設計上重要な機器・配管系のうち主要設備は、地震観測記録が設計入力を下回っていることを確認した。

# 東海第二発電所 地震観測記録の概要(原子炉建屋)

今回の地震の観測記録の概要は下記のとおり。

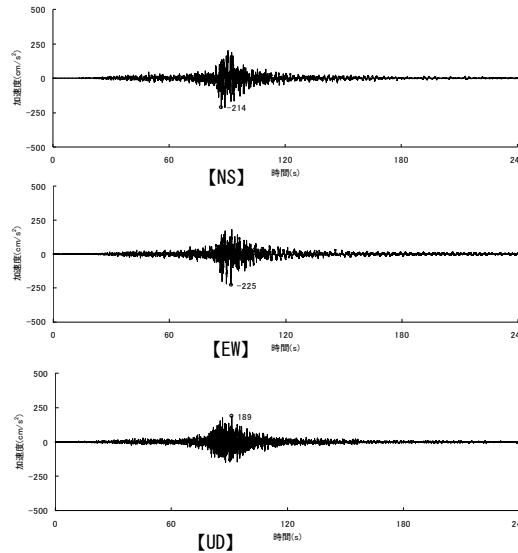
- 観測記録に基づく各階の最大応答加速度は、建設時の当初設計時に用いた最大応答加速及び新耐震指針に基づく耐震BCで設定した基準地震動Ssの最大応答加速度以下である。
- 原子炉建屋の地震観測記録による床応答スペクトルは、一部の周期帯(約0.65秒から約0.9秒)で建設時の設計に用いた床応答スペクトルを上回っている。しかし、その周期帯と共振する固有周期を持つ安全上重要な機器・配管系はなく、主要な周期帯では地震観測記録が下回っている。



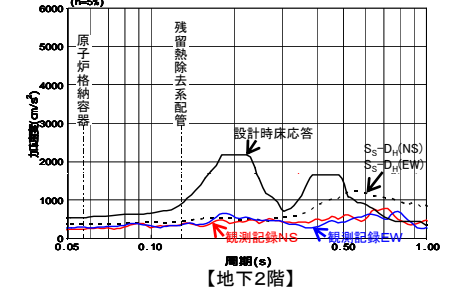
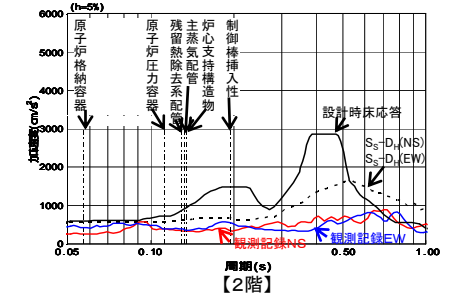
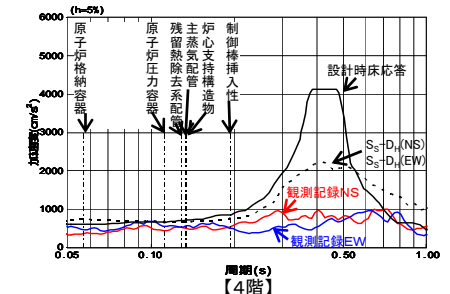
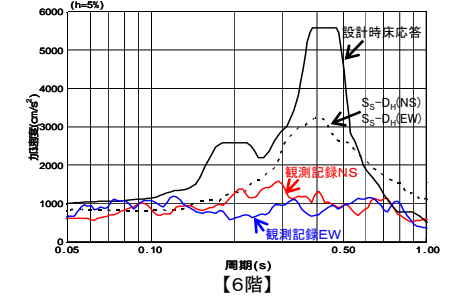
【原子炉建屋の最大加速度】 単位:ガル

		地震観測記録			当初設計時		基準地震動S <sub>s</sub> -D		
		NS	EW	UD	NS	EW	NS	EW	UD
R/B	6F	492	481	358	932	951	799	789	575
	4F	301	361	259	612	612	658	672	528
	2F	225	306	212	559	559	544	546	478
	B2F	214	225	189	520	520	393	400	456

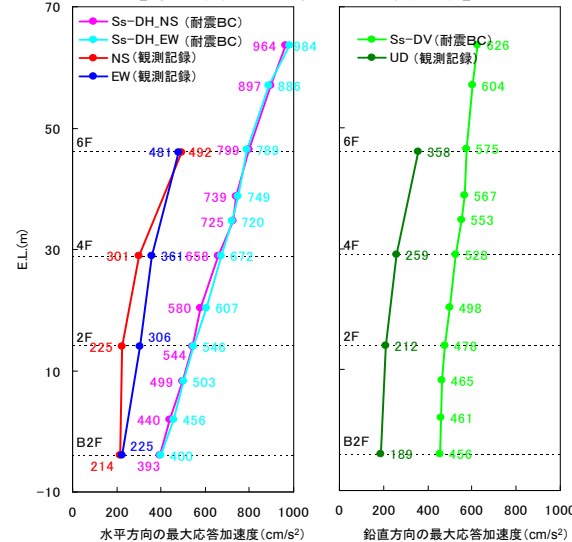
【原子炉建屋の加速度時刻歴波形(地下2階)】



【原子炉建屋の床応答スペクトル(水平方向、減衰5%)】



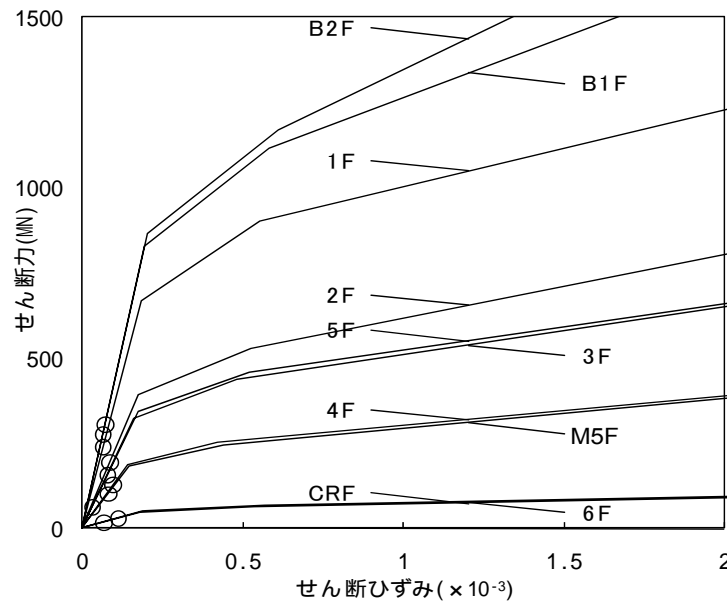
【原子炉建屋の最大加速度分布】



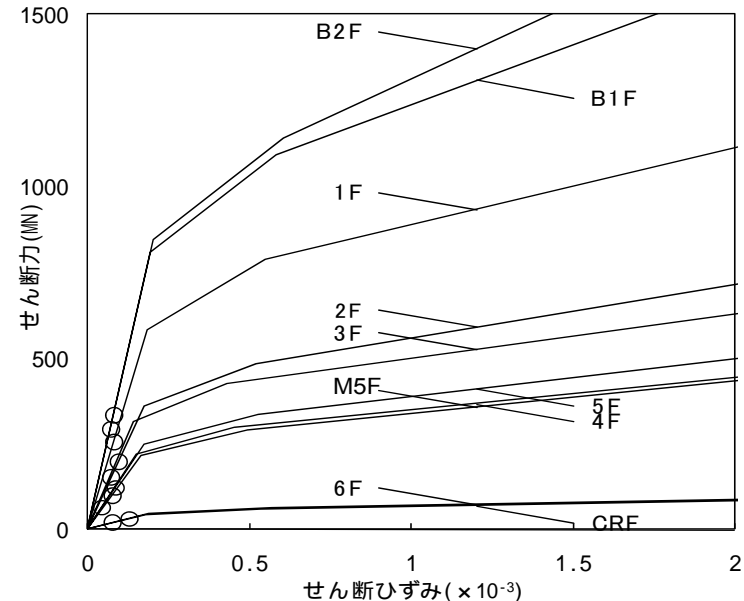
# 東北地方太平洋沖地震の揺れが原子炉建屋に与えた影響の評価(H23.9公表)

平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震の揺れにより受けた影響について、地震観測記録に基づく原子炉建屋の解析結果を踏まえ、東海第二発電所の原子炉を「止める」「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」機能を有する耐震安全上重要な主要施設の地震時における構造強度評価及び動的機能維持評価を行った。その結果、各施設の発生値は、評価基準値以下であることを確認した。

## 【耐震壁の応答評価結果】



NS方向



EW方向

今回の地震による原子炉建屋(耐震壁)の応答結果は、南北、東西方向ともに弾性範囲内(第一折点以下)であった。

# 東北地方太平洋沖地震の揺れが機器・配管系に与えた影響の評価

## 構造強度評価結果

機能	評価対象施設	評価部位	発生値 (MPa)	評価基準値 $\text{III}_A S$ (MPa) ※	判定
止める	炉心支持構造物	シュラウド サポート	171	246	○
冷やす	残留熱除去系ポンプ	基礎ボルト	4	118	○
	残留熱除去系配管	配管	191	225	○
閉じ込める	原子炉圧力容器	基礎ボルト	9	499	○
	原子炉格納容器	ドライウエル	75	344	○
	主蒸気系配管	配管	175	258	○

※ 今回の地震時において、制御棒が全挿入したことを確認している。

今回の地震による評価対象施設の発生値は、いずれも評価基準値 ( $\text{III}_A S$ ) 以下であった。

## 動的機能維持評価結果

機能	評価対象施設	地震による 燃料集合体相対変位 (mm)	評価基準値 (mm)	判定
止める	制御棒(地震時挿入性)	8.6	40	○※

地震時の制御棒挿入性は、地震による燃料集合体の相対変位が試験により挿入性が確認された相対変位以下であった。

※ 今回の地震時において、制御棒が全挿入したことを確認している。

# 既往の津波評価と東北地方太平洋沖地震の津波規模

## 土木学会※<sup>1</sup>に基づく津波評価(ポンプ室位置)

解析実施者	想定地震	最高水位 (標高)
日本原電	1677年 延宝房総沖地震 (M8.2)	+4.86m

※<sup>1</sup>:「原子力発電所の津波評価技術」(平成14年2月、土木学会)

## 茨城県波源※<sup>2</sup>を用いた評価(ポンプ室位置)

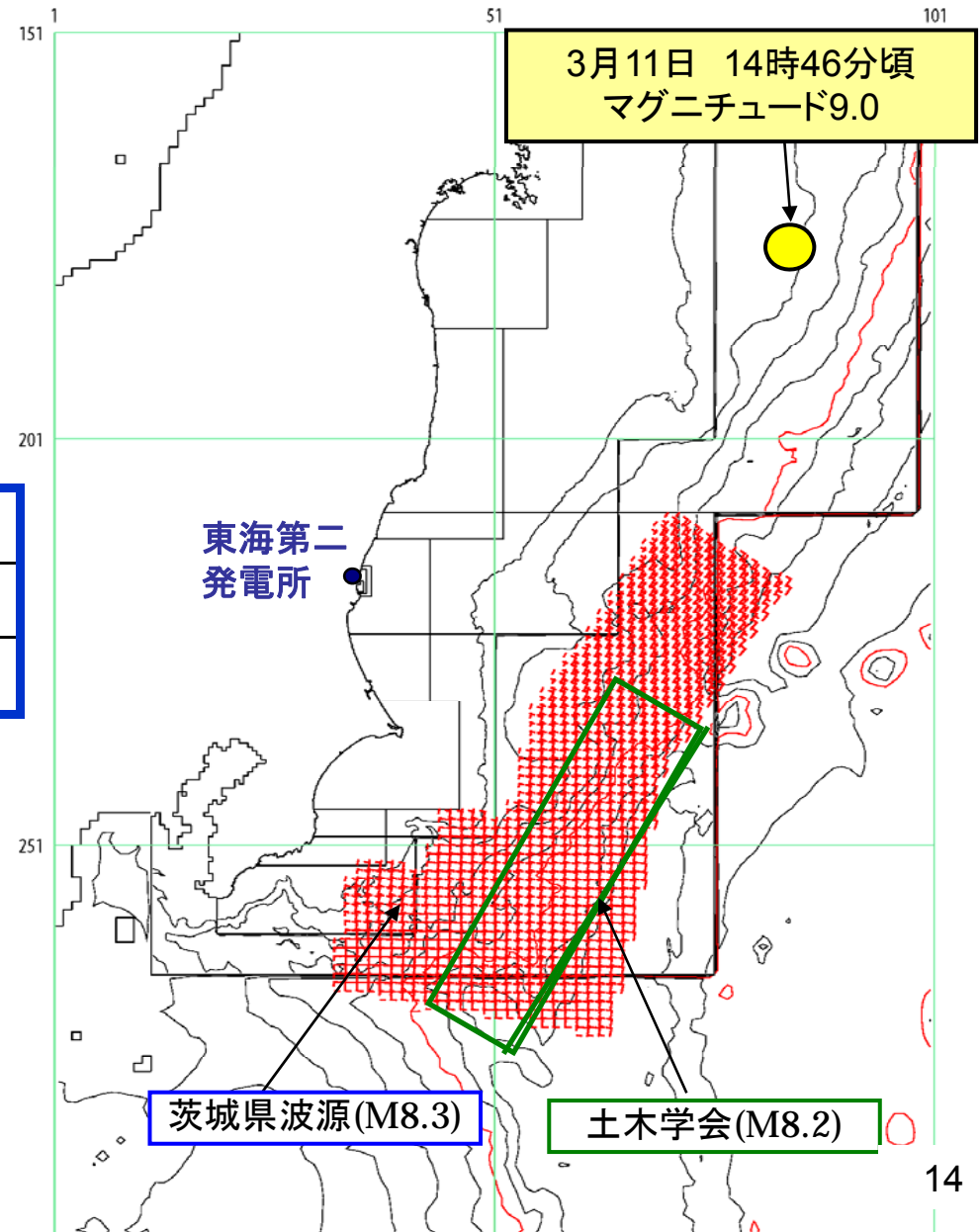
解析実施者	想定地震	水位(標高)
茨城県	1677年 延宝房総沖地震 (M8.3)	茨城県沿岸:2~7m
日本原電※ <sup>3</sup>		ポンプ室位置:+5.72m

※<sup>2</sup>:「本県沿岸における津波浸水想定区域図等」(平成19年10月、茨城県)において設定された1677房総沖地震の波源モデル

※<sup>3</sup>:茨城県が実施した解析に比べ、発電所付近のメッシュサイズを細かくし、地形データも自社の測量結果等を使用

## 東北地方太平洋沖地震で発生した津波の痕跡高(ポンプ室位置周辺)

地震規模	痕跡高(標高)
M9.0	+5.0m~+5.4m (H23.4推定値)



# 地震の影響と考えられる主な不具合

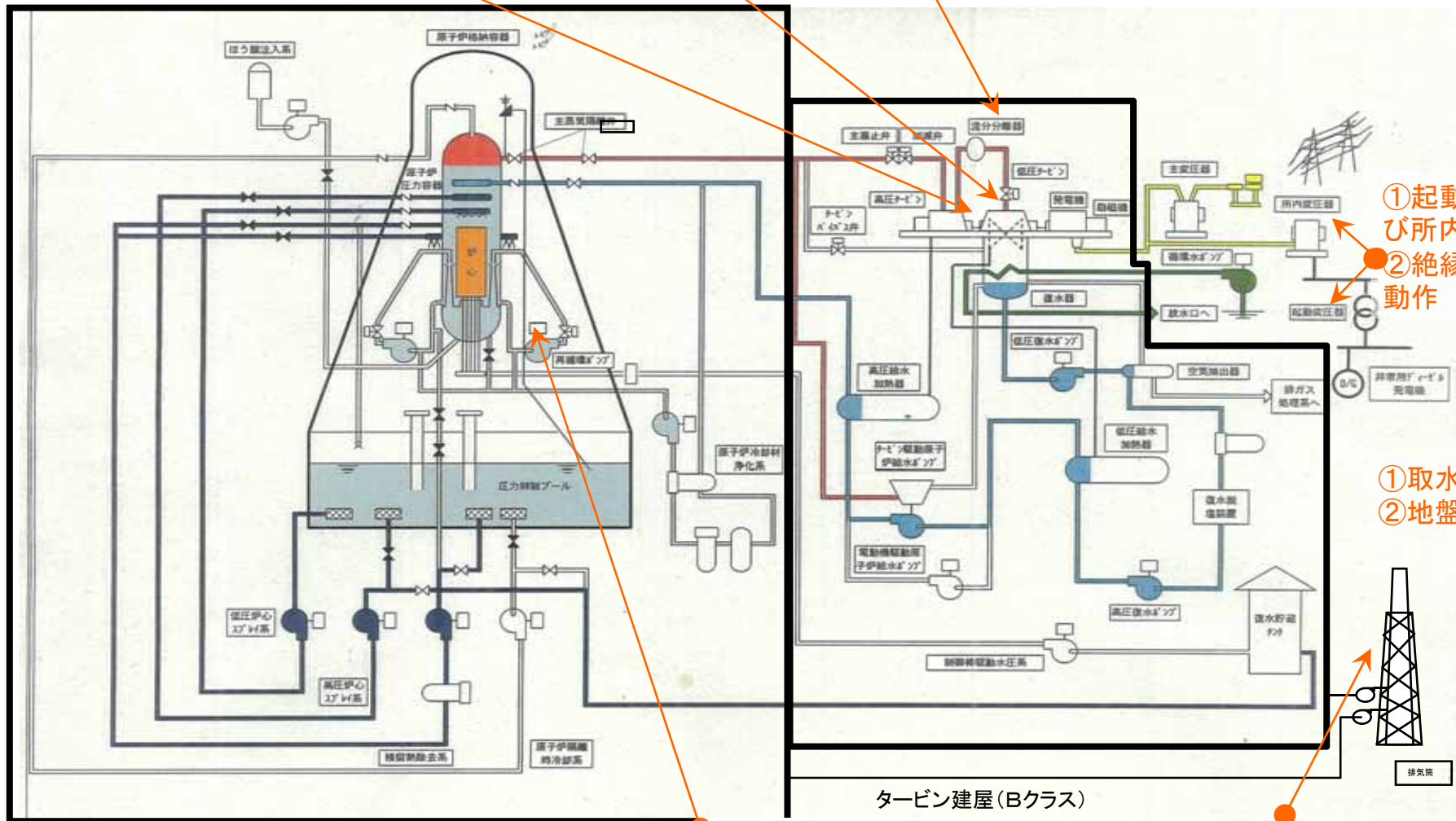
- ①タービン中間軸受台
- ②傾き、基礎等損傷

- ①高圧・低圧タービン翼
- ②擦れ痕

- ①湿分分離器油圧防振器
- ②折損・変形

●地震の影響と考えられる不具合

- ①機器名
- ②事象



原子炉建屋(Sクラス)

タービン建屋(Bクラス)

- ①PLR-Bモータ油切り
- ②擦れ痕

- ①排気筒サポート(弾塑性ダンパ)
- ②変形(想定内)

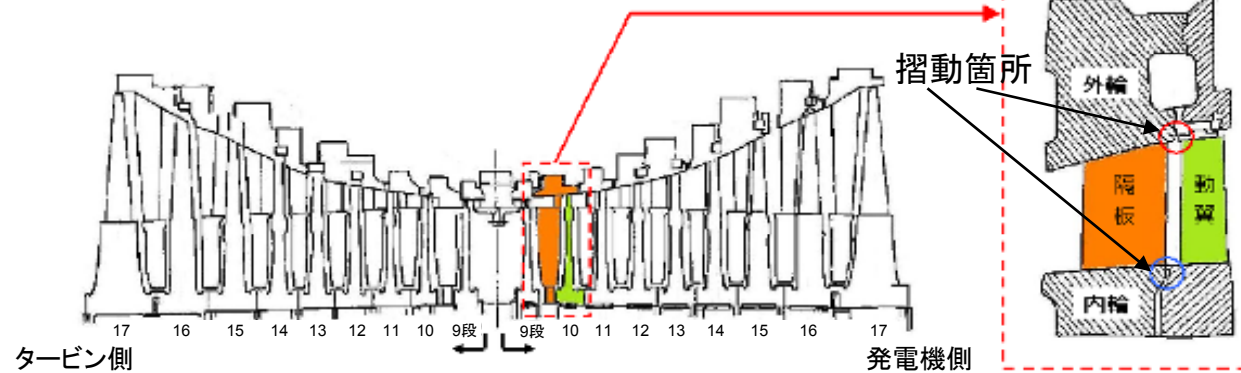
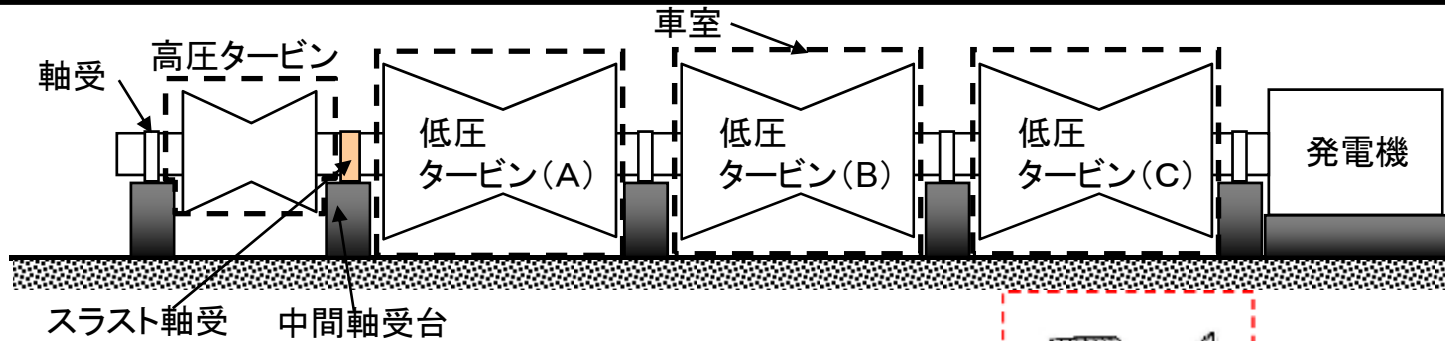
- ①起動変圧器及び所内変圧器
- ②絶縁油放圧板動作

- ①取水口エリア
- ②地盤沈下等



# タービン発電機点検状況(1/2)

低圧タービンA～C及び高圧タービンの開放点検を実施したところ、動翼・隔板の一部に地震の影響によると思われる摺動傷が確認された。また中間軸受台の基礎部にも損傷が認められたため、修理を行なう。

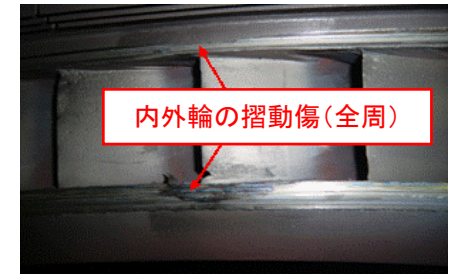


動翼の損傷(全周)



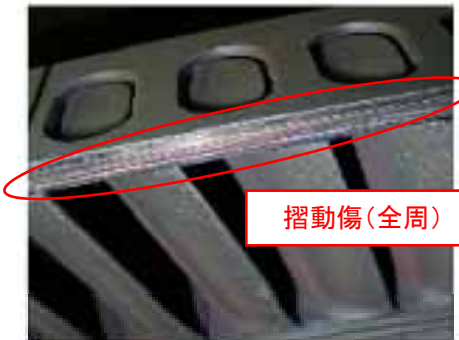
低圧タービンA動翼(13段)

内外輪の摺動傷(全周)



低圧タービンA隔板(9段)

摺動傷(全周)



低圧タービンA動翼(9段)

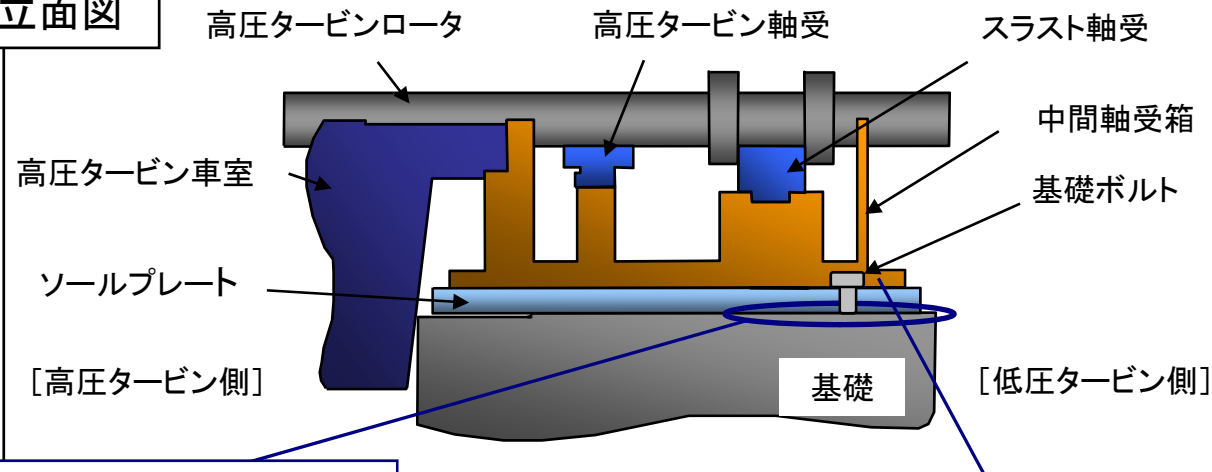
	タービン側損傷状況	発電機側損傷状況	対応方針
低圧A	9～11段全数に摺動傷、変色 12～14段全数に摺動傷	9～11段全数に摺動傷、変色 12～14段全数に摺動傷	9～11段 <b>動翼取替</b> 、隔板手入れ 12～14段動翼、隔板手入れ
低圧B	9～11段全数に軽微な摺動傷	9～11段全数に軽微な摺動傷	9～11段動翼、隔板手入れ
低圧C	摺動傷なし	9～11段全数に軽微な摺動傷	9～11段動翼、隔板手入れ
高圧	軽微な摺動傷	4段隔板の一部(ノズル翼)脱落* 軽微な摺動傷	4段静翼製作・設置 手入れ
軸受	中間軸受台基礎部損傷		<b>基礎部等修理</b>

\*)地震の影響ではないと推定

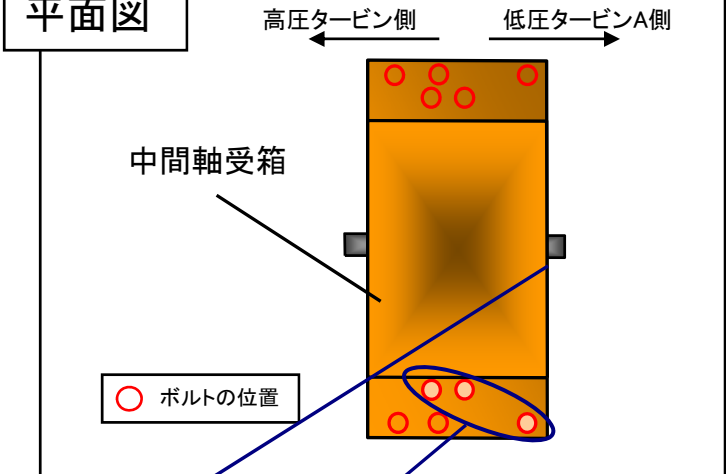
# タービン発電機点検状況(2/2)

## 【中間軸受台点検状況】

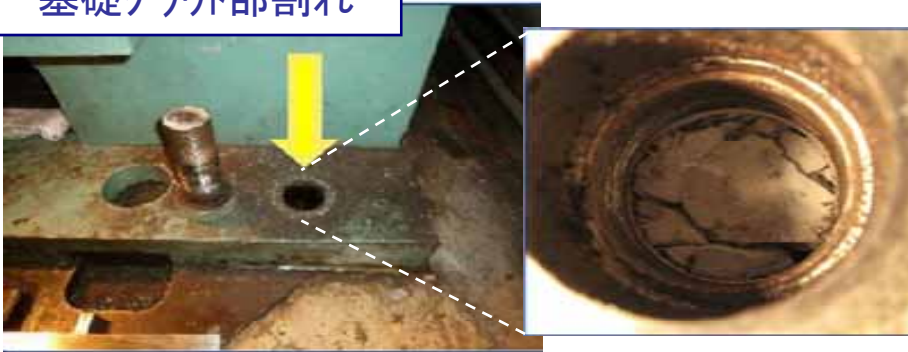
立面図



平面図



基礎グラウト部割れ



軸受箱底部位置ずれ

軸受台の低圧タービン側が約5mm持ち上がっている。(次頁、参照)

基礎ボルトの緩み

10本ある基礎ボルトのうち3本に緩みが生じていた。(次頁、参照)

## 【今後の点検方針】

中間軸受箱の移動には高圧タービン車室を吊上げる必要があるため、高圧タービンを吊上げた後、中間軸受台を取外して基礎部の点検を実施するとともに、必要に応じて修理を行う。



# 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A

地震に伴い、起動変圧器の液面が変動し  
絶縁油が僅かに放出管から排出

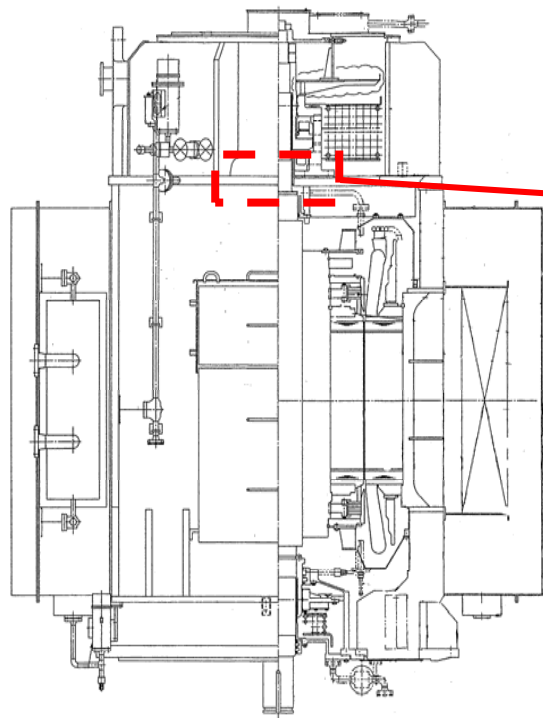


起動変圧器2A

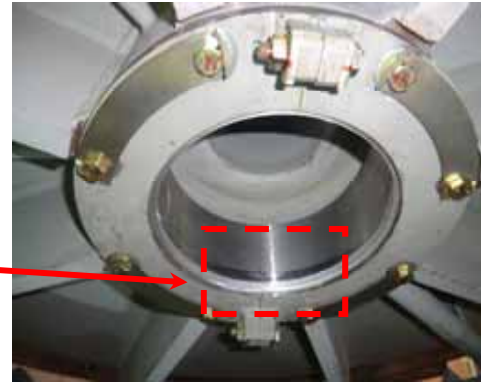


起動変圧器2B

## 原子炉再循環ポンプ(B)モータ油切り擦れ痕



油切り



拡大図



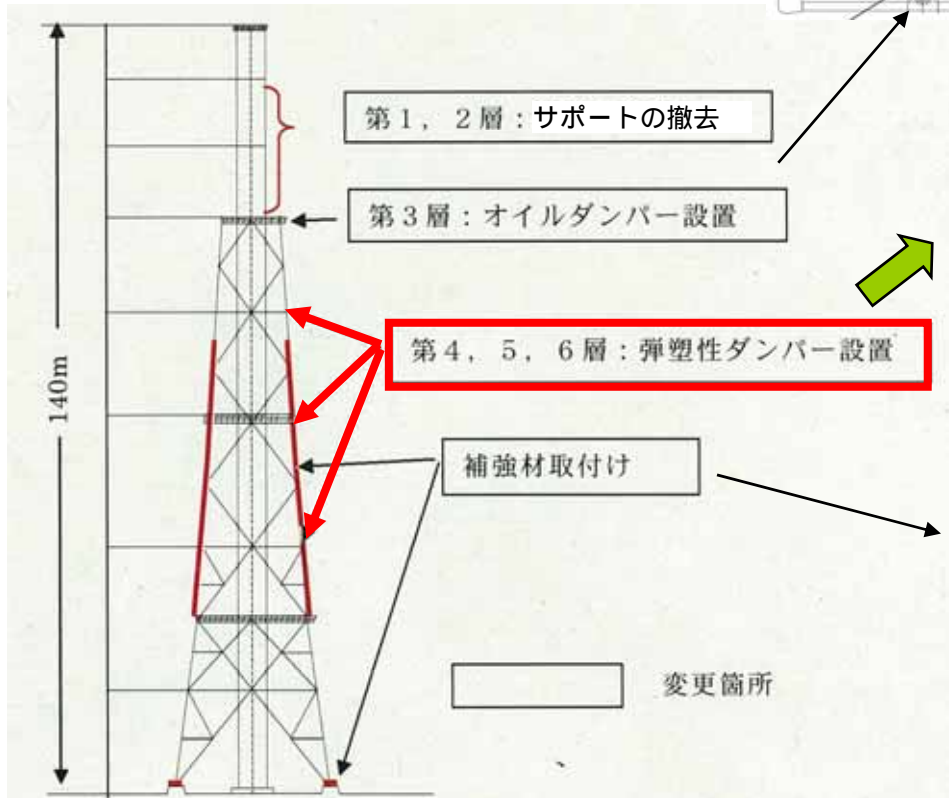
原子炉再循環ポンプ(B)モータ

- ・原子炉再循環ポンプ (B) モータ上部油切りと主軸に擦れ痕が確認された。

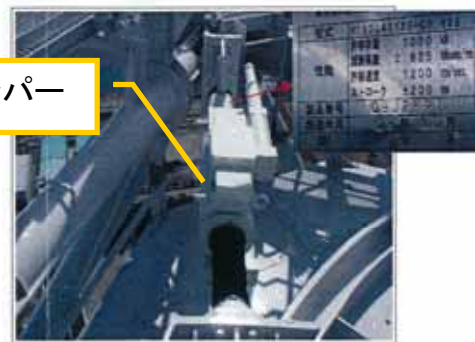
# 排気筒サポート(弾塑性ダンパー)の変形(想定内)

主排気筒のサポート(弾塑性ダンパー)に変形が確認された。

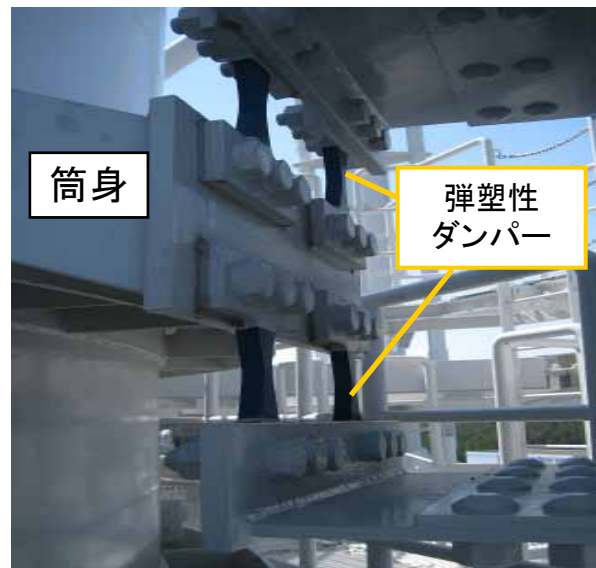
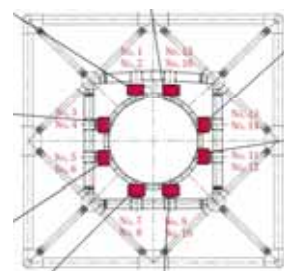
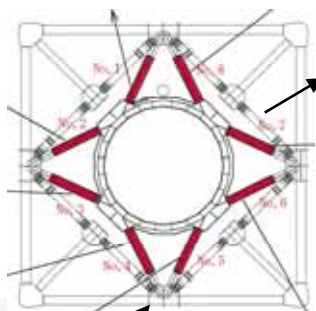
オイルダンパー及び弾塑性ダンパーとは地震による振動を吸収するためのもの



オイルダンパー



オイルダンパー

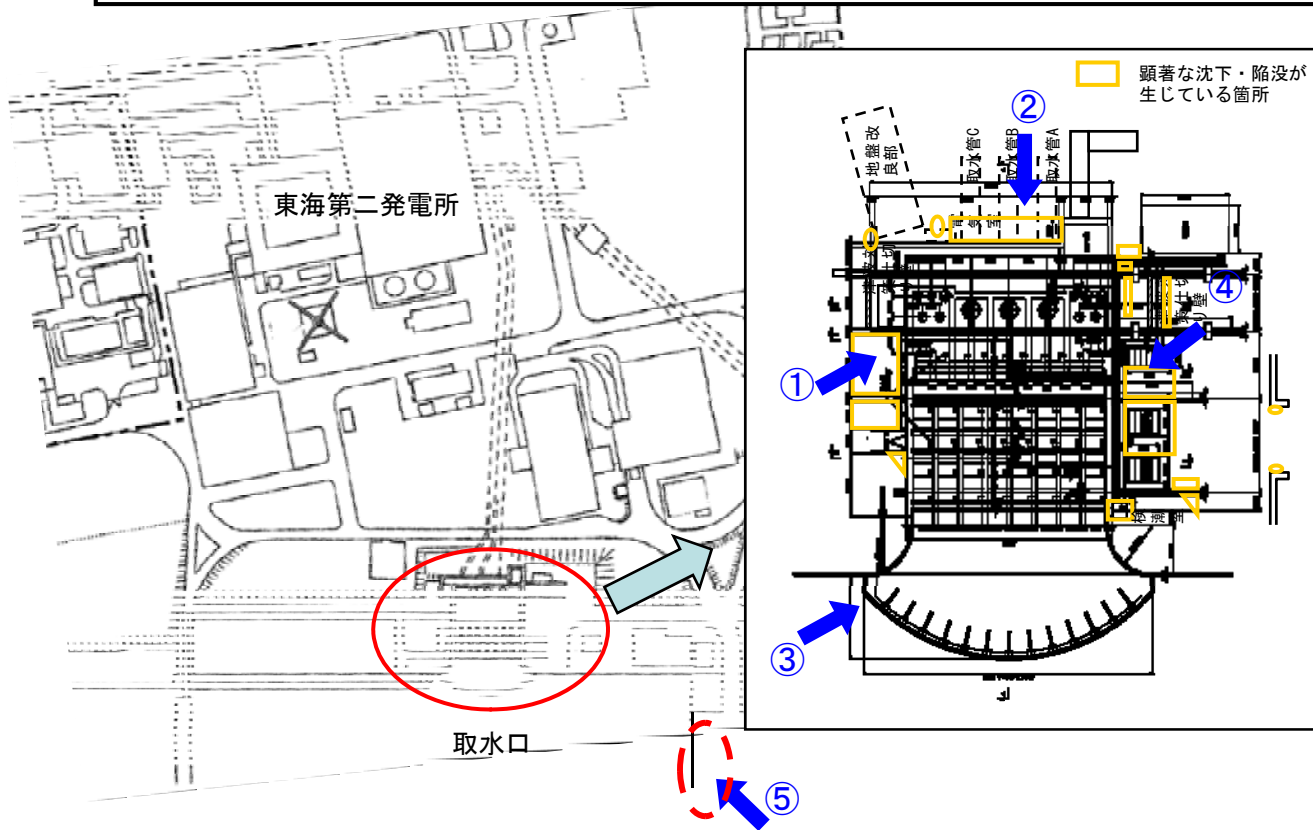


弾塑性ダンパー

補強材



# 地震・津波の影響(取水口周辺)



写真① 液状化(地盤沈下)



写真② 地盤沈下



写真③ 躯体変形(カーテンウォール端部)



写真④ 液状化(地盤沈下)



写真⑤ 地盤沈下

# 東海第二発電所の安全対策



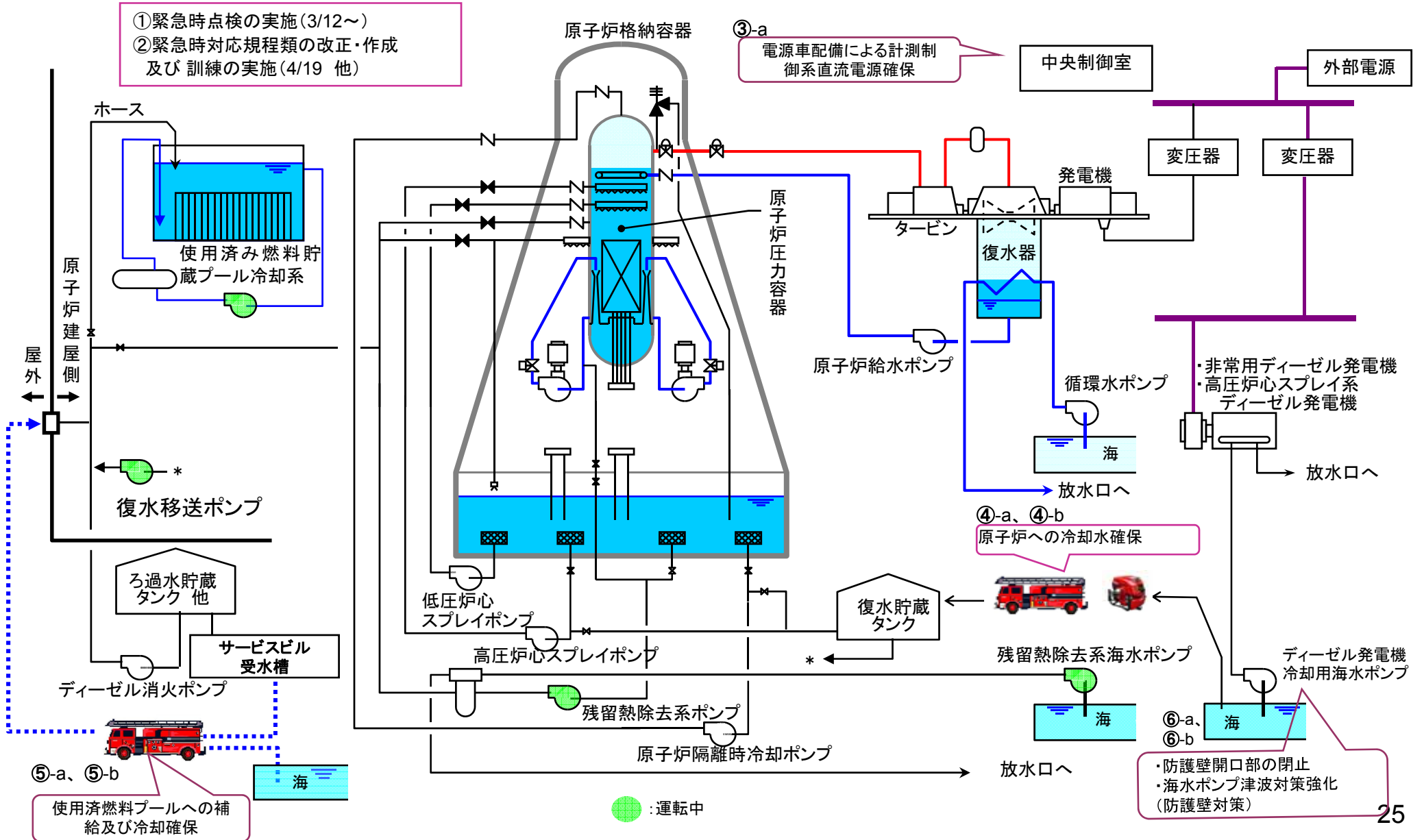
# 東海第二発電所 緊急安全対策(短期)実施状況

大臣指示内容(3/30)	主な対応内容	設備仕様等	対応状況
①緊急点検の実施	a. 緊急時対応のための機器及び設備の点検	・RCIC(原子炉隔離時冷却系)、直流電源(蓄電池)等の動作確認、点検	・対応済(～4/13)
②緊急時対応計画の点検及び訓練の実施	a. 緊急時対応計画の作成(保安規定、二次、三次文書)及び訓練の実施	・保安規定の改正 ・緊急時対応マニュアルの作成等 ・電源車を用いた電源復旧訓練等の実施	・保安規定変更申請:4/8、4/21(4/8分認可5/6、4/8分認可5/11) ・規程類作成は4/25完了 ・訓練は対応済(4/19) ・電源確保対応要員8名、水源確保要員6名体制整備
③緊急時の電源確保	a. 電源車の配備(蓄電池枯渇防止、監視機能の維持)	・電圧400V、容量700kVA	・3台配備済(3/11)
④緊急時の最終的な除熱機能の確保	a. 既設消防車での対応(既存のAM対応系統(消火系→原子炉への注水系統)へ接続)	・消防車、消火ホース ・大容量送水システムの追加配備(ハイドロサブユニット) ④-b、⑤-aにも使用	・消防車配備済(化学消防車1台、水槽付ポンプ車1台) ・水中ポンプ、ホース(2セット)配備済(4/22)専用車両への切替は第25回定検中に実施予定
	b. 原子炉冷却用水源の強化対策(既存のAM対応系統(消火系→原子炉への注水系統)へ接続)	・消防車/可搬式ポンプ、消火ホース	・復水貯蔵タンク、海水を水源として配備済
⑤緊急時の使用済燃料プールの冷却確保	a. 既設消防車での対応	・消防車、消火ホース	・従来より配備済
	b. 冷却水確保に必要な資機材等の準備(消火ホース等)	・上記消防車を用いた使用済燃料貯蔵プールへの補給用	・従来より配備済
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	a. 北側取水口防護壁内への海水浸入経路の閉止	・海水浸入経路となったケーブルピットの閉止 ・補機冷却水系(ASW)ストレナーエリアと北側海水ポンプエリアとの貫通部閉止	・対応済(3/19) ・対応済(3/24)
	b. 海水ポンプ防護壁、建屋の水密化の強化	・防護壁の嵩上げ ・建屋扉のラバーパッキン、シール材施工等	・EL6.1m嵩上げ済。 ・対応済(6月中旬):15m想定 of 浸水対策

注)AM:アクシデントマネージメント

4/25、4/26:国立入り検査にて確認済

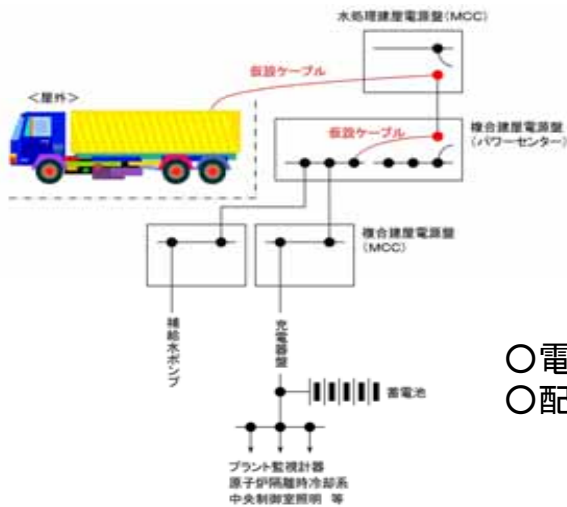
# 東海第二発電所 緊急安全対策(短期)実施状況図



# 緊急安全対策(短期)実施状況

## 電源(車)の配置 [③-a]

○外部電源及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に、原子炉を安定に冷却し、原子炉の状態監視が可能となる緊急時の電源を確保するため、必要な電源容量を満足する電源(車)を配置する。



- 電源(車) : 容量 700kVA
- 配備先 : 津波の影響を受けないよう比較的高い場所に保管する
- 目的 : ①蓄電池の枯渇防止  
②中央制御室での監視機能の確保  
③その他の必要設備に給電



## 消防車、可搬式動力ポンプ及び消火ホースの設置 [④-a、④-b] [⑤-a、⑤-b]

○原子炉隔離時冷却系による冷却が長期に亘る場合に淡水タンクや海水等の水源から必要な水を確保するため消防車、可搬式動力ポンプ及び消火ホースを配備する。また、原子炉の圧力が低下した場合には、消防車等による代替注水にて継続する。  
○使用済み燃料プールの冷却手段がなくなった場合、淡水タンクや海水を供給するため消防ポンプ及び消火ホースを配備する。

写真は水槽付消防車



可搬式動力ポンプ



- 化学消防車 1台
- 水槽付ポンプ車 1台
- 津波の影響を受けないよう比較的高い場所に保管する。

- ◇大容量送水システム( hidroサブユニットの配備)  
安定した冷却機能を維持するため、注水量の多いhidroサブユニット(ポンプ・ホース)を2ユニット追加配備(4/22)
- ポンプ: 基本性能240m<sup>3</sup>/h/台、ホース: 約1.2km



# 東海第二発電所 更なる安全対策実施状況

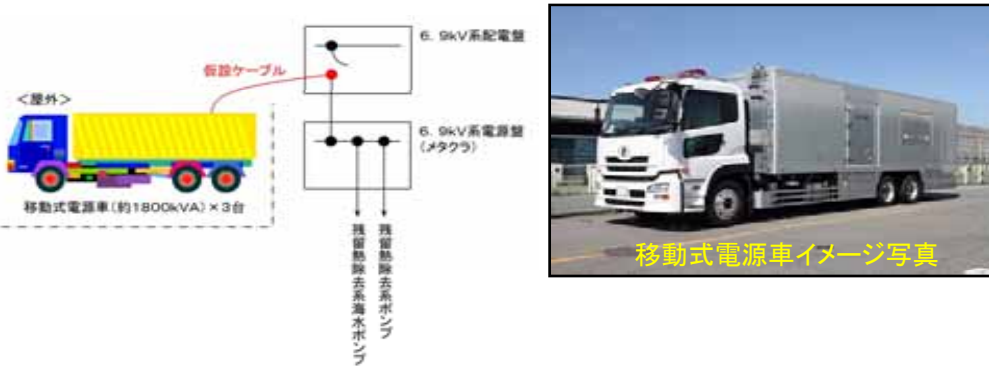
項目	主な対応内容	設備仕様等	対応状況
電源確保	a. 非常用発電機代替設備の配備(①)	・電圧6.6kV、容量1、725kVA	・H23年11月下旬 3台配備予定 (更に3台の配備を計画中)
	b. 小型発電機、充電器盤及びポータブル蓄電池配備	(詳細仕様について検討中)	・第25回定検中に実施予定
	c. 海水供給用可搬式ポンプの配備(②)	・非常用ディーゼル発電機海水系(DGSW)へ大容量送水システムによる供給	・H23年10月中旬 ポンプ/ホース(1セット)配備済 ・専用車両への入替は第25回定検中に実施予定
	d. 空冷式非常用発電装置の設置(③)	・ガスタービン駆動発電機設置予定(検討中)	・2年程度で設置実施予定
最終的な除熱機能の確保	a. 原子炉への直接注入専用配管の設置(④)	・専用配管の設置(低圧スプレイ系(LPCS)に接続)	・第25回定検中に実施予定
	b. 代替海水ポンプの配備(⑤)	・残留熱除去系海水系(RHRS)へ大容量送水システムによる供給	・ポンプ/ホース(3セット)配備済 ・専用車両への入替は第25回定検中に実施予定
	c. 海水ポンプモータ予備品の確保(⑥)	・残留熱除去系海水系(RHRS)、非常用ディーゼル発電機用海水系(DGSW)、原子炉補機冷却海水系(ASW)ポンプ用	・RHRS 2台(H23年11月下旬)、 2台(H24年9月頃) ・DGSW 3台(11月下旬) ・ASW 1台(10月下旬)、 2台(H24年9月頃)
使用済燃料プールの冷却確保	a. 使用済燃料プールの代替冷却手段の強化(⑦)	・専用配管の設置等	・第25回定検中に実施予定
更なる安全自主対策	a. 重要建屋の水密扉化(⑧)	・水密扉への変更	・第25回定検中に実施予定
	b. 海水ポンプ室防護壁の更なる嵩上げ(⑨)	・防護壁の嵩上げ(約6.1m+約1.5m)	・H24年3月頃予定 (ポンプ室津波対策については総合的に検討中)
	c. 防潮堤等の設置(⑩)	・15m津波を想定した対応	・3年程度で対策実施予定 (想定津波高さについては評価中)



# 更なる安全向上対策の内容(例)

## ①緊急時の電源確保のための非常用発電機代替設備の配備

○非常用ディーゼル発電機の代替電源設備として、移動式電源車を配備する。



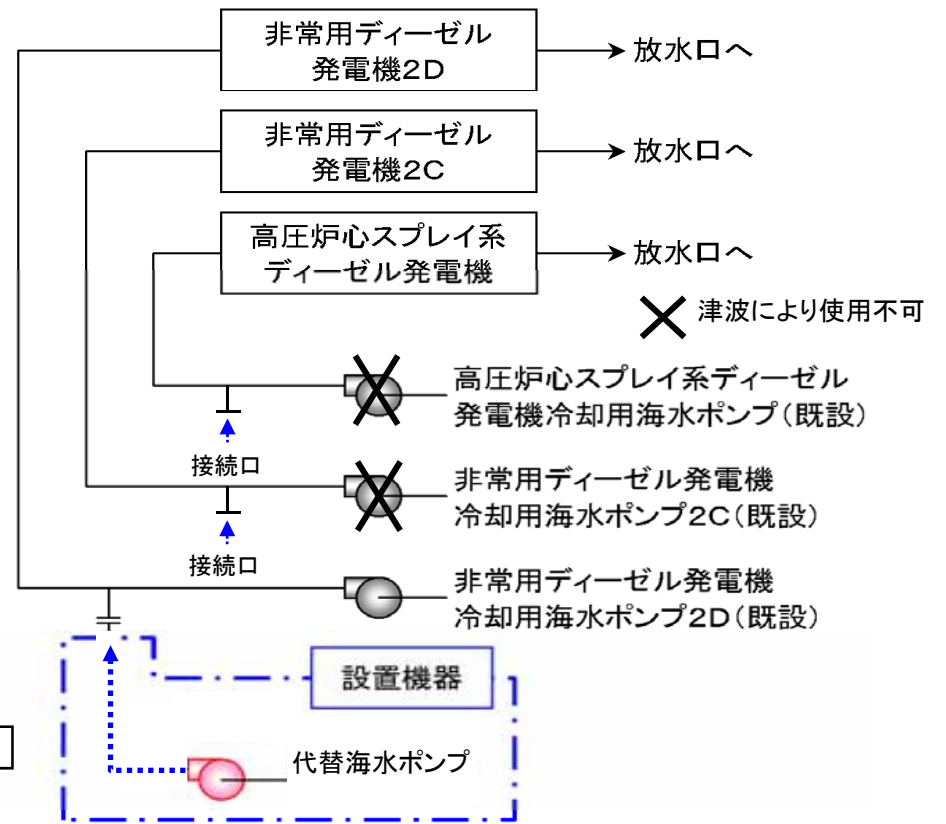
- 移動式電源車購入: 約1800kVA × 3台 (津波の影響を受けないよう比較的高い場所に保管)
- タンクローリ購入
- 電源車と所内電源を繋ぐ高圧ケーブルを敷設



代替海水ポンプの例 (ハイドロサブユニット)  
ポンプ: 約270m<sup>3</sup>/h、ホース: 約1km

## ②非常用ディーゼル発電機を冷却するための海水供給用代替海水ポンプの配備

○非常用ディーゼル機関の冷却が可能となる代替海水ポンプと仮設配管(ホース)を1台分配備する。

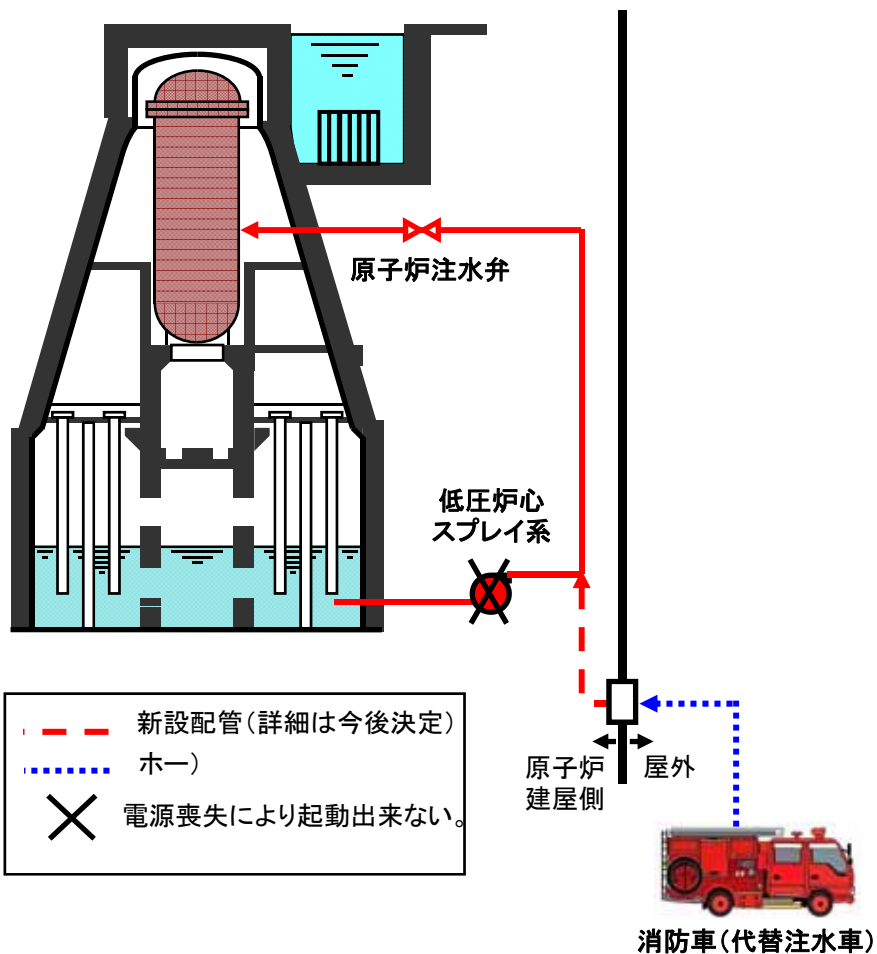


非常用ディーゼル発電機海水流量272.6(m<sup>3</sup>/h) 相当の代替海水ポンプ1台を配備する。

# 更なる安全向上対策の内容(例)

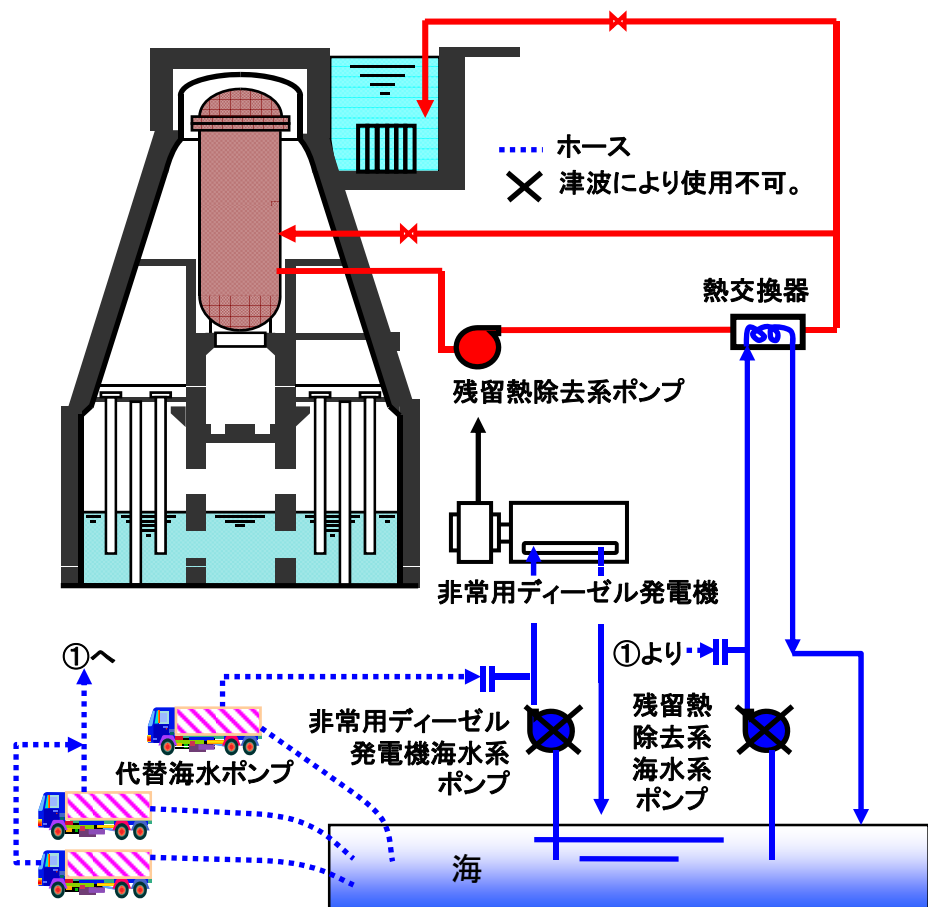
## 最終的な除熱機能の確保として ④原子炉への直接注入専用配管の設置

○屋外から消火水(海水等)を消防車で直接注入できる配管の敷設(新設配管には代替注水車つなぎ込み用のヘッダー設置)を行う。



## 最終的な除熱機能の確保として ⑤代替海水ポンプの配備、 ⑥海水ポンプモータ予備品の確保

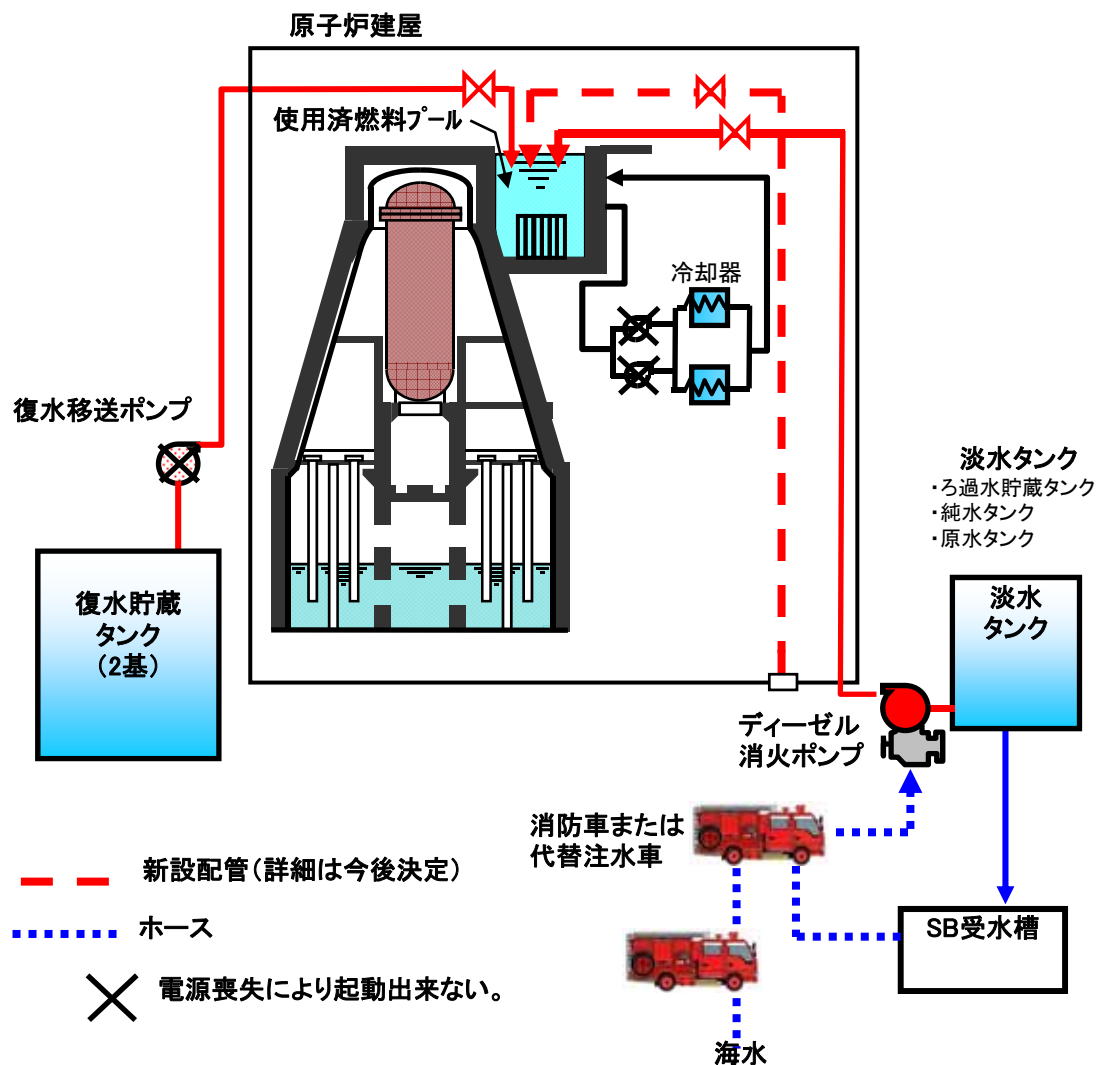
○残留熱除去系海水系、非常用ディーゼル発電機用海水系ポンプ等が使用できなくなった場合、流量を確保できる代替のポンプを確保する。  
○上記のポンプモータ等が津波により冠水し使用できなくなった場合に備え、予備のモータを確保する。



# 更なる安全向上対策の内容(例)

## 使用済み燃料プールの冷却確保として ⑦直接注入専用配管の設置

○使用済み燃料プール水を冷却するために必要な淡水タンクの水や海水を送水するための専用注水配管を設置する。



## 安全上重要な設備機能維持のため ⑧水密扉へ取替え

○安全上重要な設備が設置されている重要建屋の扉について水密扉に取替を行い、津波による建屋内への過度の海水浸入防止を図る。



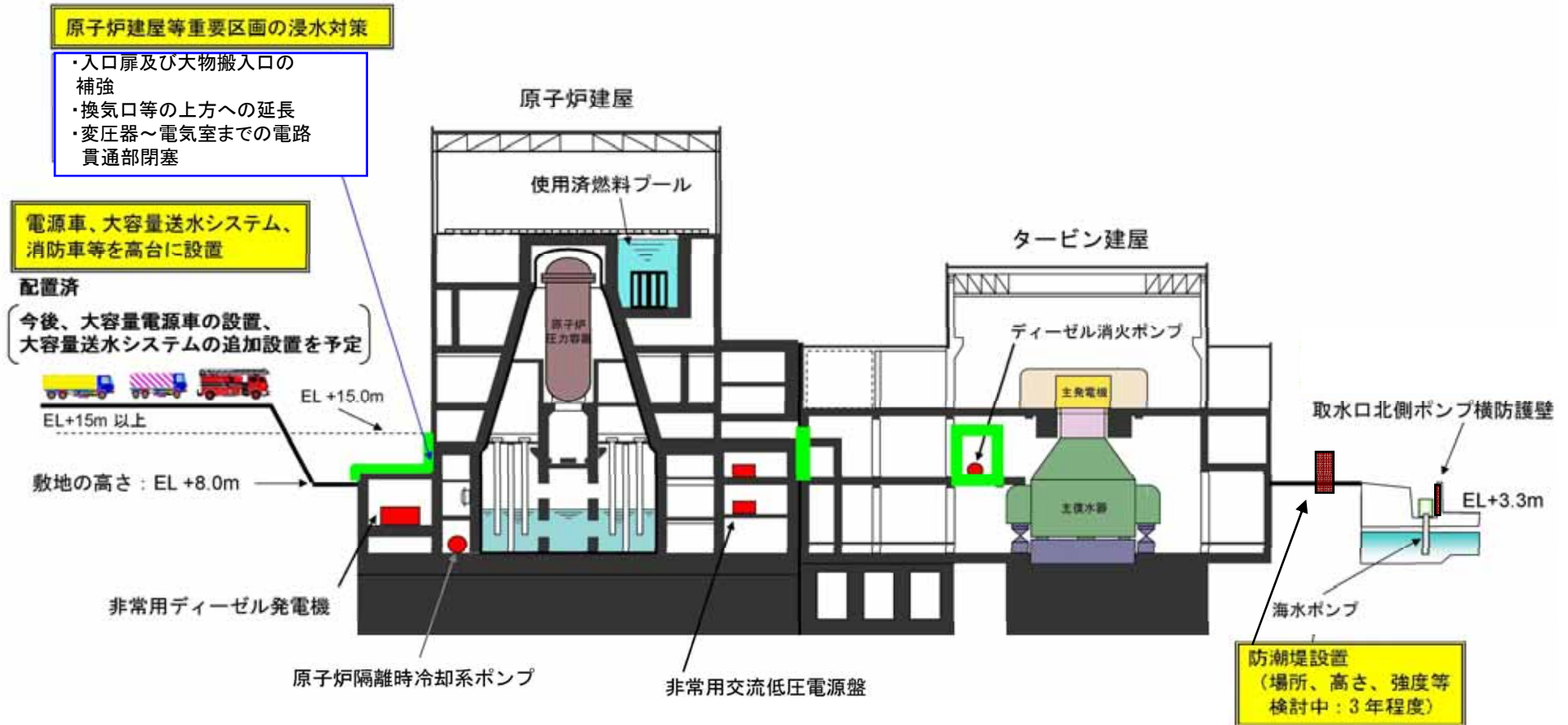
安全上重要な設備  
(詳細は今後決定)

- ・非常用ディーゼル発電機
- ・電気室  
(蓄電池室、安全系しゃ断器)
- ・原子炉隔離時冷却系ポンプ、残留熱除去系ポンプ他

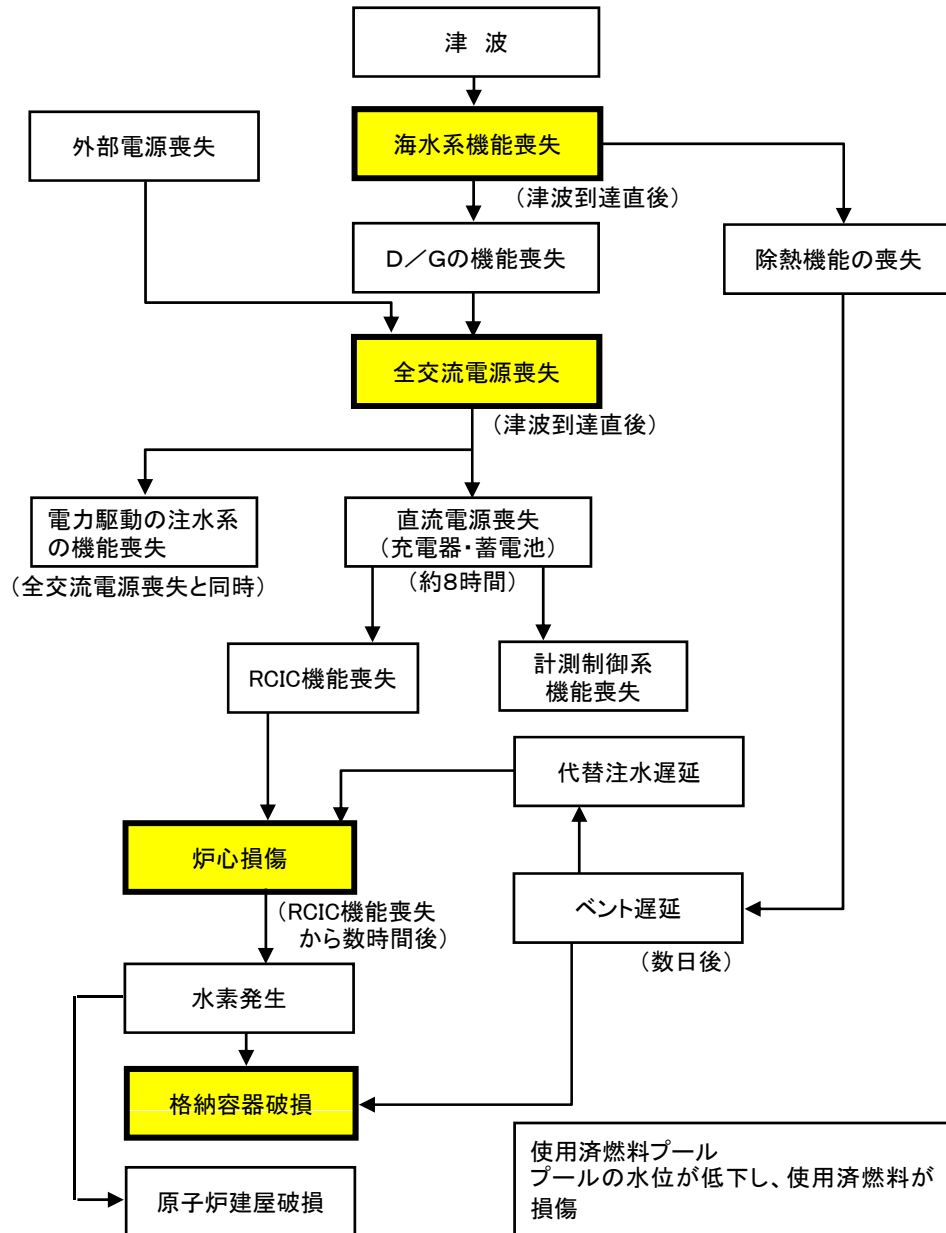


# 更なる安全向上対策の内容(例)

## 重要建屋、設備の浸水対策(EL 15.0m浸水を想定)〔⑧、⑨、⑩〕



# 東海第二発電所における津波発生時の事象 (緊急安全対策実施前)



3つの全ての機能喪失（交流電源、海水冷却及び使用済燃料プール）を冷却を想定。

全交流電源喪失に伴い、蓄電池から必要な計器類への給電が開始。一定時間で蓄電池が枯渇し、プラント監視機能の喪失に至る。また、原子炉水位低下に伴い原子炉隔離時冷却系により、原子炉へ注水と主蒸気逃し安全弁によって炉心の冷却。原子炉隔離時冷却系は電源として蓄電池を用いていることから、蓄電池が枯渇した以降は原子炉隔離時冷却系による原子炉への注水機能も失われる。

原子炉への注水機能喪失後は、原子炉冷却材がサプレッションプールへ放出され続け、原子炉水位は低下、その結果、炉心は露出し、燃料の被覆管と原子炉冷却材との反応で水素が発生するため、水素爆発により原子炉格納容器等の破損の可能性がある。

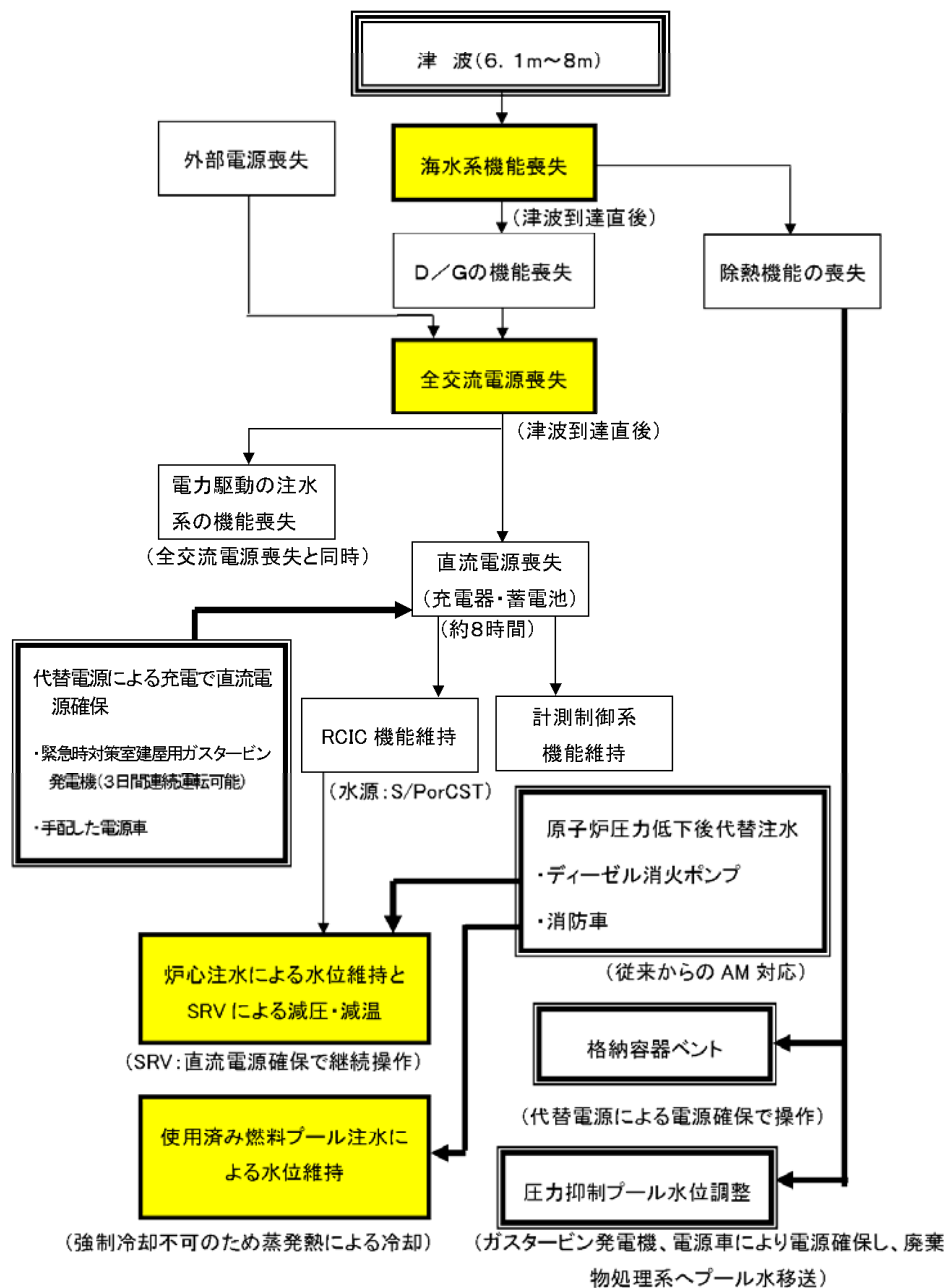
使用済燃料プールについては、冷却機能が喪失によりプール水温が上昇、プール水が沸騰し、プール水量は減少、プールへ補給しなければ使用済燃料が露出し、損傷に至る。



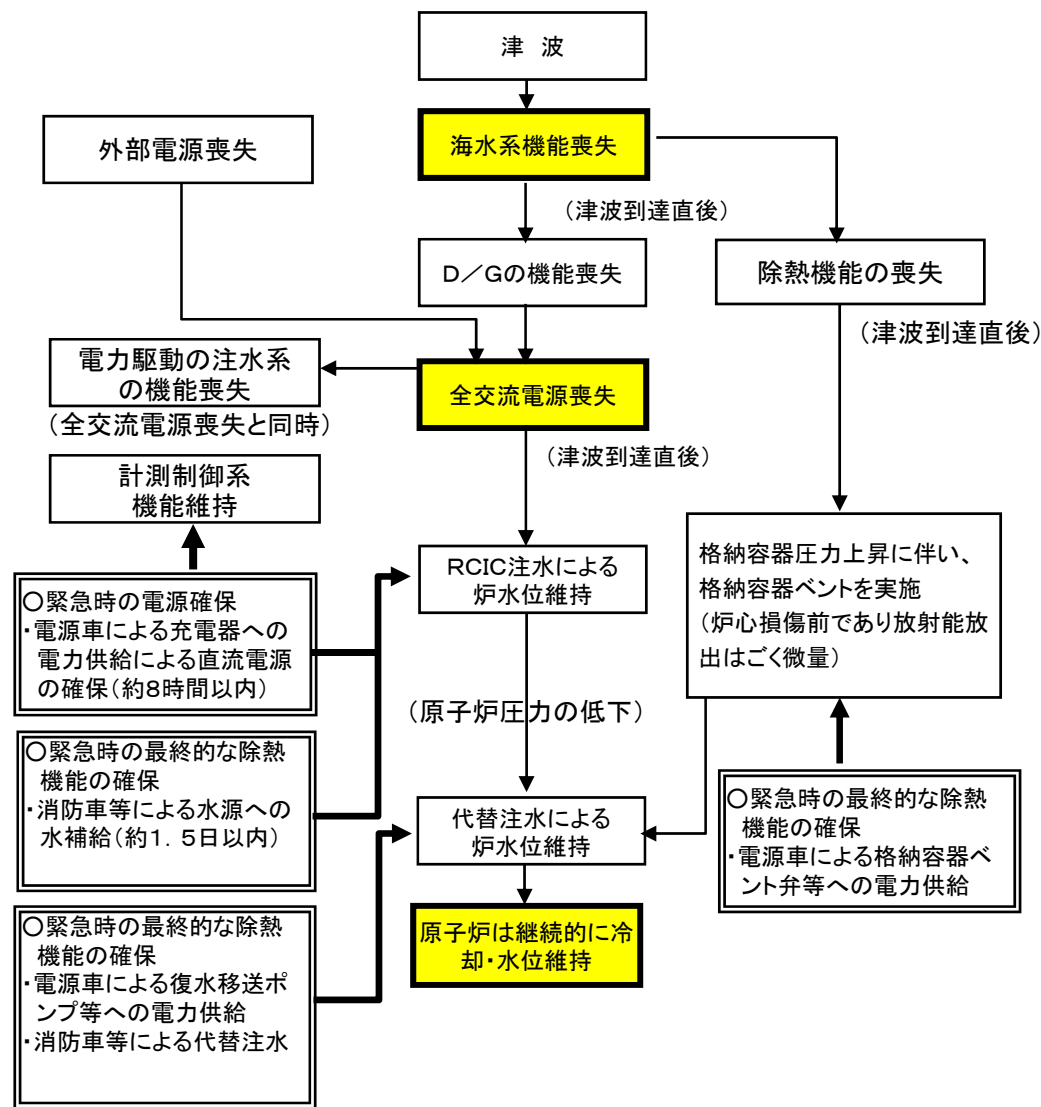
津波により3つの機能を全て喪失した場合においても、炉心損傷や使用済燃料損傷を防止し、環境への放射性物質の放出を抑制しつつ、以下により冷却機能の回復を図る。

- a. 電源車による電源緊急復旧
- b. 原子炉への注水確保
- c. 除熱機能の確保
- d. 使用済燃料プールへの補給水確保

東海第二発電所における津波発生時の事象  
(緊急安全対策実施前(3/11)：津波高さ6.1m~8m想定)

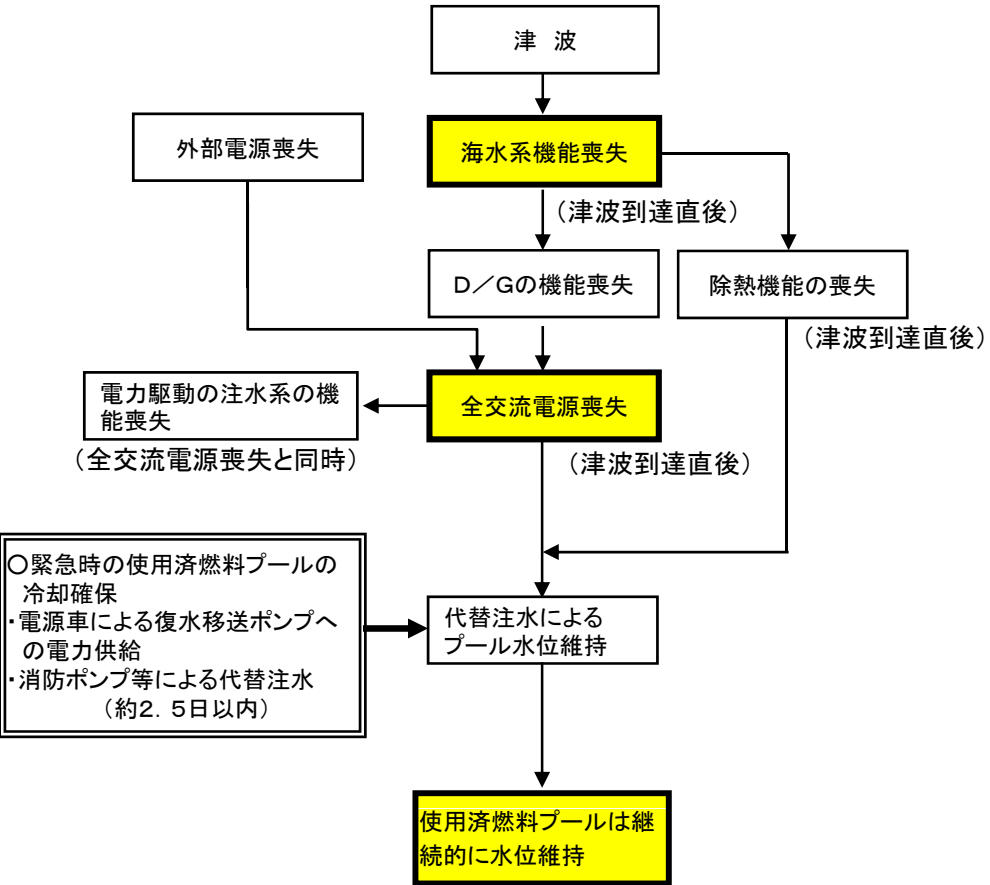


東海第二発電所における津波発生時の事象  
(緊急安全対策実施後：炉心損傷防止)



◻: 指示文書に基づく緊急安全対策

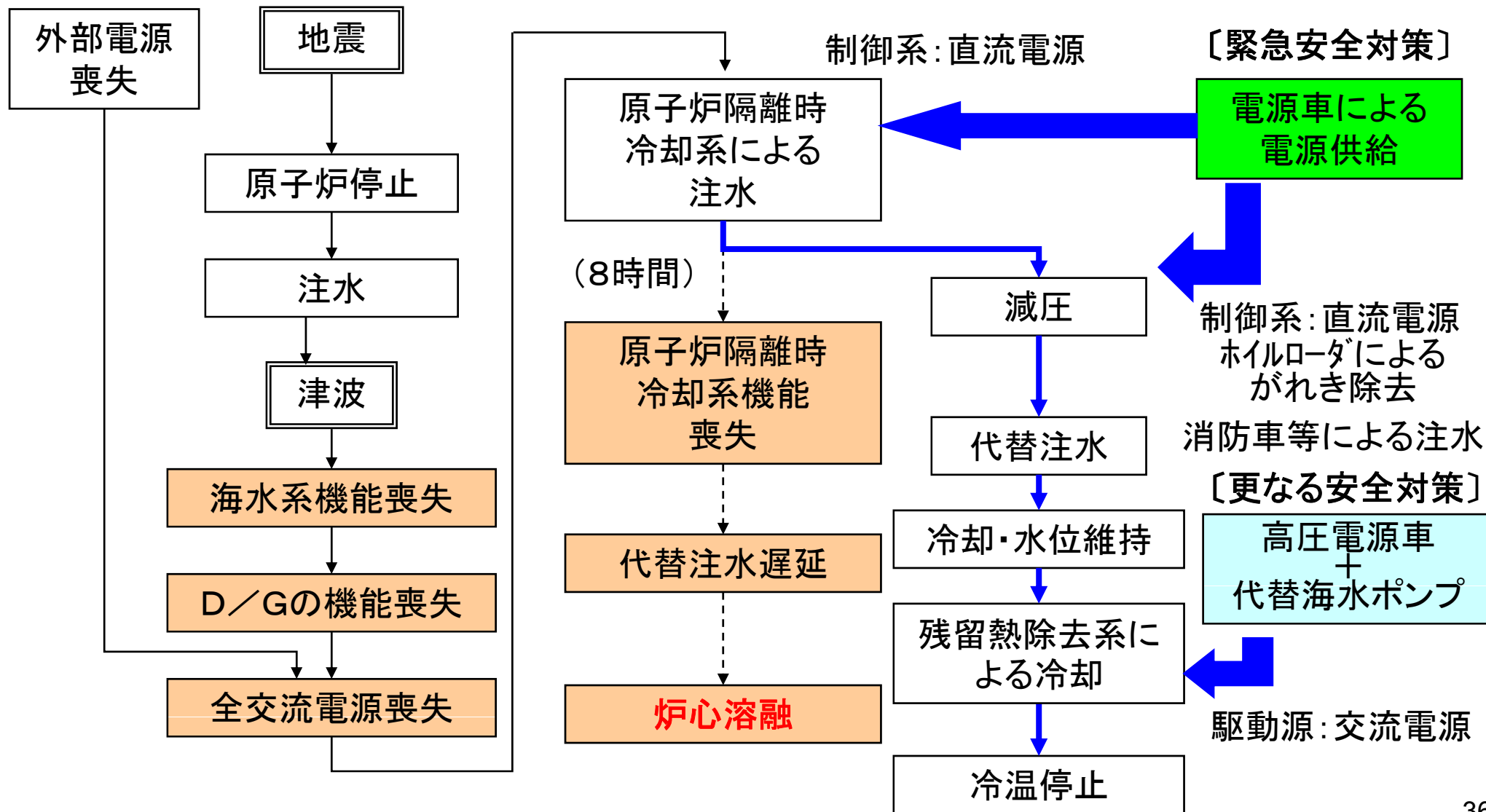
東海第二発電所における津波発生時の事象  
 (緊急安全対策実施後：使用済燃料損傷防止)



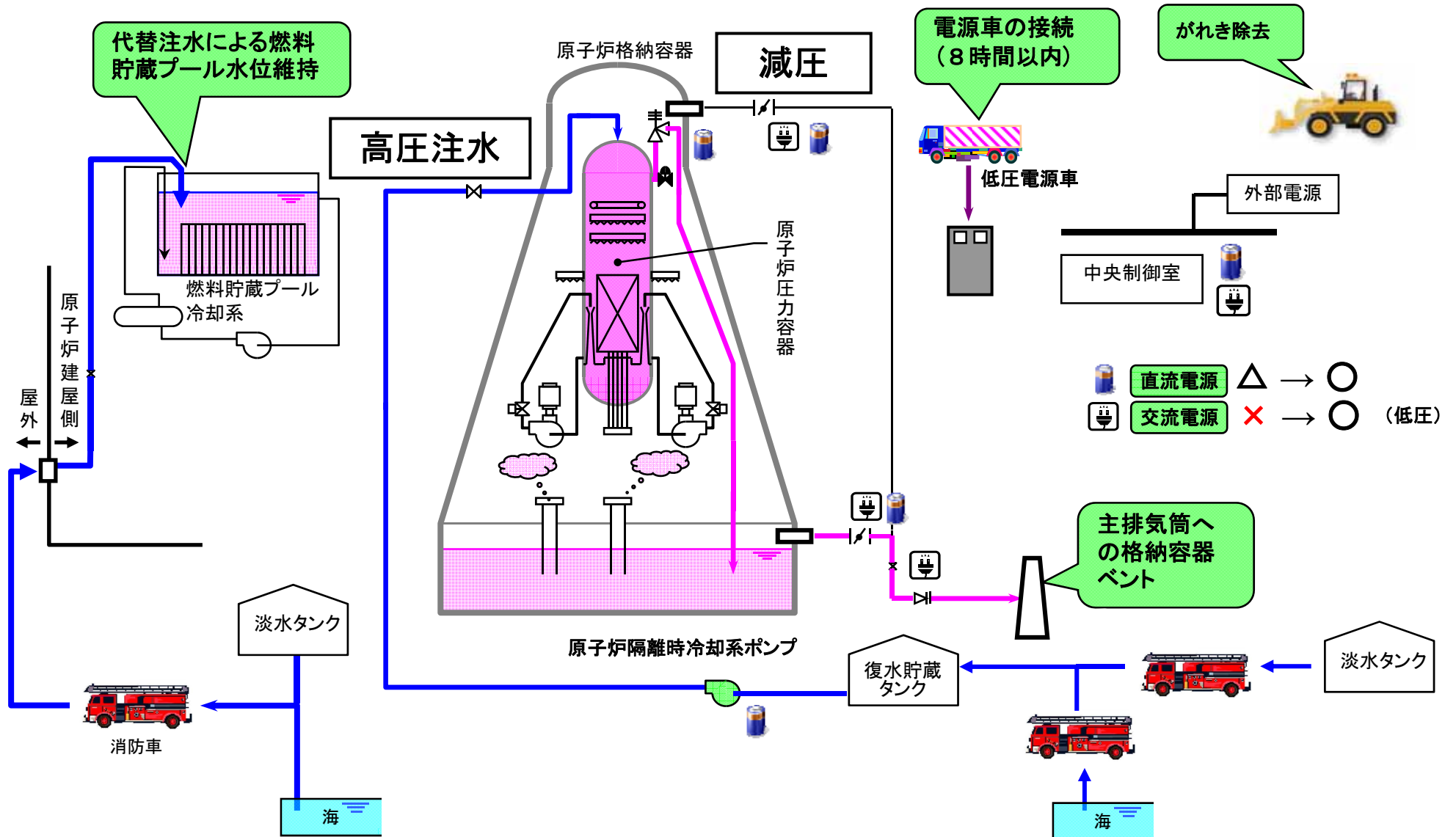
◻ : 指示文書に基づく緊急安全対策

# 事象進展フロー

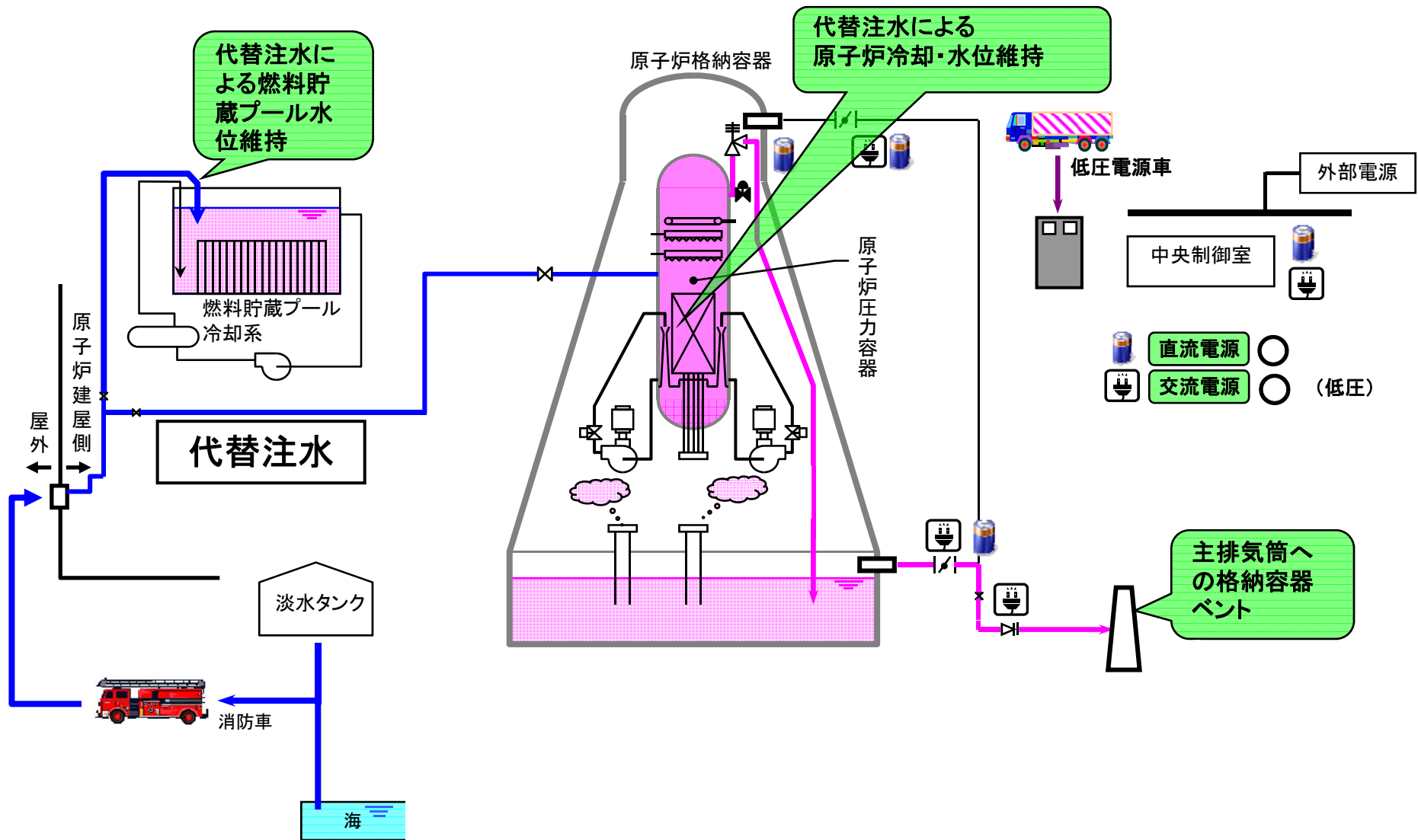
(緊急安全対策及び更なる安全対策実施後)



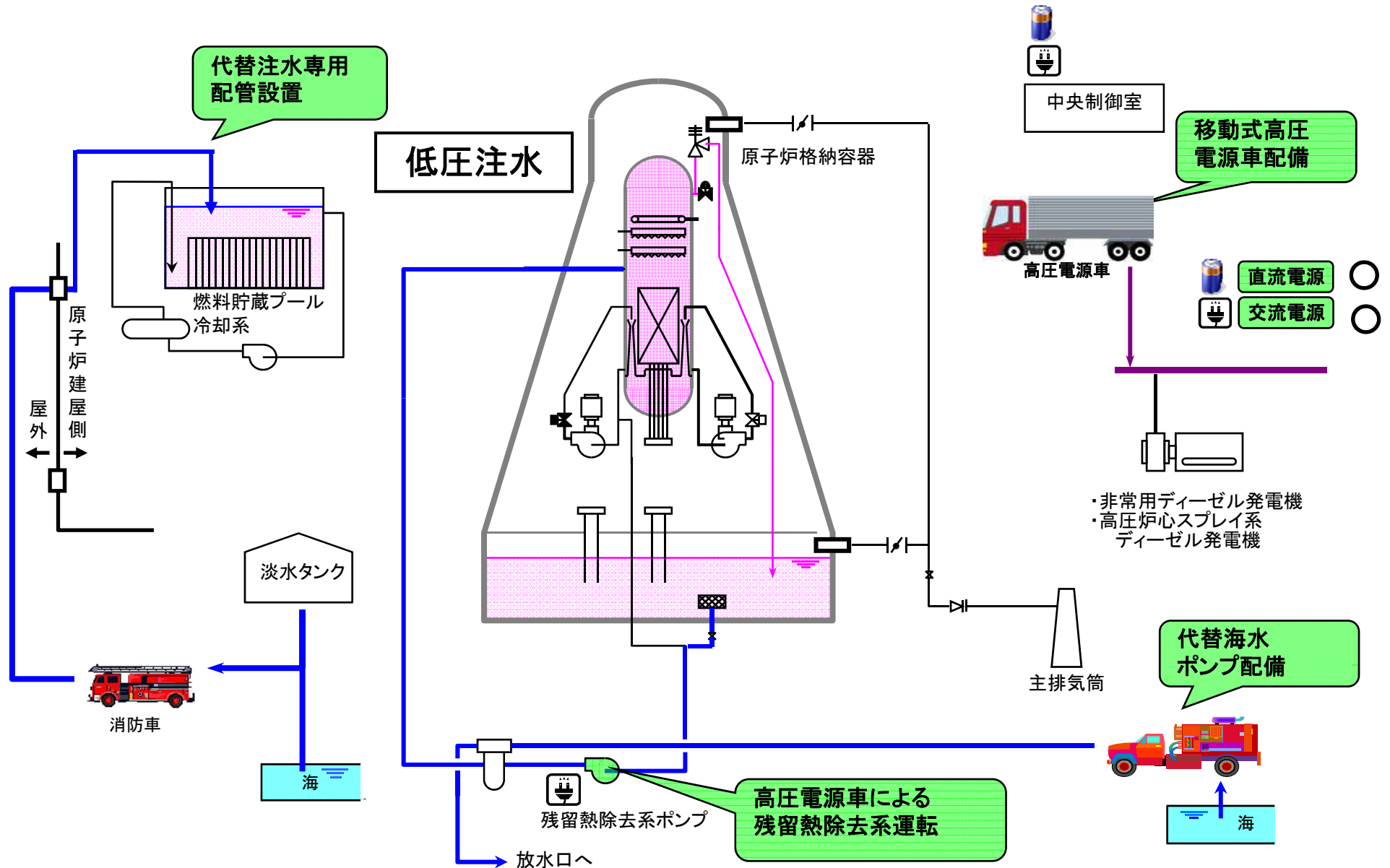
# 緊急安全対策(1/2): 減圧、高圧注水



# 緊急安全対策(2/2): 代替注水

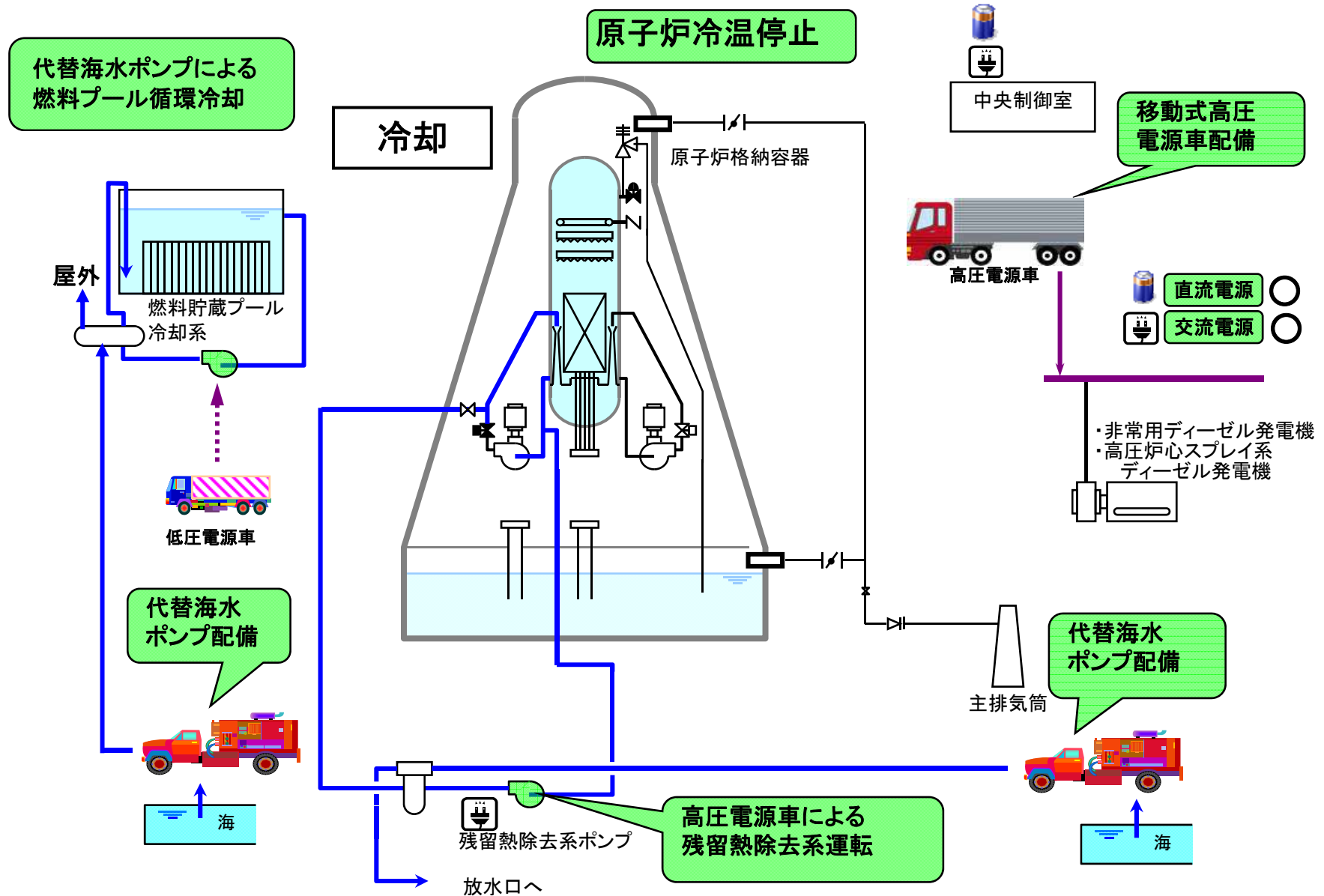


# 更なる安全対策(1/2): 低圧注水



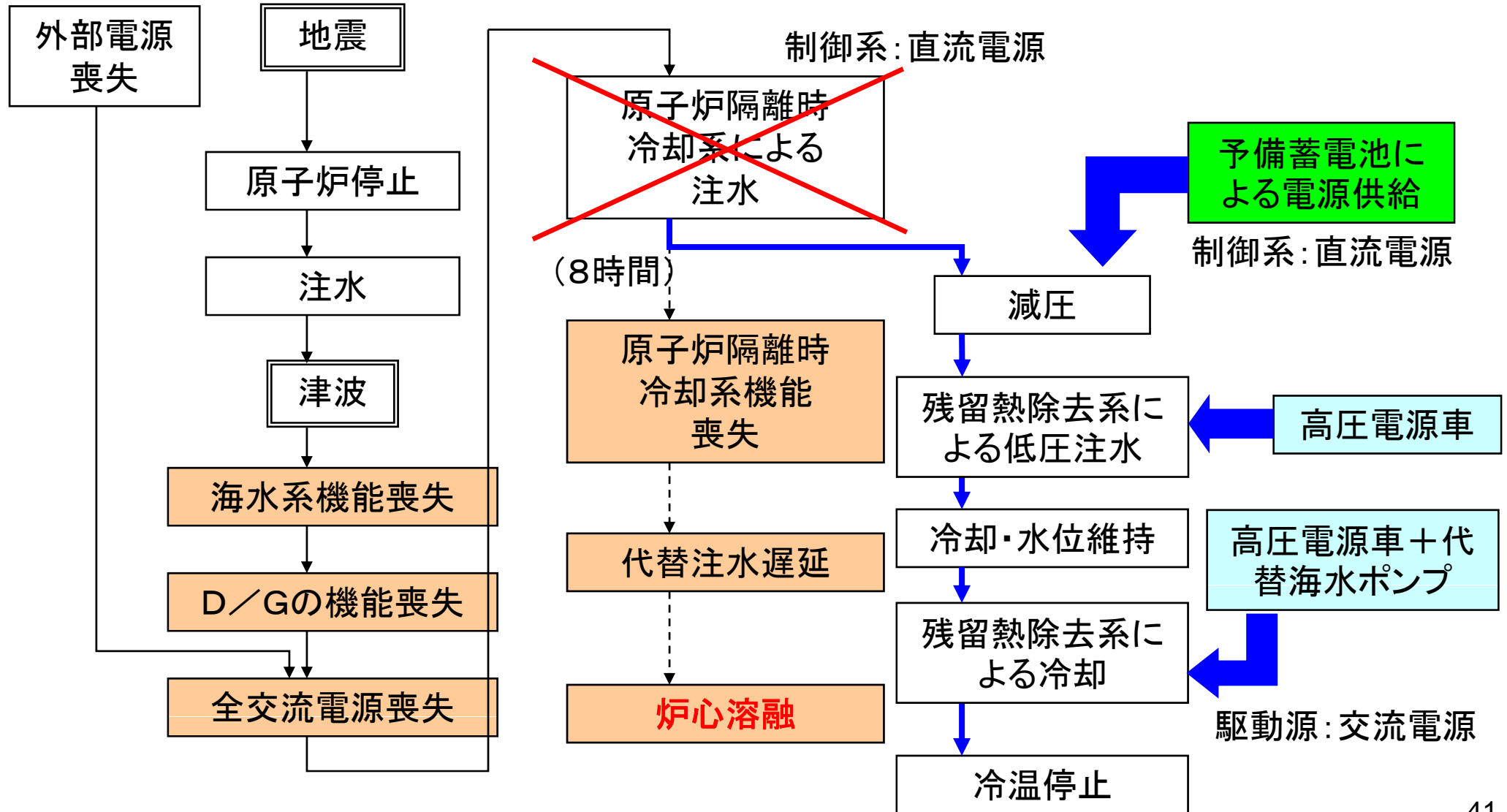


# 更なる安全対策(2/2) : 冷却継続



# 東二における事象進展フロー

(予備や代替手段の確保による高い信頼性の確保)



# シビアアクシデントへの アクシデントマネージメント追加対応

## シビアアクシデントへのアクシデントマネジメント追加対応

項 目	対 策	対応状況	備 考
1. 中央制御室の作業環境の確保	全交流電源喪失時に中央制御室空調設備を閉回路循環で運転する手順の整備	手順の整備済	
2. 緊急時における発電所構内通信手段の確保	トランシーバー, 衛星携帯電話の配備	配備済	
	PHS制御装置の高所等への移設	平成24年5月頃	
3. 高線量対応防護服等の機材の確保及び放射線管理のための体制の整備	高線量対応防護服の備付	平成23年7月末配備済	
	電気事業者間等で相互融通する仕組みの確立(個人線量計等の資機材)	確立済	
	緊急時の放射線管理要員の拡充(助勢の仕組みの確立)	手順の整備済	
4. 水素爆発防止対策	原子炉建屋上部への穴開け手順確立、資機材の整備	手順の整備、資機材整備済	
	・原子炉建屋恒設ベント設備の設置 ・水素検知器	・第25回定検中に実施予定 ・第25回定検中に実施予定	
5. がれき撤去用の重機の配備	ホイールローダの配備	配備済	

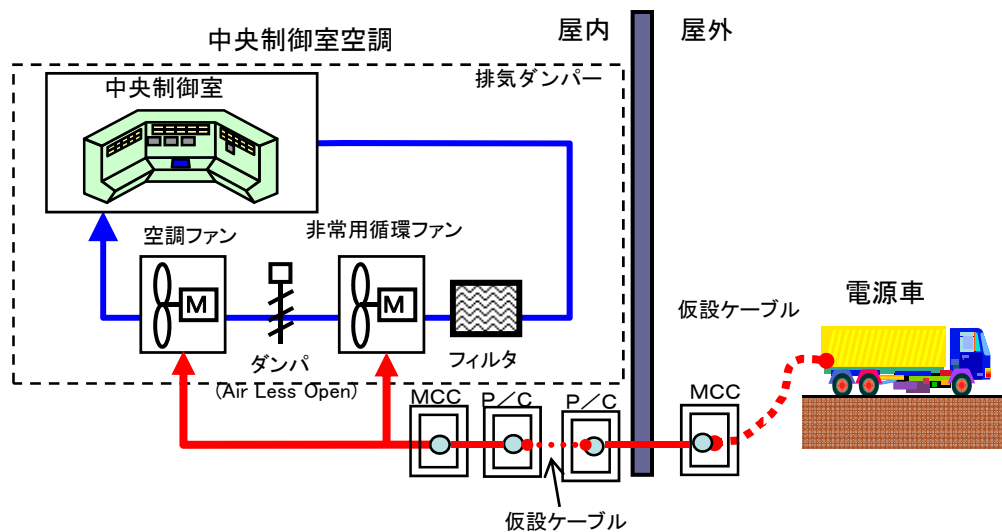
## 中央制御室の作業環境の確保

### 1. 福島第一原子力発電所事故の教訓

中央制御室は放射線が高くなり、一時は運転員が立ち入れなくなるとともに、現在も長時間の作業が困難であるなど、中央制御室の居住性が低下した。

### 2. 対応方策

全交流電源喪失時、中央制御室内での長時間の事故対応活動を継続的に実施するため、緊急安全対策として配備した電源車から中央制御室空調ファン及び中央制御室非常用循環ファンに給電し、運転することにより中央制御室の作業環境を確保する。



東海第二発電所換気空調設備起動時の電源車必要容量

緊急安全対策			換気空調設備の必要容量[kWA] (2系統運転想定)
必要容量 [kWA]	配備容量 [kWA]	容量余裕 [kWA]	
約431	700	約269	約118

## 緊急時における発電所構内通信手段の確保

### 1. 福島第一原子力発電所事故の教訓

地震及び津波による全交流電源喪失により発電所構内での通信機能や照明が悪化し、事故対応活動に大きな困難が生じた。

### 2. 対応方策

- 代替手段としてトランシーバー、衛星携帯電話、簡易通話装置を既に配備済
- 構内PHS交換機を津波による被害から守るため、高所等へ移設する。電源については、常用系統以外に非常時には非常用発電機からも供給する。

(平成24年5月頃に完了予定)

### 【既に配備済みのトランシーバー等】



トランシーバー



衛星携帯電話



簡易通話装置

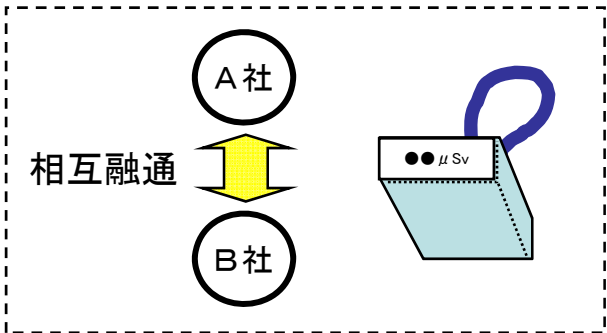
# 高線量対応防護服等の資機材の確保 及び放射線管理のための体制の整備

1. 福島第一原子力発電所事故の教訓  
 想定を大きく超える放射性物質が発電所構内等に飛散し、空間線量率が極めて高くなり、作業員の被ばくが非常に高くなるなど、作業を円滑に進める上で課題となっている。

## 2. 対応方策

○事故時における高線量区域での作業のため、高線量対応防護服(タングステン入り)を10着配備する。

(平成23年7月末配備済み)



高線量対応防護服等の資機材について、原子力事業者間で相互に融通することを確認。



- 遮へいベスト
- 重量:約18kg
- 遮へい能力:約20%  
(カタログ値)

○緊急時においては、放射線管理要員以外の要員が、線量計貸し出しやデータ入力などの業務を行い、放射線管理要員を助勢する仕組みを整備した。

### 【放射線管理要員】

- 優先的業務(例)
- ・作業員被ばく低減
  - ・放射線環境測定

### 【放射線管理要員以外】

- 助勢業務(例)
- ・線量計貸し出し
  - ・被ばく線量のパソコン入力
  - ・資機材調達

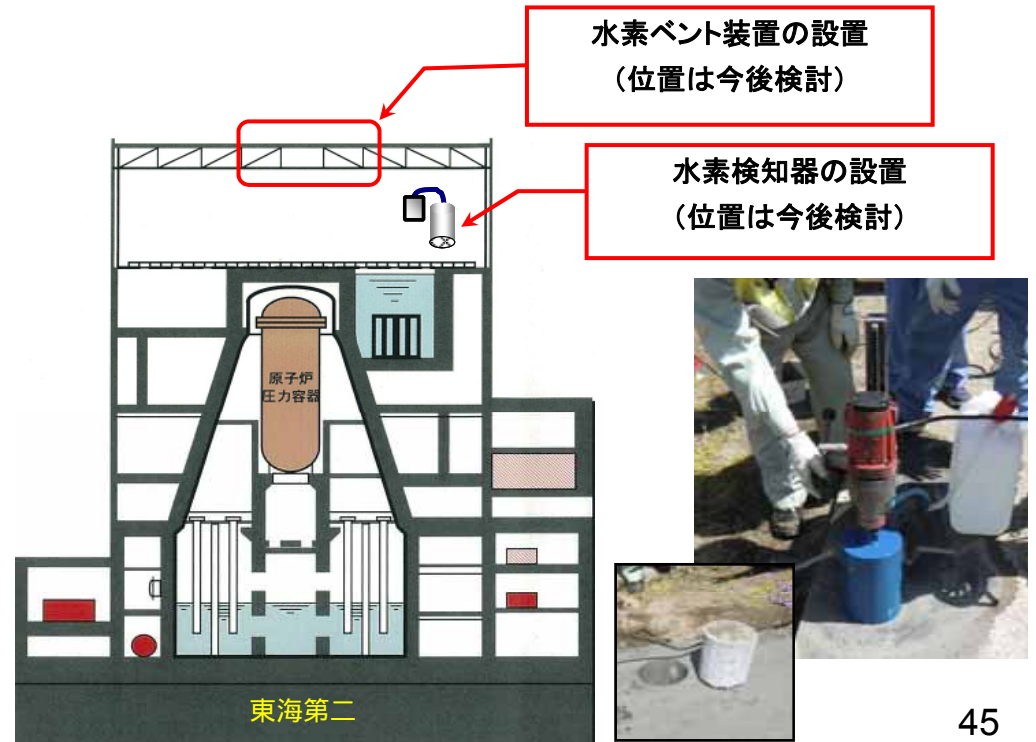
助勢

# 水素爆発防止対策

1. 福島第一原子力発電所事故の教訓  
 原子炉建屋で、格納容器から漏えいした水素が原因とみられる爆発が発生し、事故をより重大なものとした。

## 2. 対応方策

- 原子炉建屋への穴開け作業が容易にできるよう資機材(写真)を準備し作業手順を整備した。
- 原子炉建屋の頂部に穴を開けて、ベント装置(取外し可能な閉止板等)を設置する。(第25回定検中に実施予定)
- 格納容器から漏えいした水素が原子炉建屋に蓄積した場合に、水素濃度を確認できるように水素検知器を設置する。  
(第25回定検中に実施予定)



## がれき撤去用の重機の配備

### 1. 福島第一原子力発電所事故の教訓

津波来襲後に発電所構内に漂着物やがれきが散乱した。また、地震・津波の被害も発生していたため、活動支援のレスキュー部隊の迅速な動員が行えず、現場での事故対応が十分に機能しなかった。

### 2. 対応方策

○津波発生後、アクセス道路に散乱するがれき類を除去するためホイールローダを津波の影響を受けない高所(EL約20.6m 構外グランド)に配備した。(平成23年4月1台配備、平成23年9月1台追加配備済)

【ホイールローダ】



# 外部電源の信頼性確保について



## 1. 外部電源の信頼性確保に係る実施状況について

平成23年4月15日に発出された経済産業省原子力安全・保安院指示文書「原子力発電所の外部電源の信頼性確保について（指示）」（平成23・04・15原院第3号）に基づき、東海第二の外部電源の信頼性確保対策についてその実施状況をまとめ国に報告（5月16日）した。

なお、当社は送電システムを所有していないことから、下記、指示事項4項目のうち、①項及び③項については、東京電力株式会社にて評価を実施している。

平成23年4月15日付 経済産業大臣からの指示

4月7日に発生した宮城県沖の地震により、東北電力株式会社管内において広域にわたる停電が発生した。この事象の原因は、電力システムの一部における地絡事故を発端として、原子力発電所及び再処理施設に外部電源を供給する電力システムの停止に至ったもので、電力システムの信頼性に課題が生じることとなり、下記の指示が発出された。

- ①地震等による供給支障等により原子力発電所等の外部電源に影響を及ぼす事態が生じることに関して、原子力発電所等への電力供給に影響を与え得る電力システムの供給信頼性について分析及び評価するとともに、当該分析及び評価を踏まえ、当該原子力発電所等への電力の供給信頼性を更に向上させるための対策（原子力発電所内電源の強化を含む。）を検討すること。
- ②各号機の電力供給の信頼性向上に資するよう、複数の電源線に施設されている全ての送電回線を各号機に接続し、電力供給を可能とすること。
- ③電源線の送電鉄塔について、耐震性、地震による基礎の安定性等に関して評価を行い、その結果に基づいて必要な補強等の対応を行うこと。
- ④開閉所等の電気設備について、屋内施設としての設置、水密化など、津波による影響を防止するための対策を講じること。

## 外部電源の信頼性確保に係る実施状況評価結果

### 1. 電力系統の当社発電所への供給信頼性に関する分析及び評価

- (1) 東海第二発電所の所内電源確保のための系統構成  
 原子力発電所の所内電源確保のための系統については、安全規制上の要求である「外部電源系は、2回線以上の送電線により電力系統に接続された設計であること」（発電用軽水型原子力施設に関する安全設計審査指針4.8. 電気系統）を満足する回線数を確保している。
- ・ 主回線 : 275kV送電線 2回線 (東京電力株式会社)
  - ・ 予備回線 : 154KV送電線 1回線 (東京電力株式会社)

### 2. 各号機と複数の送電線の全ての回線との接続

- (1) 送電線との接続状況  
 東海第二発電所は、275kV送電線 2回線及び154kV送電線 1回線の計 3回線が施設されており、既に全ての回線と接続されている。

### 3. 開閉所等の浸水対策

#### (1) 電気設備の浸水対策の検討及び実施時期

浸水対策として、東海第二発電所においては T. P. +15.0m<sup>(※1)</sup> を考慮しても問題ないものとする。

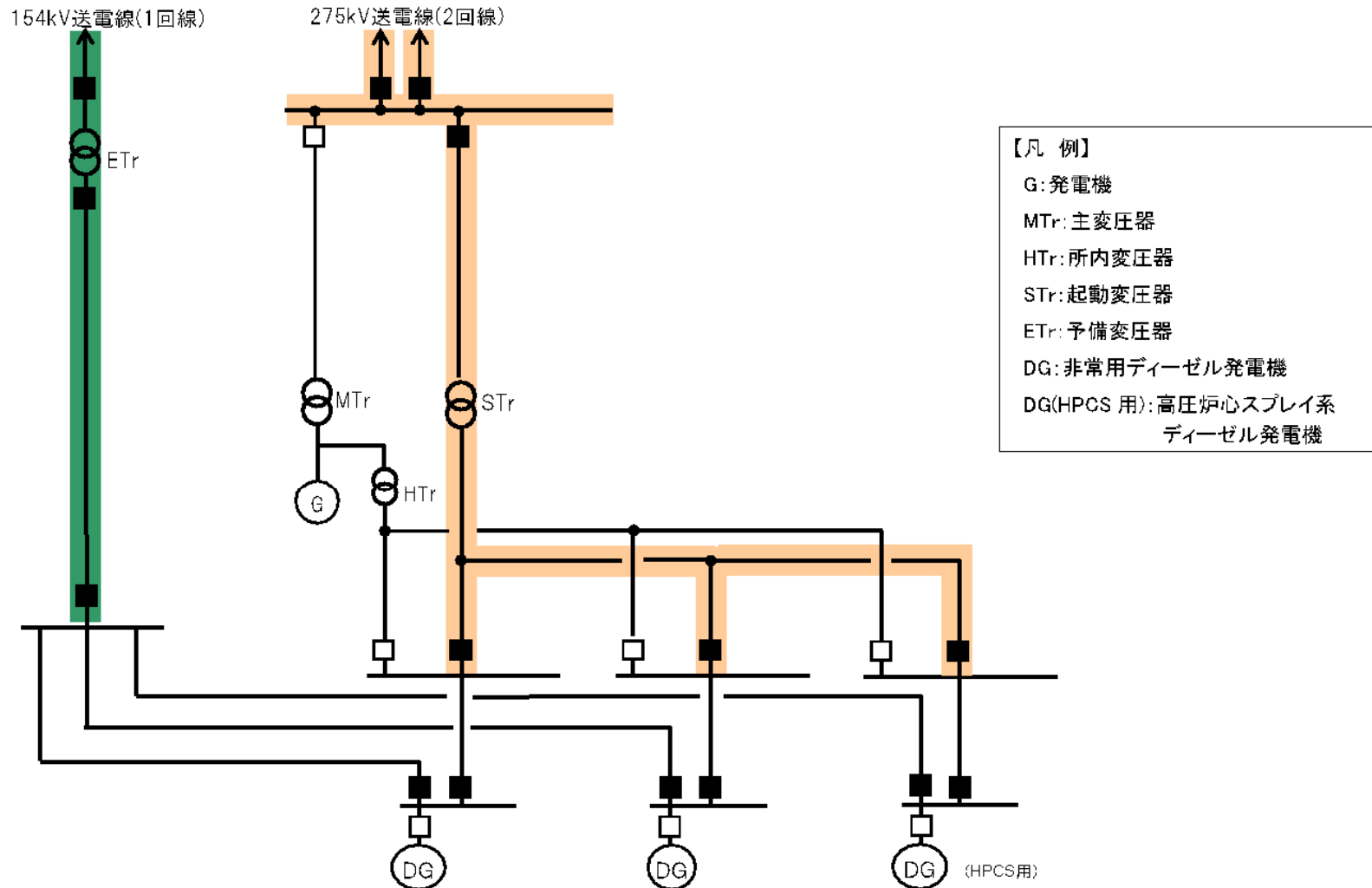
※1 : 東北地方太平洋沖地震時に福島第一・第二原子力発電所で観測された津波高さ (T. P. +14~15m) を踏まえた高さ。  
 T. P. : 東京湾平均海面。

#### 東海第二発電所の電気設備の浸水対策

	対策内容	実施時期
発電所全体	防潮堤の設置	3年程度
開閉所設備	建屋の水密化 (275 k V) 防護壁の設置 (154 k V)	1.5年程度
変圧器	防護壁の設置	1.5年程度
配電盤等電源盤	建屋の水密化	1.5年程度

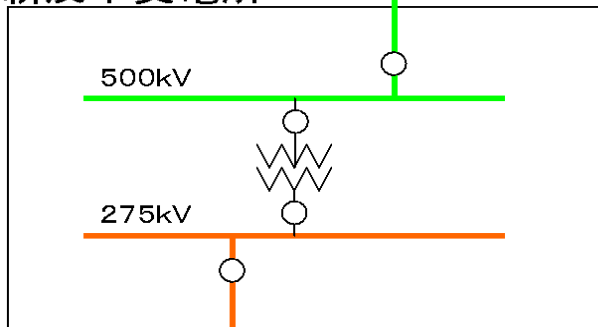
# 外部電源受電系統構成

東海第二発電所 外部電源受電系統

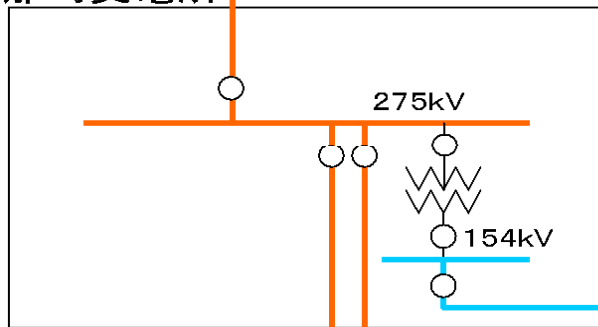


# 東海第二発電所 送電線系統

新茂木変電所

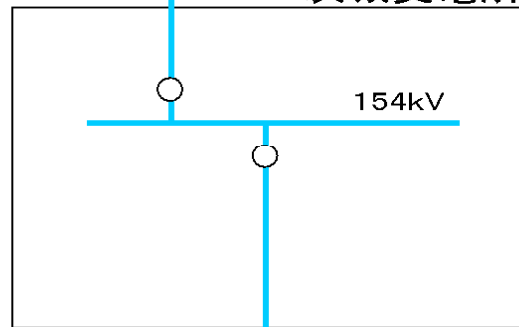


那珂変電所



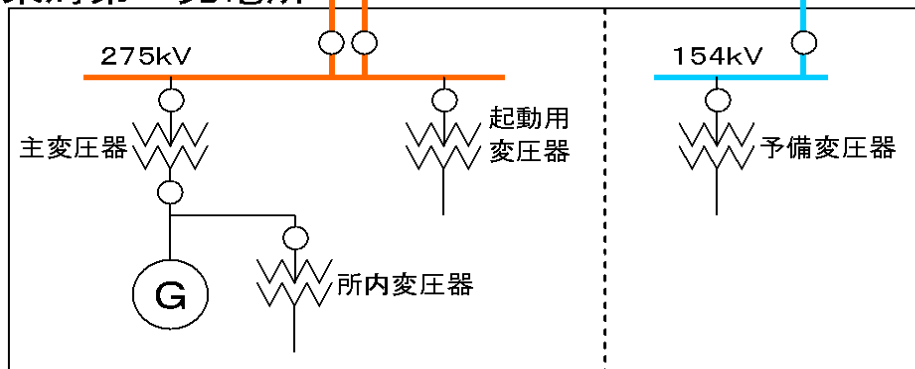
[東海原子力線] 1号 2号

茨城変電所



[原子力1号線]

東海第二発電所



外部電源信頼性向上対策(案)

- ・275kV開閉所浸水対策
- ・154kV ガス絶縁開閉装置 (GIS)化

## 2. 外部電源の信頼性に係る開閉所等の地震による影響評価等について

平成23年6月7日に発出された経済産業省原子力安全・保安院指示文書「原子力発電所等の外部電源の信頼性確保に係る開閉所等の地震対策について（指示）」（平成23・06・07 原院第1号）に基づき、東海第二発電所の開閉所等の電気設備が機能不全となる倒壊、損傷等が発生する可能性についての影響評価等について、検討結果をまとめ国に報告（7月7日）した。

平成23年6月7日付け 原子力安全・保安院からの指示内容（概要）

原子力安全・保安院は、平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震による揺れで、福島第一原子力発電所内の開閉所における空気遮断器等に損傷が発生したことを受け、以下の指示を行いました。

- ①東北地方太平洋沖地震により東京電力株式会社福島第一原子力発電所において観測された地震観測記録の分析結果を踏まえ、一般電気事業者等の原子力発電所等において開閉所等の電気設備が機能不全となる倒壊、損傷等が発生する可能性についての影響評価
- ②上記①において機能不全となる倒壊、損傷等が発生する可能性がある場合、当該設備に対する地震対策の策定

### 1. 東海第二発電所の影響評価対象設備及び評価状況について

今回の福島第一原子力発電所1号機及び2号機の遮断器等の損傷を踏まえ、東海第二発電所における同様の開閉所設備について影響評価を行う。

また、原子力発電所においては、開閉所設備で受電した後に電圧を変換する変圧器があり、これについても大型機器であることから、地震による強い加震力を想定した場合に倒壊、転倒しないことについても同様に評価することとした。

### 3. 評価状況について

開閉所設備，変圧器設備について，JEAG5003の手法による評価上の裕度を表1，2に示す。ここで「評価部位」には裕度が最も小さい部位を記載している。

表1 当社原子力発電所の開閉所設備に対する評価状況について

発電所	電圧階級	仕様	裕度	評価部位
東海第二発電所	154kV	気中（ガス遮断器）	0.6	ケーブルヘッド
	275kV	気中（空気遮断器）	1.32	避雷器がいし

表2 当社原子力発電所の変圧器設備に対する評価状況について

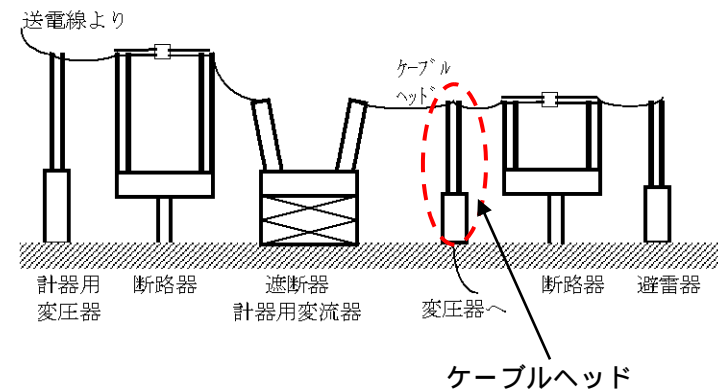
発電所	変圧器名称	電圧	裕度	評価部位
東海第二発電所	起動変圧器2A	275kV/6.9kV	1.98	基礎ボルト
	起動変圧器2B	275kV/6.9kV	1.98	基礎ボルト
	予備変圧器	154kV/6.9kV	2.64	基礎ボルト

開閉所設備については裕度が加速度応答倍率の比(6.1/4.7=)1.3以上であれば，過去の大規模地震を考慮しても機能不全となる倒壊，損傷等が発生する可能性は低いものと見なすことができる。

また，変圧器については，2項で述べたとおり，固有振動数を外れていることから，裕度が1.0以上であれば，機能不全となる倒壊，損傷等が発生する可能性は低いものと見なすことができる。

### 4. 今後の対応について

開閉所の評価結果として，東海第二発電所154kV開閉所については，裕度が1.3を下回っているが，これについては，外部電源からの受電の信頼性向上の観点から，第25回定検にて対策を実施する。



評価部位の例（東海第二発電所154kVの場合）

# ストレステストについて

# 安全性に関する総合的評価の目的と概要

## 目的

原子力発電所の更なる安全性の向上と安全性についての国民・住民の方々の安心・信頼の確保のため、欧州諸国で導入されたストレステストを参考に、新たな手続き、ルールに基づく安全評価を実施する。

## 概要

### ○一次評価:

定期検査中で起動準備の整った原子力発電所について順次、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について評価する。

### ○二次評価:

欧州諸国のストレステストの実施状況、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も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。

「我が国原子力発電所の安全性の確認について」(7月11日)

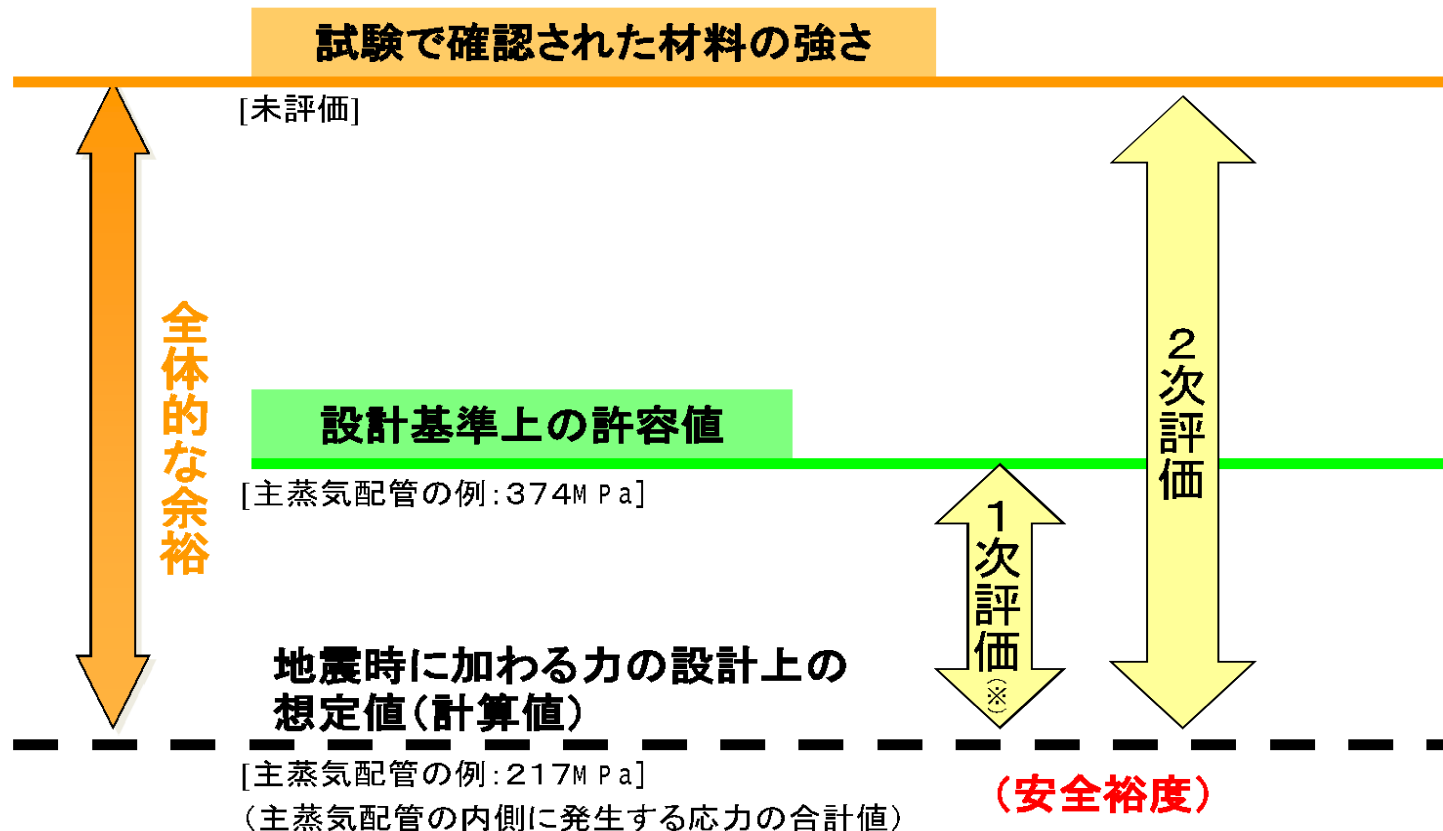
出典:原子力安全・保安院HPより



# 地震に対する安全裕度の評価方法(機器等)

一次評価では、安全裕度の比較対象として規制に用いる基準上の許容値を適用。  
二次評価では、構造健全性や機能が実際に失われる値を適用。

## 機器、配管類の構造健全性に関する余裕の考え方(概要)



※一次評価において、構造健全性、機能の維持を技術的に示すことが可能であれば許容値を超える値も適用可とする。

# 一次評価と二次評価の比較について

	一次評価	二次評価
対象設備	安全上重要な施設・機器等	燃料の重大な損傷の原因や防止に関係する施設・機器等
建屋、系統、機器等の評価	地震や津波によって建屋、系統、機器等に対して加わる力などと設計基準上の許容値との比較による安全余裕を評価	地震や津波によって建屋、系統、機器等に対して加わる力などこれらが機能喪失に至る実際の値との比較による安全余裕を評価  (どの程度設計上の想定を超えた場合に、建屋、系統、機器等が機能喪失に至るかについて評価)
施設全体としての安全対策の評価	建屋、系統、機器等がどの範囲まで損傷、機能喪失すれば、燃料の重大な損傷に至るかについて評価	建屋、系統、機器等がどの範囲まで損傷、機能喪失すれば、燃料の重大な損傷に至るかについて評価
燃料の重大な損傷の防止対策の評価	燃料の重大な損傷を防止するため対策の有効性を評価	燃料の重大な損傷を防止するため対策の有効性を評価

# 今後の対応工程

# 東海第二発電所: 今後の対応工程

	H23年 5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	H24年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	
定期検査				①低圧タービン修繕 ②中間軸受台修繕、他													
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
安全対策	①緊急安全対策、シビアアクシデント時の アクシデントマネジメント対策	■															
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	②定期検査中実施項目(代替注水専用配管設置、電源車配備、電源盤移設、燃料タンク新設等)																
ストレステスト																	
				▼ NISA指示文書(7/22)	■	■	■	■	▼ 二次評価 結果報告								▼ 一次評価 結果報告