

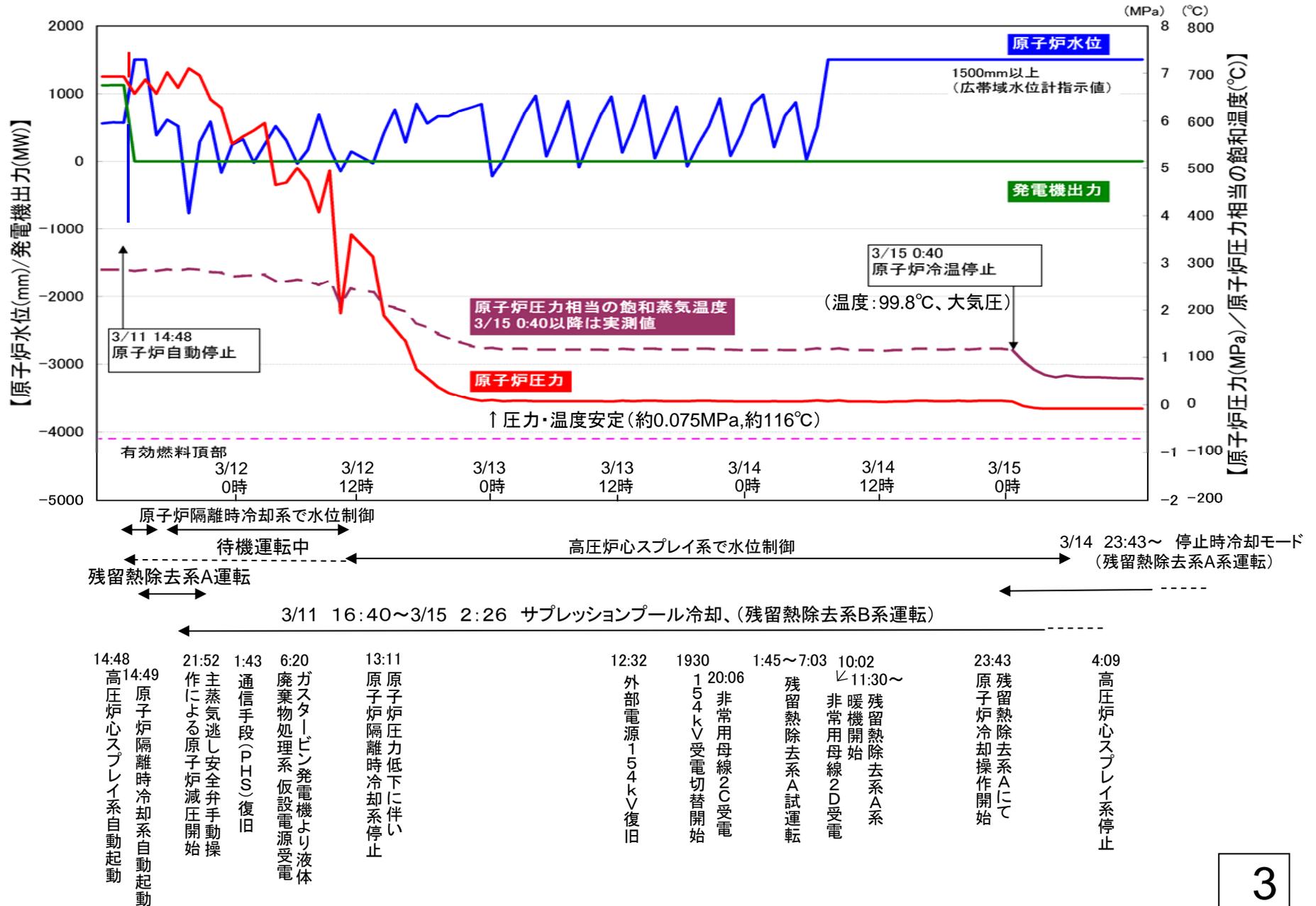
平成23年3月11日に6.1～8mの
津波来襲を想定した際の対応

平成23年12月26日

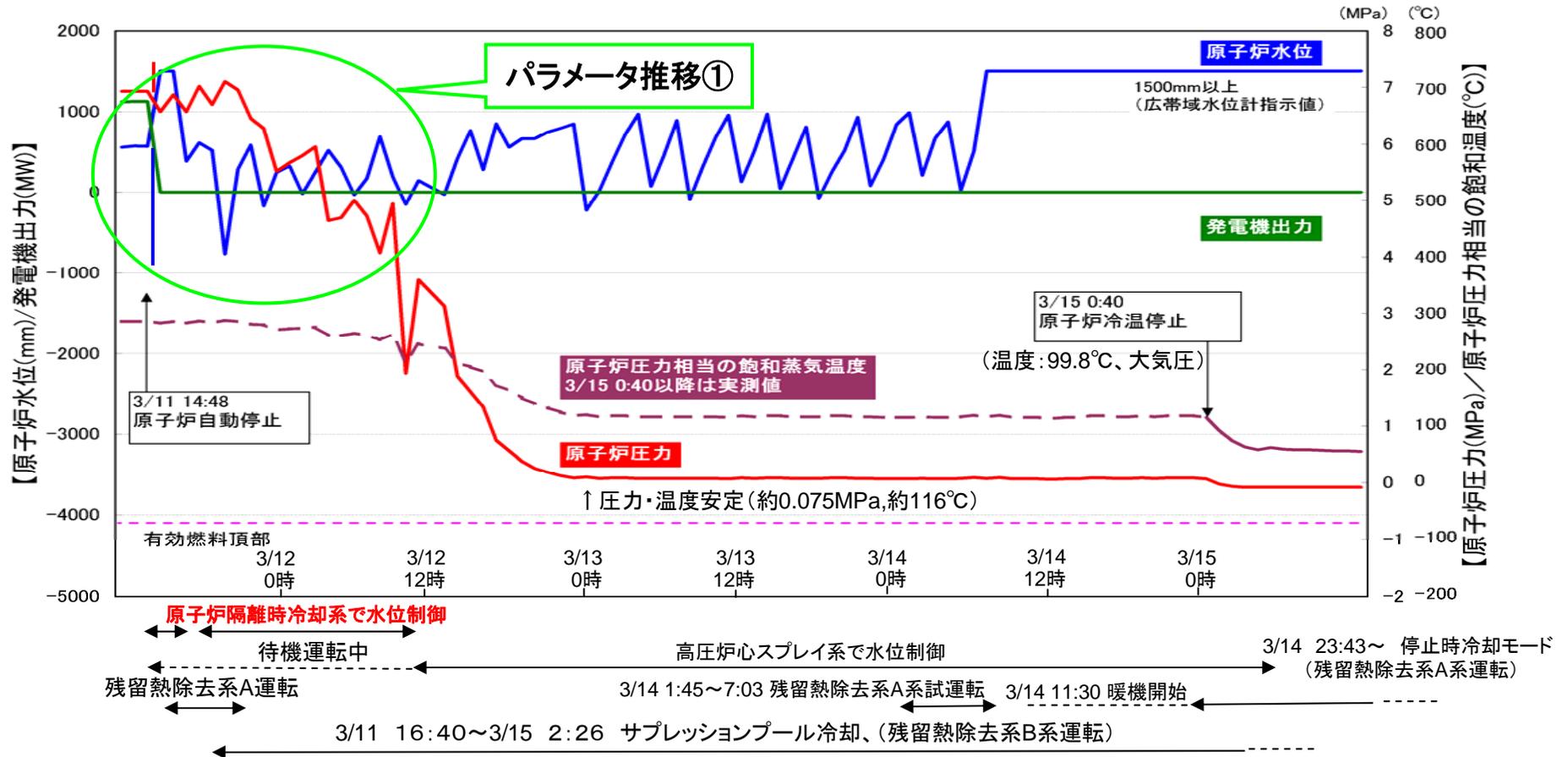
日本原子力発電株式会社

平成23年3月11日 当日の対応状況

東海第二発電所 地震発生後のプラントパラメータ



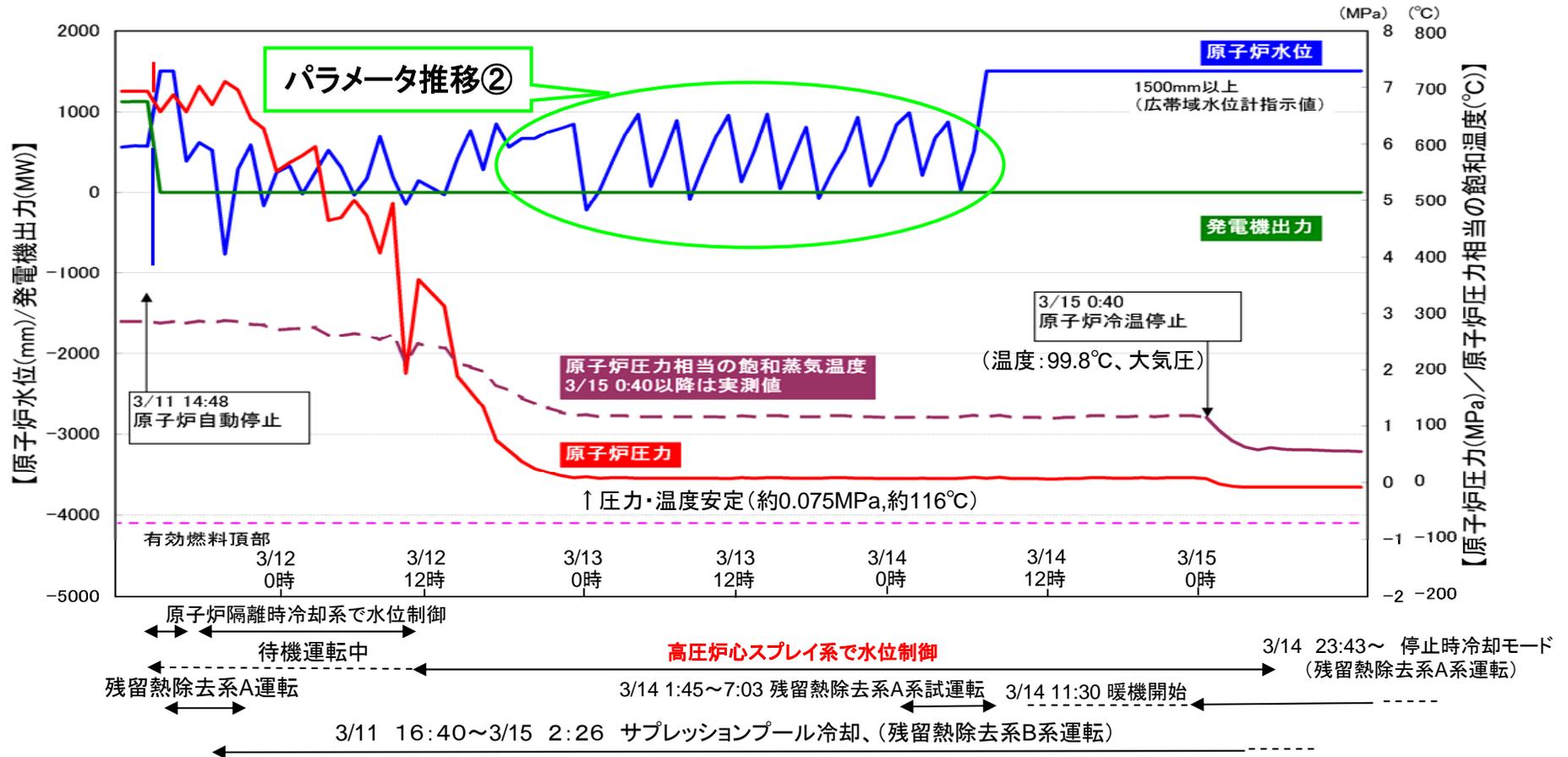
東海第二発電所 地震発生後のプラントパラメータ



パラメータ推移①

- 3/11 21:52 原子炉減圧操作を開始。逃し安全弁を手動にて間欠的に開として徐々に減圧。
 逃し安全弁を開とすると、減圧沸騰により一時的な原子炉水位上昇,続いて原子炉保有水の減少による原子炉水位低下が起こるが、原子炉隔離時冷却系による水位制御により水位維持を図った。
 →「早期の減圧」という選択肢もあったが、蒸気が急速に サプレッションプールに流入するため、一時的に原子炉内の保有水が減少する。万一、給水系統(原子炉隔離時冷却系、高圧炉心スプレイ系)が故障すると原子炉水位が下がり続けるため、徐々に減圧する手段を選択した。

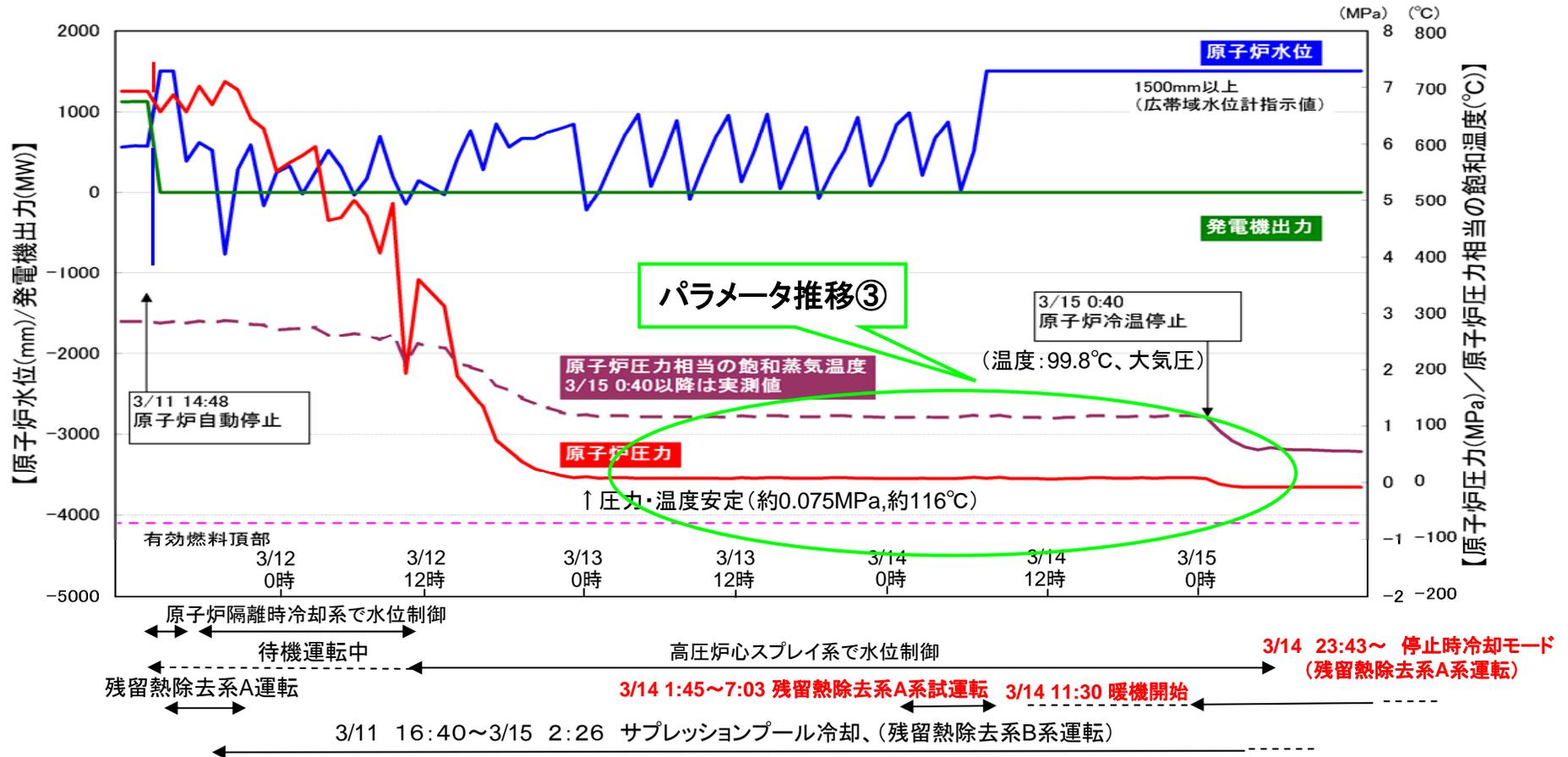
東海第二発電所 地震発生後のプラントパラメータ



パラメータ推移②

3/12 11:37 高圧炉心スプレイ系による原子炉水位制御開始。
 (注入弁の開閉による。高圧炉心スプレイ系注入弁は開度調整が出来ない)
 原子炉水位を通常水位付近に維持するため、水位降下→注入弁開、水位上昇→注入弁閉といった水位制御を行った。

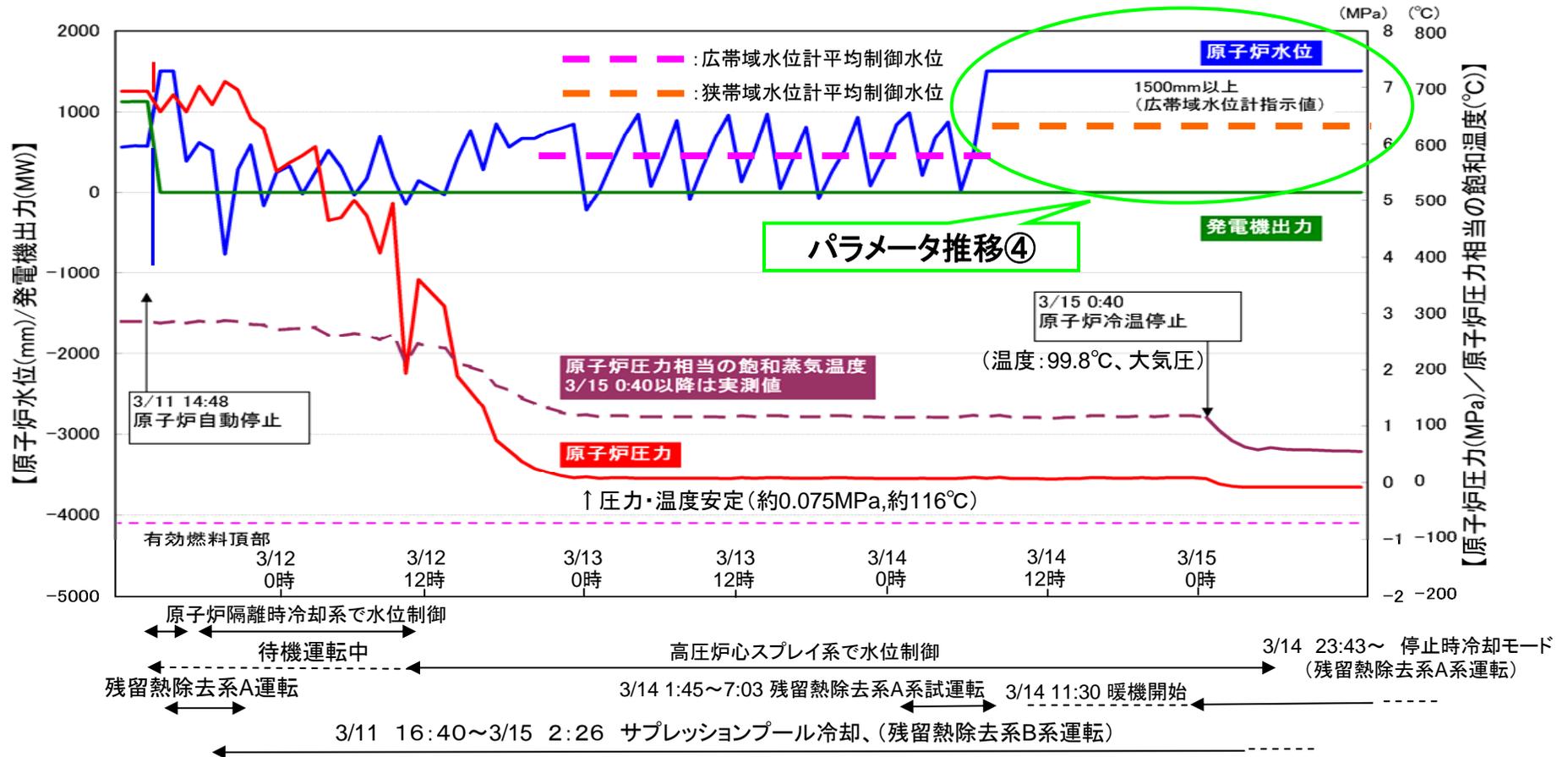
東海第二発電所 地震発生後のプラントパラメータ



パラメータ推移③

- 3/13 10:40 外部電源(154kV系)復旧可能の旨連絡を受ける。
高圧炉心スプレイ系用の非常用ディーゼル発電機を、残留熱除去系に切替えて
原子炉冷却を行う手段もあったが、注水手段の高圧炉心スプレイ系確保、外部電源
復旧による残留熱除去系運転を選択し、安定状態を維持した。
- 3/13 21:38 所内電源系 154kV系より受電。

東海第二発電所 地震発生後のプラントパラメータ

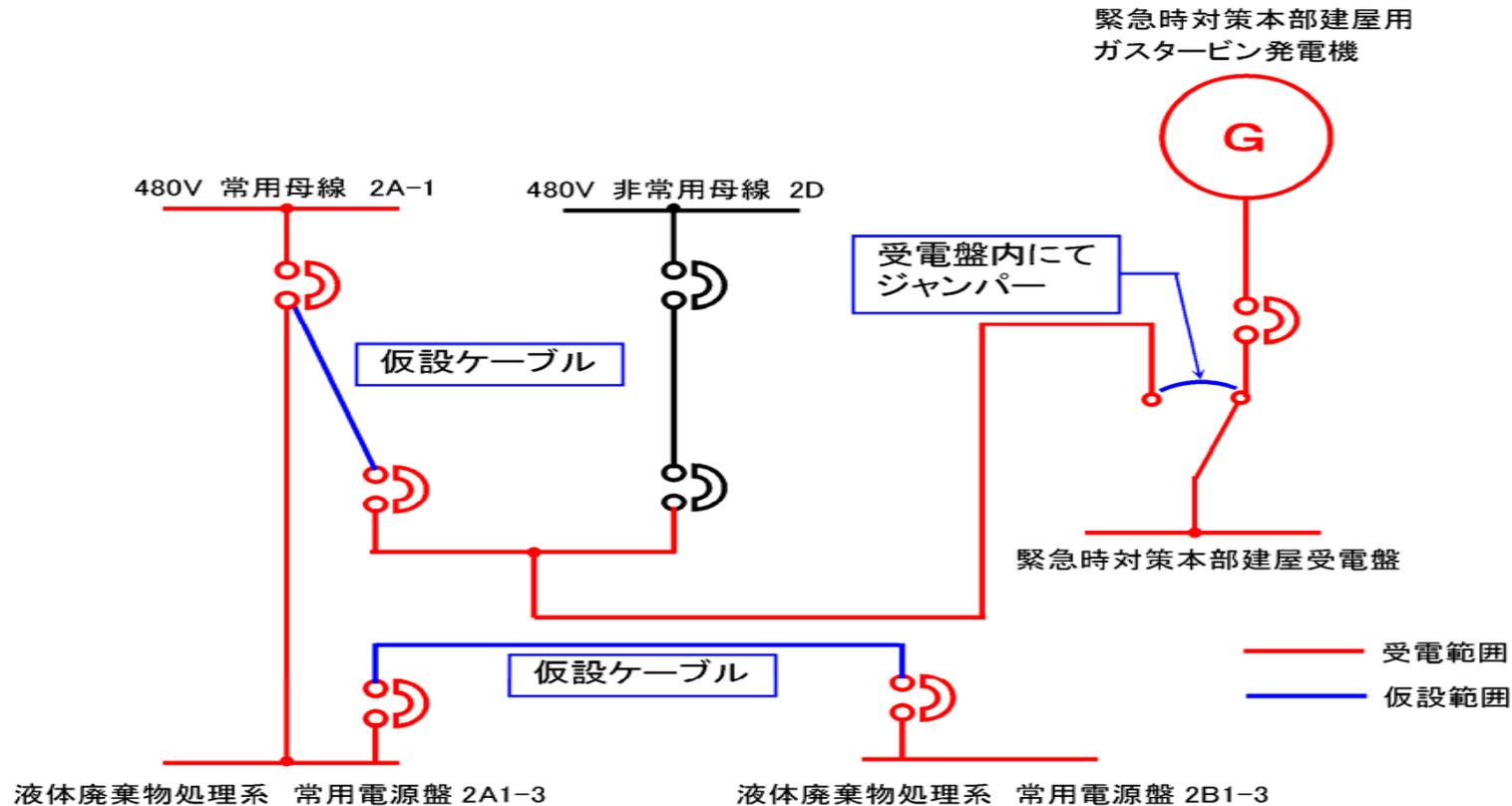


パラメータ推移④

3/14 6:10頃 外部電源復旧に伴い、残留熱除去系による原子炉冷却運転(停止時冷却モード)へ移行するため、原子炉水位上昇操作を開始。この時の水位監視は広帯域水位計を使用しており、指示はオーバースケールとなった。その後の水位監視はそれまでの広帯域水位計から狭帯域水位計にて行った。しかし、本水位パラメータ表示はオーバースケールした広帯域水位計を表している。

ガスタービン発電機からの受電

- ・サプレッションプールブロー水を液体廃棄物処理系にて処理するため、緊急時対策建屋のガスタービン発電機から仮設ケーブルを敷設し、電源盤を受電した。



東海第二発電所 電源確保(実績)

3/13 12:32

外部電源(154kV系)復旧

通常の運転操作では、各交流電源運転機器を停止、且つ非常用ディーゼル発電機を停止した上で電源受電操作を行うが、残留熱除去系の運転を維持するため、非常用ディーゼル発電機を運転継続した状態での受電手順の検討・所内確認を実施した。

また、受電系統設備点検を実施した。

3/13 19:41~21:38 所内電源系 154kV系より受電。

3/14 9:49~10:02 メタクラ2D 非常用ディーゼル発電機 → 154kV系への切替。

操作手順検討 2名、受電操作及び無停電切替操作は5名で実施。

水源・燃料の確保実績

- 水源の保有実績
(主なタンク)

復水貯蔵タンク	約1312m ³
ろ過水貯蔵タンク	約963m ³ (使用可能量)※
工業用水復旧	約8m ³ /h(3/14 14時～)

⇒当初、原子炉隔離時冷却系の水源に復水貯蔵タンクを使用したが、後にサプレッションプール循環運転に切替えた。
ろ過水貯蔵タンク、工業用水については使用実績無し。
(※電源喪失により記録は残っていない)

- 燃料の保有実績

軽油タンク保有量	約595kℓ
ガスタービン用重油タンク保有量	約 20kℓ
タンクローリより補給 軽油	約147kℓ(3/12～3/29)
重油	約 24kℓ(3/29)

⇒軽油タンク及びガスタービン用重油タンクは、ほぼ満量の状態で維持

平成23年3月11日版机上演習

(6.1m～8mの津波来襲を想定)

※設定条件は、3月11日の実績を基に設定

津波(6.1m~8m)が来襲した場合

◇敷地レベル EL 8m

◇考慮条件

地震発生 平成23年3月11日 14:46

使用可能電源 緊急対策建屋 ガスタービン:500kVA 1台

(燃料のA重油確保 3日分)

タンクローリ到着 平成23年3月12日 18:25 (実績)

外部電源復旧 平成23年3月13日 12:32 (実績)

工業用水復旧 平成23年3月14日 14:00 (実績)

※軽油:3/12 36kL、3/13 68kL、3/14 25kL、3/29 18kL、A重油:3/29 24kL

本部要員 震災当日は約290名、その後は約160名

津波(6. 1m~8m)が来襲した場合

【津波により想定される被害】

非常用発電機冷却用海水ポンプ
残留熱除去系海水ポンプ

使用不可(浸水)

使用不可(浸水)

外部電源

使用不可

電気室

使用可能

非常用ディーゼル発電機

使用不可(冷却系喪失)

緊急対策建屋 ガスタービン発電機

使用可能

復水移送ポンプ

使用可能

ディーゼル消火ポンプ及び配管

使用可能

淡水タンク(ろ過水貯蔵タンク他)

使用可能

消防車

使用可能

高圧炉心スプレイ系

使用不可(電源系なし)

原子炉隔離時冷却系

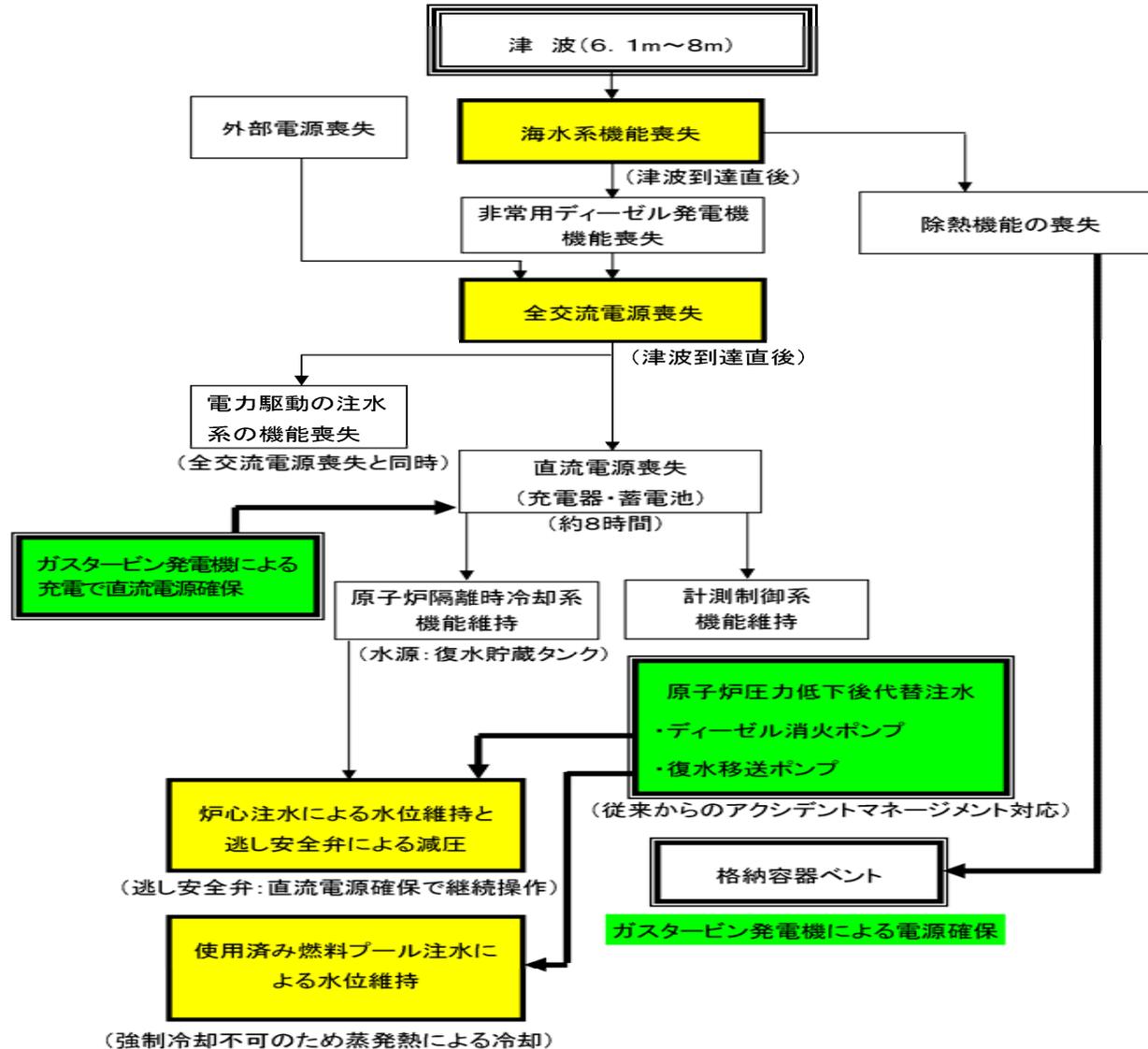
使用可能

残留熱除去系

使用不可(電源系なし)

津波(6.1m~8m)が来襲した場合

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)

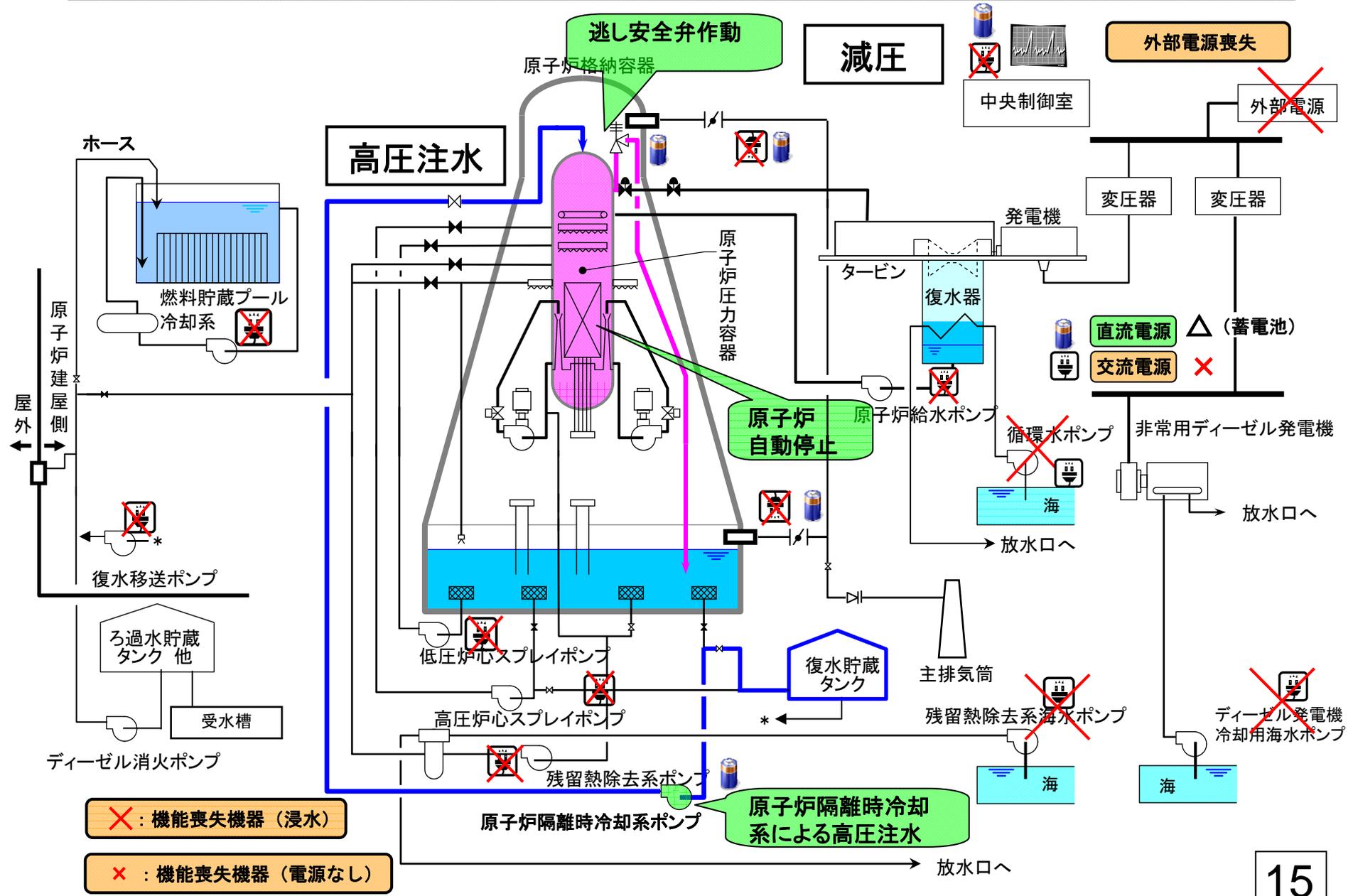


通話機能

・ページング(ガスタービン発電機からの電源で使用可能)

・PHS(仮設エンジン発電機により翌日から復旧)

津波襲来直後（外部電源，海水系，全交流電源喪失）



- \times : 機能喪失機器 (浸水)
- \times : 機能喪失機器 (電源なし)

主なプラントパラメータ挙動

- 水位

逃がし安全弁から放出された蒸気のみで原子炉水位は低下するが、原子炉隔離時冷却系による注水継続で水位の維持が可能

- 原子炉圧力

逃がし安全弁による減圧操作に伴い低下

- サプレッションプール温度

逃がし安全弁からサプレッションプールへ放出される蒸気の熱量に伴い上昇

- 格納容器圧力

20時間程度で格納容器ベントが必要な圧力まで上昇

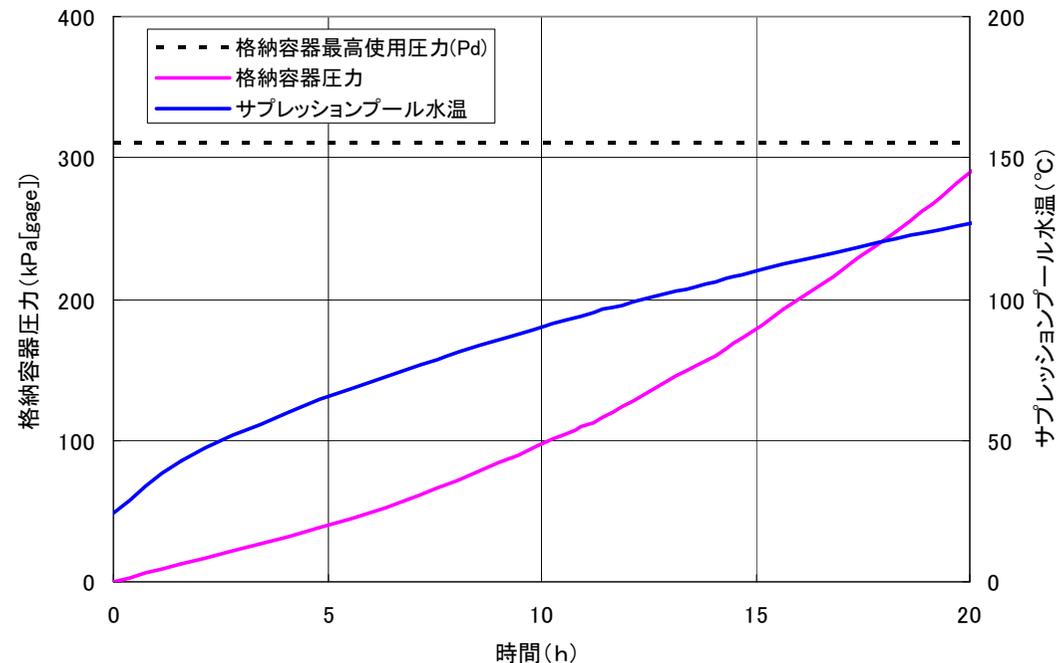
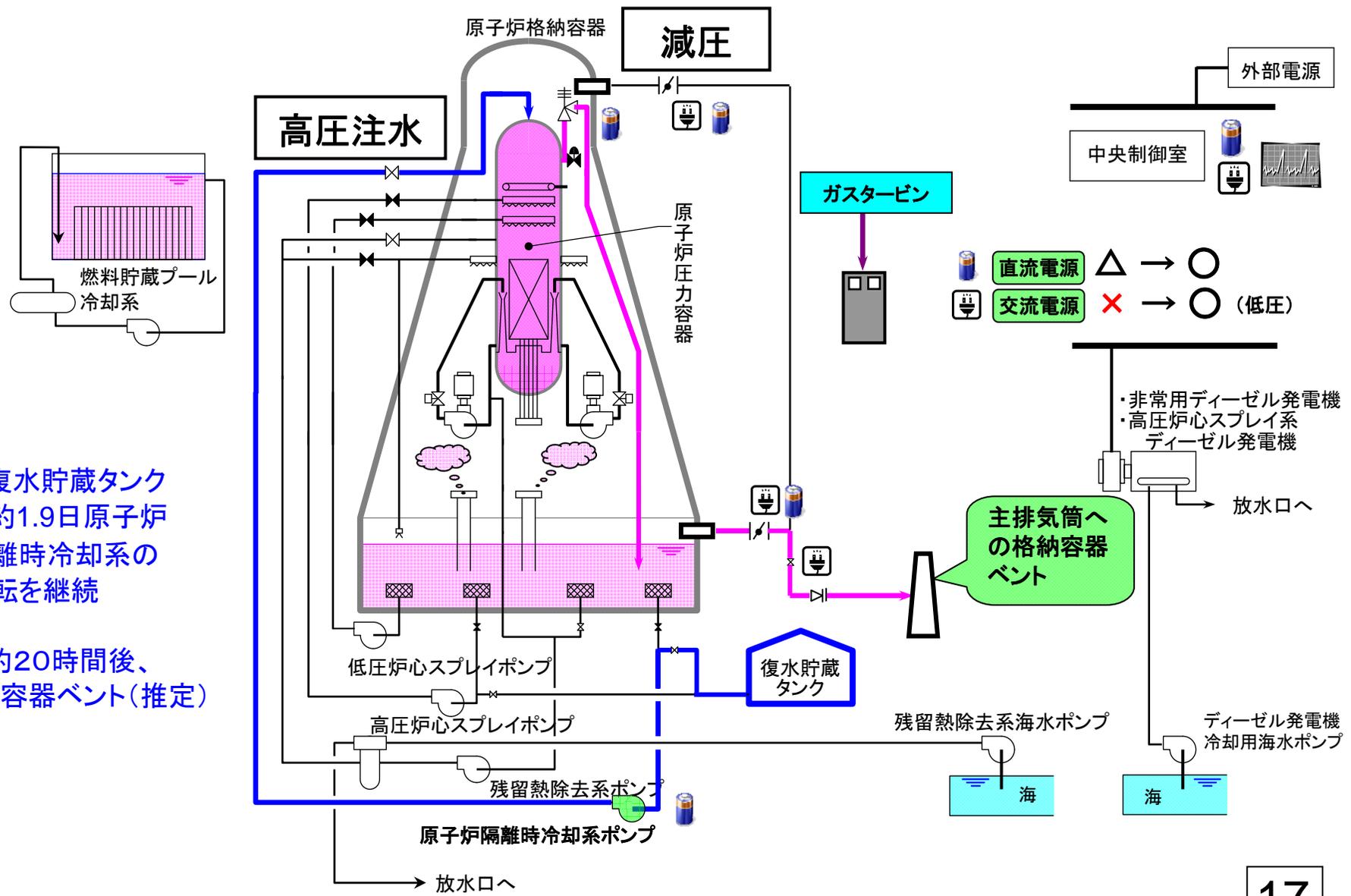


図: RCIC注水で水位維持を行った場合の格納容器パラメータの概略評価結果

原子炉の水位維持及び減圧 ～1.9日

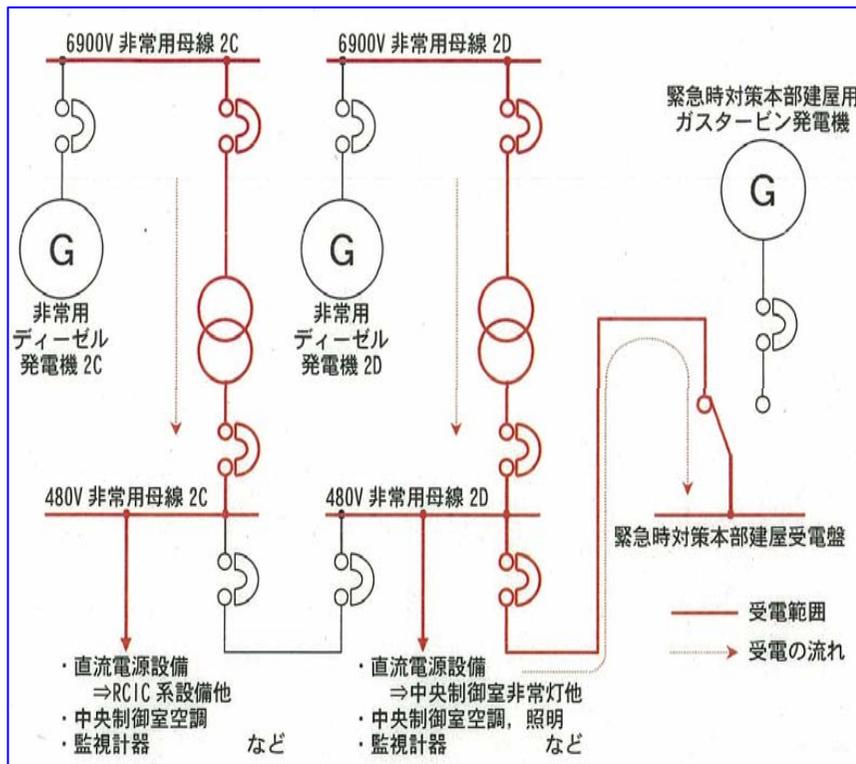


*1: 復水貯蔵タンク
で約1.9日原子炉
隔離時冷却系の
運転を継続

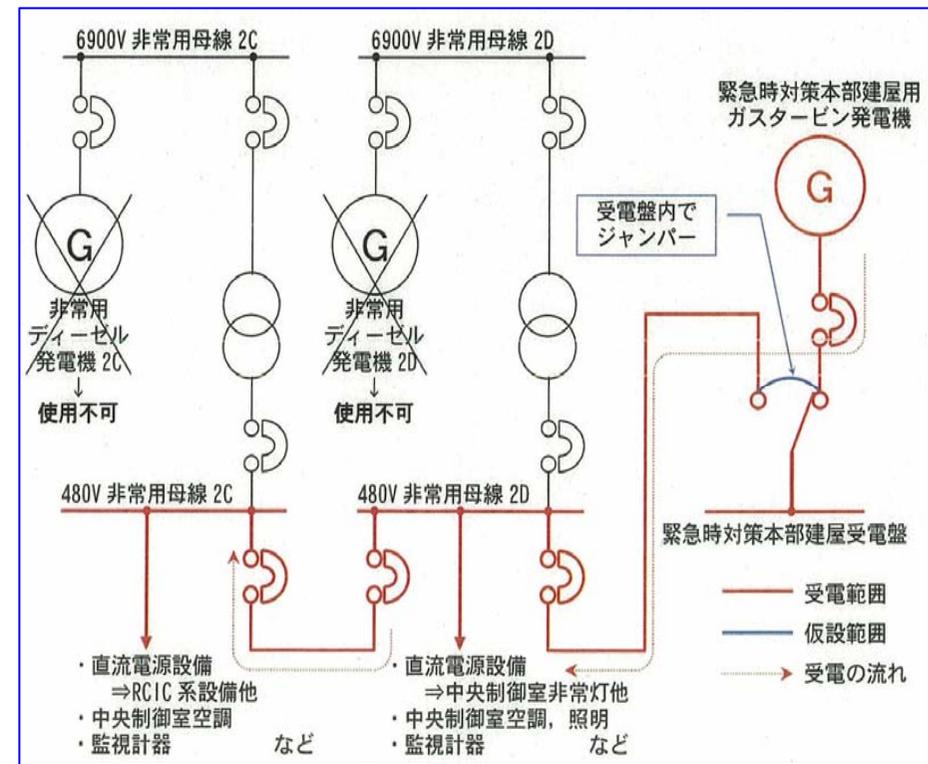
*2: 約20時間後、
格納容器ベント(推定)

ガスタービン発電機による電源確保

- 緊急時対策建屋の非常用ガスタービン発電機(屋上設置)による480V非常用母線(2C、2D)へ送電
- 緊急時対策建屋受電盤内(屋上設置)にジャンパー線取り付け
- 準備も含め、3人で4時間以内に完了



通常受電

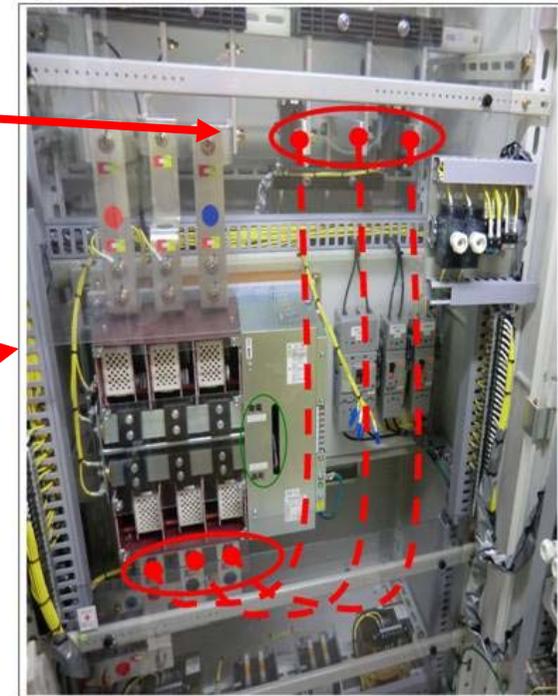
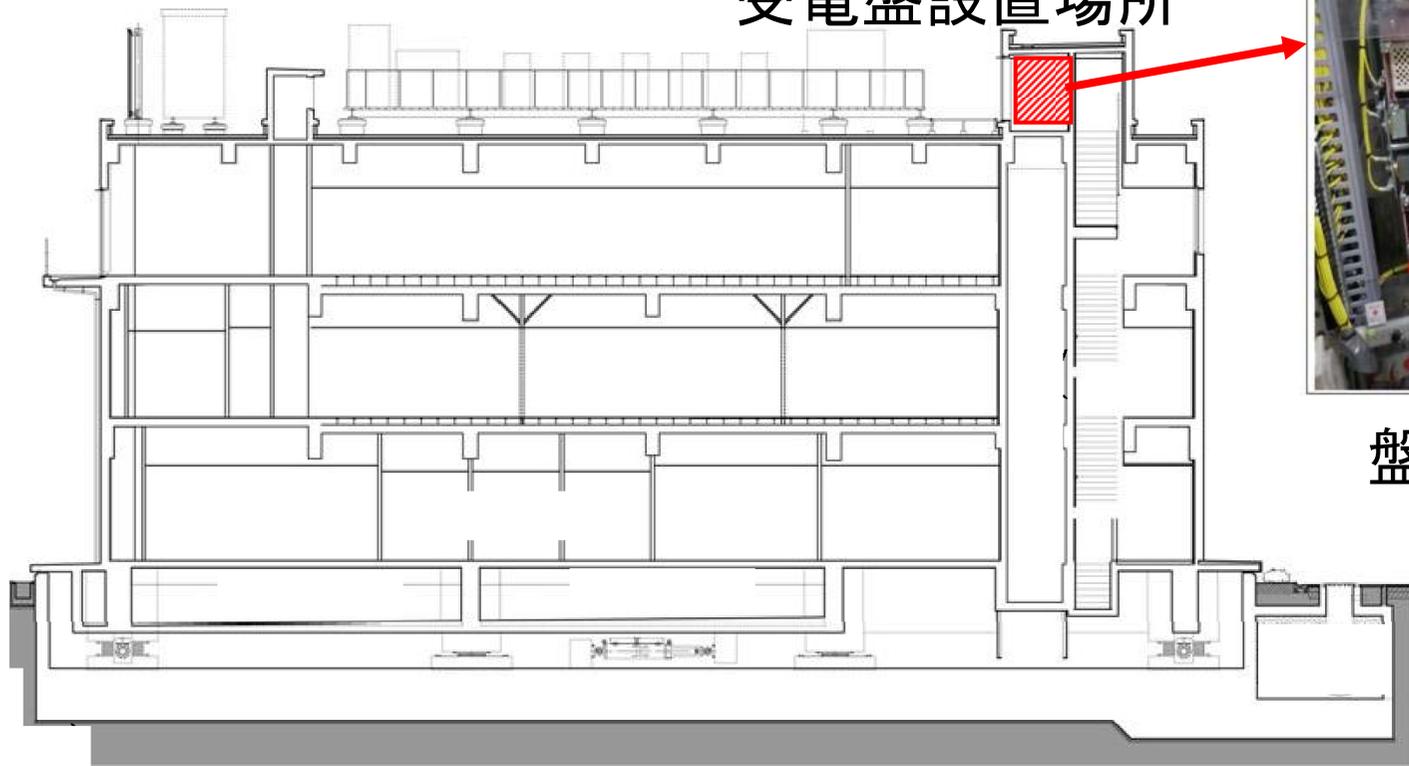


震災時受電

受電盤設置場所及び盤内接続箇所

仮設ケーブルを接続

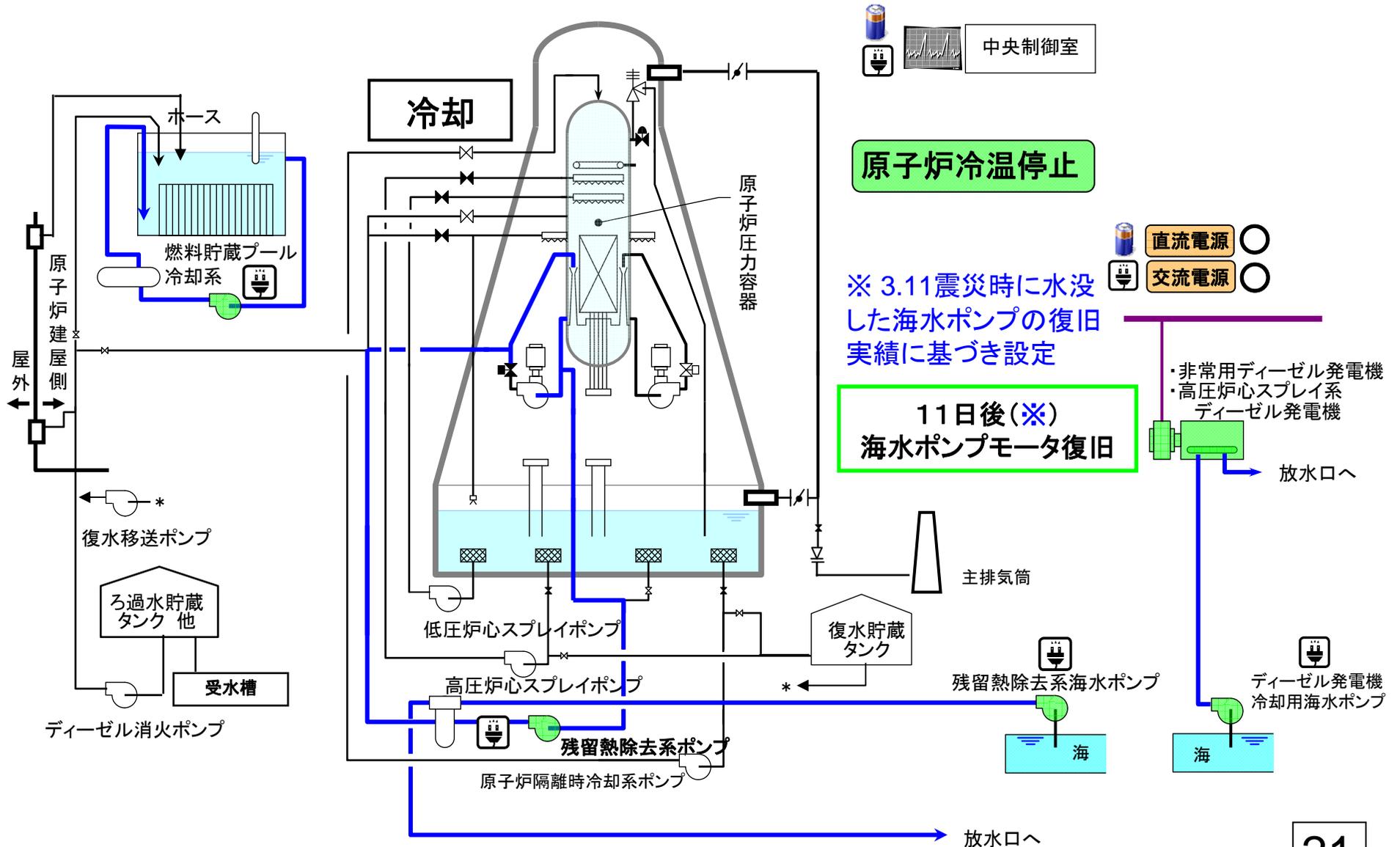
受電盤設置場所



盤内の接続箇所

緊急時対策室建屋断面

代替注水による原子炉の水位維持 11日後



水源の確保

【炉心】

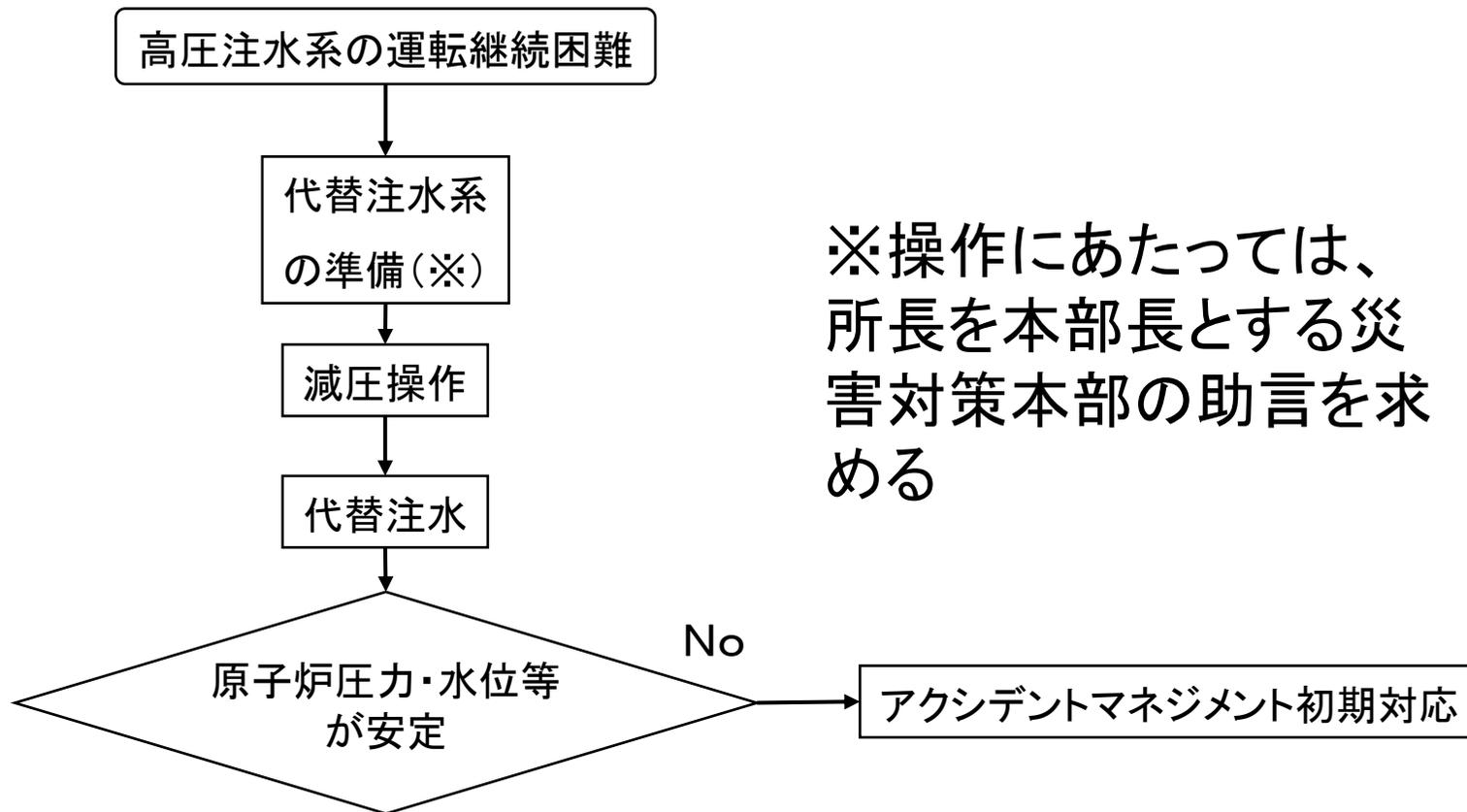
復水貯蔵タンク(656m ³ × 2基)	1312m ³
①復水貯蔵タンク枯渇までの日数	約1.9日
その時に必要な注水量	22.2m ³ /h(533m ³ /日)
②淡水を用いた補給(消防車)	約6.4日
※1:純水タンク、原水タンク等	1438m ³
※2:その他、地下タンク	2000m ³
③工業用水復旧(3/14 14時～)	約8m ³ /h(約190m ³ /日)
④海水	制限なし

【使用済燃料プール】

100°C到達までの時間余裕	約13日
使用済燃料プール冷却に必要な水量	0.58m ³ /h(14m ³ /日)

代替注水への切替操作

- 目的：
原子炉隔離時冷却系の運転停止までに、減圧操作及び代替注水手段を確保し、切替操作が必要
- 判断条件： ▪ 判断者：発電長



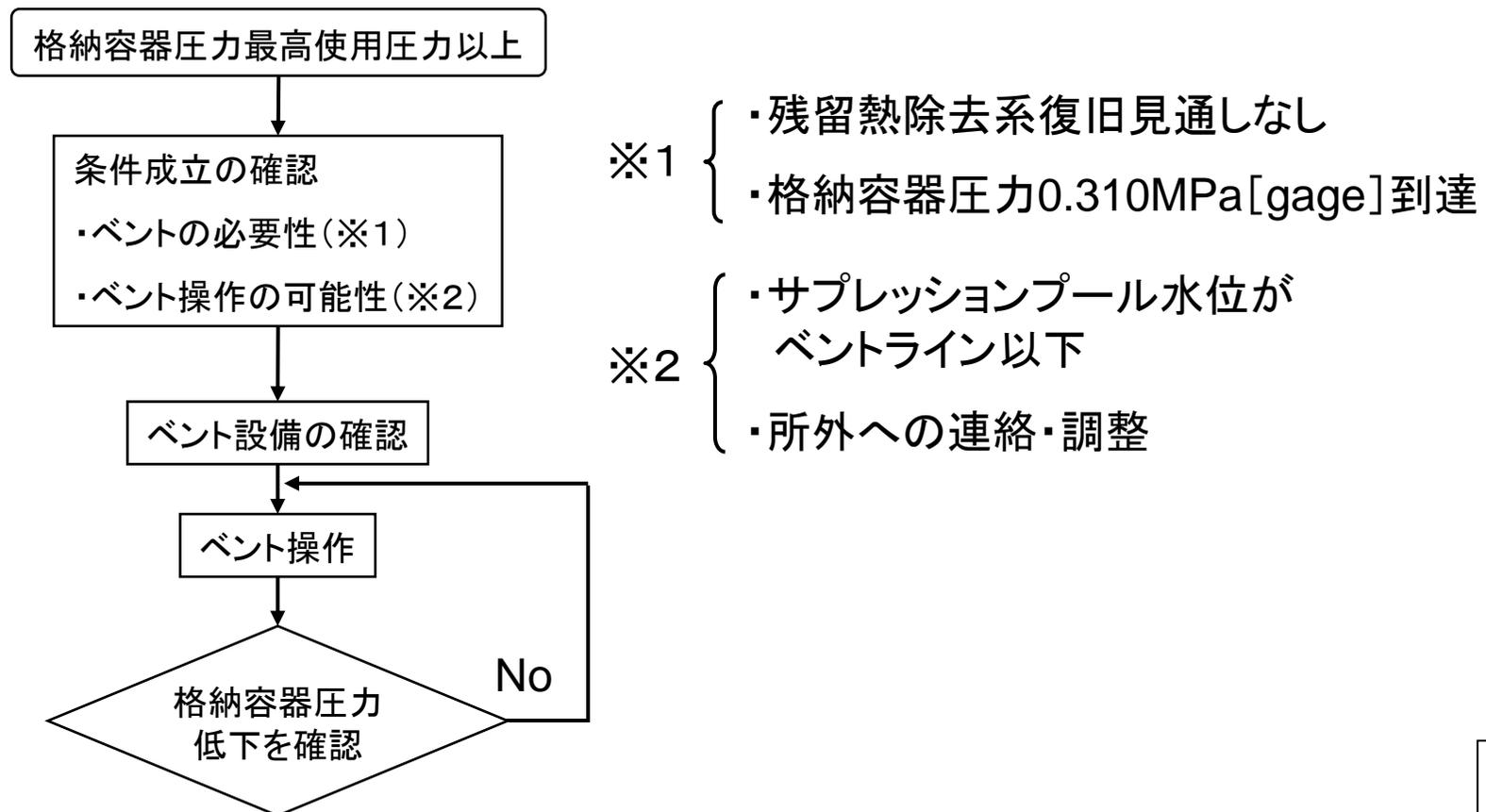
炉心損傷前の格納容器ベント操作 (ウエットウェルベント)

- 目的:

格納容器内に蓄積した崩壊熱をサブレーションプール水を通させた後、大気へ放出し、格納容器の過圧による破損を防止

- 判断条件:

・判断者: 所長



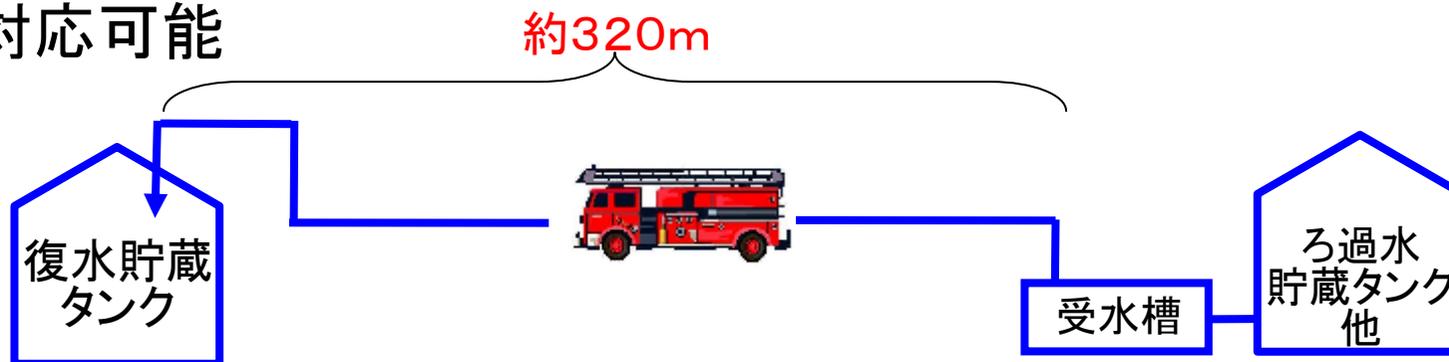
ベントによる放出放射能

- 残留熱除去海水系の機能喪失により、原子炉格納容器(サブプレッションプール)からの除熱不可
 - 原子炉格納容器圧力上昇
 - 概略評価では約20時間後に最高使用圧力に到達すると推定
 - ただし、直流電源の維持により原子炉隔離時冷却系による高圧注水は継続できるため、炉心損傷はない
 - ベントは、サブプレッションプールを介したウェットウェルベントとなり、ベントで放出される放射能は、
 - よう素 約 2.5×10^7 Bq (初期量の0.056%程度)
 - 希ガス 約 3.6×10^9 Bq (初期量の3.7%程度)
- 評価条件: 冷却材中よう素は SHIPPING 検査基準相当
事象発生20時間後にベントを1時間実施
1回あたりの放出量を評価

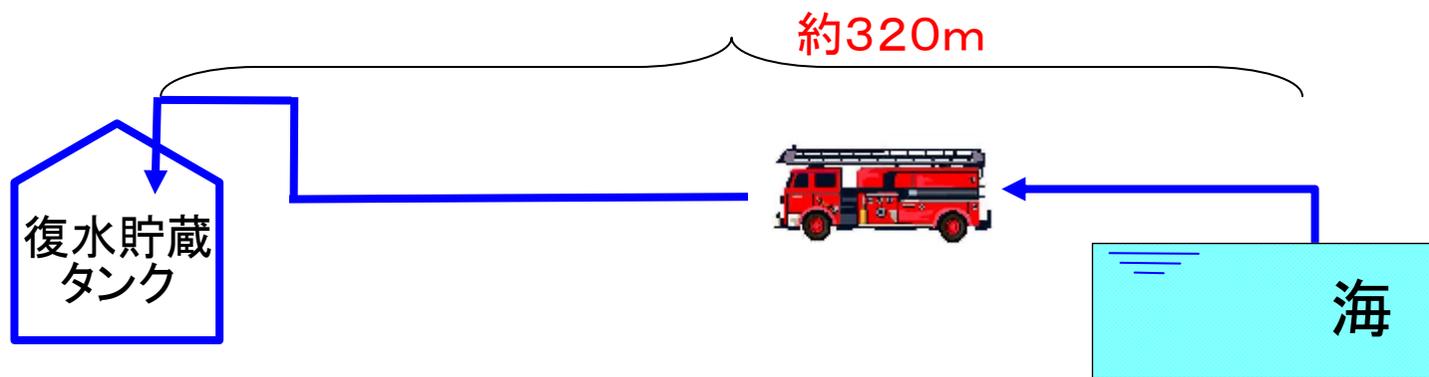
⇒仮に周辺監視区域境界での実効線量は、約 $1.6 \times 10^{-3} \mu$ Sv

工業用水が復旧しなかった場合の 消防車による水源確保

- 消防車2台、消防車備付けホース**全長680m**(20m×34本)を使用可能
- 燃料は軽油を使用しており、軽油タンクの抜き取りにより継続的な運転が可能
- 初期消火活動のための要員のうち、消火担当7人を中心に対処可能



万一、淡水源が枯渇した場合、海水を水源とすることも可能



燃料の確保

◇燃料の確保

消防車(軽油) 28ℓ/h(カタログ値) × 2台 約1.4kℓ/日

非常ディーゼル発電機軽油タンク 595kℓ

非常ディーゼル発電機DAYタンク 23kℓ

⇒約600kℓ以上確保、消防車等へ長期間供給可能

3/12以降タンクローリにより補給可能(実績)

ガスタービン(A重油) 260ℓ/h(カタログ値) 約6.3kℓ/日

ガスタービン燃料タンク 20kℓ

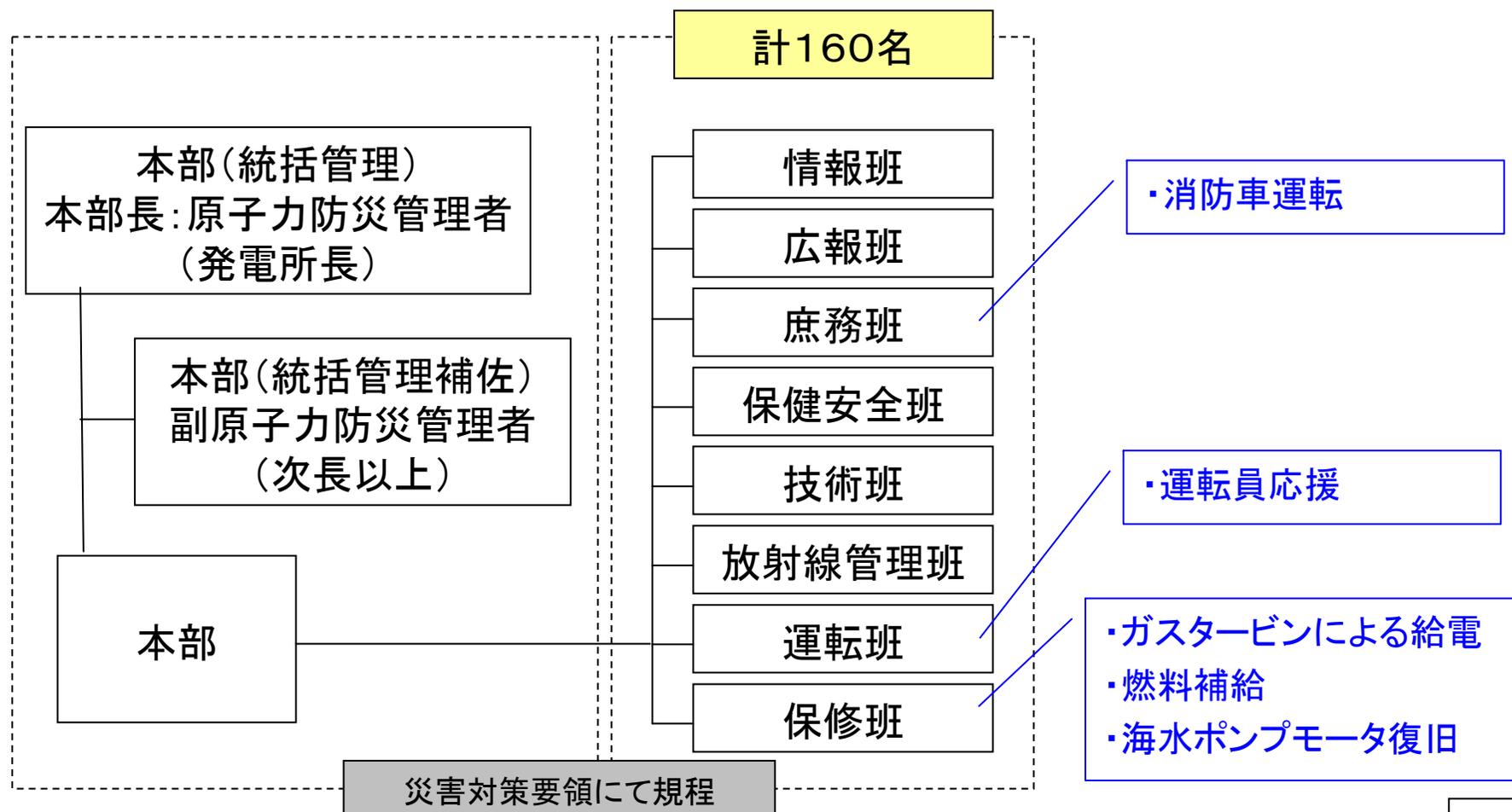
⇒約3日分を確保

軽油の補給と同様、3/12以降タンクローリにより補給可能

◇震災当日は、非常ディーゼル発電機軽油タンクから軽油をドラム缶に抜き取り、仮設エンジン発電機等へ補給を実施

当日の体制(それ以降も)にて対応可能

- ・平日、所員数378名(震災当日は約290名、その後、約160名で対応実施)
- ・運転直員は7日間、約15人体制で対応(通常は7名)



8m津波への対応実現可能性の検証

- **緊急時対策室建屋ガスタービン発電機**
平成23年3月末竣工を控え2月に試運転実施
設備は使用可能な状態
- **消防車による水源確保**
約40回／年実施している通常の消防車及びホース接続操作訓練と同様の手順にて水源確保の対応が可能
操作指揮者(接続先の指示)のもと対応可能
- **代替注水手段**
原子炉及び格納容器への注水は、平成12年にアクシデントマネジメント策として整備した復水補給系、消火系による代替注水が可能
- **運転員の対応**
発電直では年間を通して非常時運転手順書 I・II の事故訓練を実施(ベント操作手順を含む事故訓練も実施)
- **その他(インフラ)**
ガスタービン発電機によるページング復旧
仮設エンジン発電機による構内PHS復旧
常備してある懐中電灯等により現場作業継続

まとめ

- ◆平成23年3月11日に東海第二発電所に8mの津波が来襲した場合を想定して机上演習を実施。
- ◆炉心は損傷することなく、原子炉の冷温停止、使用済燃料プールの冷却・水位維持が可能であることを確認した。
- ◆当時、対応に必要な要員を確保する仕組みを有しており、組織的な対応が可能であることを確認した。

(参考)

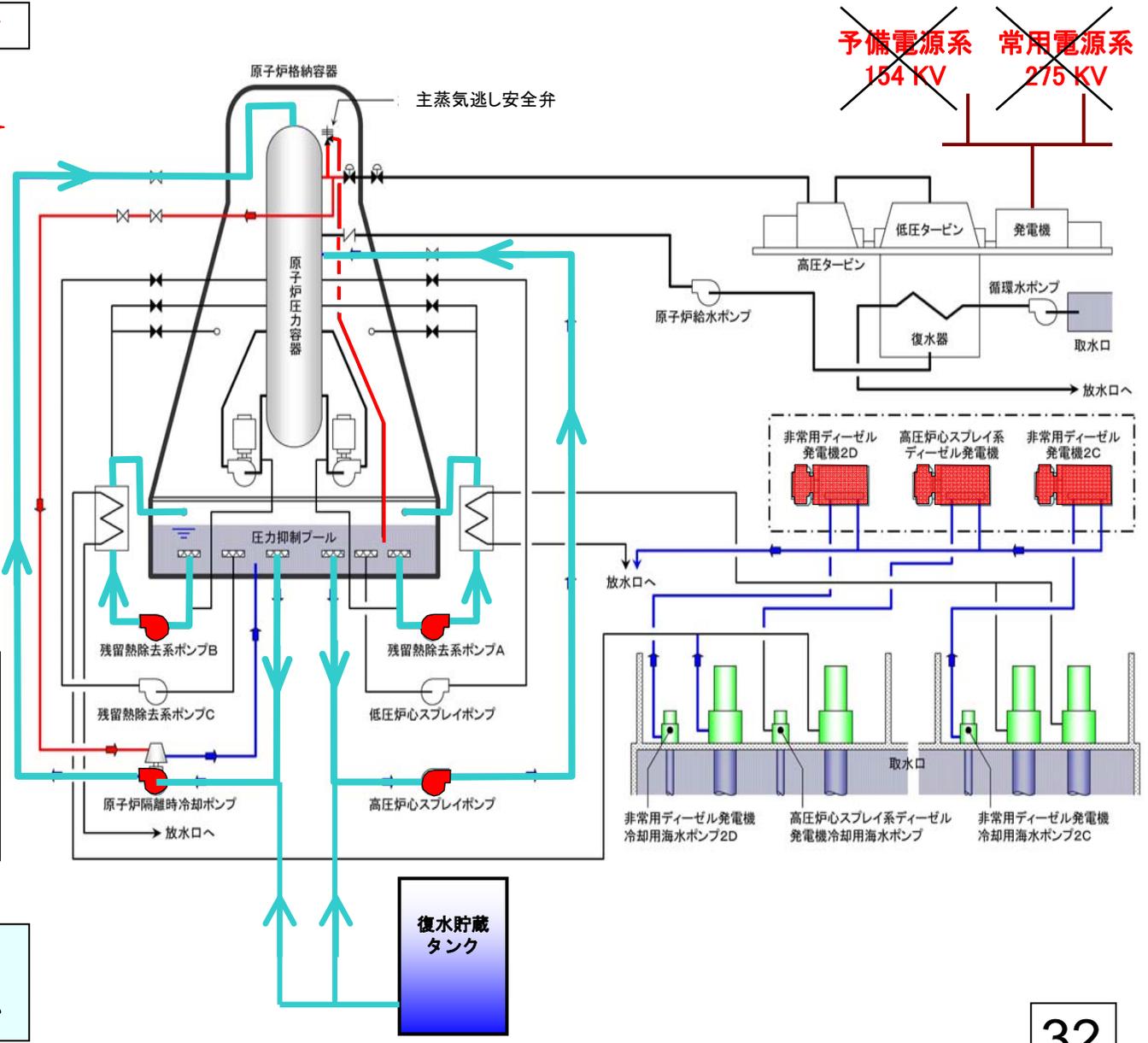
東北地方太平洋沖地震発生時の
東海第二発電所状況

東北地方太平洋沖地震発生後の東海第二発電所状況 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！！

- 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



東北地方太平洋沖地震発生後の東海第二発電所状況 その2

津波の影響

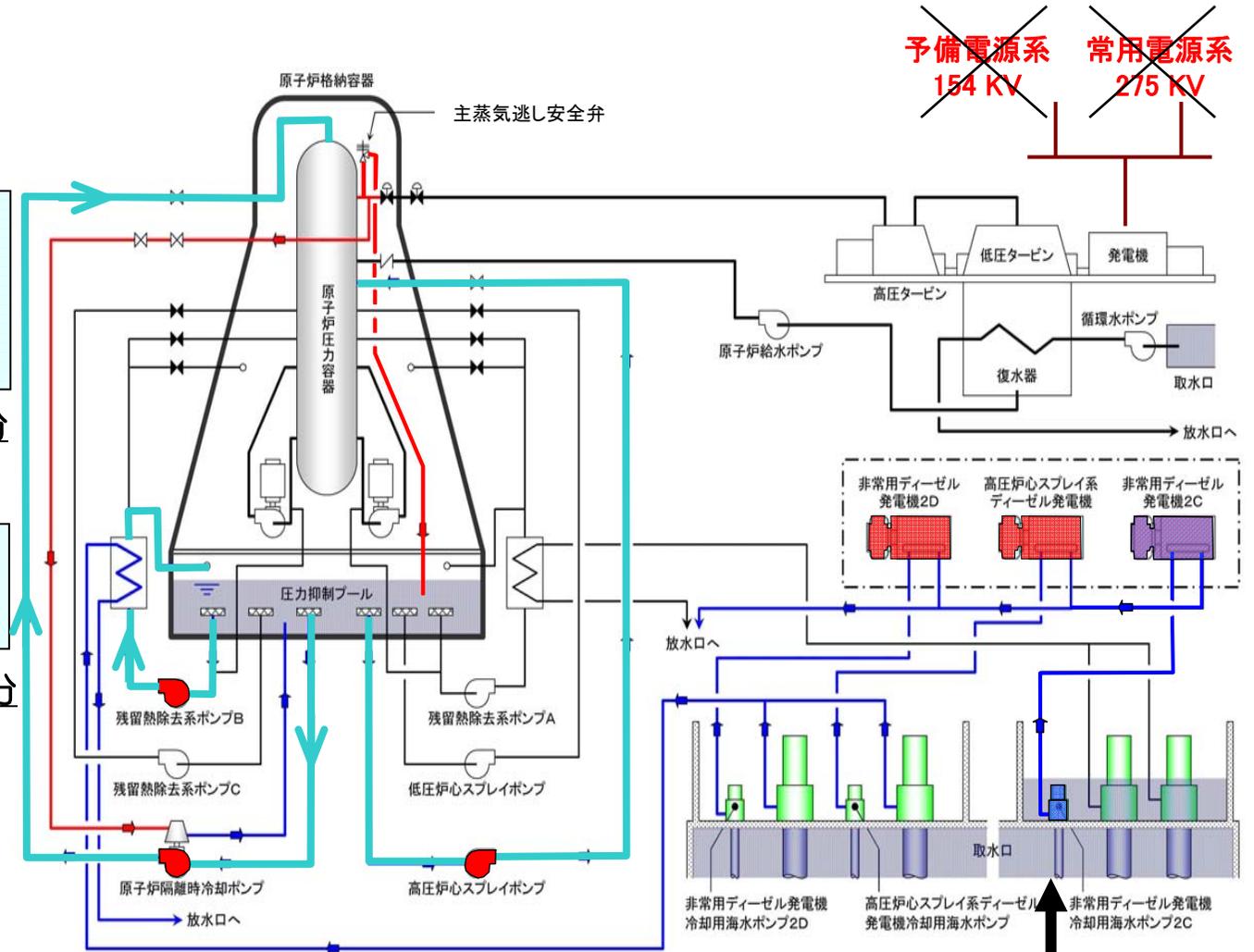
非常用ディーゼル発電機
冷却用海水ポンプ2C
自動停止

3月11日19時01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



~~予備電源系
154 KV~~ ~~常用電源系
275 KV~~

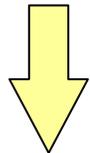
浸水

東北地方太平洋沖地震発生後の東海第二発電所状況 その3

3月18日

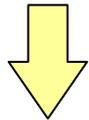
3月13日 275 KV復旧
154 KV復旧

予備の外部電源154KV復旧
非常用母線2C受電



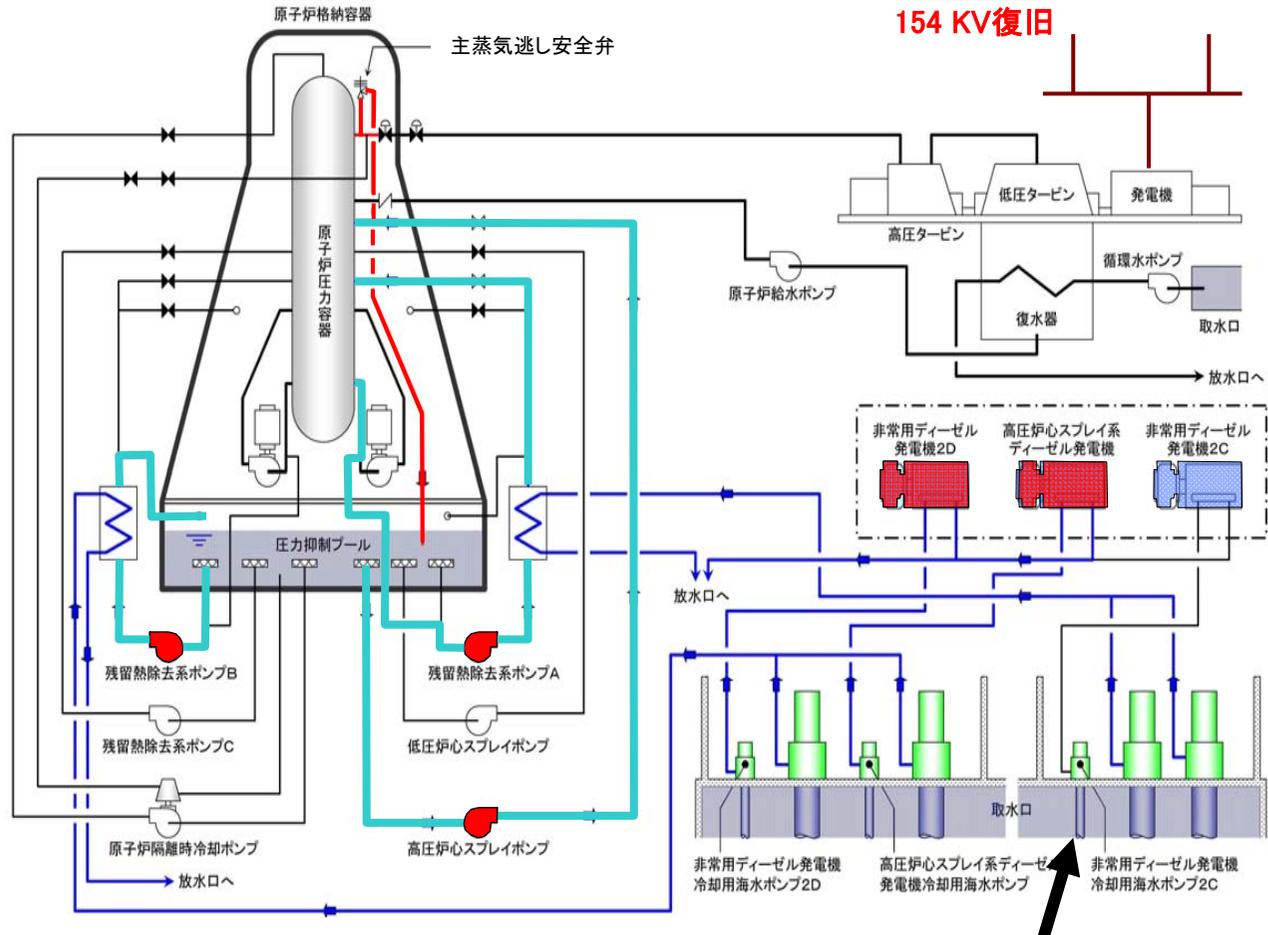
3月13日20時06分

残留熱除去系A系手動起動
原子炉冷却操作開始



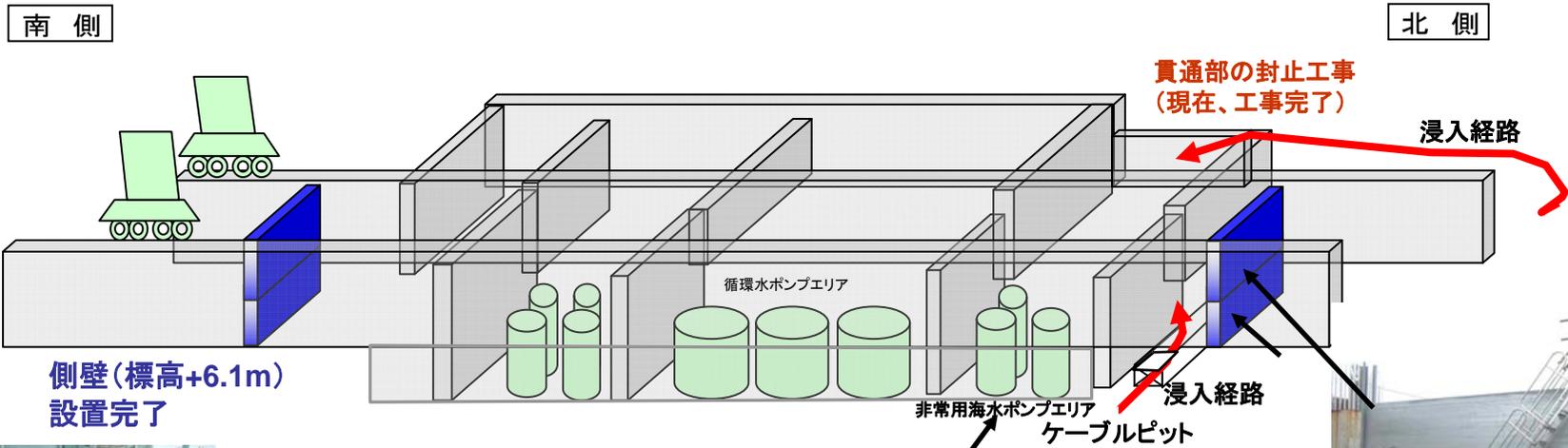
原子炉冷温停止

3月15日0時40分
原子炉水温度：99.8℃
原子炉圧力：大気圧



3月22日
海水ポンプ復旧

東海第二発電所 海水ポンプエリア概要図と浸水状況



北側堰内の状況

