

# 東北地方太平洋沖地震とその後の 福島第二原子力発電所の状況について

2011年8月10日

福島第二原子力発電所



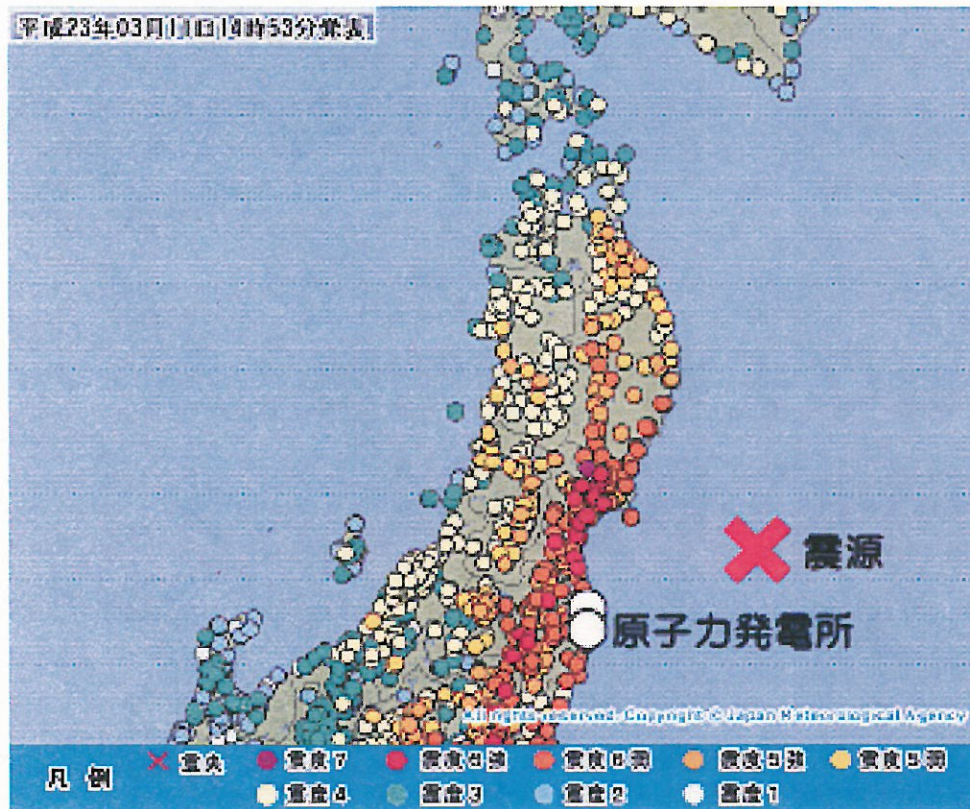
東京電力

---

# 東北地方太平洋沖地震

- 発生日時：2011年3月11日14:46
- 発生場所：三陸沖（北緯 38.1度, 東経 142.9 度）、深さ: 24 km
- マグニチュード：9.0
- 震度(気象庁発表)：楡葉町、富岡町、大熊町、双葉町で震度6強

## 震源位置と原子力発電所



地震発生前、福島第二原子力発電所では、1～4号機の全号機が定格熱出力で運転中



全号機が「地震加速度大」により自動停止（スクラム※）

福島第二で観測された最大加速度は  
水平方向277gal※1、上下方向305gal※2

（※1 3号機原子炉建屋最地下階）

（※2 1号機原子炉建屋最地下階）

※スクラム設定値は原子炉建屋最地下階で水平方向135gal、上下方向100gal

# 地震発生後の推移（概要）

## 〈地震直後〉

- 全制御棒が全挿入に成功
- 非常用炉心冷却系\*<sup>1</sup> (ECCS) 待機状態を確認
- 外部電源が確保されていることを確認
- 補助ボイラ\*<sup>2</sup>がトリップしたため、主蒸気隔離弁\*<sup>3</sup> (MSIV) を手動閉

## 〈津波到達〉

- 地震発生約40分後に津波到達
- 1～4号機海水熱交換器建屋、1号機原子炉建屋、1・3号機タービン建屋、廃棄物処理建屋、免震重要棟で浸水発生
- 浸水により、海水熱交換器建屋内のポンプ及び1号機非常用ディーゼル発電機\*<sup>4</sup>が使用不可
- 原子炉隔離時冷却系\*<sup>5</sup> (RCIC) により、原子炉水位を確保



# 地震発生後の推移（概要）

## 〈除熱機能の喪失〉

- 3号機では、海水熱交換器建屋内の残留熱除去系\*<sup>6</sup>(RHR)B系が浸水被害を被らなかったため、これを使用し原子炉の除熱を実施
- 1・2・4号機では、最終的な熱の逃がし場所（ヒートシンク）への熱移送系統である海水系設備（ポンプやそのポンプへの電源供給設備等）が使用不能となったため、除熱が不可能となる（原子力災害対策特別措置法第10条に該当：原子炉除熱機能喪失）
- 主蒸気逃がし安全弁\*<sup>7</sup>(SRV)の開操作により、圧力抑制プール\*<sup>8</sup>へ蒸気放出→圧力抑制プール水温100度以上に上昇（原子力災害対策特別措置法第15条に該当：圧力抑制機能の喪失）

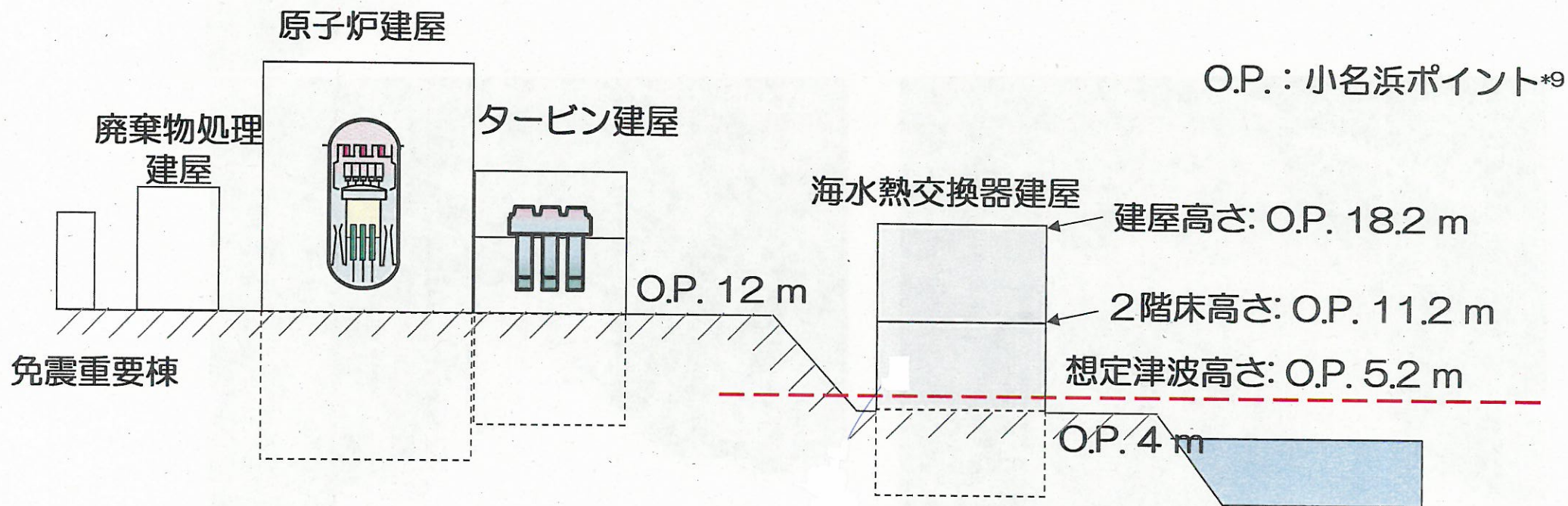
## 〈機能回復〉

- 本店緊急対策本部に対し、電源車の派遣を要請
- 浸水した海水熱交換器建屋内にあるポンプの点検及びモーターの取替を実施
- 健全な3号機海水熱交換器建屋内B系電源盤、廃棄物処理建屋内電源盤及び電源車から仮設ケーブルを敷設し、海水系設備の再起動を実施
- 全号機冷温停止

# 発電所内の建屋位置関係

■ 想定津波高さ: 5.1 ~ 5.2 m

- 津波評価は「原子力発電所の津波評価技術（H14土木学会）」に基づいて実施され、福島第二原子力発電所では 5.1 ~ 5.2 m と想定
- 海水熱交換器建屋の扉とハッチは水密対策済み



注意: 建屋の大きさは実物比例ではない

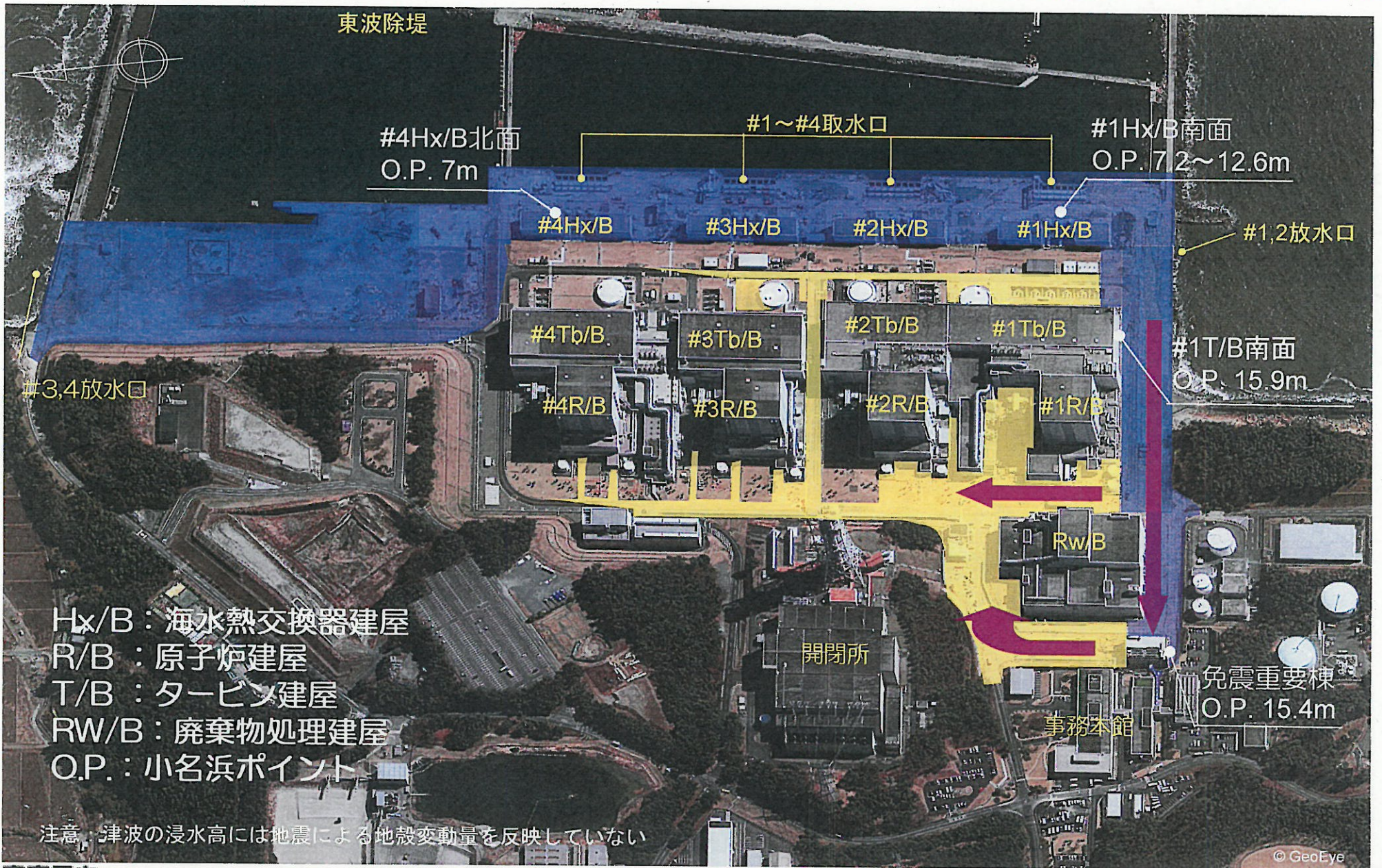


# 津波の到達

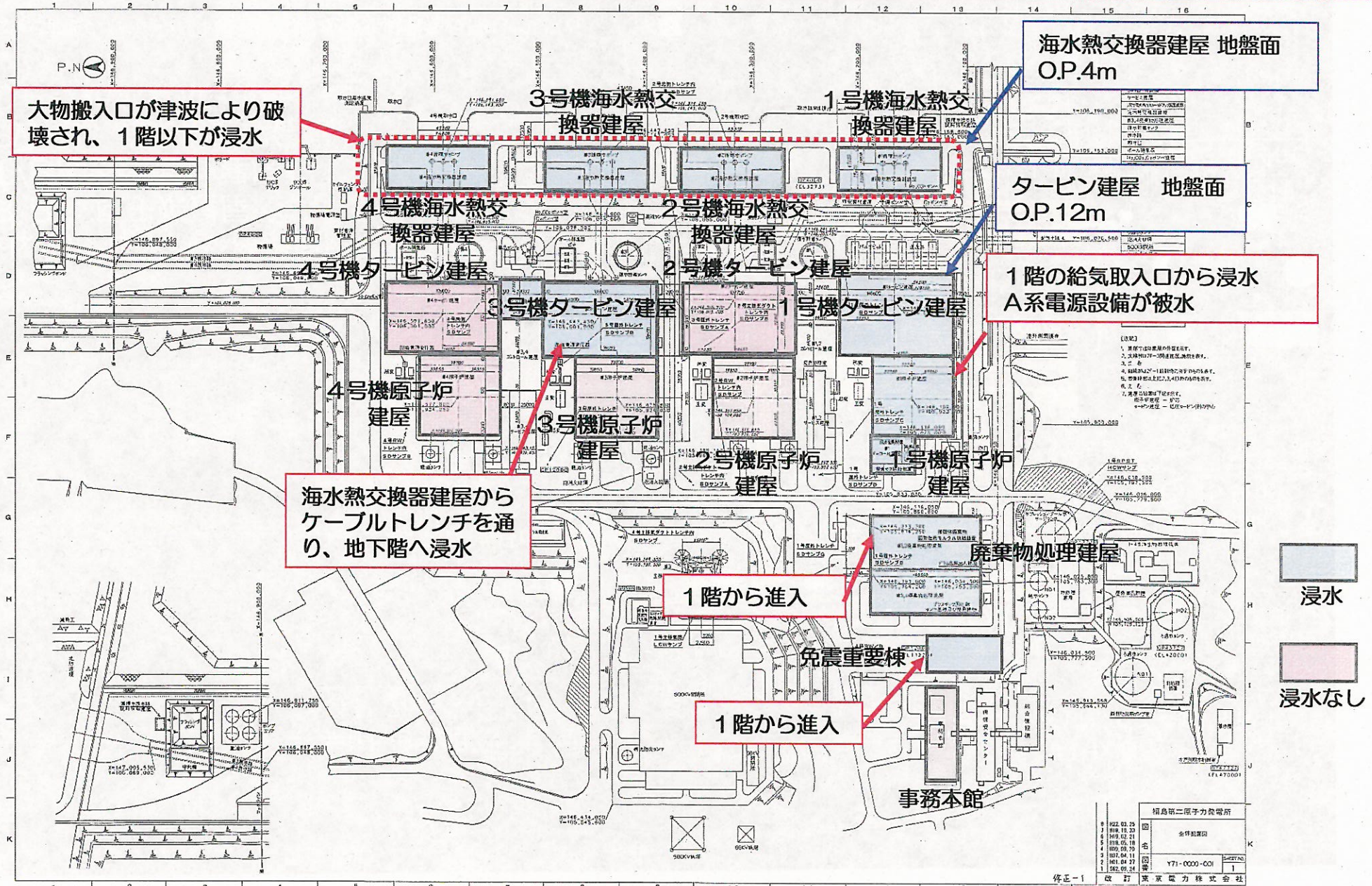


免震重要棟脇の高台から、廃棄物処理建屋、1号機タービン建屋より海方向（東方向）を撮影

# 津波の浸水高と浸水域



# 津波浸水被害





# 津波被害



1号機海水熱交換器建屋



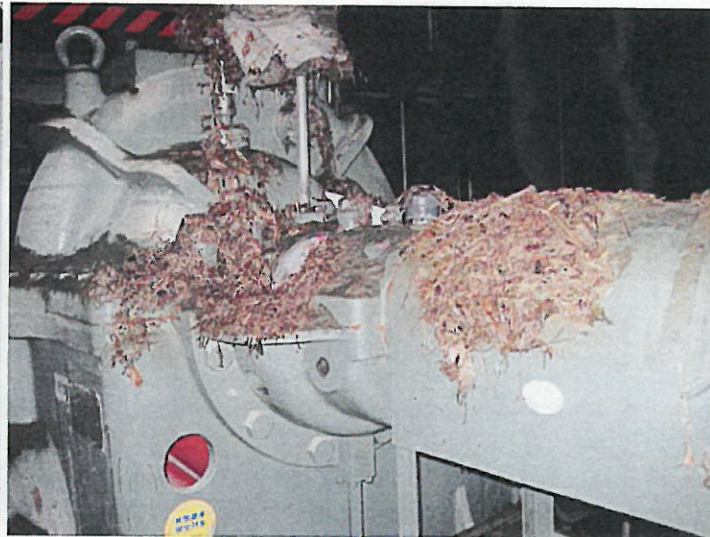
3号機海水熱交換器建屋南側



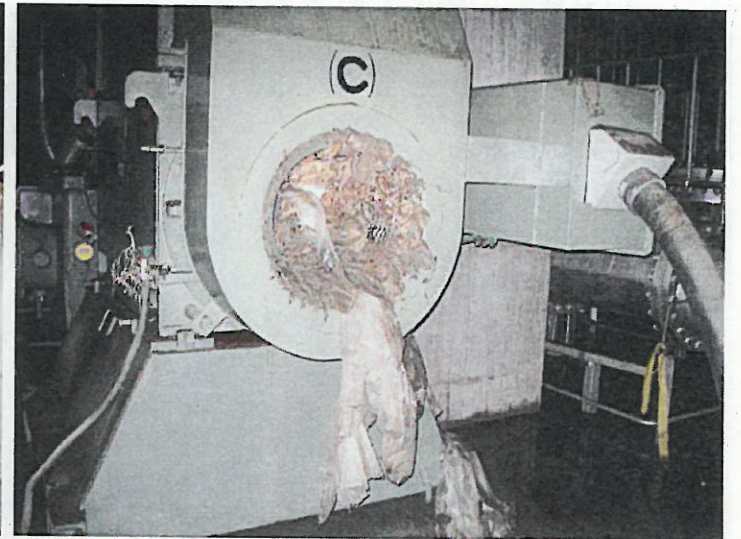
海水熱交換器建屋入口扉



海水熱交換器建屋内



海水熱交換器建屋内の機器



海水熱交換器建屋内の機器

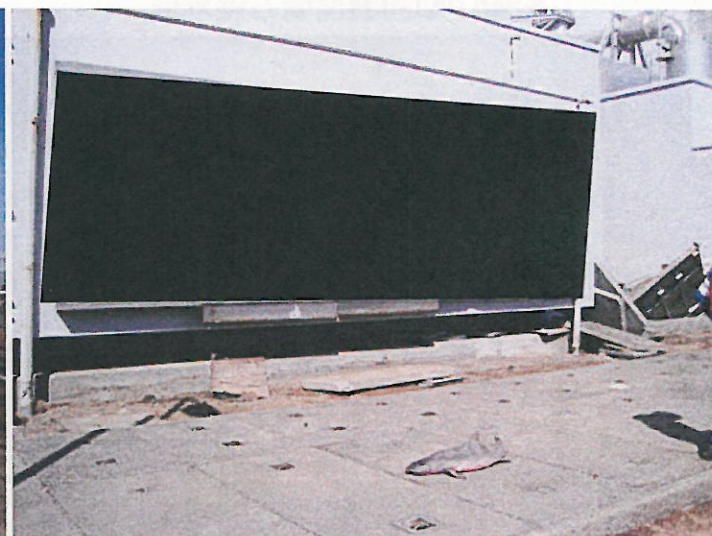
# 津波被害



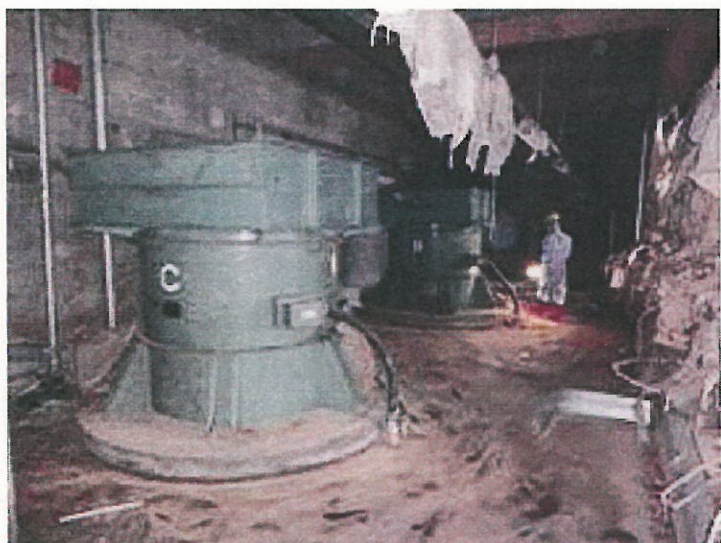
海水熱交換器建屋内 動力電源盤



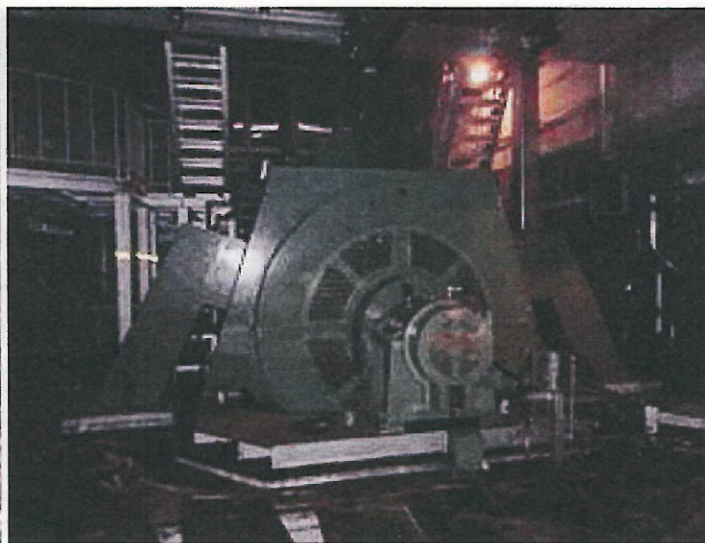
1号機原子炉建屋南側



1号機原子炉建屋1階給気取入口



1号機非常用ディーゼル発電機(A)給気ファン



1号機非常用ディーゼル発電機 (A)



1号機非常用ディーゼル発電機(A)制御盤

# 津波被害



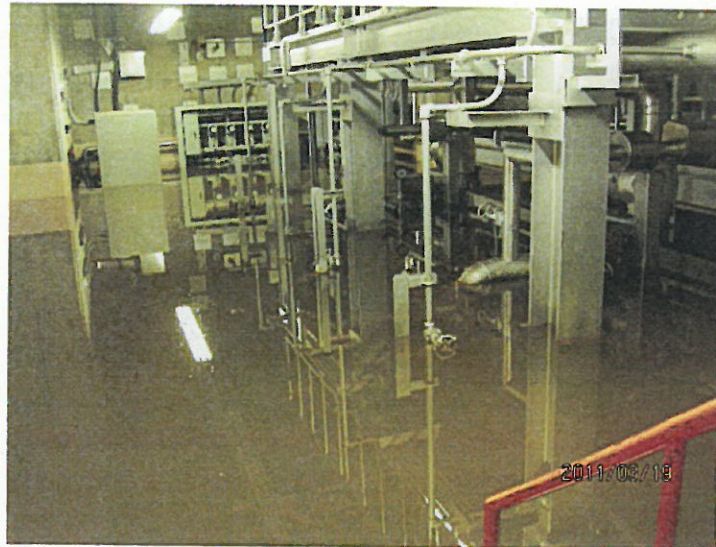
1号機原子炉建屋地下2階



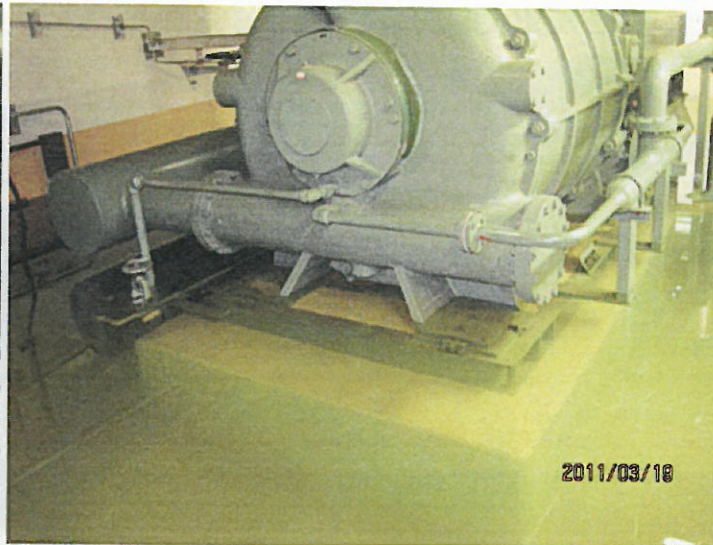
1号機原子炉建屋配管貫通部



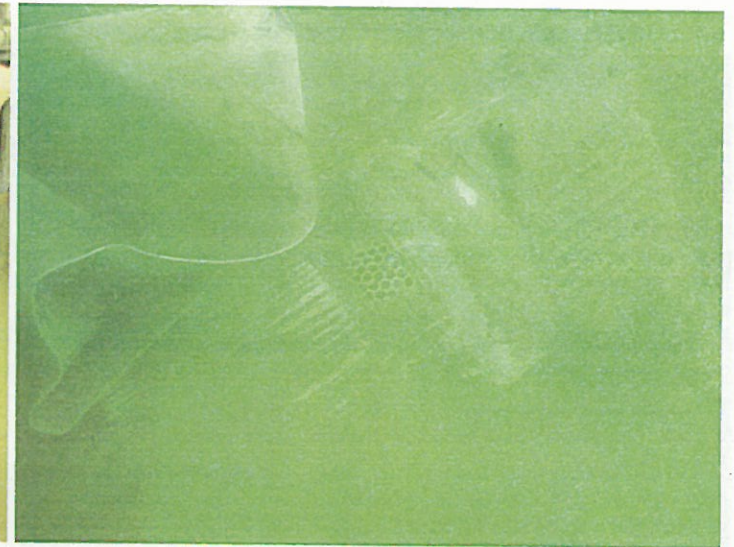
3号機活性炭ホールドアップ建屋\*10



3号機タービン建屋地下2階

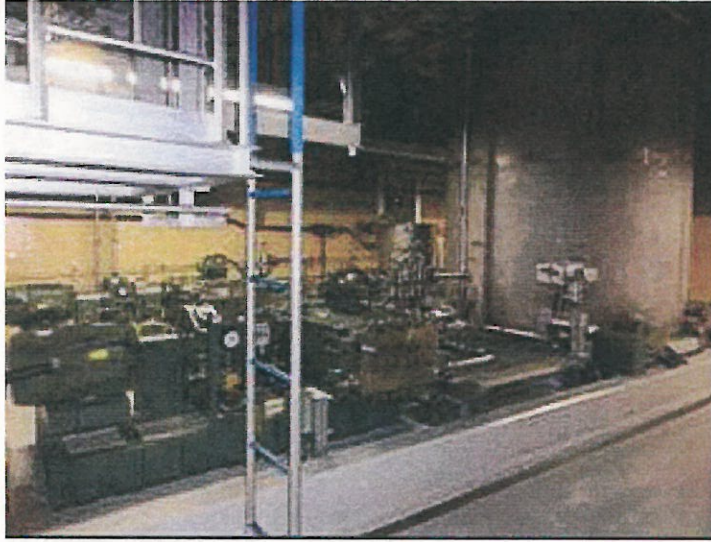


3号機タービン建屋地下2階

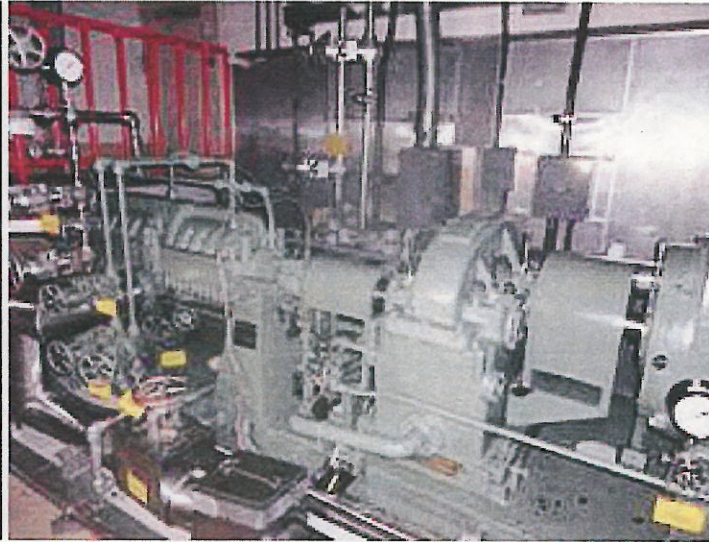


3号機取水口

# 地震による被害なし



ほう酸水注入系\*11 (SLC)のタンクとポンプ



制御棒駆動機構\*12 (CRD)ポンプ



原子炉建屋6階



残留熱除去系 (RHR) 熱交換器

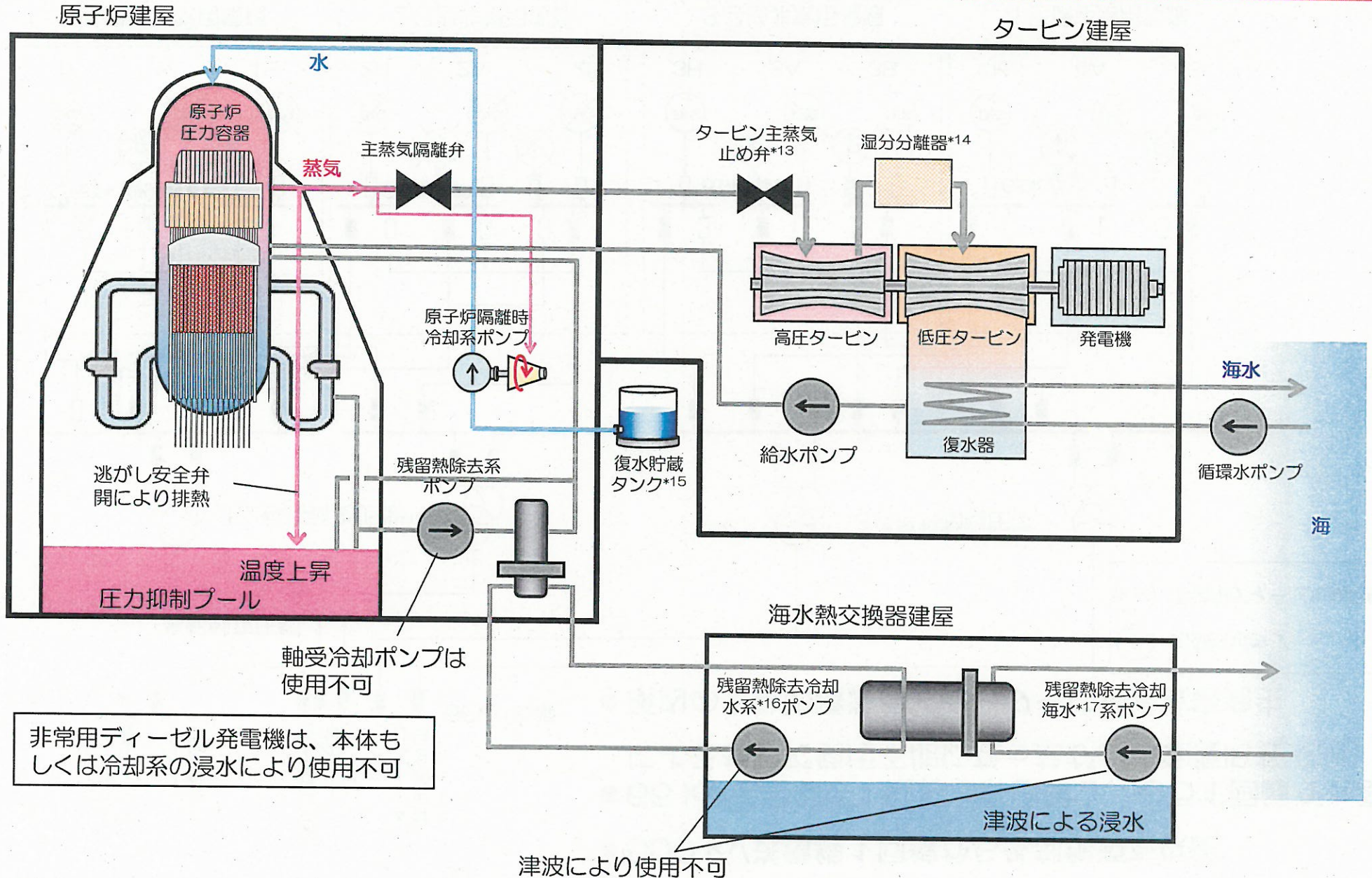


中央制御室空調用コンデンサー



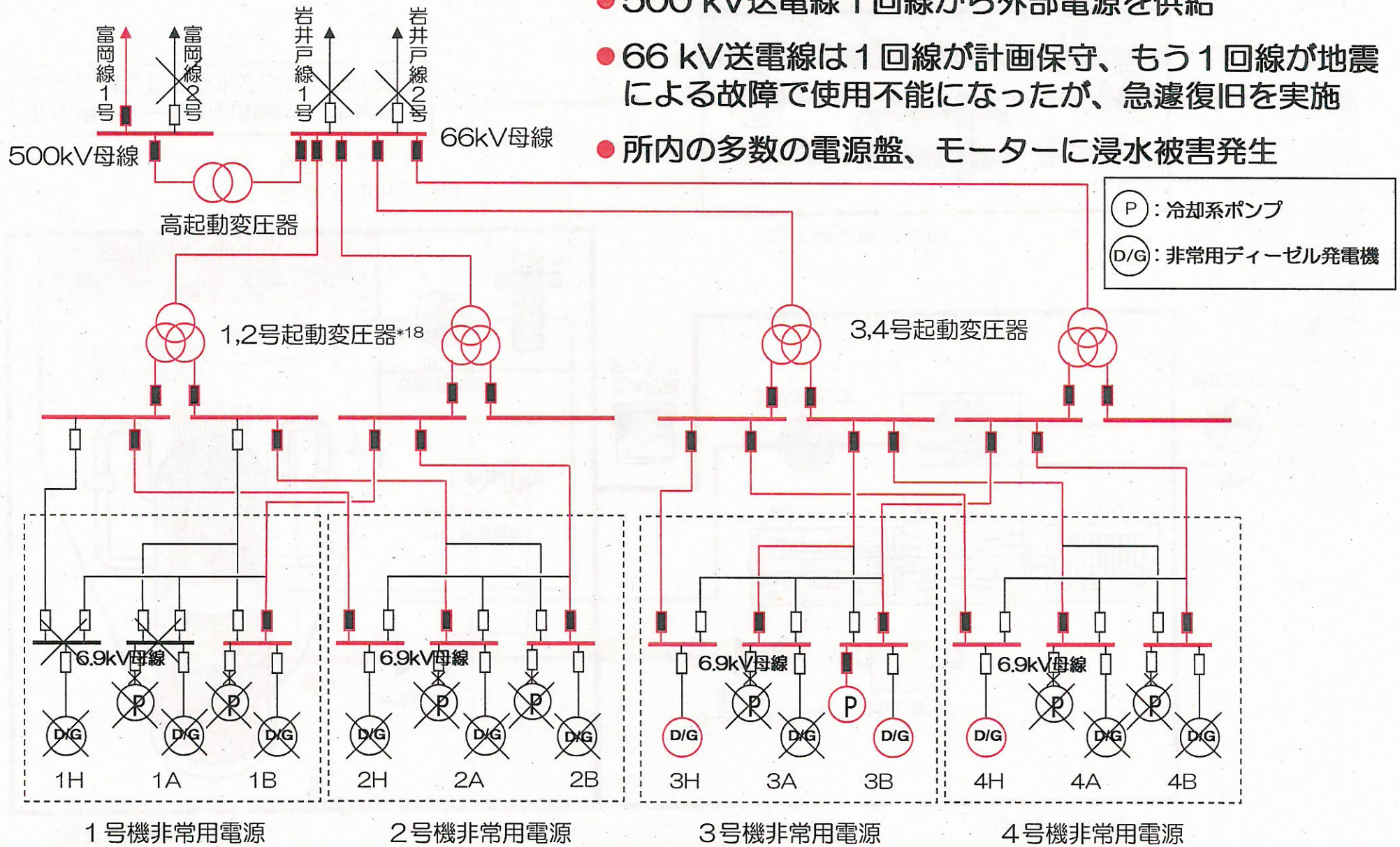
仮置き工具

# 津波到達後のプラント状況



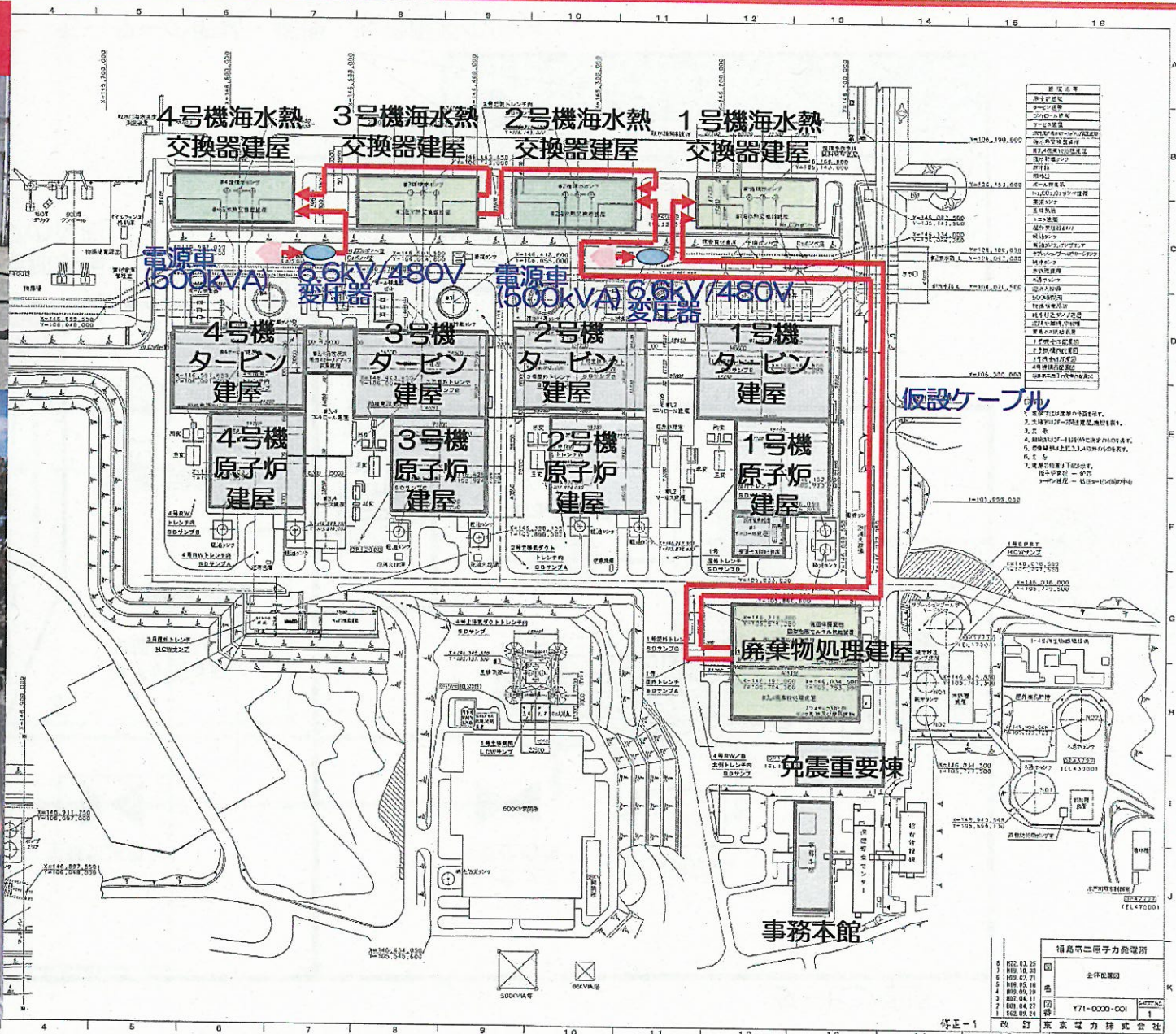
# 津波到達後の外部電源状況

- 500 kV送電線 1 回線から外部電源を供給
- 66 kV送電線は 1 回線が計画保守、もう 1 回線が地震による故障で使用不能になったが、急遽復旧を実施
- 所内の多数の電源盤、モーターに浸水被害発生



# 仮設電源の供給とモーターの交換

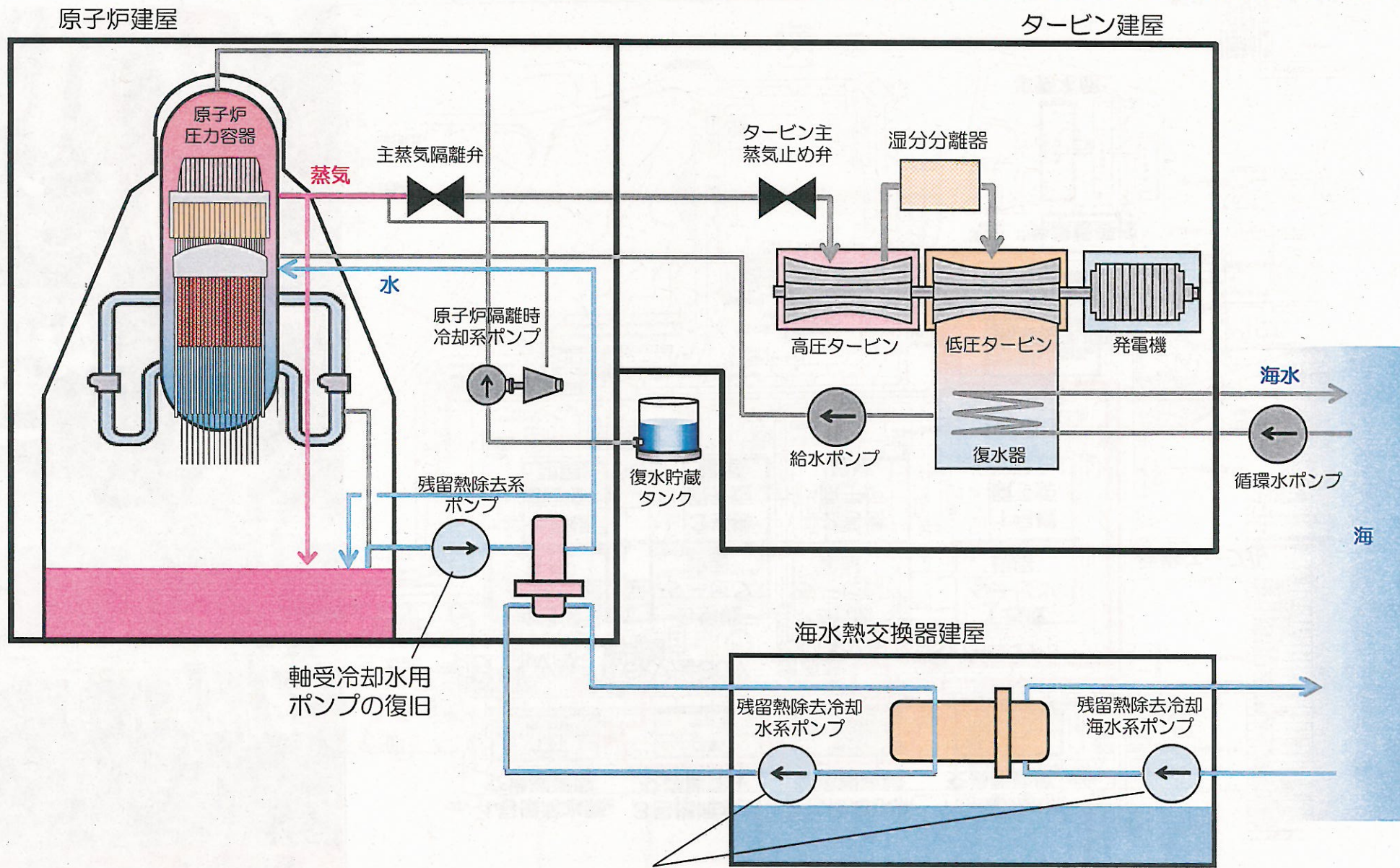
総延長9 kmの仮設ケーブル敷設、  
被水したモーターの交換を実施



名称	内容
1号機タービン建屋	タービン建屋
2号機タービン建屋	タービン建屋
3号機タービン建屋	タービン建屋
4号機タービン建屋	タービン建屋
1号機原子炉建屋	原子炉建屋
2号機原子炉建屋	原子炉建屋
3号機原子炉建屋	原子炉建屋
4号機原子炉建屋	原子炉建屋
1号機海水熱交換器建屋	海水熱交換器建屋
2号機海水熱交換器建屋	海水熱交換器建屋
3号機海水熱交換器建屋	海水熱交換器建屋
4号機海水熱交換器建屋	海水熱交換器建屋
事務本館	事務本館
免震重要棟	免震重要棟
廃棄物処理建屋	廃棄物処理建屋

1. 仮設電源の供給
2. 被水したモーターの交換
3. 仮設ケーブルの敷設
4. 仮設電源の供給とモーターの交換
5. 仮設電源の供給とモーターの交換
6. 仮設電源の供給とモーターの交換
7. 仮設電源の供給とモーターの交換
8. 仮設電源の供給とモーターの交換
9. 仮設電源の供給とモーターの交換
10. 仮設電源の供給とモーターの交換
11. 仮設電源の供給とモーターの交換
12. 仮設電源の供給とモーターの交換
13. 仮設電源の供給とモーターの交換
14. 仮設電源の供給とモーターの交換
15. 仮設電源の供給とモーターの交換
16. 仮設電源の供給とモーターの交換

# 冷却系復旧による原子炉冷温停止



モーターの取替・修理・仮設電源の供給



# 冷温停止後の継続的な復旧

## ■原子炉冷却機能の冗長性

- RHR(B)に加えて代替除熱系(原子炉冷却材浄化系)を7月17日に復旧

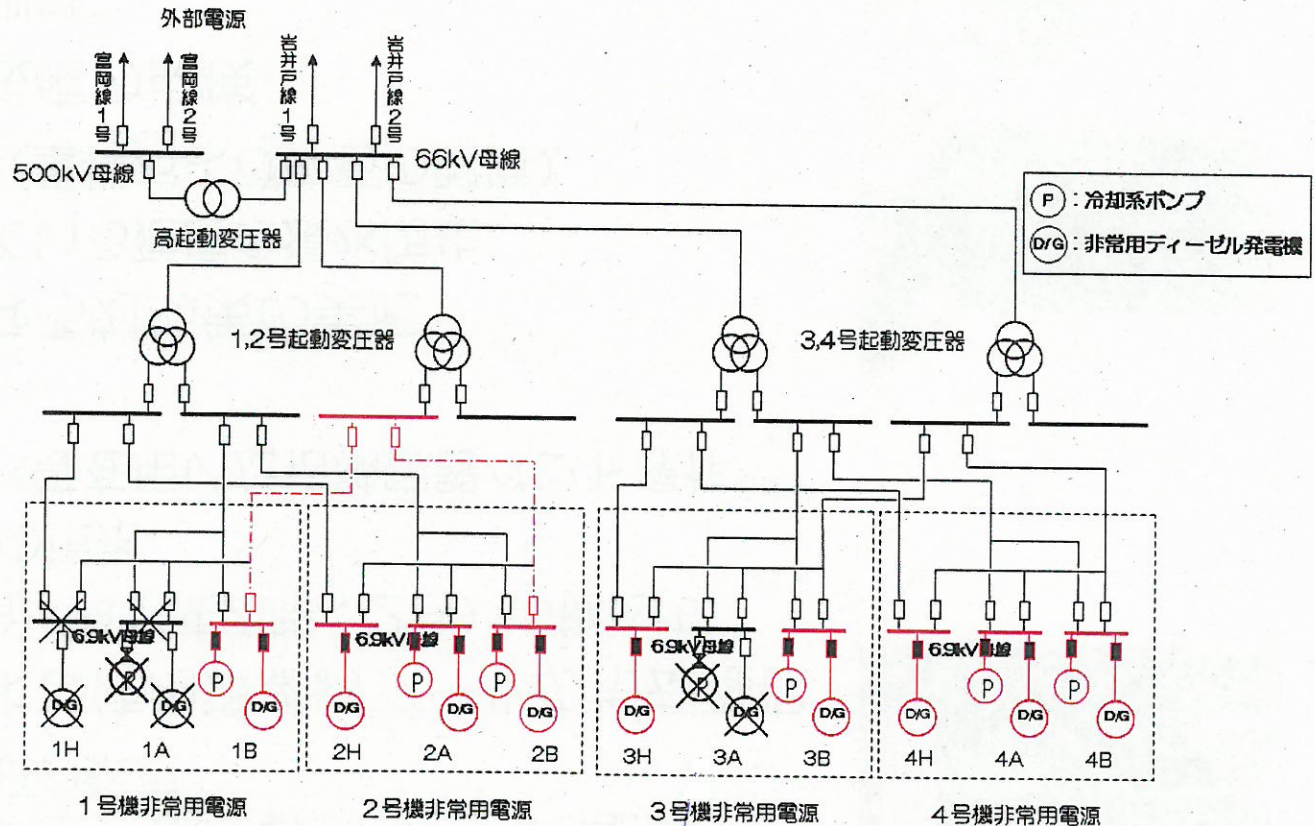
## ■原子炉冷却用の非常用電源の多重性

- 2, 3, 4号機：

- ・各号機ディーゼル発電機2機以上待機
- ・各々100%以上の容量を保持

- 1号機：

- ・ディーゼル発電機1機待機
- ・2号機のディーゼル発電機をバックアップとして使用可能



# 津波による電源機能等喪失に備えた緊急安全対策の実施

## ■緊急時の電源確保

- 電源車（合計容量7250kVA以上）等の構内の高台への配備、それらを使用した電源確保手順の策定



## ■緊急時の最終的な除熱機能および使用済燃料プールの冷却確保

- 消防車2台（淡水使用時；1台、海水使用時；2台）の構内の高台への配備、代替注水手順の策定
- 全交流電源喪失時の予備ポンベ等を用いた格納容器ベント操作<sup>\*19</sup>手順の策定

## ■構造等を踏まえた当面必要となる対応策の実施

- 安全上重要な設備が設置されている建屋の浸水防止
- 構内道路等のアクセス性確保（重機および砕石の配備）



## ■緊急時対応のための機器及び設備の点検

## ■緊急時対応計画の点検および訓練

- 本店制定の「原子力災害対策マニュアル」の見直し、発電所の「津波アクシデントマネジメントの手引き」の新規制定
- 緊急時対応訓練の実施（5月13日）



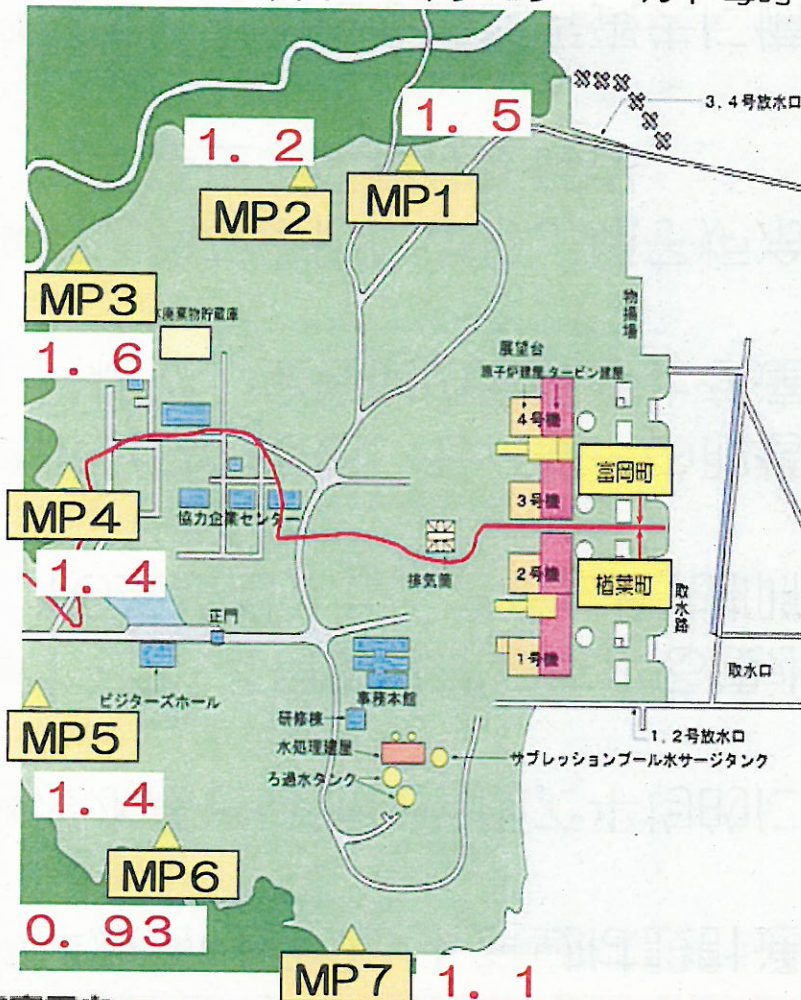
# 敷地境界放射線量の推移

- 3/14 22:00 福島第一の影響により敷地境界放射線量が $5 \mu\text{Sv/h}$ 超過 (原災法第10条に該当)
- 4/ 3 9:30以降 敷地境界の放射線量は再び $5 \mu\text{Sv/h}$ を下回って推移

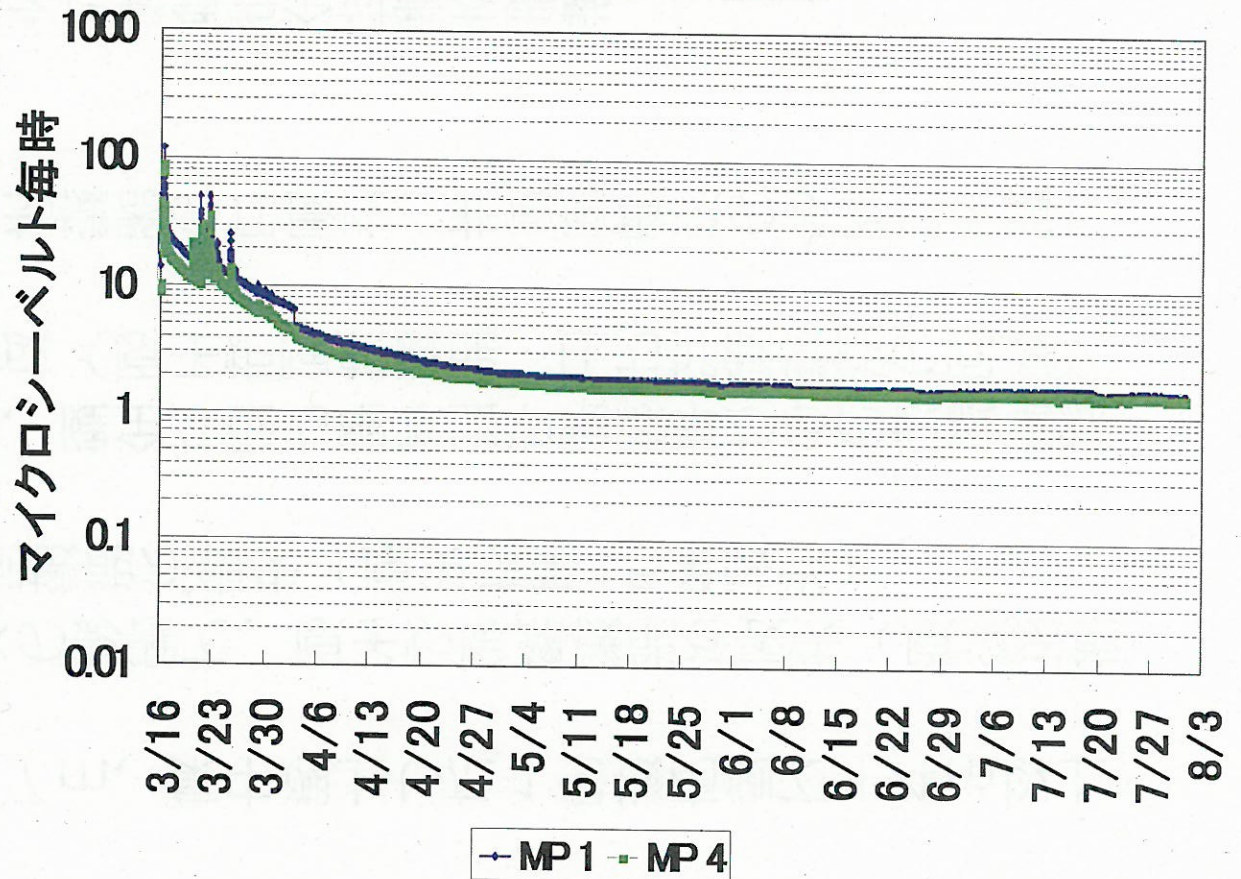
モニタリングポスト空間線量率

平成23年7月31日 9:00

単位：マイクロシーベルト毎時



MP 1及びMP 4の指示値



# まとめ

- 津波前のプラント挙動は設計通りであり、安全上重要な設備に被害なし
- 浸水高さは海側前面で平均的に7m、集中遡上した1号機南側で14m以上\*
- 1・2・4号機は津波による浸水の影響で、原子炉除熱機能を喪失（原災法第10条該当）し、さらに圧力抑制機能が喪失（原災法第15条該当）
- ポンプの点検、モーターの取替、健全な動力電源盤や電源車からの仮設電源供給で、全号機の冷温停止を達成（原子炉除熱機能、圧力抑制機能の回復）
- 継続的な復旧により、原子炉冷却機器の冗長性、非常用電源の多重性を増し、冷温停止の信頼性を確保
- 津波による電源機能等喪失に備えた緊急安全対策を実施
- 福島第一の影響により敷地境界放射線量が $5\mu\text{Sv/h}$ 超過（原災法第10条該当）したが、4月3日9:30以降は $5\mu\text{Sv/h}$ を再び下回って推移



# 設備復旧計画

復旧計画		H23	H23		H24	
		3	上期	下期	上期	下期
		▽東北地方太平洋地震発生 全号機停止		現在		
1号機	B系	▽3/14 残留熱除去系B系復旧 ▽7/15 D/G(B)復旧			▽D/G(H)復旧	
	常用系	▽7/17 常用系除熱機能復旧 (CUW/FPC)				
	A系	▽残留熱除去系A系復旧			▽D/G(A)復旧	
			▽4/2 D/G(H)復旧		▽本設電源復旧	
2号機	B系	▽3/14 残留熱除去系B系復旧 ▽3/14 D/G(B)復旧				
	常用系	▽7/18 常用系除熱機能復旧 (CUW/FPC)				
	A系	▽8/6 残留熱除去系A系復旧 ▽8/8 D/G(A)復旧				
3号機			▽3/18 D/G(H)待機		▽本設電源復旧	
	B系	▽3/11 残留熱除去系B系起動 ▽3/18 D/G(B)待機				
	常用系	▽6/15 常用系除熱機能復旧 (CUW/FPC)				
4号機			▽3/18 D/G(H)待機		▽本設電源復旧	
	B系	▽3/14 残留熱除去系B系復旧 ▽3/14 D/G(B)復旧				
	常用系	▽6/5 常用系除熱機能復旧 (CUW/FPC)				
	A系	▽8/2 残留熱除去系A系復旧 ▽8/3 D/G(A)復旧				



# 現在のプラント状況

参考

	1号機	2号機	3号機	4号機
原子炉停止機能	○原子炉自動停止(3/11 14:48) ○全制御棒挿入中	○原子炉自動停止(3/11 14:48) ○全制御棒挿入中	○原子炉自動停止(3/11 14:48) ○全制御棒挿入中	○原子炉自動停止(3/11 14:48) ○全制御棒挿入中
原子炉注水・除熱機能	○残留熱除去系(B)運転(3/14～) ○冷温停止中(3/14～) ○代替除熱系(CUW)運転(7/16～)	○残留熱除去系(B)運転(3/14～8/8) ○残留熱除去系(A)運転(8/8～) ○冷温停止中(3/14～) ○代替除熱系(CUW)運転(7/17～)	○残留熱除去系(B)運転(3/12～) ○冷温停止中(3/12～) ○代替除熱系(CUW)運転(6/6～)	○残留熱除去系(B)運転(3/14～8/3) ○残留熱除去系(A)運転(8/3～) ○冷温停止中(3/15～) ○代替除熱系(CUW)運転(6/4～)
格納容器(隔離・除熱)	○圧力抑制プールの水温は通常温度(30℃程度)で安定(3/14、100℃未満復帰) ○格納容器ベントは実施なし	○圧力抑制プールの水温は通常温度(30℃程度)で安定(3/14、100℃未満復帰) ○格納容器ベントは実施なし	○圧力抑制プールの水温は通常温度(30℃程度)で安定(地震発生以前から継続して100℃未満) ○格納容器ベントは実施なし	○圧力抑制プールの水温は通常温度(30℃程度)で安定(3/15、100℃未満復帰) ○格納容器ベントは実施なし
外部電源	受電有	受電有	受電有	受電有
非常用電源	○非常用ディーゼル発電機(B) ○2号機非常用ディーゼル発電機(B)から受電可	○非常用ディーゼル発電機(A) ○非常用ディーゼル発電機(B) ○非常用ディーゼル発電機(H)	○非常用ディーゼル発電機(B) ○非常用ディーゼル発電機(H)	○非常用ディーゼル発電機(A) ○非常用ディーゼル発電機(B) ○非常用ディーゼル発電機(H)
異常等に関する報告	○3/11 17:35 原災法第10条特定事象(原子炉冷却材漏えい(格納容器圧力高)) →3/11 18:33 原子炉冷却材漏えいはなかったものと判断			
	○3/11 18:33 原災法第10条特定事象(原子炉除熱機能喪失) →3/14 1:24 残留熱除去系B系起動により復帰	○3/11 18:33 原災法第10条特定事象(原子炉除熱機能喪失) →3/14 7:13 残留熱除去系B系起動により復帰		○3/11 18:33 原災法第10条特定事象(原子炉除熱機能喪失) →3/14 15:42 残留熱除去系B系起動により復帰
	○3/12 5:22 原災法第15条特定事象(圧力抑制機能喪失) →3/14 10:15 圧力抑制プールの水温が100℃未満となり復帰	○3/12 5:32 原災法第15条特定事象(圧力抑制機能喪失) →3/14 15:52 圧力抑制プールの水温が100℃未満となり復帰		○3/12 6:07 原災法第15条特定事象(圧力抑制機能喪失) →3/15 7:15 圧力抑制プールの水温が100℃未満となり復帰
	○原災法第10条特定事象(敷地境界放射線量上昇(5μSv/h)) 3/14 22:07 モニタリングポストNo.1、3/15 0:12 モニタリングポストNo.3 …福島第一原子力発電所の影響による →4/3 9:30 以降、福島第二原子力発電所敷地境界における放射線量は5μSv/hを下回って推移			

	用語・略語	内容
*1	非常用炉心冷却系(ECCS)	冷却材喪失事故時、炉心の過熱による燃料および被覆管の破損を防止するため、原子炉水位が異常低下した場合に、原子炉に水を補給する系統。
*2	補助ボイラ(HB)	発電所建屋内の暖房等に使用する蒸気やプラント起動時のタービン軸封部へのシール蒸気を供給するためのボイラー。
*3	主蒸気隔離弁(MSIV)	主蒸気配管の格納容器貫通部の内側と外側に設置している弁。
*4	非常用ディーゼル発電機(D/G)	所内電源喪失時に所内へ電源を供給するためのディーゼルエンジン駆動の非常用発電機。送電線から発電所への送電がなくなった時に、発電所内で必要な電力を供給する発電機のこと。ディーゼルエンジンで駆動する。
*5	原子炉隔離時冷却系(RCIC)	通常の原子炉給水系が使用不可となり、原子炉水位が低下した場合等において、原子炉の蒸気を駆動源にしてポンプを回し、原子炉の水位確保および炉心の冷却を行う系統。
*6	残留熱除去系(RHR)	原子炉が停止した後に、炉心より発生する崩壊熱、残留熱を除去・冷却する機能及び、再循環配管の破断時に炉心及び格納容器に注水する機能を有する系統である。主なモードとして、停止時冷却モード、低圧注水モード、格納容器スプレイモード及びサブプレッションプール冷却モードがある。
*7	主蒸気逃がし安全弁(SRV)	原子炉の過圧防止のために設置された弁であり、事故等により原子炉圧力が設定圧力以上になった場合、蒸気を圧力抑制プール内へ放出し原子炉圧力を低下させる機能を有する。
*8	圧力抑制プール(S/C)	原子炉格納容器の下部にあり、原子炉圧力容器の圧力が上昇した場合にその蒸気を圧力抑制室内に導いて冷却することで原子炉格納容器内の圧力を低下させる設備。また、原子炉冷却材喪失事故時の非常用炉心冷却系の水源として水を貯蔵する役割もある。
*9	小名浜ポイント(O.P.)	福島第一及び福島第二原子力発電所において、海拔を表す場合に用いられている単位。福島県小名浜地方の1年間の平均潮位を出し、それを”0”としたもの。
*10	活性炭ホールドアップ建屋(CH/B)	原子炉から発生する放射性希ガスを、気体廃棄物処理系に設置された活性炭フィルタで吸着することにより、放射能を減衰させる装置などを収納する建屋。

	用語・略語	内容
*11	ほう酸水注入系(SLC)	制御棒(CR)の挿入ができなくなり、原子炉が未臨界にできないという状態になったとき、中性子吸収能力の高いほう酸(五ほう酸ナトリウム溶液)を注入して原子炉を未臨界にさせる制御棒の後備装置。
*12	制御棒駆動機構(CRD)	制御棒を引き抜いたり挿入したりする設備。また、緊急時に手動あるいは自動信号により、引き抜かれた制御棒を炉内に急速に挿入する際に使用する設備。
*13	タービン主蒸気止め弁(MSV)	タービンの入口に設置され、緊急時に蒸気がタービンへ流入することを遮断する弁。
*14	湿分分離器(M/S)	高圧タービンと低圧タービンの間に設置され、蒸気中に含まれる湿分を除去する装置。
*15	復水貯蔵タンク(CST)	プラントで使用する水を一時貯蔵しておくためのタンクで、通常運転中復水器の水位調整や、各浄化設備の洗浄水として使用している。また、非常用炉心冷却系(ECCS)の水源の一部として使用している。
*16	残留熱除去冷却水系(RHRC)	残留熱除去系の熱を冷却する系統。残留熱除去系の熱を直接冷却する純水の閉ループシステム。
*17	残留熱除去冷却海水系(RHRS)	残留熱除去冷却水系(RHRC)の純水側の熱を冷却する海水側のシステム。
*18	起動用変圧器(STr)	タービン発電機停止時及びプラントの起動停止時等に、送電系統から所内電源用として各種機器へ電源を供給する変圧器。
*19	ベント操作	原子炉格納容器内の圧力を降下させる操作。