

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

TEPCO

2020年9月
福島第二原子力発電所

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

発電所の概要及びレイアウト

TEPCO

発電所の概要

位置：東京から北東に約210km

楢葉町に1, 2号機,

富岡町に3, 4号機

敷地：1.5km²

南北に1.5km, 東西に1km

	1号機	2号機	3号機	4号機
炉型	BWR5 Mark II (円すい)	BWR5 Mark II 改 (つりがね)	BWR5 Mark II 改 (つりがね)	BWR5 Mark II 改 (つりがね)
熱出力 (MWt)	3,293	3,293	3,293	3,293
電気出力 (MWe)	1,100	1,100	1,100	1,100
運転開始	1982年 (昭和57年) 4月	1984年 (昭和59年) 2月	1985年 (昭和60年) 6月	1987年 (昭和62年) 8月
燃料集集体数	764	764	764	764
制御棒本数	185	185	185	185
主機メーカー	東芝 (約98%)	日立 (約99%)	東芝 (約99%)	日立 (約99%)

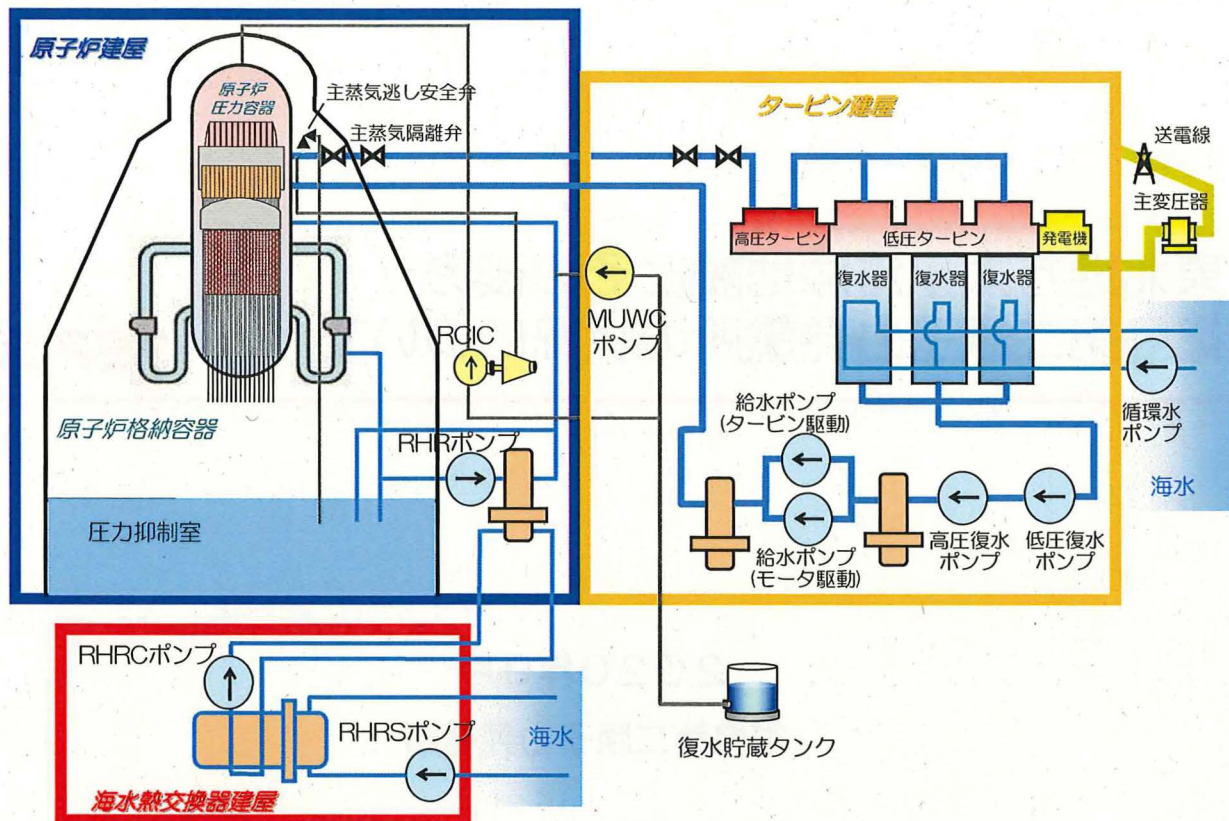


©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

沸騰水型軽水炉 (BWR) の主要設備

TEPCO



©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

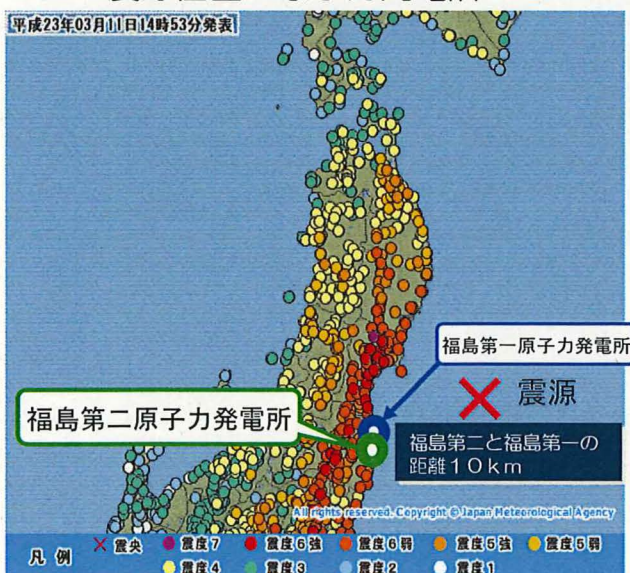
2

東北地方太平洋沖地震

TEPCO

- 発生日時：平成23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): 楢葉町, 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



©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

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

地震により新福島変電所の設備が一部損傷したこと
で外部電源が一部停止したが, 4回線の内1回線は
受電継続
(1回線点検停止中, 2回線が停止)

3

津波の到達

TEPCO

■津波の到達：3/11 15時30分頃



津波撮影ポイント



©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

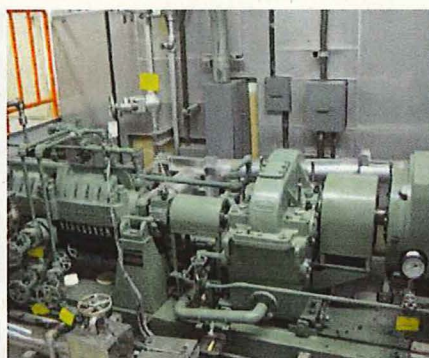
4

安全上重要な設備は地震後も機能を維持

TEPCO



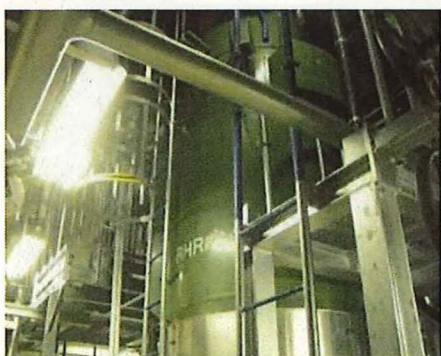
1号機ほう酸水注入系のタンクとポンプ



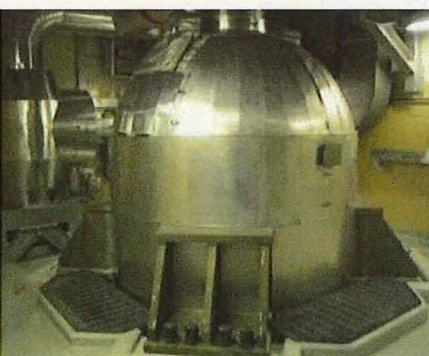
1号機制御棒駆動水ポンプ



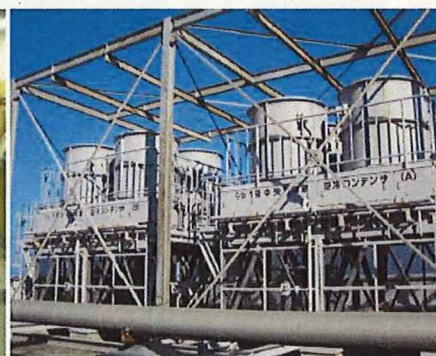
1号機水圧制御ユニット



1号機残留熱除去系ポンプ



1号機残留熱除去系熱交換器



1号機中央制御室空調用コンデンサー

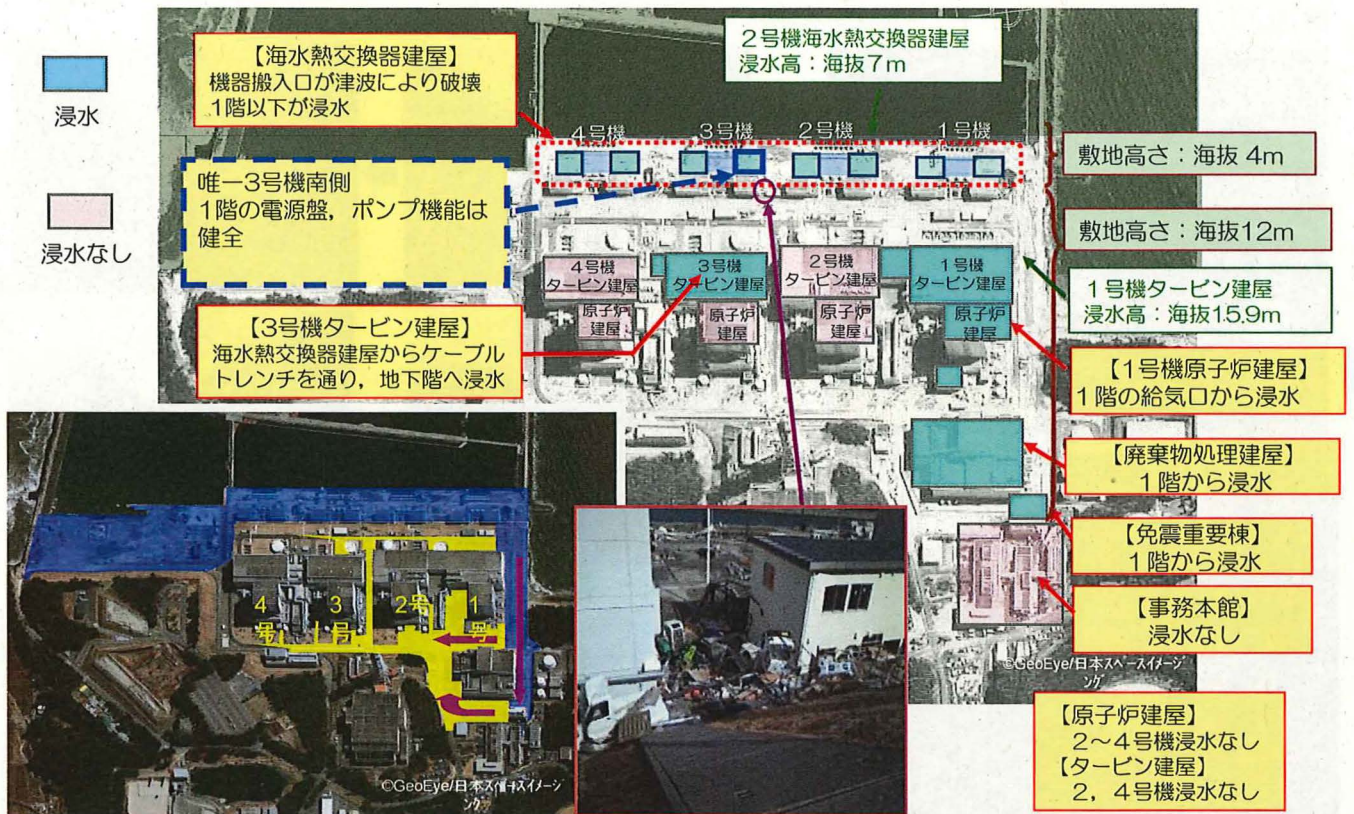
©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

5

津波浸水被害（その1）

TEPCO



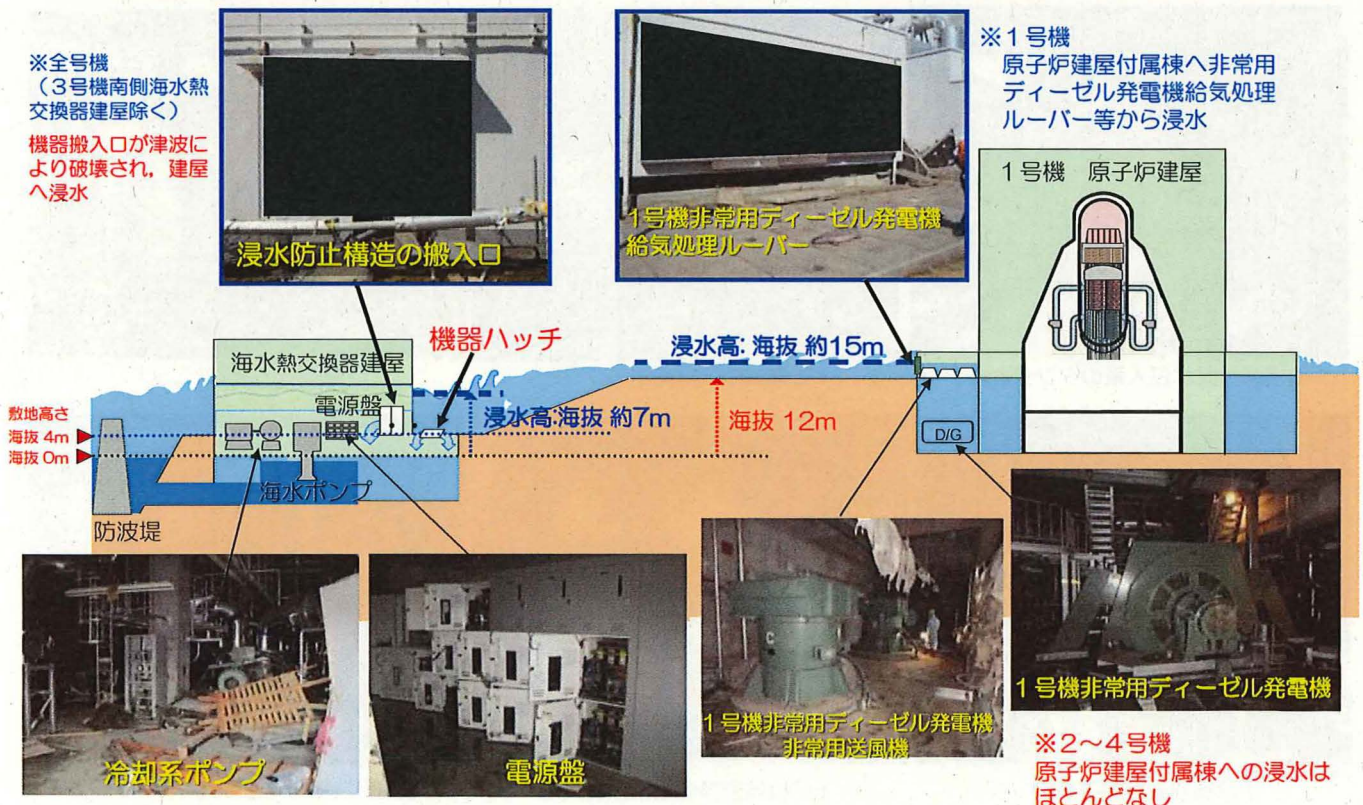
©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

6

津波浸水被害（その2）

TEPCO



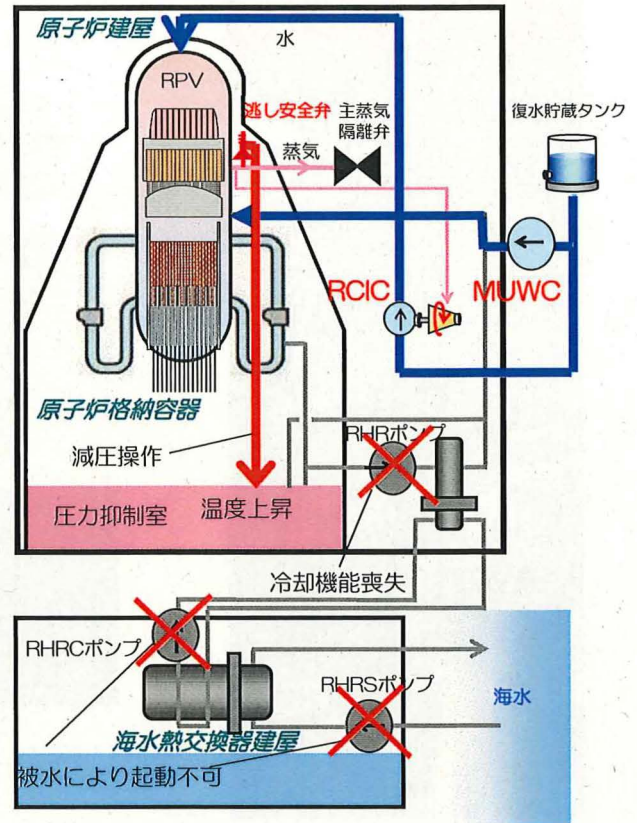
©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

7

原子炉除熱機能の喪失／対応操作による事象進展緩和 **TEPCO**

- 津波後、1, 2, 4号機の原子炉除熱のためのポンプ（電動機）が被水・使用不能※i
（※i：原災法第10条（原子炉除熱機能喪失）該当）
- 事故時運転操作手順書（徴候ベース）を活用し、RCICからの高圧注水によって原子炉水位を維持しつつ逃し安全弁にて原子炉を減圧ただし、原子炉からの蒸気で圧力抑制室水温100℃超えが発生※ii
（※ii：原災法第15条（圧力抑制機能喪失）該当）
- 低圧注水可能な圧力まで原子炉減圧後にMUWCによる代替注水で原子炉水位を維持
- MUWCによる代替格納容器スプレイで格納容器内圧力上昇を緩和



略語説明 RCIC：原子炉隔離時冷却系
MUWC：復水補給水系
RHR：残留熱除去系
RHRC：残留熱除去機器冷却系
RHRS：残留熱除去機器冷却海水系

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

8

原子炉除熱機能の復旧と冷温停止 **TEPCO**

- ウォークダウンによる設備被害状況の確認(平成23年3月11日深夜)
 - 津波警報が継続する中、所員が現場に出向して被害状況を調査
 - 除熱機能の短時間かつ効率的な復旧方法を検討し、残留熱除去系のB系統を優先して復旧することを決定
- 復旧機材の緊急調達(平成23年3月12日)
 - 交換用電動機、電力ケーブル、電源車、移動用変圧器を緊急調達
 - 交換用電動機は、東芝工場から空輸、及び柏崎刈羽原子力発電所からのトラック搬送にて確保
- 現場における機器及び電源の復旧(平成23年3月13日)
 - RHR (B) 系の補機冷却系ポンプ点検、使用不能電動機の交換
 - 健全な廃棄物処理建屋電源盤を使用し、また高圧電源車と移動変圧器を現場に配備し、仮設ケーブルを布設
 - 総延長9kmの仮設ケーブルの大半を約200名の所員及び協力企業社員の手でほぼ1日で布設
- 残留熱除去系のポンプを起動し、原子炉の冷却を開始
(平成23年3月14日)



さまざまな努力により、平成23年3月15日 午前7時15分に
全号機において冷温停止を達成

電源車の調達



電動機の交換



仮設ケーブルの布設



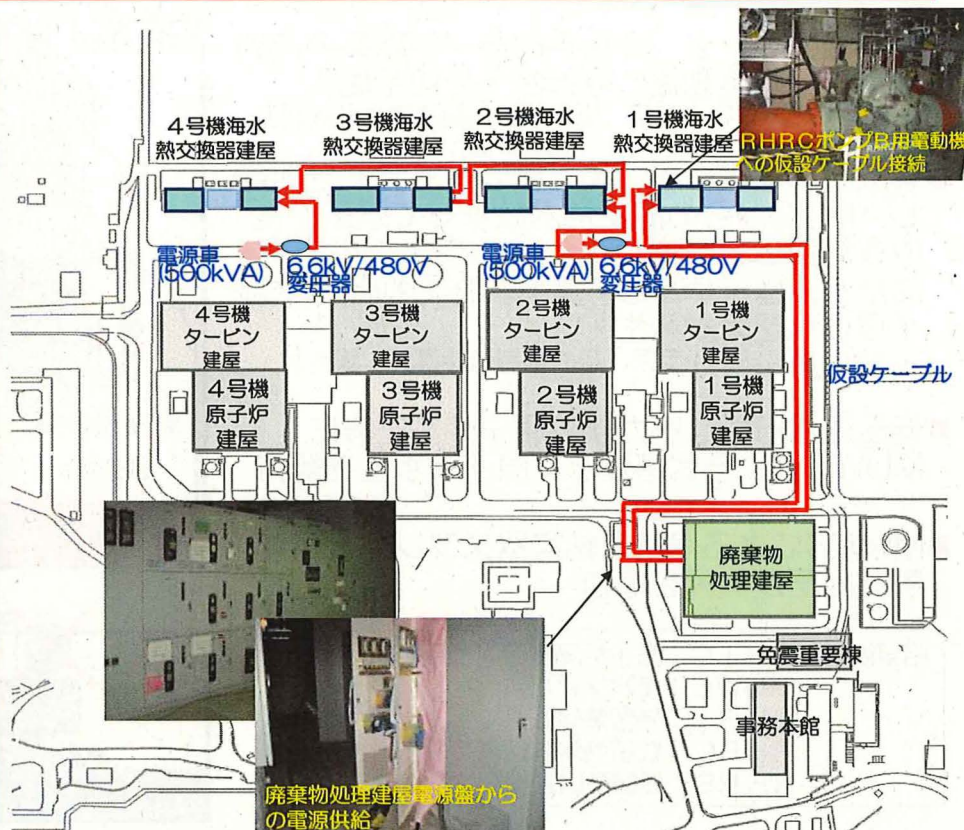
©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

9

仮設電源の供給とモーターの交換

TEPCO



©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

10

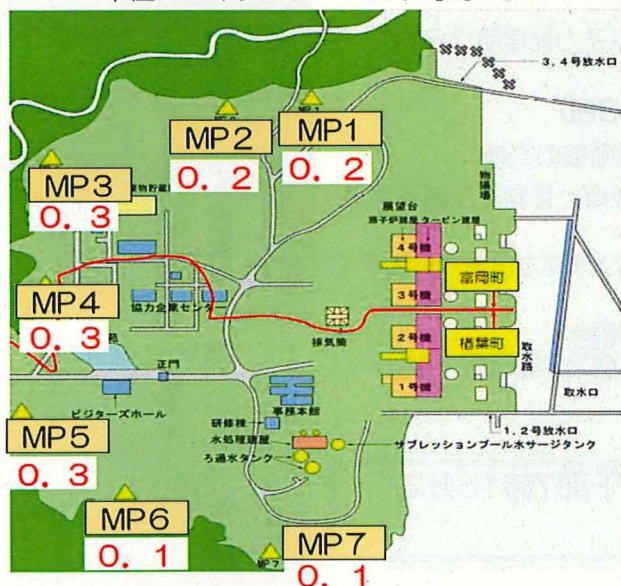
敷地境界放射線量の推移

TEPCO

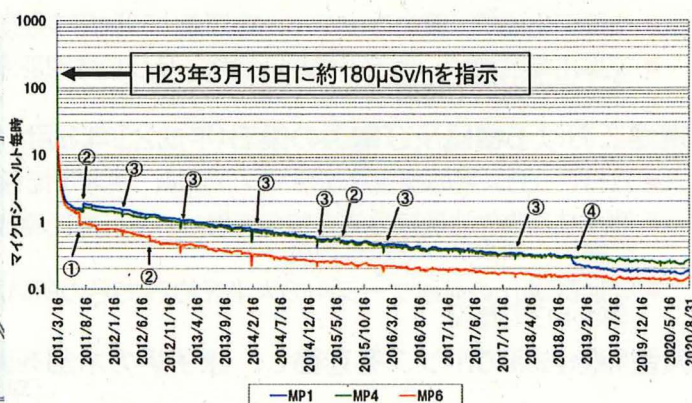
敷地境界放射線量の推移

- 平成23年3月14日22:00 福島第一の事故の影響により敷地境界放射線量が $5 \mu\text{Sv/h}$ 以上（原災法第10条に該当）
- 平成23年4月3日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
令和2年8月31日 9:00
単位：マイクロシーベルト毎時



モニタリングポストの指示値



- ① MP6付近のガレキ撤去による変動
- ② 検出器の調整の影響による変動
- ③ 積雪の影響による変動
- ④ MP1付近へのダストモニタ局舎設置による変動

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

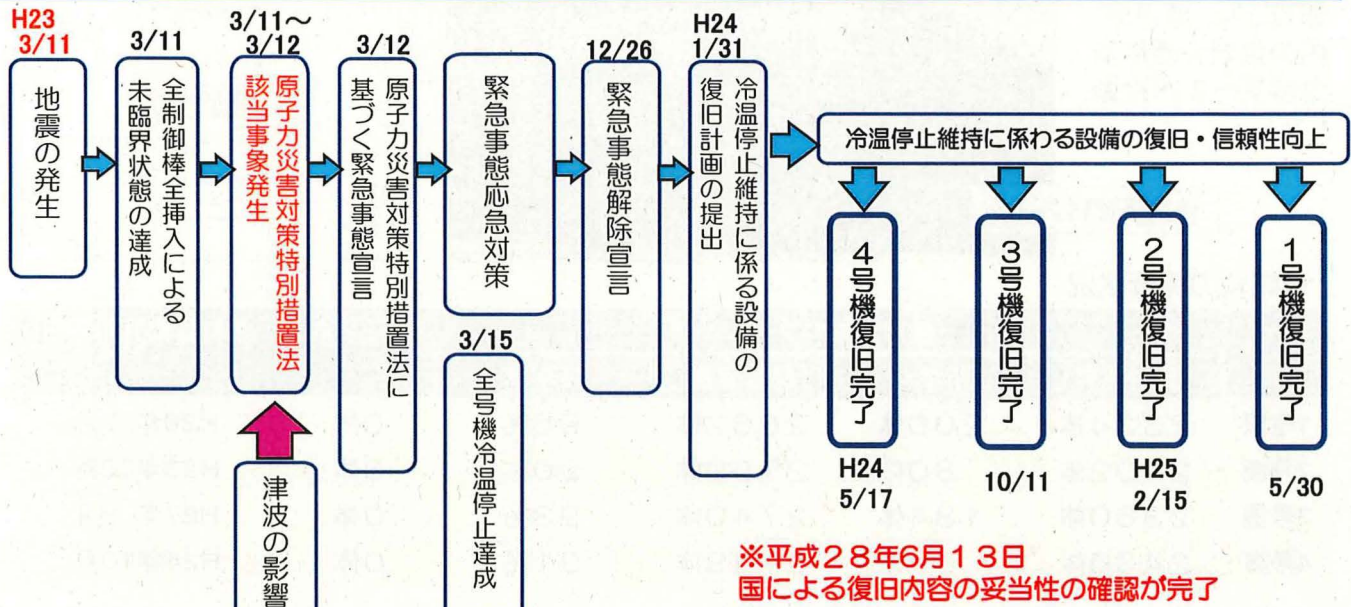
11

復旧計画に基づく設備の本設復旧

TEPCO

当社は、平成23年12月26日、緊急事態応急対策完了を受け内閣総理大臣からの「緊急事態解除宣言」が発出された以降、平成24年1月31日に原子力災害事後対策に関する計画である「復旧計画」を策定し、これに基づき計画的に復旧を実施してきた。

4号機は平成24年5月17日、3号機は平成24年10月11日、2号機は平成25年2月15日、1号機は平成25年5月30日に冷温停止の維持に必要な設備の本設復旧が完了した。



©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

12

設備の復旧状況

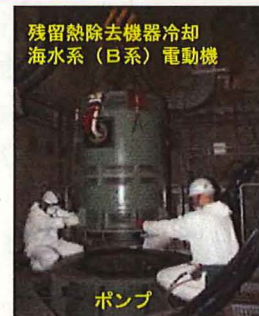
TEPCO



1号機 電源盤 (P/C 1C-1) 据付作業



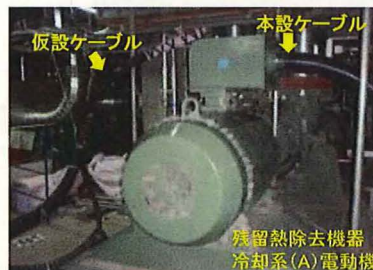
1号機 非常用D/G (A) 復旧作業



残留熱除去機器冷却海水系 (B系) 電動機 据付作業



1号機 電源盤 (P/C 1C-1) 据付後



4号機 残留熱除去機器冷却系ポンプ (A) 本設ケーブルへの切替後



3号機 海水熱交換器建屋 地下1階⇄1階 復旧状況

■復旧スケジュール

「冷温停止維持をより一層確実にする」ため、「冷温停止の維持に必要な設備」及び「保安規定遵守に係る設備」について、4号機は平成24年5月17日、3号機は平成24年10月11日、2号機は平成25年2月15日、1号機は平成25年5月30日に本設設備へ復旧完了。

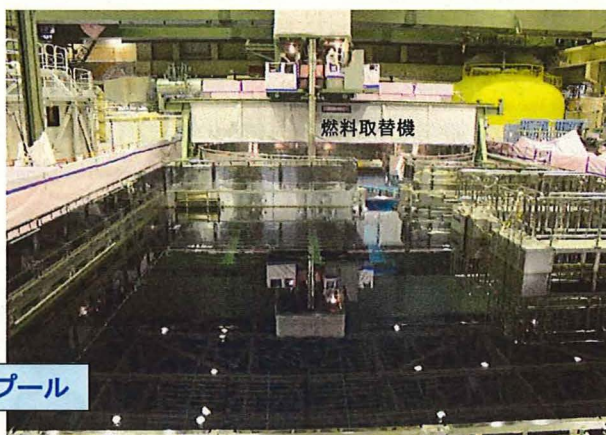
©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

13

燃料の保管

停止期間が長期に及ぶため、設備の維持管理の合理化及び効率化の観点から、原子炉内の燃料を使用済燃料プールへ移動した。



使用済燃料プール

【3号機原子炉建屋6階平面図】



●燃料の保管状況

	使用済燃料プール				原子炉内	燃料移動完了期日
	照射燃料	新燃料	保管容量	使用率		
1号機	2334体	200体	2662体	95%	0体	H26年 7月
2号機	2402体	80体	2769体	90%	0体	H25年10月
3号機	2360体	184体	2740体	93%	0体	H27年 3月
4号機	2436体	80体	2769体	91%	0体	H24年10月

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

14

燃料冷却にかかわる安全確保（その1）

新規基準を考慮した地震動（水平最大900gal※¹）及び津波（海拔27.5m※²）を策定（1回／1万年～100万年程度）。

※1：解放基盤面

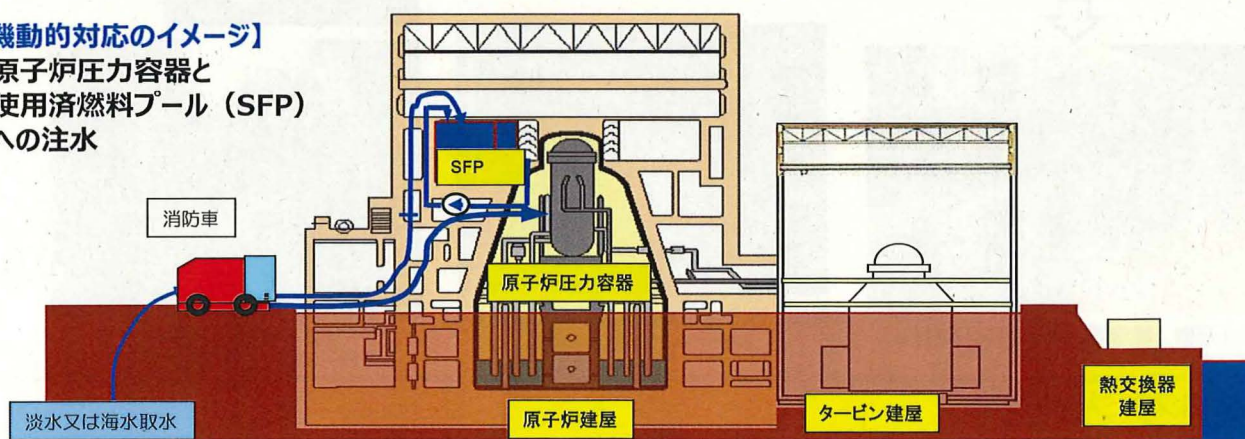
※2：1号機取水口前面

○使用済燃料プール（SFP）及び原子炉圧力容器は地震・津波に対して維持されることを確認。

○除熱機能が喪失した場合においても、機動的対応にて燃料健全性は確保可能。

【機動的対応のイメージ】

原子炉圧力容器と使用済燃料プール（SFP）への注水



*現在は、東北地方太平洋沖地震の影響により発生が指摘されているアウターライズ津波への対策として仮設防潮堤を設置。

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

15

燃料冷却にかかわる安全確保（その2）

TEPCO

■緊急時の電源確保

- ガスタービン発電機車・電源車の構内高台への配備，電源確保手順の策定
 - ・空冷式ガスタービン発電機車（4500kVA／1台）2台を配備
 - ・電源車（500kVA／1台）必要台数8台を確保
 - ・地下軽油タンク（200kL，事故発生後7日間，原子炉・使用済燃料プールの注水・除熱手段を確保するために所内で必要となる軽油量を保有）を設置



©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

16

燃料冷却にかかわる安全確保（その3）

TEPCO

■緊急時の最終的な除熱機能及び使用済燃料プールの冷却確保

- 消防車の構内高台への配備，代替注水手順の策定
- 全交流電源喪失時の予備ポンプ等を用いた格納容器ベント操作手順の策定



■がれき撤去対策の実施

- がれき撤去用重機の配備
- 通路確保用の砕石や鉄板を常備



©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

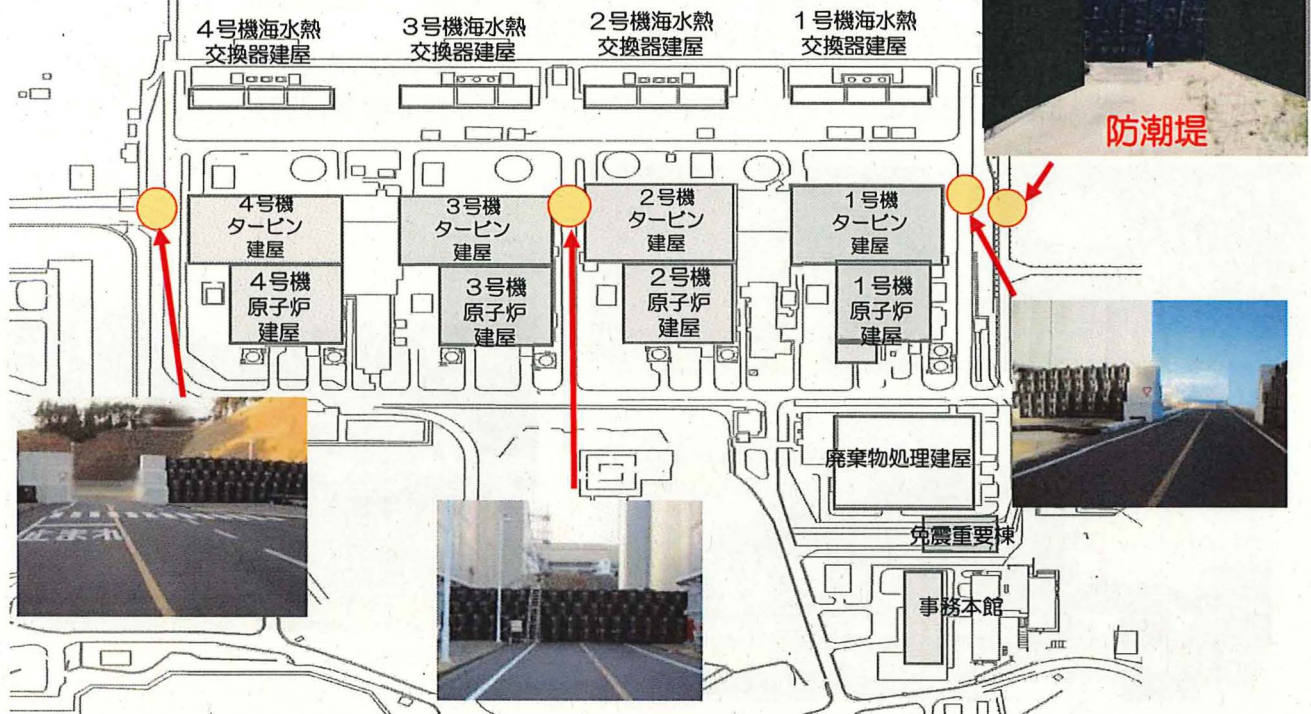
無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

17

燃料冷却にかかわる安全確保（その4）

TEPCO

アウターライズ津波対策 仮設防潮堤の設置



©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

18

技術力強化訓練（その1）

TEPCO

震災以降、緊急安全対策として、資機材の確保、電源の強化（電源車、空冷式ガスタービン発電機車の配備）、注水手段の確保（消防車の配備）を進める一方、震災時と同様の状況に至った場合でも、当社社員単独で初動対応ができるよう訓練を重ねてきた。

平成25年7月からは、震災時の経験から得た教訓をもとに、以下4つのチームを結成し、技術力の習得訓練を各チームにより計画的に行っている。

チーム名	体制	リスク対応
モータ取替チーム	各チーム 3～4班体制 (7～8名/班)	予備の冷却ポンプ用モータを運搬し、水没して使用できなくなったモータと取り替える。
ポンプ復旧チーム		水没したポンプを分解し、軸受けを交換後、ポンプを再度組み立て、復旧させる。
ケーブル接続チーム		取り替えたモータへ電源を供給するためのケーブルを布設し、モータを動かす。
ガレキ撤去チーム		上記作業を行うために道路のガレキの撤去ならびに砂利や鉄板で道路を復旧する。

- ・各班1～2回/月の頻度で訓練を実施
- ・上記4チームの他に、進捗管理や力量管理のまとめや検討会の開催等を行う「プロジェクトチーム（8名）」も設置している。



津波によるモータの被水状況



津波によるポンプの被水状況



仮設ケーブルの布設の様子



海側通路近辺のガレキ

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

19

■各チームの訓練風景

●モータ取替チーム

モータ取替作業の様子



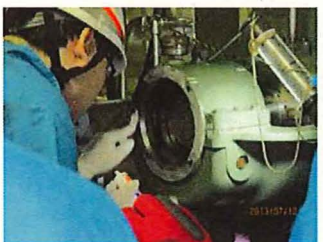
●ケーブル接続チーム

ケーブルドラムの移動・ケーブル接続の様子



●ポンプ復旧チーム

軸受の点検及び手入れの様子



●ガレキ撤去チーム

重機を使用した土砂の積み込み等、運転技術習得訓練の様子



©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

20

参考資料 略語集

■RHR：Residual Heat Removal System / 残留熱除去系

原子炉を停止した後、ポンプや熱交換器を利用して冷却材の冷却（燃料の崩壊熱の除去）や非常時に冷却水を注入して原子炉水位を維持する系統（非常用炉心冷却 ECCSのひとつ）で、原子炉を冷温停止に持ち込めるだけの能力を有している。ポンプ流量・熱交換器ともに能力が高く、以下のような運転方法（モード）を有する。

- (1) 原子炉停止時冷却モード (2) 低圧注水モード（LPCIモード） (3) 格納容器スプレイモード (4) 圧力抑制室冷却モード
(5) 非常時熱負荷モード

■RHRC：RHR Cooling Water System / 残留熱除去機器冷却系

RHR熱交換器、RHRポンプと低圧炉心スプレイ系（LPCS）ポンプのメカニカルシール冷却器などに淡水の冷却水を供給する設備。

■RHRS：RHR Sea Water System / 残留熱除去機器冷却海水系

残留熱除去系の冷却水は、熱交換器を介して冷却している。この残留熱除去系の冷却水を冷却するために海水を供給する系統。

■RCIC：Reactor Core Isolation Cooling System / 原子炉隔離時冷却系

通常運転中何らかの原因で主蒸気隔離弁（MSIV）の閉等により主復水器が使用できなくなった場合、原子炉の蒸気がタービン駆動ポンプを回して冷却水を原子炉に注水し、燃料の崩壊熱を除去し減圧する。また、給水系の故障時などに、非常用注水ポンプとして使用し、原子炉の水位を維持する。原子炉から発生する蒸気を駆動源とするため、一定の原子炉圧力がないと運転ができない。

■MUWC：Make-Up Water System (Condensate) / 復水補給水系

発電所の運転に必要なさまざまな水（水源は、復水貯蔵タンク、基本的には原子炉等で使われた水を浄化したもので、若干の放射能を含むがその濃度は低い）を、ポンプ（復水移送ポンプ）を利用して供給する系統。

■D/G：Diesel Generator / 非常用ディーゼル発電機

6、9 kVの高圧所内電源が喪失した時に、非常用母線に電源を供給するための非常用予備電源設備。

■P/C：Power Center / パワーセンタ

所内低電圧回路に使用されている動力電源盤で、しゃ断器、保護継電器、付属計器をコンパクトに収納したもの。

■CRD：Control Rod Drive / 制御棒駆動水系

制御棒（CR）を引抜いたり挿入したりする設備。緊急時には引抜かれた制御棒を炉内に緊急に挿入し燃料の損傷を防ぐ。

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

21