

## 福島第一原子力発電所における自然災害対策について

**TEPCO**

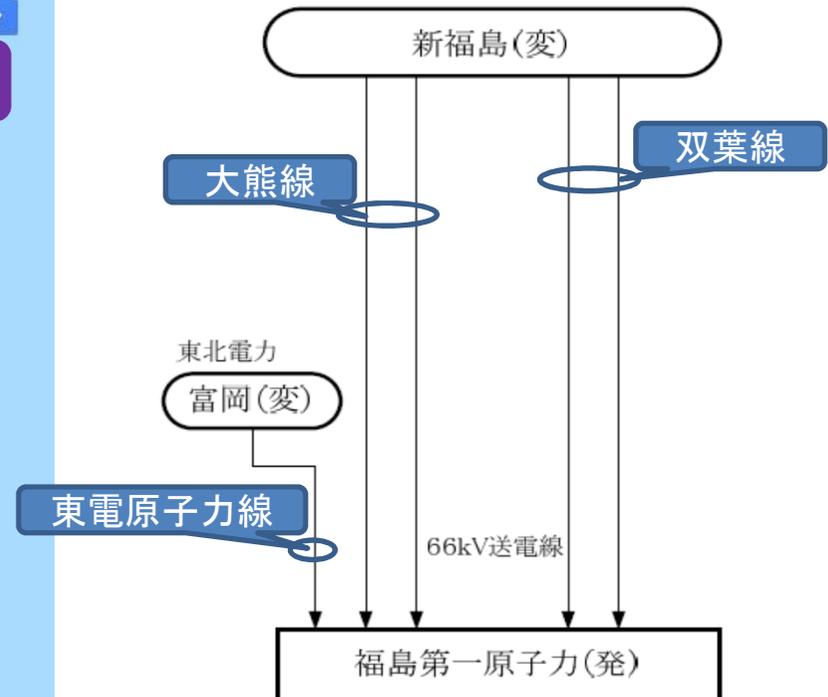
---

東京電力ホールディングス株式会社

1. 停電への対策
2. 断水への対策
3. 暴風への対策
4. 飛来物への対策
5. 高波・高潮への対策
6. 物流途絶への対策
7. 通信障害への対策
8. 雷への対策
9. 豪雨への対策
10. 台風19号接近時の状況

# 1. 停電への対策

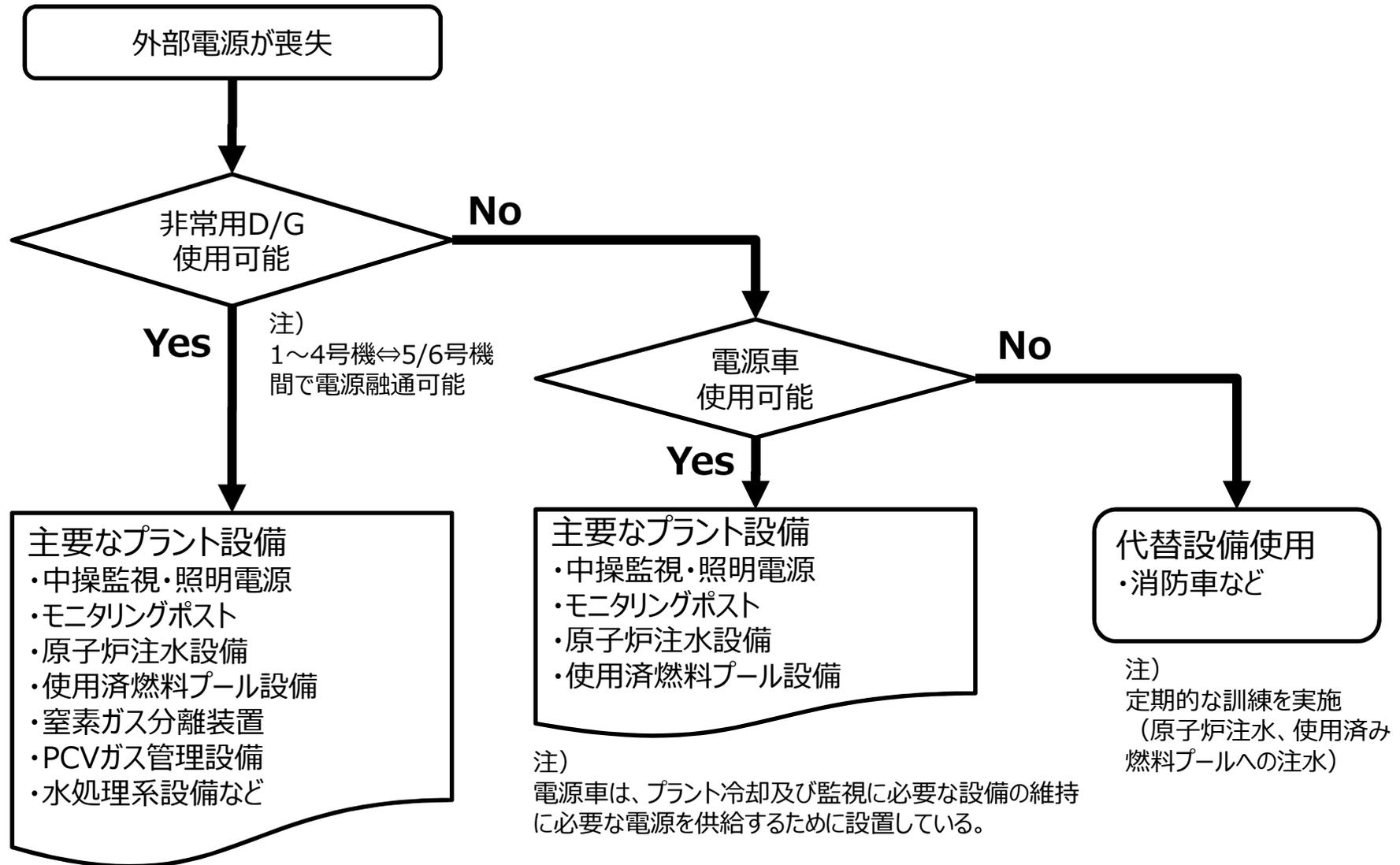
# 福島第一原子力発電所 外部電源系統



外部電源は、以下の5回線の66kV 送電線により受電可能な設備を有している。

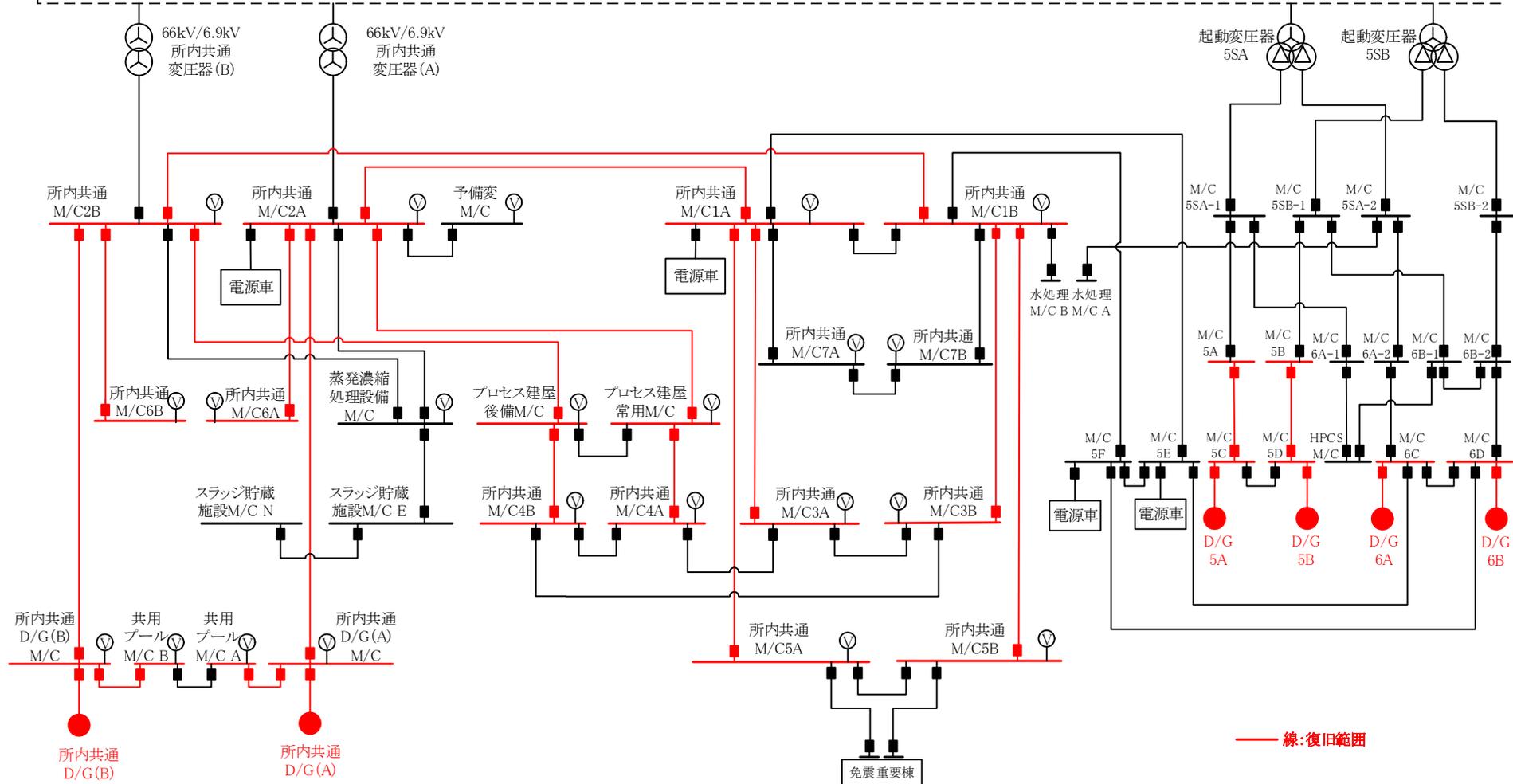
- 大熊線（2回線）
- 双葉線（2回線）
- 東電原子力線（1回線）

# 外部電源が喪失した場合の対応



# 非常用ディーゼル発電機 (D/G) による復旧 (系統構成図)

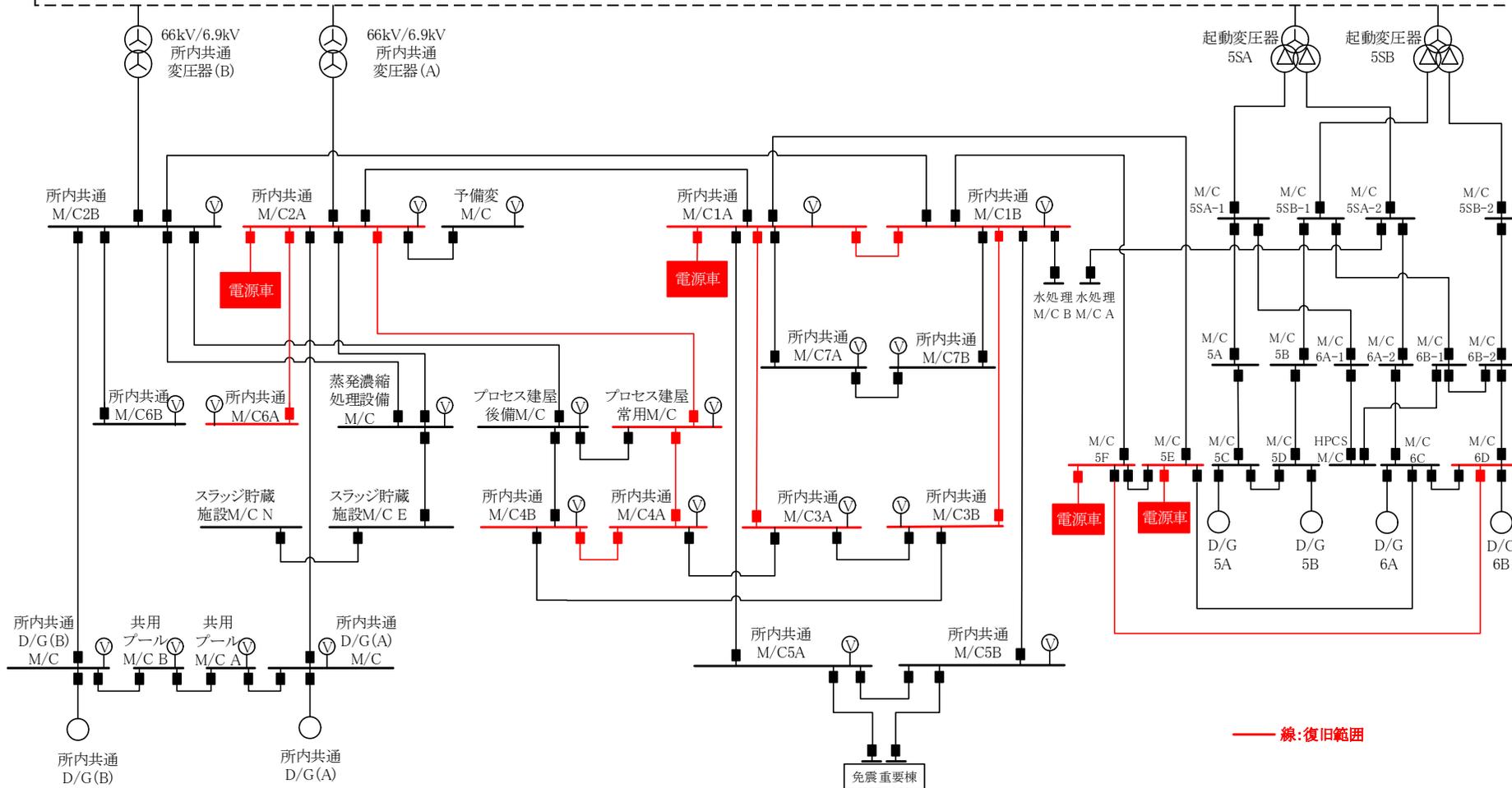
外部電源喪失(大熊線, 双葉線, 東電原子力線)



- 非常用ディーゼル発電機は1～4号機側に2台、56号機側に4台の計6台設置。
- 優先的に復旧する設備は、プラント冷却・監視機能の他、照明、周辺モニタリングポスト等である。

# 電源車による復旧（系統構成図）

外部電源喪失(大熊線, 双葉線, 東電原子力線)



- 電源車は4台保有（+2台予備あり）。なお、定期的な稼働確認、接続訓練を実施している。
- 対象設備はプラント冷却・監視機能等、特に重要度の高い安全機能を有する設備となる。

なお、発電所構内の66kV開閉所が損壊した場合、復旧には相当の時間が必要であるため、変圧器などを搭載した移動用機器を配備し、使用出来ない設備をバイパスして接続し外部電源を復旧する。

### ●非常用ディーゼル発電機

重要度の高い主要設備に対して、7日間連続で電源供給可能な軽油量を保有している。1～4号機側の設備に対して7日間で必要な量は約280KL、56号機側で約286KL。

なお発電所内に複数ある軽油タンクの貯油量はそれを上回る約570KLである。

### ●電源車、小型ディーゼル発電機

発電所構内には小型ディーゼル発電機及び電源車等の燃料として、活動3日間分を考慮して軽油45KL以上（最大60KL）、ガソリン20KL以上（30KL）を備蓄している。

電源車については定格負荷で連続運転した場合、約2時間程度毎での給油作業が必要となるが、4台が3日間連続稼働した場合でも軽油の必要量は約32KL。

・電源車の燃費：110L/h（1台あたりのタンク容量：250L）

・稼働台数4台×稼働日数3日間

→ $110\text{L/h} \times 24\text{h} \times 4\text{台} \times 3\text{日間} = 31,680\text{L} = \text{約}32\text{KL}$

モニタリングポスト、及び近傍のダストモニタについては、以下の通り、通常電源に加えて予備電源を確保することにより、敷地境界付近における監視を継続する。

## ●モニタリングポスト

- ①通常電源
- ②予備系電源（構内配電線）
- ③無停電電源装置（UPS）
- ④発電機

## ●近傍ダストモニタ

- ①通常電源
- ②予備系電源（構内配電線）
- ③発電機

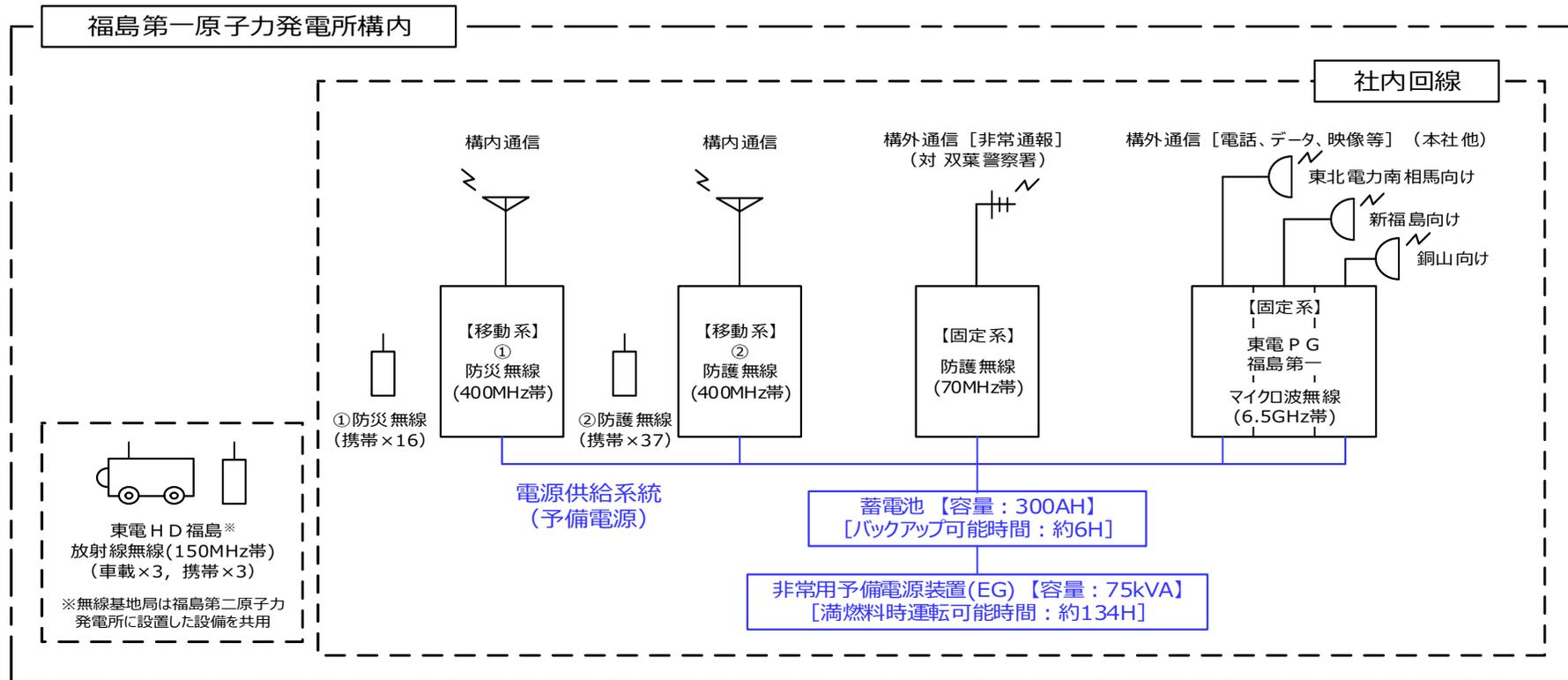
通常電源→予備系電源（構内配電線）については自動切り替えでバックアップ。

なお、モニタリングポストについては、予備系電源（構内配電線）が使用出来ない場合にはUPSへ自動切り替え。UPSでの電源供給が途絶えた後（約10時間後）は、発電機へ手動で切り替えを行い電源を供給する。なお、発電機の起動訓練についても定期的の実施している。さらに発電所構内には、モニタリングカー1台、線量率表示器複数台を配備しており、モニタリングポストが使用不能であっても代替監視が可能である。

ダストモニタについては、予備系電源（構内配電線）が使用出来ない場合には、発電機へ手動で切り替えを行い電源を供給する。ダストモニタが使用できない場合は、代替のダスト集塵器により測定を実施する。

# 通信設備（社内回線）の停電対策

社内回線のネットワークは、光回線 2 ルートと無線回線 2 ルートの 4 ルート構成で構築されており冗長化が図れている。また、停電時の対策として、バックアップ電源で蓄電池と非常用予備電源装置が配備されている。



社内回線は非常用予備電源装置と蓄電池により、約140時間（約6日間）の停電に対応可能。

プラント重要負荷設備に電源を供給する所内電源系統とは別に、発電所構内には架空配電線により電源供給する構内配電設備を有している。

主な負荷としては、

- ・構内休憩所、モニタリングポスト・ダストモニタのバックアップ電源 等

福島第一原子力発電所においては、設備不具合発生時に速やかな復旧が出来るよう必要最低限の配電用資機材について確保している。これにより、飛来物等による電線断線時には、備蓄の電線で復旧が可能である。

主な備蓄数量は、

- ・電柱：6本
- ・電線：高圧用（246m）、低圧用（1354m）

※保管場所：構内資機材置き場および浜通り物流センター

## 2.断水への対策

福島第一原子力発電所の生活用水および工業用水は、大熊町と富岡町にまたがり設置されている坂下ダムから取水を行っている。

断水想定としては、坂下ダム設備（送水のためのポンプ等）の故障や坂下ダムから発電所間に敷設されている導水管の破損等により送水が停止すること、発電所側においては受入用タンクの破損等で用水の受入自体が出来ない場合である。

受入タンクや導水管の破損等が発生した場合は、緊急工事により応急的にでも復旧することになるが、坂下ダム設備は福島県と当社による共有設備であるため、設備不具合に伴う設備復旧にあたっては、福島県と当社間の協議により対応する部分もある。

飲用水、生活用水については、ペットボトルおよびウォーターサーバー用の水を3日分を発電所構内に常備しているが、断水が長期化した場合には本社との連携により緊急物資の手配を行う。

工業用水については、陸側しゃ水壁冷凍機冷却水の補給が停止することで、冷凍機が停止し、凍結管冷却機能の喪失が考えられるが、しゃ水機能は数カ月程度損なわれることはない。

# 3. 暴風への対策

発電所構内の建物は、建築基準法に基づき基準風速※30m/秒で設計している。

また、多核種除去設備等の重要設備が設置されているテント式建物、3号機燃料取り出しカバー、排気筒についても、基準風速30m/秒で設計している。なお、通常の構造計算では、風荷重よりも地震荷重が支配的であるため、建物は基準風速以上の余力を有していることが一般的である。

震災後、緊急的に設置した仮設建物（プレハブ・テント等：免震重要棟の入口の建物など）の一部は、建築基準法の耐風設計基準によらないものがあるが、発電所構内で近年観測されている暴風（最大瞬間風速30m/秒程度）において建物被害は確認されていない。なお、これらの仮設建物は順次除却を進める予定である。

※ その地方における過去の台風の記録に基づき、風害の程度その他の風の性状に応じて30m/秒から46m/秒までの範囲内において国土交通大臣が定める風速。それによると福島県の基準風速は30m/秒となる。

※ 10分間平均風速に相当

仮設建物が被害を受け、建物内の設備（多核種除去設備や淡水化装置）に被害が及んだ場合は設備の隔離処置により漏えい等の発生・拡大を確実に防止する。なお、多核種除去設備及び淡水化装置については複数の設備・系統構成となっており、建屋滞留水の処理への影響は限定的と考えている。

また、免震重要棟入口や入退域管理棟仮設建物が被害を受け、運用上必要な機能が果たせない場合は、免震重要棟内、入退域管理棟内に装備品置き場やサーベイのための放管員を確保し対応する。

### ●大型クレーン、現場資機材等への対応

通常はアンカー固定による転倒防止を図るが、各クレーンの耐風速以上となる見通しがある場合にはジブを伏せる処置を実施する。下記に代表的なクレーンのジブ伏せの判断基準を示す。

- ・750tクローラクレーン : 最大瞬間風速50m/秒
- ・600tクローラクレーン : 最大瞬間風速40m/秒

なお、台風予測等を鑑みて保守的にジブの伏せ処置を行う場合もある。

資機材等については、飛散防止を図るため日常的に固縛等は実施しているが、台風接近等により風が強まる場合は、事前に固縛、養生、片付けの再確認・徹底を行う。

### ●作業中止処置等の例

強風時（10分間の平均風速が10m/秒以上の場合）、安衛法（労働安全衛生規則、クレーン等安全規則等）により、クレーン作業、鉄骨や型枠支保工の組立等の作業、足場や架台組立等の作業、高さ2m以上の箇所での作業等を中止する。

また、港湾や海岸でのサンプリング作業など屋外作業については、自主的に判断基準を設けて判断しているが、基準だけでなく「安全最優先」、現場の状況をふまえて中止の判断も行う。

# 4. 飛来物への対策

飛来物により大型タンク、移送配管等が損傷を受け汚染水漏えいが発生する可能性が否定できないが、タンクからの漏えいに関しては、タンク外周部に堰を設けて、漏えいが発生した場合の外部への流出防止を図っている。

タンク外周部の堰の容量はタンク20基当たり1基分の貯留容量（20基以上の場合は20基当たり1基分の割合の容量、1基に満たない場合でも1基分）を有している。また、上記とは別に、更に外周に堰を設けている。

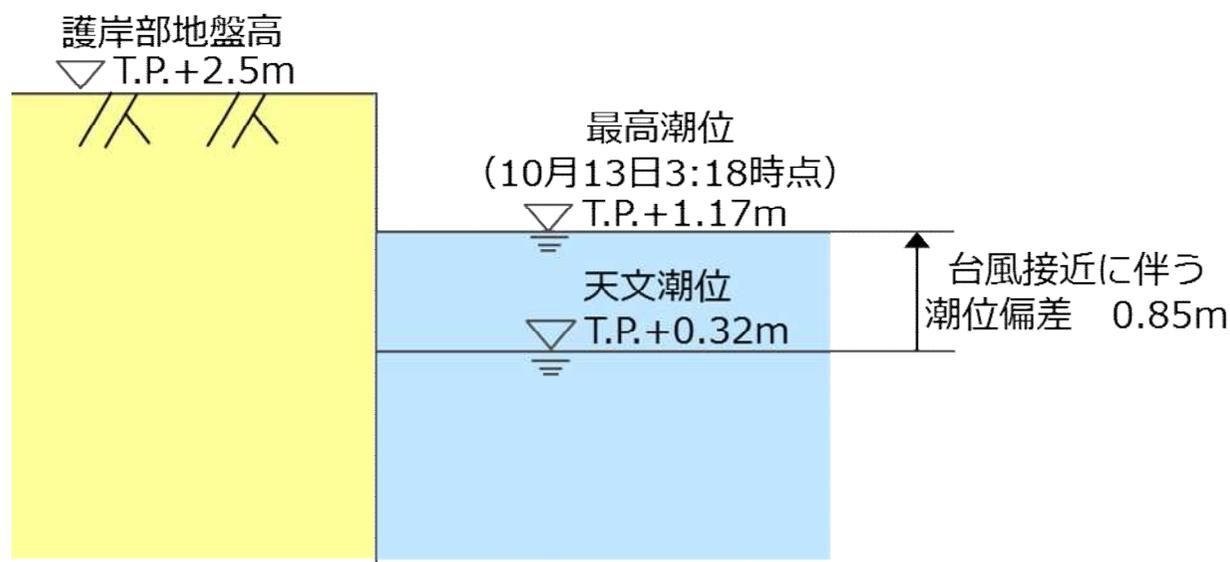
なお、各タンクの水位は、免震重要棟集中監視室にて監視（表示・警報）しており、異常が確認された際には速やかな対応、措置がとれるようにしている。

移送配管を含め、万が一、外部（堰外）に漏えいした場合は、土のう設置等による機動的対応により漏えい拡大防止を図り、その後は汚染土壌の回収を行うことで汚染の拡大を防ぐ。なお、土のうは発電所構内に準備済み。

漏えい水が排水路へ流入した場合または恐れがある場合（また排水路はモニターで監視しており、異常な数値の上昇が確認された場合）は、ゲートを閉鎖するとともに排水路内の水をタンクなどへ移送する対応をとる。

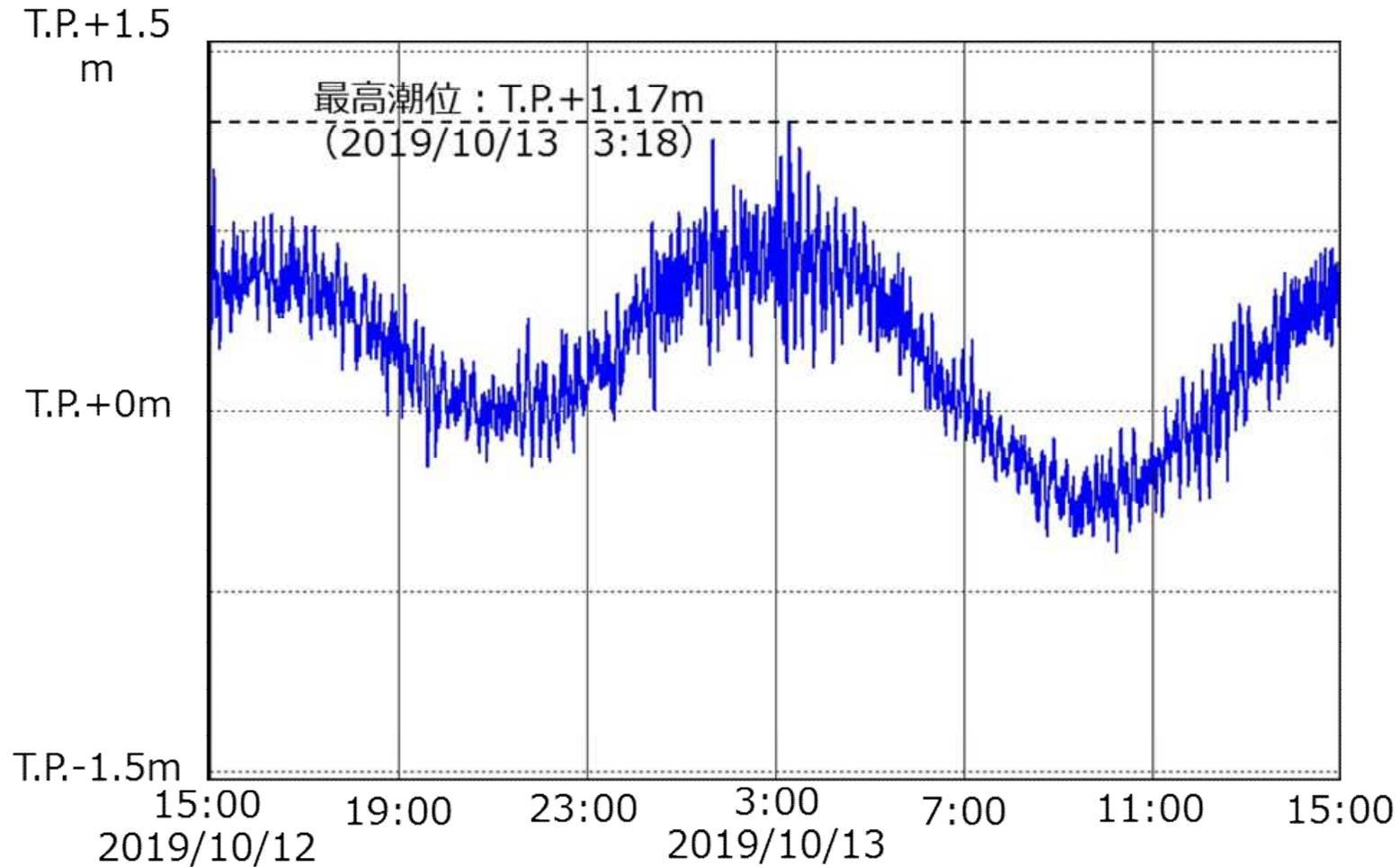
# 5.高波・高潮への対策

- 台風19号の接近と満潮のタイミングが重なり、2019年10月13日 3:18 時点で福島第一原子力発電所港湾内では、**最高潮位：TP+1.17m（潮位偏差※：0.85m）**を記録  
※潮位偏差=実測潮位-天文潮位
- 大型の台風（10月13日3:00時点 中心気圧：975hPa）の接近であったものの、護岸部地盤高TP+2.5m盤に対して1.3m程度の余裕があり、設備への影響は無かった



護岸部地盤高と台風接近に伴う潮位上昇のイメージ

# (参考) 2019年台風19号接近時における潮位データ



福島第一原子力発電所港湾内潮位データ  
(2019/10/12 15:00~2019/10/13 15:00)

# 6.物流途絶への対策

### ● 食料等について

新事務本館及び免震重要棟に食料、飲用水を3日分備蓄している。

- ✓ 原子力防災要員として新事務本館500人分／免震重要棟300人分と設定し、800名分の食料ならびに飲料水を確保している。
- ✓ 備蓄としてはアルファ米（白米）や長期保存が可能なパン、各種缶詰、発熱剤等。
- ✓ 協力企業の備蓄食料については、各社にて手配が整わない場合は、当社から融通を行うなどの弾力的な運用を図る。
- ✓ 災害等の緊急時は、福島県内の弁当会社へ食事を手配し、提供することも食事提供方策の一つと考えている。
- ✓ 発電所にて備蓄している食料等の保有数が不足した場合においても、本社厚生班と連携し、関東圏からヘリコプターや車両を利用して輸送する体制を整えている。

# 7.通信障害への対策

基地局や電線などの被害による通信障害への対策として、以下のような通信手段を準備している

名称	配備数量	代替手段
社内回線	—	自社の光回線及び電源等を備えている。本社（東京）を經由した連絡が可能
無線通信	—	有線通信が断線した場合、マイクロ波を利用した無線通信により社外・社内への連絡が可能
衛星携帯電話	4台	携帯電話基地局が使用不可能な場合に備え、衛星携帯電話による通信を確保

なお、2011年3月の事故の際は、固定電話及び携帯電話サービスが停止したことにより、発電所の状況など情報伝達が十分出来ない状態であった。

上記の通り、発電所側に衛星携帯電話を複数用意するとともに、各自治体へ派遣する社員が衛星携帯電話を所持することで、外部との通信連絡手段は確保できると考えている。

# 8.雷への対策

# 乾式キャスク仮保管設備における設備不具合について

## ■ 発生概要

2019年7月29日、発電所周辺での落雷に伴い、乾式キャスク仮保管設備において、乾式キャスク37基のうち7基で蓋間圧力が測定不能となった。

## ■ 時系列

15:47頃

当社社員が免震重要棟の監視用端末にて、警報「乾式キャスク蓋間圧力異常」の発生、および乾式キャスク7基で蓋間圧力計2系統が異常を示し測定不能となったことを確認（同時時間帯に落雷あり）

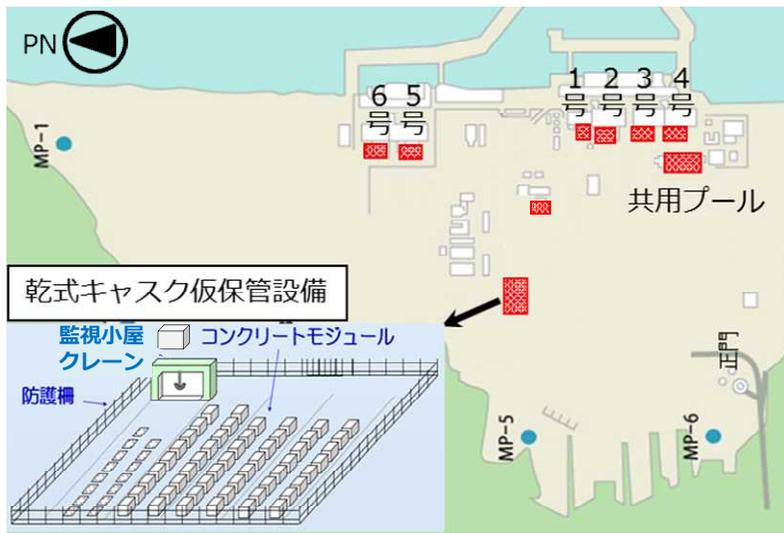
蓋間圧力計1系統のみ異常値を示した乾式キャスク9基あり（監視可）

キャスク表面温度及びエリア放射線モニタの指示値に有意な変動なし

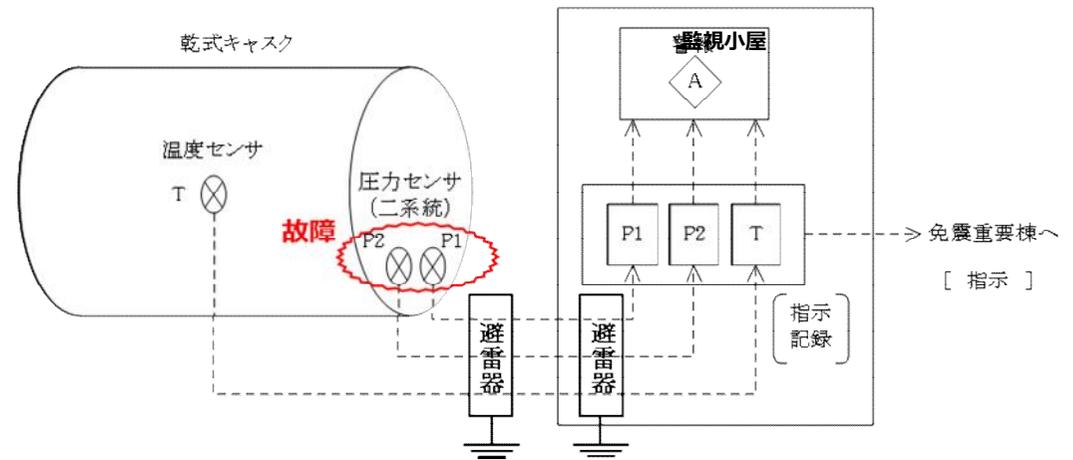
17:05

異常値を示すキャスク7基の圧力センサを可搬型の測定器を用いて調査。すべての圧力センサが異常値を示し、故障していることを確認

～20:25

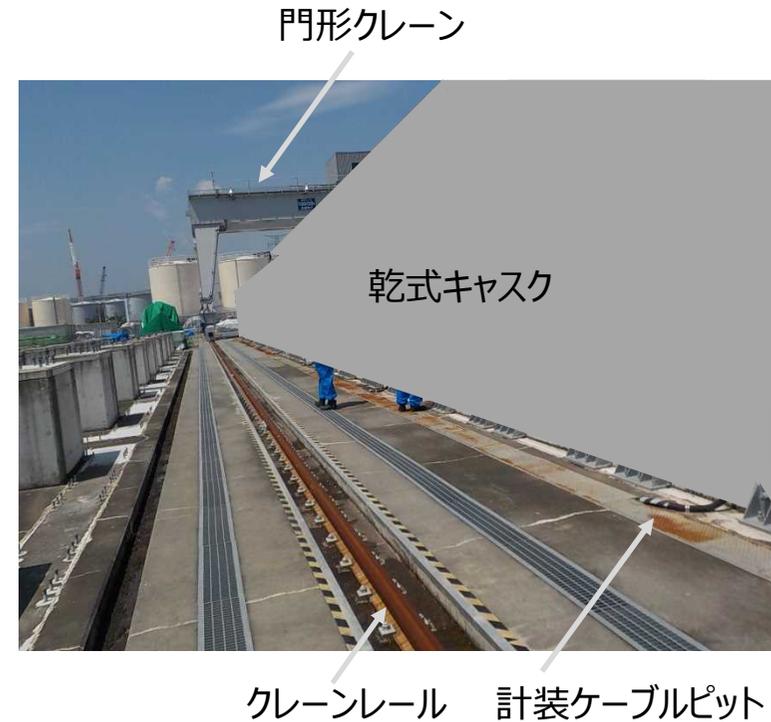
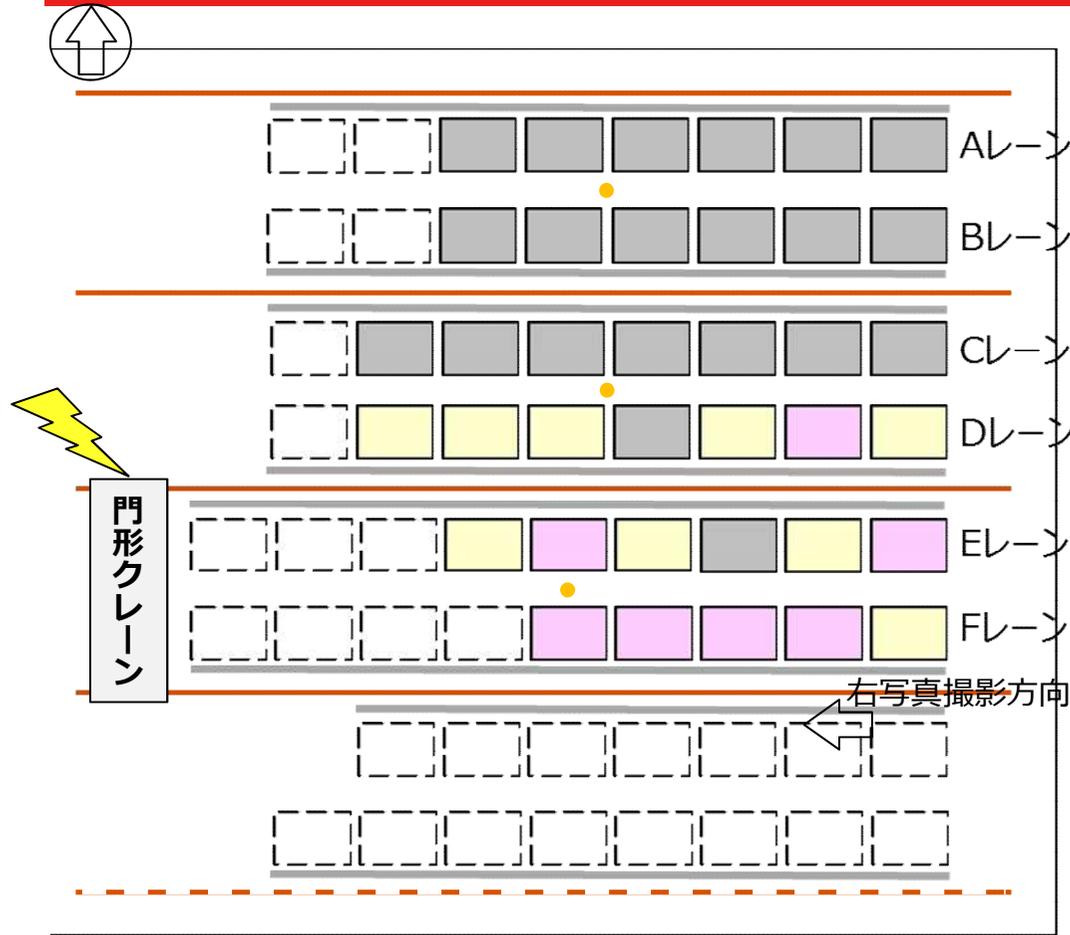


乾式キャスク仮保管設備配置図



無断複製を禁ず。東京電力ホールディングス株式会社 乾式キャスク概略図

# 乾式キャスク仮保管設備における設備不具合について



- キャスク : 37基
- 圧力センサ故障なし (21基)
- 圧力センサ2系統監視不能 (7基)
- 圧力センサ1系統監視不能 (9基)
- キャスク将来設置用
- エリア放射線モニタ
- クレーンレール
- 計装ケーブルピット



## ■ 本年7月29日の発電所構内の落雷の影響

- ✓ 落雷の影響で使用済燃料乾式キャスク仮保管設備監視計器他が損傷
- ✓ 乾式キャスク仮保管設備では、接地が構内メッシュ接地網に連系されているが、接地網までの距離が大きく、接地電位上昇が生じやすい状態であった。
- ✓ 現在、接地極の追設等の対策を実施中

## ■ 重要な設備\*の耐雷対策

※実施計画Ⅱに記載している設備の機能に影響を与える設備や、運転上の制限の逸脱を監視している設備を指す。

「建築基準法」や「JEAG4608-2007 原子力発電所の耐雷指針」等により、以下の3項目を組み合わせて構成している

### 雷直撃の防止

- ① 露出充電部を持つ屋外の電力設備は架空地線または避雷針等により遮蔽する
- ② 高さ20mを超える建築物、鉄塔等には避雷針等を設ける

### 雷サージの抑制

- ① 送受電設備の適切な箇所に避雷器を設置する
- ② 接地抵抗値の低減を図る
- ③ シールド付きケーブルを使用する

### 雷サージの影響阻止

- ① 計測制御設備の適切な箇所に避雷器/保安器を設置する
- ② 絶縁変圧器等を設置する

## ■ 他設備への展開

設備が屋外の広範囲に展開されている当発電所の特徴を踏まえ、現状の耐雷対策の具体的な考え方を再整理し、重要な設備について現状の耐雷対策の妥当性の再確認を実施中。強化が必要と確認された機器については、順次対応する。

# 9. 豪雨への対策

- ▶ 2018年7月に発生した西日本豪雨※<sup>1</sup>に代表されるように、近年日本国内において豪雨災害が頻発していることから、福島第一原子力発電所敷地内においても、豪雨時の状況を想定する為に、浸水解析を2018年より進めている。
- ▶ 2018年度は、解析モデルを構築するために、排水路モデルの整理、地形データ取得のために航空測量（落葉時期実施）を行った。
- ▶ 2019年度に入り、福島第一原子力発電所の降雨量の実測値を基に1000年確率の降雨量（417mm/24時間、115mm/1時間）を想定し、浸水解析を行っている。
- ▶ 417mm/24時間の浸水解析により、1-4号機建屋周辺（山側の大物搬入口付近）で最大25cm程度浸水するという結果が得られた。
- ▶ 解析結果を踏まえ、300mm以上/24時間の降雨が予報された際、大熊通りや建屋開口部への土のう設置など、機動的対応を実施することで、直接的な建屋への雨水の流入を抑制する。

※1広島県呉市約370mm/2日(2018/7/6~7)、山岳部などでは、700mm/日程度も観測

# 内水浸水解析の結果（1-4号機建屋周辺エリア）

- 解析条件となる降雨量は1F構内の降雨量を基に1,000年確率雨量:**417mm/24時間**、**115mm/1時間**とし、実績の降雨量を引き延ばし策定。基となる**降雨波形は時間雨量が大きいものから選定**。（1F構内における過去40年の日の実績最大は**278mm/日**）
- 原子炉建屋大物搬入口近傍では**25cm程度**の浸水深が**1時間程度**継続する結果が得られた。
- 1-4号建屋に表流水を近づけないための応急対策として、大型土のうの設置と大物搬入口には30cm程度の土のう等の堰を設置することにより、仮に豪雨が発生したとしても、**建屋への直接的な流入は抑制される**と考えている。

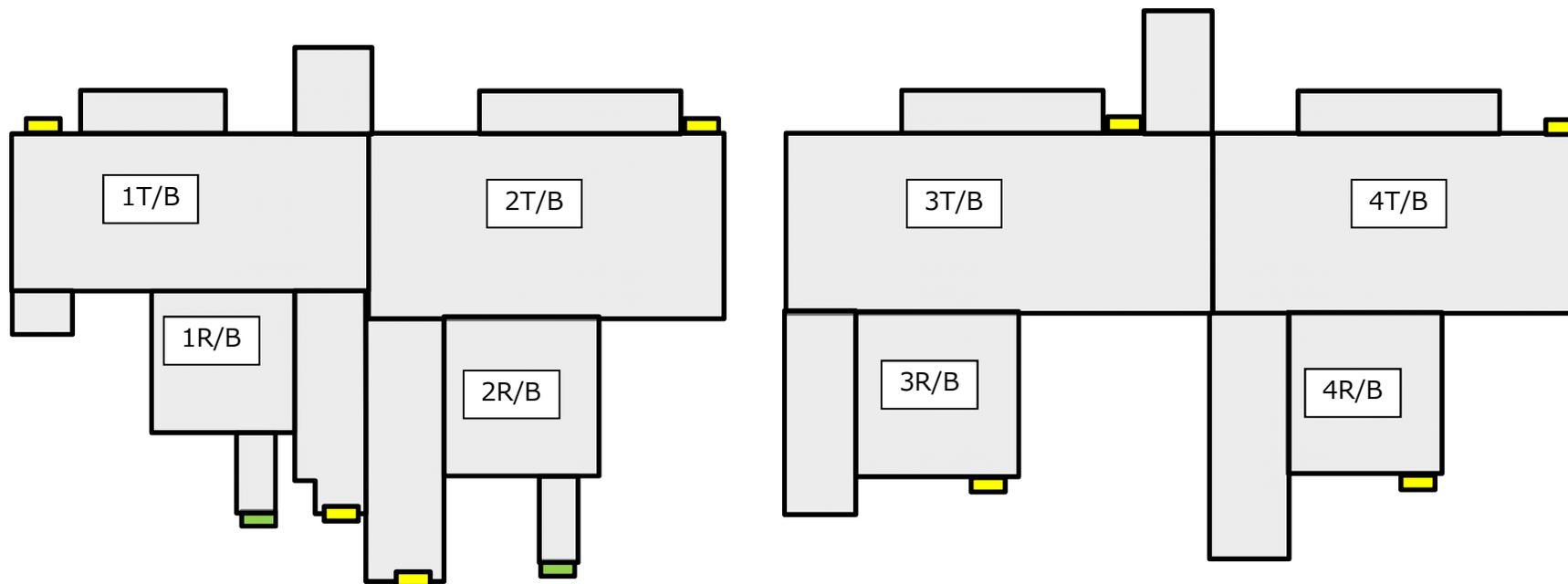
➤ 【最大浸水深マップ（1-4号機建屋周辺）：417mm/24h,波形:2009年】



原子炉建屋大物搬入口

# 建屋流入対策（土のう設置等）

➤ 流入対策として、建屋開口部へ土のう設置等（高さ30cm程度）の対策を実施。



開口部への土のう設置例

凡例：  
■ 土のう設置：8箇所  
■ 隙間埋め（パッキン設置）：2箇所

# 内水浸水解析の降雨条件及び浸水深

- 解析条件となる降雨量は、1F構内の降雨量を基に1,000年確率雨量:**417mm/24時間**、**115mm/1時間**として、実績の降雨量を引き延ばし策定した。
- 基となる降雨波形は、1F構内における過去40年データから1時間雨量の上位3番目までの降雨を選定。
- 建屋山側の大物搬入口前の浸水深は7cm~25cmとなり、浸水深は波形Ⅱの降雨が大きくなっている。

	波形Ⅰ (1993)	波形Ⅱ (2009)	波形Ⅲ (1992)
降雨条件	<p>1993年11月13日~14日</p> <p>24h</p> <p>— 実績雨量 — 引延ばし</p>	<p>2009年10月7~8日</p> <p>24h</p> <p>— 実績雨量 — 引延ばし</p>	<p>1992年6月21~22日</p> <p>24h</p> <p>— 実績雨量 — 引延ばし</p>
実績	<p>1時間雨量：64.0mm (実績1位) 日雨量：183mm</p>	<p>1時間雨量：54.5mm (実績2位) 日雨量：277mm</p>	<p>1時間雨量：53.0mm (実績3位) 日雨量：278mm (実績1位)</p>
浸水深	<p>β-A-1</p> <p>1号機：0.07m</p>	<p>β-A-II</p> <p>1号機：0.14m 2号機：0.25m</p> <p>2号機大物搬入口前は標高が低いため、 浸水深が大きくなっている。</p>	<p>β-A-III</p> <p>1号機：0.09m</p>

# 10. 台風19号 接近時の状況

## ■ 人身安全・設備安全の確保

- 大型クレーン全台のブームの伏せ、資機材等の固縛・片付けを行い、クレーンの転倒防止や飛散物の抑制を図った。
- 建屋滞留水水位の上昇リスクを考慮し、あらかじめ、サブドレンピット水位設定値を上げ、建屋滞留水との水位差の確保を行った。  
また、建屋への雨水の流れ込み抑制のため、土のうを設置した。
- 電源車については、定例で稼働確認を行っており、有事に稼働できるようにしている。
- 1号機原子炉建屋オペレーティングフロアのがれきについては、定期的な「ダスト飛散防止剤」の散布の実施だけでなく、接近前にミスト散水を実施し、ダスト飛散防止を図った。
- 10月12日～13日は、原則作業を中止した。

## ■ 態勢の確保

- 発電所の初動対応のための要員約50名に加え、不測の事態発生に対しても発電所近傍に約100名の社員を待機させた。
- 台風通過後のパトロール要員として、約50名の社員を確保し、通過後の13日午前中から、現場の安全状況を確認した上で現場パトロールを実施した。

## 【参考】台風19号接近前対応状況

### ➤ クレーンのブーム伏せ状況



(600 t クレーン)



(350 t クレーン)

### ➤ 大型土のう設置状況



## ■ 台風接近中

- 台風接近に伴う雨量の増加とともに各建屋で漏えい警報が発生した。
- いずれも現場確認を実施し、汚染水の漏えいは確認されていないこと、漏えい検出器付近に雨水が流入していることが確認されたため、当該警報の発生要因は雨水によるものと判断している。

## ■ 台風通過後パトロール結果

- 台風通過後のパトロールを10月13日午前中に実施。
- 発電所運営上や主要設備に影響がある異常は確認されなかった。
- パトロールで確認された状況は、
  - ・処理水タンクの堰カバー（堰内雨水流入抑制用）の一部損傷（破れ）
  - ・発電所敷地内の一部法面の崩落

# 発電所敷地内の状況

【一部崩れている状況】

① 第二土捨場北構内道路



② 陳場沢川河口付近



【応急処置後の状況】



【敷地内発生位置図】



### ■ 降雨量

福島第一では10月11日午前0時から10月13日午前6時までに累計260mmの降雨。

### ■ 地下水・建屋滞留水管理

- 1-4号建屋周辺エリア（8.5m盤）の地下水位については、サブドレンピット水位設定値（L値）を台風接近前に+850mm（TP.550mm→TP.1400mm）上げ、建屋滞留水水位（設定：TP.-1300mm）との水位逆転が発生しないよう対応を行った。
- 各サブドレンピット水位は、台風通過直後で、降雨及び設定水位の変更などで平均約2mの上昇が見られた。
- 一方、建屋滞留水水位の上昇は最大870mm(1号機R/B)、平均400mm程度であり、水位逆転はなかった。
- 護岸エリア（2.5m盤）の地下水位については、地下水ドレンピット水位が200mm（TP.1600mm→TP.1800mm）程度上昇したが、地表面（TP.2.5m）までは十分に余裕があった。
- 護岸エリアの汲み上げ量は、台風通過直後で約80m<sup>3</sup>/日から約350m<sup>3</sup>/日に増加したが、汲み上げ能力内で対処可能であった(護岸エリア最大汲み上げ能力:1000m<sup>3</sup>/日以上)。なお、万一の越流を考慮しパワープロベスター（吸引車）1台を現場に待機させていた。  
（使用は無し）

## <参考> 10月25日低気圧通過後の状況について

- 福島第一では10月25日午前0時から10月26日午前6時までに累計148mmの降雨。
- 雨量の増加に伴い各建屋で漏えい警報が発生したが、いずれも警報の発生要因は雨水によるものと判断。
- 敷地内の法面についてパトロールを実施し、台風19号において一部崩れが確認されていた法面の崩れに多少の進展があったものの、その他の法面について新たな崩れは無かった。
- 設備点検を実施した結果、主要設備に影響のある異常は確認されなかった。
- プラント関連パラメータや発電所敷地内のモニタリングポスト、ダストモニタの値においても、有意な変動は見られなかった。
- 港湾内では、港湾口底刺し網（三重化）・開渠内シルトフェンス・メガフロートを含め、その他の設備に異常は確認されなかった。