

# 高浜発電所に係る地域協議会幹事会 説明資料

2023年5月18日  
関西電力株式会社



## 目 次

1. 4号機 原子炉自動停止の原因調査と対策 1 ~ 9
2. 1,2号機 安全対策と再稼動に備えた対応状況  
(点検・検査・訓練等) 10 ~ 28

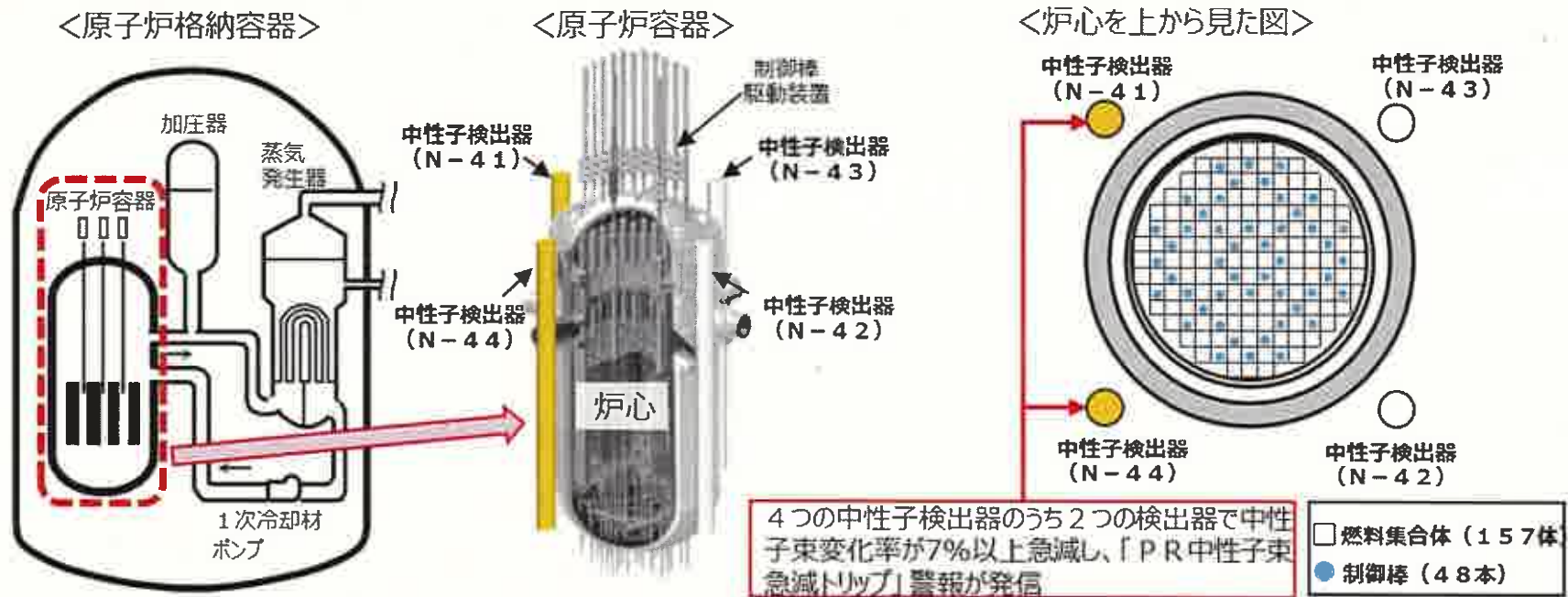
# 1. 4号機原子炉自動停止の原因調査と対策

# 4号機 原子炉自動停止の事象概要

## <事象概要>

4号機は定格熱出力一定運転中のところ、2023年1月30日15時21分、B中央制御室に「PR中性子束急減トリップ※」警報が発信し、原子炉が自動停止するとともにタービンおよび発電機が自動停止した。

その後、1月30日15時35分に高温停止状態、1月31日20時33分に冷温停止状態へ移行した。

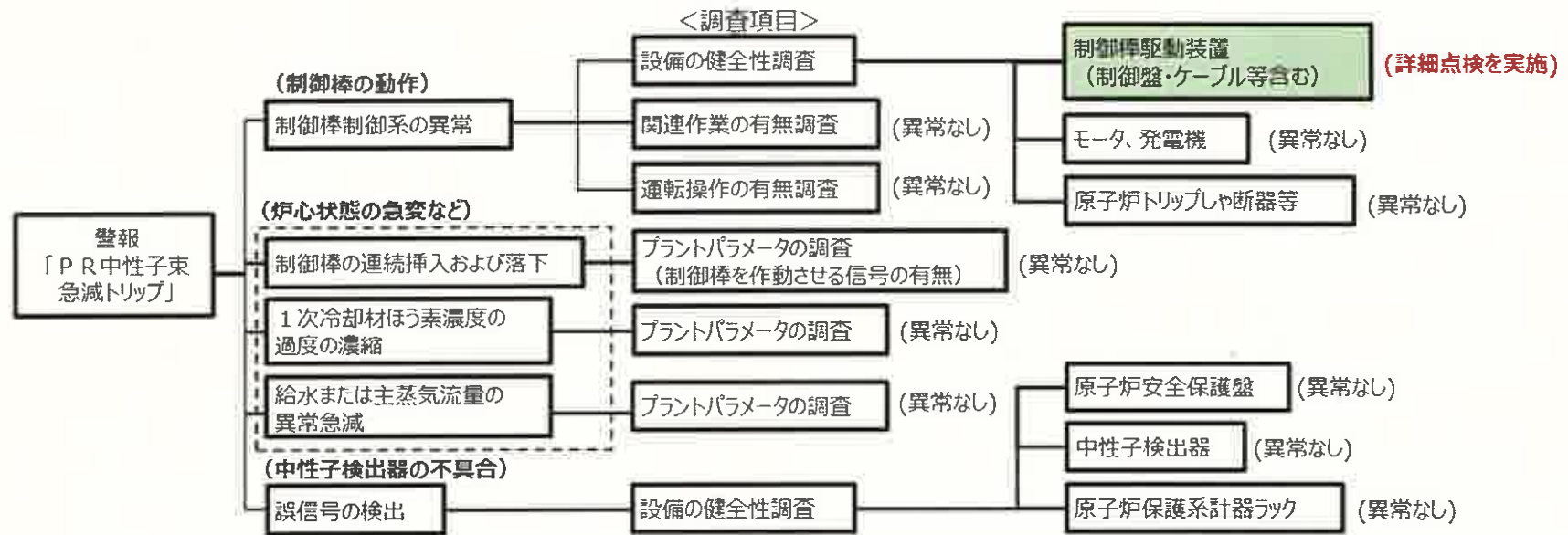


※：運転中（出力領域（PR））の中性子束を測定する検出器が4つ設置されており、2つの中性子束検出に異常があった場合、原子炉を停止させる警報が発信する。（PR：Power Range）

# 原因調査

## <原因調査>

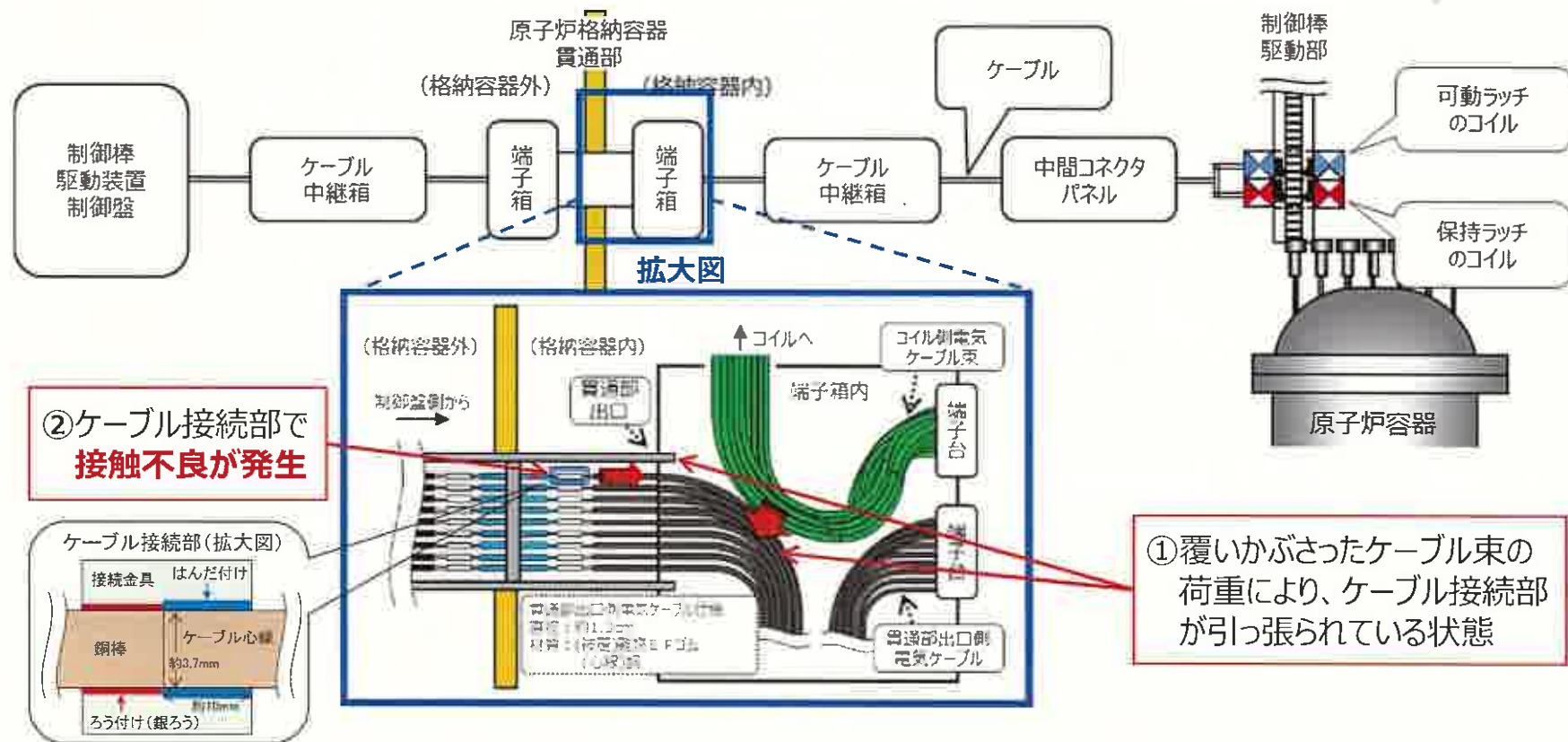
- ▶ 「P R 中性子束急減トリップ」警報が発信する場合に考えられるすべてのケースについて調査を実施した結果、制御棒駆動装置以外に異常はみられず、制御棒駆動装置の詳細点検を実施



## 調査結果に基づく推定原因

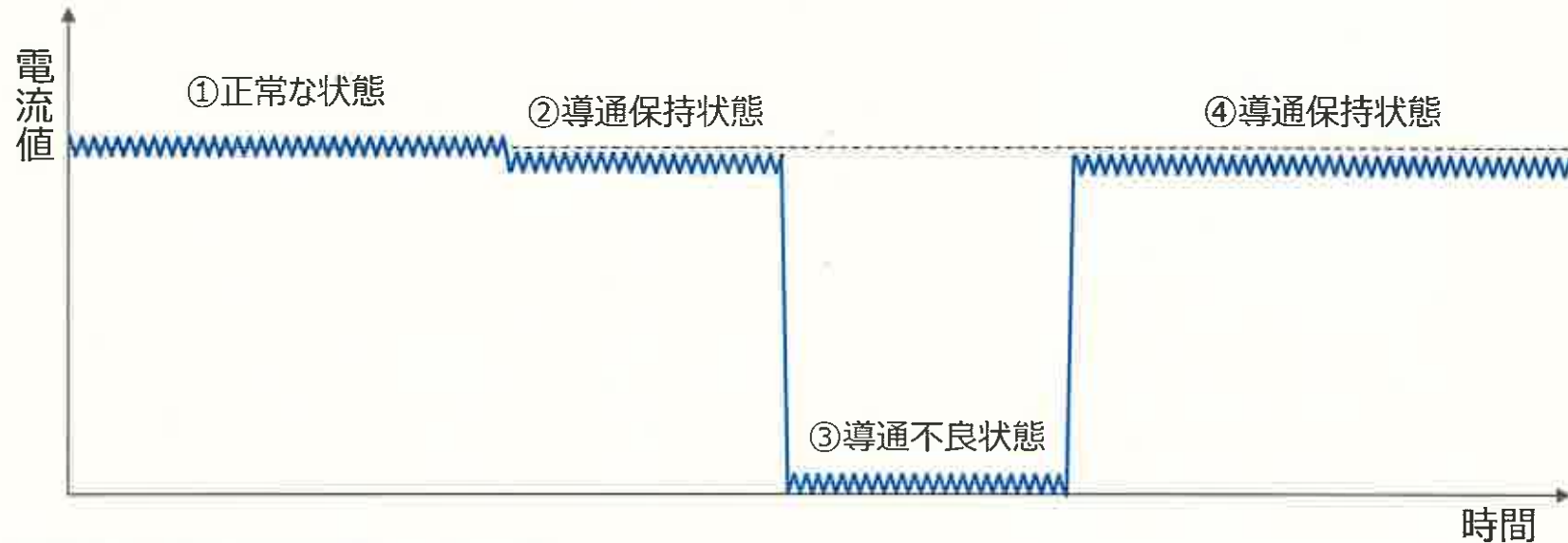
### <推定原因>

- 調査の結果、原子炉格納容器貫通部出口（格納容器内側）と端子台の間において、貫通部出口側電気ケーブルに、コイル側電気ケーブルが覆いかぶさっていたことが判明。このため原子炉格納容器貫通部内から引っ張られる力が働き、電気ケーブル接続部で接触不良となり、制御棒駆動部への電流が低下したため、制御棒が1本落下し、原子炉自動停止に至ったものと推定

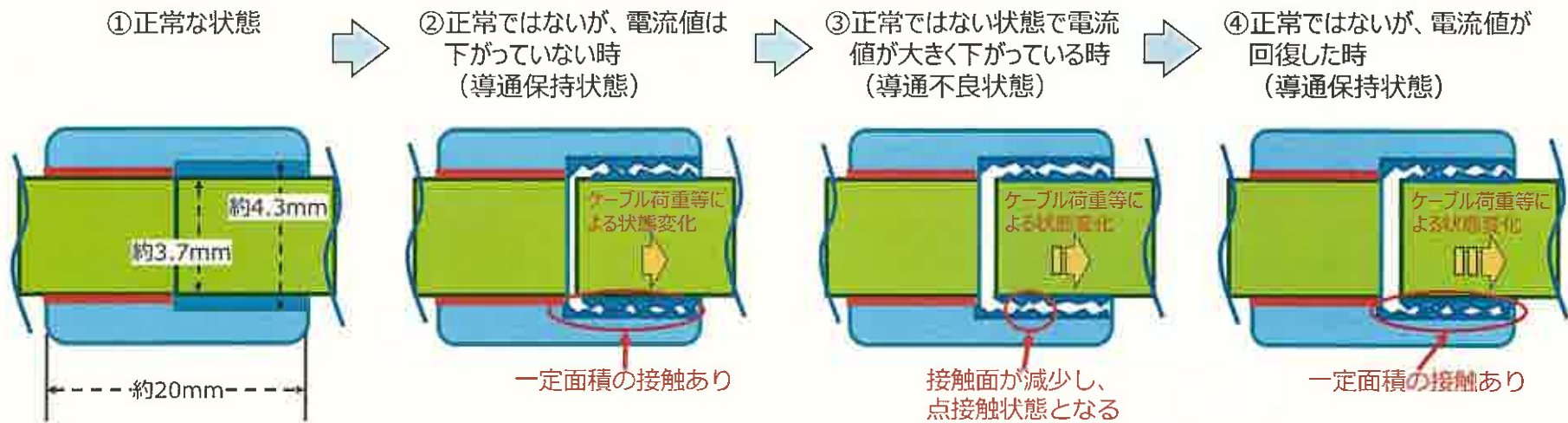


# 原子炉格納容器貫通部のケーブル抵抗値増加の推定メカニズム

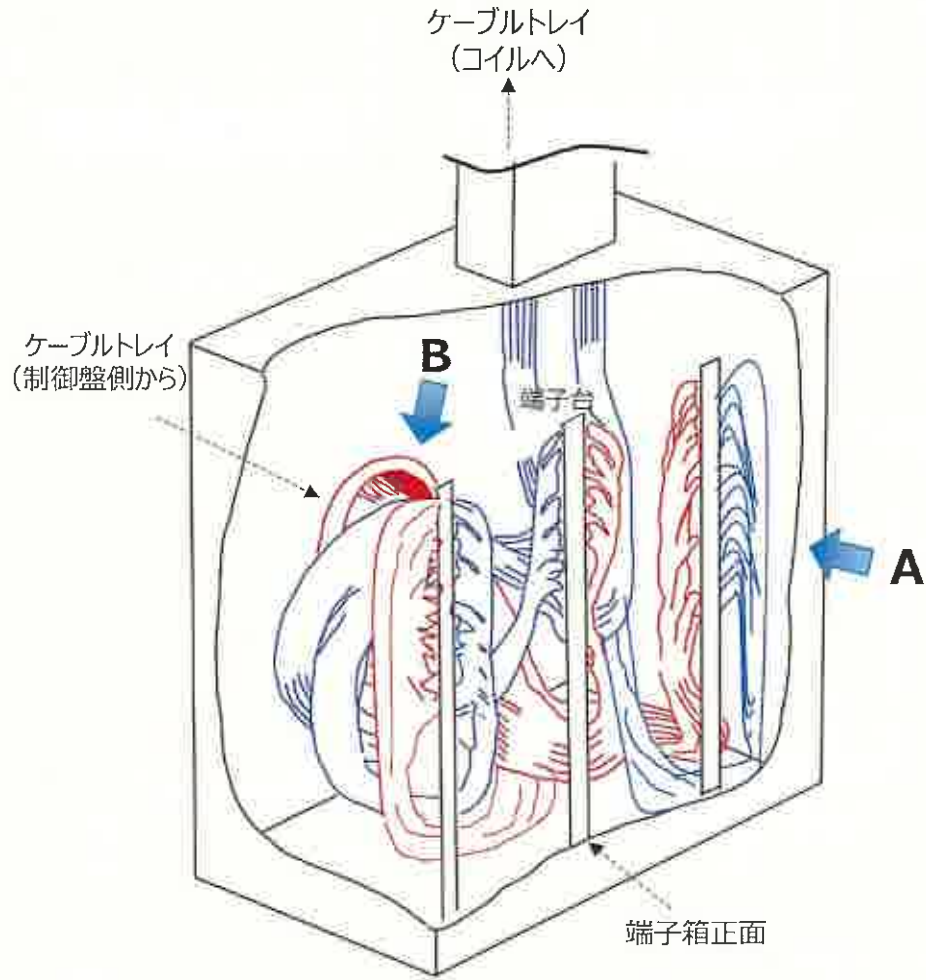
## ➤ 電流波形 (イメージ)



## ➤ 接続金具部の接触状態 (イメージ)



端子箱内イメージ図



青色：コイル側へのケーブル  
赤色：制御盤側からのケーブル

端子箱写真  
(A方向を撮影)



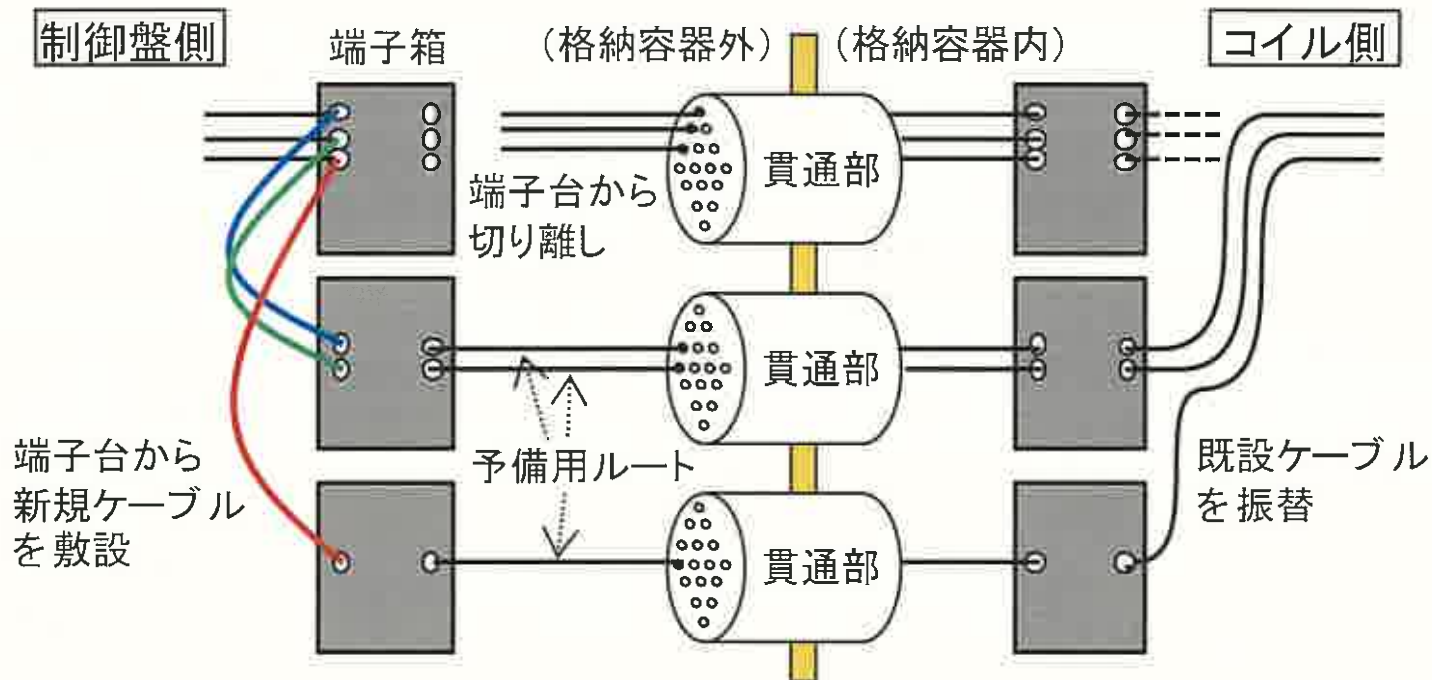
端子箱内写真  
(カメラを挿入しB方向を撮影)





## <対策>

- ケーブル接続部の接触不良が認められた制御棒に繋がるケーブルを、予備用として敷設されている他のルートに変更（3/16実施済）【下図参照】
- 今回の事象を踏まえ、原子炉格納容器貫通部のケーブルに関する点検・保守方法や、ケーブル敷設時の注意事項を社内マニュアルに反映（3/22実施済）
- 高浜4号機のその他の原子炉格納容器貫通部55箇所端子箱内の点検を実施し、今回のようなケーブル束のよりかかりがないことを確認（3/3実施済）



## 原子力規制委員会による評価

原因と対策をまとめた報告書を、3月7日に原子力規制庁に提出し、同日および14日の公開会合において内容の確認が行われた。その後、原子力規制庁は、当社が報告した原因と対策を妥当とする評価書を取りまとめ、22日に原子力規制委員会に報告し、了承された。

原子力規制庁の公開会合や原子力規制委員会による主な指摘事項は以下のとおり。

### ①格納容器貫通部におけるケーブル接続部の確認

- 電流低下の原因が貫通部内での電気ケーブルの接触不良であることは、妥当と評価するが、当該貫通部の取替えを行う機会には、異常が見られたケーブルの接続部の状況を確認すること

### ②ケーブルの点検・保守管理の検討

- 長期にわたり定期検査で貫通部ケーブルの不良を検知することができなかったことを踏まえ、今後の点検・保守方法を検討すること

### ③他プラントへの水平展開

- 他プラントの貫通部や類似ケーブルの施工状態を確認すること

# 原子力規制委員会における主な指摘事項に対する対応方針

9

原子力規制庁の公開会合や原子力規制委員会からの主な指摘事項に対する当社の対応方針は以下のとおり。

## ①格納容器貫通部に係る調査の実施

- 今後、他プラントを含め原子炉格納容器貫通部取替工事等において、取り外した貫通部を活用し、強度試験等を検討
- 当該貫通部の取替えを行う機会には、調査方法を含めて検討

## ②ケーブルの点検・保守管理に係る今後の対応

- 貫通部のケーブルに関する点検・保守方法をマニュアルに反映（3/22実施済）

### 【反映内容】

- ・定期検査時に、全ての格納容器貫通部端子箱内においてケーブルへの荷重の有無を確認
- ・電気回路の電流の連続的なデータを採取・評価し、健全性を確認

## ③他プラントへの水平展開

- 高浜 1, 2 号機は再稼動までに貫通部の端子箱の点検を実施（3/7までに実施済）
- 運転中の美浜 3 号機、大飯 3, 4 号機、高浜 3 号機は、次回定期検査で貫通部の端子箱の点検を実施

次回定期検査までの間は、警報発信した際に故障内容を特定することを目的に、制御棒駆動装置の現地制御盤にカメラを設置して動画データを保存(4/7までにカメラ設置済)

## 2. 1,2号機 安全対策と再稼動に備えた対応状況 (点検・検査・訓練等)

# 1, 2号機の状況

	2010～2011年度 (H22～23年度)	2016年度 (H28年度)	2020年度 (R2年度)	2021年度 (R3年度)	2022年度 (R4年度)	2023年度 (R5年度)
1号機 <small>(営業運転開始 1974/11/14 (S49))</small>	▼2011/1/10 解列	第27回 定期検査				▽並列
		5/14～7/28 燃料装荷のうえ健全性確認 (自主点検等)を実施				▽特重運用開始
2号機 <small>(営業運転開始 1975/11/14 (S50))</small>	▼2011/11/25 解列	第27回 定期検査				▽並列
						▽特重運用開始
1,2 号機 共通		▼4/20 原子炉設置変更許可 ▼6/10 工事計画認可 ▼6/20 運転期間延長認可		▼6/9 特定重大事故等 対処施設 設置期限 (工事計画認可 から5年以内)		
主な ご説明 実績等	◎地域協議会 ○地域協議会幹事会 ◆住民説明会	許認可の状況等 についてご説明 ◎(3/30) ○(8/23) ○(6/8)	安全性向上対策の実施 状況等についてご説明 ◎(11/22) ◎(11/27) ◎(3/14) ◆(12/6, 12/12)	☆4/13 安全確保等に 関する申入書		△(5/18)

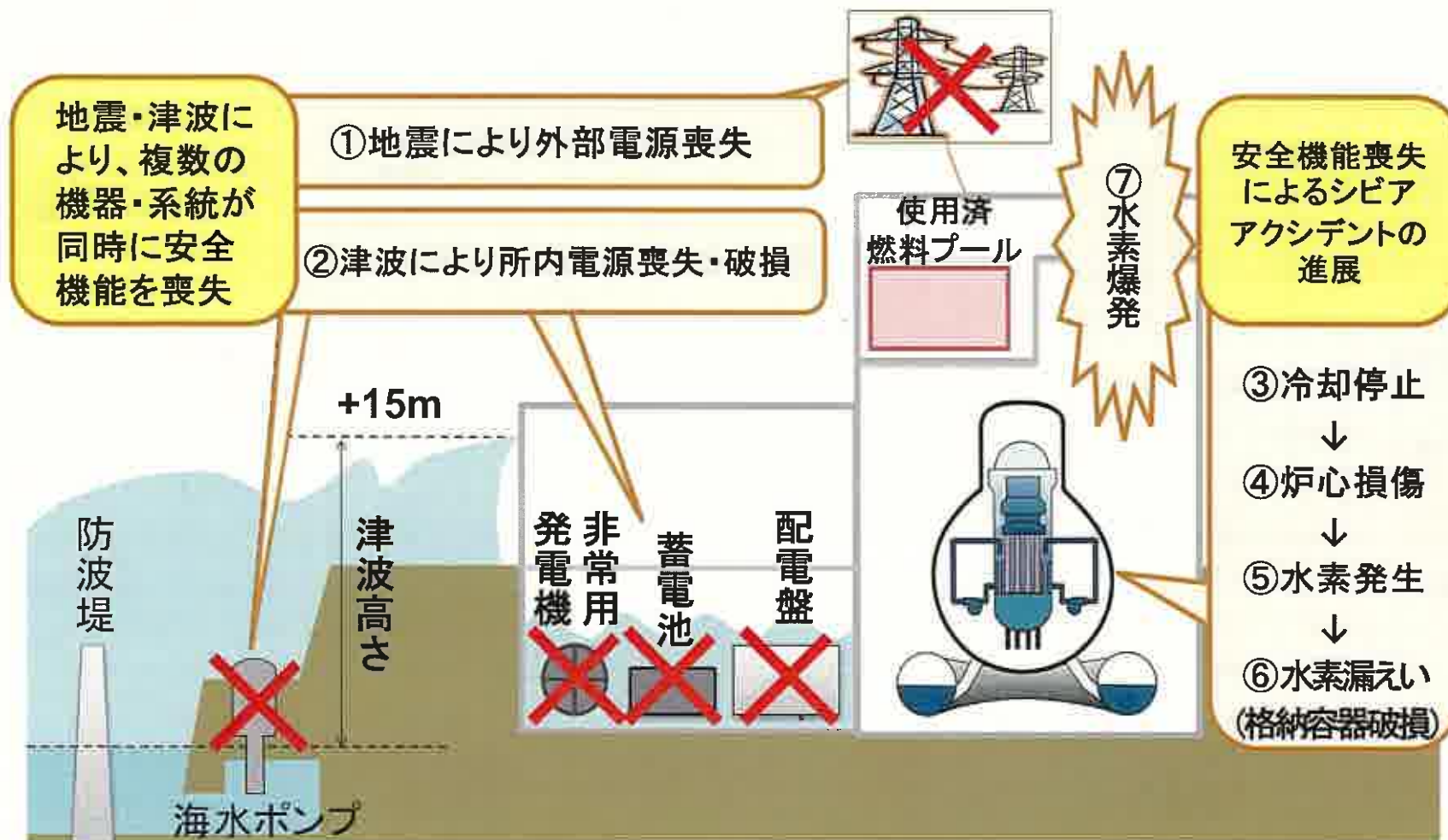
▲2011/3/11  
東日本大震災

▲現時点

## 福島第一原発事故における教訓

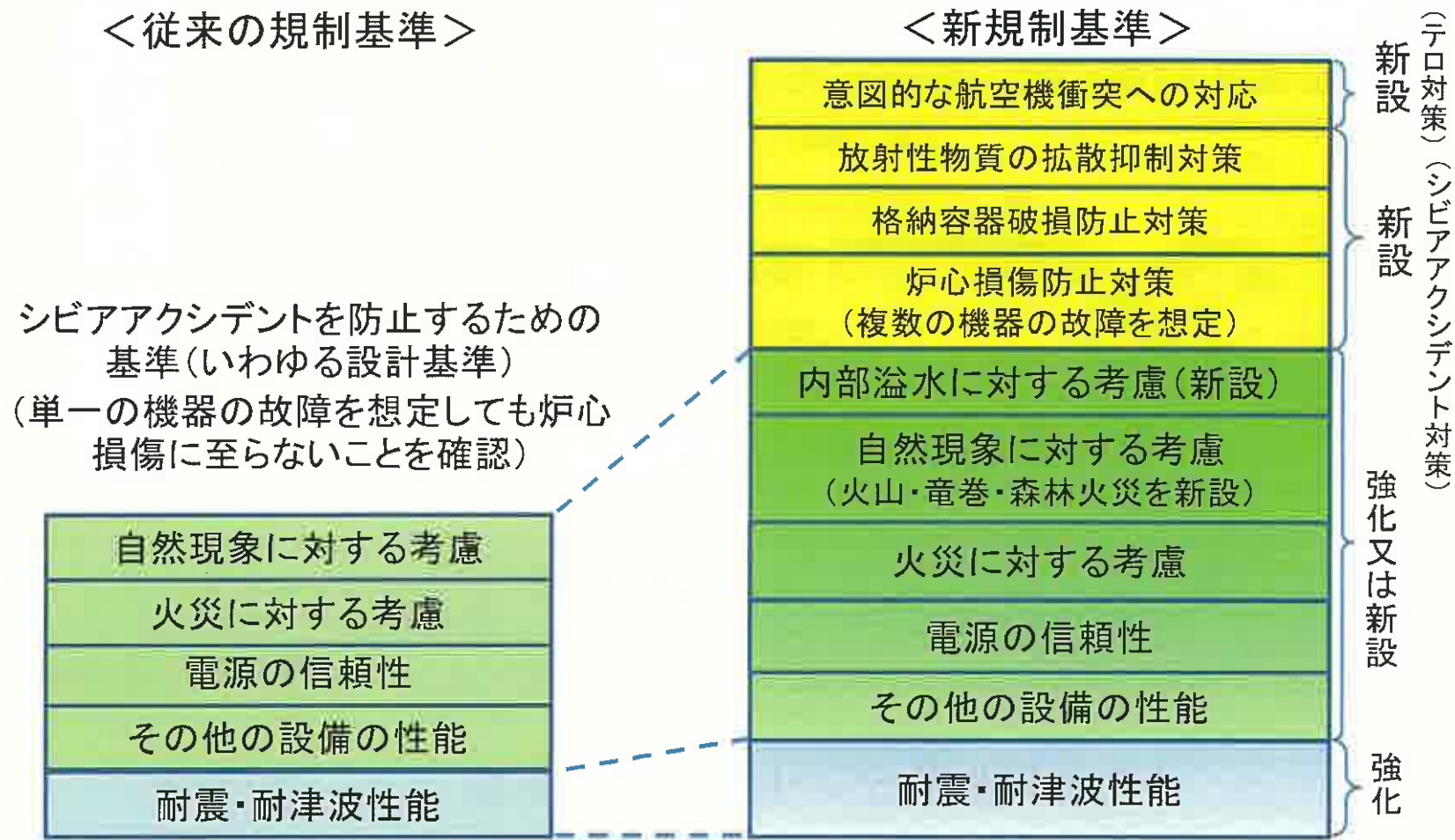
12

- 福島第一原発事故では地震や津波により、複数の機器・システムが同時に安全機能を喪失
- さらに、その後のシビアアクシデントの進展を食い止めることができなかった



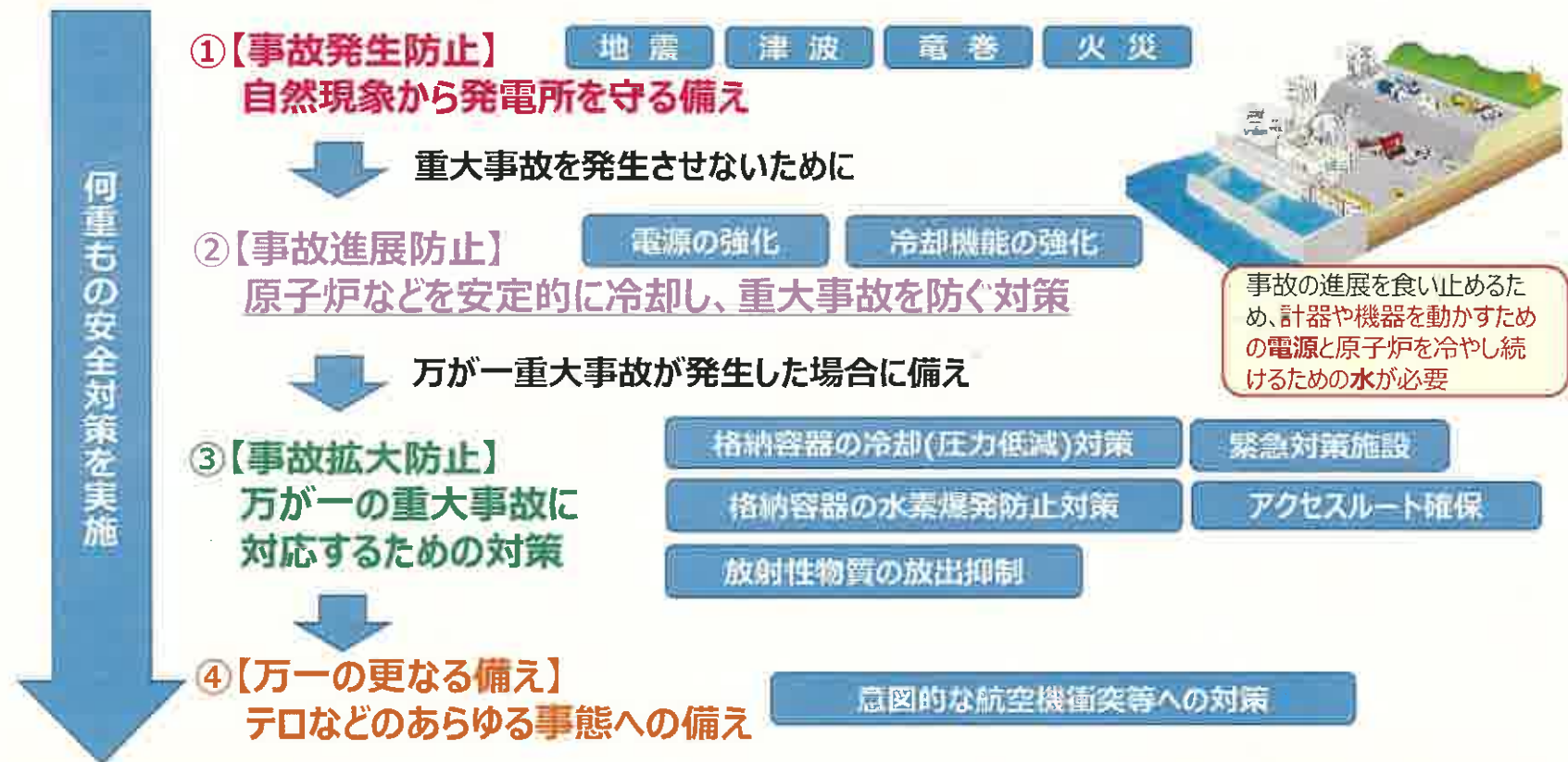
## 従来の規制基準と新規制基準との比較

▶ 従来と比較すると、シビアアクシデントを防止するための基準を強化するとともに、万一シビアアクシデントやテロが発生した場合に対処するための基準を新設



## 原子力発電所の安全確保

東京電力(株)福島第一原子力発電所の事故を教訓として、事故を起こさない、起こったとしても進展・拡大を防ぐ対策を多重化・多様化することで、当社は規制の枠組みにとどまることなく、自主的かつ継続的な安全性向上対策を実施





## 地震対策

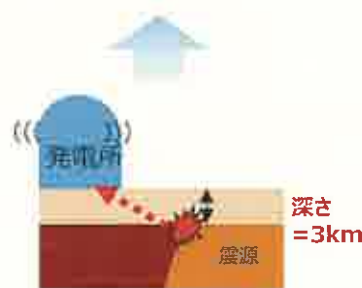
○想定される最大規模の地震の揺れ（基準地震動）を最大加速度700ガルと評価

- 基準地震動は、発電所敷地への影響が大きいと考えられる地震の断層を選定し評価
  - より安全側に立ち、FO-A断層、FO-B断層に熊川断層を加えた三連動を考慮
  - 震源の上端深さの想定を4kmから3kmに設定
  - 震源を特定せず策定する地震動を考慮
- ⇒**タンク、ポンプ、弁、配管等の耐震補強を実施**

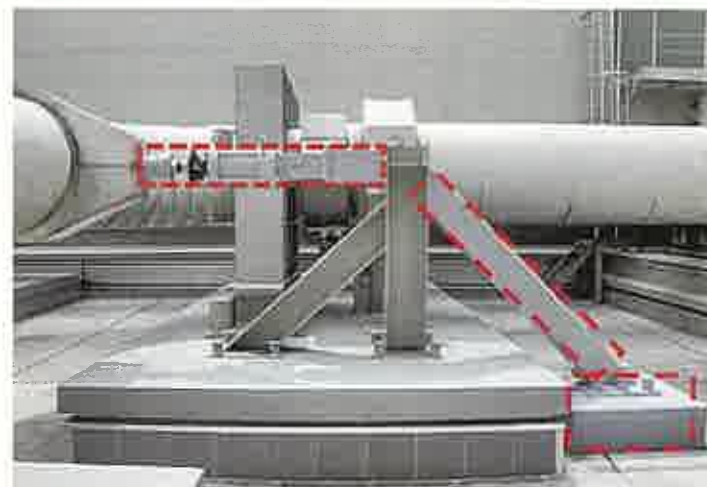


見直し後の基準地震動

最大加速度700ガル



配管補強の例  
(サポート追加)



<参考>

発電所	従来の基準地震動 (2009.3に国に報告)	現在の基準地震動 (2015.2に国が許可)
高浜発電所	550	700

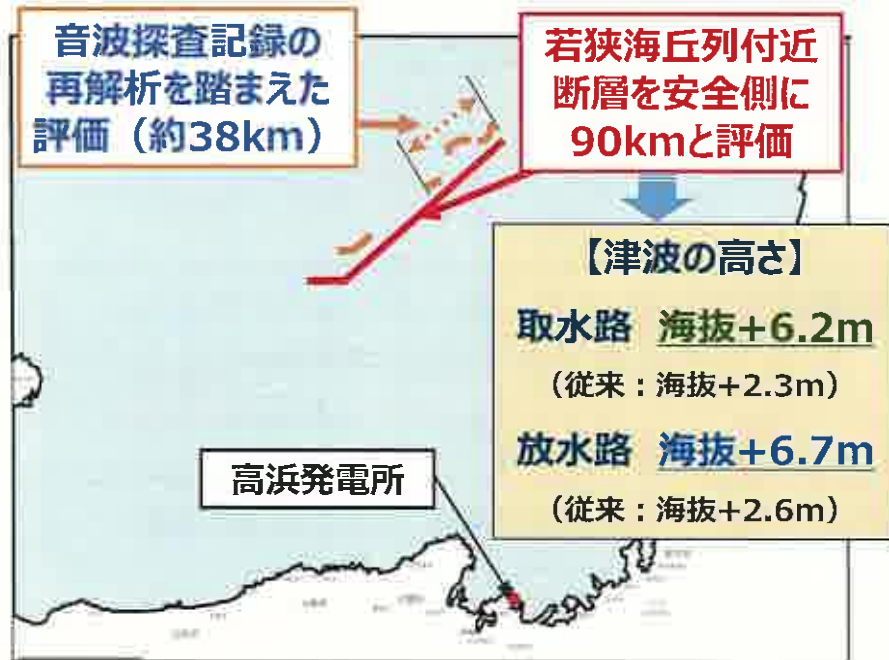
加速度から単純に震度を求める事は出来ませんが、ある状況の下では、加速度が700ガルであれば、震度7に相当(気象庁 HPより)

# 津波対策

○想定される津波の高さを、取水路は海拔+6.2m、放水路は海拔+6.7mに設定

○若狭海丘列付近断層を安全側に90kmとし、海底地すべり等の組み合わせを考慮  
⇒敷地内への津波の浸入を防止するために、取水路防潮ゲート及び放水口側防潮堤を設置

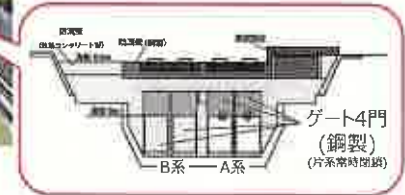
津波に関する断層の位置



取水路防潮ゲート



← 海拔8.5m



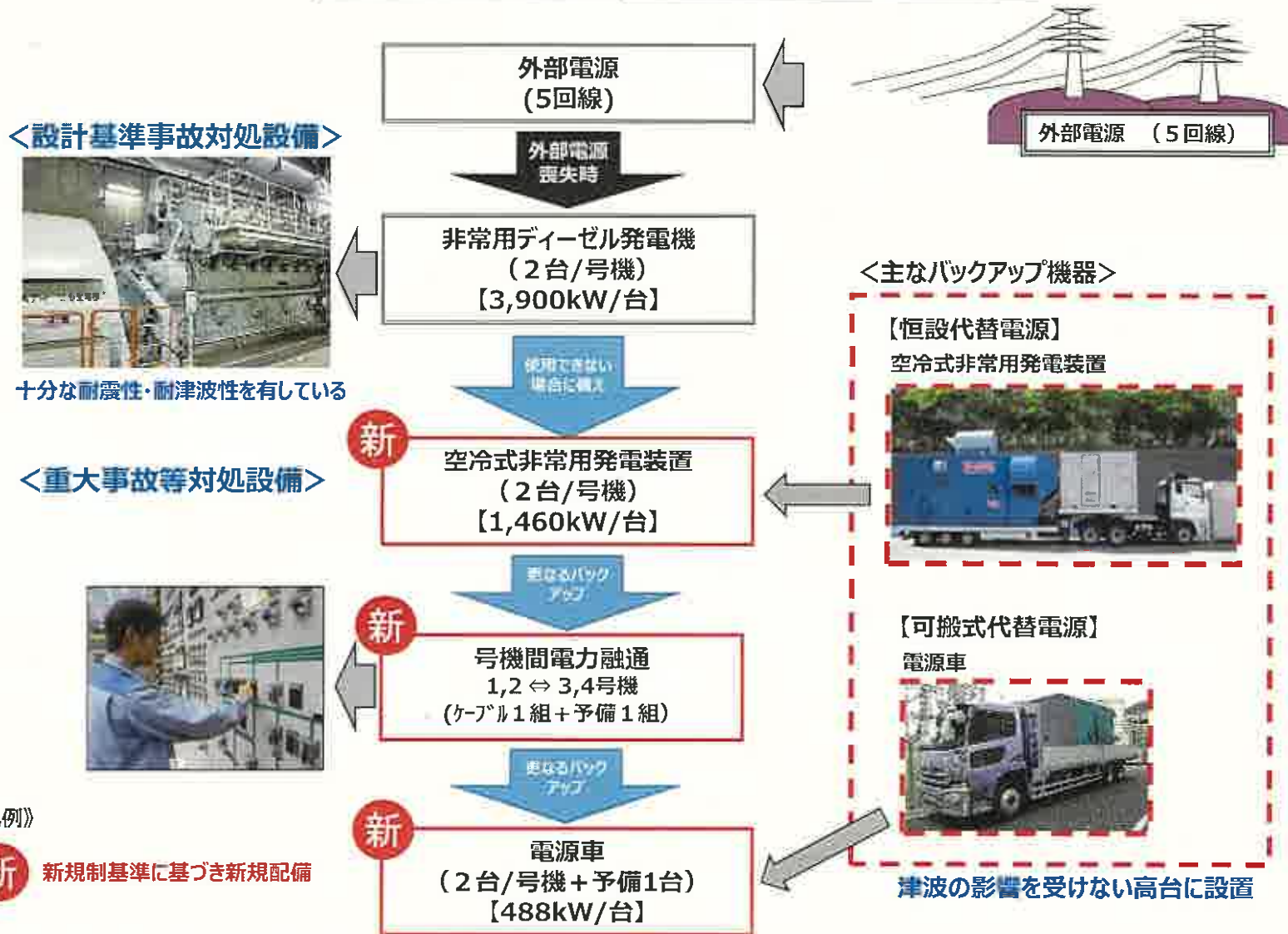
放水口側防潮堤



← 海拔8.0m

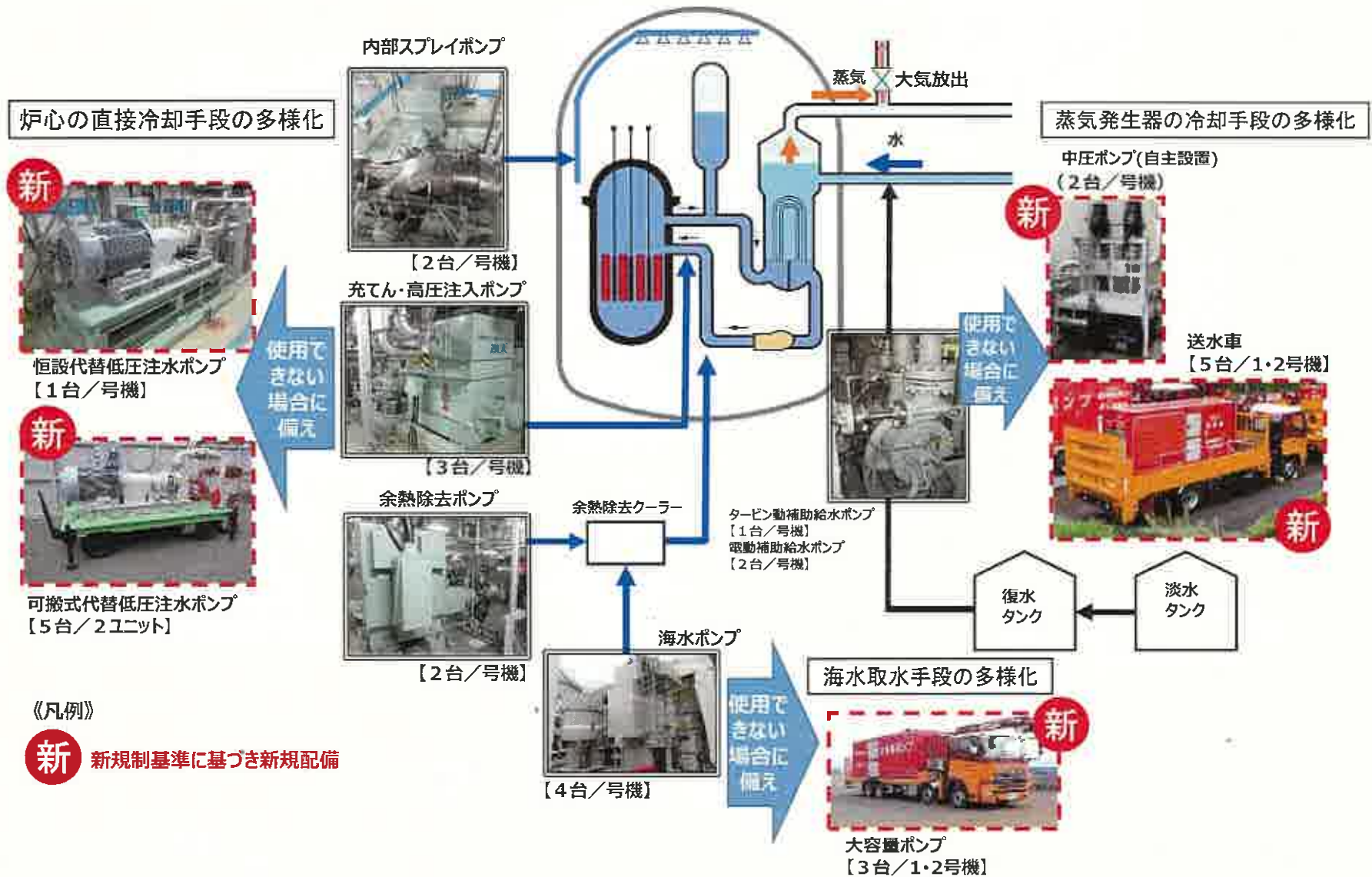
# 【事故進展防止対策】

## 電源の確保 (多重化・多様化)



# 【事故進展防止対策】

## 給水手段確保(多重化・多様化)



## 万が一の重大事故に対応するための対策

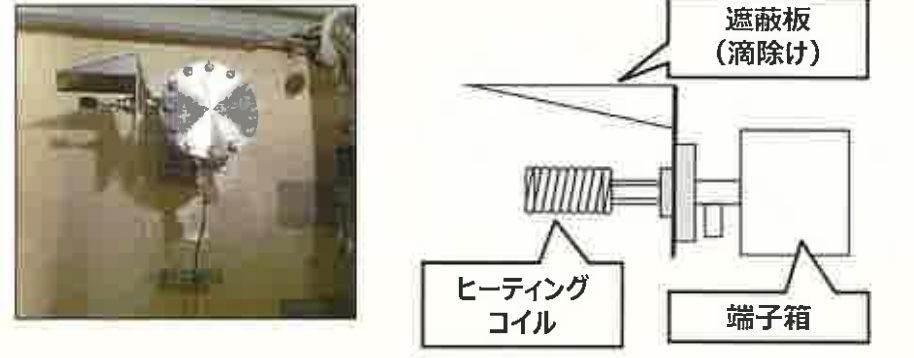
○福島第一原子力発電所事故に鑑み、炉心溶融時に原子炉格納容器内に発生する水素の濃度を低減させる装置として、格納容器内に静的触媒式水素再結合装置およびイグナイタを設置

**新** 静的触媒式水素再結合装置



The photograph shows a large industrial unit with an orange safety railing. The schematic diagram illustrates the process: air and steam (空気、水蒸気) enter from the top, pass through a catalyst plate (触媒プレート), and then hydrogen, air, and steam (水素、空気、水蒸気) exit from the bottom.

**新** イグナイタ



The photograph shows a spherical igniter with a radiation warning symbol. The schematic diagram labels its components: a heating coil (ヒーティングコイル), a terminal box (端子箱), and a shield plate for droplet removal (遮蔽板(滴除け)).

○津波発生時等、がれき類を撤去する重機を配備し、安全対策を実施するための人や車が通行するための妨げになるがれきを撤去

**新** ブルトーザ



A photograph of a yellow bulldozer operating on a debris field.

○万一の重大事故の場合、放射性物質の環境への放出を抑制するため格納容器の損傷箇所へ放水し、放射性物質の放出を抑制

**新** 放水砲



The photograph shows a red water cannon truck spraying water. The schematic diagram shows a water cannon (放水砲) directed at a damaged part of a nuclear containment vessel (原子炉格納容器). The vessel contains a steam generator (蒸気発生器) and a pressurized water reactor (原子炉圧力容器).

《凡例》

**新** 新規制基準に基づき新規配備

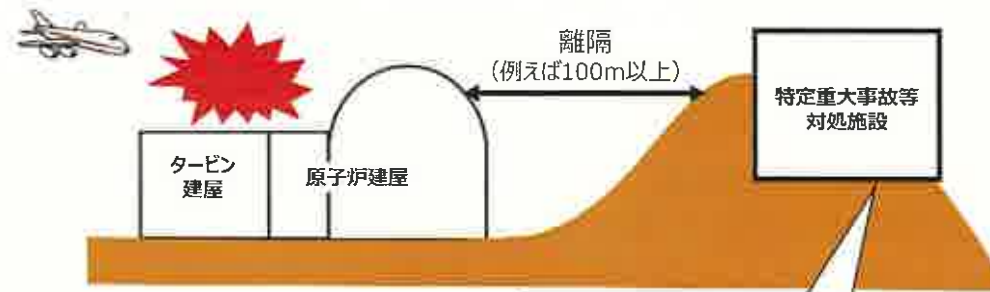
# 【万一の更なる備え】

## 特定重大事故等対処施設について

### ○特定重大事故等対処施設

原子炉建屋への故意による大型航空機の衝突やその他のテロリズム等により、原子炉を冷却する機能が喪失し、炉心が著しく損傷した場合に備えて、原子炉格納容器の破損を防止するための機能を有する施設を設置

【概念図】



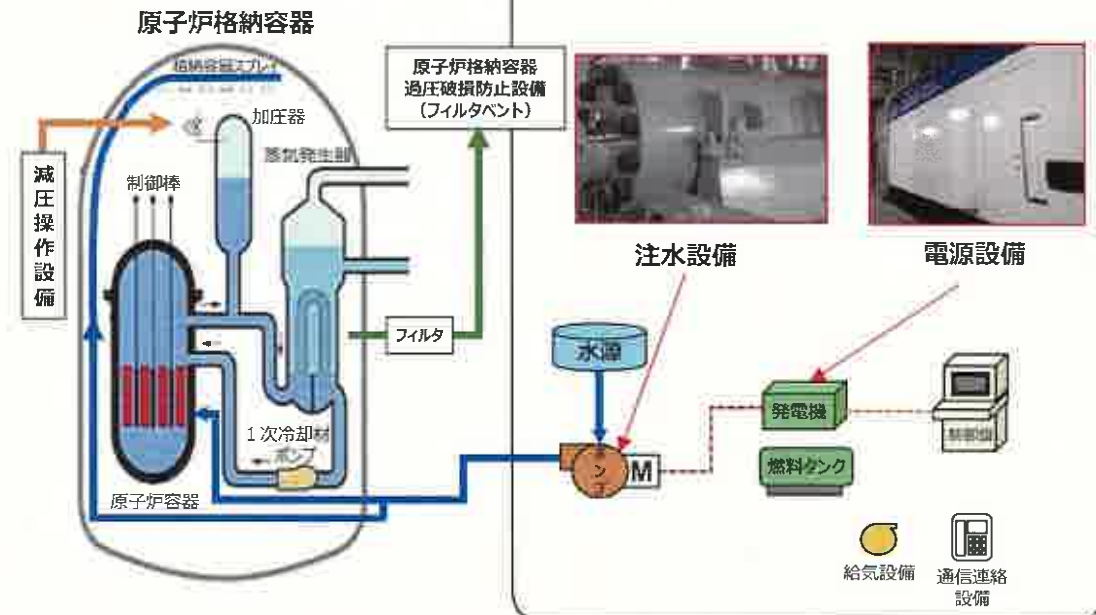
	高浜1,2号機	
本体施設の 工事計画認可	2016.6.10	
設置期限※1	2021.6.9	
実施 状況	設置変更 許可	2018.3.7許可
	工事計画 認可※2	2019. 4.25(1/4) 2019.9.13(2/4) 2019.10.24(3/4) 2020.2.20(4/4)認可
	運用開始時期	1号機：未定 2号機：未定

※1：実用炉規則により、本体施設の工事計画認可から5年までに設置することを要求。

※2：4分割申請

#### 特重施設の開示制限について

情報公開法を踏まえ、テロ対策という性質上、セキュリティーの観点から設備の名称、設置場所、強度、数等については、公開できないこととなっていますので、ご理解をお願いいたします。



# 1, 2号機 大規模な安全性向上対策

**① 緊急時対策所設置工事(1~4号機)**

プラントに緊急事態が発生した際、事故の制圧・拡大防止を図るための対策本部

運用開始  
(2019.6)



**② 燃料取替用水タンク取替工事**

耐震余裕度を向上させるため、厚さを増した新しいタンクに取替え、竜巻飛来物対策の防護ネット・鋼板を設置

工事完了  
(2020.6)



**④ 火災防護対策工事**

重要なケーブルの燃えにくい難燃ケーブルへの引替え、防火シートの施工等による防火措置を実施

1号機：工事完了 (2020.9)  
2号機：工事完了 (2022.1)



**③ 格納容器上部遮蔽設置工事**

事故時環境線量の低減を目的に、格納容器上部外側に鉄筋コンクリート造のドーム状の遮へい(屋根)を設置

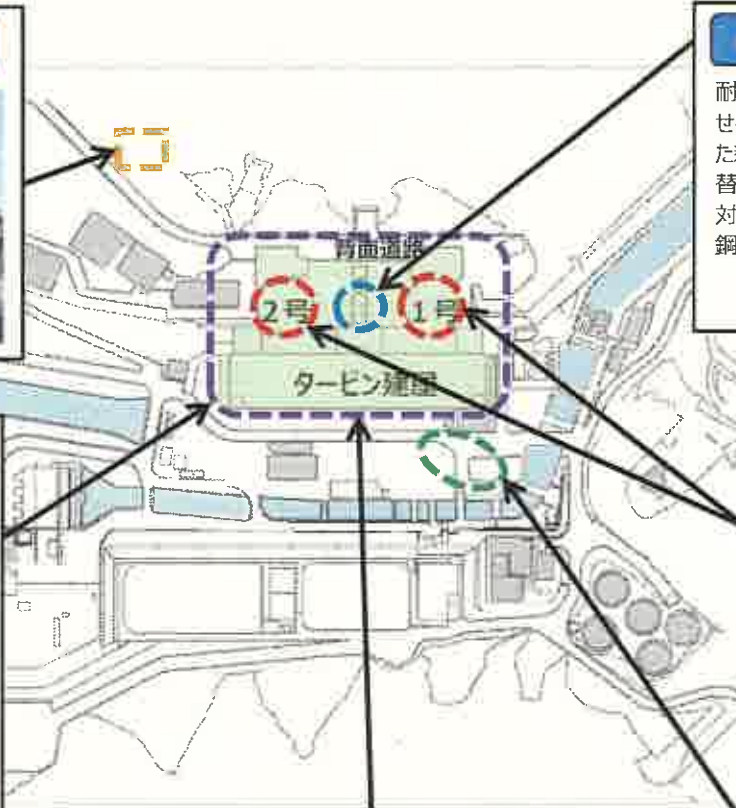
1号機：工事完了 (2020.5)  
2号機：工事完了 (2021.3)



**追加対策工事**

電線管への系統分離に関する防火措置を実施 (次ページ参照)

1号機：2023.5 工事完了  
2号機：2023.6 工事完了予定

**⑤ 海水取水設備移設工事(2号機のみ)**

基準地震動の見直しを踏まえ、強固な地盤上に海水管を移設

工事完了  
(2021.5)



**⑥ 中央制御盤取替工事**

保守性向上の観点から、中央制御盤全体をアナログ式から最新のデジタル式に取替え

1号機：工事完了 (2020.6)  
2号機：工事完了 (2020.10)



**【凡例】**

新規制基準適合工事

高浜1, 2号機特有の新規制基準適合工事

自主的安全性向上対策

## 電線管への系統分離に関する防火措置（追加対策工事）（1/2）

22

- 2023年3月29日の原子力規制委員会において、火災防護対象ケーブル（ケーブルトレイや電線管）の系統分離に係る原子力規制検査の現状報告が行われた

### 【原子力規制検査官による現場確認の状況】

- 設計及び工事計画認可（以下「設工認」という）では火災防護対象ケーブルは火災影響範囲（以下「ZOI」という）内か範囲外かを問わず、「火災防護審査基準」に基づく1時間耐火壁＋感知自動消火設備等による火災防護対策を行うとしている
- ZOI外のケーブルトレイについては火災防護対策がなされている一方で、電線管には火災防護対策がなされておらず、設工認に従った系統分離対策が施工されていないことを確認

### 【当社の見解】

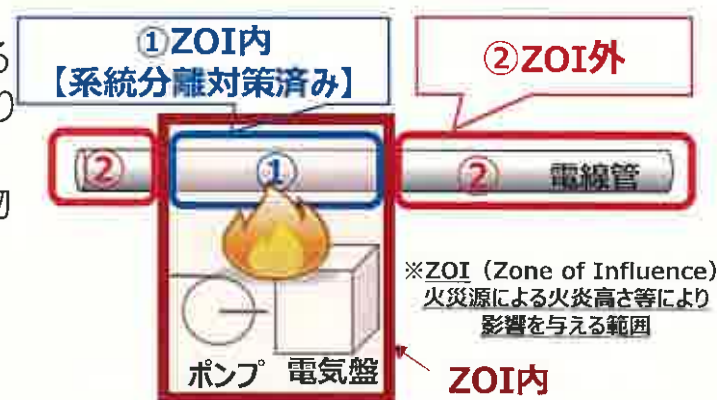
- 電線管内のケーブルについては、火災が発生しても自己消火する
  - 固定発火源から火災が発生した時は、感知自動消火設備により火災感知及び消火が可能
  - 持込み可燃物による火災への対応は、保安規定に基づく可燃物管理のルールを定め適切に管理している
- 以上のことから、系統分離の対策は不要と評価していた

### 【原子力規制庁の評価】

- ZOI外の電線管に耐火処置はされていないが、火災が発生した場合、感知自動消火設備により感知及び消火が可能であり、持込み可燃物は、保安規定等により量が制限され、火気作業時における養生等の対応により火災の発生・延焼を防止できる。検査指摘事項の重要度に当てはめると「軽微または緑」※に相当

※「軽微」：原子力安全上の影響が極めて限定的なものなど、

「緑」：安全確保の機能又は性能への影響があるが限定的かつ極めて小さなものであり、事業者の改善措置活動により改善が見込める水準



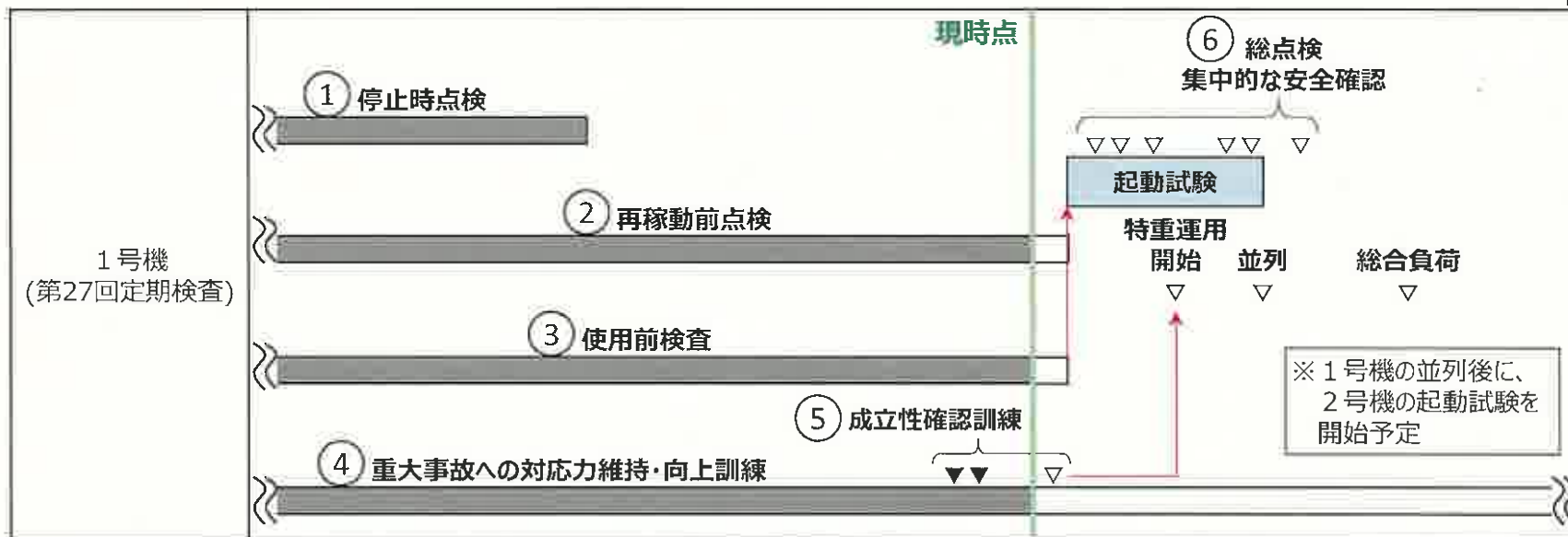


## 【当社の対応方針】

- ▶ 「現場の状態は設工認と整合していない」との原子力規制庁の指摘を踏まえ、ZOI外の電線管についても対策を行う
- ▶ 高浜1,2号機については、再稼動までに下表②の対策を完了する（3/31に設工認変更申請を実施。5/12認可済）
- ▶ 最終的には、運用性向上のため、全プラントについて下表①の設備対策を実施する予定

	① ZOI外電線管すべて対策（現設工認）	② 一部対策+持込可燃物管理（工事計画変更認可申請）
対策	①ZOI外の電線管すべてに対して耐火シートを巻く	電線管側から6 m以内に火災源がある場合、 ②-1：電線管側に耐火シートを巻く ②-2：火災源側に耐火シートを巻く等 加えて、同範囲内に ②-3：可燃物を持ち込まない管理を実施
イメージ	<p>①</p>	<p>②-1 or ②-2 + ②-3</p>

# 1, 2号機 点検、検査、訓練等の状況 (1/5)



- ①停止時点検 : 長期停止中においても運転状態にある設備の健全性を確保するために、保全指針に応じて、自主的に実施している点検 例) 非常用ディーゼル発電機点検 **[7回/ユニット (13ヶ月毎)]**
- ②再稼動前点検 : 長期停止中に機能要求がなかった設備の再稼動前における健全性確認のための点検 例) 2次系設備 (タービン及び復水器等) のポンプ点検 **[1号機 : 約7ヶ月 / 2号機 : 約9ヶ月]**
- ③使用前検査 : 発電用原子炉施設の工事計画の認可を決定した原子力施設 (新設・増設・改造) について、原子力規制庁の検査官が、その工事計画との適合性、技術基準との適合性を確認 **[約100項目/ユニット]**
- ④重大事故への対応力維持・向上訓練 : 指揮者や運転員など、それぞれの役割に応じた、必要な教育や訓練 例) 電源喪失した場合の運転操作訓練、原子炉に冷却水を注入するためのポンプの設置訓練、電源供給訓練
- ⑤成立性確認訓練 : 事故収束対応について、手順書のとおり適切に実施できることを時間的な成立性も含めて確認
- ⑥総点検 集中的な安全確認 : 原子炉冷却材系統の水張時等、系統の状態を大きく変えるような節目のタイミングで集中的に現場のパトロールを実施。当社社員やメーカー、協力会社社員その他、新たな視点を取り入れる観点から、過去のトラブル等の知見を多く持つ当社OBを加えて実施 **[6回/ユニット]**

# 1, 2号機 点検、検査、訓練等の状況 (2/5)

➤ ①停止時点検、②再稼動前点検を実施及び③使用前検査等の各種検査を実施

【①停止時点検】  
非常用ディーゼル発電機の  
シリンダカバー開放点検



【②再稼動前点検】  
工場保管していた循環水ポンプの  
据付け作業



【②再稼動前点検】  
余熱除去クーラ開放点検  
(水室側ガスケット取替作業)



【③使用前検査】  
スプレイヘッド 機能性能検査  
(使用済燃料ピット漏えい対応)



【③使用前検査】  
静的触媒式水素再結合装置  
機能性能検査



# 1, 2号機 点検、検査、訓練等の状況 (3/5)

## ➤ ④重大事故への対応力維持・向上訓練を継続して実施中

- A. 指揮者（事故時に指揮者となる所長、原子力安全統括、副所長、運営統括長他が対象）
  - ・知識ベースの教育（事故対策への習熟）  
 研修会、自学自習用の資料の整備、専門家による講義、研修ツールを用いた学習 など
  - ・実践的な訓練（対応能力向上）  
 訓練シナリオを参加者に事前に通知せず、実動を含む原子力防災訓練 など
- B. 運転員
  - ・シミュレータ訓練の内容に、長時間の全交流電源喪失を追加想定した訓練 など
- C. 緊急安全対策要員
  - ・協力会社社員を含め、電源供給、給水活動等の手順の教育、現場での実動訓練 など



A. 重大事故等発生を想定した訓練



B. 電源喪失した場合の  
運転操作訓練



C. 防護服を着用した悪条件下を  
想定した訓練

	2020年度	2021年度	2022年度
教育・講習受講者人数 (延べ人数)	約2,300人	約2,100人	約2,200人
訓練回数	約2,100回	約3,900回	約2,800回

# 1, 2号機 点検、検査、訓練等の状況 (4/5)

## ➤ ⑤成立性確認訓練として、1, 2号機特重施設の運用開始に向けた訓練を実施

- 原子炉建屋への故意による大型航空機の衝突その他のテロリズム（以下「APC※等」という。）時の訓練として、あらかじめ定められた手順書に従い想定時間内に確実に対応できることを確認
- 大規模損壊訓練に関しては、緊急時対策所本部と1, 2号機及び3, 4号機の特重施設を連携させて対応し、事故収束に問題がないことを確認

※APC : AirPlane Crash

訓練名称	実施日	関係者数
APC等訓練	4月18日	当社10名、協力会社2名
大規模損壊訓練	4月19日	当社25名、協力会社13名
シーケンス訓練	1, 2号機の特重施設運用開始までの実施に向けて日程調整中	

- APC等訓練 : APC等により発生する厳しい事故シナリオに対して、特重施設要員が適切な手順書に従い、想定時間内に対応を実施できることを確認する訓練
- 大規模損壊訓練 : APC等により原子炉施設に大規模な損壊が生じた場合における、プラント状況の把握、情報収集、的確な対応操作の選択ならびに指揮者等、特重施設要員および消火活動要員の連携を含めた実効性等を確認する訓練
- シーケンス訓練 : シビアアクシデントに至るおそれがある事故シナリオに対して、緊急安全対策要員等が適切な手順書に従い、想定時間内に役割に応じた対応を実施できることを確認する訓練



緊急時制御室での操作  
(APC等訓練)

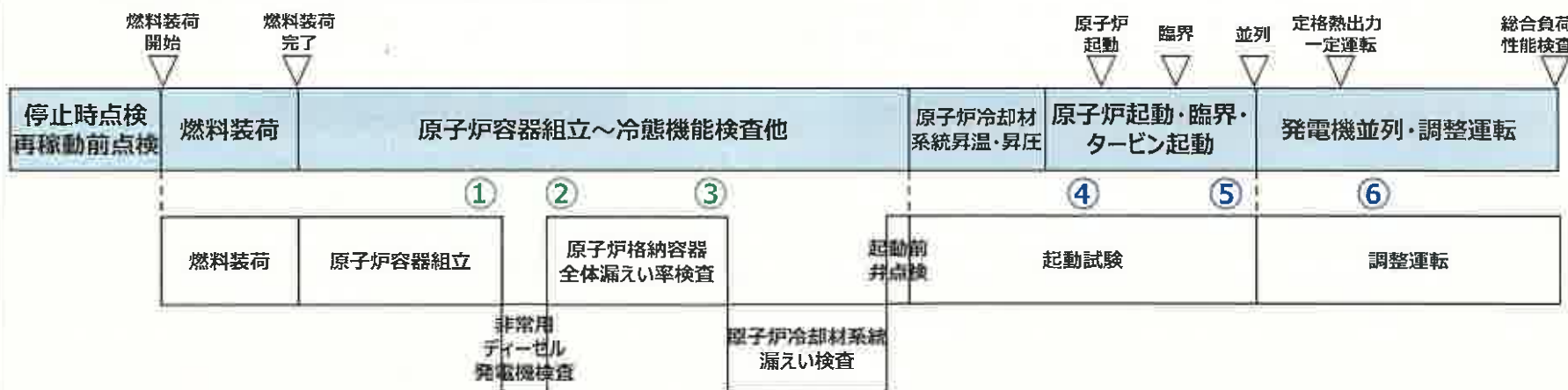


大規模な航空機燃料火災を想定した化学消防車による消火活動  
(大規模損壊訓練)

# 1, 2号機 点検、検査、訓練等の状況 (5/5)

➤ ⑥総点検・集中的な安全確認を実施し、美浜3号機再稼動時と同様に、トラブル未然防止を図る

○ 当社社員やメーカ、協力会社社員の他、新たな視点を取り入れる観点から、過去のトラブル等の知見を多く持つ当社OBを加え、それぞれ100名以上の規模で実施



## 【総点検・集中的な安全確認】

実施時期	① 原子炉冷却材系統の水張時 ② 2次系設備（タービン及び復水器等）の気密性確認実施時 ③ 原子炉冷却材系統の昇温／昇圧前 ④ 原子炉起動前（原子炉冷却材系統の温度・圧力が起動条件に到達した時点） ⑤ 発電機並列前 ⑥ 定格熱出力一定運転到達後	} 総点検 } 集中的な安全確認
体制	社員、メーカ、協力会社、当社OB	
点検の観点	・弁・配管等の接続箇所からの漏えいがないことの確認 ・ポンプの振動診断等、運転状態に異常がないことの確認 ・サーモグラフィによる電気盤内部等に異常な発熱がないことの確認 ・現場パトロールによる気がり事項の抽出 （例：工事残材、支持金具のゆるみ、足場用クランプ外し忘れ、資機材のシート養生不備 等）	