

# ヒューマンエラーによる重要な安全確保設備の停止(2件)に対する設備的対策について

2017年7月27日

TEPCO

## 東京電力ホールディングス株式会社

©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

### 1. 経緯

TEPCO

#### ■ 経緯

- ▶ 2016年12月4日・5日に2件の冷却停止事象が発生。【添付-1】  
2・3号機使用済燃料プール（以下、SFP）代替冷却設備停止事象  
3号機復水貯蔵タンク（以下、CST）原子炉注水ポンプの停止事象

#### ■ 対応状況

- ▶ 2017年3月30日に報告した通り、**短期的対策は完了し、中長期的対策は『インターロックの見直し等』が検討中**であり、2017年6月末に方針決定としていた。【添付-2】
- ▶ 『インターロックの見直し等』についての検討結果を報告する。

『インターロックの見直し等』（2017/3/30報告書抜粋）  
人為的ミスにより重要設備が機能喪失しないよう、ポンプ起動・停止時におけるインターロックの見直し等、**重要設備※の運転を維持することを前提とした設備的対策**を検討・実施する。

※重要設備：原子炉注水設備，使用済燃料プール循環冷却設備  
原子炉格納容器ガス管理設備，原子炉格納容器窒素封入設備

## 2-1. 検討結果 原子炉注水設備(1/2)

重要設備の運転を維持する対策※

※本資料添付の下記事項に該当

- ・添付2-2 3号機CST原子炉注水ポンプ停止事象の対策 <中長期的対策> e.
- ・添付2-3 共通対策<設備に対する水平展開> c.

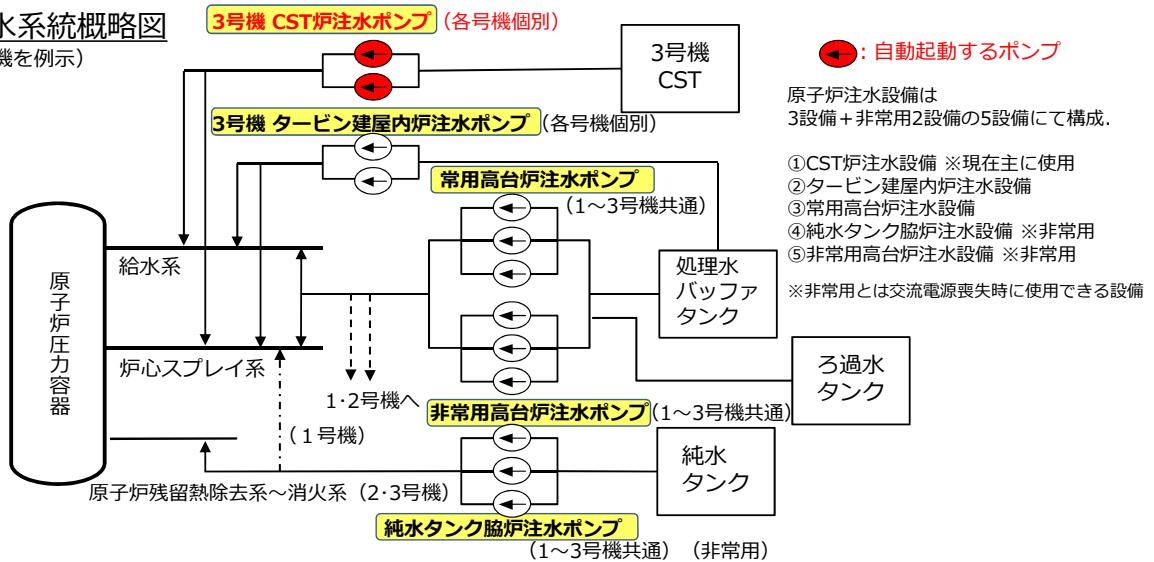
### 設備構成の整理

- 原子炉注水設備は複数設備あり、現在主に使用しているCST炉注水設備は、運転系統が停止した場合、待機系統が自動起動する。  
⇒操作スイッチが“切”になった場合は自動起動しない。  
◆ 2016年12月の設備停止事象は、操作スイッチへの誤接触によりポンプ停止

### 対策

- 操作スイッチレバーの取外しを実施済。[参考1-1参照]

原子炉注水系統概略図  
(3号機を例示)

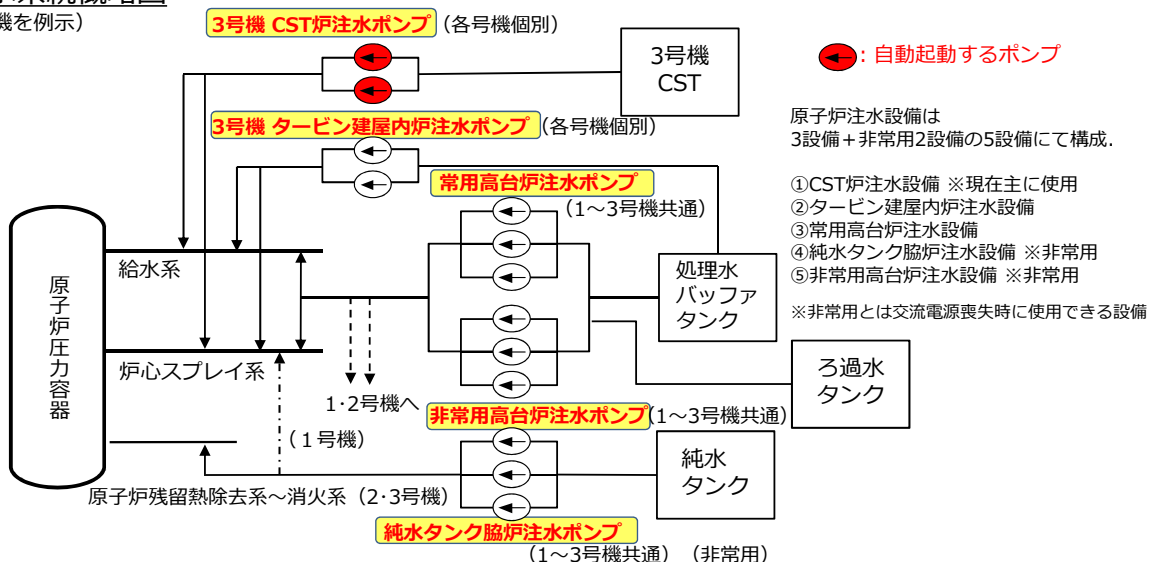


## 2-1. 検討結果 原子炉注水設備(2/2)

『運転を維持する対策』 以外の改善箇所

- CST炉注水設備以外の4設備は自動起動せず、連携性が無い。  
⇒原子炉注水設備全体について、設備数、自動起動の要否・連携、配置について見直しの検討を行う。

原子炉注水系統概略図  
(3号機を例示)



### 重要設備の運転を維持する対策※

※本資料添付の下記事項に該当

- ・添付2-1 SFP冷却事象の対策 <中長期的対策> d.
- ・添付2-3 共通対策<設備に対する水平展開> c.

#### ➤ 設備構成の整理

- 冷却設備のポンプ、エアフィンクーラーは複数系統あるが、待機系統は**自動起動しない**。  
(操作スイッチが“切”になった場合も運転が停止。)
- ◆ 2016年12月の設備停止事象は、系統圧力の低下によりポンプが停止

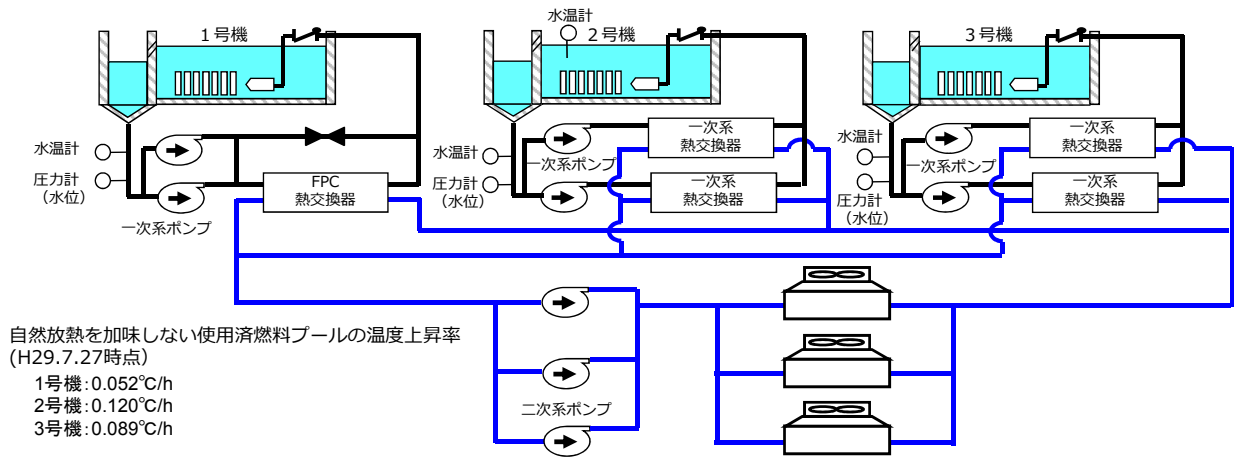
#### ➤ 対策

手動による待機系統起動でも時間的な余裕※1が十分有る。(設備停止理由が明確である場合、起動対応に要する時間は60分程度。)

- 運転圧力低下を早期に検知できるよう**警報設定を追加済**。(一次系,二次系)  
⇒現場対応を早期(30分以内に現場出向)に行い、系統停止を未然に防ぐ
- 弁の固定, 操作スイッチレバーの取外しを**実施済**。[参考1-1参照]

※1: 設備が停止しても運転上の制限温度(1号機は60℃, 2,3号機は65℃)までの到達時間に余裕がある。  
崩壊熱が最も高い2号機で自然放熱を加味しない評価で**約12日間の余裕**がある。

### 使用済燃料プール循環冷却設備概略図



©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

エアフィンクーラー

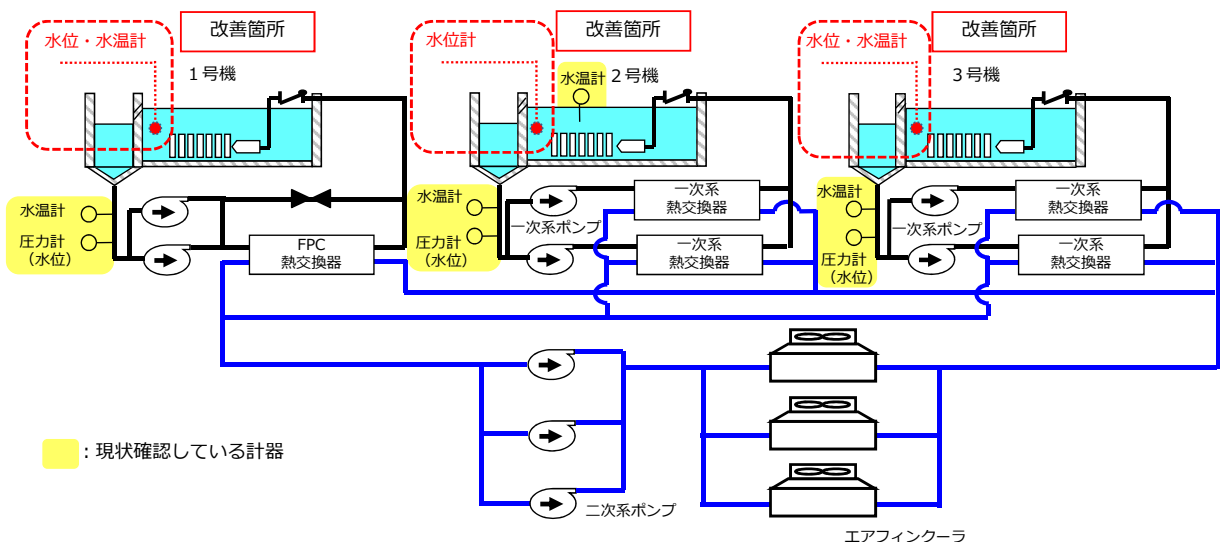
4

## 2-2. 検討結果 使用済燃料プール循環冷却設備(2/2)

### 『運転を維持する対策』 以外の改善箇所

- 使用済燃料プールの水位・水温は、一次系停止時に確認が出来ない。  
(2号機は使用済燃料プールの水温のみ直接確認可能)  
⇒使用済燃料プールに**水位・水温計を設置する**。

### 使用済燃料プール循環冷却設備概略図



重要設備の運転を維持する対策※

※本資料添付の下記事項に該当  
・添付2-3 共通対策<設備に対する水平展開> c.

➤ 設備構成の整理

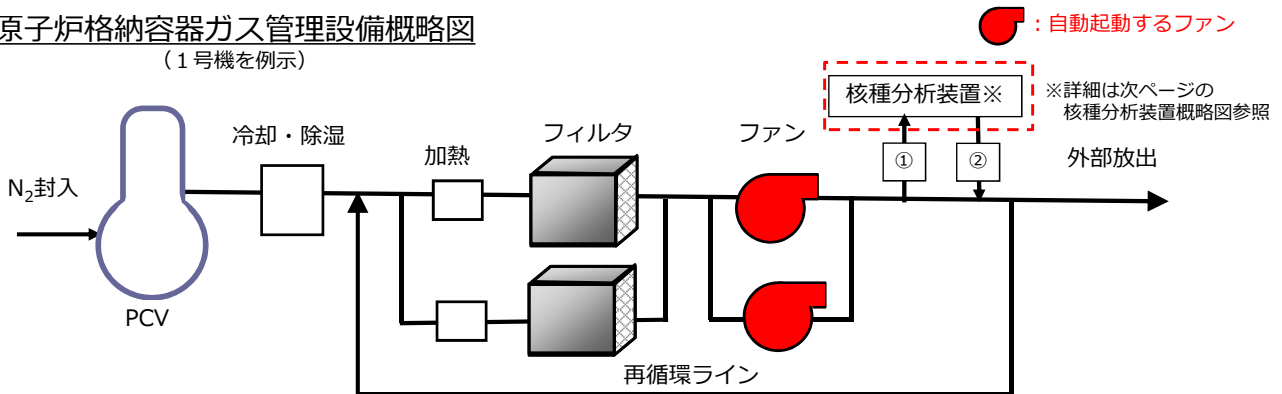
- ファンを2系統有し、運転系統が停止した場合、待機系統が自動起動する。また、核種分析装置を2系統有しており、2系統を並列運転させているため、1系統が停止しても継続して分析可能。  
⇒操作スイッチが“切”になった場合、自動起動しない。

➤ 対策

- 各操作スイッチレバーに防護カバーを設置済。[参考1-1参照]

### 原子炉格納容器ガス管理設備概略図

(1号機を例示)



## 2-3. 検討結果 原子炉格納容器ガス管理設備(2/2)

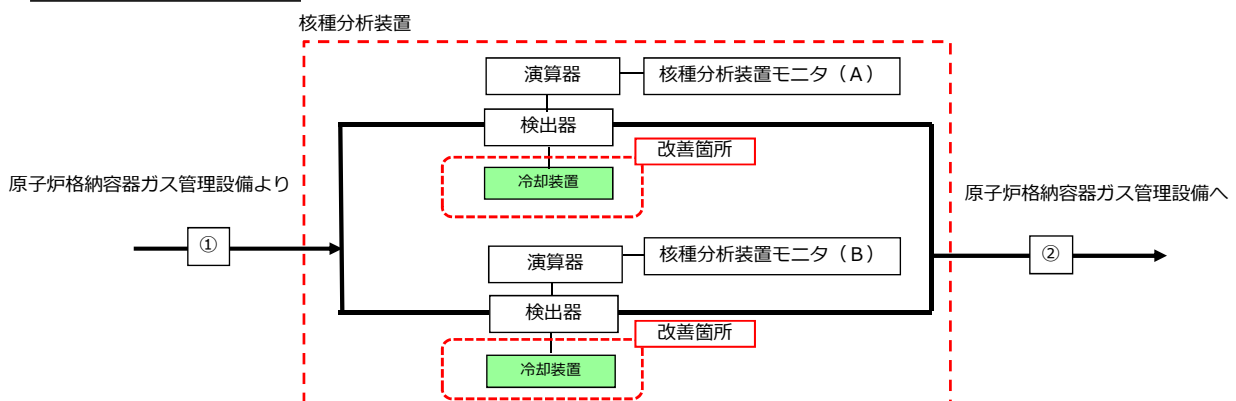
『運転を維持する対策』**以外の改善箇所**

- 1号機核種分析用冷却装置の冷却不良が確認されている。  
なお、2号機、3号機は、測定方式が違うため、冷却を必要としない。

⇒核種分析用冷却装置の冷却方式を変更する。

(電気式冷却装置から液体窒素凝縮装置へ変更)

### 核種分析装置概略図



重要設備の運転を維持する対策※

※本資料添付の下記事項に該当  
・添付2-3 共通対策<設備に対する水平展開> c.

➤ 設備構成の整理

- 窒素ガス分離装置は、常用3系統及び非常用1系統を有するが、待機系統は**自動起動しない**。  
(操作スイッチが“切”になった場合も運転が停止。)
- 2系統を**並列運転**させているため、1系統が停止しても**継続して窒素封入可能**。

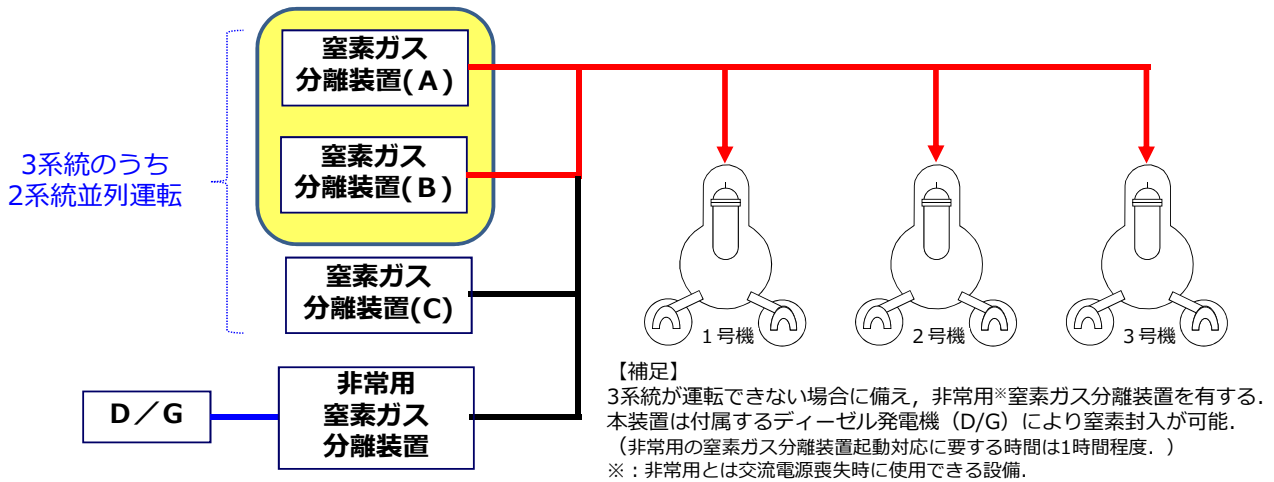
➤ 対策

2系統並列運転しているため、**運転の維持は可能**。

- 操作スイッチパネルの施錠管理を**実施済**。[参考1-1参照]

### 原子炉格納容器窒素封入設備概略図

(窒素ガス分離装置A,B運転を例示)

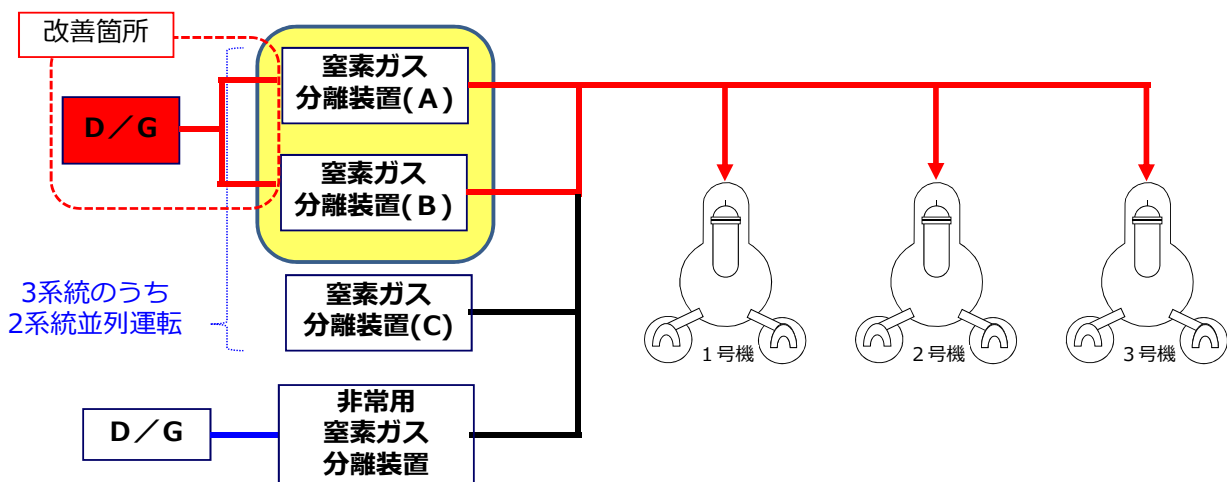


『運転を維持する対策』 **以外の改善箇所**

- 非常用窒素ガス分離装置は1系統有するのみである。  
⇒ディーゼル発電機(D/G)により運転できる窒素ガス分離装置を**拡充する**。

### 原子炉格納容器窒素封入設備概略図

(窒素ガス分離装置A,B運転を例示)

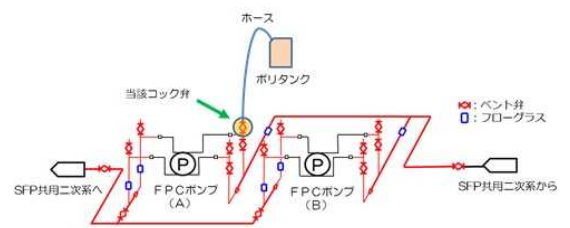
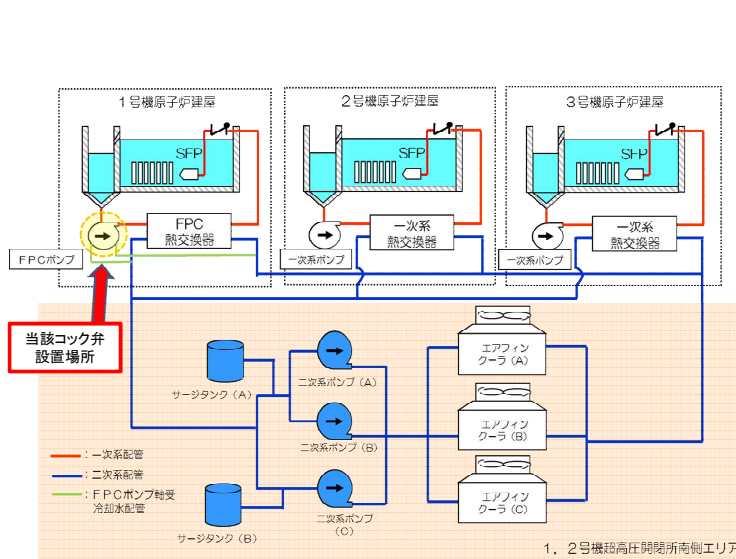


- ▶ 昨年発生した2件の冷却停止事象を踏まえ設備の改善箇所を検討した結果、以下の対策を今後実施していく。

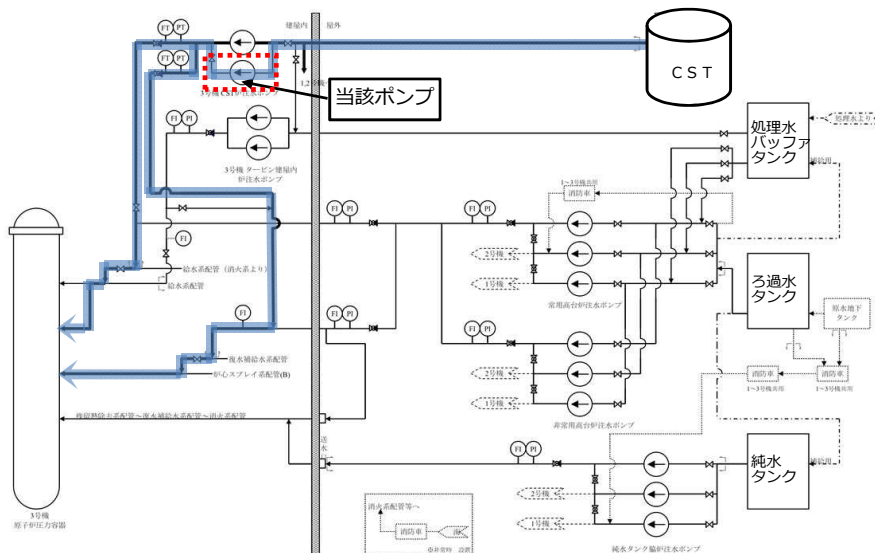
設備	今後実施していくもの
原子炉注水設備	原子炉注水設備全体について、設備数、自動起動の要否・連携、配置について見直しの検討を行う。
使用済燃料プール循環冷却設備	使用済燃料プールに水位・水温計を設置する。
原子炉格納容器ガス管理設備	核種分析用冷却装置の冷却方式を変更する。
原子炉格納容器窒素封入設備	ディーゼル発電機により運転できる窒素ガス分離装置を拡充する。

### 添付1-1.事象の概要（SFP循環冷却停止事象）

1号機FPCポンプ軸受冷却水配管のベント弁にパトロール中の当直員が誤接触（推定）。ベント弁から二次系冷却水が漏えいし、系統圧力低下により共用二次系を手動停止。



3号機CST原子炉注水設備の計器点検作業中に、運転中の原子炉注水ポンプの操作スイッチカバーに作業員が誤って接触。スイッチカバーが外れ、操作スイッチが停止側に動作しポンプが停止した。



【添付2-1】 SFP冷却停止事象の対策

	対策	実施時期
短期的対策	a. 共用二次系のバウンダリを二重化するため、 <b>弁下流側が開放部となる個所に閉止栓等を取り付けた</b> 。また、暫定対策として共用二次系に設置している <b>コック式ハンドル型の弁ハンドルを結束バンドにより固定した</b>	実施済 (2016.12.16)
	b. 試運転中も含めて、共用二次系の <b>弁に対する注意喚起表示 (タグ)</b> の使用を徹底した	実施済 (2016.12.5)
	c. <b>所員及び協力企業各社に対して</b> 、本事象をもとに誤接触により重要設備を停止させるリスクについて <b>事例周知した</b>	実施済 (2016.12.13)
	d. <b>一部運用を開始している共用二次系のパラメータ監視項目・頻度等を明確にし</b> 、共用二次系の設備移管が完了するまで、 <b>当直員によるパラメータ監視を強化した</b>	実施済 (2016.12.7) 設備移管完了 (2016.12.28)
	e. 共用二次系のパラメータ監視項目や警報発生時の対応手順等を <b>社内マニュアルに定め</b> 、 <b>SFP代替冷却系の異常発生時における判断を明確にした</b>	実施済 (2016.12.28)
中長期的対策	a. 弁の意図しない操作によりSFP代替冷却設備の系統水が漏えいしないよう、容易に操作可能なコック弁に対して、 <b>治具による固定等の物理的防護策を実施した</b>	実施済 (2017.2.23)
	b. 重要設備において工事完了前に <b>一部の設備を先行して運用開始</b> する場合には、設備移管後の運用と同等の管理(当直管理)となるよう、 <b>社内マニュアルを改訂する</b>	実施済 (2017.4)
	c. 共用二次系の <b>系統圧力変動を早期に検知するための警報を新たに設定した</b>	実施済 (2017.1.27)
	d. SFP代替冷却設備に対して、 <b>燃料冷却機能を維持することを前提とした設備的な対策</b> を検討・実施する	方針決定 (2017.7)
	e. 共用二次系に異常が発生した場合の <b>通報要否・公表区分を取り決め</b> 、「 <b>通報・公表基準</b> 」に反映した	実施済 (2017.2.28)

## 【添付2-2】 3号機CST原子炉注水ポンプ停止事象の対策(1/2) **TEPCO**

### <短期的対策>

対策	実施時期
a. 当該制御盤の <b>操作スイッチレバーを全て取り外した</b> （1～3号機）	実施済 (2016.12.16)
b. 操作スイッチ近傍に <b>接触禁止の注意喚起表示を設置した</b> また、制御盤周辺に立入禁止エリアの表示や簡易柵を設置する等の <b>立入制限措置を講じた</b>	実施済 (2016.12.16)
c. 現場設備近傍に <b>トラブル等発生時の連絡体制を掲示した</b>	実施済 (2016.12.16)
d. 運転中のポンプが停止し、予備のポンプが起動していない場合には、集中監視室からの <b>遠隔操作にて速やかに予備のポンプを起動させる手順に変更した</b>	実施済 (2016.12.12)
e. <b>所員及び協力企業各社に対して、重要設備に対するリスク及びトラブル等発生時の連絡ルールを再周知するとともに、本事象に対する事例検討を実施した</b>	実施済 (2017.1.31)
f. 重要設備を <b>運転状態で保全作業する場合</b> には、当社工事監理員が以下の対応を取るよう所内関係部門に依頼した ① <b>現場作業に立会い、工事監理及びトラブル等発生時の連絡体制を強化</b> ② <b>安全事前評価または作業前の危険予知活動に参加し、重要設備に対するリスク検討及びトラブル等発生時の連絡体制確認を実施</b>	実施済 (2016.12.13)
g. 原子炉注水設備を <b>運転状態で保全作業する場合</b> には、 <b>当直での監視にも注意を払うよう当直長に周知した</b>	実施済 (2016.12.12)

## 【添付2-2】 3号機CST原子炉注水ポンプ停止事象の対策(2/2) **TEPCO**

### <中長期的対策>

対策	実施時期
a. 意図しない操作により重要設備が停止しないよう、 <b>制御盤や操作スイッチに対して、更なる物理的防護策を検討・実施する</b> [詳細は参考1-1参照 (CST炉注設備以外の4設備への展開)]	実施済 (2017.6)
b. トラブル等発生時に直ちに現場から復旧班長に連絡できるよう、 <b>緊急連絡先を記載したシールを作成し、現場作業時に使用するヘルメットに貼り付ける</b>	実施済 (2017.3.27より貼付開始)
c. 重要設備の保全作業について以下の対応を <b>社内マニュアルに盛り込む</b> ① <b>重要設備については、可能な限り運転状態で保全作業しないよう、設備保全部門と運転管理部門にて調整する</b> ② <b>重要設備を運転状態で保全作業する場合</b> には、 <b>運転管理部門を交えた事前検討会にて設備保全部門が実施すべき事項や作業管理内容を審議する</b>	実施済 (2017.3.23)
d. C S T 炉注設備を <b>運転状態で保全作業する場合</b> における <b>監視方法の明確化等、運転監視体制の改善策を検討・実施する</b> 。また、改善策を <b>社内マニュアルに反映する</b>	実施済 (2017.3.27)
e. C S T 原子炉注水ポンプ起動・停止時インターロックの見直し等、人為的なミスにより <b>C S T 原子炉注水設備が停止しないよう、設備面での対策を検討・実施する</b> なお、原子炉注水機能の強化（信頼度向上）を目的として、C S T 原子炉注水設備が異常停止した場合におけるバックアップ設備の自動起動など、原子炉注水設備全体に対するシステム設計見直し等の検討も合わせて実施する	方針決定 (2017.7)



対策		実施時期
設備 に対する 水平展開	<b>a. 物理的防護策</b> 意図しない操作により重要設備が機能喪失しないよう、現場の操作スイッチ、弁、計器類に対して物理的防護策を検討・実施する (重要設備、重要設備に電源を供給する設備、重要設備以外の対象設備に展開) [詳細は参考1-1参照]	<重要設備> 実施済 (2017.6)  <重要設備以外> 2017年7月以降開始予定
	<b>b. 識別・注意喚起表示</b> 重要設備の制御盤にある操作スイッチ、プッシュボタン等に重要設備の識別表示や接触禁止等の注意喚起表示を設置する (重要設備、重要設備に電源を供給する設備、重要設備以外の対象設備に展開) [詳細は参考1-1参照]	<重要設備> 実施済 (2017.6)  <重要設備以外> 2017年7月以降開始予定
	<b>c. インターロックの見直し等</b> 人為的ミスにより重要設備が機能喪失しないよう、ポンプ起動・停止時におけるインターロックの見直し等、重要設備の運転を維持することを前提とした設備的対策を検討・実施する (重要設備に展開)	方針決定 (2017.7)

重要設備：原子炉注水設備，使用済燃料プール循環冷却設備，  
原子炉格納容器ガス管理設備，原子炉格納容器窒素封入設備

対策		実施時期
人 に対する 水平展開 (教育)	<b>a. 危険体感教育の充実</b> 今回発生した事象をパネルに掲示して説明するとともに、現場の狭隘な環境や機器を模擬した設備を設置し、軽微な接触により本事象のような事が起こりえることを対象者に体感させ、重要設備近傍で作業することに対する基本動作の徹底に努める	実施済 (2017.4 より開始)
	<b>b. 工事監理員研修の充実</b> 「工事監理員研修」において、現場で実際の設備を前にした工事監理員の振る舞いに関する研修を盛り込み、設備安全に関する基本動作の徹底に努める また、「危険体感教育」、「振る舞いに関する研修」については、工事監理員の資格要件にする	方針決定 (2017.4) 研修カリキュラム 確定後展開予定 2017.9月目途
	<b>c. 現場出向前 C B A※及び現場危険予知活動の充実</b> 運転員が重要設備近傍で作業する場合には、現場出向前に「接触等による重要設備への影響」を踏まえた C B Aを実施するとともに、作業前に現場 K Yを実施し、危機意識の向上を図る また、上記の内容を社内マニュアルに反映する ※ C B Aとは、Check Before Actionの略で、「行動する前にはその内容を今一度確認」といったヒューマンエラー防止活動	実施済 (2017.3.3)
	<b>d. 設備安全に関する事前点検の徹底</b> 重要設備を運転した状態で保全作業を実施する場合、作業前の現場確認にて設備保全部門が協力企業作業員とともに「設備安全に関する点検項目」を用いた事前点検を実施し、重要設備に対する必要な作業管理を確認することとし、その旨を社内マニュアルに反映する	実施済 (2017.3.23)
	<b>e. 作業内容に応じた運転監視の充実</b> 重要設備を運転した状態で保全作業を実施する場合、設備異常の早期発見が可能となる具体的な監視方法（監視対象パラメータ、監視頻度、監視体制等）を検討する また、上記の内容等を記載した社内マニュアルを新たに作成する	実施済 (2017.3.27)
	<b>f. 作業班長教育の充実</b> 現在実施している作業班長教育に、重要設備の運転中作業に伴うリスクに対する意識を向上するための教育も合わせて実施していくと共に、作業班長による班員に対する教育・指導の強化・充実を図る。	実施済 (2017.4 より開始)

■ 重要設備に対し以下の内容を実施済み。

- 流路形成、バウンダリ形成の弁へのワイヤー、治具での固定
- 運用状況を踏まえベント・ドレン弁の二重化、閉止栓設置
- 操作スイッチへのCSハンドル取外し、注意喚起表示
- 計器類への保護カバー設置、注意喚起表示
- 系統圧力の変動を早期に検知する警報の追加

※重要設備  
 原子炉注水設備  
 使用済燃料プール循環冷却設備  
 原子炉格納容器ガス管理設備  
 原子炉格納容器窒素封入設備



①閉止栓の取付



②操作スイッチレバーの取外し



③接触禁止表示の設置  
 ④立入制限の区画設定

■ 現場教育及び監視・管理の強化として以下の内容を開始済み。今後も継続実施。

- 当社社員、協力企業作業員を対象とした狭隘な環境を模擬した危険体感訓練の実施
- 作業班長への重要設備運転中作業に伴うリスクに対する教育
- 運転員が重要設備近傍で作業する場合に、「接触等による重要設備への影響」を踏まえた作業確認の実施
- 運転状態での保全作業に対する監理・運用方法を明確化



【 訓練施設全景 】



【 狭隘部体感装置 】

