

## 5 誤操作防止

◇中央制御室等における操作の容易性、誤操作防止

# 適合のための基本方針

## 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第十条

設置許可基準規則	適合のための基本方針
<p>＜第十条第1項＞ 設計基準対象施設は、誤操作を防止するための措置を講じたものでなければならない。</p> <p>【解釈】 1 第1項に規定する「誤操作を防止するための措置を講じたもの」とは、人間工学上の諸因子を考慮して、盤の配置及び操作器具並びに弁等の操作性に留意すること、計器表示及び警報表示において発電用原子炉施設の状態が正確かつ迅速に把握できるよう留意すること並びに保守点検において誤りを生じにくいよう留意すること等の措置を講じた設計であることをいう。また、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の発生後、ある時間までは、運転員の操作を期待しなくても必要な安全機能が確保される設計であることをいう。</p> <p>＜第十条第2項＞ <u>安全施設は、容易に操作することができるものでなければならない。</u></p> <p>【解釈】 <u>2 第2項に規定する「容易に操作することができる」とは、当該操作が必要となる理由となった事象が有意な可能性をもって同時にもたらされる環境条件（余震等を含む。）及び施設で有意な可能性をもって同時にもたらされる環境条件を想定しても、運転員が容易に設備を運転できる設計であることをいう。</u></p>	<p>＜第10条第1項への適合＞ <u>（規制要求変更なし）</u> プラントの安全上重要な機能に支障をきたすおそれがある機器・弁等に対して、色分けや銘板取り付け等の識別管理や人間工学的な操作性も考慮した監視操作エリア・設備の配置、中央監視操作の盤面配置、理解しやすい表示方法とするとともに施錠管理を行い、運転員等の誤操作を防止する設計とする。また、保守点検において誤りが生じにくいよう留意した設計とする。 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故発生後、ある時間までは、運転員の操作を期待しなくても必要な安全機能が確保される設計とする。</p> <p>＜第10条第2項への適合＞ <u>（追加要求事項）</u> <u>安全施設は、想定される地震や外部電源喪失等の環境条件下においても、運転員が、中央制御室及び中央制御室以外の操作場所において、容易に操作することができる設計とする。</u></p>

## 中央制御室における操作の容易性

### ■ 中央制御室の通常時の環境

運転員の居住性, 監視操作性等に鑑み, 以下の考慮した設計とする。

- (1) 温湿度…運転操作に適した室温 (21~26℃), 湿度 (40~60%RH) に調整可能な設計とする。
- (2) 照度…運転監視業務, 机上業務を考慮し, ベンチ盤操作部エリアは通常700ルクスを確保可能な設計とする。
- (3) 騒音…運転員間のコミュニケーションが適切に行えるような騒音レベル60dB(A) 以下を維持できる設計とする。

### ■ 中央制御室の環境に影響を与える可能性のある事象に対する考慮

- (1) 火災…中央制御室に粉末消火器又は二酸化炭素消火器を設置する。また, 運転員によって火災感知器による早期の火災感知を可能とし, 運転員の対応を社内規程類に定め, 運転員による速やかな消火を行う。
- (2) 地震…中央制御室及び制御盤は, 耐震性を有する制御室建物に設置し, 制御盤は床等に固定する。制御盤に手摺を設置し, 天井照明設備は落下防止措置を講じた設備とする。
- (3) 照明…外部電源喪失時は非常用ディーゼル発電機により, 操作に必要な照明用電源を確保する。
- (4) ばい煙, 有毒ガス…中央制御室換気空調系の通常時外気取入れ隔離弁及び排気隔離弁を閉止し, 再循環運転を行うことで外気を遮断する。
- (5) 内部溢水…中央制御室には, 溢水源となる機器を設けない設計とする。また, 火災が発生したとしても, 粉末消火器又は二酸化炭素消火器にて初期消火を行う。
- (6) 温度…中央制御室換気空調系により環境温度が維持される。

# 中央制御室における操作の容易性

## ■ 設計照度について

運転監視業務に加え、机上業務も考慮した照度を確保可能な設計とする。

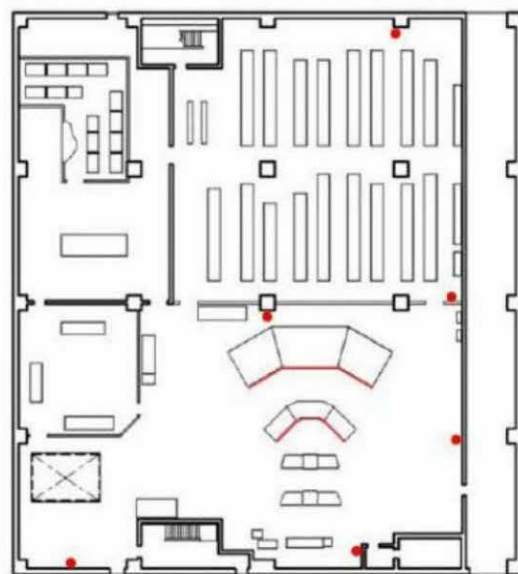
なお、全交流電源喪失時においても、直流非常灯のみの状態で運転操作が可能なることをシミュレータ訓練で確認している。



手摺設置状況

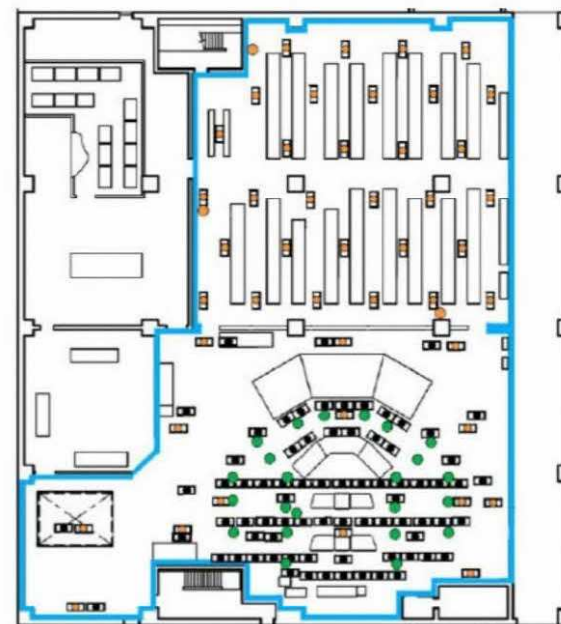


消火器設置状況



— : 手摺  
● : 消火器

中央制御室における消火器及び手摺の設置状況



(凡例)	
■: 非常用照明 (蛍光灯等)	照明の仕様 (設計値)
■: 非常用照明 (電池内蔵型)	・非常用照明
●: 直流非常灯	ベンチ盤操作部エリア : 700ルクス
	鉛直にある計器面 : 300ルクス
	・直流非常灯
	ベンチ盤操作部エリア : 50ルクス

中央制御室の照明配置概要図

## 中央制御室以外における操作の容易性

### ■ 必要な現場操作

以下に該当する現場操作について，誤操作の防止，操作の容易性を確認した。

- ・設計基準事故（運転時の異常な過渡変化を含む）時に必要な操作（事故発生から冷温停止まで）のうち，事故の拡大防止又は収束させるために必要な現場操作
- ・新規制基準適合性に係る審査において，安全施設が安全機能を損なわないために必要な現場操作

### 【必要な現場操作の抽出結果】

- （1）残留熱除去系（原子炉停止時冷却モード）の使用における現場操作（第8条「火災による損傷の防止」，第12条「安全施設」）
- （2）溢水防護対策における現場操作（第9条「溢水による損傷の防止等」）
- （3）全交流動力電源喪失時における現場操作（第14条「全交流動力電源喪失対策設備」）
- （4）中央制御室外原子炉停止装置における操作（第8条「火災による損傷の防止」，第26条「原子炉制御室等」）



想定される環境条件のもとで行う現場操作について，アクセス性を含めた現場操作の容易性を確認した。

# 中央制御室以外における操作の容易性

## ■ 現場操作の容易性評価（例）

### （４）中央制御室外原子炉停止装置における操作

操作概要	評価結果
<p>【操作】 中央制御室内での操作が火災等の何らかの要因により困難な場合、中央制御室外原子炉停止装置盤室 <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 100px; height: 15px;"></span> において、原子炉スクラム後の高温停止状態から冷温停止状態に移行させる操作が必要となる。</p> <p>【想定される環境条件】 炎，熱，煙（起因事象：内部火災）</p>	<p>【操作場所の評価（アクセス性含む）】 中央制御室が火災等の何らかの要因で被害を受けた場合、中央制御室外原子炉停止装置盤室は中央制御室とは位置的に分散し、アクセス性を確保し、操作可能な設計とする。</p> <p>【操作内容の評価】 中央制御室外原子炉停止装置盤室の制御盤は、発電用原子炉を冷温停止させるために必要な系統のポンプや弁の操作器具，監視計器等から構成されており，使用する手順書を確認しながら操作を行うことで，誤操作を防止する。系統ごとに関連する監視計器，状態表示を極力近接配置することにより，操作が実施されたことの確認も容易である。</p>

本資料のうち，枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

# 中央制御室の誤操作防止

## ■ 視認性

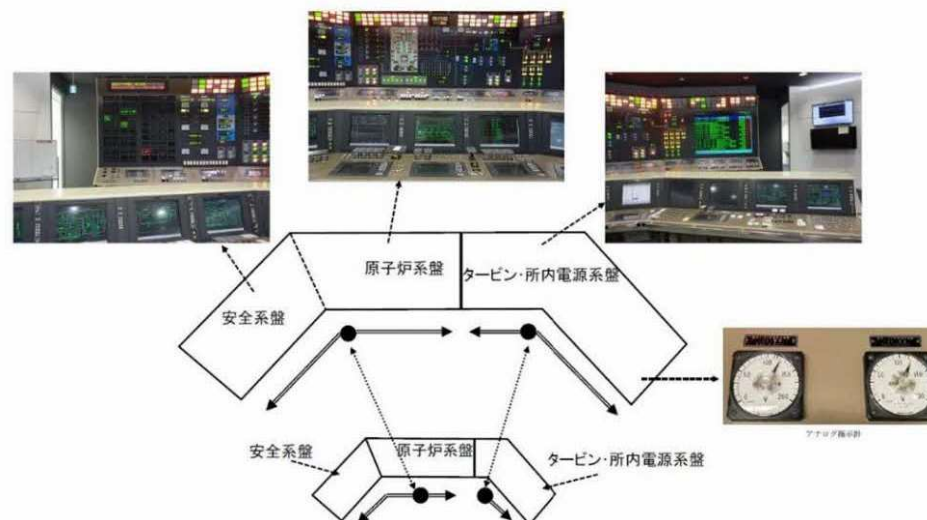
### (1) 表示装置の盤面配置

表示装置の盤面配置は、運転員の誤操作を防止するよう配置する設計としている。

- ・主盤に設置したPFD※1及びFD※2に集約する。
- ・プラント全体の重要な情報は大型表示盤に表示し、運転員同士の情報共有及びプラント設備全体の情報把握が可能な設計とする。
- ・主盤及び大型表示盤は、左側から安全系、原子炉系、タービン・所内電源系の順で配置し、それぞれの表示装置を集約して配列する。
- ・大型表示盤は、複数の運転員による監視ができるよう、安全上重要なパラメータ、警報を表示できる設計とする。

※1 PFD (Plant level Flat Display) : プラントの監視 (常用系の一部はソフトスイッチにより操作可)

※2 FD (Flat Display) : プラントの監視及びソフトスイッチによる操作



## 中央制御室の誤操作防止

### (2) 操作器具の盤面配置

中央制御盤の操作器具は、運転員の誤操作を防止するよう配置する設計としている。

- ・緊急性の高い操作、頻度の高い操作等は、ハードスイッチとし、その他の操作はソフトスイッチを適用し、運転員が容易に操作可能なよう操作器具を分担して配置している。

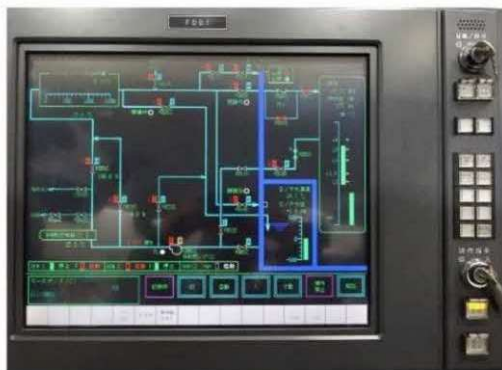
- ・主盤及び大型表示盤の操作器具は、表示装置と同様に左側から安全系、原子炉系、タービン・所内電源系の順で配置し、系統ごとに関連するハードスイッチ及びアナログ指示計並びにPFD、FD等の盤面器具は極力近接配置する。

PFD及びFDに表示されるソフトスイッチ、ソフトウェアの指示計等の盤面表示は、画面内の情報の配置、形状等に一貫性を持たせ、異なるグルーピングが混乱の原因とならないよう、系統区分に従ったグルーピングと異なるグルーピングを同時に用いない。

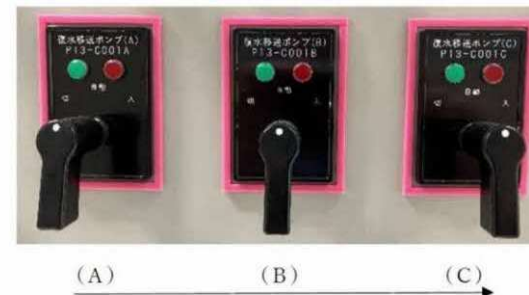
- ・盤面に設置されている多重化された機器の操作器具及び表示装置は、向かって左から右、又は上から下の方向に従い、統一した配置とする。



ハードスイッチ



ソフトスイッチ



盤面操作器具の配列 (例)

# 中央制御室の誤操作防止

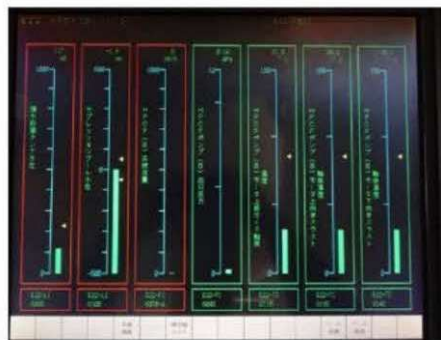
## (3) 表示装置の識別

中央制御盤の表示装置の識別は、運転員の誤操作を防止するよう識別する設計としている。

- ・ PFD及びFDのパラメータ表示画面の重要なパラメータについては、枠線を赤色にすることで容易に識別可能な設計とする。
- ・ 警報の種別に応じて3色（赤／黄／緑）による識別を行う。



PFD



FD

パラメータの識別表示例



重要警報  
(プラントレベル)



系統別一括警報  
(系統レベル)



個別警報 (PFD画面の例)

警報表示例

- 赤：2 out of 4 論理の安全系における2チャンネル以上動作
- 黄：2 out of 4 論理の安全系における1チャンネル動作
- 緑：バイパス条件が成立

- 赤：重故障 (機能喪失又は機能低下を伴う異常)
- 黄：軽故障 (二重化システムの片系故障等, 重故障に至らない異常)
- 緑：状態表示 (手動バイパス等, 通常と異なる状態に関する表示)

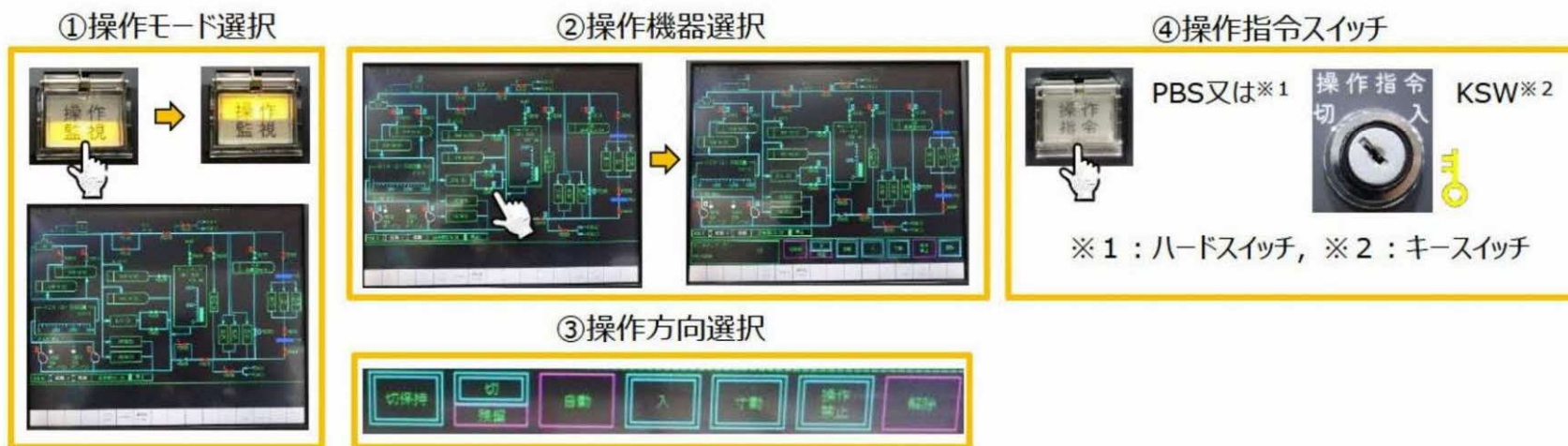
# 中央制御室の誤操作防止

## ■ 操作性

運転員の判断負担の軽減化あるいは誤操作防止対策として、形状、操作方法等の視覚的要素での識別を可能とするための盤面器具のコード化、並びに、PFD及びFDの操作に統一性を持たせている。

### (1) PFD及びFD

- ・ソフトスイッチを使用した基本的なFDの操作は、画面横に設置されたハードスイッチで操作モードを選択し、画面上で操作機器とその操作方向を選択し、その上で操作指令を画面横に設置されたハードスイッチ又はキースイッチにより実行される。
- ・タッチ領域には、大きさ及び間隔を確保する。
- ・運転員にタッチしている場所を画面上にマーキング表示することで認識させ、指をタッチ対象に移動し、タッチオフで受け付ける方式とする（タッチ操作の命中率を向上させる設計とする）。



FDの操作例

# 中央制御室の誤操作防止

## (2) ハードスイッチ

・操作器具の操作方法は、運転員の慣習に基づく動作・方向感覚に合致させている。

(例：操作器具は右が「入（開）」, 左が「切（閉）」)

・不安全な操作や運転員の意図しない操作を防止するよう、操作器具の適切な配置（操作時に対象外の操作器具に触れることがないよう配置）、保護カバーの設置、キー付スイッチの設置、押釦スイッチを設置する。



取り外し可能な  
カバー



キー付スイッチ



押釦スイッチ  
(選択+押し込み)

操作器具の例



ピストル形    キー付ピストル形    菊形    楕円形    つまみ形

操作器具の操作方法

	時計回り方向	: 動作 (起動・開弁), 動作選択
	反時計回り方向	: リセット (停止・閉弁), リセット選択
	反時計回り方向+引き抜き方向	: 引保持

操作器具の識別例

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

# 中央制御室以外の誤操作防止

## ■ 施錠管理

- ・誤操作によりプラントの安全上重要な機能に支障をきたす可能性のある機器や弁等に対して施錠管理を行う。



チェーンによる施錠



現場盤の施錠



操作器具の施錠

## ■ 識別管理

- ・誤操作によりプラントの安全上重要な機能に支障をきたす可能性のある盤，計測ラック及び弁等について，銘板取付けや色分けにより識別を行っている。



原子炉水位・圧力(I)計装ラック	H22-P001	DIV-I
原子炉水位・圧力(II)計装ラック	H22-P002	DIV-II
原子炉水位・圧力(III)計装ラック	H22-P003	DIV-III
原子炉水位・圧力(IV)計装ラック	H22-P004	DIV-IV

計装品の識別  
(計器ラックの例)



弁の識別

システムの略語と配管番号で識別するとともに，流れ方向を記載

【配管塗装の例】  
 赤：水素ガス  
 黄：炭酸ガス



配管の識別  
(原子炉補機冷却系等の例)

現場機器識別 (例)

# 中央制御室以外の誤操作防止

## ■ 操作補助掲示

- ・開度調整時の補助（目安）として，試運転時の実績等を使用手順書，操作タグ，現場表示銘板へ記載することにより，弁操作時における開度調整の視認性を向上させる。

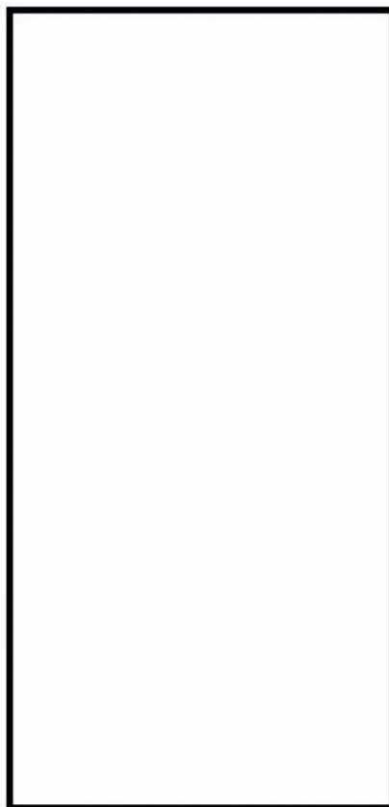


弁開度表示例

## ■ 工具・可搬型照明の配備

- ・現場機器及びこれらのアクセスルートには，非常用電源から給電される照明を設置している。また，中央制御室には可搬型照明を配備している。
- ・現場操作の頻度が多い各種弁の操作について，各種弁の仕様や構造に応じた適正な工具を中央制御室近傍及び現場に配備するとともに，操作台を配備している。

- : アクセスルート
- : 工具保管場所

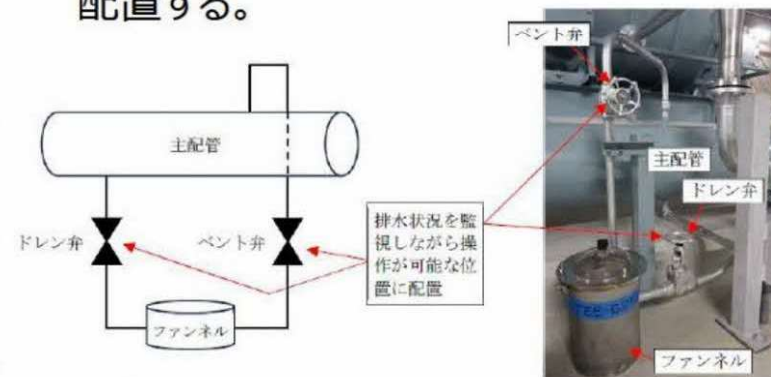


## ■ 現場機器付番

- 現場機器に付番をする際には，系統内の流体の流れや機器の配置等を考慮して規則性を持たせた付番を行う。

## ■ 機器配置

- 系統の水張りや水抜きに使用するベント弁，ドレン弁は，排出先のファンネルへの排出状況を見ながら操作が可能な位置に配置する。



本資料のうち，枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

# その他の誤操作防止

## ■ 操作禁止タグによる識別

点検，補修等の対象設備及び関連する設備について，操作を禁止するものには「操作禁止タグ」を取り付け，誤操作を防止している。

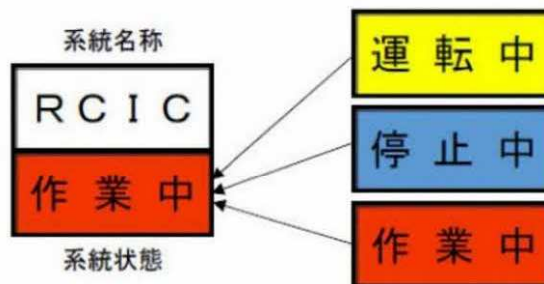


白色：一般作業用  
 青色：第一種機器供用期間中検査（漏えい）用  
 黄色：原子炉格納容器漏えい率検査用

操作禁止タグ例

## ■ 定期事業者検査時の識別

定期事業者検査中において，中央制御室では各系統の状態を表示し，系統の「運転中」，「停止中」，「作業中」を識別している。



系統状態の識別例

## ■ 運転中試験時の識別

プラント運転中の非常用炉心冷却系等の設備の定期試験では，中央制御室・現場の試験対象設備周辺に運転員を配置し，試験中は中央制御室と現場で適宜連絡・確認を取り合いながら手順に従い試験を進めることで，誤操作防止を図る。