

本資料のうち、枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

# 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉

## 誤操作の防止について

平成27年2月

東京電力株式会社

## 第十条： 誤操作の防止

### <目 次>

1.	基本方針	1
1.1	要求事項の整理	1
1.2	適合のための設計方針	2
2.	誤操作の防止	3
2.1	概要	3
2.2	制御盤の設計方針について	5
2.2.1	中央制御室制御盤取付器具の範囲	5
2.2.2	盤面配列及び盤面器具配列	6
2.2.3	盤面器具，CRT及びFDの識別	8
2.2.4	CRT及びFDの配列	13
2.2.5	制御盤の保守点検	14
2.3	操作の容易性	15
2.3.1	照明設備及び空調設備	15
2.3.1.1	照明設備について	15
2.3.1.2	空調設備について	17
2.3.2	運転員の地震及び火災等への対応	18
2.4	現場の誤操作防止	23
2.4.1	識別管理	23
2.4.2	施錠管理	24
2.4.3	現場操作の容易性	24
2.5	その他の誤操作防止	28
2.5.1	タグ札による識別	28
2.5.2	定期検査時の識別	29

参考資料 1 可燃性ガス濃度制御系 可搬式再結合装置について

参考資料 2 残留熱除去系 停止時冷却外側隔離弁について

## < 概 要 >

1. において、設計基準対象施設の設置許可基準規則、技術基準規則の追加要求事項を明確化するとともに、それら要求に対する柏崎刈羽原子力発電所6号炉及び7号炉における適合性を示す。

2. において、設計基準対象施設について、追加要求事項に適合するために必要となる機能を達成するための設備又は運用等について説明する。

## 1. 基本方針

### 1.1 要求事項の整理

誤操作の防止について、設置許可基準規則第十条及び技術基準規則第三十八条における追加要求事項を明確化する（第 1.1 表）。

第 1.1 表 設置許可基準規則第十条及び技術基準規則第三十八条 要求事項

設置許可基準規則 第十条（誤操作の防止）	技術基準規則 第三十八条（原子炉制御室等）	備考
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。	2 原子炉制御室には、反応度制御系統及び原子炉停止系統に係る設備を操作する装置、非常用炉心冷却設備その他の非常時に発電用原子炉の安全を確保するための設備を操作する装置、発電用原子炉及び一次冷却系統に係る主要な機械又は器具の動作状態を表示する装置、主要計測装置の計測結果を表示する装置その他の発電用原子炉を安全に運転するための主要な装置（第四十七条第一項に規定する装置を含む。）を集中し、かつ、誤操作することなく適切に運転操作することができるよう施設しなければならない。	変更なし
<u>2 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>	—	追加要求事項

## 1.2 適合のための設計方針

運転員の誤操作を防止するため、盤の配置、操作器具等の操作性に留意するとともに、計器表示及び警報表示により原子炉施設の状態を正確、かつ、迅速に把握できる設計とする。また、保守点検において誤りを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。

本原子炉施設のうち安全施設については、異常状態の原因となった事象が有意な可能性をもって同時にもたらす環境条件と、施設で想定される異常状態下で有意な可能性をもって同時にもたらされる環境条件（地震、内部火災、内部溢水、外部電源喪失及びばい煙や有毒ガス、降下火砕物による操作雰囲気悪化）を想定しても、運転員が運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故に対応するための設備を中央制御室及び現場において、必要な操作、措置がとれる設計とする。

更に、安全上重要な機能に影響を与える恐れ、又は外部環境に影響を与える恐れがある機器・弁に対して、識別管理、施錠管理等により、誤操作を防止するとともに容易に操作ができる設計とする。

## 2. 誤操作の防止

### 2.1 概要

#### (1) 柏崎刈羽原子力発電所6号炉及び7号炉中央制御室制御盤の特徴

中央制御室の制御盤は、主盤、大型表示盤、裏盤で構成している。主な監視計器は主盤のCRT\*<sup>1</sup>及びフラットディスプレイ（以下、FD\*<sup>2</sup>）に集約し、大型表示盤により運転員同士の情報共有化及びプラント設備全体の情報把握を行う。

操作器はハードスイッチ、CRT及びFDのソフトスイッチであり、警報窓は重要度に応じた識別をしている。

\* 1 CRT：プラントの監視（常用系の一部はソフトスイッチによる操作可）

\* 2 FD：プラントの監視及びソフトスイッチによる操作

#### (2) 誤操作の防止対策

① 中央制御室には、原子炉施設の主要な計測及び制御装置を設けており、集中的に監視又は制御を行うことができる。また、制御盤は誤操作、誤判断を防止し、かつ、操作を容易に行えるよう人間工学的な観点から操作性、監視性を考慮して、表示装置及び警報表示装置並びに操作器を配置している。

② 運転員の誤操作等による運転時の異常な過渡変化時には、警報により運転員が措置できるようにするとともに、これらの修正動作がとられない場合にも、原子炉固有の安全性並びに安全保護系等の動作により、重大な事故に発展することがないようにしている。

なお、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の発生後、10分間は運転員の操作を期待しなくても原子炉停止機能、炉心冷却機能及び放射能閉じ込め機能が自動作動することにより、安全機能を確保することとしている。

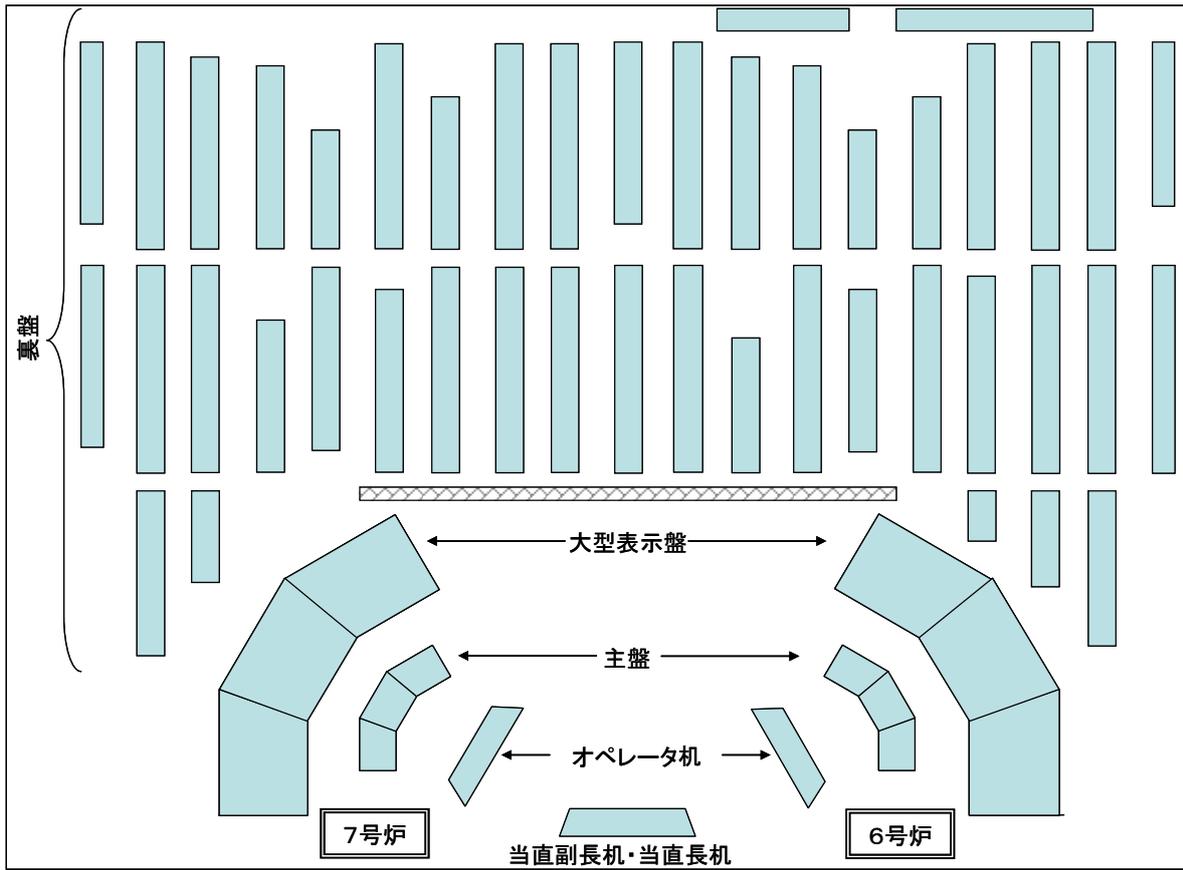
③ 現場における運転員の誤操作を防止するため、現場盤及び計装ラックの識別管理、配管の色分けによる識別管理、原子炉施設の安全上重要な機能に障害のきたすおそれのある機器の盤及び手動弁の施錠管理、人身安全・外部環境に影響を与えるおそれのある手動弁の施錠管理を実施している。

#### (3) 操作の容易性

① 設計基準事故時においても、運転員が中央制御室に留まり、事故対応操作が可能な設計（実用上可能な限り不燃性又は難燃性の設計及び換気設計）としている。

② 地震や火災時においても、運転員が容易に設備を運転できるよう、耐震Sクラスのコントロール建屋2階に設置するとともに、手摺の設置、消火設備の設置等の火災防護措置を講じており、適切な監視操作環境を実現している。

③ 現場弁等を操作する際に使用する工具については、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、及び管理区域内に配備している。



第 2.1 図 中央制御室の制御盤配置

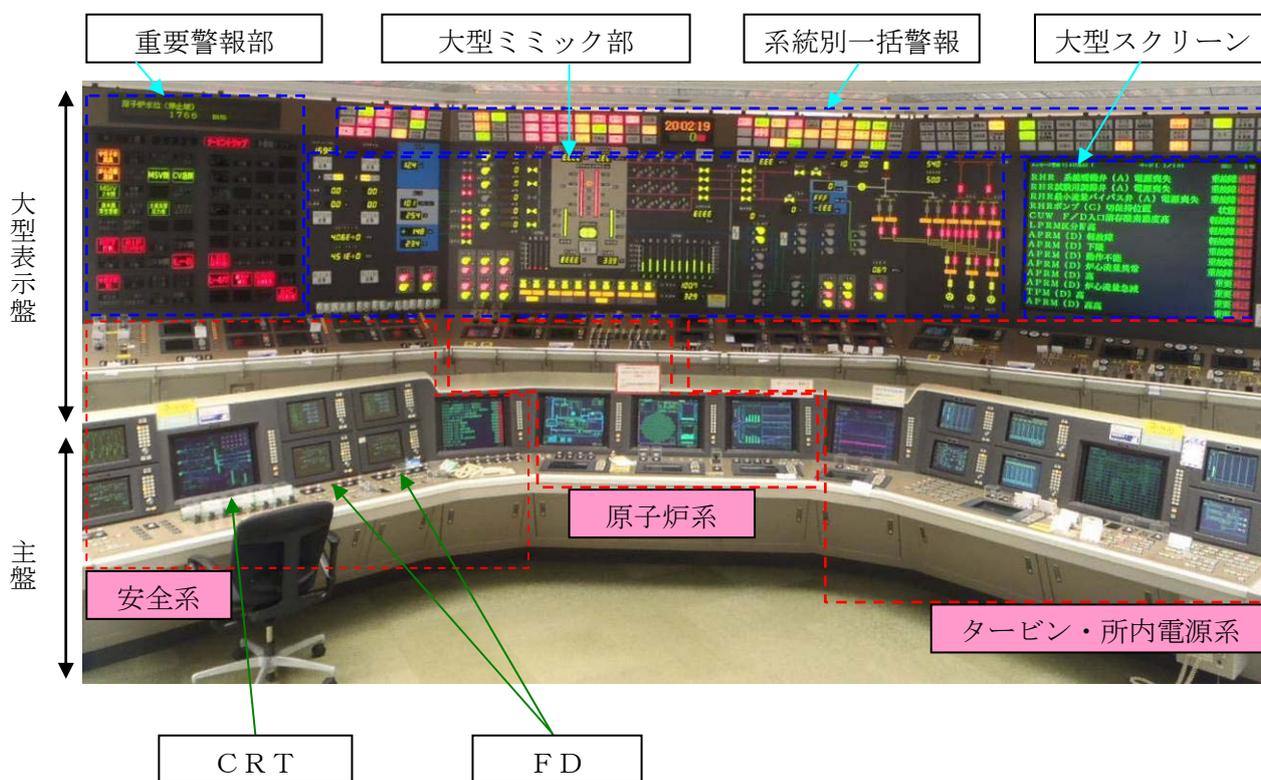
## 2.2 制御盤の設計方針について

### 2.2.1 中央制御室制御盤取付器具の範囲

主な表示装置は、主盤に設置したCRT及びFDに集約している。また、プラント全体の重要な情報は大型表示盤に表示し、運転員相互の情報共有及びプラント設備全体の情報把握を行う。

中央制御室の制御盤に設置する操作器及び監視計器は以下のとおりである。

- ① 発電用原子炉施設の通常運転，起動，停止時の操作，監視を行うもの。  
(原子炉系，タービン・所内電源系等)
- ② 発電用原子炉施設の異常時にプラントの安全のための操作，監視を行うもの。  
(安全系等)
- ③ 上記①，②以外で，操作の頻度が高い等，中央制御室に配置することで運用上のメリットが高いもの。



第 2.2.1 図 主盤及び大型表示盤

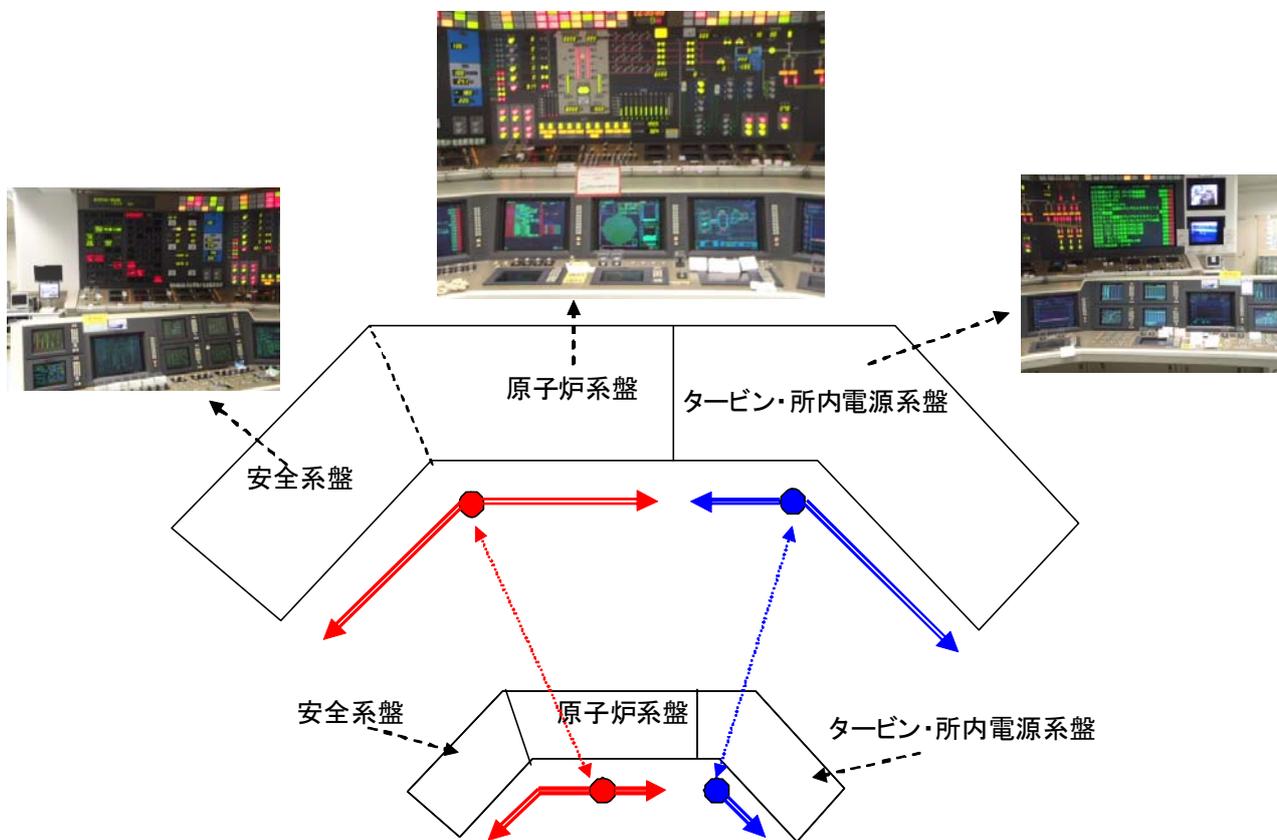
## 2.2.2 盤面配列及び盤面器具配列

### (1) 盤面配列

中央制御室制御盤は、運転員の視認性及び運転員間のコミュニケーションを考慮した配置としている。

主盤は、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及び操作器具が集約して配列されていることから、運転員が容易に操作できる設計としている。

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している。大型表示盤の表示装置及び操作器具の配列は、主盤と同様な配置とすることで、運転員が容易に操作できる設計としている。



第 2.2.2-1 図 制御盤の配置

(2) 盤面器具配列

中央制御室の操作器具は、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。

互いに関連するハードスイッチ、CRT、FD等の盤面器具は極力近接配置することで、操作の容易性を考慮している。



\*実際には保護カバーがしてある。

第 2.2.2-2 図 ハードスイッチ (例)



第 2.2.2-3 図 ソフトスイッチの表示 (例)

また、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、統一した配置となるよう考慮されている。



(A) (B) (C)

第 2.2.2-4 図 盤面操作器具の配列 (例)

### 2.2.3 盤面器具，CRT及びFDの識別

運転員の判断機能の軽減化あるいは誤操作防止対策として、盤面器具のコード化（形状，操作方法等の視覚的要素での識別）並びにCRT及びFD操作の容易性を考慮した設計としている。

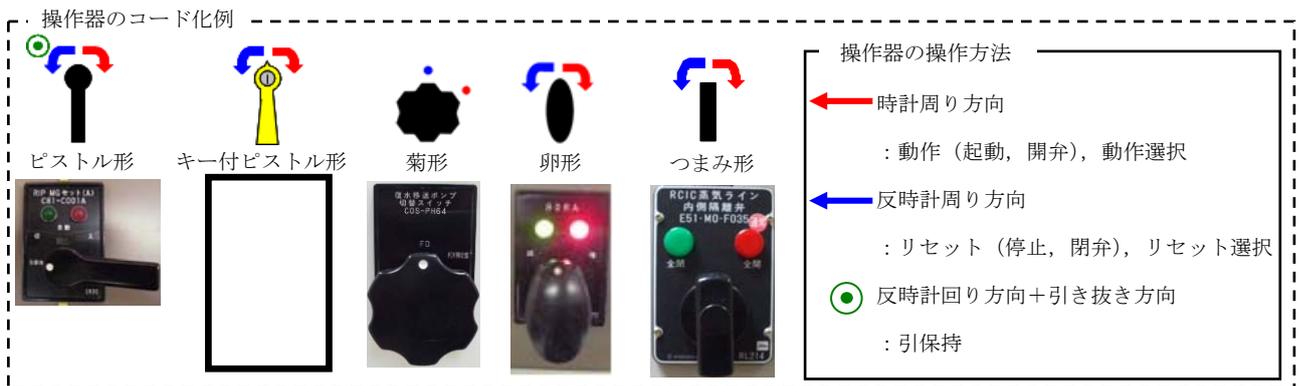
#### (1) 操作器の識別

- ① 操作器の操作方法是、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：操作器は右が「入（開）」，左が「切（閉）」）
- ② 操作器は、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、操作器の適切な配置，保護カバーの設置，キー付スイッチの設置，押釦スイッチの設置を実施している。



第 2.2.3-1 図 操作器の例

- ③ 操作器は形状のコード化方法や操作方法に一貫性を持たせている。  
（その用途・目的に応じて色，形状を適切に組合せることにより，誤判断防止を図る）
- ハンドル形状：ピストル形（ポンプ，調整弁等），キー付ピストル形（原子炉モードスイッチ），菊形（電圧切換，作動除外等），卵形（電圧調整等），つまみ形（弁）



第 2.2.3-2 図 操作器の識別例

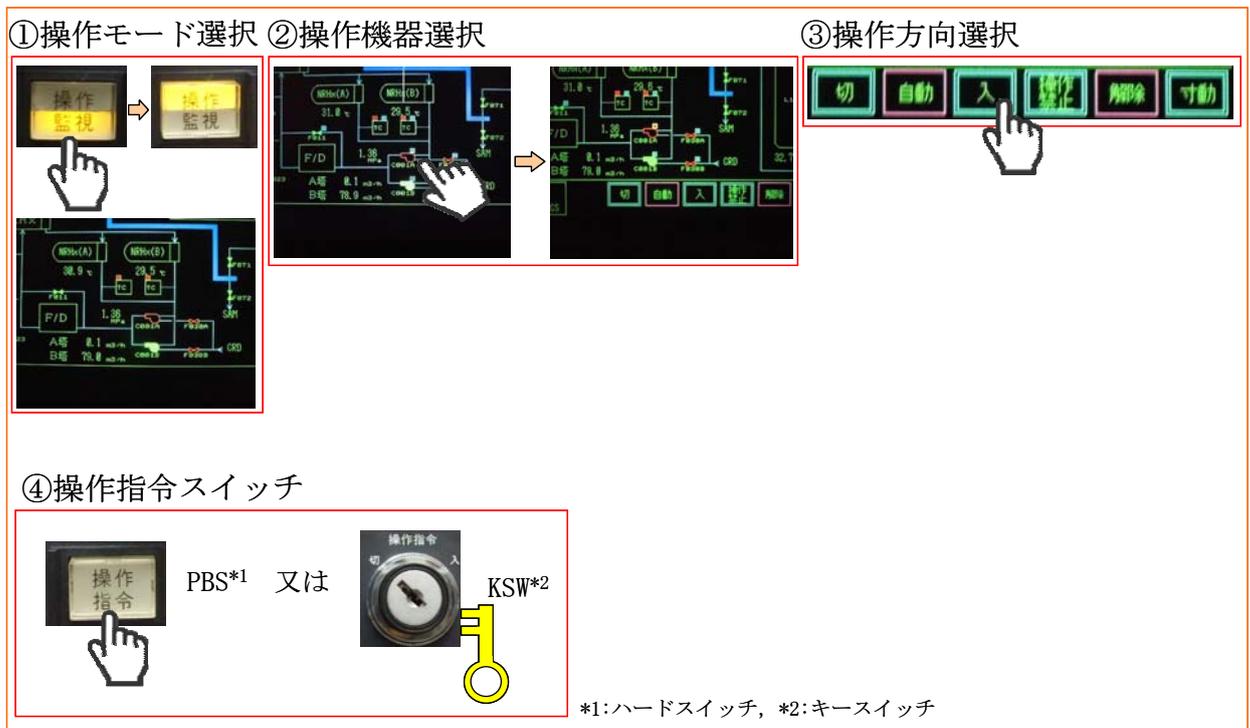
：防護上の観点から公開できません

## (2) F D操作の識別

ソフトスイッチを使用した基本的なF D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、画面上で操作機器を選択、操作方向を選択し、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。ソフトスイッチの容易性については、以下の考慮をしている。

- ・ 操作選択が可能な機器については、機器シンボルの右上に枠（□マーク）を表示することにより、操作可能であることを識別している。
- ・ 操作機器の選択及び操作方向を受け付けたことを識別するため、選択した操作機器及び操作方向を示す枠について、色あるいは太さを変更する打ち返し表示を行う。
- ・ タッチ領域には、タッチミスが生じないような大きさ及び間隔を確保している。
- ・ 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ことで、タッチ操作の命中率を向上させている。
- ・ 機器シンボルの選択により画面下方に表示される操作器の操作方向の選択画面数は1つとしている。

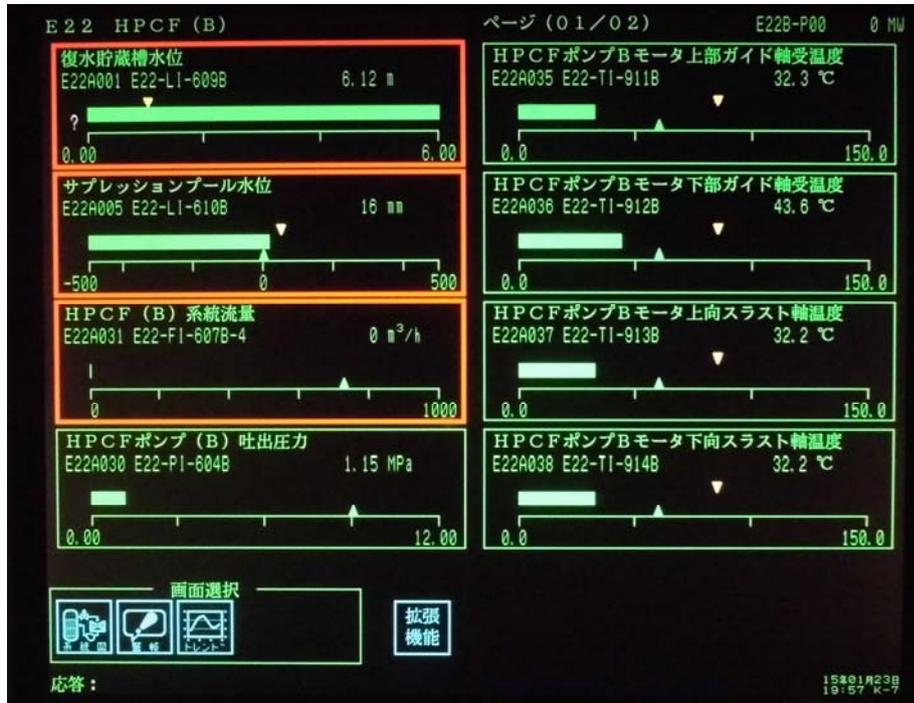
なお、F D画面の操作は、操作者及び手順書を用いた操作確認者の二人操作を行うことで誤操作を防止している。ポンプ等の起動操作前には、系統構成をF D画面上で確認し、起動操作を実施する。また、ポンプ等の起動後には当該機器の状態表示と関連パラメータ（流量・圧力等）を確認し、操作が実行されたことを確認する。



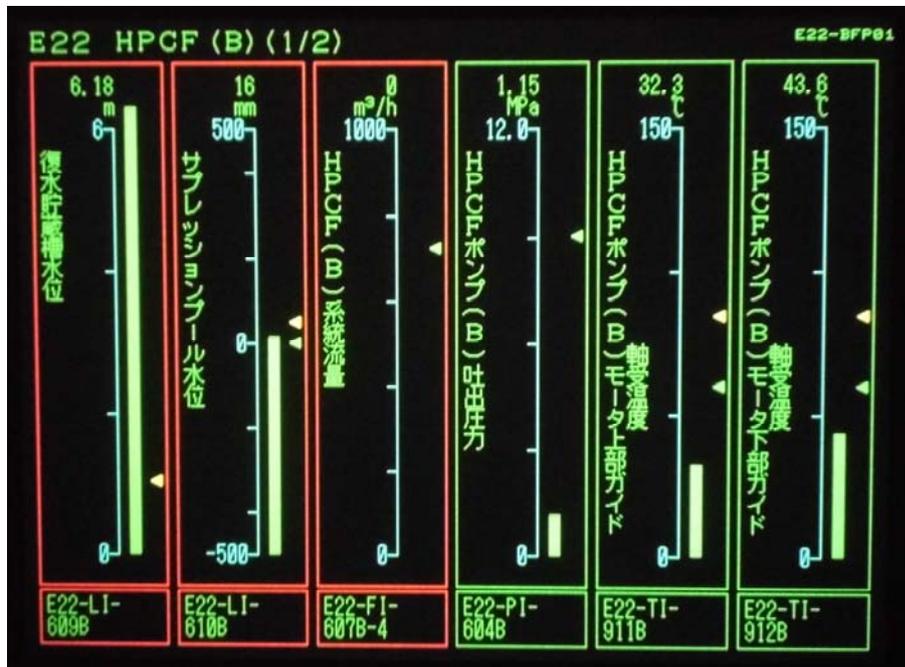
第 2.2.3-3 図 F Dの操作例

(3) パラメータ表示

CRT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している。



第 2.2.3-4 図 パラメータ表示画面 (CRT)



第 2.2.3-5 図 パラメータ表示画面 (FD)

#### (4) 警報の識別

警報発生時は、警報音を発生させ、大型表示盤にてプラントレベルの異常の有無（重要警報）、系統レベルの異常の有無（系統別一括警報）を状態に応じて色替えして点滅表示する。詳細な個別警報については、CRT及びFDで確認できると共に、大型表示盤内の大型スクリーン部に文字情報で表示することにより、運転員全員に警報情報を共有できる。

プラント及び系統の状態に応じて警報を集約させて表示することで警報表示窓数を抑制し、運転員が瞬時にプラント及び系統の状態を把握できるようにしている。

##### ■重要警報

警報の種別に応じて3色（赤／橙／緑）による識別を行う。

- ① 2／4論理の安全系における2チャンネル以上動作：赤
- ② 2／4論理の安全系における1チャンネル動作：橙
- ③ バイパス条件成立時：緑



第 2.2.3-6 図 重要警報

##### ■系統別一括警報

警報の種別に応じて3色（赤／橙／緑）による識別を行う。

- ① 重故障（機能喪失又は機能低下を伴う異常）：赤
- ② 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）：橙
- ③ 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）：緑



第 2.2.3-7 図 系統別一括警報

■個別警報

個別警報は、各系統の機器レベルの異常を把握できるよう、異常の内容をCRT又はFDの画面に表示する。



第 2.2.3-8 図 個別警報（CRT画面の例）

■大型スクリーン部

通常運転時に警報が発生又は復帰した場合、個別メッセージ警報画面をヒット表示することで、運転員同士が警報の発生状況を共有できるようにしている。

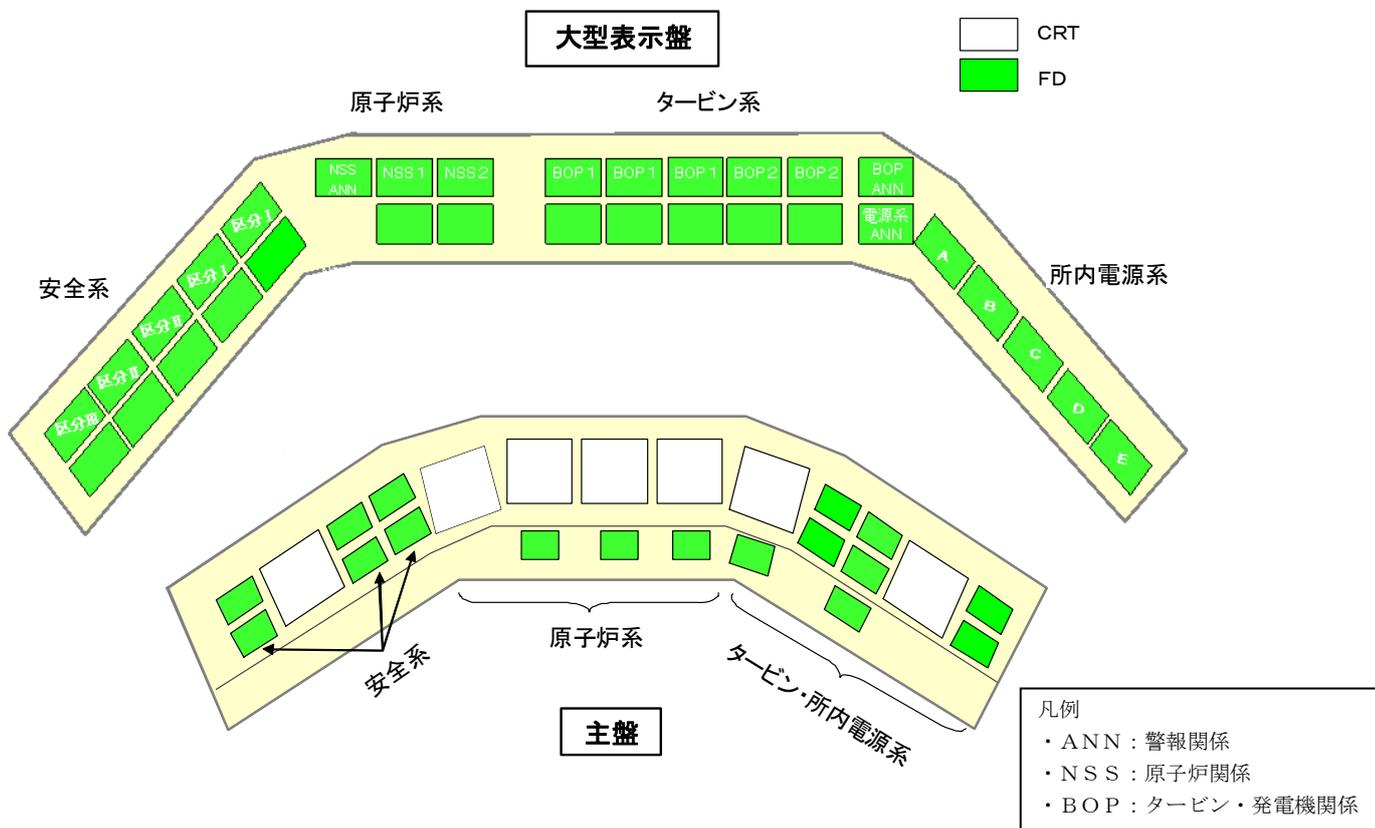


第 2.2.3-9 図 大型スクリーン部

## 2.2.4 CRT及びFDの配列

運転員が、プラント全体の監視及び系統毎の監視（系統図，系統警報，系統パラメータ，系統トレンド）を行うため，CRTを設置している。プラント起動停止を含む通常運転時操作に使用し，どのCRTでも任意の画面の選択表示は可能としている。

FDは，各主要制御系，安全系等のグループ毎に専用とし，主盤及び大型表示盤に設置している。



第 2.2.4 図 CRT及びFDの配列

### 2.2.5 制御盤の保守点検

保守点検する場合は、以下の考慮を行うことにより誤操作、誤判断を防止する設計としている。

- ① 対象盤の銘板，対象操作器の機器名称・機器番号が記載された銘板により識別できるようにしている。
- ② 6号炉及び7号炉はツインユニットであり，中央制御室の制御盤（裏盤）は号機の取り違いによる誤操作を防止するため，制御盤の色分けにより識別できるようにしている。
- ③ 保守点検時にバイパスする場合には，どの系統をバイパスしたか分かるように，系統別一括警報に表示し警報を出力する（第 2.2.3-7 図 系統別一括警報 参照）。



第 2.2.5-1 図 制御盤の銘板管理（安全保護系盤の例）



第 2.2.5-2 図 制御盤（裏盤）の色別管理

## 2.3 操作の容易性

### 2.3.1 照明設備及び空調設備

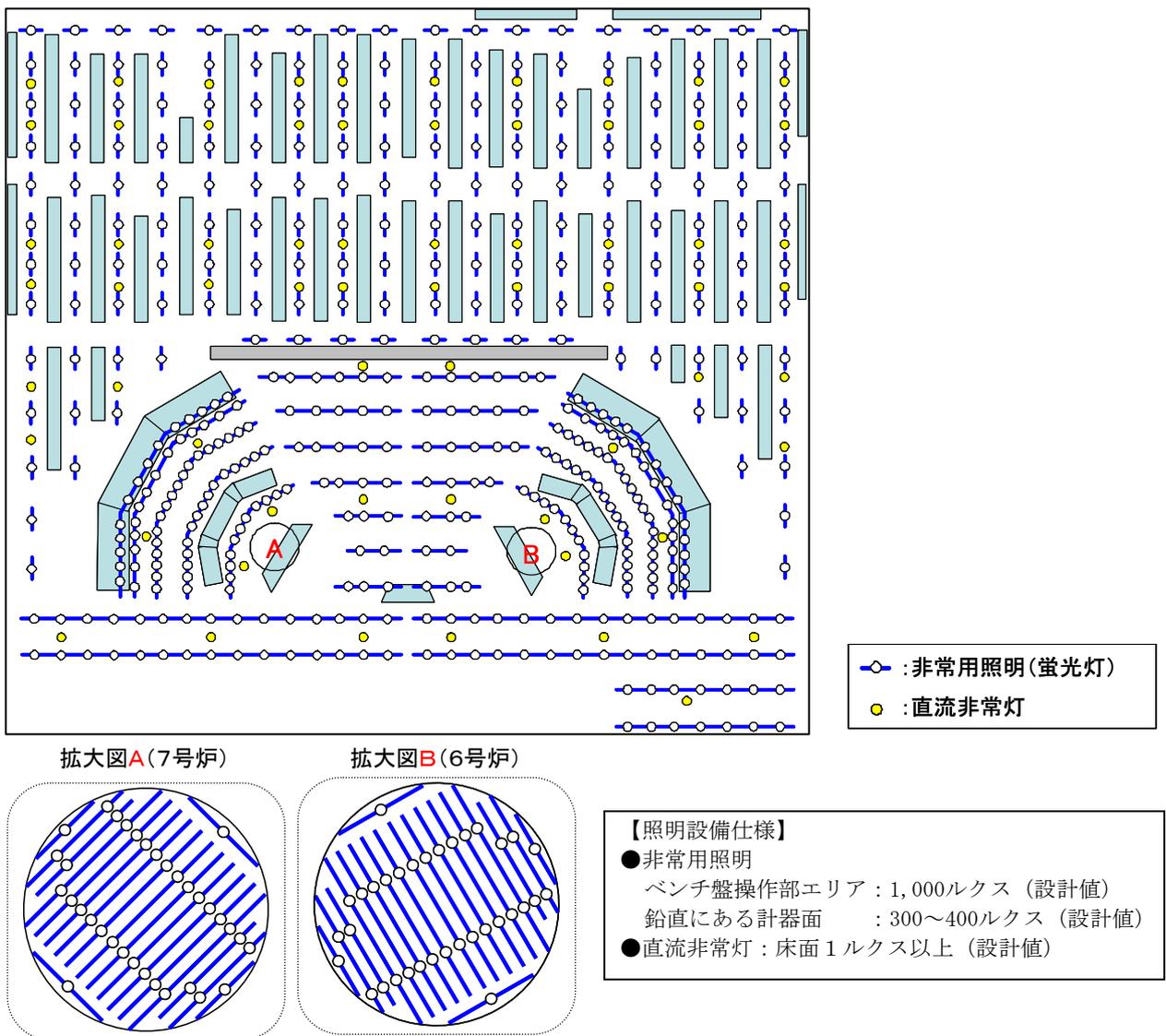
運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故が発生した場合においても、運転員が適切に運転できるよう、非常用照明及び中央制御室換気空調系を設置している。

#### 2.3.1.1 照明設備について

中央制御室の照明設備については、非常用照明としており、外部電源が喪失しても照明（ベンチ盤操作部エリア：1,000ルクス）は確保される。

また、交流電源喪失時に対しては、直流非常灯を設置している他、中央制御室に可搬型照明を配備しており、直流非常灯と可搬型照明で操作が必要な盤面や計器等を照らすことで運転操作は可能である（シミュレータ訓練において、直流非常灯のみの状態で運転操作が可能であることを確認している）。

なお、不快なグレアの軽減及び視認性を高めるため天井にルーバを設置しており、ルーバは地震等で落下を防止するため、内部で落下防止ワイヤーにて固定している。



第 2.3.1.1-1 図 中央制御室の照明配置概要図

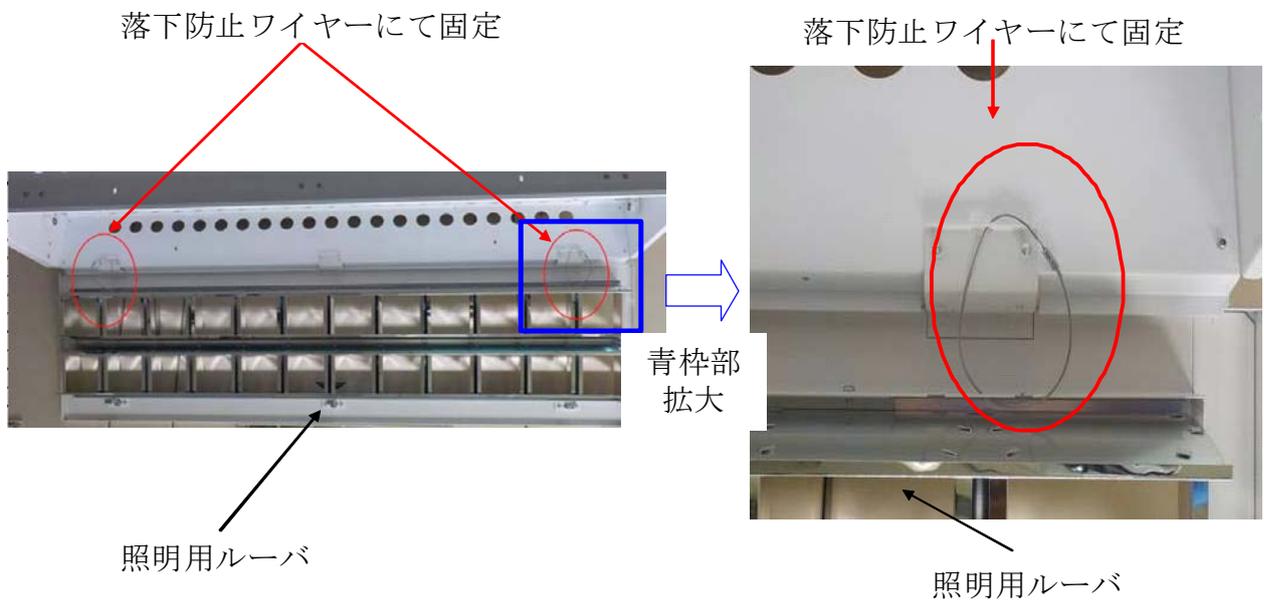


中央制御室照明



直流非常灯のみのイメージ  
(シミュレータ訓練において)

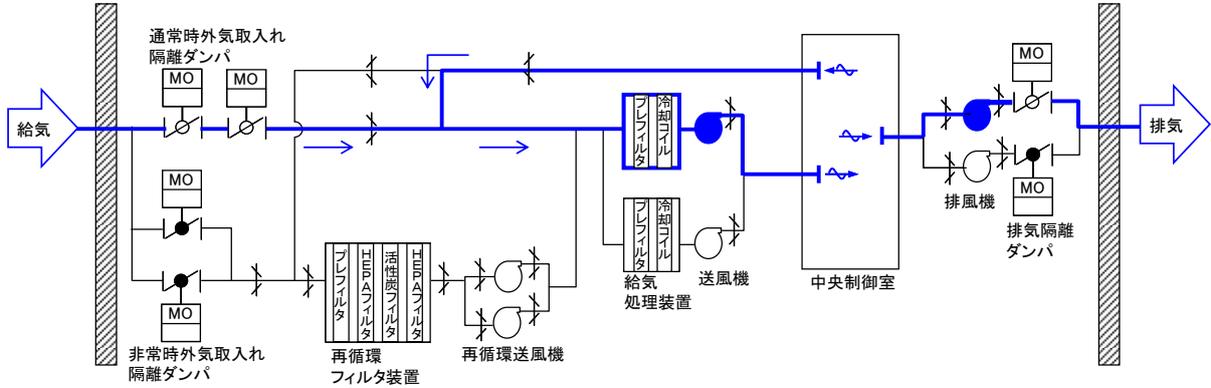
第 2.3.1.1-2 図 中央制御室照明



第 2.3.1.1-3 図 中央制御室照明ルーバの落下防止対策

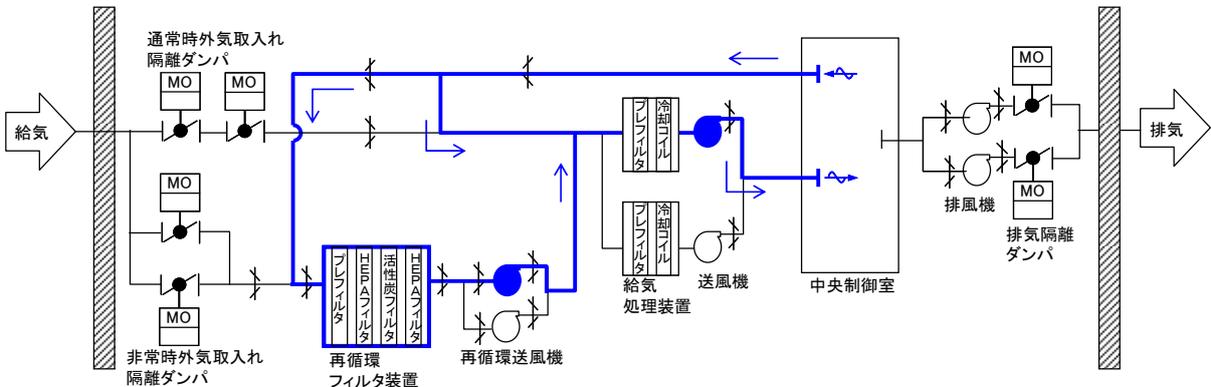
### 2.3.1.2 空調設備について

(1) 中央制御室の空調設備について、通常時は、通常時外気取入れ隔離ダンパ、給気処理装置、送風機及び排風機により中央制御室の換気を行う。外気及び再循環空気は、給気処理装置を介して送風機により中央制御室に供給し、排風機により建屋外に直接排気する。



第 2.3.1.2-1 図 通常時の空調設備

(2) 事故時は、通常時外気取入れ隔離ダンパ及び排気隔離ダンパを閉操作することで、外気から隔離し、室内空気を給気処理装置に通して再循環する。この時、再循環空気の一部を再循環フィルタ装置により浄化することで、運転員を放射線被ばくから防護する構成としている。外気取入れ時には、非常時外気取入れ隔離ダンパを開操作することで、外気を浄化して中央制御室内に取入れることが可能である。



第 2.3.1.2-2 図 事故時の空調設備

(3) 外部火災によるばい煙や有毒ガス、降下火砕物に対しては、手動で通常時外気取入れ隔離ダンパ、非常時外気取入れ隔離ダンパ及び排気隔離ダンパを閉操作し、再循環運転へ切り替えることで外気を遮断できる。

[空調設備仕様]	
●送風機	台数：2台 容量：100,000 m <sup>3</sup> /h/台
●排風機	台数：2台 容量：5,000 m <sup>3</sup> /h/台
●給気処理装置	台数：2台
●再循環送風機	台数：2台 容量：8,000m <sup>3</sup> /h/台
●再循環フィルタ装置	台数：1台 (HEPAフィルタ, 活性炭フィルタ)
	HEPA フィルタ：粒子状物質除去効率 99%以上
	活性炭フィルタ：よう素除去効率 91%以上

### 2.3.2 運転員の地震及び火災等への対応

設計基準において想定される自然災害（地震、津波、竜巻等）と火災及び溢水について、中央制御室及び現場での操作に影響を与える事象を抽出し、対応について整理した。

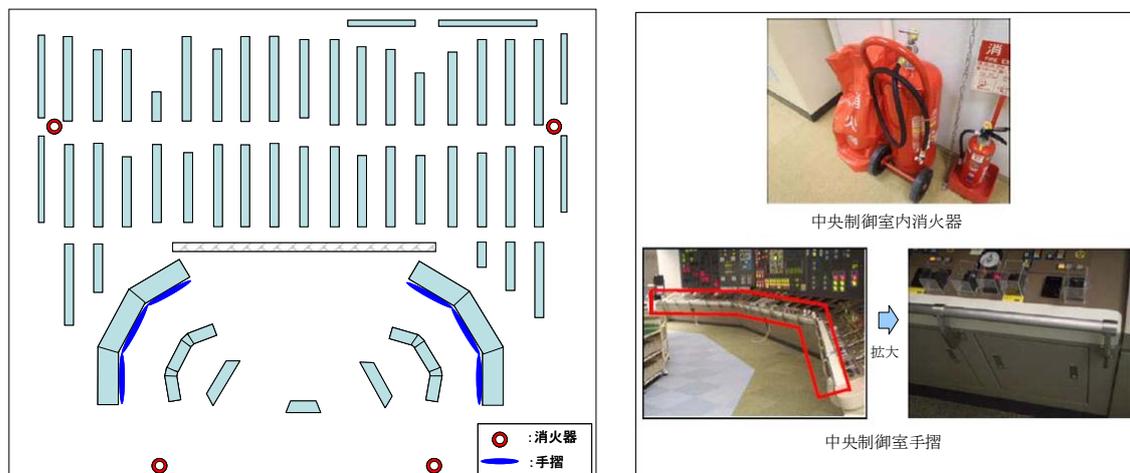
運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故時に必要な操作は、中央制御室にて実施可能な設計としている。なお、設計基準事故のうち、「原子炉格納容器内圧力、雰囲気等の異常な変化：原子炉冷却材喪失」への対応について、可燃性ガス濃度制御系の再結合装置が故障した場合には、可搬式再結合装置の接続作業等を実施する。（参考資料-1 可燃性ガス濃度制御系 可搬式再結合装置について 参照）

中央制御室及び可搬式再結合装置の接続作業等に必要な現場に影響を与える可能性のある事象として、第2.3.2-1表、第2.3.2-2表、第2.3.2-3表に示す起因事象（内部火災、内部溢水、地震等）と同時にもたらされる環境条件が考えられるが、いずれの場合でも操作性（操作の容易性）に影響を与えることはない。

なお、起因事象として想定した内部火災や内部溢水等の発生に伴う必要な操作についても、操作の容易性を確保する設計とする。（例として、参考資料-2 残留熱除去系 停止時冷却外側隔離弁について 参照）

中央制御室における主な対応を以下に示す。

- 地震：中央制御室の大型表示盤付近で被災した場合、運転員は制御盤への誤接触、自身の転倒を防止するため、制御盤の手摺にて安全を確保するとともに警報発信状況等の把握に努める。
- 火災：中央制御室にて火災が発生した場合は運転員が火災状況を確認し、初期消火を行うことができるよう消火器を設置している。
- 溢水：中央制御室には溢水源は存在しないことを確認している。  
万が一、火災が発生したとしても、運転員が火災状況を確認し、消火器にて初期消火を行うこととしているため、消火活動に伴う内部溢水による影響はない。



第 2.3.2 図 中央制御室における消火器および手摺の状況

第 2.3.2-1(1) 表 中央制御室に同時にもたらされる環境条件への対応

起回事象	同時にもたらされる中央制御室の環境条件	中央制御室での操作性（操作の容易性）に与える影響	
内部火災 (地震起因含む)	火災による中央制御室内設備の機能喪失	中央制御室にて火災が発生しても速やかに消火できるよう、「運転員が火災状況を確認し、二酸化炭素消火器にて初期消火を行う」ことを規定類に定めることとしているため、中央制御室の機能は維持される。 (詳細については、設置許可基準規則第8条「火災による損傷の防止」に関する適合状況説明資料を参照)	
内部溢水 (地震起因含む)	溢水による中央制御室内設備の機能喪失	中央制御室には溢水源がないことを確認している。 火災が発生したとしても、「運転員が火災状況を確認し、二酸化炭素消火器にて初期消火を行う」ことを規定類に定めることとしているため、内部溢水による影響がないことを確認している。 蒸気配管破断が発生した場合も、漏えいした蒸気の影響がないことを確認している。 (詳細については、設置許可基準規則第9条「溢水による損傷の防止等」に関する適合状況説明資料を参照)	
地震	余震	地震発生時の対応として「運転員は地震が発生した場合、制御盤から離れて誤接触を防止するとともに、制御盤の手摺にて身体の安全確保に努める」ことを規定類に定めることとしている。	
竜巻・台風	外部電源喪失による照明等の所内電源の喪失	外部電源喪失においても、中央制御室の照明は、ディーゼル発電機から給電され <sup>※</sup> 、蓄電池からの給電により点灯する直流非常灯も備えており、機能が喪失することはない。また、蓄電池を内蔵した可搬型照明を備えており、機能が喪失することはない。 (詳細については、設置許可基準規則第11条「安全避難通路等」に関する適合状況説明資料を参照)	
積雪（暴風雪）		※ディーゼル発電機は各自然現象に対して健全性が確保されることを確認している。 地震：設計基準地震動に対して、耐震Sクラス設計であるため、健全性が確保される。 竜巻：設計基準の竜巻風速による複合荷重（風圧、気圧差、飛来物衝撃力）に対して、外殻その他による防護で健全性が確保されることを確認。	
落雷		風（台風）：設計基準の風速による風圧に対して、外殻その他による防護で健全性が確保されることを確認。 積雪：設計基準の積雪による堆積荷重に対して、外殻その他による防護で健全性が確保されることを確認。	
外部火災 (森林火災)		落雷：設計基準の雷撃電流値に対して、避雷針や保安器等による防護で健全性が確保されることを確認。 森林火災：防火帯の内側にあるため延焼せず、熱影響を評価して健全性が確保されることを確認。また、ばい煙に対してもフィルタにより健全性が確保されることを確認。	
火山		火山：設計基準の火山灰の堆積荷重に対して、外殻その他による防護で健全性が確保されることを確認。また、給気系はフィルタ交換等により閉塞せず健全性が確保されることを確認。 低温：原子炉建屋換気空調設備により温度制御されているため、本体設備への影響はない。屋外タンクに貯蔵されている軽油については、凍結等が発生しないことを確認。	

第 2.3.2-1(2) 表 中央制御室に同時にもたらされる環境条件への対応

起因事象	同時にもたらされる中央制御室の環境条件	中央制御室での操作性（操作の容易性）に与える影響
外部火災 (森林火災)	ばい煙や有毒ガスの発生による中央制御室内換気設備への影響	外部の状況をカメラ等で確認し、中央制御室の空調系を手動で再循環運転へ切り替えることで外気を遮断できることから、中央制御室への影響はない。
火山	降下火砕物による中央制御室内換気設備への影響	（詳細については、設置許可基準規則第6条「外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）」，設置許可基準規則第6条「外部からの衝撃による損傷の防止（火山）」に関する適合状況説明資料を参照）
低温	低温による中央制御室内設備が凍結することによる機能喪失	中央制御室の換気空調設備により温度制御されているため、中央制御室への影響はない。 （詳細については、設置許可基準規則第6条「外部からの衝撃による損傷の防止（低温）」

第 2.3.2-2 表 現場（屋内）に同時にもたらされる環境条件への対応

起回事象	同時にもたらされる現場（可燃性ガス濃度制御系室※）の環境条件	現場（可燃性ガス濃度制御系室※）での操作性（操作の容易性）に与える影響
内部火災 （地震起因含む）	火災による現場設備の機能喪失	可燃性ガス濃度制御系室は、適切な火災防護対策（難燃ケーブルの使用、異なる種類の感知器・固定式消火設備等）が施されていることから、現場設備の機能は維持される。 当該区画へのアクセスルートは複数あることから問題ない。 （詳細については、設置許可基準規則第8条「火災による損傷の防止」に関する適合状況説明資料を参照）
内部溢水 （地震起因含む）	溢水による現場設備の機能喪失	可燃性ガス濃度制御系室は、適切な溢水防護対策（止水措置、排水対策等）が施されていることから、現場設備の機能は維持される。 当該区画へのアクセスルートは複数あることから問題ない。 （詳細については、設置許可基準規則第9条「溢水による損傷の防止等」に関する適合状況説明資料を参照）
地震	余震	地震発生時の対応として「運転員は地震が発生した場合、操作を中止し安全確保に努める」ことを規定類に定めることとしている。
竜巻・台風	外部電源喪失による照明等の所内電源の喪失	外部電源喪失時においても、現場の照明は、ディーゼル発電機から給電され※、機能が喪失することはない。また、蓄電池を内蔵した可搬型照明を備えており、機能が喪失することはない。 （詳細については、設置許可基準規則第11条「安全避難通路等」に関する適合状況説明資料を参照）  ※各自然現象に対するディーゼル発電機の健全性確保状況については、第2.3.2-1表と同様。
積雪（暴風雪）		
落雷		
外部火災 （森林火災）		
火山		
外部火災 （森林火災）	ばい煙や有毒ガスの発生による建屋内換気の悪化	外気取り入れ運転を行っている原子炉建屋換気空調設備は、外気取入口にフィルタを設置しており、また、可燃性ガス濃度制御系室の換気空調設備は直接外気を取り入れることなく、原子炉建屋内から給気しているため、ばい煙や降下火砕物の建屋内への進入を防止している。 （詳細については、設置許可基準規則第6条「外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）」、設置許可基準規則第6条「外部からの衝撃による損傷の防止（火山）」に関する適合状況説明資料を参照）
火山	降下火砕物による建屋内換気の悪化	
低温	低温により現場（屋内）設備が凍結することによる機能喪失	原子炉建屋換気空調設備により温度制御されているため、可燃性ガス濃度制御系室への影響はない。 （詳細については、設置許可基準規則第6条「外部からの衝撃による損傷の防止（低温）」に関する適合状況説明資料を参照）

※可燃性ガス濃度制御系室は、「原子炉格納容器内圧力、雰囲気等の異常な変化：原子炉冷却材喪失」

（設置許可基準申請書の添付書類十の設計基準事故の中で必要な現場操作）時の現場操作場所。

（参考資料-1 可燃性ガス濃度制御系 可搬式再結合装置について 参照）

第 2.3.2-3 表 現場（屋外）に同時にもたらされる環境条件への対応

起因事象	同時にもたらされる現場（屋外※）の環境条件	現場（屋外※）での操作性（操作の容易性）に与える影響
地震	余震	地震発生時の対応として「作業員は地震が発生した場合、操作を中止し安全確保に努める」ことを規定類に定めることとしている。地震時におけるアクセスルートについて周辺構造物（建屋、鉄塔、及び煙突）の損壊、周辺斜面の崩壊等の被害要因に対して評価した結果、アクセスルートを確保することが可能であることを確認している。それでも通行支障が発生した場合は、重機にて撤去することで通行が可能である。
竜巻・台風	外部電源喪失による照明等の所内電源の喪失	他号機から取り外された再結合装置は、トラックに乗せられ、当該可燃性ガス濃度制御系室まで移動することとなり、その間はトラックの照明にて移動路を照らすことから問題ない。また、可搬型照明を用いて作業することから問題ない。（詳細については、設置許可基準規則第11条「安全避難通路等」に関する適合状況説明資料を参照）
積雪（暴風雪）		
落雷		
外部火災（森林火災）		
竜巻・台風	屋外作業環境の悪化	運搬作業は時間的余裕があるため、作業不可能な強風時を避けて運搬作業を行う。また、強風により飛散物で運搬経路が塞がれた場合は、発電所に配備している重機により飛散物の撤去を行う。なお、運搬ルートは複数あるため、飛来物の影響がないルートで運搬を行う。
積雪（暴風雪）		運搬作業は時間的余裕があるため、作業不可能な暴風雪時を避けて運搬作業を行う。また、発電所に配備している重機で予め除雪することにより運搬経路を確保する。なお、運搬ルートは複数あるため、積雪の影響がないルートで運搬を行う。
落雷		発電所に避雷針があるため問題ない。なお、それでも作業不可能な程の落雷がある場合は、運搬作業には時間的余裕があるため、その時間帯を避けて運搬作業を行う。
外部火災（森林火災）		運搬ルートは複数あるため、森林火災の影響がないルートで運搬を行う。専用マスク又はセルフエアーセットを装備し作業を行うため、作業効率は低下するが、運搬作業は時間的余裕があるため問題ない。
火山		運搬作業は時間的余裕があるため、作業不可能な降灰時を避けて運搬作業を行う。また、発電所に配備している重機で予め除灰することにより運搬経路を確保する。なお、運搬ルートは複数あるため、降灰の影響がないルートで運搬を行う。
	扉開放時の建屋内ダクトへの流入	大量の火山灰が建屋内に流入する可能性がある場合は、建屋内ダクト開口部を養生した後に扉の開放を行う。
低温	低温により現場（屋外）設備が凍結することによる機能喪失	可搬式再結合装置を運搬する車両は寒冷地仕様であり、低温により機能喪失することはない。

※屋外は、「原子炉格納容器内圧力、雰囲気等の異常な変化：原子炉冷却材喪失」（設置許可基準申請書の添付書類十の設計基準事故の中で必要な現場操作）時の現場操作場所。

なお、原子炉冷却材喪失時の格納容器内の可燃性ガスの発生時、可燃性ガス濃度制御系の機能が発揮されるのは事故発生してから40時間後としており、可搬式再結合装置の運搬、据付け等は余裕を見ても20時間で終了できることから、十分な時間的余裕がある。

（参考資料-1 可燃性ガス濃度制御系 可搬式再結合装置について 参照）

## 2.4 現場の誤操作防止

運転員等の現場操作を行う際の誤操作を防止するため、以下のような管理を実施している。

### 2.4.1 識別管理

6号炉及び7号炉はツインユニットであり、現場への入域の通路は一部共用化している。このため、入域時に号機の取り違えによる誤操作を防止するため、各号機へアクセスする分岐箇所には号機番号や色づけにより識別管理を実施している。



第 2.4.1-1 図 現場（管理区域入口）の号機識別（例）

また、誤操作により、プラントの安全上重要な機能に障害をきたす、もしくは外部環境に影響を与えるおそれがある設備も含め、弁・制御盤・計装品等については、機器名称・機器番号が記載された銘板取り付けや色分けにより識別を実施している。現場操作時はこれら銘板と使用する手順書・操作タグに記載されている機器名称・機器番号を照合し、操作対象であることを確認してから操作を行うことで、誤操作防止を図る。



第 2.4.1-2 図 現場機器識別（例）

## 2.4.2 施錠管理

誤操作により、原子炉停止による出力降下、原子炉停止による原子炉注水等の安全機能の喪失、放射性物質の系外放出に至る可能性がある手動弁等について施錠管理を行っている。また、弁以外にも誤操作防止等の観点から電源盤、一部の制御盤等についても施錠管理を行っている。

上記設備は、施錠を解除しないと操作できないようにすることで、誤操作防止等を図る。



手動弁の施錠



電源盤の施錠



制御盤の施錠



計装ラックの施錠

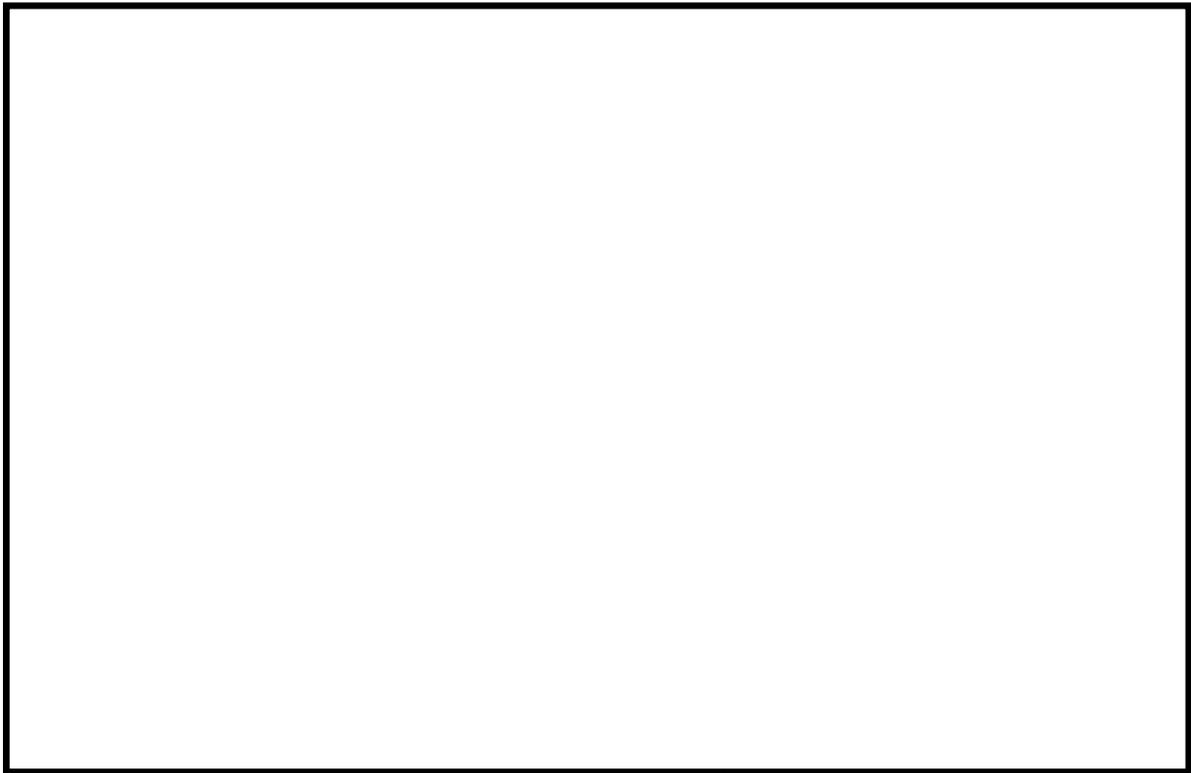
第 2.4.2 図 施錠管理 (例)

## 2.4.3 現場操作の容易性

### (1) 可搬照明・工具の配備

非常時に運転操作上必要な場所及びそこに至る通路・階段等には非常用電源から給電する恒設照明を設置すると共に、懐中電灯等の可搬照明を確保することで、操作の容易性を確保している。

また、現場弁等を操作する際に使用する工具については、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、及び管理区域内に配備するとともに、操作架台を配備し、現場弁の操作が容易に行えるようにしている。



第 2.4.3-1 図 中央制御室内工具類配置図



第 2.4.3-2 図 サービス建屋 2 階工具類配置図



第 2.4.3-3 図 サービス建屋 1 階工具類配置図

 : 防護上の観点から公開できません



懐中電灯



ヘッドライト

第 2.4.3-4 図 可搬型照明 (例)



弁操作工具



操作架台

第 2.4.3-5 図 現場操作工具 (例)

(2) 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容易性を確保している。

なお、開度調整が必要な弁 (流量、圧力、温度調整弁) については、開度調整後にパラメータ (流量、圧力、温度) 確認を行い、その弁が適切な開度に調整されていることを確認する。



第 2.4.3-6 図 弁開度表示 (例)

また、過去の不適合事例のノウハウを現場に標示し、注意喚起することで機器破損(誤操作)を防止している。



第 2.4.3-7 図 過去のノウハウ現場注意喚起 (例)

### (3) 現場機器付番への配慮

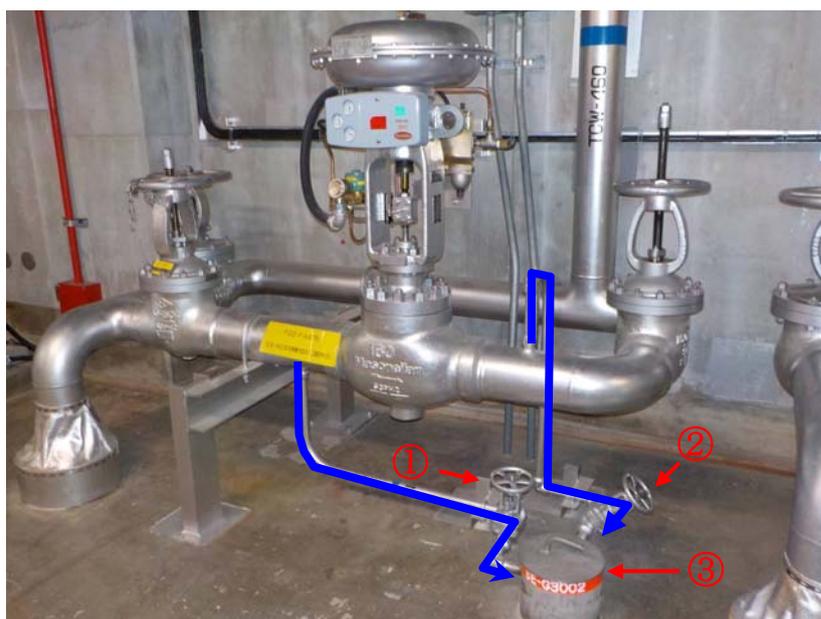
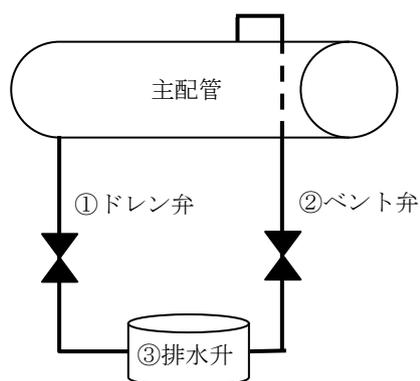
現場機器に付番をする際には、系統内の流体の流れや機器の配置等を考慮して規則性を持たせた付番を行うことで、現場機器配置の把握等を容易にしている。

例：原子炉圧力容器を起点として上流から下流に向かって付番

同一機器が並列に配置される場合は北から南、もしくは西から東に向かって付番

### (4) 機器配置への配慮

系統の水張りや水抜きに使用する空気抜き(ベント)弁、水抜き(ドレン)弁は、排出先の排水升(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。



第 2.4.3-8 図 現場弁や排水升の配置 (例)

## 2.5 その他の誤操作防止

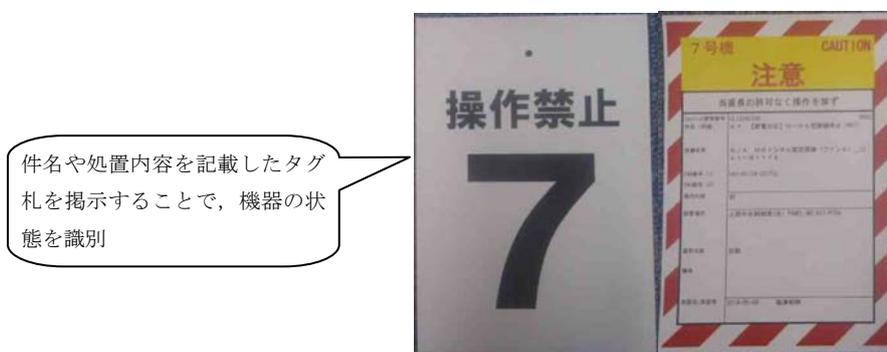
### 2.5.1 タグ札による識別

機器の点検等の作業を実施する場合、安全処置内容を明記した『操作禁止タグ札』を処置した箇所に取り付け、機器の状態を識別することで当該機器の誤操作防止を図る。また、『操作禁止タグ札』は、操作内容毎の色の識別や号機識別がされており、操作内容や号機間違いによる誤操作防止を図っている。

上記『操作禁止タグ札』に加え、不具合機器の点検作業着手までの一時的な隔離、休止設備の状態表示等、作業以外の目的で、機器の状態を通常と異なる状態にする場合、『Cautionタグ札』を取り付けることで、当該機器の誤操作防止を図る。



第 2.5.1-1 図 操作禁止タグ札



第 2.5.1-2 図 Cautionタグ札

### 2.5.2 定期検査時の識別

6号炉及び7号炉はツインユニットであり、中央制御室や現場にプラント状態を表示することで、識別を行っている。



各号機の入口付近に号機・運転状態を表示

第 2.5.2 図 定期検査時の号機・プラント状態識別 (例)

以上

## 可燃性ガス濃度制御系 可搬式再結合装置について

## 1. はじめに

柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉及び 7 号炉の可燃性ガス濃度制御系（以下、FCS）は、1 基が 100%容量を持つ 6 号炉及び 7 号炉共用の 2 基の可搬式再結合装置からなり、通常時は 6 号炉及び 7 号炉の原子炉建屋に 1 基ずつ設置することとしている。本系統は、冷却材喪失事故が発生した場合に原子炉格納容器内の水素濃度及び酸素濃度を可燃限界以下に制御することを目的とした系統であり、再結合装置が単一故障した際には事故が発生していない原子炉建屋に設置してある可搬式再結合装置を、事故が発生している原子炉建屋に運搬し据付を行う設計となっている。

## 2. 運搬作業の時間的余裕について

FCS の作動開始時間は、冷却材喪失事故後 40 時間以内である。その時間に対して、可搬式再結合装置の運搬・据付時の作業は冷却材喪失事故発生から最終テストを含めた起動準備完了までの所要時間は余裕を加えても 20 時間と想定している。表 1 に、作業員 10 名で実施した場合の想定所要時間を示す。なお、本作業については定期的に可搬 FCS 運搬作業の訓練を行っている。具体的に示すと、表 1 の No. 2～10 の作業について 10 時間以内に完了させる訓練を行っており、訓練実績としては 8 時間程度で完了している。

表 1 可搬式再結合装置の運搬・据付時間について（作業員 10 名）

No	作業内容	所要時間(h)
1	管理区域入域準備・作業打合せ	2.0
2	装置の取外し	0.5
3	搬出	1.5
4	運搬	1.0
5	搬入・据付	1.5
6	装置の接続	1.5
7	配管接続部の確認	3.5
8	導通確認	
9	計装品確認	
10	最終確認	0.5
11	装置昇温	3.0
12	事故状態の把握，作業員への集合指令発令，連絡作業員の移動	5.0
	合計	20 時間

### 3. 運搬作業のルートについて

可搬式再結合装置の運搬作業が必要と判断された場合、当社復旧班にて発電所構内の大湊側高台資機材置場に駐車している可搬式再結合装置運搬用車両を、6号炉あるいは7号炉へ移動する手順を整備している。これらの車両移動ルートを図1、2に示しており、自然災害等による通行不可状況を想定し、車両移動ルートは複数設けている。

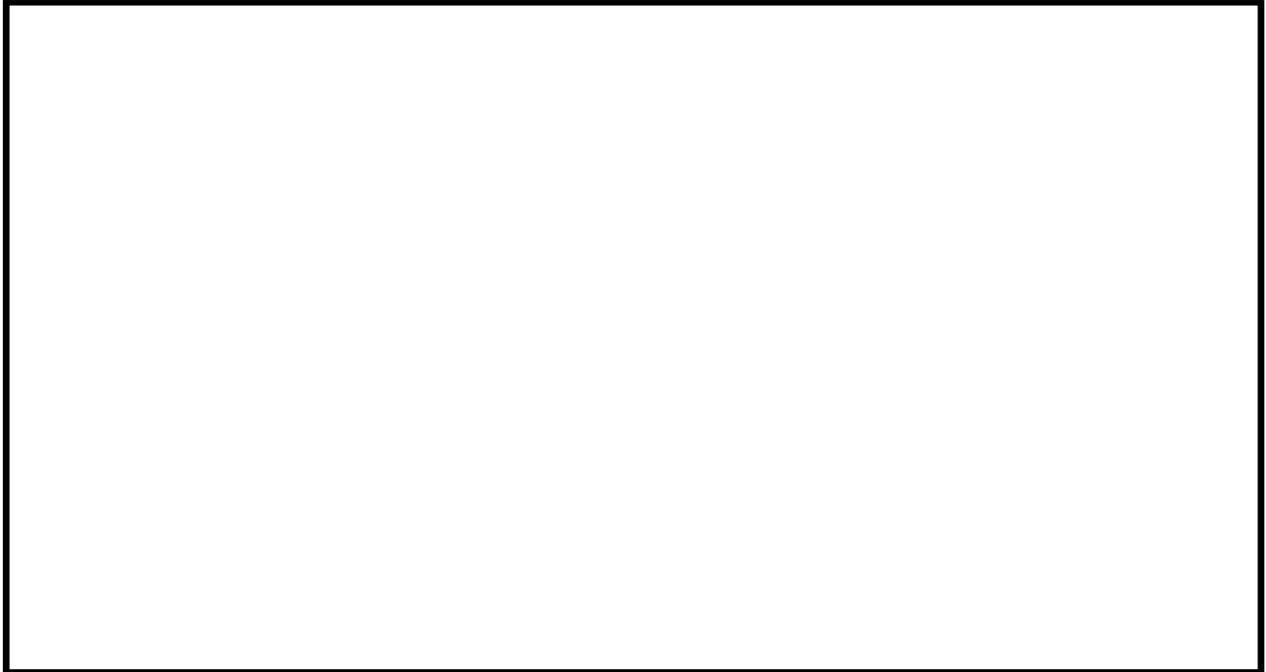


図1 可搬式再結合装置運搬車両の移動ルート（発電所全体）

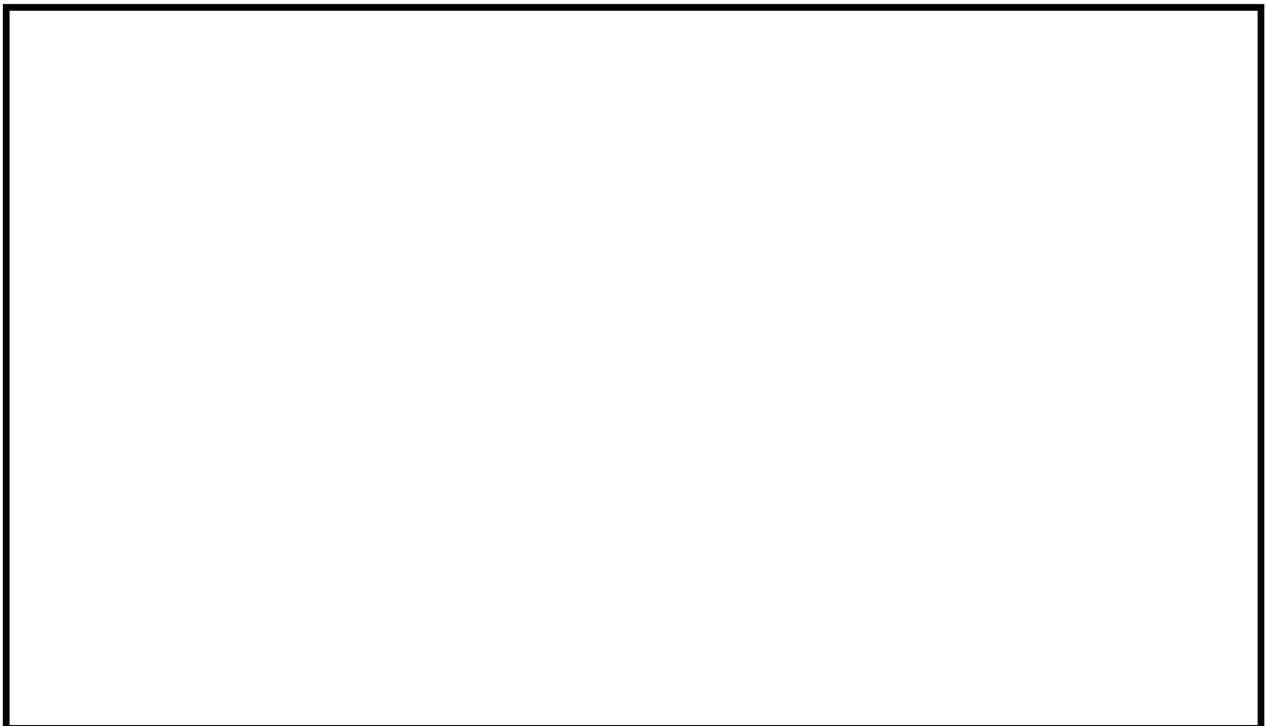


図2 可搬式再結合装置運搬車両の移動ルート（6,7号炉近傍）

 : 防護上の観点から公開できません

残留熱除去系 停止時冷却外側隔離弁について

1. はじめに

残留熱除去系の3系統の設備は、1系統の故障が他のすべての系統に波及しないよう、それぞれ区画されたエリアに分離、又は位置的分散を図るように配置する設計としている。サポート系についても、電源については基本的にはそれぞれ異なる区分から供給しており、1系統のサポート系の故障が他のすべての系統に影響を及ぼさないよう設計している。

なお、本系統の停止時冷却外側隔離弁の電源区分については、残留熱除去系による注水機能よりも格納容器バウンダリ機能を優先することから、主系統と電源を分離している。そこで、主系統が他の系統の故障により機能喪失することを防ぐために、停止時冷却外側隔離弁については手動操作ができるように設計している。図1に残留熱除去系の系統構成と電源区分、表1に想定される電源喪失時の各系統の停止時冷却内側/外側隔離弁の状態を示す。

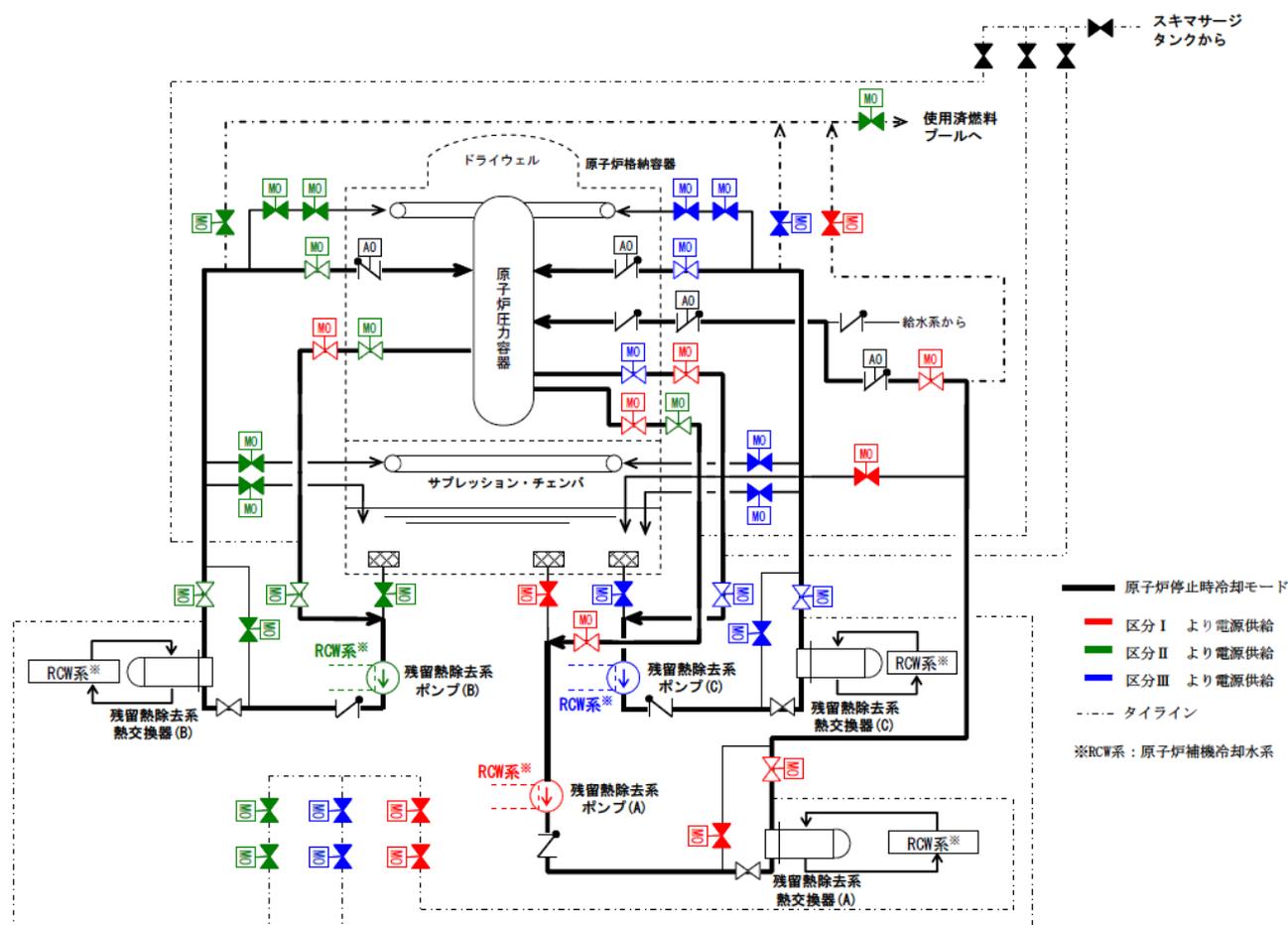


図1 残留熱除去系 (原子炉停止時冷却モード)

表1 電源喪失時における停止時冷却内側／外側隔離弁の操作可否について

電源喪失	停止時冷却内側／外側隔離弁の操作可否					
	残留熱除去系(A)		残留熱除去系(B)		残留熱除去系(C)	
区分Ⅰ 電源喪失	内側	外側	内側	外側	内側	外側
	×	○	○	手動開	○	手動開
	操作不可		現場開操作が必要		現場開操作が必要	
区分Ⅱ 電源喪失	内側	外側	内側	外側	内側	外側
	○	手動開	×	○	○	○
	現場開操作が必要		操作不可		遠隔操作可	
区分Ⅲ 電源喪失	内側	外側	内側	外側	内側	外側
	○	○	○	○	×	○
	遠隔操作可		遠隔操作可		操作不可	

○：遠隔操作可能， ×：遠隔操作不可， 手動開：現場手動開操作で対応

表1より、区分Ⅱまたは区分Ⅲの電源喪失時については、いずれかの系統が遠隔操作可能であるため中央制御室から操作が可能である。また、区分Ⅰ電源喪失時について、残留熱除去系（B）及び（C）の停止時冷却外側隔離弁の電源が喪失するものの現場で手動開操作し、停止時冷却内側隔離弁は遠隔操作可能であるため、系統の運転が可能である。

ここで、区分Ⅰ電源喪失を仮定しているが、非常用電源（A）室が火災等の何らかの要因で被害を受けた場合、手動操作弁設置エリアは非常用電源（A）室とは位置的に分散されているため、アクセス性に問題はなく、弁操作可能である。

なお、原子炉停止時冷却モードが必要な状況下において、弁手動操作場所の線量率は1mSv/hを下回り、弁開操作も20分程度の作業であることから、弁操作時の被ばく線量は100mSvを下回ることを確認している。