



# 第10条（誤操作の防止）に係る説明書

2022年5月27日

日本原子力研究開発機構 大洗研究所  
高速実験炉部

# 第10条（誤操作の防止）に係る要求事項と対応概要

要求事項	対応の概要
<p>1 試験研究用等原子炉施設は、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>	<ul style="list-style-type: none"><li>中央制御室に設置する制御盤等（操作スイッチ等を含む。）は、人間工学上の諸因子を考慮して、系統及び機器に応じた配置とし、名称等を表示するとともに、各盤には、操作スイッチ等とともに、原子炉施設の状態が正確かつ迅速に把握できるように運転表示、計器表示及び警報表示を設け、保守点検においても誤りが生じにくいように設計する。</li><li>警報表示（原子炉保護系の作動に係るものを含む。）については、原子炉施設の状態がより正確かつ迅速に把握できるように、重要度に応じて色分けするものとし、警報（ブザー又はベル）を発することで、運転員の注意を喚起して、その内容を表示できるものとする。また、現場の盤及び弁に対して銘板の取付けによる識別を行い、保守点検における誤操作を防止する設計とする。</li></ul>
<p>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。</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>安全施設は、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、運転員が容易に操作できるように設計する。</li><li>原子炉を安全に停止するために必要な安全機能を有する安全施設に係る操作は、中央制御室において、集中して対応できるものとする。運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時、及び運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の発生後に、その動作が期待される安全施設は、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ように設計する。また、中央制御室には、設計基準事故が発生した場合に、原子炉の運転の停止その他の原子炉施設の安全性を確保するための措置をとるため、従事者が支障なく中央制御室に入り、又は一定期間とどまり、かつ、当該措置をとるための操作を行うことができるよう、遮蔽その他の適切な放射線防護措置、気体状の放射性物質及び中央制御室外の火災により発生する燃焼ガスに対する換気設備の隔離その他の適切に防護するための設備を設ける。</li></ul>

# 誤操作の防止に係る基本方針

原子炉施設は、誤操作を防止するように設計する。また、安全施設は、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、運転員が容易に操作できるように設計するとともに、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ものとする。

## 【誤操作の防止】

- 中央制御室に設置する制御盤等（操作スイッチ等を含む。）は、人間工学上の諸因子を考慮して、系統及び機器に応じた配置とし、名称等を表示するとともに、各盤には、操作スイッチ等とともに、原子炉施設の状態が正確かつ迅速に把握できるように運転表示、計器表示及び警報表示を設け、保守点検においても誤りが生じにくいように設計する。
- 警報表示（原子炉保護系の作動に係るものを含む。）については、原子炉施設の状態がより正確かつ迅速に把握できるように、重要度に応じて色分けするものとし、警報（ブザー又はベル）を発することで、運転員の注意を喚起して、その内容を表示できるものとする。
- また、現場の盤及び弁に対して銘板の取付けによる識別を行い、保守点検における誤操作を防止する設計とする。

## 【運転員の操作性確保】

- 原子炉を安全に停止するために必要な安全機能を有する安全施設に係る操作は、中央制御室において、集中して対応できるものとする。
- 運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時、及び運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の発生後に、その動作が期待される安全施設は、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ように設計する。
- また、中央制御室には、設計基準事故が発生した場合に、原子炉の運転の停止その他の原子炉施設の安全性を確保するための措置をとるため、従事者が支障なく中央制御室に入り、又は一定期間とどまり、かつ、当該措置をとるための操作を行うことができるよう、遮蔽その他の適切な放射線防護措置、気体状の放射性物質及び中央制御室外の火災により発生する燃焼ガスに対する換気設備の隔離その他の適切に防護するための設備を設ける。

# 誤操作を防止するための措置（1/4：盤配置）

- 制御盤等は、系統及び機器に応じた配置としている。
- 原子炉の起動・出力上昇等に係る操作（制御棒の引抜き）は、主に原子炉制御盤にて実施する。
- 1次制御盤においては、原子炉出口冷却材温度、原子炉入口冷却材温度、1次主冷却系の冷却材流量等を監視する。
- 2次制御盤においては、最終ヒートシンクである主冷却器・主送風機の運転状況や2次主冷却系の冷却材流量等を監視する。
- 格納容器雰囲気調整系盤では、格納容器の温度や圧力等を監視する。

## 系統及び機器に応じた制御盤の配置

核物質防護情報（管理情報）が含まれているため公開できません。

## 誤操作を防止するための措置（2/4：盤面配置）

- 制御盤等は、上段に警報表示、中段に監視のための計器等、下段に操作スイッチ等を配置している。警報表示を上段に配置することで、操作エリアの後方からも、警報表示の状況を確認することが可能となる。また、人間工学的な操作性を考慮し、中段に計器等を、下段に操作スイッチ等を配置することで、運転員は、自然な体勢で、容易に操作及び監視することができる。

核物質防護情報（管理情報）が含まれているため  
公開できません。

- 制御盤等について、系統・ループごとの配列を考慮した配置とし、名称を表示することで、人間工学的に誤操作や誤判断を防止でき、また、原子炉施設の状態が正確かつ迅速に把握できるように運転表示、計器表示及び警報表示を設け、保守点検においても誤りが生じにくいように設計している。

核物質防護情報（管理情報）が含まれているため  
公開できません。

# 誤操作を防止するための措置（3/4：操作スイッチ）

- 操作スイッチには、その重要性を考慮して操作方法の異なるものを用いるほか、意図しない操作を防止するため、保護カバーを設置している

## 制御棒スイッチ

制御棒及び後備炉停止制御棒の引抜き操作では、以下の2段階の操作とし、誤操作を防止している。

- ① 制御棒選択スイッチにより操作する制御棒又は後備炉停止制御棒を選択。
- ② 制御棒操作スイッチにより選択した制御棒又は後備炉停止制御棒を操作。

核物質防護情報（管理情報）が含まれているため公開できません。

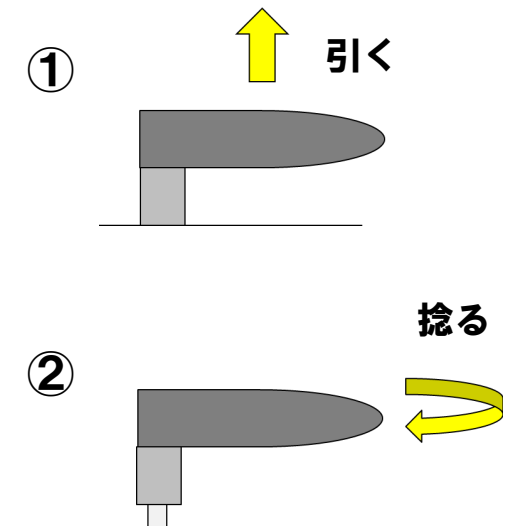
## 運転モードスイッチ

運転モードスイッチには、鍵によるロック機構を設け、誤操作を防止している。

核物質防護情報（管理情報）が含まれているため公開できません。

## 2段操作スイッチ

遮断器は、スイッチを垂直に引き出してから、捻るという2段階の手順で操作するスイッチにより、誤操作を防止している。



## 保護カバー

核物質防護情報（管理情報）が含まれているため公開できません。

## 操作スイッチの識別

核物質防護情報（管理情報）が含まれているため公開できません。

# 誤操作を防止するための措置

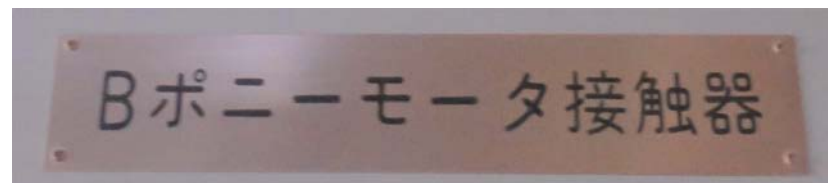
## (4/4 : 警報機能 / 保守点検における誤操作防止)

- 警報表示（原子炉保護系の作動に係るものを含む。）については、原子炉施設の状態がより正確かつ迅速に把握できるように、重要度に応じて色分けするものとし、警報（ブザー又はベル）を発することで、運転員の注意を喚起した上で、その内容を表示できるものとする。

核物質防護情報（管理情報）が含まれているため  
公開できません。

- 現場の盤、弁に対して銘板の取り付けによる識別を行い、保守点検における誤操作を防止している。

盤の銘板



弁の銘板



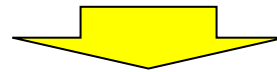


# 中央制御室における環境条件の考慮

運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故に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として、以下が想定される（環境条件の想定に係る検討結果：右表参照）。

- (1) 地震を起因事象として、原子炉がスクラムし、余震が継続するケース
- (2) 地震、竜巻、風（台風）、積雪、落雷、森林火災、火山により、外部電源喪失が発生し、原子炉がスクラムするケース
- (3) 森林火災、火山の影響により、ばい煙又は降灰が発生し、これらの取り込みを防止するため、中央制御室空調を再循環運転とするケース

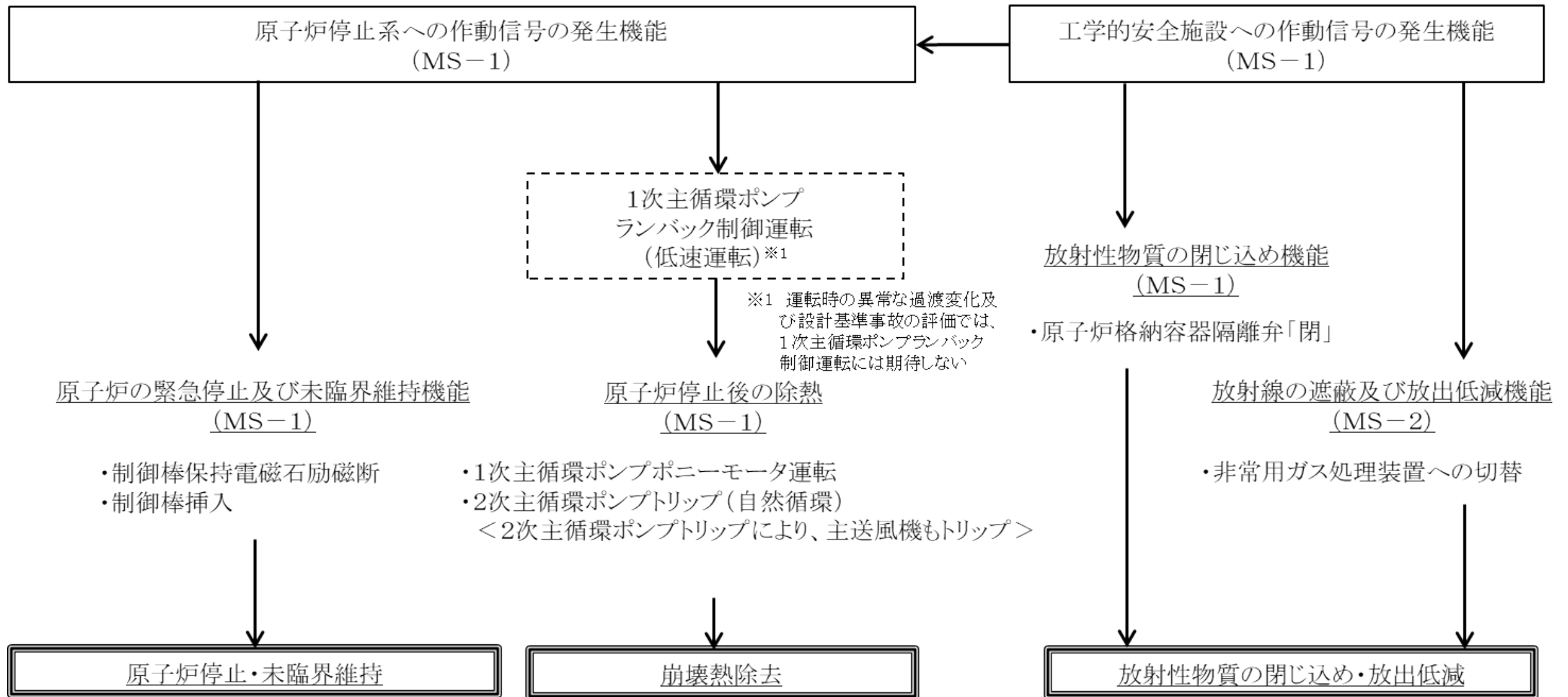
起因事象	同時にもたらされる環境条件等	操作の容易性への影響
地震	内部火災	・ 中央制御室は、火災防護措置により、その機能は維持されるため、対象外とする。
	内部溢水	・ 中央制御室は、溢水防護措置により、その機能は維持されるため、対象外とする。
	余震	・ 環境条件として考慮する。
	外部電源喪失	・ 環境条件として考慮する。
竜巻 風（台風）	ばい煙 降灰	・ 環境条件として考慮する。
積雪		
落雷		
森林火災 火山		



<p>(1) 地震を起因事象として、原子炉がスクラムし、余震が継続するケース</p>	<p>(2) 地震、竜巻、風（台風）、積雪、落雷、森林火災、火山の影響により、外部電源喪失が発生し、原子炉がスクラムするケース</p>	<p>(3) 森林火災、火山の影響により、ばい煙又は降灰が発生し、これらの取り込みを防止するため、中央制御室空調を再循環運転とするケース</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地震に係る原子炉保護系（スクラム）の作動設定値は150galである。原子炉スクラム後において、運転員に期待される対応は、「監視」である。</li> <li>・ 当該時のプラント挙動は緩慢であり、連続的な監視を必要としないことから、余震が継続する場合にあっても、運転員は安全にその役割を果たすことができる。</li> <li>・ なお、中央制御室は、耐震Sクラス施設であり、相応の頑健性を有し、また、制御盤等は床又は壁に固定するため、地震発生時においても運転操作に影響を及ぼすことはない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 原子炉スクラム後において、運転員に期待される対応は、「監視」である。</li> <li>・ 中央制御室は、非常用ディーゼル電源系に接続される非常用照明設備を有し、また、計器・記録計について、無停電電源系より給電するものとしており、外部電源喪失が発生した場合にあっても、運転員は安全にその役割を果たすことができる。</li> <li>・ なお、中央制御室は、外部からの衝撃による損傷の防止に係る重要安全施設であり、相応の頑健性を有するため、竜巻、風（台風）、積雪、落雷、森林火災、火山の影響が発生した場合においても運転操作に影響を及ぼすことはない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 敷地内外において、多量のばい煙が原子炉施設に到達するおそれが確認された場合には、原子炉を停止する。また、降灰予報等が発表され、多量の降下火砕物が原子炉施設に到達するおそれが確認された場合には、原子炉を停止する。</li> <li>・ 原子炉停止後において、運転員に期待される対応は、「監視」である。</li> <li>・ ばい煙又は降灰については、中央制御室空調を再循環運転とし、これらの取り込みを防止することで、その影響を排除する。従事者は支障なく中央制御室に入り、又は一定期間とどまることが可能であり、運転員は安全にその役割を果たすことができる。</li> </ul>



# 原子炉保護系作動時のプラントの基本的な挙動



【その他】

- 安全上特に重要な関連機能 (MS-1) ⇒ 運転時の異常な過渡変化「外部電源喪失」において、電源を供給
- 1次冷却材漏えい量の低減機能 (MS-1) ⇒ 設計基準事故「1次冷却材漏えい事故」において、漏えい量を低減

# 運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時 における運転員の操作

運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時等における事象の収束等は、運転員の操作を介在することなく、予め設定されたシーケンスやインターロック等の動作により達成される。中央制御室において、運転員に期待される対応は、「監視」である。

核物質防護情報（管理情報）が含まれているため  
公開できません。

ただし、中央制御室には、手動スクラムボタン及び手動アイソレーションボタンを設けており、運転員は、手動により、原子炉を急速に停止することができる（停止後の原子炉の冷却の確保は、1次主冷却系継続運転及び2次主冷却系の自然循環により達成）。

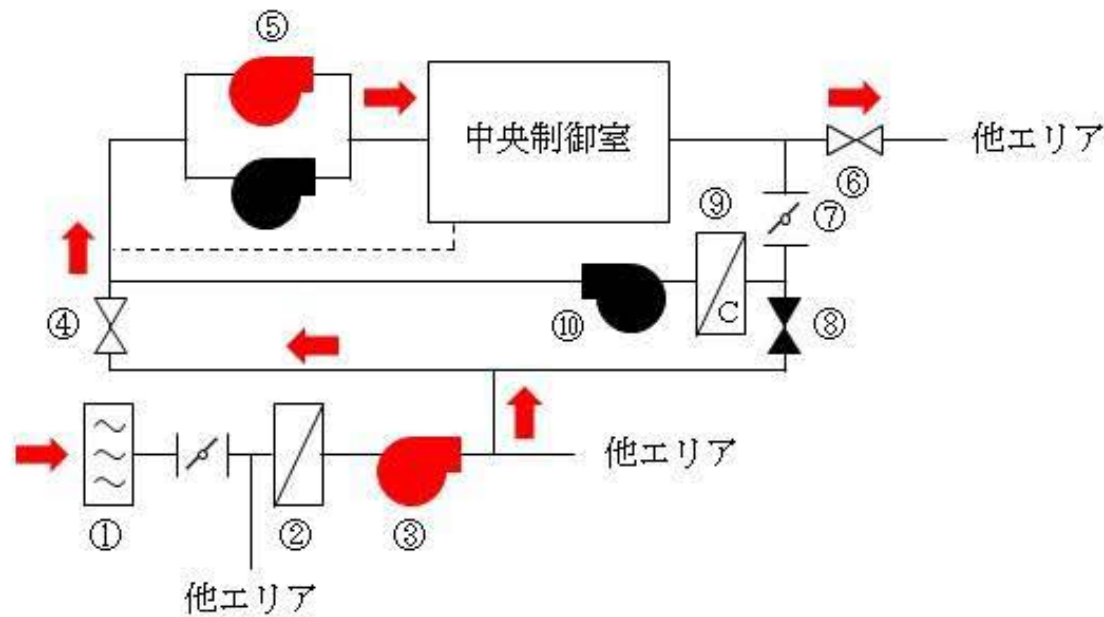
# 運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時 における中央制御室での放射線被ばく

- 「常陽」における運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の事象の収束等は、運転員の操作を介在することなく、予め設定されたシーケンスやインターロック等の動作により達成される。運転員に期待される対応は、「監視」であり、当該対応は、中央制御室で実施される。
- 運転時の異常な過渡変化にあつては、「燃料被覆管は機械的に破損しないこと」、「冷却材は沸騰しないこと」、「燃料最高温度が燃料熔融温度を下回ることを判断基準とし、想定された事象が生じた場合に、炉心が損傷に至ることなく、かつ、原子炉施設は通常運転に復帰できる状態で事象が収束されることを確認している。炉心に含まれる放射性物質等は、原子炉冷却材バウンダリに内包された状態にあり、中央制御室の居住性に影響を及ぼすことはない。
- 設計基準事故においては、以下に示す4事象を除くものは、炉心に含まれる放射性物質等が、原子炉冷却材バウンダリに内包された状態にあり、中央制御室の居住性に影響を及ぼすことはない。
  - 1次冷却材漏えい事故
  - 1次アルゴンガス漏えい事故
  - 気体廃棄物処理設備破損事故
  - 燃料取替取扱事故
- 上記事象について、設計基準事故と同じ手法・条件（相対線量及び相対濃度を除く。）を用いて、中央制御室における実効線量を評価した結果を以下に示す。相対線量及び相対濃度については、中央制御室が、主排気筒からESE約20mの位置・格納容器（ドーム部）からNE約20mの位置にあることに鑑み、相応の値を使用した。当該評価結果は、放射線業務従事者の線量限度を十分に下回っている。

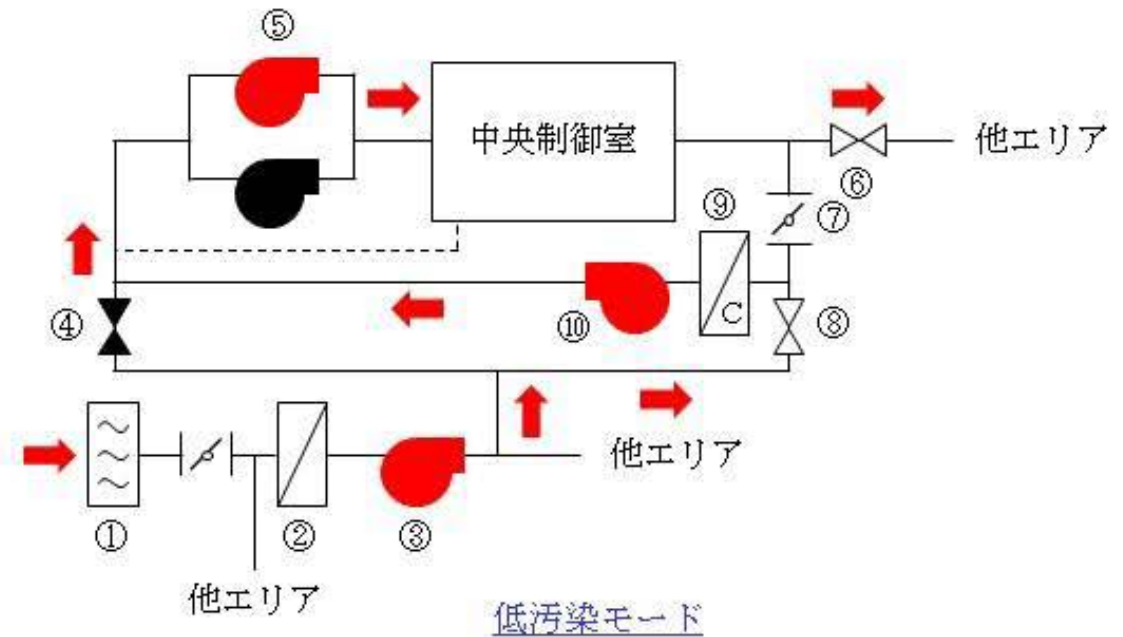
	希ガスからの ガンマ線による 実効線量 (mSv)	よう素の吸入摂取 による実効線量 (mSv)	実効線量 (合計) (mSv)
1次冷却材漏えい事故	$8.0 \times 10^{-5}$	$3.1 \times 10^{-3}$	$3.1 \times 10^{-3}$
1次アルゴンガス漏えい事故	$2.9 \times 10^{-3}$	$2.0 \times 10^{-5}$	$2.9 \times 10^{-3}$
気体廃棄物処理設備破損事故	$1.6 \times 10^{-2}$	$3.6 \times 10^{-3}$	$2.0 \times 10^{-2}$
燃料取替取扱事故	$3.1 \times 10^{-2}$	$6.7 \times 10^{-1}$	$7.0 \times 10^{-1}$

# 中央制御室空調再循環運転の概要

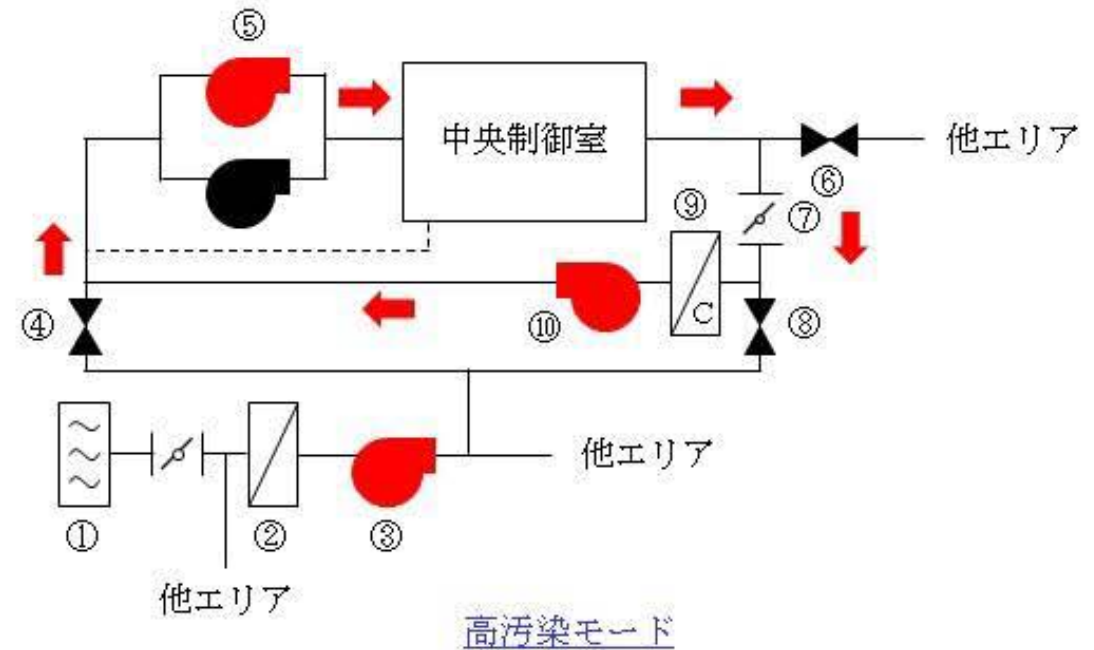
- 「低汚染モード」又は「高汚染モード」の中央制御室空調再循環運転を適用することで、換気設備の隔離を図ることができる。
- 設計基準事故時に、放射性物質が放出され、排気筒モニタの警報設定値又は環境エリアモニタの警報設定値を超えた場合には、中央制御室空調再循環運転を「高汚染モード」に切り替え、中央制御室内への放射性物質の流入を防止する。



通常運転時において、外気は、ルーバー (①)、フィルタ (②：グラスウールを使用)、外気取入れファン (③)、V92-1 (④) 及び空調器 (⑤：1台運転) を経由し、中央制御室に導入され、V92-3 (⑥) より排気される。また、中央制御室には還流ライン (破線部) が設けられており、一部の空気は還流される。なお、DP92-3 (⑦) 及びV92-2 (⑧) は「閉」、再循環ファン (⑩) は「停止」で運用される。



V92-1 (④) 「閉」、V92-2 (⑧) 「閉」及び再循環ファン (⑩) 「運転」とし、再循環用フィルタ (⑨：プレフィルタ・HEPAフィルタ・チャコールフィルタを使用) を経由し、外気を取り入れる。なお、DP92-3 (⑦) は「閉」で運用される。



V92-1 (④) 「閉」、V92-2 (⑧) 「閉」、V92-3 (⑥) 「閉」、DP92-3 (⑦) 「開」及び再循環ファン (⑩) 「運転」とし、再循環用フィルタ (⑨：プレフィルタ・HEPAフィルタ・チャコールフィルタを使用) を経由する再循環ラインを形成する。

# 中央制御室空調再循環運転時（高汚染モード） における中央制御室内酸素濃度及び炭酸ガス濃度

## 酸素濃度挙動評価に係るパラメータ

在室人員	[人]	10
中央制御室バウンダリ	[m <sup>3</sup> ]	1230
成人呼吸気の酸素量（吸気） 初期酸素濃度 <sup>※1</sup>	[%]	20.95
成人呼吸気の酸素量（呼気） <sup>※1</sup>	[%]	16.40
成人の呼吸量（歩行時） <sup>※1</sup>	[ℓ/min]	24
許容酸素濃度 <sup>※2</sup>	[%]	18

許容酸素濃度到達時間：約55時間

## 炭酸ガス濃度挙動評価に係るパラメータ

在室人員	[人]	10
中央制御室バウンダリ	[m <sup>3</sup> ]	1230
初期炭酸ガス濃度	[%]	0.03
呼吸による排出する炭酸ガス濃度 （軽作業） <sup>※1</sup>	[m <sup>3</sup> /h]	0.03
許容炭酸ガス濃度 <sup>※2</sup>	[%]	1.5

許容炭酸ガス濃度到達時間：約60時間

※1：空気調和・衛生工学便覧（空気調和設備編）

※2：労働安全衛生規則