

HTTR 原子炉施設
設置許可基準規則への適合性について
第 10 条(誤操作の防止)

令和 2 年 6 月 12 日

日本原子力研究開発機構 大洗研究所
高温ガス炉研究開発センター
高温工学試験研究炉部

第 10 条：誤操作の防止

<目次>

1. 基本方針
 - 1.1 要求事項の整理
 - 1.2 設置許可申請書における記載
 - 1.3 設置許可申請書の添付書類における記載
 - 1.3.1 安全設計方針
 - 1.3.2 気象等
 - 1.3.3 設備等
2. HTTR 原子炉施設の誤操作の防止（適合性説明資料）

<概要>

試験研究用等原子炉施設の設置許可基準規則の要求事項を明確化するとともに、それら要求に対するH T T R原子炉施設の適合性を示す。

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10条の要求事項を明確化する（表1）

表1 設置許可規則第10条 要求事項

設置許可基準規則 第10条（誤操作の防止）	備考
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。	
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。	

1.2 設置許可申請書における記載

1.2.1 位置、構造及び設備

ロ. 試験研究用等原子炉施設の一般構造

(3) その他の主要な構造

(i) 原子炉施設は、(1) 耐震構造、(2) 耐津波構造に加え、次の基本方針のもとに安全設計を行う。

e. (誤操作の防止)

原子炉施設は、運転員の誤操作を防止する設計とする。

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操作ができる設計とする。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できる設計とする。

1.3 設置許可申請書の添付書類における記載

1.3.1 安全設計方針

(1) 設計方針

1. 安全設計

1.1 安全設計の方針

1.1.1 安全設計の基本方針

1.1.1.8 誤操作防止及び容易な操作

原子炉施設は、運転員の誤操作を防止する設計とする。

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操作ができる設計とする。また、異常な過渡変化又は設計基準事故の発生時においては、運転員が状況を判断し必要な操作が行えるよう、異常発生後 10 分間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できる設計とする。

(2) 適合性

(誤操作の防止)

第十条 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。

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。

適合のための設計方針

1 について

運転員の誤操作を防止するため、中央制御室等の制御盤は次の方針により設計する。

- (1) 安全機能を有する機器及び弁については運転表示灯を設け、作動状態を確認できる設計とする。
- (2) 警報表示は、重要度に応じて色分け区分すること、中央制御盤の上部に系統ごとにまとめて配置すること等により、運転員への情報伝達の的確化及び判断の容易さを考慮した設計とする。
- (3) 指示計、記録計、操作器等には、確認が容易に、かつ、正確にできるような機器名称等を取付けるとともに、配置を考慮した設計とする。異常発生時に短時間で系統状態の把握及び操作を要求される設備に係る操作器については、プロセスの流れに沿って機器の機能的な関係を系統線図で表示する等の配置を考慮した設計とする。

なお、操作スイッチには、その重要性を考慮して操作方式の異なるもの

を用いる。

(4) プラントの主要なパラメータは、ディスプレイ等に表示する設計とする。

(5) 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。

2 について

原子炉を安全に停止するために必要な原子炉保護設備及び工学的安全施設関係の操作は、中央制御室に集中して設ける。中央制御室は、放射線防護措置(遮蔽及び換気空調)、火災防護措置を講じ、異常状態時においては、同時にもたらされる環境条件下においても操作可能な設計とする。また、異常状態時においては、運転員が状況を判断し必要な操作が行えるよう、異常発生後 10 分間は運転員の操作を期待しなくても、その異常を検知し自動的に原子炉保護設備及び工学的安全施設を作動させる設計とする。

1.3.2 気象等

該当なし

1.3.3 設備等

9. 計測制御系統施設

9.1 概要

計測制御系統施設は、次の各設備で構成する。

(5) これらの各設備から出される情報をもとに原子炉施設の運転に必要なパラメータの監視及び主要な機器の操作を集中管理するための中央制御室

9.7 制御室

9.7.1 概要

計測制御系統施設のうち、原子炉及び主要な関連施設の運転に必要な監視及び操作装置は、集中化し、中央制御室に設置する。

また、何らかの原因で中央制御室に留まることができない場合にも、原子炉を安全に停止できるように中央制御室外原子炉停止装置を設ける。

9.7.2 中央制御室

9.7.2.1 設計方針

中央制御室は、次の方針により設計する。

(1) 原子炉施設の通常運転時、異常状態時に必要な計測制御設備は、中央制御室で集中監視及び制御が行えるようにする。

- (2) 中央制御室は、設計基準事故時においても、運転員が中央制御室に接近し、又は留まって必要な操作及び措置がとれるような放射線遮蔽、換気空調設備を設け、主要な配線、制御盤等は、不燃性又は難燃性の材料を使用するようにする。ただし、不燃性又は難燃性の材料が使用できない場合は、金属製の盤に格納し、火災の延焼を防止するための措置を講ずる。
- (3) 中央制御盤は、運転員の誤操作、誤判断を防止できるよう、適切な措置を講ずるものとする。なお、原子炉施設の異常状態時においては、運転員が状況を判断し必要な操作が行えるよう、異常発生後 10 分間は運転員の操作を期待しなくても、自動的に原子炉保護設備及び工学的安全施設を作動させる設計とする。
- (4) 中央制御室の近傍には、設計基準事故時に容易に避難できるように、通常の出入口以外に直接原子炉建家外に退避可能な非常口を設ける。

9.7.2.2 主要設備

(1) 中央制御盤

中央制御盤は、原子炉計装、原子炉制御設備、プロセス計装、原子炉保護設備、工学的安全施設作動設備、電気施設等の計測制御装置を設けた主盤、副盤等で構成し、原子炉施設の通常運転時、異常状態の際の対策に必要な操作器、指示計、記録計、CRT 表示装置、警報装置等について、運転表示灯の設置、機器名称の取り付け、重要度・系統に応じた色分け、系統・ループごとの配列、関連の深い器具の近接配置、プロセスの流れに沿って機器の機能的な関係を系統線図で表示する等、運転員の誤操作、誤判断の防止等人間工学的観点から考慮して設置する。

(2) 中央制御室

中央制御室は、原子炉建家内に設置し、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、安全上重要な機能を有する設備の操作及び措置がとれるように、適切な放射線遮蔽及び換気空調設備を設ける。

また、中央制御室において、火災が発生する可能性を極力抑えるために、中央制御室内の主要な配線、制御盤等は、不燃性又は難燃性の材料を使用するとともに、中央制御室に火災感知器及び消火器を設置する。ただし、不燃性又は難燃性の材料が使用できない場合は、金属製の盤に格納し、火災の延焼を防止するための措置を講ずる。

さらに、設計基準事故時の放射線防護等に必要な防護衣、呼吸器、防護マスク等の防護具類を備える。

なお、中央制御室の近傍には、設計基準事故時に容易に避難できるように、

通常の出入口以外に直接原子炉建家外に退避可能な非常口を設ける。

9.7.2.3 評価

- (1) 中央制御室には、中央制御盤の主盤、副盤等を設け、原子炉の通常運転、安全停止、事故対策等に必要な監視、制御、操作を集中的に行うことができる。
- (2) 設計基準事故時に、運転員が中央制御室に留まり、事故対策操作が可能であるように放射線遮蔽、換気空調設備が設けられており、主要な配線、制御盤等は、不燃性又は難燃性の材料を使用する設計となっている。ただし、不燃性又は難燃性の材料が使用できない場合は、金属製の盤に格納し、火災の延焼を防止するための措置を講ずることとしている。
- (3) 設計基準事故時における中央制御室への接近時の被ばく線量に、中央制御室に留まって必要な操作を行う場合の被ばく線量を加えても、許容被ばく線量を下回る設計となっている。
- (4) 中央制御盤には、操作器、指示計、記録計、CRT 表示装置、警報装置等について、運転員の誤操作、誤判断の防止等人間工学的観点を考慮して設置しており、また、CRT 表示装置を活用することにより、原子炉運転中の運転員による誤操作、誤判断を防止する設計となっている。なお、原子炉施設の異常状態時においては、運転員が状況を判断し必要な操作が行えるよう、異常発生後 10 分間は運転員の操作を期待しなくても、自動的に原子炉保護設備及び工学的安全施設が作動する設計となっている。
- (5) 中央制御室の近傍には、設計基準事故時に容易に避難するために、通常の出入口以外に直接原子炉建家外に退避可能な非常口を設ける設計となっている。

2. HTTR 原子炉施設の誤操作の防止

(適合性説明資料)



HTTR原子炉施設

第10条 誤操作の防止



内容

1. 要求事項
 2. 要求事項に対する対応
 3. 設置許可基準への適合状況
- 参考資料



要求事項

(誤操作の防止)

第十条 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。

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。

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、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試験研究用等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、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ものであることをいう。

2 第2項に規定する「容易に操作することができるもの」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ものをいう。

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ものをいう。



誤操作を防止するための措置(第10条第1項関係)

【盤の配置及び操作器具、弁等の操作性について】(詳細は参考資料1を参照)

- ▶中央制御盤は、運転員の動線等を考慮し配置している。
- ▶中央制御盤の盤面器具(指示計、記録計、操作スイッチ等)は、系統・ループごとの配列等を考慮し配置している。
- ▶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ている。

【計器表示及び警報表示について】(詳細は参考資料2を参照)

- ▶中央制御盤の盤面器具(指示計、記録計、操作スイッチ等)には、確認が容易に、かつ、正確にできるよう機器名称を取り付けている。
- ▶機器、弁の操作スイッチには運転表示灯を設け、作動状態を確認することができる。
- ▶中央制御盤の警報表示灯は、運転員への情報伝達の的確化及び判断の容易さを考慮し、重要度に応じた色分け区分、系統ごとにまとめた配置としている。
- ▶運転員にプラントの主要パラメータ等の情報を提供するため中央制御室にディスプレイを設置している。

【保守点検における誤操作防止について】(詳細は参考資料2を参照)

- ▶現場の盤、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している。



安全施設に対する操作の容易性について(第10条第2項関係)

- ▶ 原子炉を安全に停止するために必要な原子炉保護設備及び工学的安全施設関係の操作は、中央制御室に集中して設けている。
- ▶ 原子炉の異常状態時においては、運転員の操作を期待しなくても、その異常を検知し自動的に安全保護動作を開始できる設計としている。
- ▶ 中央制御室は、放射線防護措置(遮へい及び換気空調)、火災防護措置を講じており、異常状態時においても、運転員が中央制御室に留まり操作が可能な設計としている。

(詳細は参考資料3を参照)



3. 設置許可基準への適合状況

新規制基準の条文	適合状況
<p>(誤操作の防止)</p> <p>第十条 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> <p>【解釈】 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、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試験研究用等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、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ものであることをいう。</p> <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> <p>【解釈】 第2項に規定する「容易に操作することができるもの」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ものをいう。 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ものをいう。</p>	<p>1)について 運転員の誤操作を防止するため、中央制御室等の制御盤は次の方針により設計している。 (1)安全機能を有する機器、弁については運転表示灯を設け、作動状態を確認できる設計としている。 (2)警報表示は、重要度に応じて色分け区分すること、系統ごとにまとめて配置すること等により、運転員への情報伝達の確化及び判断の容易さを考慮した設計としている。 (3)指示計、記録計、操作器等には、確認が容易に、かつ、正確にできるよう機器名称等を取付けるとともに、配置を考慮した設計とする。異常発生時に短時間で系統状態の把握及び操作を要求される設備に係る操作器については、プロセスの流れに沿って機器の機能的な関係を系統線図で表示する等の配置を考慮した設計としている。なお、操作スイッチには、その重要性を考慮して操作方式の異なるものを用いている。 (4)プラントの主要なパラメータは、ディスプレイ等に表示する設計としている。 (5)現場の盤、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している。</p> <p>2)について 原子炉を安全に停止するために必要な原子炉保護設備及び工学的安全施設関係の操作は、中央制御室に集中して設けている。中央制御室は、放射線防護措置(遮へい及び換気空調)、火災防護措置を講じ、異常状態時においては、同時にもたらされる環境条件下においても操作可能な設計としている。また、異常状態時においては、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ように設計している。</p>



参考資料

中央制御盤の配置

中央制御盤は、主盤、副盤及び所内電源盤で構成し、各盤は運転員の動線、盤間のアクセス性を考慮するとともに、運転指令卓から見渡せる配置としている。



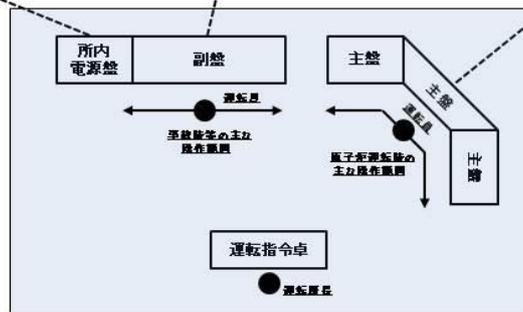
電気設備に係る器具を設置



事故時等に必要な工学的安全施設の器具、その他換気空調設備等の器具を設置



原子炉の運転に必要な原子炉制御設備、主冷却設備等の器具を設置

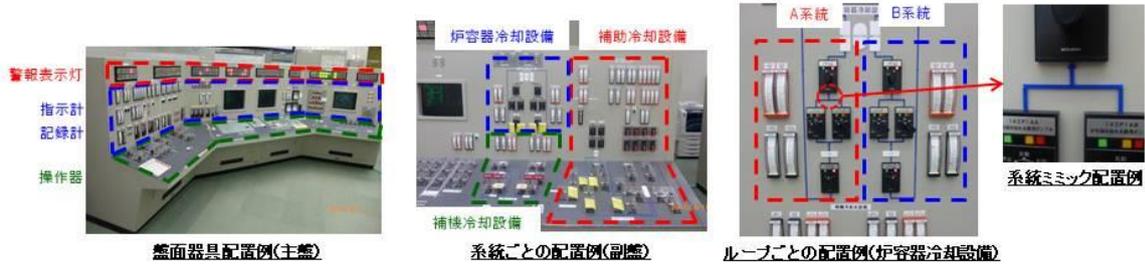


中央制御盤の配置

盤面器具の配置

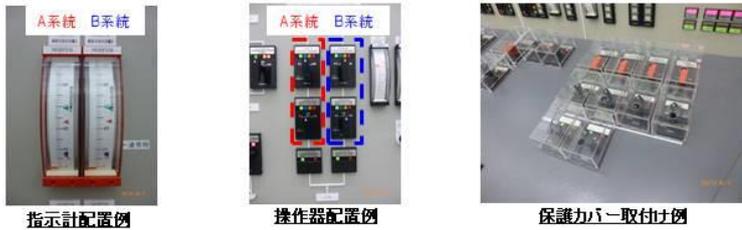
【配置の考慮①】

- ・盤上方から警報表示灯、指示計・記録計、操作者の順に配置している。
- ・盤面器具は、系統・ループごとに配列し、異常状態時に速やかな状態把握・操作を要求される系統はミミック化を実施している。
- ・操作上関連の深い器具は近接配置としている。



【配置の考慮②】

- ・同種の器具(指示計、操作器等)は、向かって左、又は上からA,B,Cの順に配列している。
- ・デスク部の操作器には、接触等による誤操作を防止する観点から保護カバーを取り付けている。



操作スイッチの操作方法

【操作スイッチの識別・操作方法】

- ・機能、重要度に対応する識別が容易に行えるように形状、色及び操作方法を変えている。



機器名称取付け

指示計、記録計、操作スイッチ等には、確認が容易に、かつ、正確にできるよう機器名称等を取り付けている。



指示計



記録計



操作器

機器・弁の作動状態の確認

中央制御盤に配置する機器、弁の操作器については、運転表示灯を設け、作動状態を確認できる設計としている。



ポンプ



弁

操作器の状態表示灯
 緑：停止、閉
 赤：起動、開

警報表示灯の識別

警報表示灯は、情報伝達の的確化及び判断の容易さを考慮し、重要度に応じた色分け区分、中央制御盤の上部に系統設備ごとにまとめた配置を行っている。

【ライン表示による色分け区分】



赤



橙



白



緑



青

赤：原子炉スクラム、工学的安全施設作動に係る項目等
 橙：異常進展で原子炉スクラムに至る項目等
 白：赤、橙以外の警報
 緑：パーミッション表示灯
 青：ハイバス表示灯

【系統ごとの配置例】



原子炉スクラムに係る警報群(主盤)



ハイバス・ハイバスに係る表示群(主盤)

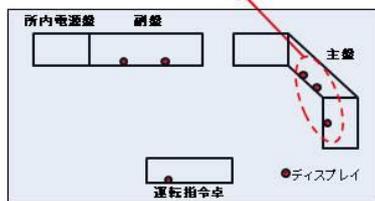


補助冷却設備に係る警報群(副盤)



ディスプレイの設置

運転員にプラント情報を提供するためディスプレイを設置している。ディスプレイは、系統の運転状態、パラメータの指示、トレンド等を監視するために使用できる。



ディスプレイの配置



系統の運転状態の表示例



トレンドの表示例

保守点検における誤操作防止

現場の盤、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している。



盤の銘板

黄色：原子炉保護設備、工学的安全施設作動設備等
 白色：上記以外



弁の銘板



原子炉の安全な停止操作

- ・原子炉の速やかな停止が必要な場合には、手動による原子炉保護動作及び工学的安全施設の作動が行えるように、中央制御盤に手動スイッチを設けている。また、原子炉保護設備及び工学的安全施設の作動状況は、中央制御盤の警報、表示灯等により確認することができる。
- ・異常状態においては、その異常を検知し、原子炉保護動作及び必要な工学的安全施設の作動を自動的に開始させる安全機能を有している。また、ある時間(10分程度)までは、運転員の操作を期待しなくても必要な安全機能は確保される。

*:「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」(原子力安全委員会)による。

設計基準事故時における操作性

中央制御室は、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操作が可能となるよう、放射線防護措置(遮へい及び換気空調)、火災防護措置を講じている。

事象	設計上の考慮
地震・津波	・基準地震動による地震力及び基準津波による津波により、中央制御室の機能が喪失することはないため、操作性に影響を与えることはない。
竜巻・外部火災等の自然現象	・竜巻により、中央制御室の機能が喪失することはないため、操作性に影響を与えることはない。 ・外部火災により、中央制御室の機能が喪失することはないため、操作性に影響を与えることはない。 ・外部火災によるばい煙に対しては、中央制御室の換気空調を外気遮断循環運転とすることで、操作性に影響を与えることはない。 ・火山灰の降下により、中央制御室の機能が喪失することはないため、操作性に影響を与えることはない。
内部火災	・中央制御室には、煙感知器及び消火器を設置しており、運転員により直ちに火災の感知及び消火活動を行うことが可能であるため、操作性に影響を与えることはない。
内部溢水	・中央制御室に溢水漏はなく、操作性に影響を与えることはない。
外部電源喪失	・外部電源の喪失に対しては、非常用電源として非常用発電機及び蓄電池を設けており、照明、中央制御盤等の電源は確保されるため、操作性に影響を与えることはない。また、全交流動力電源喪失が生じた場合でも、可搬型照明等を備えており操作は可能である。
放射線	・設計基準事故で想定される放射線環境下においても居住性を確保できるよう、適切な遮へい及び換気空調系を設けており、操作性に影響を与えることはない。

安全施設の誤操作防止に対して、人間工学上の諸因子をどのように配慮した設計としているか説明すること。

配置、操作性に係る誤操作防止として、盤面上方から、警報窓、隔離弁等の状態表示灯、指示計、記録計、操作器の順に配置し、関連の深い器具は近接配置している。操作器については、操作対象に応じた形状、色、操作方法の使い分けを図ると共にプロセスの流れに沿った機器の機能的な関係を盤面に表示している。また、警報窓は、警報の種類に応じた配置及び警報の重要度に応じた表示色の区分を行うと共に、警報を代表化し、詳細警報についてはディスプレイに表示させることで、運転員の混乱を低減している。指示計及び記録計は、監視目的に応じた配置とすることに加え、監視において関連性のある計器は近接配置としている。なお、配置に係る規則性をもたせること及び事故後監視計器については計器本体の色を変えること等により、正確かつ迅速な状態把握を図っている。

安全施設は容易に操作することができるものであることとして、有意な可能性をもつてもたらされる環境条件、例えば地震時にも対応可能な頑健性を有した設備設計となっているのか説明すること。

有意な可能性をもつてもたらされる環境条件として、地震、竜巻、外部火災、火山、内部火災、内部溢水、外部電源喪失及び放射線を想定し、これらに係る状況においても、中央制御室の居住性が確保され、安全施設に対する中央制御盤からの操作及び監視が可能な設計である。

- (1) 地震に対しては、中央制御盤の耐震をSクラスとしており、倒壊、破損等により、安全施設の操作及び監視機能に影響を及ぼすことはない。なお、中央制御室は、基準地震動 S_s に対する頑健性を有していることから運転員の居住性は確保できる。
- (2) 竜巻に対しては、設計竜巻の風圧力及び気圧差による荷重、設計飛来物による衝撃荷重等に対する頑健性を中央制御室は有しており、運転員の居住性を損なうことはない。
- (3) 外部火災に対しては、森林火災及び危険物貯蔵所の火災等による火炎輻射に耐えられる壁厚さを原子炉建家は有しており、中央制御室での運転員の居住性を損なうことはない。
- (4) 火山噴火に対する降灰に対しては、降下火砕物の荷重に対する原子炉建家の頑健性を有していることから、中央制御室における運転員の居住性を損なうことはない。
- (5) 内部火災に対しては、中央制御室には発火源となる動力ケーブル及び燃料油等が存在せず、仮置可燃物からの発火に対しても、煙感知器及び消火器を設置しており、常駐する運転員により直ちに火災の感知及び消火を開始できることから、中央制御室における運転員の居住性を損なうことはない。
- (6) 内部溢水に対しては、中央制御室に溢水源は存在しないことから中央制御室の健全性に対する考慮は必要としない。
- (7) 外部電源喪失に対しては、非常用発電機及び蓄電池を設けており、照明、中央制御盤の電源は確保されるため、安全施設の操作及び監視機能に影響を及ぼすことはない。
- (8) 放射線に対しては、設計基準事故で想定される放射線環境下においても、居住性を確保できるよう、適切な遮へい及び換気空調系を設けており、操作性に影響を与えることはない。