

茨城県原子力安全対策委員会
東海第二発電所
安全性検討ワーキングチーム(第11回)
ご説明資料

東海第二発電所

事故対応基盤について (中央制御室への対応)

平成30年11月19日

日本原子力発電株式会社

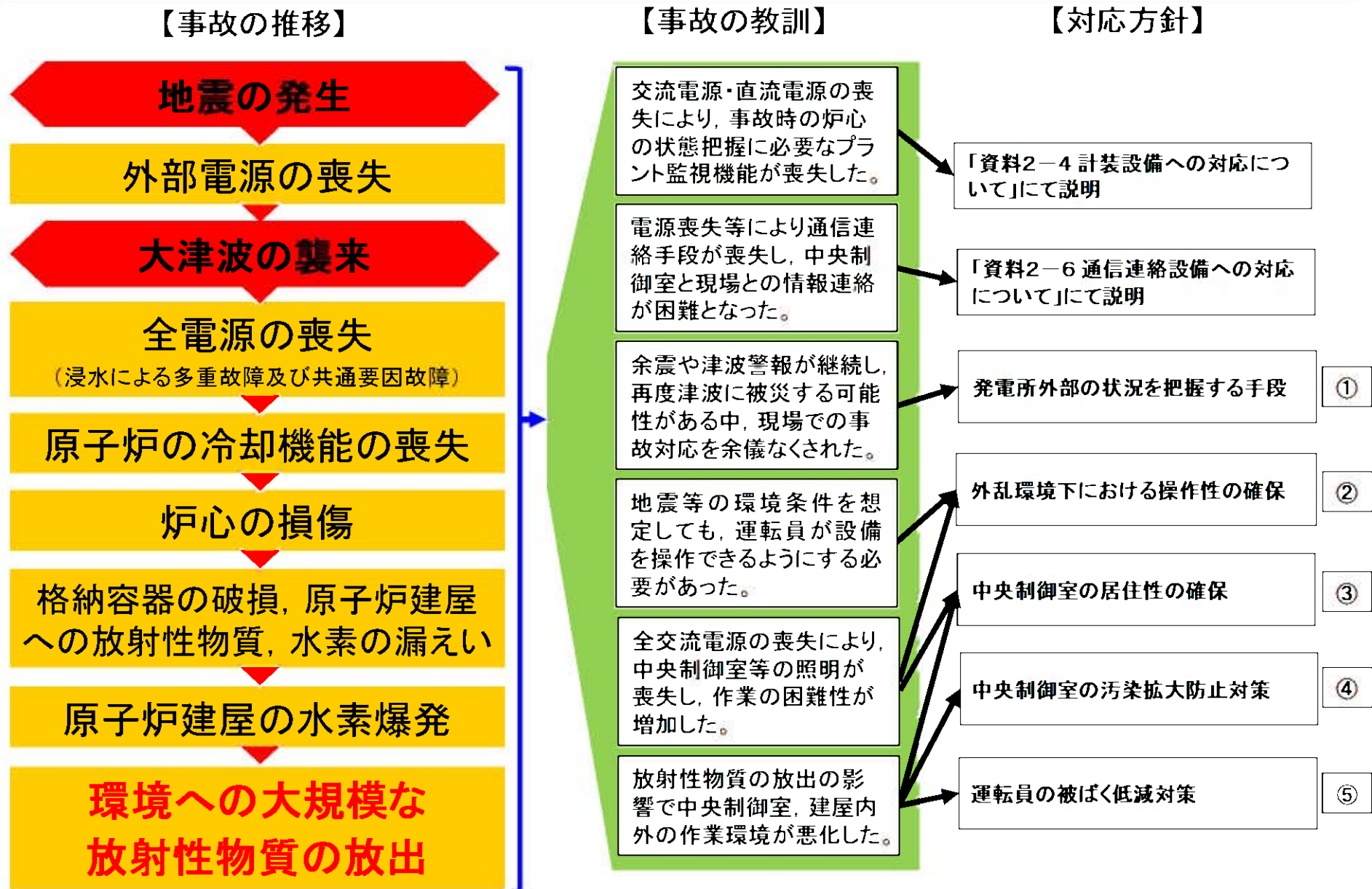
本資料のうち、☐ は営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

目 次

1. 福島第一原子力発電所事故の教訓	2-2- 3
2. 福島第一原子力発電所事故の教訓に対する新たな対策	2-2- 4
3. 発電所外部の状況を把握する手段	2-2- 5
4. 外乱環境下における操作性の確保	2-2- 6
5. 中央制御室の居住性確保	2-2- 8
6. 中央制御室の汚染拡大防止対策	2-2-16
7. 運転員の被ばく低減対策	2-2-18
8. 中央制御室の居住性に係る被ばく評価	2-2-21
9. まとめ	2-2-22

補足説明資料 事故対応基盤について(中央制御室への対応)

1. 福島第一原子力発電所事故の教訓



2. 福島第一原子力発電所事故の教訓に対する新たな対策



○福島第一原子力発電所事故で得られた教訓に対する新たな対策として、運転員が常時滞在して原子炉施設の運転制御及び状態監視、事故対策のための遠隔操作を行う中央制御室に以下の対策を施す。

対応方針	従来の対策	新たな対策	備考
①発電所外部の状況を把握する手段	・構内カメラによる外部状況把握 ・気候等による所内の状況把握 ・公的機関より地震・津波等の警報等の情報入手	中央制御室で発電所内外の状況を把握するため以下を対策 ・耐震性を有し夜間も監視可能な津波・構内監視カメラにより津波等の自然現象・外部事象を監視 ・耐震/耐津波性有する取水ピット水位計等で津波・高潮の状況把握	新規
②外乱環境下における操作性の確保	・地震時の中央制御室の照明ルーバーの落下防止措置(結束バンド) ・非常用照明及び直流非常灯・蓄電池内蔵型照明の設置	地震時や電源喪失(照明喪失)時に中央制御室での操作性を確保するため以下を対策 ・照明ルーバーの落下防止措置(ワイヤー等) ・地震に備えた制御盤への手摺の設置 ・蓄電池内蔵型照明の増設	新規／強化
③中央制御室の居住性の確保	中央制御室換気系の閉回路循環方式の作動による、中央制御室内からの放射性物質除去と外気流入防止措置	重大事故等が発生した不測の事態においても、中央制御室の運転員の居住性を確保するため以下を対策 ・可搬型照明(SA)の配備、乾電池内蔵型照明の保管 ・格納容器圧力逃がし装置作動時の放射性プルームによる運転員の被ばくを低減させるため中央制御室待避室を設置。また監視用にデータ表示装置、通信連絡用に衛星電話設備(可搬型)を配備 ・酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計を配備し、事故対策の活動に支障ないことを確認	新規
④中央制御室の汚染拡大防止対策	中央制御室への汚染拡大防止のための更衣室の設置(建屋の耐震性なし)	重大事故により中央制御室の外部が放射性物質で汚染した際に、中央制御室への汚染拡大を防止するため、身体サーベイ及び作業服の着替え等を行うためのチェンジングエリアを設営(建屋の耐震性あり)またアクセス性向上のため階段を設置	新規
⑤運転員の被ばく低減対策	原子炉建屋ガス処理系の作動による原子炉建屋原子炉棟内の放射性物質除去と排気の高所放出	重大事故が発生した場合の運転員の被ばく低減対策として、原子炉建屋原子炉棟のバウンダリ機能を確保し、中央制御室への放射性物質流入を低減するため、ブローアウトパネル閉止装置を設置	新規

3. 発電所外部の状況を把握する手段



○中央制御室より外部の状況を把握するために、既存の構内カメラによる確認手段に加えて、原子炉建屋屋上及び防潮堤上部に耐震性を有する**津波・構内監視カメラ**(赤外線式)を新規で設置。発電所内・発電所外を含め広範に、津波等の以下の自然現象・外部事象の兆候を昼夜にわたり運転員が定期的な巡視点検により監視可能(詳細は補足説明資料参照)

(対象事象:地震, 津波, 風(台風), 竜巻, 降水, 積雪, 落雷, 火山影響, 森林火災, 近隣工場火災, 船舶衝突, 高潮)

○風(台風), 竜巻, 凍結, 降水等による所内の状況把握(風向, 風速, 気温, 降水量等)のため気象観測設備(既存設備)を設置済。また津波・高潮に備えて耐震性・耐津波性を有する**取水ピット水位計**及び**潮位計**を新規で設置し, それらの情報を中央制御室で把握可能

○従前より, 公的機関からの各外部事象の警報・予報等の情報(地震, 津波, 竜巻, 雷・降雨予想, 天気図等)を中央制御室内の電話, FAX, パソコンにて入手可能

○これらの対策により,
中央制御室内にて外部の状況を適切に把握可能

津波・構内監視カメラ①
(原子炉建屋屋上: 3 台)
(E11. +01m)

津波・構内監視カメラ②
(防潮堤上部: 4 台)
(E11. +15m ~ E11. +20m)

中央制御室における
外部状況把握の概略

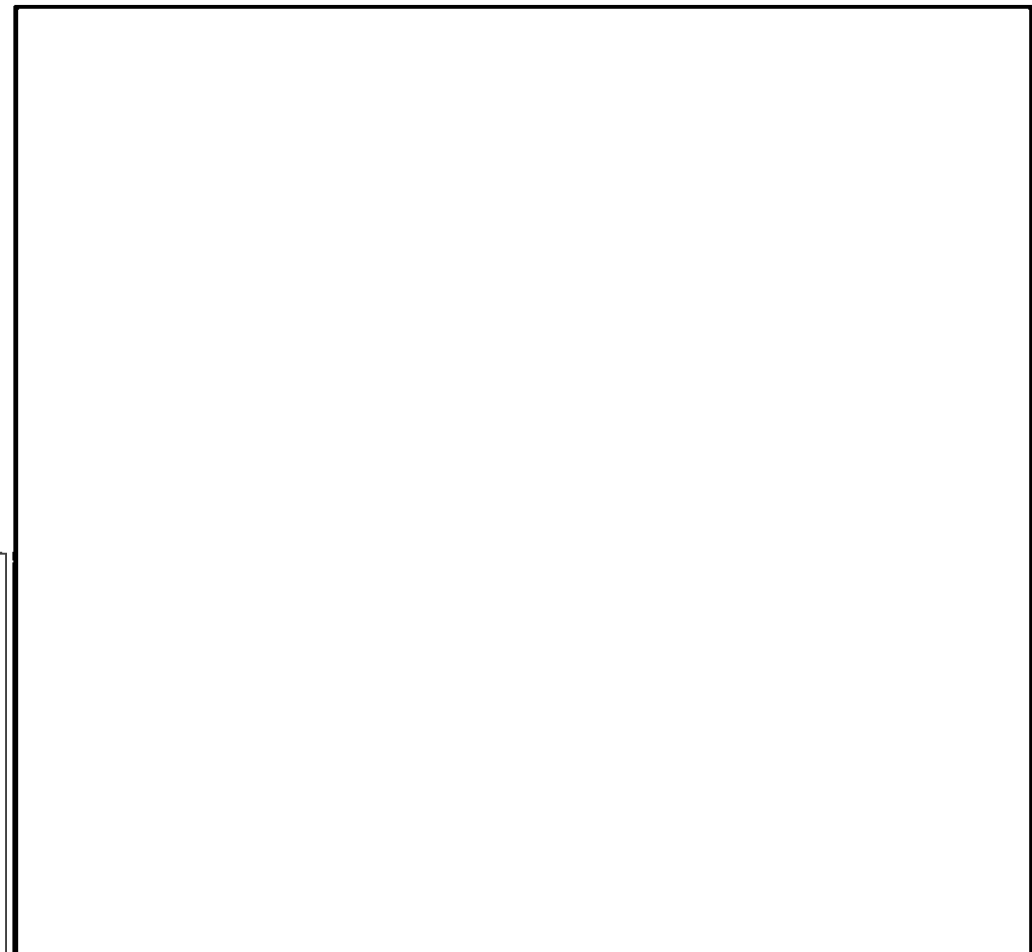
《監視モニター》



FAX, 衛星電話,
テレビ, パソコン



中央制御室



2-2-5 中央制御室から外の状況を把握する設備の配置図

4. 外乱環境下における操作性の確保 (1/2)

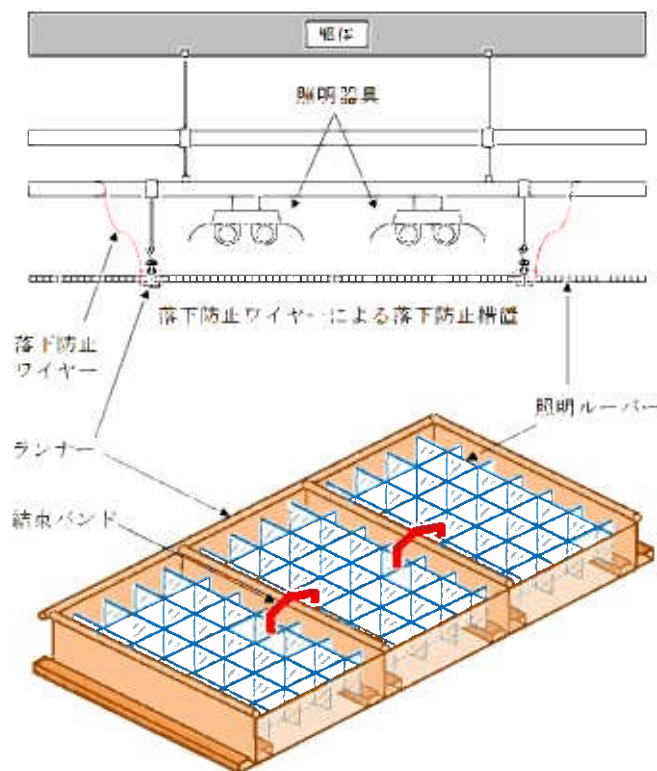


地震時や電源喪失(照明喪失)等の外乱環境下でも、中央制御室内での運転員の操作性を確保する。

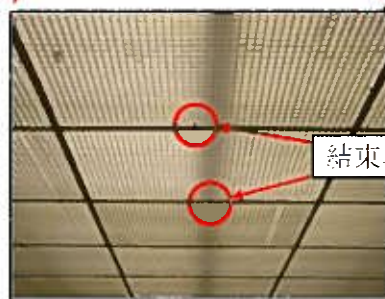
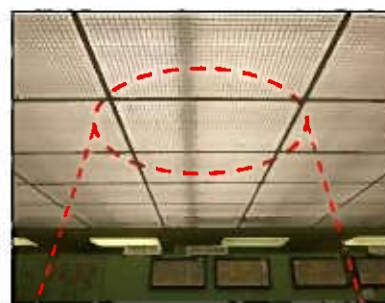
○地震時の中央制御室の**照明ルーバーの落下防止措置**【一部実施済】

○地震に備えた**制御盤への手摺**の設置

- ✓不快なグレア(ディスプレイに照明が映り込むことによる見えづらさ)の軽減及び視認性を高めるため、天井に照明ルーバーを設置済
- 地震時の**照明ルーバーの落下**を防止するため**結束バンド**により**固定**を実施済。今後、ワイヤー等により更なる固定を実施する。
- ✓地震に備えて**主制御盤に手摺**を設置する。
- ✓これらの対策により、地震時の運転員の安全確保及び制御盤上の操作器具への誤接触を防止する。



中央制御室の照明ルーバーの落下防止措置



結束バンドにて固定

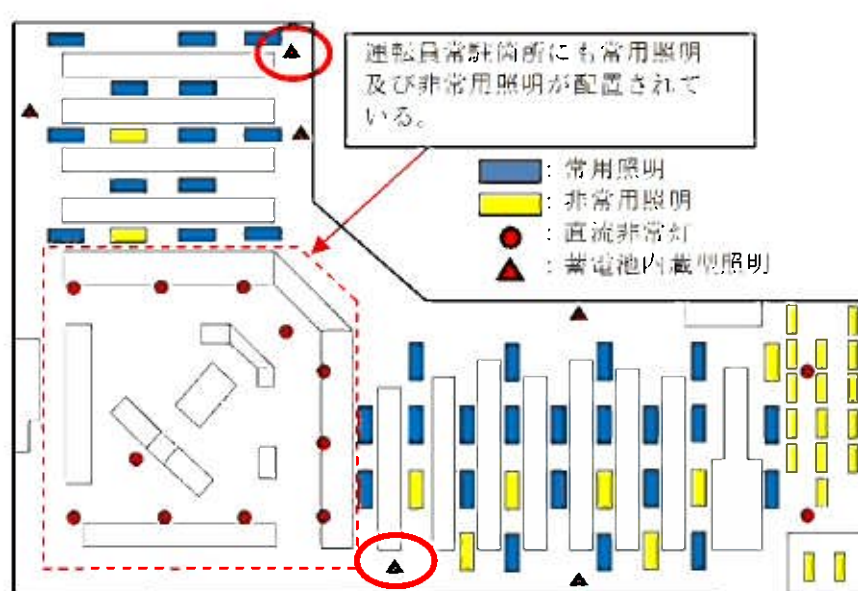


対策後設備
(手摺設置イメージ)
主制御盤への手摺の設置

4. 外乱環境下における操作性の確保 (2/2)

○蓄電池内蔵型照明を備え機能が喪失しない設計【一部実施済(照明対象拡大)】

- ✓ 中央制御室の照明は、外部電源が喪失した場合にも、非常用ディーゼル発電機からの給電により、操作に必要な照明を確保できる。
- ✓ さらに、非常用ディーゼル発電機も機能喪失した全交流動力電源喪失時でも、重大事故等に対応した代替交流電源による電源供給が行われるまでの間(約95分間)、直流非常灯及び蓄電池内蔵型照明により操作が必要な盤面や計器等を照らし運転操作を可能とする。



中央制御室照明配置図

【凡例】

○ 新設

【設備仕様】

中央制御室照明 照度

○ 常用照明: 1,000 ルクス (設計値)

○ 非常用照明: 300 ルクス以上 (設計値)

○ 直流非常灯: 20 ルクス以上 (制御盤デスク部実測値)



蓄電池内蔵型照明



通常点灯時
(常用照明及び非常用照明点灯)



非常用照明点灯時
(常用照明消灯)



直流非常灯点灯時
(常用照明及び非常用照明消灯)

各照明点灯時において、必要な監視・運転操作が行える照度を確保していることを実設備で確認済

5. 中央制御室の居住性確保 (1/8)

○前項目の備え(蓄電池内蔵型照明等)により、中央制御室の照明は確保される。更に、不測の事態により、重大事故等時において中央制御室の照明が使用できない場合でも、運転員の居住性を確保するための設備として、可搬型照明(SA)を設ける。

○可搬型照明(SA)は、全交流動力電源喪失時においても12時間以上無充電で点灯し、常設代替高圧電源装置(①)又は可搬型代替低圧電源車(②)より電源供給するまでの間の照明を確保可能

(電源供給に要する時間 ①:約95分間、②:約3時間)

○更に、可搬型照明(SA)も使用できない場合に備えたバックアップとして、ランタン、ヘッドライト等の乾電池内蔵型照明を中央制御室に保管する。

(乾電池は7日間使用可能な数量を保管)



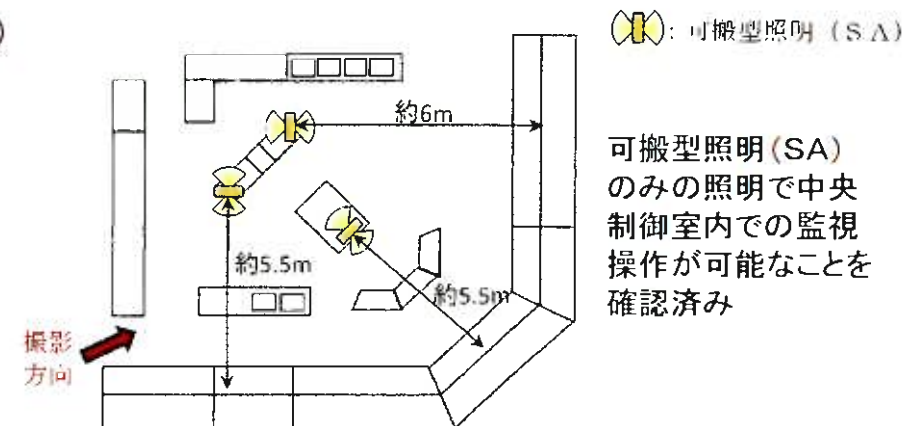
画像については、印刷仕上がり時は照明確認時点と同様の雰囲気となるよう補正を施してあります。



《シミュレーション施設におけるヘッドライト使用状況》
ヘッドライト使用状況



可搬型照明(SA)



シミュレーション施設における可搬型照明(SA)確認状況

5. 中央制御室の居住性確保 (2/8)



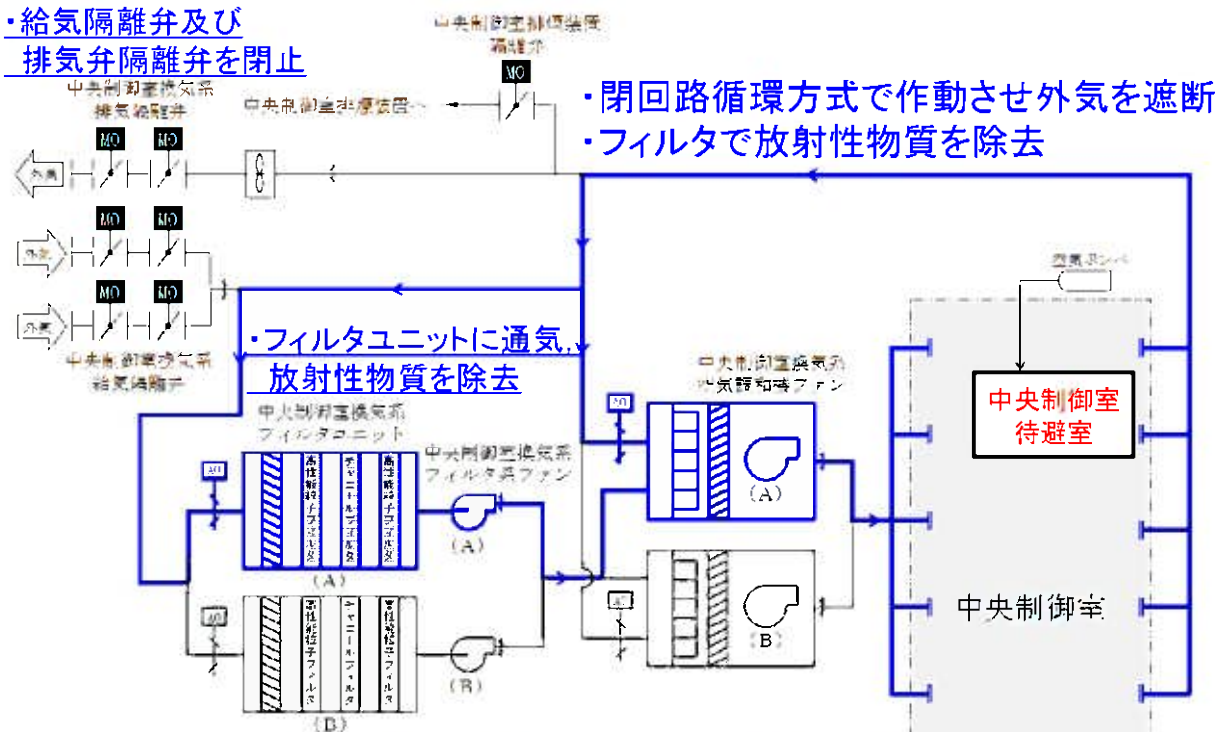
○重大事故が発生した場合に、中央制御室の運転員の居住性を確保するため以下の設備を設ける。

- ・中央制御室換気系(既存設備)・・・中央制御室内の放射性物質の濃度の低減
- ・**中央制御室待避室**(新規)・・・・・・中央制御室内放射性物質濃度が高くなる一時的な状況下での被ばく低減

○中央制御室換気系(既存設備)

- ・中央制御室及び**中央制御室待避室**の運転員を過度の放射線被ばくから防護するため設置
- ・重大事故時には、閉回路循環方式*で作動させることにより、放射線物質(よう素, 粒子状物質)を除去しつつ外気の中央制御室への直接流入を防止 * 給気隔離弁及び排気隔離弁を閉止して外気取り入れを遮断, フィルタユニットを通気

・給気隔離弁及び
排気弁隔離弁を閉止



中央制御室換気系の閉回路循環
方式を継続した場合の環境影響

中央制御室の運転員の滞在人数・呼吸量と中央制御室への空気流入量(0.4回/h)の関係より、閉回路循環方式を長期間継続した場合でも、**酸素濃度及び二酸化炭素濃度は中央制御室での作業環境に影響を与えない範囲に留まることを確認している。**

※中央制御室内への空気流入量が少ないほど酸素濃度は低く、二酸化炭素濃度は高くなるため、評価条件として空気流入率測定試験結果(0.47回/h)に対して保守的に0.4回/hと設定

(評価内容は補足説明資料参照)

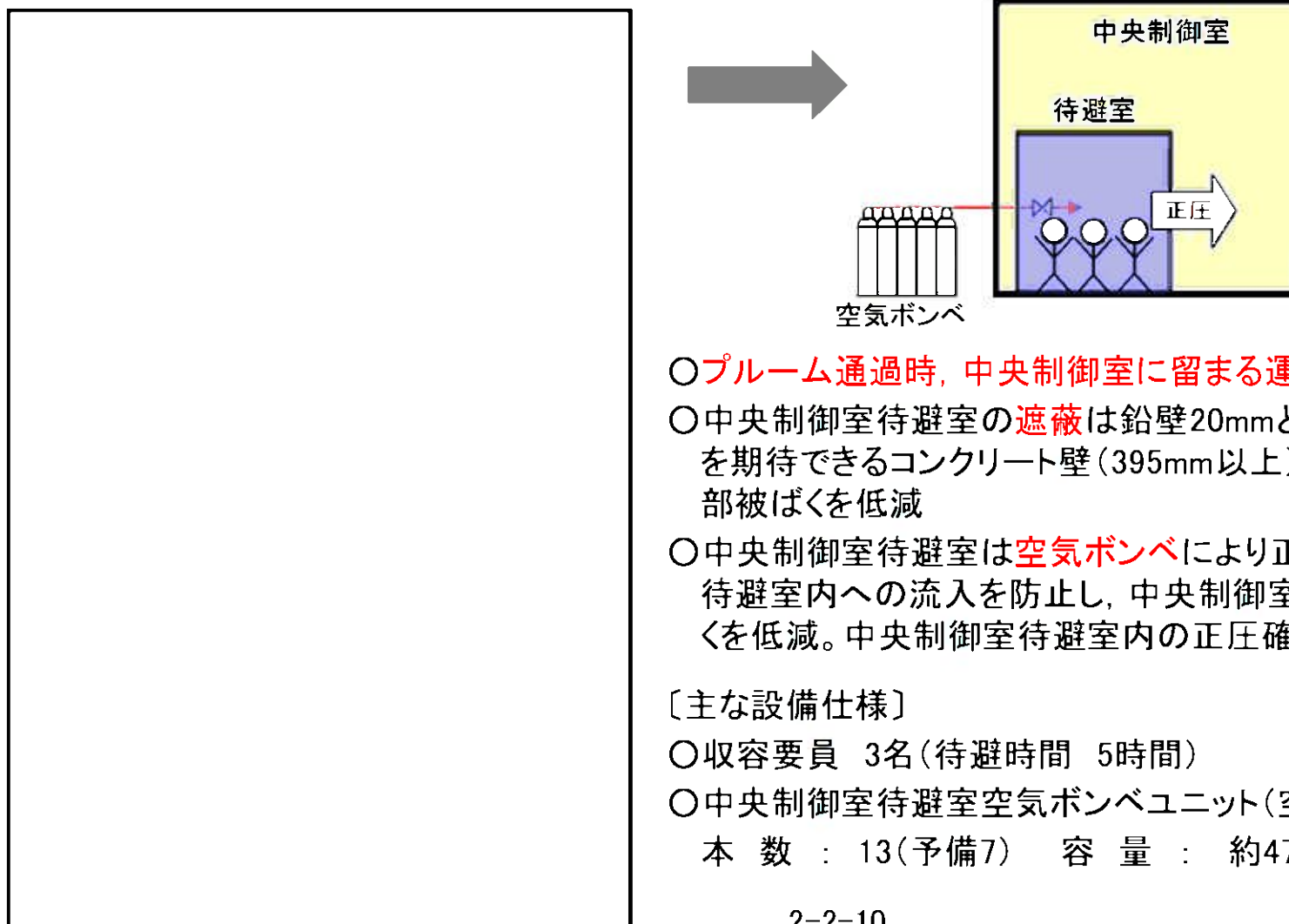
中央制御室換気系系統概要図 (重大事故時: 閉回路循環方式)

5. 中央制御室の居住性確保 (3/8)



○中央制御室待避室

炉心損傷が発生した重大事故時において、格納容器圧力逃がし装置を作動させた際の放射性ブルーム(気体状の放射性物質の雲)の影響による中央制御室の運転員の被ばくを低減させるため、**中央制御室待避室**を設置



- ブルーム通過時、中央制御室に留まる運転員は待避室に滞在
- 中央制御室待避室の**遮蔽**は鉛壁20mmと同等以上の遮蔽能力を期待できるコンクリート壁(395mm以上)とし、ガンマ線による外部被ばくを低減
- 中央制御室待避室は**空気ポンベ**により正圧化。放射性物質の待避室内への流入を防止し、中央制御室に留まる運転員の被ばくを低減。中央制御室待避室内の正圧確認のため**差圧計**を設置

〔主な設備仕様〕

- 収容要員 3名(待避時間 5時間)
- 中央制御室待避室空気ポンベユニット(空気ポンベ)
本数 : 13(予備7) 容量 : 約47L/本

5. 中央制御室の居住性確保（4／8）



○中央制御室待避室には、データ表示装置(待避室)*を設置し、格納容器圧力逃がし装置の作動に際して、水素爆発による原子炉格納容器の破損防止の確認に加えて、炉心冷却及び原子炉格納容器内の状態、使用済燃料プールの状態、水素爆発による原子炉建屋の損傷防止等を確認できるパラメータを継続的に監視可能とする。

○主な監視パラメータは右記のとおり。

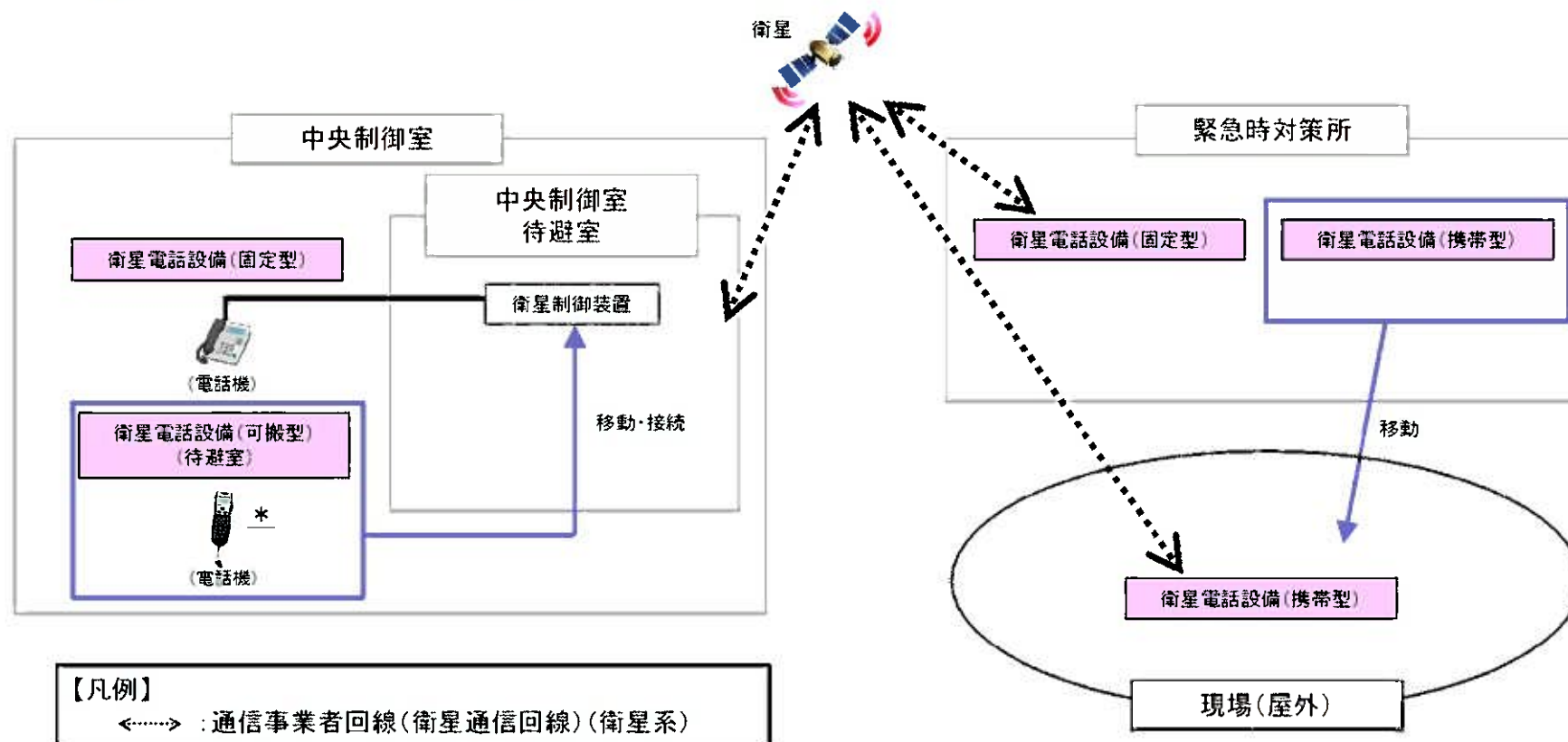
* データ表示装置(待避室)は、バックアップ用を含めて2式を中央制御室内に保管しておき、中央制御室待避室へ待避する前に設置して使用する。

目的	対象パラメータ
炉心反応度の状態確認	出力領域計装
	起動領域計装
炉心冷却の状態確認	原子炉水位
	原子炉圧力
	原子炉冷却材温度
	高圧炉心スプレイ系系統流量
	低圧代替注水系原子炉注水流量
	原子炉隔離時冷却系系統流量
	高圧代替注水系系統流量
	残留熱除去系系統流量
	原子炉圧力容器温度
	非常用ディーゼル発電機の給電状態
	非常用高圧母線電圧
原子炉格納容器内の状態確認	格納容器内圧力
	格納容器内温度
	格納容器内水素濃度、酸素濃度
	格納容器内雰囲気放射線レベル
	サプレッション・プール水位
	格納容器下部水位
	格納容器スプレイ弁開閉状態
	残留熱除去系系統流量
放射能隔離の状態確認	原子炉格納容器隔離の状態
	主排気筒放射線レベル
使用済燃料プールの状態確認	使用済燃料プール水位・温度 (SA広域)
水素爆発による格納容器の破損防止確認	フィルタ装置圧力
	フィルタ装置水位
	フィルタ装置入口水素濃度
	フィルタ装置出口放射線モニタ
水素爆発による原子炉建屋の損傷防止確認	原子炉建屋内水素濃度

5. 中央制御室の居住性確保 (5/8)



- 中央制御室待避室には、中央制御室待避室に待避した運転員が緊急時対策所及び現場(屋外)と通信連絡を行うための衛星電話設備(可搬型)(待避室)を配備する。
- 衛星電話設備(可搬型)(待避室)は、全交流動力電源喪失時においても、常設代替高压電源装置又は可搬型代替低压電源車より給電が可能であり、連絡手段を確保可能



* 衛星電話設備(可搬型)(待避室)は、バックアップ用を含めて2式を中央制御室内に保管しておき、中央制御室待避室へ待避する前に持ち込んで設置し使用する。

衛星電話設備(可搬型)(待避室)系統概略図

5. 中央制御室の居住性確保（6／8）

- 中央制御室及び中央制御室待避室では、**酸素濃度計**及び**二酸化炭素濃度計**を用いて酸素濃度と二酸化炭素濃度を測定する。
- 中央制御室換気系を閉回路循環方式に切り替え、外気の給気と室内からの排気を停止した場合でも、中央制御室の酸素濃度と二酸化炭素濃度は**運転員の活動に支障のない範囲にあることを予め確認**している。
- 中央制御室待避室**への待避時は、十分な容量の空気ボンベにより待避室内を正圧化することで、酸素濃度と二酸化炭素濃度は**運転員の活動に支障のない範囲にあることを予め確認**している。

＜基準値＞

酸素濃度19%以上及び
二酸化炭素濃度0.5%以下

- 事故発生時の実運用においても、酸素濃度及び二酸化炭素濃度が**運転員の活動に支障のない範囲にあることを実測で確認**する。

* **酸素濃度計**及び**二酸化炭素濃度計**は、バックアップ用を含めて2セットを中央制御室内に保管しておき、中央制御室待避室への待避時は持ち込んで使用する。

酸素濃度系及び二酸化炭素濃度計の概要

名称及び外観	仕様等	
	検知原理	ガルバニ式
	検知範囲	0.0～10.0vol%
	表示精度	±0.1vol%
	電源	電 源：乾電池（単四×2本） 測定可能時間：約 3,000 時間 （バッテリー切れの場合、予備を可動させ、乾電池交換を実施する。）
	個数 *	1 個（故障時及び保守点検による待機除外時のバックアップ用として予備 1 個を保有する。）
	検知原理	N D I R（非分散型赤外線）
	検知範囲	0.0～5.0vol%
	表示精度	±3.0%F.S.
	電源	電 源：乾電池（単三×4本） 測定可能時間：約 12 時間 （バッテリー切れの場合、予備を可動させ、乾電池交換を実施する。）
	個数 *	1 個（故障時及び保守点検による待機除外時のバックアップ用として予備 1 個を保有する。）

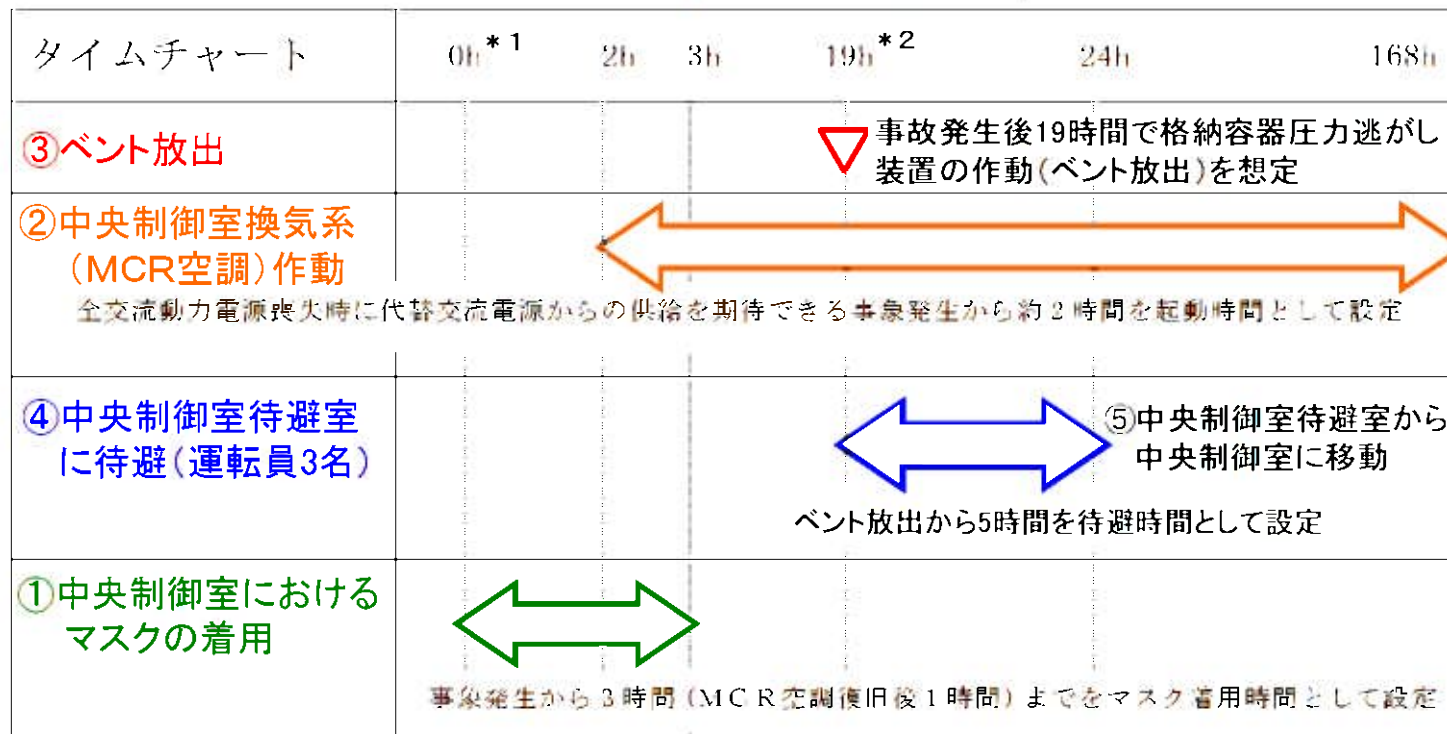
5. 中央制御室の居住性確保 (7/8)



○炉心損傷が発生した重大事故時の運転員の中央制御室待避室への待避の運用例及び被ばく評価条件について示す。事故発生からの時系列に沿った中央制御室における運転員の動静は以下のとおり。

- ① 事故発生を受け、中央制御室の運転員は放射性物質の体内取り込みを抑制するためマスクを着用
- ② 事故後2時間後に、中央制御室換気系を代替交流電源により作動させる。
- ③④ 事故後19時間後の格納容器圧力逃がし装置の作動タイミングに合わせて、
原子炉等のパラメータ監視を継続するため中央制御室待避室に運転員3名が待避
ベント放出による放射性プルーム通過に伴う中央制御室内放射性物質濃度上昇等による被ばく影響を低減
- ⑤ 中央制御室待避室への待避時間(5時間)経過後、放射線量を確認した上で待避室を出て中央制御室に移動する。

事故発生後の中央制御室での運転員の動静の例



<事故条件の想定>

* 1 事故発生時(0時間後)に大破断LOCAが生じる。同時に交流電源が喪失し、早期の原子炉への注水が行えず、炉心損傷に至る。

* 2 最終ヒートシンクとして代替循環冷却系が使用できない条件として、事故後早期(19時間後)に格納容器ベントを行う想定とする。

5. 中央制御室の居住性確保 (8/8)



○中央制御室待避室に待避する要員数の考え方について

中央制御室待避室には当直運転員(7名)のうち運転員3名が待避する。
この考え方を以下に示す。

① 待避前に中央制御室で行う運転操作に必要な要員数を確保

- ・SA操作盤において、格納容器スプレイ停止^{*}、原子炉注水流量の調整及び格納容器ベント操作を指揮者(発電長)1名及び操作者(運転員A)1名で実施する。
- ・中央制御室待避室の空気ポンベによる正圧化操作を操作者(運転員B)1名で実施する。

したがって、待避前に中央制御室で行う運転操作に必要な要員数は3名となる。

② 中央制御室待避室に待避中の運転員の作業

運転員による運転操作を実施する必要はなく、プラントパラメータの監視及び通信連絡を行うこととしており、①に必要な要員数に包含

③ 原子炉施設保安規定の定めにより、中央制御室には3名の運転員が常駐する必要あり

以上の条件から、中央制御室待避室の収容要員数を指揮者(発電長)1名及び操作者(運転員A及び運転員B)2名の計3名に設定する。

なお、残りの当直運転員(4名)は、予め緊急時対策所に待避する。

^{*}外部の水源により格納容器スプレイを実施している場合は、格納容器内への水持ち込みによりサプレッション・チェンバの水位が上昇するため、格納容器ベント配管の吸い込み口が水没する(すなわちベントが不可能になる)前に、格納容器スプレイを停止する必要がある。

①操作者(運転員B)

待避室の空気ポンベによる正圧化操作(1名要)

①指揮者(発電長)

①操作者(運転員A)

格納容器ベントに係る事故対応操作(2名要)

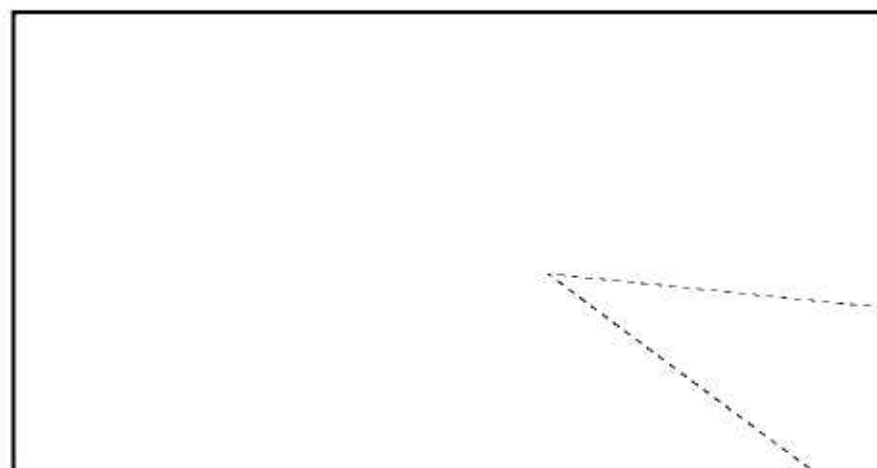
6. 中央制御室の汚染拡大防止対策 (1/2)

○外部の放射性物質汚染時の中央制御室の汚染拡大防止のため、耐震性を有する原子炉建屋内の区画に**チェンジングエリア**を設営

・原子炉建屋付属棟内に**チェンジングエリア**を以下の構成でテントハウス及び扉付シート壁により区画して設置

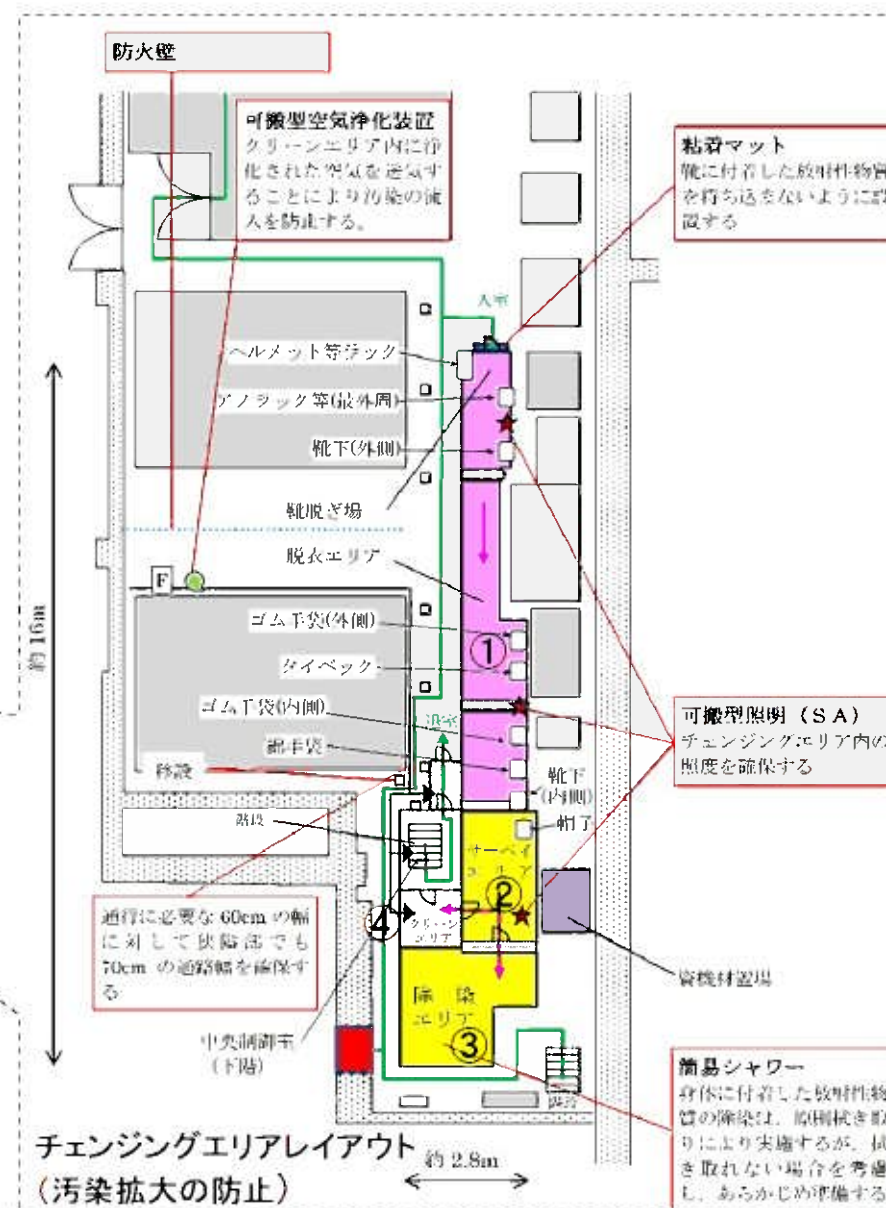
- ①作業服の着替えを行う**脱衣エリア**
- ②身体の汚染検査を行う**サーベイエリア**
- ③身体に付着した放射性物質を除く**除染エリア**
- ④中央制御室への放射性物質の持込を防止する**クリーンエリア**

・**チェンジングエリア**と中央制御室の間を気密扉で区画



中央制御室チェンジングエリアの設営場所

- ・**チェンジングエリア**内はテントハウスの壁、シートにより間仕切りする。中央制御室にアクセスする階段の周囲は扉付のシートにより二重に区画し、中央制御室への汚染の流入を防止する。
- ・更なる汚染拡大防止対策として、**可搬型空気浄化装置**によりクリーンエリアへの汚染の流入を防止する。
- ・**チェンジングエリア**の照明は**可搬型照明(SA)**により確保



6. 中央制御室の汚染拡大防止対策(2／2)



○チェンジングエリアと中央制御室等を接続する階段のイメージ

階段を設置し、中央制御室及び現場からのチェンジングエリアへのアクセス性を向上させる。



チェンジングエリアから中央制御室、原子炉建屋内現場及び屋外現場に接続する階段のイメージ図

7. 運転員の被ばく低減対策（1／3）



○重大事故により炉心の著しい損傷が発生して放射性物質が放出され、原子炉格納容器から原子炉建屋に漏えいした場合に、中央制御室の運転員の被ばくを低減するため以下の設備を設ける。

- ・原子炉建屋ガス処理系（既存設備）
- ・**ブローアウトパネル閉止装置**（新設）

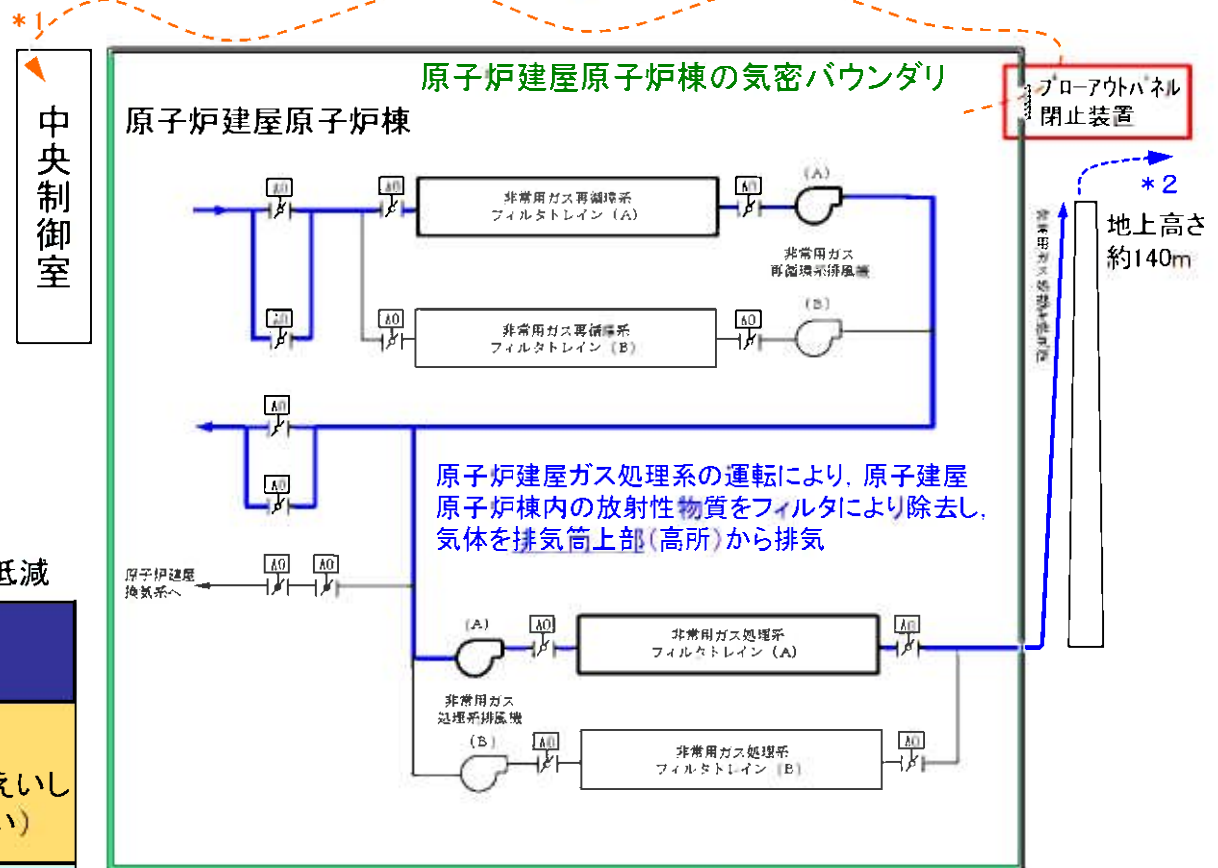
○原子炉建屋ガス処理系（既存設備）

- ・原子炉建屋ガス処理系は、排風機、フィルタレイン、配管・弁等で構成
- ・原子炉建屋原子炉棟内を負圧に維持し、原子炉格納容器から漏えいした放射性物質を含む気体を非常用ガス処理系排気筒（高所）から排気する。
- ・これにより中央制御室の運転員の被ばくを低減する。

原子炉建屋ガス処理系の運転による被ばく影響低減

運転状態	被ばく評価への影響
運転前	・原子炉建屋より漏えい（地上高さ0m） ・排気条件：無限大／日（格納容器から漏えいした放射性物質は即座に大気漏えいの扱い）
運転中	・排気筒頂部より放出（地上高さ140m） ・排気条件：1回／日（ファン容量より） ・原子炉建屋原子炉棟の気密バウンダリ確保（ブローアウトパネル閉止）が前提条件

*1 原子炉建屋原子炉棟の気密バウンダリが確保できない場合、中央制御室に近い比較的低所より漏えいが生じるため拡散の効果が小さく、原子炉棟から漏えいした放射性物質が高濃度のまま中央制御室に流入する恐れがある。



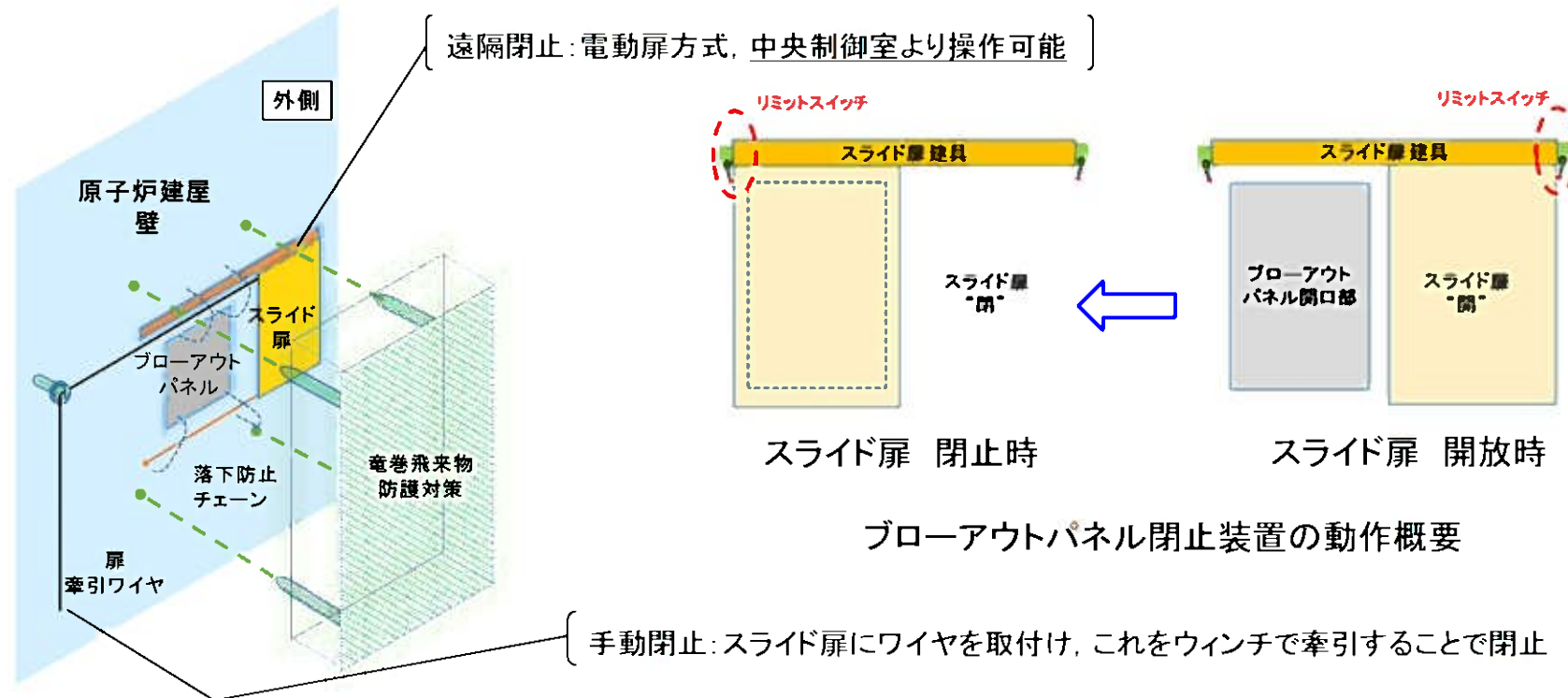
原子炉建屋ガス処理系・ブローアウトパネル閉止装置 系統概要図

*2 原子炉建屋原子炉棟の気密バウンダリが確保できる場合には、放射性物質を含む気体を排気筒（高所）から放出することで拡散の効果が大きく、中央制御室への流入の影響を低減できる。

7. 運転員の被ばく低減対策（2／3）

○ブローアウトパネル閉止装置（新設）

- ・ブローアウトパネル閉止装置は、原子炉建屋6階及び5階のブローアウトパネル（既存設備）に設置（合計10箇所）
- ・ブローアウトパネル閉止装置は、ブローアウトパネルが開放状態で炉心損傷が発生した場合に、速やかにブローアウトパネル開口部を閉止して、原子炉建屋原子炉棟の気密バウンダリ（放射性物質の閉じ込め機能）を確保する。
- ・ブローアウトパネル閉止装置は、常設代替高圧電源装置又は可搬型代替低圧電源車より給電し、中央制御室から遠隔操作により閉止可能。また、万一、電源供給ができない場合でも、現場で人力により閉止操作が可能。
- ・ブローアウトパネル閉止装置は、気密性の高いA4等級（JIS等級）の建具を用いることで閉止時の気密性を確保し、原子炉建屋ガス処理系の作動とあいまって建屋内の負圧を維持する。



ブローアウトパネル閉止装置概要図

7. 運転員の被ばく低減対策（3／3）



○ブローアウトパネル閉止装置の運用例を以下に示す。**遠隔操作では17分以内に、現場人力操作では1枚当たり40分以内で閉止が可能**であり、その後に原子炉建屋ガス処理系を作動させることで、中央制御室の運転員の被ばくを低減することが可能となる。

①ブローアウトパネル閉止装置を中央制御室より遠隔操作する場合

- ・**17分以内に対応可能**（全10箇所（のブローアウトパネル開口部）を閉止する場合）

②ブローアウトパネル閉止装置を現場で人力によって操作する場合

- ・**40分以内に対応可能**（ブローアウトパネル開口部1箇所の場合）

		経過時間（分）										備考
		2	4	6	8	10	12	14	16	18		
手順の項目	実施箇所・必要要員数	17分 原子炉建屋外側ブローアウトパネル閉止の確認										
原子炉建屋外側ブローアウトパネルが開放した場合の閉止手順（遠隔操作の場合）	運転員等（中央制御室）	1		原子炉建屋ガス処理系の停止＊								10箇所が全て開放した場合の閉止を想定
				ブローアウトパネル閉止装置による閉止								
▼17分以内で閉止												

①ブローアウトパネル閉止装置（遠隔操作の場合）のタイムチャート

* 原子炉建屋ガス処理系が作動中の場合、ブローアウトパネル閉止装置作動時に差圧で閉止に不具合が生じないよう、原子炉建屋ガス処理系を一旦停止させる。

		経過時間（分）										備考
		10	20	30	40	50	60	70	80	90		
手順の項目	実施箇所・必要要員数	▼40分 原子炉建屋外側ブローアウトパネル閉止の確認 ▼移動開始										
原子炉建屋外側ブローアウトパネルが開放した場合の閉止手順（現場においての人力による操作）	重大事故等対応要員	2	中央制御室より緊急時対策所への連絡、災害対策要員の準備	緊急時対策所から現場操作場所へ移動							ブローアウトパネル1箇所の場合	
▼40分以内で閉止												

②ブローアウトパネル閉止装置（現場において人力による操作が必要な場合）のタイムチャート

8. 中央制御室の居住性に係る被ばく評価



重大事故時等の中央制御室の居住性評価にあたっては、「実用発電用原子炉に係る重大事故時の制御室及び緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価に関する審査ガイド」に基づき、評価を行った。

（実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈第74条抜粋）

第74条（原子炉制御室）

1 第74条に規定する「運転員がとどまるために必要な設備」とは、以下に掲げる措置又はこれらと相当以上の効果を有する措置を行うための設備をいう。

b) 炉心の著しい損傷が発生した場合の原子炉制御室の居住性について、次の要件を満たすものであること。

- ① 本規程第37条の想定する格納容器破損モードのうち、原子炉制御室の運転員の被ばくの観点から結果が最も厳しくなる事故収束に成功した事故シーケンス（例えば、炉心の著しい損傷の後、格納容器圧力逃がし装置等の格納容器破損防止対策が有効に機能した場合）を想定すること。
- ② 運転員はマスクの着用を考慮してもよい。ただしその場合は、実施のための体制を整備すること。
- ③ 交代要員体制を考慮してもよい。ただしその場合は、実施のための体制を整備すること。
- ④ 判断基準は、運転員の実効線量が7日間で100mSvを超えないこと。

被ばく評価の結果、運転員の実効線量が、重大事故時においては約60mSvであり、判断基準である「**運転員の実効線量が7日間で100mSvを超えないこと**」を確認している。

（評価内容は補足説明資料参照）

9. まとめ



- 中央制御室より発電所内外の状況を把握する手段として、津波・構内監視カメラにより津波等の自然現象・外部事象を監視、気候等による発電所内の状況を気象観測設備により把握、津波・高潮の状況を取水ピット水位計及び潮位計により把握。また公的機関より警報・予報等の情報を入手する。
- 地震時や電源喪失(照明喪失)等の外乱環境下でも、中央制御室内での操作性を確保するため、照明ルーバーの落下防止措置、制御盤への手摺の設置及び蓄電池内蔵型照明の増設を行う。
- 重大事故が発生した不測の事態においても、中央制御室の運転員の居住性を確保するため、可搬型照明(SA)の配備、更なるバックアップとしてランタン・ヘッドライト等の配備、中央制御室換気系(既存設備)の運転・格納容器圧力逃がし装置作動時のプルームによる運転員の被ばく低減のための中央制御室待避室の設置・監視用にデータ表示装置、通信連絡用に衛星電話設備(可搬型)を配備。また、活動に支障ないことの実測確認として酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計の配備を行う。
- 重大事故により中央制御室の外部が放射性物質で汚染した際に、中央制御室への汚染の拡大防止のため、身体サーベイ及び作業服の着替え等を行うためのチェンジングエリアを耐震性を有する原子炉建屋内に設営する。また中央制御室及び現場とのアクセス性向上のため階段を設置する。
- 重大事故が発生した場合の運転員の被ばく低減対策として、原子炉建屋ガス処理系(既存設備)の運転及び原子炉建屋原子炉棟の気密バウンダリを確保するためのブローアウトパネル閉止装置の設置により、中央制御室への放射性物質の流入を低減させる。
- これらの対策により、重大事故後の7日間の中央制御室における運転員の実効線量は最大約60mSvに止まり、判断基準の100mSvを下回り、運転員が外部の状況を把握しつつ、中央制御室に滞在を続けて、重大事故等への対応に従事できることを確認している。

(補足説明資料 事故対応基盤について(中央制御室への対応))

補足説明資料 目 次

1. 外部の状況把握のための津波・構内監視カメラについて 2-2-25
2. 中央制御室の誤操作防止及び容易な操作の確保 2-2-27
3. 中央制御室(誤操作防止:想定及び措置) 2-2-30
4. 運転員の被ばく低減対策(ブローアウトパネル強制開放装置) 2-2-34
5. 中央制御室の酸素濃度及び二酸化炭素濃度に係る居住性評価 2-2-36
6. 中央制御室の居住性に係る被ばく評価 2-2-38

1. 外部の状況把握のための津波・構内監視カメラについて (1/2)

○中央制御室から外部の状況を把握するために設置する津波・構内監視カメラについては、周辺の建物や設備等で死角となるエリアを他のカメラでカバーできるように配慮して設置し、**監視可能範囲をできるだけ広く確保することで、原子炉施設に影響を及ぼす自然現象等を十分把握できるようにする。**

○津波、構内監視カメラは、**可視光及び赤外線方式としてズーム機能を有し、昼間・夜間を問わず対象を監視可能とする。**また、外部電源が喪失した際も、**非常用電源を用いることで継続監視可能とする。**さらに、**耐震性や風荷重・降雪・降灰に考慮した設計**とすることで、監視対象とする**自然現象発生時に使用可能な仕様とする。**

津波・構内監視カメラの主な仕様

津波・構内監視カメラ	
外 観	
カメラ構成	可視光及び赤外線
ズーム	デジタルズーム 1 倍
遠隔可動	水平可動: 360° (連続)、垂直可動: ±90°
夜間監視	可能 (赤外線カメラ)
耐震設計	S クラス
供給電源	所内常設直流電源設備
風荷重	設計応力を考慮した荷重にて設計
積雪荷重、堆積量	積雪を考慮した荷重及び設置高さにて設計
降下火砕物荷重、堆積量	降下火砕物を考慮した荷重及び設置高さにて設計
台 数	原子炉建屋屋上 3 台、防潮堤上部 4 台

※1 一部死角となるエリアがあるが、死角となるのは、構内のタービン建屋付近（主変圧器、起動変圧器）等のごく限られた場所であり、その他の監視可能な領域の監視により、原子炉施設に影響を及ぼす可能性のある自然現象等を十分把握可能である。

津波・構内監視カメラの監視可能範囲

1. 外部の状況把握のための津波・構内監視カメラについて (2/2)

○中央制御室にて津波・構内監視カメラにより把握可能な自然現象等を下表に示す。

○地震・津波による影響に加えて、**想定される各自然現象や、原子炉施設の安全性を損なわせる原因となる恐れがある人為事象**について、発電所構内、原子炉施設及び施設周辺の状況を把握することができる。

津波・構内監視カメラにより把握可能な自然現象等

自然現象等	地震・津波以外の外部事象		地震	津波	把握できる原子炉施設の外の状況
	自然	人為			
風（台風）	○				風（台風）・竜巻（飛来物含む）による発電所及び原子炉施設への被害状況や設備周辺における影響の有無
竜巻	○				
降水	○				発電所構内の排水状況や降雨の状況
積雪	○				降雪の有無や発電所構内及び原子炉施設への積雪状況
落雷	○				発電所構内及び原子炉施設周辺の落雷の有無
火山	○				降下火砕物の有無や堆積状況
高潮	○				高潮・津波襲来の状況や発電所構内及び原子炉施設への影響の有無
津波				○	
地震			○		地震発生後の発電所構内及び原子炉施設への影響の有無
外部火災	○	○			火災状況、ばい煙の方向確認や発電所構内及び原子炉施設への影響の有無
船舶の衝突		○			発電所港湾施設等に衝突した船舶の状況確認及び原子炉施設への影響の有無

2. 中央制御室の誤操作防止及び容易な操作の確保（1／3）



- ✓ 地震や余震等による外乱環境下においても、中央制御室で操作できるように対策を実施し、新規基準で要求されている誤操作防止及び容易に操作できることを確認している。
- ✓ **中央制御室の誤操作防止**として、**中央監視操作の盤面配置・操作性**に留意し、**理解しやすい表示方法**とすることで、**運転員の誤操作を防止する設計**とする。
- ✓ 中央制御室の制御盤は、**盤面器具（警報、指示計、記録計等）の系統ごとのグループ化、色・形状・操作方法等の統一性**を持たせることで、**操作が必要な場合に想定される環境条件（地震等）を想定しても、容易に操作することができる設計**とする。

対応方針	対策の方向性	従来から備えていた対策	福島第一原子力発電所事故の教訓に基づく新たな安全対策	備考
(1) 誤操作防止	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とする	①盤面配置・操作性 ・通常運転や異常時にプラントの安全性を確保するために必要なものは主制御盤に配置し、操作頻度の高いものは、操作性を考慮して盤面デスク部に配置。 ・運転員の操作に関連する指示計、記録計、表示装置は、操作を行う位置から監視が可能な位置に設置。 ②理解しやすい表示方法 ・警報発報時に、短時間に多数の警報発報がある場合でも重要度を確かかつ容易に識別し判断できるように、警報を色分け。	従来より対応済み	
(2) 容易な操作	安全施設は、容易に操作することができる※1ものとする	①盤面器具の系統ごとのグループ化、色・形状・操作方法等の統一性 ・異なる系統間には、盤面に系統区割線を設置。 ・非常用炉心冷却系統、原子炉隔離時冷却系統、格納容器隔離制御系統の制御盤は、ミミック表示の表示灯色にて識別化。 ②環境条件（地震等）の想定 ・地震等による外部電源喪失においても、中央制御室の照明は、非常用ディーゼル発電機から給電され、蓄電池からの給電により点灯する直流非常灯も備え、機能が喪失しない設計。 ・蓄電池内蔵型照明（一部）を備え機能が喪失しない設計。 ・中央制御室の閉回路循環運転により、ばい煙や凍結等からの影響防止。	①従来より対応済み ②対応実施 ・地震等による中央制御室の照明ルーバーの落下防止措置 ・地震に備え制御盤に手摺を設置 ・蓄電池内蔵型照明を備え機能が喪失しない設計	

※1 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をいう。

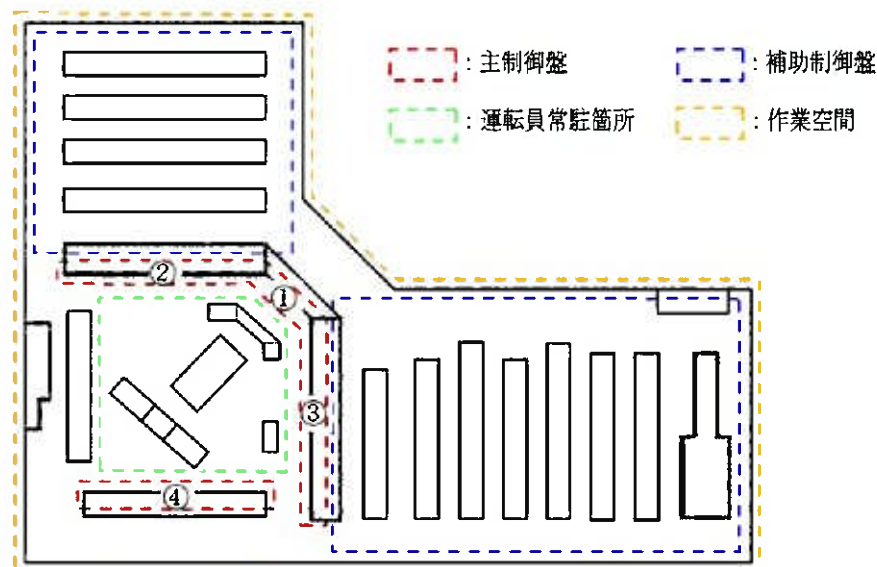
2. 中央制御室の誤操作防止及び容易な操作の確保 (2/3)



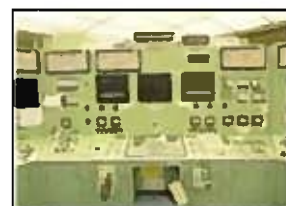
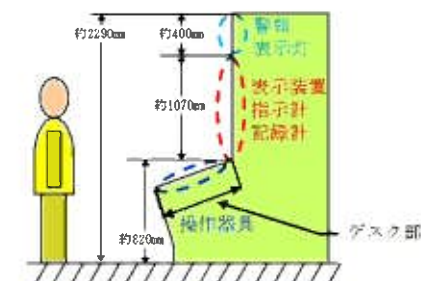
【従来から備えていた対策】盤面配置・操作性

- ✓ 中央制御室制御盤は、主制御盤及び補助制御盤から構成されており、通常運転時の監視・操作が必要なもの、監視・操作頻度が高いもの、また、プラントの異常時にプラントを安全に保つために必要なものについては、主制御盤として配置している。
- ✓ 運転員の操作に関連する指示計、記録計、表示装置は、操作を行う位置から監視が可能である。また、操作頻度の高い操作器具については操作性を考慮し、盤面デスク部に配置している。

中央制御室制御盤 盤面器具の配列



中央制御室制御盤 盤面器具の配列



①原子炉制御盤



②原子炉補機及び
非常用炉心冷却系制御盤



③タービン・発電機及び
所内電源系制御盤



④外部電源系統及び
環境監視盤



2. 中央制御室の誤操作防止及び容易な操作の確保 (3/3)



【従来から備えていた対策】理解しやすい表示方法

- ✓ 警報発報時に警報重要度の識別を可能とし、また、事故時のような短時間に多数の警報発報がある場合でも、それらの重要度を確かかつ容易に識別し判断できることで運転員の負荷が軽減されるよう、警報の色分けを行っている。

①重故障：赤 ②中故障：緑 ③軽故障：白



警報表示灯

重要度に応じた色分けによる分類

①重故障：赤

- 工学的安全施設の作動を示す警報。
- 原子炉、タービン発電機の緊急停止、275kV電源喪失、所内用・起動用変圧器トリップを示す警報。
- 放射能の発電所外異常放出を示す警報。

②中故障：緑

- 重要補機のトリップを示す警報。
- 工学的安全施設の異常を示す警報。
- 非常用ディーゼル発電機起動を示す警報。
- 6.9kV母線喪失を示す警報。

③軽故障：白

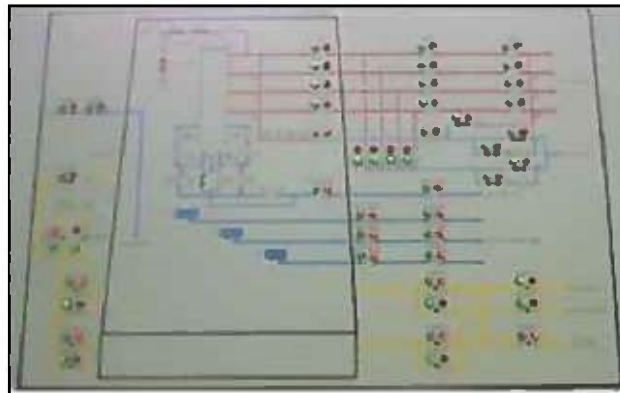
- 機器の単体故障等“重故障”“中故障”以外のもの。

【従来から備えていた対策】盤面器具の系統ごとのグループ化、色・形状・操作方法等の統一性

- ✓ 異なる系統間には、盤面に系統区割線を設置している。
- ✓ 非常用炉心冷却系統、原子炉隔離時冷却系統、格納容器隔離制御系統の制御盤は、ミミック表示の表示灯色にて識別化している。



ミミック表示及び系統区割線



格納容器隔離制御系ミミック表示

橙：系統区割線
青：ミミック表示(水・ドレン)
赤：ミミック表示(蒸気)
黄：ミミック表示(空気・その他)

3. 中央制御室（誤操作防止：想定及び措置）（1／4）



設置許可基準規則（第十条 誤操作の防止）の中央制御室に対する要求事項と安全性確保

第十条 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 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。（追加要求）

【解釈】

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。

【第十条 第2項に対する基本方針】

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において容易に操作することができる設計とする。

（1）起因事象を想定

- ・東海第二発電所として影響が考えられる起因事象を想定
- ・選定された起因事象により同時にもたらされる環境条件を想定
- ⇒上記の選定条件から、中央制御室へ影響のある起因事象及び環境条件を抽出

（2）起因事象により同時にもたらされる中央制御室の環境条件を想定

- ・「**地震、内部火災、内部溢水、外部電源喪失、ばい煙、有毒ガス、降下火砕物、凍結**」を抽出

（3）中央制御室での操作性（操作の容易性）を確保する措置

- ・（2）の結果から想定される中央制御室の環境条件を基に、操作性（操作の容易性）確保に必要な措置を確認
- ・**中央制御室照明ルーバーの落下防止措置や制御盤への手摺設置等により、操作の容易性を確保**

3. 中央制御室(誤操作防止:想定及び措置)(2/4)



【補足1】内部事象及び外部事象と中央制御室にもたらされる環境条件の選定整理

関連条項	事象	条項における影響評価	抽出	中央制御室にもたらされる環境条件	想定
4条 地震	地震	安全機能を損なわない設計とする	○	余震、外部電源喪失による照明等の所内電源の喪失	○
5条 津波	津波	安全機能を損なわない設計とする	○	中央制御室の環境へ影響なし	—
6条 外部事象	竜巻	安全機能を損なわない設計とする	○	外部電源喪失による照明等の所内電源の喪失	○
	風(台風)	安全機能を損なわない設計とする	○	外部電源喪失による照明等の所内電源の喪失	○
	積雪	安全機能を損なわない設計とする	○	外部電源喪失による照明等の所内電源の喪失	○
	落雷	安全機能を損なわない設計とする	○	外部電源喪失による照明等の所内電源の喪失	○
	外部火災 (森林火災)	安全機能を損なわない設計とする	○	外部電源喪失による照明等の所内電源の喪失 ばい煙や有毒ガス発生による中央制御室内環境への影響	○
	火山	安全機能を損なわない設計とする	○	外部電源喪失による照明等の所内電源の喪失 降下火砕物による中央制御室内環境への影響	○
	凍結	安全機能を損なわない設計とする	○	凍結による中央制御室内環境への影響	○
	洪水	発電所敷地への影響はない	—	—	—
	降水	安全機能を損なわない設計とする	○	中央制御室の環境へ影響なし	—
	生物学的事象	安全機能を損なわない設計とする	○	中央制御室の環境へ影響なし	—
	高潮	安全機能を損なわない設計とする	○	中央制御室の環境へ影響なし	—
	荷重の組み合わせ	設計において考慮する	—	—	—
	飛来物(航空機落下)	設計上考慮する必要はない	—	—	—
	爆発	影響を及ぼす施設はない	—	—	—
	近隣工場等の火災	影響を及ぼす施設はない	—	—	—
	ダムの崩壊	影響を受けることはない	—	—	—
	有毒ガス	中央制御室の居住性を損なうことはない	—	—	—
	船舶の衝突	中央制御室の居住性を損なうことはない	—	—	—
	電磁的障害	影響を受けない設計とする	—	—	—
8条 内部火災	内部火災	安全機能を損なわない設計とする	○	火災による中央制御室内設備の機能喪失	○
9条 内部溢水	内部溢水	安全機能を損なわない設計とする	○	溢水による中央制御室内設備の機能喪失	○

3. 中央制御室(誤操作防止:想定及び措置)(3/4)



【補足2】中央制御室における環境条件の選定及び操作性(操作の容易性)を確保する措置

(1) 起回事象	(2) 起回事象により同時にもたらされる中央制御室の環境条件	(3) 中央制御室での操作性(操作の容易性)を確保する措置
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、粉末消火器又は二酸化炭素消火器にて初期消火を行う。 - 中央制御室床下コンクリートビット内にハロゲン化物自動消火設備を設置するとともに、火災が発生した場合には、火災感知器により感知し、運転員による速やかな消火を行う。 (第八条「火災による損傷の防止」による対応)
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	- 中央制御室内には溢水源がない設計とする。 - 火災が発生しても消火水を使用しないため溢水の影響がない設計とする。 (第九条「溢水による損傷の防止等」による対応)
地震	余震	- 中央制御室は、原子炉建屋付属棟(耐震Sクラス)に設置し、基準地震動による地震力に対して機能を喪失しない設計としている。 - 中央制御室の照明ルーバーに落下防止措置を講じている。(結束バンドにより措置を講じているが、ワイヤーによる更なる追加対策を実施予定) - 余震時には、運転員は運転員机又は制御盤のデスク部下端に掴まることで体制を維持できる設計とする。さらに、制御盤には手摺を設置する。
竜巻・風(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、非常用ディーゼル発電機から給電され、蓄電池からの給電により点灯する直流非常灯も備え、機能が喪失しない設計とする。 - また、蓄電池内蔵型照明を備え機能が喪失しない設計とする。 (第十一条「安全避難通路等」による対応)
積雪		
落雷		
外部火災 (森林火災)		
火山		
外部火災 (森林火災)	ばい煙や有毒ガス発生による中央制御室内環境への影響	中央制御室の換気系について、給気隔離弁及び排気隔離弁を閉止し、閉回路循環運転を行うことにより、外気取り入れを遮断する。 (第六条「外部からの衝撃による損傷の防止」による対応)
火山	降下火砕物による中央制御室内環境への影響	
凍結	凍結による中央制御室内環境への影響	中央制御室の換気系により環境温度を維持する。 (第六条「外部からの衝撃による損傷の防止」による対応)

3. 中央制御室（誤操作防止：想定及び措置）（4／4）



【補足3】中央制御室外における環境条件の選定及び操作性（操作の容易性）を確保する措置

- ✓「第十条 誤操作の防止」としては、中央制御室での操作のみならず、中央制御室以外の現場操作においても、同様の環境条件下において、現場操作が容易に操作できることを確認しており、満足するために必要な設計方針を示す。
- ✓なお、現場操作は、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のうち、事象の拡大防止、事象を収束させるために必要な操作を抽出している。

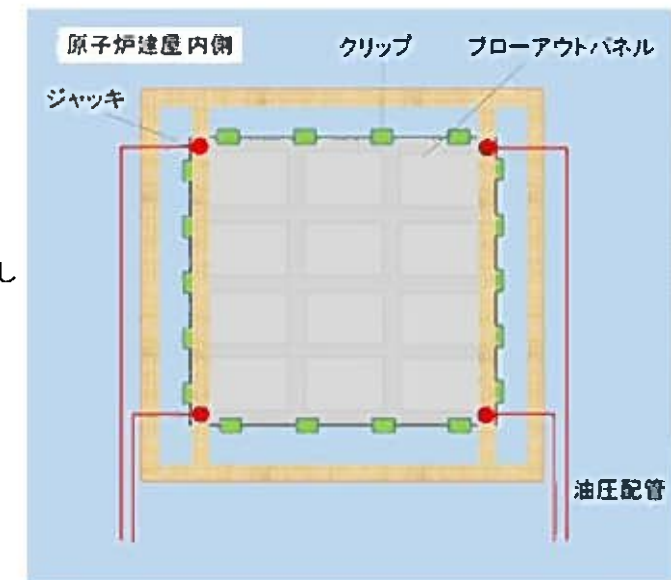
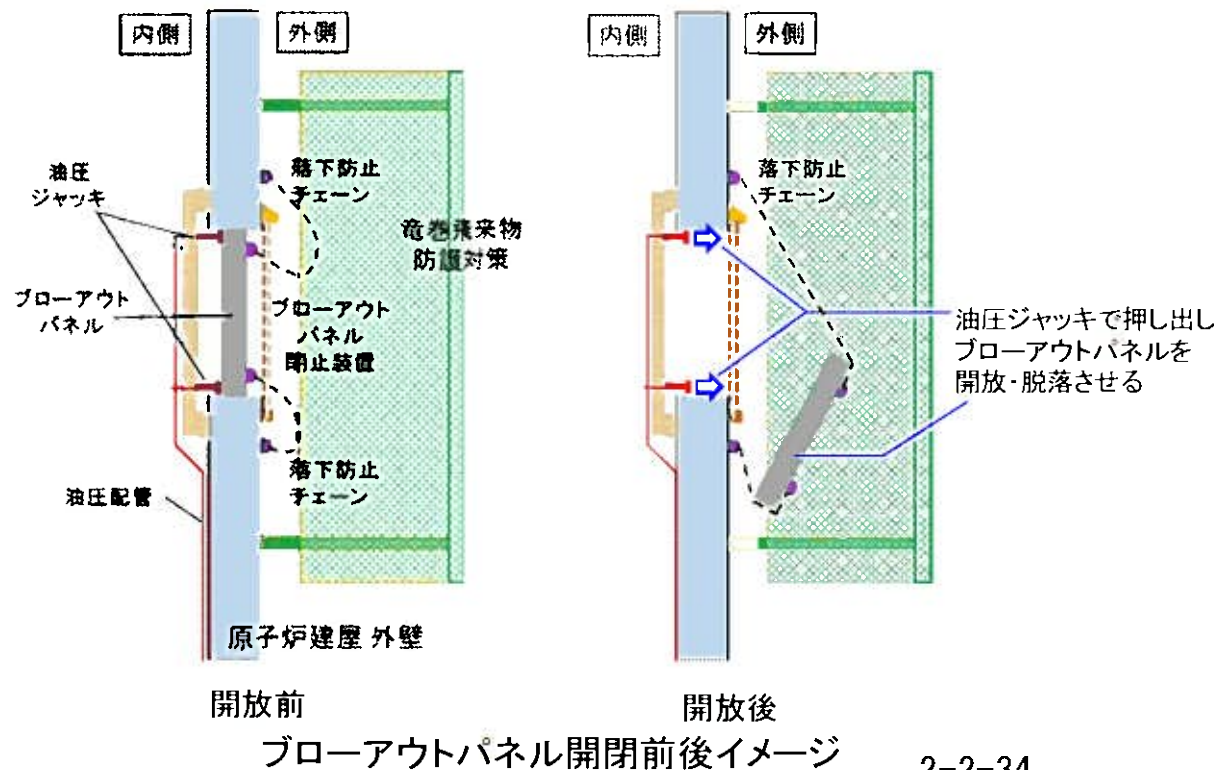
(1) 起因事象	(2) 起因事象により同時にもたらされる中央制御室の環境条件	(3) 中央制御室での操作性（操作の容易性）を確保する措置
内部火災 (地震起因含む)	火災による現場設備の機能喪失	・現場操作が必要となる状況において、内部火災の影響はない。また、当該区画へのアクセスルートは複数あることから影響はない。 (詳細は第八条「火災による損傷の防止」にて評価)
内部溢水 (地震起因含む)	溢水による現場設備の機能喪失	・現場操作が必要となる状況において、内部溢水の影響はない。また、当該区画へのアクセスルートは複数あることから影響はない。 (詳細は第九条「溢水による損傷の防止等」にて評価)
地震	余震	・地震発生時は「操作を中止し安全確保に努める」ことを社内規程類に定めることとしている。
竜巻・風(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、現場の照明は、非常用ディーゼル発電機から給電され、機能が喪失しない設計とする。 ・また、蓄電池内蔵型照明を備え機能が喪失しない設計とする。 (第十一条「安全避難通路等」による対応)
積雪		
落雷		
外部火災 (森林火災)		
火山		
外部火災 (森林火災)	ばい煙や有毒ガス発生による建屋内環境への影響	・建屋換気系は、外気取り入れ口にフィルタを設置しているため、建屋内環境への影響はない。 ・また、建屋換気系を停止し、外気取り入れを遮断することから建屋内環境への影響はない。 (第六条「外部からの衝撃による損傷の防止」による対応)
火山	降下火砕物による建屋内環境への影響	
凍結	凍結による建屋内環境への影響	・建屋換気系により環境温度が維持されるため、建屋内環境への影響はない。 (第六条「外部からの衝撃による損傷の防止」による対応)

4. 運転員の被ばく低減対策(ブローアウトパネル強制開放装置) (1/2)



○ブローアウトパネル強制開放装置(新設)

- ・ブローアウトパネル強制開放装置は、原子炉建屋6階及び5階のブローアウトパネル(既存設備)に設置(合計10箇所)
- ・ブローアウトパネル強制開放装置は、原子炉建屋の内側から油圧ジャッキにより原子炉建屋外壁に設置したブローアウトパネルを強制的に開放する仕組み。油圧配管は屋内に敷設し、屋外に設置する油圧発生装置と接続する。
- ・ブローアウトパネル強制開放装置は、不測の事態により原子炉建屋内の水素濃度が上昇する場合の水素排出対策や、原子炉建屋6階の使用済燃料プールに外部から放水する場合に開口部を設けるために使用する。
- ・ブローアウトパネル強制開放装置は、事故による放出蒸気でブローアウトパネルが開放された後に、ブローアウトパネル閉止装置で閉止するにあたり、ブローアウトパネルが中途半端に開放され閉止装置の正常な作動を妨げるような場合に、強制的にブローアウトパネルを開放させる用途でも用いられる。⇒次頁に運用例を記載



油圧ジャッキ設置イメージ

4. 運転員の被ばく低減対策（ブローアウトパネル強制開放装置）（2／2）



○ブローアウトパネル閉止装置の運用例のうち、ブローアウトパネル開口部を閉止する前に、ブローアウトパネルを強制開放する必要がある場合の対応を示す。

現場でのブローアウトパネル強制開放は1箇所の場合**50分以内で可能**であり、その後、ブローアウトパネル閉止装置による閉止を現場で人力で行う場合でも、閉止まで10分を加えた**60分以内で対応可能**である。

- ・ブローアウトパネルを現場で強制開放する場合
 - ・ **50分以内に対応可能**（ブローアウトパネル1箇所の場合）

		経過時間（分）										備考
		10	20	30	40	50	60	70	80	90		
手順の項目	実施箇所・必要要員数	50分 原子炉建屋外側ブローアウトパネル開放の確 定開始										
原子炉建屋外側ブローアウトパネルの開放手順（現場においての操作）	重大事故等対応要員	2	中央制御室より緊急時対策所への連絡、災害対策要員の準備		緊急時対策所から現場操作場所へ移動							ブローアウトパネル1箇所の場合

▼50分以内で開放

（▼60分以内で閉止装置による閉止）

ブローアウトパネルの強制開放のタイムチャート

5. 中央制御室の酸素濃度及び二酸化炭素濃度に係る居住性評価（1／2）

中央制御室換気系を閉回路循環方式として外気から隔離した場合の中央制御室内に滞在する運転員の操作環境の確保に関して、酸素濃度及び二酸化炭素濃度について評価を行い、許容濃度を満足することを確認している。

(1) 酸素濃度

a. 評価条件

「空気調和・衛生工学便覧 第14版 3空気調和設備編」及び「原子力発電所中央制御室運転員の事故時被ばくに関する規程（JEAC 4622－2009）」に基づき評価した。

- ・滞在人員：11名
- ・中央制御室バウンダリ容積：2,700m³
- ・初期酸素濃度：20.95%
- ・空気流入率：0.4回／h（平成27年2月25日～26日に実施した中央制御室空気流入率測定試験結果
A系：0.468回／h（±0.015）、B系：0.435回／h（±0.015）を基に設定）
- ・1人当たりの呼吸量は、事故時の運転操作を想定し、歩行時の呼吸量を適用して、24L／min／人とする。
- ・1人当たりの酸素消費量は、呼気酸素濃度を16.40%として、1.092L／min／人（＝0.06552m³／h／人）
- ・1時間当たりの酸素消費量は、0.72072[m³／h]＝0.06552[m³／h／人]×11[名]
- ・許容酸素濃度：19%以上（「鉱山保安法施行規則」より）

b. 酸素濃度の計算式

中央制御室の平衡状態における酸素濃度の計算式を以下に示す。

$$C_{\infty} = C_0 - \{M / (N \cdot V)\}$$

- M : 室内酸素消費量[m³／h]
- V : 中央制御室バウンダリ体積[m³]
- C_∞ : 平衡状態における室内の酸素濃度[－]
- C₀ : 外気の酸素濃度[－]
- N : 空気流入率[回／h]

c. 酸素濃度評価結果

$$C_{\infty} = 0.2095 - \{0.72072 / (0.4 \times 2,700)\} = 0.208166 \div 20.81\%$$

以上のとおり、閉回路循環方式の中央制御室の酸素濃度は約20.8%となり、許容濃度の19%以上を満足しているため、中央制御室での作業環境に影響を与えない。

5. 中央制御室の酸素濃度及び二酸化炭素濃度に係る居住性評価（2／2）

中央制御室換気系を閉回路循環方式として外気から隔離した場合の中央制御室内に滞在する運転員の操作環境の確保に関して、酸素濃度及び二酸化炭素濃度について評価を行い、許容濃度を満足することを確認している。

(2) 二酸化炭素濃度

a. 評価条件

「空調和・衛生工学便覧 第14版 3 空気調和設備編」及び「原子力発電所中央制御室運転員の事故時被ばくに関する規程（JEAC 4622-2009）」に基づき評価した。

- ・滞在人員：11名
- ・中央制御室バウンダリ容積：2,700m³
- ・初期二酸化炭素濃度：0.03%
- ・空気流入率：0.4回／h（平成27年2月25日～26日に実施した中央制御室空気流入率測定試験結果
A系：0.468回／h（±0.015）、B系：0.435回／h（±0.015）を基に設定）
- ・1人当りの二酸化炭素吐出量は、事故時の運転操作を想定し、中等作業での吐出量を適用して、0.046[m³／h／人]とする。
- ・1時間当たりの二酸化炭素吐出量は、0.506[m³／h]＝0.046[m³／h／人]×11[名]
- ・許容二酸化炭素濃度は、0.5%以下（JEAC4622-2009より）

b. 二酸化炭素の計算式

中央制御室の平衡状態における二酸化炭素の計算式を以下に示す。

$$C_{\infty} = C_0 + \{M / (N \cdot V)\}$$

- M : 室内二酸化炭素発生量[m³／h]
- V : 中央制御室バウンダリ体積[m³]
- C_∞ : 平衡状態における室内の二酸化炭素濃度[－]
- C₀ : 外気中の二酸化炭素濃度[－]
- N : 空気流入率[回／h]

c. 二酸化炭素濃度評価結果

$$C_{\infty} = 0.0003 + \{0.506 / (0.4 \times 2700)\} = 0.000769 \div 0.08\%$$

以上のとおり、閉回路循環方式の中央制御室の二酸化炭素濃度は約0.08%となり、許容濃度の0.5%以下を満足しているため、中央制御室での作業環境に影響を与えない。

6. 中央制御室の居住性に係る被ばく評価（1／3）



被ばく評価条件

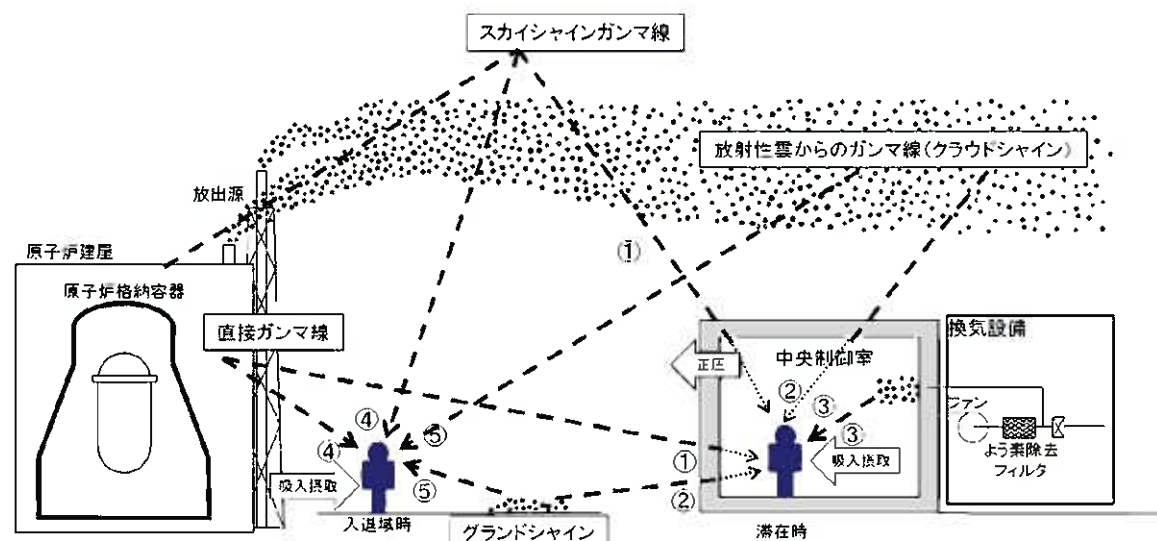
項目		評価条件	選定理由
放出量評価	評価事象	「大破断LOCA＋高圧炉心冷却失敗＋低圧炉心冷却失敗」(代替循環冷却系を使用しない場合)(全交流動力電源喪失の重畳を考慮)	審査ガイドに示されたとおり設定
	放出開始時間	格納容器漏えい: 事象発生直後 格納容器ベント: 事象発生から約19時間後	MAAP解析結果
	非常用ガス処理系及び非常用ガス再循環系の起動時間	事象発生から2時間後	起動操作時間(115分)＋負圧達成時間(5分)(起動に伴い原子炉建屋内は負圧になるが、保守的に負圧達成時間として5分を想定)
	事故の評価期間	7日間	審査ガイドに示す7日間における運転員の実効線量を評価する観点から設定
大気拡散評価	放出源及び放出源高さ	放出源: 原子炉建屋からの放出(地上高0m) 格納容器圧力逃がし装置排気口放出(地上高57m) 非常用ガス処理系出口(地上高140m)	原子炉建屋放出時の高さは地上放出として地上高0mで設定 格納容器圧力逃がし装置排気口放出時の高さは地上高57mに設定 非常用ガス処理系からの放出時は排気筒高さとして地上140mに設定
	原子炉建屋外側ブローアウトパネルの状態	閉状態	原子炉建屋の急激な圧力上昇等による原子炉建屋外側ブローアウトパネルの開放がないため
被ばく評価	中央制御室非常用循環設備よう素フィルタによる除去効率	95%	フィルタユニットの設計値(チャコールフィルタ効率:97%)を保守的に設定
	中央制御室非常用換気系微粒子フィルタによる除去効率	99.9%	フィルタユニットの設計値(高性能粒子フィルタ:99.97%)を保守的に設定
	中央制御室非常用換気系の起動時間	事象発生から2時間	全交流動力電源喪失を考慮し、代替電源からの電源供給開始時間から保守的に設定
	空気流入率	1回/h	中央制御室内への空気流入量が多いほど放射性物質の流入量が多くなるため、非常用換気系作動時の空気流入率測定試験結果(0.47回/h)に対して保守的に1回/hと設定
	マスクによる防護係数	マスク着用を考慮する場合は事象発生から3時間及び入退域時:50 (その他の期間及びマスク着用を考慮しない場合は評価期間中常時マスク着用なし)	中央制御室非常用換気系作動前及び中央制御室内の放射性物質濃度が下がるまでの時間についてマスクの着用を考慮
	待避室加圧開始時間	事象発生から約19時間後(ベント開始時)	格納容器圧力逃がし装置により放出される放射性物質からの被ばくを防護するために待避室に待避すると想定
	待避室加圧時間	ベント開始から5時間	中央制御室内に流入した放射性物質からの影響を十分に防護できる時間として設定

6. 中央制御室の居住性に係る被ばく評価 (2/3)

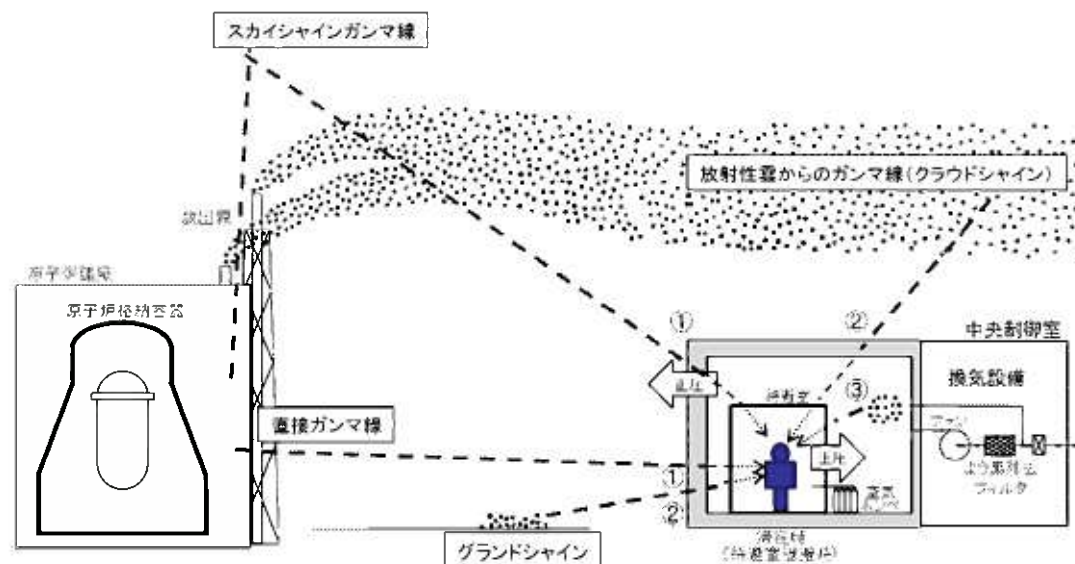


運転員の被ばく経路イメージ

(1) 閉回路循環運転時



(2) 待避室待避時



6. 中央制御室の居住性に係る被ばく評価（3／3）



被ばく評価結果

被ばく経路		実効線量（mSv／7日間）	
		マスクあり	（参考）マスクなし
中央制御室内作業時	①建屋からのガンマ線による被ばく	約 7.8×10^{-1}	約 7.8×10^{-1}
	②大気中へ放出された放射性物質のガンマ線による被ばく	約 9.6×10^{-1}	約 9.6×10^{-1}
	③室内に外気から取り込まれた放射性物質による被ばく	約 4.6×10^1	約 1.0×10^3
	（内訳） 内部被ばく 外部被ばく	約 4.0×10^1 約 5.3×10^0	約 1.0×10^3 約 5.3×10^0
	②大気中へ放出され、地表面に沈着した放射性物質のガンマ線による被ばく	約 4.7×10^0	約 4.7×10^0
	小 計（①＋②＋③）	約 5.2×10^1	約 1.0×10^3
入退域時	④建屋からのガンマ線による被ばく	約 2.6×10^{-1}	約 2.6×10^{-1}
	⑤大気中へ放出された放射性物質による被ばく	約 6.9×10^{-3}	約 6.8×10^{-2}
	（内訳） 内部被ばく 外部被ばく	約 1.3×10^{-3} 約 5.6×10^{-3}	約 6.3×10^{-2} 約 5.6×10^{-3}
	⑤大気中へ放出され、地表面に沈着した放射性物質のガンマ線による被ばく	約 8.0×10^0	約 8.0×10^0
	小 計（④＋⑤）	約 8.3×10^0	約 8.3×10^0
合計	（①＋②＋③＋④＋⑤）	約 6.0×10^1	約 1.0×10^3