

女川原子力発電所 2 号機の安全性に
関する検討会 説明資料

論点番号 8 2

(意見番号 8 9)

新規制基準適合性審査申請

<(9)事故対応の基盤整備> 制御室

令和元年6月7日
東北電力株式会社

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。

All rights reserved. Copyrights © 2019, Tohoku Electric Power Co., Inc.

目 次

1. 中央制御室の概要
2. 中央制御室に設置する設備および居住性を確保するための設備の概要
 - (1) 中央制御室から外の状況を把握する設備
 - (2) 酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計
 - (3) 炉心損傷時に運転員がとどまるために必要な設備
 - (4) 汚染の持ち込みを防止するための設備
 - (5) 運転員の被ばくを低減するための設備
3. 中央制御室の共用取り止めの概要
4. 中央制御室の居住性に係る被ばく評価について
5. 適合性審査状況

1. 中央制御室の概要

2

1. 中央制御室の概要

- ▶ プラントの中核機能を担う中央制御室では、24時間体制で運転員がプラントの運転操作を行うとともに各種パラメータ監視を行い、原子力発電所の安全運転を支えている。
- ▶ 制御室の操作スイッチ類は操作しやすいよう配置し、安全上重要な設備に関しては色分け等をするとともに、定期的に作動試験を行い、常に正しく作動する事を確認。



中央制御室

	1号炉 運転員	2号炉 運転員	3号炉 運転員
発電課長	1名		1名
発電副長	1名	1名	1名
運転員	2名	5名(2名)	5名(2名)

() 内の人数は冷温停止、燃料交換の場合

運転員の体制

3

2. 中央制御室に設置する設備および居住性を確保するための設備の概要

2. (1) 中央制御室から外の状況を把握する設備(1/2)

設置許可基準規則 第26条	対応方針
二 発電用原子炉施設の外の状況を把握する設備を有するものとする。	<ul style="list-style-type: none"> 中央制御室には、発電用原子炉施設の外の状況を把握するために、2号炉原子炉建屋屋上他に設置した監視カメラの映像により、津波等の自然現象を昼夜にわたり監視できる設備を設置する。また、気象観測設備等の情報を、中央制御室で監視可能な設計とする。 そのほか、公的機関の警報情報(地震情報、津波警報等)を、社内ネットワークシステムに接続された中央制御室内のパソコンにて受信可能な設計とする。

▶ 中央制御室から発電用原子炉施設の外の状況を把握するため、2号炉原子炉建屋屋上他に監視カメラを設置する。



図1 外の状況を把握する設備の配置と映像イメージ

表1 監視カメラの概要

	津波監視カメラ	自然現象監視カメラ
カメラ構成	可視光と赤外線デュアルカメラ	
ズーム	可視光カメラ: 光学ズーム10倍 赤外線カメラ: デジタルズーム4倍	
遠隔可動	垂直±90° / 水平360°	
暗視機能	あり(赤外線カメラ)	
耐震性	Sクラス	Cクラス
電源供給	非常用電源	常用電源
台数	2号炉原子炉建屋屋上 2台 防潮堤北側エリア 1台	2号炉タービン建屋屋上 1台 1号炉排気筒 4台 事務建屋屋上 1台

2. (1) 中央制御室から外の状況を把握する設備(2/2)

- ▶ 津波監視カメラ及び自然現象監視カメラの映像により、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、津波襲来の状況、台風・竜巻による原子炉施設への被害状況等を、昼夜にわたり監視可能。
- ▶ 発電所構内に設置している気象観測設備等により、風向・風速等の気象状況を常時監視可能。
- ▶ 公的機関の注意報が発表された場合は、社内ネットワークシステムに接続された中央制御室内のパソコンに自動通知が行われ、発表された情報をリアルタイムに確認することが可能。

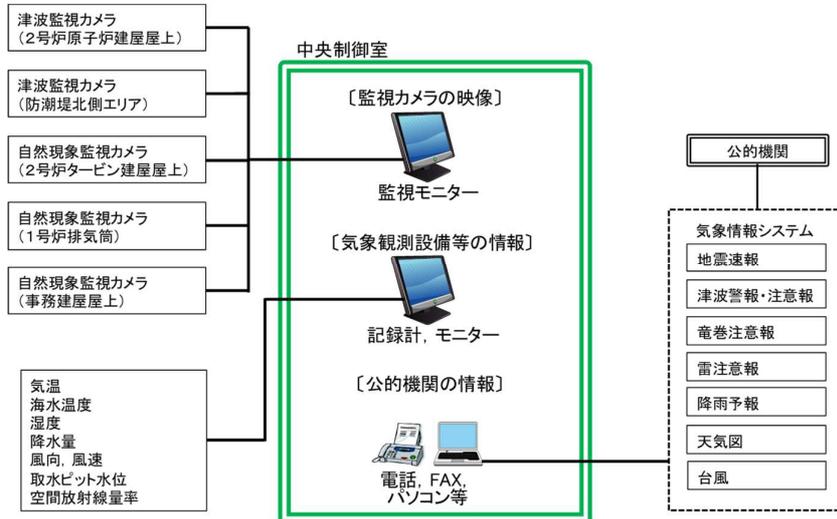


図2 中央制御室における外部状況把握のイメージ

6

2. (2) 酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計

技術基準規則第38条	対応方針
6 原子炉制御室には、酸素濃度計を施設しなければならない。	● 中央制御室には酸素濃度計を配備することで、中央制御室内の酸素濃度が、活動に支障がない範囲にあることを把握可能な設計とする。

- ▶ 外気から中央制御室への空気の取り込みを停止した場合に、中央制御室内の酸素濃度が事故対策のための活動に支障がない範囲にあることを正確に把握するため、酸素濃度計を配備する。また、居住性確保の観点から、二酸化炭素濃度計についても配備する。



【凡例】

- ▲：酸素濃度計(▲：予備) 保管場所
- ：二酸化炭素濃度計(■：予備) 保管場所
- ：酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計 使用場所

	酸素濃度計	二酸化炭素濃度計
検知範囲	0~100%	0.04~5.00%
電源	乾電池(単三×4)	乾電池(単三×4)
台数	3台 (内1台予備)	3台 (内1台予備)

図3 酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計の保管場所及び使用場所

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。

7

2. (3) 炉心損傷時に運転員がとどまるために必要な設備(1/6)

設置許可基準規則 第59条	対応方針
発電用原子炉施設には、炉心の著しい損傷が発生した場合（重大事故等対処設備（特定重大事故等対処施設を構成するものを除く。）が有する原子炉格納容器の破損を防止するための機能が損なわれた場合を除く。）においても運転員が第二十六条第一項の規定により設置される原子炉制御室にとどまるために必要な設備を設けなければならない。	<ul style="list-style-type: none"> ● 中央制御室には、炉心の著しい損傷が発生した場合においても運転員がとどまるために必要な設備（中央制御室換気空調系、中央制御室待避所、可搬型照明等）を設置する。

中央制御室換気空調系

- 事故等が発生した場合には、中央制御室換気空調系を事故時運転モードに切り替え、制御室内の空気をフィルタにより浄化しながら循環させることにより、運転員の被ばくを低減する。
- 外気との遮断が長期にわたり、室内の雰囲気が悪くなった場合※には、中央制御室再循環フィルタ装置により外気を浄化して取り込む、事故時運転モード（少量外気取入）にて運転する。

※ 酸素濃度が18%を下回るおそれのある場合、又は二酸化炭素濃度が1.0%を上回るおそれがある場合

酸素欠乏症等防止規則（一部抜粋）（換気）
 第五条 事業者は、酸素欠乏危険作業に労働者を従事させる場合は、当該作業を行う場所の空気中の酸素の濃度を十八パーセント以上に保つように換気しなければならない。

労働安全衛生規則（一部抜粋）（坑内の炭酸ガス濃度の基準）
 第五百八十三条
 事業者は、坑内の作業場における炭酸ガス濃度を、一・五パーセント以下としなければならない。

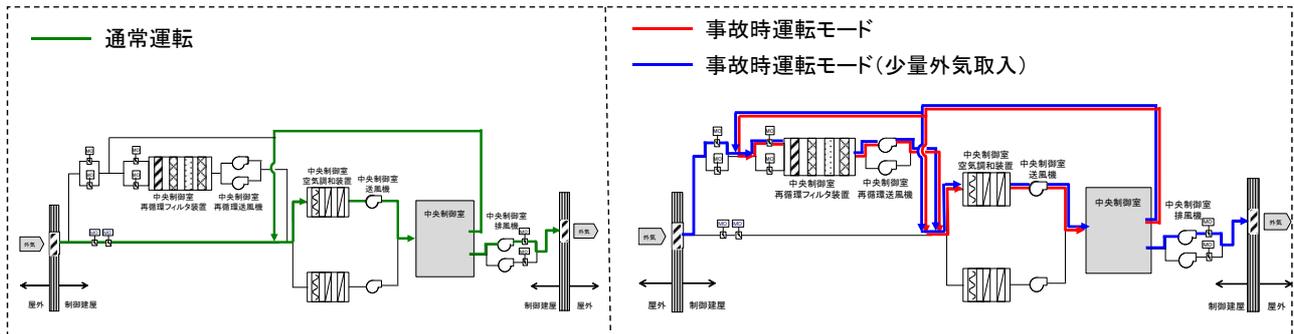


図4 中央制御室換気空調系 系統概要

8

2. (3) 炉心損傷時に運転員がとどまるために必要な設備(2/6)

中央制御室待避所

- 炉心損傷後に原子炉格納容器フィルタベント系を使用する場合、プルーム通過中の被ばくを最小限に抑制するため、運転員が一時的に待避することができる待避所を中央制御室内に設置する。
- 中央制御室待避所には、データ表示装置（待避所）を設置することで、中央制御室待避所に待避した運転員が、中央制御室待避所の外に出ることなく継続的にプラントの監視を行うことができる。

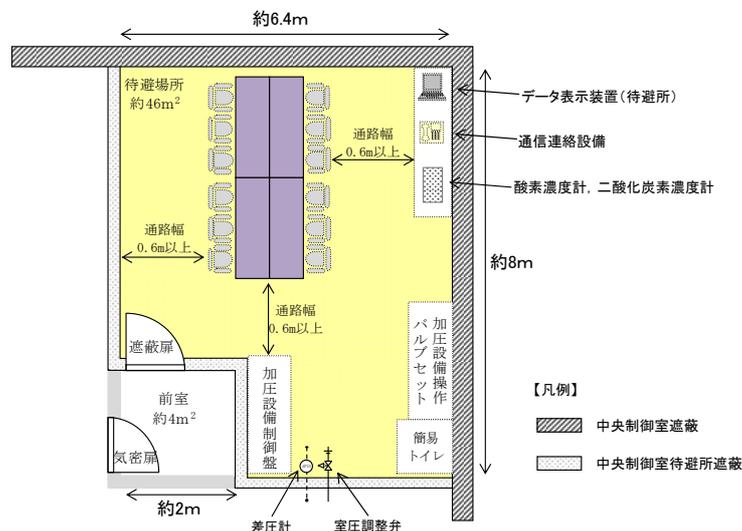


図5 中央制御室待避所レイアウト

9

2. (3) 炉心損傷時に運転員がとどまるために必要な設備(5/6)

データ表示装置(待避所)

- 中央制御室待避所には、データ表示装置を設置することで、運転員が待避所外に出ることなく継続的にプラントの監視を行うことができる。
- データ表示装置は、全交流動力電源喪失時においても常設代替交流電源設備であるガスタービン発電機から給電可能。

表2 データ表示装置(待避所)で確認できる主なパラメータ

目的	対象パラメータ
炉心反応度の状態確認	中性子束 原子炉水位(広帯域)(燃料域) 原子炉圧力 原子炉圧力容器温度 低圧炉心スプレイ系系統流量
炉心冷却の状態確認	高圧炉心スプレイ系系統流量 原子炉隔離時冷却系系統流量 残留熱除去系系統流量 残留熱除去系洗浄ライン流量 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
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 サブレーションプール水位 格納容器下部水位 格納容器スプレイ弁開閉状態 格納容器下部注水流量
放射能隔離の状態確認	格納容器隔離の状態 排気筒放射線レベル
環境への影響確認	モニタリングポスト線量率 気象情報
使用済燃料プールの状態確認	使用済燃料プール水位 使用済燃料プール水温度
水素爆発による格納容器の破損防止確認	フィルタ装置出口水素濃度
水素爆発による原子炉建屋の破損防止確認	原子炉建屋内水素濃度

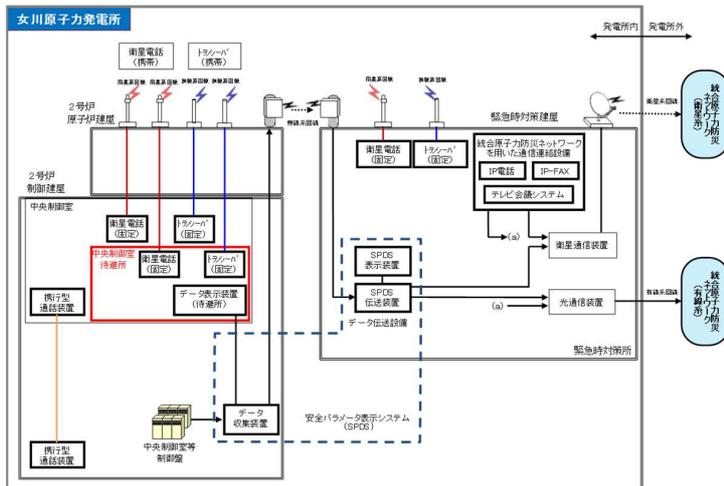


図8 データ表示装置(待避所)に係るデータ伝送の概要

2. (3) 炉心損傷時に運転員がとどまるために必要な設備(6/6)

可搬型照明

- 中央制御室内の照明が全て消灯した場合に備え、代替交流電源設備による給電が無い場合でも監視又は操作に必要な照度を確保できるよう、乾電池にて点灯可能な可搬型照明を配備する。
- 乾電池は可搬型照明を7日間連続して使用するために必要な個数を配備する。

表3 可搬型照明の仕様

名称	保管場所	数量	仕様
可搬型照明 	中央制御室	10個 (うち予備3)	電源: 単3形電池3本 点灯時間: 12時間



図9 通常時の室内照明点灯状況



図10 室内照明全消灯時における可搬型照明の点灯状況

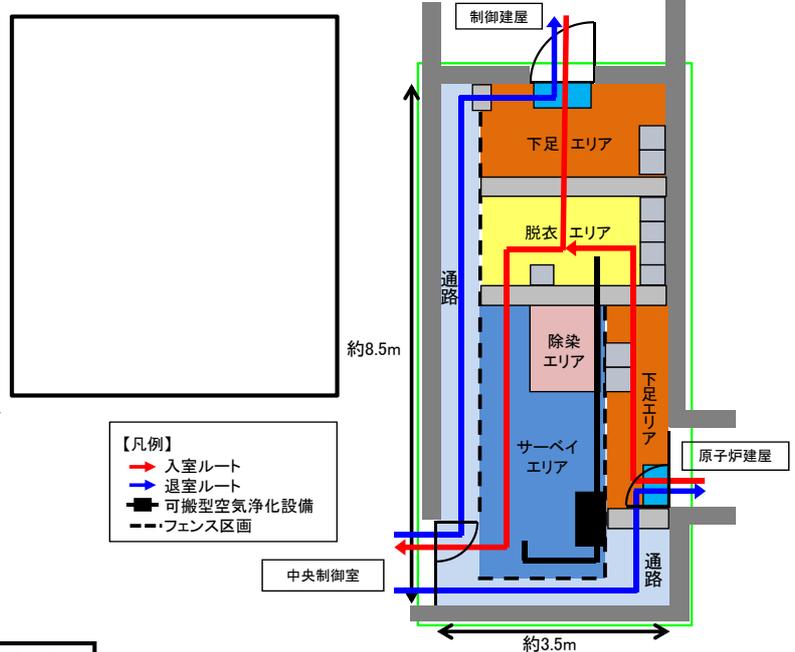
2. (4) 汚染の持込を防止するための設備

設置許可基準規則 第59条解釈	対応方針
c) 原子炉制御室の外側が放射性物質により汚染したような状況下において、原子炉制御室への汚染の持ち込みを防止するため、モニタリング及び作業服の着替え等を行うための区画を設けること。	● 中央制御室の外側が放射性物質により汚染したような状況下において、身体サーベイ及び作業服の着替え等により中央制御室への汚染の持ち込みを防止するための区画を設ける。

中央制御室チェンジングエリア

▶ 中央制御室の外側が放射性物質により汚染したような状況下において、中央制御室入口扉に隣接する通路にチェンジングエリアを設置し、中央制御室への放射性物質の持ち込みを防止する。

- ・下足エリア
靴及びヘルメット等を着脱するエリア。
- ・脱衣エリア
防護具類を適切な順番で脱衣するエリア。
- ・サーベイエリア
防護具類を脱衣した要員の身体や物品サーベイを行うエリア。汚染が確認されなければ中央制御室内へ移動する。
- ・除染エリア
サーベイエリアにて汚染が確認された際に除染を行うエリア。



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。

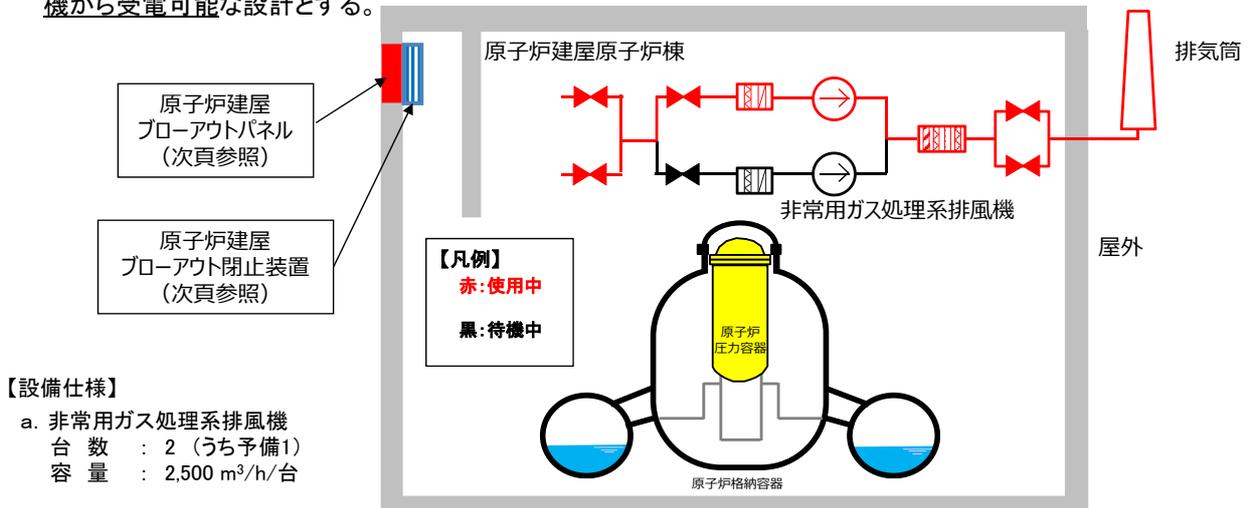
図11 中央制御室チェンジングエリア

2. (5) 運転員の被ばくを低減するための設備(1/2)

設置許可基準規則 第59条解釈	対応方針
d) 原子炉制御室の居住性を確保するために原子炉格納容器から漏えいした空気中の放射性物質の濃度を低減する必要がある場合は、非常用ガス処理系等(BWRの場合)又はアナユラス空気再循環設備等(PWRの場合)を設置すること。	● 炉心の著しい損傷が発生した場合に原子炉格納容器から原子炉建屋原子炉棟内に放射性物質を含むガスが漏えいした場合において、運転員の被ばく線量を低減するため、重大事故等対処設備として非常用ガス処理系を設置する。

非常用ガス処理系

- ▶ 非常用ガス処理系は、非常用ガス処理系排風機を用い、原子炉建屋原子炉棟内のガスを排気筒を経由して屋外に排気することにより、原子炉建屋原子炉棟内を負圧に維持するとともに、運転員の被ばく線量を低減することが可能な設計とする。
- ▶ 非常用ガス処理系は、全交流動力電源喪失時においても、常設代替交流電源設備であるガスタービン発電機から受電可能な設計とする。



【設備仕様】

- a. 非常用ガス処理系排風機
台数 : 2 (うち予備1)
容量 : 2,500 m³/h/台

図12 非常用ガス処理系概要図

2. (5) 運転員の被ばくを低減するための設備(2/2)

設置許可基準規則 第59条解釈	対応方針
e) 原子炉制御室の居住性を確保するために原子炉建屋に設置されたブローアウトパネルを閉止する必要がある場合は、容易かつ確実に閉止操作ができること。また、ブローアウトパネルは、現場において人力による操作が可能なものとする。	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋ブローアウトパネルが開放した状態で非常用ガス処理系の機能要求がある場合に、原子炉建屋の気密性を確保するために、重大事故等対処設備として原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置を設置する。

原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置

➤ 原子炉建屋ブローアウトパネルは、大量の蒸気漏えいが発生した場合に、放出蒸気による圧力から原子炉建屋や原子炉格納容器等を防護するために、建屋の内外差圧により自動的に開放し、放出蒸気を建屋外に放出することを目的に設置されているもの。

➤ これに加え、原子炉建屋ブローアウトパネルが開放した状態で非常用ガス処理系の機能を期待する場合に、原子炉建屋の気密性を確保することが可能となるよう、原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置を設置する。

➤ 原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置は扉方式とし、中央制御室の操作スイッチから遠隔操作が可能な設計とする。また、現場において人力による操作が可能な設計とする。

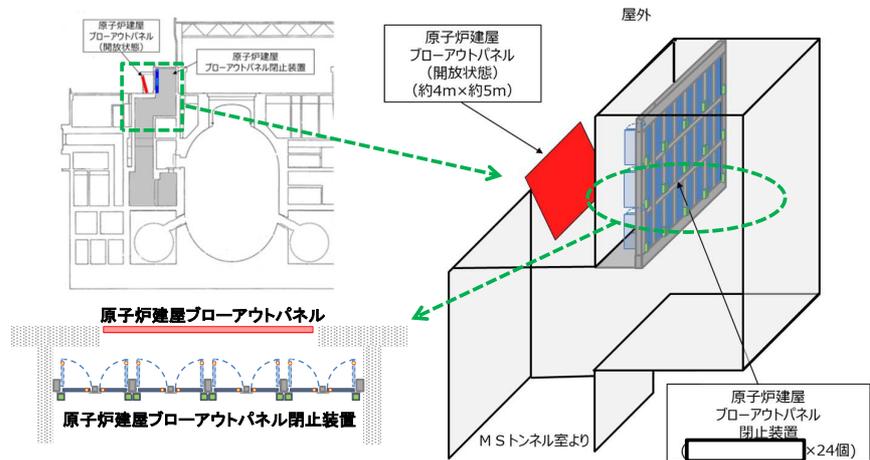


図13 原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置概要図

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。

3. 中央制御室の共用取り止めの概要

3. 中央制御室の共用取り止めの概要(1/2)

- 1, 2号炉の中央制御室間に、扉を有する分離壁を設置することで、中央制御室を物理的に分離。
- 1号炉, 2号炉合わせて1名配置されている発電課長を各々の号炉に配置し、複数号炉同時被災時における対応性を向上。

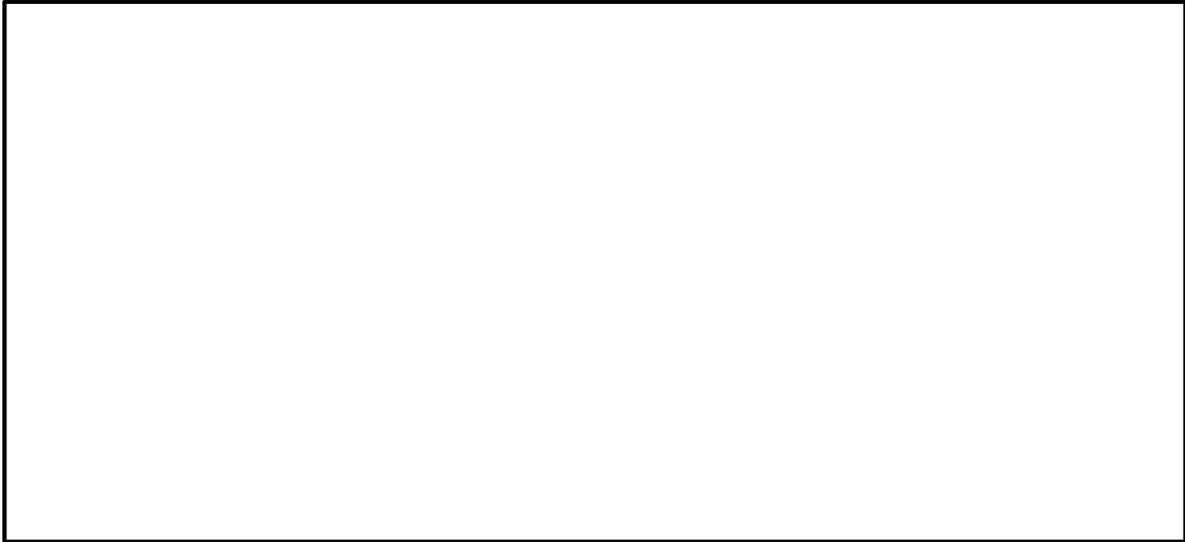


図14 共用の取止めに伴う変更箇所

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。

3. 中央制御室の共用取り止めの概要(2/2)

現状【中央制御室共用】

	1号炉 運転員	2号炉 運転員
発電課長※	1名	
発電副長	1名	1名
運転員	2名	5名

※異常時において発電課長は、事象を把握し、運転員へ適切な指示を行うだけでなく、運転上の制限に係る判断や事務所との情報共有等、多岐に渡る役割を担っているため、複数号炉同時被災の対応性向上のため、1・2号炉それぞれに配置することとする。

共用取止め

変更後

	1号炉 運転員	2号炉 運転員
発電課長※	1名	1名
発電副長	1名	1名
運転員	2名	5名

ブルーム通過時には、

4名が緊急時対策所に待避

7名が中央制御室待避所に待避

4. 中央制御室の居住性に係る被ばく評価について

20

4. 中央制御室の居住性に係る被ばく評価について(1/5)

中央制御室の居住性に係る被ばく評価は、「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」および「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」等に基づき評価を行っている。

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（原子炉制御室）

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。

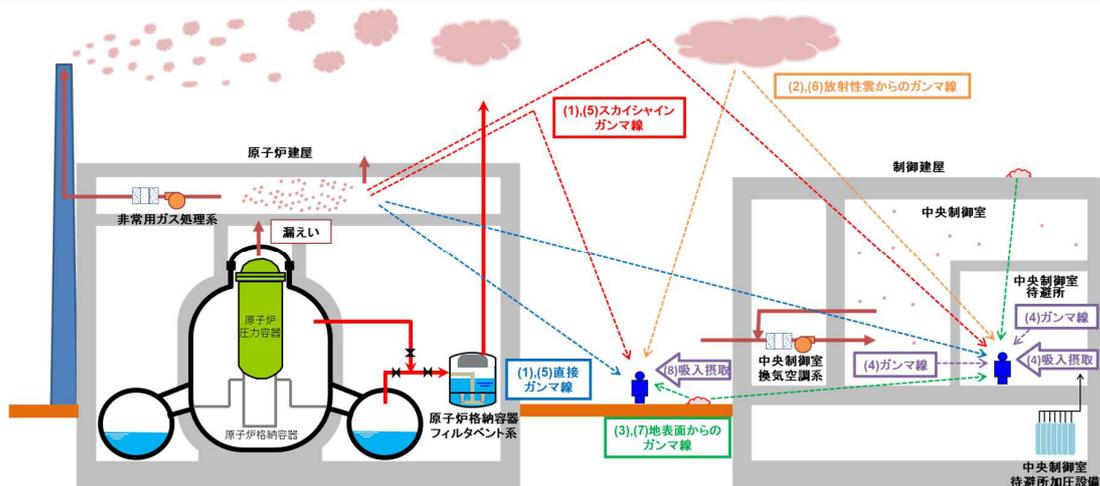


図15 運転員の被ばく経路イメージ（原子炉格納容器フィルタベント系を使用する場合）

21

4. 中央制御室の居住性に係る被ばく評価について(2/5)

表4 運転員の被ばく評価における主な評価条件

項目	評価条件
評価号炉	女川2号炉
評価事象	有効性評価において炉心の著しい損傷に至る事象のうち原子炉格納容器フィルタベント系を用いて事象収束するケース (原子炉冷却材喪失事故時に非常用炉心冷却系の機能及び全交流動力電源が喪失)
評価対象核種	希ガス類, ヨウ素類, Cs類, Te類, Ba類, Ru類, Ce類及びLa類を考慮(65核種)
原子炉格納容器内での除去効果	以下の除去効果を考慮 ・格納容器スプレイによる除去効果 ・自然沈着による除去効果 ・サブレーションチェンバのプール水でのスクラビングによる除去効果 ・格納容器からの漏えいに関する除去効果
原子炉格納容器から原子炉建屋への漏えい率	設計漏えい率を基に, 格納容器圧力に応じて漏えい率が変化するものとして設定
非常用ガス処理系	事故発生後から70分後には建屋は負圧となり排気筒(非常用ガス処理系)から放出
格納容器フィルタベント開始時間	事故発生から約45時間後
原子炉格納容器フィルタベント系フィルタ装置による除去能力	希ガス: 1 粒子状放射性物質: 1/1000 無機よう素: 1/500 有機よう素: 1/50

項目	評価条件
放射線物質の拡散	大気拡散評価モデル: ガウスブルームモデル※ 気象資料: 女川原子力発電所における1年間の気象データ(2012年1月~12月) 実効放出継続時間: 全放出源: 1時間 放出源及び放出源高さ: ・原子炉格納容器フィルタベント: 地上36m ・排気筒(非常用ガス処理系): 地上80m
遮蔽	評価モデル: 建屋の遮蔽壁をモデル化
運転員の防護措置	中央制御室換気空調系: 【風量】 ・事故発生から0.5~168時間後: 8000m ³ /h 【チャコールフィルタ除去能力】 ・無機よう素, 有機よう素: 1/10 【高性能エアフィルタ除去能力】 ・粒子状放射性物質: 1/1000 中央制御室待避所加圧設備: ベント開始から10時間は, 中央制御室待避所への放射性物質の取り込みが無いものとして評価 マスクの着用: 考慮する 交代要員体制: 5直3交替

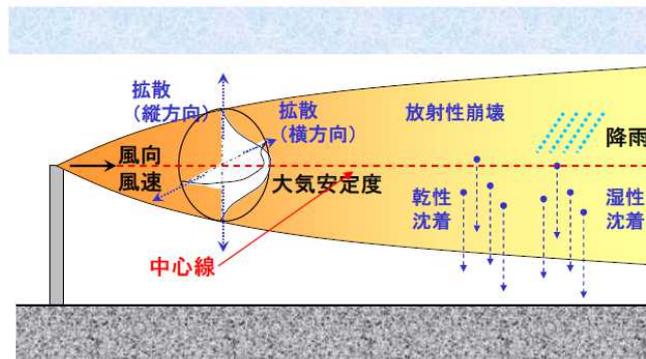
※ 平常運転時及び事故時における放出放射能の大気拡散の評価方法が定められている「発電用原子炉の安全解析に関する気象指針」において適用しているモデル

22

4. 中央制御室の居住性に係る被ばく評価について(3/5)

大気拡散評価モデルについて

- ガウスブルームモデルは, 放射性物質の空間濃度分布が水平方向, 鉛直方向ともに正規分布になると仮定したモデルであり, 放射性物質の濃度は中心線が最も高くなる。そのため, 評価点(中央制御室)の位置を正規分布の中心線に取ることで, 保守的な評価を与えることができる。また, 評価点(中央制御室)に対して, 風向, 風速, 大気安定度がすべて一様に定常で, 厳しい評価条件を与えることで保守的な評価結果を与えることが出来るモデルである。
- なお, 緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム(SPEEDI)等の三次元的な数値計算モデルは, 複雑地形による気流の変化や風向, 風速等の非定常性を評価することができるが, 地形影響や時々刻々と変化する風向, 風速等により, 放射性物質の濃度が最も高い中心線の位置が時々刻々と変化するため, 本評価では保守性の観点から用いていない。



※「拡散シミュレーションの試算結果(総点検版)」(原子力規制庁, 平成24年12月)より引用

図16 ガウスブルームモデルの拡散イメージ

23

4. 中央制御室の居住性に係る被ばく評価について(4/5)

放射性物質の放出量について

- 大気中へ放出される放射性物質の放出量を表5に示す。評価にあたっては、原子炉格納容器フィルタベント系から大気中への放出経路および原子炉建屋原子炉棟から非常用ガス処理系を通じた大気中への放出経路を考慮して評価した。
- なお、参考までに福島第一事故における放出量との比較を記載する。

表5 大気中への放出放射能量

核種グループ	放出放射能量[Bq]		比率 (女川/福島第一)	差異の考察
	女川2号炉	福島第一事故(1~3号炉) の放出量(参考)※		
希ガス類	約 4.7×10^{18}	約 3.1×10^{19}	約1/7	・フィルタベントを実施するまでに45時間閉じ込めることによる減衰効果
よう素類	約 6.3×10^{15}	約 1.8×10^{18}	約1/300	・フィルタベントを実施するまでに45時間閉じ込めることによる減衰効果
Cs類	約 2.5×10^{12}	約 3.9×10^{16}	約1/10000	・原子炉格納容器フィルタベント系を用いることによるフィルタによる除去効果

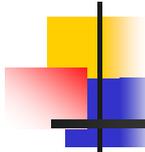
※「拡散シミュレーションの試算結果(総点検版)」(原子力規制庁, 平成24年12月)より引用

4. 中央制御室の居住性に係る被ばく評価について(5/5)

中央制御室の運転員の被ばく評価の結果、重大事故等時の実効線量は7日間で約51mSvであり、運転員の実効線量が100mSvを超えないことを確認した。

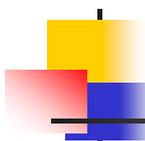
表6 運転員の被ばく評価結果 (単位:mSv)

被ばく経路		実効線量
中央制御室滞在時	(1)原子炉建屋内の放射性物質からのガンマ線による中央制御室内での被ばく	約 4.1×10^{-2}
	(2)放射性雲中の放射性物質からのガンマ線による中央制御室内での被ばく	約 7.0×10^0
	(3)地表面に沈着した放射性物質のガンマ線による中央制御室内での被ばく	約 6.7×10^0
	(4)室内に外気から取り込まれた放射性物質による中央制御室内での被ばく	約 3.2×10^1
	小計((1)+(2)+(3)+(4))	約 4.5×10^1
入退域時	(5)原子炉建屋内等の放射性物質からのガンマ線による入退域時の被ばく	約 1.2×10^{-1}
	(6)放射性雲中の放射性物質からのガンマ線による入退域時の被ばく	約 1.6×10^{-2}
	(7)地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線による入退域時の被ばく	約 5.2×10^0
	(8)大気中へ放出された放射性物質の吸入摂取による入退域時の被ばく	約 5.7×10^{-3}
	小計((5)+(6)+(7)+(8))	約 5.4×10^0
合計((1)+(2)+(3)+(4)+(5)+(6)+(7)+(8))		約51



5. 適合性審査状況

26

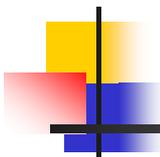


5. 適合性審査状況

- 中央制御室について、当社はこれまでに6回、審査会合において説明を実施。

主な質問・指摘事項	回答
監視カメラが使えない時の代替設備及び措置(運転員による確認)を明確に説明すること。	監視カメラ以外で中央制御室にて監視可能なパラメータ(気温等)を監視することで外部状況の把握に努めつつ、気象等に関する公的機関からの情報も参考とし、原子炉施設に影響を及ぼす可能性がある自然現象等を把握する。
発電所におけるマスクの漏れ測定率の漏れ率を用いても被ばく評価条件の防護係数を満足することを整理して説明すること。	重大事故時に使用するマスクは、全面マスクと電動ファン付き全面マスクの2種類の仕様を想定しており、マスクの漏れ測定率の漏れ率を用いても被ばく評価条件の防護係数を満足することを確認した。

27

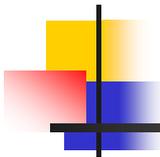


【関連質問への回答】
新規制基準適合性審査申請
＜(9)事故対応の基盤整備＞
制御室

令和元年8月30日
東北電力株式会社

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。

All rights reserved. Copyrights © 2019, Tohoku Electric Power Co., Inc.



1. 中央制御室の居住性に係る被ばく評価について

重大事故等対処施設

(9)事故対応の基盤整備－制御室（第17回関連質問への回答）

【関連質問】

- 被ばく評価に関して、放射性物質の拡散条件(実効放出継続時間)や、インベントリ(内蔵量)のどの程度の割合が放出する事を想定しているのか等、放出量の根拠を詳しく説明して欲しい。(第17回)

- 中央制御室における運転員の被ばく評価では、炉心損傷に至る「大破断LOCA+HPCS失敗+低圧ECCS失敗+全交流動力電源喪失したシーケンス」を評価対象事象としている。
- 本事故シーケンスにおける放射性物質の放出量は、炉内内蔵量と、時々刻々と変化する炉心、圧力容器、格納容器の状態を基に格納容器外への移行割合を評価し、これを元に環境中に放出される放射性物質の量を算出している。
- また、環境中に放出された放射性物質による評価点位置における濃度は、放出点の周囲にある建物と風による巻き込みの影響を考慮している。
- 以降に、放射性物質の移行プロセスの詳細について示す。

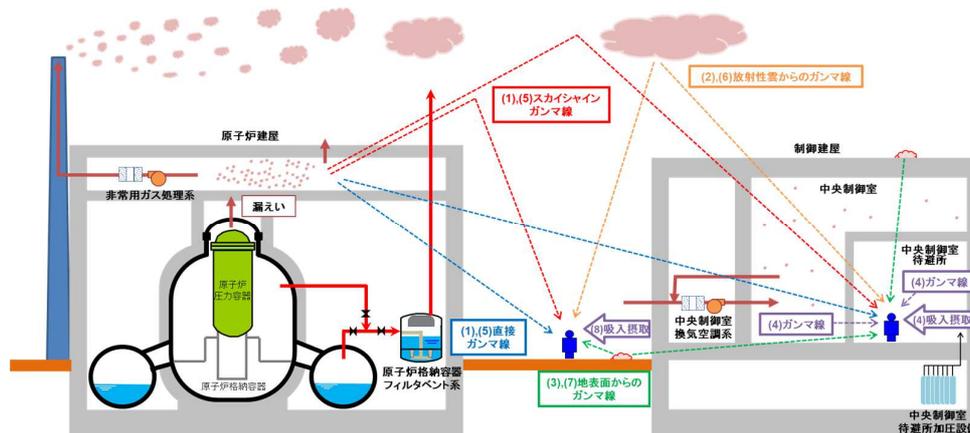


図1 運転員の被ばく経路イメージ（原子炉格納容器フィルタベント系を使用する場合）

2

重大事故等対処施設

(9)事故対応の基盤整備－制御室（第17回関連質問への回答）

放射性物質の放出および拡散に係る評価条件を以下に示す。

第17回資料に一部加筆

表1 運転員の被ばく評価における主な評価条件

項目	評価条件	項目	評価条件
評価号炉	女川2号炉	放射線物質の拡散	大気拡散評価モデル ガウスプルームモデル※3
評価事象	炉心の著しい損傷に至る事象のうち原子炉格納容器フィルタベント系を用いて事象収束するケース（原子炉冷却材喪失事故時に非常用炉心冷却系の機能及び全交流動力電源が喪失）	気象資料	女川原子力発電所における1年間の気象データ（2012年1月～12月）
評価対象核種	希ガス類、ヨウ素類、Cs類、Te類、Ba類、Ru類、Ce類及びLa類を考慮（65核種）	実効放出継続時間	1時間
運転時間※1 （0内は燃焼度）	1サイクル：10,000時間（約11GWd/t） 2サイクル：20,000時間（約22GWd/t） 3サイクル：30,000時間（約33GWd/t） 4サイクル：40,000時間（約44GWd/t） 5サイクル：50,000時間（約55GWd/t）	放出源及び放出源高さ	・原子炉格納容器フィルタベント：地上36m ・排気筒（非常用ガス処理系）：地上80m
燃料装荷割合※2	1～4サイクル：各々0.229 5サイクル：0.084	遮蔽	評価モデル 建屋の遮蔽壁をモデル化
原子炉格納容器内での除去効果	以下の除去効果を考慮 ・格納容器スプレイによる除去効果 ・自然沈着による除去効果 ・サブレーションチェンバのプール水でのスクラビングによる除去効果 ・格納容器からの漏えいに関する除去効果	運転員の防護措置	中央制御室換気空調系 【風量】 ・事故発生から0.5～168時間後：8000m ³ /h 【チャコールフィルタ除去能力】 ・無機よう素、有機よう素：1/10 【高性能エアフィルタ除去能力】 ・粒子状放射性物質：1/1000
原子炉格納容器から原子炉建屋への漏えい率	設計漏えい率を基に、格納容器圧力に応じて漏えい率が変化するものとして設定	中央制御室待避所 加圧設備	ベント開始から10時間は、中央制御室待避所への放射性物質の取り込みが無いものとして評価
非常用ガス処理系	事故発生後から70分後には建屋は負圧となり排気筒（非常用ガス処理系）から放出	マスクの着用	考慮する
格納容器フィルタベント開始時間	事故発生から約45時間後	交代要員体制	5直3交替
原子炉格納容器フィルタベント系フィルタ装置による除去能力	希ガス：1 粒子状放射性物質：1/1000 無機よう素：1/500 有機よう素：1/50		

※1 1サイクル13ヶ月（395日）を考慮して、燃料の最高取出燃焼度に余裕を持たせ長めに設定

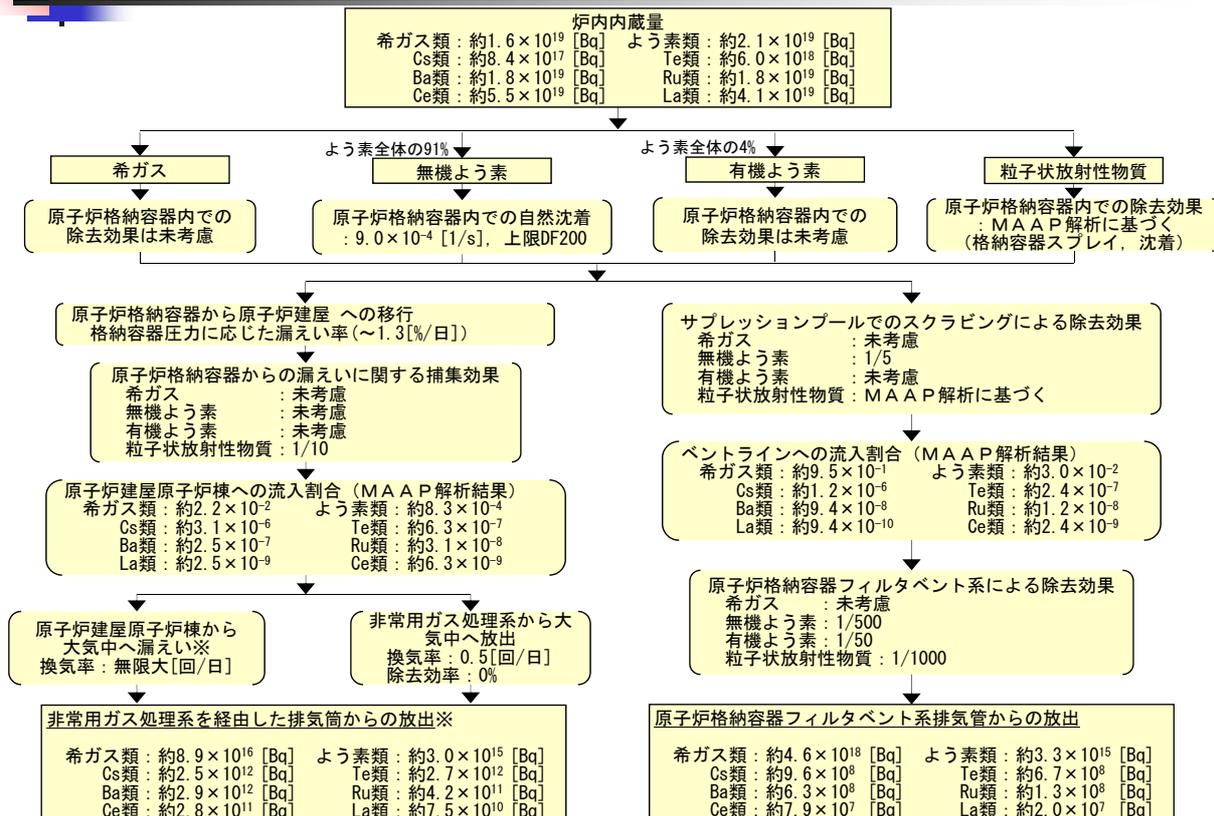
※2 取替炉心の燃料装荷割合に基づき設定

※3 平常運転時及び事故時における放出放射能の大気拡散の評価方法が定められている「発電用原子炉の安全解析に関する気象指針」において適用しているモデル

3

重大事故等対処施設

(9)事故対応の基盤整備—制御室 (第17回関連質問への回答)



※ 非常用ガス処理系を起動し放出を開始する70分後までは原子炉建屋原子炉棟から放出されることを考慮

図2 放射性物質の大気放出過程

重大事故等対処施設

(9)事故対応の基盤整備—制御室 (第17回関連質問への回答)

放射性物質の放出量について(炉内内蔵量と大気中への放出割合)

- 大気中へ放出される放射性物質の放出量を表2に示す。評価にあたっては、原子炉格納容器フィルタベント系から大気中への放出経路および原子炉建屋原子炉棟から非常用ガス処理系を通じた大気中への放出経路を考慮して評価した。(放出経路は図2参照)
- なお、参考までに福島第一事故における放出量との比較を記載する。

表2 大気中への放出放射能量

核種グループ	炉内内蔵量[Bq]	放出放射能量[Bq]		比率 (女川/福島第一)	差異の考察
		女川2号炉	(参考)福島第一事故(1～3号炉)の総放出量※		
希ガス類	約 1.6×10^{19}	約 4.7×10^{18}	約 3.1×10^{19}	約1/7	・フィルタベントを実施するまでに45時間閉じ込めることによる減衰効果
よう素類	約 2.1×10^{19}	約 6.3×10^{15}	約 1.8×10^{18}	約1/300	・フィルタベントを実施するまでに45時間閉じ込めることによる減衰効果
Cs類	約 8.4×10^{17}	約 2.5×10^{12}	約 3.9×10^{16}	約1/10000	・原子炉格納容器フィルタベント系を用いることによるフィルタによる除去効果

※「拡散シミュレーションの試算結果(総点検版)」(原子力規制庁, 平成24年12月)より引用

重大事故等対処施設

(9)事故対応の基盤整備－制御室（第17回関連質問への回答）

放射性物質の放出継続時間について

- 前頁までの放出経路および放出割合を元に、時々刻々と放出される放射性物質の放出量（積算値）をプロットしたものを示す。（図3、図4）
- 大気拡散係数（相対濃度）を評価する際のパラメーターとして使用する実効放出継続時間は、格納容器フィルタベント実施時には放射性物質が短時間で全量放出される（図4参照）ことから、1時間として設定した。
- なお、運転員の被ばく評価では、運転員の交替時間と、時々刻々と変化する放出量を踏まえて評価を実施している。

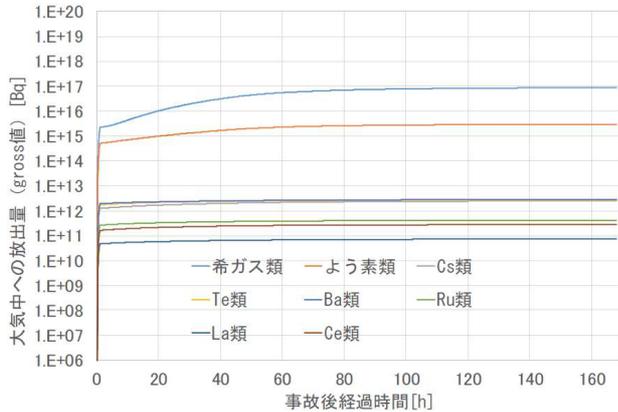


図3 非常用ガス処理系を経由した排気筒からの放出トレンド（積算値）

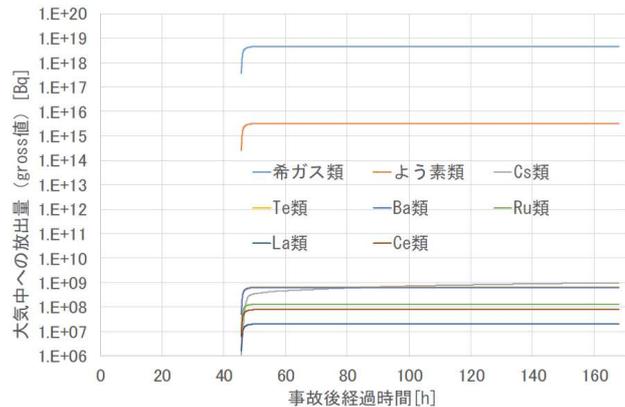


図4 原子炉格納容器フィルタベント系からの放出トレンド（積算値）

6

重大事故等対処施設

(9)事故対応の基盤整備－制御室（第17回関連質問への回答）

評価点における放射性物質の濃度と大気拡散係数について

- 評価点における放射性物質の濃度 $\chi(x, y, z)$ は、単位放出率当たりの風下濃度（相対濃度）に、時々刻々と放出される放射性物質の放出率を乗じて算出している。（(1)式参照）

$$\chi(x, y, z) = (\chi/Q) \times Q(t) \quad [\text{Bq}/\text{m}^3] \quad \dots(1)$$

(χ/Q) : 相対濃度 $[\text{s}/\text{m}^3]$

$Q(t)$: 時刻 t における放射性物質の放出率 $[\text{Bq}/\text{s}]$

- また、相対濃度は次の(2)式により計算される。

$$(\chi/Q) = \frac{1}{T} \cdot \sum_{i=1}^T (\chi/Q)_i \cdot \delta_i^d \quad \dots(2)$$

T : 実効放出継続時間 $[\text{h}]$ ※

δ_i^d : 時刻 i において風向が当該方向 d にあるとき $\delta_i^d = 1$ 、他の方位にあるとき $\delta_i^d = 0$

※ ここで扱う実効放出継続時間は、相対濃度を計算するために、事故期間中の放射性物質の全放出量を最大放出率で除した値（前頁に示すとおり $T = 1[\text{h}]$ とした）

- ここで $(\chi/Q)_i$ は、建屋の影響を考慮した拡がりのパラメータ σ_{y_i} 、 σ_{z_i} に応じて基本拡散式（ガウスプルームモデル）を元にした(3)式を元に計算される。

$$(\chi/Q)_i = \frac{1}{2\pi \cdot \sigma_{y_i} \cdot \sigma_{z_i} \cdot U_i} \cdot \exp\left(-\lambda \frac{x}{U_i}\right) \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_{y_i}^2}\right) \times \left[\exp\left\{-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_{z_i}^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_{z_i}^2}\right\} \right] \quad \dots(3)$$

U_i : 時刻 i における放出源高さを代表する風速 $[\text{m}/\text{s}]$

λ : 放射性物質の物理的崩壊定数 $[1/\text{s}]$ H : 放出源の高さ $[\text{m}]$

σ_{y_i} : 時刻 i における建屋の影響を考慮した濃度分布の y 方向の拡がりのパラメータ $[\text{m}]$

σ_{z_i} : 時刻 i における建屋の影響を考慮した濃度分布の z 方向の拡がりのパラメータ $[\text{m}]$

x, y, z : 放出源を原点に、風下方向を x 軸、その直角方向を y 軸、鉛直方向を z 軸とする直角座標

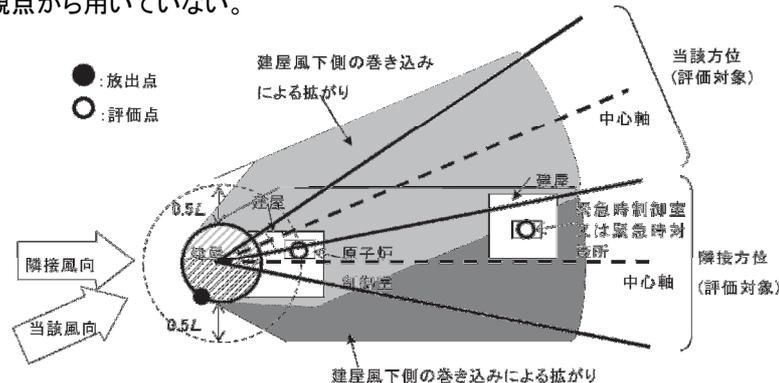
7

重大事故等対処施設

(9)事故対応の基盤整備－制御室（第17回関連質問への回答）

大気拡散評価モデル(ガウスプルームモデル)について

- ガウスプルームモデルは、放射性物質の空間濃度分布が水平方向、鉛直方向ともに正規分布になると仮定したモデルであり、放射性物質の濃度は中心線が最も高くなる。そのため、評価点(中央制御室)の位置を正規分布の中心線上に取ることで、保守的な評価を与えることができる。また、評価点(中央制御室)に対して、風向、風速、大気安定度がすべて一様に定常で、厳しい評価条件を与えることで保守的な評価結果を与えることが出来るモデルである。なお、建屋による巻き込みについても考慮する手法が確立されており、建屋の影響を考慮した拡散パラメーターを用いて計算している。
- なお、緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム(SPEEDI)等の三次元的な数値計算モデルは、複雑地形による気流の変化や風向、風速等の非定常性を評価することができるが、地形影響や時々刻々と変化する風向、風速等により、放射性物質の濃度が最も高い中心線の位置が時々刻々と変化するため、本評価では保守性の観点から用いていない。



※「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」(原子力規制委員会、平成25年6月)より引用

図5 ガウスプルームモデルの拡散イメージ(建屋の巻き込みを考慮する必要がある場合)

重大事故等対処施設

(9)事故対応の基盤整備－制御室（第17回関連質問への回答）

第17回資料に一部加筆

中央制御室の運転員の被ばく評価の結果、重大事故等時の実効線量は7日間で約51mSvであり、運転員の実効線量が100mSvを超えないことを確認した。

表3 運転員の被ばく評価結果

(単位:mSv)

被ばく経路		実効線量
中央制御室滞在時	(1)原子炉建屋内の放射性物質からのガンマ線による中央制御室内での被ばく	約 4.1×10^{-2}
	(2)放射性雲中の放射性物質からのガンマ線による中央制御室内での被ばく	約 7.0×10^0
	(3)地表面に沈着した放射性物質のガンマ線による中央制御室内での被ばく	約 6.7×10^0
	(4)室内に外気から取り込まれた放射性物質による中央制御室内での被ばく	約 3.2×10^1
	小計((1)+(2)+(3)+(4))	約 4.5×10^1
入退域時	(5)原子炉建屋内等の放射性物質からのガンマ線による入退域時の被ばく	約 1.2×10^{-1}
	(6)放射性雲中の放射性物質からのガンマ線による入退域時の被ばく	約 1.6×10^{-2}
	(7)地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線による入退域時の被ばく	約 5.2×10^0
	(8)大気中へ放出された放射性物質の吸入摂取による入退域時の被ばく	約 5.7×10^{-3}
小計((5)+(6)+(7)+(8))	約 5.4×10^0	
合計((1)+(2)+(3)+(4)+(5)+(6)+(7)+(8))		約51

※被ばく経路毎の評価方法は「2. 参考」を参照

2. 参考

All rights reserved. Copyrights © 2019, Tohoku Electric Power Co., Inc.

重大事故等対処施設

(9)事故対応の基盤整備－制御室（第17回関連質問への回答）

原子炉建屋内の放射性物質からのガンマ線による被ばくの評価方法（被ばく経路(1)および(5)）

- ・被ばく経路のうち、原子炉建屋内の放射性物質からのガンマ線による被ばく（被ばく経路(1)および(5)）は、前述までの放射性物質の移行経路を考慮して、原子炉建屋内の放射性物質の濃度を評価し、建屋の遮蔽（次頁の図7参照）を考慮して運転員の被ばく線量を評価している。直接ガンマ線の評価はQADコード※1を、スカイシャインガンマ線の評価はANISNコード※2及びG33コード※3を用いて評価した。
- ・運転員の被ばく線量の評価にあたっては、線源領域を原子炉建屋内に設定し、評価点を中央制御室内の最も線量の高い箇所に設定した。
- ・入退域時の被ばく線量は、制御建屋の入口と出入管理所を代表点として設定し、制御建屋による遮蔽効果を考慮せず、原子炉建屋による遮蔽効果のみを考慮して評価した。

※1 QADコード：直接ガンマ線の解析コードで、遮蔽設計をする際に世界的に広く使用されている。

※2 ANISNコード：中性子およびガンマ線の一次元輸送計算コードで、世界的に広く使用されている。G33コードと組み合わせてスカイシャインガンマ線の評価にも使用される。

※3 G33コード：ガンマ線の一回散乱を計算するための解析コードで、遮蔽設計をする際に世界的に広く使用されている。

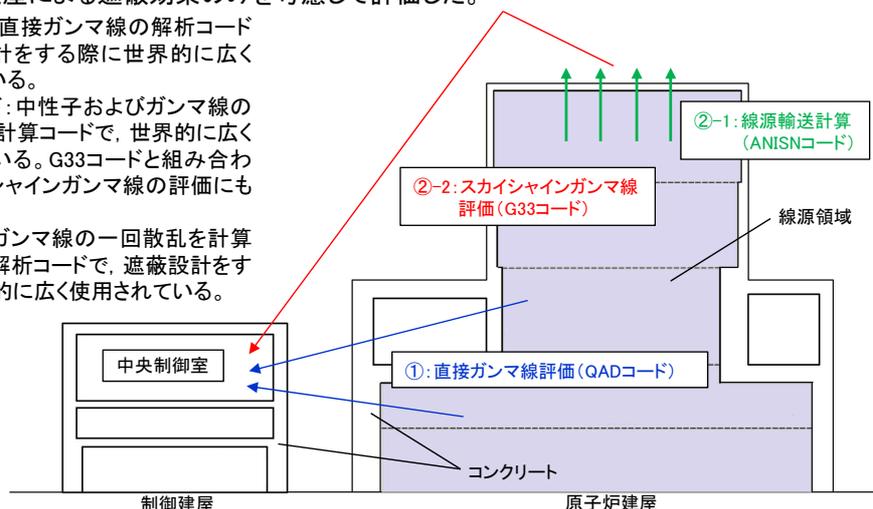


図6 直接ガンマ線およびスカイシャインガンマ線の評価イメージ

重大事故等対処施設

(9)事故対応の基盤整備－制御室（第17回関連質問への回答）

被ばく評価で考慮した遮蔽について

- 原子炉建屋内の放射性物質や、屋外に放出された放射性物質からの放射線に対しては、原子炉建屋や制御建屋のコンクリート壁による遮蔽の効果をj見込んで評価している。(図7)

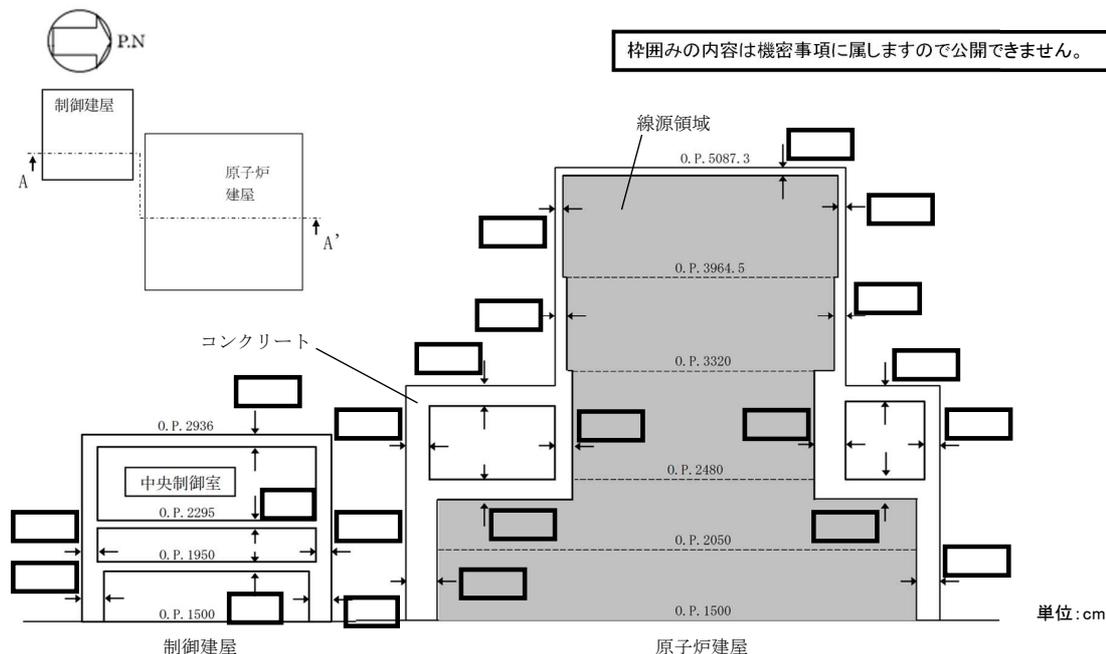


図7 運転員の被ばく評価に用いた遮蔽モデル

12

重大事故等対処施設

(9)事故対応の基盤整備－制御室（第17回関連質問への回答）

放射性雲(プルーム)中の放射性物質からのガンマ線による被ばく(被ばく経路(2)および(6))

- ・放射性雲中からのガンマ線の線源は建屋外に存在し、建屋内外の遮蔽壁により遮蔽される。(図8)
- ・遮蔽モデルについては、遮蔽壁のみを考慮し、それ以外の外壁及び内壁等による遮蔽効果には期待せず、かつガンマ線が屋外から室内まで至る経路のうち最も薄い遮蔽厚さを参照した保守的な遮蔽モデルとしている。なお、入退域時の評価では建屋による遮蔽効果を考慮せずに評価した。
- ・放射性雲中からのガンマ線による被ばく線量 H [Sv]は、以下に示す式を用いて評価した。

$$H = \sum_k \int_0^T K \cdot (D/Q) \cdot q_k(t) \sum_{\gamma} p_{k\gamma} \cdot B_{\gamma} \cdot \exp(-\mu_{\gamma} \cdot X)$$

K : 空気カーマから実効線量への換算係数(1)[Sv/Gy]

$q_k(t)$: 時刻 t における核種 k のj大気中への放出率[Bq/s](0.5MeV換算)

$p_{k\gamma}$: 核種 k が放出するphotonのうち、エネルギー γ のphotonの割合[-]

B_{γ} : エネルギー γ のphotonにおけるビルドアップ係数[-]

μ_{γ} : エネルギー γ のphotonにおける遮蔽体に対する線減衰係数[1/m]

(D/Q) : 相対線量[Gy/Bq]

T : 評価期間[s]

X : 遮蔽体厚さ[m]

- ・また、相対線量 (D/Q) は基本拡散式から求められる空間濃度分布と γ 線線量計算モデルを組み合わせた空気カーマ率を計算する次式を用いて計算している。

$$D = K_1 \cdot E \cdot \mu_{en} \int_0^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_0^{\infty} \frac{\exp(-\mu \cdot r)}{4\pi r^2} B(\mu \cdot r) \chi(x', y', z') dx' dy' dz'$$

D : 計算地点 $(x, y, 0)$ における空気カーマ率[μ Gy/h]

E : ガンマ線の実効エネルギー[MeV/dis]

μ : 空気に対するガンマ線の線減衰係数[m^{-1}]

$B(\mu r)$: 空気に対するガンマ線の再生係数[-]

K_1 : 空気カーマ率への換算係数[$dis \cdot m^3 \cdot \mu Gy \cdot MeV^{-1} \cdot Bq^{-1} \cdot h^{-1}$]

μ_{en} : 空気に対するガンマ線の線エネルギー吸収係数[m^{-1}]

r : 放射性雲中の点 (x', y', z') から計算地点 $(x, y, 0)$ までの距離[m]

$\chi(x', y', z')$: 放射性雲中の点 (x', y', z') における濃度[Bq/m³]

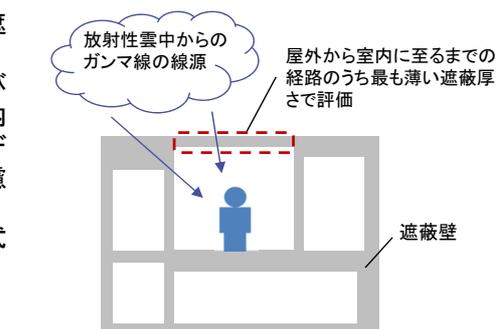


図8 放射性雲中からのガンマ線の評価イメージ

13

重大事故等対処施設

(9)事故対応の基盤整備－制御室（第17回関連質問への回答）

地表面に沈着した放射性物質のガンマ線による被ばく(被ばく経路(3)および(7))

- ・地表面に沈着した放射性物質のガンマ線による被ばくは、中央制御室における放射性物質の濃度に、沈着速度を乗ずることで、地表面に沈着した放射性物質の濃度を評価した。
- ・運転員の被ばく評価にあたっては、原子炉建屋内の放射性物質のガンマ線による被ばく評価と同様に、QADコードを用いて評価した。
- ・線源領域は地表面からの影響が飽和する範囲※1とし保守的に制御建屋を中心とした2000m四方の範囲とした。

※1 地表面に沈着した放射性物質による線量が支配的な範囲として半径400m以内からの影響が約99%という知見を参照
 (「汚染土壌の除染領域と線量低減効果の検討」日本原子力研究開発機構, JAEA-Technology 2011-026)

- ・沈着線源の位置は、制御建屋屋上以外は、制御建屋周辺の建物および地形を考慮し設定した。(中央制御室内の評価点と同じ高さとするすることで、線源から評価点までの距離が近くなるという観点で保守的なモデル)

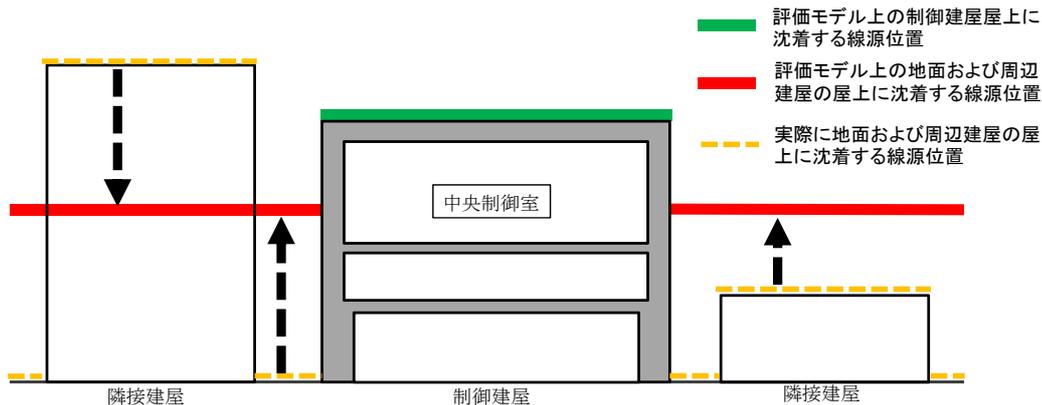


図9 地表面に沈着した放射性物質のガンマ線による被ばくの評価イメージ

14

重大事故等対処施設

(9)事故対応の基盤整備－制御室（第17回関連質問への回答）

室内に外気から取り込まれた放射性物質による中央制御室内での被ばく(被ばく経路(4))

大気中へ放出された放射性物質の吸入摂取による入退域時の被ばく(被ばく経路(8))

- ・中央制御室内に浮遊している放射性物質からのガンマ線による外部被ばくの評価にあたっては、室内と同じ容積を持つ半球状の線源から受ける外部被ばくとして、次式を用いて評価した。

【外部被ばく】

$$H = \int_0^T 6.2 \times 10^{-14} \cdot E_\gamma \cdot (1 - e^{-\mu R}) \cdot C_\gamma(t) dt$$

H : ガンマ線による外部被ばくの実効線量[Sv]
 E_γ : ガンマ線の実効エネルギー(0.5)[MeV]
 μ : 空気に対するガンマ線の線エネルギー吸収係数[1/m]
 R : 室内容積と同じ容積をもつ半球の半径[m]
 $C_\gamma(t)$: 時刻 t における室内の放射能濃度[Bq/m³]
 T : 評価期間[s]

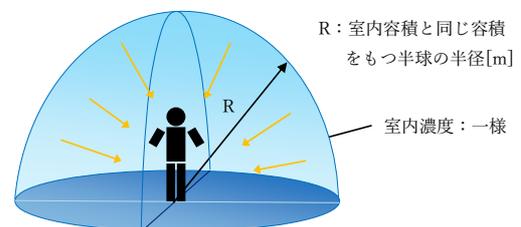


図10 室内に外気から取り込まれた放射性物質による被ばくの評価イメージ

- ・中央制御室内および入退域時における吸入摂取による内部被ばくは、マスクによる防護を考慮し、次式を用いて評価した。

【吸入摂取による内部被ばく】

$$H = \frac{1}{PF} \cdot \sum_k \int_0^T R \cdot H_{k\infty} \cdot C_k(t) dt$$

H : 放射性物質の吸入摂取による内部被ばくの実効線量[Sv]
 $H_{k\infty}$: 核種 k の吸入摂取時の実効線量への換算係数[Sv/Bq]
 T : 評価期間[s]
 R : 成人活動時の呼吸率[m³/s]
 $C_k(t)$: 時刻 t における核種 k の放射能濃度[Bq/m³]
 PF : マスクの防護係数[-]

15

女川原子力発電所 2 号機の安全性に
関する検討会 説明資料

論点番号 8 3
(意見番号 9 0)

新規制基準適合性審査申請

＜(9)事故対応の基盤整備＞ 緊急時対策所 (No.42関連)

平成30年6月15日

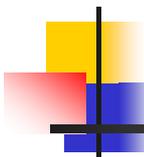
東北電力株式会社

枠囲いの内容は、商業機密または防護上の観点から公開できません。

All rights reserved. Copyrights © 2018, Tohoku Electric Power Co., Inc.

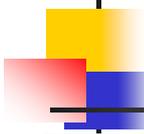
目 次

1. 緊急時対策所の概要
2. 緊急時対策所に設置する設備の概要
 - (1) 設置場所及び建物
 - (2) 必要な要員の収容
 - (3) 電源設備
 - (4) 遮蔽設備及び換気設備等設計
 - (5) チェン징エリア
 - (6) 必要な情報を把握できる設備
 - (7) 通信連絡設備
 - (8) 緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価
3. 構造変更の経緯
 - (1) 設計方針の変遷の概要
 - (2) 申請時の方針
 - (3) 設計条件見直しによる検討
 - (4) まとめ
4. 適合性審査状況
5. 参考資料 ≪通信連絡設備≫



1. 緊急時対策所の概要

2



1. 緊急時対策所の概要

○大規模な原子力災害が発生した場合の現地対策本部となる指揮所機能。新規制基準では、指揮所機能を強化するため、中央制御室以外の場所に設置することとされている。



図1-1 緊急時対策所 断面図

✓ 本部要員は故障・トラブル等の初動対応が発生した場合は、事務新館の対策室に集合して情報収集し、必要に応じて通報連絡対応を実施する。



✓ 「原子力災害対策特別措置法第10条第1項」に基づく通報をすべき状態等、重大事故が発生するおそれがある場合に、緊急時対策所を立上げる。

2. 緊急時対策所に設置する設備の概要

4

2.(1) 設置場所及び建物

設置許可基準規則 第六十一条(緊急時対策所)	対応方針
<p>【解釈】第1項a)</p> <p>基準地震動による地震力に対し、免震機能等により、緊急時対策所の機能を喪失しないようにするとともに、基準津波の影響を受けないこと。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 緊急時対策所は耐震構造を有する緊急時対策建屋内に設置(基準地震動による地震力に対し、機能を喪失しない設計)。 ● 緊急時対策所の機能維持に係る各設備は、転倒防止措置等を講じる。 ● 緊急時対策所は、基準津波(O.P.*+23.1m程度)の影響を受けないO.P.+62mの敷地に設置された緊急時対策建屋の [] (O.P. []) に設定。
<p>【解釈】第1項b)</p> <p>緊急時対策所と原子炉制御室は共通要因により同時に機能喪失しないこと。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 緊急時対策所は、2号炉中央制御室から十分離れている(約590m) ● 換気設備及び電源設備は、2号炉中央制御室から独立。(共通要因により同時に機能喪失しない設計)。

※O.P. 女川原子力発電所工事用基準面



図2-1 緊急時対策所 配置

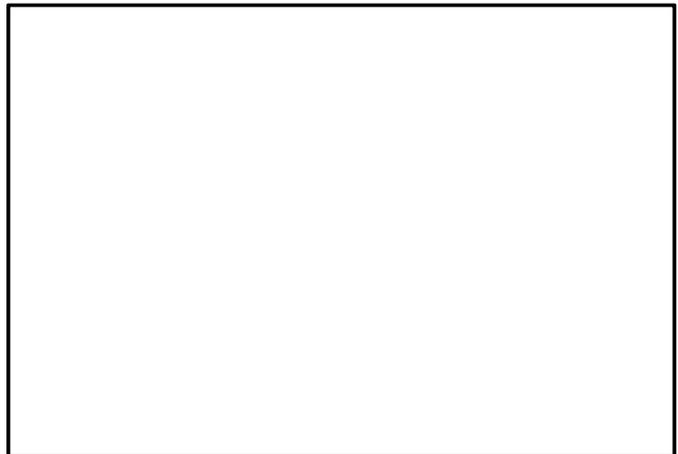


図2-2 緊急時対策建屋 断面図

枠囲いの内容は、商業機密または防護上の観点から公開できません。

5

2.(2) 必要な要員の収容

枠囲いの内容は、商業機密または防護上の観点から公開できません。

設置許可基準規則 第六十一条(緊急時対策所)	対応方針
<p>2 緊急時対策所は、重大事故等に対処するために必要な数の要員を収容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</p> <p>第2項に規定する「重大事故等に対処するために必要な数の要員」とは、第1項第1号に規定する「重大事故等に対処するために必要な指示を行う要員」に加え、少なくとも原子炉格納容器の破損等による工場等外への放射性物質の拡散を抑制するための対策に対処するために必要な数の要員を含むものとする。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 緊急時対策所には、本部要員36名に加え、現場要員30名、1号炉運転員4名、3号炉運転員4名及び運転検査官3名をあわせて77名を収容可能な設計。

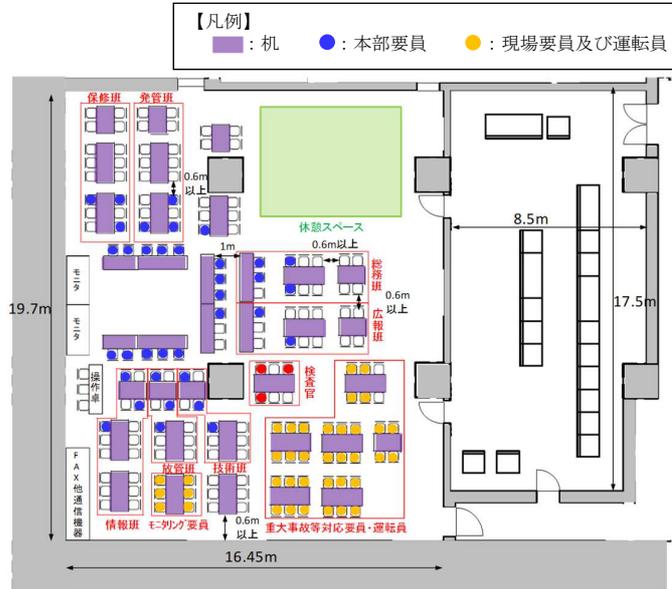
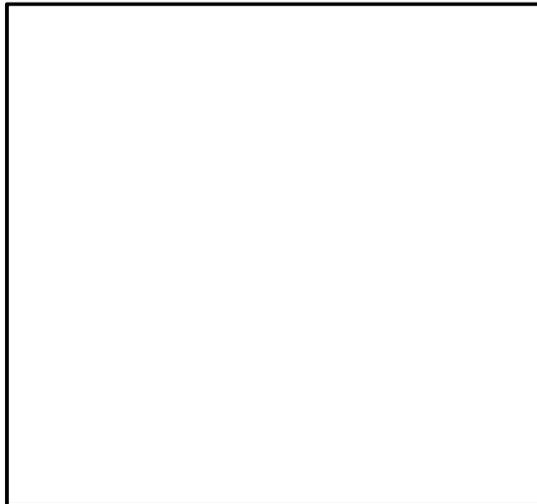


図2-3 緊急時対策所 レイアウト

2.(3) 電源設備

設置許可基準規則 第六十一条(緊急時対策所)	対応方針
<p>【解釈】第1項C)</p> <p>緊急時対策所は、代替交流電源からの給電を可能とすること。また、当該代替電源設備を含めて緊急時対策所の電源設備は、多重性及び多様性を有すること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 緊急時対策所は、通常時、外部電源から受電する設計。 外部電源喪失等により非常用高圧母線の電圧が低下した場合は、非常用ディーゼル発電機が自動起動し緊急時対策所へ電源供給を行う設計。 非常用ディーゼル発電機の機能喪失を考慮し、常設代替交流電源設備又は緊急時対策所用代替交流電源設備からの受電が可能な設計(多重性及び多様性を有する)。

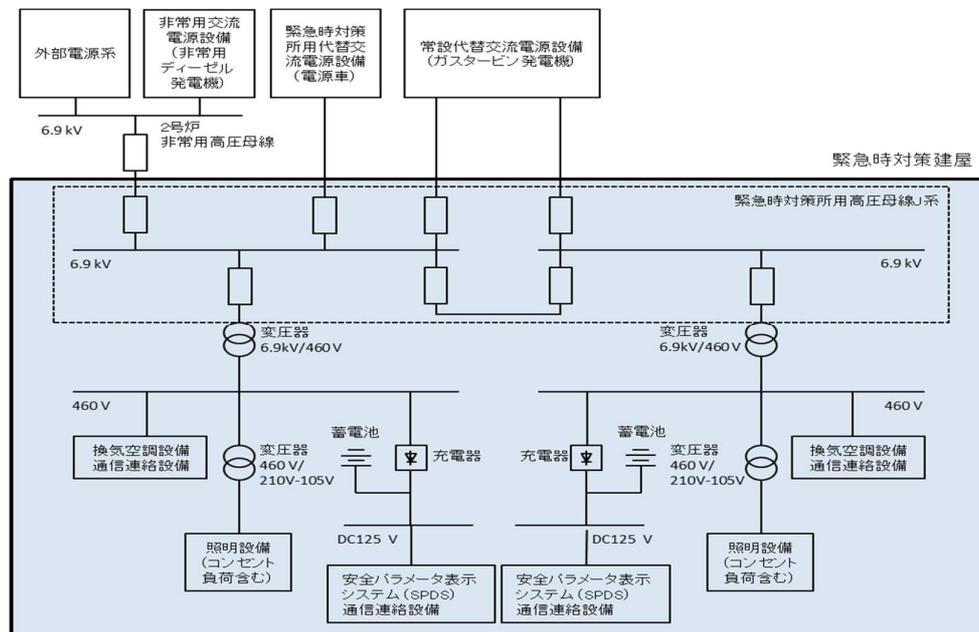
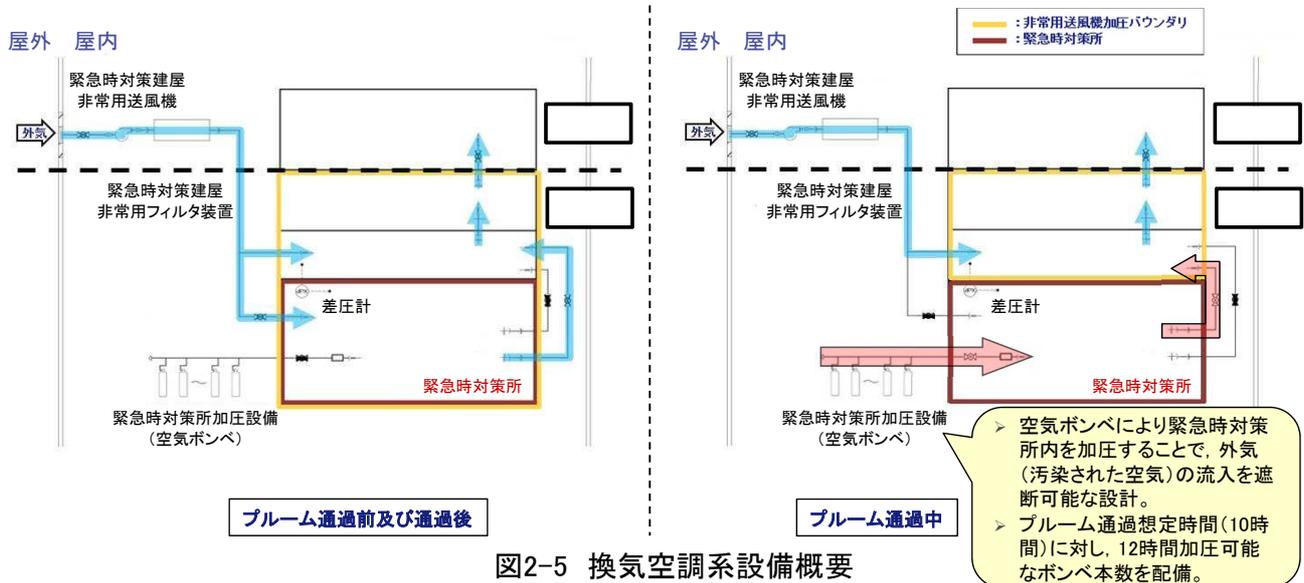


図2-4 単線結線図

2.(4) 遮蔽設備及び換気設備等設計 (1/4)

設置許可基準規則 第六十一条 (緊急時対策所)	対応方針
<p>【解釈】 第1項d 緊急時対策所の居住性が確保されるように、適切な遮蔽設計及び換気設計を行うこと。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 緊急時対策所の居住性が確保されるように、適切な遮蔽設計及び換気設計を行う。 ● 遮蔽の設置により外部被ばくを抑制するとともに、換気空調設備又は加圧設備を用いて、重大事故等に伴うプルーム※通過中及びプルーム通過後の意図しない放射性物質の流入による内部・外部被ばくを抑制。

※プルーム 原子力発電所施設等から放出された微細な放射性物質が大気に乗って煙のように流れていく現象。



枠囲いの内容は、商業機密または防護上の観点から公開できません。

8

2.(4) 遮蔽設備及び換気設備等設計 (2/4)

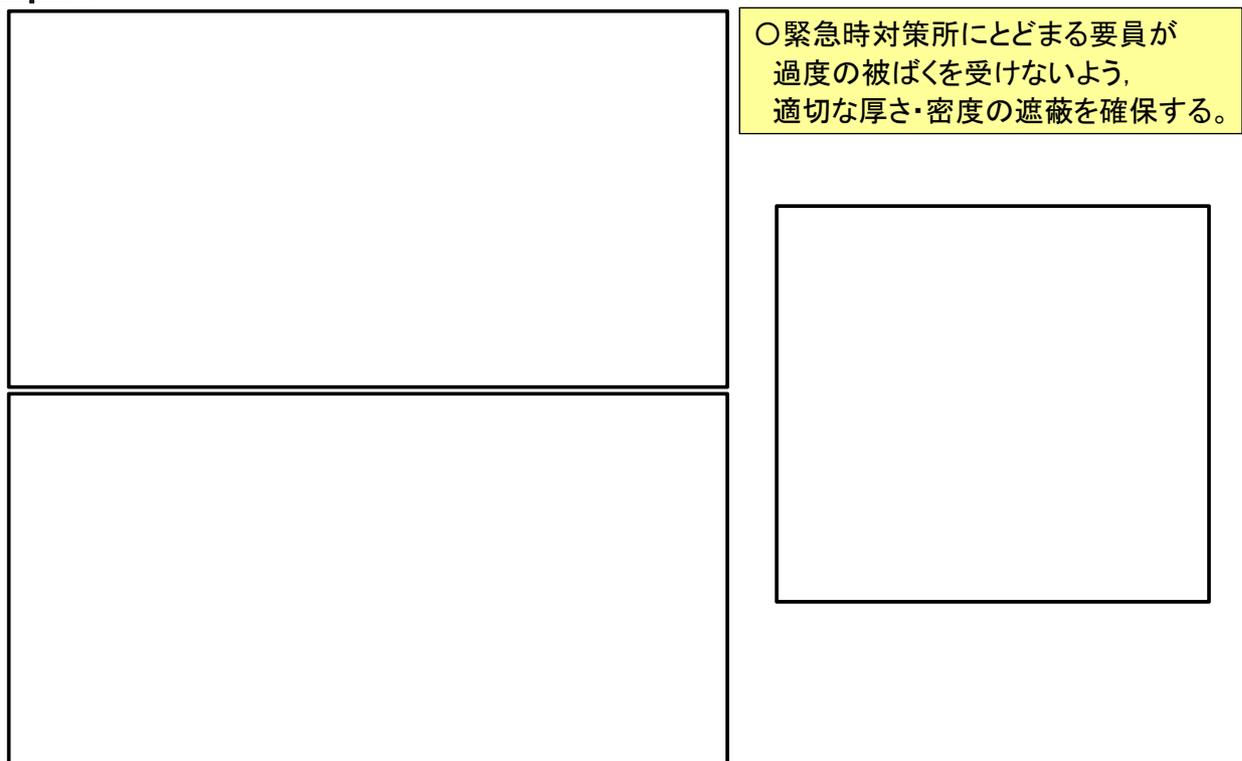


図2-6 緊急時対策所 遮蔽設計(断面)

枠囲いの内容は、商業機密または防護上の観点から公開できません。

9

2.(4) 遮蔽設備及び換気設備等設計 (3/4)

○放射線管理資機材等

緊急時対策所には、少なくとも外部から支援なしに7日間※の活動を可能とするため、必要な資機材を配備する。
 ※7日間 「実用発電用原子炉に係る発電用原子炉設置者の重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力に係る審査基準」の1.0共通事項「(3)支援に係る要求事項」において、事故発生後7日間は重大事故等対処設備、予備品及び燃料等により事故収束対応を維持できることが求められている。

表2-1 配備する資機材の数量

区分	品目	数量		備考
放射線管理用資機材	防護具	タイベック	2,100着	60名(本部要員38名+余裕)×7日及び現場要員40名×6回/日×7日
		全面マスク	900個	60名(本部要員38名+余裕)×3日及び現場要員40名×6回/日×3日※1
		チャコールフィルタ(2個/セット)	2,100セット	60名(本部要員38名+余裕)×7日及び現場要員40名×6回/日×7日
	個人線量計	個人線量計	200台	100名(60名(本部要員38名+余裕)+現場要員40名)×2
	サーベイメータ等	表面汚染密度測定用サーベイメータ	8台	予備を含む。
		ガンマ線測定用サーベイメータ	8台	予備を含む。
		緊急時対策所内可搬型エリアモニタ	4台	予備を含む。
チェンジングエリア用資機材		1式		
資料	重大事故対策の検討に必要な資料	1式	・発電所周辺地図 ・発電所周辺人口関連データ ・主要系統模式図 ・系統図及びプラント配置図等	
食料等	食料等	2,100食	100名(60名(本部要員38名+余裕)+現場要員40名)×7日×3食=2,100	
	飲料水(1.5リットル)	1,400本	100名(60名(本部要員38名+余裕)+現場要員40名)×7日×2本=1,400	
その他	酸素濃度計	酸素濃度計	2台	緊急時対策所に重大事故等対処設備として設置する。予備を含む。
	二酸化炭素濃度計	二酸化炭素濃度計	2台	緊急時対策所に重大事故等対処設備として設置する。予備を含む。
	ヨウ素剤	ヨウ素剤	800錠	100名(60名(本部要員38名+余裕)+現場要員40名)×(初日2錠+2日目以降1錠/1日×6日)=800
	照明		1式	

※1 : 4日目以降は除染に対応する。

10

2.(4) 遮蔽設備及び換気設備等設計 (4/4)

○配備する資機材等の保管場所

【凡例】

- 緊急時対策建屋非常用送風機加圧バウンダリ
- 緊急時対策建屋非常用送風機加圧バウンダリ及び緊急時対策所加圧設備加圧バウンダリ
- 資機材の調達経路

【凡例】

- 放射線管理用資機材/その他
- 食料等
- 資料
- 酸素濃度計, 二酸化炭素濃度計
緊急時対策所可搬型エリアモニタ

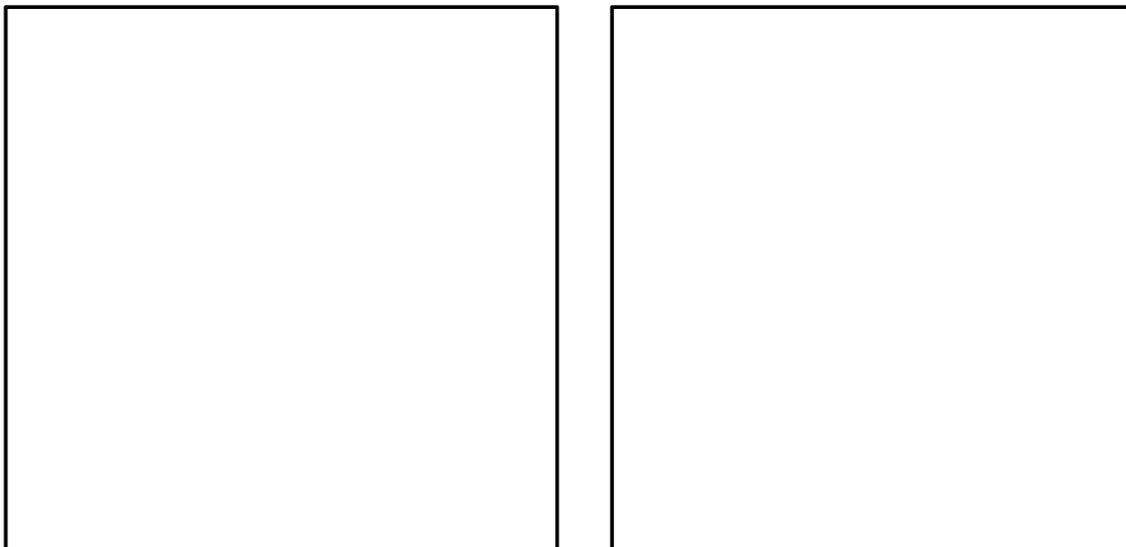


図2-7 資機材等の保管場所

2.(5) チェンジングエリア

設置許可基準規則 第六十一条(緊急時対策所)	対応方針
<p>【解釈】第1項 f)</p> <p>緊急時対策所の外側が放射性物質により汚染したような状況下において、緊急時対策所への汚染の持ち込みを防止するため、モニタリング及び作業服の着替え等を行うための区画を設けること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 緊急時対策所の外側が放射性物質により汚染したような状況下において、汚染の持ち込みを防止するため、モニタリング及び作業服の着替え等を行うための区画を設ける。

表2-4 チェンジングエリアの概要

項目	概要
<p>設置場所</p> <p>緊急時対策建屋 チェンジングエリア</p>	<p>緊急時対策所への汚染持ち込み防止のため、モニタリング及び作業服の着替え等を行うための区画を設ける。</p>
<p>設置形式</p> <p>エリア区画化</p>	<p>設置スペースを区画化する。なお、平常時からシート養生を行うことにより、速やかな設置を実施する。</p>
<p>判断基準</p> <p>手順着手の</p> <p>原災法※第10条特定事象の発生後、放射線管理班長が事象進展(炉心損傷を判断した場合等)、参集済みの要員を考慮して、設置を行うと判断した場合</p>	<p>緊急時対策所の外側が放射性物質により汚染するおそれがある場合。</p>
<p>実施者</p> <p>放射線管理班</p>	<p>速やかに設置できるように定期的に訓練を行っている放射線管理班が行う。</p>

※原子力災害対策特別措置法

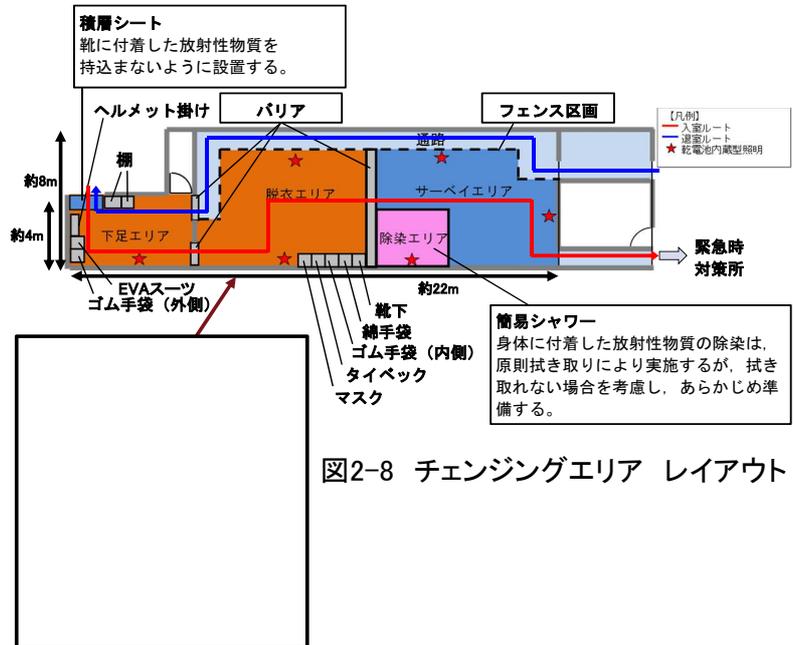


図2-8 チェンジングエリア レイアウト

枠囲いの内容は、商業機密または防護上の観点から公開できません。 12

2.(6) 必要な情報を把握できる設備

設置許可基準規則 第六十一条(緊急時対策所)	対応方針
<p>第1項 二</p> <p>重大事故等に対処するために必要な指示ができるよう、重大事故等に対処するために必要な情報を把握できる設備を設けたものであること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 緊急時対策所には、安全パラメータ表示システム(SPDS)※を設置。

※SPDS: 緊急時において、原子力発電所からプラント状態、放射線レベル等に係る各種運転監視パラメータを原子力規制庁や本店にオンライン伝送することにより、外部からもプラント状態を把握できるシステム。
ERSS: 原子力発電所で事故が発生した場合、SPDSデータから伝送される情報に基づき、事故状態の確認、判断、事故進展を解析・予測するシステム。

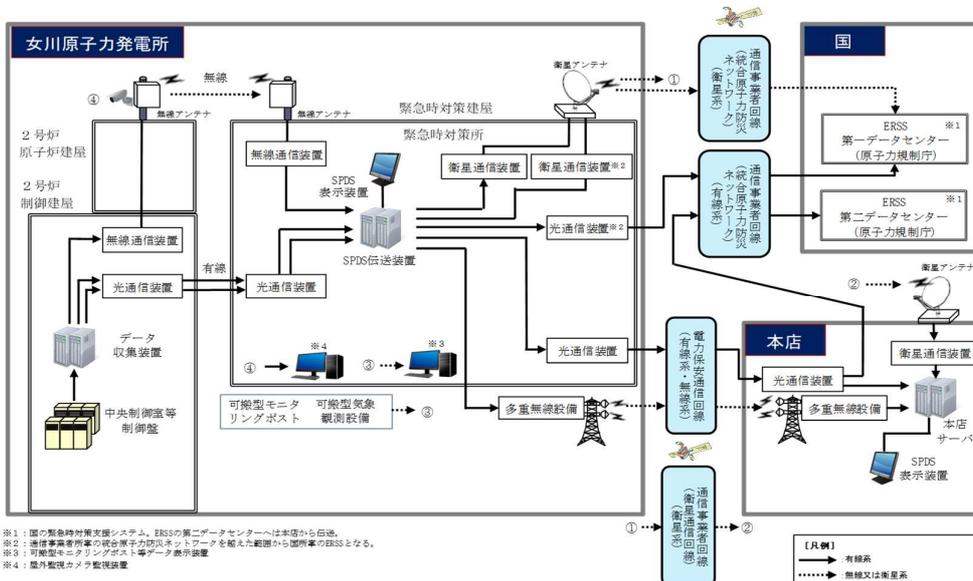


図2-9 安全パラメータ表示システム(SPDS)の概要

2.(7) 通信連絡設備

設置許可基準規則 第六十一条(緊急時対策所)	対応方針
<p>第1項 三 発電用原子炉施設の内外の通信連絡をする必要のある場所と通信連絡を行うために必要な設備を設けたものであること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 緊急時対策所には、重大事故等に対処する発電所内の関係要員に対して必要な指示ができる通信連絡設備を設置。 ● 緊急時対策所には、発電所外の関連箇所と必要な通信連絡を行うための通信連絡設備を設置。

※ 発電所全体としての通信連絡設備の概要は 5. 参考資料【P26～】を参照

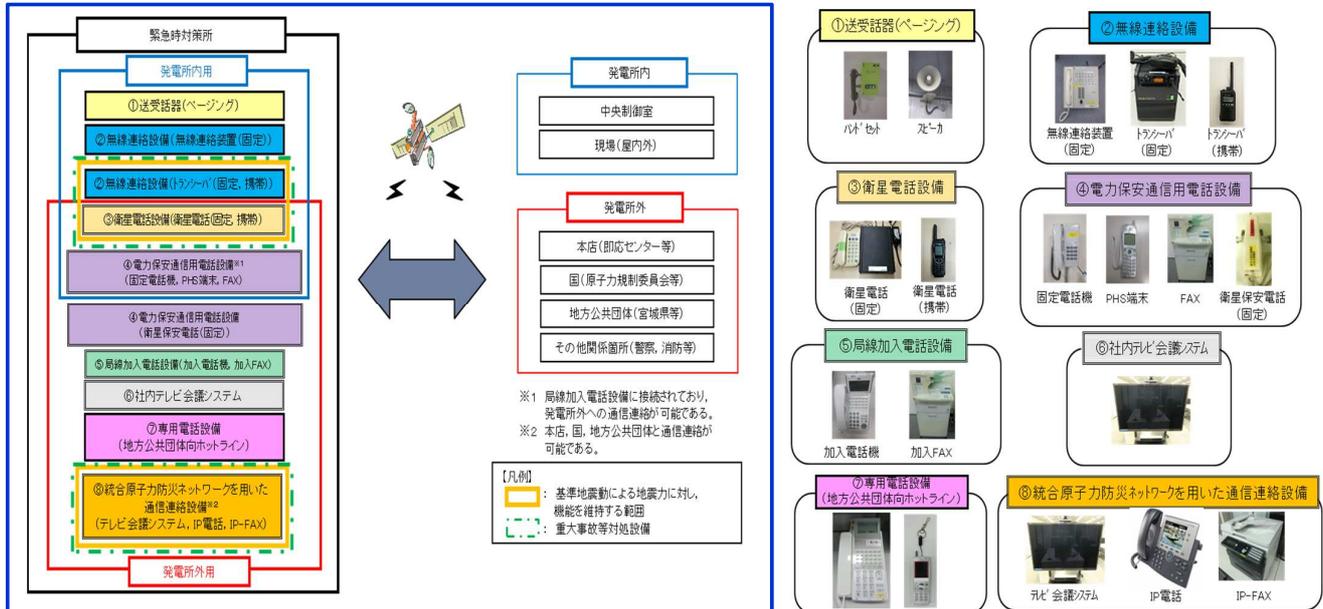


図2-10 緊急時対策所 通信連絡設備の概要

14

2.(8) 緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価について (1/2)

○重大事故等時の緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価に当たっては、「**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 (抜粋)

第76条(緊急時対策所)

e) 緊急時対策所の居住性については、次の要件を満たすものであること。

- ① 想定する放射性物質の放出量等は東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故と同等とすること。
- ② プルーム通過時等に特別な防護措置を講じる場合を除き、対策要員は緊急時対策所内でのマスクの着用なしとして評価すること。
- ③ 交代要員体制、安定よう素剤の服用、仮設設備等を考慮してもよい。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、対策要員の実効線量が7日間で100mSvを超えないこと。

15

2.(8) 緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価について (2/2)

- 緊急時対策所の対策要員の被ばく評価の結果、実効線量は7日間で約0.70mSvであり、対策要員の实効線量が7日間で100mSvを超えないことを確認した。
- 被ばく評価に当たっては、対策要員は7日間緊急時対策所に滞在するものとして実効線量を評価した。考慮した被ばく経路と被ばく経路のイメージを図2-11に示す。

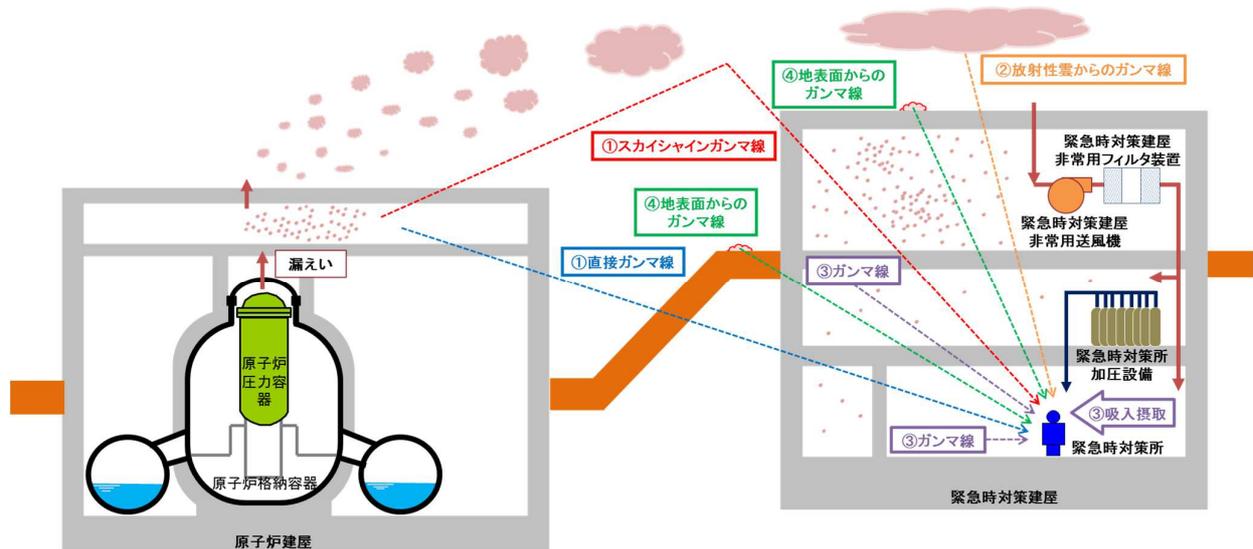


図2-11 緊急時対策所の対策要員の被ばく経路

3. 構造変更の経緯

3.(1) 設計方針の変遷の概要

表3-1 緊急時対策所の設計方針に係る主な経緯

時期	経緯
平成25年12月	女川原子力発電所2号炉の設置変更許可を申請 ・緊急時対策所を3号炉建屋内に設置 ・将来的に設置予定の免震重要棟に移設
平成27年2月	審査会合で当初申請内容を説明
平成27年9月	以下の方針を社内決定 ・3号炉建屋への設置を取り止め、将来設置としていた重要棟に一本化 ・重要棟を免震構造から耐震構造に変更
平成28年3月	審査会合で以下を説明 ・3号炉建屋内の設置を取り止め、将来設置としていた重要棟に一本化
平成28年4月	審査会合で以下を説明 ・重要棟を免震構造から耐震構造に変更
平成28年12月	審査会合で以下を説明※ ・基準地震動Ss-D2(海洋プレート内地震)の見直し(当初申請Ss-2から見直し) ・基準地震動Ss-F1,F2(プレート間地震),D3(海洋プレート内地震)を追加 ・基準地震動Ss-N1(震源を特定せず策定する地震動)を追加
平成29年8月	審査会合で以下を説明※ ・基準地震動Ss-D1(プレート間地震)の見直し(当初申請Ss-1から見直し) ・基準地震動Ss-F3(海洋プレート内地震)を追加

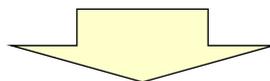
※ 緊急時対策所は、基準地震動に対して機能を維持する必要がある

18

3.(2) 申請時の方針 (1/2)

○女川原子力発電所では、**免震構造と耐震構造**の事務建屋があり、3.11／4.7地震※を経験

○どちらの事務建屋も大きな被害はなく、**地震時の有効性に問題ない**



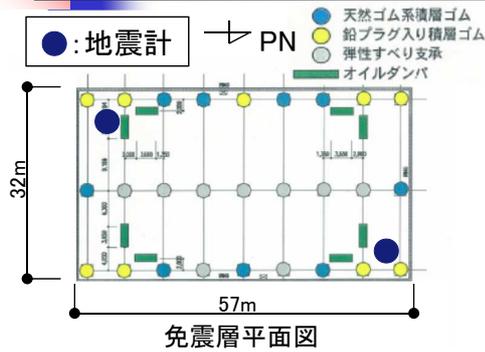
申請時は、以下の点で**免震構造に優位性がある**ものと考えていた。

- 機器について、一般汎用品を採用できる可能性がある
- 耐震構造の主要建屋との、構造的な多様性を図ることができる

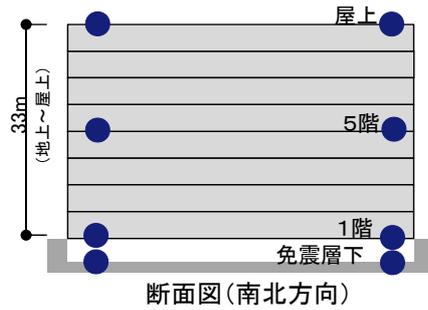
※ 3.11地震:平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震
4.7地震 :平成23年4月7日宮城県沖の地震

19

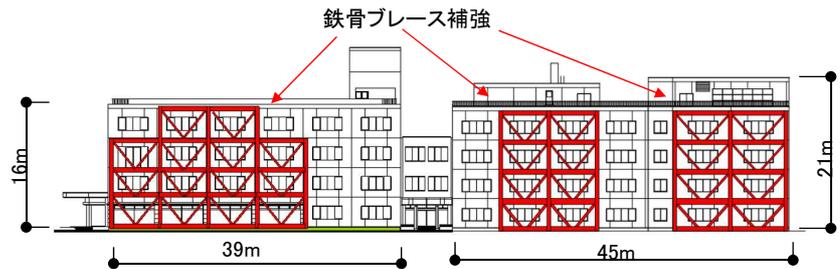
3.(2) 申請時の方針 (2/2)



事務新館	事務本館・別館
免震構造 平成23年10月完成	耐震構造 平成22年3月補強工事済み
3.11,4.7の地震で、どちらも大きな被害なし	



事務新館 地震計配置

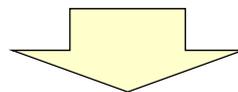


事務本館・別館立面図(東面)

図3-1 女川原子力発電所の事務建屋

3.(3) 設計条件見直しによる検討 (1/2)

- 免震重要棟の当初検討
 - 社内的に構造設計を進めていた段階
 - 免震装置の地震応答解析結果は許容値に対して裕度が少ない状況
- 建屋設計条件の見直し
 - ①建屋・設備の仕様変更等に伴う重量増加
 - 建屋壁厚の増強
 - 空調設備, 通信連絡設備, プラント状態監視設備, 電源設備の耐震化
 - 建屋内の加圧用ポンベ追加
 - ②基準地震動の増大・追加
 - 先行プラントの審査では, 基準地震動の増大や追加の見直しがされており, 女川も見直しが想定される状況



建屋の構造変更も含めた検討

3.(3) 設計条件見直しによる検討 (2/2)

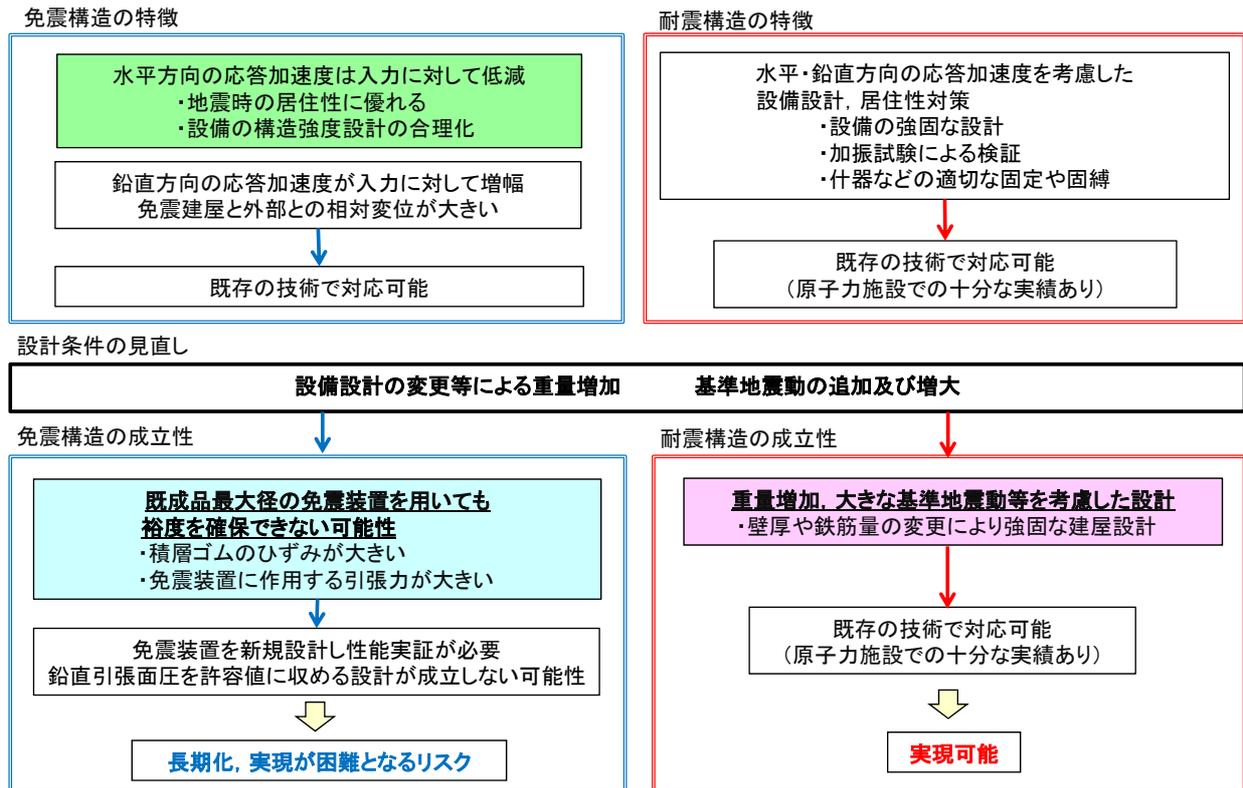


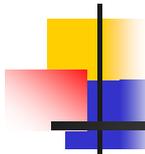
図3-2 免震構造と耐震構造の比較検討

22

3.(4) まとめ

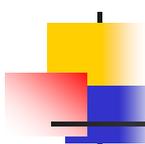
- 免震構造では, 設計条件見直しに対して検討期間の長期化・実現が困難となるリスクがあることから, 原子力施設として実績のある**耐震構造へ見直す**
- 設置場所は免震重要棟の計画のまま, **O.P.+62mの高台**とする
- 建屋構造以外は, **基本的な設計方針を変更しない**
- 免震構造と比べて遜色がない性能**とする
 - ・建屋の耐震性能等に対する評価基準は, 免震構造と同様に基準地震動に対して躯体を短期許容応力度以内に収める設計
 - ・免震構造のメリットを補うための対応
 - ✓設備は, 原子力施設で十分実績のある強固な耐震構造
 - ✓什器の転倒防止措置, 天井ボードを設置しない等により居住性に配慮

23



4. 適合性審査状況

24



4. 適合性審査状況

- 緊急時対策所について、当社はこれまでに3回、審査会合において説明しており、第567回審査会合(平成30年5月8日)において、概ね了承とされた。
- 審査会合での質問・指摘事項は、すべて審査会合で回答済みである。

主な質問・指摘事項	回答
構外への一時退避場所について、柔軟に対応出来るように候補を決めておくなど基本的考え方を説明すること。	構外への一時退避に関する基本的な考え方として、あらかじめ待避場所との候補地として、原子力災害対策支援拠点、宿舎等の当社施設を選定し、退避ルートについても発電所から各候補地まで複数の経路を確保することとする。
休憩用フリースペースにおける配慮について整理し示すこと。	要員が十分に休憩できるよう、静粛性、放射線防護に対して配慮することとし、新たにSPDS室に仮眠するエリアを設けるとともに、対策本部と別の場所に休憩エリアを設置する。休憩する場所はSPDS室の使用を基本とし、プルーム通過中を除き、休憩エリアも使用できることとする。
緊急時対策所を免震構造から耐震構造に方針を変更しているが、その経緯を提示すること。	当初より緊急時対策建屋を設置することにした際、建屋設計条件の見直しの必要性について確認し、検討した結果、構造変更を行った。

25

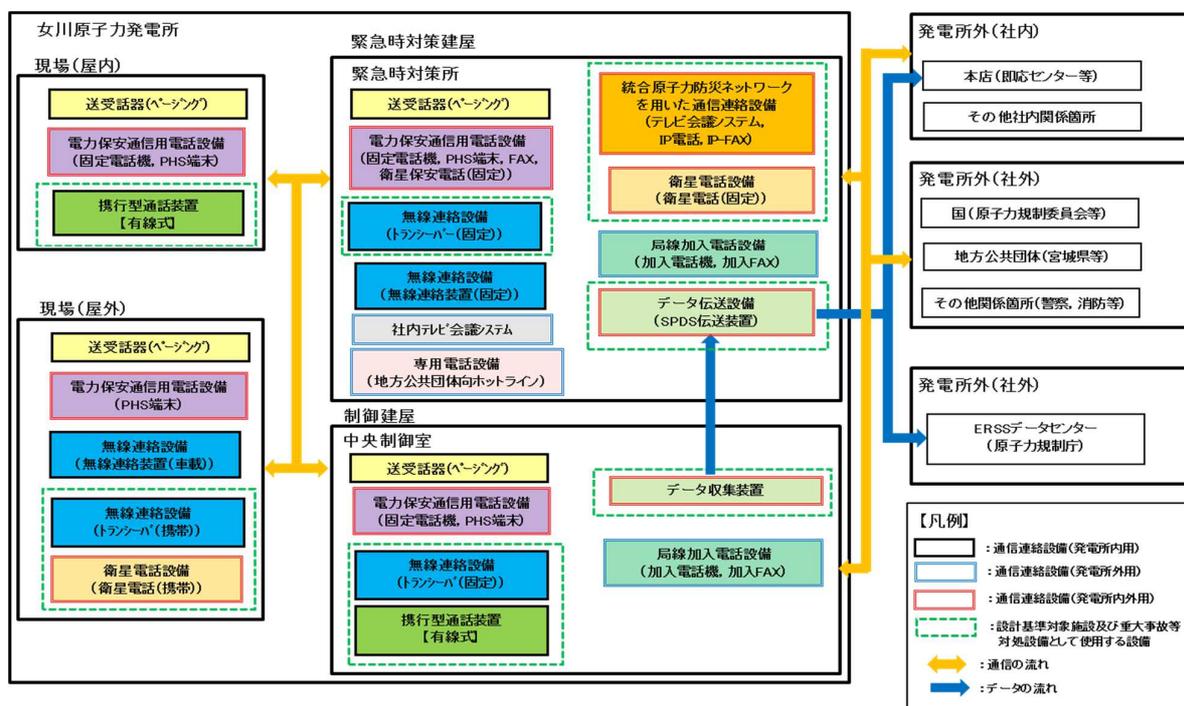
5. 参考資料 《通信連絡設備》

- 5.1 通信連絡設備の概要
- 5.2 基準要求事項
- 5.3 通信連絡設備(発電所内)の概要
- 5.4 通信連絡設備(発電所外)の概要
- 5.5 通信連絡設備(安全パラメータ表示システム(SPDS)及びデータ伝送設備)の概要
- 5.6 適合性審査状況

26

5.1 通信連絡設備の概要

○発電所内及び発電所外の必要な個所と事故時においても通信連絡できるよう、多様性を確保した通信連絡設備を設置する。



27

5.2 基準要求事項 (1/3)

○「**实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**」(以下、「**設置許可基準規則**」という。)および「**实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**」における**通信連絡設備**に関する要求事項。

✓ 「**实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**」第三十五条(通信連絡設備)

設置許可基準規則	対応方針
<p>工場等には、設計基準事故が発生した場合において工場等内の人に対し必要な指示ができるよう、警報装置(安全施設に属するものに限る。)及び多様性を確保した通信連絡設備(安全施設に属するものに限る。)を設けなければならない。</p> <p>【解釈】 1 第1項に規定する「通信連絡設備」とは、原子炉制御室等から人が立ち入る可能性のある原子炉建屋、タービン建屋等の建屋内外各所の者への操作、作業又は退避の指示等の連絡を、ブザー鳴動等により行うことができる装置及び音声により行うことができる設備をいう。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 発電所内で必要な操作、作業又は退避の指示等の連絡を行うことができる設備として、警報装置及び多様性を確保した通信連絡設備を設置する。【P31】 ● 緊急時対策所に安全パラメータ表示システム(SPDS)を設置する。【P35】

(注)「**实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**」第四十七条(警報装置等)の第4項及び第5項は、「**实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**」第三十五条(通信連絡設備)の第1項及び第2項と同等の内容なため、記載を省略する。

28

5.2 基準要求事項 (2/3)

✓ 「**实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**」第三十五条(通信連絡設備)

設置許可基準規則	対応方針
<p>2 工場等には、設計基準事故が発生した場合において発電用原子炉施設外の通信連絡をする必要がある場所と通信連絡ができるよう、多様性を確保した専用通信回線を設けなければならない。</p> <p>【解釈】 2 第2項に規定する「通信連絡をする必要がある場所と通信連絡ができる」とは、所外必要箇所への事故の発生等に係る連絡を音声により行うことができる通信連絡設備、及び所内(原子炉制御室等)から所外の緊急時対策支援システム(ERSS)等へ必要なデータを伝送できる設備を常時使用できることをいう。</p> <p>3 第2項に規定する「多様性を確保した専用通信回線」とは、衛星専用IP電話等、又は発電用原子炉設置者が独自に構築する専用の通信回線若しくは電気通信事業者が提供する特定顧客専用の通信回線等、輻輳等による制限を受けることなく使用できるとともに、通信方式の多様性(ケーブル及び無線等)を備えた構成の回線をいう。</p> <p>4 第35条において、通信連絡設備については、非常用所内電源系又は無停電電源に接続し、外部電源が期待できない場合でも動作可能でなければならない。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 発電所外の必要箇所へ連絡を行うことができる設備として、通信連絡設備(発電所外)を設置する。【P32～34】 ● 通信連絡に使用する回線は多様性を確保した専用通信回線に接続し、輻輳等による制限を受けることなく常時使用できる設計とする。 【音声伝送:P32～34, データ伝送:P35】 ● 緊急時対策支援システム(ERSS)等へ必要なデータを伝送できる設備を設置する。【P35】 ● 通信連絡設備については、非常用所内電源設備又は無停電電源装置(充電器等を含む。)に接続し、外部電源が期待できない場合でも動作可能な設計とする。

29

5.2 基準要求事項 (3/3)

- ✓ 「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」第六十二条
(通信連絡を行うために必要な設備)

設置許可基準規則	対応方針
<p>発電用原子炉施設には、重大事故等が発生した場合において当該発電用原子炉施設の内外の通信連絡をする必要のある場所と通信連絡を行うために必要な設備を設けなければならない。</p> <p>【解釈】 1 第62条に規定する「発電用原子炉施設の内外の通信連絡をする必要のある場所と通信連絡を行うために必要な設備」とは、以下に掲げる措置又はこれと同等以上の効果を有する措置を行うための設備をいう。 a) 通信連絡設備は、代替電源設備(電池等の予備電源設備を含む。)からの給電を可能とすること。</p>	<p>● 重大事故等時に使用する通信連絡設備は、常設代替交流電源設備、緊急時対策所用代替交流電源設備、充電式電池又は乾電池から給電が可能な設計とする。</p>

(注)「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」第七十七条(通信連絡を行うために必要な設備)は、「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」第六十二条(通信連絡を行うために必要な設備)と同等の内容なため、記載を省略する。

30

5.3 通信連絡設備(発電所内)の概要

設置許可基準規則 第三十五条第1項関連

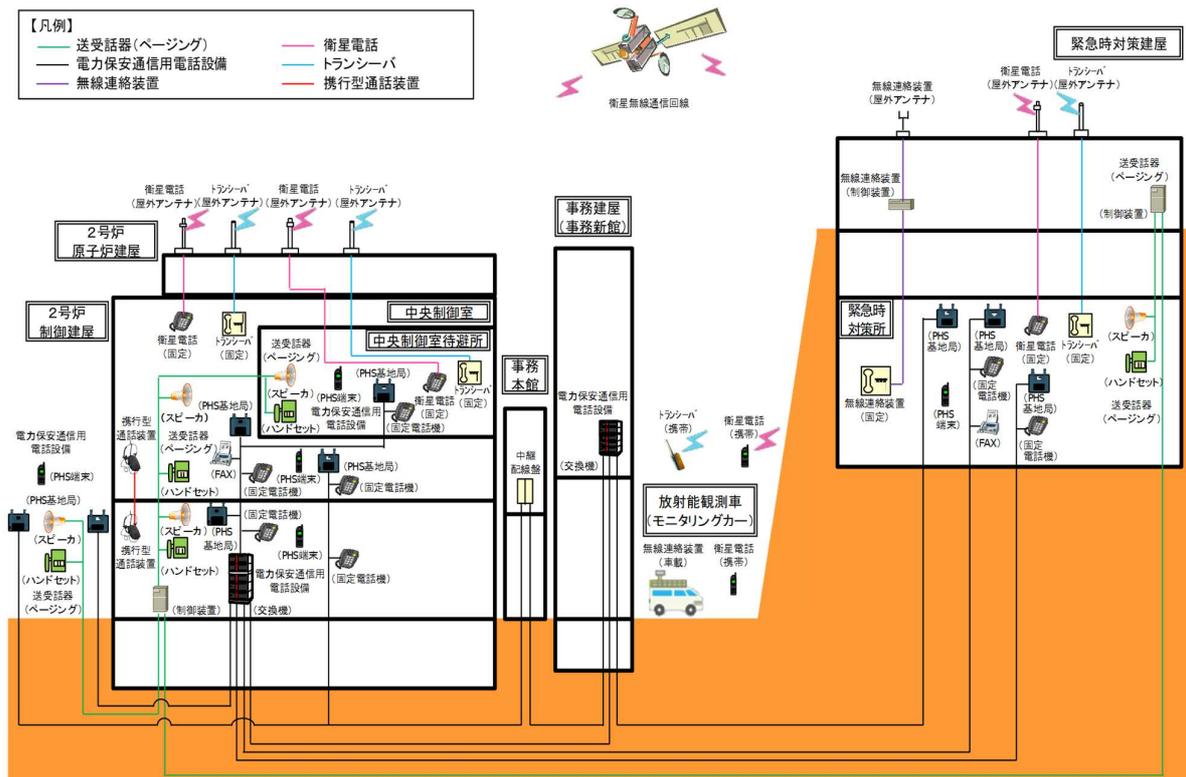


図5.3-1 通信連絡設備(発電所内)の概要

31

5.4 通信連絡設備(発電所外)の概要(1/3)

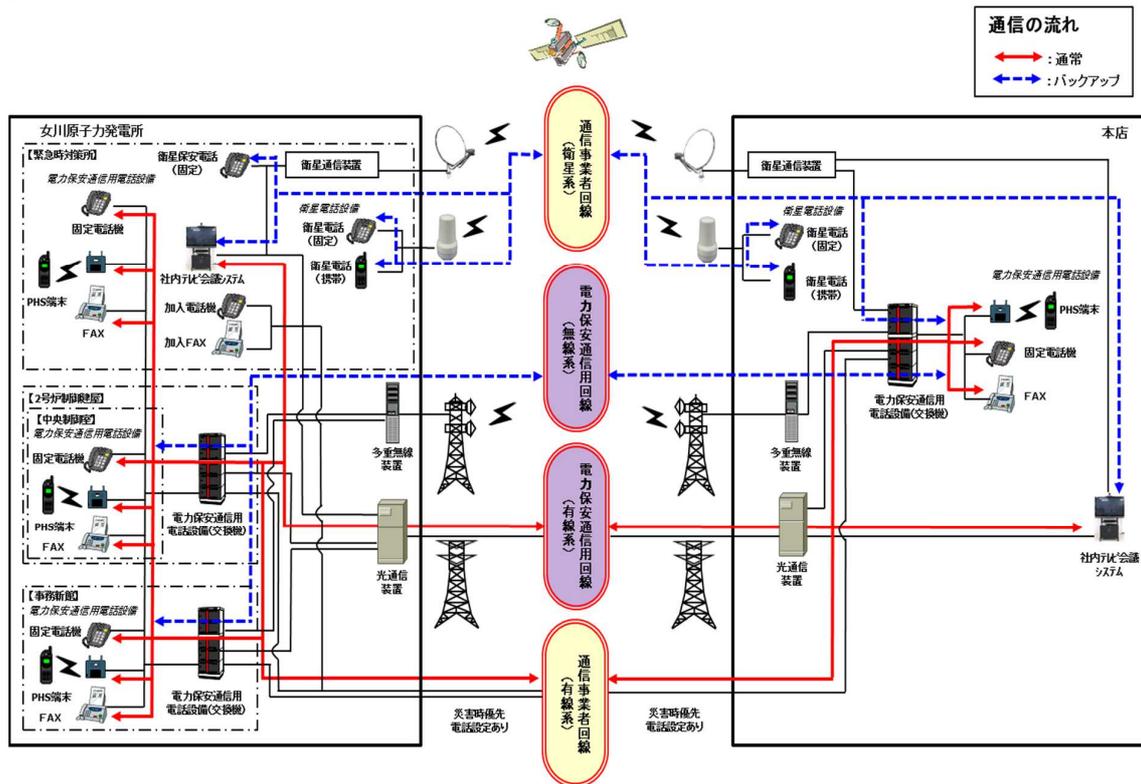
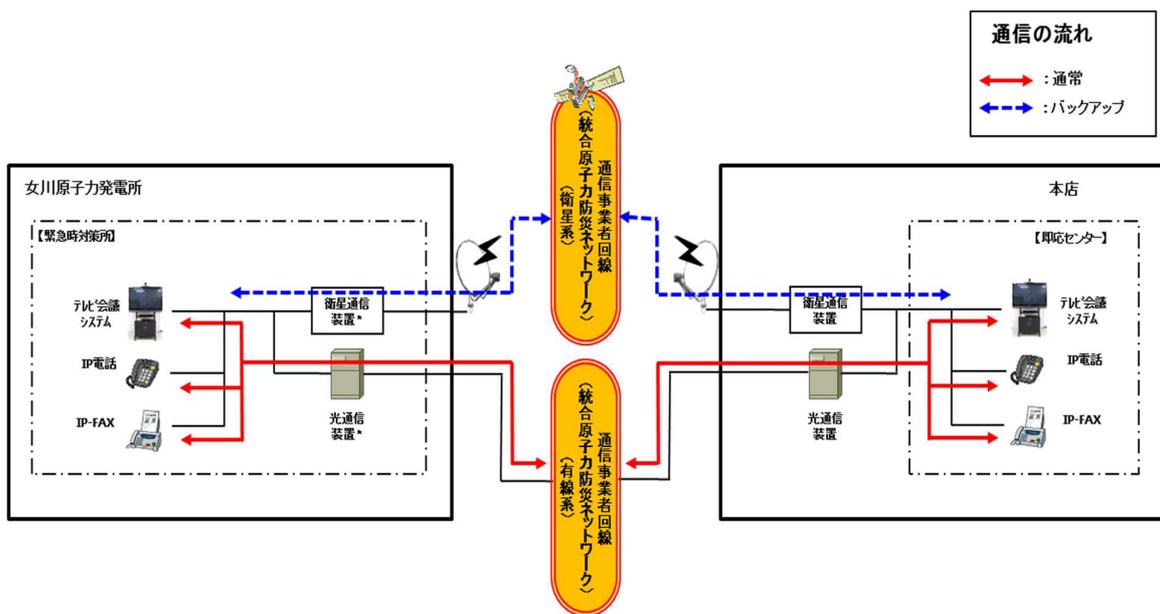


図5.4-1 通信連絡設備(発電所外[社内関係箇所])の概要(その1)

5.4 通信連絡設備(発電所外)の概要(2/3)



* 通信事業者所掌の統合原子力防災ネットワークを越えた範囲から国、地方公共団体所掌の通信連絡設備となる。

図5.4-2 通信連絡設備(発電所外[社内関係箇所])の概要(その2)

5.6 適合性審査状況

- 通信連絡設備について、当社はこれまでに3回、審査会合において説明しており、第567回審査会合(平成30年5月8日)において、概ね了承とされた。
- 審査会合での質問・指摘事項は、すべて審査会合で回答済みである。

主な質問・指摘事項	回答
本店に対するデータ転送について多様性の確保を含めて再検討すること。	本店へのデータ伝送は電力保安通信回線(有線系、無線系)による多様性を有する回線で伝送する設計としていたが、地震時においても本店へのデータ伝送が可能となるよう、通信事業者回線(衛星系)を新たに追加し、地震時においても本店へのデータ伝送が可能となるよう設計の見直しを行った。
携行型通話装置について、重大事故時の運用について整理し示すこと。	携行型通話装置は、電力保安通信用電話設備及び送受話器(ページング)が使用できない場合においても、所内(建屋内)の必要な通信連絡を行うことが可能な設計とする。なお、使用する常設の専用通信線及び専用接続箱は基準地震動S _s で機能維持できる設計とする。

【関連質問への回答】

新規制基準適合性審査申請

<(9)事故対応の基盤整備>

緊急時対策所

2019年4月23日

東北電力株式会社

枠囲いの内容は、商業機密または防護上の観点から公開できません。

All rights reserved. Copyrights © 2019, Tohoku Electric Power Co., Inc.

1. (1) 緊急時対策所の概要

第15回資料再掲

○大規模な原子力災害が発生した場合の現地対策本部となる指揮所機能。新規制基準では、指揮所機能を強化するため、中央制御室以外の場所に設置することとされている。



✓ 本部要員は故障・トラブル等の初動対応が発生した場合は、事務新館の対策室に集合して情報収集し、必要に応じて通報連絡対応を実施する。



✓ 「原子力災害対策特別措置法第10条第1項」に基づく通報をすべき状態等、重大事故が発生するおそれがある場合に、緊急時対策所を立上げる。

図1-1 緊急時対策所 断面図

枠囲いの内容は、商業機密または防護上の観点から公開できません。

1. (2) 設計方針の変遷の概要

表3-1 緊急時対策所の設計方針に係る主な経緯

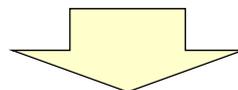
時期	経緯
平成25年12月	女川原子力発電所2号炉の設置変更許可を申請 ・緊急時対策所を3号炉建屋内に設置 ・将来的に設置予定の免震重要棟に移設
平成27年2月	審査会合で当初申請内容を説明
平成27年9月	以下の方針を社内決定 ・3号炉建屋への設置を取り止め、将来設置としていた重要棟に一本化 ・重要棟を免震構造から耐震構造に変更
平成28年3月	審査会合で以下を説明 ・3号炉建屋内の設置を取り止め、将来設置としていた重要棟に一本化
平成28年4月	審査会合で以下を説明 ・重要棟を免震構造から耐震構造に変更
平成28年12月	審査会合で以下を説明※ ・基準地震動Ss-D2(海洋プレート内地震)の見直し(当初申請Ss-2から見直し) ・基準地震動Ss-F1、F2(プレート間地震)、D3(海洋プレート内地震)を追加 ・基準地震動Ss-N1(震源を特定せず策定する地震動)を追加
平成29年8月	審査会合で以下を説明※ ・基準地震動Ss-D1(プレート間地震)の見直し(当初申請Ss-1から見直し) ・基準地震動Ss-F3(海洋プレート内地震)を追加

※ 緊急時対策所は、基準地震動に対して機能を維持する必要がある

2

1. (3) 設計見直しの検討について

- 免震重要棟の当初検討
 - 社内的に構造設計を進めていた段階
 - 免震装置の地震応答解析結果は許容値に対して裕度が少ない状況
- 建屋設計条件の見直し
 - ①建屋・設備の仕様変更等に伴う重量増加
 - 建屋壁厚の増強
 - 空調設備、通信連絡設備、プラント状態監視設備、電源設備の耐震化
 - 建屋内の加圧用ポンペ追加
 - ②基準地震動の増大・追加
 - 先行プラントの審査では、基準地震動の増大や追加の見直しがされており、女川も見直しが想定される状況



建屋の構造変更も含めた検討

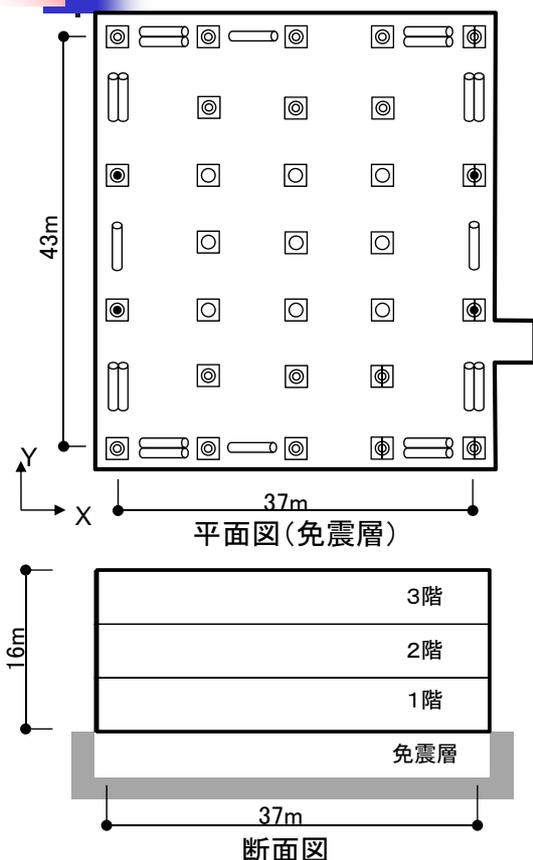
3

2. 検討会における指摘事項

○建物構造を「免震」から「耐震」に変更した経緯・理由について、構造変更による設備への影響の観点や先行他社の構造変更との関係性も含めて、詳細に説明して欲しい。(第15回:長谷川委員、鈴木委員、栗田委員)

4

3. (1)免震重要棟の当初検討 (1/3)



➤ 構造概要

○免震重要棟の当初検討では基準地震動の増大・追加を想定し、免震装置の特性のばらつきを考慮した地震応答解析により、免震構造の裕度について検討していた。

【凡例】

- ◎ 天然ゴム系積層ゴム(Φ1500)
- ⊕ 天然ゴム系積層ゴム(Φ1400)
- ⊙ 鉛プラグ入り積層ゴム(Φ1500)
- ⊖ 鉛プラグ入り積層ゴム(Φ1400)
- すべり支承
- オイルダンパー

【固有周期】

水平方向:約4秒
鉛直方向:約0.06秒

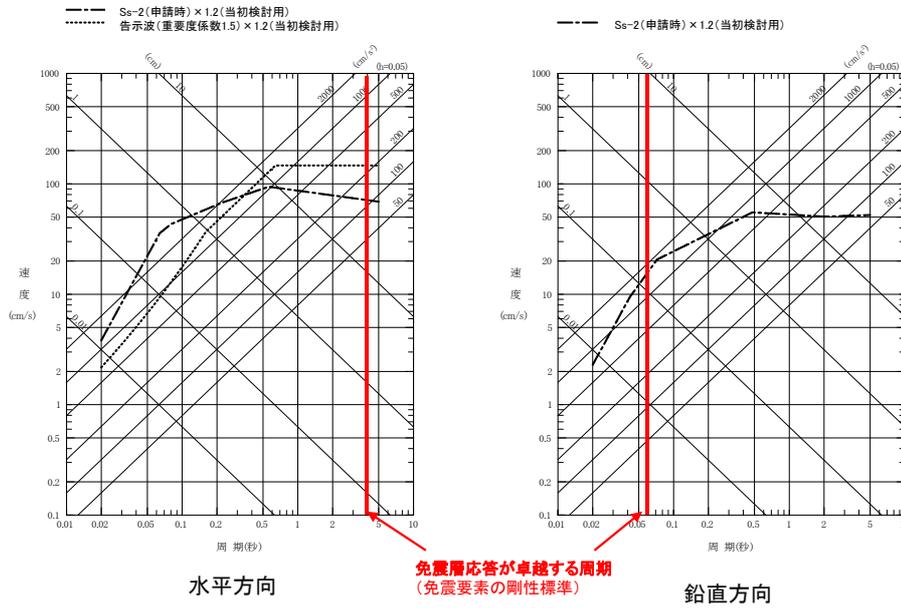
5

3. (1)免震重要棟の当初検討 (2/3)

➤ 検討用地震動

- ・免震重要棟設置地盤の特性を踏まえて申請時の基準地震動 S_s-2 から入力地震動を算定
- ・また、免震構造の特性を踏まえ長周期成分が卓越する告示波 $\ast 1$ を入力地震動に設定
- ・免震重要棟の当初検討では基準地震動の増大・追加の可能性等を考慮して入力地震動を1.2倍

(参考資料P.14参照)



免震重要棟の当初検討用地震動

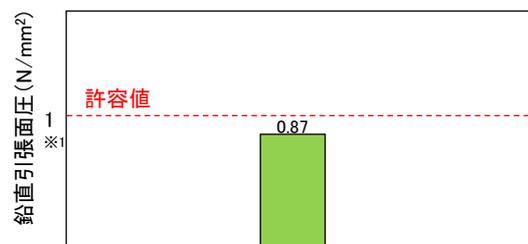
$\ast 1$: 告示波は新規制基準適合上必須ではないものの、建設省告示第1461号による極めて稀に発生する地震動レベル(一般免震建物向け)に重要度係数1.5を考慮して設計用として設定。なお、基準地震動 S_s は女川サイトの硬質な地盤(せん断波速度1500m/s)を踏まえて設定していることにに対し、告示波は一般的な地盤(せん断波速度400m/s以上)で設定される地震動である。

6

3. (1)免震重要棟の当初検討 (3/3)

➤ 免震装置の応答解析結果

- 免震要素のばらつきを考慮(標準剛性、剛性大、剛性小)
- $S_s-2 \times 1.2$ は水平1方向+鉛直方向、告示波 $\times 1.2$ は水平1方向の組合せで検討
- 免震装置の地震応答解析結果は許容値に対して裕度が少ない状況



免震重要棟の当初検討における 免震装置の応答解析結果

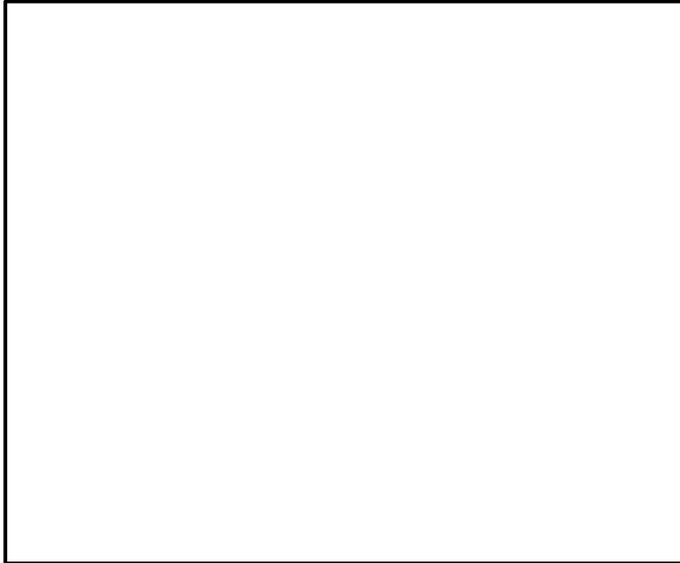
$\ast 1$: 免震構造の試評価及び試設計例(独)JNES, 2014)における設計目標

7

3. (2)建屋設計条件の見直し (1/2)

①建屋・設備の仕様変更等に伴う重量増加

上部重量が、当初検討時の約1.3倍に増加



枠囲いの内容は、商業機密または防護上の観点から公開できません。

○空調・電源設備等の耐震化

加振試験による検証だけでなく、
従来と同様の構造強度計算が必要
一般汎用品の採用
⇒原子力設備として実績のある機器
の採用

○建屋壁厚の増強

重大事故の発生想定を変更し、
遮へい能力を強化
申請号機(運転中)、他号機(停止中)
⇒全号機(運転中)

○加圧ポンベの追加

放射性物質放出継続時間10時間のうち、
1時間:ポンベ加圧、他:空調機加圧
⇒10時間ポンベ加圧※
(実配備は12時間分)

※放射性物質の取り込みによる線量影響を低減さ
せるため、全時間ポンベ加圧に変更

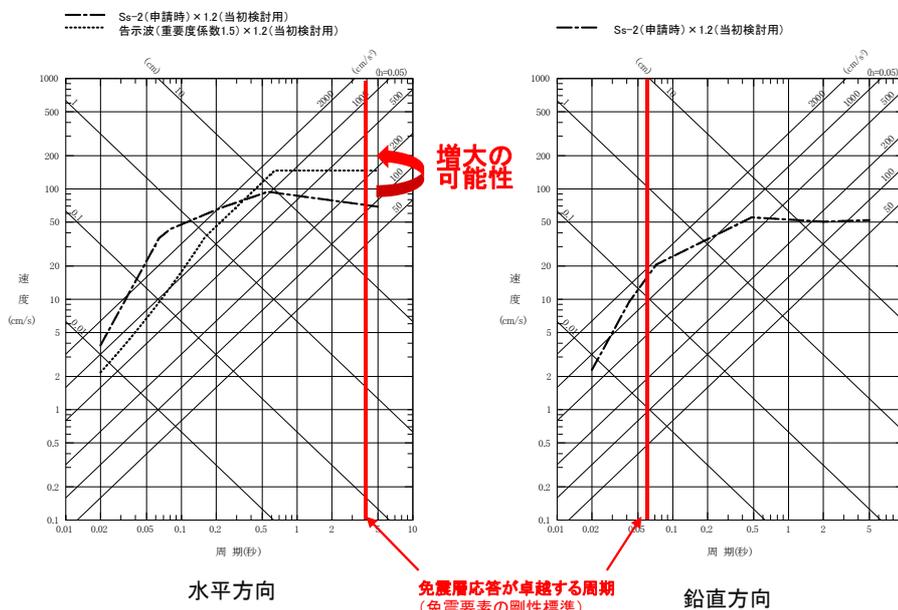
3. (2)建屋設計条件の見直し (2/2)

②基準地震動の増大・追加

- 先行プラントの審査では、基準地震動の増大や追加の見直しがされており、女川も見直しが想定された。
- 特に、固有周期が長周期側にある免震構造の安全性・信頼性を高めるために新たな基準地震動の追加も想定された。

(参考)免震構造として審査を受けた先行サイトでは免震重要棟設計用基準地震動(周期2秒以上:200cm/s)が追加

(参考資料P.14、15参照)



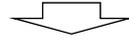
免震重要棟の当初検討用地震動

3. (3)機器設計条件の見直し

空調設備、通信連絡設備、プラント状態監視設備、電源設備の設計条件の見直し

当初設計(免震構造時)

建屋の水平方向の揺れ(加速度)を大幅に低減できることから、一般汎用品でも基準地震動に対する機能維持が可能と判断。



先行プラントの審査

先行プラントの緊急時対策所の基準適合性審査において、建屋が免震構造で、水平方向の応答加速度が大幅に低減されたとしても、建屋内に設置される設備(一般汎用品)に対する耐震性については、従来と同様に構造強度評価結果を示すことが必須の状況になっていた。

また、加振試験での検証によって設備の耐震性を示すことを想定していたが、加振試験のみでは当該設備(一般汎用品)の構造強度計算に必要なデータを整備することは困難であることが分かった。



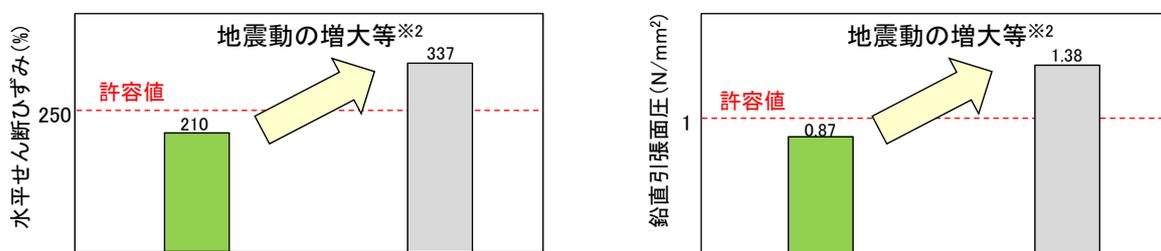
見直し後(耐震構造時)

基準地震動に対して機能維持ができる耐震性を確保した、原子力設備として構造強度の実績のある機器に変更。

10

4. 免震構造による設計成立の見通し

○免震構造において、設計条件の見直しとして、基準地震動の増大・追加や重量増、原子力施設で考慮の必要な多方向(水平2方向および鉛直方向)の組合せの影響等に対する試算を行った結果、既製品最大径^{※1}の免震装置を採用しても許容値を超過し採用できない結果となった。



免震重要棟の当初検討に基づく試算

※1: 試算においてはφ1800を考慮。免震構造による設計成立には、既製サイズを超える免震装置を新規設計し性能実証(検討長期化・実現困難)が必要

※2: 当初検討以降の基準地震動の増大・追加の可能性、重量増、水平2方向考慮等の追加を加味
・地震動増 約1.25倍
・重量増による慣性力増 約1.3倍
・多方向(水平2方向および鉛直方向)の組合せ考慮による増 約1.4倍
・既製品最大径の免震装置採用による減 約0.7倍

11

5. 先行他社の状況について

- 先行他社においても免震構造から耐震構造へ変更されているサイトがあり、女川サイトとの直接的な関係はないが、地震力の増大に伴い免震装置の応答値が許容値を超過する等により成立の見通しが得られないという点は共通となっている。
- 設計条件の整理にあたっては、先行プラントの審査において基準地震動の増大や追加の見直しがされていたことを踏まえ、女川も同様の見直しが想定されるとして検討した。

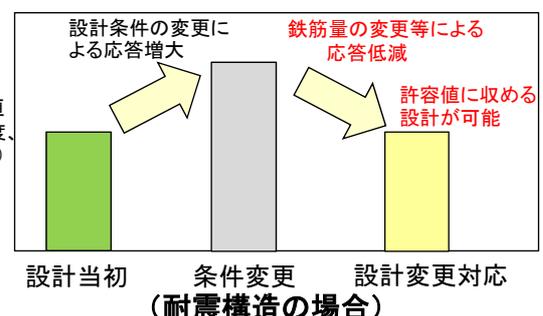
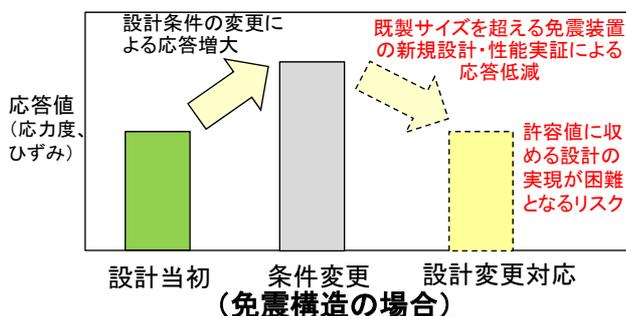
プラント	変更前	変更後	設置変更許可時期	構造に係る主な変更理由
川内1,2号	耐震(新設) 免震(将来新設)	耐震(新設)	平成29年4月	地震力の増大等に対し成立の見通しが得られない
玄海3,4号	耐震(新設) 免震(将来新設)	耐震(新設)	平成29年1月	地震力の増大等に対し成立の見通しが得られない
伊方3号	免震(既設)	耐震(新設)	平成27年7月	地震力の増大等に対し成立の見通しが得られない
大飯3,4号	耐震(既設)	耐震(新設)	— (審査中)	—
高浜1,2号	耐震(新設)	—	平成28年4月	—
高浜3,4号	耐震(既設)	耐震(新設)	平成28年4月	—
美浜3号	耐震(新設)	—	平成28年10月	—
柏崎刈羽 6,7号	免震(既設)	耐震(既設)	平成29年12月	地震力の増大等に対し成立の見通しが得られない
東海第二	耐震(新設)	—	平成30年9月	—
女川2号	耐震(既設) 免震(将来新設)	耐震(新設)	— (審査中)	地震力の増大等に対し成立の見通しが得られない

※他サイトの情報に係る記載内容については、公開資料を基に弊社の責任において独自に解釈したものです。
 ※女川サイトの基準地震動は構造変更のあった他サイトと比べ大きい傾向(最大加速度は、川内1、2号、玄海3、4号、伊方3号より大きく、柏崎刈羽6、7号と同程度)

12

6. 耐震構造への変更について

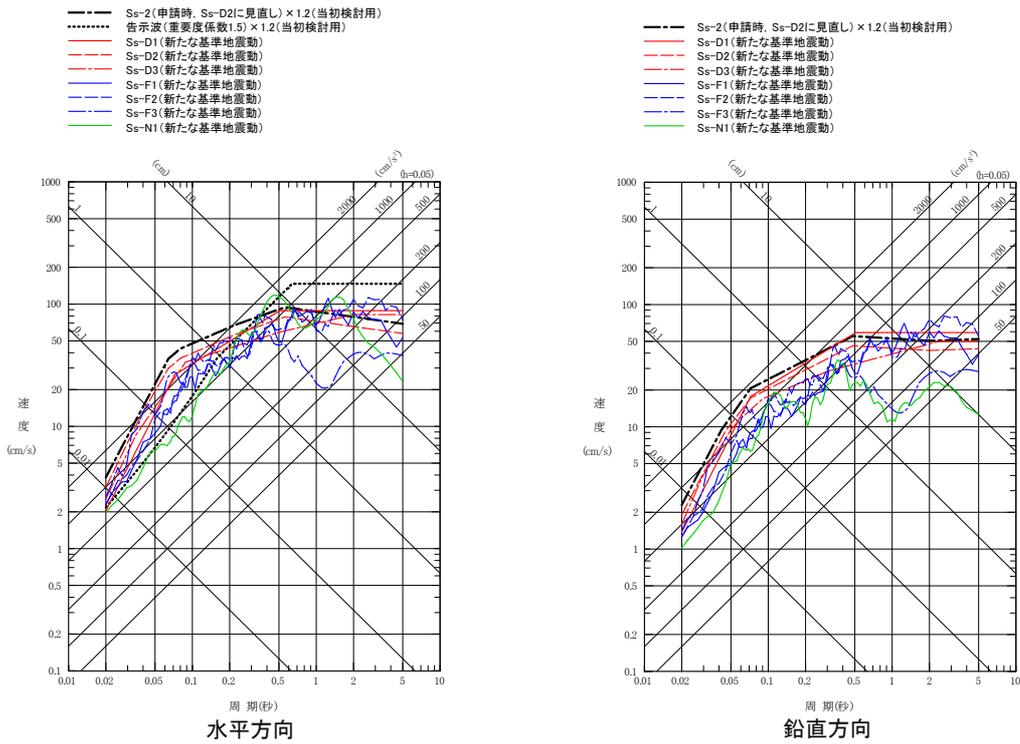
- 免震構造では、設計条件見直しに対する試算の結果、既製品最大径の免震装置では成立しないこと、免震装置の新規設計は検討期間の長期化・実現が困難となるリスクがあることから、原子力施設として実績があり、設計条件の変更に対して壁厚や鉄筋量の変更により確実に対応可能な**耐震構造へ見直した。**
- 建屋構造以外は、**基本的な設計方針を変更しない。**
- 構造変更による緊急時対策所の機能への影響については、一般的な免震構造によるメリット(建屋の水平方向の加速度を大幅に低減)を補う対応をするとともに、十分な**安全性を確保した設計とする。**
 - ・設置場所は免震重要棟の計画のまま、O.P.+62mの高台とする
 - ・建屋の耐震性能等に対する評価基準は、地震後も大規模修繕等の必要なく継続使用できるよう、基準地震動に対して躯体を短期許容応力度以内に収める設計
 - ・一般的な免震構造のメリットを補うための対応
 - ✓設備は、原子力施設で十分実績のある強固な耐震構造
 - ✓什器の転倒防止措置、天井ボードを設置しない等により居住性に配慮



設計変更対応のイメージ

13

(参考) 基準地震動(現状)及び免震重要棟の当初検討用地震動

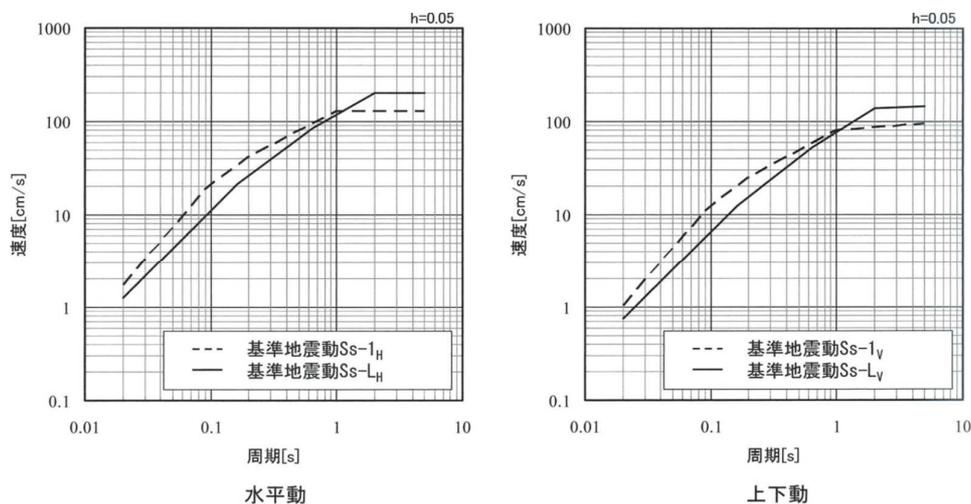


基準地震動(現状)及び免震重要棟の当初検討用地震動

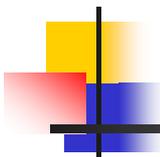
(参考) 先行サイトの免震重要棟設計用基準地震動の例

免震重要棟設計用基準地震動Ss-L

基準地震動Ss-Lの設計用応答スペクトル



※原子力規制委員会平成26年5月23日第114回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合資料より抜粋

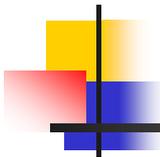


【関連質問への回答】
新規制基準適合性審査申請
＜(9)事故対応の基盤整備＞
緊急時対策所

令和元年8月30日
東北電力株式会社

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。

All rights reserved. Copyrights © 2019, Tohoku Electric Power Co., Inc.



1. 緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価
について

重大事故等対処施設

(9)事故対応の基盤整備－緊急時対策所（第15回関連質問への回答）

【関連質問】

- 緊急時対策所の被ばく評価について、評価の前提条件や実効線量の算出方法等、詳細に説明して欲しい。（第15回）

- 緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価では、放射性物質の放出量等は東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所事故と同等として評価している。（プラントの出力比で換算）
- 放射性物質の拡散については、中央制御室の居住性に係る被ばく評価と同様の手法で評価しており、放出点の周囲にある建物と風による巻き込みの影響を考慮した。
- 以降に、評価の前提条件や実効線量の算出方法等について回答を示す。

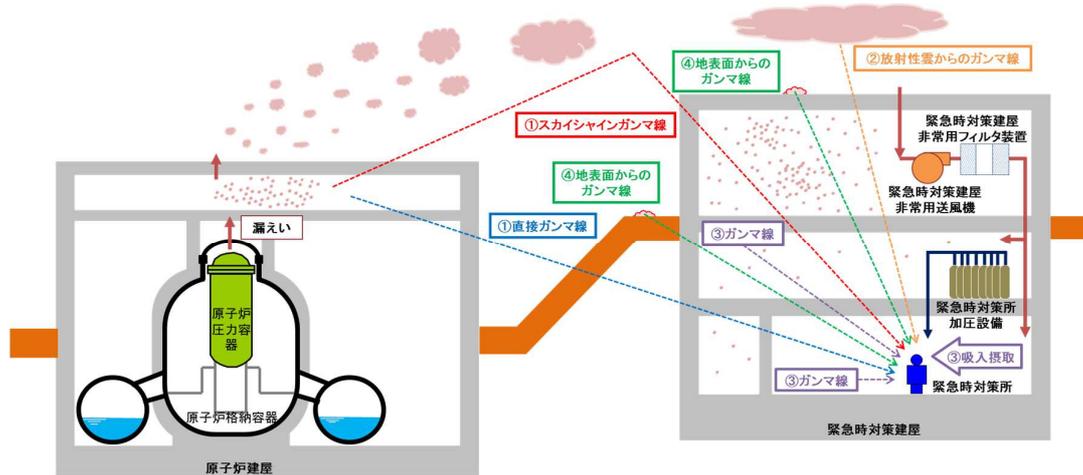


図1 緊急時対策所における被ばく経路イメージ

2

重大事故等対処施設

(9)事故対応の基盤整備－緊急時対策所（第15回関連質問への回答）

放射性物質の放出および拡散に係る評価条件を以下に示す。

表1 緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価における主な評価条件

項目	評価条件	項目	評価条件
評価号炉	女川2号炉	放射性物質の拡散	大気拡散評価モデル ガウスブルームモデル ^{※3}
評価事象	東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所事故と同等の状態を想定	気象資料	女川原子力発電所における1年間の気象データ（2012年1月～12月）
評価対象核種	希ガス類、ヨウ素類、Cs類、Te類、Ba類、Ru類、Ce類及びLa類を考慮（65核種）	実効放出継続時間	10時間
運転時間 ^{※1} （()内は燃焼度）	1サイクル：10,000時間（約11GWd/t） 2サイクル：20,000時間（約22GWd/t） 3サイクル：30,000時間（約33GWd/t） 4サイクル：40,000時間（約44GWd/t） 5サイクル：50,000時間（約55GWd/t）	放出源及び放出源高さ	・原子炉建屋：地上0m
燃料装荷割合 ^{※2}	1～4サイクル：各々0.229 5サイクル：0.084	遮蔽	評価モデル 建屋の遮蔽壁をモデル化
放射性物質の大気中への放出割合	希ガス類：97% よう素類：2.78%（粒子状：95%，無機よう素：4.85%，有機よう素：0.15%） Cs類：2.13% Te類：1.47% Ba類：0.0264% Ru類：7.53×10 ⁻⁸ % Ce類：1.51×10 ⁻⁴ % La類：3.87×10 ⁻⁵ %	対策要員の防護措置	緊急時対策所換気設備 【風量】 ・事故発生～168時間後：1000m ³ /h 【チャコールフィルタ除去能力】 ・無機よう素，有機よう素：1/400 【高性能エアフィルタ除去能力】 ・粒子状放射性物質：1/10000 緊急時対策所加圧設備 放出開始から10時間は、ポンベにより緊急時対策所内を加圧することで、室内への放射性物質の取り込みが無いものとして評価
放出開始時刻	事故発生から24時間後	マスクの着用	評価上は期待しないものとした
放出継続時間	10時間	交代要員体制	評価上は期待しないものとした

※1 1サイクル13ヶ月（395日）を考慮して、燃料の最高取出燃焼度に余裕を持たせ長めに設定
 ※2 取替炉心の燃料装荷割合に基づき設定
 ※3 平常運転時及び事故時における放出放射能の大気拡散の評価方法が定められている「発電用原子炉の安全解析に関する気象指針」において適用しているモデル

3

重大事故等対処施設

(9)事故対応の基盤整備－緊急時対策所（第15回関連質問への回答）

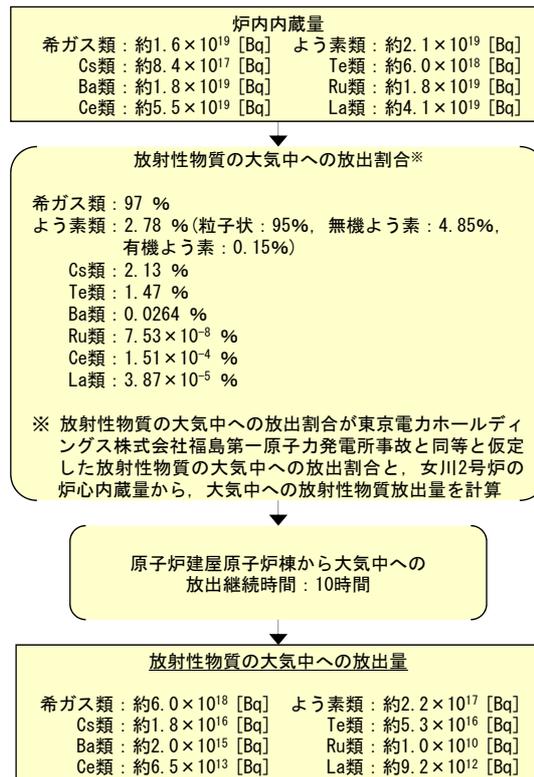


図2 放射性物質の大気放出過程

4

重大事故等対処施設

(9)事故対応の基盤整備－緊急時対策所（第15回関連質問への回答）

放射性物質の放出量について(炉内内蔵量と大気中への放出割合)

- 大気中へ放出される放射性物質の放出量を表2に示す。評価にあたっては、福島第一原子力発電所事故と同等の状態を想定して評価した。(放出経路は図2参照)
- なお、参考までに福島第一事故における放出量との比較を記載する。

表2 大気中への放出放射能量

核種グループ	炉内内蔵量[Bq]	放出放射能量[Bq]		比率 (女川/福島第一)	差異の考察
		女川2号炉	(参考)福島第一事故(1～3号炉)の総放出量※		
希ガス類	約 1.6×10^{19}	約 6.0×10^{18}	約 3.1×10^{19}	約1/5	・原子炉の熱出力の相違 ・大気中に放出されるまでに24時間閉じ込めることによる減衰効果の相違
よう素類	約 2.1×10^{19}	約 2.2×10^{17}	約 1.8×10^{18}	約1/8	
Cs類	約 8.4×10^{17}	約 1.8×10^{16}	約 3.9×10^{16}	約1/2	

※「拡散シミュレーションの試算結果(総点検版)」(原子力規制庁, 平成24年12月)より引用

5

重大事故等対処施設

(9)事故対応の基盤整備－緊急時対策所（第15回関連質問への回答）

生体遮蔽装置について

- 原子炉建屋内の放射性物質や、屋外に放出された放射性物質からの放射線に対しては、原子炉建屋や制御建屋のコンクリート壁による遮蔽の効果を見込んで評価している。(図3)

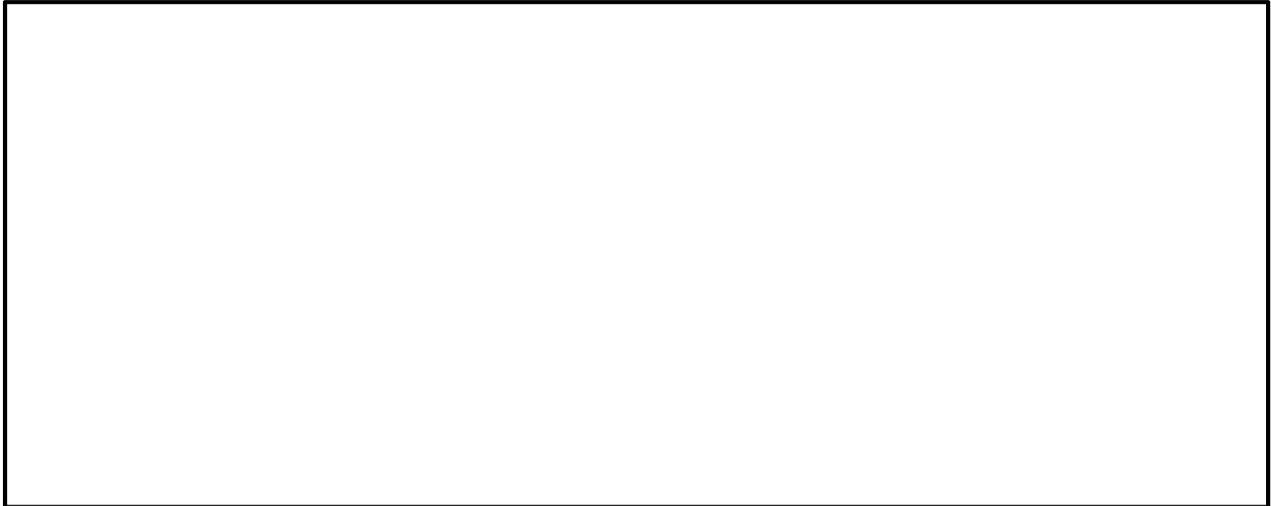


図3 緊急時対策所遮蔽

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。

6

重大事故等対処施設

(9)事故対応の基盤整備－緊急時対策所（第15回関連質問への回答）

緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価の結果、福島事故相当の放出量を想定した実効線量は7日間で約0.70mSvであり、対策要員の実効線量が100mSvを超えないことを確認した。

表3 緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価結果

(単位:mSv)

	被ばく経路	実効線量
緊急時対策所滞在時	(1)原子炉建屋内の放射性物質からのガンマ線による緊急時対策所内での被ばく	約 1.2×10^{-7}
	(2)放射性雲中の放射性物質からのガンマ線による緊急時対策所内での被ばく	約 6.7×10^{-1}
	(3)外気から取り込まれた放射性物質による緊急時対策所内での被ばく	約 3.1×10^{-2}
	(4)地表面に沈着した放射性物質のガンマ線による緊急時対策所内での被ばく	約 2.8×10^{-5}
	合計((1)+(2)+(3)+(4))	約 7.0×10^{-1}

7