

燃料デブリ取り出し遠隔操作室を含めた 新集中監視室の耐震クラスの考え方について

2024年3月21日



東京電力ホールディングス株式会社

■ 論点

- ① 燃料デブリ取り出し遠隔操作室※を含む集中監視室（以下、「新集中監視室」という。）の耐震クラス設定の考え方について

<当社の考え方>

- 『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における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方（令和4年11月16日）』のフローに基づき「インベントリに基づく評価」と「施設・設備の特徴に応じた評価」を実施
- 施設・設備の特徴に応じた評価については「措置を講ずべき事項」より新集中監視室の機能を整理した上で、機能喪失時における対応成立性を評価

※ 燃料デブリ取り出し規模の更なる拡大に向けた設備構築。燃料デブリ取り出しは遠隔での作業が主軸となることから、デブリ取り出しのための遠隔操作を安全かつ継続的に行うことができる操作室が必要。

- ② 新集中監視室の建物構築にあたっては、選択肢の一つとして緊急時対策所と一つの建物に構築することについて

1. 新集中監視室の耐震クラスの設定について（1）

- 新集中監視室の耐震クラスについて、「耐震クラス分類と施設等の特徴に応じた地震動の設定及び必要な対策を判断する流れ」に従い以下のとおり判断。

[インベントリに基づく評価]

地震により安全機能を失った際の公衆への被ばく影響

⇒ 新集中監視室は放射性物質を内包する施設ではないため、新集中監視室の機能喪失に伴う直接的な放射線影響はない。

$$\text{公衆被ばく線量} \leq 50 \mu\text{Sv}$$



新集中監視室の耐震クラスは「Cクラス」と判断



上記の耐震クラスについては施設・設備の特徴に応じた評価の観点から、新集中監視室の機能が与える影響について「措置を講ずべき事項」から整理し再評価。

⇒ 次頁以降で整理

2. 新集中監視室の耐震クラスの設定について（2）

■ 「措置を講ずべき事項」より、新集中監視室の機能に関する条項を以下のとおり抽出。

Ⅱ.設計、設備について措置を講ずべき事項

1. 原子炉等の監視

- 原子炉圧力容器内・格納容器内及び使用済燃料貯蔵設備内の使用済燃料等の冷却温度、未臨界状態など主要パラメータ及び運転状況の監視を可能とすること。特に、異常時の状態を把握し、対策を講じるために必要なパラメータ及び運転状況については記録が可能であること。
- 緊急時の対応手順等を整備すること。

3. 原子炉格納施設雰囲気等の監視等

- 原子炉格納容器内気体の抽気・ろ過等によって、環境へ放出される放射性物質の濃度及び量を監視するとともに、達成できる限り低減すること。
- 原子炉圧力容器内・原子炉格納容器内における未臨界状態を監視するとともに、臨界を防止すること。

4. 不活性雰囲気等の維持

- 原子炉圧力容器内・原子炉格納容器内等に滞留している水素ガス等の濃度を監視・抑制するとともに、水素爆発を予防するために、窒素その他のガスによる不活性雰囲気を維持すること。ただし、燃料取出し等特別な場合を除く。

6. 電源の確保

- 重要度の特に高い安全機能や監視機能を有する構築物、系統及び機器が、その機能を達成するために電力を必要とする場合においては、外部電源（電力系統）又は非常用所内電源のいずれからも電力の供給を受けられ、かつ、十分に高い信頼性を確保、維持し得ること。
- 外部電源系、非常用所内電源系、その他の関連する電気系統の機器の故障によって、必要とされる電力の供給が喪失することがないように、異常を検知しその拡大及び伝播を防ぐこと。

※ 他の条項については集中監視室の機能に関する直接的な記載はないが、措置を行うための必要な「監視」については、上記「1. 原子炉等の監視」の条文に包括され则认为。

3. 新集中監視室の耐震クラスの設定について（3）

[施設・設備の特徴に応じた評価]

新集中監視室の機能整理

- 前頁にて抽出した条項を踏まえ、新集中監視室の機能は「監視・操作」に整理できるが、運転プラント中央制御室における「急速な手動による発電用原子炉の停止及び停止後の発電用原子炉の冷却の確保のための操作」といった即時対応を求められるものではない。
- また、次に示すとおり1Fでの監視・操作の現状を踏まえると新集中監視室の機能は運転プラントの中央制御室の機能に相当するものではないと考える。
 - 1Fの現状における監視・操作については、必要となるものは集中監視室及び現場設備どちらにおいても可能としている。補足1（5頁）
 - 燃料デブリや使用済燃料に対する注水停止や冷却停止のリスクについては、事象進展速度に時間的裕度がある。補足2（6頁）



集中監視室の監視・操作機能が喪失した場合においても、現場設備にて必要なパラメータの把握・操作を行うことが可能であり、安全確保に直接的な影響はない。

補足 1. 現状の免震重要棟集中監視室の機能について



■ 集中監視室での監視・操作について

- 監視機能：現状、必要なパラメータは免震重要棟集中監視室と現場どちらでも可能。
- 操作機能：免震重要棟集中監視室からは一部の主要なものとなっている。

免震重要棟集中監視室及び現場における既存設備の監視・操作項目（抜粋）

機能保有箇所	機能 ※監視室・シールド中操 で出来ること	原子炉注水設備		原子炉格納容器内 窒素封入設備	原子炉格納容器 ガス管理設備		使用済燃料プール 循環冷却設備	ホウ酸水注入設備	電気系統
免震重要棟 集中監視室	パラメータ監視	○		○	○		○	○ (レベルのみ)	○
	状態監視	○		○	○		○	○ (レベルのみ)	○
	警報監視	○		○	○		○	○	○
	操作	C S T 炉注水設備 流量調整 起動/停止		起動/停止 (A/Bのみ)	起動/停止(1号のみ) 流量調整 (1号のみ)		起動/停止 流量調整(2号のみ)	×	しゃ断器操作
	実施計画要求監視 項目及び頻度	炉注水 流量 1回/日 Ⅲ-1-18	RPV/PCV 温度 1回/日 Ⅲ-1-18	窒素封入量 1回/日 Ⅲ-1-25	Xe135濃度 1回/1時間 Ⅲ-1-24	水素濃度 1回/日 Ⅲ-1-25	水位/水温 1回/日 Ⅲ-1-20	水位/温度 1回/月 Ⅲ-1-23	電圧 1回/週 Ⅲ-1-28、29
現場	現場等での操作可否	○		○	○		○	○	○
	現場等でのパラメータ 監視可否	○		○	○		○	○	○
	現場盤場所	T/B2階		高台	T/B2階		RW/B	高台	現場電源盤

■ 監視・操作機能喪失時の対応成立性

- 燃料デブリや使用済燃料の温度上昇率について、注水停止試験による実績から実施計画記載の評価よりも事象進展速度の時間的裕度が確認されている。表-1
- 大規模地震とそれに起因する津波により集中監視室の監視・操作の機能喪失と現場設備の機能喪失が同時に発生する事象を想定した場合でも、下記時間的裕度の中で定められた手順と優先順位に沿って対応措置を進めていくものとしている。

表-1 1Fのリスク及び現場設備機能喪失による影響

1Fにおけるリスク		現在得られている知見
デブリ	注水停止	<ul style="list-style-type: none"> • 注水停止試験※を実施し、<u>温度上昇が緩やか</u>（最大でも2号機RPV底部温度：0.2℃/h程度）であることを確認 • 初期温度を40℃とした場合、<u>LCO（RPV底部温度：80℃）まで8日程度</u> • 24時間の注水停止を許容したLCOの見直しを実施 <p>※注水停止期間（最長） 1号機：5日間，2号機：3日間，3号機：7日間</p>
	窒素封入停止時の水素爆発 （可燃限界4%までの時間余裕）	<p>RPV内の水素濃度：<u>25～30日程度</u> （PCV内の水素濃度：<u>150日～160日程度</u>）</p>
使用済燃料	冷却停止	<p>冷却を停止した場合のプール水の温度 1,2,5,6号：<u>LCO※1に到達しない</u> 3,4号機は、使用済燃料の取り出しが完了 共用プール：<u>LCO※1まで14日程度</u>（初期温度：32℃）</p> <p>※1 65℃（1号機のみ60℃）</p>

新集中監視室の機能喪失時の対応成立性

- 新集中監視室の機能喪失時は当直員等が現場設備にて必要な監視・操作を行うものとしているが、新集中監視室のみの単一的な故障・事象だけでなく、大規模な地震・津波を想定した事象における対応の成立性を考える必要がある。

- 大規模な地震・津波を想定した事象については、東北地方太平洋沖地震で得られた知見・経験を踏まえ**当社マニュアル（津波アクシデントマネジメントの手引き及び各設備ガイド等）**にて体制・アクセスルート・手順等を定めている。
- また、**事故時運転操作手順書（事象ベース）**においては、集中監視室監視不能事故時の対応を定めている。
- なお、新集中監視室の構築にあたっては、基本上記マニュアルや手順書を適用するものとするが、アクセスルートについては設置場所に応じて再設定する。

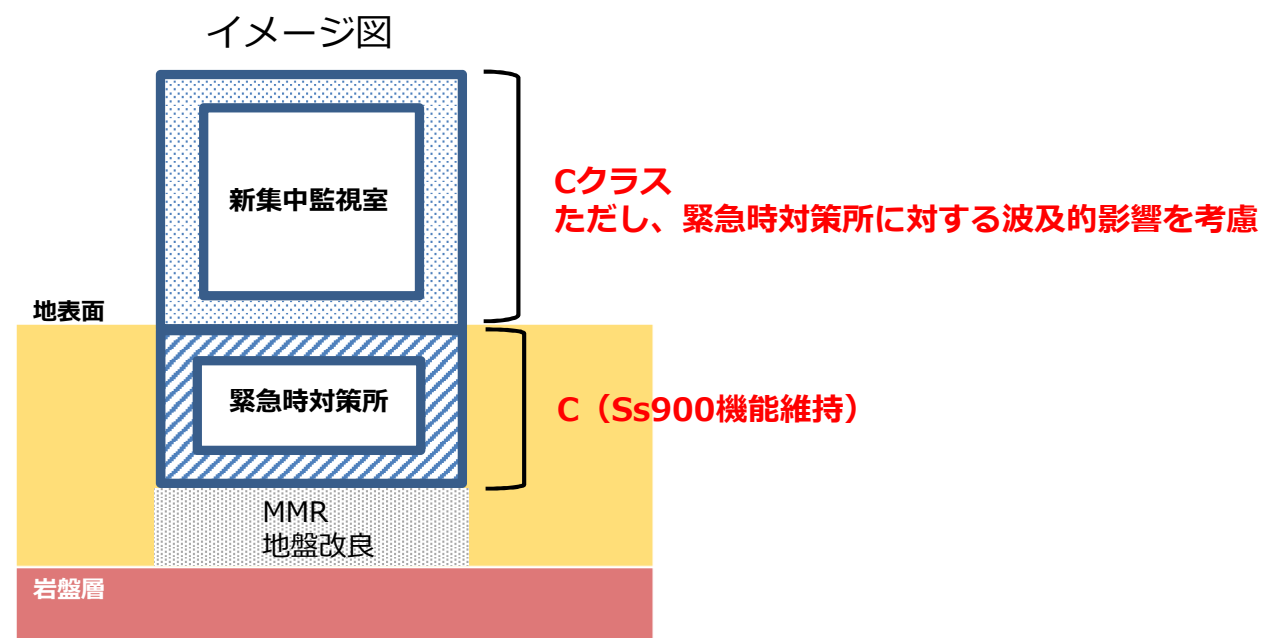
5. 新集中監視室の耐震クラスの設定について（まとめ）

- 新集中監視室の耐震クラスにあたっては、以下のとおり前段での耐震クラス判断及び機能が与える影響の整理結果より「Cクラス」設定とする。

- 新集中監視室は放射性物質を内包する設備ではないこと。
- 新集中監視室の機能（監視・操作）は運転プラントにおける中央制御室の機能相当ではないこと。
- 新集中監視室の機能喪失については、大規模な地震・津波を想定した事象における「津波アクシデントマネジメントの手引き」や「事故時運転操作手順書（事象ベース）」において対応を定めていること。

6. 新集中監視室の建物構築について

- 新集中監視室の機能喪失時における成立性の観点から、大規模地震における活動拠点は「緊急時対策所」が適当と考える。
- 新集中監視室の構築にあたっては、運転員と緊急時対策本部の連携強化や、緊急時における運転員の初動対応の迅速性の観点から緊急時対策所と一つの建物として構築することを選択肢とする。
- 緊急時対策所の耐震クラスは「C (Ss900機能維持)」、新集中監視室は機能喪失時の運転員の対応及び緊急時対策所に対する波及的影響を考慮した「Cクラス」の建物とする。
- また、新集中監視室と緊急時対策所が、外的事象や火災・溢水などの共通要因で機能喪失しないように分離、区画を確実に行う設計とする。



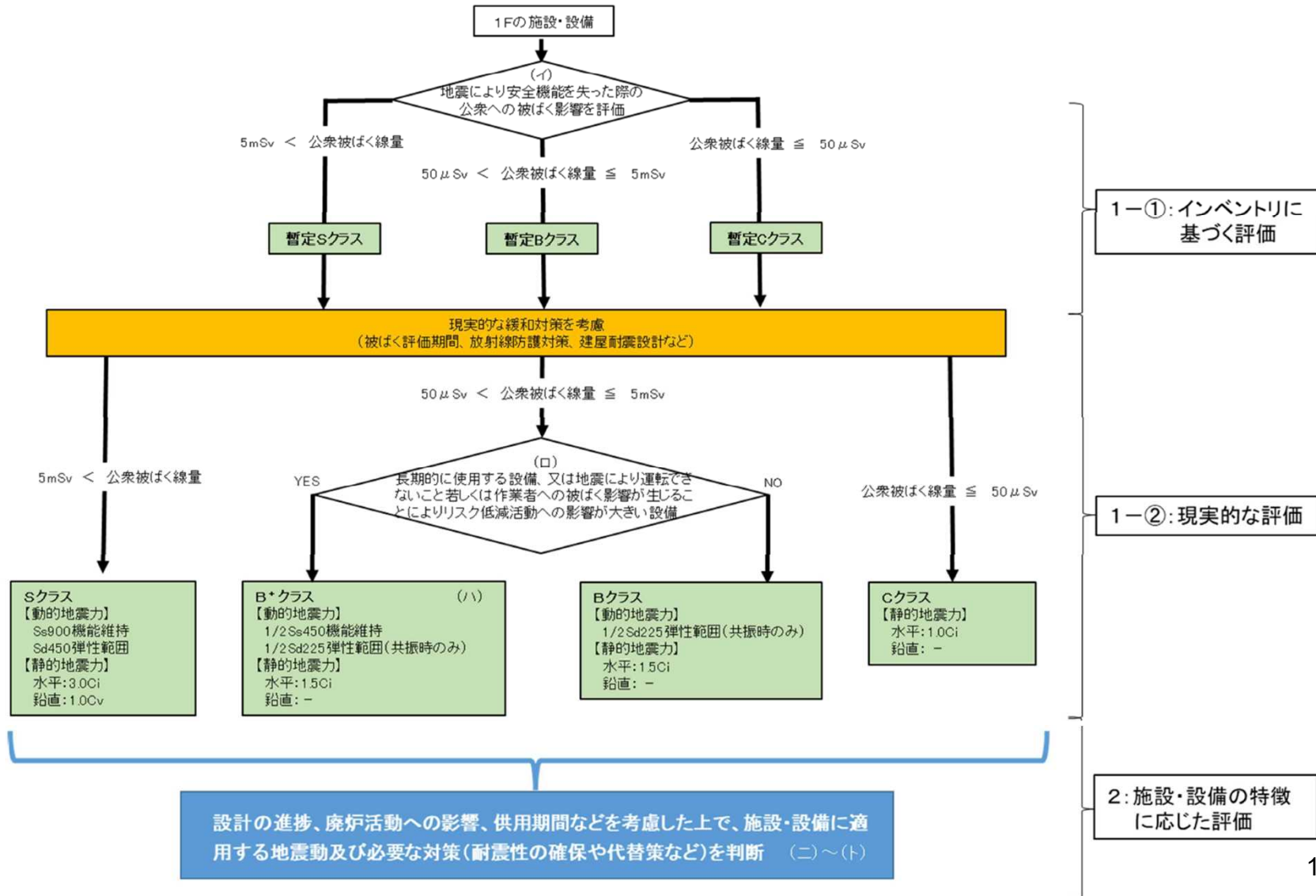
以下、参考資料

参考 1 - 1



令和4年11月16日 「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における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方」
 ※実施計画の審査の進捗状況等に係る面談（令和6年1月31日）資料より抜粋

耐震クラス分類と施設・設備の特徴に応じた地震動の設定及び必要な対策を判断する流れ



令和4年11月16日 「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における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方」
 ※実施計画の審査の進捗状況等に係る面談（令和6年1月31日）資料より抜粋

【(イ)： 地震により安全機能を失った際の公衆被ばく影響】

- 核燃料施設等の耐震クラス分類を参考にして、地震による安全機能喪失時の公衆被ばく線量により、S、B、Cを分類する。液体放射性物質を内包する施設・設備にあつては、液体の海洋への流出のおそれのない設計を前提とした線量評価によるものとする。

【(ロ)： 通常のBクラスよりも高い耐震性が求められるB+クラスの対象設備の要件】

- 「運転できないこと若しくは作業員への被ばく影響が生じることによりリスク低減活動への影響が大きい設備」の具体例は以下のとおり。
 - ・ 建屋滞留水・多核種除去設備などの水処理設備、使用済燃料をプールからより安定性の高い乾式キャスクへ移動させるために必要な燃料取出設備等。
 - ・ 閉じ込め・遮へい機能喪失時の復旧作業における従事者被ばく線量が1日当たりの計画線量限度を超える設備等。

【(ハ)： B+クラスの1/2Ss450機能維持】

- 1/2Ss450に対して、運転の継続に必要な機能の維持や閉じ込め・遮へい機能の維持を求める。
- 令和4年3月16日の福島県沖地震の地震動が1/2Ss450を上回った周期帯に固有振動数を有する施設・設備は、当該地震動による施設・設備の機能への影響を評価する。

【(ニ)： 耐震性の確保】

- 地震力の算定に際しては、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせる。

【(ホ)： 耐震性の確保に対する代替策】

- 耐震性の確保の代替策として、耐震性の不足に起因するリスクを早期に低減させるための対策を講ずるとしてもよい。具体例は以下のとおり。
 - 例：中低濃度タンクや吸着塔一時保管施設等の耐震性の不足に起因するリスクを早期に低減させる対策として、耐震性の高い建屋やタンクへの移替え及び移管、スラリー安定化処理設備や海洋放出設備による処理等を早期に行うことを想定。

【(ヘ)： 上位クラスへの波及的影響】

- 上位クラスへの波及的影響がある場合、原則上位クラスに応じた地震動を念頭に置くが、耐震クラス分類の考え方と同様に、下位クラスによる波及的影響を起因とする敷地周辺の公衆被ばく線量も勘案し、適切な地震動を設定する。

【(ト)： 液体放射性物質を内包する設備】

- 多核種除去設備等で処理する前の液体等、放出による外部への影響が大きい液体を内包する設備については、Ss900に対して、海洋に流出するおそれのない設計とすることを求める（滞留水が存在する建屋、ALPS処理前の水や濃縮廃液を貯留するタンクの堰等）。これ以外の液体を内包する設備については、上位クラスの地震動に対する閉じ込め機能の確保又は漏えい時の影響緩和対策を求める[※]。
 - ※：設備自体を耐震CクラスからBクラスに格上げ、周囲の堰等に上位クラスの地震動に対して閉じ込め機能を維持する、漏えい時に仮設ホースによる排水等の機動的対応を講ずる等により、海洋への流出を緩和する措置を想定。

- 新集中監視室に要求される機能は、現状の免震重要棟集中監視室と基本的に同様と考える。遠隔での監視・操作は基本的に現在免震重要棟集中監視室で実施しているものと変わらず、新設する新集中監視室へ現在の機能を移転するものである。
なお、デブリ取り出しについては工法も装置も未定であるものの、安全確保の考え方については、現状の免震重要棟集中監視室と現場設備の関係と同様と考える。

要求される機能

○運転プラントにおける中央制御室

設置許可 第二十六条 原子炉制御室等（抜粋）

発電用原子炉施設には、次に掲げるところにより、**原子炉制御室**（安全施設に属するものに限る。以下この条において同じ。）を設けなければならない。

- 設計基準対象施設の健全性を確保するために**必要なパラメータを監視できるものとする**こと。
- 発電用原子炉施設の安全性を確保するために**必要な操作を手動により行うことができるものとする**こと。

設置許可解釈：「必要な操作を手動により行う」とは、**急速な手動による発電用原子炉の停止及び停止後の発電用原子炉の冷却の確保のための操作**をいう

○集中監視室（免震重要棟監視室）

実施計画Ⅱ-2.14 監視室・制御

2.14.1.2 要求される機能

- 原子炉压力容器内・原子炉格納容器内及び使用済燃料貯蔵設備内の使用済燃料等の**主要パラメータ及び運転状況が監視できること。**
- **放射線作業従事者の作業性を考慮**して、その作業環境が確保できること。
- **地震、津波等の発生を考慮**しても、その作業環境が確保できること。

機能喪失時の対応

○運転プラントにおける中央制御室

設置許可 第二十六条 原子炉制御室等（抜粋）

- 2 発電用原子炉施設には、火災その他の異常な事態により原子炉制御室が使用できない場合において、原子炉制御室以外の場所から発電用原子炉を高温停止の状態に直ちに移行させ、及び必要なパラメータを想定される範囲内に制御し、その後、発電用原子炉を安全な低温停止の状態に移行させ、及び低温停止の状態を維持させるために必要な機能を有する装置を設けなければならない。

設置許可解釈：「発電用原子炉を高温停止の状態に直ちに移行」とは、直ちに発電用原子炉を停止し、残留熱を除去し及び高温停止状態を安全に維持することをいう。

○集中監視室（免震重要棟監視室）

実施計画 II-2.14 監視室・制御室

2.14.1.5 主要な機器（抜粋）

(2) 免震重要棟集中監視室

～中略～ 監視装置の故障により、各設備の誤動作を引き起こさない構成とする。また、免震重要棟集中監視室で監視が不能となった場合でも、各設備の設置個所又は1～4号機の中央制御室においても主要なパラメータを監視することが可能な構成とする。

2.14.1.8 機器の故障への対応（抜粋）

2.14.1.8.2 複数の設備の同時機能喪失

～中略～ 遠隔監視ができない場合には、故障機器の交換等を行い速やかに復旧することとし、復旧までの時間を要する場合においては、各設備の設置個所又は1～4号機の中央制御室の計測機器を監視する等により、必要なパラメータの把握を行う。

2.14.1.8.3 遠隔監視・制御機能喪失事象に対する評価

遠隔監視機能喪失時には、各設備の設置個所又は1～4号機の中央制御室の計測機器を監視する等により、必要なパラメータの把握を行うことが可能であるため、監視に対する直接的な影響はない。

- 新集中監視室について、緊急時対応を行う緊急時対策所の機能に相当するものか、以下のとおり整理。
 - 1Fは、原災法において原子力緊急事態を宣言中であり、現在も「緊急事態応急対策」のフェーズで活動していることを踏まえると、集中監視室における監視・操作についても緊急時対応の一環と整理することが適当と考える。
 - ただし、緊急時対策所の機能は集中監視室の監視・操作そのものの機能を必要とするものではなく、集中監視室または、現場設備などから得られた情報を所内外必要箇所へ通信連絡できる設備を要求するものと考え、集中監視室は緊急時対策所の機能に相当するものではないと考える。

- 集中監視室での監視は現場設備以外において可能としたものであり、緊急時対策所は事故発生時等の活動拠点として建物及び設備全体での機能として求められている。

○集中監視室

持つべき機能

- ・ **運転状況の監視、異常状態の把握**
- ・ **各設備の主要なパラメータの監視**
(集中監視室または各設備設置個所)
- ・ パラメータ及び運転状態の**記録**

上記機能要件を満たすための措置

- ・ 「**措置を講ずべき事項**」にて記載のある内容
- ① 原子炉圧力容器内・格納容器内及び使用済燃料貯蔵設備内の使用済燃料等の冷却温度、未臨界状態など**主要パラメータ及び運転状況の監視を可能とすること**。特に、異常時の状態を把握し、対策を講じるために必要な**パラメータ及び運転状況については記録が可能であること**。
 - ② 緊急時の対応手順等を整備すること

○緊急時対策所

持つべき機能

- ・ 事故等に対処する**関係要員が滞在できる**
(関係要員とは指示にあたる要員と対処にあたる要員)
- ・ 事故等に必要な**情報の把握**
- ・ **発電所内外との通信連絡**を行うための設備

上記機能要件を満たすための措置

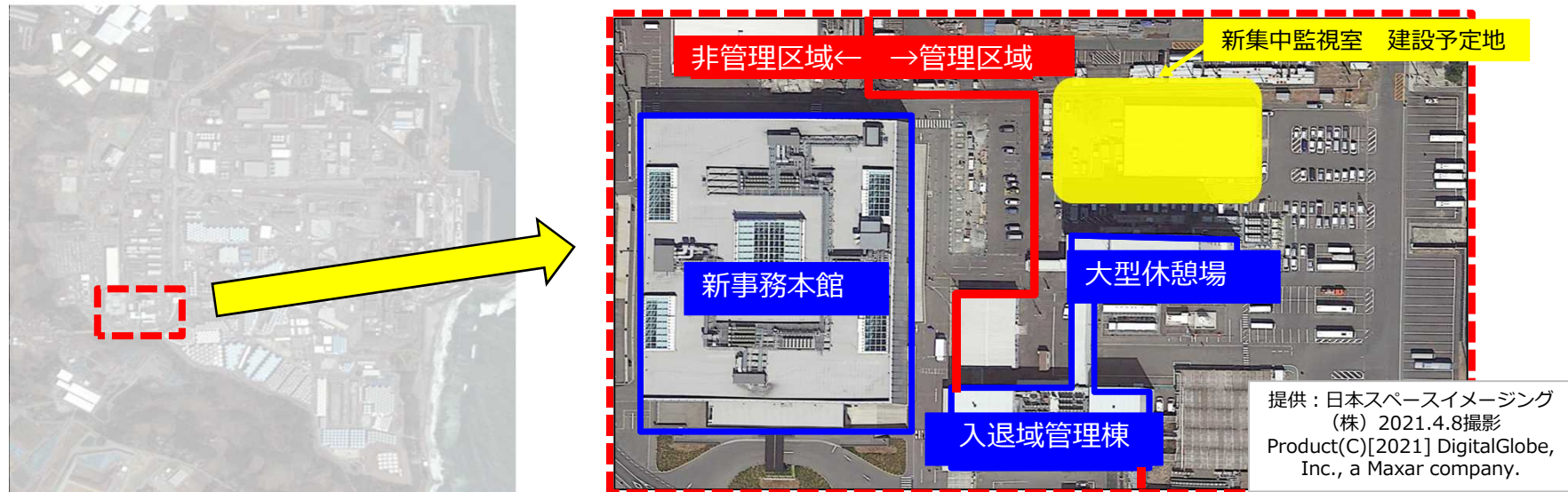
- ・ **基準地震動に対して機能が喪失しないこと**
- ・ **電源は多重化、多様性**を持たせること
- ・ **適切な遮蔽設計、換気設計**を行うこと

設置許可 第六十一条 緊急時対策所（抜粋）

- ① 重大事故等に対処するために必要な指示を行う要員がとどまることができるよう、適切な措置を講じたものであること。
- ② 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。
- ③ 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。

参考4. 新集中監視室の建設予定地

- 新集中監視室及び緊急時対策所は、新事務本館からのアクセス性を考慮し、入退域管理棟大型休憩場脇に建設を予定している。



<新事務本館近傍に新集中監視室／緊急時対策所を建設した場合に期待される効果>

■ 廃炉作業の品質・安全性向上・被ばく低減

今後の長期に亘る廃炉作業を進める上で、監視を行う当直員・遠隔の操作員と新事務本館の所員との連携を密に行うため、新事務本館に近い場所に新集中監視室を設置する。これにより作業の品質・安全性の向上に寄与するとともに業務効率の大幅な改善につながるものとする。

また、1～4号機から離れた場所に設置することにより、作業や移動における被ばく低減を図る。

■ 緊急時対応の迅速化

EAL事象の際などに、速やかに緊急時対策所に要員が参集し活動できる。