

これまでの委員からのご質問への回答について

平成29年11月15日
九州電力株式会社

ご質問への回答（目次）

- 1．緊急時対策所（免震構造から耐震構造へ変更）について
- 2．重大事故時対応における所内の通信手段について
- 3．大きな地震の繰り返しに対する格納容器の安全性について
- 4．格納容器内のオイルスナバ及び塗料について

1 . 緊急時対策所（免震構造から耐震構造へ変更）について

1. 緊急時対策所（免震構造から耐震構造へ変更）について

(1) 経緯

平成24年	7月31日	自主的な取組みとして、「免震重要棟(緊急時対策所機能 + 支援機能)」の設置計画を公表（設置時期：平成27年度目途）
平成25年	7月8日	新規制基準（緊対所の設置を要求）が施行
	同日	川内1, 2号の適合性審査申請を実施
平成25年	9月30日	代替緊急時対策所設置（新規制基準対応）
平成26年	9月10日	原子炉設置変更許可（基本設計）を受領 （代替緊急時対策所整備後に設置する免震重要棟を含む）

- 免震重要棟について、詳細設計を本格的に実施
- 免震構造での課題等が判明したことから、耐震構造への見直しを実施

平成27年	12月17日	原子炉設置変更許可（基本設計）を申請 （免震重要棟建設計画を変更） ・ 耐震構造の耐震支援棟を自主設置し代替緊対所と一体運用
平成28年	1月26日	原子力規制委員会の審査会合 【規制委員会コメント】 ・ 安全性向上等を再検討すること、考え方を整理し、申請書の再提出を検討すること
平成28年	3月25日	原子炉設置変更許可（基本設計）を申請（緊急時対策棟設置）
平成29年	2月8日	原子炉設置変更許可（基本設計）を受領

1. 緊急時対策所（免震構造から耐震構造へ変更）について

免震重要棟（平成25年7月申請、平成26年9月許可）

福島第一事故において、地震により事務棟等が被害を受け使用できなくなる中、免震重要棟を活動拠点として事故対応に用いられ、その後の余震時においても活用されました。当社は、福島第一事故の実績を踏まえ、更なる安全性・信頼性向上対策として地震時に対応可能な緊急時対策所を新たに設置することとしました。

免震重要棟

緊急時対策所機能

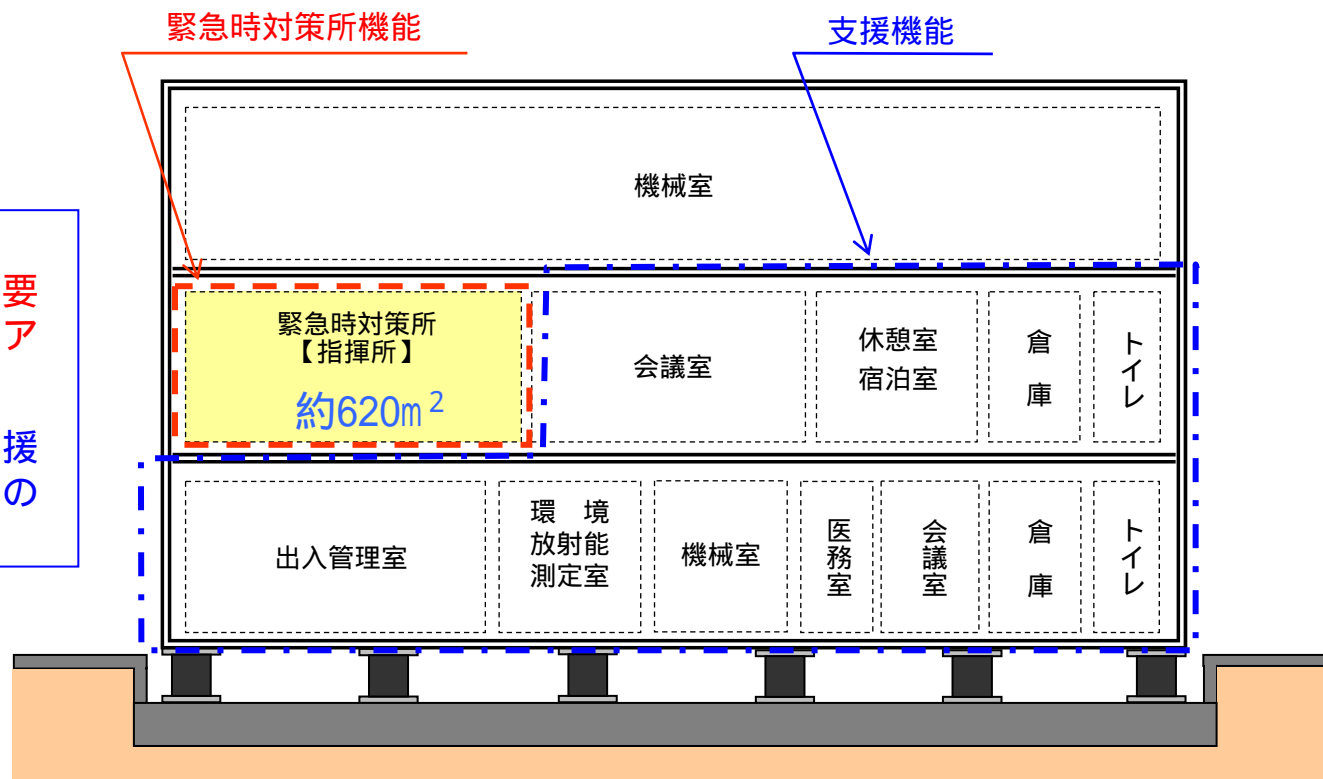
支援機能

緊急時対策所機能：

重大事故等に対処するために、必要な指示・対応を行う機能を担うエリア

支援機能：

重大事故等に対処するために、支援要員が行う各種支援機能（支援要員の収容、物資受入等）を担うエリア



延べ床面積 約6,600m²

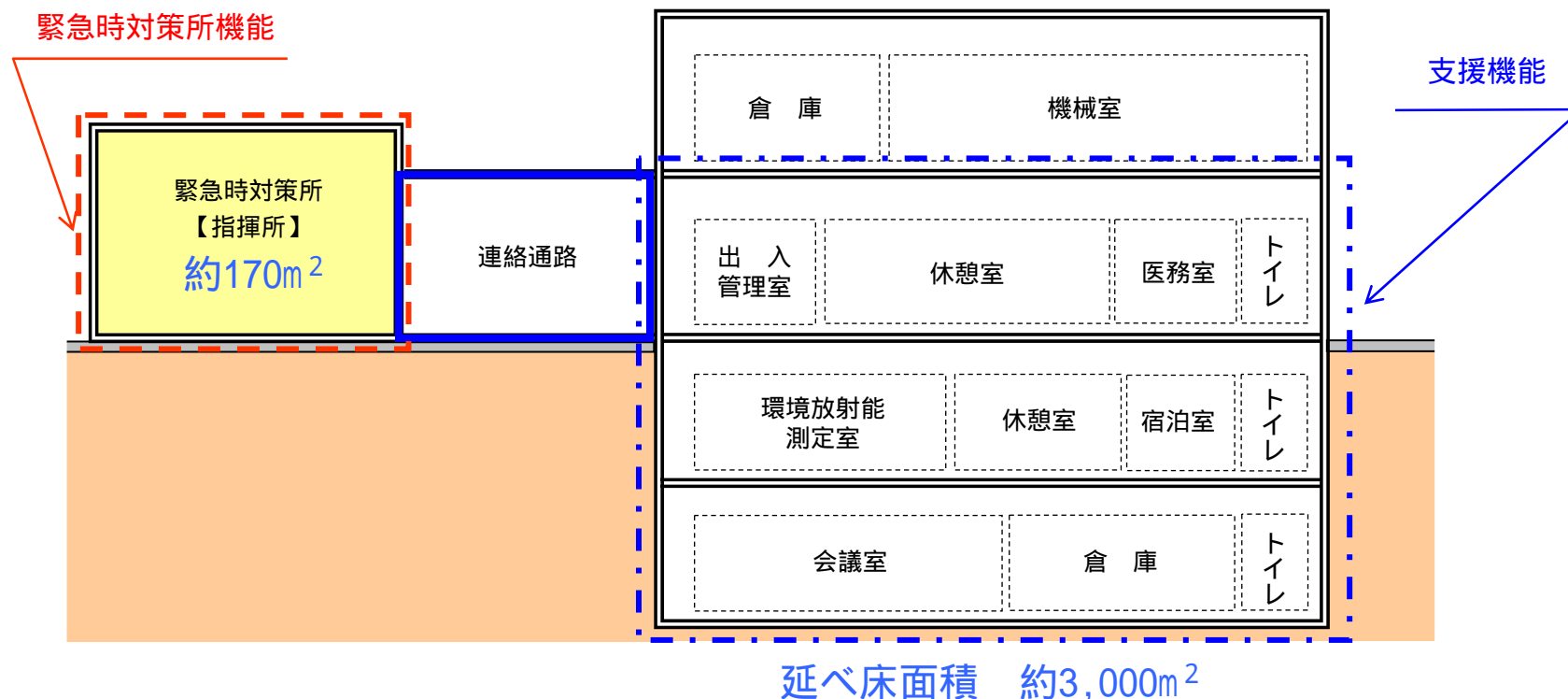
1. 緊急時対策所（免震構造から耐震構造へ変更）について

耐震支援棟と代替緊急時対策所を一体運用（平成27年12月申請）

当初計画していた免震重要棟については、原子力施設に要求される厳しい設計条件に対して、既存の免震装置を用いて免震重要棟を設置することは現時点で困難であることから、代替緊急時対策所の隣に耐震構造の耐震支援棟を設置して両施設を合わせて運用する計画へ変更しました。

代替緊急時対策所
【現在運用中】

耐震支援棟
【今後設置】



1. 緊急時対策所（免震構造から耐震構造へ変更）について

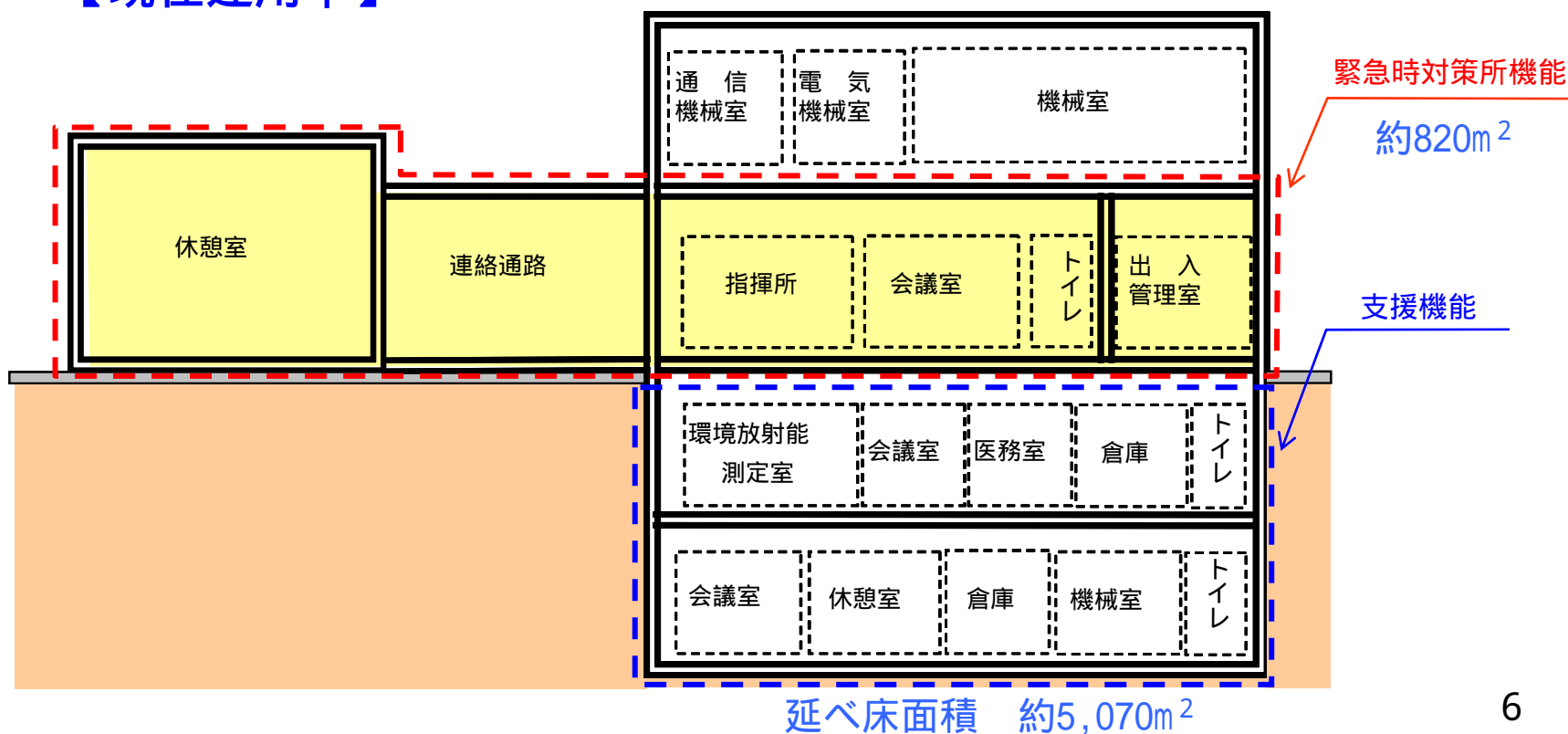
緊急時対策棟（指揮所）と代替緊急時対策所（休憩室）を一体運用

（平成28年3月申請、平成29年2月許可）

更なる安全性向上への取組みとして、緊急時対策要員（指示要員、現場作業要員）がより一層確実に重大事故等に対処できるよう、要員の収容スペースの拡大や休憩室の整備等の支援機能を更に充実させた耐震構造の緊急時対策棟（指揮所）を新たに設置します。現在運用中の代替緊急時対策所は休憩室として使用し、緊急時対策棟と一体運用します。

代替緊急時対策所
【現在運用中】

緊急時対策棟（指揮所）
【今後設置】



1. 緊急時対策所（免震構造から耐震構造へ変更）について

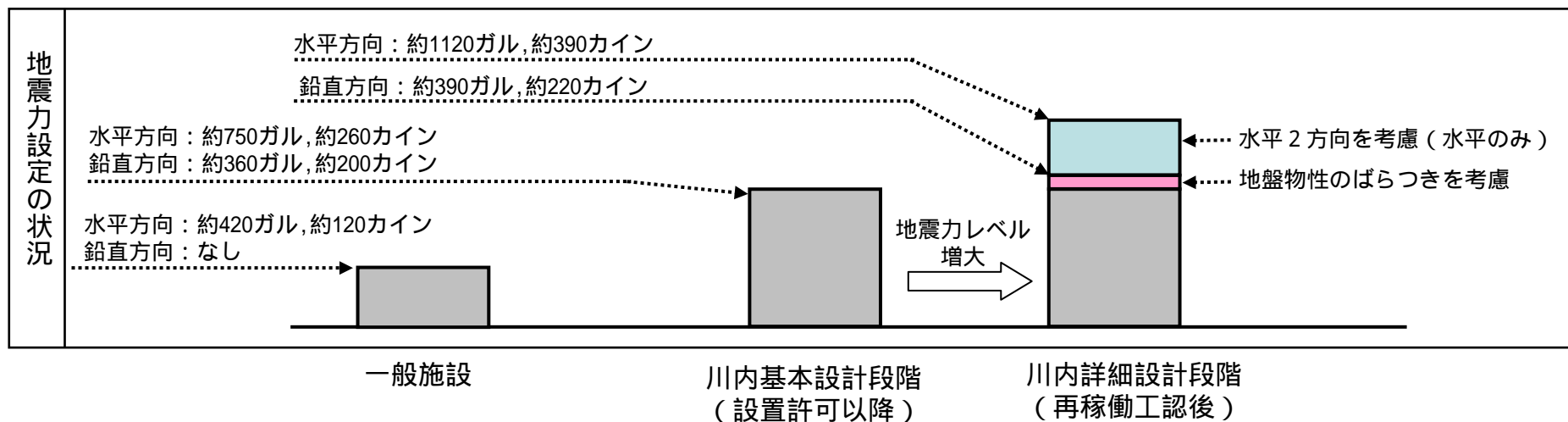
（2）耐震構造への変更理由

当初計画していた免震重要棟については、原子力施設に要求される厳しい設計条件に対して、既存の免震装置を用いて免震重要棟を設置することは現時点で困難であることから、耐震構造の緊急時対策棟（指揮所）を設置することとしました。

【設計の課題】

免震重要棟の設計で以下の課題が判明し、対応が必要となった。

- ・再稼働工認において水平2方向等の地震力について組合せ方法が具体化され、設計用地震力が増大
- ・このため、既存の免震装置での設計が困難となり、新たな免震装置の設計、実証が必要



1. 緊急時対策所（免震構造から耐震構造へ変更）について

【免震装置の課題と対応】

（課題）

水平2方向と鉛直方向の地震力の組合せ及び地盤物性のばらつきを考慮した場合、免震装置の水平方向の許容値である線形限界ひずみと鉛直方向引張面圧の許容値を超える。

許容値	川内の発生値
水平方向	
・ <u>水平せん断ひずみ：250%（線形限界ひずみ）</u> ¹	< 340%
水平方向（鉛直引張力作用時）	
・ <u>水平せん断ひずみ：100%</u> ²	< 340%
鉛直方向	
・ <u>鉛直引張面圧：1N/mm²</u> ^{1,2}	< 1.03N/mm ²

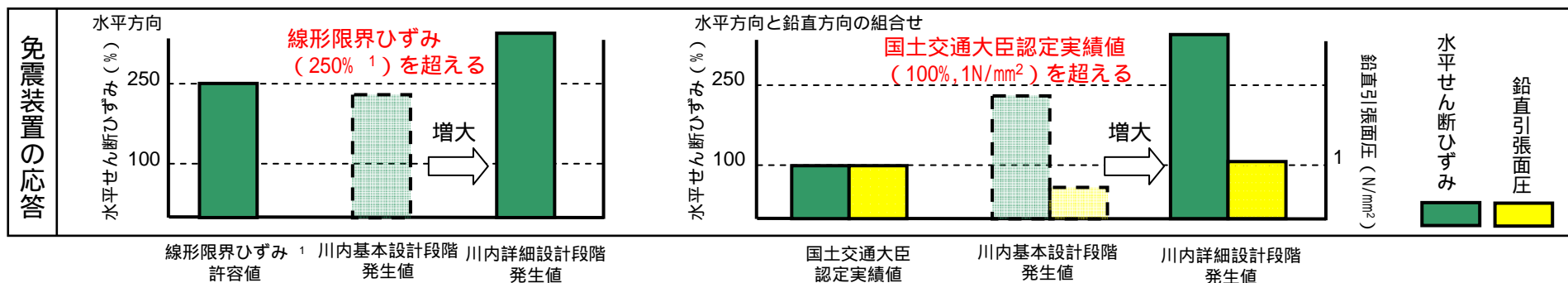
（対応）

水平方向せん断ひずみが線形限界を超えるため、既存の免震装置は使用できない。

免震機能（水平方向の加速度低減）を維持しつつ、水平せん断ひずみ及び鉛直引張面圧を抑えることができる、新たな免震装置の設計等が必要。

- ・ 新たな免震装置の設計
- ・ 性能の実証（特性、健全性、経年特性等）
- ・ 建築基準法上、国土交通大臣の認定の取得

規制基準に適合する緊急時対策所（免震重要棟内）を設置するための新たな免震装置の設計、性能の実証が必要。また、建築基準法上、国土交通大臣の認定の取得も必要。



1 免震構造の試評価例及び試設計例（独）JNES、2014）における設計目標

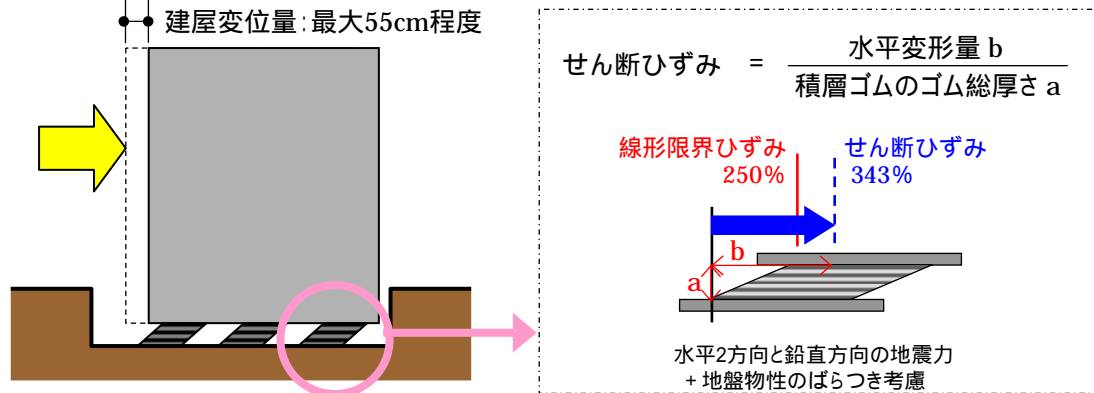
2 国土交通大臣認定実績値

1. 緊急時対策所（免震構造から耐震構造へ変更）について

〔免震装置に対する設計検討の結果〕

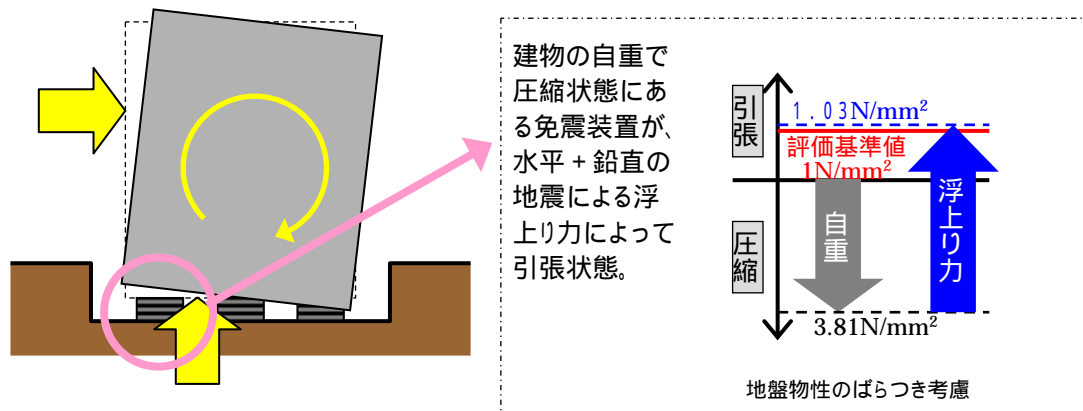
積層ゴムの水平方向の変位は、最大55cm程度となり、積層ゴムの線形限界ひずみ250%¹に対し、343%²程度と大きなせん断ひずみが生じることを確認。

- 1 免震構造の試評価例及び試設計例（独）JNES、2014）における設計目標
- 2 水平2方向の地震力の組合せ及び地盤物性のばらつきを考慮した場合：230% × 1.49 = 343%



積層ゴムの引張限界強度の基準値1.0N/mm²³に対し、1.03N/mm²⁴と大きな引張面圧が働くことを確認。

- 3 水平せん断ひずみ100%の状態において設定された、国土交通大臣認定での品質基準における実績値
- 4 地震物性のばらつきを考慮した場合：(0.63N/mm² + 3.81N/mm²) × 1.09 - 3.81N/mm² = 1.03N/mm²



〔考察〕

水平1方向と鉛直方向の地震力による評価に加え、水平2方向と鉛直方向の地震力及び地盤物性のばらつきを考慮した評価は、許容値を超えることから、既存の免震装置では設計が成立しない。

これらの条件を考慮した場合、それをクリアするために、新たな免震装置の設計、性能の検証（特性、健全性、経年特性等）が必要。また、建築基準法上、国土交通大臣の認定の取得も必要となる。

1. 緊急時対策所（免震構造から耐震構造へ変更）について

（3）まとめ

緊急時対策所（免震重要棟内）については、適合性審査の工認段階で具体的となった耐震基準に適合するよう、原子力発電所の大きな基準地震動に対し、既存の免震装置を用いて設置することは現時点では困難です。

免震重要棟を設置するためには、新たな仕様の免震装置の設計、性能の実証が必要となりました。また、新たに免震装置を設計する場合、建築基準法上、国土交通大臣の認定の取得も必要となりました。

新たな仕様の免震装置の設計、実証において、想定する地震力に対して設計の成立の見通しを得ることできないこと及び緊急時対策所を確実かつ早期に設置することが最優先であることから、免震構造による緊急時対策所を設置する当初の計画を断念し、耐震構造の緊急時対策棟内に緊急時対策所を設置する方針としました。

耐震構造の採用にあたっては、免震構造と同様に基準地震動に対して建屋を弾性範囲内に収めることにより、建屋の構造体全体の信頼性を確保する設計としました。

地震時の居住性については、設計上の配慮により改善を図ります。

原子力規制委員会の審査結果【審査書より（平成29年2月8日原子力規制委員会）】

原子力規制委員会は、緊急時対策所を免震重要棟内ではなく耐震構造の緊急時対策棟内に設置するとの申請者の方針が設置許可基準規則第61条等に適合する設計方針であることを確認した。

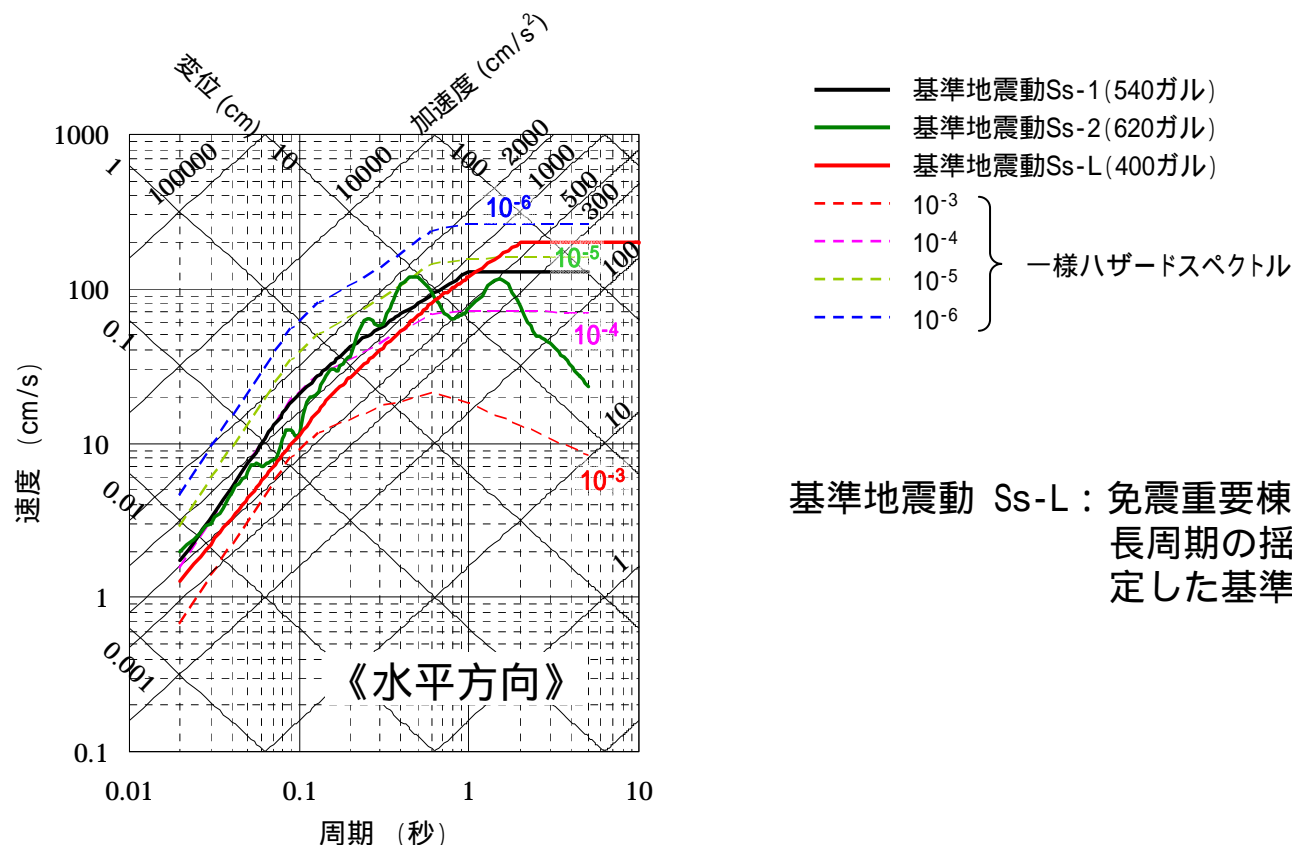
1. 緊急時対策所（免震構造から耐震構造へ変更）について

【ご質問】

免震設計として対応可能な変位量に収まる地震動の発生頻度は、年超過確率としてどの程度になるのか。（一様ハザード・スペクトルをベースに回答して頂いてもよい）

【回答】

地震動の発生頻度は、基準地震動Ss-Lの年超過確率に着目すると、免震構造の固有周期である長周期帯(約2秒以上)において、 10^{-5} （数十万年に一度程度）より小さい頻度です。これは、発電所の運転期間に対して、非常に小さいレベルです。



1. 緊急時対策所（免震構造から耐震構造へ変更）について

【ご質問】

耐震設計の採用を決定するにあたって、人間工学的な見地から、どのような設計上、運用上の配慮をしたのか。

人間工学的な見地から、どの程度の余震の地震加速度までが許容範囲であると考えているのか。その根拠は。

【回答】

緊急時対策棟は、基準地震動による地震力に対して、弾性範囲に収めることにより十分な遮蔽性・気密性を有する設計とし、居住性を確保します。

また、緊急時対策棟に設置する換気設備、電源設備、通信連絡設備等についても、基準地震動による地震力に対する耐震性を確保し、地震時における事故対応を確実にします。

さらに、地震による人への危険性、作業性への影響を極力排除するため、廊下及び連絡通路に手摺を設置するとともに、机、OA機器、什器等についてボルト、ワイヤー等により強固な固定・固縛等を施し、転倒及びすべり等を防止します。

このように、基準地震動による地震力に対する設計及び対策を実施するため、本震と同程度の余震に対しても対応可能です。



机の固縛



プリンターの固縛



資機材の固縛



2 . 重大事故時対応における所内の通信手段について

2 . 重大事故時対応における所内の通信手段について

【ご質問】

「携帯型有線通話装置」とは、どのような機種なのか。（「有線」とあるが、代替緊急時対策所と現場（屋外）を奔走する各プラント・スタッフとの間にそれぞれの通信ケーブルが布設されていることを意味しているものとは理解しがたい。）

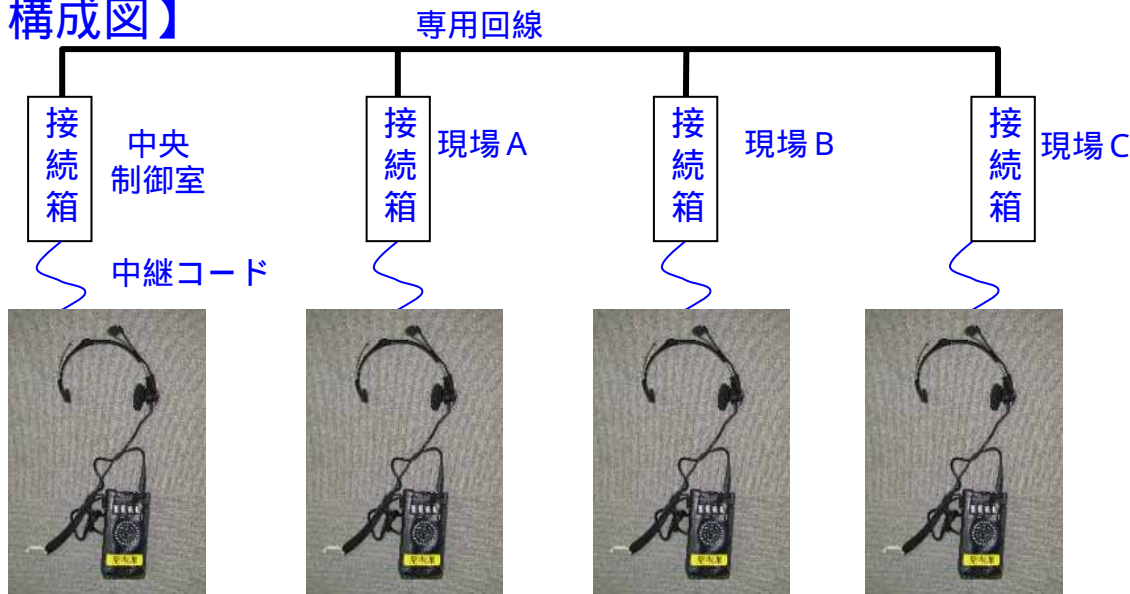
【回答】

携帯型有線通話装置は、1本の通信ケーブルに複数の携帯型有線通話装置を並列に接続し、通話を行うことができる装置です。

川内原子力発電所においては、携帯型有線通話装置の通信ケーブルを、中央制御室、重大事故の対応を行う現場に専用回線として敷設し、接続箱を設置しています。

中央制御室や現場においては、携帯型有線通話装置及び中継コードを各接続口につなぐことで、発話者の音声は全ての箇所でき聞き取りができ、相互の通話ができます。

【構成図】



2. 重大事故時対応における所内の通信手段について

携帯型有線通話装置等の使用方法（例）

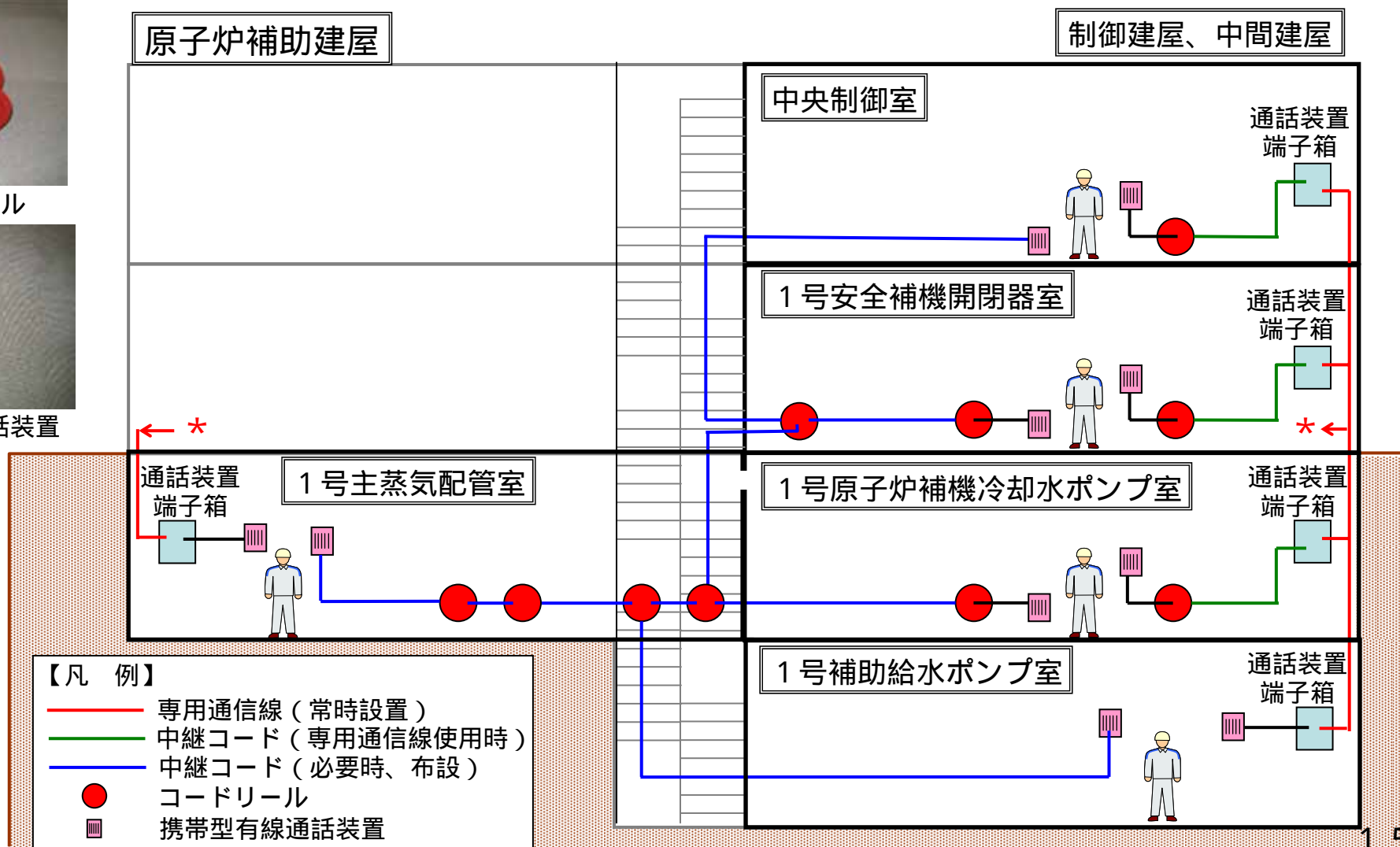
携帯型有線通話装置は、中央制御室と現場各所等へ専用通信線を敷設し、必要箇所との通信連絡ができるようにしています。また、専用通信線が使用できない場合は、別途配備している中継コードを現場各所に布設し通信連絡を行います。



コードリール



携帯型有線通話装置



2 . 重大事故時対応における所内の通信手段について

【ご質問】

各無線式通話装置に対し、重大事故時対応の行動範囲（特に屋外）全域について、たとえば構築物の陰など、デッド・スポット（電波が届かず通話ができない領域）のないことが確認されているのか。デッド・スポットがある場合、その領域が明確にされ、各プラント・スタッフに周知されているのか。

【回答】

重大事故時に、屋外で使用する衛星携帯電話、無線通話装置、屋内で使用するデジタル無線ページング装置については、通信連絡を必要とする場所に、電波が届かないデッドスポットはありません。

【ご質問】

無線式通話装置のためのアンテナが損傷した場合、有線式によるバックアップ機能は、無線式通話装置の範囲全域をカバーできるのか。「多重性」と説明されているが、「冗長性（リダンダンシー）」はあるのか。

【回答】

保安電話（携帯型）及びデジタル無線ページング装置は、中継器等のアンテナを必要とするため、アンテナが損傷した場合は使用できなくなります。しかし、無線通話装置及び衛星携帯電話については、中継器等の設備が必要なく、各通話装置同士での直接通話できます。

したがって、アンテナの損傷等により、保安電話（携帯型）やデジタル無線ページング装置が使用不能となった場合でも、有線方式の携帯型有線通話装置と、無線方式の無線通話装置や衛星携帯電話を組み合わせることで、通信連絡をする必要な場所での通信連絡は可能です。

このように、一つの通信連絡設備が使用不能となっても、代替の通信連絡設備により通信連絡が可能であり、リダンダンシー（冗長性）を有した設計としています。

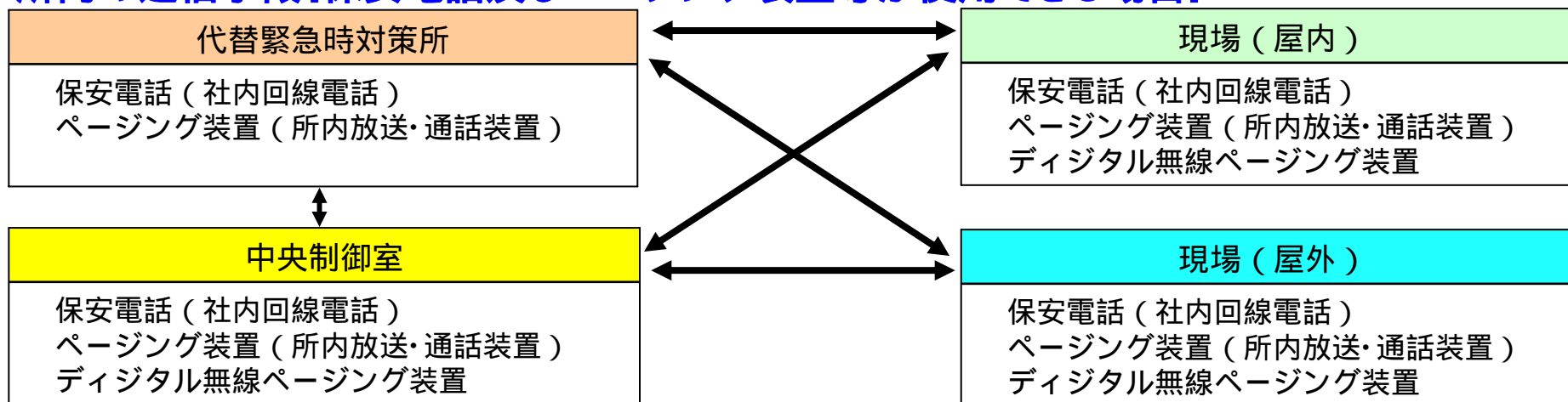
2. 重大事故時対応における所内の通信手段について

(3) 重大事故時の所内連絡

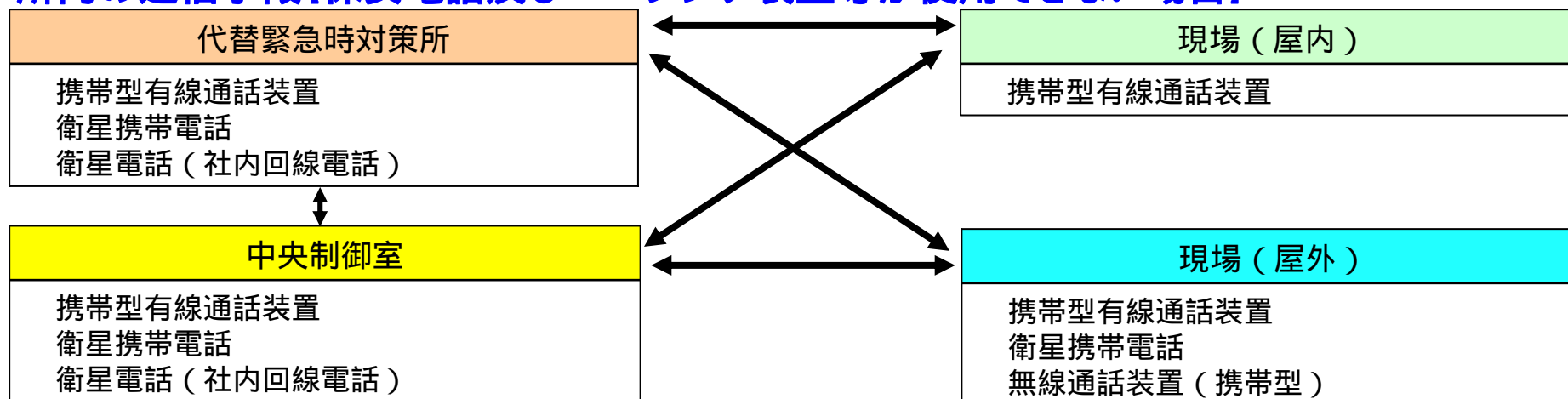
第2回原子力安全・避難計画等防災専門委員会（6月7日）資料より

重大事故時の所内連絡は、保安電話、ページング装置等で行います。
これらの通信手段が使えない場合は、衛星携帯電話や携帯型有線通話装置等で行います。

所内の通信手段【保安電話及びページング装置等が使用できる場合】



所内の通信手段【保安電話及びページング装置等が使えない場合】



3 . 大きな地震の繰り返しに対する格納容器の安全性について

3 . 大きな地震の繰り返しに対する格納容器の安全性について

【ご質問】

格納容器の内圧が最高使用圧力 P_{max} を超える領域に対する耐震性の評価は行われているのか。そのような評価を不要と判断している場合、その正当性の根拠は何か。
九州電力が行った $P_{max} + S_s$ の評価において、この場合の S_s は、 S_s-1 か S_s-2 か。（評価点がリング・ガーダー上端部となっていることから S_s-1 であると推測されるが。）

【回答】

設計基準事故及び重大事故等の耐震評価における地震と事故時の荷重の組合せについては、事象の発生確率、事象の継続時間、地震動の発生確率を総合的に考慮し決定しています。
格納容器に生じる最高圧力（短期荷重）と基準地震動 S_s を組み合わせた評価については、その事象の発生確率、事象の継続時間、地震動の発生確率の積が非常に小さい（ 10^{-7} 年～ 10^{-8} 年）ため、評価は不要としています。

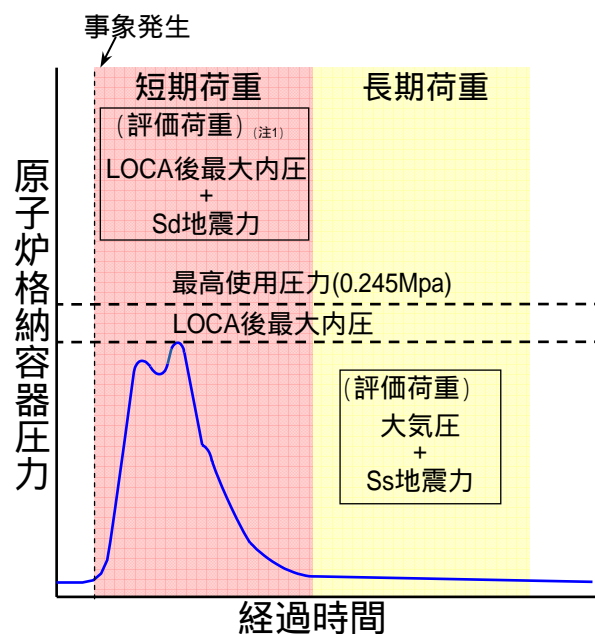
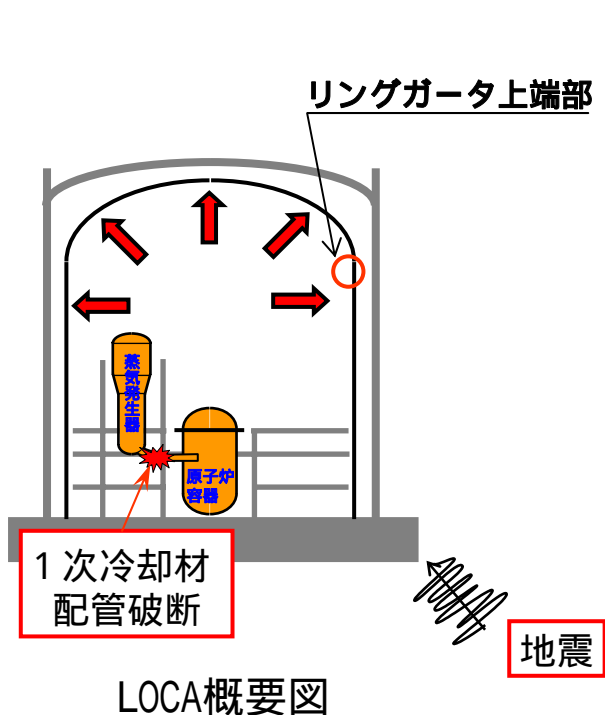
ただし、格納容器は放射性物質放出の最終障壁であることから、念のため、格納容器に生じる最高圧力（短期荷重）と弾性設計用地震動を組み合わせた評価を実施しています。

さらに、重大事故時の長期荷重と基準地震動 S_s を組み合わせた評価も保守的に実施した結果、揺れの後に歪みが残ることなく元の形に戻る弾性範囲内にあり、地震の繰り返しに対しても、耐震安全性が損なわれることがないことを確認しています。

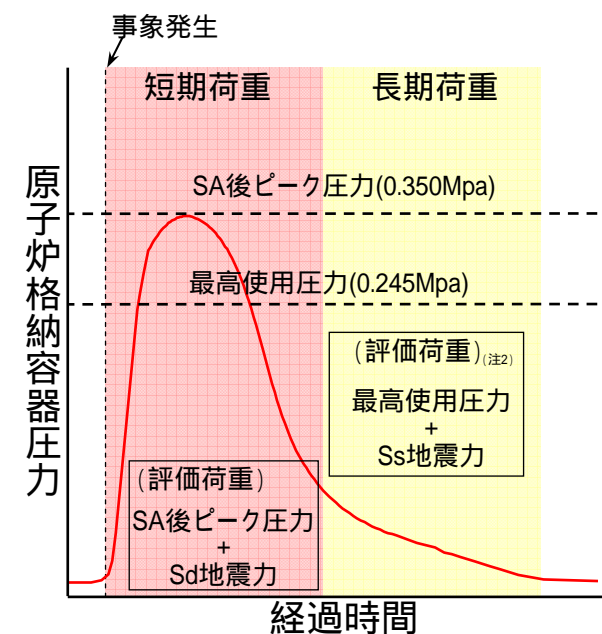
評価については、 S_s-1 （540ガル）及び S_s-2 （620ガル）共に実施しており、資料に S_s-1 及び S_s-2 の評価結果を記載しています。

3 . 大きな地震の繰り返しに対する格納容器の安全性について

【地震と荷重の組み合わせ評価】



設計基準事故時



重大事故等時

(注1) LOCA後最大内圧よりも高い圧力である最高使用圧力にて保守的に評価。

(注2) 最高使用圧力よりも低い圧力状態ではあるが最高使用圧力にて保守的に評価。

S d : 弾性設計用地震動:耐震安全上重要な施設の基準地震動 S s に対する安全機能の保持をより高い精度で確認するために、施設の弾性設計において用いる地震動

3. 大きな地震の繰り返しに対する格納容器の安全性について

【設計基準事故時の評価結果（応力評価）】

(短期荷重)

設 備	評価部位	評価値(Sd-1) (MPa)		評価値(Sd-2) (MPa)		評価基準値(_A S) (MPa)		_A S(参考) (MPa)	
		1号機	2号機	1号機	2号機	1号機	2号機	1号機	2号機
原子炉格納容器	リングガータ上端部	222	219	220	217	280	280	280	280

(長期荷重)

設 備	評価部位	評価値(Ss-1) (MPa)		評価値(Ss-2) (MPa)		評価基準値(_A S) (MPa)		_A S(参考) (MPa)	
		1号機	2号機	1号機	2号機	1号機	2号機	1号機	2号機
原子炉格納容器	リングガータ上端部	206	202	202	199	280	280	280	280

_AS: 構造評価の評価基準値 _AS: 弾性状態に留まる範囲

【重大事故等時の評価結果（応力評価）】

(短期荷重)

設 備	評価部位	評価値(Sd-1) (MPa)		評価値(Sd-2) (MPa)		評価基準値(_A S) (MPa)		_A S(参考) (MPa)	
		1号機	2号機	1号機	2号機	1号機	2号機	1号機	2号機
原子炉格納容器	リングガータ上端部	250	247	248	245	279	279	279	279

(長期荷重)

設 備	評価部位	評価値(Ss-1) (MPa)		評価値(Ss-2) (MPa)		評価基準値(_A S) (MPa)		_A S(参考) (MPa)	
		1号機	2号機	1号機	2号機	1号機	2号機	1号機	2号機
原子炉格納容器	リングガータ上端部	227	223	224	221	280	280	280	280

_AS: 構造評価の評価基準値 _AS: 弾性状態に留まる範囲

4 . 格納容器内のオイルスナバ及び塗料について

4 . 格納容器内のオイルスナバについて

【ご質問】

川内原子力発電所の格納容器内には、オイル・スナバが多用されています。設計基準事故によって、劣化が促進され、熱拡張などによって大量の油漏れが発生した場合には、LOCAに伴って発生する繊維性デブリなどに絡み付いて格納容器サンプの閉塞を起こりやすくする可能性があります。LOCA環境下で、そのような油漏れが起こらないことの確認は、どのようにして行われているのか。たとえばシール材の単品やオイルを充填したスナバー本体に対する耐環境試験が行われているのか。

使用されているオイルの種類や銘柄によっては、放射線分解によって塩化水素を発生するものがある。その場合でも影響は軽微と思われるが、pHを低下させ、放射性ヨウ素の吸収率を低下させる可能性に対し、評価は行われているか。

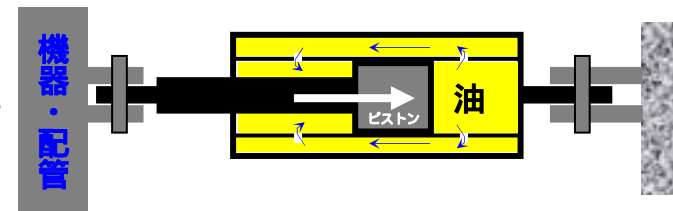
【回答】

オイルスナバは、油圧式の配管や機器を支持する装置です。この格納容器内のオイルスナバについては、運転期間を考慮した状態で冷却材喪失事故を想定した耐環境試験を実施し、LOCA環境下で有意な油漏れが起こらないことを確認しています。

オイルスナバについては、上記の環境試験下で有意な油漏れがないと評価しているため、pHの低下等の評価は行っていません。



1次冷却材ポンプ支持構造物
(オイルスナバ)



オイルスナバ概念図

4 . 格納容器内の塗料について

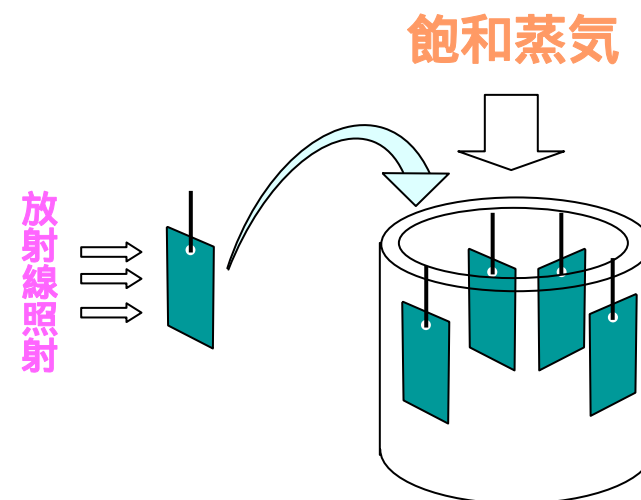
【ご質問】

塗装に対するDBA認定試験では、規定の試験片を作製し、規定の照射量に曝露する放射線照射に続き、これをオートクレーブに入れ、規定の温度圧力に規定の期間曝露後、最終的に当該の試験片に対する外観試験、接着力試験の結果によって判定されるものであると理解しているが、このような厳格な認定試験が、川内原子力発電所の格納容器の内部に塗布されている全ての銘柄に対して実施され、記録が管理されていると理解して正しいか。

【回答】

川内原子力発電所の格納容器の内部に塗布されている全ての塗料については、運転期間を考慮した状態で冷却材喪失事故を想定した耐環境性試験を実施し耐環境性を確認した塗料を使用しています。また、この耐環境性を確認した報告書を管理しています。

この試験結果に基づき、格納容器内で使用可能な塗料を要領書に規定し、定期検査等で補修塗装をする場合に規定以外の塗料を使用しないよう管理するとともに、補修塗装の記録を管理しています。



塗装の対環境性試験のイメージ

5 . まとめ

当社は、今後とも、県民の皆様に安心していただけるよう、川内原子力発電所の安全・安定運転に万全を期すとともに、原子力発電所の更なる安全性・信頼性向上への取組みを自主的かつ継続的に進めてまいります。