

放射性物質分析・研究施設第2棟に係る
実施計画の変更認可申請について
(コンクリートセルに対する波及的影響及び
建屋の耐震性評価について)

2023年6月8日

東京電力ホールディングス株式会社
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

説明内容の概要

本資料では以下の2点についてご説明する。

No.	分類	指摘事項	回答	反映箇所	頁番号
1	波及的影響評価	耐震評価の内、上位クラスへの波及的影響（鉄セル等）について説明すること。	鉄セル遮蔽体の基礎ボルトの設計を見直すことでSs900に対する耐震性を有することを確認したため、鉄セル遮蔽体が耐震Sクラスのコンクリートセルへ波及的影響を及ぼすことはないことを確認した。	補足説明資料に反映する。	P.2~7
2	耐震性評価	静的地震力3.0Ciによる解析の結果、検定比1.0を上回る部位が、コンクリートセル部に波及的影響を及ぼさないことを説明すること。	JEAG4601に基づき、保有水平耐力と層せん断力の比較により、コンクリートセルに波及的影響を及ぼさないことを確認した。	補足説明資料に反映する。	P.8~12

(鉄セル遮蔽体のSs900に対する耐震性)

耐震評価の内、上位クラスへの波及的影響（鉄セル等）について説明すること。

1. 概要

- ・ 耐震B+クラスの鉄セル遮蔽体について、コンクリートセルへの波及的影響評価を実施してきたが、鉄セル遮蔽体の基礎ボルトの設計を見直す※ことでSs900に対する耐震性を有することを確認した。
- ・ 結果としては、Ss900に対する耐震性を有することを確認したことから、鉄セル遮蔽体が耐震Sクラスのコンクリートセルへ波及的影響を与えることはない。

※ 設計見直し後の基礎ボルトの材質をより強度の高いSCM435（クロムモリブデン鋼）に変更した（ボルト径は2023年2月13日規制庁面談でご説明したM24から変更なし。）。

指摘事項No.1 (2/6) (鉄セル遮蔽体のSs900に対する耐震性)

2. 評価方法

鉄セル遮蔽体の**3次元FEMモデル**を構築し、以下の項目・条件で評価を実施する。

◆評価項目

以下の①、②について評価を行う。

- ①固有値解析
- ②基礎ボルトに発生するせん断応力及び引張応力

◆設計用地震力

以下の設計用地震力で鉄セル遮蔽体を評価する。

動的地震力

Ss900

(鉄セル遮蔽体は剛構造であり※1、建屋のSs900による解析で得られる最大床応答加速度(1階)でFEM解析を実施)

※1 固有値解析の結果はP.4に示す。

◆供用状態

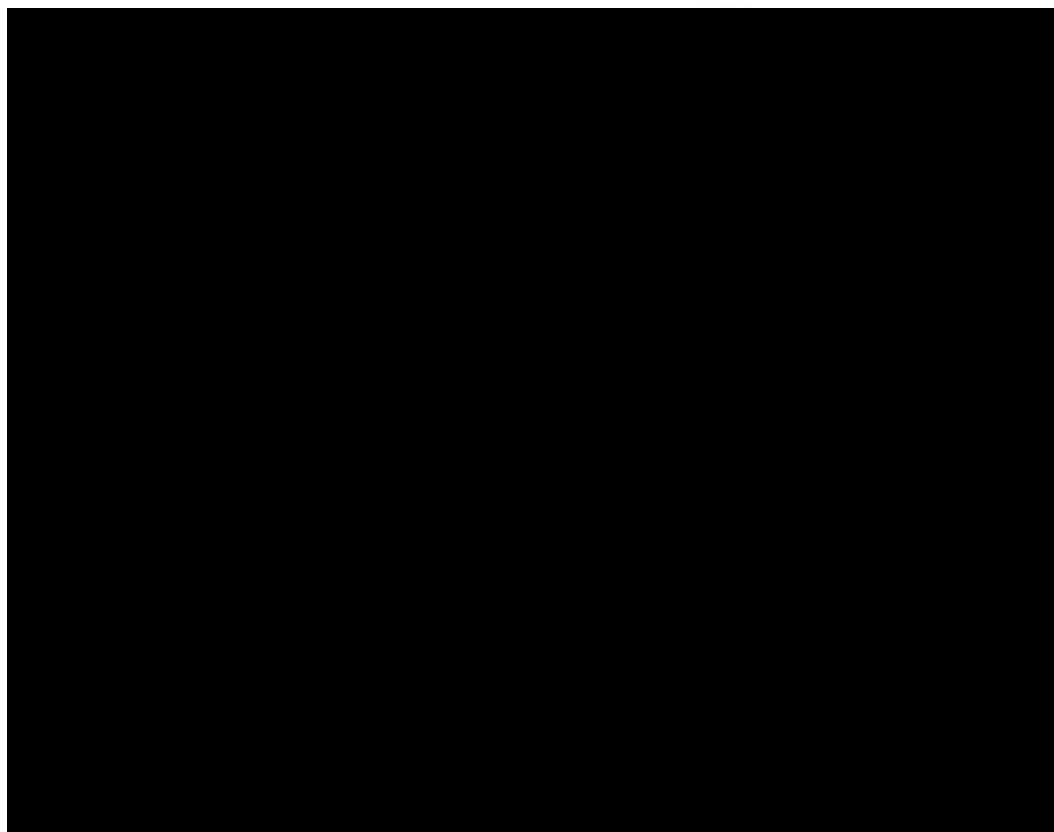
Ss900で機能維持を確認することから供用状態D_S※2とする。

※2 原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG4601) に基づき、原子力発電所耐震設計技術規程 (JEAC4601) を参考とした。

(鉄セル遮蔽体のSs900に対する耐震性)

3. 固有値解析モデル及び解析結果 参考値

以下に示す固有値解析モデルで固有周期を解析した結果、固有周期は**0.047秒**となった。固有周期は0.05秒を下回ることから、**鉄セル遮蔽体は剛構造**であることを確認した。



固有値解析モデル (3次元FEMモデル)

(鉄セル遮蔽体のSs900に対する耐震性)

4. 設計用地震力の設定

◆設計用地震力の設定

固有値解析で、鉄セル遮蔽体は剛構造であることを確認したことから、静的な設計用地震力を以下のとおり設定する。

- ①建屋のSs900に対する地震応答解析結果を各方向に対して20%割り増しし、重力加速度で除することで設計用震度は以下のとおりとなる。

方向	水平方向		鉛直方向
	EW方向	NS方向	UD方向
加速度[Gal]	982	1028	732
	↓	↓	↓
加速度[Gal]	1178.4	1233.6	878.4
	↓	↓	↓
震度[-]	1.21	1.26	0.90

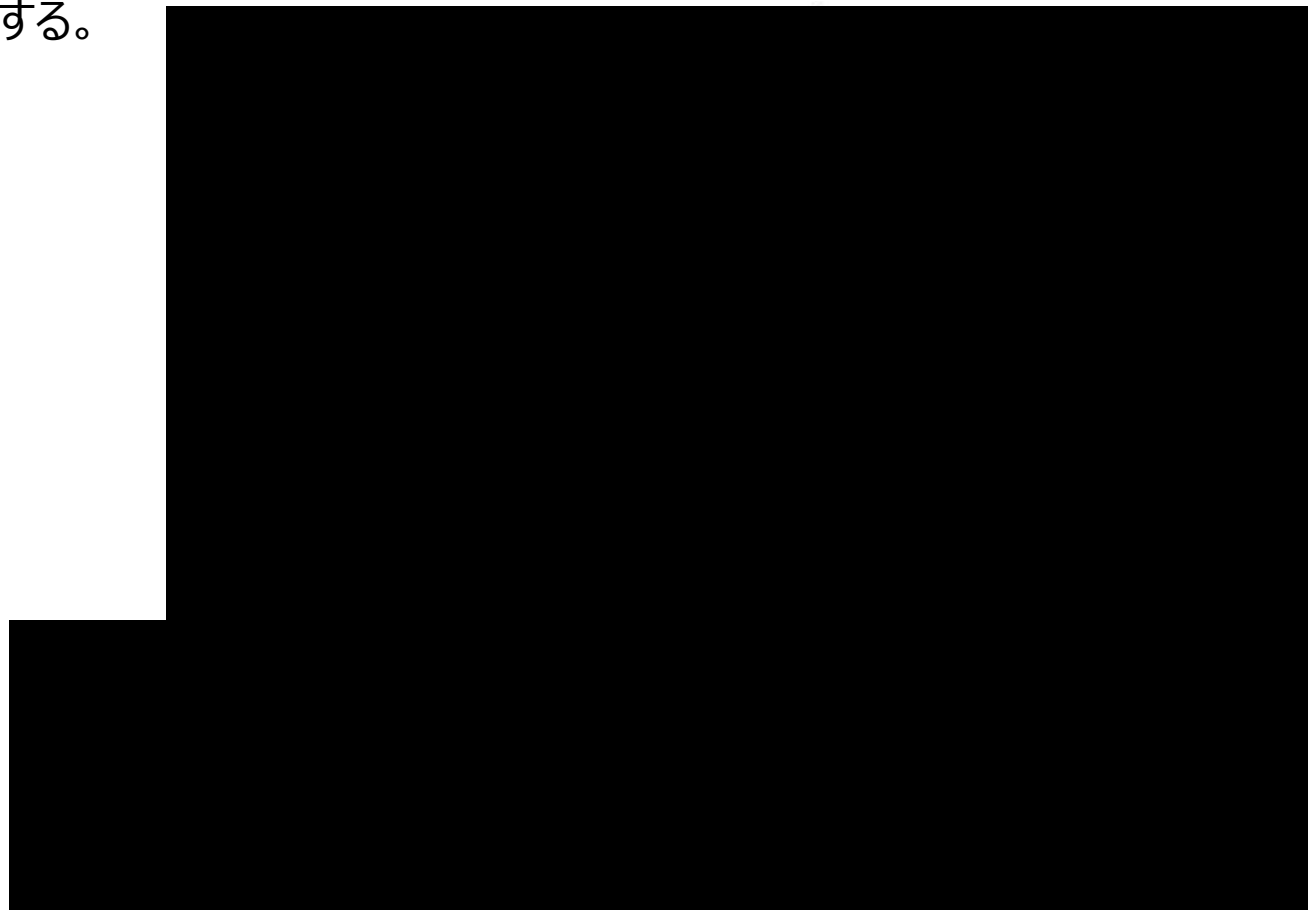
- ②水平方向の設計震度について保守的に包絡させるため、最終的には以下のとおりとなる。

方向	水平方向		鉛直方向
	EW方向	NS方向	UD方向
震度[-]	1.26	1.26	0.90

(鉄セル遮蔽体のSs900に対する耐震性)

5. 応力評価モデル

建屋のSs900による解析で得られる最大床応答加速度（1階）を水平2方向及び鉛直1方向を同時に入力する。



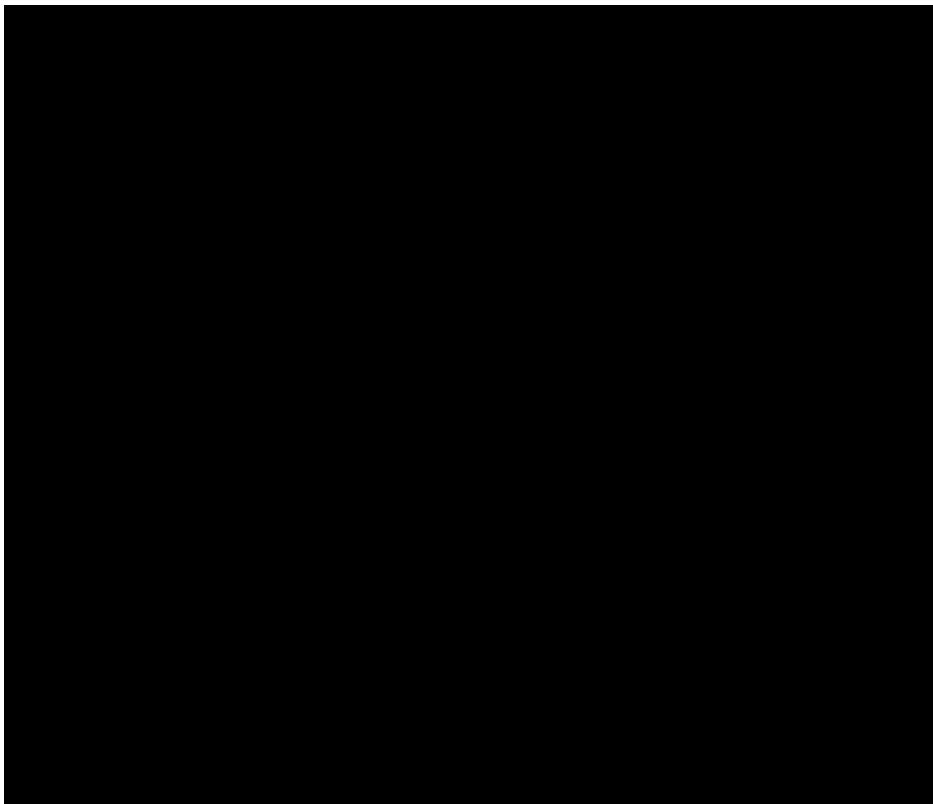
応力評価モデル（3次元FEMモデル）

(鉄セル遮蔽体のSs900に対する耐震性)

6. 応力評価結果 参考値

地震力の入力方向の組合せは8通り※1ある。各発生応力が最大となる入力方向の組合せにおける基礎ボルトの発生応力を以下に示す。

※1 X、Y、Z方向について正又は負方向 → $2 \times 2 \times 2 = 8$ 通り



下表のとおり、すべての応力について発生応力が許容応力を下回っているため、**鉄セル遮蔽体はSs900に対して耐震性を有することを確認した。**

評価応力	節点番号	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
引張応力	9816	237	487
せん断応力	11911	338	375
組合せ応力※2	5878	193	217

※2 引張応力とせん断力の組合せ

➡ 鉄セル遮蔽体はコンクリートセルへ波及的影響を及ぼさない。

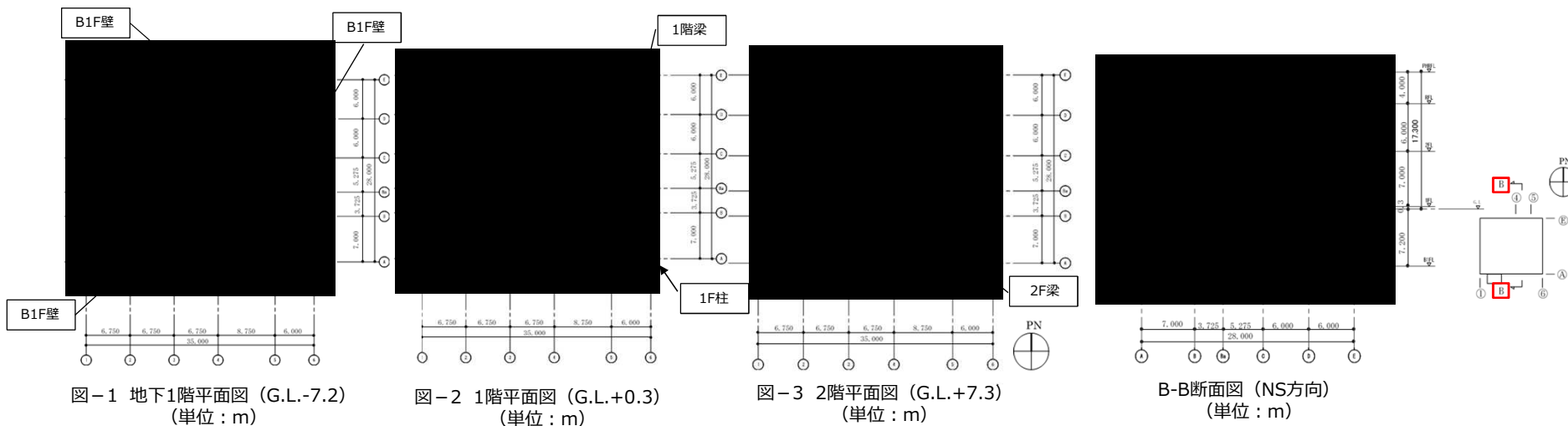
指摘事項No.2 (1/5)

(静的地震力3.0Ciによる波及的影響の確認結果)

4月11日面談資料
から変更なし

静的地震力3.0Ciによる解析の結果、検定比1.0を上回る部位が、コンクリートセル部に波及的影響を及ぼさないことを説明すること。

- ・ コンクリートセル部はSクラスとなることから、静的地震力3.0Ciによる解析の結果、コンクリートセル部（間接支持機能部も含む）は検定比1.0以下を満足することを確認したが、コンクリートセル部以外の部位（柱で1箇所、梁で2箇所、耐震壁で3箇所）で検定比1.0を上回った。
- ・ このため、建屋の各部位がコンクリートセル部に波及的影響を及ぼさないことを、Sクラス設備の耐震評価で用いられる動的地震力Ss900と保有水平耐力を比較して確認する。



(凡例)

	: 遮蔽、閉じ込め機能		: コンクリートセル部
	: 間接支持機能		: 3.0Ci 検定比1.0以上

指摘事項No.2 (2/5)

(静的地震力3.0Ciによる波及的影響の確認結果)

4月11日面談資料
一部改訂

- 波及的影響の確認は、原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG4601) における機能維持の波及事故防止機能※1に基づき、建屋の構造体またはその一部が崩壊しないことを確認する。本確認は、動的地震力Ss900による地震力 (層せん断力) と建屋の部位が終局時の耐力 (保有水平耐力) を比較して、各層 (各階) の層せん断力が保有水平耐力に至らないことを確認する。なお、検討においては、原子力施設の設計で参照される原子力発電所耐震設計技術規程 (JEAC4601) ※2も参考にする。
- 第2棟建屋の各階の保有水平耐力とSs900による層せん断力を下表に示す。
- 保有水平耐力はSs900による層せん断力及び3.0Ciより十分大きいことから、建屋の一部の部位が短期許容応力度を超過していても破壊には至らず、コンクリートセル部への波及的影響防止の機能は確保されていると判断する。**
- なお、必要保有水平耐力 Q_{un} に対しても、 $Q_u/Q_{un} = 3.64$ (EW方向)、 3.45 (NS方向) であり、Sクラス要求 (安全率 $Q_u/Q_{un} = 1.5$) に対して2倍以上裕度があり、Sクラスに求められる建屋の耐震性は十分に確保できているものと判断する。

(単位 : kN)

EW方向					
	保有水平耐力		Ss900		3.0Ci
R階	27262	>	8630	>	8179
2階	113617	>	56108	>	34085
1階	200089	>	127938	>	60027
B1階	369953	>	201506	>	110986

(単位 : kN)

NS方向					
	保有水平耐力		Ss900		3.0Ci
R階	25899	>	10367	>	8179
2階	107936	>	72505	>	34085
1階	190084	>	155283	>	60027
B1階	351456	>	240473	>	110986

※1 原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG4601)

5.3.4 機能維持の検討

c.波及事故防止機能

波及事故の例としては、**天井や壁のコンクリート**の一部が落下し、あるいはクレーンが落下し、安全上重要な機器が損傷する、などがある。後者はクレーンに対する支持機能が満足されていればよい。前者については、**一般に構造体又はその一部が崩壊しなければよいと考えられる。**

※2 原子力発電所耐震設計技術規程 (JEAC4601)

3.6.4.2 波及的影響防止の検討

波及的影響を考慮すべき建物・構築物を構成する部位は、対象とする上位の耐震クラスに分類される施設の確認用地震動から求まる地震力によって生じる当該部位が属する層の最大せん断力が、保有水平耐力に至らないことを確認する。

指摘事項No.2 (3/5)

(静的地震力3.0Ciによる波及的影響の確認結果)

10

4月11日面談資料
から変更なし

- 保有水平耐力はSs900の地震力より十分大きいことを確認したことから、原子力発電所耐震設計技術規程（JEAC4601）を参考に、**波及的影響防止は確保されていると判断する。(p9)**
- 建屋は動的地震力Ss900を用いた耐震性評価において、せん断ひずみは 2.0×10^{-3} 以下であり、概ね弾性範囲に収まることが確認できていることから、3.0Ciで検定比1.0以上となる部位についても、著しい変形が発生することはないため、波及的影響を及ぼさないと判断する。(p11)

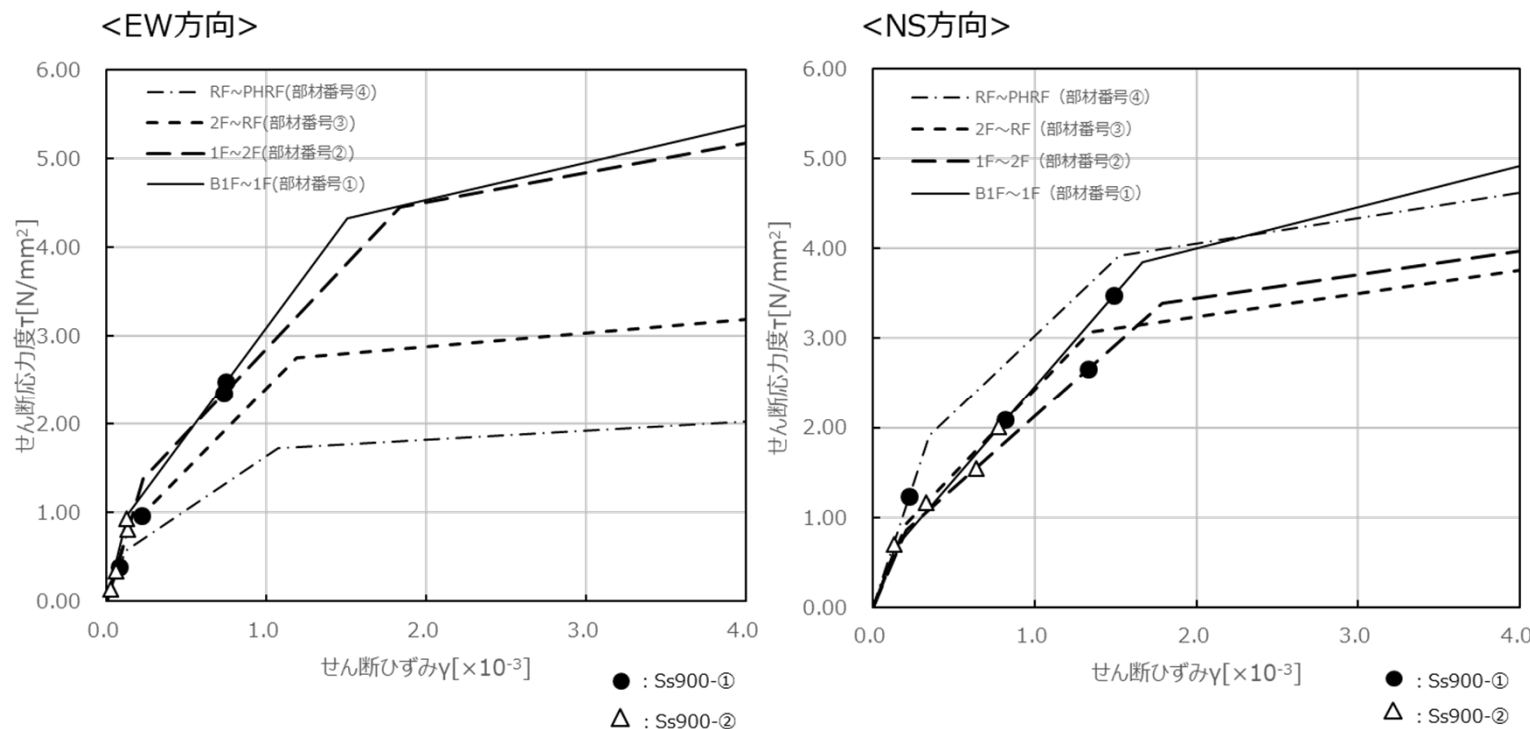
以上より、コンクリートセル部に影響を与えず、コンクリートセル部は安全機能を確保できると判断する。

指摘事項No.2 (4/5) <参考> (静的地震力3.0Ciによる波及的影響の確認結果)

3月6日技術会合
資料から変更なし

①：動的地震力Ss900による確認結果

- Ss900※1における建屋各層のせん断応力度-せん断ひずみ関係は、下記のスケルトンカーブ ($\tau-\gamma$) 関係となる。
- 各層に発生するせん断応力度におけるせん断ひずみは、**Ss900※1**に対しいずれも 2.0×10^{-3} 以下であり、また、第2折れ点を超過しないことから、**建屋はおおむね弾性範囲**にとどまり、コンクリートセル部はSクラス相当の耐震性を有することを確認した。



※1 Ss900-①及びSs900-②は第27回特定原子力施設監視・評価検討会 資料2「東京電力福島第一原子力発電所の外部事象に対する防護の検討について」で示された地震動

指摘事項No.2 (5/5) <参考> (静的地震力3.0Ciによる波及的影響の確認結果)

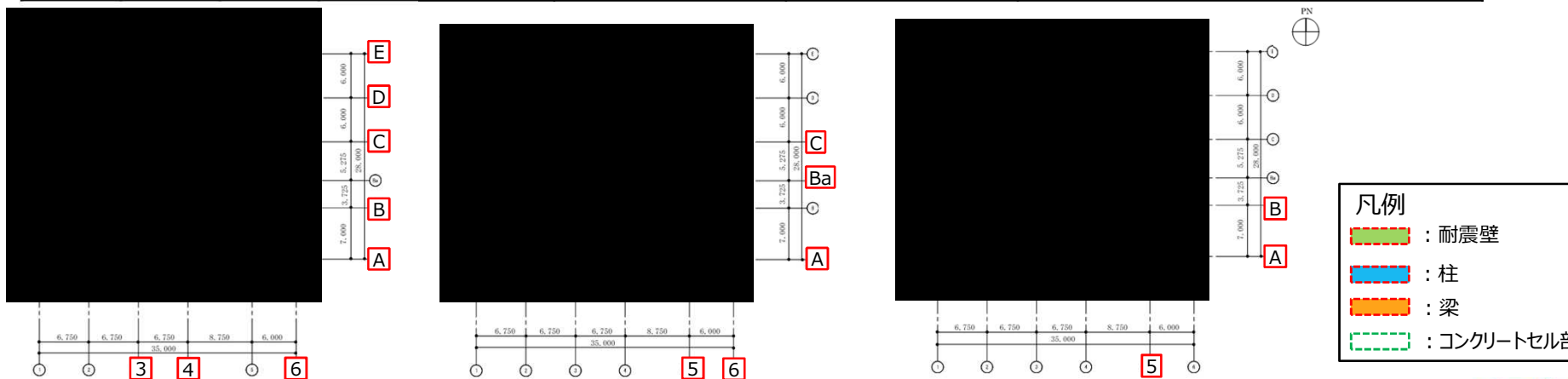
3月6日技術会合
資料から変更なし

静的地震力3.0Ciによる確認結果 (コンクリートセル部以外について)

- 静的地震力3.0Ciによる解析の結果、**コンクリートセル部以外の部材では、柱で1箇所、梁で2箇所、耐震壁で3箇所**が検定比1.0を上回ることを確認した。**これらの部材については、鉄筋の強度を建築基準法に基づき、基準強度の1.1倍とした場合においても検定比が1.0を上回る。**
- 検定比が1.0を上回る箇所があるが、Ss900では、第2棟の建屋はおおむね弾性範囲にある。

No	部材	階	対象範囲	荷重ケース	評価基準	検定比	
						曲げ	せん断
①-1	柱	1	A通り - 6通り	EW方向	≤1.00	1.15	0.42
②-1	梁	2	5通り A-B間	NS方向		1.13	0.60
②-2		1	5通り Ba-C間	NS方向		1.32	1.48

No	部材	階	対象範囲	荷重ケース	評価基準	検定比	
						曲げ	せん断
③-1	耐震壁	B1	E通り 3-4間	EW方向	≤1.00	1.17	
③-2		B1	3通り A-B間	NS方向		1.15	
③-3		B1	6通り C-D間	NS方向		1.20	



放射性物質分析・研究施設第2棟に係る 実施計画の変更認可申請について (非常用電源の設置の考え方について)

2023年6月8日

東京電力ホールディングス株式会社
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構



1. 非常用電源設備の要件

(1) 措置を講ずべき事項（Ⅱ.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。

(2) 使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則 （非常用電源設備）

第二十七条 使用前検査対象施設には、外部電源系統からの電気の供給が停止した場合において、監視設備その他当該使用前検査対象施設の安全機能を確保するために必要な設備を使用することができるように、必要に応じて非常用電源設備を設けなければならない。

(3) 使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈

第27条（非常用電源設備）

- 1 第27条に規定する「非常用電源設備」とは、非常用電源設備（非常用ディーゼル発電機、無停電電源等）及び安全機能を確保するために必要な施設への電力供給設備（ケーブル等）をいう。
- 2 非常用電源系は、停電等の外部電源系統の機能喪失時における安全機能の確保のために必要な以下の設備のために、十分な容量、機能を有すること。
 - 一 放射線監視設備
 - 二 管理区域の排気設備
 - 三 火災等の警報設備、緊急通信・連絡設備、非常用照明灯 等

(4) 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 地震により安全機能を失った際の公衆への被ばく影響を評価した後、現実的な緩和対策を考慮した上で、公衆被ばく線量により定まる耐震クラスと施設・設備の特徴に応じた評価を行う。

2. 第2棟のセル等の閉じ込めについて（1/2）

第2棟のセル等の閉じ込めに関して以下のとおり整理する。

(1) 基本的な考え方

① 負圧維持による閉じ込め

換気空調設備にてセル等内を負圧にすることで、放射性物質を閉じ込める。

② 構造による閉じ込め

負圧維持ができない場合は、構造*1により放射性物質を閉じ込める。

*1：セル等、給気管、排気管、弁及び給排気系のフィルタ

(2) 想定される事象に対する閉じ込めの考え方

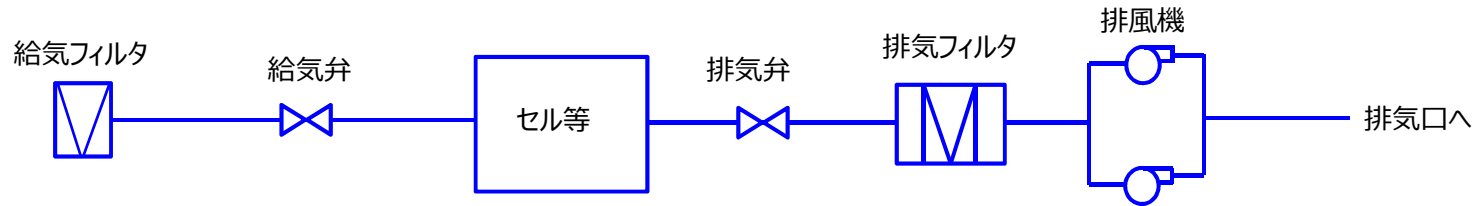
第2棟で想定される事象に対する閉じ込めの考え方を下表に示す。

想定される事象と閉じ込めの考え方

	負圧維持による閉じ込め	構造による閉じ込め
① 通常時	○	－
② 外部電源喪失時	○	－
③ 負圧維持に必要な設備の機能喪失時*2	－	○

*2：電源喪失時、Bクラス地震によるCクラス設備の損傷時等、排風機が機能しない場合

2. 第2棟のセル等の閉じ込めについて (2/2)



セル等における換気イメージ図

① 通常時

換気空調設備にてセル等内を負圧維持することにより、放射性物質を閉じ込める。

② 外部電源喪失時

外部電源は、大熊線3号及び4号から給電しており、片側の停電では第2棟の電源喪失は起きないため、セル等内を負圧維持することにより放射性物質を閉じ込める。

外部電源を喪失した場合、非常用電源設備へ切り替えて給電し、セル等内を負圧維持することにより放射性物質を閉じ込める。

③ 負圧維持に必要な設備の機能喪失時

構造による閉じ込めとして、給気フィルタと排気フィルタの間で放射性物質を閉じ込める。

その際、フィルタから放出される放射性物質による公衆への被ばく影響は、コンクリートセルで $11\mu\text{Sv}$ 、鉄セルで $2.7 \times 10^{-1}\mu\text{Sv}$ 、グローブボックスで $2.7 \times 10^{-5}\mu\text{Sv}$ であり、 $50\mu\text{Sv}$ に比べ十分に小さい。

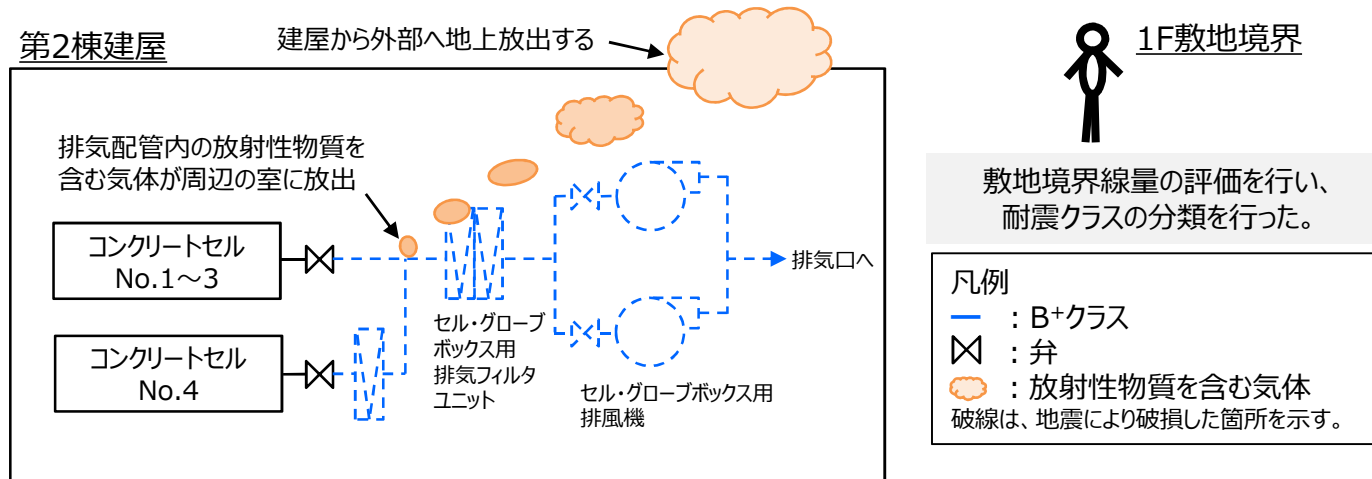
さらに、フィルタからの放射性物質の放出をさらに低減するため、セル等の直近の給排気ラインに弁を設置し、閉止できる設計とする。

3. セル・グローブボックス用換気空調設備の耐震クラスについて（1/3）

セル・グローブボックス用換気空調設備の耐震クラスは、「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における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方（2022年11月16日）」に基づき、以下の評価結果に基づき**B+クラス**と設定した。

（評価条件）

- ・コンクリートセル内の試料調製時に発生する燃料デブリからの粉体の発生量を安全側に見積もり、粉体中の放射性物質がセル内の気相に移行^{※1}し、コンクリートセルの排気配管内の放射性物質を含む気体が直接周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。
- ・建屋の除染係数 $10^{※2}$ を考慮する。



「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（2022年11月16日）」のフローに従い耐震クラスを分類した。

設備名称	敷地境界線量 (mSv)	耐震クラス
セル・グローブボックス用換気空調設備	2.0×10^{-1}	B+クラス

※1 燃料デブリ切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率1%（日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」）。Kr等の気体状の放射性物質は100%移行。

※2 建屋の除染係数として気体状の放射性物質を除き、DF10を考慮。

Elizabeth M.Flew, et al. "Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning". Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7

3. セル・グローブボックス用換気空調設備の耐震クラスについて (2/3)

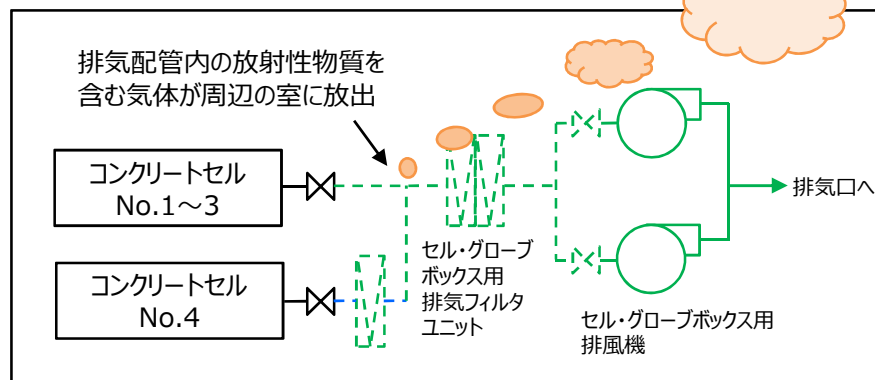
セル・グローブボックス用換気空調設備について、それぞれの機器が破損したときの敷地境界線量を評価し、「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方（2022年11月16日）」のフローに従い、機器ごとに耐震クラスを再設定する。

セル・グローブボックス用換気空調設備

2つに分割（実践・破線）

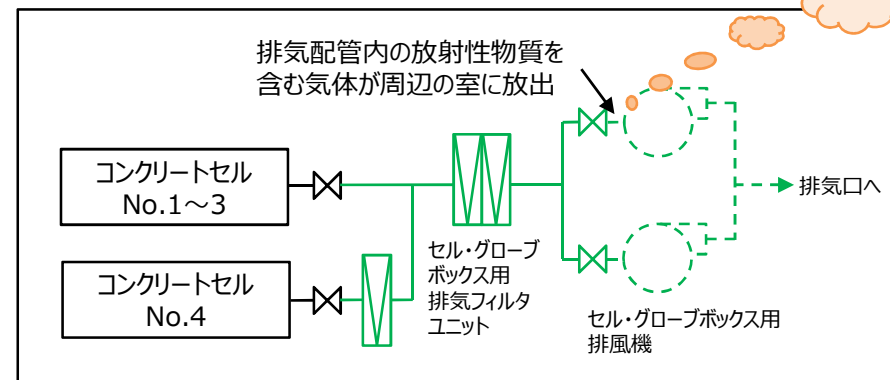
セル・グローブボックス用換気空調設備
「セル・グローブボックス用排風機の上流の弁まで」

第2棟建屋



セル・グローブボックス用換気空調設備
「セル・グローブボックス用排風機の上流の弁より下流側」

第2棟建屋



それぞれの機器が破損した場合における敷地境界線量、セル・グローブボックス用換気空調設備の機器ごとに耐震クラス分類を行った結果を次頁に示す。

凡例

☒ : 弁

☁ : 放射性物質を含む気体

破線は、地震により破損した箇所を示す。

3. セル・グローブボックス用換気空調設備の耐震クラスについて (3/3)

評価条件は、4頁と同様。セル・グローブボックス用排気フィルタユニットの除染係数 10^7 を考慮する。

セル・グローブボックス用換気空調設備の分割した各機器が破損した場合の敷地境界線量、耐震クラスは以下の通り。

凡例

— : B+クラス

— : Cクラス

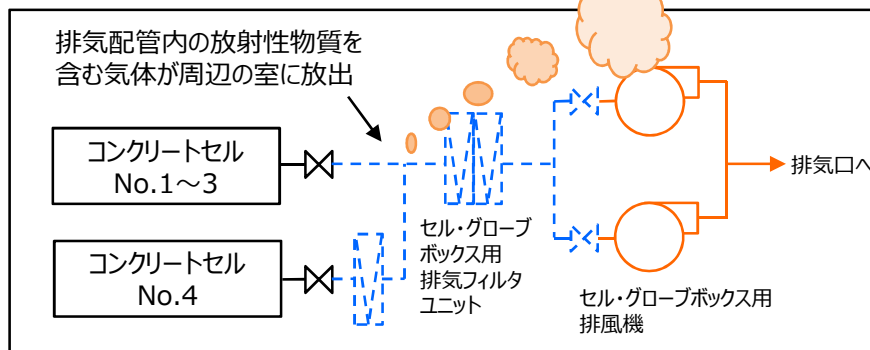
⊗ : 弁

☁ : 放射性物質を含む気体

破線は、地震により破損した箇所を示す。

セル・グローブボックス用換気空調設備
「セル・グローブボックス用排風機の上流の弁まで」

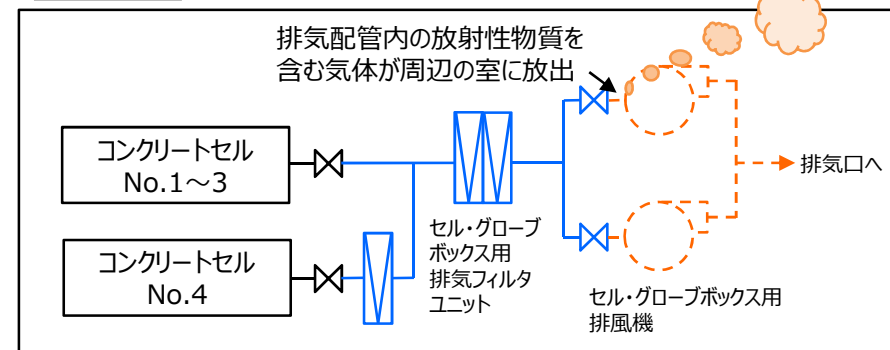
第2棟建屋



敷地境界線量 (mSv)	耐震クラス
2.0×10^{-1}	B+クラス

セル・グローブボックス用換気空調設備
「セル・グローブボックス用排風機の上流の弁より下流側」

第2棟建屋



敷地境界線量 (mSv)	耐震クラス
2.8×10^{-7}	Cクラス

よって、セル・グローブボックス用換気空調設備の耐震クラスは、「セル・グローブボックス用排風機の上流の弁まで」をB+クラス、「セル・グローブボックス用排風機上流の弁から下流側」をCクラスとする。

「東京電力福島第一原子力発電所における放射性物質の閉じ込め機能を有する施設・設備に対する非常用電源設備の設置要否及び具体的要件について」を踏まえると、予備電源設備から給電するセル・グローブボックス用排風機はCクラスであることから、予備電源設備はCクラスとなる。

4. その他の外部電源喪失に対する備え

下表の設備は、各設備の特徴をふまえて外部電源の喪失に備えた設計とする。

施設・設備	耐震クラス	機能維持の目的	非常用電源設備の給電有無	非常用電源設備から給電不可の場合
(1)放射線監視設備	Cクラス 当該設備は放射性物質を内包しないことから、地震による閉じ込め及び遮蔽機能は有しておらず破損時において公衆被ばく線量に影響を与えないことからCクラスとしている。	・異常時の放射線影響を計測するため。	有	・閉じ込め機能の喪失により、放射性物質の放出の恐れがある場合は、閉じ込め機能がその機能を達成していることを確認するため、換気空調系の排気口等の放射線モニタまたは建屋開口部などについて外部電源喪失時にも放射線管理を可能とする。 ・別途、モニタリングポスト等の1F全体としての環境モニタリングを行う。
(2)火災等の警報 ・消火設備	同上 なお、消火設備については、JEAC4601の耐震重要度分類の例において公衆被ばく線量に影響を与えないことからCクラスとされている。	・火災による波及的影響により、上位クラスの安全機能を損なうことが無い設計とするため。	有	・火災等の波及的影響による安全機能の喪失を防止するため、区画、防火板、不燃性または難燃性材料を用いた対策を行う。また、公衆又は従事者の過度の放射線影響が想定される場合には、火災の検知、消火設備等を設置し、安全機能を有する機器を保護する。 ・別途、建築基準法、消防法の要求を満足する。
(3)緊急通信 ・連絡設備	Cクラス 当該設備は放射性物質を内包しないことから、地震による閉じ込め及び遮蔽機能は有しておらず破損時において公衆被ばく線量に影響を与えないことからCクラスとしている。	・施設内の人に対し必要な指示をするため。 ・施設外と異常時に必要安連絡をするため。	有	・施設内に人が立ち入らない場合は不要とする。 ・復旧作業や臨時に人の立ち入りを要する場合には、可搬型通信連絡装置等を携行する。
(4)非常用照明等	同上	・施設内の人が安全に非難するため。 ・夜間等の復旧作業のため。	有	・施設内に人が立ち入らない場合は不要とする。 ・復旧作業や臨時に人の立ち入りを要する場合には、可搬型照明等を携行する。

5. 第2棟 非常用電源に係る耐震クラスと給電範囲（1/2）

3/27原子力規制庁から提示された「東京電力福島第一原子力発電所における放射性物質の閉じ込め機能を有する 施設・設備に対する非常用電源設備の設置要否及び具体的要件について」を踏まえて、第2棟の予備電源設備を非常用電源設備に変更する。

非常用電源設備から給電する設備は、Cクラスであるため、非常用電源設備はCクラスとして1台設置する。

5. 第2棟 非常用電源に係る耐震クラスと給電範囲 (2/2)

第2棟 非常用電源設備の耐震クラスと給電範囲を下記に示す。

