

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
(技術会合における指摘事項に対するご回答)

2023年7月4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. 概要

規制庁殿の指摘事項：鉄セル遮蔽体のアンカー部評価について説明すること。

- 技術会合のご説明時点では、応力評価のみが完了しており、並行してアンカー部評価を進めていた。
- しかしながら、技術会合後にアンカー部評価が完了したところ、評価上最も厳しい基礎ボルトにおいて、許容値を超える荷重が発生していることが確認されたため、鉄セル遮蔽体の基礎ボルト部の設計を一部見直した。（見直し箇所の詳細は参考資料に示す。）
- 本資料では、基礎ボルト部の設計を一部見直したモデル※での**固有値解析**、**応力評価**及び**アンカー部評価**の結果をご説明する。
※基礎ボルトの本数及び配置、ブラケットのサイズを一部見直した（参考資料参照）。

2. 評価方法

技術会合でのご説明から変更なし

鉄セルのSs900に対する耐震性を確認するため、**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を評価する。

動的地震力

Ss900

(鉄セルは剛構造であり※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.3に示す。

◆供用状態

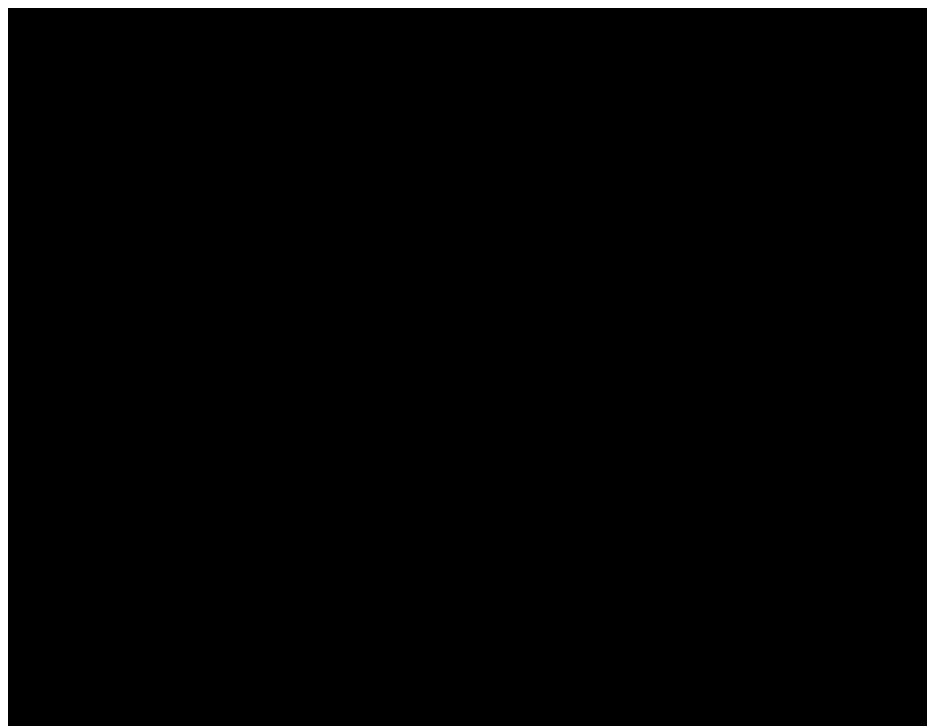
Ss900で機能維持を確認することから供用状態D_S※2とする。

※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。

3. 固有値解析の結果について

技術会合から設計を見直したFEMモデルで固有周期を解析した結果、固有周期は1次振動モードで**0.047秒**となった。

固有周期は0.05秒以下であることから、**鉄セルは剛構造**であることを確認した。



FEM解析モデル

4. 地震力の設定について

技術会合でのご説明から変更なし

◆設計用地震力の設定

固有値解析で、鉄セル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鉄セルが設置される1階における建屋の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
1階における建屋のSs900に対する最大床応答加速度[Gal]	982	1028	732
	↓	↓	↓
20%割り増した加速度[Gal]	1178.4	1233.6	878.4
	↓	↓	↓
震度[-]	1.21	1.26	0.90

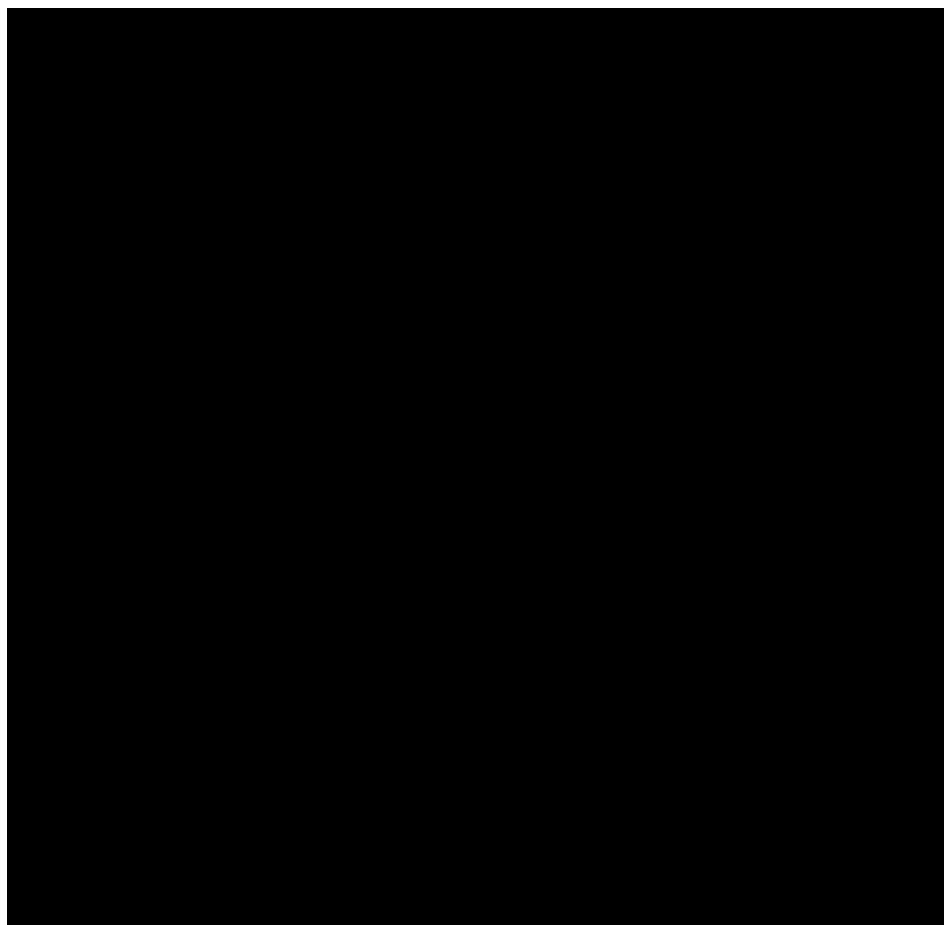
- ②水平方向の設計震度について保守的に包絡させるため、最終的に設計用震度は以下のとおりとなる。

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

5. 応力評価の結果について

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方向の3方向に対して、それぞれ正又は負方向の2通りが考えられるため、8(=2×2×2) 通りとなる。



各最大発生応力の発生箇所

下表のとおり、すべての応力について最大発生応力が許容応力を下回っているため、**鉄セルは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	最大発生応力 (MPa)	許容応力※3 (MPa)
引張応力	5878	276	487
せん断応力	23875	255	375
組合せ応力※2	23875	209	273

※2 引張応力とせん断力の組合せ

※3 原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG4601) 及び発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (JSME S NC1-2005/2007) に基づく

➔ 鉄セルはコンクリートセルへ波及的影響を及ぼさない。

6. アンカー部評価について (1/2)

◆評価方法

JEAG4601に基づき、鉄セル遮蔽体のアンカー部評価を行う。

◆評価式

①基礎ボルトが引張荷重を受ける場合のコンクリートの評価

・コンクリートにせん断補強筋が無い場合

荷重の算定で得られた基礎ボルトの引張荷重は、以下に示すコンクリート部の引張荷重に対する許容値以下となるようにする。

$$p \leq p_a = \min[p_{a1}, p_{a2}]$$

$$p_{a1} = 0.31K_1A_c\sqrt{F_c}$$

$$p_{a2} = K_2\alpha_cA_0F_c$$

p : 基礎ボルト1本当たりの引張荷重 (N)
 p_a : 基礎ボルト1本当たりのコンクリート部の許容引張荷重 (N)
 p_{a1} : コンクリート躯体がコーン状破壊する場合の基礎ボルト1本当たりの許容引張荷重 (N)
 p_{a2} : 基礎ボルト頭部に接するコンクリート部が支圧破壊する場合の基礎ボルト1本当たりの許容引張荷重 (N)
 K_1 : コーン状破壊する場合の引張耐力の低減係数
 K_2 : 支圧破壊する場合の引張耐力の低減係数
 F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)
 A_c : コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積 (mm²)
 α_c : 支圧面積と有効投影面積から定まる係数、 $=\sqrt{A_c/A_0}$ かつ10以下
 A_0 : 支圧面積 (mm²)
 l_e : 基礎ボルトのコンクリート内への埋め込み長さ (mm)
 D : 基礎ボルト頭部の直径 (mm)
 d : 基礎ボルトの呼び径 (mm)

②基礎ボルトがせん断荷重を受ける場合のコンクリートの評価

$$q \leq q_a = \min[q_{a1}, q_{a2}]$$

$$q_{a1} = 0.5K_3A_b\sqrt{E_cF_c}$$

$$q_{a2} = 0.31K_4A_{c1}\sqrt{F_c}$$

q : 基礎ボルト1本当たりのせん断荷重 (N)
 q_a : 基礎ボルト1本当たりのコンクリート部の許容せん断荷重 (N)
 q_{a1} : 基礎ボルトと基礎ボルト周辺のコンクリートが圧壊して破壊 (複合破壊) する場合の基礎ボルト1本当たりの許容せん断荷重 (N)
 q_{a2} : へり側コンクリートが破壊する場合の基礎ボルト1本当たりの許容せん断荷重 (N)
 K_3 : 複合破壊の場合のせん断耐力の低減係数
 K_4 : へり側コンクリート破壊の場合のせん断耐力の低減係数
 A_b : 基礎ボルトの谷径断面積 (スタッドの場合は軸部断面積) (mm²)
 E_c : コンクリートのヤング係数 (N/mm²)
 F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)
 A_{c1} : コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積 (mm²)

6. アンカー部評価について (2/2)

◆評価結果

(1) 引張荷重に対する評価結果

引張荷重 p が許容引張荷重 p_a 以下であることを確認した。

供用状態Dsにおける許容引張荷重		供用状態Dsにおける 許容引張荷重 $p_a(N)=\text{MIN}(p_{a1}, p_{a2})$	引張荷重 $p(N)$
コーン状破壊許容 引張荷重 $p_{a1}(N)$	支圧破壊許容 引張荷重 $p_{a2}(N)$		
98585	735529	98585	66848

(2) せん断荷重に対する評価結果

せん断荷重 q が許容せん断荷重 q_a 以下であることを確認した。

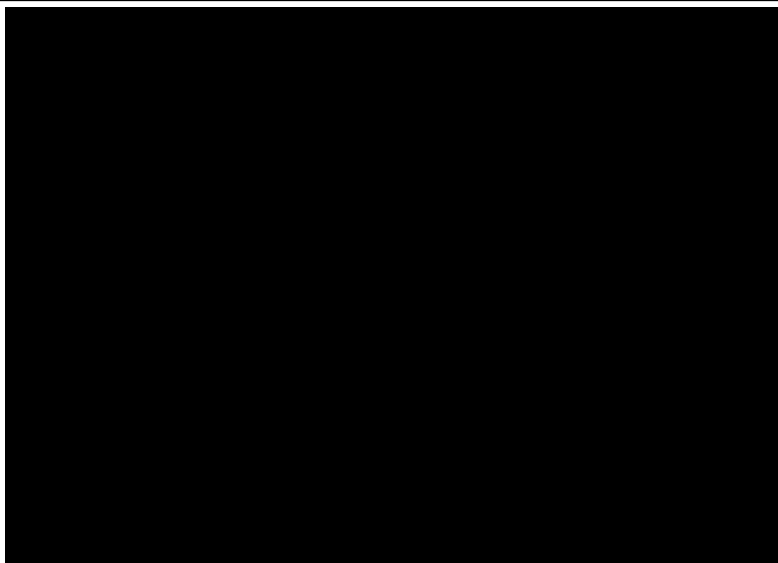
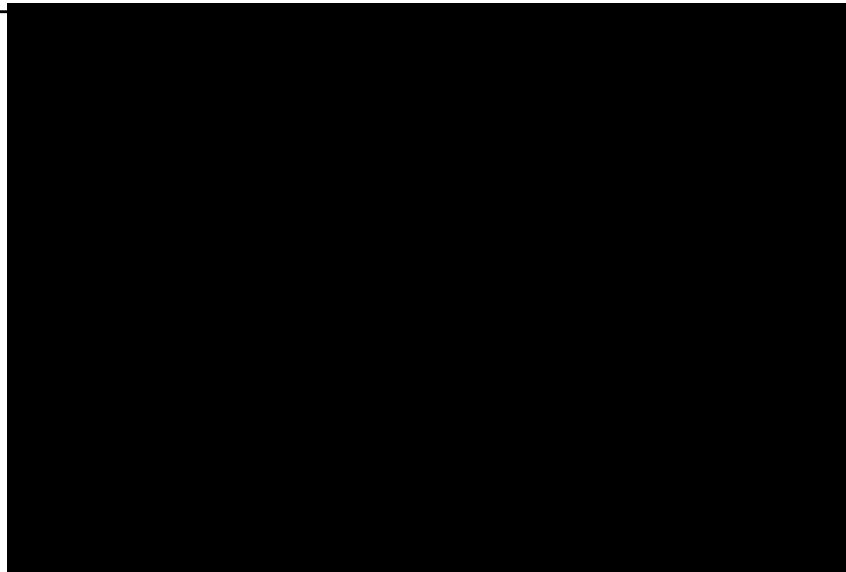
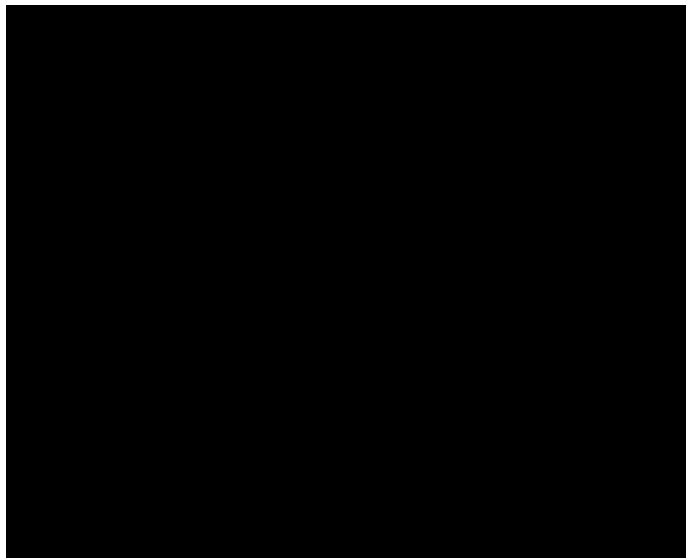
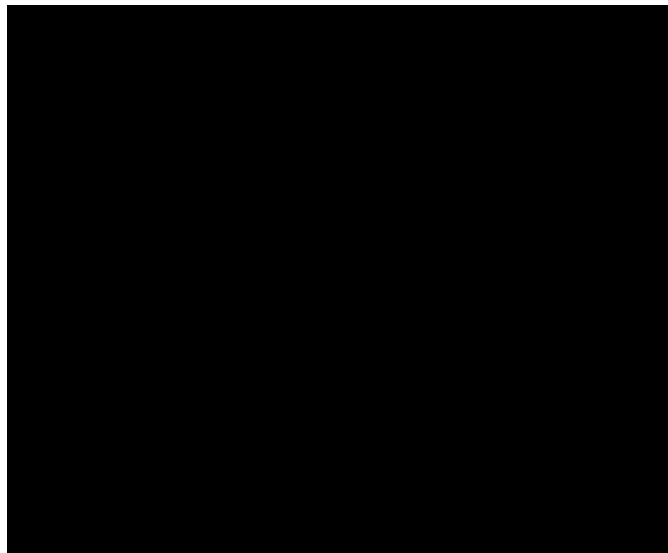
供用状態Dsにおける許容せん断荷重		供用状態Dsにおける 許容せん断荷重 $q_a(N)=\text{MIN}(q_{a1}, q_{a2})$	せん断荷重 $q(N)$
複合破壊許容 せん断荷重 $q_{a1}(N)$	へり側破壊許容 せん断荷重 $q_{a2}(N)$		
118976	— (基礎ボルトはへり部に 配置されないため、省略)	118976	67229

(3) 組合せに対する評価結果



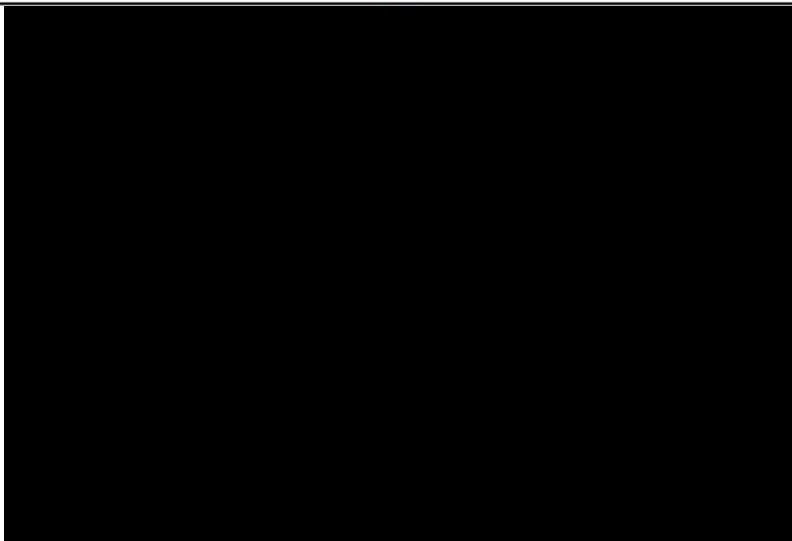

組合せを考慮しても、許容値である1以下となることを確認した。

許容値	組合せ評価 $[(p/p_a)^2+(q/q_a)^2]$
1	0.78

【参考資料】 設計見直し箇所について (1/2)

	技術会合でご説明した設計	見直し後の設計
コンクリート側壁方向		
平面図		

【参考資料】 設計見直し箇所について (2/2)

	技術会合でご説明したFEMモデル	見直し後のFEMモデル
視点1 ※1		
視点2 ※2		

※1 : コンクリートセル側からの俯瞰

※2 : コンクリートセル側への俯瞰

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
(地震以外の想定される自然現象、外部人為事象)

2023年7月4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. 概要（地震以外の想定される自然現象、外部人為事象）

本資料は、地震以外の想定される自然現象又は外部人為事象に対して、第2棟の安全性が損なわれない設計であることを示すものである。

第2棟において想定する外部事象は、以下の通りである。

地震以外の自然現象		外部人為事象	
(1)	津波	(1)	電磁的障害
(2)	豪雨	(2)	不正アクセス行為（サイバーテロを含む）
(3)	積雪	(3)	漂流船舶の衝突
(4)	落雷	(4)	航空機落下
(5)	台風（強風・高潮）	(5)	ダム崩壊及び爆発
(6)	竜巻（飛来物含む）		
(7)	凍結		
(8)	紫外線		
(9)	高温		
(10)	生物学的事象		
(11)	その他（森林火災）		

2. 地震以外の想定される自然現象について (1/4)

(1) 津波

第2棟は、津波が到達しないと考えられるT.P. + 約40mの場所に設置することにより、津波の影響を受けない設計とする。

(2) 豪雨

豪雨に対しては、構造設計上考慮することはないが、屋根面の排水等、適切な排水を行う設計とする。

(3) 積雪

積雪時に係る建屋の設計は、建築基準法及び関係法令、福島県建築基準法施行細則第19条に基づく積雪荷重（垂直積雪量：30cm、単位荷重 $20\text{N/m}^2/\text{cm}$ ）に耐えられる構造とすることにより、積雪に対して、その安全性が損なわれない設計とする。

2. 地震以外の想定される自然現象について (2/4)

(4) 落雷

第2棟建屋に避雷針の設置、機器接地等により落雷による損傷を防止する設計とする。

(5) 台風 (強風・高潮)

第2棟は、建築基準法及び関係法令に基づく風圧力 (基準風速: 30m/s) に対して耐えられる構造とすることにより、強風 (台風等) に対して、その安全性が損なわれない設計とする。

高潮は、T.P. + 約40mの場所に設置することにより、影響は受けない設計とする。

(6) 竜巻 (飛来物含む)

第2棟は、設計竜巻 (最大風速: 92m/s) に対して耐えられる構造とすることにより、竜巻に対して、その安全性が損なわれない設計とする。

→資料3にて、評価結果を示す。

2. 地震以外の想定される自然現象について (3/4)

(7) 凍結

第2棟は鉄筋コンクリート造であるため、凍結により建屋が損傷するおそれはない。また、屋外配管に対しては、保温材の設置等の対策を講じることにより、凍結に対して、その安全性が損なわれない設計とする。なお、屋内は空調管理されているため、凍結することはない。

(8) 紫外線

第2棟は、建屋外壁への塗装等により、紫外線に対して、その安全性が損なわれない設計とする。

(9) 高温

第2棟は、福島第一原子力発電所近傍の気象観測記録として過去に計測された最高気温を踏まえて、適切な材料、機器等を選定することにより、高温に対して、その安全性が損なわれない設計とする。なお、屋内は空調管理されているため、高温になることはない。

(10) 生物学的事象

小動物等の襲来により、建屋貫通孔等からの小動物の侵入が想定されるため、建屋貫通孔や電路端部等に対してシール材を施工することにより、侵入を防止する設計とする。

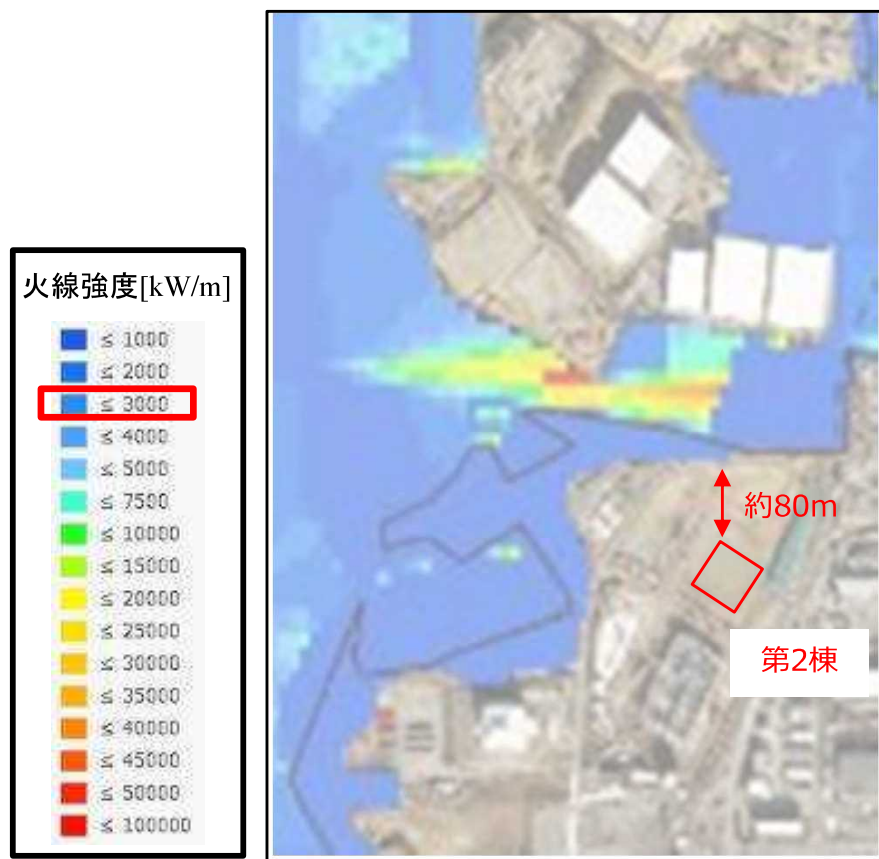
2. 地震以外の想定される自然現象について (4/4)

(1 1) その他 (森林火災)

・森林火災

第2棟は、周囲の森林から20m可燃物のない帯状の離隔幅を確保し森林火災から防護する設計とする。

FARSITEによる火線強度評価結果



- ・FARSITE (Fire Area Simulator) による火線強度の評価結果では3000kW/m以下となる。
- ・下表の火線強度と防火帯幅の関係から、第2棟は森林から20mの離隔距離を確保する。

風上に樹木が無い場合の火線強度と最小防火帯幅の関係 (火災の防火帯突破確率1%)

火線強度 (kW/m)	3000	4000	5000	10000	15000	20000	25000
防火帯幅 (m)	7.1	7.4	7.8	9.5	11.3	13.1	14.8

風上に樹木が有る場合の火線強度と最小防火帯幅の関係 (火災の防火帯突破確率1%)

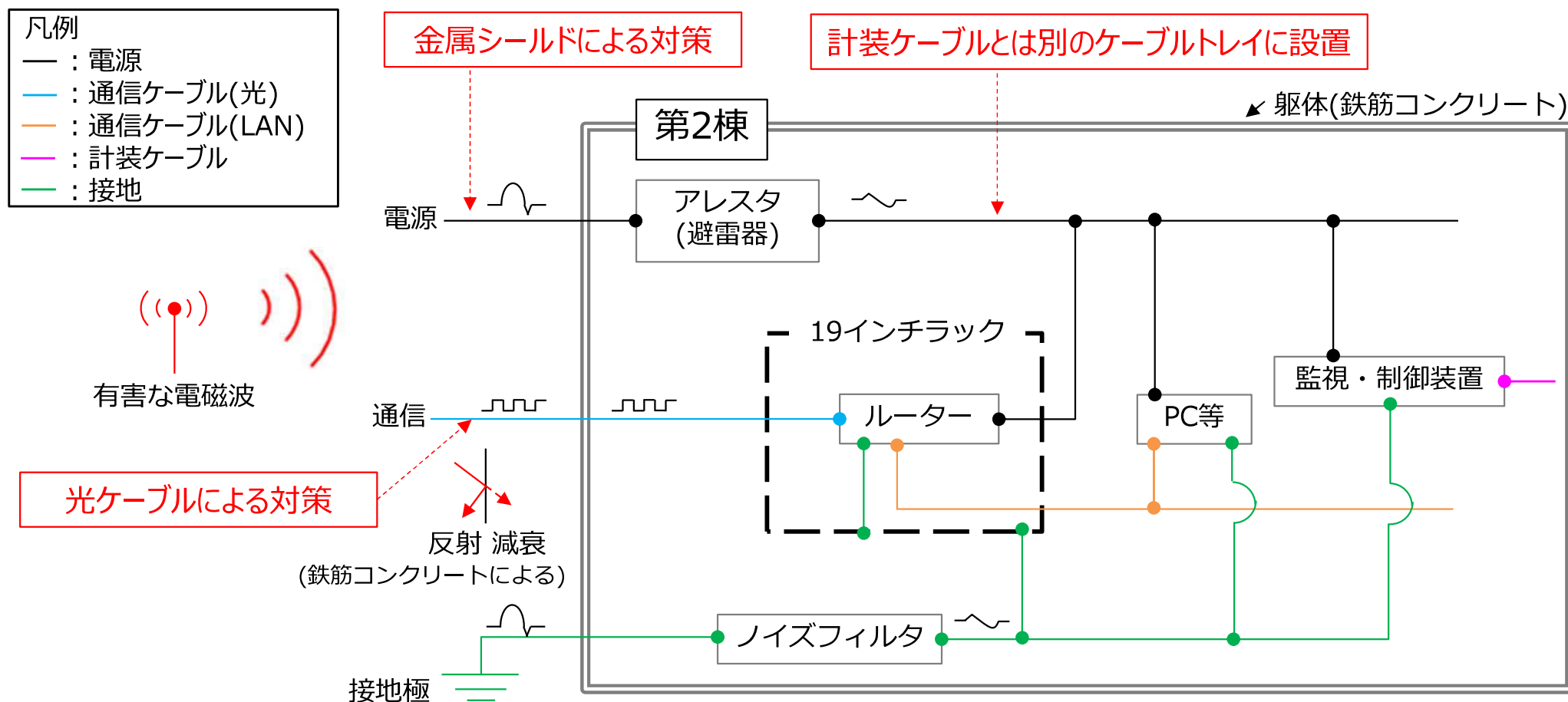
火線強度 (kW/m)	3000	4000	5000	10000	15000	20000	25000
防火帯幅 (m)	18.3	19.3	20.2	24.9	29.7	34.4	39.1

外部火災影響評価ガイド p A-6抜粋 (原子力規制委員会 平成25年6月)

3. 外部人為事象について (1/3)

(1) 電磁的障害

第2棟は、電磁的障害による擾乱に対して、制御部、演算部は接地した鋼製の筐体に格納、高圧動力ケーブルは金属シールド付きとするとともに、計装ケーブルとは別のケーブルトレイに設置、通信ラインにおける光ケーブルの適用等により、影響を受けない設計とする。

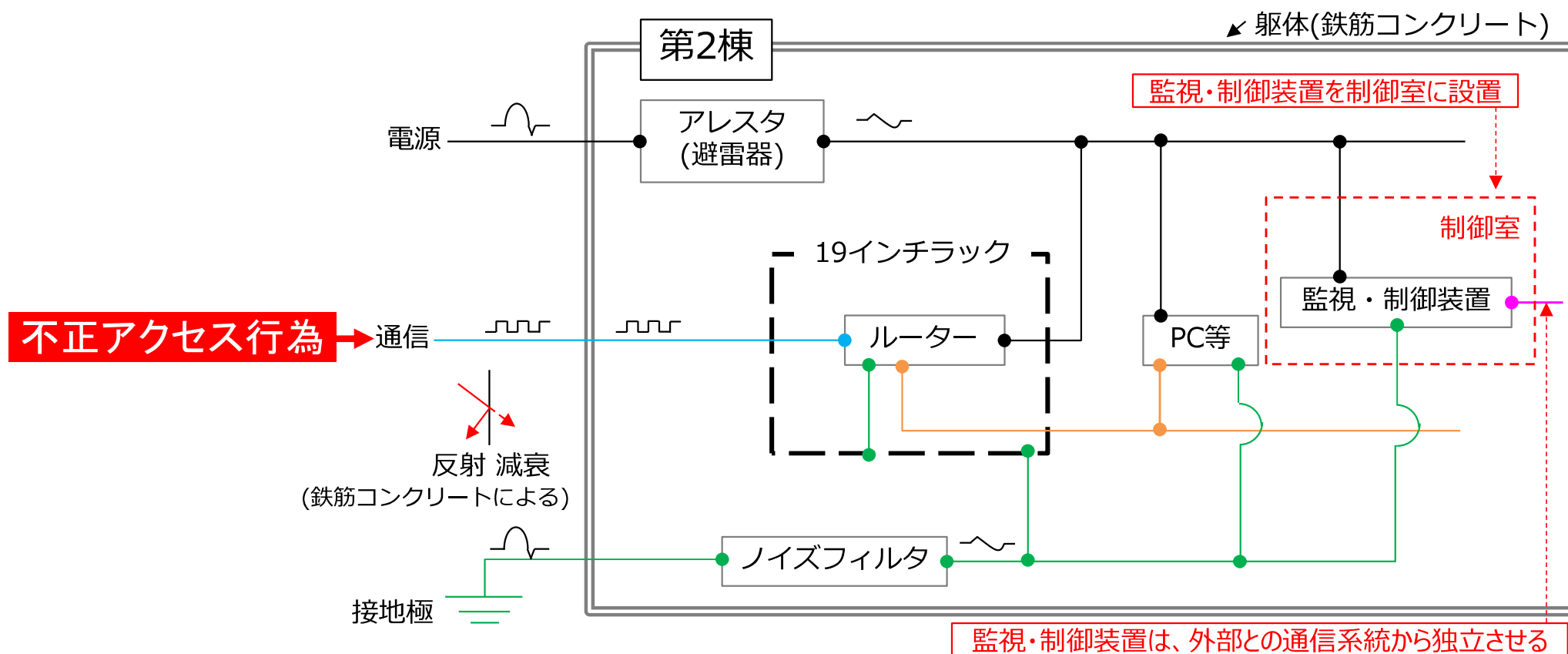


第2棟における電磁的障害の考慮

3. 外部人為事象について (2/3)

(2) 不正アクセス行為 (サイバーテロを含む)

不正アクセス行為 (サイバーテロを含む) を未然に防止するため、燃料デブリ等の閉じ込めに関係する設備の監視・制御装置を第2棟内の制御室に設置する。監視・制御装置は電気通信回線等を通じて外部と接続しない設計としているため、電気通信回線等を通じた不正アクセス行為 (サイバーテロを含む) を受けることがない設計とする。



第2棟における不正アクセス行為の考慮

3. 外部人為事象について (3/3)

(3) 漂流船舶の衝突

第2棟は、福島第一原子力発電所港湾から離れており、漂流船舶の衝突の恐れはなく安全性が損なわれることはない。

(4) 航空機落下

第2棟への航空機の落下確率は、これまでの事故実績等をもとに、民間航空機、自衛隊機及び米軍機を対象として評価した結果、落下の確率は低いため、安全性が損なわれることはない。

第2棟の標的面積は 0.001km^2 であり、標的面積の基準値である 0.01km^2 を下回ることから、「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の再評価結果について（原管発官21第270号 平成21年10月30日）で評価している航空機落下確率約 3.6×10^{-8} 回/炉・年に影響はない。

(5) ダム崩壊及び爆発

ダムの崩壊により特定原子力施設に影響を及ぼすような河川並びに爆発により特定原子力施設の安全性を損なうような爆発物の製造及び貯蔵設備はない。

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 (竜巻影響評価)

2023年7月4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. 概要

「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」（以下「ガイド」という。）に基づき、以下の竜巻影響評価を行った。

- ①設計竜巻荷重に対する建屋の影響評価
- ②設計飛来物の衝突に対する建屋の影響評価

2. 設計竜巻の特性値

○設計竜巻の最大値

設計竜巻の最大風速を**92m/s**と設定した。

ガイドに基づく、各特性値の計算式から設計竜巻の特性値を以下のとおり算出した。

- $V_T = 0.15 \times V_D$
- $V_{Rm} = V_D - V_T$
- $R_m = 30$
- $\Delta P_{max} = \rho \times V_{Rm}^2$ (ρ : 空気密度)
- $\left(\frac{dp}{dt}\right)_{max} = \left(\frac{V_T}{R_m}\right) \times \Delta P_{max}$

最大風速 V_D [m/s]	移動速度 V_T [m/s]	最大接線風速 V_{Rm} [m/s]	最大接線 風速半径 R_m [m]	最大気圧低下量 ΔP_{max} [hPa]	最大気圧低下率 $(dp/dt)_{max}$ [hPa/s]
92	14	78	30	75	35

3. 設計飛来物の設定

ガイド及び第2棟の設置環境を考慮し、以下のとおり設計飛来物を選定した。

①ガイドに提示されている飛来物

飛来物の種類	棒状物		板状物	塊状物	
	鋼製パイプ	鋼製材	コンクリート板	コンテナ	トラック
サイズ[m]	長さ×直径 2×0.05	長さ×幅×奥行 4.2×0.3×0.2	長さ×幅×厚さ 1.5×1×0.15	長さ×幅×奥行 2.4×2.6×6	長さ×幅×奥行 5×1.9×1.3
質量[kg]	8.4	135	540	2300	4750

②第2棟の設置環境を考慮して選定した飛来物

第2棟周辺には道路及び駐車場があるため、飛来物として車両を選定

飛来物の種類	塊状物	
	車両 (大) ※1	車両 (小) ※2
サイズ[m]	長さ×幅×奥行 4.90×1.88×1.87	長さ×幅×奥行 3.4×1.5×1.5
質量[kg]	2150	710

※1 TEPCO柏崎刈羽原子力発電所の許認可実績から引用

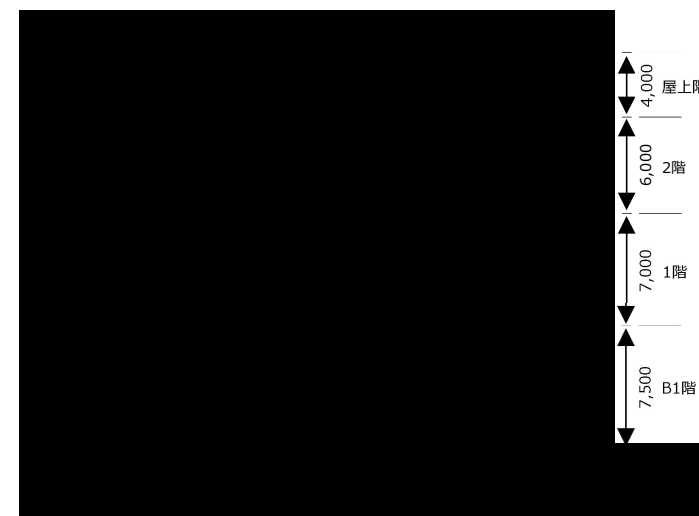
※2 日本原燃の許認可実績から引用

4. TONBOSによる飛来物の飛散解析の結果 参考値

他の原子力施設で許認可実績があるTONBOS※を使用し、設計竜巻における飛来物の飛散高さ、速度等を評価した。以下に結果を示す。

※ 江口譲, 杉本聡一郎, 服部康男, 平口博丸: 竜巻による物体の浮上・飛来解析コードTONBOSの開発, 電力中央研究所 研究報告N14002, 2014.

飛来物	浮上判定	最大飛散高さ[m]	最大水平速度[m/s]
鋼管パイプ	浮上しない	/	/
鋼製材	浮上する	0.2	11.4
コンクリート板	浮上しない	/	/
コンテナ	浮上する	12.9	49.6
トラック	浮上しない	/	/
車両 (大)	浮上する	3.4	37.8
車両 (小)	浮上する	5.4	48.8



第2棟建屋の断面図

- ✓ 鋼管パイプ、コンクリート板及びトラックは浮上しないため、以降の評価から除外。
- ✓ 鋼製材、車両（大）及び車両（小）は、最大飛散高さが7m以下であるため、1階にのみ衝突と想定。
- ✓ コンテナは最大飛散高さが13m以下であるため、1階及び2階に衝突と想定。
- ✓ 屋上階の高さまで飛来物は飛散しない。

5. 設計竜巻荷重に対する影響評価 (1/2)

参考値

ガイドを基に、設計竜巻荷重に対して第2棟建屋が健全であることを確認するため、設計竜巻荷重による複合荷重 (W_{T1} 及び W_{T2}) に対して第2棟建屋の構造健全性が維持されることを確認するため、保有水平耐力以下であることを確認する。

・考慮すべき設計竜巻荷重

① $W_{T1} = W_P$

② $W_{T2} = W_W + 0.5 \cdot W_P + W_M$

W_{T1} 、 W_{T2} : 設計竜巻による複合荷重

W_W : 設計竜巻の風圧力による荷重

W_P : 設計竜巻による気圧差による荷重

W_M : 設計飛来物による衝撃荷重

W_P (気圧差による荷重) の計算式

$$W_P = \Delta P_{max} \cdot A = 8.9 \times A$$

W_W (風圧力による荷重) の計算式

$$W_W = q \cdot G \cdot C \cdot A \quad (q = (1/2) \cdot \rho \cdot V_D^2)$$

W_M (飛来物による衝撃荷重) の計算式

$$W_M = mv^2/L_1 \quad (\text{Rieraの式})$$

評価結果

- ① 複合荷重 W_{T1} は、保有水平耐力以下であるため、建屋は設計竜巻の複合荷重 W_{T1} に対して健全である。

階層	W_{T1} [N]	保有水平耐力[N]	判定
屋上階	1.52E+06	2.59E+07	○
2階	1.96E+06	1.08E+08	○
1階	9.45E+05	1.90E+08	○

5. 設計竜巻荷重に対する影響評価 (2/2)

参考値

評価結果

- ② 複合荷重 W_{T2} は、保有水平耐力以下であるため、建屋は設計竜巻の複合荷重 W_{T2} に対して健全である。

1階	飛来物 ^{※1}	W_{T2} [N] ^{※2}	保有水平耐力[N]	判定
	鋼製材	3.18E+07	1.90E+08	○
	コンテナ			○
	車両(大)			○
	車両(小)			○

※1 鋼管パイプ、コンクリート板及びトラックは浮上しない。

※2 鋼製材、コンテナ、車両（大）及び車両（小）が同時に衝突する場合を想定

2階	飛来物 ^{※2}	W_{T2} [N]	保有水平耐力[N]	判定
	コンテナ	1.04E+07	1.08E+08	○

※2 鋼製材、車両（大）及び車両（小）は、1階の高さまでしか飛散しない。

なお、P.4に示すTONBOSによる解析結果から、飛来物は屋上階の高さまでは飛散しないことを確認している。

6. 飛来物の衝突に対する影響評価

飛来物の寸法重量及びTONBOSによる解析で得られた飛来物の速度から、飛来物が建屋外壁に衝突した場合における貫通及び裏面剥離の発生の有無を確認する。

なお、貫通及び裏面剥離の発生の有無を評価する際に使用する評価式は、他の原子力施設で許認可実績がある以下の式を使用する。

○コンクリートに対する貫通評価及び裏面剥離評価

・貫通評価※1

$$\text{Degen式} \quad t_p = \alpha_p D \left\{ 2.2 \left(\frac{X_c}{\alpha_c D} \right) - 0.3 \left(\frac{X_c}{\alpha_c D} \right)^2 \right\}$$

$$\text{修正ENDRC式} \quad X_c = \alpha_c \sqrt{4kWND \left(\frac{V}{1000D} \right)^{1.8}}$$

$$k = \frac{180}{\sqrt{F_c}}$$

・裏面剥離評価

$$\text{Chang式} \quad t_s = \frac{1.84 \alpha_s \left(\frac{200}{V} \right)^{0.13} (MV^2)^{0.4}}{\left(\frac{D}{12} \right)^{0.2} (144F_c)^{0.4}}$$

※1 形状係数：1.14（鋭い）、低減係数：1.0（剛体）の条件で計算

○鋼板に対する貫通評価

$$\text{BRL式} \quad T^{3/2} = \frac{0.5MV^2}{17400K^2D^{3/2}}$$

凡例

t_p : 貫通限界厚さ(in)	α_s : 裏面剥離限界厚さ低減係数(-)
α_c : 貫入深さ飛来物低減係数(-)	M: 質量(lb/(ft/s ²))
X_c : 貫入深さ(in)	T: 鋼板貫通限界厚さ(in)
N: 形状係数(-)	M: 飛来物質量(lb・s ² /ft)
F_c : コンクリート強度(psi)	K: 鋼板の材料に関する係数(=1)
α_p : 貫通限界厚さ低減係数(-)	
D: 飛来物直径(in)	
W: 飛来物重量(lb)	
V: 衝突速度(ft/s)	
t_s : 裏面剥離限界厚さ(ft)	
g: 重力加速度(ft/s ²)	

7. 飛来物が建屋外壁（コンクリート）に衝突した場合の影響評価（1/2） 参考値

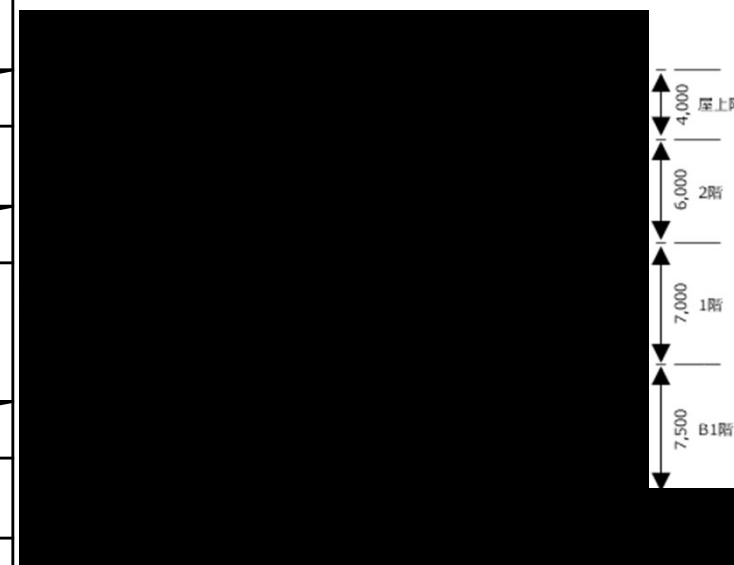
飛来物がコンクリート（建屋外壁）に衝突した場合の影響評価の結果を以下に示す。

・鋼管パイプ、コンクリート板、トラック
 浮上しないため、**第2棟には衝突しない。**

・鋼製材、車両（大）、車両（小）
 最大飛散高さが7m未満であるため、1階の外壁に衝突する。
 1階外壁の壁厚が、貫通限界厚さ及び裏面剥離限界厚さよりも大きいため、**貫通、裏面剥離は発生しない。**

・コンテナ
 最大飛散高さが7m以上、13m未満であるため、1階及び2階の外壁に衝突する。
 1階外壁の壁厚が、貫通限界厚さ及び裏面剥離限界厚さよりも大きいため、貫通及び裏面剥離は発生しない。
 2階外壁の一部の壁厚が、裏面剥離限界厚さよりも小さいため、**裏面剥離が発生する。**（次頁にて詳細を説明）

飛来物	最大飛散高さ[m]	コンクリートの貫通限界厚さ[cm]	コンクリートの裏面剥離限界厚さ[cm]	衝突する壁の実際の壁厚
鋼管パイプ				
鋼製材	0.2	■	■	(1階:高さ0~7m)
コンクリート板				
コンテナ	12.9	■	■	(2階:高さ7~13m) (1階:高さ0~7m)
トラック				
車両（大）	3.4	■	■	(1階:高さ0~7m)
車両（小）	5.4	■	■	(1階:高さ0~7m)

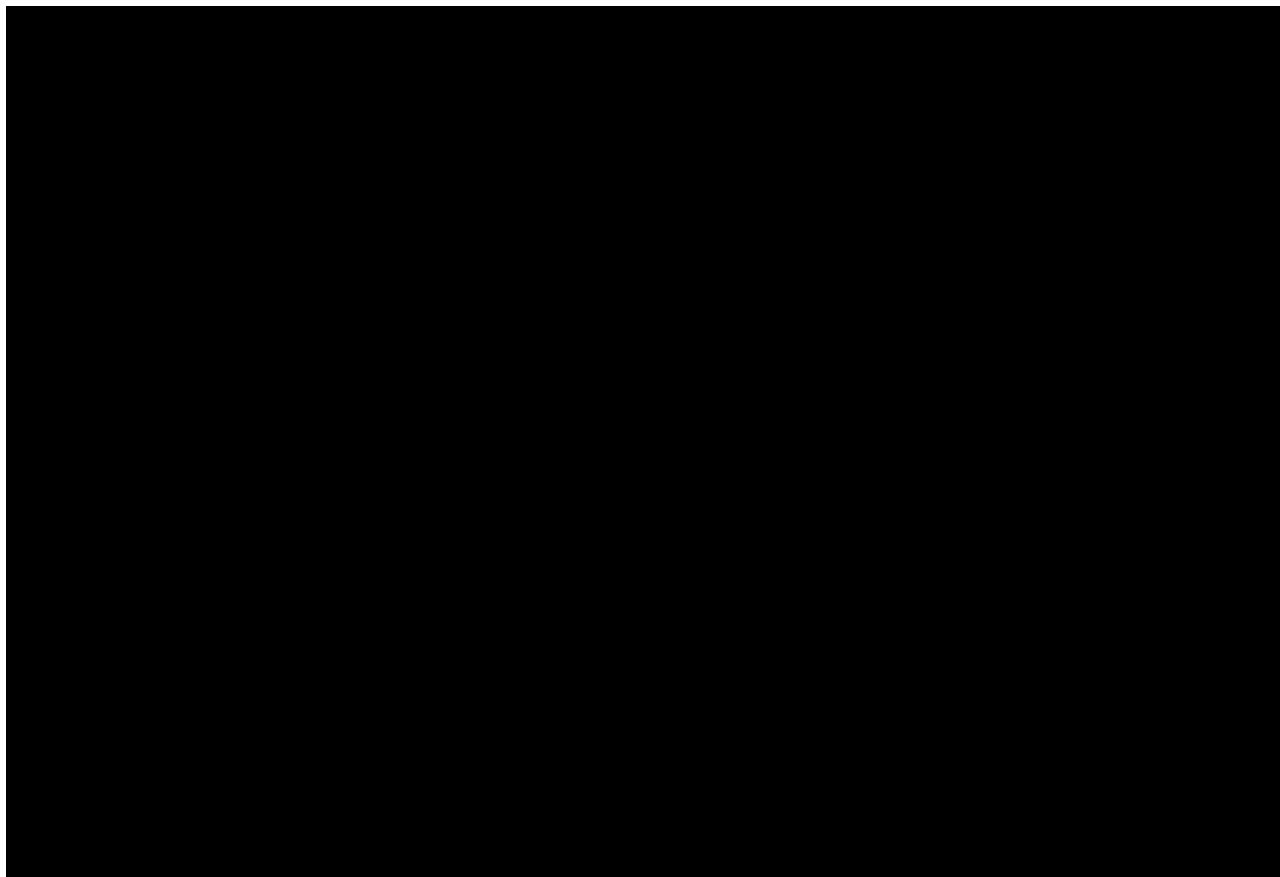


第2棟建屋の断面図

7. 飛来物が建屋外壁（コンクリート）に衝突した場合の影響評価（2/2）

コンテナが2階外壁に衝突することで裏面剥離が発生する。

- 赤枠で示した外壁は壁厚が■■■■であるため、コンテナが衝突しても貫通（貫通限界厚さ=■■■■）及び裏面剥離（裏面剥離限界厚さ=■■■■）は発生しない。
- 青破線枠で示した外壁は壁厚が■■■■であるため、コンテナが衝突した場合は裏面剥離が発生する。発生した剥離物は、近傍（換気空調設備室、制御室、更衣室・汚染検査室及び放射線監視室）に落下するが、コンクリートセルに影響はない。



2階平面図

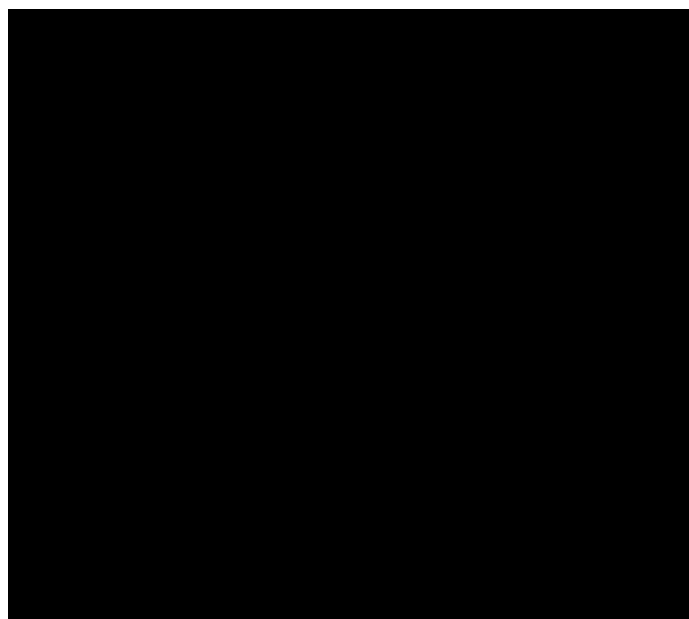
8. 飛来物が扉（鋼板）に衝突した場合の影響評価（1/2）

第2棟の建屋外壁ではなく、建屋境界に設置される扉に飛来物が衝突した場合の評価を行う。

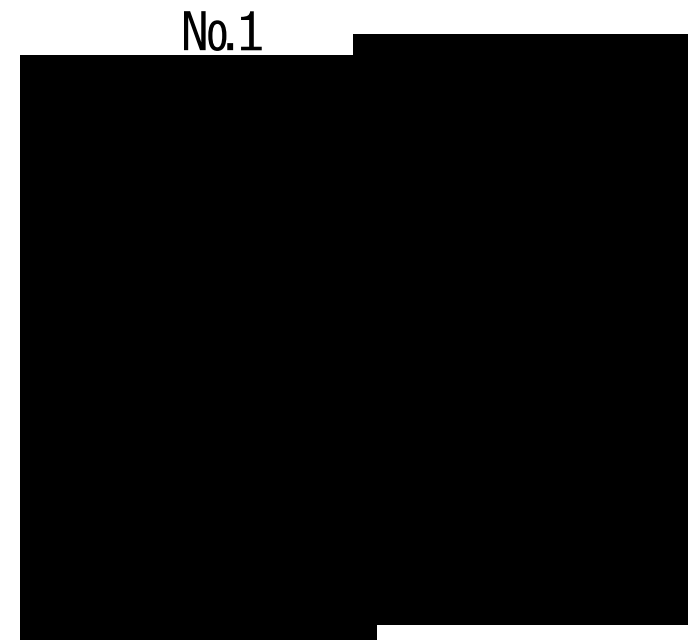
・第2棟建屋境界に設置される扉の一覧

No.	設置階	材質	厚さ[mm]
1	1	ステンレス鋼	■
2	1	ステンレス鋼／普通コンクリート／ステンレス鋼※	■

※ 普通コンクリートがステンレス鋼で挟まれている構造



2階平面図



1階平面図

No.2

8. 飛来物が扉（鋼板）に衝突した場合の影響評価（2/2）

参考値

最大飛散高さ及び鋼板の貫通限界厚さ

飛来物	最大飛散高さ[m]	鋼板の貫通限界厚さ [mm]
鋼管パイプ		
鋼製材	0.2	■
コンクリート板		
コンテナ	12.9	■
トラック		
車両（大）	3.4	■
車両（小）	5.4	■

飛来物が鋼板（扉）に衝突した場合の影響評価の結果を以下に示す。

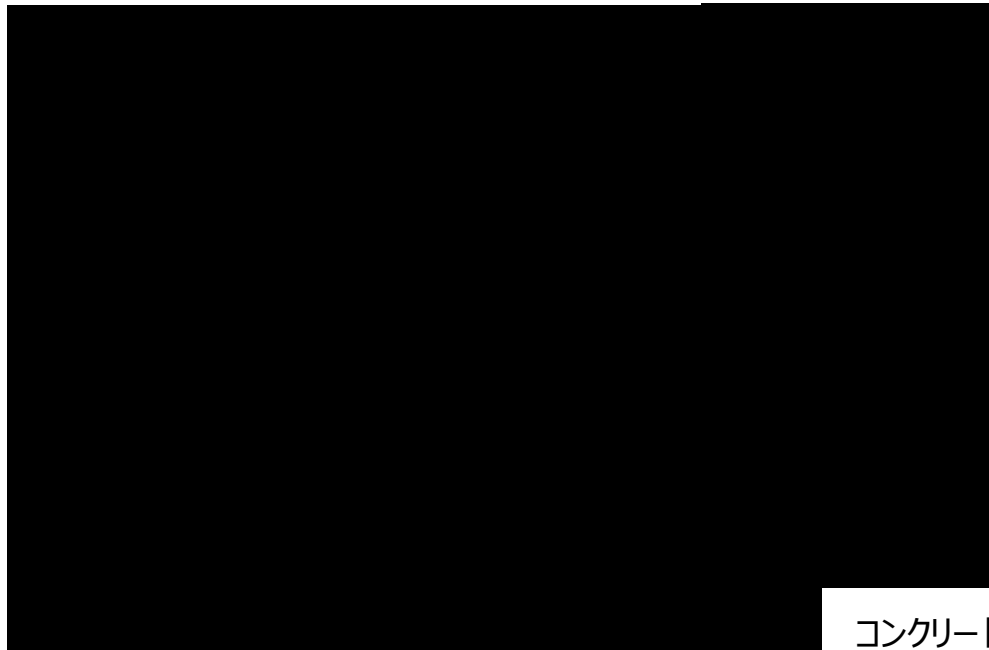
- ・扉No.1
鋼板厚さが■■■■であるため、いずれの飛来物が衝突しても**貫通することはない**。
- ・扉No.2
鋼板厚さが■■■■であるため、いずれの飛来物が衝突しても**貫通することはない**。

9. 飛来物が給気ガラリに衝突した場合の影響評価 参考値

飛来物(コンテナ)が2階に設置される給気ガラリに衝突した場合の影響評価の結果を以下に示す。
 なお、実際には給気ガラリ及び給気フィルタが存在するが、本評価では保守的に以下の想定を行った。

- ① コンテナが給気ガラリに衝突した場合、給気ガラリを貫通し、給気フィルタ室に侵入する。
- ② 給気フィルタ室の壁（壁厚25cm）に衝突し、換気空調設備室（給気）に侵入する。
- ③ サービスエリアとの境界壁（壁厚60cm）に衝突し、貫通はせず、裏面剥離が発生する。
- ④ 剥離物はコンクリートセルから2.8m離れたサービスエリア床に落下する。

➡ 結果として、コンテナが給気ガラリに衝突した場合でもコンクリートセルに影響はない。

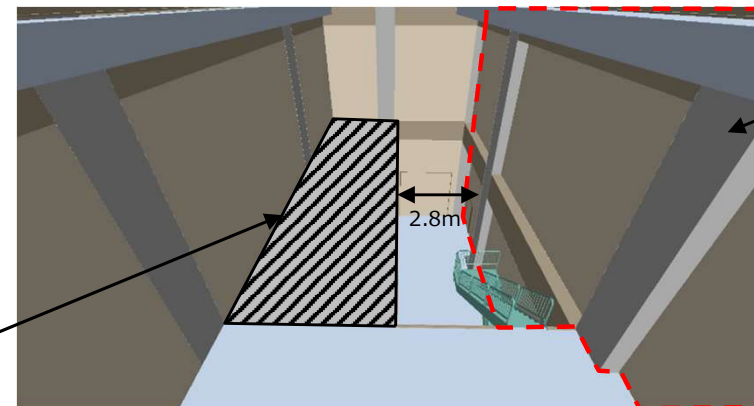


2階平面図

コンクリートセル
天井部

コンテナの各限界厚さ

飛来物	最大飛散高さ(m)	コンクリートの貫通限界厚さ (cm)	コンクリートの裏面剥離限界厚さ (cm)
コンテナ	12.9	■	■



裏面剥離が発生する外壁

裏面剥離発生箇所の状況

10. まとめ

1. 設計竜巻荷重に対する影響評価

- 設計竜巻荷重による複合荷重 (W_{T1} 及び W_{T2}) が保有水平耐力以下であるため、コンクリートセルに**影響がないことを確認した。**

2. 飛来物の衝突に対する影響評価

- 設計飛来物が建屋外壁（コンクリート）に衝突する場合の影響評価
 - コンテナが建屋外壁に衝突し、裏面剥離が発生することを確認した。
➡剥離物はコンクリートセルに落下しないため、**影響がないことを確認した。**
- 設計飛来物が扉（鋼板）に衝突する場合の影響評価
 - 飛来物は扉を貫通しないため、**影響がないことを確認した。**
- 設計飛来物が給気ガラリに衝突する場合の影響評価
 - 飛来物は内壁に衝突し、裏面剥離が発生することを確認した。
➡剥離物はコンクリートセルに落下しないため、**影響がないことを確認した。**

<参考> 設計竜巻の設定について

- 発電所が立地する東北地方太平洋側では、過去の竜巻観測データによると、大規模な竜巻は発生しにくいものと考えられるが、竜巻観測データの不確かさを考慮し、日本において過去発生した最大規模の竜巻を参考とする。
- 過去発生した最大規模の竜巻は藤田スケールのF3竜巻（風速70～92m/s）であることから、設計竜巻に92m/sを採用した。

過去発生した主なF3竜巻（気象庁，竜巻等の突風データベースより）

Fスケール	発生日	発生場所
F3	1971年7月7日	埼玉県浦和市
F3	1978年2月28日	神奈川県川崎市
F3	1990年12月11日	千葉県茂原市
F3	1999年9月24日	愛知県豊橋市
F3	2012年5月6日	茨城県常総市

第2棟に係る使用許可基準規則及びその解釈への適合性

①使用許可基準規則及びその解釈	②適合方針	備考
<p>使用許可基準規則 (使用前検査対象施設の地盤)</p> <p>第八条 使用前検査対象施設は、次条第二項の規定により算定する地震力(安全機能を有する使用前検査対象施設のうち、地震の発生によって生ずるおそれがあるその安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度が特に大きいもの(以下この条及び次条において「耐震重要施設」という。))にあっては、同条第三項の地震力を含む。)が作用した場合においても当該使用前検査対象施設を十分に支持することができる地盤に設けなければならない。</p>	<p>第2棟は、地震の発生によって生ずるおそれがある当該施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて算定する地震力が作用した場合においても、第2棟を十分に支持することができる地盤に設ける設計としている。</p>	<p>頁番号は追而 (以下、同様)</p>
<p>使用許可基準規則の解釈 第8条(使用前検査対象施設の地盤)</p> <p>1 第8条第1項に規定する「当該使用前検査対象施設を十分に支持することができる」とは、使用前検査対象施設について、自重及び通常時の荷重等に加え、耐震重要度分類(本規程第9条2の「耐震重要度分類」をいう。以下同じ。)の各クラスに応じて算定する地震力(第8条第1項に規定する「耐震重要施設」(本規程第9条2のSクラスに属する施設をいう。以下同じ)にあっては、第9条第3項に規定する「その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力」(以下「基準地震動による地震力」という。)を含む。)が作用した場合においても、接地圧に対する十分な支持性能を有する設計であることをいう。</p> <p>なお、耐震重要施設については、上記に加え、基準地震動による地震力が作用することによって弱面上のずれ等が発生しないことを含め、基準地震動による地震力に対する支持性能が確保されていることを確認することが含まれる。</p>	<p>第2棟を支持する地盤は、基礎スラブ直下の地盤を南北方向に約37.6m、東西方向に約40.0m、人工岩盤=厚さ約5.4m、$F_c=18N/mm^2$を介して、T.P.+約24.0m(G.L.-約16.0m)の富岡層に支持する設計としている。また、S_s900地震時の最大接地圧は地盤の許容応力度(極限鉛直支持力度)を超えないことから、S_s900に対し第2棟の基礎地盤は十分な支持性能を有する設計としている。</p>	
<p>使用許可基準規則</p> <p>2 耐震重要施設は、変形した場合においてもその安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設けなければならない。</p>	<p>第2棟の支持地盤は、事前調査ボーリング結果により、新第三紀富岡層(砂質泥岩、シルト岩)に支持し、周辺地盤も含めて概ね水平成層であることを確認している。また、第2棟の建屋基礎は直接基礎で人口岩盤(MMR)を介して新第三紀富岡層に支持する設計であるため、変形した場合においてもその安全機能が損なわれる恐れのない地盤に設ける設計としている。</p>	
<p>使用許可基準規則の解釈</p> <p>2 第8条第2項に規定する「変形」とは、地震発生に伴う地殻変動によって生じる支持地盤の傾斜及び撓み並びに地震発生に伴う建物・構築物間の不等沈下、液状化及び揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状をいう。</p> <p>このうち上記の「地震発生に伴う地殻変動によって生じる支持地盤の傾斜及び撓み」については、広域的な地盤の隆起又は沈降によって生じるもののほか、局所的なものを含む。これらのうち、上記の「局所的なもの」については、支持地盤の傾斜及び撓みの安全性への影響が大きいおそれがあるため、特に留意が必要である。</p>	<p>(使用許可基準規則の用語の説明であるため記載を省略)</p>	

<p>使用許可基準規則</p> <p>3 耐震重要施設は、変位が生ずるおそれがない地盤に設けなければならない。</p>	<p>第2棟の支持地盤は、事前調査ボーリング結果により、新第三紀富岡層（砂質泥岩、シルト岩）に支持し、周辺地盤も含めて概ね水平成層であることを確認している。また、第2棟の建屋基礎は直接基礎で人口岩盤（MMR）を介して新第三紀富岡層に支持する設計であるため、変位が生ずるおそれがない地盤に設ける設計としている。</p>	
<p>使用許可基準規則の解釈</p> <p>3 第8条第3項に規定する「変位」とは、将来活動する可能性のある断層等が活動することにより、地盤に与えるずれをいう。</p> <p>また、同項に規定する「変位が生ずるおそれがない地盤に設ける」とは、耐震重要施設が将来活動する可能性のある断層等の露頭がある地盤に設置された場合、その断層等の活動によって安全機能に重大な影響を与えるおそれがあるため、当該施設を将来活動する可能性のある断層等の露頭が無いことを確認した地盤に設置することをいう。</p> <p>なお、上記の「将来活動する可能性のある断層等」とは、後期更新世以降（約12～13万年前以降）の活動が否定できない断層等をいう。その認定に当たって、後期更新世（約12～13万年前）の地形面又は地層が欠如する等、後期更新世以降の活動性が明確に判断できない場合には、中期更新世以降（約40万年前以降）まで遡って地形、地質・地質構造及び応力場等を総合的に検討した上で活動性を評価すること。なお、活動性の評価に当たって、設置面での確認が困難な場合には、当該断層の延長部で確認される断層等の性状等により、安全側に判断すること。また、「将来活動する可能性のある断層等」には、震源として考慮する活断層のほか、地震活動に伴って永久変位が生じる断層に加え、支持地盤まで変位及び変形が及ぶ地すべり面を含む。</p>	<p>（使用許可基準規則の用語の説明であるため記載を省略）</p>	
<p>使用許可基準規則</p> <p>（地震による損傷の防止）</p> <p>第九条 使用前検査対象施設は、地震力に十分に耐えることができるものでなければならない。</p>	<p>第2棟の設備に係る耐震設計は、耐震設計審査指針に基づき耐震設計上の重要度に応じてクラス別分類を行うとともに、原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-1987）等に基づき、耐震性評価を行う。また、Sクラス又はB⁺クラスの各設備は、剛構造（固有周期：0.05s以下）とする。</p>	
<p>使用許可基準規則の解釈</p> <p>第9条（地震による損傷の防止）</p> <p>1 第9条第1項に規定する「地震力に十分に耐える」とは、ある地震力に対して施設全体としておおむね弾性範囲の設計がなされることをいう。この場合、上記の「弾性範囲の設計」とは、施設を弾性体とみなして応力解析を行い、施設各部の応力を許容限界以下に留めることをいう。また、この場合、上記の「許容限界」とは、必ずしも厳密な弾性限界ではなく、局部的に弾性限界を超える場合を容認しつつも施設全体としておおむね弾性範囲に留まり得ることをいう。</p> <p>3 第9条第1項に規定する「地震力に十分に耐えること」を満たすために、耐震重要度分類の各クラスに属する使用前検査対象施設の耐震設計に当たっては、以下の方針によること。</p> <p>一 耐震クラス分類Ⅰ</p> <p>① Sクラス（津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。）</p>	<p>耐震クラスに応じた地震力に対し、原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-1987）に基づき、原子力発電所耐震設計技術規程（JEAC4601-2008）を参考に評価で規定された許容限界以下となるよう設計している。</p> <p>さらに、第2棟の耐震クラスは「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」（原子力規制庁、令和4年11月21日）に応じた地震力に対し、原子力発電所耐震設計技術規程（JEAC4601-2008）を参考に評価で規定された許容限界以下となる設計としている。</p>	

<ul style="list-style-type: none"> ・弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えること。 ・弾建物・構築物については、通常時に作用している荷重と、弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とすること。 ・機器・配管系については、通常時及び事故時に生じるそれぞれの荷重と、弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力を組み合わせた荷重条件に対して、応答が全体的におおむね弾性状態に留まること。なお、「事故時に生じる」荷重については、地震によって引き起こされるおそれのある事象によって作用する荷重及び地震によって引き起こされるおそれのない事象であっても、いったん事故が発生した場合、長時間継続する事象による荷重は、その事故事象の発生確率、継続時間及び地震動の超過確率の関係を踏まえ、適切な地震力と組み合わせで考慮すること。 <p>② Bクラス</p> <ul style="list-style-type: none"> ・静的地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えること。また、共振のおそれのある施設については、その影響についての検討を行うこと。その場合、検討に用いる地震動は、弾性設計用地震動に2分の1を乗じたものとする。ただし、Sクラスに属する施設を有しない使用施設等に対しては、共振のおそれのある施設への影響の検討に用いる地震動として、弾性設計用地震動に2分の1を乗じたものに代えて、建築基準法等に基づく評価において使用する地震動を参考に設定することができる。 ・機建物・構築物については、通常時に作用している荷重と静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とすること。 ・機器・配管系については、通常時の荷重と静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、応答が全体的におおむね弾性状態に留まること。 <p>③ Cクラス</p> <ul style="list-style-type: none"> ・静的地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えること。 ・建物・構築物については、通常時に作用している荷重と静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とすること。 ・機器・配管系については、通常時の荷重と静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、応答が全体的におおむね弾性状態に留まること。 <p>二 耐震クラス分類Ⅱ</p> <p>① 第1類</p> <ul style="list-style-type: none"> ・建物・構築物については、常時作用している荷重と静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、建築基準法等安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力を許容限界とすること。 		
---	--	--

<ul style="list-style-type: none"> ・ 設備・機器については、常時作用している荷重と一次地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、降伏応力又はこれと同等の応力を許容限界とすること。また、設備・機器については、常時作用している荷重と二次地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、設備・機器の相当部分が降伏し、塑性変形する場合でも過大な変形、亀裂、破損等が生じ、その施設の安全機能に重大な影響を及ぼすことがないこと。 ② 第2類及び第3類 <ul style="list-style-type: none"> ・ 設建物・構築物については、常時作用している荷重と静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力を許容限界とすること。 ・ 設備・機器については、常時作用している荷重と一次地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、降伏応力又はこれと同等の応力を許容限界とすること。 		
<p>使用許可基準規則</p> <p>2 前項の地震力は、地震の発生によって生ずるおそれがある使用前検査対象施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて算定しなければならない。</p>	<p>第2棟は、地震の発生によって生ずるおそれがある当該施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて算定する地震力に、十分に耐えることができる設計とする。</p>	
<p>使用許可基準規則の解釈</p> <p>2 第9条第2項に規定する「地震の発生によって生ずるおそれがある使用前検査対象施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度」とは、地震により発生するおそれがある使用前検査対象施設の安全機能の喪失（地震に伴って発生するおそれがある津波及び周辺斜面の崩壊等による安全機能の喪失を含む。）及びそれに続く放射線による公衆への影響を防止する観点から、各施設の安全機能が喪失した場合の影響の相対的な程度（以下「耐震重要度」という。）をいう。使用前検査対象施設は、耐震重要度に応じて、以下のクラスに分類するものとする。</p> <p>一 耐震クラス分類Ⅰ 使用前検査対象施設は、以下のクラスに分類するものとする。ただし、施設の特徴に応じて、合理的な理由がある場合は、二の耐震クラス分類Ⅱによることができる。</p> <p>① Sクラス 自ら放射性物質を内蔵している施設、当該施設に直接関係しており、その機能喪失により放射性物質を外部に放出する可能性のある施設、放射性物質を外部に放散する可能性のある事態を防止するために必要な施設及び放射性物質が外部に放散される事故発生の際に、外部に放散される放射性物質による影響を低減させるために必要な施設、並びに地震に伴って発生するおそれがある津波による安全機能の喪失を防止するために必要となる施設であって、環境への影響が大きいものをいい、例えば、次の施設が挙げられる。</p> <p>a) 核燃料物質を非密封で取り扱う設備・機器を収納するセル又はグローブボックス及びこれらと同等の閉じ込め機能を必要とする設備・機器であって、その破損による公衆への放射線の影響が大きい施設。</p> <p>b) 上記 a) に関連する設備・機器で放射性物質の外部への放散を抑制するための設備・機器</p>	<p>第2棟の建屋及び施設は「耐震設計審査指針」及び「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」（原子力規制庁、令和4年11月21日）に基づき、コンクリートセル及び試料ピットはSクラス、鉄セル等はB+クラスとしている。「核燃料物質の使用等に関する規則」、「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」では、耐震クラスは、その破損による公衆への放射線の影響の程度によって分類することとしており、第2棟についても、一般公衆への影響を検討し、その影響がB+クラスの範囲内であることを確認している。</p> <p>耐震クラスに応じた地震力が作用した場合においても、原子力発電所耐震設計技術規程（JEAC4601-2008）を参考に評価で規定された許容限界以下となるよう設計している。コンクリートセル部（XXXXXXXXXX）を含む建屋全体として、Ss900 に対して、おおむね弾性範囲にとどまることを確認している。また、静的地震力水平 3.0Ci に対して、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確認しており、耐震性には問題ないことを確認している。</p>	

<p>c) 上記 a) 及び b) の設備・機器の機能を確保するために必要な施設</p> <p>上記に規定する「環境への影響が大きい」とは、周辺監視区域周辺の公衆の実効線量の評価値が発生事故当たり5ミリシーベルトを超えることをいう。</p> <p>② Bクラス</p> <p>機能喪失した場合の影響がSクラス施設と比べ小さい施設をいい、例えば、次の施設が挙げられる。</p> <p>a) 核燃料物質を取り扱う設備・機器又は核燃料物質を非密封で取り扱う設備・機器を収納するセル又はグローブボックス及びこれらと同等の閉じ込め機能を必要とする設備・機器であって、その破損による公衆への放射線の影響が比較的小さいもの。(ただし、核燃料物質が少ないか又は収納方式によりその破損による公衆への放射線の影響が十分小さいものは除く。)</p> <p>b) 放射性物質の外部への放散を抑制するための設備・機器であってSクラス以外の設備・機器</p> <p>なお、Sクラスに属する施設を有しない使用施設等のうち、安全機能を喪失した場合に敷地周辺の公衆が被ばくする線量が十分に低いものは、Cクラスに分類することができる。この場合において、上記の「敷地周辺の公衆が被ばくする線量が十分に低い」とは、「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に関する指針」(昭和50年5月13日原子力委員会決定)を参考に、実効線量が発生事故当たり50マイクロシーベルト以下であることをいう。</p> <p>③ Cクラス</p> <p>Sクラスに属する施設及びBクラスに属する施設以外の、一般産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求される施設をいう。</p> <p>二 耐震クラス分類Ⅱ</p> <p>① 第1類</p> <p>非密封の核燃料物質を取り扱う設備・機器及び非密封の核燃料物質を閉じ込めるための設備・機器並びに臨界安全上の核的制限値を有する設備・機器及びその制限値を維持するための設備・機器であって、その機能を失うことによる影響の大きい設備・機器をいう。なお、これらの設備・機器を収納する建物・構築物を含む。</p> <p>② 第2類</p> <p>非密封の核燃料物質を取り扱う設備・機器及び非密封の核燃料物質を閉じ込めるための設備・機器並びに臨界安全上の核的制限値を有する設備・機器及びその制限値を維持するための設備・機器であって、その機能を失うことによる、影響が小さいもの及び化学的制限値又は熱的制限値を有する設備・機器をいう。なお、設備・機器を収納する建物・構築物を含む。</p> <p>③ 第3類</p> <p>第1類に属する施設及び第2類に属する施設以外の一般産業施設と同等の安全性が要求される施設をいう。</p>	<p>各耐震クラスに応じた地震力が作用した場合においても、原子力発電所耐震設計技術規程(JEAC4601-2008)を参考に評価で規定された許容限界以下となるよう設計している。なお、B+クラス設備は、剛構造としており共振のおそれはない。建屋は通常時に作用している固定荷重、積載荷重(機器荷重を含む。)及び仕上荷重と静的地震力(1.5Ci)を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、耐震壁、大はり、柱及び基礎スラブの部材が建築基準法による短期許容応力度以下となるよう設計している。また、建屋全体として、Sd450に対して、概ね弾性範囲にとどまることを確認している。機器・配管系については、通常時の荷重と静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、許容応力以下となるように設計している。</p>	
---	---	--

<p>4 第9条第2項に規定する「地震力」の「算定」に当たっては、以下に示す方法によること。</p> <p>一 耐震クラス分類Ⅰ</p> <p>「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の解釈」（原規技発第 1306193 号（平成 25 年 6 月 1 9 日原子力規制委員会決定）。以下「実用炉設置許可基準解釈」という。）第4条4の方法によること。</p> <p>二 耐震クラス分類Ⅱ</p> <p>① 建物・構築物</p> <ul style="list-style-type: none"> ・建物・構築物の耐震設計法については、各クラスとも原則として静的設計法を基本とし、かつ、建築基準法等関係法令によること。 ・上位の分類に属するものは、下位の分類に属するものの破損によって波及的破損が生じないこと。 ・上位の分類の建物・構築物と構造的に一体に設計することが必要な場合には、上位分類の設計法によること。 ・静的地震力は、建築基準法施行令第 8 8 条に規定する地震層せん断力係数 C_i に、耐震重要度に応じて下記に示す割り増し係数を乗じて算定すること。ここで、地震層せん断力係数 C_i は、標準せん断力係数 C_o を 0. 2 以上とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求められる値とすること。 ・保有水平耐力の算定においては、建築基準法施行令第 8 2 条の 3 に規定する構造計算により安全性を確認することを原則とすること。また、必要保有水平耐力については、同条第 2 号に規定する式で計算した数値に下記に示す割り増し係数を乗じた値とする。また必要保有水平耐力の算出に使用する標準せん断力係数 C_o は 1. 0 以上とすること。 <p>【割り増し計数】</p> <table border="0"> <tr> <td>第 1 類</td> <td>1. 5 以上</td> </tr> <tr> <td>第 2 類</td> <td>1. 2 5 以上</td> </tr> <tr> <td>第 3 類</td> <td>1. 0 以上</td> </tr> </table> <p>② 設備・機器</p> <ul style="list-style-type: none"> ・設備・機器の耐震設計法については、原則として静的設計法を基本とすること。 ・上位の分類に属するものは、下位の分類に属するものの破損によって波及的破損が生じないこと。 ・上位の分類の建物・構築物と構造的に一体に設計することが必要な場合には、上位分類の設計法によること。 ・設備・機器の設計に当たっては剛構造となることを基本とし、それが困難な場合には動的解析等適切な方法により設計すること。 ・各クラスともに一次設計を行うこと。この一次設計に係る一次地震力は、地震層せん断力係数 C_i に、耐震重要度に応じて上記に示す割り増し係数を乗じたものに 2 0 % 増しして算定するものとする。ここで「一次設計」とは、常時作用している荷重と一次地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、降伏応力又はこれと同等な安全性を有する応力を許容限界とする設計をいう。 	第 1 類	1. 5 以上	第 2 類	1. 2 5 以上	第 3 類	1. 0 以上	<p>(使用許可基準規則の用語の説明であるため記載を省略)</p>	
第 1 類	1. 5 以上							
第 2 類	1. 2 5 以上							
第 3 類	1. 0 以上							

<p>・第1類については、上記一次設計に加え、二次設計を行うこと。この二次設計に係る二次地震力は、一次地震力に1.5以上を乗じたものとする。ここで「二次設計」とは、常時作用している荷重と一次地震力を上回る二次地震力とを組み合わせ、その結果発生する応力に対して、設備・機器の相当部分が降伏し、塑性変形する場合でも過大な変形、亀裂、破損等が生じ、その施設の安全機能に重大な影響を及ぼすことがない設計をいう。</p>		
<p>使用許可基準規則 3 耐震重要施設は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。</p>	<p>第2棟は、その供用中に当該施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力に対して安全機能が損なわれるおそれがない設計とする。</p>	
<p>使用許可基準規則の解釈 5 第9条第3項に規定する「その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震」による地震動（以下「基準地震動」という。）は、実用炉設置許可基準解釈第4条5の方針により策定すること。</p> <p>6 第9条第3項に規定する「安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない」ことを満たすために、基準地震動に対する使用前検査対象施設の設計に当たっては、以下に掲げる方針によること。</p> <p>一 耐震重要施設のうち、二以外のもの</p> <ul style="list-style-type: none"> ・基準地震動による地震力に対して、その安全機能が保持できること。 ・建物・構築物については、通常時に作用している荷重と基準地震動による地震力との組合せに対して、当該建物・構築物が構造物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有し、建物・構築物の終局耐力に対し妥当な安全余裕を有していること。 ・機器・配管系については、通常時及び事故時に生じるそれぞれの荷重と基準地震動による地震力を組み合わせた荷重条件に対して、その施設に要求される機能を保持すること。なお、上記により求められる荷重により塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設に要求される機能に影響を及ぼさないこと。また、動的機器等については、基準地震動による応答に対して、その設備に要求される機能を保持すること。具体的には、実証試験等により確認されている機能維持加速度等を許容限界とすること。 <p>なお、上記の「事故時に生じる」荷重については、地震によって引き起こされるおそれのある事象によって作用する荷重及び地震によって引き起こされるおそれのない事象であっても、いったん事故が発生した場合、長時間継続する事象による荷重は、その事故事象の発生確率、継続時間及び地震動の超過確率の関係を踏まえ、適切な地震力と組み合わせで考慮すること。</p> <p>二 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建物・構築物</p> <ul style="list-style-type: none"> ・基準地震動による地震力に対して、それぞれの施設及び設備に要求される機能（津波防護機能、浸水防止機能及び津波監視機能をいう。）が保持できること。 	<p>コンクリートセル及び試料ピットを含む建屋は検討用地震動 Ss900 に対して、おおむね弾性範囲にとどまることを確認している。</p> <p>（使用許可基準規則の用語の説明であるため記載を省略）</p>	

<p>・津波防護施設及び浸水防止設備が設置された建物・構築物は、通常時に作用している荷重と基準地震動による地震力の組合せに対して、当該施設及び建物・構築物が構造全体として変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有するとともに、その施設に要求される機能（津波防護機能及び浸水防止機能）を保持すること。</p> <p>・浸水防止設備及び津波監視設備は、通常時に作用している荷重等と基準地震動による地震力の組合せに対して、その設備に要求される機能（浸水防止機能及び津波監視機能）を保持すること。</p> <p>なお、上記の「終局耐力」とは、構造物に対する荷重を漸次増大した際、構造物の変形又は歪みが著しく増加する状態を構造物の終局状態と考え、この状態に至る限界の最大荷重負荷をいう。</p> <p>また、耐震重要施設が、耐震重要度分類の下位のクラスに属するものの波及的影響によって、その安全機能を損なわないように設計すること。この波及的影響の評価に当たっては、敷地全体を俯瞰した調査・検討の内容等を含めて、事象選定及び影響評価の結果の妥当性を示すとともに、耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力を適用すること。</p> <p>なお、上記の「耐震重要施設が、耐震重要度分類の下位のクラスに属するものの波及的影響によって、その安全機能を損なわない」とは、少なくとも次に示す事項について、耐震重要施設の安全機能への影響が無いことを確認すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する相対変位又は不等沈下による影響 ・耐震重要施設と下位のクラスの施設との接続部における相互影響 ・建屋内における下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等による耐震重要施設への影響 ・建屋外における下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等による耐震重要施設への影響 <p>7 本規程第8条1の「基準地震動による地震力」の算定に当たっては、実用炉設置許可基準解釈第4条7の方法によること。</p>	<p>(使用許可基準規則の用語の説明であるため記載を省略)</p>	
<p>使用許可基準規則</p> <p>4 耐震重要施設は、前項の地震の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。</p>	<p>第2棟は、その供用中に当該施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊に対して安全機能が損なわれるおそれがない設計とする。</p>	
<p>使用許可基準規則の解釈</p> <p>8 第9条第4項の適用に当たっては、実用炉設置許可基準解釈第4条8の規程を準用すること。</p>	<p>(使用許可基準規則の用語の説明であるため記載を省略)</p>	
<p>使用許可基準規則</p> <p>(外部からの衝撃による損傷の防止)</p> <p>第十一条 使用前検査対象施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。</p>	<p>第2棟は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全機能を損なわない設計とする。</p>	

<p>使用許可基準規則の解釈 第11条（外部からの衝撃による損傷の防止） 1 第1項に規定する「想定される自然現象」とは、敷地の自然環境を基に、洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災等から適用されるもので、核燃料物質等の使用方法等から安全確保上適用すべきものをいう。</p> <p>2 第1項に規定する「想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないもの」とは、設計上の考慮を要する自然現象又はその組合せに遭遇した場合において、自然事象そのものがもたらす環境条件及びその結果として使用前検査対象施設で生じ得る環境条件において、その設備が有する安全機能が達成されることをいう。</p>	<p>第2棟は、「想定される自然現象」（敷地の自然環境を基に、洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災等）について、核燃料物質等の使用方法等から安全確保する。</p> <p>設計上の考慮を要する自然現象又はその組合せに遭遇した場合において、自然事象そのものがもたらす環境条件及びその結果として使用前検査対象施設で生じ得る環境条件において、その設備が有する安全機能を損なわない設計とする。</p>	
<p>使用許可基準規則 2 安全上重要な施設は、当該安全上重要な施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計評価事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。</p>	<p>第2棟は、当該安全上重要な施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計評価事故時に生ずる応力を適切に考慮した設計としている。</p>	
<p>使用許可基準規則の解釈 3 第2項に規定する「大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象」とは、対象となる自然現象に対応して、最新の科学的技術的知見を踏まえて適切に予想されるものをいう。なお、過去の記録、現地調査の結果、最新知見等を参考にして、必要のある場合には、異種の自然現象を重畳させるものとする。</p> <p>4 第2項に規定する「適切に考慮したもの」とは、大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計評価事故が発生した場合に生じる応力を単純に加算することを必ずしも要求するものではなく、それぞれの因果関係及び時間的変化を考慮して適切に組合せた場合をいう。</p>	<p>「大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象」の対象となる自然現象に対応して、最新の科学的技術的知見を踏まえて適切に予想をおこなっている。なお、過去の記録、現地調査の結果、最新知見等を参考にし、必要のある場合には、異種の自然現象を重畳している。</p> <p>大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により、安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計評価事故が発生した場合に生じる応力を因果関係及び時間的変化を考慮して適切に組合せ評価する。</p>	
<p>使用許可基準規則 3 使用前検査対象施設は、工場等内又はその周辺において想定される当該使用前検査対象施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。</p>	<p>第2棟は、工場等内又はその周辺において想定される当該使用前検査対象施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわない設計としている。</p>	
<p>使用許可基準規則の解釈 5 第3項に規定する「当該使用前検査対象施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）」とは、敷地及び敷地周辺の状況を基に選択されるものであり、飛来物、ダム崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突、電磁的障害等をいう。</p>	<p>人為による（故意によるものを除く。）安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象（飛来物、ダム崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突、電磁的障害等）について、敷地及び敷地周辺の状況を基に選択する。</p>	

2. 14. 2 自然現象に対する設計上の考慮への 適合性

措置を講ずべき事項

II. 設計、設備について措置を講ずべき事項

1 4. 設計上の配慮

○施設の設計については、安全上の重要度を考慮して以下に掲げる事項を適切に考慮されたものであること。

②自然現象に対する設計上の考慮

- ・安全機能を有する構築物、系統及び機器は、その安全機能の重要度及び地震によって機能の喪失を起こした場合の安全上の影響を考慮して、耐震設計上の区分がなされるとともに、適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられる設計であること。
- ・安全機能を有する構築物、系統及び機器は、地震以外の想定される自然現象（津波、豪雨、台風、竜巻等）によって施設の安全性が損なわれない設計であること。重要度の特に高い安全機能を有する構築物、系統及び機器は、予想される自然現象のうち最も苛酷と考えられる条件、又は自然力に事故荷重を適切に組み合わせた場合を考慮した設計であること。

2.14.2.1 措置を講ずべき事項への適合方針

(1) 地震に対する設計上の考慮

第2棟の建屋及び設備の耐震設計は、「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」（第51回原子力規制委員会資料、令和4年11月16日）に基づき、クラス別分類して設計する。また、その耐震性の評価に当たっては、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」等に示されている手法を準用する。

地震による機能喪失を想定した場合の影響を評価し、「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」に基づき定めた耐震クラスが「使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則」を考慮した設計とする。

(2) 地震以外に想定される自然現象（津波、豪雨、台風、竜巻等）に対する設計上の考慮

第2棟は、地震以外の想定される自然現象（津波、豪雨、台風、竜巻等）によって施設の安全性が損なわれない設計とする。

2.14.2.2 対応方針

(1) 設計、設備について考慮する事項

○施設の設計については、安全上の重要度を考慮して以下について適切に考慮したものとする。

(2) 自然現象に対する設計上の考慮

- ・安全機能を有する構築物、系統及び機器は、その安全機能の重要度、地震によって機能の喪失を起こした場合の安全上の影響（公衆被ばく影響）や廃炉活動への影響等を考慮した上で、核燃料物質を非密封で扱う燃料加工施設や使用施設等における耐震クラス

分類を参考にして耐震設計上の区分を行うとともに、適切と考えられる設計用地震力に耐えられる設計とする。また、確保できない場合は必要に応じて多様性を考慮した設計とする。

- ・安全機能を有する構築物、系統及び機器は、地震以外の想定される自然現象（津波、豪雨、台風、竜巻等）によって施設の安全性が損なわれないものとする。その際、必要に応じて多様性も考慮する。重要度の特に高い安全機能を有する構築物、系統及び機器は、予想される自然現象のうち最も苛酷と考えられる条件、又は自然力に事故荷重を適切に組み合わせた場合を考慮したものとする。

(実施計画：II-1-14)

(3) 措置を講ずべき事項への具体的な対応方針

具体的な対応方針を以下に示す。

① 地震に対する第2棟の設計上の考慮

i) 建屋

第2棟は、「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」（第51回原子力規制委員会資料，令和4年11月16日）に基づき、耐震設計上の重要度に応じてクラス別分類を行うとともに、耐震性評価を行う。

なお、設計は建築基準法に準拠し、積雪荷重及び風圧についても評価する。

第2棟は、鉄筋コンクリート造の地上2階、地下1階、平面寸法35.0m(EW方向)×28.0m(NS方向)、地上高さ17.3mの建物である。基礎は直接基礎で、人工岩盤を介して富岡層に支持させる。

建屋に加わる地震時の水平力は、主に外周部及び建物内部に設けた耐震壁にて負担する。

ii) 設備

第2棟の設備に係る耐震設計は、「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」（第51回原子力規制委員会資料，令和4年11月16日）に基づき、耐震設計上の重要度に応じてクラス別分類を行うとともに、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」に基づくとともに、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を参考に耐震性評価を行う。また、耐震B+クラスの各設備は、剛構造（固有周期：0.05s以下）とする。

(実施計画：II-2-48-添21-1，II-2-48-添23-1)

② 地震以外の想定される自然現象（津波、豪雨、台風、竜巻等）に対する第2棟の設計上の考慮

第2棟は、地震以外の想定される自然現象（津波、豪雨、台風、竜巻等）によって、施設の安全性が損なわれないよう設計する。

i) 津波

第2棟は、津波が到達しないと考えられる T.P. +約 40m の場所に設置することにより、津波の影響を受けない設計とする。

ii) 豪雨

豪雨に対しては、構造設計上考慮することはないが、屋根面の排水等、適切な排水を行う設計とする。

(実施計画：II-2-48-7)

iii) 積雪

積雪時に係る建屋の設計は、建築基準法及び関係法令、福島県建築基準法施行細則第19条に基づく積雪荷重（積雪量：30cm，単位荷重 20N/m²/cm）に耐えられる構造とすることにより、積雪に対して、その安全性が損なわれない設計とする。

なお、その積雪荷重は、その地方における垂直積雪量を考慮したものとする。

(実施計画：II-2-48-7)

iv) 落雷

第2棟建屋に避雷針の設置、機器接地等により落雷による損傷を防止する設計とする。

v) 台風（強風・高潮）

台風など暴風時に係る建屋の設計は、建築基準法及び関係法令に基づく風圧力（基準風速：30m/s）に対して耐えられる構造とすることにより、強風（台風等）に対して、その安全性が損なわれない設計とする。

なお、その風圧力は、その地方における観測記録に基づくものとする。

高潮は、T.P. +約 40m の場所に設置することにより、影響は受けない設計とする。

(実施計画：II-2-48-7)

vi) 竜巻（飛来物含む）

竜巻による影響がないように設計する。竜巻注意報が発生した場合、竜巻による設備損傷の恐れを考慮して、運転員が手動により第2棟制御室から設備を停止できる設計とする。

vii) 凍結

第2棟は鉄筋コンクリート造であるため、凍結により建屋が損傷するおそれはない。また、屋外配管に対しては、保温材の設置等の対策を講じることにより、凍結に対して、その安全性が損なわれない設計とする。

なお、屋内は空調管理されているため、凍結することはない。

viii) 紫外線

第2棟は、建屋外壁への塗装等により、紫外線に対して、その安全性が損なわれない設計とする。

ix) 高温

第2棟は、福島第一原子力発電所近傍の気象観測記録として過去に計測された最高気温を踏まえて、適切な材料、機器等を選定することにより、高温に対して、その安全性が損なわれない設計とする。

なお、屋内は空調管理されているため、高温になることはない。

x) 生物学的事象

小動物等の襲来により、建屋貫通孔等からの小動物の侵入が想定されるため、建屋貫通孔や電路端部等に対してシール材を施工することにより、侵入を防止する設計とする。

xi) その他（上記以外・火災・森林火災等）

・ 森林火災

第2棟は、周囲の森林から20m可燃物のない帯状の離隔幅を確保し森林火災から防護する設計とする。

(4) 措置を講ずべき事項へのその他対応方針

その他対応方針を以下に示す。

① クレーンの重量及び耐震上の考慮について

第2棟には、定格荷重(20t, 5t)の計2基のクレーンの配置を計画している。定格荷重20tは、「クレーン機器重量約16t, 吊荷荷重20t」、定格荷重5tは、「クレーン機器重量約2.5t, 吊荷荷重5t」となる。

建屋の耐震設計では、クレーン構造規格や建築物荷重指針・同解説により、吊荷重量を除きクレーン機器重量を考慮して評価をしており、耐震性に問題ないことを確認した。

② 塩酸含有廃液保管ラック、有機廃液保管ラックの耐震設計の考え方について

塩酸含有廃液保管ラック及び有機廃液保管ラックは、取り扱う燃料デブリ等が少量であり、被ばく線量が極めて小さいことから、耐震Cクラスとする。

2.14.2.3 (使用許可基準規則との適合方針を迫る)

第2棟の耐震評価について

1. 耐震クラス設定のフローと考え方

第2棟の耐震クラスは、第51回原子力規制委員会で示された文書「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）」のフローに従い設定しており、以下に概要を示す。

1.1 「1-①：地震により安全機能を失った際の公衆への被ばく影響に基づき暫定的に耐震クラスを設定」

- ◆ 燃料デブリ等の受入、加工、保管等を行うコンクリートセル，試料ピットについては、安全機能（遮へい，閉じ込め）を失った場合，敷地境界の実効線量が5mSvを超える（他の設備は5mSv未満）
- ◆ また，試料ピットにおいては臨界量以上の燃料デブリ等を取り扱うため形状を管理

以上から，コンクリートセル，試料ピットは暫定Sクラス，これ以外の設備は暫定Bクラス又は暫定Cクラスと分類

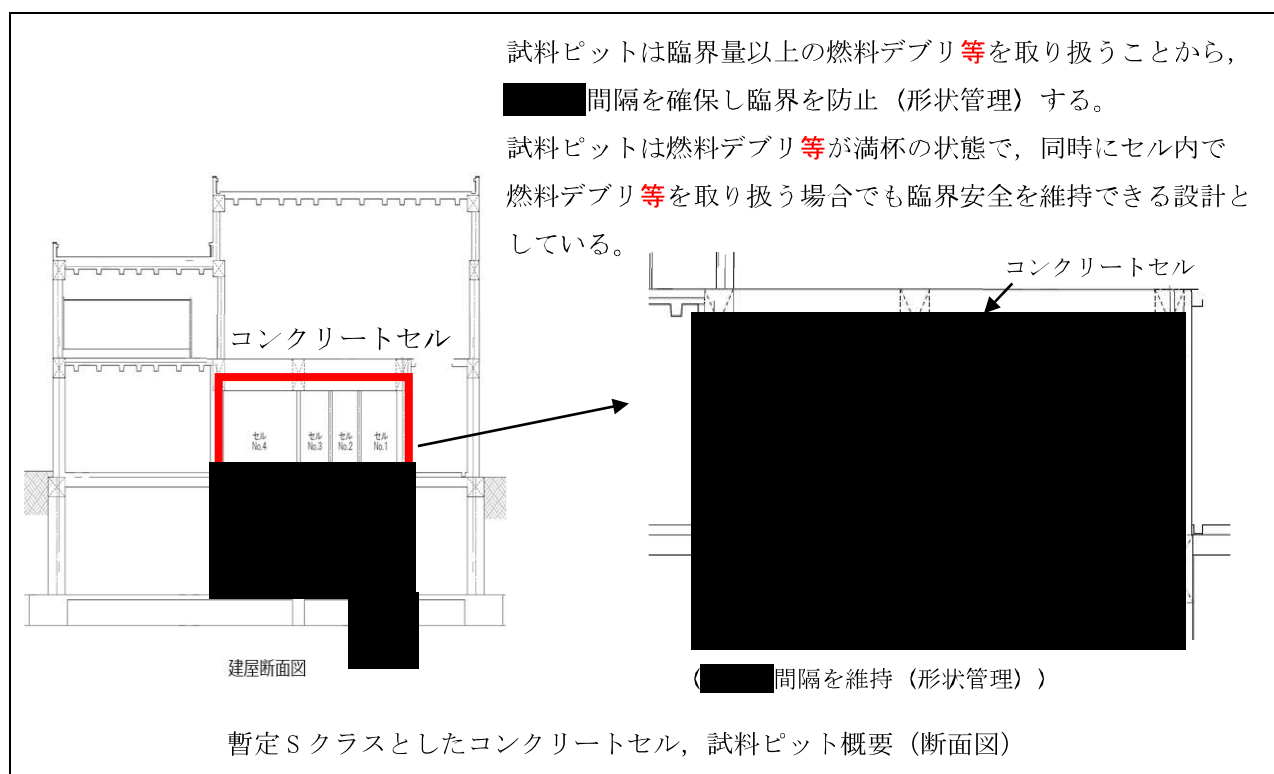


図 2.14.2.1-1 建屋断面図・部分拡大図

1.2 「1-②：現実的な緩和対策を考慮（被ばく評価期間，放射線防護対策，建屋耐震設計など）」
暫定 S クラスとした「コンクリートセル」及び「試料ピット」について耐震 S クラス相当の実力を有していることを評価

- ◆ 建屋（コンクリートセル，**試料ピット**含む）について，動的地震力 Ss900 を用いて耐震性（復元力特性）を評価した結果，おおむね弾性範囲に**収**まることを確認できたため，S クラス相当の耐震性を有すると判断
- ◆ 同様に動的地震力 Sd450 を用いて耐震性（復元力特性）を評価した結果においても，おおむね弾性範囲に**収**まることを確認できたため，S クラス相当の耐震性を有すると判断
- ◆ 静的地震力 3.0Ci と動的地震力 Ss900 の地震力（層せん断力）を比較すると，動的地震力 Ss900 が静的地震力 3.0Ci を上回ることを確認しているため，Ss900 でおおむね弾性範囲に**収**まることから S クラス相当の実力があると判断
- ◆ また，静的地震力 3.0Ci を用いて耐震性（部材毎の短期許容応力）を評価した結果，コンクリートセル及び試料ピットについては，許容応力を満たすことを確認した。

以上から，コンクリートセル及び試料ピットの耐震クラスを S クラスとする。

2. 地震により安全機能を失った際の耐震クラス分類

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，耐震クラスを分類する。

(1) 要求される安全機能

設計においては，既存ホットラボを参考に各設備での燃料デブリの取り扱い量を考慮して，以下の安全機能を要求している

表 2.14.2.1-1 各設備の安全機能

設備名称	安全機能
建屋	遮へい（一部の壁，天井等 ^{※1} ），間接支持機能
コンクリートセル	閉じ込め，遮へい機能
試料ピット	遮へい，臨界防止機能
鉄セル	閉じ込め，遮へい機能
グローブボックス	閉じ込め機能 ^{※2}
フード	閉じ込め機能 ^{※2}
液体廃棄物一時貯留設備	閉じ込め機能 ^{※2}
セル・グローブボックス用換気空調設備	閉じ込め機能 ^{※2}
フード用換気空調設備	閉じ込め機能 ^{※2}

※1 液体廃棄物一時貯留室の天井の一部，固体廃棄物準備室の天井及び一部の壁に遮へい機能を要求する。

※2 取り扱う燃料デブリ等が少量であり，被ばく線量が極めて小さいため，遮へい機能は要求しない。

(2) 第2棟の暫定耐震クラス

コンクリートセル，試料ピットは暫定Sクラス，これ以外は暫定B又はCクラスとなることから，第2棟は暫定Sクラスに分類される。

2.1 地震により安全機能を失った際の耐震クラス分類

地震により安全機能を失った際（建屋，コンクリートセルの壁・天井等が無い場合）の公衆への被ばく影響を評価し，耐震クラスを分類した。結果を以下に示す。

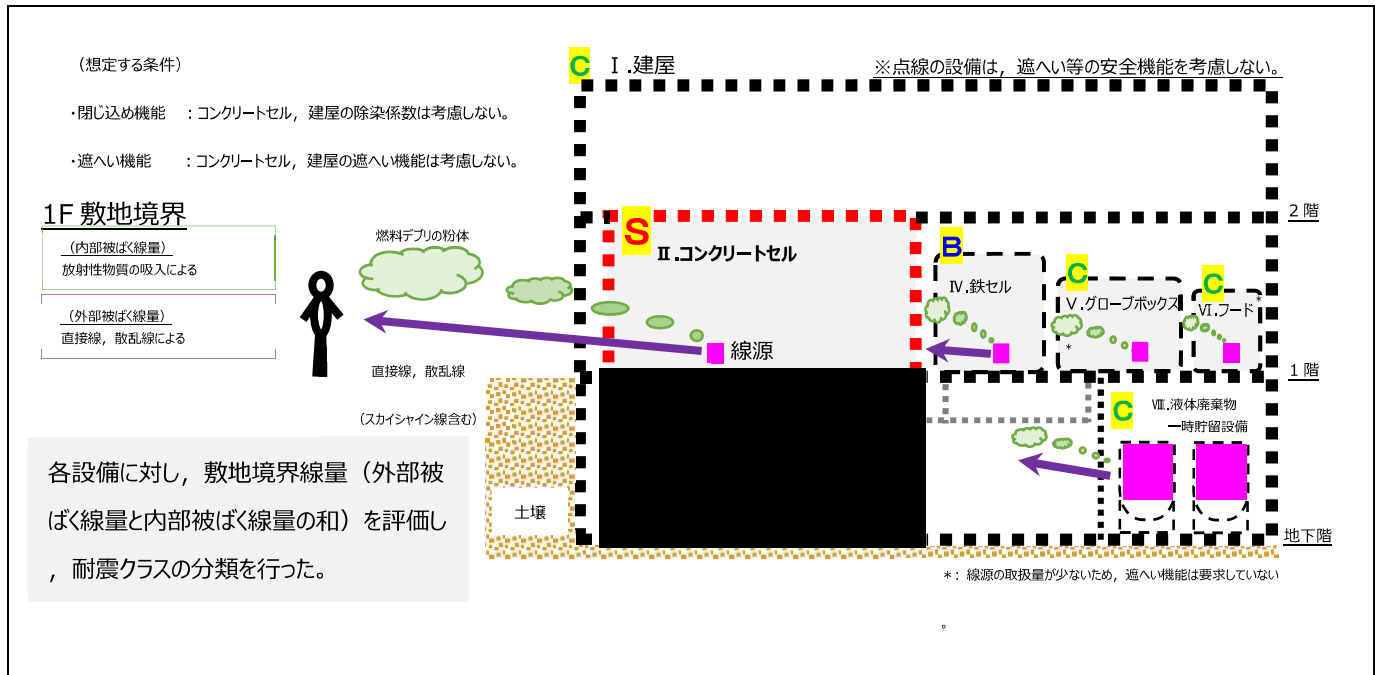


図 2.14.2.1-2 第2棟の耐震クラス分類

「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）」のフローに従い耐震クラスを分類した。

表 2.14.2.1-2 各設備の暫定耐震クラス

No.	設備名称 ^{※1}	敷地境界線量 (mSv)	暫定耐震クラス
I	建屋	6.5×10^{-4}	暫定Cクラス
II	コンクリートセル	1.4×10^2	暫定Sクラス
III	試料ピット	$> 1.9 \times 10^2$	暫定Sクラス
IV	鉄セル	2.8	暫定Bクラス
V	グローブボックス	2.7×10^{-4}	暫定Cクラス
VI	フード	2.7×10^{-4}	暫定Cクラス
VII	セル・グローブボックス用換気空調設備	2.0	暫定Bクラス
VIII	液体廃棄物一時貯留設備	7.2×10^{-5}	暫定Cクラス

※1：上記の設備の他，フード用換気空調設備，管理区域用換気空調設備，消火設備，固体廃棄物払出準備設備についても評価を

行い，耐震クラスを分類した。

地震により安全機能を失った際の被ばく評価を行った結果、コンクリートセル、試料ピットは暫定 S クラス、これ以外の設備は暫定 B 又は暫定 C クラスと分類した。

2.2 現実的な緩和対策の考慮について

(1) 暫定 S クラス設備に要求される安全機能

表 2.14.2.1-3 暫定 S クラス設備に要求される安全機能

設備名称	要求される安全機能
コンクリートセル	壁、天井等による遮へい機能
	壁、天井等による閉じ込め機能
試料ピット	コンクリート躯体による遮へい機能
	試料ピットの形状維持による臨界防止機能

(2) 上記の暫定 S クラス設備が S クラスの実力があるか確認するため、下記の耐震評価を行う。

表 2.14.2.1-4 各評価項目における耐震評価

No.	項目	地震力	評価項目	許容限界
①	コンクリートセル, 試料ピット	Ss900	耐震壁のせん断ひずみ	おおむね弾性範囲※にとどまること
②		Sd450	耐震壁のせん断ひずみ	おおむね弾性範囲※にとどまること
③		3.0Ci	柱・梁・壁部材の応力	短期許容応力度以下
④	地盤	Ss900	接地圧	極限支持力度以下

※ 「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」では、せん断ひずみに関する許容限界 2.0×10^{-3} 以下としているものの、閉じ込め機能等の観点から保守的に評価し、おおむね弾性範囲にとどめる。

なお、Ss900 による耐震評価の結果を基に、地震により試料ピットが変形した場合の臨界安全についても評価を行う。

2.2.1 第 2 棟の建屋構成部材に要求される S クラス相当の機能について

- ・コンクリートセル部（XXXXXXXXXX）を間接支持する部分は、Ss900 に対して間接支持機能が要求される。
- ・S クラス相当の耐震性が要求される範囲は、コンクリートセル部となる。
- ・第 2 棟の各部位に求められる機能要求は、以下の図 2.14.2.1-3 に示す。

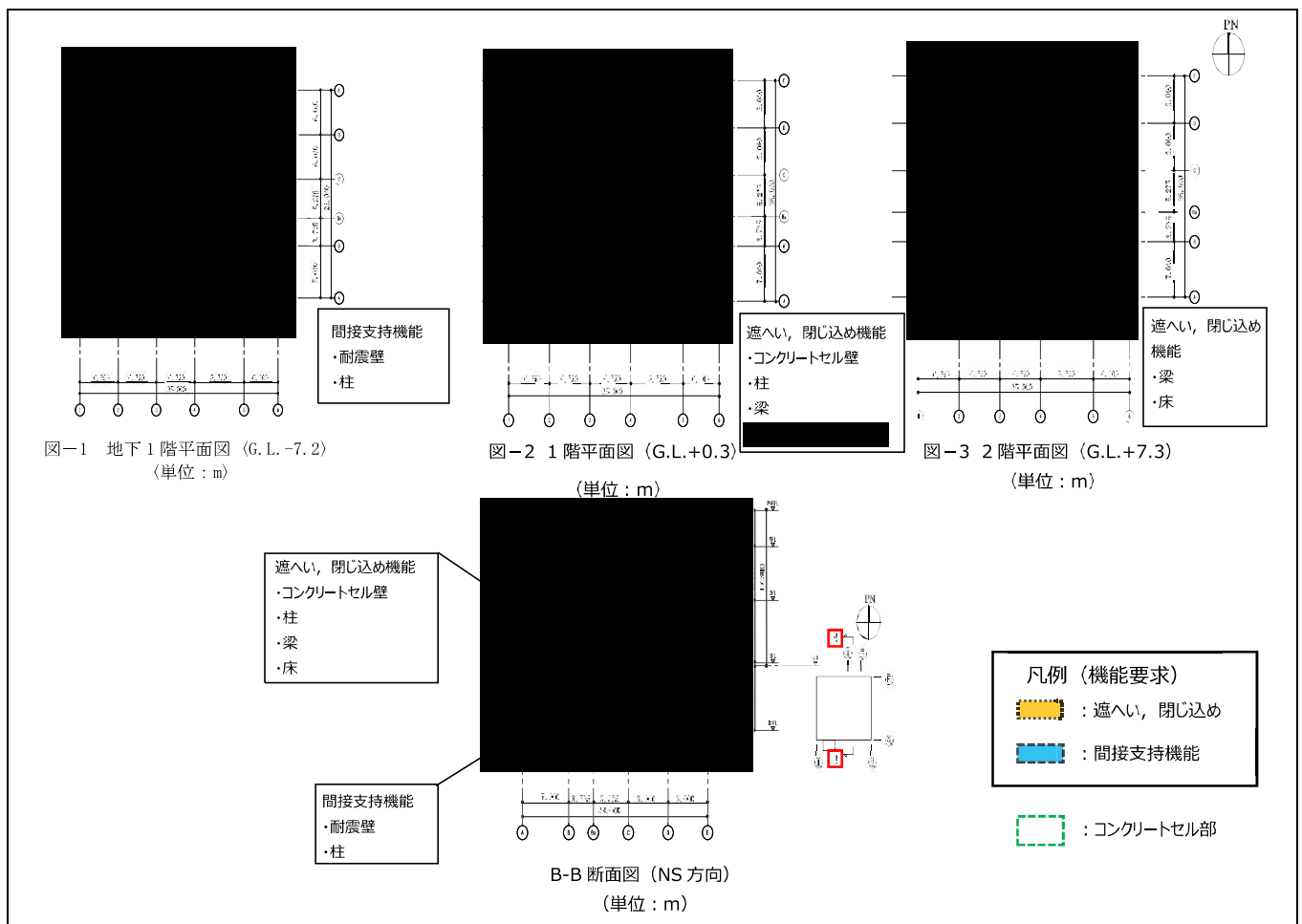


図 2. 14. 2. 1-3 Sクラス相当に求められる機能要求と対象範囲

2. 2. 2 動的地震力による耐震性評価

(1) 建屋概要

- ・構造 : 鉄筋コンクリート造
- ・階数 : 地上2階, 地下1階
- ・基礎 : 直接基礎で人工岩盤 (MMR) を介して富岡層 (砂質泥岩~泥岩) に支持
- ・平面寸法 : 35. 0m (EW 方向) × 28. 0m (NS 方向)
- ・基礎形状 : 40. 0m (EW 方向) × 37. 6m (NS 方向)
- ・地上高さ : 17. 3m

(2) 建屋解析モデル (質点系モデル) 概要

建屋の耐震壁のスケルトンカーブ等については「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」に基づくとともに、基礎浮き上がりの非線形性については、実用炉の審査実績がある誘発上下動モデルを「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を参考にして作成し、地震応答解析を実施する。

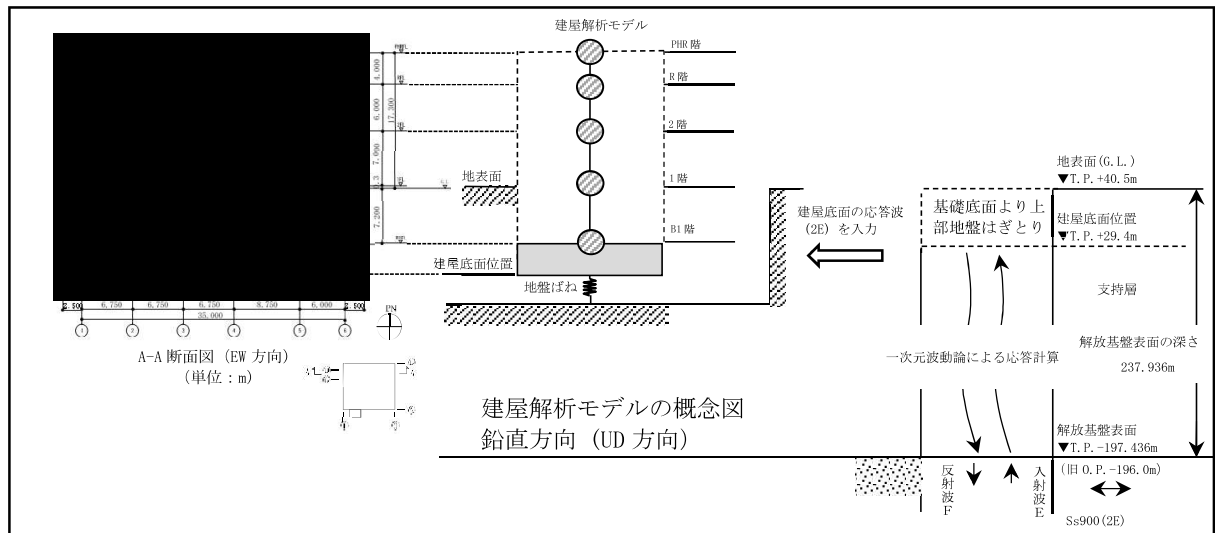
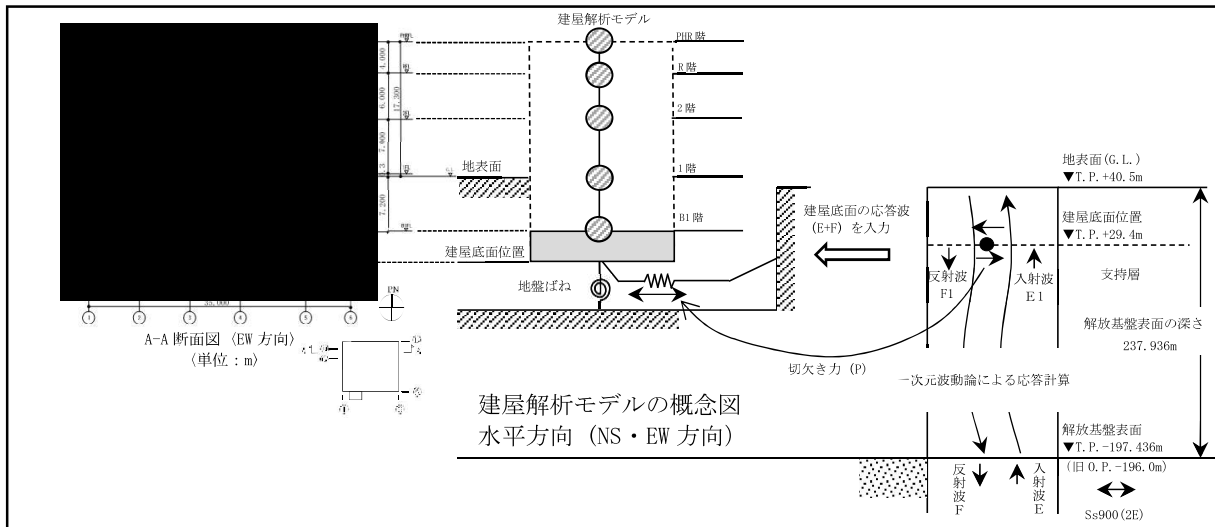


図 2.14.2.1-4 建屋解析モデル概念図

(3) 鉄筋コンクリート造耐震壁の復元力特性の評価法

- 原子力施設のような耐震壁を主体とした建屋では塑性変形を考慮し、耐震壁に生じるせん断応力度とせん断ひずみの関係（スケルトンカーブ ($\tau - \gamma$) ※1)において、評価する。
- 一般的には、スケルトンカーブ ($\tau - \gamma$) 関係は、第1折れ点付近でコンクリートにひび割れが生じ、第2折れ点付近で鉄筋が降伏するとされている。そのため、第2折れ点付近にとどまると、おおむね弾性状態であると考えられ、変形は著しく発生せず、地震後の残留ひずみは小さいことから、遮へい、閉じ込め機能を有するものと考えられる。
- このため、第2棟の建屋の地震応答解析は、おおむね弾性状態であることを確認する。

※1 鉄筋コンクリート造耐震壁の復元力特性の評価法「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAG4601-1987」

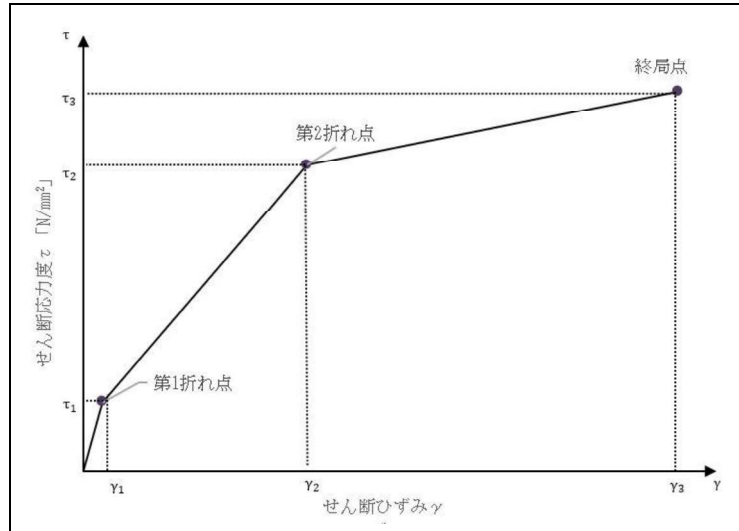


図 2.14.2.1-5 スケルトンカーブ ($\tau - \gamma$ 関係)

- 第1折れ点
一般的に第1折れ点付近でコンクリートにひび割れが生じるとされている点
- 第2折れ点
一般的に第2折れ点付近で鉄筋が降伏するとされている点
- 終局点
終局せん断ひずみとされている点 ($\gamma = 4.0 \times 10^{-3}$)

(4) 動的地震力による耐震性評価の確認結果

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、図 2.14.2.1-6 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 (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

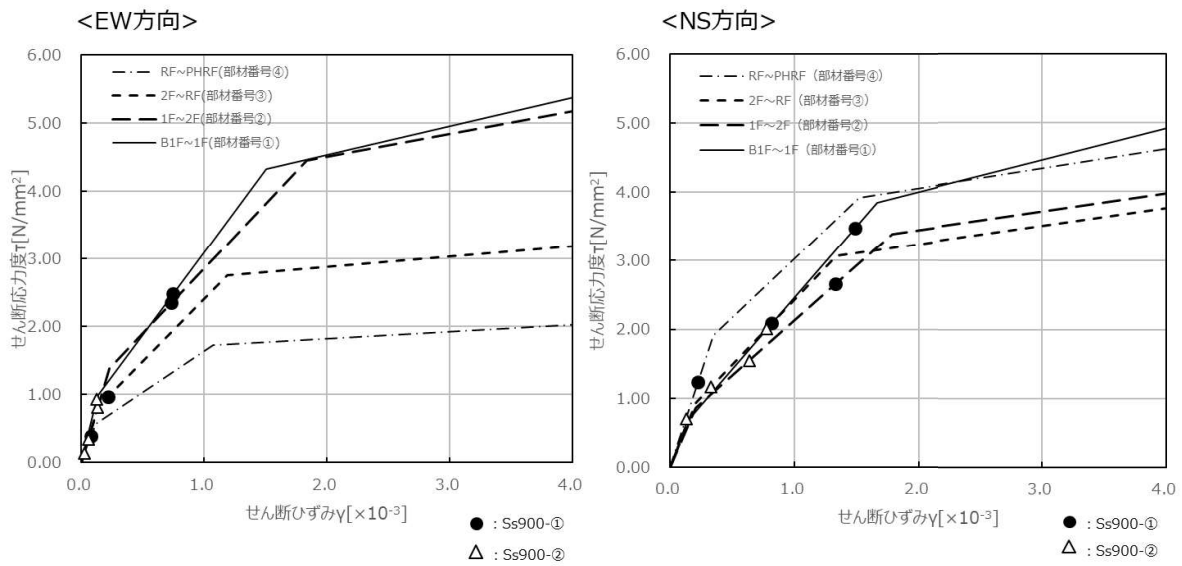


図 2.14.2.1-6 スケルトンカーブ (Ss900)

② 動的地震力 Sd450 による確認結果

Sd450^{*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、図 2.14.2.1-7 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 Sd450^{*1} に対しいずれも第 1 折れ点付近であり、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 Sd450 (Sd450-①及び Sd450-②) は検討用地震動 (Ss900) に係数 0.5 を乗じて設定した地震動

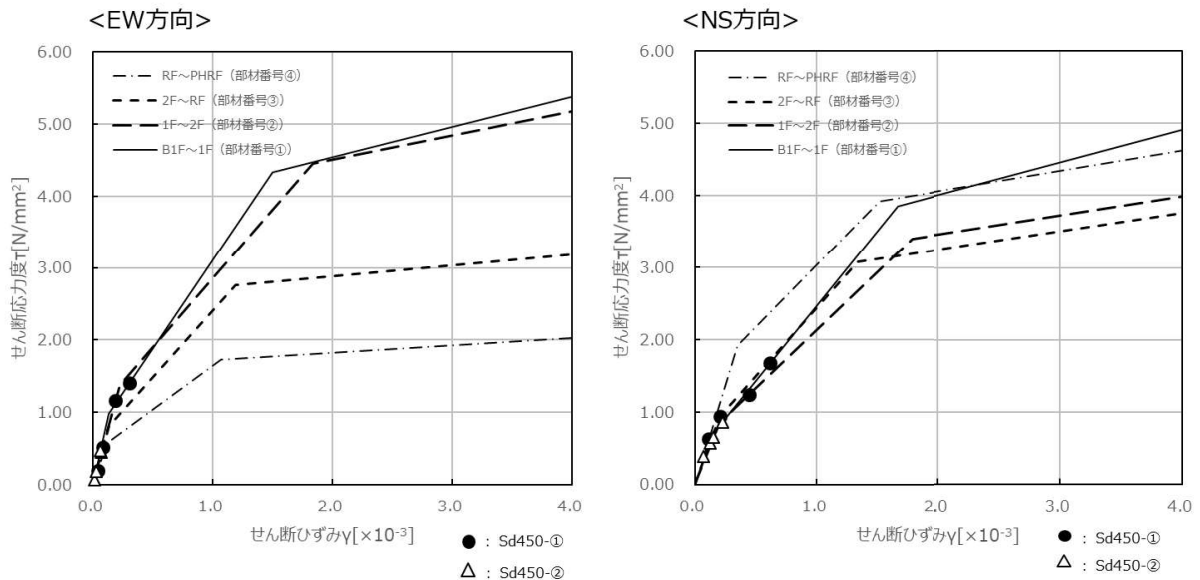


図 2.14.2.1-7 スケルトンカーブ (Sd450)

2.2.3 静的地震力による耐震性評価

(1) 静的地震力 (3.0Ci) に対する評価の考え方

- ・ 暫定 S クラスとなるコンクリートセル部 () は、静的地震力 (3.0Ci) に対して短期許容応力度以下であることが求められる。
- ・ 第 2 棟の建屋は、Ss900 における地震応答解析を実施しており、各階に発生する水平方向の地震力が算定できている。
- ・ 表 2.14.2.1-5 に、各階ごとの水平方向の地震力 (層せん断力) について、Ss900 と静的地震力 (3.0Ci) を示す。

表 2.14.2.1-5 建屋各層における地震力 (層せん断力) の比較

単位 (kN)

地震力	Ss900		3.0Ci
R 階	8630	>	8179
2 階	56108	>	34085
1 階	127938	>	60027
B 1 階	201506	>	110986

- ・ 第 2 棟の建屋に発生する水平方向の地震力は、各階において Ss900 の方が大きいことが確認された。
- ・ Ss900 では、第 2 棟の建屋はおおむね弾性範囲にあることから、要求される静的地震力 (3.0Ci) においても安全機能を確保できると考えられる。

以上のことから、コンクリートセル部については、耐震 S クラス相当の実力を有していると判断する。

(2) 静的地震力 (3.0Ci) による確認結果 (コンクリートセル部について)

- ・ 暫定 S クラス設備の安全機能が維持されることを確認するため、「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」に基づき、建屋の柱、梁、壁をモデル化し、静的地震力 3.0Ci を入力して短期許容応力度計算を実施した。
- ・ 暫定 S クラスに分類したコンクリートセル部について、短期許容応力度に対する部材の検定比は、柱 1 箇所を除き 1.00 以下である。
- ・ 柱 (B 通り—3 通り) 1 箇所検定比 1.00 をわずかに上回るものの、柱に用いる鉄筋 SD390 は JIS 適合品として降伏点が 390~510N/mm² と規定され、解析に用いた基準強度 (390N/mm²)

に対し強度に余裕を有している。

- ・ JIS 適合品の降伏点を考慮し、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、検定比 1.00 以下であり、実力としては鉄筋は降伏せず S クラス相当の耐震性を有している。

表 2.14.2.1-6 静的地震力 (3.0Ci) による短期許容応力度計算結果

部材	階	対象範囲	荷重ケース	評価基準	検定比	
					曲げ	せん断
柱	1	B 通り-3 通り	EW 方向	≤ 1.00	1.02 (*0.93)	0.19

※鉄筋の強度を基準強度×1.1倍とした場合の検定比

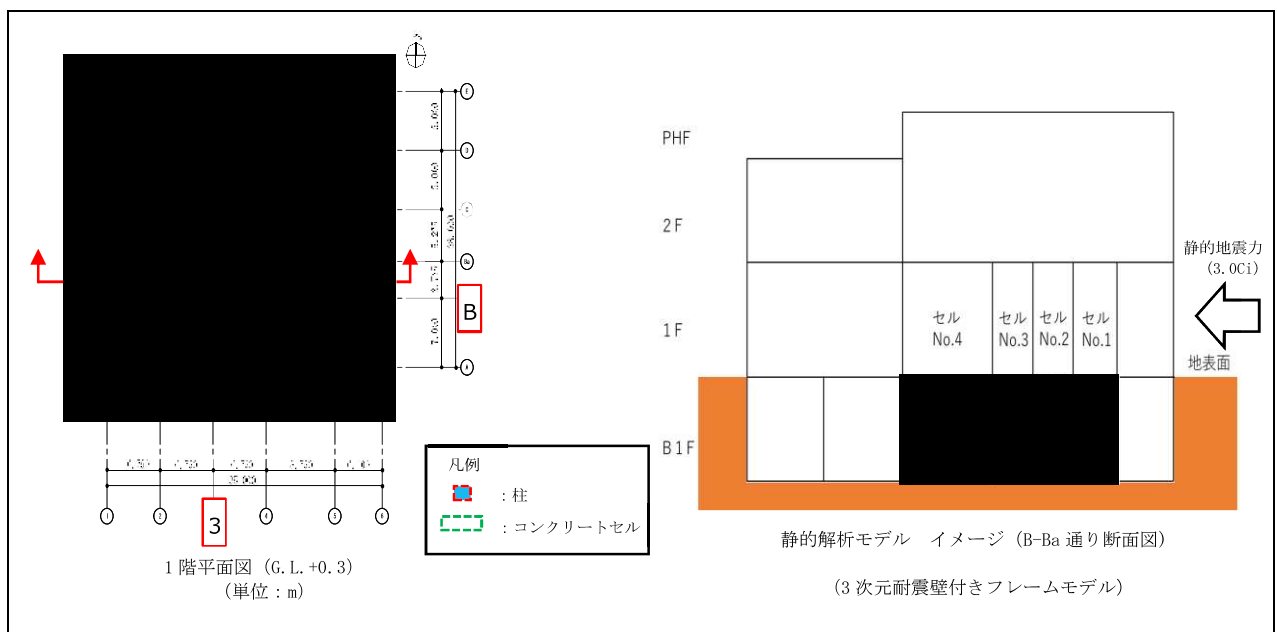


図 2.14.2.1-8 1 階平面図・静的解析モデルイメージ図

(3) 静的地震力 (3.0Ci) の評価について (波及的影響の検討)

- ・ コンクリートセル部は S クラスとなることから、建屋を静的地震力 3.0Ci による解析を行った。その結果、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を支持しない部位で検定比 1.0 を上回った (柱で 1 箇所、梁で 2 箇所、耐震壁で 3 箇所)。
- ・ 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、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を参考に、S クラス設備の耐震評価で用いられる動的地震力 S_s900 と保有水平耐力を比較して確認する。

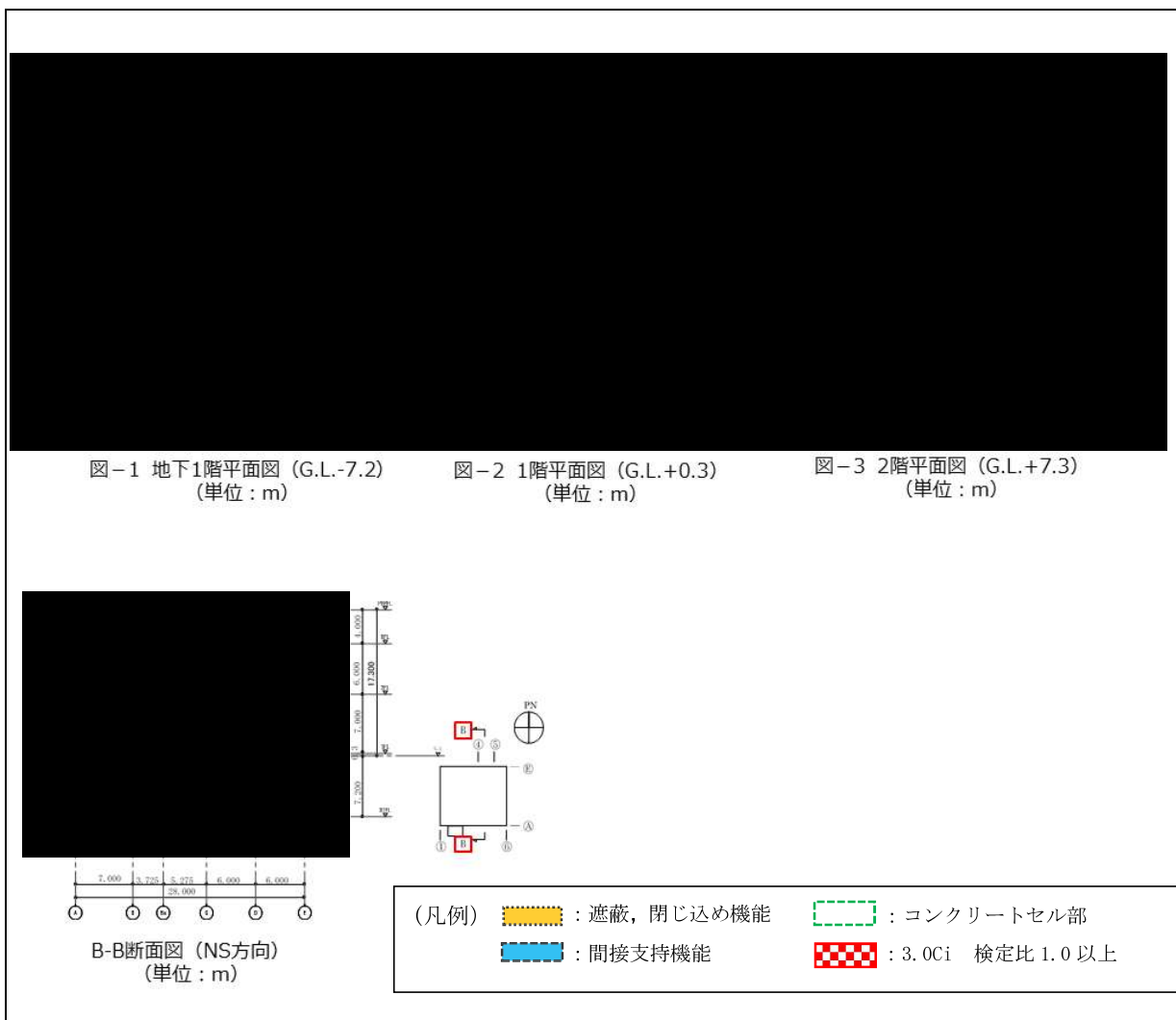


図 2.14.2.1-9 静的地震力 3.0Ci による解析結果

(4) 静的地震力 (3.0Ci) の波及的影響の確認結果

- ・ 波及的影響の確認は、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」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 JEAC4601-2008」^{※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表 2.14.2.1-7~8 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、保有水平耐力 Q_u は必要保有水平耐力 Q_{um} に対しても、 $Q_u/Q_{um} = 3.64$ (EW 方向), 3.45

(NS 方向) であり、S クラス要求 (安全率 $Q_u/Q_{um} = 1.5$) 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。

- ・ 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 JEAC4601-2008」を参考に、波及的影響防止は確保されていると判断する。
- ・ 建屋は動的地震力 Ss900 を用いた耐震性評価において、各層に発生するせん断応力度におけるせん断ひずみは、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、また、 2.0×10^{-3} 以下であることから、3.0Ci で検定比 1.0 を上回った部位についても、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。

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。

表 2.14.2.1-7 建屋各階の保有水平耐力及び Ss900 によるせん断力 (EW 方向)
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

表 2.14.2.1-8 建屋各階の保有水平耐力及び Ss900 によるせん断力 (NS 方向)
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 JEAG4601-1987」

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 JEAC4601-2008」

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。

2.2.4 地盤の動的地震力 Ss900 による確認結果

- 地震時の最大接地圧は、動的解析の応答解析結果から水平地震動による応力と鉛直地震動による応力を組み合わせ係数法（係数 0.4）を考慮して算出する。
- 接地圧は、最大で 1697kN/m²（上向き、NS 方向）であり、評価基準値（極限鉛直支持力度 3000kN/m²*1）を超えないことから、Ss900 に対し第 2 棟の基礎地盤の支持性能は十分な余裕を有していることを確認した。

表 2.14.2.1-9 Ss900-①*2 接地圧

単位 (kN/m²)

評価項目	上下動	評価基準	接地圧	
			EW 方向	NS 方向
最大 接地圧	上向き	$q_u \leq 3000$	650	1697
	下向き		722	839

表 2.14.2.1-10 Ss900-② *2 接地圧

単位 (kN/m²)

評価項目	上下動	評価基準	接地圧	
			EW 方向	NS 方向
最大 接地圧	上向き	$q_u \leq 3000$	353	335
	下向き		521	526

*1 極限鉛直支持力度は、建築基準法施行令の地盤の許容応力度より設定

*2 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

2.2.5 その他：Ss90により試料ピットが一時的に変形した場合の臨界防止の確認結果

(1) 間隔を狭めたときの中性子実効増倍率 $\langle K_{eff}+3\sigma \rangle$

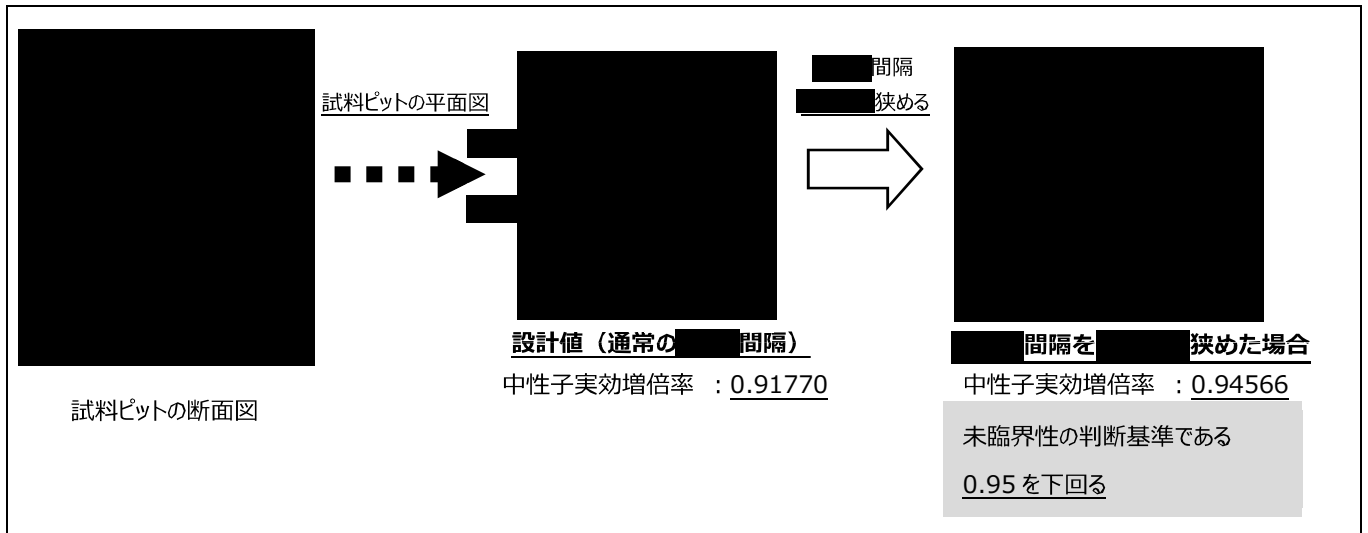


図 2.14.2.1-10 試料ピット 間隔

間隔が狭まったとしても臨界にはならない。〈 の余裕〉

(2) 地震による 間隔の変位量

Ss90による 間隔の一時的な変位量 :

⇒ 間隔の余裕 \gg 地震時の一時的な変位量 であり、臨界防止において十分な余裕を有している

2.2.6 公衆被ばく影響評価において考慮する安全機能

暫定Sクラス設備について現実的な緩和対策の評価結果を表2.14.2.1-11にまとめる。

表 2.14.2.1-11 評価結果

No.	項目	地震力	評価結果
①	コンクリートセル，試料ピット	Ss900	建屋全体としてせん断ひずみが 2.0×10^{-3} 以下であり，おおむね弾性範囲にとどまるため，██████████ Sクラス相当の耐震性を有することを確認した。
②		Sd450	建屋全体としておおむね弾性範囲にとどまるため，██████████ は Sクラス相当の耐震性を有することを確認した。
③		3.0Ci	██████████ について Sクラス相当の耐震性を有することを確認した。
④	地盤	Ss900	基礎地盤の支持性能は十分な余裕を有していることを確認した。

現実的な緩和対策の評価結果から，安全機能について以下のとおり判断する。

- ・ コンクリートセルについて，Ss900 及び Sd450 に対しおおむね弾性範囲にとどまり，3.0Ci 評価においても S クラス相当の耐震性を有することから，遮へい機能及び閉じ込め機能は維持されると判断する。
- ・ 試料ピットについて，Ss900 及び Sd450 に対しおおむね弾性範囲にとどまり，地震による██████████ 間隔の変位も小さいため，遮へい機能及び臨界防止機能は維持されると判断する。
- ・ なお，建屋全体として Ss900 に対し耐震性を有することから，建屋についても遮へい機能，閉じ込め機能及び間接支持機能を有していると判断する。

2.3 現実的な緩和対策を考慮した際の耐震クラス分類

耐震性の評価結果に基づき、現実的な緩和対策（建屋、コンクリートセルの壁・天井等がある場合）を考慮して公衆の被ばく影響を評価し、耐震クラスを分類した。結果を以下に示す。

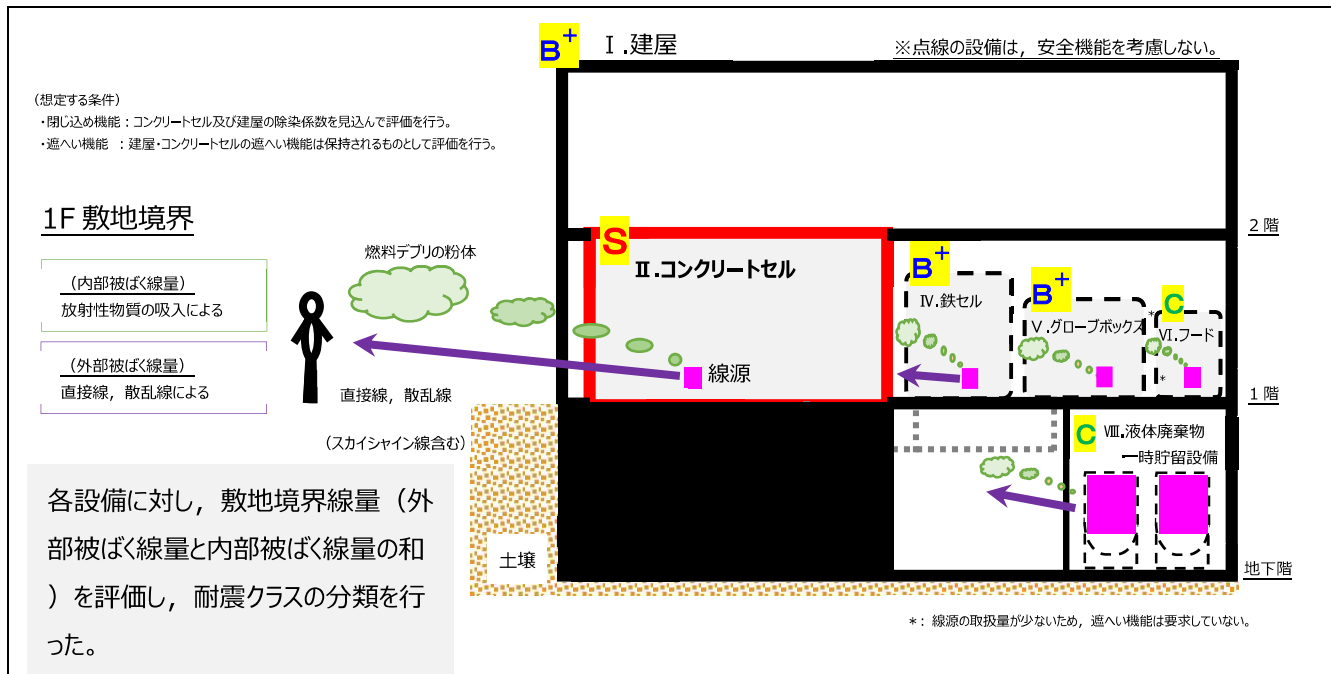


図 2.14.2.1-11 第2棟の耐震クラス分類

「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）」のフローに従い耐震クラスを分類した。

表 2.14.2.1-12 各設備の耐震クラス

No.	設備名称 ^{※1}	敷地境界線量 (mSv)	耐震クラス
I	建屋	1.5×10^{-11}	B ⁺ クラス
II	コンクリートセル	1.2	Sクラス
III	試料ピット	2.6×10^{-4}	Sクラス
IV	鉄セル	2.8×10^{-1}	B ⁺ クラス
V	グローブボックス	2.7×10^{-5}	B ⁺ クラス ^{※2}
VI	フード	2.7×10^{-5}	Cクラス
VII	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
VIII	液体廃棄物一時貯留設備	7.2×10^{-6}	Cクラス

※1：上記の設備の他、フード用換気空調設備、管理区域用換気空調設備、消火設備、固体廃棄物払出準備設備についても評価を行った。

※2：敷地境界線量が50μSv以下となるためCクラスとなるが、将来の機能拡張を考慮するとともに長期的に使用するため、B⁺クラスと分類した。

耐震性の評価結果から、コンクリートセル、試料ピットはSクラスの実力があることを確認できたので、耐震クラスはSクラスと分類した。これ以外の設備はB⁺又はCクラスと分類した。

3. 第2棟の耐震クラスに係るまとめ

- Ss900 等による耐震性の評価結果から、建屋、コンクリートセル、試料ピットに要求する遮へい機能、閉じ込め機能、臨界防止機能が維持できることを確認した。
- コンクリートセル、試料ピットの耐震クラスはSクラス（Ss900、Sd450及び3.0CiでSクラス相当の耐震性を有している。）
- また、耐震性の評価結果から、建屋・コンクリートセル部の遮へい機能、放射性物質の除染係数を考慮し、公衆の被ばく影響を再評価した結果、他設備の耐震クラスは以下のとおり分類した。
- さらに、各設備の耐震クラスに応じた地震力に対する耐震性を有することを確認している。

表 2.14.2.1-13 耐震クラス分類

設備名称	耐震クラス	動的地震力		静的地震力	説明
		機能維持	弾性範囲		
コンクリートセル	S	Ss900	Sd450	水平：3.0Ci	・コンクリートセル、試料ピットは Ss900 及び Sd450 に対しおおむね弾性範囲にとどまることを確認。また、3.0Ci 評価においても S クラス相当の耐震性を有することを確認。
試料ピット					
建屋	B ⁺	1/2Ss450	1/2Sd225* (共振時のみ)	水平：1.5Ci	・建屋の公衆被ばく線量は 50 μ Sv 以下であるが、長期的に使用することから、B ⁺ クラスの地震力を適用する。
鉄セル	B ⁺	1/2Ss450	1/2Sd225* (共振時のみ)	水平：1.8Ci	・公衆被ばく線量評価を実施した結果 50 μ Sv を超え、5mSv 以下となり、長期間使用する設備であることを考慮し、B ⁺ クラスの地震力を適用する。 ・グローブボックスについて、敷地境界線量が 50 μ Sv 以下となるため C クラスとなるが、将来の機能拡張を考慮するとともに長期的に使用するため、B ⁺ クラスと分類した。
グローブボックス					
セル・グローブボックス用換気空調設備					
フード、液体廃棄物一時貯留設備、フード用換気空調設備、電気設備	C	—	—	水平：1.2Ci	・公衆被ばく線量評価を実施した結果、50 μ Sv 以下となるため、Cクラスの地震力を適用する。

※ 現設計において固有値解析を行った結果、固有周期は 0.003～0.048 秒であり、剛構造（0.05 秒以下）であるため共振のおそれはない。

地震により安全機能を失った際の線量評価

第2棟の耐震評価の考え方は、第51回原子力規制委員会で示された文書「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」に従うと以下のとおりとなる。

1-①：地震により安全機能を失った際の公衆への被ばく影響により、暫定的に耐震クラスをS、B及びCに分類

安全機能を失った際（建屋、コンクリートセルの壁・天井等が無いとした場合）の公衆被ばく線量は下表のとおり 5mSv を超過する。

- ・ 閉じ込め機能：コンクリートセル、建屋の除染係数は考慮しない。
- ・ 遮へい機能：コンクリートセル、建屋の遮へい機能は考慮しない。

表 2.14.2.1-14(1/3) 公衆被ばく線量

設備名称	耐震上の安全機能	機能喪失時の敷地境界線量評価の概要	内部被ばく	外部被ばく ^{※1}	敷地境界線量
建屋	遮へい	<p>【外部被ばく】建屋の遮へい機能が喪失し、地下階に存在する固体廃棄物払出準備設備及び液体廃棄物一時貯留設備に含まれる放射性物質の放射能（それぞれ 2.3×10^{10}Bq 及び 2.4×10^8Bq）から燃料デブリ等重量に換算し、その直接線、スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 建屋の遮へいを考慮しない。 ・ 固体廃棄物払出準備設備及び液体廃棄物一時貯留設備は地下階に存在するため、土壌による遮へいを考慮する。 	—	6.5×10^{-4} mSv	6.5×10^{-4} mSv
コンクリートセル	閉じ込め	<p>【内部被ばく】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等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^{※2}し、排気系統を通じてではなく、直接、セル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。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ コンクリートセル及び建屋の除染係数を考慮しない。 	1.1×10^2 mSv	2.2×10^1 mSv	1.4×10^2 mSv
	遮へい	<p>【外部被ばく】コンクリートセルの遮へい機能が喪失し、燃料デブリ等[■]からの直接線、スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ コンクリートセル及び建屋による遮 			

		へいを考慮しない。			
試料 ピット	遮へい	<p>【外部被ばく】試料ピットの遮へい機能が喪失し、燃料デブリ等からからの直接線、スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 建屋の遮へいを考慮しない。 試料ピットはため、土壌による遮へいを考慮する。 	—	$\geq 1.9 \times 10^2$ mSv	$\geq 1.9 \times 10^2$ mSv
	(臨界防止)	<ul style="list-style-type: none"> 試料ピットの臨界防止機能が喪失することを想定する。 			

※1 安全機能の喪失が継続する期間を7日間として評価した。

※2 燃料デブリ等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。

表 2.14.2.1-14(2/3) 公衆被ばく線量

設備名称	耐震上の安全機能	機能喪失時の敷地境界線量評価の概要	内部被ばく	外部被ばく ^{※1}	敷地境界線量
鉄セル	閉じ込め	<p>【内部被ばく】</p> <p>鉄セル内の燃料デブリ等中の放射性物質の一部がセル内の気相に移行^{※3}し、排気系統を通じてではなく、直接、セル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。</p> <ul style="list-style-type: none"> 建屋の除染係数を考慮しない。 	2.7 mSv	5.3×10^{-2} mSv	2.8 mSv
	遮へい	<p>【外部被ばく】</p> <p>鉄セルの遮へい機能が喪失し、燃料デブリ等からの直接線・スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 建屋の遮へいを考慮しない。 			
グローブボックス	閉じ込め	<p>【内部被ばく】</p> <p>グローブボックス内の燃料デブリ等中の放射性物質の一部がグローブボックス内の気相に移行^{※3}し、排気系統を通じてではなく、直接、グローブボックス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。</p> <ul style="list-style-type: none"> 建屋の除染係数を考慮しない。 	2.7×10^{-4} mSv	—	2.7×10^{-4} mSv
フード	閉じ込め	<p>【内部被ばく】</p> <p>フード内の燃料デブリ等中の放射性物質の一部がフード内の気相に移行^{※3}し、排気系統を通じてではなく、直接、フード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。</p> <ul style="list-style-type: none"> 建屋の除染係数を考慮しない。 	2.7×10^{-4} mSv	—	2.7×10^{-4} mSv
液体廃棄	閉じ込め	<p>【内部被ばく】</p>	7.2×10^{-5}	—	7.2×10^{-5}

物一時貯留設備		液体廃棄物一時貯留設備のうち分析廃液受槽が破損し、内蔵している放射性の液体廃棄物が堰内に漏えいし、漏えいに伴い液体廃棄物中の放射性物質の一部が室内の気相に移行 ^{※4} し、排気系統を通じてではなく、直接、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。 ・建屋の除染係数を考慮しない。	mSv		mSv
---------	--	---	-----	--	-----

※1 安全機能の喪失が継続する期間を7日間として評価した。

※2 燃料デブリ等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。

※3 鉄セル、グローブボックス、フードでは、燃料デブリ等の切断は行わないが、取り扱う燃料デブリ等全量が粉体化するものとし、※2の移行率を用いた。

※4 液体状の放射性物質の漏えい時の気相への移行率0.02%（“Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook”, NUREG/CR-6410）

表 2.14.2.1-14(3/3) 公衆被ばく線量

設備名称	耐震上の安全機能	機能喪失時の敷地境界線量評価の概要	内部被ばく	外部被ばく ^{※1}	敷地境界線量
セル・グローブボックス用換気空調設備	閉じ込め	【内部被ばく】 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等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 ^{※2} 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。 ・建屋の除染係数を考慮しない。	2.0 mSv	—	2.0 mSv
フード用換気空調設備	閉じ込め	【内部被ばく】 フード内の燃料デブリ等中の放射性物質の一部がフード内の気相に移行 ^{※3} し、フードの排気配管内の放射性物質を含む気体が直接フード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。 ・建屋の除染係数を考慮しない。	2.7×10^{-4} mSv	—	2.7×10^{-4} mSv
管理区域用換気空調設備	—	設備が機能喪失しても公衆への被ばく影響はない。	—	—	—
消火設備	—	設備が機能喪失しても公衆への被ばく影響はない。	—	—	—
固体廃棄物払出準備設備	—	固定して使用する設備がないため、耐震上の安全機能はない。	—	—	—

	合計	1.2×10^2 mSv	$>2.2 \times 10^2$ mSv	$>3.4 \times 10^2$ mSv
--	----	--------------------------	---------------------------	---------------------------

※1 安全機能の喪失が継続する期間を7日間として評価した。

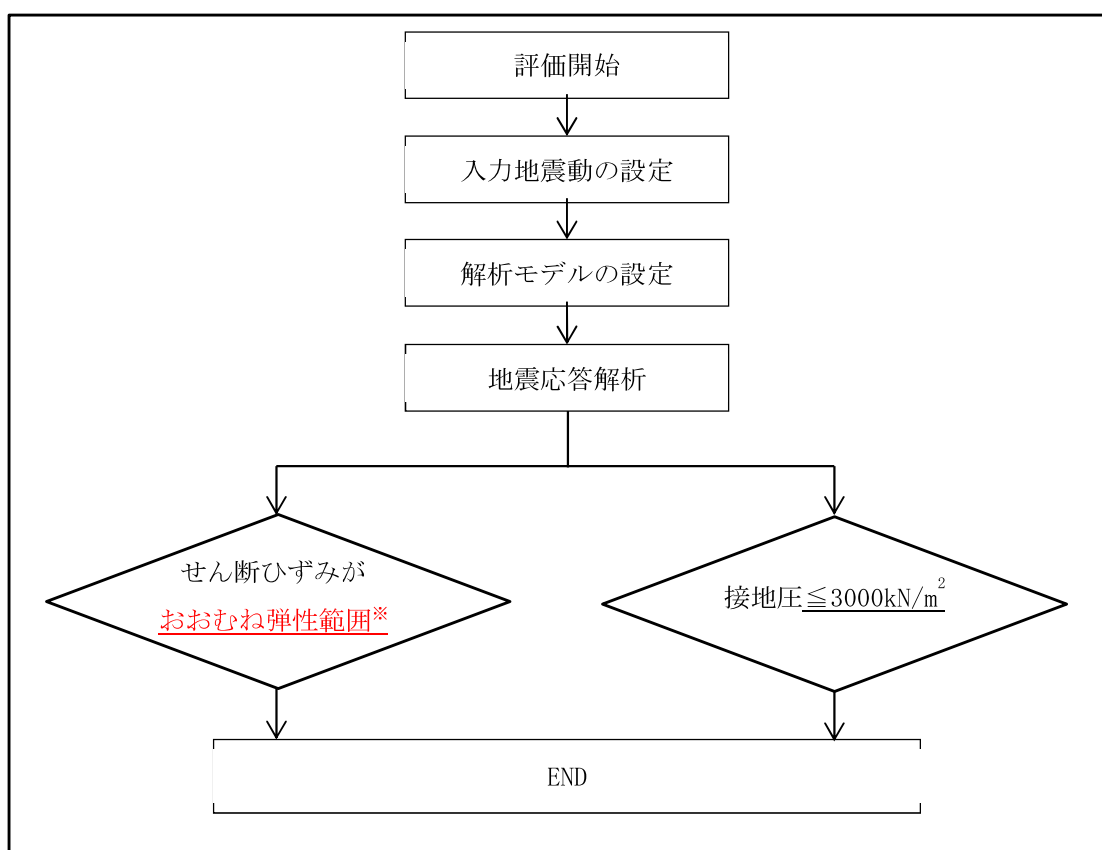
※2 燃料デブリ等切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率1%（日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」）。Kr等の気体状の放射性物質は100%移行。

※3 鉄セル、グローブボックス、フードでは、燃料デブリ等の切断は行わないが、取り扱う燃料デブリ等全量が粉体化するものとし、※2の移行率を用いた。

Ss900 による建屋の耐震性評価結果

1. 耐震性の確認

- ・ 「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」(第 51 回原子力規制委員会資料, 令和 4 年 11 月 16 日) に基づき, コンクリートセル, 試料ピットは耐震 S クラスとなることから, Ss900 による建屋 (コンクリートセル, 試料ピット含む) の耐震性の確認を行うことを目的に実施する。
- ・ Ss900 による耐震性の確認は図 2. 14. 2. 1-12 の評価方針に基づき実施する。



※ 鉄筋コンクリート造耐震壁の復元力特性の評価法「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」における第 2 折れ点以下であること。

図 2. 14. 2. 1-12 耐震評価概略フロー

1-1. 検討に用いる地震動

- ・ 地震動は、検討用地震動（以下「Ss900」という）とする。
- ・ 解放基盤表面を T.P. 約-197m に設定する。

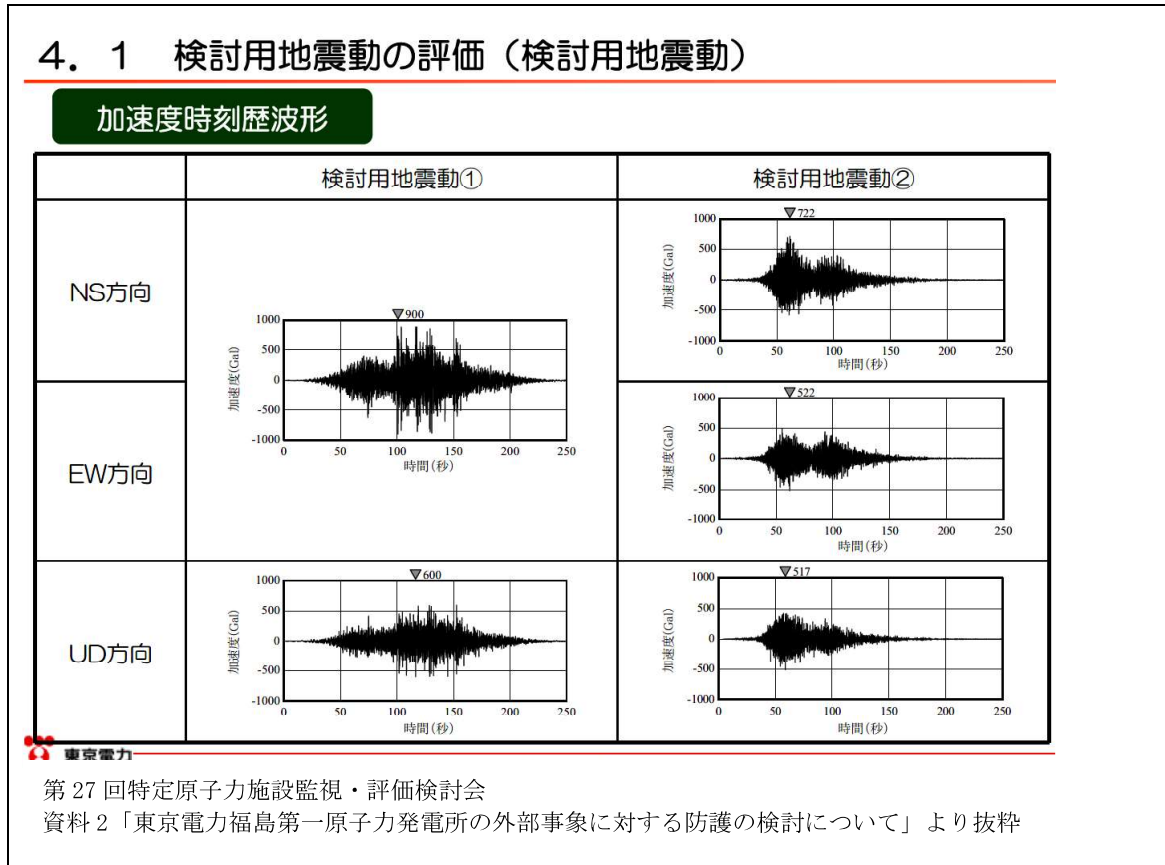


図 2. 14. 2. 1-13 検討に用いる地震動

1-2. 建屋概要

- ・ 構造：鉄筋コンクリート造
- ・ 階数：地上2階，地下1階
- ・ 基礎：直接基礎で人工岩盤を介して富岡層に支持
- ・ 平面寸法：35.0m(EW方向)×28.0m(NS方向)
- ・ 基礎形状：40.0m(EW方向)×37.6m(NS方向)
- ・ 地上高さ：17.3m

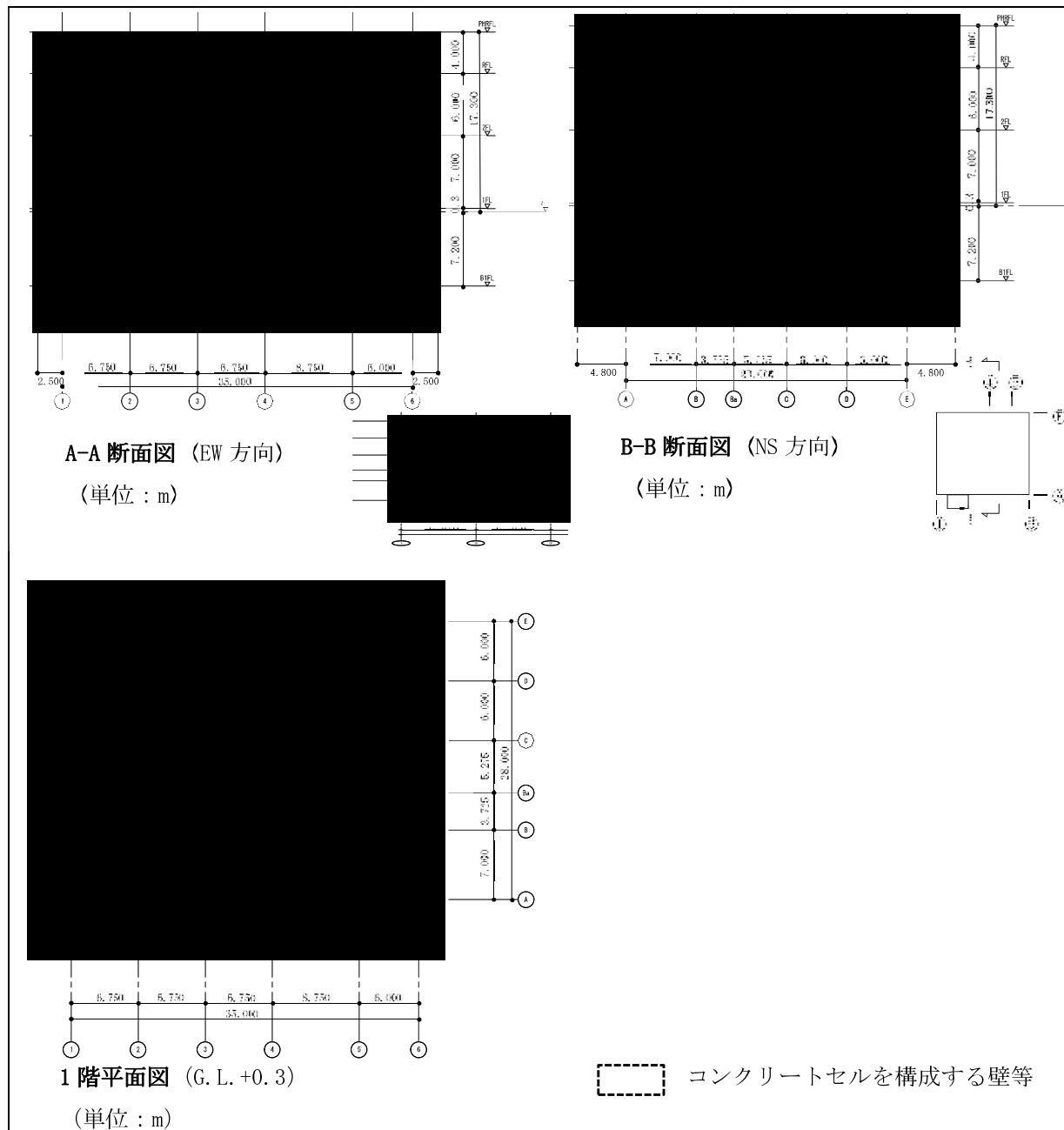


図 2.14.2.1-1 建屋断面図・平面図(抜粋)

1-3. 解析方法

- ・ 動的解析に用いる地震応答解析モデルは、水平方向は建屋と地盤の相互作用を考慮したスウェイ・ロッキングモデルとし、鉛直方向は上下バネマスモデルとする。
 - ・ 建屋は、形状及び構造特性等を考慮し、水平方向モデルは質点とばね要素からなる多質点系モデルとし、鉛直方向モデルは質点とばね要素からなる多質点系モデルを設定する。
 - ・ 地盤は、建屋の埋込み効果は無視し、建屋**基礎**底面位置の地盤をばねによってモデル化する。
 - ・ 建屋**基礎**底面位置の地盤ばねは、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を参考に、グラウンドコンプライアンス理論により算定する。基礎浮き上がりの非線形性については、接地率に応じて実用炉の審査実績がある誘発上下動を考慮したモデルを「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を参考にして設定する。
 - ・ 水平方向の入力地震動は、地表面までモデル化した自由地盤の一次元等価線形解析結果により求められる建屋底面位置での応答波(E+F)に、建屋**基礎**底面レベルにおけるせん断力(切欠き力P[※])を付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。
 - ・ 鉛直方向の入力地震動は、**基礎**底面位置より上部を剥ぎ取った地盤モデルにより求められる建屋底面位置での応答波(2E)とする。
 - ・ 地盤解析の解析プログラムは「SoilPlus」、建屋解析の解析プログラムは「DYNA2E」を使用する。
- ※P：補正水平力（切欠き力）＝建屋**基礎**底面位置の地盤のせん断応力度×建屋底面積

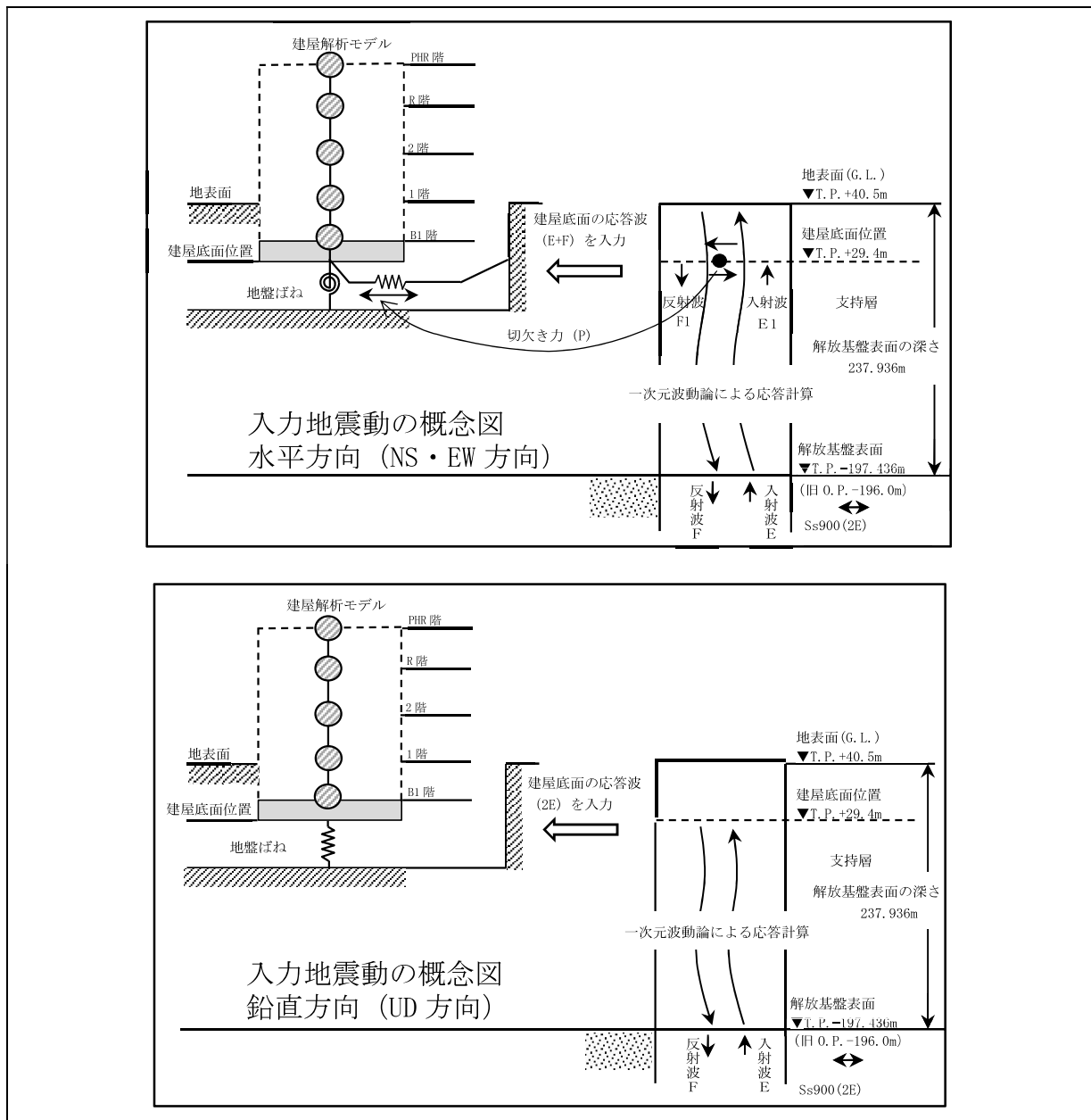


図 2. 14. 2. 1-15 入力地震動の概念図

1-4. 荷重及び荷重の組合せ

Ss 地震時の荷重及び荷重の組合せは、静的地震力の評価に準じる。

1-5. 建屋解析モデルの諸元(水平方向)

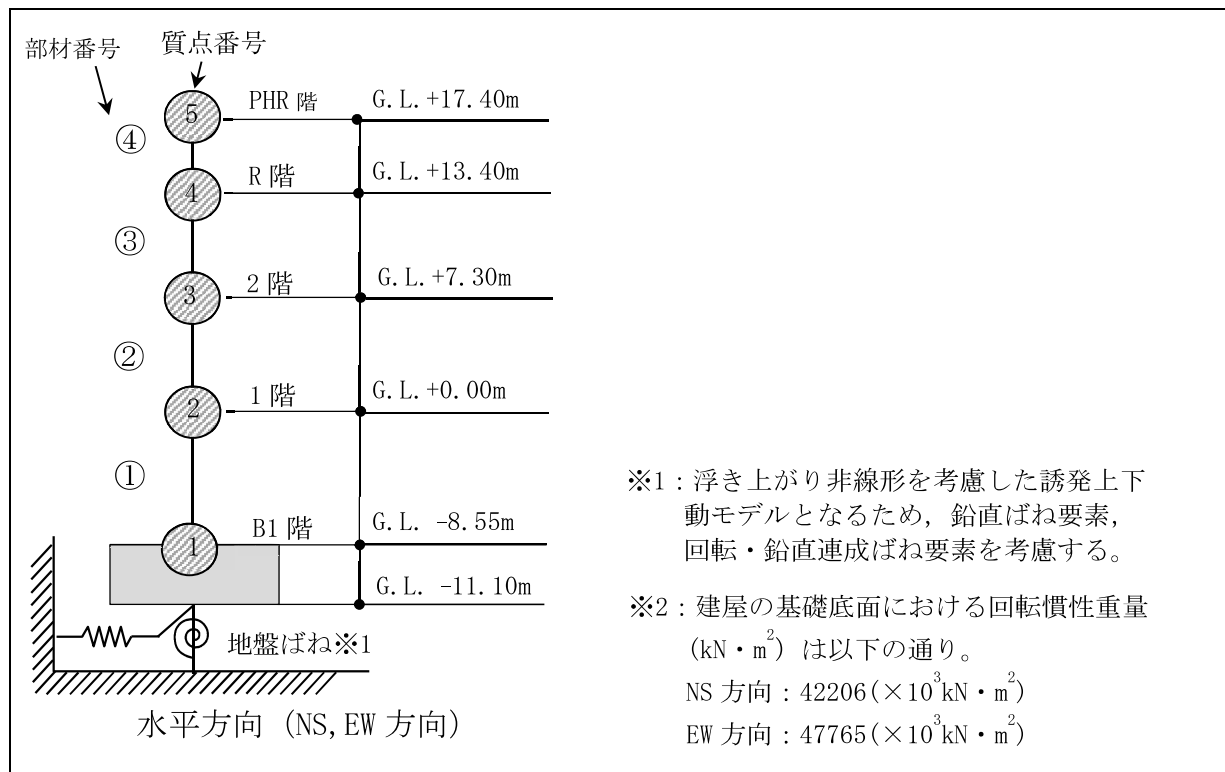


図 2.14.2.1-16 水平方向モデル

表 2.14.2.1-15 (NS 方向)

質点番号	高さ G.L. (m)	重量 (kN)	部材番号	せん断断面積 (m^2)
5	17.40	5660		
4	13.40	35104	④	4.274
3	7.30	59280	③	14.57
2	0.00	84932	②	22.88
1	-8.55	173265	①	32.01

※建屋基礎底面における回転慣性重量は $42206 (\times 10^3 \text{kN} \cdot \text{m}^2)$

表 2. 14. 2. 1-16 (EW 方向)

質点番号	高さ G. L. (m)	重量 (kN)	部材 番号	せん断 断面積 (m ²)
5	17.40	5660		
4	13.40	35104	④	9.681
3	7.30	59280	③	31.81
2	0.00	84932	②	30.63
1	-8.55	173265	①	56.38

※建屋基礎底面における回転慣性重量は 47765 (×10³kN・m²)

表 2. 14. 2. 1-17 コンクリートの材料定数

設計基準強度 F _c (N/mm ²)	ヤング係数 E (kN/m ²)	せん断弾性係数 G (kN/m ²)	減衰定数 h (%)
36	2.595×10 ⁷	1.081×10 ⁷	3.0

1-6. 建屋解析モデルの諸元(鉛直方向)

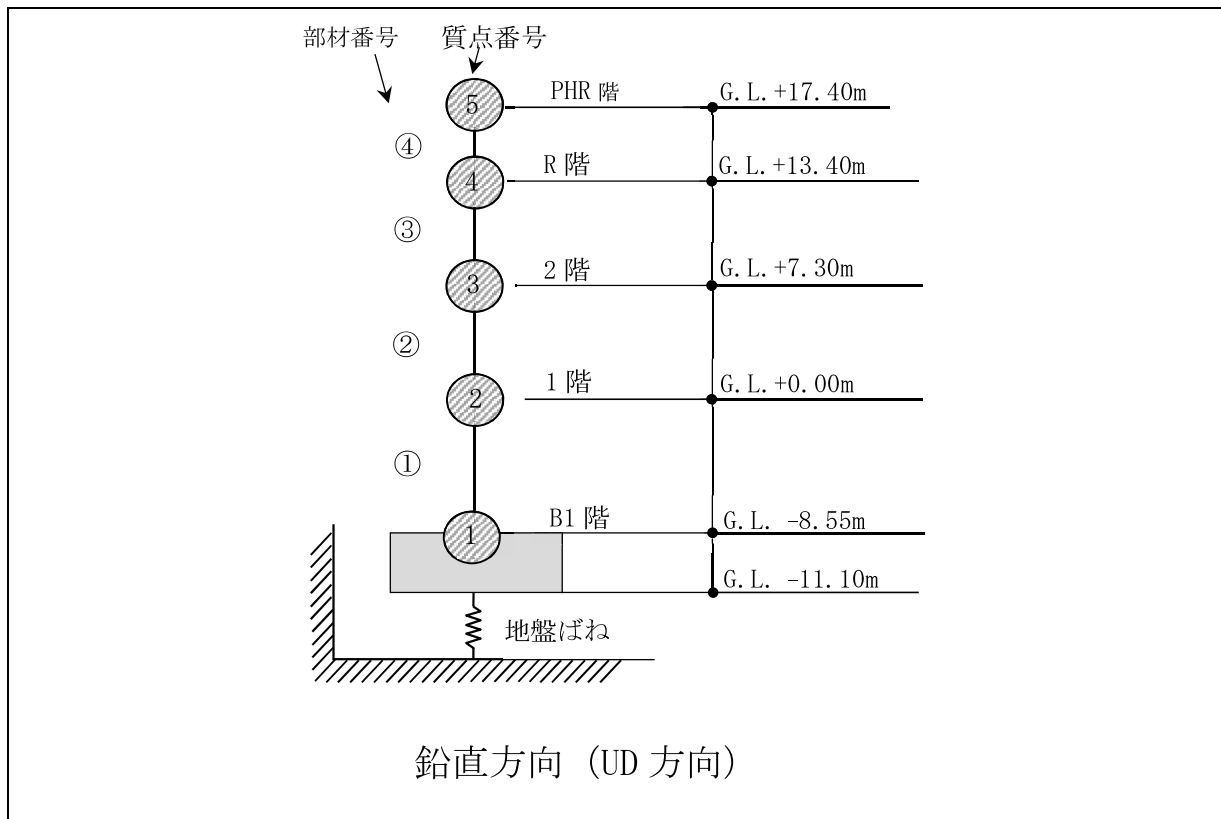


図 2. 14. 2. 1-17 鉛直方向モデル

表 2.14.2.1-18 (UD 方向)

質点番号	高さ G.L. (m)	質点重量 (kN)	部材 番号	軸断面積 (m ²)	鉛直剛性 (kN/m)
5	17.40	5660	-		
4	13.40	35104	④	43.51	2.823×10^8
3	7.30	59280	③	145.4	6.187×10^8
2	0.00	84932	②	172.8	6.142×10^8
1	-8.55	173265	①	225.4	6.840×10^8
			-		

表 2.14.2.1-19 コンクリートの材料定数

設計基準強度 F _c (N/mm ²)	ヤング係数 E (kN/m ²)	せん断弾性係数 G (kN/m ²)	減衰定数 h (%)
36	2.595×10^7	1.081×10^7	3.0

1-7. 地盤モデルの設定

- ・ 地層構成は、第2棟建屋中央部付近で実施したボーリングの結果に基づいて水平成層地盤としてモデル化する。
- ・ 物性値については、福島第一原子力発電所の地盤物性※を用いることとし、地盤物性が示されていない地層（ローム層）については第2棟地盤調査結果にもとづいて設定する。

※ 福島第一原子力発電所 原子炉設置変更許可申請書(平成5年4月)等から設定した使用済燃料乾式キャスク仮保管設備の地盤物性

表 2.14.2.1-20 物性値

地層名	標高		湿潤密度 ρ (t/m^3)	単位体積重量 γ (kN/m^3)	せん断波速度 V_s (m/s)	動的変形特性		動的変形特性	
	上端 T.P. (m)	下端 T.P. (m)				せん断弾性係数 G_0 (kN/m^2)	動ポアソン比 ν_d	$G/G_0 \sim \gamma(\%)$	$h(\%) \sim \gamma(\%)$
埋戻土	40.500	37.930	1.80	17.65	201	72600	0.350	$1/(1+10.65\gamma^{0.778})$	$22.97\gamma^{0.289}$
ローム層	37.930	35.930	1.74	17.06	164	46700	0.410	$1/(1+11.00\gamma^{0.802})$	$17.80\gamma^{0.277}$
段丘堆積物	35.930	33.370	1.59	15.59	315	158000	0.480	$1/(1+6.872\gamma^{0.614})$	$14.79/(1+0.036/\gamma)$
T3 部層 互層部	33.370	18.450	1.76	17.26	414	302000	0.460	$1/(1+3.257\gamma^{0.688})$	$17.57/(1+0.084/\gamma)$
T3 部層 泥質部	18.450	16.230	1.71	16.77	500	427000	0.450	$1/(1+3.600\gamma^{0.962})$	$11.90\gamma^{1.086}+1.617$
T3 部層 細粒砂岩	16.230	14.470	1.84	18.04	338	210000	0.480	$1/(1+3.009\gamma^{0.604})$	$21.80/(1+0.122/\gamma)$
T3 部層 泥質部	14.470	12.220	1.71	16.77	500	427000	0.450	$1/(1+3.600\gamma^{0.962})$	$11.90\gamma^{1.086}+1.617$
T3 部層 粗粒砂岩	12.220	11.400	1.84	18.04	338	210000	0.480	$1/(1+3.009\gamma^{0.604})$	$21.80/(1+0.122/\gamma)$
T3 部層 泥質部	11.400	-18.070	1.71	16.77	500	427000	0.450	$1/(1+3.600\gamma^{0.962})$	$11.90\gamma^{1.086}+1.617$
T2 部層	-18.070	-110.470	1.75- 0.000417Z	17.16- 0.004089Z	深度依存	254000- 3220Z	0.467+ 0.000222Z	$1/(1+2.845\gamma^{0.918})$	$10.54\gamma^{0.865}+0.903$
T1 部層	-110.470	-183.180	1.79	17.55	610	667000	0.440	$1/(1+2.586\gamma^{0.722})$	$15.04\gamma^{0.517}$
先富岡層	-183.180	-197.436	1.88	18.44	712	954000	0.420	$1/(1+2.714\gamma^{0.920})$	$14.69\gamma^{0.583}$
解放基盤表面	-197.436	-	1.88	18.44	712	-	-	-	-

注) Z:標高 O.P. (m)

O.P. は震災前の「旧 O.P.」を指す。O.P. $\pm 0m = T.P. -1.436m$

1-8. 入力地震動

- ・ 建屋基礎底面位置における入力地震動（水平方向，鉛直方向）の加速度時刻歴波形は以下の通り。

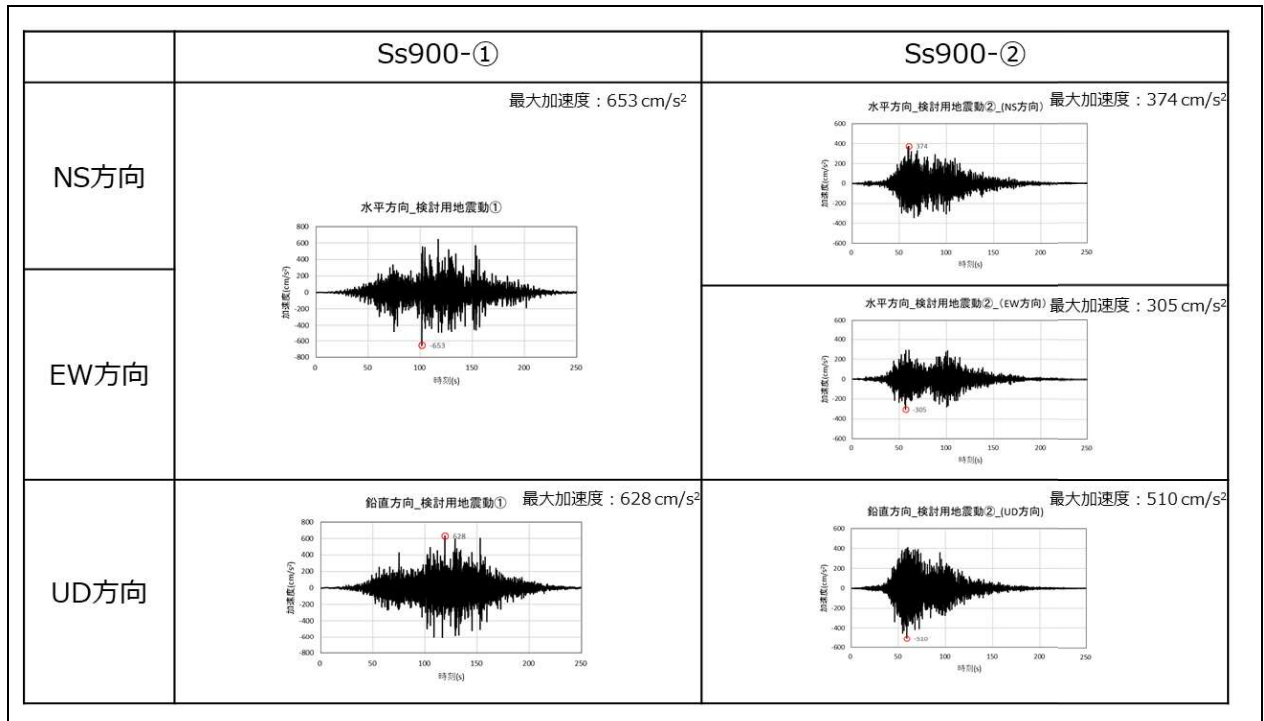


図 2.14.2.1-18 入力地震動

1-9. 地盤ばねの算定

- ・ 矩形基礎の算定式にて地盤ばねを設定する。
- ・ 一次元波動論による解析に用いた地盤モデルを用いて成層補正を行い、小堀の方法により地盤ばねを算定する。

表 2. 14. 2. 1-21 地盤ばね（ばね定数及び減衰係数）（水平方向【NS 方向】）

地震動	地盤ばね		ばね定数 K (水平：kN/m) (回転：kN・m/rad)	減衰係数 C (水平：kN・s/m) (回転：kN・m・s/rad)
	位置	成分		
Ss900-①	底面	水平	2.969×10^7	1.011×10^6
		回転	1.311×10^{10}	1.682×10^8
Ss900-②	底面	水平	3.325×10^7	1.061×10^6
		回転	1.468×10^{10}	1.735×10^8

表 2. 14. 2. 1-22 地盤ばね（ばね定数及び減衰係数）（水平方向【EW 方向】）

地震動	地盤ばね		ばね定数 K (水平：kN/m) (回転：kN・m/rad)	減衰係数 C (水平：kN・s/m) (回転：kN・m・s/rad)
	位置	成分		
Ss900-①	底面	水平	2.942×10^7	1.031×10^6
		回転	1.428×10^{10}	2.115×10^8
Ss900-②	底面	水平	3.359×10^7	1.118×10^6
		回転	1.631×10^{10}	2.271×10^8

表 2. 14. 2. 1-23 地盤ばね（ばね定数及び減衰係数）（鉛直方向【UD 方向】）

地震動	地盤ばね		ばね定数 K (kN/m)	減衰係数 C (kN・s/m)
	位置	成分		
Ss900-①	底面	鉛直	5.761×10^7	2.471×10^6
Ss900-②	底面	鉛直	6.531×10^7	2.617×10^6

1-10. 固有値解析結果

建屋解析モデルの固有値解析結果を表2. 14. 2. 1-24～25に示す。

表 2. 14. 2. 1-24 固有値解析結果(Ss900-①)

方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)
NS	1	0.279	3.58
	2	0.161	6.22
	3	0.139	7.20
EW	1	0.262	3.81
	2	0.161	6.22
	3	0.136	7.36
UD	1	0.161	6.22
	2	0.029	34.18
	3	0.016	64.36

表 2. 14. 2. 1-25 固有値解析結果(Ss900-②)

方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)
NS	1	0.269	3.72
	2	0.132	7.56
	3	0.082	12.19
EW	1	0.249	4.02
	2	0.128	7.82
	3	0.073	13.77
UD	1	0.151	6.61
	2	0.029	34.25
	3	0.016	64.37

1-11. 地震応答解析結果（最大応答せん断力）

〈EW 方向〉

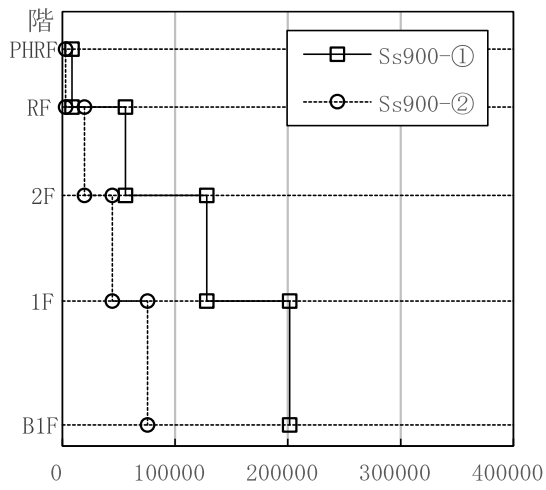


図 2.14.2.1-19 せん断力 EW 方向[kN]

〈NS 方向〉

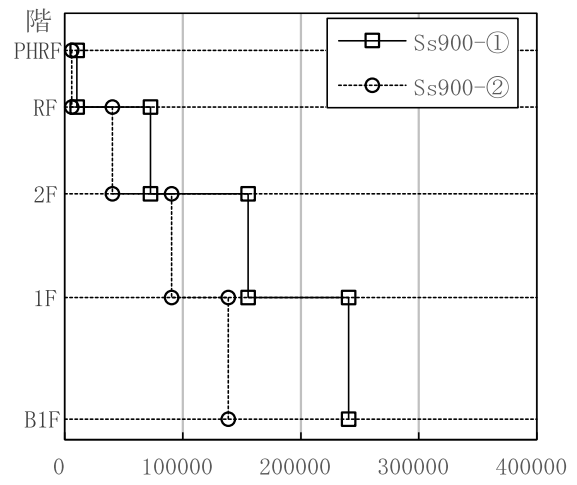


図 2.14.2.1-20 せん断力 NS 方向[kN]

表 2.14.2.1-26 最大応答せん断力

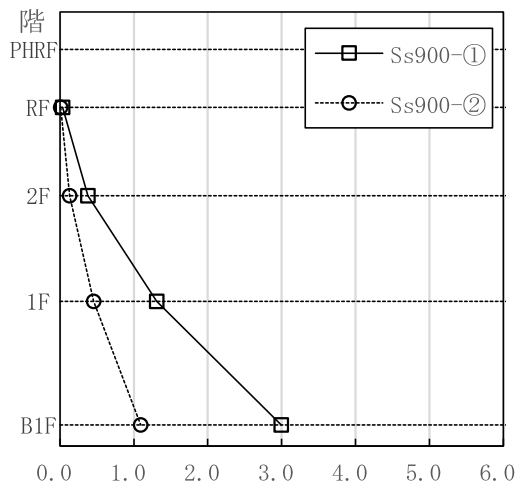
	Ss900-①	Ss900-②
RF~PHRF	8630	2898
2F~RF	56108	19699
1F~2F	127938	44427
B1F~1F	201506	75637

表 2.14.2.1-27 最大応答せん断力

	Ss900-①	Ss900-②
RF~PHRF	10367	5890
2F~RF	72505	40370
1F~2F	155283	90443
B1F~1F	240473	138575

1-12. 地震応答解析結果（曲げモーメント）

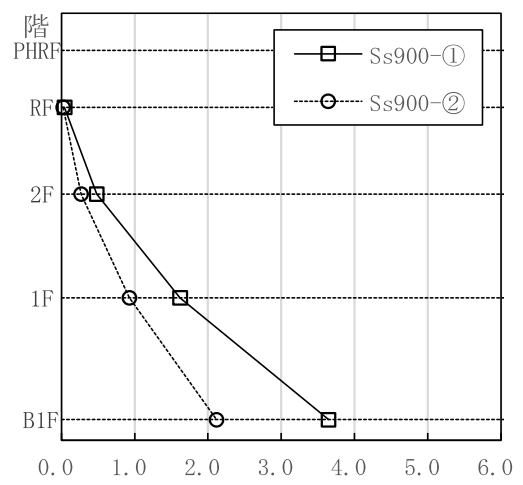
〈EW 方向〉



曲げモーメント EW 方向 [$\times 10^6 \text{ kN} \cdot \text{m}$]

図 2.14.2.1-21

〈NS 方向〉



曲げモーメント NS 方向 [$\times 10^6 \text{ kN} \cdot \text{m}$]

図 2.14.2.1-22

表 2.14.2.1-28 最大応答曲げモーメント

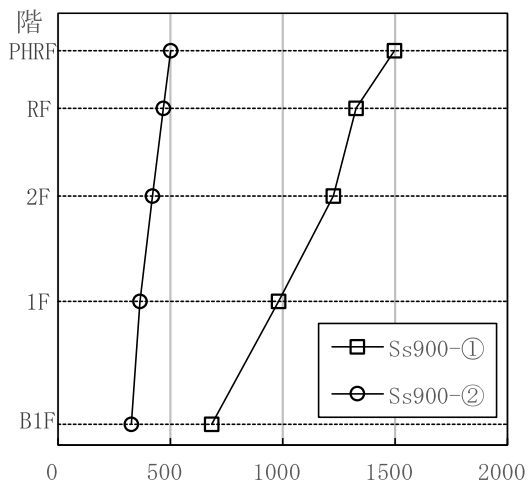
	Ss900-①	Ss900-②
RF~PHRF	0.035	0.012
2F~RF	0.379	0.132
1F~2F	1.311	0.455
B1F~1F	2.994	1.092

表 2.14.2.1-29 最大応答曲げモーメント

	Ss900-①	Ss900-②
RF~PHRF	0.041	0.024
2F~RF	0.481	0.268
1F~2F	1.617	0.929
B1F~1F	3.646	2.116

1-13. 地震応答解析結果 (最大応答加速度 水平方向)

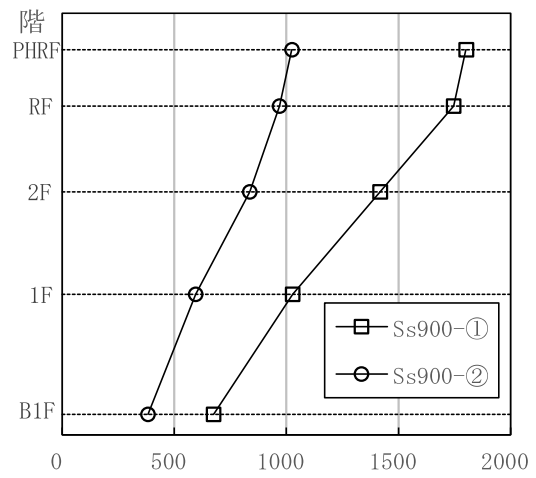
〈EW 方向〉



最大応答加速度 EW 方向 [cm/s²]

図 2.14.2.1-23

〈NS 方向〉



最大応答加速度 NS 方向 [cm/s²]

図 2.14.2.1-24

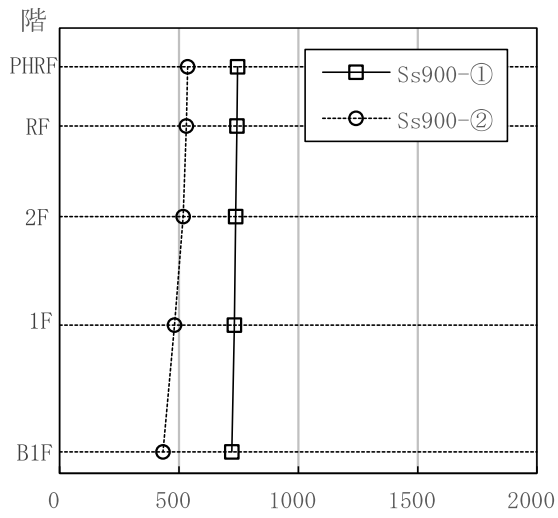
表 2.14.2.1-30 最大応答加速度

階	Ss900-①	Ss900-②
PHRF	1498	502
RF	1326	469
2F	1225	420
1F	982	365
B1F	685	326

表 2.14.2.1-31 最大応答加速度

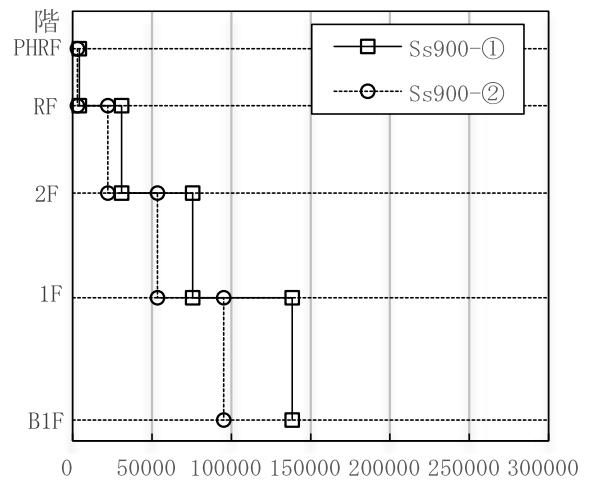
階	Ss900-①	Ss900-②
PHRF	1801	1024
RF	1746	969
2F	1417	836
1F	1028	596
B1F	675	382

1-14. 地震応答解析結果（鉛直方向）



最大応答加速度 UD 方向 [cm/s²]

図 2.14.2.1-25



最大応答軸力 [kN]

図 2.14.2.1-26

表 2.14.2.1-32 最大応答加速度

	Ss900-①	Ss900-②
PHRF	745	536
RF	743	531
2F	737	517
1F	732	482
B1F	721	433

表 2.14.2.1-33 最大応答軸力

	Ss900-①	Ss900-②
RF~PHRF	4318	3104
2F~RF	30993	22190
1F~2F	75676	53489
B1F~1F	138415	95241

1-15. せん断ひずみの評価結果

表 2. 14. 2. 1-34 せん断ひずみ (Ss900-①)

評価項目		評価基準*	EW 方向
せん断ひずみ	R 階	$\gamma \leq 1.07 \times 10^{-3}$	0.08×10^{-3}
	2 階	$\gamma \leq 1.19 \times 10^{-3}$	0.22×10^{-3}
	1 階	$\gamma \leq 1.84 \times 10^{-3}$	0.74×10^{-3}
	B1 階	$\gamma \leq 1.50 \times 10^{-3}$	0.75×10^{-3}

評価項目		評価基準*	NS 方向
せん断ひずみ	R 階	$\gamma \leq 1.52 \times 10^{-3}$	0.22×10^{-3}
	2 階	$\gamma \leq 1.34 \times 10^{-3}$	0.82×10^{-3}
	1 階	$\gamma \leq 1.79 \times 10^{-3}$	1.33×10^{-3}
	B1 階	$\gamma \leq 1.66 \times 10^{-3}$	1.48×10^{-3}

表 2. 14. 2. 1-35 せん断ひずみ (Ss900-②)

評価項目		評価基準*	EW 方向
せん断ひずみ	R 階	$\gamma \leq 1.07 \times 10^{-3}$	0.03×10^{-3}
	2 階	$\gamma \leq 1.19 \times 10^{-3}$	0.06×10^{-3}
	1 階	$\gamma \leq 1.84 \times 10^{-3}$	0.13×10^{-3}
	B1 階	$\gamma \leq 1.50 \times 10^{-3}$	0.12×10^{-3}

評価項目		評価基準*	NS 方向
せん断ひずみ	R 階	$\gamma \leq 1.52 \times 10^{-3}$	0.13×10^{-3}
	2 階	$\gamma \leq 1.34 \times 10^{-3}$	0.33×10^{-3}
	1 階	$\gamma \leq 1.79 \times 10^{-3}$	0.64×10^{-3}
	B1 階	$\gamma \leq 1.66 \times 10^{-3}$	0.78×10^{-3}

※ 評価基準値はスケルトンカーブ ($\tau - \gamma$) の第 2 折れ点を示す。

1-16. 復元力特性

・ 建屋各層のせん断応力度-せん断ひずみ関係は図 2. 14. 2. 1-27 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 2.0×10^{-3} 以下であり、応答値はいずれも第 2 折れ点以下である。

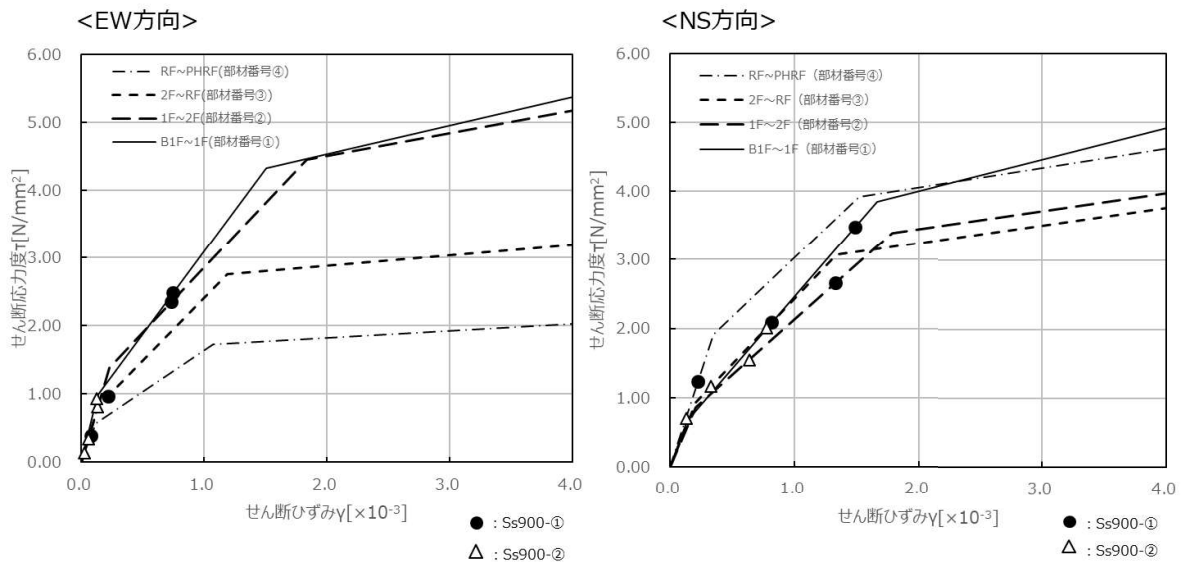


図 2. 14. 2. 1-27 スケルトンカーブ (Ss900)

1-17. コンクリートセル壁のせん断ひずみ

(1) 評価方法

動的解析（等価せん断モデル）では、各階の層間変形から階高を除して、耐震壁のせん断ひずみを算出している（表 2.14.2.1-28）。同一階でも、建屋外壁とコンクリートセル壁では、耐震壁の剛性比や全体のねじれ等により、層間変形に差が生じることから、各フレーム毎の層間変形を求める。静的解析で使用した解析モデル（3次元耐震壁付きフレームモデル）にSs900-①の評価時の外力を入力することで、各フレーム毎の層間変形を求め、せん断ひずみを算出する。

(2) 評価結果

表 2.14.2.1-37～38 のとおり、建屋外壁とコンクリートセル壁のせん断ひずみは、動的解析結果と同程度となっている。建屋外壁、コンクリートセル壁は、閉じ込め及び遮へい機能の評価基準値（せん断ひずみ： 2.0×10^{-3} ）を下回っていることを確認した。

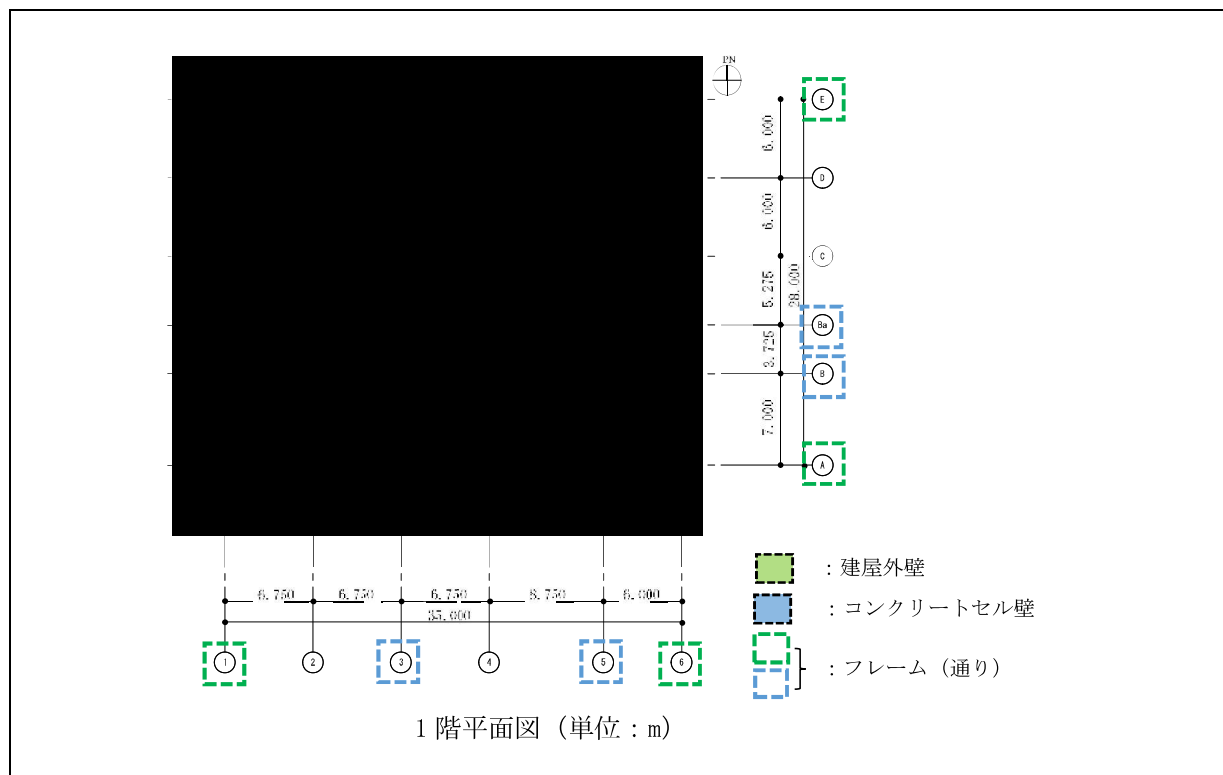


図 2.14.2.1-28 コンクリートセル壁のせん断ひずみ

表 2. 14. 2. 1-36 動的解析結果 (Ss900-①)

	NS 方向	EW 方向
1 階	1.33×10^{-3}	0.74×10^{-3}

表 2. 14. 2. 1-37 建屋外壁

	NS 方向	EW 方向
1 通り	1.30×10^{-3}	
6 通り	1.35×10^{-3}	
A 通り		0.72×10^{-3}
E 通り		0.76×10^{-3}

表 2. 14. 2. 1-38 コンクリートセル壁

	NS 方向	EW 方向
3 通り	1.32×10^{-3}	
5 通り	1.34×10^{-3}	
B 通り		0.73×10^{-3}
Ba 通り		0.73×10^{-3}

1-18. 接地率の評価結果

- Ss900 による地震応答解析の結果に基づく接地率の一覧表を表 2.14.2.1-39~40 に示す。
- Ss900 による接地率 (η) は、誘発上下動を考慮した浮き上がり非線形解析を適用できる値 (50%) 以上であることを確認した。

表 2.14.2.1-39 Ss900-①最大接地率

評価項目	評価基準	EW 方向	NS 方向
接地率 (η)	$\eta \geq 50\%$	80%	62%

表 2.14.2.1-40 Ss900-②最大接地率

評価項目	評価基準	EW 方向	NS 方向
接地率 (η)	$\eta \geq 50\%$	100%	97%

1-19. 接地圧の評価結果

- 地震時の最大接地圧は、水平地震動による応力と鉛直地震動による応力を組み合わせ係数法 (係数 0.4) にて考慮して算出する。
- 接地圧は、最大で 1697kN/m² (NS 方向) であり、評価基準値 (極限鉛直支持力度 3000kN/m²※) を超えないことを確認した。

表 2.14.2.1-41 Ss900-①最大接地圧

評価項目	上下動	評価基準*	EW 方向	NS 方向
最大接地圧	上向き	$q_u \leq 3000$	650	1697
	下向き		722	839

表 2.14.2.1-42 Ss900-②最大接地圧

評価項目	上下動	評価基準*	EW 方向	NS 方向
最大接地圧	上向き	$q_u \leq 3000$	353	335
	下向き		521	526

※極限鉛直支持力度は、建築基準法施行令の地盤の許容応力度より設定

1-20. 評価結果まとめ

- 第 2 棟建屋の耐震性評価として、Ss900 による地震応答解析を行い、耐震壁に生じるせん断ひずみ及び接地圧が評価基準値を超えないことを確認した。
- 以上により、第 2 棟建屋は Ss900 に対して耐震裕度を有しており、建屋 (コンクリートセル、試料ピット含む) の安全機能は維持できると評価する。

Sd450 による建屋の耐震性評価結果

1-1. 評価概要

- ・ 検討に用いる地震動，建屋概要，解析方法，建屋解析モデルの諸元，地盤モデルの設定については，参考資料 1-2「Ss900 による建屋の耐震性評価結果」に準じる。

1-2. 入力地震動

- ・ 建屋基礎底面位置における入力地震動（水平方向，鉛直方向）の加速度時刻歴波形は以下の通り。

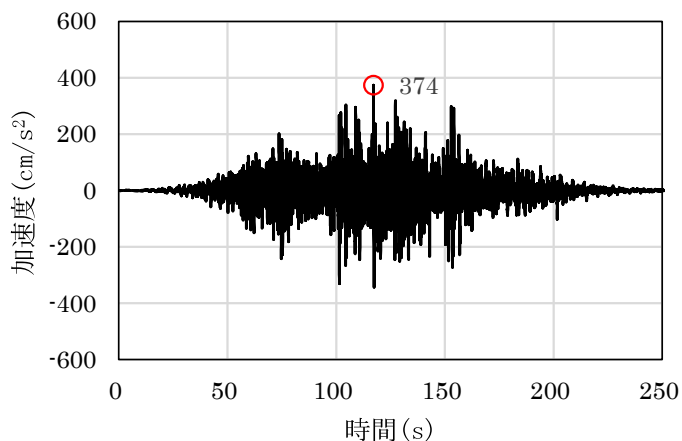


図 2.14.2.1-29 建屋基礎底面位置における地震動の加速度時刻歴波形
(1/2Ss450-① 水平方向)

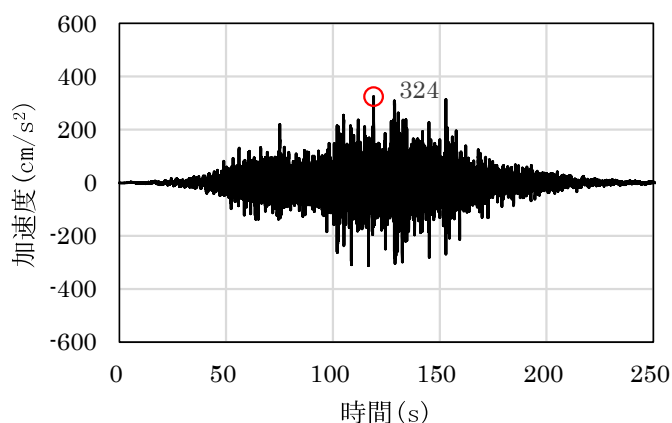


図 2.14.2.1-30 建屋基礎底面位置における地震動の加速度時刻歴波形
(1/2Ss450-① 鉛直方向)

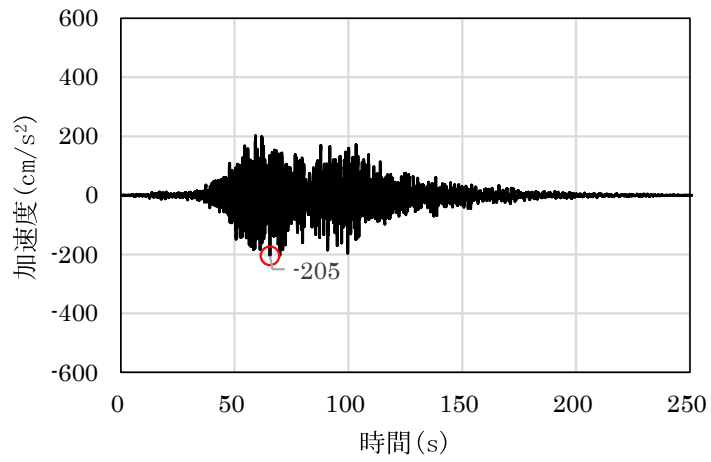


図 2.14.2.1-31 建屋基礎底面位置における地震動の加速度時刻歴波形
(1/2Ss450-② 水平方向【NS 方向】)

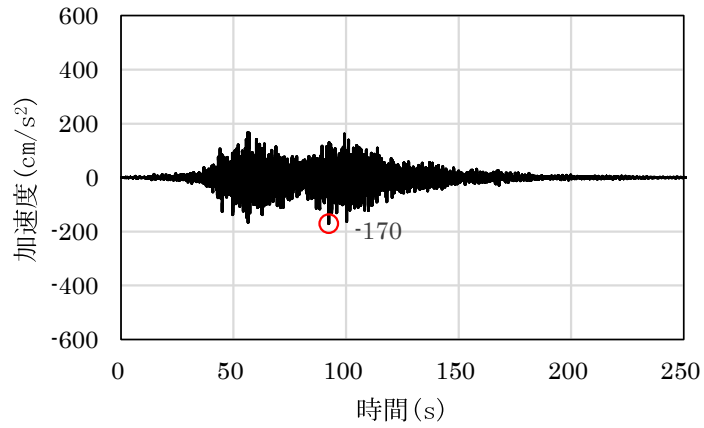


図 2.14.2.1-32 建屋基礎底面位置における地震動の加速度時刻歴波形
(1/2Ss450-② 水平方向【EW 方向】)

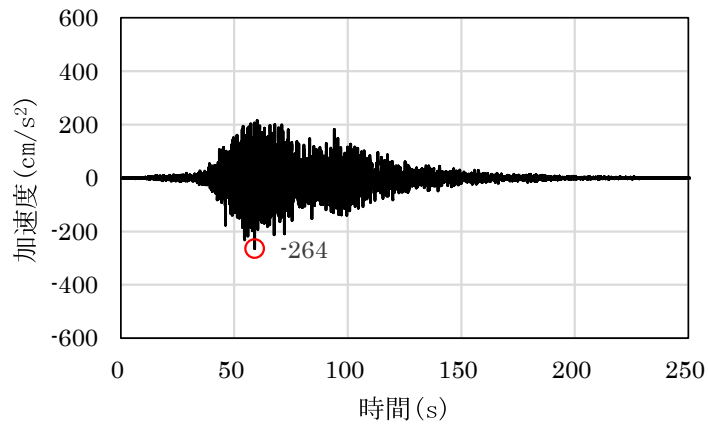


図 2.14.2.1-33 建屋基礎底面位置における地震動の加速度時刻歴波形
(1/2Ss450-② 鉛直方向【UD 方向】)

1-3. 地盤ばね

- ・ 解析に用いた地盤ばねを表 2. 14. 2. 1-43～45 に示す。

表 2. 14. 2. 1-43 地盤ばね (ばね定数及び減衰係数) (水平方向【NS 方向】)

地震動	地盤ばね		ばね定数 K (水平 : kN/m) (回転 : kN・m/rad)	減衰係数 C (水平 : kN・s/m) (回転 : kN・m・s/rad)
	位置	成分		
1/2Ss450- ①	底面	水平	3.351×10^7	1.070×10^6
		回転	1.480×10^{10}	1.749×10^8
1/2Ss450- ②	底面	水平	3.663×10^7	1.093×10^6
		回転	1.617×10^{10}	1.749×10^8

表 2. 14. 2. 1-44 地盤ばね (ばね定数及び減衰係数) (水平方向【EW 方向】)

地震動	地盤ばね		ばね定数 K (水平 : kN/m) (回転 : kN・m/rad)	減衰係数 C (水平 : kN・s/m) (回転 : kN・m・s/rad)
	位置	成分		
1/2Ss450- ①	底面	水平	3.321×10^7	1.105×10^6
		回転	1.612×10^{10}	2.245×10^8
1/2Ss450- ②	底面	水平	3.540×10^7	1.115×10^6
		回転	1.719×10^{10}	2.245×10^8

表 2. 14. 2. 1-45 地盤ばね (ばね定数及び減衰係数) (鉛直方向【UD 方向】)

地震動	地盤ばね		ばね定数 K (kN/m)	減衰係数 C (kN・s/m)
	位置	成分		
1/2Ss450- ①	底面	鉛直	6.483×10^7	2.608×10^6
1/2Ss450- ②	底面	鉛直	6.945×10^7	2.692×10^6

1-4. 固有値解析結果

- 建屋解析モデルの固有値解析結果を表 2.14.2.1-46～47 に示す。

表 2.14.2.1-46 固有値解析結果(1/2Ss450-①)

方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)
NS	1	0.268	3.73
	2	0.132	7.58
	3	0.082	12.21
EW	1	0.250	4.00
	2	0.129	7.78
	3	0.073	13.75
UD	1	0.152	6.59
	2	0.029	34.24
	3	0.016	64.37

表 2.14.2.1-47 固有値解析結果(1/2Ss450-②)

方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)
NS	1	0.260	3.84
	2	0.127	7.87
	3	0.080	12.46
EW	1	0.248	4.03
	2	0.126	7.93
	3	0.072	13.86
UD	1	0.147	6.81
	2	0.029	34.29
	3	0.016	64.37

1-5. 地震応答解析結果（最大応答せん断力）

〈EW 方向〉

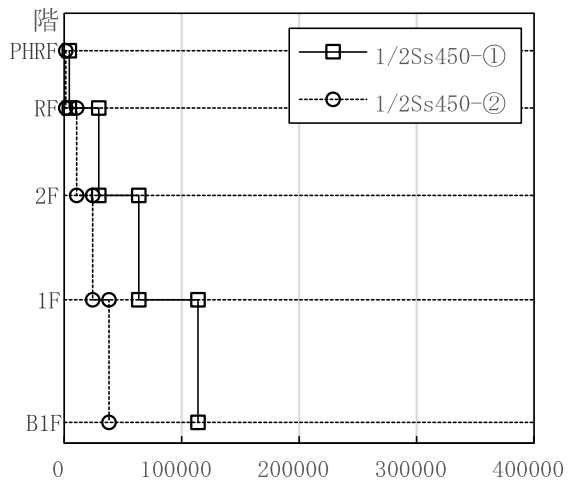


図 2.14.2.1-34 せん断力 EW 方向[kN]

〈NS 方向〉

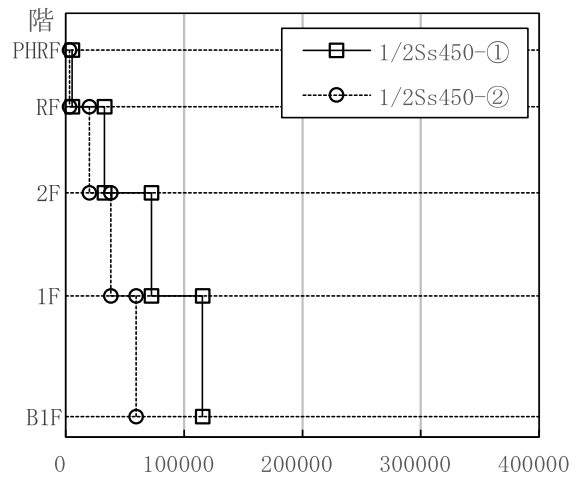


図 2.14.2.1-35 せん断力 NS 方向[kN]

表 2.14.2.1-48 最大応答せん断力

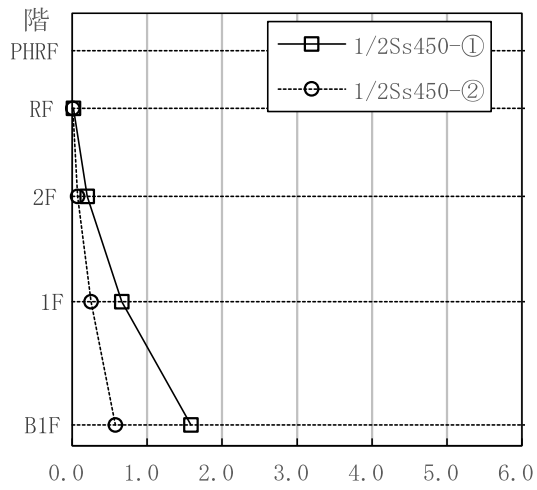
	1/2Ss450-①	1/2Ss450-②
RF~PHRF	4452	1614
2F~RF	29603	10777
1F~2F	63596	24337
B1F~1F	114112	38200

表 2.14.2.1-49 最大応答せん断力

	1/2Ss450-①	1/2Ss450-②
RF~PHRF	5276	3218
2F~RF	32603	20027
1F~2F	72476	38019
B1F~1F	115580	59452

1-6. 地震応答解析結果（曲げモーメント）

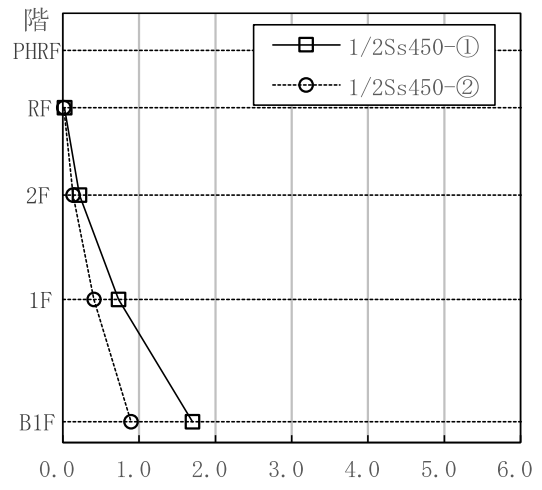
〈EW 方向〉



曲げモーメント EW 方向 [×10⁶kN・m]

図 2.14.2.1-36

〈NS 方向〉



曲げモーメント NS 方向 [×10⁶kN・m]

図 2.14.2.1-37

表 2.14.2.1-50 最大応答曲げモーメント

	1/2Ss450-①	1/2Ss450-②
RF~PHRF	0.018	0.006
2F~RF	0.198	0.072
1F~2F	0.662	0.249
B1F~1F	1.585	0.574

表 2.14.2.1-51 最大応答曲げモーメント

	1/2Ss450-①	1/2Ss450-②
RF~PHRF	0.021	0.013
2F~RF	0.220	0.135
1F~2F	0.731	0.409
B1F~1F	1.699	0.895

1-7. 地震応答解析結果 (最大応答加速度 水平方向)

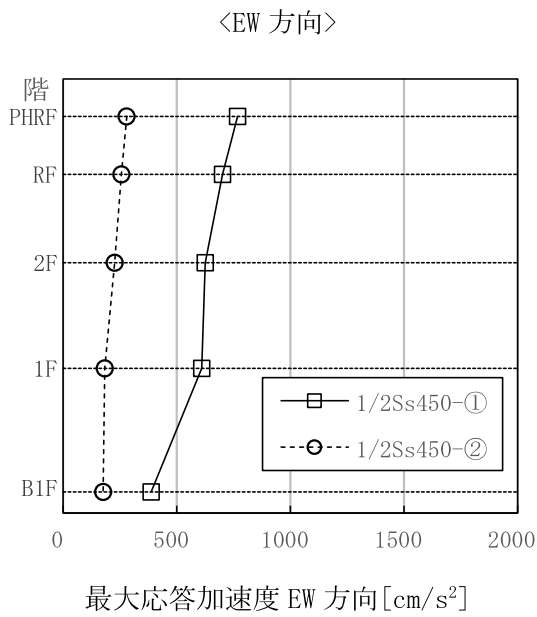


図 2.14.2.1-38

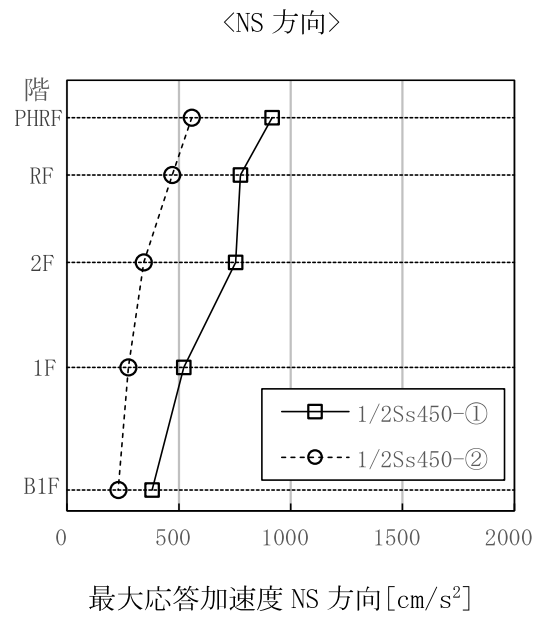


図 2.14.2.1-39

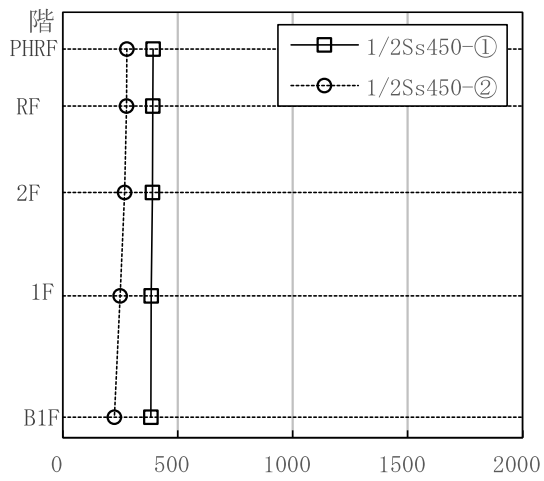
表 2.14.2.1-52 最大応答加速度

	1/2Ss450-①	1/2Ss450-②
PHRF	768	279
RF	701	256
2F	625	226
1F	610	182
B1F	387	175

表 2.14.2.1-53 最大応答加速度

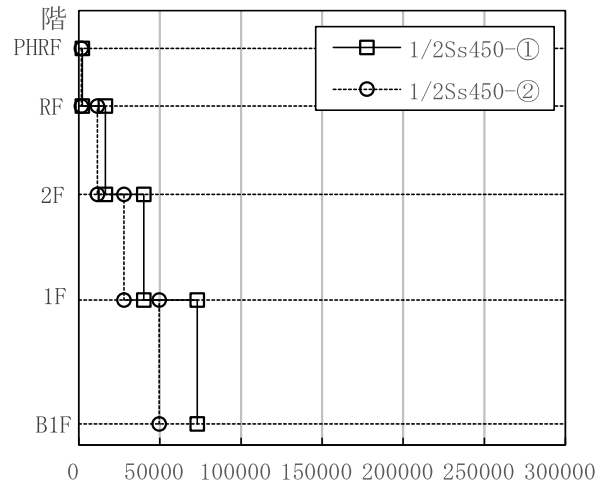
	1/2Ss450-①	1/2Ss450-②
PHRF	917	559
RF	775	471
2F	754	344
1F	522	275
B1F	381	228

1-8. 地震応答解析結果（鉛直方向）



最大応答加速度 UD 方向 [cm/s²]

図 2.14.2.1-40



最大応答軸力 [kN]

図 2.14.2.1-41

表 2.14.2.1-54 最大応答加速度

	1/2Ss450-①	1/2Ss450-②
PHRF	393	279
RF	392	277
2F	390	270
1F	385	250
B1F	383	225

表 2.14.2.1-55 最大応答軸力

	1/2Ss450-①	1/2Ss450-②
RF~PHRF	2278	1618
2F~RF	16378	11579
1F~2F	40020	27923
B1F~1F	73158	49589

1-9. 評価結果

- 耐震壁のせん断ひずみは、最大で 0.62×10^{-3} (NS 方向) であり、評価基準 (2.0×10^{-3}) を超えず、十分な裕度を確保していることを確認した。

表 2.14.2.1-56 Sd450-①せん断ひずみ

評価項目		評価基準*	EW 方向
せん断ひずみ	R 階	$\gamma \leq 1.07 \times 10^{-3}$	0.04×10^{-3}
	2 階	$\gamma \leq 1.19 \times 10^{-3}$	0.09×10^{-3}
	1 階	$\gamma \leq 1.84 \times 10^{-3}$	0.19×10^{-3}
	B1 階	$\gamma \leq 1.50 \times 10^{-3}$	0.31×10^{-3}

評価項目		評価基準*	NS 方向
せん断ひずみ	R 階	$\gamma \leq 1.52 \times 10^{-3}$	0.11×10^{-3}
	2 階	$\gamma \leq 1.34 \times 10^{-3}$	0.21×10^{-3}
	1 階	$\gamma \leq 1.79 \times 10^{-3}$	0.44×10^{-3}
	B1 階	$\gamma \leq 1.66 \times 10^{-3}$	0.62×10^{-3}

表 2.14.2.1-57 Sd450-②せん断ひずみ

評価項目		評価基準*	EW 方向
せん断ひずみ	R 階	$\gamma \leq 1.07 \times 10^{-3}$	0.02×10^{-3}
	2 階	$\gamma \leq 1.19 \times 10^{-3}$	0.03×10^{-3}
	1 階	$\gamma \leq 1.84 \times 10^{-3}$	0.07×10^{-3}
	B1 階	$\gamma \leq 1.50 \times 10^{-3}$	0.06×10^{-3}

評価項目		評価基準*	NS 方向
せん断ひずみ	R 階	$\gamma \leq 1.52 \times 10^{-3}$	0.07×10^{-3}
	2 階	$\gamma \leq 1.34 \times 10^{-3}$	0.13×10^{-3}
	1 階	$\gamma \leq 1.79 \times 10^{-3}$	0.15×10^{-3}
	B1 階	$\gamma \leq 1.66 \times 10^{-3}$	0.23×10^{-3}

※ 評価基準値はスケルトンカーブ（ $\tau - \gamma$ ）の第2折れ点を示す。

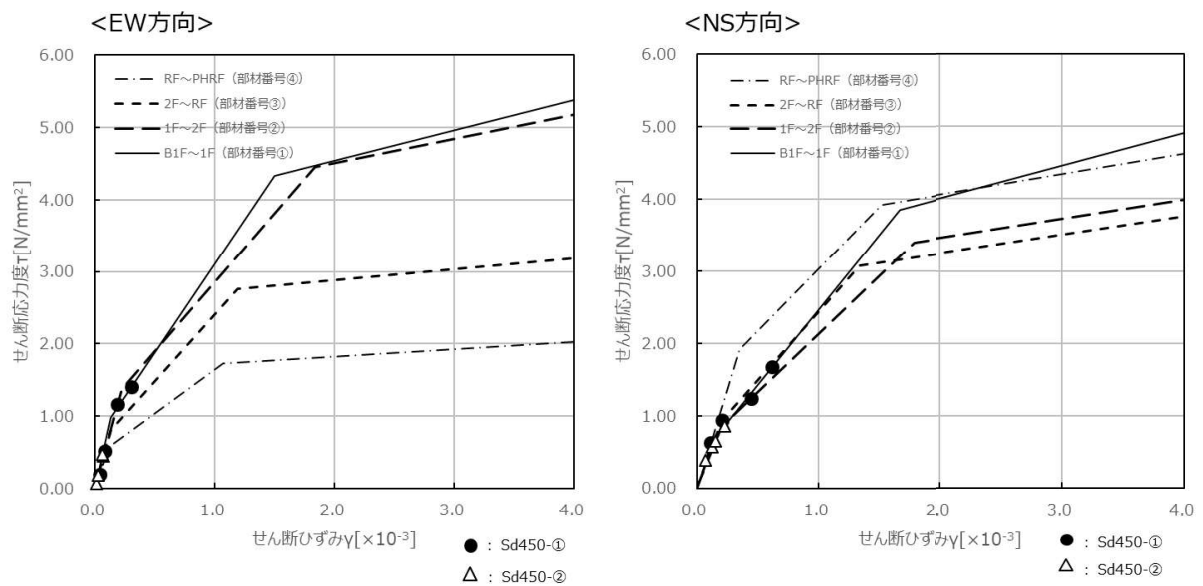


図 2.14.2.1-42 スケルトンカーブ (Sd450)

静的地震力による建屋の耐震性確認結果

1. 静的地震力 1.5C_i による確認結果

1.1 評価方針

第2棟は、「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」(第51回原子力規制委員会資料, 令和4年11月16日)に基づき, クラス別分類はB+クラスの建物と位置づけられるため, B+クラスとしての評価を実施する。

なお, 設計は建築基準法に準拠し, 積雪荷重及び風圧についても評価する。

第2棟は, 鉄筋コンクリート造の地上2階, 地下1階, 平面寸法 35.0m (EW 方向) × 28.0m (NS 方向), 地上高さ 17.3m の建物である。基礎は直接基礎で, 人工岩盤を介して富岡層に支持させる。第2棟の平面図及び断面図を図 2.14.2.1-43~49 に示す。

建屋に加わる地震時の水平力は, 主に外周部及び建物内部に設けた耐震壁にて負担する。耐震性の評価は, 地震層せん断力係数として 1.5C_i を採用した場合の当該部位の応力に対して行う。第2棟の評価手順を図 2.14.2.1-50 に示す。

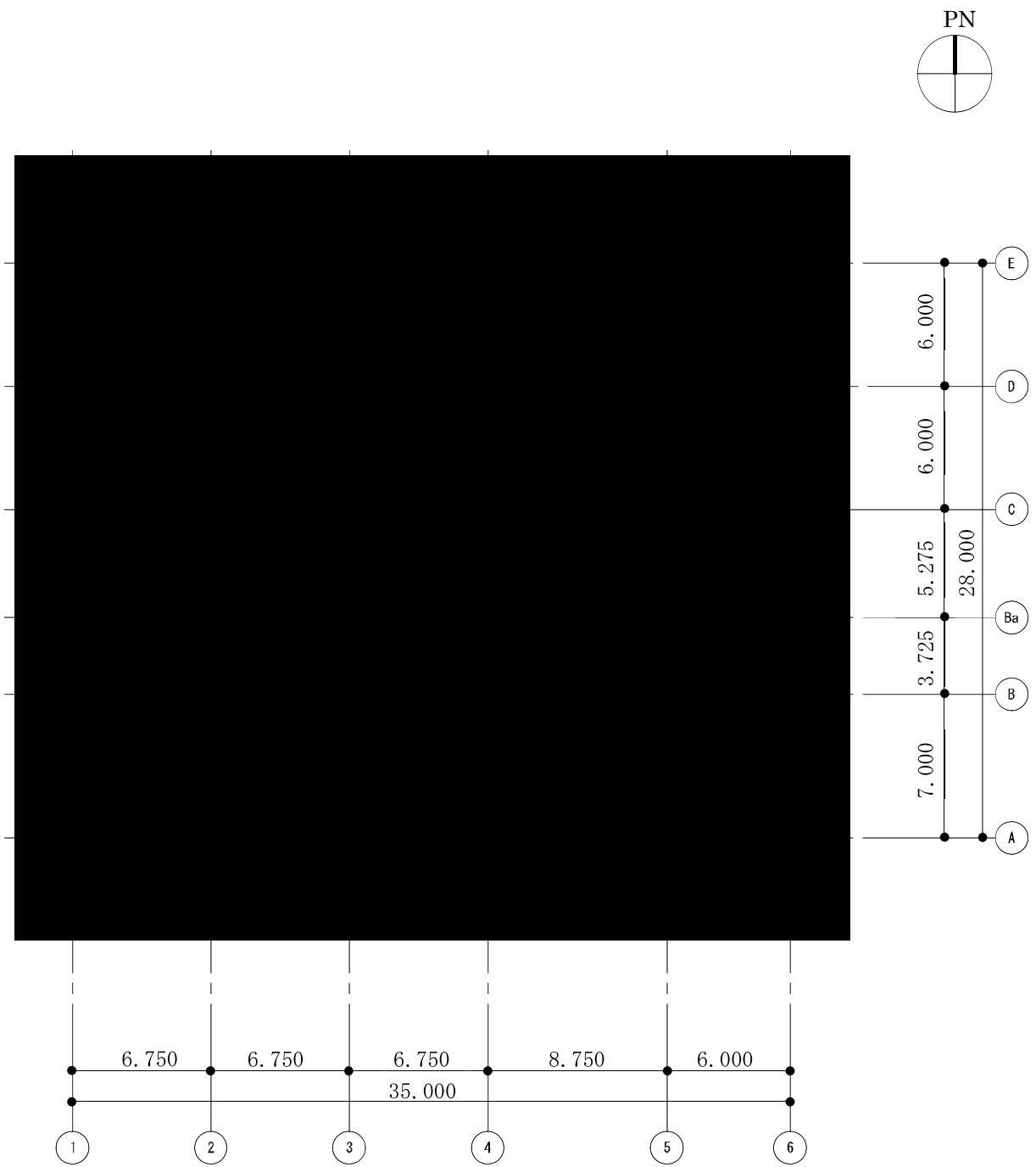


图 2.14.2.1-43 地下1階平面図 (G.L. -7.2) (单位: m)

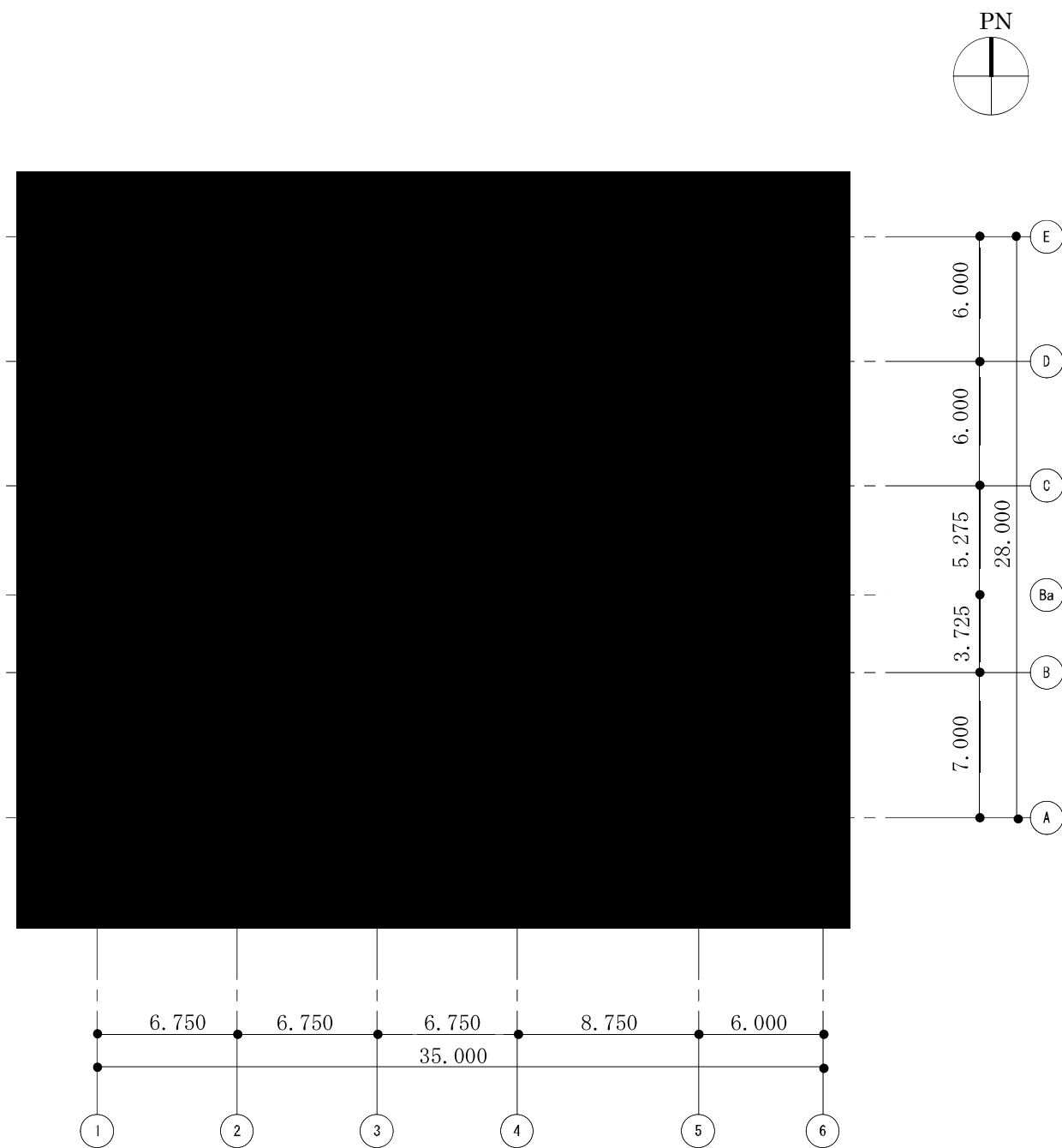


图 2.14.2.1-44 1 階平面図 (G.L. +0.3) (单位 : m)

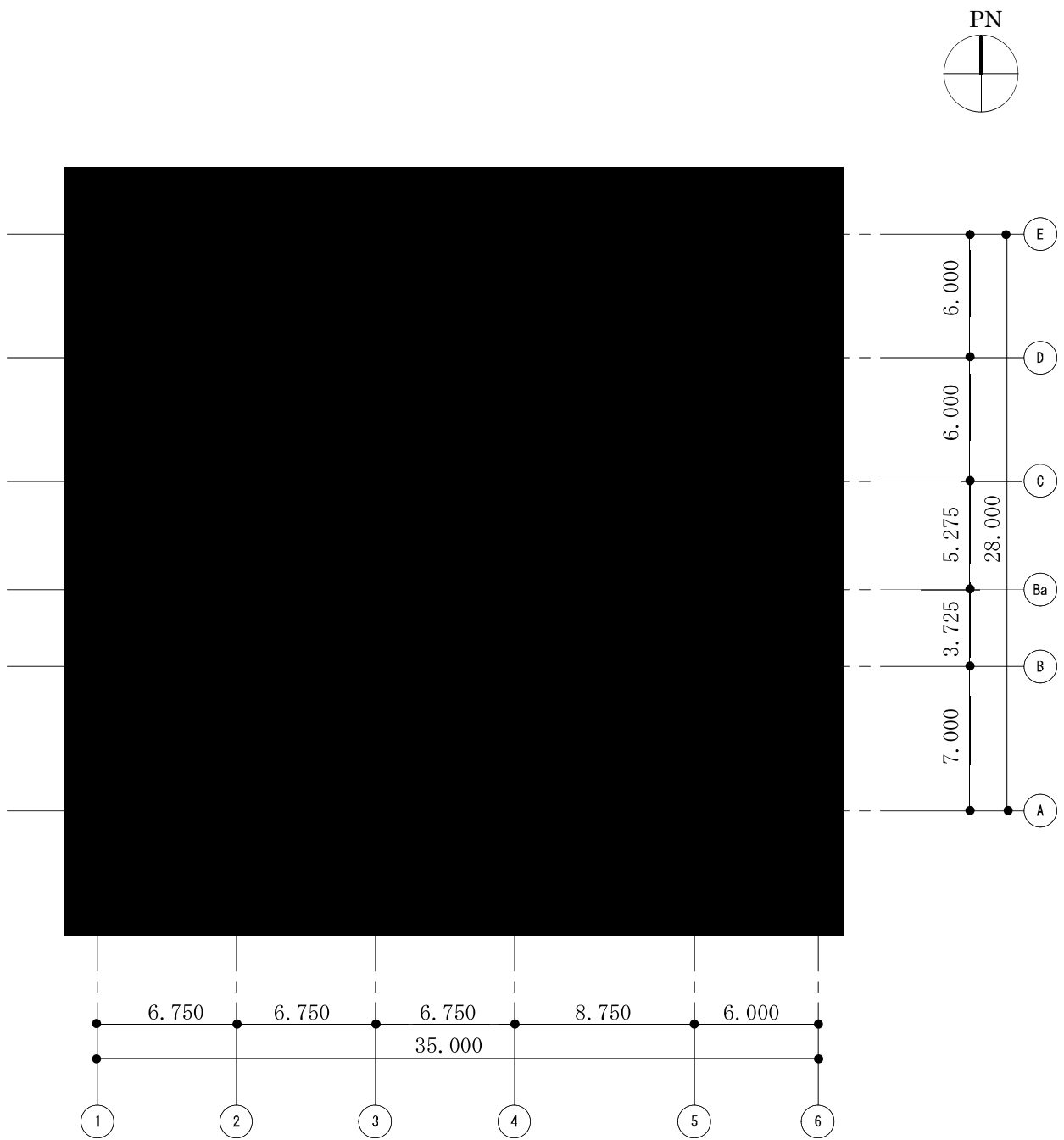


图 2.14.2.1-45 2 階平面図 (G.L. +7.3) (单位 : m)

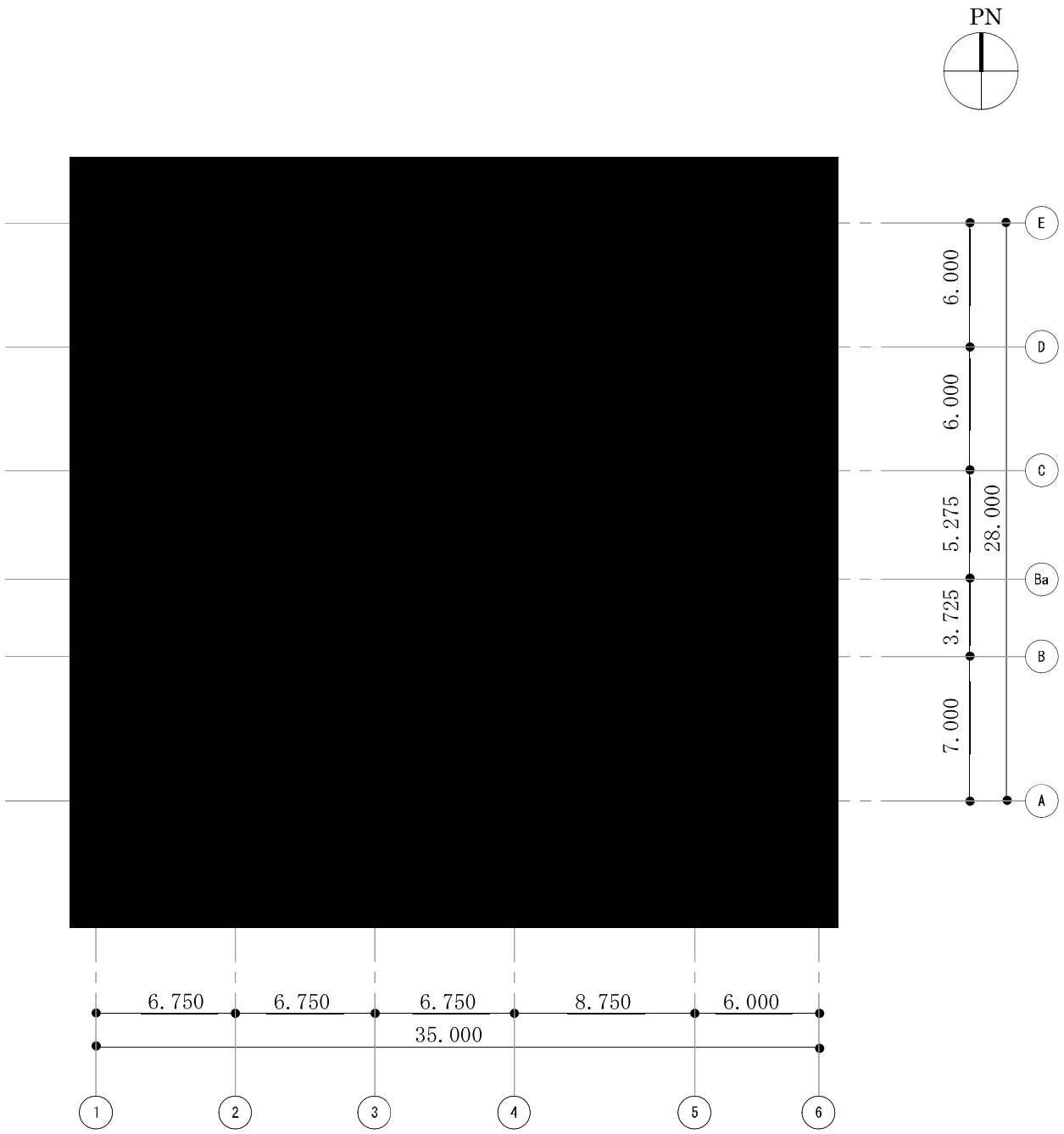


图 2.14.2.1-46 屋上階平面図 (G.L. +13.3, +14.8) (单位 : m)

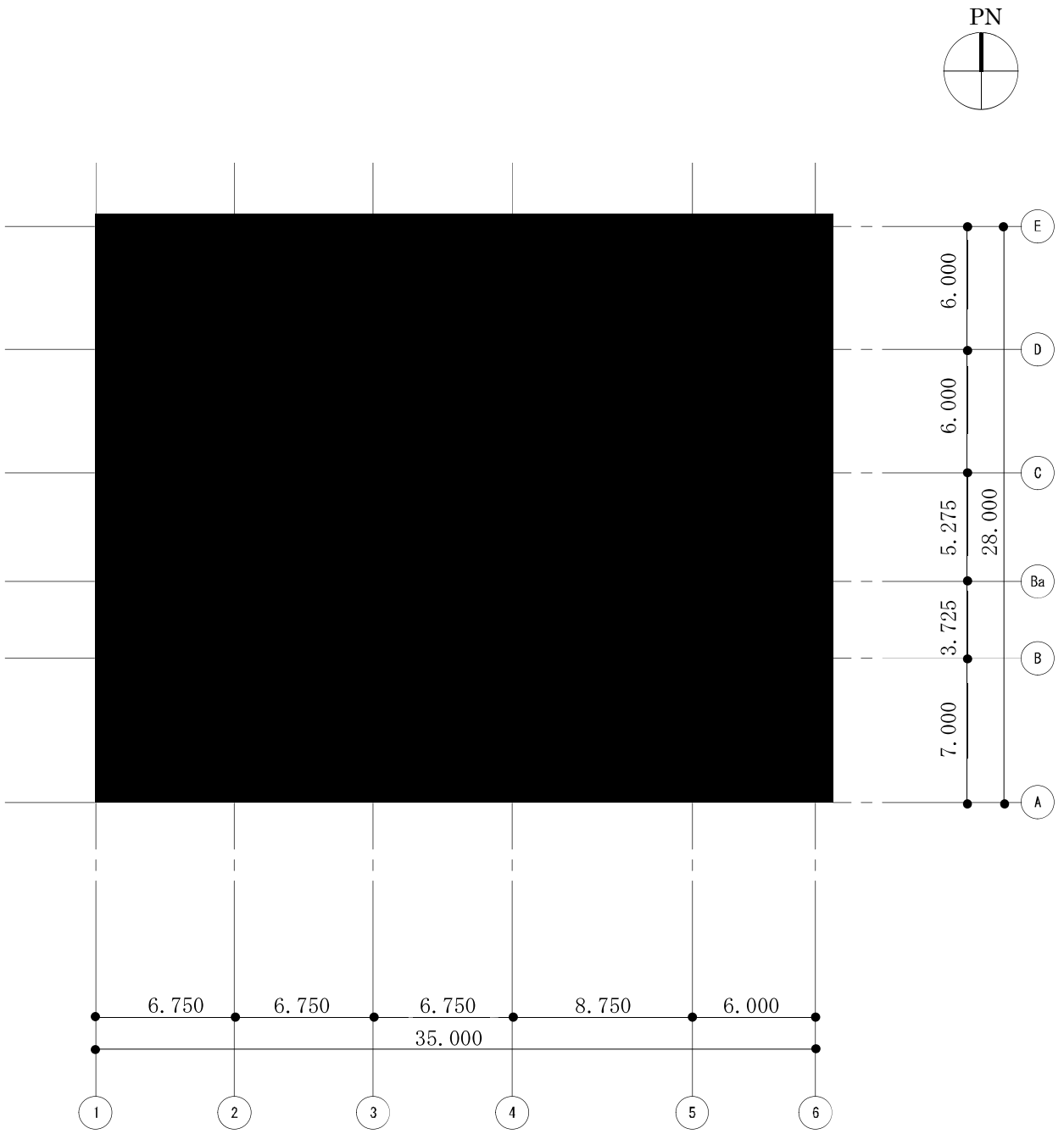


图 2.14.2.1-47 屋根平面图 (G.L. +17.3) (单位 : m)

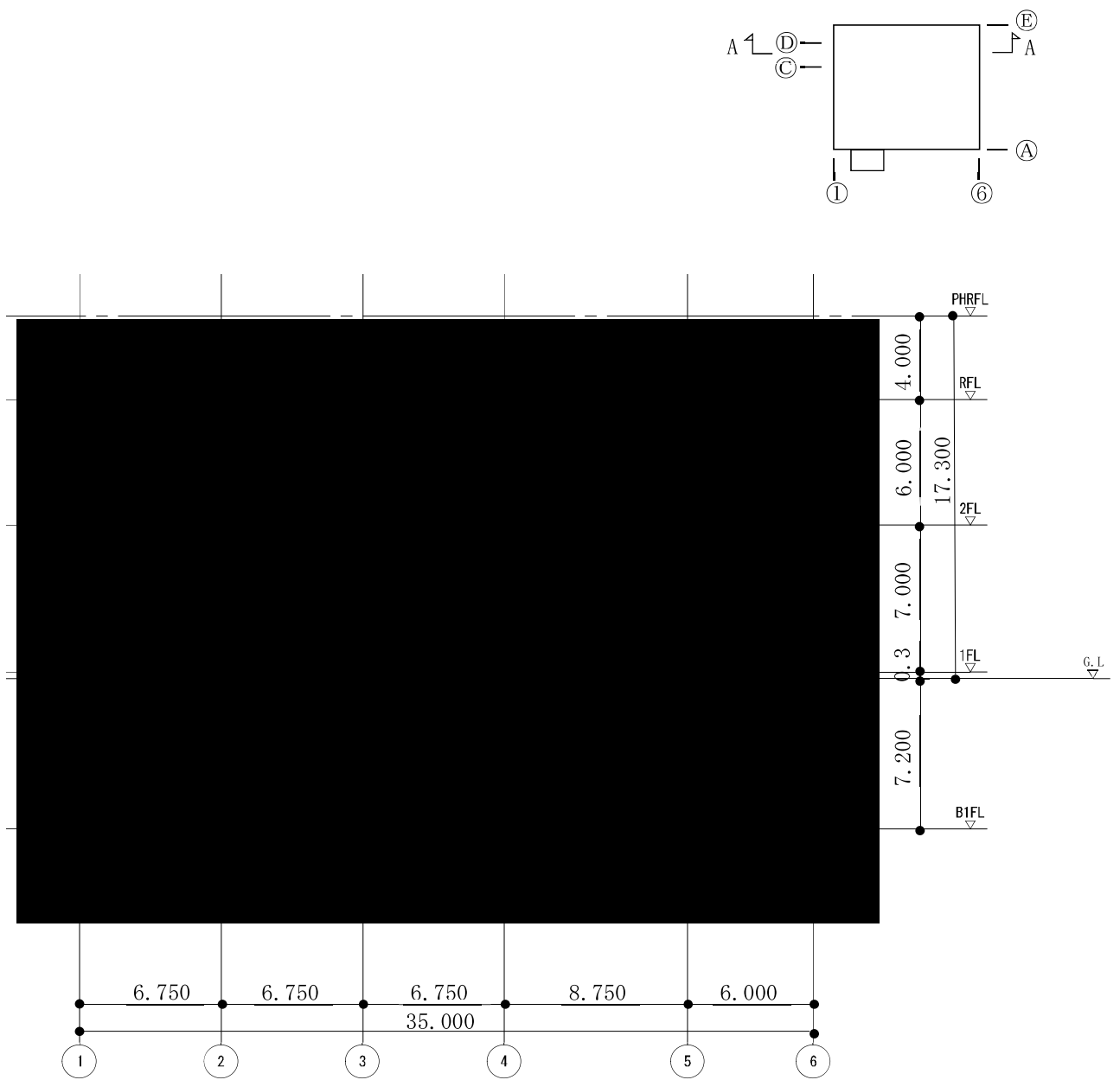


图 2.14.2.1-48 A-A 断面图 (EW 方向) (单位 : m)

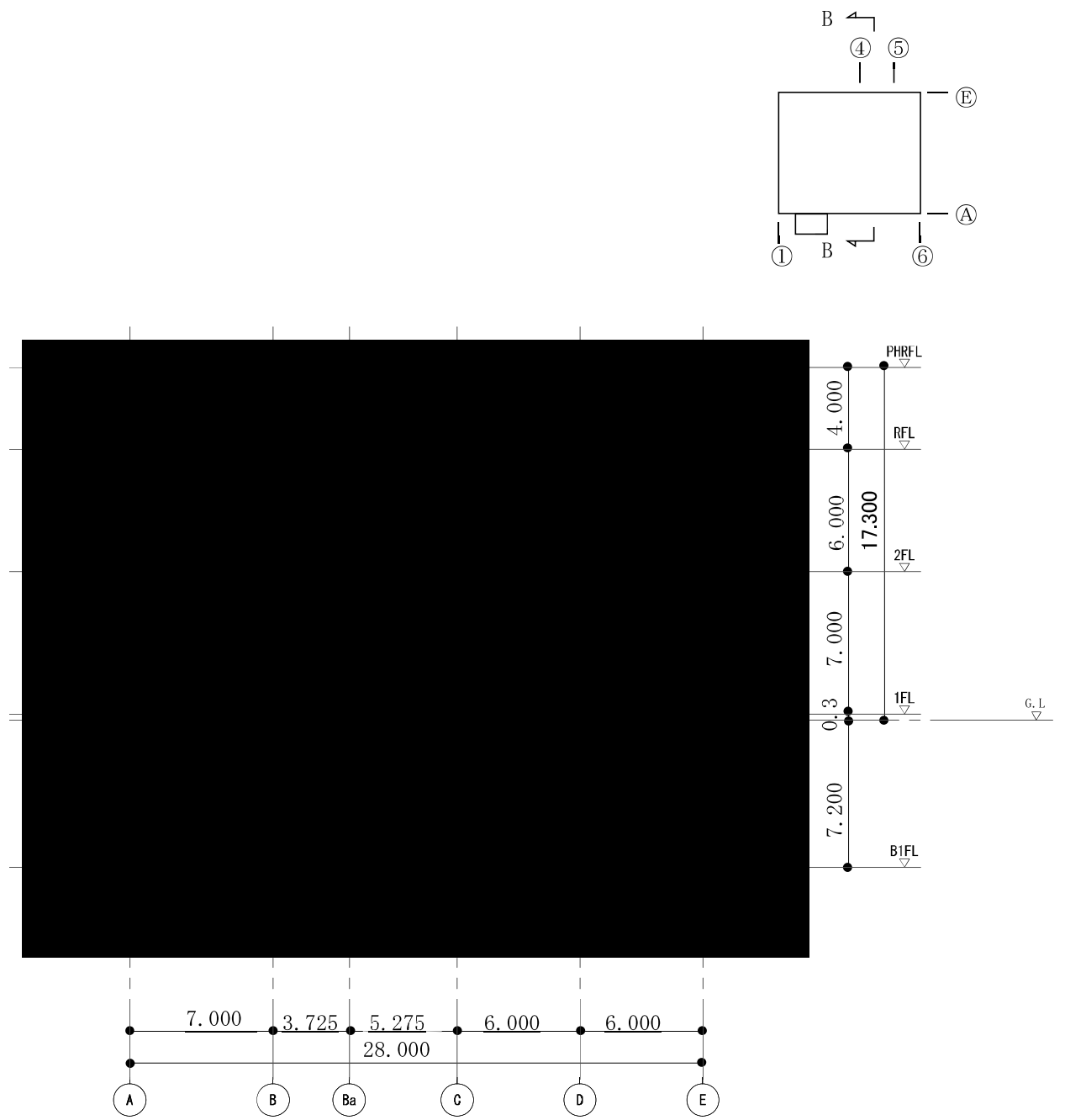


图 2.14.2.1-49 B-B 断面图 (NS 方向) (单位 : m)

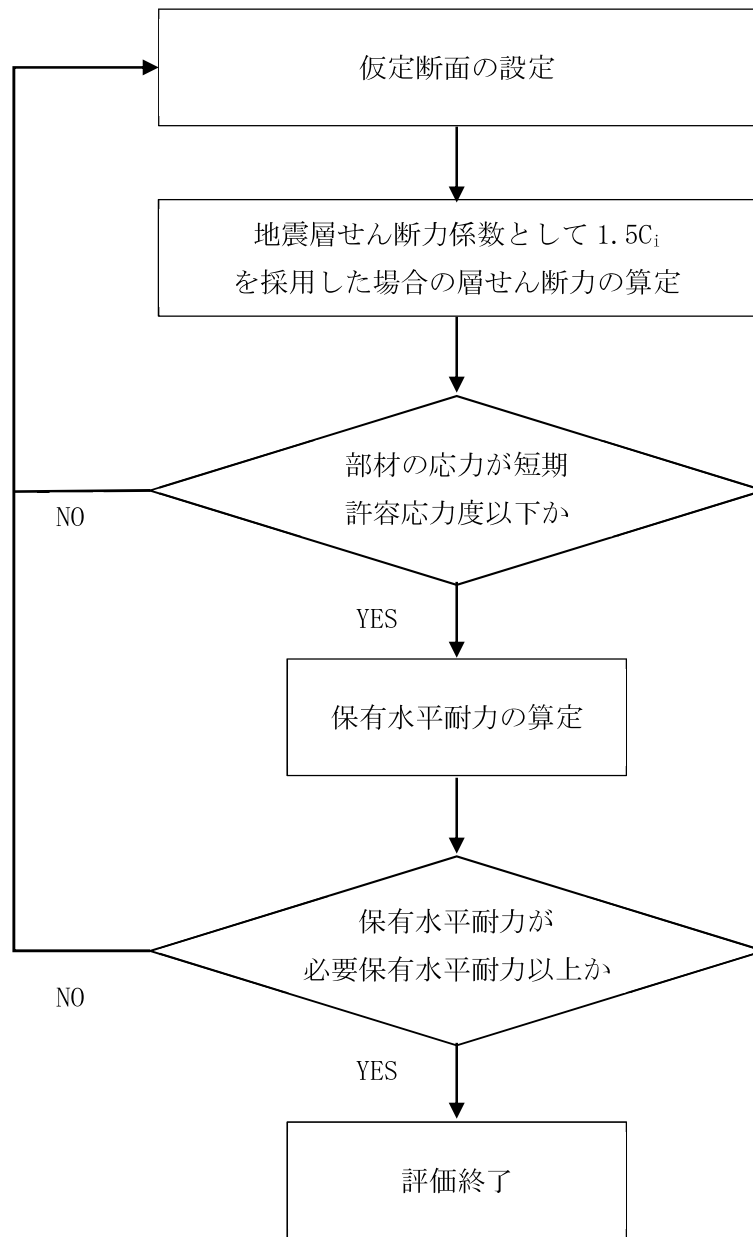


図 2.14.2.1-50 Bクラス施設としての建屋の耐震性評価手順

1.2 評価条件

1.2.1 使用材料並びに材料の許容応力度及び材料強度

第2棟の上部構造に用いる材料のうち、コンクリートは普通コンクリートとし、コンクリートの設計基準強度 F_c は 36 N/mm^2 及び 60 N/mm^2 とする。鉄筋はSD295A、SD345及びSD390とする。各使用材料の許容応力度を表2.14.2.1-58～59に示す。

表 2.14.2.1-58 コンクリートの許容応力度

	長期 (N/mm ²)		短期 (N/mm ²)	
	圧縮	せん断	圧縮	せん断
$F_c = 36\text{ N/mm}^2$	12	0.85	24	1.27
$F_c = 60\text{ N/mm}^2$	20	1.09	40	1.63

注：「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」（日本建築学会 平成25年8月）による。

表 2.14.2.1-59 鉄筋の許容応力度

		長期 (N/mm ²)		短期 (N/mm ²)	
		引張及び圧縮	せん断補強	引張及び圧縮	せん断補強
SD295A	D16 以下	195	195	295	295
SD345	D19～D25	215	195	345	345
SD390	D29～D38	195	195	390	390

注：「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」（日本建築学会 平成25年8月）による。

1.2.2 荷重及び荷重の組合せ

(1) 荷重

設計で考慮する荷重を以下に示す。

1) 鉛直荷重 (VL)

鉛直荷重は、固定荷重、積載荷重（機器荷重を含む。）及び仕上荷重（配管荷重を含む。）とする。

2) 積雪荷重 (SNL)

積雪荷重は、建築基準法施行令第 86 条及び福島県建築基準法施行細則第 19 条に準拠し以下の条件とする。

積雪量：30cm，単位荷重：20N/m²/cm

3) 風荷重 (WL)

建築基準法施行令第 87 条，建設省告示第 1454 号に基づく速度圧及び風力係数を用いて算定する。

- ・基準風速：30m/s
- ・地表面粗度区分：Ⅲ

4) 地震荷重 (SEL)

地震力を算定する際の基準面は、地上面として、建屋の高さに応じた当該部分に作用する全体の地震力を算定する。水平地震力は下式により算定し、算定結果を表 2.14.2.1-60，図 2.14.2.1-51 に示す。

$$Q_i = n \cdot C_i \cdot W_i$$

$$C_i = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_0$$

ここで、

Q_i ：水平地震力 (kN)

n ：施設の重要度分類に応じた係数 ($n=1.5$)

C_i ：地震層せん断力係数

W_i ：当該層以上の重量 (kN)

Z ：地震地域係数 ($Z=1.0$)

R_t ：振動特性係数 ($R_t=1.0$)

A_i ：地震層せん断力係数の高さ方向の分布係数

C_0 ：標準せん断力係数 ($C_0=0.2$)

表 2.14.2.1-60 水平地震力の算定結果

G. L. (m)	当該層以上の重量 W_i (kN)	地震層せん断力係数 $1.5 \cdot C_i$	設計用地震力 (層せん断力) (kN)
+17.30	5660	0.723	4089
+13.30	35104	0.418	17043
+7.30	59280	0.300	30013
+0.30	84932	0.300	55493
-7.20			

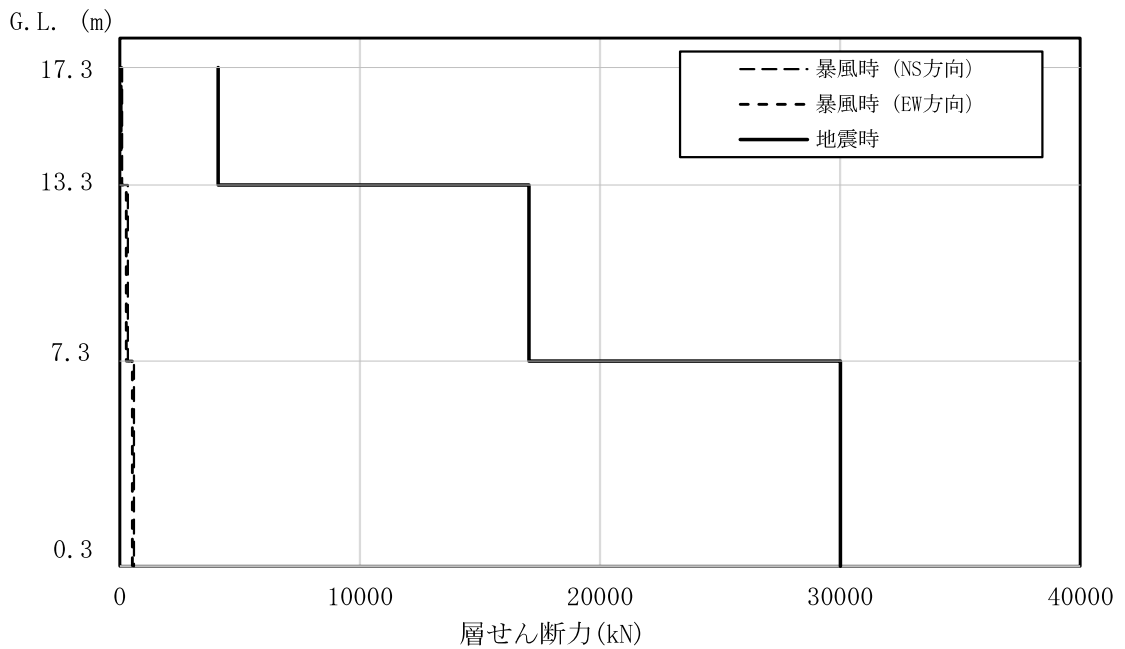


図 2.14.2.1-51 暴風時と地震時の層せん断力の比較結果

(2) 荷重の組合せ

荷重の組合せについて表 2. 14. 2. 1-61 に示す。

表 2. 14. 2. 1-61 荷重の組合せ

荷重状態	荷重ケース	荷重の組合せ	許容応力度
常時	A	VL	長期
積雪時	B	VL+SNL	短期
地震時	C1	VL+SEL(W→E方向)	
	C2	VL+SEL(E→W方向)	
	C3	VL+SEL(S→N方向)	
	C4	VL+SEL(N→S方向)	
暴風時	D1	VL+WL(W→E方向)	
	D2	VL+WL(E→W方向)	
	D3	VL+WL(S→N方向)	
	D4	VL+WL(N→S方向)	

1.3 評価結果

上部構造の応力解析は、大ばり及び柱を線材置換したフレームに、耐震壁を壁エレメント置換して組み込んだ立体ラーメンモデルにより行う。基礎スラブの応力解析は、フラットスラブとして板材を線材置換して評価する。

1.3.1 耐震壁の評価結果

検討により求められた耐震壁への作用応力と許容応力と比較し、検定比が最大となる部位を表 2.14.2.1-62 に示し、配筋図を図 2.14.2.1-52 に示す。

これより、耐震壁への作用応力は、許容応力以下であることを確認した。

表 2.14.2.1-62 耐震壁の検討結果

部位	断面	荷重 ケース	作用応力 (kN)	許容応力 ^注 (kN)	検定比
B1 階 6 通り C~D 通り間	壁厚 [] (F _c =36) タテ筋 D25@200 ダブル ヨコ筋 D25@200 ダブル	地震時 C3	5231.1	8731.7	0.60 ≤ 1.0

注：「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」（日本建築学会 平成 25 年 8 月）による。

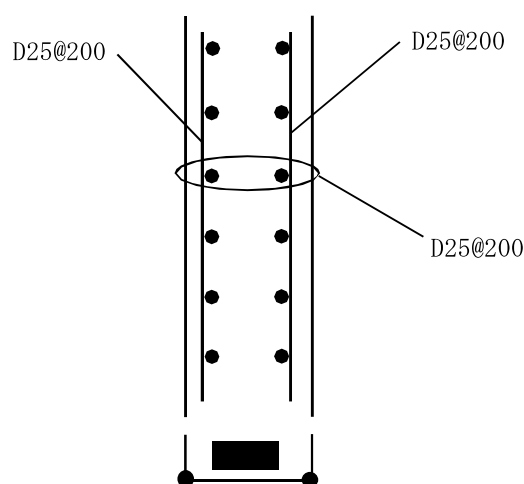


図 2.14.2.1-52 耐震壁の配筋図 (mm)

1.3.2 大ばり及び柱の評価結果

検討により求められたラーメン部材への作用応力を許容応力と比較して、検定比の最大となる部位について表 2.14.2.1-63~64 に示す。

これより、各部材の応力は、許容応力以下となっていることを確認した。

表 2.14.2.1-63 大ばり断面算定表

検討箇所	断面	荷重ケース	応力	作用応力		許容応力 ^注		検定比
				〔曲げモーメント：kN・m〕 せん断力：kN	〔曲げモーメント：kN・m〕 せん断力：kN	〔曲げモーメント：kN・m〕 せん断力：kN	〔曲げモーメント：kN・m〕 せん断力：kN	
R 階 3 通り +2200 A~B 通り間	B×D =1000×1000 (F _c =36) 上端筋 7-D35 下端筋 5-D35 あばら筋 3-D13@150 (端部)	常時 A	曲げモーメント	790.7	842.9	0.94 ≤ 1.0		
			せん断力	427.6	765.2	0.56 ≤ 1.0		
1 階 5 通り Ba~C 通り間	B×D =1000×1200 (F _c =36) 上端筋 8-D38 下端筋 6-D38 あばら筋 4-D13@200 (端部)	地震時 C4	曲げモーメント	1978.5	2843.3	0.66 ≤ 1.0		
			せん断力	1286.9	1585.0	0.81 ≤ 1.0		

注：「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」（日本建築学会 平成 25 年 8 月）による。

表 2.14.2.1-64 柱断面算定表

検討箇所	断面	荷重ケース	応力	作用応力		許容応力 ^{注1}		検定比
				〔曲げモーメント：kN・m〕 せん断力：kN	〔曲げモーメント：kN・m〕 せん断力：kN	〔曲げモーメント：kN・m〕 せん断力：kN	〔曲げモーメント：kN・m〕 せん断力：kN	
B1 階 C/2 通り	B×D =1000×1000 (F _c =60) 主筋 8-D38 帯筋 3-3-D13@100 (柱頭)	常時 A	曲げモーメント	31.9	85.4 (軸力 5763.6 kN 作用時 ^{注2})	0.37 ≤ 1.0		
			せん断力	69.1	842.3	0.08 ≤ 1.0		
1 階 A/6 通り	B×D [REDACTED] (F _c =60) 主筋 8-D38 帯筋 2-2-D13@100 (柱頭)	地震時 C2	曲げモーメント	755.0	1298.3 (軸力 548.9kN 作用時 ^{注2})	0.58 ≤ 1.0		
			せん断力	323.3	1327.1	0.24 ≤ 1.0		

注 1：「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」（日本建築学会 平成 25 年 8 月）による。

注 2：圧縮を正とする。

1.3.3 基礎スラブの評価結果

検討により求められた基礎スラブへの作用応力を許容応力と比較して、検定比が最大となる箇所
の断面検討結果を表 2.14.2.1-65 に示す。基礎スラブ配筋図を図 2.14.2.1-53 に示す。

これより、各部材の応力は、許容応力以下となっていることを確認した。

表 2.14.2.1-65 基礎スラブ断面算定表

検討箇所	荷重 ケース	応力	作用応力		許容応力 ^注	検定比
			曲げモーメント: kN・m	せん断力: kN		
A~B/4~5 通り間	常時 A	曲げモーメント	800.8		1239.4	0.65 ≤ 1.0
		せん断力	950.1		1360.8	0.70 ≤ 1.0
E/4~5 通り間	地震時 C3	曲げモーメント	2715.0		4790.4	0.57 ≤ 1.0
		せん断力	1392.3		1964.6	0.71 ≤ 1.0

注：「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」（日本建築学会 平成 25 年 8 月）による。

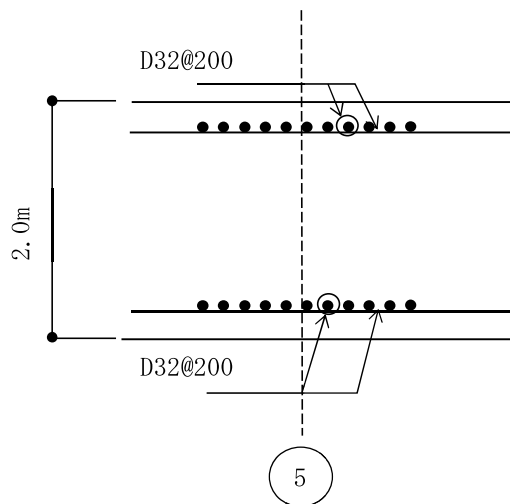


図 2.14.2.1-53 基礎スラブの配筋図 (C 通り)

1.3.4 地盤の評価結果

(1) 設計方針

第2棟を支持する地盤は、基礎スラブ直下の地盤を南北方向に約37.6m、東西方向に約40.0m、人工岩盤=厚さ約5.4m、 $F_c=18\text{N/mm}^2$ を介して、T.P.+約24.0m (G.L.-約16.0m)の富岡層に支持する。

常時及び地震時に地盤に生じる最大接地圧が許容応力度以下であることを確認する。

(2) 常時における地盤の検討

常時における地盤に生じる最大接地圧と許容応力度の比較を、検定比が最大となる位置について表2.14.2.1-66に示す。

これより、地盤に生じる最大応力が許容応力度以下であることを確認した。

表 2.14.2.1-66 地盤の許容応力度と接地圧の比較

検討位置	接地圧 (kN/m^2)	許容応力度 (kN/m^2)	検定比
A/2 通り	443	1000	$0.44 \leq 1.0$

(3) 地震時における地盤の検討

地震時における地盤に生じる最大応力と許容応力度の比較を、検定比が最大となる位置について表2.14.2.1-67に示す。

これより、地盤に生じる最大応力が許容応力度以下であることを確認した。

表 2.14.2.1-67 地盤の許容応力度と接地圧の比較

検討位置	接地圧 (kN/m^2)	許容応力度 (kN/m^2)	検定比
A/2 通り	588	2000	$0.29 \leq 1.0$

2. 保有水平耐力の検討

保有水平耐力 (Q_u) が必要保有水平耐力 (Q_{un}) 以上であることを確認する。

各層の保有水平耐力は、建築基準法施行令第 82 条の 3 及び平成 19 年国土交通省告示第 594 号に基づき算出する。各層の必要保有水平耐力と保有水平耐力の算定結果を表 2. 14. 2. 1-68 に示す。

これより、第 2 棟は必要保有水平耐力以上の保有水平耐力を有していることを確認した。

表 2. 14. 2. 1-68 必要保有水平耐力と保有水平耐力の比較

(1) EW 方向 (長辺)

G. L. (m)	必要保有水平耐力 Q_{un} (kN)	保有水平耐力 Q_u (kN)	$\frac{Q_u}{Q_{un}}$
+13.30 ~ +17.30	7497	27262	3.64
+7.30 ~ +13.30	31245	113617	3.64
+0.30 ~ +7.30	55024	200089	3.64
-7.20 ~ +0.30	101737	369953	3.64

(2) NS 方向 (短辺)

G. L. (m)	必要保有水平耐力 Q_{un} (kN)	保有水平耐力 Q_u (kN)	$\frac{Q_u}{Q_{un}}$
+13.30 ~ +17.30	7497	25899	3.45
+7.30 ~ +13.30	31245	107936	3.45
+0.30 ~ +7.30	55024	190084	3.45
-7.20 ~ +0.30	101737	351456	3.45

以上のことから、第 2 棟の耐震安全性は確保されているものと評価した。

3. 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)

3.1 評価方針等

評価方針, 評価条件, 荷重の組合せ等の諸条件は, 静的地震力 1.5Ci の評価に準じる。
 なお, 耐震性評価は, 地震層せん断力係数を 3.0Ci を採用して評価する。

3.2 地震力

水平地震力の算定結果を表 2.14.2.1-69 に示す。

表 2.14.2.1-69 水平地震力の算定結果

G. L. (m)	当該層以上の重量 W_i (kN)	地震層せん断力係数 $3.0 \cdot C_i$	設計用地震力 (層せん断力) (kN)
+17.30	5660	1.445	8179
+13.30	35104	0.836	34085
+7.30	59280	0.600	60027
+0.30	84932	0.600	110986
-7.20			

3.3 静的地震力 3.0Ci による解析結果

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。

表 2.14.2.1-70 検定比

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

表 2.14.2.1-71 検定比

No	部材	階	対象範囲	荷重ケース	評価基準	検定比
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

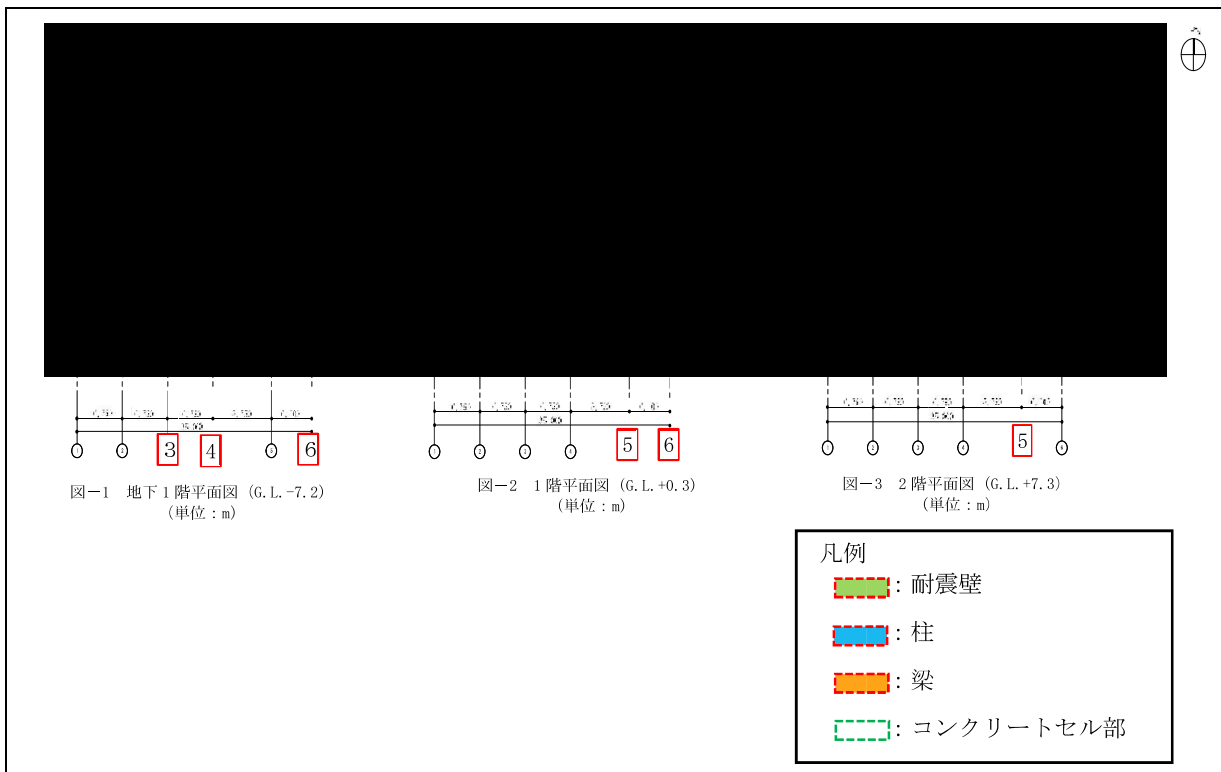


図 2.14.2.1-54 静的地震力 (3.0Ci) による確認結果 (コンクリートセル部以外)

試料ピットの未臨界性評価結果

■■■■間隔についての臨界安全評価の詳細について示す。

1. 試料ピットの変位量の評価

試料ピットは、建屋■■■■と一体的に設置されることから、地震時の変形は建屋の変形に追従するものとする。■■■■最大せん断ひずみは 1.48×10^{-3} であり、試料ピットも同一のひずみと想定し、試料ピットの■■■■間隔の変位量を検討した。

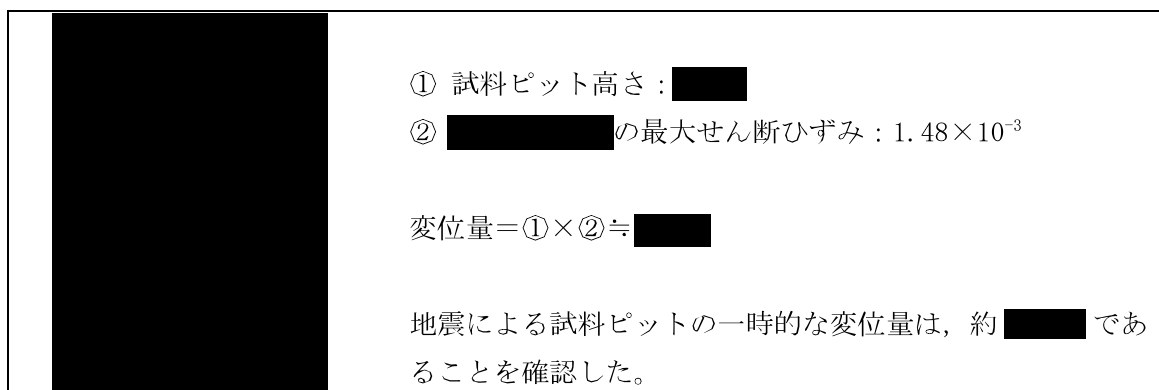


図 2.14.2.1-55 試料ピット断面図

2. [redacted] 間隔を狭めた場合の中性子実効増倍率^{※1}

[redacted] 試料ピット [redacted] の [redacted] に燃料デブリ等 [redacted] を収納した容器を [redacted] 積み上げて保管した状態に加えて、[redacted] の燃料デブリ等を収納した保管容器がピット上部に存在すると仮定した試料ピット全体の解析モデルを作成し、試料ピットの [redacted] 間隔を [redacted] ずつ狭めて解析をする。解析結果を図 2.14.2.1-56 に示す。

[redacted] 間隔の形状の制限値 [redacted] から [redacted] 狭めた [redacted] としても中性子実効増倍率は 0.94566 であり、未臨界性の判断基準である 0.95 を下回るため、地震により試料ピットの [redacted] 間隔が [redacted] 程度一時的に変形しても十分な余裕を有している。

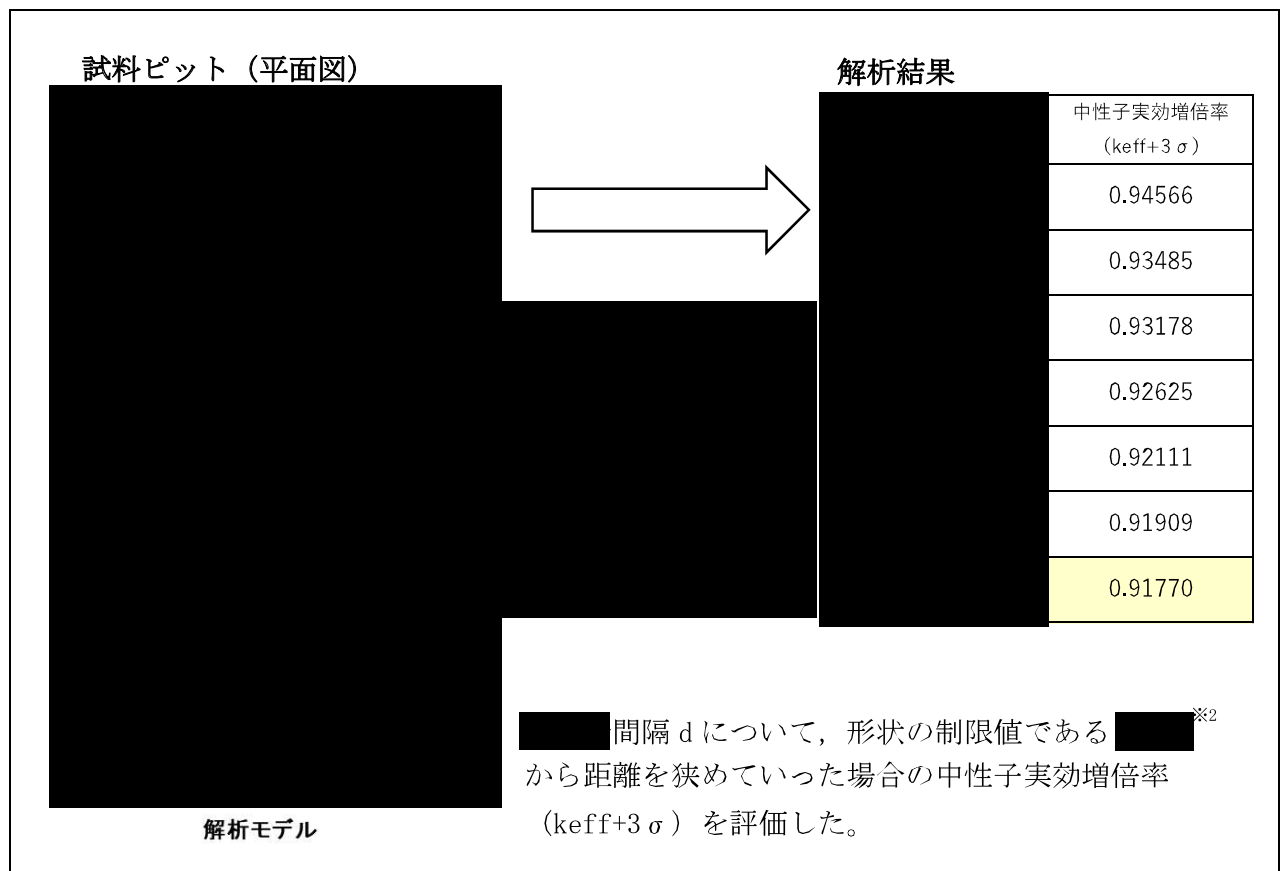


図 2.14.2.1-56 試料ピット解析モデルと結果

※1 試料ピット [redacted] の [redacted] に燃料デブリ等 [redacted] を収納した容器を [redacted] 積み上げて保管した状態を想定している。

※2 試料ピットにおける [redacted] 間隔の設計寸法は [redacted] であるが、施工誤差を考慮し、安全側の評価となるよう設計寸法から [redacted] として評価した。

試料ピットの形状維持について

1. 試料ピットの概要は以下のとおり。

コンクリートセルと [黒塗り] でライニング（内張鋼板）によって閉じ込め機能を果たす構造となっている。

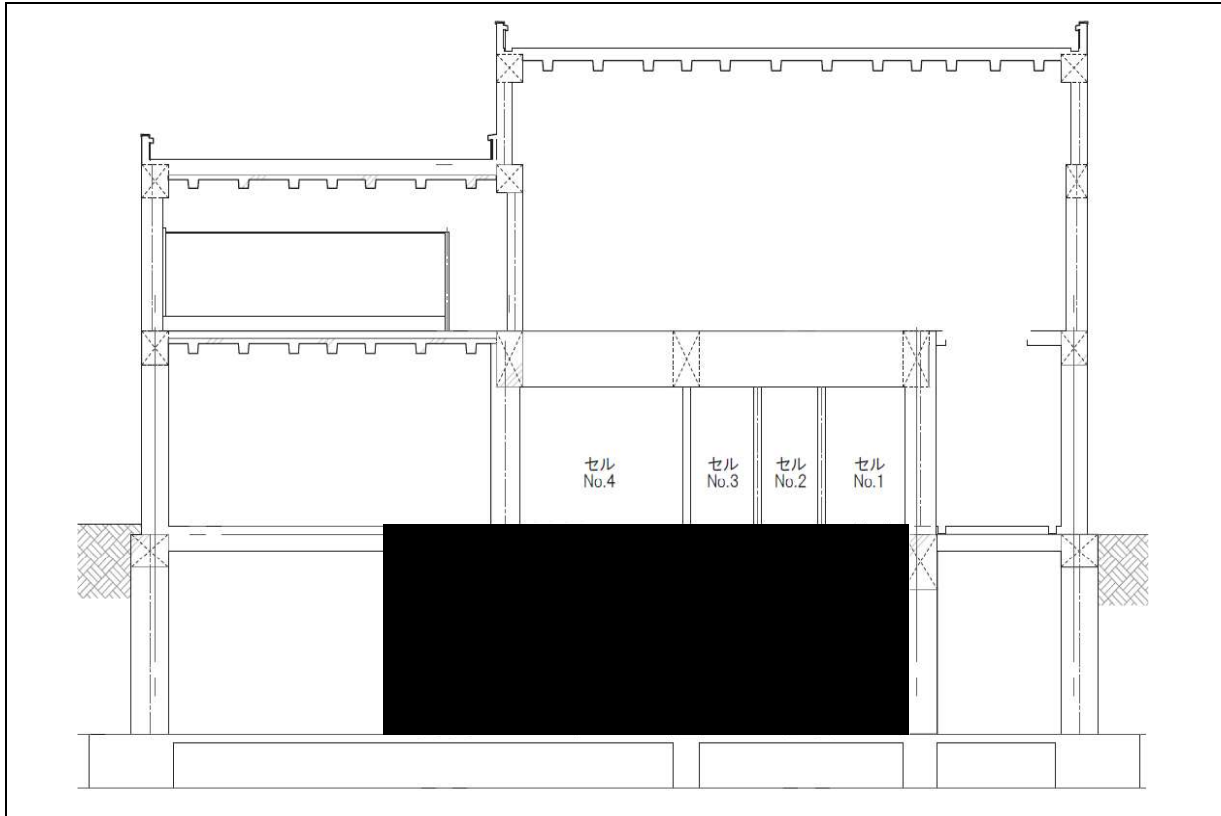


図 2.14.2.1-57 建屋断面図



図 2.14.2.1-58 試料ピット平面図

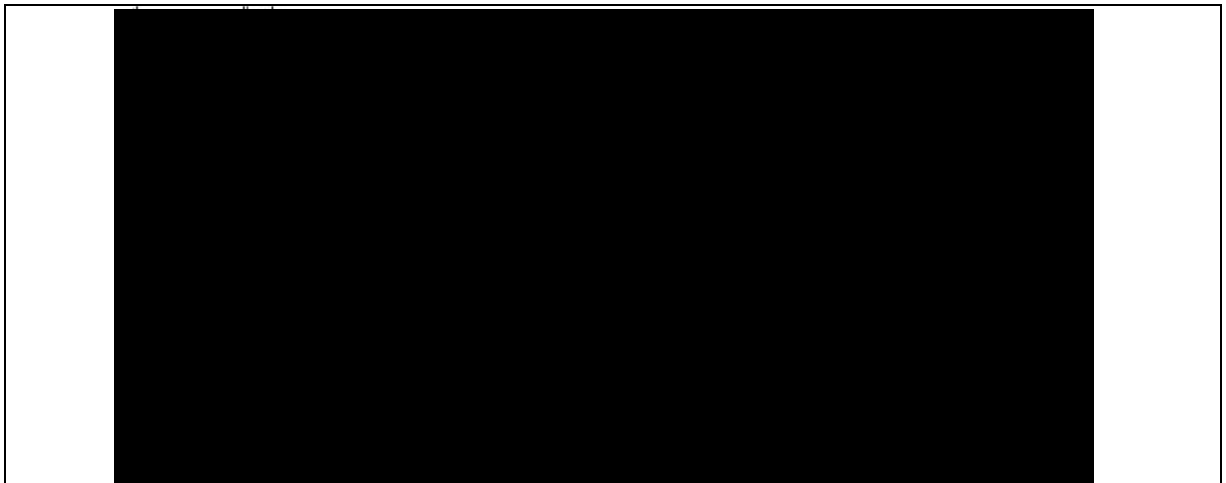


図 2.14.2.1-59 建屋断面図(コンクリートセル周辺)



図 2.14.2.1-60 試料ピット断面図

2. 試料ピットの形状維持評価

試料ピットは建屋と一体な構造であることから、建屋の Ss900 の評価結果より、試料ピットの形状維持について評価する。

試料ピットは、建屋 ■■■■ と一体的に設置されることから地震時の変形（形状維持）は建屋の変形に追従するものとする。

解析の結果、第 2 棟はおおむね弾性状態（スケルトンカーブの第 2 折れ点以下）にとどまり、■■■■ の最大せん断ひずみは 1.48×10^{-3} であるため、試料ピットは形状維持できると考える。

現実的な緩和対策を考慮した際の線量評価

1. 現実的な緩和策を考慮した線量評価

Ss900 等による耐震性の評価結果に基づき、以下の安全機能を考慮して公衆の被ばく影響を評価した。

- ・ 閉じ込め機能：換気空調設備による負圧維持機能が喪失されるため、放射性物質が外部に放出することを想定する。なお、おおむね弾性状態（スケルトンカーブの第2折れ点以下）にとどまることから、コンクリートセル及び建屋の除染係数として気体状の放射性物質を除き、各々 10^{*1} を見込めるものとして評価を行う。
- ・ 遮へい機能：おおむね弾性状態（スケルトンカーブの第2折れ点以下）にとどまることから、建屋・コンクリートセルの遮へい機能は保持されるものとして評価を行う。

表 2.14.2.1-72(1/3) 公衆被ばく影響

設備名称	耐震上の安全機能	機能喪失時の敷地境界線量評価の概要	内部被ばく	外部被ばく ^{※2}	敷地境界線量
建屋	遮へい	<p>【外部被ばく】</p> <p>建屋の遮へい機能が見込め、地下階に存在する固体廃棄物払出準備設備及び液体廃棄物一時貯留設備に含まれる放射性物質の放射能（それぞれ 2.3×10^{10}Bq 及び 2.4×10^8Bq）から燃料デブリ等重量に換算し、その直接線、スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 建屋の遮へいを考慮する。 ・ 固体廃棄物払出準備設備及び液体廃棄物一時貯留設備は地下階に存在するため、土壌による遮へいを考慮する。 	—	1.5×10^{-11} mSv	1.5×10^{-11} mSv
コンクリートセル	閉じ込め	<p>【内部被ばく】</p> <p>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等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^{※3}し、排気系統を通じてではなく、直接、セル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</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 建屋、コンクリートセルの除染係数各々10^{*1}を考慮 	1.1 mSv	2.4×10^{-4} mSv	1.2 mSv

		する。			
	遮へい	<p>【外部被ばく】</p> <p>コンクリートセルの遮へい機能が喪失し、燃料デブリ等からからの直接線、スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートセル及び建屋による遮へいを考慮する。 			
試料ピット	遮へい	<p>【外部被ばく】</p> <p>試料ピットの遮へい機能が見込め、燃料デブリ等からからの直接線・スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・建屋による遮へいを考慮する。 ・試料ピットはため、土壌による遮へいを考慮する。 	—	2.6×10 ⁻⁴ mSv	2.6×10 ⁻⁴ mSv
	(臨界防止)	<ul style="list-style-type: none"> ・試料ピットは臨界に達するおそれはない。 			

※1 コンクリートセル、建屋の除染係数として気体状の放射性物質を除き、各々10を考慮。鉄セル、グローブボックス、フード、廃液受槽については建屋の除染係数のみ考慮

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

※2 安全機能の喪失が継続する期間を7日間として評価した。

※3 燃料デブリ等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。

表 2.14.2.1-72(2/3) 公衆被ばく影響

設備名称	耐震上の安全機能	機能喪失時の敷地境界線量評価の概要	内部被ばく	外部被ばく※2	敷地境界線量
鉄セル	閉じ込め	<p>【内部被ばく】</p> <p>鉄セル内の燃料デブリ等中の放射性物質の一部がセル内の気相に移行*4し、排気系統を通じてではなく、直接、セル周辺の室に放出され、さらに建屋から外部</p>	2.7×10 ⁻¹ mSv	3.1×10 ⁻⁷ mSv	2.8×10 ⁻¹ mSv

		<p>へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・建屋の除染係数 10^{*1} を考慮する。 			
	遮へい	<p>【外部被ばく】</p> <p>鉄セルの遮へい機能が喪失し、燃料デブリ等から直接線、スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・建屋の遮へいを考慮する。 			
グローブボックス	閉じ込め	<p>【内部被ばく】</p> <p>グローブボックス内の燃料デブリ等中の放射性物質の一部がグローブボックス内の気相に移行^{*4}し、排気系統を通じてではなく、直接、グローブボックス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。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・建屋の除染係数 10^{*1} を考慮 	2.7×10^{-5} mSv	—	2.7×10^{-5} mSv
フード	閉じ込め	<p>【内部被ばく】</p> <p>フード内の燃料デブリ等中の放射性物質の一部がフード内の気相に移行^{*4}し、排気系統を通じてではなく、直接、フード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。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・建屋の除染係数 10^{*1} を考慮する。 	2.7×10^{-5} mSv	—	2.7×10^{-5} mSv
液体廃棄物一時貯留設備	閉じ込め	<p>【内部被ばく】</p> <p>液体廃棄物一時貯留設備のうち分析廃液受槽が破損し、内蔵している放射性の液体廃棄物が堰内に漏えいし、漏えいに伴い液体廃棄物中の放射性物質の一部が室内の気相に移行^{*5}し、排気系統を通じてではなく、直接、建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定</p> <ul style="list-style-type: none"> ・建屋の除染係数 10^{*1} を考慮する。 	7.2×10^{-6} mSv	—	7.2×10^{-6} mSv

※1 コンクリートセル、建屋の除染係数として気体状の放射性物質を除き、各々10を考慮。鉄セル、グローブボックス、フード、廃液受槽については建屋の除染係数のみ考慮

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

※2 安全機能の喪失が継続する期間を7日間として評価した。

※3 燃料デブリ等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。

※4 鉄セル、グローブボックス、フードでは、燃料デブリの切断は行わないが、取り扱う燃料デブリ等全量が粉体化するものとし、※3の移行率を用いた。

※5 液体状の放射性物質の漏えい時の気相への移行率0.02%（“Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook”, NUREG/CR-6410）

表 2.14.2.1-72(3/3) 公衆被ばく影響

設備名称	耐震上の安全機能	機能喪失時の敷地境界線量評価の概要	内部被ばく	外部被ばく ^{※2}	敷地境界線量
セル・グローブボックス用換気空調設備	閉じ込め	<p>【内部被ばく】</p> <p>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等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^{※3}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。</p> <p>・建屋の除染係数10^{*1}を考慮する。</p>	2.0×10^{-1} mSv	—	2.0×10^{-1} mSv
フード用換気空調設備	閉じ込め	<p>【内部被ばく】</p> <p>フード内の燃料デブリ等中の放射性物質の一部がフード内の気相に移行^{※4}し、フードの排気配管内の放射性物質を含む気体が直接フード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。</p> <p>・建屋の除染係数10^{*1}を考慮する。</p>	2.7×10^{-5} mSv	—	2.7×10^{-5} mSv
管理区域用換気空調設備	—	設備が機能喪失しても公衆への被ばく影響はない。	—	—	—
消火設備	—	設備が機能喪失しても公衆への被ばく影響はない。	—	—	—
固体廃棄物払出準備設備	—	固定して使用する設備がないため、耐震上の安全機能はない。	—	—	—

合計	1.6 mSv	5.1×10^{-4} mSv	1.7 mSv
----	------------	-----------------------------	------------

※1 コンクリートセル，建屋の除染係数として気体状の放射性物質を除き，各々10を考慮。鉄セル，グローブボックス，フード，廃液受槽については建屋の除染係数のみ考慮

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

※2 安全機能の喪失が継続する期間を7日間として評価した。

※3 燃料デブリ等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。

※4 鉄セル，グローブボックス，フードでは，燃料デブリ等の切断は行わないが，取り扱う燃料デブリ等全量が粉体化するものとし，※3の移行率を用いた。

「参考資料 1-9」に記載した 3 次元 FEM モデル
による評価に応じて記載を見直す。

参考資料 1-8

B+クラスの機器・配管系の耐震評価結果

1. B+クラスの機器・配管系の耐震評価項目

B+クラスの機器・配管系に対して、以下の設計用地震力で耐震評価を行う。

表 2. 14. 2. 1-73 耐震 B+クラスの設計用地震力

耐震クラス	動的地震力		静的地震力
	機能維持	弾性範囲 (共振時のみ)	
B+	1/2Ss450	1/2Sd225*	水平：1.8Ci (0.36G) 鉛直：—

※ 現設計において固有値解析を行った結果、固有周期は 0.003～0.048 秒であり、剛構造（0.05 秒以下）であるため共振のおそれはない。

表 2. 14. 2. 1-74 各設備の固有周期

大分類	中分類	設備名称	固有周期 (s) ^{※1}
機器	分析設備	鉄セル遮へい体	0.048
		鉄セルインナーボックス	0.048
		グローブボックス (No.1, 2, 4)	0.046
		グローブボックス (No.3)	0.048
	換気空調設備	セル・グローブボックス用排風機	— ^{※2}
		セル・グローブボックス用排気フィルタユニット A, B	0.014
		セル・グローブボックス用排気フィルタユニット C, D	0.013
		コンクリートセル用給気フィルタユニット A, B	0.008
		鉄セル用給気フィルタユニット A, B	0.003
		鉄セル用給気フィルタユニット C, D	0.003
		グローブボックス用給気フィルタユニット A～F	0.003

		グローブボックス用給気フィルタユニット G, H	0.003
配管系	鋼管	主要排気管 (鋼管)	0.05 ^{※3}
		主要給気管 (鋼管)	0.05 ^{※3}
	ダクト	主要排気管 (ダクト)	0.05 ^{※3}

※1 0.05s 以下であれば剛構造である。

※2 排風機 (ブロー含む) の本体は、十分に剛であるため固有周期の算定は省略できる。
 (「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」を参考)

※3 固有周期が 0.05 となるように配管の支持間隔を設定している。

2. 機器の静的地震力 1.8Ci に対する耐震評価

「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を参考に発生応力を計算し、許容応力との比較により、基礎ボルトの耐震性を評価する。

2.1 評価結果

すべての機器について、発生応力が許容応力を下回るため、1.8Ci に対して耐震性を有することを確認した。

表 2.14.2.1-75 1.8Ci の耐震評価

設備名		設置床面	1.8Ci での発生応力 (MPa)		許容応力 (MPa)
鉄セル	遮へい体	1 階	引張	—	362
			せん断	60	278
	インナーボックス	1 階	引張	—	183
			せん断	5	141
グローブボックス (GB-No. 1, 2, 4)		1 階	引張	—	183
			せん断	1	141
グローブボックス (GB-No. 3)		1 階	引張	—	183
			せん断	2	141
セル・グローブボックス用排風機		地下 1 階	引張	—	170
			せん断	4	131
セル・グローブボックス用排気フィルタユニット A, B		地下 1 階	引張	1	170
			せん断	6	131
セル・グローブボックス用排気フィルタユニット C, D		地下 1 階	引張	3	170
			せん断	6	131
コンクリートセル用給気フィルタユニット A, B		2 階	引張	—	170
			せん断	2	131
鉄セル用給気フィルタユニット A, B		1 階歩廊(2 階)	引張	1	153
			せん断	1	118
鉄セル用給気フィルタユニット C, D		1 階歩廊(2 階)	引張	1	153
			せん断	1	118
グローブボックス用給気フィルタユニット A~F		1 階歩廊(2 階)	引張	1	153
			せん断	1	118
グローブボックス用給気フィルタユニット G, H		1 階歩廊(2 階)	引張	1	153
			せん断	1	118

3. 配管系の静的地震力 1.8Ci に対する耐震評価

「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を参考に以下のとおり、評価を行う。

- ・鋼管については、固有振動数を 20Hz とした場合の支持間隔から発生応力を計算し、許容応力と比較する。
- ・ダクト系については、許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔を計算する。

3.1 評価結果（応力評価）

すべての配管系について、発生応力が許容応力を下回るため、1.8Ci に対して耐震性を有することを確認した。

表 2.14.2.1-76 主要排気管（鋼管）

配管材料	SUS304							
配管口径	100A	125A	150A	200A	250A	350A	450A	600A
Sch	10S/20S	10S	10S/20S	10S/20S	10S	40		
設計圧力 (MPa)	0.0095							
1.8Ci での発生応力 (MPa)	8	8	8	8	8	8	8	8
許容応力 (MPa)	1.0Sy=153							

表 2.14.2.1-77 主要給気管（鋼管）

配管材料	SUS304				
配管口径	80A	150A	200A	250A	300A
Sch	20S			10S	
設計圧力 (MPa)	0.001			0.0005	
1.8Ci での発生応力 (MPa)	8	8	8	8	8
許容応力 (MPa)	1.0Sy=153				

4. 計算結果（ダクトの支持間隔評価）

ダクトの支持間隔を計算した結果、ダクト系の固有振動数から定まる支持間隔の方が許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔よりも短いことを確認した。

第 2 棟の主要排気管（ダクト）の支持間隔は、固有振動数から定まる支持間隔以下とすることで、剛構造かつ 1.8Ci に対して耐震性を有するものとする。

表 2.14.2.1-78 主要排気管（ダクト）

材料	SS400		
設計温度 (°C)	60		
寸法 (mm)	559.0× 559.0	659.0× 659.0	φ 706.4 ※1
板厚 (mm)	4.5	4.5	3.2
①ダクト系の固有振動数から定まる支持間隔 (m)	6.6	7.1	7.0
②許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔 (m) (設計震度 1G の場合)	57.8	55.3	42.2
耐震支持間隔 (=Min [①, ②]) (m)	6.6	7.1	7.0

※1 寸法 706.4mm×706.4mm, 板厚 3.2mm の矩形ダクトとして代表した支持間隔を示す。

5. 機器の 1/2Ss450 に対する耐震評価

「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を参考に発生応力を計算し、許容応力との比較により、基礎ボルトの耐震性を評価する。鉄セル遮へい体の評価を以下に示す。

(1) 評価方法

算出応力と許容応力の比較により、基礎ボルトを評価する。

- 応力計算モデルは 1 質点系とし、重心位置に地震荷重が作用する。
- 基礎ボルトに対する引張力は、片側の列のボルトを支点とする転倒を考え、これを他方の列のボルトで受けるものとして計算する。
- 基礎ボルトに対するせん断力は、基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

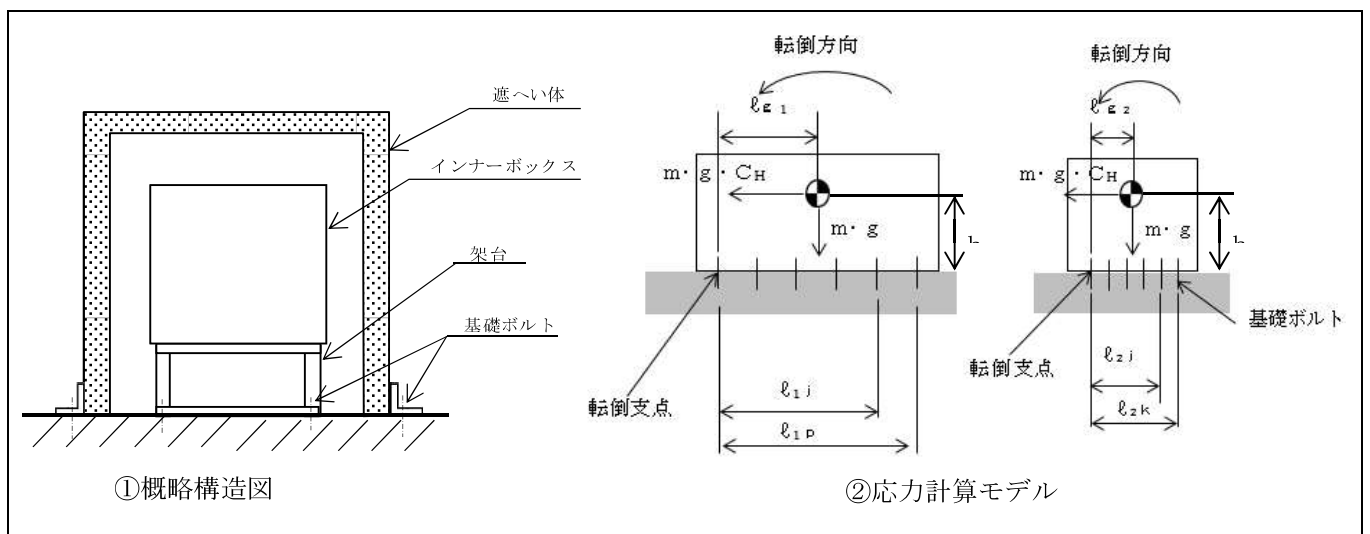


図 2.14.2.1-61 概略構造図・応力計算モデル

(2) 評価式

a. 引張応力

① 引張力

$$F_{b1} = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h \cdot l_{1p}}{\sum_{j=1}^p n_{f1j} \cdot l_{1j}^2}$$

$$F_{b2} = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h \cdot l_{2k}}{\sum_{j=1}^k n_{f2j} \cdot l_{2j}^2}$$

$$F_{bz} = \frac{m \cdot g \cdot (1 - C_V)}{n}$$

② 引張応力

$$\sigma_b = \frac{\sqrt{F_{b1}^2 + F_{b2}^2} - F_{bz}}{A_b}$$

[ボルトの断面積]

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

b. せん断応力

① せん断力

$$Q_b = m \cdot g \cdot \sqrt{C_H^2 + C_H^2}$$

②せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b \cdot n}$$

凡例

記号	記号の説明	単位
A_b	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向の設計用震度	—
C_V	鉛直方向の設計用震度	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
F_{b1}	基礎ボルトに作用する引張力（1本あたり）（長辺方向）	N
F_{b2}	基礎ボルトに作用する引張力（1本あたり）（短辺方向）	N
F_{bz}	基礎ボルトに作用する引張力（1本あたり）（鉛直方向）	N
g	重力加速度	m/s^2
h	据付面から重心までの距離	mm
l_{1j}	転倒支点と各基礎ボルトとの距離（長辺方向）	mm
l_{2j}	転倒支点と各基礎ボルトとの距離（短辺方向）	mm
p	転倒支点から最も離れた基礎ボルト番号（長辺方向）	—
k	転倒支点から最も離れた基礎ボルト番号（短編方向）	—
m	機器の質量	kg
n	基礎ボルトの全本数	—
n_{f1j}	転倒支点から l_{1j} の距離にある基礎ボルトの本数（長辺方向）	—
n_{f2j}	転倒支点から l_{2j} の距離にある基礎ボルトの本数（短辺方向）	—
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	N
π	円周率	—
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

(3) 基礎ボルトの応力評価

基礎ボルトの引張応力 σ_b は、次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \tau_b, f_{to}]$$

せん断応力 τ_b は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし、 f_{sb} は下表による。

表 2.14.2.1-79

	許容引張応力 f_{t0}	許容せん断応力 f_{sb}
計算式	$\left[\frac{F}{2} \right] 1.5$	$\left[\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right] 1.5$

凡例

記号	記号の説明	単位
F	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
f_{sb}	許容せん断応力	MPa
f_{t0}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

(4) 評価条件

表 2.14.2.1-80

機器名称	耐震設計上の重要度分類	固有周期 (s)		据付場所	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
		水平方向	鉛直方向			
鉄セル遮へい体	B ⁺	0.048	—	地上1階	C _H =0.75	C _V =0.48

⇒ 固有周期は 0.05 s 以下であり、鉄セル遮へい体は剛構造である。

(5) 評価結果

表 2.14.2.1-81 (単位: MPa)

機器名称	部材	材料	応力	算出応力	許容応力
鉄セル遮へい体	基礎ボルト	S45C	引張	$\sigma_b=127$	$f_{ts}=225$
			せん断	$\tau_b=176$	$f_{sb}=278$

⇒ 算出応力が許容応力以下であり、十分な構造強度を有していることを確認した。

5.1 評価結果

すべての機器について、発生応力が許容応力を下回るため、1/2Ss450 に対して耐震性を有することを確認した。

表 2.14.2.1-82 1/2Ss450 の耐震評価

設備名		設置床面	1/2Ss450 での発生応力 (MPa)		許容応力 (MPa)
鉄セル	遮へい体	1 階	引張	127	225
			せん断	176	278
	インナーボックス	1 階	引張	21	183
			せん断	15	141
グローブボックス (GB-No. 1, 2, 4)		1 階	引張	6	183
			せん断	3	141
グローブボックス (GB-No. 3)		1 階	引張	7	183
			せん断	4	141
セル・グローブボックス用排風機		地下 1 階	引張	4	170
			せん断	6	131
セル・グローブボックス用排気フィルタユニット A, B		地下 1 階	引張	18	170
			せん断	12	131
セル・グローブボックス用排気フィルタユニット C, D		地下 1 階	引張	26	170
			せん断	12	131
コンクリートセル用給気フィルタユニット A, B		2 階	引張	9	170
			せん断	5	131
鉄セル用給気フィルタユニット A, B		1 階歩廊 (2 階)	引張	4	153
			せん断	2	118
鉄セル用給気フィルタユニット C, D		1 階歩廊 (2 階)	引張	4	153
			せん断	2	118
グローブボックス用給気フィルタユニット A~F		1 階歩廊 (2 階)	引張	4	153
			せん断	2	118
グローブボックス用給気フィルタユニット G, H		1 階歩廊 (2 階)	引張	4	153
			せん断	2	118

6. 配管系の 1/2Ss450 に対する耐震評価

「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を参考に以下のとおり、評価を行う。

- ・ 鋼管については、固有振動数を 20Hz とした場合の支持間隔から発生応力を計算し、許容応力と比較する。
- ・ ダクト系については、許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔を計算する。

(1) 鋼管の評価方法

対象の主要排気管は、クラス4配管の規定を準用する。

「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を参考に応力算定式については下式で表される。

$$S = \frac{PD_0}{4t} + \frac{M_a + M_b}{Z}$$

Ma : 自重によるモーメント $M_a = \frac{w \cdot g \cdot L^2}{8}$

Mb : 地震によるモーメント $M_b = \frac{C_h \cdot w \cdot g \cdot L^2}{8}$

凡例

S	: 発生応力	[MPa]
P	: 設計圧力	[MPa]
D ₀	: 外径	[mm]
t	: 板厚	[mm]
Z	: 断面係数	[mm ³]
C _h	: 水平震度	—
C _v	: 鉛直震度	—
L	: 支持間隔	[mm]
w	: 主要給気管の単位長さ当たりの質量	[kg/mm]
g	: 重力加速度 (=9.80665)	[m/s ²]

(2) ダクト 評価方法

○ 許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔 : L_{R2}

$$L_{R2} = \sqrt{\frac{8 \cdot M}{w \cdot g \cdot \alpha}}$$

○ 許容座屈曲げモーメント : M

$$M = S \cdot M_t$$

$$M_t = \lambda \cdot \frac{\pi \cdot t \cdot I}{\sqrt{1 - \nu^2} \cdot b^2} \cdot \sqrt{E \cdot \sigma_y \cdot \gamma}$$

$$I = \frac{t \cdot b^3}{6} + a \cdot e \cdot t \cdot \frac{b^2}{2}$$

○ 設計震度： α

$$\alpha = 1 + \sqrt{C_H^2 + C_H^2 + C_v^2}$$

凡例

L_{R2}	：許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔	(mm)
M	：許容座屈曲げモーメント	(N・mm)
w	：ダクト単位長さ質量	(kg/mm)
g	：重力加速度 (=9.80665)	(m/s ²)
α	：設計震度	(—)
S	：許容座屈曲げモーメントの安全係数	0.7
C_H	：水平震度	(—)
C_v	：水平震度	(—)
M_t	：座屈限界曲げモーメント	(N・mm)
λ	：座屈限界曲げモーメントの補正係数	(—)
π	：円周率	(—)
t	：ダクト板厚	(mm)
b	：ダクト短辺寸法	(mm)
I	：断面二次モーメント	(mm ⁴)
E	：縦弾性係数	(N/mm ²)
ae	：ダクトフランジの有効幅	(mm)
γ	：座屈限界曲げモーメントの安全係数	0.6
ν	：ポアソン比	0.3
σ_y	：降伏点	(N/mm ²)

6.1 評価結果（応力評価）

すべての配管系について、発生応力が許容応力を下回るため、1/2Ss450 に対して耐震性を有することを確認した。

表 2. 14. 2. 1-83 主要排気管

配管材料	SUS304							
配管口径	100A	125A	150A	200A	250A	350A	450A	600A
Sch	10S/20S	10S	10S/20S	10S/20S	10S	40		
設計圧力 (MPa)	0.0095							
1/2Ss450 での発生応力 (MPa)	14	14	14	14	14	14	14	14
許容応力 (MPa)	1.0Sy=153							

表 2. 14. 2. 1-84 主要給気管

配管材料	SUS304				
配管口径	80A	150A	200A	250A	300A
Sch	20S			10S	
設計圧力 (MPa)	0.001			0.0005	
1/2Ss450 での発生応力 (MPa)	14	14	14	13	13
許容応力 (MPa)	1.0Sy=153				

6.2 評価結果（支持間隔評価）

ダクトの支持間隔を計算した結果、ダクト系の固有振動数から定まる支持間隔が最も短いことを確認した。

第 2 棟の主要排気管（ダクト）の支持間隔は、固有振動数から定まる支持間隔以下とすることで、剛構造かつ 1/2Ss450 に対して耐震性を有するものとする。

表 2.14.2.1-85 主要排気管（ダクト）

材料	SS400		
設計温度（℃）	60		
寸法（mm）	559.0×559.0	659.0×659.0	φ706.4 ^{※1}
板厚（mm）	4.5	4.5	3.2
①ダクト系の固有振動数から定まる支持間隔（m）	6.6	7.1	7.0
②許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔（m） （設計震度 1G の場合）	57.8	55.3	42.2
③許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔（m） （1/2Ss450 の場合）	37.3	35.7	27.2
耐震支持間隔（=Min [①, ②, ③]）（m）	6.6	7.1	7.0

※1 寸法 706.4mm×706.4mm、板厚 3.2mm の矩形ダクトとして代表した支持間隔を示す。

上位クラス設備に対する波及的影響

1. 機器転倒時のセルライニングの健全性確認

上位クラス設備に対する波及的影響として、コンクリートセルに設置されることが想定される機器（前処理又は分析に使用する装置等）が転倒した場合のセルライニングの健全性評価を行った。

(1) 評価方法

機器の転倒の想定として、機器の重量を持つ質点が機器の高さから落下したとみなし、そのときのエネルギーすべてがセルライニングに与えられるものとする。機器の位置エネルギーとセルライニングを破損させるために必要なエネルギー（破損限界エネルギー）を比較することにより、セルライニングの健全性を確認する。

機器の位置エネルギーと破損限界エネルギーの算出式は以下のとおり。

- ・ 機器の位置エネルギー

$$E_p = mgh$$

- ・ 破損限界エネルギー*1

$$E_f = 3.0 \times 10^8 \cdot D_e^{1.5} T^{1.5}$$

$$D_e = D_m$$

*1 飛来物体に対する鋼板の耐衝撃性（第4報，破損限界エネルギーに対する材質の影響），日本機械学会論文集（A編）49巻444号，昭和58年8月。

凡例

E_f	: 破損限界エネルギー (kgf・m)	E_p	: 装置の位置エネルギー
D_e	: 相当直径 (m)	m	: 装置の質量 (kg)
T	: 鋼板板厚 (m)	G	: 重力加速度 (m/s ²)
D_m	: 飛翔体直径 (m)	H	: 装置の高さ (m)

上記の算出式から、機器の重量 (m) 及び高さ (h) が大きく、かつ、機器の直径*2 (Dm) が小さい条件が評価上厳しくなる。

*2 各機器の最小面積の円相当直径

(2) コンクリートセルで使用を想定している機器

コンクリートセルで使用する主な機器を以下に示す。コンクリートセルで使用する各機器は、それぞれの重量が 700kg 以下、高さが 1.8m 以下、直径*2 が 50mm 以上を想定している。

*2 各機器の最小面積の円相当直径

- ・ 蛍光 X 線分析装置 (XRF)
- ・ 切断機
- ・ 電気炉
- ・ 研磨機
- ・ スタンプミル
- ・ ホットプレート 等

(3) 評価結果

最も保守的な条件として、重量が 700kg、高さが 1.8m 及び直径*2 が 50mm である機器を仮想的に想定して評価したところ、下記のとおり機器の位置エネルギーが破損限界エネルギーを下回る結果が得られた。このことから、機器の転倒によりセルライニングの破損は生じない。

表 2.14.2.1-86 仮想機器の位置エネルギーとライニングの破損限界エネルギー

転倒する仮想的な機器	機器の位置エネルギー (J)	破損限界エネルギー (J)
重量 : 700kg 高さ : 1.8m 相当直径 : 50mm	1.24×10^4	■■■■ (セルライニング厚 ■■■■ の場合)

2. 鉄セルの Ss900 に対する耐震性

(1) 評価の概要について

耐震 B+クラスの鉄セルについて、コンクリートセルへの波及的影響評価のため、鉄セルの基礎ボルトの 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。

(2) 評価の方法について

鉄セルの Ss900 に対する耐震性を確認するため、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。

(2)-1 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

(2)-2 設計用地震力

以下の設計用地震力で鉄セルを評価する。

表 2.14.2.1-87 設計用地震力

動的地震力
Ss900 (鉄セルは剛構造であり ^{※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「2.14.2.1-101」に示す。

(2)-3 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 JEAG4601-1987」に基づき、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を参考とした。

(2)-4 評価モデル

以下の構造図を基に 3 次元 FEM モデルを構築した。拘束条件は、基礎ボルト部分をピン支持 (XYZ 拘束) とした。

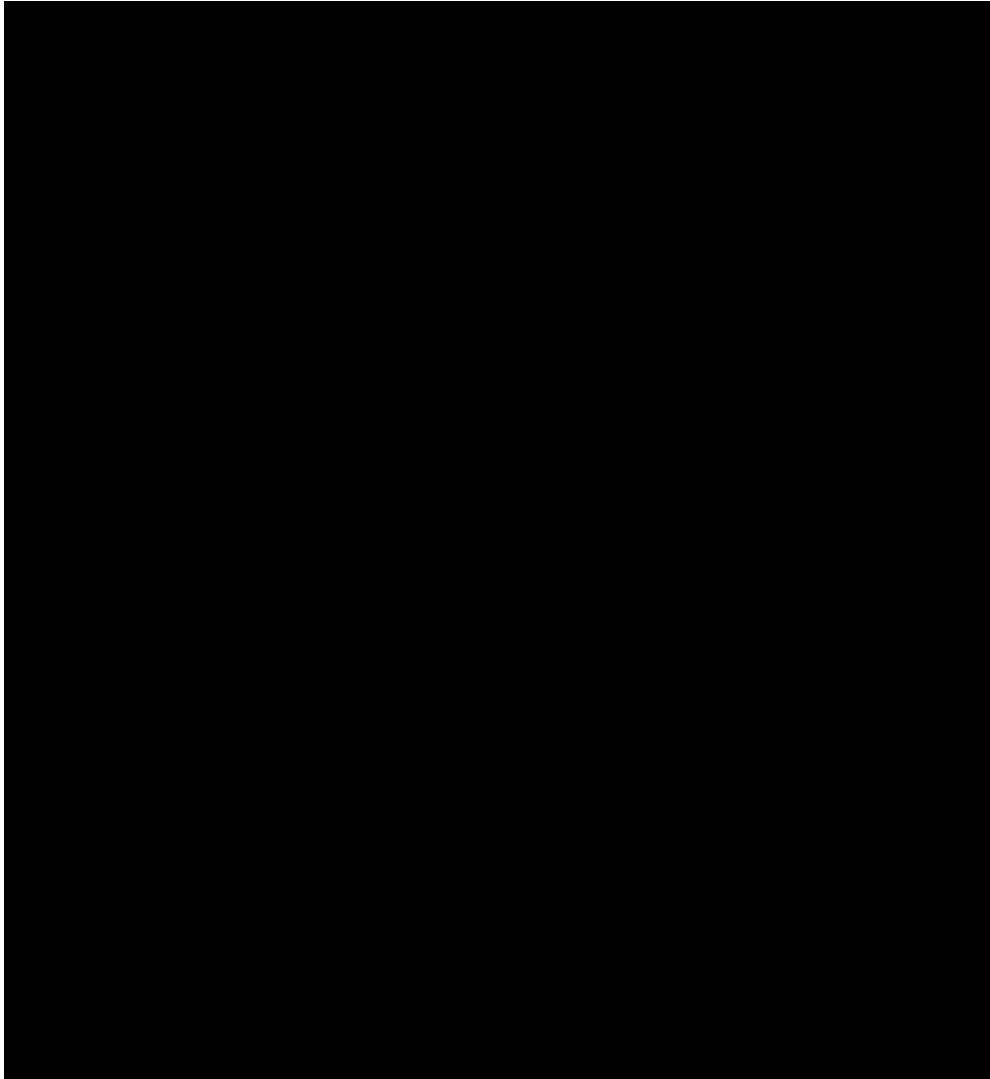


図 2.14.2.1-62 鉄セル構造図

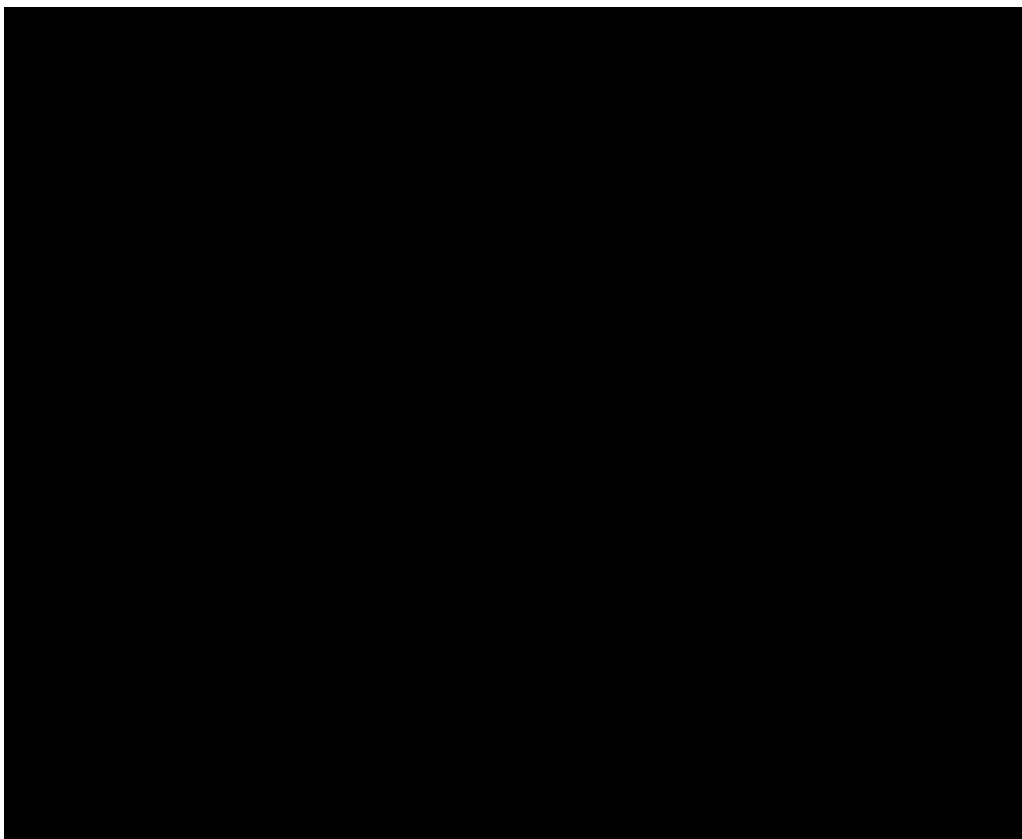


図 2.14.2.1-63 3次元 FEM モデル

(3) 解析結果について

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1次振動モードで0.047秒となった。固有周期は0.05秒以下であることから、鉄セルは剛構造であることを確認した。

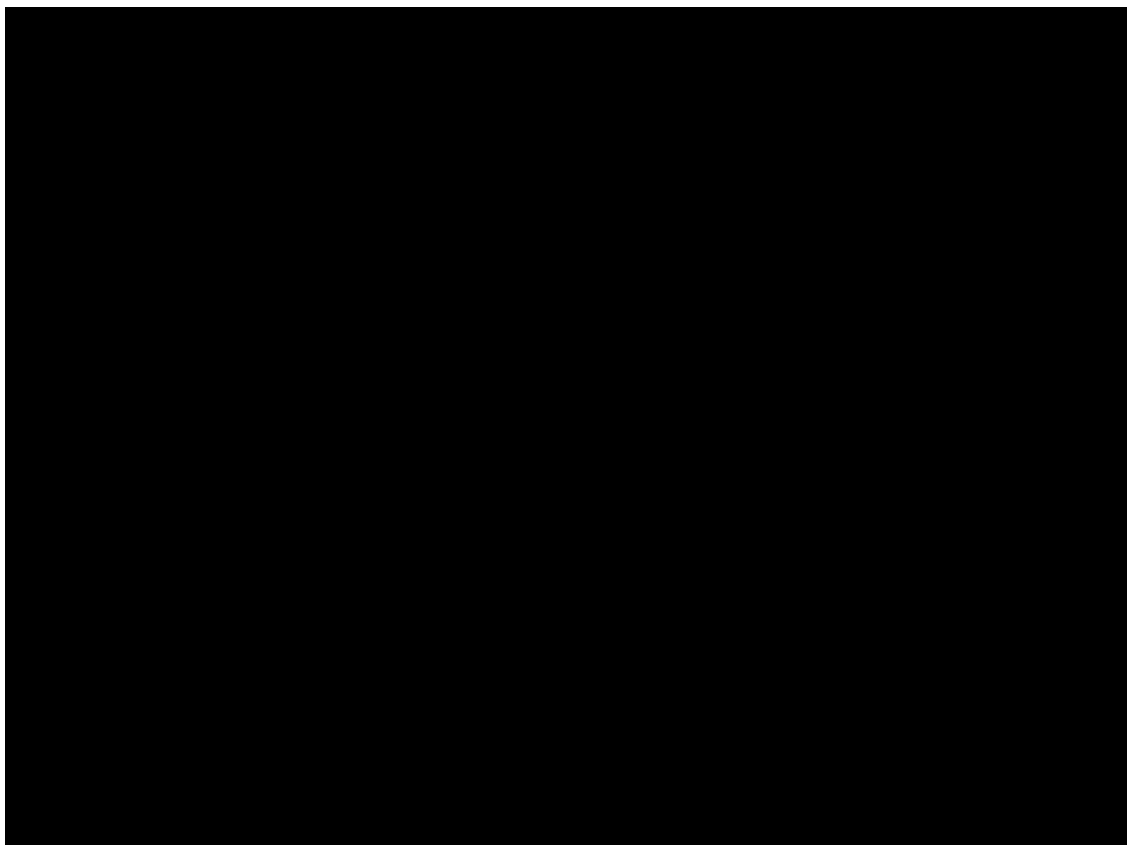


図 2.14.2.1-64 鉄セルの1次振動モード

(4) 地震力の設定について

(4)-1 設計用地震力の設定

固有値解析で、鉄セル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 鉄セルが設置される1階における建屋の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震度は以下のとおりとなる。

表 2.14.2.1-88 震度の計算過程

方向	水平方向		鉛直方向
	EW 方向	NS 方向	UD 方向
1階における建屋のSs900に対する最大床応答加速度[Gal]	982	1028	732
	↓	↓	↓
20%割り増した加速度[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、最終的に設計用震度は以下のとおりとなる。

表 2.14.2.1-89 設計用震度

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

(5) 応力評価結果について

地震力の入力方向の組合せは 8 通り^{※1} がある。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 方向の 3 方向に対して、それぞれ正又は負方向の 2 通りが考えられるため、 $8(=2 \times 2 \times 2)$ 通りとなる。

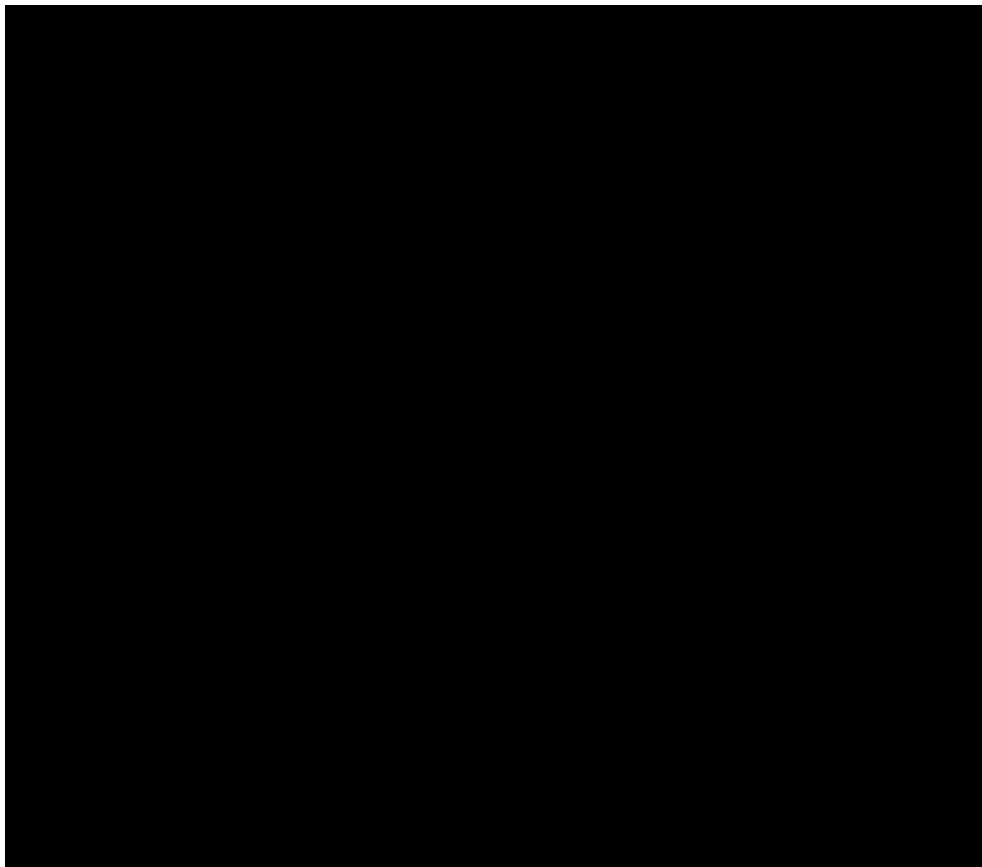


図 2. 14. 2. 1-65 各最大発生応力の発生箇所

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

表 2.14.2.1-90 各評価応力の最大発生応力

評価応力	節点番号	最大発生応力 (MPa)	許容応力 ^{※2} (MPa)
引張応力	9816	237	487
せん断応力	11911	338	375
組合せ応力 ^{※3}	5878	193	217

※2 「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」及び発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (JSME S NCI-2005/2007) に基づく

※3 引張応力とせん断力の組合せ

評価結果から、鉄セルはコンクリートセルへ波及的影響を及ぼさない。

線量評価に用いた移行率及び除染係数について

地震により安全機能を失った際の線量評価，現実的な緩和策を考慮した線量評価において用いた移行率及び除染係数は，以下の文献に基づき設定した。

1. 燃料デブリ等切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率：1%

「ホットラボの設計と管理（日本原子力学会）」において，以下の通り記載されている。

放射性物質がセルから排気系へ放出される可能性の大きいのは，主として照射燃料切断の場合である。第3-III-6表は，照射燃料切断時に粒子状および揮発性放射性物質がどの程度セルから排気系へ飛散するか（飛散度）の測定結果を示したものである。この表から通常の飛散度は，粒子状の場合 10^{-2} ，揮発性の場合 10^{-1} と考えてよい。

【ホットラボの設計と管理，社団法人 日本原子力学会，1976年9月，5. 排出廃棄物のモニタリング，5.1 排気（p100）より抜粋】

表 2.14.2.1-91 「第3-III-6表 照射燃料切断時における放射性物質の飛散度」

第3-III-6表 照射燃料切断時における放射性物質の飛散度^{+ 15)}

核種 実験番号	¹⁴⁴ Ce - ¹⁴⁴ Pr ⁺⁺	¹³⁴ Cs ⁺⁺	¹³⁷ Cs ⁺⁺	¹²⁵ Sb ⁺⁺⁺
1	4.3×10^{-5}	2.2×10^{-4}	1.4×10^{-4}	2.3×10^{-2}
2	1.2×10^{-4}	4.5×10^{-4}	4.0×10^{-4}	3.7×10^{-2}
3	1.3×10^{-4}	6.3×10^{-4}	4.2×10^{-4}	5.8×10^{-3}
4	1.6×10^{-4}	2.0×10^{-3}	1.6×10^{-3}	4.1×10^{-2}
5	1.1×10^{-4}	9.8×10^{-4}	8.4×10^{-4}	1.4×10^{-2}
6	2.9×10^{-4}	4.0×10^{-3}	3.8×10^{-3}	5.0×10^{-2}
7	3.1×10^{-4}	6.6×10^{-3}	4.7×10^{-3}	3.9×10^{-2}
8	2.7×10^{-4}	4.9×10^{-3}	3.4×10^{-3}	2.6×10^{-2}
平均値	1.8×10^{-4}	2.5×10^{-3}	1.9×10^{-3}	3.0×10^{-2}

+ 飛散度 = $\frac{\text{排気系へ飛散した全放射能}}{\text{照射燃料の切離の全放射能}}$
 ++ 粒子状
 +++ 揮発性（化学的性状）

地震により安全機能を失った際の線量評価，現実的な緩和策を考慮した線量評価では，照射燃料の切断時を想定したため，上記の文献に基づき，燃料デブリ等切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率を1%とした。

2. 液体状の放射性物質の漏えい時の気相への移行率：0.02%

「Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook (NUREG)」に基づき、液体状の放射性物質の漏えい時の気相への移行率を設定した。

Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook, NUREG/CR-6410, 3.3.3 Aerodynamic Entrainment/Resuspension, 3.3.4.2 Free-Fall Spill - Aqueous Liquids, Bounding Values (下記：p3-81 より抜粋)

3.3.4.2 Free-Fall Spill - Aqueous Liquids, Bounding Values

a. Aqueous solutions (experiments performed using acidic UNH and sodium fluorocein), spill distance up to 3 m (~ 10 ft)

ARF 2E-4
RF 0.4

b. Aqueous slurries, < 40 percent solids, spill distance < 3 m (~ 10 ft)

ARF 5E-5
RF 0.8

c. Aqueous viscous solutions, spill distance < 3 m (~ 10 ft)

ARF 7E-6
RF 0.8

ARF：物理的刺激による気相への移行率

UNH(Uranyl nitrate hexahydrate)：硝酸ウラニル六水和物

上記の赤実線部に、液体（水溶液、スラリー、粘性液）が落下した場合における放射性物質の気相への移行率（ARF）が示されている。

【気相への移行率】

- a. 水溶液 : 2E-4 (0.02%)
- b. スラリー : 5E-5 (0.005%)
- c. 粘性液 : 7E-6 (0.0007%)

以上を踏まえ、第2棟の液体廃棄物一時貯留設備において漏えいが発生した場合の線量評価における放射性物質の気相への移行率は、最も高い移行率である 2E-4(0.02%)を設定した。

3. 除染係数 (DF) : 10

Ss900 による建屋の耐震性の評価結果から、建屋及びコンクリートセルは閉じ込め機能を維持できるため、以下の文献に基づき除染係数 (DF) を設定した。

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 (下表 : p664 より抜粋)

<u>Modifying Factors</u>	
<u>Factor 3. Fraction of Aerosol released from primary containment into building.</u>	
<u>Primary Containment</u>	<u>Factor</u>
<u>Gases & Vapours</u>	
Whatever the containment (except elemental iodine released under water).	1.0
Elemental iodine released under water.	0.01
<u>All other forms</u>	
Fibre drums, glove boxes, cells, reactor structures etc., which are so seriously damaged that containment is virtually nil.	1.0
Storage blocks and pits, seriously damaged glove boxes, cells, flasks, reactor structures, etc.	0.1
Safes, undamaged or slightly damaged glove-boxes ⁽¹²⁾ , cells, flasks, reactor structures, etc., under water storage, particulate release into building via filtered extract, single metal containment.	0.01
Concreted steel drums, double metal containment.	0.001
<u>Factor 4. Fraction of Airborne Material released from Building</u>	
<u>Condition of Building</u>	<u>Factor</u>
Gases in damaged or undamaged buildings.	1.0
Volatile and particulate aerosols in buildings so seriously damaged that containment is virtually nil.	
(a) by explosion	1.0
(b) by fire (factor allowed for thermal lift)	0.1
Volatile and particulate aerosols in building containments undamaged or slightly damaged.	0.1
Particulate release from building via filtered extract.	0.01

上表の赤破線部に、各設備における気体状を除く放射性物質の除染係数が示されているが、保守的な評価を行うため、赤実線部に基づき除染係数を設定した。

上記のことから、建屋及びコンクリートセルの DF は、気体状の放射性物質に対して 1 (Factor: 1.0)、それ以外の放射性物質に対してそれぞれ 10 (Factor : 0.1) とした。

消火設備の耐震クラスについて

地震により消火機能を喪失した状況で、更に以下の火災が発生した場合における「現実的な緩和策を考慮した線量評価」を実施した。

- ・ コンクリート内火災
- ・ 鉄セル内火災
- ・ グローブボックス内火災

燃料デブリ等切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率 1%^{※1}に、火災に伴う燃料デブリ等の粉体から気相への放射性物質の移行率 0.6%^{※2}を加え、合計で 1.6%の燃料デブリ等の粉体が気相へ移行すると想定した。また、気相へ移行した放射性物質は、設備周辺の室に直接放出され、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した。Ss900 による建屋の耐震性の評価結果に基づき、コンクリートセル及び建屋の除染係数として気体状の放射性物質を除き、各々10^{※3}を見込めるものとして評価を行った。

表 2.14.2.1-92 現実的な緩和策を考慮した線量評価

設備名称	内部被ばく	外部被ばく ^{※4}	敷地境界線量 (地震+火災)	【参考】 敷地境界線量 (地震のみ)
コンクリートセル	1.8mSv	2.4×10^{-4} mSv	1.9mSv	1.2mSv
鉄セル	4.4×10^{-1} mSv	3.1×10^{-7} mSv	4.5×10^{-1}mSv	2.8×10^{-1} mSv
グローブボックス	4.4×10^{-5} mSv	—	4.4×10^{-5}mSv	2.7×10^{-5} mSv

※1 燃料デブリ等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 火災に伴う粉体から気相への放射性物質の移行率 0.6% (“Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook”, NUREG/CR-6410)

※3 コンクリートセル、建屋の除染係数として気体状の放射性物質を除き、各々10を考慮。鉄セル、グローブボックスについては建屋の除染係数のみ考慮

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

※4 安全機能の喪失が継続する期間を 7 日間として評価した。

地震時に消火機能を喪失しても、コンクリートセル、鉄セル及びグローブボックスの耐震クラス分類に影響を与えるような公衆被ばく線量の増加はないため、消火設備は耐震クラスCと分類する。

コンクリートセル貫通部について

コンクリートセルに設ける貫通部のバウンダリが、地震時及び火災時においても負圧維持に問題が無いか確認した一覧を以下に示す。

表 2. 14. 2. 1-93 コンクリートセル貫通部一覧

バウンダリの取り方	開口部名称	開口寸法 (mm)*1	主要材質	地震時の影響	火災時の影響	負圧維持
設備本体 (次ページ①)	遮へい窓	W1360×H1360 ×1 基	ガラス・鉄・ ステンレス・ アクリル	設備はコンクリートセル壁に埋め込まれており、さらに固定しているため、地震発生時においても、セル壁と一体で揺れるため、脱落することはない。	バウンダリの構成部材には、不燃性又は難燃性の部材を使用するため、火災発生時においても、閉じ込め機能は維持される。	地震時及び火災時においても、閉じ込め機能は維持されるため、負圧維持については問題ない。
	背面遮へい扉	W800×H2000	鉄・ポリエチレン			
セル内の気密ボックス (次ページ②)	電線管 (コンジット管)	φ 53.5 (50A. S20) ×5 本	鉄・ステンレス・ 樹脂	気密ボックス及びコンジット管は、コンクリートの壁に固定又は埋め込まれ、壁に追従して動くため、地震発生時においても、セル壁と一体で揺れるため、脱落することはない。		
	γ線モニタ (コンジット管)	φ 28 (25A. S20)	ステンレス			
	プラグ類 (インセルモニタ等)	最大 φ 400×3	鉄・コンクリート			
計器本体 (次ページ③)	差圧導管	φ 14.3 (10A. S20) ×2 本	ステンレス	計器は、コンクリートの壁に固定又は埋め込まれ、壁に追従して動くため、地震発生時においても、セル壁と一体で揺れるため、脱落することはない。		
	温度計 (案内管)	φ 7.5 (6A. S20)	ステンレス			
その他	給気配管 (スクリューダクト)	φ 398	ステンレス	配管等は、コンクリートの壁に埋め込まれ、壁等に追従して動くため、地震発生時においても、壁等と一体で揺れるため、脱落することはない。		
	排気配管 (スクリューダクト)	φ 248	ステンレス			
	消火設備配管	φ 22.2 (20A. S20) ×2 本	ステンレス			
	トポガン (シームレス管)	φ 155.2 (150A. S20)	ステンレス			
	マニプレータ (スルーウォール チューブ)	φ 279.4 ×2 本	鉄・鉛・ステンレス			
	ポート類 (非破壊検査装置用, 天井, ダブルカバー)	φ 409.6 (450A. S80) ×3	鉄・ステンレス・ ポリエチレン			

※1 現在想定しているもので最大寸法を記載

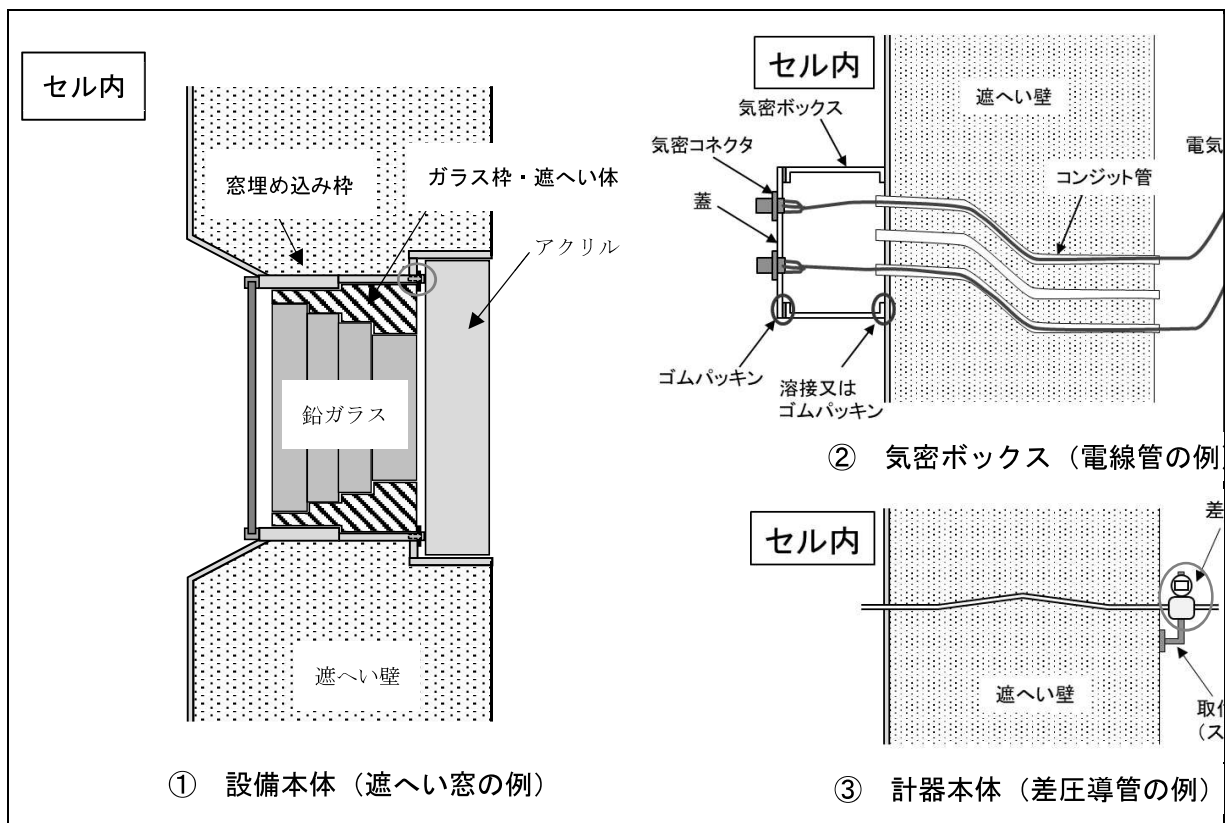


図 2.14.2.1-66 イメージ図

面談結果を踏まえて
第2棟の非常用電源設備の
設置の考え方を追而

面談結果を踏まえて第2棟の
竜巻影響評価を迫る

番号	審査項目	指摘内容	指摘日	事業者回答	回答日	状況	指摘手段	備考
66	耐震設計	引き抜きによるアンカー部コンクリートの評価の結果について説明すること。	2020/7/30	2023/7/4の規制庁殿面談時の説明資料(アンカー部コンクリートの評価結果)に基づき、補足説明資料の記載内容を追って記載する。	2023/7/4			・2021/6/9まとめ資料P.224, 255に記載あり
67	耐震設計	断面図だけでなく平面図にもコンクリートセルの場所を記載すること。	2020/7/30	補足説明資料2.14.2.1-1頁に、コンクリートセルを構成する壁等を赤字で記すことで回答した。	2023/7/4			・申請書添付-2, 11等の平面図には記載あり ・2021/6/9まとめ資料P.199に記載はあるが、申請書添付-20耐震性等の平面図では明確な記載はなし
68	耐震設計	建屋に要求される機能のうち、遮蔽機能が求められる建屋の部位を明確にすること。また、密封機能についても、どの部位に求められどのように確保されるか説明すること。	2020/7/30	補足説明資料2.14.2.1-5頁に、遮へい機能の部位を示し、2.14.2.7頁以降に弾性範囲内であることを示した。	2023/7/4			・2021/6/9まとめ資料P.335, 336に記載あり ・これで全部か要確認)
161	耐震設計	公衆への被ばく影響の評価について、これまで示された評価は、使用施設等の基準において示されている評価方法、具体的には閉じ込め機能の喪失と遮へい機能の喪失及び1事故当たりの喪失の組み合わせを十分に考慮していないと考えるところ、設備毎に求められる安全機能を整理した上で、改めて耐震クラス分類の際の影響評価として検討し説明すること。	2021/11/11	補足説明資料2.14.2.1-2頁に各設備の安全機能について示し、2.14.2.1-14頁に、各設備の公衆への被ばく影響を示した。	2021/1/14			
163	耐震設計	今回示された公衆への被ばく影響の評価の中で、遮へいがない場合が耐震クラス分類を行う際の評価に相当する。その上で、昨年9月8日に原子力規制委員会で「東京電力福島第一原子力発電所の耐震設計における地震動とその適用の考え方」を示す以前に申請され設計が進んでいた本件については、Ss900による耐震性の評価を確認した上で耐震クラス分類を確認することとするため、当該評価が終了し次第説明すること。	2022/1/14	補足説明資料2.14.2.1-1以降に記載した。	2022/11/25			
175	耐震設計	進め方として、Ss900体系による建屋の耐震性の評価を実施した後、建屋の地震影響を踏まえて敷地境界線量を評価し、その結果に応じて耐震クラス分類を決定することとしているが、最初に当該施設を構成する設備毎に安全機能及び単一で安全機能を喪失した場合の敷地境界線量への影響について整理し、耐震クラス設定についての考え方を示すこと。	2022/6/8	補足説明資料2.14.2.1-1頁以降に記載した。	2022/8/24 2022/11/25			
176	耐震設計	インベントリに応じ安全機能が喪失した状態で線量を評価した上で耐震クラス分類を設定し、その後設計の進捗状況等を勘案して適用する地震動を決定するという流れは、大筋で規制委員会の了承した流れに沿っているものの、スライド8ページの記載は耐震クラス分類を2度行うとの誤解を招く表現であり、表現の修正とともに耐震クラス分類した各設備に適用する地震動と応力評価基準等を整理し直して説明すること。	2022/8/24	補足説明資料2.14.2.1-1頁に、第51回規制委員会で示された新たな耐震クラスの設定フローに基づき実施することを記載した。	2022/11/25			
177	耐震設計	建屋、コンクリートセル等についてSs900に対して設計余裕度を考慮した耐震評価結果となっていることを説明すること。	2022/8/24	補足説明資料2.14.2.1-4頁以降に、Ss900の耐震評価結果を示す。	2022/11/25			
178	耐震設計	線量評価の条件として、「試料ピットは堅牢な構造であり形状は維持されるため、臨界に達するおそれはない」としていることについて、耐震性の観点から根拠を説明すること。	2022/8/24	補足説明資料2.14.2.1-4頁以降に、コンクリートセルと試料ピットの耐震評価内容を示し、補足説明資料2.14.2.1-12頁に形状が変化した場合の確認結果を示した。	2022/11/25			
179	耐震設計	線量評価の条件として、「※1 遮蔽機能は1か月(30日)で復旧できると想定」、「※4 液体状の放射性物質の漏えい時の気相への移行率0.02%」としている根拠を説明すること。	2022/8/24	補足説明資料2.14.2.1-73頁に移行率0.02%の根拠を示す。 遮へい機能については、安全機能の喪失が継続する期間は、第103回特定原子力施設監視・評価検討会で示された7日間とし、敷地境界線量を評価した。 (2022/11/25面談資料1)	2022/11/25			
180	耐震設計	セル・グローブボックス用換気空調設備の線量評価の条件として、排気配管内の放射性物質の放出のみを考慮していることは換気空調設備がセル・グローブボックスと接続していることから適切でなく、セル・グローブボックス内からの放射性物質の放出を考慮すること。	2022/8/24	補足説明資料2.14.2.1-18頁に、コンクリートセルから気相に移行し放射性物質が放出される旨を記載した。	2022/11/25			
182	耐震設計	暫定的な耐震クラスに係る安全機能を失った際の公衆被ばく影響評価に関して、臨界量以上の燃料デブリを扱う設備については臨界防止機能が喪失した場合の影響も考慮すること。	2022/11/25	補足説明資料2.14.2.1-3頁に以下の内容を記す。 「 臨界量以上の燃料デブリ等を扱う試料ピットについて、臨界に達した場合を想定し、公衆の被ばく影響を評価した結果、 1.9×10^2 mSvとなる。」	2023/7/4			
183	耐震設計	建屋の耐震をSクラスとしているため、その遮へい効果に期待して設備はB+として評価しているが、冒頭でこの考え方のロジックの説明を記載すること。	2022/11/25	補足説明資料2.14.2.1-1頁以降に、以下の内容を記す。 「 建屋のSs900による耐震性評価の結果、建屋耐震壁及びコンクリートセル壁のせん断ひずみが許容限界(2.0×10^{-3})を超えないことを確認した。 さらにJEAC4601を参考すると、「せん断ひずみの許容限界を満足している場合は、遮へい機能は保持されている」との記載があるため、遮蔽機能は維持されるものとして公衆被ばく影響を評価している。」	2023/7/4			
184	耐震設計	消火設備等は放射性物質を内包する設備ではないが、地震により他設備の安全機能に影響を与える場合(例えば消火できずにセルの排気フィルタが消失等)は、安全機能の重要度に応じて当該設備と同じ耐震性を確保すること。	2022/11/25	補足説明資料2.14.2.1-75頁にて、地震時に消火機能を喪失しても、コンクリートセル、鉄セル及びグローブボックスの耐震クラス分類に影響を与えるような公衆被ばく線量の増加はないため、消火設備は耐震クラスCと分類する旨を記載した。	2023/7/4			

番号	審査項目	指摘内容	指摘日	事業者回答	回答日	状況	指摘手段	備考
185	耐震設計	建屋、コンクリートセルの除染係数として10という値を用いているが、一律にこの値を用いる根拠について説明すること。	2022/11/25	補足説明資料2.14.2.1-74頁に、以下の内容を記す。 --- 建屋のSs900による耐震性評価の結果、建屋耐震壁及びコンクリートセル壁のせん断ひずみが許容限界 (2.0×10^{-3}) を超えないことから、以下の文献「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」に基づき、建屋及びコンクリートセルの除染係数をそれぞれ10としている。	2023/7/4			
187	耐震設計	資料1の耐震評価の考え方において、「原子力発電所耐震設計技術規程 (JEAC4601)」を引用しているが、当該規程は原子力規制委員会としてエンドースしていないものであり、元の論文を引用する等、適切な形で評価すること。	2022/11/25	補足説明資料2.14.2.1-5、55、56、58、62、63頁に、JEAC4601の元文献を調査したが、入手が難しい文献が多数あり、元文献にたどりつかなかった。そのため、「JEAC4601に基づき」という記載を「JEAC4601を参考に」という記載に修正した。	2023/7/4			
188	耐震設計	資料1の耐震評価の考え方における耐震上の具体的な要求事項について、全体的に定性的な表現ではなく、評価結果の実態も考慮して、評価結果との関係で理解しやすいような表現に改めること。	2022/11/25	補足説明資料2.14.2.1-15頁で、「遮へい機能、閉じ込め機能、臨界防止機能が維持できることを確認した。」に示した。	2023/7/4			
190	耐震設計	資料2及び資料3の地盤モデルの設定根拠に関して、地盤調査の内容等を資料に明示すること、また使用済燃料乾式キャスク仮保管設備の地盤物性を用いることとした根拠等についても明示すること。	2022/11/25	補足説明資料2.14.2.1-27頁以降に以下の内容を記す。 --- 地盤調査の内容等を資料に明示した。 また、1F敷地内の西側に位置し、第2棟 (T.P.+約40m) と同様な敷地高さ (T.P.+約38m) に設置されている使用済燃料乾式キャスク仮保管設備では、地層の連続性を確認した上で、福島第一原子力発電所 原子炉設置変更許可申請書より地盤物性値を適用しており、第2棟においても同様にボーリング調査により確認のうえ、地盤物性値を適用している。	2023/7/4			
191	耐震設計	コンクリートセルについて、現在の評価結果は建屋壁を含めた平均値を用いているが、コンクリートセル壁は建屋壁と厚さなどが異なることから、建屋とコンクリートセルを分離して評価すること。また、許容限界の考え方について、建屋の間接支持機能だけでなく、コンクリートセルの遮蔽機能及び閉じ込め機能に対しても整理すること。	2022/11/25	補足説明資料2.14.2.1-4頁以降に、コンクリートセル及び試料ピットに要求される機能について評価し、評価項目が許容限界であることを示した。	2023/7/4			
192	耐震設計	耐震評価の対象とする設備について、対象設備を類型化した上で、床応答加速度、評価対象部位や許容応力の設定の考え方を含めそれぞれどのような評価を行うのか説明すること。また、今回の評価結果については、剛構造であることを前提とした評価を行っているが、その根拠となる固有値解析結果等を示すとともに、剛構造以外の設備 (例えば評価対象となっていない設備としてマニピュレータ等) はどのように評価しているのか説明すること。	2022/11/25	補足説明資料2.14.2.1-54頁以降に、以下の内容を示す。 ・耐震評価の対象設備を類型化し、固有周期について設備ごとにまとめた。 ・評価対象部位が基礎ボルトであることを明確化した。 剛構造以外の設備 (マニプレータ等) について、補足説明資料2.14.2.1-75頁の表2.14.2.1-61 パウンダリの取り方列のその他の欄に示した。	2023/7/4			
193	耐震設計	耐震クラスの見直しによる耐震評価において、耐震Bクラス設備に適用される静的震度 (1.8Ci) を用いた加速度の応答比倍率による評価を示しているが、措置を講ずべき事項では、適切な耐震上の区分の設定とそれに応じた設計用地震力に十分耐えることを要求していることから、変更申請においては適用する地震動による評価内容を提示すること。	2022/11/25	補足説明資料2.14.2.1-54頁以降に、内装設備の1/2Ss450機能維持について、応答倍率法ではなく、JEAC4601を参考にした評価を実施し、耐震性を有していることを確認する。一例として鉄セル遮へい体の評価結果を示す。	2023/7/4			
追-18	耐震設計	変更認可申請書及び説明資料においては、ローディングドック等で使用するクレーンに係る記載がないが、クレーンの重量等について説明するとともに、耐震に係る評価上クレーンの荷重等の考慮が不要であることを説明すること。		補足説明資料2.14.2-4頁に、第2棟には定格荷重 (20t, 5t) の計2基のクレーンの配置を計画しております。また、定格荷重20tのクレーンは、「クレーン機器重量約16t, 吊荷重20t」、定格荷重5tのクレーンは、「クレーン機器重量約2.5t, 吊荷重5t」であることを記載した。加えて、建屋の耐震設計では、クレーン構造規格や建築物荷重指針・同解説により、吊荷重量を除きクレーン機器重量を考慮して評価をしており、耐震性に問題ないことを確認したことを記載した。	2023/7/4			
追-19	耐震設計	塩酸含有廃液保管ラック及び有機廃液保管ラックに関して耐震設計の考え方を説明すること。		補足説明資料2.14.2-4頁に、塩酸含有廃液保管ラック及び有機廃液保管ラックは、取り扱う燃料デブリ等が少量であり、被ばく線量が極めて小さいことから、耐震Cクラスとしている。	2023/7/4			

番号	審査項目	指摘内容	指摘日	事業者回答	回答日	状況	指摘手段	備考
85	閉じ込め機能/耐震設計	閉じ込め機能の確保の考え方に基づいて、電気系や弁等を含む設備全体の耐震クラスの整理をするとともに、異常時の弁の操作について説明すること。	2020/9/16	補足説明資料2.14.2.1-15頁に、各設備の耐震クラスを記載した。 閉じ込め機能の確保の考え方及び異常時の操作は、2.10放射性気体廃棄物の処理・管理に記載した。	2023/7/4			<ul style="list-style-type: none"> 耐震クラスについては別途確認中 2021/6/9まとめ資料P.393-400に自動閉止等の記載あり ただし設備の機能喪失+火災発生時等の弁の開閉操作については今後マニュアルを定める予定(要確認?) 【参考:東電関連説明 2021.2.3面談時】コンクリートセルの給排気弁(停電時に自動で閉止する弁)は、給電時であれば制御室内にて開閉操作を行うことが可能である。
①	耐震設計	「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」のフローに基づき暫定でSクラスであるものの、現実的な緩和対策を勘案してB+クラスとしている点について、Sクラスが担保できない点を含めて耐震に係る評価結果を網羅的かつ具体的に説明すること。	2023/1/24	補足説明資料2.14.2.1-1~77頁にて、試料ピット、コンクリートセルはSクラスと分類することを記載した。	2023/7/4			
②	耐震設計	Ss900による建屋の耐震性評価において、閉じ込め及び遮蔽機能の評価基準に、「原子力発電所耐震設計技術規程(JEAC4601)」で定めているせん断ひずみの値(2.0×10^{-3})を用いているが、前回は指摘したとおりJEAC4601は原子力規制委員会でエンドースしておらず、また実用炉の審査ではその値を用いることの妥当性も含めて評価していることから、評価結果の記載については上記の耐震クラスの議論を踏まえた上で適切な内容に見直すこと。	2023/1/24	補足説明資料2.14.2.1-1~77頁にて、「原子力発電所耐震設計技術規程(JEAC4601)」を参考にし、評価を実施したことを記載した。	2023/7/4			
③	耐震設計	上記の耐震クラスの議論を踏まえ、必要に応じて耐震性評価を見直すこと、また下位クラス設備の破損等による上位クラス設備に対する波及的影響についても検討する必要があること。	2023/1/24	補足説明資料2.14.2.1-67~71頁にて、上位クラス設備に対する波及的影響を記載した。	2023/7/4			
④	耐震設計	マニプレータに係る説明に関連して、セル等の全ての貫通部や鉛ガラス部等について耐震、火災、負圧維持等の観点から、いずれの場合においても影響がないことを網羅的に説明すること。	2023/1/24	補足説明資料2.14.2.1-76~77頁にて、貫通部における鉛ガラス部等について耐震、火災、負圧維持等の観点から、いずれの場合においても影響がないことを記載した。	2023/7/4			
⑤	耐震設計	Ss900の評価結果等の「概ね弾性状態(スケルトンカーブの第2折れ点以下)」と記載している点について、どのような状態(例:鉄筋降伏には至らない状態等)を意味しているのか具体的に記載すること。	2023/2/13	補足説明資料2.14.2.1-6~7頁にて、スケルトンカーブの第2折れ点以下がどのような状態か具体的に記載した。	2023/7/4			
⑥	耐震設計	3.0Ciの耐震評価結果(検定比等)について、検定比が1.0を超過している部材の損傷程度を説明するとともに、各部材の機能維持に必要な強度との関係性や耐震上重要なセルやピットの機能への影響等について説明すること。	2023/2/13	補足説明資料2.14.2.1-9~10頁にて、検定比が1.0を超過している部材の損傷程度を記載した。また、2.14.2.1-44~48頁にて、ピットの機能への影響がないことを記載した。	2023/7/4			
⑦	耐震設計	耐震クラスについて、Ss900の解析・評価した結果等から実質上安全機能が喪失しないことからB+クラスにしたこととするならば、その考え方やロジック構築の経緯、昨年11月16日の原子力規制委員会で示した耐震クラスの設定の考え方のフローとの関係を整理して説明すること。	2023/2/13	補足説明資料2.14.2.1-1~77頁にて、試料ピット、コンクリートセルはSクラスと分類することを記載した。	2023/7/4			
⑧	耐震設計	暫定Sクラスとなるコンクリートセルや燃料ピット(以下「セル等」という。)の静的解析3.0Ciによる確認結果に関して、セル等及びその他部材の設置位置や役割(機能)を明確にした上で、検定比が1.0を上回る部材によるセル等への影響の有無について、断面図等を用いて各部材の設置位置及び役割の関係を踏まえて具体的に説明すること。その上で、当該部材が間接支持等でありセル等には波及的影響を及ぼさないのであればその根拠を説明すること。	2023/2/24	補足説明資料2.14.2.1-9~10頁にて、セル等及びその他部材の設置位置や役割(機能)を明確にした上で、検定比が1.0を上回る部材によるセル等への影響がないことを記載した。	2023/7/4			
⑨	耐震設計	地震時の破損・転倒等による上位クラス設備への波及的影響検討について、鉄セル遮へい体がセル等に波及的影響を及ぼす可能性がある事象を網羅的に検討した上で全体が分かるよう記載すること。	2023/2/24	補足説明資料2.14.2.1-11~71頁にて、上位クラス設備に対する波及的影響を記載した。	2023/7/4			
⑩	耐震設計	静的地震力の解析結果に係るコンクリートセル部への波及的影響関係について、波及的影響防止に係る「原子力発電所耐震設計技術規程(JEAC4601)」(2008年版)の記載について、「原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG)」の記載等を確認の上、適切な記載に見直すこと。	2023/4/11	補足説明資料2.14.2.1-10~13頁にて、原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG)に基づき確認した旨、記載の適正化を実施しました。	2023/7/4			
⑪	耐震設計	耐震性評価に係る基準として、JEAC4601にて定めているせん断ひずみの値(2.0×10^{-3})を各所で用いているが、適切な内容に見直すこと。	2023/4/11	補足説明資料2.14.2.1-38、51~52頁にて、せん断ひずみの評価基準値をスケルトンカーブの第2折れ点以下(概ね弾性範囲)であるように、記載しました。	2023/7/4			
⑫	耐震設計	東京電力福島第一原子力発電所で想定される自然現象に対する設計上の考慮として、地震と積雪等の荷重の組合せについても説明すること。	2023/4/11	補足説明資料2.14.2.1-27、63~65頁にて、荷重及び荷重の組合せについて記載しました。	2023/7/4			
⑬	耐震設計	誘発上下動モデルについて、接地率と解析モデルの適用範囲との関係から、当該モデルの適用性について説明すること。	2023/4/11	補足説明資料2.14.2.1-42頁にて、接地率の評価結果を記載し、誘発上下動モデルの適用範囲内であることを記載しました。	2023/7/4			
⑭	耐震設計	第2棟の耐震評価における許容限界(概ね弾性範囲)について、以下の通り、記載の適正化を行うこと。 「原子力発電所耐震設計技術規程JEAC4601-2008」では、せん断ひずみに関する許容限界 2.0×10^{-3} 以下としているものの、閉じ込め機能等の観点から保守的に評価し、おおむね弾性範囲にとどめる。	2023/4/11	補足説明資料2.14.2.1-4頁にて、左記の通り、記載の見直しを行いました。	2023/7/4			
⑮	耐震設計	「2.2.2解析モデルの概要(2)建屋解析モデル(質点系モデル)概要」について、以下の通り、記載の適正化を行うこと。 建屋の耐震壁のスケルトンカーブ等については「原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1987」に基づくとともに、基礎浮き上がりの非線形性については、実用炉の審査実績がある誘発上下動モデルを「原子力発電所耐震設計技術規程JEAC4601-2008」を参考に作成し、地震応答解析を実施する。	2023/4/11	補足説明資料2.14.2.1-5頁にて、左記の通り、記載の見直しを行いました。	2023/7/4			
⑯	耐震設計	耐震クラスが異なるコンクリートセル(Sクラス)及び鉄セル(B+クラス)について、鉄セルをコンクリートセルに接続して使用するため、Ss900地震時に鉄セルが破損してコンクリートセルに波及的影響を及ぼさないことを説明すること。	2023/4/11	補足説明資料2.14.2.1-98~104頁にて、上位クラス設備に対する波及的影響を記載しました。	2023/7/4			

番号	審査項目	指摘内容	指摘日	事業者回答	回答日	状況	指摘手段	備考
⑰	耐震設計	鉄セルの解析モデル化に関して、モデル化の基となる鉄セルの構造図等を示すこと。また、固有値解析モデルと応力評価モデルで異なるモデルを使用している場合はその旨を示すとともに、固有値解析モデルでの拘束条件についても説明を追加すること。	2023/6/8	2023/7/4の面談にて説明予定。	2023/7/4			
⑱	耐震設計	鉄セルの遮へい体を支持しているコンクリートセル側の据え付け部の影響評価についても別途まとめ資料等で示して説明すること。また、コンクリートセル及び鉄セル間の物品等の搬出入部の耐震評価の必要性についても検討すること。	2023/6/8	次回面談にて説明予定。	2023/7/4			

2.14.3 外部人為事象に対する設計上の考慮

措置を講ずべき事項

Ⅱ. 設計, 設備について措置を講ずべき事項

1 4. 設計上の考慮

○施設の設計については, 安全上の重要度を考慮して以下に掲げる事項を適切に考慮されたものであること。

③外部人為事象に対する設計上の考慮

- ・安全機能を有する構築物, 系統及び機器は, 想定される外部人為事象によって, 施設の安全性を損なうことのない設計であること。
- ・安全機能を有する構築物, 系統及び機器に対する第三者の不法な接近等に対し, これを防御するため, 適切な措置を講じた設計であること。

2. 14. 3. 1 措置を講ずべき事項への適合方針

第 2 棟は, 想定される外部人為事象によって, 施設の安全性を損なうことのない設計とする。
第 2 棟に対する第三者の不法な接近等に対し, これを防御するため, 適切な措置を講じた設計とする。

2.14.3.2 対応方針

(1) 設計、設備について考慮する事項

施設の設計については、安全上の重要度を考慮して以下について適切に考慮したものとする。

①想定される外部人為事象としては、航空機落下、ダムの崩壊及び爆発、漂流した船舶の港湾への衝突等が挙げられる。本特定原子力施設への航空機の落下確率は、これまでの事故実績等をもとに、民間航空機、自衛隊機及び米軍機を対象として評価した（原管発管 21 第 270 号 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の再評価結果について（平成 21 年 10 月 30 日））。その結果は約 3.6×10^{-8} 回/炉・年であり、 1.0×10^{-7} 回/炉・年を下回る。したがって、航空機落下を考慮する必要はない。また、特定原子力施設の近くには、ダムの崩壊により特定原子力施設に影響を及ぼすような河川並びに爆発により特定原子力施設の安全性を損なうような爆発物の製造及び貯蔵設備はない。また、最も距離の近い航路との離隔距離や周辺海域の流向を踏まえると、航路を通行する船舶の衝突により、特定原子力施設が安全機能を損なうことはない。

②安全機能を有する構築物、系統及び機器に対する第三者の不法な接近、妨害破壊行為（サイバーテロ等の不正アクセス行為を含む）及び核物質の不法な移動を未然に防止するため、下記の措置を講ずる。

i) 安全機能を有する構築物、系統及び機器を含む区域を設定し、それを取り囲む物的障壁を持つ防護された区域を設けて、これらの区域への接近管理、入退域管理を徹底する。

ii) 探知施設を設け、警報、映像監視等、集中監視する設計とする。

iii) 外部との通信設備を設ける。

(実施計画：II-1-14-1～2)

(2) 措置を講ずべき事項への具体的な対応方針

第 2 棟は、想定される外部人為事象によって、施設の安全性を損なうことのない設計とする。また、第三者の不法な接近等に対し、これを防御するため、適切な措置を講じた設計とする。

① 電磁的障害

第 2 棟は、電磁的障害による擾乱に対して、制御部、演算部は接地した鋼製の管体に格納、高圧動力ケーブルは金属シールド付きとするとともに、計装ケーブルとは別ケーブルトレイに設置、通信ラインにおける光ケーブルの適用等により、影響を受けない設計とする。

② 不正アクセス行為（サイバーテロを含む）

不正アクセス行為（サイバーテロを含む）を未然に防止するため、燃料デブリ等の閉じ込めに係る設備の操作に係る監視・制御装置を第 2 棟内の制御室に設置する。監視・制御装置は電気通信回線等を通じて外部と接続しない設計としているため、電気通信回線等を通じた不正アクセス行為（サイバーテロを含む）を受けることがない設計とする。

③ 漂流船舶の衝突

第2棟は、福島第一原子力発電所港湾から離れており、漂流船舶の衝突の恐れはなく安全性が損なわれることはない。

④ 航空機落下

第2棟への航空機の落下確率は、これまでの事故実績等をもとに、民間航空機、自衛隊機及び米軍機を対象として評価した結果、落下の確率は低いため、安全性が損なわれることはない。

第2棟の標的面積は 0.001 km^2 であり、標的面積の基準値である 0.01 km^2 を下回ることから、「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の再評価結果について（原管発官21第270号 平成21年10月30日）で評価している航空機落下確率約 3.6×10^{-8} 回/炉・年に影響はない。

⑤ ダム崩壊及び爆発

ダムの崩壊により特定原子力施設に影響を及ぼすような河川並びに爆発により特定原子力施設の安全性を損なうような爆発物の製造及び貯蔵設備はない。

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
(5/9規制庁面談におけるコメントへの回答)
5月25日面談資料改訂版

2023年7月4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

目次

0. 第2棟の臨界管理について

1. 標準試料の取扱フロー

2. 廃棄物のフロー

3. 燃料デブリ等の質量管理

4. キャスク及び容器

0. 第2棟の臨界管理について

【質量管理】

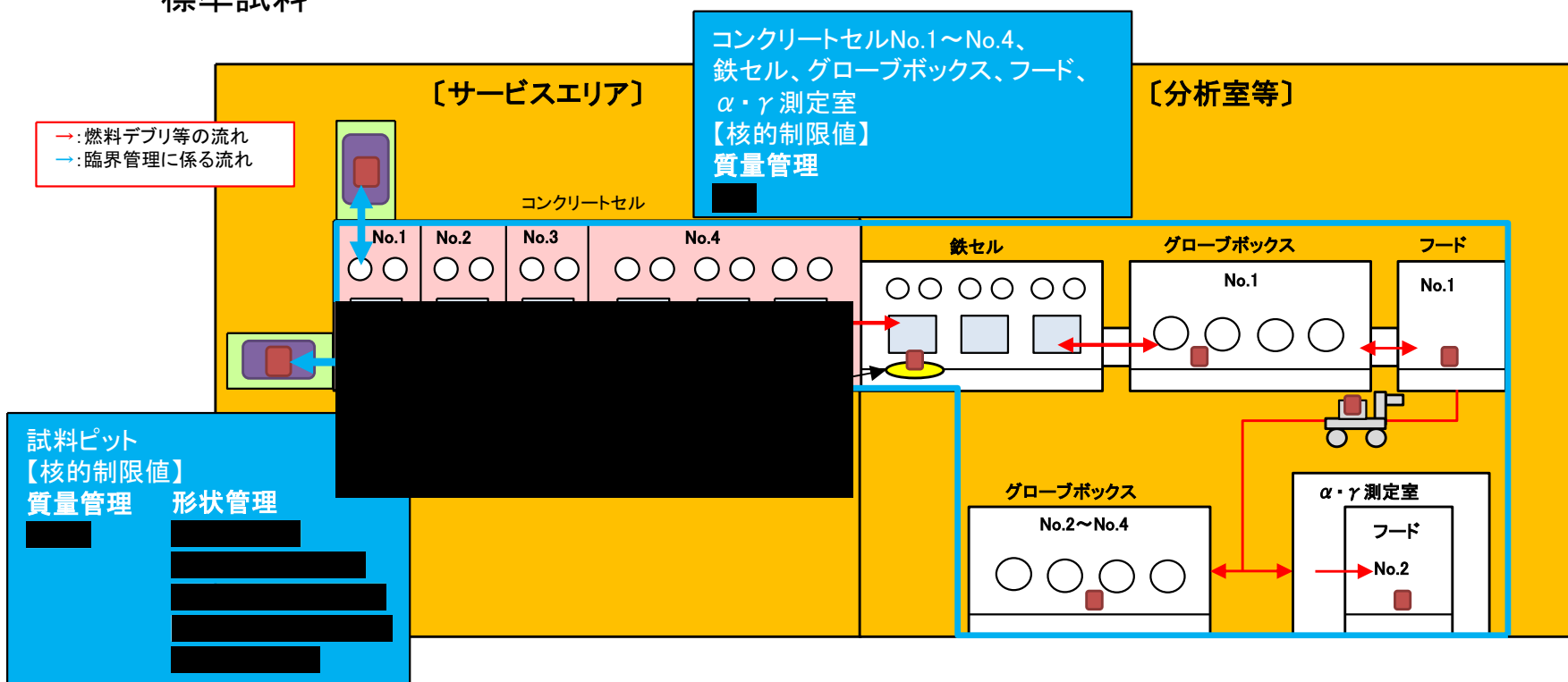
- ・燃料デブリ等 [黒] を核的制限値として臨界防止を行う(質量を管理するため、性状によらない)。

【形状管理】

- ・試料ピットに一時保管する際は、試料ピットの形状による形状管理の臨界防止を行う。

【管理対象物】

- ・燃料デブリ等
- ・核燃料物質を含む廃棄物
- ・標準試料



目次

0. 第2棟の臨界管理について

1. 標準試料の取扱フロー

規制庁殿コメント：

臨界管理上関係する燃料デブリ等の測定・分析に用いる標準試料についても、その取扱や管理に関するフロー等を示すこと。

2. 廃棄物のフロー

3. 燃料デブリ等の質量管理

4. キャスク及び容器

1.1. 概要

- 第2棟では、燃料デブリ等の分析・試験において、分析装置の校正等の目的で核燃料物質に該当する少量の標準試料を使用する。
 - U-233標準試料
 - 天然ウラン標準試料
 - Pu-242標準試料
 - ペレット等の濃度既知の未照射燃料（以下「未照射燃料」という。）
- ここでは、現状想定している標準試料に係るフローについてご説明する。

1.2. 標準試料の種類と取扱場所等 (1/2)

① U-233標準試料【最大取扱量：1mg】

用途	分析装置の校正、回収率測定
主な取扱場所	鉄セル、グローブボックスNo.1、フードNo.2、 α ・ γ 測定室
保管場所	α ・ γ 測定室(保管庫)
保管時の性状	固体(粉末)
保管の方法	金属容器に収納した状態でPVCバッグに封入

② 天然ウラン標準試料【最大取扱量：100mg】

用途	分析装置の校正
主な取扱場所	グローブボックスNo.3、 α ・ γ 測定室
保管場所	α ・ γ 測定室(保管庫)
保管時の性状	液体
保管の方法	金属容器に収納

1.2. 標準試料の種類と取扱場所等 (2/2)

③ Pu-242標準試料【最大取扱量：1mg】

用途	分析装置の校正、回収率測定
主な取扱場所	鉄セル、グローブボックスNo.1、グローブボックスNo.3、フードNo.2、 α ・ γ 測定室
保管場所	α ・ γ 測定室(保管庫)
保管時の性状	固体(粉末)
保管の方法	金属容器に収納した状態でPVCバッグに封入

④ 未照射燃料【最大取扱量：XXXXXXXXXX】

用途	分析装置の校正
主な取扱場所	コンクリートセルNo.1~4、鉄セル
保管場所	試料ピット XXXXXXXXXX
保管時の性状	固体
保管の方法	金属容器に収納

1.3. 標準試料の臨界に対する考慮

① コンクリートセル及び試料ピット

コンクリートセル及び試料ピットにおける標準試料の取扱量は、天然ウラン、濃縮ウラン（濃縮度20%未満）、プルトニウム及びこれらの化合物の合計で■■■■以下とする。

燃料デブリ等と標準試料を同時に取り扱う場合、標準試料の取扱量及び組成に基づき、標準試料と燃料デブリ等における $^{235}\text{U}+\text{Pu}$ の合計質量を評価し、その質量が■■■■の燃料デブリ等中の $^{235}\text{U}+\text{Pu}$ の質量を超えないよう管理する。

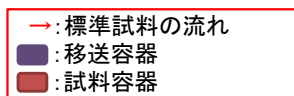
標準試料を試料ピットへ一時的に保管する場合は、燃料デブリ等と同様の容器へ収納する。その際、同じ容器に燃料デブリ等と標準試料を混在させないように管理する。

② 鉄セル、分析室及び α ・ γ 測定室

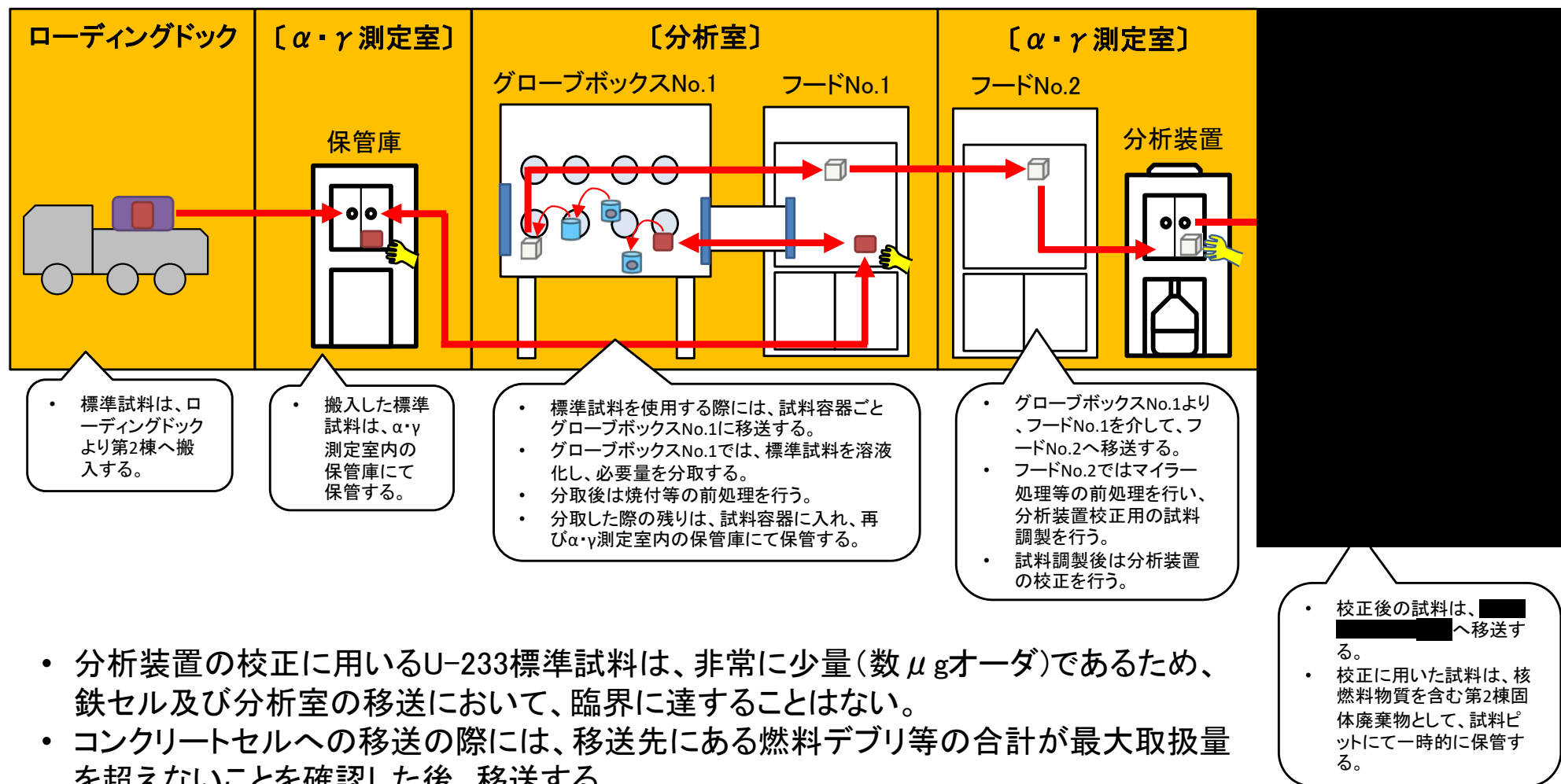
鉄セル、分析室及び α ・ γ 測定室においては、燃料デブリ等及び標準試料の取扱量が少量であり、臨界に達することはない。

1.4. 標準試料の取扱フロー(1/8)

①-1 U-233標準試料(分析装置の校正)



分析装置の校正において標準試料と燃料デブリ等が混合することはない

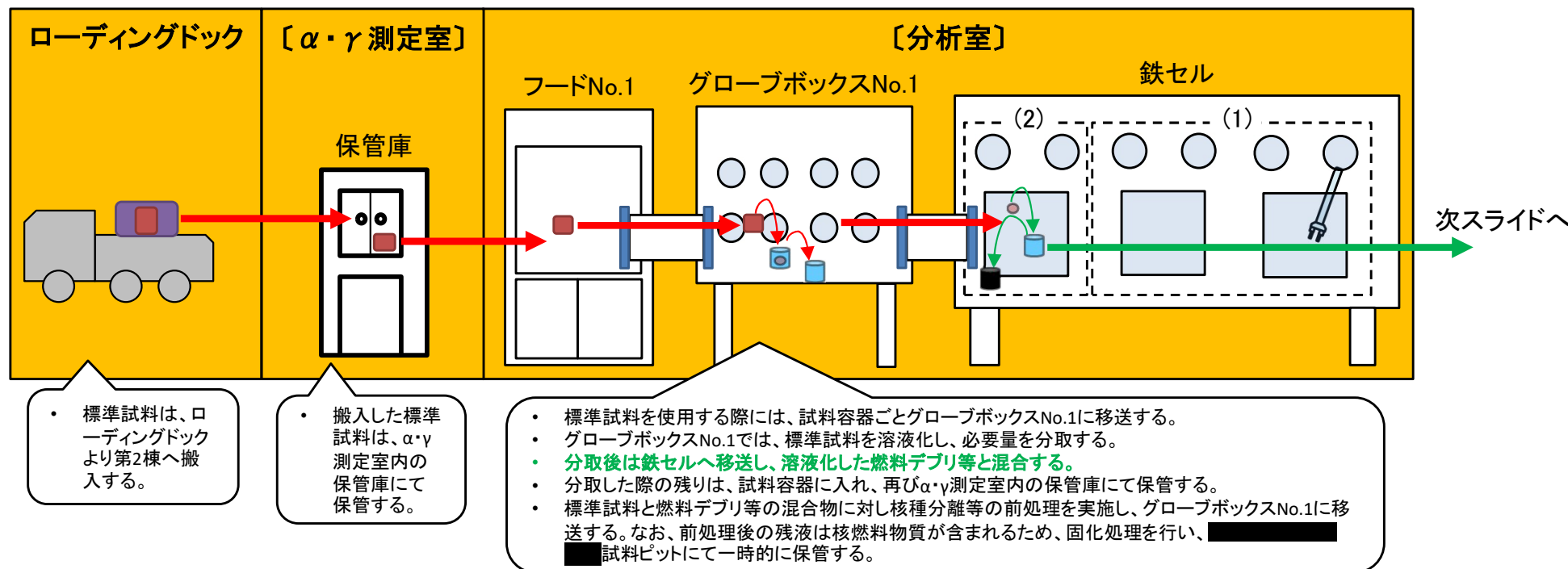


1.4. 標準試料の取扱フロー(2/8)

①-2 U-233標準試料(回収率測定_1)

- : 標準試料の流れ
- : 標準試料と燃料デブリ等の混合物の流れ
- : 移送容器
- : 試料容器

回収率測定において標準試料と燃料デブリ等が鉄セルにて混合する



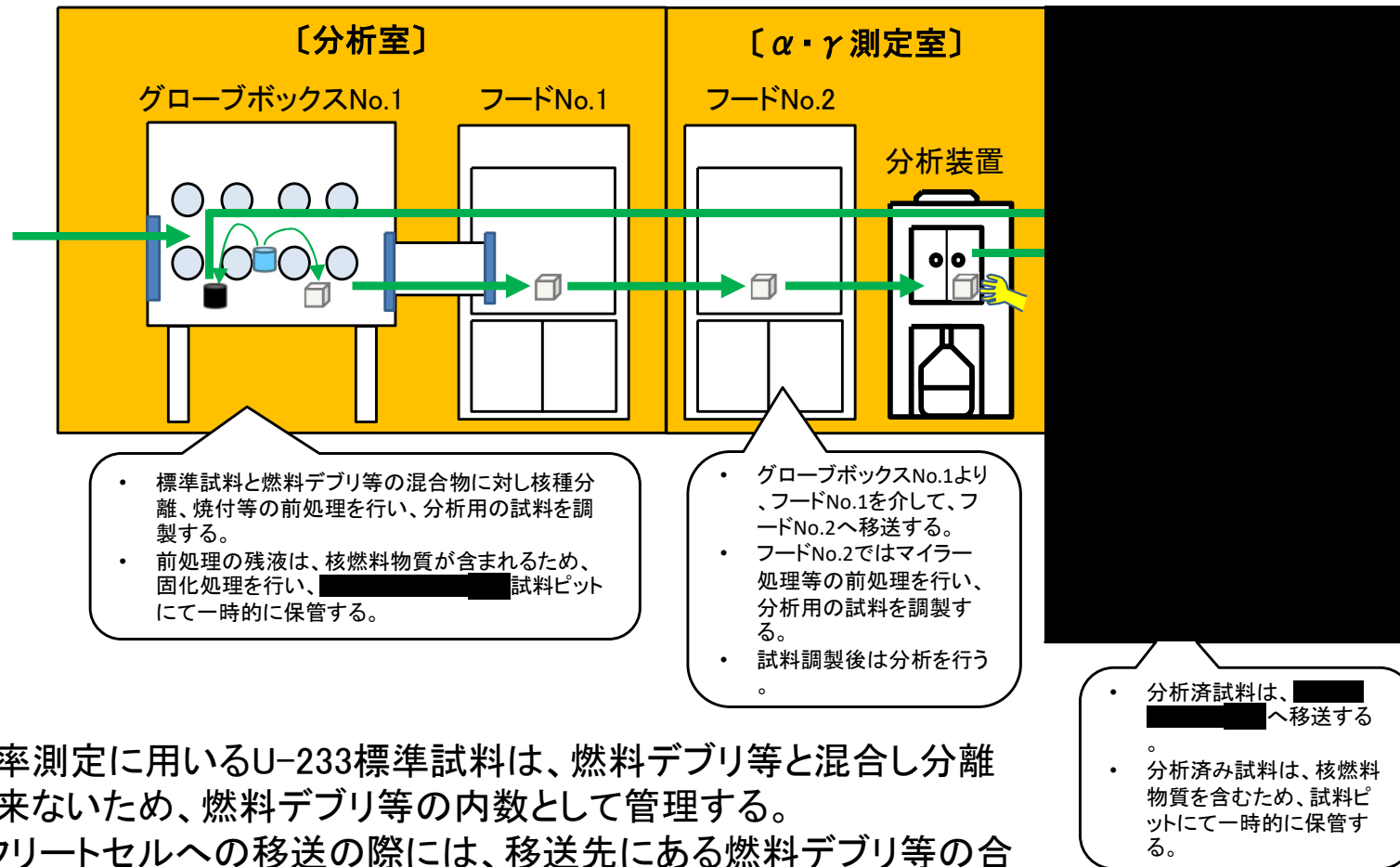
- 回収率測定に用いるU-233標準試料は、燃料デブリ等と混合し分離は出来ないため、燃料デブリ等の内数として管理する。

1.4. 標準試料の取扱フロー(3/8)

①-2 U-233標準試料(回収率測定_2)

- : 標準試料の流れ
- : 標準試料と燃料デブリ等の混合物の流れ
- : 移送容器
- : 試料容器

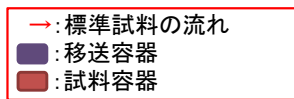
回収率測定において標準試料と燃料デブリ等が鉄セルにて混合する



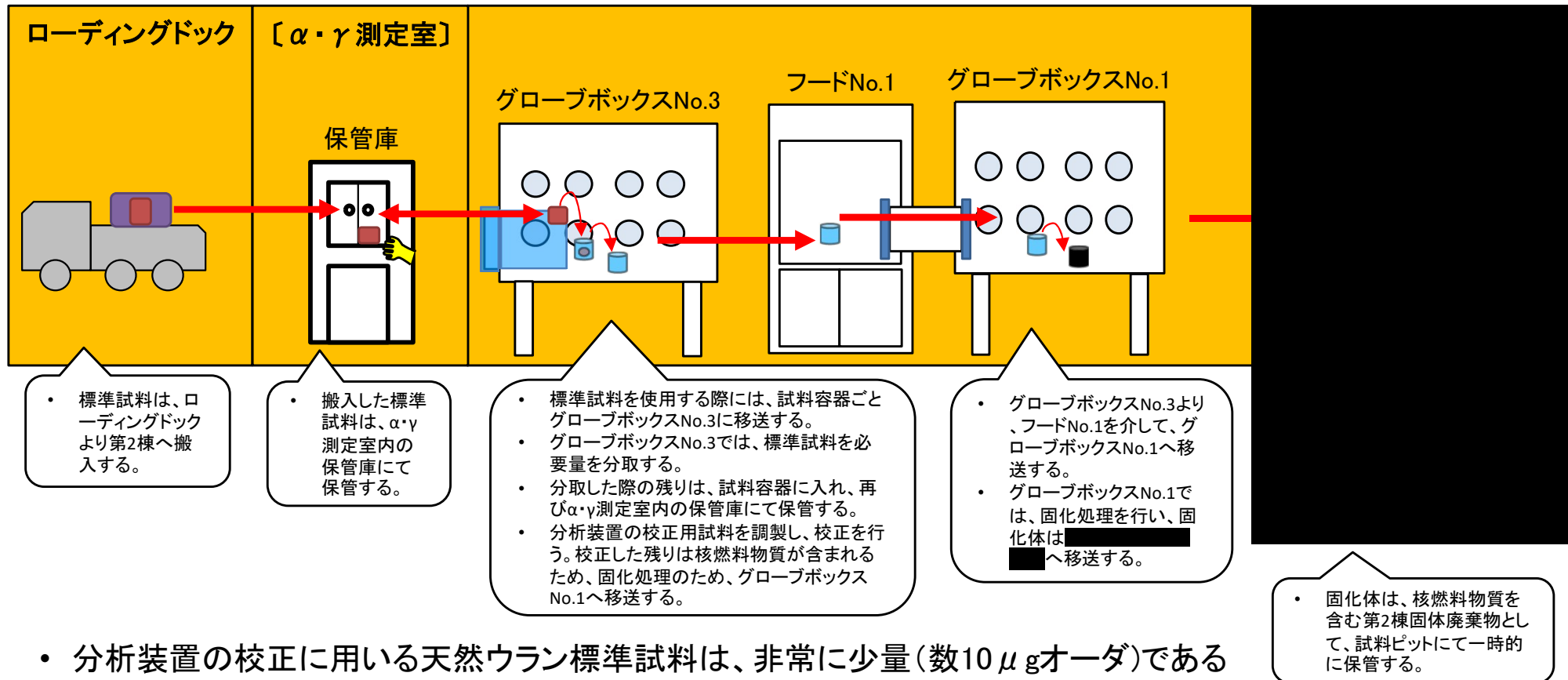
- 回収率測定に用いるU-233標準試料は、燃料デブリ等と混合し分離は出来ないため、燃料デブリ等の内数として管理する。
- コンクリートセルへの移送の際には、移送先にある燃料デブリ等の合計が最大取扱量を超えないことを確認した後、移送する。

1.4. 標準試料の取扱フロー(4/8)

② 天然ウラン標準試料(分析装置の校正)



分析装置の校正において標準試料と燃料デブリ等が混合することはない



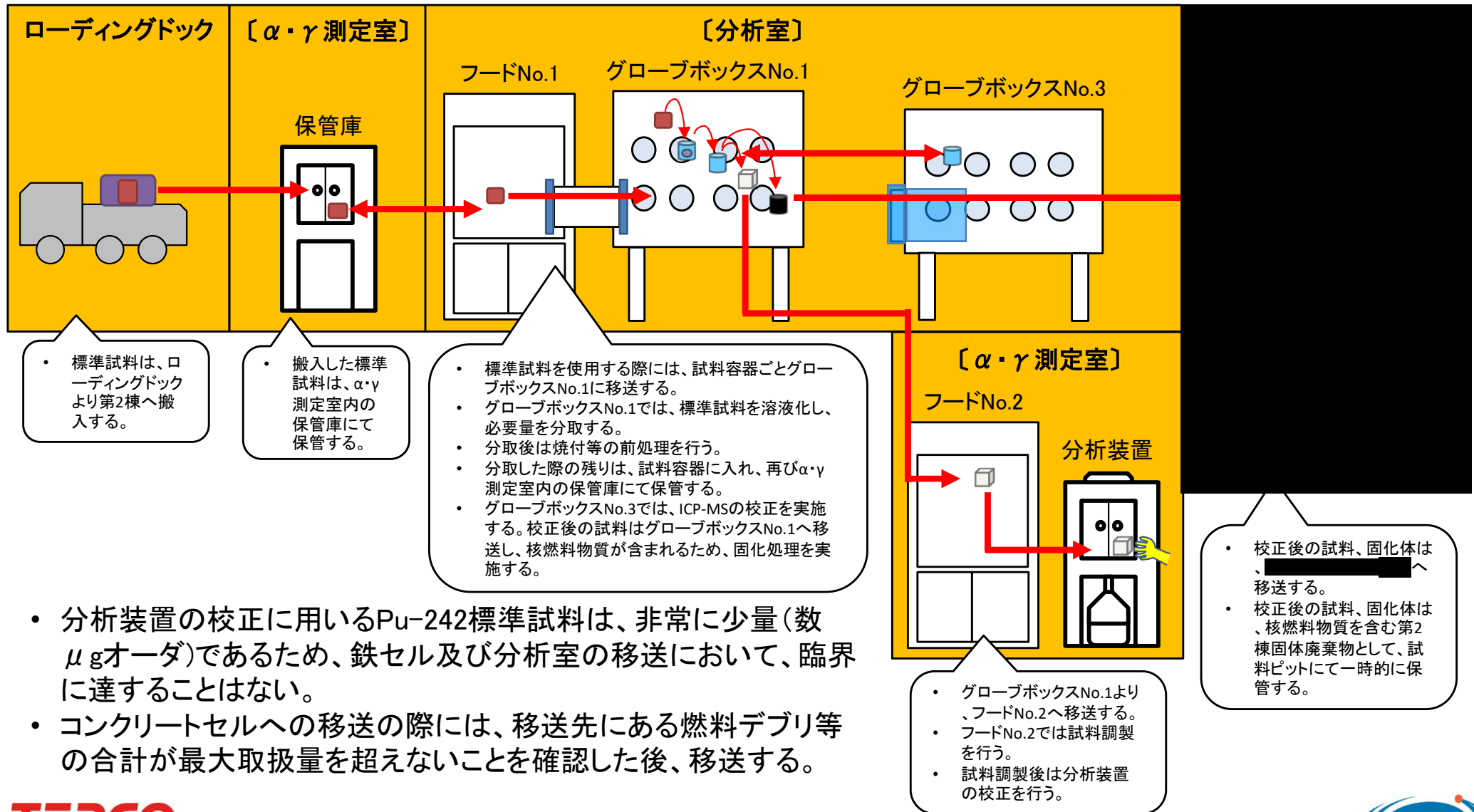
- 分析装置の校正に用いる天然ウラン標準試料は、非常に少量(数 $10\mu\text{g}$ オーダー)であるため、鉄セル及び分析室の移送において、臨界に達することはない。
- コンクリートセルへの移送の際には、移送先にある燃料デブリ等の合計が最大取扱量を超えないことを確認した後、移送する。

1.4. 標準試料の取扱フロー(5/8)

③-1 Pu-242標準試料(分析装置の校正)

- : 標準試料の流れ
- : 移送容器
- : 試料容器

分析装置の校正において標準試料と燃料デブリ等が混合することはない

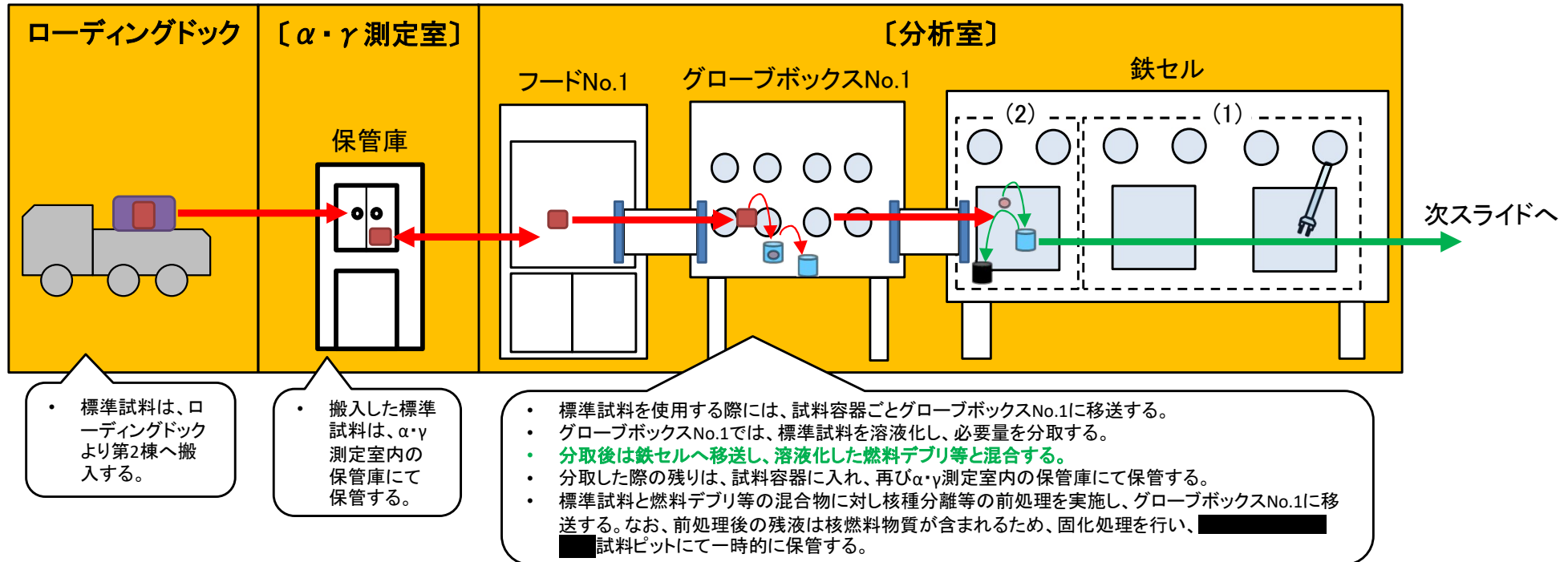


1.4. 標準試料の取扱フロー(6/8)

③-2 Pu-242標準試料(回収率測定_1)

- : 標準試料の流れ
- : 標準試料と燃料デブリ等の混合物の流れ
- : 移送容器
- : 試料容器

回収率測定において標準試料と燃料デブリ等が鉄セルにて混合する



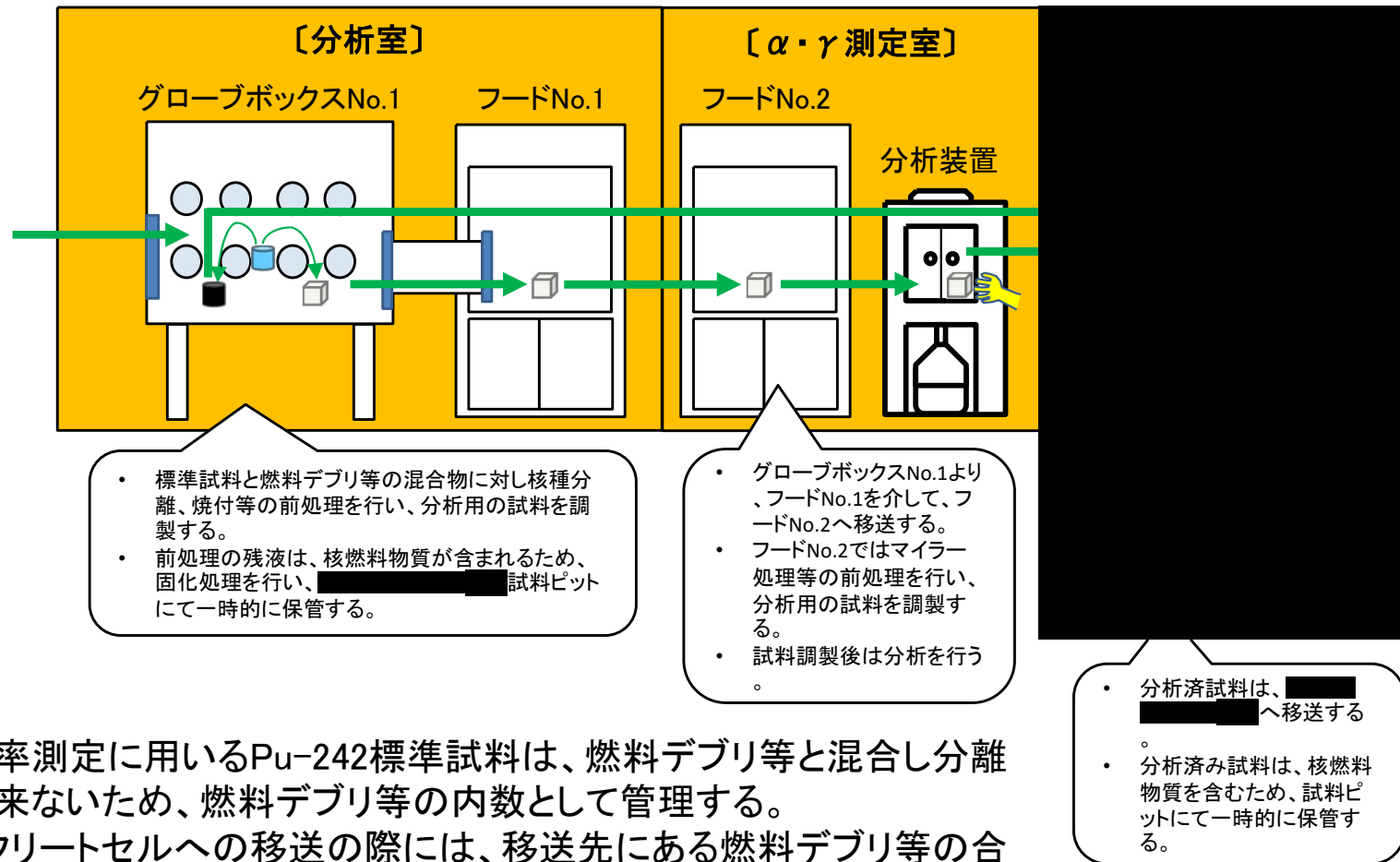
- 回収率測定に用いるPu-242標準試料は、燃料デブリ等と混合し分離は出来ないため、燃料デブリ等の内数として管理する。

1.4. 標準試料の取扱フロー(7/8)

③-2 Pu-242標準試料(回収率測定_2)

- : 標準試料の流れ
- : 標準試料と燃料デブリ等の混合物の流れ
- : 移送容器
- : 試料容器

回収率測定において標準試料と燃料デブリ等が鉄セルにて混合する



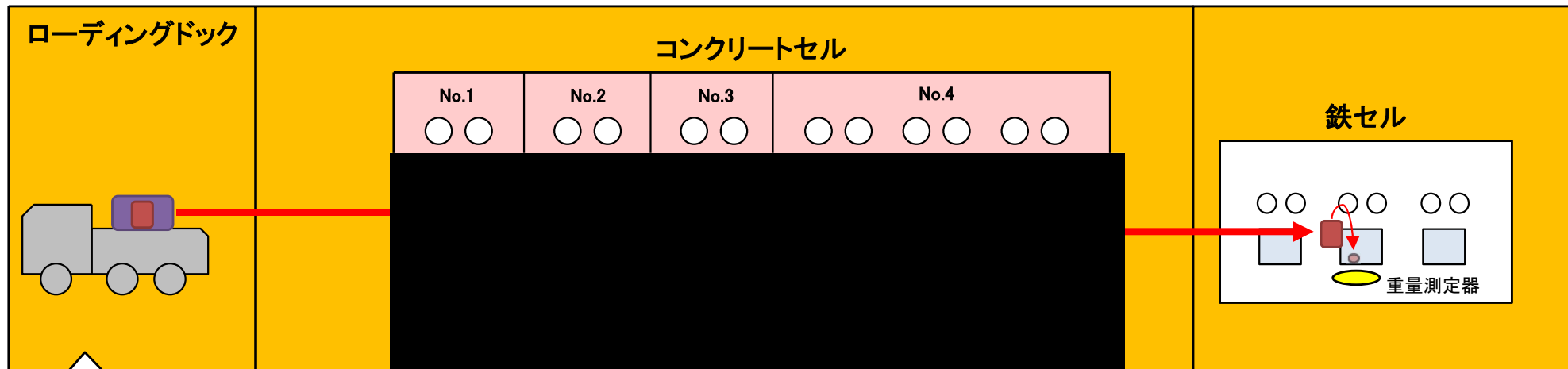
- 回収率測定に用いるPu-242標準試料は、燃料デブリ等と混合し分離は出来ないため、燃料デブリ等の内数として管理する。
- コンクリートセルへの移送の際には、移送先にある燃料デブリ等の合計が最大取扱量を超えないことを確認した後、移送する。

1.4. 標準試料の取扱フロー(8/8)

④ 未照射燃料のフロー(分析装置の校正)

- : 標準試料の流れ
- : 試料容器
- : 移送容器

分析装置の校正において標準試料と燃料デブリ等が混合することはない



- 標準試料は、ローディングドックより第2棟へ搬入する。

- 搬入した標準試料は、XXXXXXXXXX 試料ピットにて保管する。
- 標準試料を使用する際には、試料容器ごとコンクリートセルNo.4に移送する。
- コンクリートセルNo.4では、標準試料の研磨といった前処理を行う。
- 前処理後は、コンクリートセルNo.3または鉄セルへ移送し、分析装置の校正に使用する。
- 分析装置の校正後はXXXXXXXXXX 試料ピットにて保管する。
- 各重量測定器には予備を準備する。

- XXXXXXXXXX 試料ピットから標準試料を取り出すときや、セル間を移送する際には、移送先にある燃料デブリ等の合計が最大取扱量を超えないことを確認した後、移送する。

目次

0. 第2棟の臨界管理について

1. 標準試料の取扱フロー

2. 廃棄物のフロー

規制庁殿コメント：

核燃料物質を含む放射能濃度の高い液体廃棄物及びそれを固化したのものについて、臨界管理上の位置づけ及び搬出先等での取扱いを整理して示すこと。

3. 燃料デブリ等の質量管理

4. キャスク及び容器

2.1. 第2棟固体廃棄物の概要（1/2）

- 第2棟固体廃棄物は以下のような分類を想定している。

○高線量の第2棟固体廃棄物

コンクリートセル、鉄セル及びグローブボックスで発生する固体状の放射性廃棄物で、線量の高いもの（1mSv/h以上）又は核燃料物質が含まれているもの（核燃料物質が含まれているものは、線量の高低に関わらず高線量の第2棟固体廃棄物として管理する）とする。

高線量の第2棟固体廃棄物は、福島第一原子力発電所内の払出先施設に払い出すまで、第2棟内のコンクリートセルNo.4又は ██████████ 試料ピットにて一時的に保管する。また、払い出す際には、遮へい容器を利用して搬出する。

2.1. 第2棟固体廃棄物の概要 (2/2)

➤ 高線量の第2棟固体廃棄物は以下のような管理方法を想定している。

○核燃料物質が含まれるもの

核燃料物質が含まれるものは、線量に関わらず核燃料物質としての管理を徹底し、金属の容器に収納し、XXXXXXXXXX試料ピットにて一時的に保管する。

特に、燃料デブリ等の切断紛等が付着した除染資材等は、切断紛等と完全に分離することが困難であるため、高線量の第2棟固体廃棄物として、上記の管理を行う。

○核燃料物質が含まれないもの

核燃料物質が含まれないものは、金属の容器に収納し、コンクリートセルNo.4内で一時的に保管する。

2.2. 第2棟液体廃棄物の概要

- 第2棟液体廃棄物は以下のような分類を想定している。

○放射能濃度が α : $0.01\text{Bq}/\text{cm}^3$ を超える又は $\beta\gamma$: $37\text{Bq}/\text{cm}^3$ 以上のもの

これらに分類された第2棟液体廃棄物は、コンクリートセル及びグローブボックスにて固化処理後に高線量の第2棟固体廃棄物として、福島第一原子力発電所内の払出先施設へ払い出す。

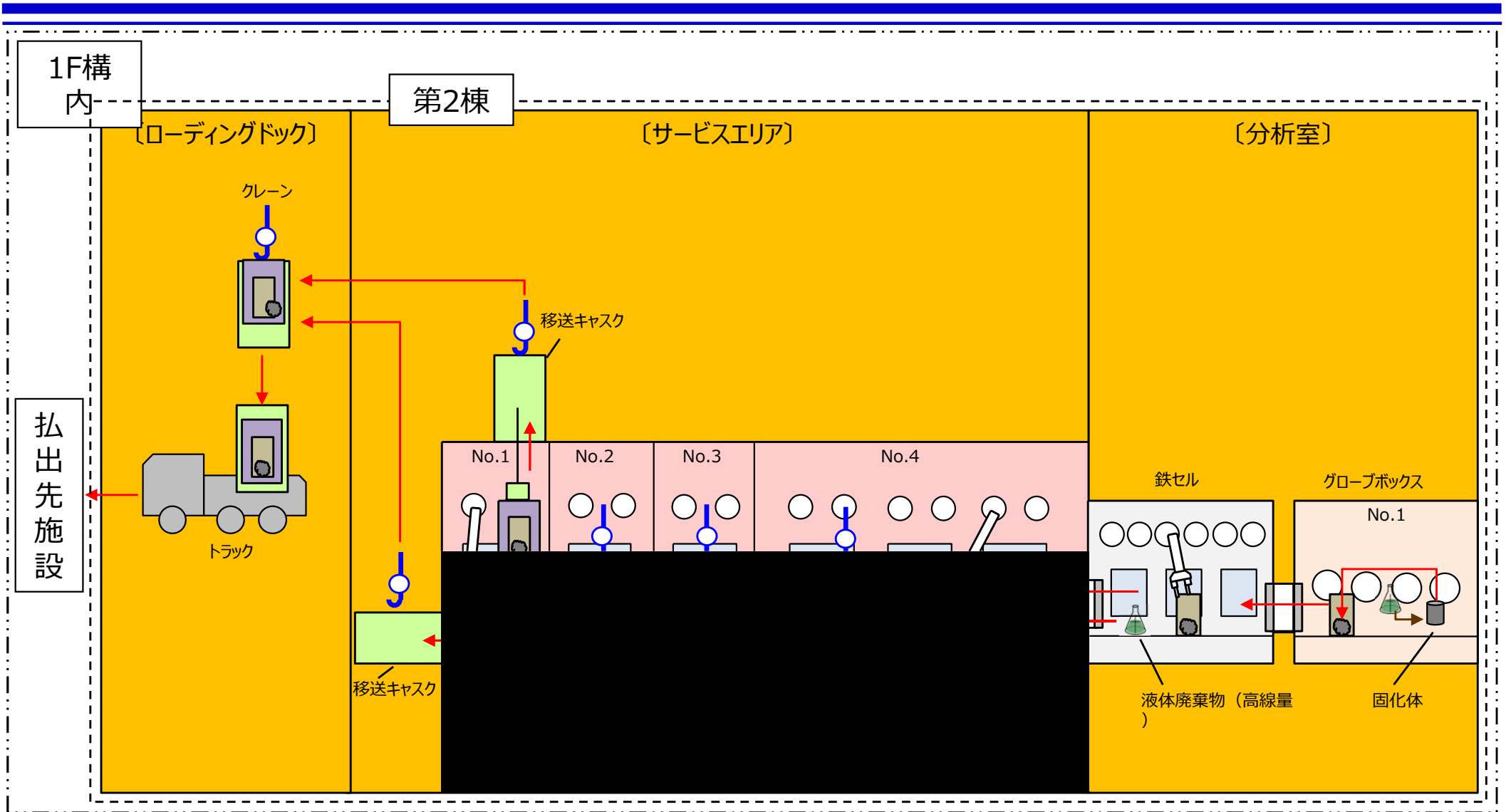
なお、固化処理については、当該液体廃棄物が入った容器（ポリ容器等）に固化剤（セメント材又は石膏材）を加え、攪拌棒等で混練し数日静置後、第2棟固体廃棄物としての管理を行う。

また、混練時には液体と固化剤との水和熱が発生するため、適宜温度を温度計で確認しながら作業を行う。さらに、固化剤は酸性の液体と反応し、ガスを発生させる恐れがあるため、当該液体廃棄物の液性が中性であることを確認した後、固化処理を行う。

なお、機構では一部の液体廃棄物に対して、上記同様の処理方法を採用している。

2.3. 第2棟固体廃棄物に係る概略フロー

- 高線量固体廃棄物（コンクリートセル～グローブボックス） -



目次

0. 第2棟の臨界管理について

1. 標準試料の取扱フロー

2. 廃棄物のフロー

3. 燃料デブリ等の質量管理

規制庁殿コメント：

- 質量管理に用いる計器の信頼性を確保する方策について示すとともに、質量管理上必要とされる測定結果の精度についても示すこと。
- 作業員の手動操作により質量管理を行うとしているが、燃料デブリ等の移送等の際に想定される機器・器具の単一の故障、誤動作又は作業員の誤操作を明示するとともに、それらの発生を考慮したとしても、質量管理上の核的制限値を逸脱しないことを示すこと。

4. キャスク及び容器

3. 燃料デブリ等の質量管理について (1/2)

二重装荷を考慮しても臨界に達しないPuと²³⁵Uを含んだ燃料デブリ等の重量はであるため、第2棟で設定している核的制限値は十分な裕度を持っている。

第2棟の臨界管理上の核的制限値を逸脱しないよう、質量管理に用いる計器の信頼性を確保する方策と、測定結果に要求する精度を示す。

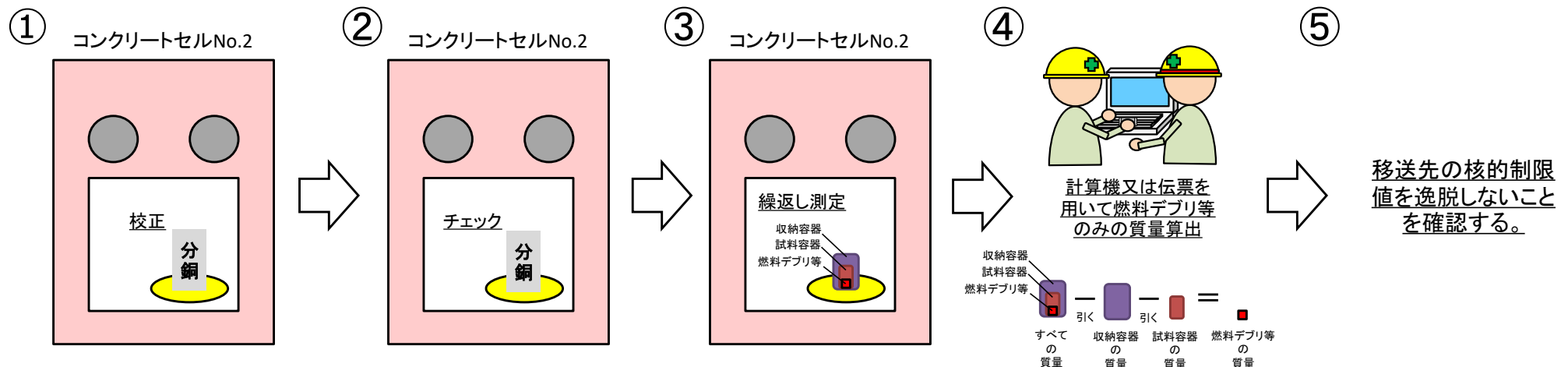
＜質量測定の手順※1＞

- ①分銅を用いて、質量計※2の校正を行う。
- ②分銅を測定し、校正が正しく実施できたことを確認する。
- ③燃料デブリ等、試料容器が収納された収納容器を繰り返し測定する。
なお、コンクリートセルNo.2に導入予定である重量測定器で測定可能な最小値は1gである。
- ④計算機又は伝票を用いて、平均値を求め、平均値の小数点第一位（単位：g）を切り上げ、燃料デブリ等、試料容器が収納された収納容器の質量を求める※3。
- ⑤移送先の核的制限値を逸脱しないことを確認する。

※1：質量測定の手順は、作業員以外の人による確認も出来るよう2名以上で行う。

※2：測定可能な最大値が約30kgの仕様とする。また、予備機をセル外に用意する。

※3：平均値から収納容器及び試料容器の質量を差し引き、燃料デブリ等のみの質量を算出する。



質量測定の手順(イメージ)

3. 燃料デブリ等の質量管理について (2/2)

燃料デブリ等の移送等の際に想定される機器の単一の故障、誤動作又は作業員の誤操作としては、以下が考えられる。

機器の故障、誤動作		内容	対策	
①	質量計内部の基盤故障による誤った計量表示	質量計内部の基盤故障により、計量結果が大きく異なる値が表示される。	分銅を用いたチェックにより、故障していることを把握可能である。また、質量計が故障しても、予備機を用いることで質量管理を継続可能である。	
②	機器故障による質量管理不可	機器故障により、質量測定ができない状態となる。	予備機を用いることで質量管理を継続可能である。	
作業員の誤操作		内容	対策	
③	校正方法の誤り	校正を行う際に、使用する分銅を取り間違えて、正しく校正されていない状態となる。	作業員以外の確認も行えるよう2名以上で行うため、使用する分銅の取り間違いを防止可能である。燃料デブリ等を測定する前に、分銅を用いたチェックを再度行うため、校正方法の誤りを把握可能である。	
④	移送先への二重装荷	〇〇〇〇 →試料ピットへの二重装荷	試料ピットの核的制限値 (〇〇〇〇) を超えた試料を収納し、核的制限値を逸脱する。	計算機又は伝票を用いて質量管理を行うとともに、作業員以外の確認も行えるよう2名以上で行うため、二重装荷を防止可能である。また、二重装荷したとしても、臨界に達しない量で管理する。
		試料ピット→ 〇〇〇〇への二重装荷	保管容器を試料ピットから〇〇〇〇に取り出す際、〇〇〇〇に保管容器が1つ存在する状態で、さらに保管容器を1つ取り出し、〇〇〇〇の核的制限値 (〇〇〇〇) を逸脱する。	
		施設外→ コンクリートセルへの二重装荷	1Fの他施設から第2棟コンクリートセルに試料を受け入れる際、コンクリートセルに試料がある状態で受け入れて、コンクリートセルの核的制限値 (〇〇〇〇) を逸脱する。	

上記のことから、機器の単一の故障、誤動作又は作業員の誤操作を想定した場合においても、核燃料物質が臨界に達しない管理が可能である。

参考資料：第2棟の臨界安全評価

第2棟の臨界安全評価について、以下のとおり評価を行っている。

- 臨界に達しないPuの重量：■■■■
($k_{eff} + 3\sigma$ が 0.95^{*1} となる時の重量)
- 誤操作による二重装荷を考慮しても臨界に達しないPuの重量：■■■■
(上記(1)に二重装荷を考慮した安全係数 0.43^{*2} を乗じる)
- 第2棟における燃料デブリ等の取扱量■■■■に含まれるPuと ^{235}U を加えた重量：■■■■ *3

→Pu+ ^{235}U = ■■■■を含んだ燃料デブリ等の重量は■■■■ *4 に相当

※1：『臨界安全ハンドブック第2版』, 日本原子力研究所, (1999)

※2：『Guide de Criticité』, CEA-R3114, COMMISSARIAT A L'ÉNERGIE ATOMIQUE (1967)

※3：燃料デブリ等■■■■に含まれるPu+ ^{235}U の重量として、■■■■から算出した重量

※4：Pu + ^{235}U = ■■■■を含んだ燃料デブリ等の重量として、■■■■から算出した重量

目次

0. 第2棟の臨界管理について

1. 標準試料の取扱フロー

2. 廃棄物のフロー

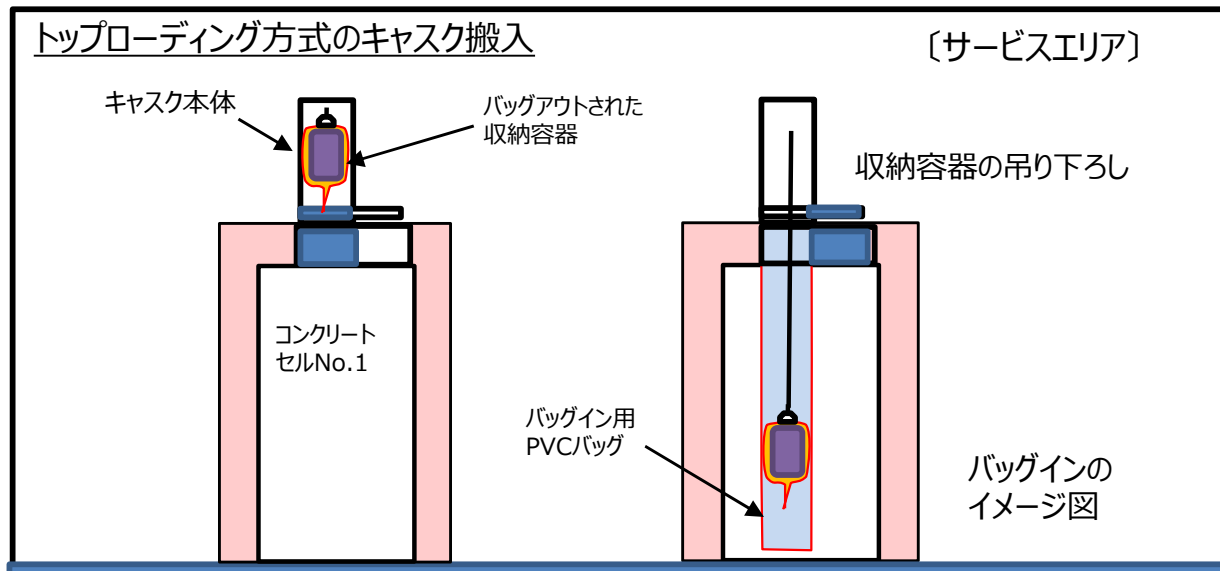
3. 燃料デブリ等の質量管理

4. キャスク及び容器

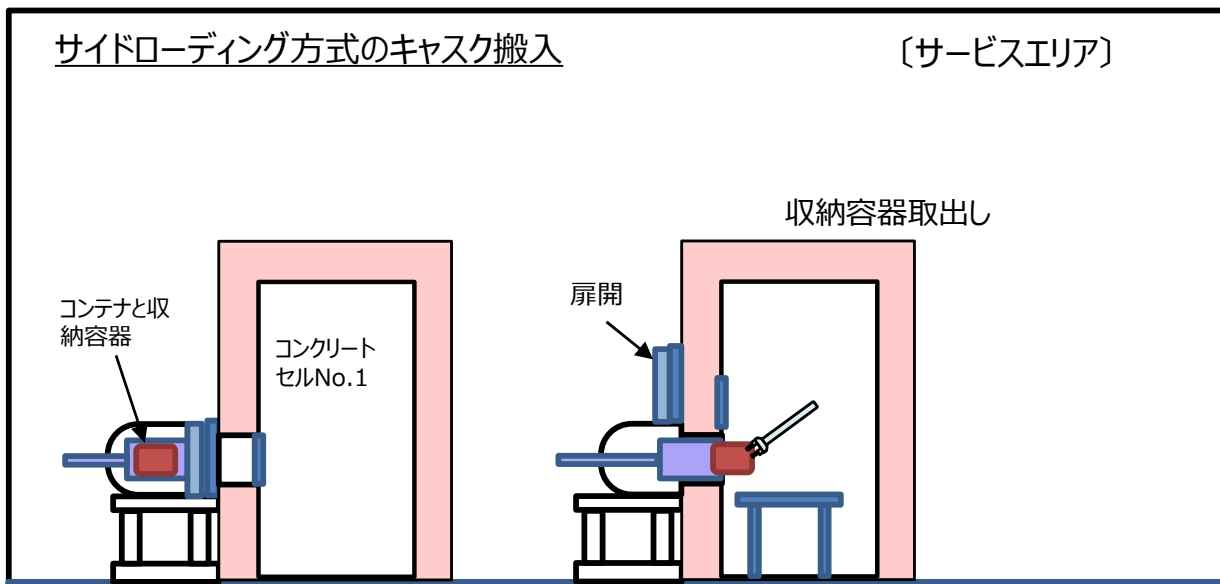
規制庁殿コメント：

トップローディングとサイドローディングの使い分けについて説明すること。

4.1. トップローディングとサイドローディングの考え方及び使い分けについて



トップローディング方式のキャスク
高線量又はサイドローディング方式のキャスクに入らない大きい燃料デブリ等、高線量固体廃棄物を輸送する。セル天井のポートに接続し、キャスク内の内容物を昇降機構により下降させることで、収納容器をセル内部へ搬入する。

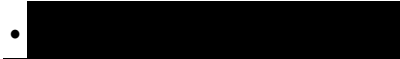


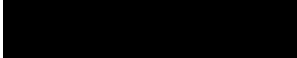


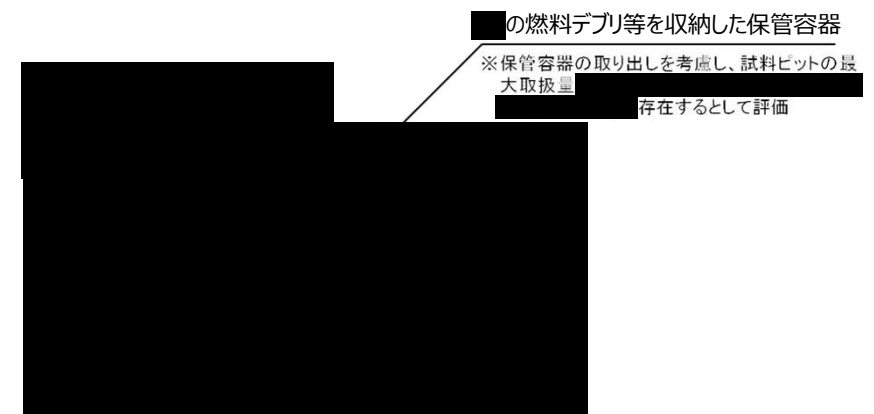
サイドローディング方式のキャスク
少量の燃料デブリ等、高線量固体廃棄物を輸送する。セル側面のポートに接続し、キャスク内のコンテナのみをスライド（押し出し）することにより、コンテナをセルのダブルドア（外面）へと接続する。接続後、マニプレータ等によりセル内のダブルドアの蓋を開け、コンテナ内の収納容器を取出す。

4.2. 試料ピットで用いる保管容器について

容器	用途	安全機能		
		閉じ込め	遮蔽	臨界
輸送容器 (カスク)	燃料デブリ等を輸送する際に使用する容器。トップローディング形式やサイドローディング形式のカスクで、収納容器を収納して使用する。	本申請の対象外		
収納容器	輸送容器で試料を輸送する際に使用する容器。収納容器に試料容器を収納して使用し、カスクの形式によって使い分ける。	—	—	—
試料容器	燃料デブリ等の試料を収納する容器。収納する試料に応じて、金属又は樹脂製等を使用する。	—	—	—
保管容器	試料ピットに試料を保管する際に使用する容器。保管容器に試料容器を収納して使用する。	—	—	○

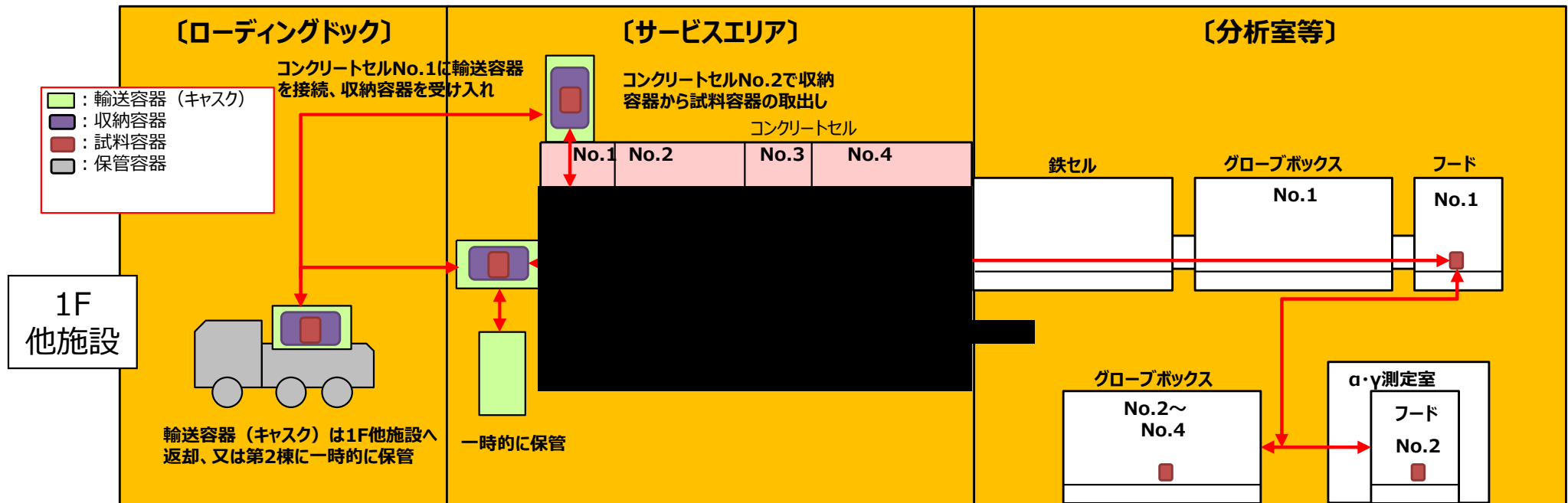
・臨界防止の観点から安全機能を有する容器は保管容器である。

・の試料ピットに保管容器を
で収納するため、形状管理のために保管容器の
とする。



試料ピットの解析モデル

参考資料：第2棟内の燃料デブリ等移送時の容器



第2棟では以下の容器を使い分け、燃料デブリ等を取扱う。

- 輸送容器 (カスク)**
 燃料デブリ等を輸送する際に使用する容器。トップローディング形式やサイドローディング形式のカスクで、収納容器を収納して使用する。
- 収納容器**
 輸送容器で試料を輸送する際に使用する容器。収納容器に試料容器を収納して使用し、カスクの形式によって使い分ける。
- 試料容器**
 燃料デブリ等の試料を収納する容器。収納する試料に応じて、金属又は樹脂製等の容器を使用する。
- 保管容器**
 試料ピットに試料を保管する際に使用する容器。保管容器に試料容器を収納して使用する。

参考資料：標準試料の最大取扱量（1/2）

一部改訂

標準試料の最大取扱量の設定理由を以下に示す。

【U-233標準試料】

- 主に分析装置（ α 線スペクトロメータ）の校正及び分析・試験（U-233, 234, 235, 236, 238）における回収率測定に使用する。
- 年間約 4×10^{-4} mgに相当する放射エネルギーの取扱いを想定している。作業性及び分析試料数が増加した場合の取扱量を考慮し、最大取扱量を1mgとした。

【天然ウラン標準試料】

- 分析装置（高周波誘導結合プラズマ質量分析装置）の校正に使用する。
- 年間約 2×10^{-1} mgに相当する放射エネルギーの取扱いを想定している。作業性及び分析試料数が増加した場合の取扱量を考慮し、最大取扱量を100mgとした。

【Pu-242標準試料】

- 主に分析装置（高周波誘導結合プラズマ質量分析装置）の校正及び分析・試験（Pu-238, 239, 240, 241, 242, Am-242m, Cm-245, 246）における回収率測定に使用する。
- 年間約 2×10^{-3} mgに相当する放射エネルギーの取扱いを想定している。作業性及び分析試料数が増加した場合の取扱量を考慮し、最大取扱量を1mgとした。

参考資料：標準試料の最大取扱量（2/2）

一部改訂

【未照射燃料】

- 主に分析装置（蛍光X線分析装置及び電子線マイクロアナライザ）の校正に使用する。
（これらの分析装置の校正には、測定対象に近い材質かつ濃度の異なる複数の標準試料が必要）
- 上記の標準試料として、天然ウラン、濃縮ウラン、プルトニウム及びこれらの化合物の焼結体（未照射燃料）の取扱いを想定している。
- 分析装置の構成には、濃度の異なる複数の未照射燃料が必要であることから、最大取扱量を■■■■とした。
- なお、未照射燃料中に含まれるプルトニウムは、Pu-242標準試料との合計で1g未満までとする運用を想定している。

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（1／8）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減対策		目的	対応状況	個々の対策に対する適切性
プラントの安定状態維持・継続に向けた計画	原子炉の冷却計画	・中長期的な温度計故障による原子炉冷温停止状態の監視不能リスク	原子炉圧力容器代替温度計の新設		原子炉圧力容器の既設温度計について、既設温度計の故障に備えて、追加温度計を設置できるように、温度監視が可能な箇所を選定し、各号機の温度監視のバックアップが保たれるようにする。	2号機：平成24年10月設置完了 1,3号機：平成31年4月に作業の成立性、温度計設置の成立性の観点から設置が困難である旨報告（毎月、温度計信頼性評価を実施）	①温度計がメンテナンスできないことにより故障し、使用可能な温度計がなくなった場合は冷却状態の監視ができなくなる。 ②温度が監視できなくなるが、直接的に放射性物質の追加放出リスクに影響はない。 ③新旧の温度計はともに建屋内に設置されているため外部事象に対するリスクは小さい。 ④既設温度計は劣化により故障する可能性が増加する。 ⑤2号機の温度計の故障が多いことから2号機を優先的に設置することが妥当である。1,2号機についても順次設置を検討していく予定である。 ⑥対策を実施することにより直接的に増加するリスクはないが、設置環境の線量が高いため被ばく量が増加する。 ⑦既設の圧力容器温度計等の計器の劣化に備え、設置時期、箇所、方法について検討を実施する。
			格納容器内監視計器設置		原子炉格納容器内の既設温度計については、故障した場合、メンテナンスや交換ができないことから、原子炉格納容器内部の冷温停止状態の直接監視のために、代替温度計を格納容器貫通部から挿入する。	1号機：平成24年10月設置完了 2号機：平成24年9月設置完了 平成25年8月追加設置完了 3号機：平成27年12月設置完了	①温度計がメンテナンスできないことにより故障し、使用可能な温度計がなくなった場合は格納容器内の冷却状態の監視ができなくなる。 ②温度が監視できなくなるが、直接的に放射性物質の追加放出リスクに影響はない。 ③新旧の温度計はともに建屋内に設置されているため外部事象に対するリスクは小さい。 ④既設温度計は劣化により故障する可能性が増加する。 ⑤3号機の原子炉建屋内は線量が高いため、1,2号機の設置を優先させることは妥当である。3号機については、設置作業ができるよう環境改善後、速やかに設置する計画を立案する。 ⑥対策を実施することにより直接的に増加するリスクはないが、設置環境の線量が高いため被ばく量が増加する。 ⑦既設の格納容器温度計等の計器の劣化に備え、設置時期、箇所、方法について検討を実施する。
プラントの安定状態維持・継続に向けた計画	原子炉の冷却計画	・注水機能停止リスク ・放射性物質の系外放出リスク	循環注水冷却水源の信頼性向上対策	復水貯蔵タンクへの運用変更と復水貯蔵タンク炉注水ポンプ配管のポリエチレン管化	原子炉注水設備について、水源を仮設バッファタンクから、既設の復水貯蔵タンクに変更することにより、水源保有水量の増加、水源の耐震性向上を図る。さらに配管距離の短縮、ポリエチレン管の新設配管設置により、注水機能喪失及び漏えいリスクの低減を図る。	平成25年7月復水貯蔵タンクの運用開始 平成26年2月復水貯蔵タンク炉注水ポンプ配管のポリエチレン管化対策完了	①炉注設備は既に多様性、多重性を備えており、一定の信頼性は確保されているが、期待される更なる信頼性向上が図れない。 ②炉注機能が停止した場合の放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③水源を復水貯蔵タンクに変更することにより水源の耐震性が高くなるためリスクは低減する。 ④現行設備でも適切な保全により長期間使用可能と考えており、時間的なリスクの変化は小さい。 ⑤炉注設備の信頼性を向上させることはリスク低減に寄与するため可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施することにより直接的に増加するリスクはないが、設置環境の線量が高いため被ばく量が増加する。 ⑦対策を実施できないリスクはない。
				漏えい時の敷地外放出防止対策（堰や漏えい検出設備等の設置検討）	原子炉注水設備の配管等に漏えいが発生した場合の敷地外放出防止・早期検知のために堰や漏えい検出設備を設置する。	平成25年12月設置完了	①漏えい時における放射性物質の追加放出リスクが低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③漏えい拡大防止を目的としており、外部事象に対する設備破損リスクは変化しない。 ④漏えい拡大防止を目的としており、時間的にリスクは変化しない。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない。
				仮設ハウスの恒久化対策	原子炉注水設備のポンプ等を恒久化したハウス内等に配置することにより、台風、塩害、凍結等の外部事象による設備の故障防止を図る。	平成25年2月設置完了	①凍結等の外部事象リスクが低減しない。 ②炉注機能が停止した場合の放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③仮設ハウスを恒久化することで外部事象に対するリスクは低減する。 ④仮設ハウスを恒久化するものであり、時間的なリスクは変化しない。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない。
			建屋内循環ループ構築	水処理設備など建屋外に設置された設備を経由しない循環ループを形成し、系外への放出リスクを低減する。また、建屋内滞留水をそのまま冷却水として使用することにより、水処理設備等の処理量、あるいは原子炉格納容器からの漏えい水量に依存せずに、原子炉注水量を増加させるシステムが構築出来る。	平成28年10月運用開始 (建屋滞留水循環冷却は、燃料デブリ取り出しに合わせ検討中)	①大循環ループからの漏えいリスクが低減しない。 ②屋外に敷設されているループ長が縮小する分、漏えいリスクを低減する。 ③建屋内に設置することで、気象等に関わる外部事象に対するリスクが低減する。 ④現行設備でも適切な保全により長期間使用可能と考えており、時間的なリスクの変化は小さい。 ⑤建屋内循環ループを構築する前段階として、滞留水水质、作業環境や格納容器止水作業等との干渉も含めて取水場所等を検討する必要があるため、目標時期までに対策できるよう、実施に向けての調査・検討を行っている。 ⑥作業員の被ばくリスクに加え、建屋内が高線量となるリスクがある。 ⑦滞留水水质の傾向監視、ライン構成の最適化、除染等の環境改善等を考慮し、効果的な対策となるよう検討していく必要がある。	

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（2／8）

ロードマップ関連項目	想定されるリスク	リスク低減対策	目的	対応状況	個々の対策に対する適切性	
プラントの安定状態維持・継続に向けた計画	原子炉の冷却計画	<p>・原子炉圧力容器・格納容器内不活性雰囲気維持機能喪失リスク</p>	<p>原子炉圧力容器・格納容器への窒素供給装置の増設</p>	<p>窒素供給装置は常用している2台の内1台の運転で、原子炉格納容器内の水素濃度を可燃濃度（4％）以下に維持するのに十分な性能を保持している。また運転号機が停止しても予備の装置を起動するまでの余裕時間も十分確保（100時間以上）されていることから、常用1台の運転で問題はないが、更なる信頼性向上のため、常用の窒素ガス分離装置を1台増設する。</p>	<p>平成25年3月設置完了</p>	<p>①原子炉格納容器内窒素封入設備は、非常用電源を装備した窒素供給装置の設置により多重性を確保しているものの、常用機器の長期間停止を伴う点検等を行う場合には、常用機器が単一状態となる。 ②現状の設備設置状況でも機器の多重性を確保していること、運転号機が停止した場合の停止余裕時間も十分に確保（100時間以上）されていることから、今回の更なる信頼性向上対策が無くとも、水素爆発の可能性は十分に低く抑えられていると考えている。 ③高台に設置することにより、外部事象に対するリスクは低減する。 ④設備の経年的な劣化により窒素供給設備が故障するリスクが増加するが、装置の増設により、より適切な保守管理が可能となる。 ⑤窒素供給装置の信頼性を向上させることはリスク低減に寄与するため、早期に実施することが望ましく既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦実施できないリスクはない。</p>
		<p>・原子炉圧力容器・格納容器内不活性雰囲気維持機能喪失リスク</p>	<p>水素の滞留が確認された機器への窒素ガス封入</p>	<p>サブプレッションチェンバ(S/C)気相部等の高濃度の水素滞留が確認された機器について、窒素ガスの封入等により不活性状態にする。</p>	<p>1号機：平成24年10月より対応中 2号機：平成25年5月より対応中 3号機：S/C内閉空間気相部の水素残留状況の調査を検討中</p>	<p>①今回確認されたサブプレッションチェンバ内の高濃度の水素は、事故初期に発生したものの残留物であると考えられ、酸素濃度が低いことや現在まで閉空間内に安定して存在してきたことを鑑みると、水素爆発が発生する緊急性は低いと考えられる。しかしながら、水素パージを行わなければ、この状況が継続する。 ②サブプレッションチェンバは格納容器の一部であること、閉空間の容積によっては水素の残留量が大きい可能性があることから、万一水素爆発が発生した際に放射性物質が放出されるリスクがあるが、本対策により低減ができる。 ③水素パージにより外部事象に対する水素爆発のリスクは低減する。 ④事故後現在まで安定した状態を維持していることや水の放射線分解の寄与は小さいと考えられること、格納容器内については窒素封入により不活性状態は維持され、格納容器ガス管理設備により水素濃度を監視していることから、時間的リスクが急激に増加することはないと考えられる。 ⑤サブプレッションチェンバ補修工事等の関連工事や現場線量環境を考慮した上で、現場調査等を慎重に行い、高濃度の水素が確認された場合には、早期に対策を実施する必要がある。 ⑥建屋内の高線量作業であるため、作業員の被ばくリスクに加え、水素濃度の挙動を確認しつつ作業を行う必要がある。 ⑦現場の状況を踏まえて安全に水素パージができるように窒素封入方法を検討する必要がある。</p>

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（3／8）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減対策		目的	対応状況	個々の対策に対する適切性
プラントの安定状態維持・継続に向けた計画	滞留水処理計画	・放射性物質の系外放出リスク	汚染水処理設備等の信頼性向上	滞留水移送・淡水化装置周りの耐圧ホースのポリエチレン管化	滞留水移送・処理設備において耐圧ホースを使用している箇所をより信頼性の高いポリエチレン管等に交換することにより、滞留水、処理水の漏えいリスク、漏えい水による他の設備損傷リスク、漏えい時の作業環境悪化リスクの低減を図る。	平成 24 年 8 月対策完了	①滞留水移送ラインからの放射性物質の追加放出リスクが低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③ポリエチレン管等へ取替を行うことにより、地震等の外部事象に対するリスクは低減する。 ④ポリエチレン管等へ取替を行うことにより、時間的な設備劣化損傷リスクは低減する。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦ポリエチレン管等の敷設が出来ない場合は、堰等により漏えいの拡大防止を図る。
				中低濃度タンク増設、及びRO濃縮水一時貯槽のリプレース	ALPS 処理水の貯留場所確保のために中低濃度タンクを増設する。	令和 2 年 12 月目標容量の中低濃度タンク設置を完了（合計 137 万 m ³ ）	①日々増加し続ける ALPS 処理水の保管場所が無くなり、貯留できなくなるリスクがある。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③貯蔵量を確保することが目的であり、外部事象に対するリスクは変化しない。 ④中低濃度タンクの経年劣化により漏えいリスクは増加する。 ⑤貯留場所確保のため、計画的に増設していく必要があり、既に実施している。 ⑥滞留水・処理水貯蔵量の増加により、漏えいリスクは増加する。 ⑦中低濃度タンク設置場所には限界があるため、緩和措置として、地下水流入量低減対策を確実に実施する必要がある。
				中低濃度タンクエリアへの堰等の設置	中低濃度タンクエリアに堰等を設置することにより、貯蔵タンクからの漏えいの早期発見と大規模漏えい時の系外への拡大防止	中低濃度タンク設置に合わせ順次実施。目標容量（137 万 m ³ ）の中低濃度タンク設置分は、漏えい拡大防止策を実施済	①漏えい時における放射性物質の追加放出リスクが低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③漏えい拡大防止を目的としており、外部事象に対するリスクは変化しない。 ④漏えい拡大防止を目的としており、時間的にリスクは変化しない。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない。
			多核種除去設備の設置	本設備により、汚染水処理設備の処理済水に含まれる放射性核種（トリチウムを除く）を十分低い濃度まで除去することにより、汚染水貯蔵量の低減ならびに中低濃度タンク貯留水の放射能濃度低減による漏えい時の環境影響の低減を図る。	既設 ALPS：令和 4 年 3 月より本格運転開始 増設 ALPS：平成 29 年 10 月より本格運転開始 高性能 ALPS：平成 26 年 10 月ホット試験実施済	①大量の放射性物質を含んだ汚染水を保有し、漏えいするリスクが低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③汚染水の処理により外部事象に対する中低濃度タンク等からの大量の放射性物質を含んだ汚染水が漏えいするリスクは低減できる。 ④多核種除去設備の稼働が遅れることにより、汚染水貯留量が増加し中低濃度タンク等からの大量の放射性物質を含んだ汚染水が漏えいするリスクは増加する。 ⑤可能な限り早期に実施することが必要であり、ホット試験を実施中である。 ⑥二次廃棄物の長期保管ならびに漏えいリスクが発生する。 ⑦対策を実施できないリスクはないが、実施できない場合中低濃度タンクを増設し汚染水を貯留する。	
			可能なトレンチから順次、止水・回収の実施	トレンチ内の滞留水を回収し、系外への漏えい防止を図る。	可能なトレンチ等から順次、止水・回収を実施中 海水配管トレンチ内汚染水除去完了 2号機： 平成 27 年 6 月（トレンチ内滞留水移送完了） 平成 29 年 3 月（立坑充填完了） 3号機： 平成 27 年 7 月（トレンチ内滞留水移送完了） 平成 27 年 8 月（立坑充填完了） 4号機： 平成 27 年 12 月（トレンチ内滞留水移送完了、立坑充填完了） 1号機：対応中	①津波の浸入等により滞留水が敷地外へ流出するリスクが低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③対策を実施することにより津波の浸入等による滞留水が敷地外へ流出するリスクは低減する。 ④現在でも適切な管理を行っているが、高濃度滞留水のコンクリート健全部中の拡散を評価したところ、トレンチ部は 10～13 年で外表面に達するリスクがある。 ⑤止水方法の成立性等を検討し、可能なトレンチから順次実施していくことが望ましく、また、並行して津波対策を実施予定。 ⑥対策を実施するリスクは小さいが、トレンチ内滞留水の処理が必要となる。 ⑦現場の状況を踏まえた止水方法等を検討する必要がある。	

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（4／8）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減対策	目的	対応状況	個々の対策に対する適切性
プラントの安定状態維持・継続に向けた計画	滞留水処理計画	・放射性物質の系外放出リスク	建屋の津波対策（建屋開口部の閉鎖・水密化）	仮設防潮堤を超える津波が建屋開口部から浸入し、建屋地下に滞留している高濃度滞留水が系外へ漏えいしないよう建屋開口部の閉鎖・水密化等を行う。	令和4年1月建屋開口部閉止（合計127箇所）完了	①津波の浸入等により滞留水が敷地外へ流出するリスクが低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③対策を実施することにより津波の浸入等による滞留水が敷地外へ流出するリスクは低減する。 ④現在でも適切な管理を行っている上、水処理の継続により、滞留水中のインベントリは低減していく方向であるが、時間的なリスクの変化は小さい。 ⑤現場状況を勘案し、対策の必要な箇所については、可能な限り早期に実施することが望ましい。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦現場の状況を踏まえた止水方法等を検討する必要がある。
		・滞留水の発生量の増加リスク	サブドレンの復旧	建屋周辺の地下水を汲み上げる設備（サブドレン）を復旧し、地下水位を下げることにより、建屋内への地下水流入量の低減を図る。	平成27年9月サブドレン稼働開始	①建屋への地下水流入量が減少しないため、汚染水の増加リスクは低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③地下水流入量低減を目的としており、外部事象に対するリスクは変化しない。 ④水処理の継続により、滞留水中のインベントリは低減していく方向であるものの、建屋への地下水の流入量を低減できないため、建屋内滞留水の漏えいリスクが増加する。 ⑤可能な限り早期に実施していく必要があり、復旧計画を検討中。 ⑥対策を実施するリスクは小さいが、サブドレン水の浄化が必要となる。 ⑦他の地下水流入量低減対策として、地下水バイパスを早期に稼働することで地下水流入量抑制を図る。
			地下水バイパスの設置	建屋周辺の地下水は山側から海側に向かって流れていることから、建屋山側の高台で地下水を揚水し、その流路を変更して海にバイパスすることにより、建屋周辺の地下水位を段階的に低下させ、建屋への地下水流入量の低減を図る。	平成26年5月地下水バイパス稼働開始	①建屋への地下水流入量が減少しないため、汚染水の増加リスクは低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③地下水流入量低減を目的としており、外部事象に対するリスクは変化しない。 ④水処理の継続により、滞留水中のインベントリは低減していく方向であるものの、建屋への地下水の流入量を低減できないため、建屋内滞留水の漏えいリスクが増加する。 ⑤干渉する作業などはないことから、可能な限り早期に実施することが望ましい。 ⑥揚水井稼働により建屋の周辺地下水位が下がりすぎ、建屋の汚染水が流出するリスクやバイパスの揚水井に汚染した地下水を引き込み、海域へ放出されるリスクへの対応が必要である。 ⑦揚水井を稼働しても建屋への地下水流入が想定どおり減少しない場合も考慮し、水処理・貯留場所の確保を行う必要がある。

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（5／8）

ロードマップ関連項目	想定されるリスク	リスク低減対策	目的	対応状況	個々の対策に対する適切性	
プラントの安定状態維持・継続に向けた計画	電気系統設備の信頼性向上	・単一故障による電源停止リスク	タービン建屋内所内高圧母線設置及び重要負荷の供給元変更	1系統で供給していた重要負荷に対し、タービン建屋2階に設置する2系統の所内高圧母線から供給できるようにすることで信頼性を向上させる。	平成25年3月タービン建屋内所内高圧母線設置完了 平成25年7月重要負荷の供給元変更完了	①1系統で電源供給している重要負荷については、電源喪失時は一部小型発電機にて機能維持ができるが、機能喪失に繋がるリスクは低減しない。 ②重要度の高い原子炉注水設備の更なる信頼性向上に寄与するとともに、使用済燃料プール設備の一部の動的機器について、電源を2系統から供給できるようになるため、燃料の損傷による放射性物質の追加放出リスクを低減できる。 ③タービン建屋2階に設置されている所内高圧母線から供給できることにより、津波に対する電源喪失リスクは低減する。 ④長期的には、電気設備の経年的な劣化故障による重要負荷の電源喪失のリスクは増加する。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない
		・津波浸水による電源喪失リスク	共用プール建屋の防水性向上	所内共通ディーゼル発電機A、Bが設置されている共用プール建屋に対して津波対策として防水性を向上させる。	平成25年9月対策完了	①共用プール建屋内への津波の浸入による所内共通ディーゼル発電機の電源供給機能喪失のリスクは低減しない。 ②共用プール建屋内への津波の浸入を防止することで、所内共通ディーゼル発電機の電源供給機能が維持できるため燃料の損傷による放射性物質の追加放出リスクは低減する。 ③津波による所内共通ディーゼル発電機の電源供給機能喪失のリスクを低減できる。 ④時間的なリスクの変化はない。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、実施に向け検討を進めている。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦現場の状況を踏まえた方法を検討する必要がある。
		・電源喪失時の復旧遅延リスク	小型発電機・電源盤・ケーブル等の資材の確保	津波・地震による全交流電源喪失を伴う異常時に備えて、重要設備の復旧作業に必要な屋外照明等の資材を確保する。	平成25年3月対策完了	①津波や地震により全交流電源喪失を伴う異常が発生した場合に、屋外照明等が無いことにより重要な設備の緊急復旧作業が遅延するリスクがある。 ②放射性物質の追加放出リスクはないが、全交流電源喪失等の異常が発生した場合に、照明が無いことにより重要な設備の緊急復旧作業が遅延するリスクがある。 ③復旧資材の確保に対して外部事象に対するリスクはない。 ④時間的なリスクの変化はない。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない
			所内高圧母線M/C（非常用D/G M/Cを含む）の免震重要棟からの遠方監視・操作装置の新設	免震重要棟からの遠方監視・操作を可能とし、異常の早期検知を図る。	平成25年1月対策完了	①電源喪失時に異常の検知等が遅れることで復旧作業が遅延するリスクがある。 ②対策を実施することで原子炉注水設備等の重要負荷の電源供給機能の長期機能喪失を防止することができるため、燃料の損傷等による放射性物質の追加放出リスクは低減する。 ③対策を実施することで外部事象に対する電源供給機能の長期喪失リスクは低減する。 ④時間的なリスクの変化はない。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に完了している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない。

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（6／8）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減対策	目的	対応状況	個々の対策に対する適切性	
発電所全体の放射線量低減・汚染拡大防止に向けた計画 I-2-4-添1-6	海洋汚染拡大防止計画	・放射性物質が地下水に流出した際の海洋への放出リスク	遮水壁の設置	建屋内の汚染水が地下水に流出した場合、汚染された地下水が地下の透水層を経由して海洋に流出することを防止する	平成 27 年 10 月設置完了	①汚染水が地下水に流出した場合の汚染水が海洋等へ流出するリスクが低減しない。 ②汚染水が地下水に流出した場合、放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③敷地内の汚染水保管設備が破損した場合、遮水壁が汚染水流出の歯止めとなるため、外部事象に対するリスクは低減できる。 ④汚染水流出の歯止めが目的であり、リスクの時間的な変化はない。 ⑤干渉する作業などはないことから、早期に設置することが望ましく、既の実施している。 ⑥地下水ドレンでくみ上げた水により構内の保管水量が増加する。 ⑦対策を実施できないリスクはない。	
		・港湾内の放射性物質の海洋への拡散リスク	港湾内海底土の浚渫・被覆等	港湾内の環境改善のために海底の汚染土の除去と大型船舶の航路・泊地を確保することを目的に、港湾内海底土の浚渫・被覆等を実施する。 浚渫した土は航路・泊地エリア外に一時的に集積させることとし、集積した土については再拡散防止のため、被覆等を実施する。	平成 28 年 12 月対策完了	①港湾内の海底土が波浪等により再拡散し、港湾外に放出するリスクが低減しない。 ②波浪等により海底土が再拡散した場合、放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③対策を実施することで外部事象により海底土が再拡散するリスクは低減する。 ④海底土の拡散防止が目的であり、リスクの時間的な変化はない。 ⑤港湾内の船舶航行及び海上作業の輻輳状況を把握した上で、実施時期を検討する。 ⑥海底土が再拡散しない施工方法を選択することによりリスクは小さくなる。 ⑦対策を実施できないリスクはない。	
	放射性廃棄物管理及び敷地境界の放射線量低減に向けた計画	ガレキ等	・敷地内被ばくリスク	瓦礫類の覆土式一時保管施設の増設 または一時保管エリアAの追加遮へい	施設内に保管されている発災以降発生した瓦礫や汚染水等による敷地境界線量 1mSv/年未満を達成するため、瓦礫等の保管施設の増設等を実施する。また、これらの作業により、敷地内全体の雰囲気線量も低減され、作業環境の改善にもなる。	平成 27 年 6 月設置完了	①「措置を講ずべき事項」に要求されており、対策を実施しない場合、平成 25 年 3 月末時点での敷地境界線量 1mSv/年未満の目標達成が困難となる。 ②敷地境界線量の目標達成が目的であり、放射性物質の追加放出リスクは小さい。 ③対策を実施することにより、竜巻等による瓦礫等の飛散するリスクは低減する。 ④敷地境界線量の目標達成が目的であり、時間的なリスクの変化はない。 ⑤平成 24 年度内に達成することを目標としており、作業としては既の実施している。 ⑥対策を実施することで、作業員等への被ばくが発生する。その為、線量管理等を適切に実施することが必要。 ⑦対策を実施できない場合、施設内に保管されている発災以降発生した瓦礫や汚染水等による平成 25 年 3 月末時点での敷地境界線量 1mSv/年未満が達成できなくなる。なお、代替策は時間的な制約から困難である。また、保管施設設置場所は限界があるため、放射性廃棄物の減容等を確実に実施する必要がある。
				覆土式の伐採木一時保管槽の設置		平成 24 年 12 月設置完了	
		水処理二次廃棄物	・敷地内被ばくリスク ・放射性物質の系外放出リスク	使用済セシウム吸着塔一時保管施設（第三施設、第四施設）の設置		第三施設：平成 26 年 2 月設置完了 第四施設：平成 25 年 6 月設置完了	
				吸着塔保管施設の遮へい設置ならびに吸着塔の移動		遮へい設置：平成 25 年 3 月設置完了 移動：平成 26 年 3 月移動完了	
	気体廃棄物	・放射性物質の系外放出リスク	2号機ブローアウトパネルの閉止	2号機原子炉建屋ブローアウトパネルを閉止することで、原子炉建屋から大気への放射性物質の放出を抑制する。	平成 25 年 3 月閉止完了	①対策を実施しない場合、原子炉建屋から放射性物質が放出する状態が継続する。 ②原子炉の状態に変化がなければ、追加放出リスクに変化はない。 ③対策を実施することにより暴風等の外部事象に対するリスクは低減する。 ④時間的なリスクの変化はない。 ⑤早期に実施する必要があるが、ブローアウトパネルを閉止することで、原子炉建屋内の作業環境悪化が懸念されることから、空調設備設置完了後に実施する。 ⑥対策を実施することで原子炉建屋内の作業環境悪化が懸念されるため、これらを改善するための空調設備の設置が必要。 ⑦現場の状況を踏まえた方法等を検討する必要がある。	
			3, 4号機使用済燃料取出用カバーの設置、フィルタ付換気設備の設置・運転	使用済燃料プールから燃料を取り出すにあたって、作業時の放射性物質の舞い上がりによる大気への放射性物質放出を抑制するため、カバー並びに換気設備の設置を行う。	3号機：平成 30 年 2 月燃料取り出し用カバー設置完了 4号機：平成 25 年 11 月燃料取り出し用カバー設置完了 3号機：平成 30 年 6 月換気空調設備設置完了 4号機：平成 25 年 10 月換気空調設備設置完了	①対策を実施しない場合、使用済燃料取出し作業に伴う舞い上がりにより、放射性物質が放出するリスクが低減しない。 ②使用済燃料取出し作業に伴う舞い上がりによる放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③カバーの設置により、風雨により作業性が悪化するリスクを低減できる。 ④時間的なリスクの変化はない。 ⑤早期に実施していく必要があり、既に工事を実施している。 ⑥対策を実施することで、作業員等への被ばくが発生する。その為、線量管理等を適切に実施することが必要。 ⑦現場の状況を踏まえた方法等を検討する必要があり、現場の状況により使用済燃料の取り出し作業が遅れるリスクがある。	
	敷地内除染計画	・敷地内被ばくリスク	敷地内の除染計画の策定・実施	敷地内の雰囲気線量を低減させることにより、作業被ばくを低減させるとともに、ノーマスクエリア等を拡大し、作業員の作業負担軽減を図る。	平成 30 年 5 月以降除染や舗装等の対策により構内全体の96%のエリアで一般作業服と防塵マスク等の軽装備で作業が可能	①対策を実施しない場合、敷地内の雰囲気線量が低減しない。 ②被ばく抑制が目的であり、放射性物質の追加放出リスクは小さい。 ③外部事象に対するリスクは小さい。 ④時間的なリスクの変化はない。 ⑤対象範囲が広範囲であること、一部雰囲気線量が非常に高い所もあることから、段階を踏んで、計画的に実施していくことが必要。現在、その認識の基、比較的に効果が見込めるエリアを選定し、作業を実施している。 ⑥対策を実施することで、作業員等の被ばくが増加する。その為、線量管理等を適切に実施することが必要。 ⑦現場の線量に応じた除染方法を検討する必要がある。	

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（7/8）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減対策		目的	対応状況	個々の対策に対する適切性	
I-2-4-添1-7 使用済燃料プールからの燃料取出計画	1～6号機 使用済燃料 プール	・冷却機能喪失リスク	1～4号機使用済燃料プール循環冷却設備の信頼性向上対策	予備品の確保	SFP冷却については、震災後設置した冷却設備等により継続してプールの冷却・浄化等を実施している。昨年に設置した設備の故障等により、冷却機能が一時停止する事象が発生したため、これらの再発を防止するため予備品の確保並びに電源の多重化を行う。	平成25年4月対策完了	①電源停止等により冷却機能が一時的に喪失するリスクが低減しない。 ②冷却機能が長期間喪失した場合の使用済燃料からの放射性物質の追加放りリスクは大きい。 ③外部事象に対するリスクは継続する。 ④長期的には、電気設備の経年的な劣化故障による重要負荷の電源喪失のリスクは増加する。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない。	
				所内電源（M/C）多重化		1, 2号機：平成25年3月対策完了 3, 4号機：平成25年6月対策完了		
	共用プール	・貯蔵容量の不足リスク	共用プールから仮保管設備への燃料移動	共用プールには保管容量6840本に対して、既に6377本保管している。今後、使用済燃料プールから使用済燃料を受け入れるため、十分に冷却が進んだ使用済燃料を乾式キャスクに移し、共用プールの燃料受入容量を確保する。	共用プールM/C設置	共用プールの電源設備について、M/C（A）（B）を復旧することで、信頼性を向上させ、冷却機能維持に努める。	平成25年6月以降順次実施	①対策を実施しない場合、使用済燃料プールからの燃料移送が困難となり、使用済燃料プールでの冷却機能喪失時におけるリスク等が低減されない。 ②冷却機能が長期間喪失した場合の使用済燃料からの放射性物質の追加放りリスクは大きい。 ③乾式キャスクに移し、高台の仮保管施設に移動することにより津波に対するリスクが低減する。 ④対策を実施しない場合、使用済燃料プールからの燃料移送が困難となり、使用済燃料プールでの冷却機能喪失時におけるリスク等が低減されない。 ⑤使用済燃料取り出しのために空き容量確保のため、計画的に実施する必要がある。 ⑥キャスク移送時の燃料落下防止対策等を講じる。 ⑦従前より実績のある取扱作業であるが、共用プール内の燃料払い出し作業と受け入れ作業の輻輳による遅延が発生しないよう工程管理を検討する必要がある。
共用プール	・被災したキャスクの腐食等のリスク	キャスク保管建屋から共用プールへのキャスク移動	キャスク保管建屋には、震災前から保管している乾式燃料キャスクがあり、震災の影響により海水等を被っており、腐食等の影響が懸念される。また、パトロール時の線量、温度測定で異常の無いことを確認しているものの、常用の監視系は使用できない状況である。その為、これらキャスクを共用プールに移送し、キャスク本体の健全性を確認する。	共用プールM/C設置	共用プールの電源設備について、M/C（A）（B）を復旧することで、信頼性を向上させ、冷却機能維持に努める。	平成25年9月設置完了	①電源停止等により冷却機能が一時的に喪失するリスクが低減しない。 ②冷却機能が長期間喪失した場合の使用済燃料からの放射性物質の追加放りリスクは大きい。 ③外部事象に対するリスクは継続する。 ④長期的には、電気設備の経年的な劣化故障による重要負荷の電源喪失のリスクは増加する。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない。	
								キャスク保管建屋から共用プールへのキャスク移動

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（8／8）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減対策	目的	対応状況	個々の対策に対する適切性
原子炉施設の解体・放射性廃棄物処理・処分に向けた計画	放射性廃棄物処理・処分にに向けた計画	・廃棄物保管容量の不足リスク	雑固体廃棄物焼却設備の設置	敷地内で発生した放射性固体廃棄物等を焼却、減容するため焼却設備を設置する。	平成 28 年 3 月運用開始	①対策を実施しない場合、保管する放射性固体廃棄物等が増加するとともに、保管・管理に係る業務が継続する。 ②放射性固体廃棄物等が増加するが、放射性物質の追加放出リスクは小さい。 ③保管物が火災等の外部事象によって、飛散する可能性がある。 ④対策を実施しなかった場合、放射性固体廃棄物等の保管リスクは時間的に増加する。 ⑤対策には建屋の建設から必要であり、長期にわたって時間を必要とする。現在既に設計に入っており、H26 年度下期供用開始に向け、作業を進めている。 ⑥放射性固体廃棄物等を焼却することから、大気へ放射性物質を放出する可能性がある。その為、適切な処理設備を設置するとともに、放出管理も併せて実施し、敷地外への影響がないことを確認する。 ⑦対策を実施できない場合は継続的に保管エリアを確保する必要がある。
その他	火災対策	・発電所周辺・所内火災の延焼リスク	防火帯の形成・維持 発電所内火災対策の策定・実施	発電所周辺大規模火災から発電所重要設備の防護のため、防火帯を形成するとともに、発電所内火災から重要設備の防護・延焼防止のため対策を策定・実施する。	防火帯の形成は実施済 今後も継続的に維持を行う 火災対策について、今後も継続的に実施する	①発電所敷地内外で大規模火災が発生した場合に、設備の機能喪失ならびに放射性物質の舞い上がりが発生する可能性がある。 ②大規模火災によって放射性物質の追加放出リスクがある。 ③対策を実施することで大規模火災等の外部事象に対し、リスクを低減することができる。 ④リスクは時間的に変化しない。 ⑤計画的に実施していく必要がある。 ⑥防火帯の形成のために新たな森林の伐採が必要となり、保管エリアの確保・伐採木の自然発火に対する対策が必要となる。 ⑦現場の状況に応じた対策（カメラによる監視・火報の設置・巡視等）を検討・実施し、火災の早期検知に努めるとともに迅速な初期消火を行える体制を構築する必要がある。
	敷地の確保に向けた計画	・特定原子力施設の全体工程達成及びリスクマップに沿ったリスク低減のための施設建設用の敷地の不足リスク	ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の設置	特定原子力施設の全体工程達成及びリスクマップに沿ったリスク低減のため、今後新たな施設（燃料デブリ保管施設等）を建設する必要がある。施設建設用の敷地を確保するため、ALPS 処理水等の貯蔵量を低減し中低濃度タンクを解体できるよう、汚染水発生量以上の量の ALPS 処理水を海洋へ放出できる設計及び運用とした ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設を設置する。	令和 5 年 4 月中頃使用前 検査完了予定	①対策を実施しない場合、廃炉作業に必要な施設の設置のための施設が確保出来ず、全体工程の達成及びリスクマップに沿ったリスク低減が実施されない。 ②海洋放出前の ALPS 処理水等の貯蔵が継続するが、溶接タンクでの保管や中低濃度タンクエリアへの堰の設置により、放射性物質の追加放出リスクは海洋放出前とほとんど変わらない。 ③対策を実施することにより、外部事象により、中低濃度タンクに貯留している汚染水、ALPS 処理水の系外漏えいが発生するリスクを低減することができる。 ④ALPS 処理水等の貯蔵量が増加し、中低濃度タンクの保守管理が継続することにより、廃炉作業に必要な施設建設用の敷地の確保に加えて、燃料デブリの取り出し等といった相対的に高いリスクの低減に活用出来るリソースの確保等にも影響を与える。 ⑤「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多核種除去設備等処理水の処分に関する基本方針」に沿った時期となっている。 ⑥ALPS 処理水を海洋放出することから、告示濃度限度比 1 以上のトリチウムを放出することとなる。測定・確認用設備での濃度確認、100 倍以上の希釈、希釈後のトリチウム放出量 1,500Bq/L 未満、年間トリチウム放出量 22 兆 Bq/年未満とする設計・運用により、環境への影響を抑制する。また、溶接タンクの解体・撤去方法の確立や発生する固体廃棄物の保管管理が必要となる。 ⑦長期にわたって ALPS 処理水の安定的な海洋放出が必要とされることから、その供用期間中に想定される機器の故障等を考慮した設計及び運用とする。
	分析	・廃炉作業全体の遅延リスク （廃棄物対策及び燃料デブリ取り出し）	放射性物質分析・研究施設第 1 棟及び第 2 棟の設置	廃棄物や燃料デブリの長期安定保管や処理・処分に資する各種分析を行うため放射性物質分析・研究施設第 1 棟及び第 2 棟を設置する。	第 1 棟 令和 4 年 10 月 1 日運用開始 第 2 棟 令和 8 年運用開始予定	①対策を実施しない場合、廃棄物対策や燃料デブリ取り出し等のリスク低減が計画通り進まない。 ②閉じ込め等の安全対策を実施することにより、放射性物質の追加放出リスクを最小限にする。 ③本施設で得られる情報により、他施設・設備の外部事象を含むリスク低減が進む。 ④廃棄物対策や燃料デブリ取り出し等のリスク低減が遅延する可能性がある。 ⑤燃料デブリ等を分析する第 2 棟は「段階的な取り出し規模の拡大」を考慮した運用開始時期としている。なお、第 1 棟については既に運用開始している。 ⑥第 2 棟は、高線量かつ高汚染で臨界のおそれがある分析試料を取り扱うため、遮蔽や閉じ込め、臨界防止等に係る安全上必要な措置を講ずることで、敷地境界への影響を抑制する。 ⑦対策を実施できない場合は、取扱量に制限がかかるものの、茨城地区の分析施設を活用する。

I-2-4-添 1-8