

2.14.2 自然現象に対する設計上の考慮への 適合性

コンクリートセル付帯設備の耐震性評価について

1. 概要

コンクリートセルの付帯設備について、コンクリートセルと同等のSクラスの耐震性を有する設計とする。

コンクリートセル付帯設備は「設備の4面以上がコンクリートで拘束されている設備（以下「埋設設備」という。）」、「埋設設備以外の設備（以下「非埋設設備」という。）」の2つに分類する。このうち、埋設設備については、設備の4面が拘束されていることから水平1方向の地震力を考慮し耐震性評価を行う。非埋設設備については、水平2方向と鉛直1方向の地震力を考慮した耐震性評価を行う。

なお、一般的な使用施設のコンクリートセルに設置される設備と比較して、第2棟において特有な設備は存在しないことを確認している。

2. コンクリートセル付帯設備

コンクリートセル付帯設備を図2.14.2.6-1に示す。埋設設備を黒字で示し、非埋設設備を赤字で示す。

* 括弧内の番号は表 2.14.2.6-1、表 2.14.2.6-2 に対応したものである。

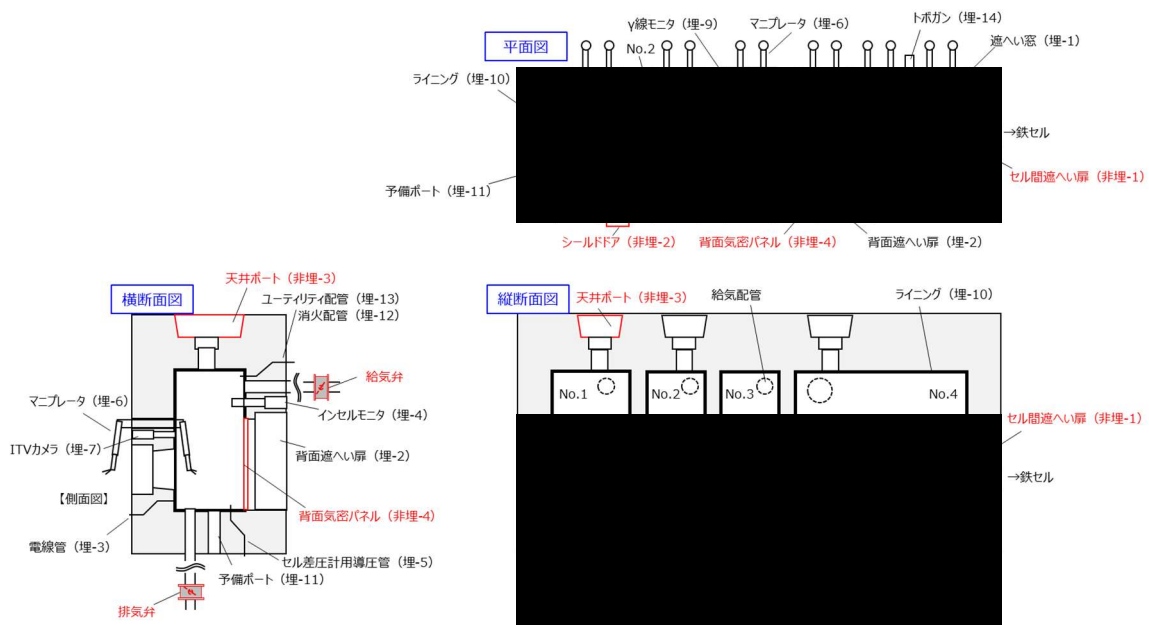


図2.14.2.6-1 コンクリートセル付帯設備

2.1 コンクリートセル付帯設備の分類

コンクリートセル付帯設備の分類を検討した結果、第2棟に特有な設備は存在しないことを確認した。埋設設備及び非埋設設備に分類した結果を表2.14.2.6-1及び表2.14.2.6-2に示す。

表2. 14. 2. 6-1 埋設設備

| No. | 名称 | 安全機能 | | | 開口寸法 (mm) | 主要材質 | 用途 |
|-----|-----------------------------|--------|-------------|--------|---|--------------------------|--|
| | | 閉 込 | 遮 へ い | 臨 界 | | | |
| 埋-1 | 遮へい窓 | ○ | ○ | — | W1360×H1360 6基 | ガラス・鉄・ ステンレス・アク リル | オペレーションエリアからセル内を観察するための、 遮へい機能付きの窓である。 |
| 埋-2 | 背面遮へい扉 | — | ○ | — | W1430× XXXXXXXXXX ×H2140 4基 | 鉄・ポリエチレン | 背面遮へい扉は、セル内のメンテナンス等により作業 者が気密パネルへのアクセス又はセル内に立ち入る際 に使用する扉である。 |
| 埋-3 | 電線管 (気密ボックス 含む) | ○ | ○ | — | φ 53. 5 | 鉄・ステンレス・ 樹脂 | 電線管は、オペレーションエリア側からセル内に、機 器の電源供給や信号を送受信するための電線を通す配 管である。 |
| 埋-4 | インセルモニタ | ○ | ○ | — | φ 195 4基 | 鉄・コンクリート | セル内線量の把握及び背面遮へい扉を開ける際のイン ターロック機能の一つである。 |
| 埋-5 | セル差圧計用導 圧管 | ○ | ○ | — | φ 14. 3×2本 | ステンレス | セル内の差圧を測定するためのものである。 |
| 埋-6 | マニプレータ (スルーウォー ルチューブ) | ○ | ○ | — | φ 279. 4 12基 | ステンレス・鉄・ 鉛 | マニプレータは、セル内の放射性物質等を遠隔で取扱 う設備である。 |

| No. | 名称 | 安全機能 | | | 開口寸法 (mm) | 主要材質 | 用途 |
|------|-----------------------|------|-----|----|----------------------------|--------------------|---|
| | | 閉込 | 遮へい | 臨界 | | | |
| 埋-7 | ITVカメラ | ○ | ○ | — | φ 250 4基 | ステンレス・鉛・ ポリエチレン | セル内の観察，監視を行うためのカメラである。 |
| 埋-8 | 遮へいプラグ (予備的措置) | ○ | ○ | — | φ 400 1基 | ステンレス・鉄・ コンクリート | 将来設置機器のための予備的措置である。 |
| 埋-9 | γ線モニタ (コンジット 管) | ○ | ○ | — | φ 28 (25A. Sch20) 1基 | ステンレス | セル内の試料のγ線計測を行い組成等を調べるものである。 |
| 埋-10 | ライニング | ○ | — | — | — | ステンレス | ライニングはセル内のコンクリート壁6面を完全にステンレス鋼板にて覆うことで気密性と除染性を持たせるものである。 |
| 埋-11 | 予備ポート (予備的措置) | ○ | ○ | — | φ 480 1基 | ステンレス・鉄・ ポリエチレン | 将来設置機器のための予備的措置である。 |
| 埋-12 | 消火配管 (逆止弁まで) | ○ | ○ | — | φ 22.2 | ステンレス | 火災発生時にセル内を消火する設備である。 |
| 埋-13 | ユーティリティ 配管 | ○ | ○ | — | φ 22.2 | ステンレス | セル内へ水，圧空，試薬等を導入するためのものである。 |

| No. | 名称 | 安全機能 | | | 開口寸法 (mm) | 主要材質 | 用途 |
|------|------|--------|-------------|--------|---------------|-------|-------------------------------|
| | | 閉 込 | 遮 へ い | 臨 界 | | | |
| 埋-14 | トボガン | ○ | ○ | — | φ 165.2 1基 | ステンレス | セル内に資材を投入するため、気密性能を持たせた配管である。 |

表2. 14. 2. 6-2 非埋設設備

| No. | 名称 | 安全機能 | | | 開口寸法 (mm) | 主要材質 | 用途 |
|------|---------------------------|------|-----|----|---|---------------------|---|
| | | 閉込 | 遮へい | 臨界 | | | |
| 非埋-1 | セル間遮へい扉 (セルNo. 4-鉄セル間) | ○ | ○ | — | W1470× ×H2767 1基 | 鉄・ポリエチレン | セル間遮へい扉は、鉄セルへ試料等を移送する際に用いる扉である。 |
| 非埋-2 | シールドドア | ○ | ○ | — | ポート径：φ340 遮へい体：W900 × ×H1000 | 鉄・鉛 | 試料等の放射性物質の移送を行うため、サイドローディングキャスクをセルに接続するための設備である。 |
| 非埋-3 | 天井ポート（天井ハッチ含む） | ○ | ○ | — | W2250×D1570 × 3基 | ステンレス (鉄、ポリエチレン) | 天井ポートは、セルとキャスク等を接続させ、試料の搬入や廃棄物の搬出を行うためのものである。 |
| 非埋-4 | 背面気密パネル | ○ | — | — | W800×H2000 4基 | ステンレス | 背面遮へい扉に気密性能が無いため、扉の内側に気密性能を持たせたパネルである。また、セル内のメンテナンスを考慮して大型のPVCバッグポートを備えている。 |

3. 非埋設設備の耐震性評価

コンクリートセル付帯設備を分類し、非埋設設備に分類した設備に対して、耐震Sクラスの耐震性を有していることを確認する。

なお、非埋設設備に分類される背面気密パネルについては、重量が■■■■と軽くSs900地震時の発生応力が小さい（引張応力■■MPa、せん断応力■■MPa）ことを確認している。

3.1 セル間遮へい扉

(1) 評価項目

セル間遮へい扉に対して、表 2.14.2.6-3 に示す設計用地震力で耐震性評価を行う。

表 2.14.2.6-3 セル間遮へい扉の設計用地震力

| 耐震クラス | 動的地震力 | | 静的地震力 |
|-------|-------|---------------------|--|
| | 機能維持 | 弾性範囲 | |
| S | Ss900 | Sd450 ^{※1} | 水平：3.6Ci ^{※1} 鉛直：1.2Cv ^{※1} |

※1 Ss900 に対して供用状態Csで評価を行うことで包絡されるため評価を省略

(2) 評価対象

セル間遮へい扉の構造は、コンクリートセル内の遮へい壁に厚さ■■■■のセル間遮へい扉を昇降させるレールが取り付けられており、レール上をセル間遮へい扉がセル間遮へい扉昇降機構によって、昇降することで開閉する機構となっている。セル間遮へい扉のレールは6本のボルトで固定されている。

セル間遮へい扉の外形図を図2.14.2.6-2に示す。評価対象はセル間遮へい扉のレール取付ボルト及びレール架台取付ボルトとし、仕様を表2.14.2.6-4に示す。また、ボルトに作用する力について図2.14.2.6-3に示す。

表 2.14.2.6-4 評価対象の仕様

| 評価設備 | 設備重量 | 評価部位 | 材料 | 呼び径 |
|---------|------|----------------|--------|-----|
| セル間遮へい扉 | ■■■■ | レール取付 ボルト | SUS304 | M12 |
| | | レール架台取付 ボルト | | |



図 2.14.2.6-2 セル間遮へい扉の外形図

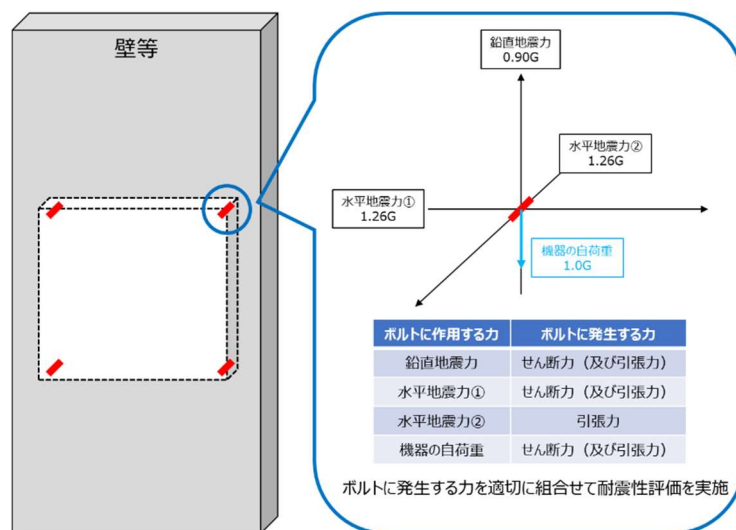


図 2.14.2.6-3 ボルトに作用する力

(3) 計算条件

セル間遮へい扉は1階に設置されているため、1階におけるSs900の設計用震度で評価する。Ss900の階別設計用震度を表2.14.2.6-5に示す。また、供用状態はC_sとし、最高使用温度は60℃の条件で計算を行う。

表2.14.2.6-5 Ss900の階別設計用震度

| 階層 | 水平設計用震度 ^{※2} | | 鉛直設計用震度 ^{※2} |
|------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | EW 方向 C _H | NS 方向 C _H | UD 方向 C _V |
| 2 階 | 1.74 | 1.74 | 0.91 |
| 1 階 | 1.26 | 1.26 | 0.90 |
| 地下1階 | 0.84 | 0.84 | 0.89 |

※2 Ss900に対する建屋の床応答加速度の1.2倍を考慮している。

(3-1) レール取付ボルトに対する耐震計算

i) 記号の説明及び数値

| 記号 | 記載内容 | 値 | 単位 |
|----------------|----------------------|---------|------------------|
| τ | レール取付ボルトにかかるせん断応力 | | MPa |
| Q | レール取付ボルトにかかるせん断荷重 | | N |
| A | レール取付ボルトの軸断面積 | 113.1 | mm ² |
| n | レール取付ボルトの全本数 | 6 | 本 |
| m | セル間遮へい扉の重量 | ■ | kg |
| g | 重力加速度 | 9.80665 | m/s ² |
| C _H | 水平方向の設計用震度 | 1.26 | — |
| C _V | 鉛直方向の設計用震度 | 0.90 | — |
| f _s | 許容せん断応力 | | MPa |
| F | 設計・建設規格SSB-3133に定める値 | | MPa |

ii) レール取付ボルトにかかる引張応力の計算

レール取付ボルトは、図2.14.2.6-2に示すとおり、同数のレール取付ボルトが対向して配置されているため、引張応力は相殺される。

iii) レール取付ボルトにかかるせん断応力 τ の計算

レール取付ボルトについて、地震力によりレール取付ボルトに垂直な方向の力（水平1方向及び鉛直1方向）が働いた際に生じる応力を求める。セル間遮へい扉に作用するせん断荷重は、6本のレール取付ボルトに均等に荷重が作用するものとする。

レール取付ボルトのせん断応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程JEAC4601-2008」(以下「JEAC4601」という。)等を参考に次式により求める。

$$\tau = \frac{Q}{A \cdot n}$$

$$Q = m \cdot g \cdot \sqrt{C_H^2 + (1 + C_V)^2}$$

結果として、レール取付ボルトのせん断応力 τ は ■ MPa となった。

iv) 許容応力の計算

許容応力の計算は、「発電用原子力設備規格 (JSME S NC1-2005/2007 追補版)」(以下「JSME S NC1」という。)に示す計算方法により算出する。

なお、各材料物性値に関しては、JSME S NC1の付録図表による。

レール取付ボルトの許容せん断応力の計算式を以下に示す。

$$f_s = \frac{1.5 \cdot F}{1.5\sqrt{3}}$$

結果として、レール取付ボルトの許容せん断応力 f_s は 118 MPa となった。

v) 評価結果

評価結果を表 2. 14. 2. 6-6 に示す。評価結果から、レール取付ボルトのせん断応力は許容応力を下回るため、耐震Sクラスの耐震性を有することを確認した。

表 2. 14. 2. 6-6 レール取付ボルトの評価結果

| 評価設備 | 設計用震度 | 評価部位 | 評価項目 | 算出応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) |
|---------|---|--------------|------|------------|------------|
| セル間遮へい扉 | Ss900 ($C_H=1.26$ $C_H=1.26$ $C_V=0.90$) | レール取付 ボルト | せん断 | ■ | 118 |

(3-2) レール架台取付ボルトに対する耐震計算

i) 記号の説明及び数値

| 記号 | 記載内容 | 値 | 単位 |
|----------|-----------------------------------|---|----|
| F_{1V} | レール架台取付ボルトに垂直な方向の鉛直地震力によって作用する引張力 | / | N |
| F_{1H} | レール架台取付ボルトに垂直な方向の水平地震力によって作用する引張力 | / | N |
| F_2 | レール架台取付ボルトに平行な方向の水平地震力によって作用する引張力 | / | N |

| | | | |
|-----------|-------------------------------------|---------|------------------|
| σ | レール架台取付ボルトに作用する引張応力 | | MPa |
| m | 遮へい体の重量 | ■ | kg |
| g | 重力加速度 | 9.80665 | m/s ² |
| C_v | 鉛直方向の設計用震度 | 0.90 | — |
| h | 遮へい体の重心高さ | 137 | mm |
| L_{1P} | 転倒支点から最も離れたレール架台取付ボルトまでの距離（方向1） | | mm |
| n_{f1j} | 転倒支点から L_{1j} の距離にあるレール架台取付ボルトの本数 | | 本 |
| L_{1j} | 転倒支点から j 番目のレール架台取付ボルトまでの距離（方向1） | | mm |
| C_H | 水平方向の設計用震度 | 1.26 | — |
| L_{2K} | 転倒支点から最も離れたレール架台取付ボルトまでの距離（方向2） | | mm |
| n_{f2j} | 転倒支点から L_{2j} の距離にあるレール架台取付ボルトの本数 | | 本 |
| L_{2j} | 転倒支点から j 番目のレール架台取付ボルトまでの距離（方向2） | | mm |
| n | レール架台取付ボルトの全本数 | 24 | 本 |
| τ | レール架台取付ボルトにかかるせん断応力 | | MPa |
| Q | レール架台取付ボルトにかかるせん断力 | | N |
| A | レール架台取付ボルトの軸断面積 | 113.1 | mm ² |
| f_t | 許容引張応力 | | MPa |
| f_s | 許容せん断応力 | | MPa |
| F | 設計・建設規格 SSB-3133 に定める値 | | MPa |

ii) レール架台取付ボルトにかかる引張応力の計算

レール架台取付ボルトに垂直な方向の鉛直地震力によって作用する引張力 F_{1V} 及びレール架台取付ボルトに垂直な方向の水平地震力によって作用する引張力 F_{1H} 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。一方、レール架台取付ボルトに平行な方向の地震力によって作用する引張力 F_2 は、すべてのボルトで均等に受けるものとして計算する。

レール架台取付ボルトに作用する引張力は、ボルトに垂直な方向の地震力によって作用する引張力及びレール架台取付ボルトに平行な方向の地震力によって作用する引張力を組合せるものとする。

レール架台取付ボルトの引張応力 σ は、JEAC4601等を参考に次式により求める。

$$F_{1V} = \frac{\{m \cdot g \cdot (1 + C_V) \cdot h\} \cdot L_{1P}}{\sum_{j=1}^p n_{f1j} \cdot L_{1j}^2}$$

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

$$F_2 = \frac{m \cdot g \cdot C_H}{n}$$

$$\sigma = \frac{\sqrt{F_{1V}^2 + F_{1H}^2 + F_2}}{A}$$

結果として、レール架台取付ボルトに作用する引張力 σ は■MPaとなった。

iii) レール架台取付ボルトにかかるせん断応力 τ の計算

レール架台取付ボルトについて、地震力によりレール架台取付ボルトに垂直な方向の力（水平1方向及び鉛直1方向）が働いた際に生じる応力を求める。セル間遮へい扉に作用するせん断荷重は、24本のレール架台取付ボルトに均等に荷重が作用するものとする。

レール架台取付ボルトのせん断応力 τ は、JEAC4601等を参考に次式により求める。

$$\tau = \frac{Q}{A \cdot n}$$

$$Q = m \cdot g \cdot \sqrt{C_H^2 + (1 + C_V)^2}$$

結果として、レール架台取付ボルトのせん断応力 τ は■MPaとなった。

iv) 許容応力の計算

許容応力の計算は、JSME S NC1に示す計算方法により算出する。

なお、各材料物性値に関しては、JSME S NC1の付録図表による。

レール架台取付ボルトの許容引張応力 f_t 及び許容せん断応力 f_s の計算式を以下に示す。

$$f_t = \frac{1.5 \cdot F}{2}$$

$$f_s = \frac{1.5 \cdot F}{1.5\sqrt{3}}$$

結果として、レール架台取付ボルトの許容引張応力 f_t は153MPa、許容せん断応力 f_s は118MPaとなった。

v) 評価結果

評価結果を表2.14.2.6-7に示す。評価結果から、レール架台取付ボルトのせん断応力は許容応力を下回るため、耐震Sクラスの耐震性を有することを確認した。

表 2.14.2.6-7 レール架台取付ボルトの評価結果

| 評価設備 | 設計用震度 | 評価部位 | 評価項目 | 算出応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) |
|---------|---|--------------------|------|------------|------------|
| セル間遮へい扉 | Ss900 $C_H=1.26$ $C_H=1.26$ $C_V=0.90$ | レール架台 取付 ボルト | 引張 | ■ | 153 |
| | | | せん断 | ■ | 118 |

3.2 シールドドア

(1) 評価項目

シールドドアに対して、表 2.14.2.6-3 に示す設計用地震力で耐震性評価を行う。

(2) 評価対象

シールドドアの構造は、厚さ■の遮へい体がベース板に固定されており、ベース板がコンクリートセルに取付ボルトで固定されている。キャスク取り付け時にシールドドアの遮へい体を昇降させることで、開閉する機構となっている。

シールドドアの外形図を図 2.14.2.6-4 に示す。評価対象はシールドドアの取付ボルトとし、仕様を表 2.14.2.6-8 に示す。また、ボルトに作用する力について図 2.14.2.6-5 に示す。

表 2.14.2.6-8 評価対象の仕様

| 評価設備 | 設備重量 | 評価部位 | ボルト材料 | ボルト呼び径 |
|--------|------|-----------------|-------|--------|
| シールドドア | ■ | シールドドア取付 ボルト | SS400 | M20 |

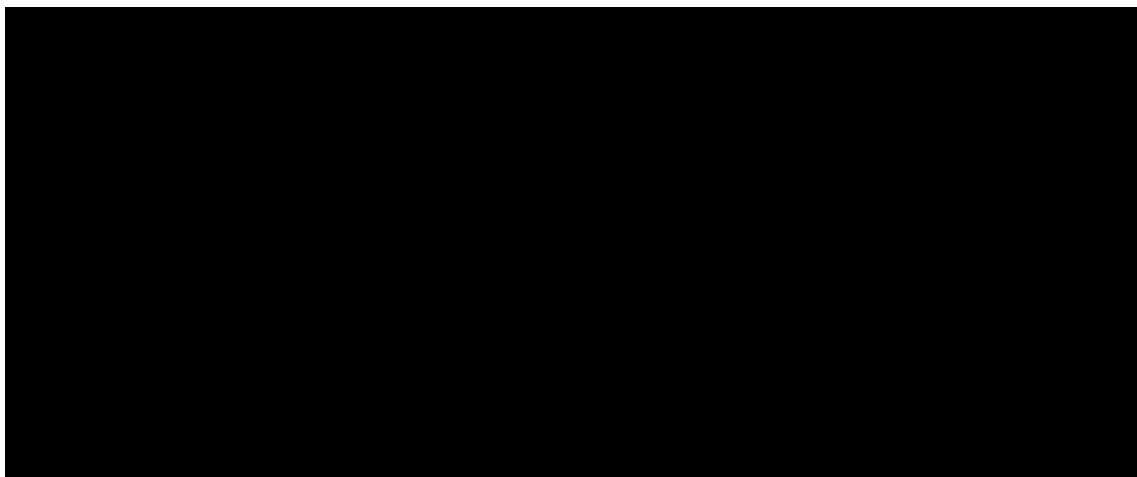


図 2.14.2.6-4 シールドドアの外形図

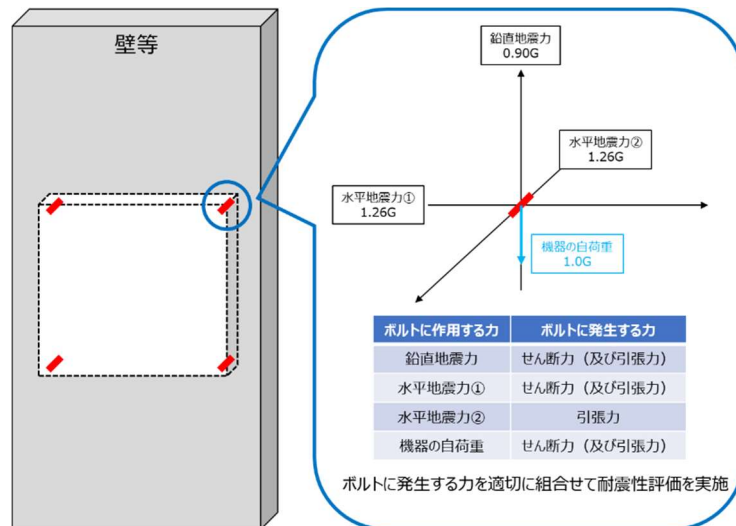


図 2.14.2.6-5 ボルトに作用する力

(3) 計算条件

シールドドアは1階に設置されているため、1階におけるSs900の設計用震度を採用する。Ss900の階別設計用震度を表2.14.2.6-5に示す。また、供用状態はCsとし、最高使用温度は60℃の条件で計算を行う。

(4) 耐震計算

i) 記号の説明及び数値

| 記号 | 記載内容 | 値 | 単位 |
|-----------|--------------------------------------|---------|------------------|
| F_{IV} | シールドドア取付ボルトに垂直な方向の鉛直地震力によって作用する引張応力 | | N |
| F_{IH} | シールドドア取付ボルトに垂直な方向の水平地震力によって作用する引張応力 | | N |
| F_2 | シールドドア取付ボルトに平行な方向の水平地震力によって作用する引張応力 | | N |
| σ | シールドドア取付ボルトに作用する引張応力 | | MPa |
| m | シールドドアの重量 | ■ | kg |
| g | 重力加速度 | 9.80665 | m/s ² |
| C_v | 鉛直方向の設計用震度 | 0.90 | — |
| h | シールドドアの重心高さ | 176.5 | mm |
| L_{IP} | 転倒支点から最も離れたシールドドア取付ボルトまでの距離 (鉛直方向) | | mm |
| n_{f1j} | 転倒支点から L_{1j} の距離にあるシールドドア取付ボルトの本数 | | 本 |

| | | | |
|-----------|--|-------|-----------------|
| L_{1j} | 転倒支点から j 番目のシールドドア取付ボルトまでの距離 (鉛直方向) | | mm |
| C_H | 水平方向の設計用震度 | 1.26 | — |
| L_{2K} | 転倒支点から最も離れたシールドドア取付ボルトまでの距離 (水平方向) | | mm |
| n_{f2j} | 転倒支点から L_{2j} の距離にあるシールドドア取付ボルトの本数 | | 本 |
| L_{2j} | 転倒支点から j 番目のシールドドア取付ボルトまでの距離 (鉛直方向) | | mm |
| n | シールドドア取付ボルトの全本数 | 4 | 本 |
| τ | シールドドア取付ボルトにかかるせん断応力 | | MPa |
| Q | シールドドア取付ボルトにかかるせん断力 | | N |
| A | シールドドア取付ボルトの軸断面積 | 314.2 | mm ² |
| f_t | 許容引張応力 | | MPa |
| f_s | 許容せん断応力 | | MPa |
| F | 設計・建設規格 SSB-3133 に定める値 | | MPa |

ii) シールドドア取付ボルトにかかる引張応力 σ の計算

シールドドア取付ボルトに垂直な方向の鉛直地震力によって作用する引張力 F_{1V} 及びシールドドア取付ボルトに垂直な方向の水平地震力によって作用する引張力 F_{1H} 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。一方、シールドドア取付ボルトに平行な方向の地震力によって作用する引張力 F_2 は、すべてのボルトで均等に受けるものとして計算する。

シールドドア取付ボルトに作用する引張力は、シールドドア取付ボルトに垂直な方向の地震力によって作用する引張応力及びシールドドア取付ボルトに平行な方向の地震力によって作用する引張応力を組合せるものとする。

シールドドア取付ボルトの引張応力 σ は、JEAC4601等を参考に次式により求める。

$$F_{1V} = \frac{\{m \cdot g \cdot (1 + C_V) \cdot h\} \cdot L_{1P}}{\sum_{j=1}^p n_{f1j} \cdot L_{1j}^2}$$

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

$$F_2 = \frac{m \cdot g \cdot C_H}{n}$$

$$\sigma = \frac{\sqrt{F_{1V}^2 + F_{1H}^2 + F_2}}{A}$$

結果として、シールドドア取付ボルトに作用する引張応力 σ は ■ MPa となった。

iii) シールドドア取付ボルトにかかるせん断応力 τ の計算

シールドドア取付ボルトについて、地震力によりシールドドア取付ボルトに垂直な方向の力（水平1方向及び鉛直1方向）が働いた際に生じる応力を求める。シールドドアに作用するせん断荷重は、4本のボルトに均等に荷重が作用するものとする。

シールドドア取付ボルトのせん断応力 τ は、JEAC4601等を参考に次式により求める。

$$\tau = \frac{Q}{A \cdot n}$$

$$Q = m \cdot g \cdot \sqrt{C_H^2 + (1 + C_V)^2}$$

結果として、シールドドア取付ボルトのせん断応力 τ は \blacksquare MPa となった。

iv) 許容応力の計算

許容応力の計算は、JSME S NC1に示す計算方法により算出する。

なお、各材料物性値に関しては、JSME S NC1の付録図表による。

シールドドア取付ボルトの許容引張応力 f_t 及び許容せん断応力 f_s の計算式を以下に示す。

$$f_t = \frac{1.5 \cdot F}{2}$$

$$f_s = \frac{1.5 \cdot F}{1.5\sqrt{3}}$$

結果として、シールドドア取付ボルトの許容引張応力 f_t は 146 MPa、許容せん断応力 f_s は 120 MPa となった。

v) 評価結果

評価結果を表 2. 14. 2. 6-9 に示す。評価結果から、シールドドア取付ボルトの引張応力及びせん断応力は許容応力を下回るため、耐震Sクラスの耐震性を有することを確認した。

表 2. 14. 2. 6-9 シールドドア取付ボルトの評価結果

| 評価対象 | 設計用震度 | 評価部位 | 評価項目 | 算出応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) |
|--------|---|-------------|------|----------------|------------|
| シールドドア | Ss900 $\left(\begin{array}{l} C_H=1.26 \\ C_H=1.26 \\ C_V=0.90 \end{array} \right)$ | シールドドア取付ボルト | 引張 | \blacksquare | 146 |
| | | | せん断 | \blacksquare | 120 |

3.3 天井ポート

(1) 評価項目

天井ポートに対して、表 2.14.2.6-3 に示す設計用地震力で耐震性評価を行う。

(2) 評価対象

天井ポートの構造は、コンクリートセルの天井部に厚さ■■■■の遮へい体をスライドさせるレールが取り付けられており、遮へい体がレール上を移動することで開閉する機構となっている。

天井ポートの外形図を図2.14.2.6-6に示す。評価対象は天井ポートのレール取付ボルト及びレール架台取付ボルトとし、仕様を表2.14.2.6-10に示す。また、ボルトに作用する力について図2.14.2.6-7に示す。

表 2.14.2.6-10 評価対象の仕様

| 評価設備 | 設備重量 | 評価部位 | 材料 | 呼び径 |
|-------|------|------------|--------|-----|
| 天井ポート | ■■■■ | レール取付ボルト | SUS304 | M8 |
| | | レール架台取付ボルト | SS400 | |

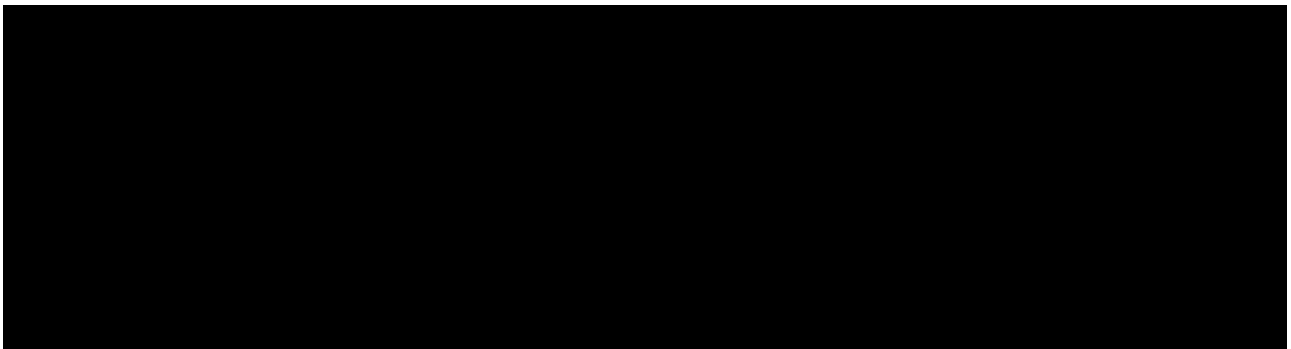


図 2.14.2.6-6 天井ポートの外形図

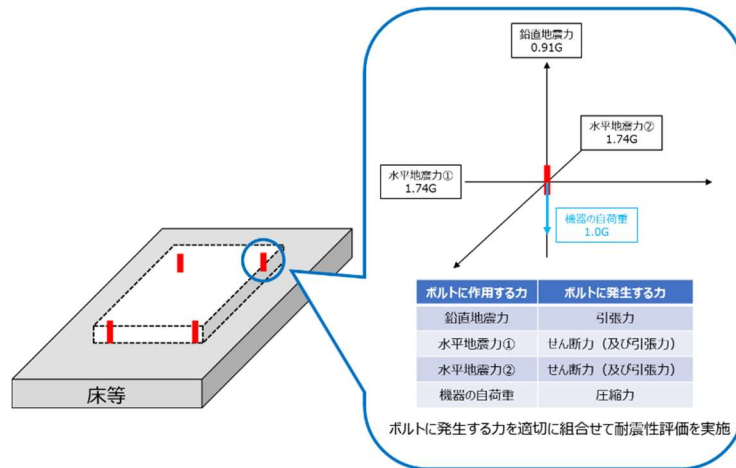


図 2.14.2.6-7 ボルトに作用する力

(3) 計算条件

天井ポートは2階の床部に設置されるため、2階におけるSs900の設計用震度で評価する。Ss900の階別設計用震度を表2.14.2.6-5に示す。また、供用状態はCsとし、最高使用温度は60℃の条件で計算を行う。

(3-1) レール取付ボルトに対する耐震計算

i) 記号の説明及び数値

| 記号 | 記載内容 | 値 | 単位 |
|-----------|-----------------------------------|---------|---------|
| F_{1H1} | レール取付ボルトに垂直な方向の鉛直地震力によって作用する引張力 | | N |
| F_{1H2} | レール取付ボルトに垂直な方向の水平地震力によって作用する引張力 | | N |
| F_2 | レール取付ボルトに平行な方向の地震力によって作用する引張力 | | N |
| σ | レール取付ボルトに作用する引張応力 | | MPa |
| m | 遮へい体の重量 | ■ | kg |
| g | 重力加速度 | 9.80665 | m/s^2 |
| C_v | 鉛直方向の設計用震度 | 0.91 | — |
| h | 遮へい体の重心高さ | 231.5 | mm |
| L_{1P} | 転倒支点から最も離れたレール取付ボルトまでの距離 (水平方向 1) | | mm |
| n_{f1j} | 転倒支点から L_{1j} の距離にあるレール取付ボルトの本数 | | 本 |

| | | | |
|-----------|-----------------------------------|------|-----------------|
| L_{1j} | 転倒支点から j 番目のレール取付ボルトまでの距離（水平方向 1） | | mm |
| C_H | 水平方向の設計用震度 | 1.74 | — |
| L_{2k} | 転倒支点から最も離れたレール取付ボルトまでの距離（水平方向 2） | | mm |
| n_{f2j} | 転倒支点から L_{2j} の距離にあるレール取付ボルトの本数 | | 本 |
| L_{2j} | 転倒支点から j 番目のレール取付ボルトまでの距離（水平方向 2） | | mm |
| n | レール取付ボルトの全本数 | 40 | 本 |
| τ | レール取付ボルトにかかるせん断応力 | | MPa |
| Q | レール取付ボルトにかかるせん断力 | | N |
| A | レール取付ボルトの軸断面積 | 50.3 | mm ² |
| f_t | 許容引張応力 | | MPa |
| f_s | 許容せん断応力 | | MPa |
| F | 設計・建設規格 SSB-3133 に定める値 | | MPa |

ii) レール取付ボルトにかかる引張応力 σ の計算

レール取付ボルトに垂直な方向の水平地震力によって作用する引張力 F_{1H1} 及び F_{1H2} 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。一方、レール取付ボルトに平行な方向の地震力によって作用する引張力 F_2 は、すべてのボルトで均等に受けるものとして計算する。

レール取付ボルトに作用する引張力 F_2 は、レール取付ボルトに垂直な方向の地震力によって作用する引張力及びレール取付ボルトに平行な方向の地震力によって作用する引張力を組合せるものとする。

レール取付ボルトの引張応力 σ は、JEAC4601等を参考に次式により求める。

$$F_{1H1} = \frac{\{m \cdot g \cdot C_H \cdot h\} \cdot L_{1P}}{\sum_{j=1}^p n_{f1j} \cdot L_{1j}^2}$$

$$F_{1H2} = \frac{\{m \cdot g \cdot C_H \cdot h\} \cdot L_{2K}}{\sum_{j=1}^k n_{f2j} \cdot L_{2j}^2}$$

$$F_2 = \frac{m \cdot g \cdot (1 - C_V)}{n}$$

$$\sigma = \frac{\sqrt{F_{1H1}^2 + F_{1H2}^2} - F_2}{A}$$

結果として、レール取付ボルトに作用する引張力 σ は \blacksquare MPa となった。

iii) レール取付ボルトにかかるせん断応力 τ の計算

レール取付ボルトについて、地震力によりレール取付ボルトに垂直な方向の力（水平2方向）が働いた際に生じる応力を求める。セル間遮へい扉に作用するせん断荷重は、40本のレール取付ボルトに均等に荷重が作用するものとする。

レール取付ボルトのせん断応力 τ は、JEAC4601等を参考に次式により求める。

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

$$\tau = \frac{Q}{A \cdot n}$$

結果として、レール取付ボルトのせん断応力 τ は \blacksquare MPa となった。

iv) 許容応力の計算

許容応力の計算は、JSME S NC1に示す計算方法により算出する。

なお、各材料物性値に関しては、JSME S NC1の付録図表による。

レール取付ボルトの許容引張応力 f_t 及び許容せん断応力 f_s の計算式を以下に示す。

$$f_t = \frac{1.5 \cdot F}{2}$$

$$f_s = \frac{1.5 \cdot F}{1.5\sqrt{3}}$$

結果として、レール取付ボルトの許容引張応力 f_t は 153 MPa、許容せん断応力 f_s は 118 MPa となった。

v) 評価結果

評価結果を表 2.14.2.6-11 に示す。評価結果から、レール取付ボルトのせん断応力は許容応力を下回るため、耐震Sクラスの耐震性を有することを確認した。

表 2.14.2.6-11 レール取付ボルトの評価結果

| 評価設備 | 設計用震度 | 評価部位 | 評価項目 | 算出応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) |
|-------|---|----------|------|----------------|------------|
| 天井ポート | Ss900 $C_H=1.74$ $C_H=1.74$ $C_V=0.91$ | レール取付ボルト | 引張 | \blacksquare | 153 |
| | | | せん断 | \blacksquare | 118 |

(3-2) レール架台取付ボルトに対する耐震計算

i) 記号の説明及び数値

| 記号 | 記載内容 | 値 | 単位 |
|-----------|--|---------|------------------|
| F_{1H1} | レール架台取付ボルトに垂直な方向の鉛直地震力によって作用する引張力 | / | N |
| F_{1H2} | レール架台取付ボルトに垂直な方向の水平地震力によって作用する引張力 | / | N |
| F_2 | レール架台取付ボルトに平行な方向の地震力によって作用する引張力 | / | N |
| σ | レール架台取付ボルトに作用する引張応力 | / | MPa |
| m | 遮へい体の重量 | ■ | kg |
| g | 重力加速度 | 9.80665 | m/s ² |
| C_v | 鉛直方向の設計用震度 | 0.91 | — |
| h | 遮へい体の重心高さ | 231.5 | mm |
| L_{1P} | 転倒支点から最も離れたレール架台取付ボルトまでの距離 (水平方向 1) | / | mm |
| n_{f1j} | 転倒支点から L_{1j} の距離にあるレール架台取付ボルトの本数 | / | 本 |
| L_{1j} | 転倒支点から j 番目のレール架台取付ボルトまでの距離 (水平方向 1) | / | mm |
| C_H | 水平方向の設計用震度 | 1.74 | — |
| L_{2K} | 転倒支点から最も離れたレール架台取付ボルトまでの距離 (水平方向 2) | / | mm |
| n_{f2j} | 転倒支点から L_{2j} の距離にあるレール架台取付ボルトの本数 | / | 本 |
| L_{2j} | 転倒支点から j 番目のレール架台取付ボルトまでの距離 (水平方向 2) | / | mm |
| n | レール架台取付ボルトの全本数 | 40 | 本 |
| τ | レール架台取付ボルトにかかるせん断応力 | / | MPa |
| Q | レール架台取付ボルトにかかるせん断力 | / | N |
| A | レール架台取付ボルトの軸断面積 | 50.3 | mm ² |
| f_t | 許容引張応力 | / | MPa |
| f_s | 許容せん断応力 | / | MPa |
| F | 設計・建設規格 SSB-3133 に定める値 | / | MPa |

ii) レール架台取付ボルトにかかる引張応力 σ の計算

レール架台取付ボルトに垂直な方向の水平地震力によって作用する引張力 F_{1H1} 及び F_{1H2} 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。一方、レール架台取付ボルトに平行な方向の地震力によって作用する引張力 F_2 は、すべてのボルトで均等に受けるものとして計算する。

レール架台取付ボルトに作用する引張力は、レール架台取付ボルトに垂直な方向の地震力によって作用する引張力及びレール架台取付ボルトに平行な方向の地震力によって作用する引張力を組合せるものとする。

レール架台取付ボルトの引張応力 σ は、JEAC4601等を参考に次式により求める。

$$F_{1H1} = \frac{\{m \cdot g \cdot C_H \cdot h\} \cdot L_{1P}}{\sum_{j=1}^p n_{f1j} \cdot L_{1j}^2}$$

$$F_{1H2} = \frac{\{m \cdot g \cdot C_H \cdot h\} \cdot L_{2K}}{\sum_{j=1}^k n_{f2j} \cdot L_{2j}^2}$$

$$F_2 = \frac{m \cdot g \cdot (1 - C_V)}{n}$$

$$\sigma = \frac{\sqrt{F_{1H1}^2 + F_{1H2}^2} - F_2}{A}$$

結果として、レール架台取付ボルトに作用する引張力 σ は■■MPaとなった。

iii) レール架台取付ボルトにかかるせん断応力 τ の計算

レール架台取付ボルトについて、地震力によりレール架台取付ボルトに垂直な方向の力（水平2方向）が働いた際に生じる応力を求める。セル間遮へい扉に作用するせん断荷重は、40本のレール架台取付ボルトに均等に荷重が作用するものとする。

レール架台取付ボルトのせん断応力 τ は、JEAC4601等を参考に次式により求める。

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

$$\tau = \frac{Q}{A \cdot n}$$

結果として、レール架台取付ボルトのせん断応力 τ は■■MPaとなった。

iv) 許容応力の計算

許容応力の計算は、JSME S NC1に示す計算方法により算出する。

なお、各材料物性値に関しては、JSME S NC1の付録図表による。

レール架台取付ボルトの許容引張応力 f_t 及び許容せん断応力 f_s の計算式を以下に示す。

$$f_t = \frac{1.5 \cdot F}{2}$$

$$f_s = \frac{1.5 \cdot F}{1.5\sqrt{3}}$$

結果として、レール架台取付ボルトの許容引張応力 f_t は156MPa、許容せん断応力 f_s は120MPaとなった。

v) 評価結果

評価結果を表2.14.2.6-12に示す。評価結果から、レール架台取付ボルトのせん断応力は許容応力を下回るため、耐震Sクラスの耐震性を有することを確認した。

表 2.14.2.6-12 レール架台取付ボルトの評価結果

| 評価設備 | 設計用震度 | 評価部位 | 評価項目 | 算出応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) |
|-------|---|--------------------|------|------------|------------|
| 天井ポート | Ss900 $C_H=1.74$ $C_H=1.74$ $C_V=0.91$ | レール架台 取付 ボルト | 引張 | ■ | 156 |
| | | | せん断 | ■ | 120 |

4. アンカー部評価

JEAG4601に基づき、セル間遮へい扉、シールドドア及び天井ポールの取付ボルトに対して、アンカー部評価を行った結果を表2.14.2.6-13に示す。結果として、コンクリートに固定される取付ボルトに対してコンクリートのコーン状破壊が発生しないことを確認した。

表 2.14.2.6-13 アンカー部評価結果

| 評価設備 | 評価部位 | 基礎ボルト 1本あたりの 引張荷重 p (N) | 基礎ボルト 1本あたりの 許容引張 荷重 p _a (N) | 基礎ボルト 1本あたりの せん断荷 重 q (N) | 基礎ボルト 1本あたり の許容せん 断荷重 q _a (N) | 引張荷重と せん断荷重 の組合せ※4 |
|-----------------|---------------------|----------------------------------|--|------------------------------------|--|--------------------------|
| セル間 遮へい 扉 | レール取 付ボルト | 基礎ボルトはコンクリートに固定されないため評価なし | | | | |
| | レール架 台取付ボ ルト | 1607 | 8848 | 1957 | 21175 | 0.1 |
| シールド ドア | シールド ドア取付ボ ルト | 13616 | 22172 | 13862 | 62013 | 0.5 |
| 天井 ポール | レール取 付ボルト | 基礎ボルトはコンクリートに固定されないため評価なし | | | | |
| | レール架 台取付ボ ルト | 540 | 2480 | 1304 | 21175 | 0.1 |

※3 ボルトが対向して配置されているため、引張応力は相殺される。

※4 $(p/p_a)^2 + (q/q_a)^2$ で計算され、1以下であればコーン状破壊は発生しない。

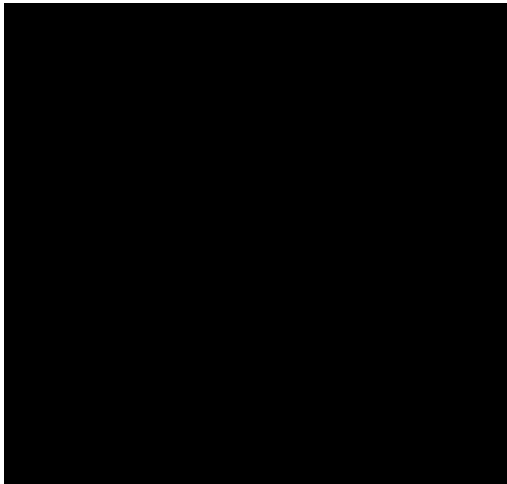
5. コンクリートセル付帯設備の耐震性

以上のことから、コンクリートセル付帯設備についてSクラスに対する耐震性を有することを確認した。

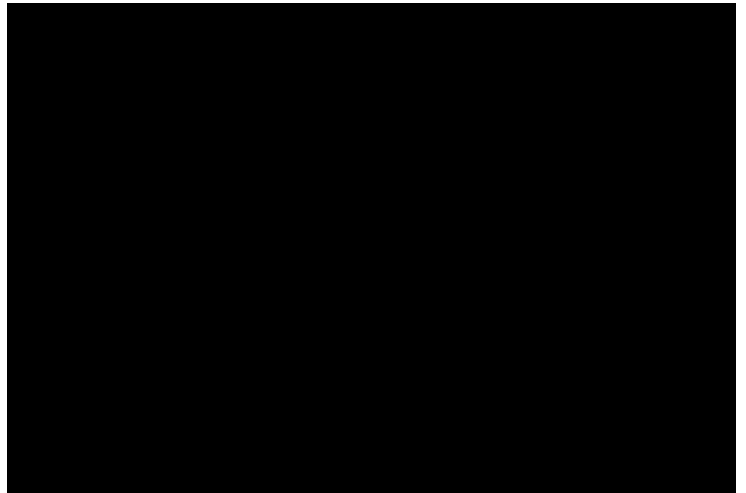
各付帯設備の概略構造図について

各付帯設備の概略構造図を以下に示す。

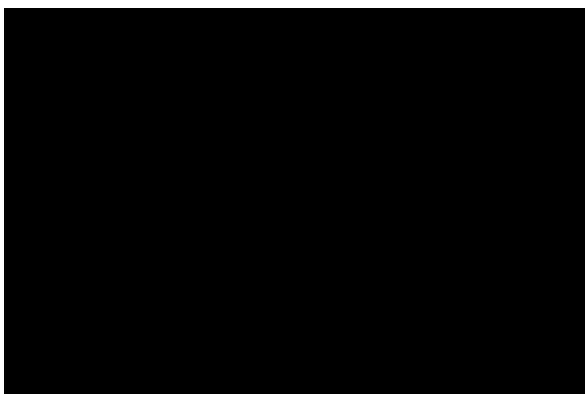
埋-1 遮へい窓



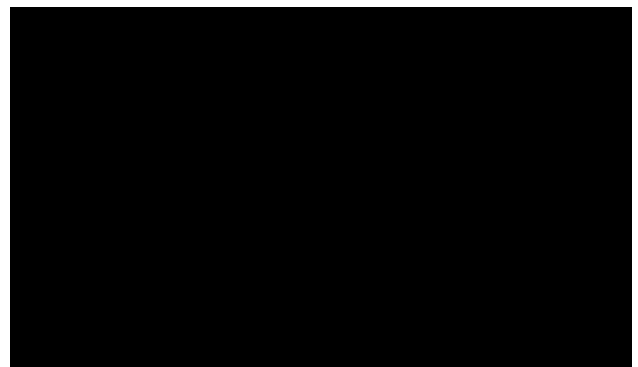
埋-2 背面遮へい扉



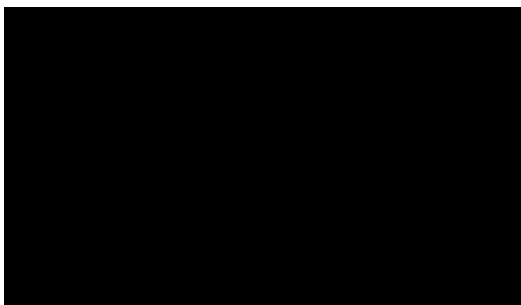
埋-3 電線管 (コンジット管)



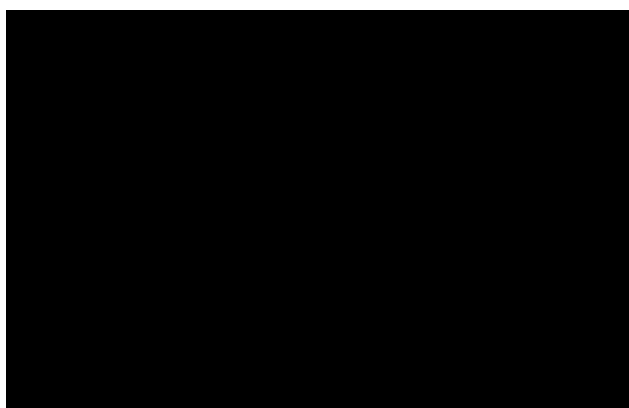
埋-4 インセルモニタ



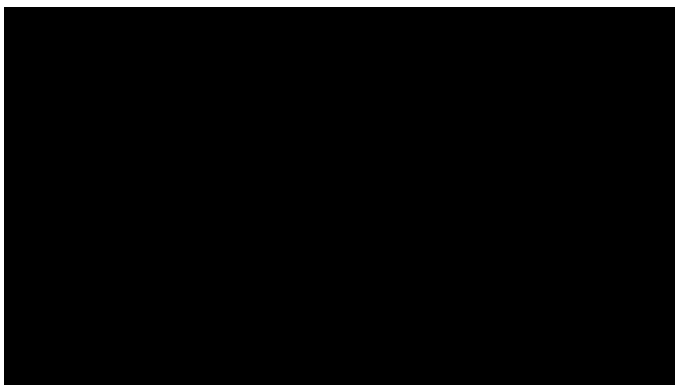
埋-5 セル差圧計用導圧管



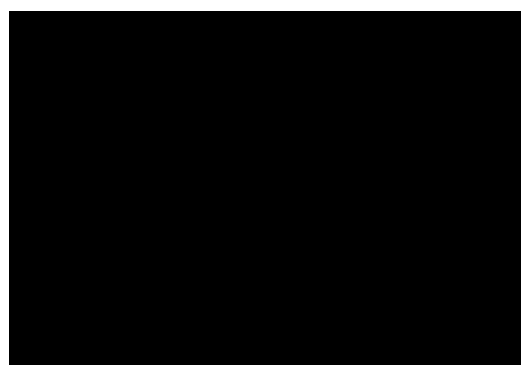
埋-6 マニプレータ（スルーウォールチューブ）



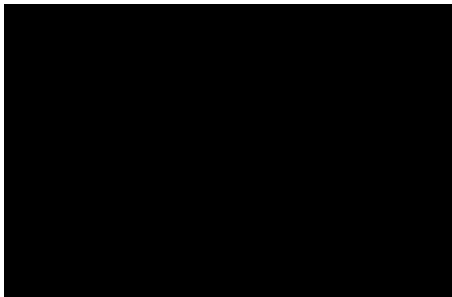
埋-7 ITVカメラ



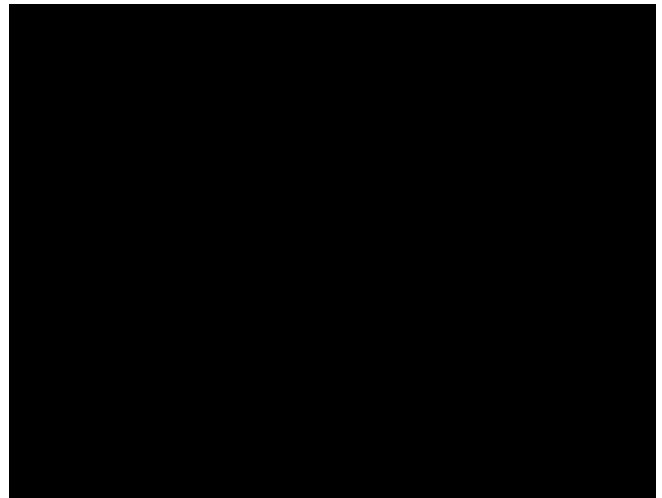
埋-8 遮へいプラグ（予備的措置）



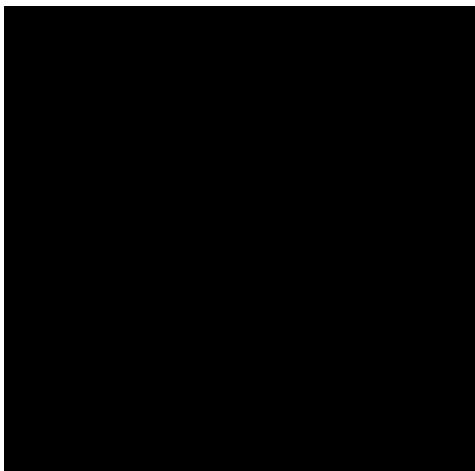
埋-9 γ線モニタ (コンジット管)



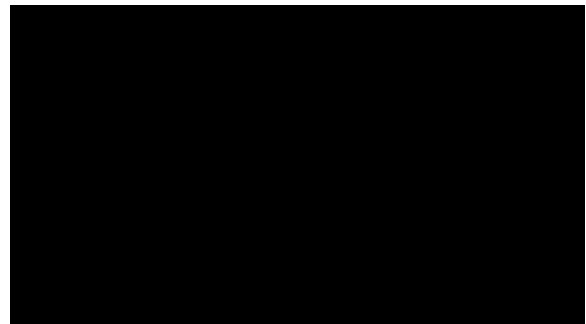
埋-10 ライニング



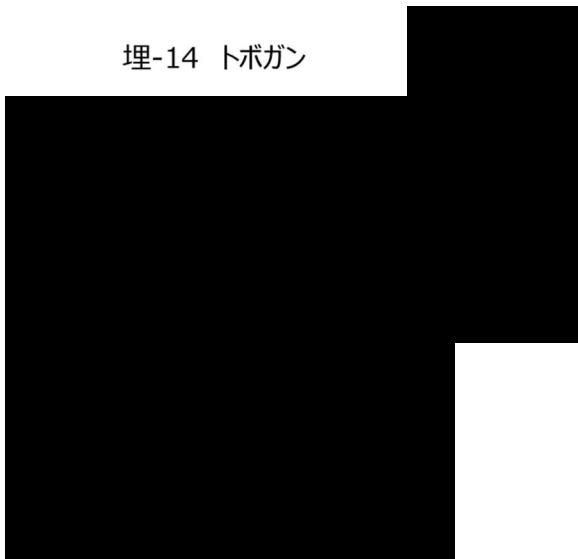
埋-11 予備ポート (予備的措置)



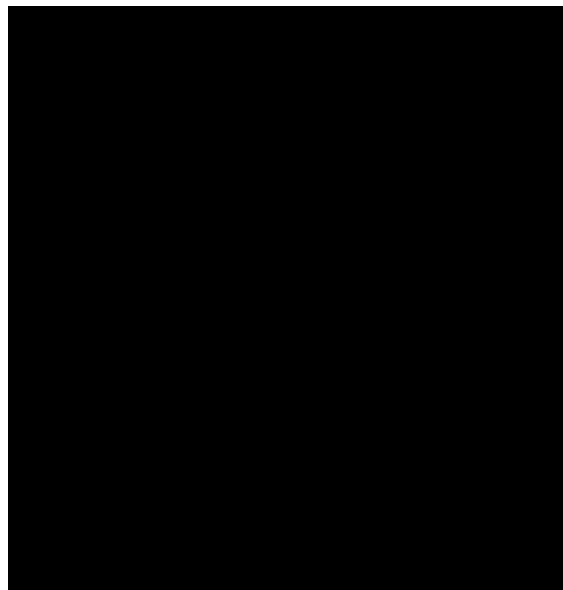
埋-12 消火配管 (逆止弁まで) ,
埋-13 ユーティリティ配管



埋-14 トボガン



非埋-4 背面気密パネル



コンクリートセル給排気弁の耐震性評価について

1. 概要

コンクリートセルの給排気弁は、コンクリートセルの静的閉じ込めを担保するために耐震Sクラスとして設計している。コンクリートセルの給排気弁の耐震性の確認は、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」（以下「JEAG4601」という。）に基づき、機能維持確認済加速度とSs900の設計用加速度との比較で行ったため、その詳細を示す。

2. 給排気弁の主仕様

給排気弁の主な仕様を表2.14.2.7-1に示す。

表 2.14.2.7-1 給排気弁の主な仕様

| 名称 | 安全機能 | | | 配管呼び径 | 主要材質 | 用途 |
|------|------|-----|----|----------------------|-------|--|
| | 閉込 | 遮へい | 臨界 | | | |
| 給排気弁 | ○ | — | — | 125A 150A 250A | ステンレス | 負圧維持機能喪失時にFC（フェールクローズ）になり、セル内を静的閉じ込めするものである。 |

3. 耐震性評価

(1) 評価対象

コンクリートセルの閉じ込め機能を担保するため、コンクリートセルの給排気弁（ともにバタフライ弁）を耐震Sクラスとするため、当該弁の耐震性評価を行う。

なお、コンクリートセルの給排気管は定ピッチスパン法で剛構造となるよう設計する。

(2) 動的機能維持評価

JEAG4601に基づき、耐震性の評価方法として1800A以下のバタフライ弁は機能維持確認済加速度との比較評価を行うと記載されており、コンクリートセルの給排気弁は1800A以下であるため、給排気弁が設置される位置におけるSs900の設計用加速度（表2.14.2.7-2の2階における設計用加速度）と機能確認済加速度との比較により、地震時又は地震後の動的機能維持を評価する。配管系の固有値が剛となる場合は、JEAG4601によると「床応答スペクトルのZPA（ゼロ周期加速度）を弁駆動部応答加速度と見なして評価を行う」とあるが、本評価では一定の余裕を考慮し1.2倍した値（1.2ZPA）を用いて弁駆動部の応答加

速度を算出し、機能維持評価を行う。

なお、JEAG4601に基づき、Ss900の設計用加速度が機能維持確認済加速度を超過する場合は、構造強度評価を実施する。

表2.14.2.7-2 Ss900の階別設計用加速度

($\times 9.80665\text{m/s}^2$)

| 階層 | 水平設計用加速度 ^{※1} | | 鉛直設計用加速度 ^{※1} |
|------|------------------------|-------|------------------------|
| | EW 方向 | NS 方向 | UD 方向 |
| | C_H | C_H | C_V |
| 2 階 | 1.74 | 1.74 | 0.91 |
| 1 階 | 1.26 | 1.26 | 0.90 |
| 地下1階 | 0.84 | 0.84 | 0.89 |

※1 Ss900に対する建屋の床応答加速度の1.2倍を考慮している。

i) JEAG4601に基づく弁（バタフライ弁）の機能維持確認済加速度

JEAG4601に基づき、弁（バタフライ弁）の機能維持確認済加速度を表2.14.2.7-3に示す。

表 2.14.2.7-3 弁（バタフライ弁）の機能維持確認済加速度

($\times 9.80665\text{m/s}^2$)

| 設備名称 | 形式 | 方向 | 機能維持確認済加速度 |
|------|--------|----|------------|
| 給排気弁 | バタフライ弁 | 水平 | 6.0 |
| | | 鉛直 | 6.0 |

ii) 評価結果

Ss900の設計用加速度と機能維持確認済加速度との比較結果を表2.14.2.7-4に示す。評価結果より、評価対象のバタフライ弁についてSs900の設計用加速度が機能維持確認済加速度を下回るため、耐震Sクラスの耐震性を有することを確認した。

なお、Ss900の設計用加速度が機能維持確認済加速度を下回るため、JEAG4601に基づき構造強度は担保されている。

表 2.14.2.7-4 Ss900 の設計用加速度と機能維持確認済加速度との比較結果

| 設備名称 | Ss900の設計用加速度 ($\times 9.80665\text{m/s}^2$) | | 機能維持確認済加速度 ($\times 9.80665\text{m/s}^2$) | |
|------|--|------|--|-----|
| | 水平 | 鉛直 | 水平 | 鉛直 |
| 給排気弁 | 1.74 | 0.91 | 6.0 | 6.0 |
| | 水平2方向及び鉛直1方向の組合せ※2 | | | |
| | 2.63 | | | |

※2 二乗和平方根 (SRSS) 法による組合せ

(中略)

V 燃料デブリの取出し・廃炉のために措置 を講ずべき事項

5.2 臨界防止

燃料デブリ等が試料ピットの底部に集積した場合の臨界安全評価

1. 燃料デブリ等が試料ピットの底部に集積した場合の臨界安全評価

第2棟の臨界安全評価について、燃料デブリ等が試料ピットの底部に集積した場合に中性子実効増倍率へ与える影響を検討した。これまでの解析モデルは [REDACTED] からなる試料ピットの各 [REDACTED] に、燃料デブリ等 [REDACTED] が収納された保管容器を [REDACTED] 積み上げた条件であったが、本検討では燃料デブリ等 [REDACTED] が [REDACTED] 底部に集積した条件で解析を実施した。図 5.2.5-1 に従来の保管イメージ及び底部集積イメージを示す。

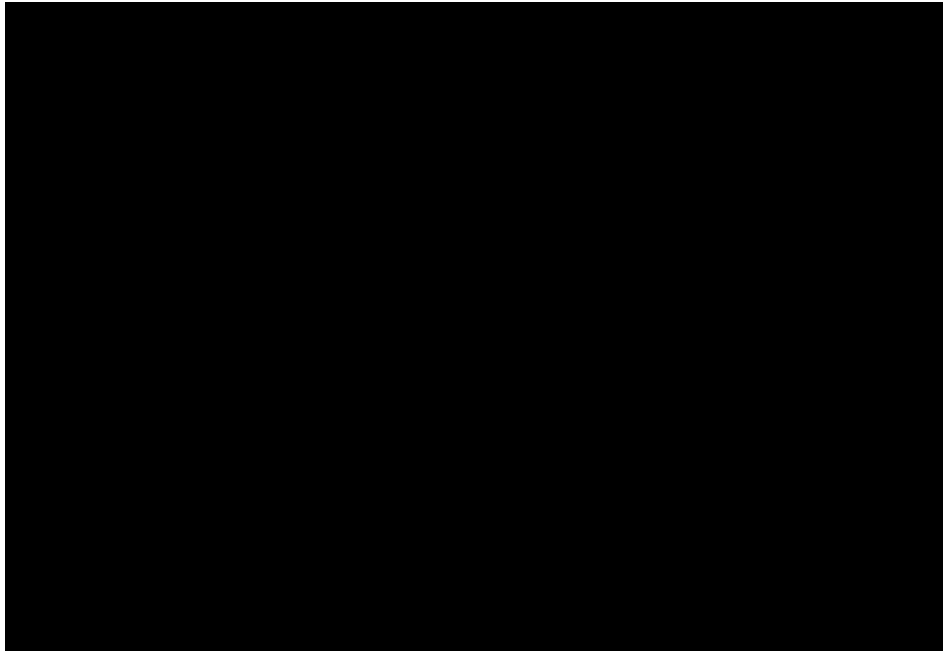


図 5.2.5-1 底部集積のイメージ

(1) 解析条件

(a) 解析コード：MVP2 (連続エネルギーモンテカルロ計算コード)

SCALE6.1 (1次元臨界材質サーチ計算SMORES)

(b) 解析上の燃料デブリ等の量：最大取扱量 [REDACTED]

(c) 解析モデル

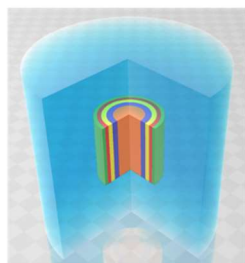
- ・ 解析モデルを図5.2.5-2に示す。
- ・ Pu組成は従来の評価と同じとした。
- ・ 試料ピット内の燃料デブリ等は、粒子状のPuと水の混合物とし、燃料領域内でPu粒子の配列にばらつきのある不均一な状態を想定し、SCALE6.1(SMORES)で [REDACTED] の燃料デブリ等が保管容器 [REDACTED] の高さで最適な分布を求める。図5.2.5-3に解析モデルのイメージを、表

5.2.5-1に層毎の求めた最適なPu重量の分布を示す。

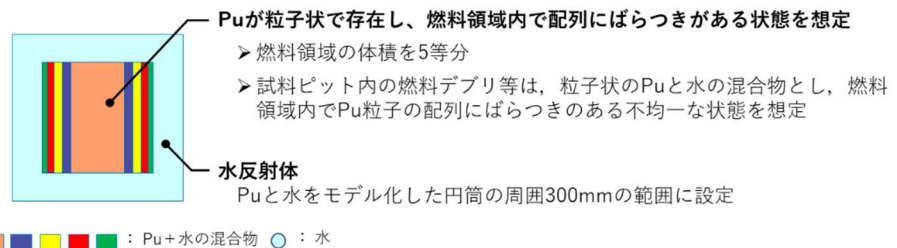
- 粒子状のPuの粒径および粒子間距離は、保守的な結果となるように設定する。表5.2.5-2にPuの粒径および粒子間距離を示す。
- [REDACTED]の雰囲気は空気であるが、試料ピット上部を十分な中性子の反射効果が得られる厚さ(300mm)の水反射と仮定する。
- 底部集積モデルでは、試料ピットの燃料領域に水が存在するとした。
- 燃料デブリ等を収納した保管容器を試料ピットから取り出す場合を考慮し、最大取扱量 [REDACTED]と保守的に仮定して評価した。



図5.2.5-2 各段数での解析モデル



解析モデルのイメージ



非均質／不均一体系の解析モデル

図5.2.5-3 SCALE6.1の解析モデルイメージ

表5.2.5-1 最適な層毎のPu重量割合

| | 1層目 | 2層目 | 3層目 | 4層目 | 5層目 |
|--------|-------|-------|-------|------|-------|
| Pu重量割合 | 15.7% | 14.3% | 19.2% | 2.3% | 48.4% |

表5.2.5-2 最適な層毎のPuの粒径および粒子間距離

| | 1層目 | 2層目 | 3層目 | 4層目 | 5層目 |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 粒径 | 0.23cm | | | | |
| 粒子間距離 | 約0.47cm | 約0.48cm | 約0.44cm | 約0.88cm | 約0.32cm |

(2) 解析結果

解析を行った結果、実効増倍率($k_{eff} + 3\sigma$)は0.86989となった。これは、未臨界性の判断基準である0.95を下回り、臨界に達することはなく保管容器■■■■モデルの実効増倍率($k_{eff} + 3\sigma$)0.91770よりも低い値となった。よって、保管容器の形状は臨界安全上の問題にならない。

評価モデルによる実効増倍率への影響について

1. 評価モデルによる実効増倍率への影響について

解析モデルによる実効増倍率への影響を確認するために、複数のモデルで解析を実施した。

- (1) 現在の実施計画に記載している■モデル
- (2) 燃料デブリ等底部集積モデル(■内に水が存在)
- (3) 燃料デブリ等底部集積モデル(■内に空気が存在)

図5.2.5-4に実効増倍率への影響を検討したモデルを、表5.2.5-3にモデル別の実効増倍率 $k_{eff} + 3\sigma$ を示す。

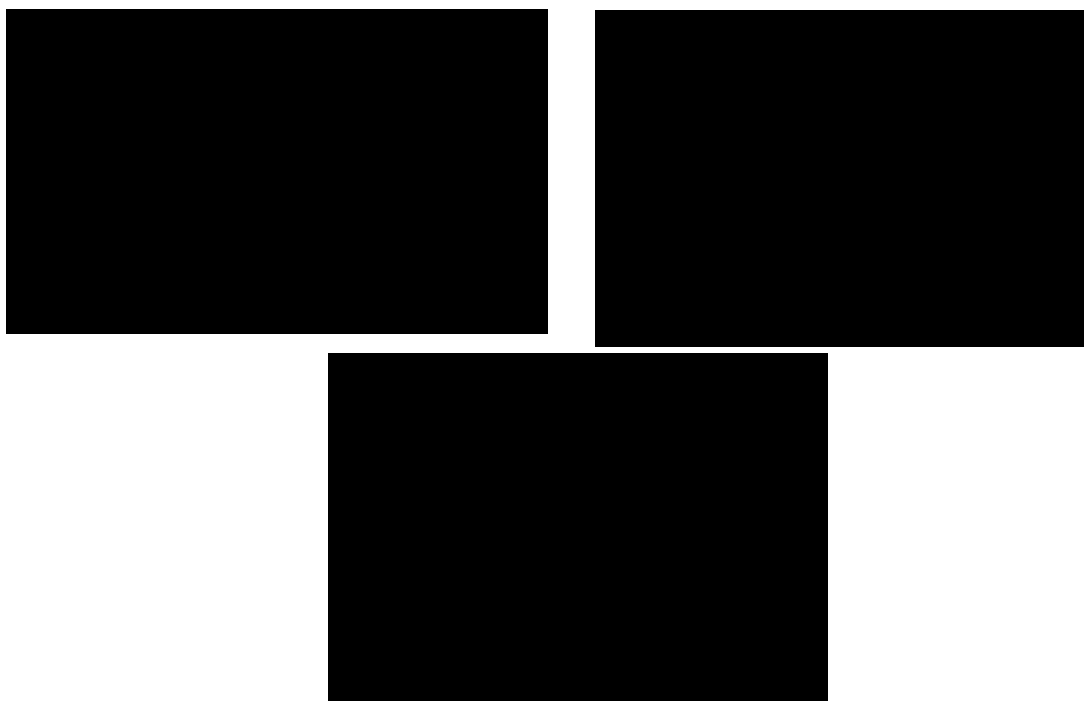


図5.2.5-4 解析モデル

表5.2.5-3 モデル別の実効増倍率

| 評価モデル | 実効増倍率 $k_{eff} + 3\sigma$ |
|-------------------------------|---------------------------|
| 現在の実施計画に記載している■モデル | 0.91770 |
| ピット中の燃料デブリ等が底部集積モデル(■内に水が存在) | 0.86989 |
| ピット中の燃料デブリ等が底部集積モデル(■内に空気が存在) | 0.84276 |

各種の解析結果から、現在の実施計画に記載している■モデルが最も実効増倍率が大きくなることが確認された。

2.6 電源の確保

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

6. 電源の確保

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

2.6.1 措置を講ずべき事項への適合方針

(1) 東京電力福島第一原子力発電所における電源の確保

- 重要度の特に高い安全機能や監視機能を有する構築物, 系統及び機器に対し, 外部電源又は非常用所内電源のいずれからも電力を供給でき, かつ, 十分に高い信頼性を確保, 維持しうる構成とする。
- 外部電源, 非常用所内電源, その他の関連する電気系統設備の故障によって, 必要とされる電力の供給が喪失することがないように, 異常を検知し, 異常箇所を切り離すことによりその拡大及び伝播を防止する。

(実施計画: II-1-6-1)

(2) 第2棟における電源の確保

放射性物質分析・研究施設第2棟 (以下「第2棟」という。) の外部電源は, 2系統より受電する設計とし 1系統からの受電が停止した場合でも全ての負荷に給電できる構成とする。外部電源が喪失した場合でも, 必要な設備に給電する非常用電源設備を設置する。

外部電源及び非常用電源設備, その他関連する電気系統の設備故障により, 必要な設備への電力供給が喪失することがないように, 遮断器と保護継電器を連係できる構成とする。保護継電器は, 計器用変圧器・変流器を介して電圧及び電流の大きさ, 位相条件により異常を検出し電気系統を保護する。保護継電器で異常を検知した場合は, 異常拡大防止のため保護継電器の信号で遮断器を開放し, 異常箇所を隔離することで他の電気系統に拡大及び伝播を防止する。

(実施計画: II-2-48-8)

(3) 使用許可基準規則における関連条文に対する方針

(非常用電源設備)

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

第1項について

第2棟は、外部電源系統からの電気の供給が停止した場合において、監視設備その他当該施設の安全機能を確保するために必要な設備を使用することができるように、必要に応じて非常用電源設備を設ける設計とする。

2.6.2 対応方針

2.6.2.1 第2棟の電気系統設備の対応方針

(1) 第2棟 電源の確保

第2棟は、近傍のメタルクラッド開閉装置（以下「所内共通 M/C」という。）から、本線・予備線の2系統で高圧受電し、万一、外部電源が喪失した場合でも、第2棟に設置する非常用電源設備から必要な設備に給電する。

(2) 第2棟 電気設備(高圧側)の保護

所内高圧母線は、所内共通 M/C で連系し特定原子力施設へ電力を振り分ける。第2棟に関連する電気系統の設備故障により発生する短絡若しくは地絡又は母線の低電圧若しくは過電流に対し、保護継電器により検知できる設計としており、検知した場合には、保護継電器からの信号により、遮断器等において故障箇所を離隔し、故障による影響を局所化し、他の電気系統の安全性への影響を限定できる設計とする。外部電源系の保護継電器を表 2.6-1 に示す。

表-2.6-1 外部電源系保護継電器

| 場所 | 保護継電器の種類 |
|----------|-------------------------------|
| 所内共通 M/C | 過電流継電器 地絡過電圧継電器 地絡方向継電器 |
| 第2棟 | 交流不足電圧継電器 過電流継電器 |

(3) 第2棟 電気設備(低圧側)の保護

ファンやポンプ等の負荷については、過負荷保護継電器及び過電流保護継電器を設置している。過負荷保護継電器及び過電流保護継電器にて過電流を検知した場合、警報を発生

させることや負荷を停止することにより、他の安全機能への影響を限定できる設計としている。

(4) 第2棟 非常用電源設備

第2棟は、非常用電源設備として屋外ディーゼル発電機(1000kVA×1台)を設け168時間連続に必要な負荷に対して電力を供給できる構成とする。

| | |
|-----|----------|
| 台数 | 1 |
| 容量 | 1,000kVA |
| 電圧 | 6.9kV |
| 力率 | 0.8 |
| 周波数 | 50Hz |

(5) 第2棟 電気系統を構成する個々の機器の信頼性

電気系統を構成する電線、母線、変圧器、その他関連する機器については、電気学会電気規格調査会にて定められた規格(JEC)又は日本産業規格(JIS)等で定められた適切な仕様を選定し、信頼性の高い設計とする。

(6) 第2棟 耐雷サージ対策

第2棟で設置する電気設備の雷サージ保護は、ボーリング接地極を用いて接地抵抗の低減を行う設計とする。

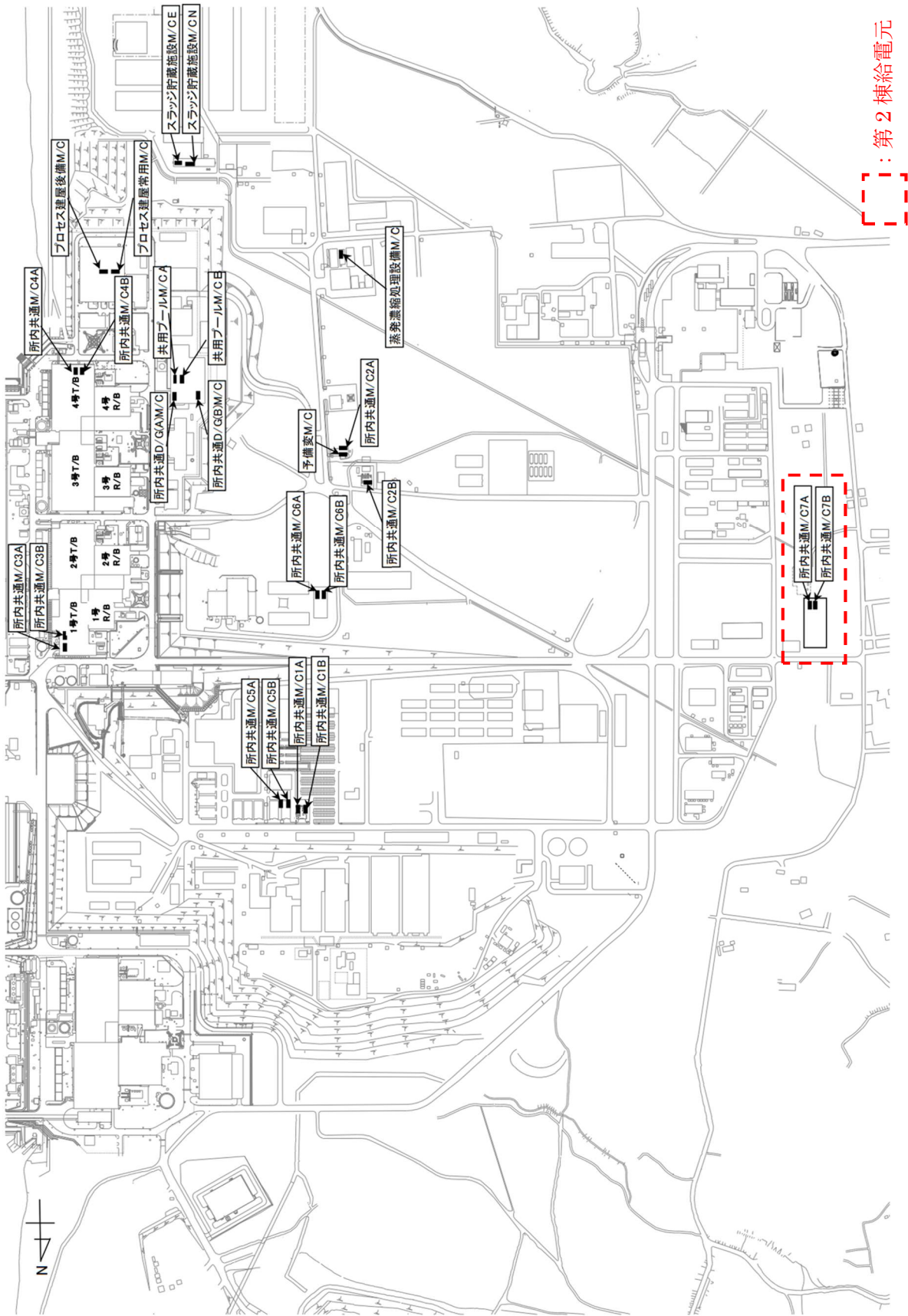


図 2.6-1 福島第一原子力発電所構内電源配置図

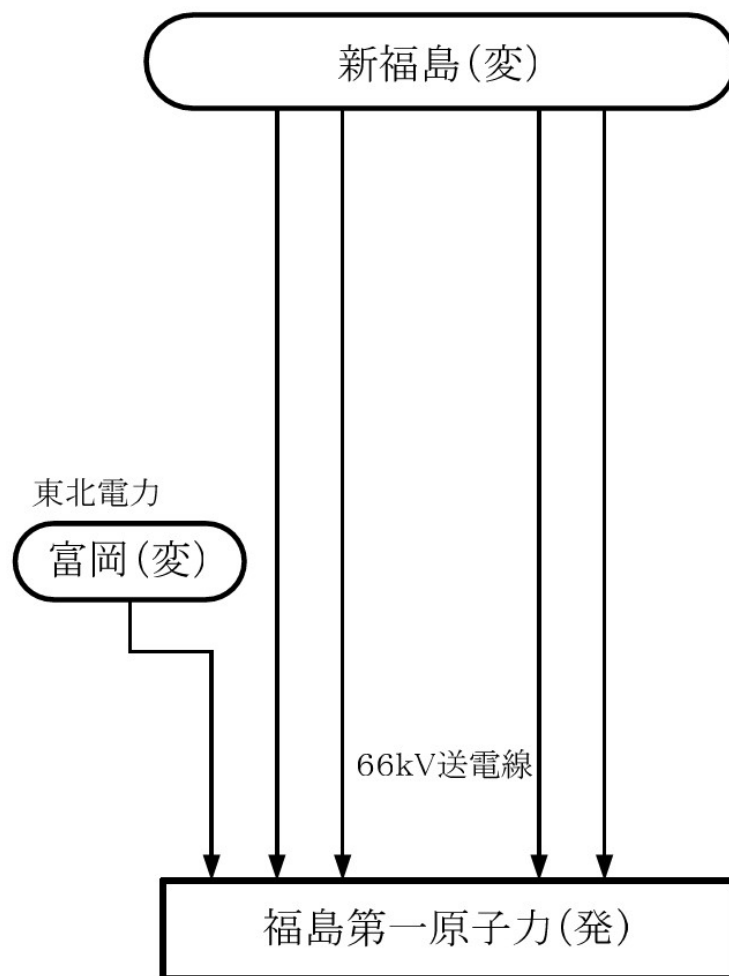


図 2.6-2 送電系統図

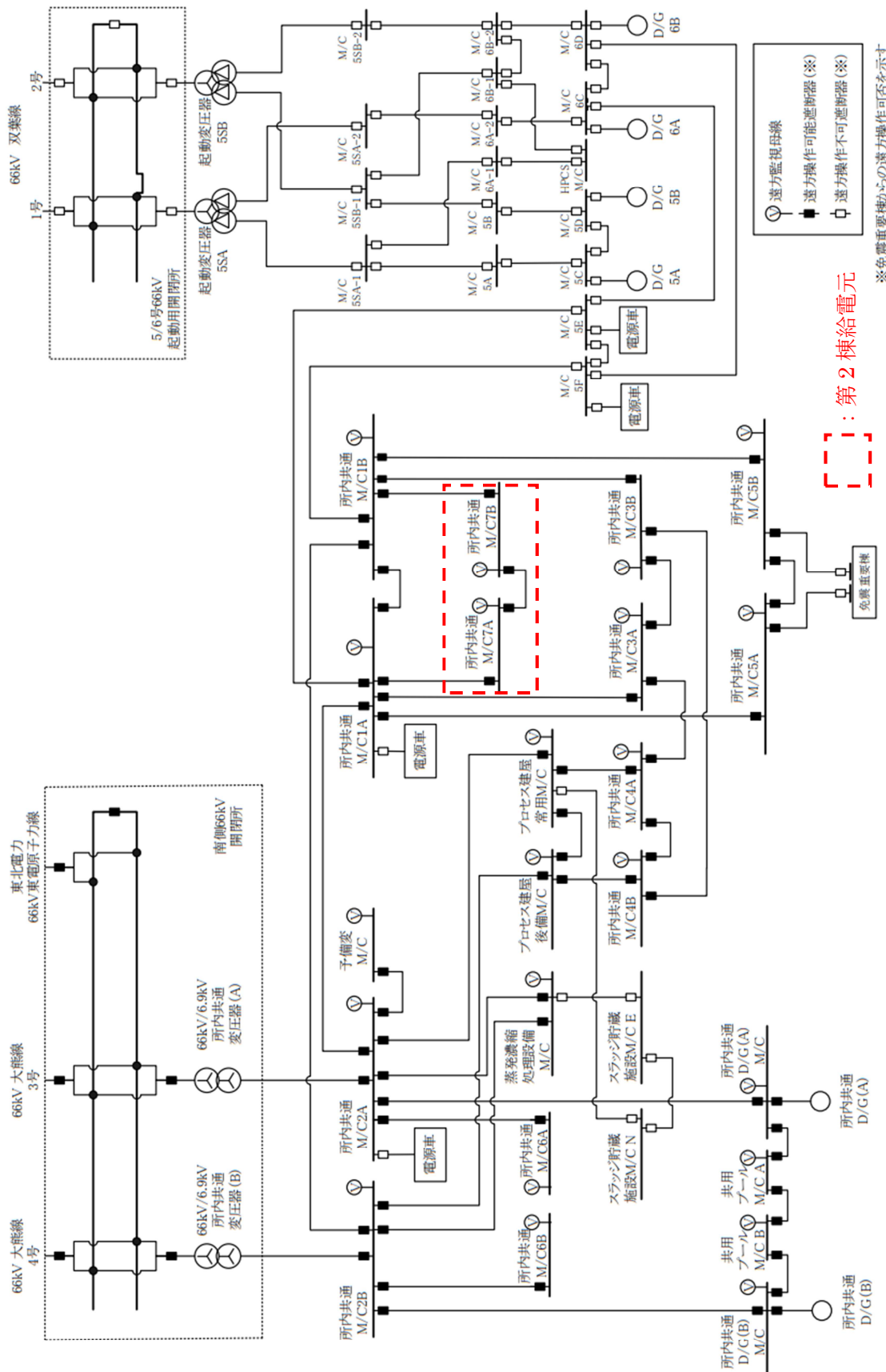


図 2.6-3 所内単線結線図

2.6-7

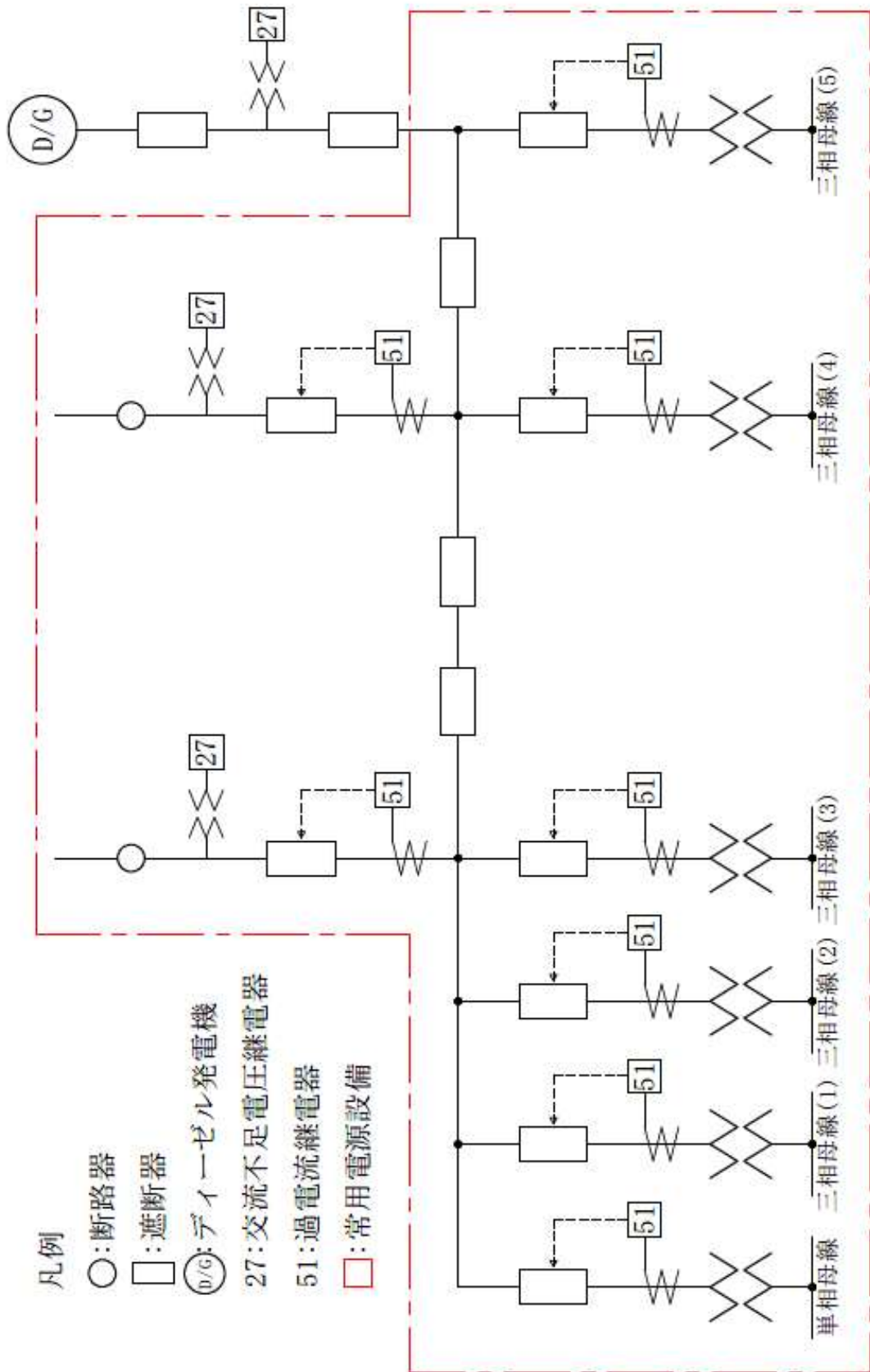


図 2.6-4 第 2 棟単線結線図(1)

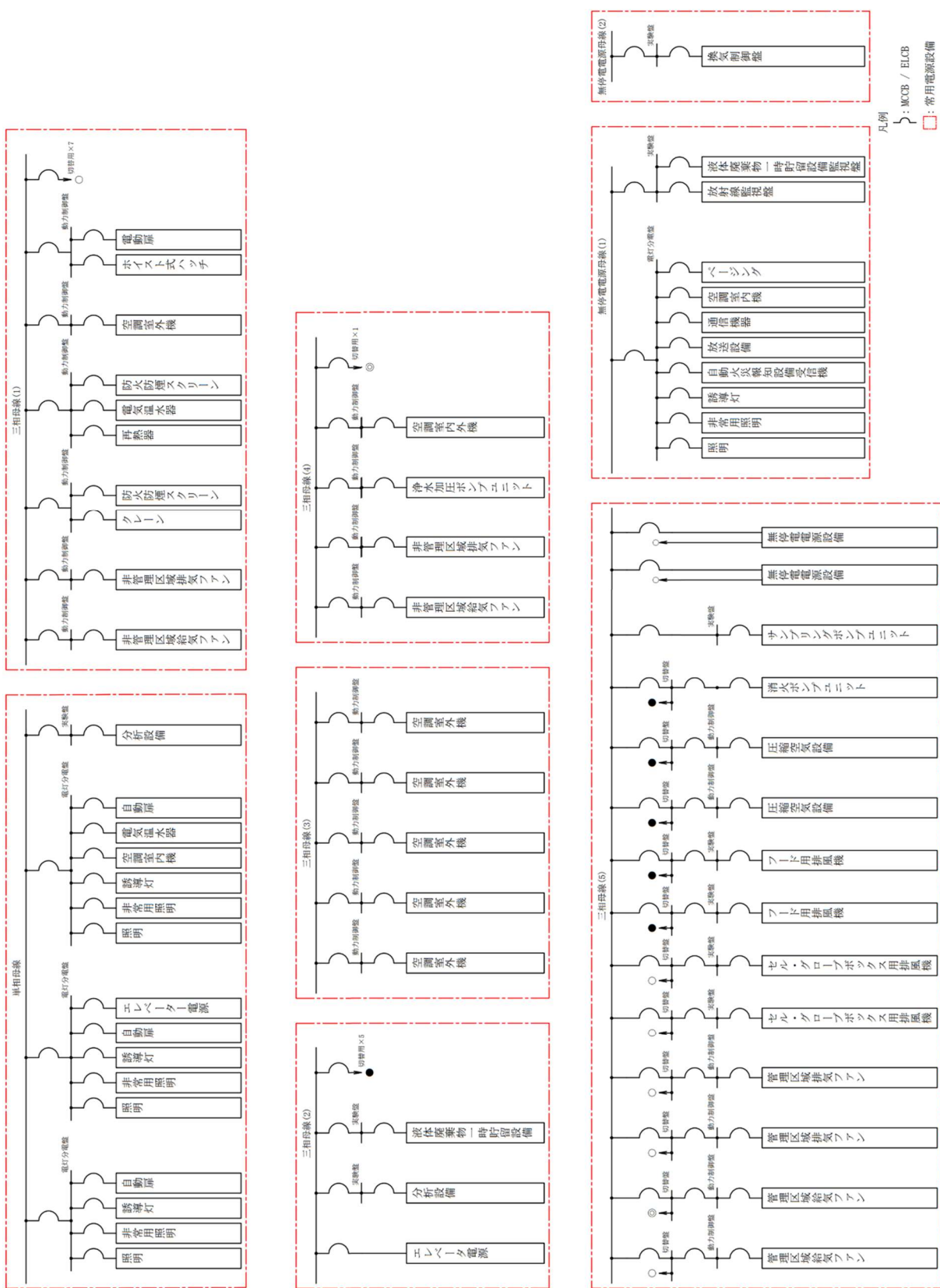


図 2.6-5 第 2 棟 単線結線図 (2)

(7)外部電源喪失時における第2棟の電源の確保

①非常用電源設備及びその付属設備の信頼性

i)非常用電源設備の配置

第2棟の非常用電源設備は、第2棟北側に配置する。図2.6-6に非常用電源設備配置位置を示す。

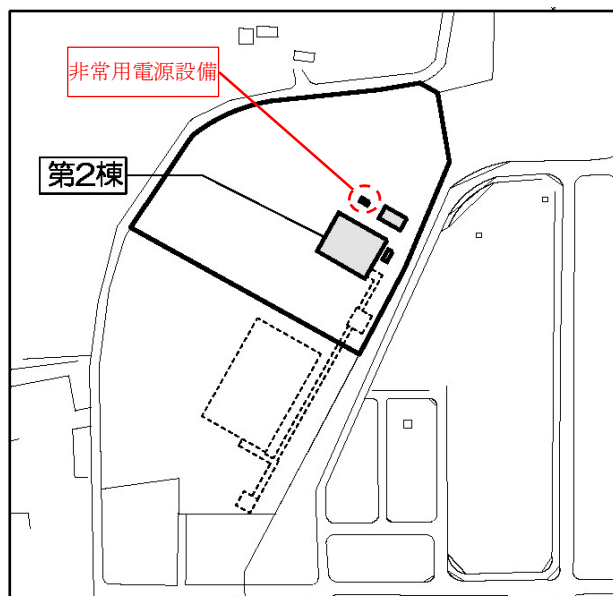


図 2.6-6 第2棟非常用電源設備配置図

ii)容量について

第2棟の設計基準事故に対処するための設備は以下のとおりである。

1)非常用電源設備

非常用ディーゼル発電機

台数 1台

容量 約1,000kVA/台

<主な負荷>

- ・外部電源が完全に喪失した場合に、第2棟の設備を安全に停止するために必要な負荷
- ・保安上必要とされる負荷

非常用ディーゼル発電機は、外部電源の喪失が発生した際、自動起動して第2棟の保安上必要とされる負荷に電力を供給するために、十分な発電機容量を有する設計とする。

iii) 燃料貯蔵設備

非常用ディーゼル発電機は、第2棟の設備を安全に停止するために必要な負荷と保安上必要とされる負荷に必要な容量を有しており、燃料は重油タンクから燃料移送ポンプにて、非常用ディーゼル発電機へ供給される。

重油タンクの燃料は、168時間連続運転できる容量とする。非常用ディーゼル発電機の燃料供給系統を図2.6-7に示す。

ディーゼル発電機1台を定格出力にて7日間連続運転できる容量

V : 重油必要容量[L]
 N : 発電機定格出力[kW]=1000(力率0.8)
 H : 運転時間[h]=168(7日間)
 γ : 燃料(重油)の密度[kg/L]=0.85
 c : 燃料消費量[kg/kW・h]= 203×10^{-3}

$$V = \frac{N \times H \times c}{\gamma} = \frac{1000 \times 168 \times 203 \times 10^{-3}}{0.85} = 40.1 \text{ kL} < 50 \text{ kL}$$

燃料タンク

形状 : 横型円筒形
基数 : 1
容量 : 50kL
使用燃料 : A重油

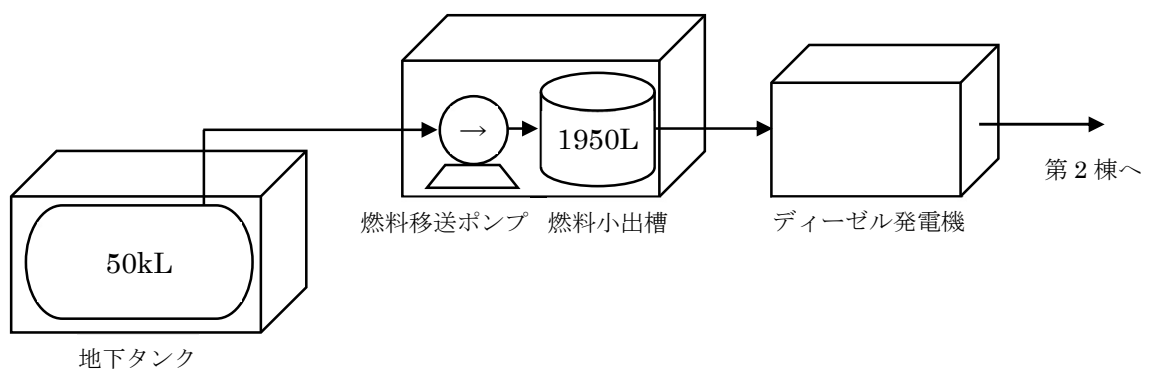


図2.6-7 非常用ディーゼル発電機の燃料供給系統の構成

第2棟で外部電源喪失した場合の各設備の状況

第2棟運用中に外部電源喪失した場合の各設備の状況を以下に示す。

(1) 換気空調設備

各送排風機及び圧縮空気設備(コンプレッサ)は、停止する。同時に管理区域用排気口手前の弁とコンクリートセル給排気側の第一弁が閉じ、コンクリートセルを閉じ込める。

停電保障時間10分の無停電電源設備に接続した空調監視盤と各部屋の差圧計は、監視を継続する。また、ある一定期間負圧が浅くなった場合に空調監視盤にて差圧警報が発報する。

次に、非常用電源設備から各排風機、圧縮空気設備及び無停電電源設備に給電するため、閉じ込め機能に影響は無い。

(2) 放射線監視設備

各箇所に設置された検出器(γ線エリアモニタ、室内ダストモニタ)は、停電保障時間10分の無停電電源設備に接続した放射線監視盤で監視を継続する。

エアスニファ及びダストモニタに用いる放射線管理用サンプリングポンプが停止する。

次に、非常用電源設備から無停電電源設備、放射線管理用サンプリングポンプに給電し、サンプリングを継続するため、放射線監視に影響は無い。

(3) 液体廃棄物一時貯留設備

タンク内の攪拌及びタンク間移送中の液体廃棄物は、攪拌機及び移送ポンプの停止に伴い、液体廃棄物はタンク及び配管内に留まる。排出先の液体廃棄物は、自重で配管を通過してタンクに収集するため電源喪失の影響を受けない。

停電保障時間10分の無停電電源設備に接続した液体廃棄物の現場監視盤は、液位及び漏えいの監視を継続する。

次に、非常用電源設備から無停電電源設備を経由し現場監視盤への給電が継続されるため、監視は継続するため、他設備への影響は無い。

(4) 消防設備

自動火災報知設備は、無停電電源設備から給電し10分間火災監視を継続する。その後受信機内蓄電池に切り替えて監視を継続する

待機状態の防火防煙スクリーンは、待機状態を継続する。防火防煙スクリーン付近で火災を検知した場合は、自動火災報知設備の受信機から防火防煙スクリーンの自動閉鎖装置に信号を送り動作させる。

待機状態の屋内消火栓用ポンプは、電源を失うため停止する。自主設置の不活性ガス消火設備は、制御盤内の蓄電池からの給電に切り替え、60分間待機状態を継続する。

次に、非常用電源設備から無停電電源設備を経由し自動火災報知設備の受信機及び制御盤は、蓄電池から切り替えを行い監視及び待機状態を継続する。屋内消火栓ポンプも同様に待機状態に戻るため、他設備への影響は無い。

(5) 通信設備

停電保障時間 10 分の無停電電源設備へ接続した放送設備、ページング、通信機器(ネットワーク機器、携帯電話機、衛星携帯電話機、固定電話機及びFAX)は、機能を維持する。

次に、非常用電源設備から無停電電源設備を経由し、通信設備の機能を維持するため、他設備への影響は無い。

(6) 照明・非常照明・誘導灯

点灯していた照明は消灯し、消灯していた非常照明は、蓄電池からの給電に切り替えて、30分間の間点灯する。常時点灯の誘導灯も蓄電池に切り替え20分間の点灯を継続し、建屋外へ誘導・避難させる。

次に、非常用電源設備から制御室、緊急時対策室及び電気室の照明・非常照明・誘導灯に給電し、照明は点灯し、非常照明は、蓄電池から給電を切り替えて消灯し蓄電池の充電を開始する。誘導灯は、充電を行いながら点灯を継続するため、他設備への影響は無い。

(7) クレーン、ホイスト式ハッチ

クレーン及びホイストの駆動部は、モーターと電磁ブレーキを組合せたもので、モーターの通電と同時に電磁ブレーキがバネの力に逆らってブレーキを開放し、モーターの通電が切れるとバネの力でブレーキが動作する。そのため、クレーン及びホイストの操作中においても、吊荷を保持し停止することから、他設備に与える影響は無い。また、復電後もバネによるブレーキが継続しているため、操作を再開しても他設備への影響は無い。

(8) 自動ドア・電動扉

自動ドア動作中にセンサーが機能喪失し、電源喪失時点の扉位置で停止する。手動でドアの開閉が可能であるため、電源喪失による影響は無い。

電動扉の開閉動作中は、扉がその状態で停止する。手動操作で扉を開閉できるため、電源喪失による影響は無い。

(9) エレベータ

エレベータ運行中に電源喪失した場合、エレベータ内の停電灯が自動点灯し、停電時自動着床装置により近傍下階まで運行後に扉を開放し避難する。その後エレベータは停止状態を維持し、運用しないため、他設備に与える影響は無い。

(10) 分析設備

分析作業中に電源喪失した場合は、分析作業を中止し、分析試料の処置をして避難することから、他設備へ与える影響は無い。

(11) その他機器

①空調設備

非常用電源設備の運転から、制御室、緊急時対策室及び電気室について、空調設備による除熱を行う。万一、非常用電源設備からの電源が無い場合は、機器発熱が全て無くなるため、他設備に与える影響は無い。

②浄水加圧ポンプユニット

電源喪失においても、受水槽から圧送する設備が無く、浄水は管内に留まることから他設備への影響は無い。

③電気温水器

電源喪失後、温水を必要としない設計のため、他設備への影響は無い。

(中略)

令和 5 年 9 月 28 日

第 2 棟における使用許可基準規則第 22 条等の審査資料について

1. 背景

本資料は、特定原子力施設の実施計画の審査等に係る技術会合（令和 5 年 9 月 11 日）における審議結果及び「1F 実施計画における使用許可基準規則第 22 条等に関する審査方針について（令和 5 年 9 月 19 日）」に基づき、第 2 棟における使用許可基準規則第 22 条等への適合性審査に係る資料の提示予定を示すものである。

2. 資料の提示順序

本打ち合わせにて、進捗の共有及び

以下のとおり、審査資料を提示していく。

確認をさせて頂きたい範囲

I. 「設計評価事故」の選定・評価

- ・単一起因事象（従属する事象を含む）を想定し、選定・評価する。なお、自然現象、外部人為事象については、設計上の影響度合いからスクリーニングを実施し、安全機能喪失が想定される事象に絞って評価を行う。
- ・評価した結果、5mSv/事象以下であることを確認する。また、施設全体に影響を及ぼす起因事象（例：地震）により複数の設備に異常が発生する可能性がある場合は、その起因事象における公衆の被ばく線量を合算し、5mSv を超えないことを確認する。

II. 「安全上重要な施設」の選定・評価

以下の観点から、安全上重要な施設を選定する。

- ・安全機能喪失時に公衆への被ばく影響が 5mSv/事象を超える施設・設備【PS】
- ・設計評価事故時において、当該施設・設備による事故の防止・緩和機能に期待しているものであって、それら機能に期待しない場合の公衆への被ばく影響が 5mSv/事象を超える施設設備【MS】

III. 「多量の放射性物質等を放出する事故」の選定・評価

- ・安全上重要な施設に選定したものを対象に事故の想定及び評価を行う。
- ・評価した結果、放出量が Cs-137 換算で 100TBq/事象を十分下回ることを確認する。評価にあたっては、J-MOX の評価例、IAEA の文献を参考に、放射性物質が地表に沈着し、そこからのガンマ線による外部被ばく及び再浮遊による吸入摂取による内部被ばくの 50 年間の実効線量を用いて Cs-137 の換算を行う。

評価完了

以上

起回事象一覧（案）

2023/9/28

| レベル1 頂上事象 | レベル2 異常事象の定義 | レベル3 具体的事象 | レベル4 起回事象 | | | | |
|---------------------------------------|----------------------|--------------------|----------------|---|---|--|--|
| | | | 発生タイミング | 異常カテゴリ | No. | 状況 | |
| 安全機能喪失により公衆の被ばく線量が5mSvを超える放射性物質等の放出事象 | 閉じ込め機能不全 | コンクリートセルの閉じ込め機能不全 | 受入・払出時 | 地震 | 1 | ・輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ時に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。 | |
| | | | | 設備故障 | 2 | ・輸送容器をコンクリートセルに接続時に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。 | |
| | | | | 人的過誤 | 3 | ・輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に20t天井クレーンの動力部が故障することを想定する。 | |
| | | | | 人的過誤 | 4 | ・輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ時に、玉掛けの状態が不十分であり、輸送容器が落下する可能性を想定する。 | |
| | | | 分析時 | 地震（地震に伴う火災を含む） | 5 | ・Sクラス相当の地震の発生に伴い、可燃物又は薬品が加熱機器に接触し、セル内で火災が発生した状況を想定する。 | |
| | | | | | 6 | ・セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障を想定する。 | |
| | | | | 設備故障 | 7 | ・圧縮空気設備の動力部が故障したことに伴うコンクリートセルの給排気弁の開閉操作不可を想定する。 | |
| | | | | | 8 | ・外部電源喪失によるセル・グローブボックス用換気空調設備の排風機停止、圧縮空気設備、コンクリートセルの給排気弁の操作不可を想定する。 | |
| | | | | | 9 | ・可燃物又は薬品を加熱機器に誤って接触させ、セル内火災が発生した状況を想定する。 | |
| | | | | | 10 | ・保管容器をインセルクレーンで移送中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。 | |
| | | | 移送時 | 地震 | 11 | ・Sクラス相当の地震によるセル間遮蔽扉（コンクリートセルNo.4-鉄セル間）の損傷を想定する。 | |
| | | | | | 12 | ・保管容器をインセルクレーンで移送中に、インセルクレーンの動力部が故障することを想定する。 | |
| | | | | 人的過誤 | 13 | ・保管容器とインセルクレーンの接続状態が不十分であり、保管容器が落下する可能性を想定する。 | |
| | | | | | 14 | ・2重の扉となっているセル間遮蔽扉（コンクリートセルNo.4-鉄セル間）を同時開放する状況を想定する。 | |
| | | 鉄セルの閉じ込め機能不全 | 分析時 | 地震（地震に伴う火災を含む） | 15 | ・Sクラス相当の地震の発生に伴い、可燃物又は薬品が加熱機器に接触し、鉄セル内で火災が発生した状況を想定する。 | |
| | | | | | 16 | ・セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障を想定する。 | |
| | | | | 設備故障 | 17 | ・外部電源喪失によるセル・グローブボックス用換気空調設備の排風機停止を想定する。 | |
| | | | | | 18 | ・可燃物又は薬品を加熱機器に誤って接触させ、鉄セル内で火災が発生した状況を想定する。 | |
| | | | | | 人的過誤 | 19 | ・Sクラス相当の地震による移送扉（鉄セル-グローブボックス間）の損傷を想定する。 |
| | | | | | | 20 | ・外部電源喪失によるセル・グローブボックス用換気空調設備の排風機停止を想定する。 |
| | | | 移送時 | 地震 | 21 | ・2重の扉となっている移送扉（鉄セル-グローブボックス間）を同時開放する状況を想定する。 | |
| | | | | | 22 | ・Sクラス相当の地震の発生に伴い、可燃物又は薬品が加熱機器に接触し、グローブボックス内で火災が発生した状況を想定する。 | |
| | | | | 設備故障 | 23 | ・セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障を想定する。 | |
| | | | | | 24 | ・外部電源喪失によるセル・グローブボックス用換気空調設備の排風機停止を想定する。 | |
| | | グローブボックスの閉じ込め機能不全 | 分析時 | 地震（地震に伴う火災を含む） | 25 | ・分析装置により生じた熱又は火花等が可燃物又は薬品に接触し、グローブボックス内で火災が発生した状況を想定する。 | |
| | | | | | 26 | ・Sクラス相当の地震による移送扉（グローブボックス-フード間）の損傷を想定する。 | |
| | | | | 設備故障 | 27 | — | |
| | | | | | 28 | ・2重の扉となっている移送扉（グローブボックス-フード間）を同時開放する状況を想定する。 | |
| | | | | | 人的過誤 | 29 | ・Sクラス相当の地震により、フード用換気空調設備、電源設備が損傷し、フードの風速維持機能、外部電源が喪失した状況を想定する。 |
| | | | | | | 30 | ・フード用換気空調設備の排風機の動力部故障を想定する。 |
| | | | 移送時 | 地震 | 31 | ・外部電源喪失によるフード用換気空調設備の排風機停止を想定する。 | |
| | | | | | 32 | — | |
| | | | | 設備故障 | 33 | — | |
| | | | | | 34 | — | |
| | | フードの閉じ込め機能（風速維持）不全 | 分析時 | 地震 | 35 | — | |
| | | | | | 36 | ・Sクラス相当の地震による液体廃棄物一時貯留設備の損傷を想定する。 | |
| | | | | 設備故障 | 37 | ・送水ポンプ又は回収ポンプの動力部故障を想定する。 | |
| | | | | | 38 | ・液体廃棄物の払出しの際に使用するタンクローリーとの接続が不十分で、隙間が生じることを想定する。 | |
| | | | | | 人的過誤 | 39 | ・Sクラス相当の地震による液体廃棄物一時貯留設備の損傷を想定する。 |
| | | | | | | 40 | ・送水ポンプ又は回収ポンプの動力部故障を想定する。 |
| | | | 移送時 | 地震 | 41 | — | |
| | | | | | 42 | — | |
| | 設備故障 | | | 43 | — | | |
| | | | | 44 | — | | |
| | 液体廃棄物一時貯留設備の閉じ込め機能不全 | 払出時 | 地震 | 45 | ・Sクラス相当の地震による建屋躯体の損傷を想定する。 | | |
| | | | | 46 | — | | |
| | | | 設備故障 | 47 | — | | |
| | | | | 48 | — | | |
| | | | | 人的過誤 | 49 | — | |
| | | | | | 50 | — | |
| | | 一時保管時 | 地震 | 51 | — | | |
| | | | | 52 | — | | |
| | | | 設備故障 | 53 | — | | |
| | | | | 54 | — | | |
| | 建屋の遮蔽機能不全 | 払出時 | 地震 | 55 | — | | |
| | | | | 56 | ・誤って背面遮蔽扉を開放することを想定する。 | | |
| | | | 設備故障 | 57 | — | | |
| | | | | 58 | — | | |
| | | | | 人的過誤 | 59 | — | |
| | | | | | 60 | ・Sクラス相当の地震による試料ビット躯体の損傷を想定する。 | |
| | | 一時保管時 | 地震 | 61 | — | | |
| | | | | 62 | — | | |
| | | | 設備故障 | 63 | ・Sクラス相当の地震の発生に伴い、可燃物又は薬品が加熱機器に接触し、セル内で火災が発生した状況を想定する。 | | |
| | | | | 64 | — | | |
| | コンクリートセルの遮蔽機能不全 | 受入・払出時 | 地震 | 65 | — | | |
| | | | | 66 | — | | |
| | | | 設備故障 | 67 | — | | |
| | | | | 68 | — | | |
| | | | | 人的過誤 | 69 | — | |
| | | | | | 70 | — | |
| | | 分析時 | 地震（地震に伴う火災を含む） | 71 | ・重量測定器の誤作動による表示値の相違からの最大取扱量の超過を想定する。 | | |
| | | | | 72 | ・重量測定器の表示値を読み間違えることによる最大取扱量の超過を想定する。 | | |
| | | | 設備故障 | 73 | ・コンクリートセル内に燃料デブリ等が存在する状態で、コンクリートセル外から燃料デブリ等を受け入れることを想定する（二重装荷）。 | | |
| | | | | 74 | ・誤って保管容器を2個取り出すことを想定する（二重装荷）。 | | |
| | 試料ビットの遮蔽機能不全 | 一時保管時 | 地震 | 75 | — | | |
| | | | | 76 | — | | |
| | | | 設備故障 | 77 | ・地震による重量測定器の損傷を想定する。 | | |
| | | | | 78 | ・重量測定器の誤作動による表示値の相違からの最大取扱量の超過を想定する。 | | |
| | | | | 人的過誤 | 79 | ・重量測定器の表示値を読み間違えることによる最大取扱量の超過を想定する。 | |
| | | | | | 80 | ・Sクラス相当の地震による試料ビット躯体の損傷を想定する。 | |
| | | 分析時 | 地震 | 81 | ・Sクラス相当の地震による試料ビット内の保管容器の損傷を想定する。 | | |
| | | | | 82 | ・重量測定器の誤作動による表示値の相違からの最大取扱量の超過を想定する。 | | |
| | | | 設備故障 | 83 | ・重量測定器の誤作動による表示値の相違からの最大取扱量の超過を想定する。 | | |
| 84 | | | | ・誤って保管容器に制限以上の燃料デブリ等を収納することを想定する（二重装荷）。 | | | |
| 鉄セルの遮蔽機能不全 | 分析時 | 地震 | 85 | — | | | |
| | | | 86 | — | | | |
| | | 設備故障 | 87 | — | | | |
| | | | 88 | — | | | |
| | | | 人的過誤 | 89 | — | | |
| | | | | 90 | — | | |
| | 移送時 | 地震 | 91 | — | | | |
| | | | 92 | — | | | |
| | | 設備故障 | 93 | — | | | |
| | | | 94 | — | | | |
| コンクリートセルの臨界防止機能喪失 | 受入・払出時 | 地震 | 95 | — | | | |
| | | | 96 | — | | | |
| | | 設備故障 | 97 | — | | | |
| | | | 98 | — | | | |
| | | | 人的過誤 | 99 | — | | |
| | | | | 100 | — | | |
| | 分析時 | 地震 | 101 | — | | | |
| | | | 102 | — | | | |
| | | 設備故障 | 103 | — | | | |
| | | | 104 | — | | | |
| 移送時 | 地震 | 105 | — | | | | |
| | | 106 | — | | | | |
| | 設備故障 | 107 | — | | | | |
| | | 108 | — | | | | |
| 試料ビットの臨界防止機能喪失 | 一時保管時 | 地震 | 109 | — | | | |
| | | | 110 | — | | | |
| | 設備故障 | 111 | — | | | | |
| | | 112 | — | | | | |