

2.14.2 自然現象に対する設計上の考慮への 適合性

(中略)

2.14.2.2 対応方針

具体的な対応方針を以下に示す。なお、防護すべき施設として、「安全性が損なわれた場合に公衆に対して過度な放射線被ばくを及ぼす恐れのある施設」を防護対象として定める。第2棟では「コンクリートセル(給排気弁含む)及び試料ピット」が該当し、それら施設の安全性が損なわれない設計とする。

(1) 地震に対する第2棟の設計上の考慮

① 建屋(別紙-1参照)

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。

② 設備

i) 設備に係る耐震設計方針(別紙-2~4参照)

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 JEAC4601-1987」等に基づくとともに、「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。

なお、コンクリートセルの開口部については、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。

また、コンクリートセル周辺及び内部設備がコンクリートセルに対して、波及的影響を及ぼす可能性について評価した。

コンクリートセル周辺設備はSs900に対する耐震性を有しており、コンクリートセル内部設備は転倒及び落下してもセルライニングに損傷を与えない。よって、コンクリートセル周辺及び内部設備は、コンクリートセルに対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。

ii) クレーンの重量及び耐震上の考慮について(別紙-5参照)

第2棟には定格荷重(20t, 4.8t)の計2基のクレーンの配置を計画している。コンクリートセルの上部を走行する定格荷重20tクレーンは「クレーン機器重量約16t,吊荷荷重20t」となる。1階ローディングドックに配置する定格荷重4.8tクレーンは「クレーン機器重量約2.5t,吊荷荷重4.8t」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、建屋の耐震性に問題ないことを確認した。

また、定格荷重 20t クレーンは、コンクリートセルに対する波及的影響について評価した。

iii) 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。

(中略)

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

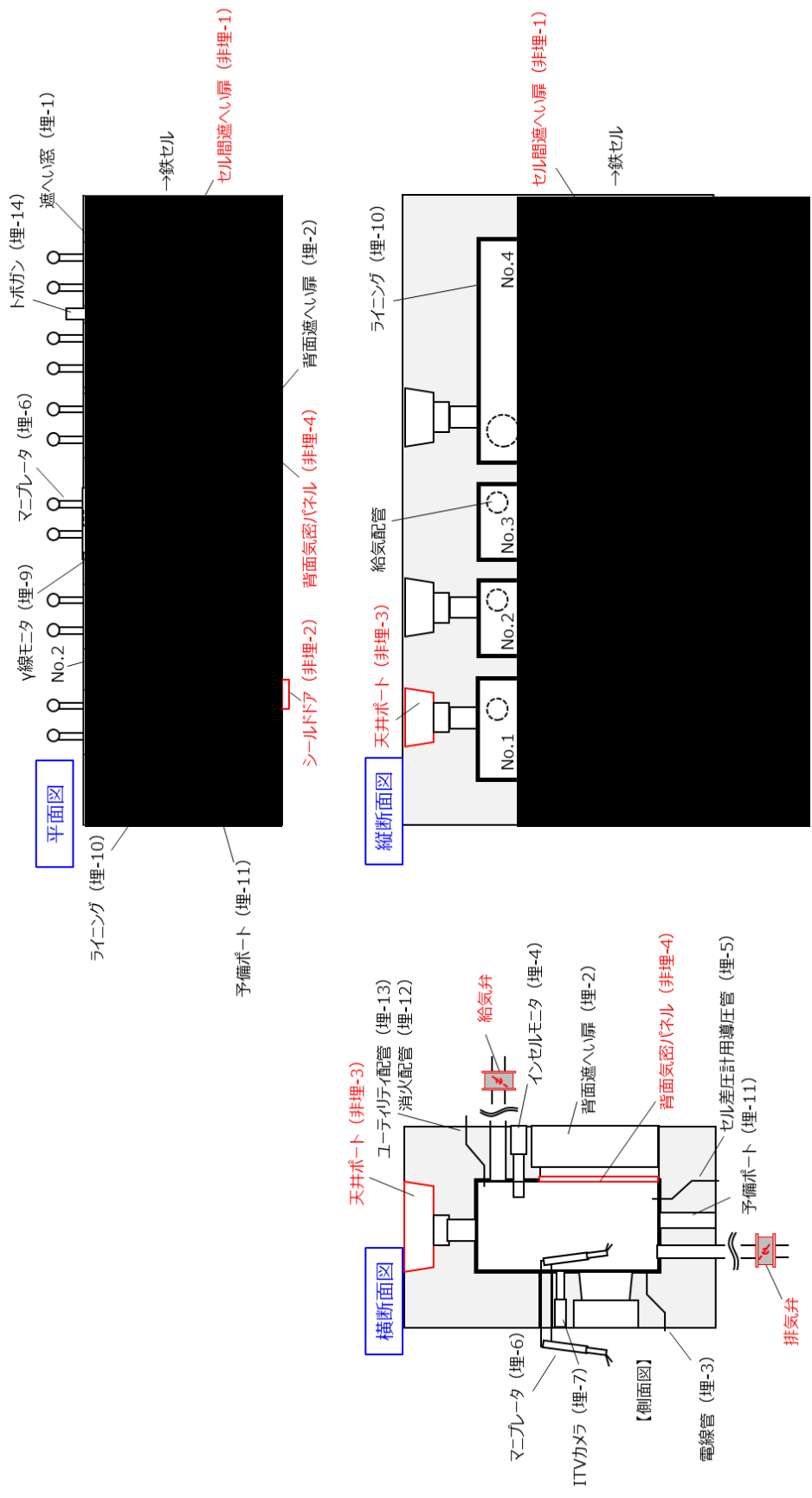
コンクリートセルの付帯設備について、コンクリートセルと同等のSクラスの耐震性を有する設計とする。コンクリートセル付帯設備は「設備の4面以上がコンクリートで拘束されている設備(以下「埋設設備」という。）」，「埋設設備以外の設備(以下「非埋設設備」という。）」の2つに分類する。埋設設備及び非埋設設備の耐震性評価は、水平2方向及び鉛直1方向の地震力を考慮することを基本とする。

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棟において特異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2.14.2.2-1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 2.14.2.2-1，表 2.14.2.2-2 に対応したものである。



2. 14. 2. 2-2

図2. 14. 2. 2-1 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2.14.2.2-1及び表2.14.2.2-2に示す。

表2.14.2.2-1 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× ×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) | ○ | ○ | — | φ53.5 | 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 | ○ | ○ | — | φ195 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 | ○ | ○ | — | φ14.3×2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) | ○ | ○ | — | φ279.4 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(参考資料2-1 埋-6参照)。 |

| 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。 |

2. 14. 2. 2-6

表2.14.2.2-2 非埋設備

| No. | 名称 | 安全機能 | | 開口寸法(mm) | 主要材質 | 用途 |
|------|---------------------------|------|-----|--|---------------------|---|
| | | 閉込 | 遮へい | | | |
| 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、サイロローディングキヤ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、セルとキヤスク等を接続させ、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、質量が■■■■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) 設計用地震力及び供用状態

セル間遮へい扉に対して、表 2.14.2.2-3 に示す設計用地震力及び供用状態で耐震性評価を行う。

表 2.14.2.2-3 セル間遮へい扉の設計用地震力

| 耐震クラス | 設計用地震力 | | 供用状態 |
|-------|--------|----------------------|------------------|
| S | 動的地震力 | Ss900 | Cs ^{※1} |
| | | Sd450 | Cs |
| | 静的地震力 | 水平：3.6Ci 鉛直：1.2Cv | Cs |

※1 Ss900 に対して供用状態 Ds の評価を実施すればよいが、供用状態 Cs の評価を実施することにより、Sd450 及び静的地震力に対する供用状態 Cs の評価を省略する。

(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2.14.2.2-2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2.14.2.2-4に示す。また、ボルトに作用する力について図2.14.2.2-3に示す。

表 2.14.2.2-4 評価対象の仕様

| 評価設備 | 設備質量 | 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 | | |

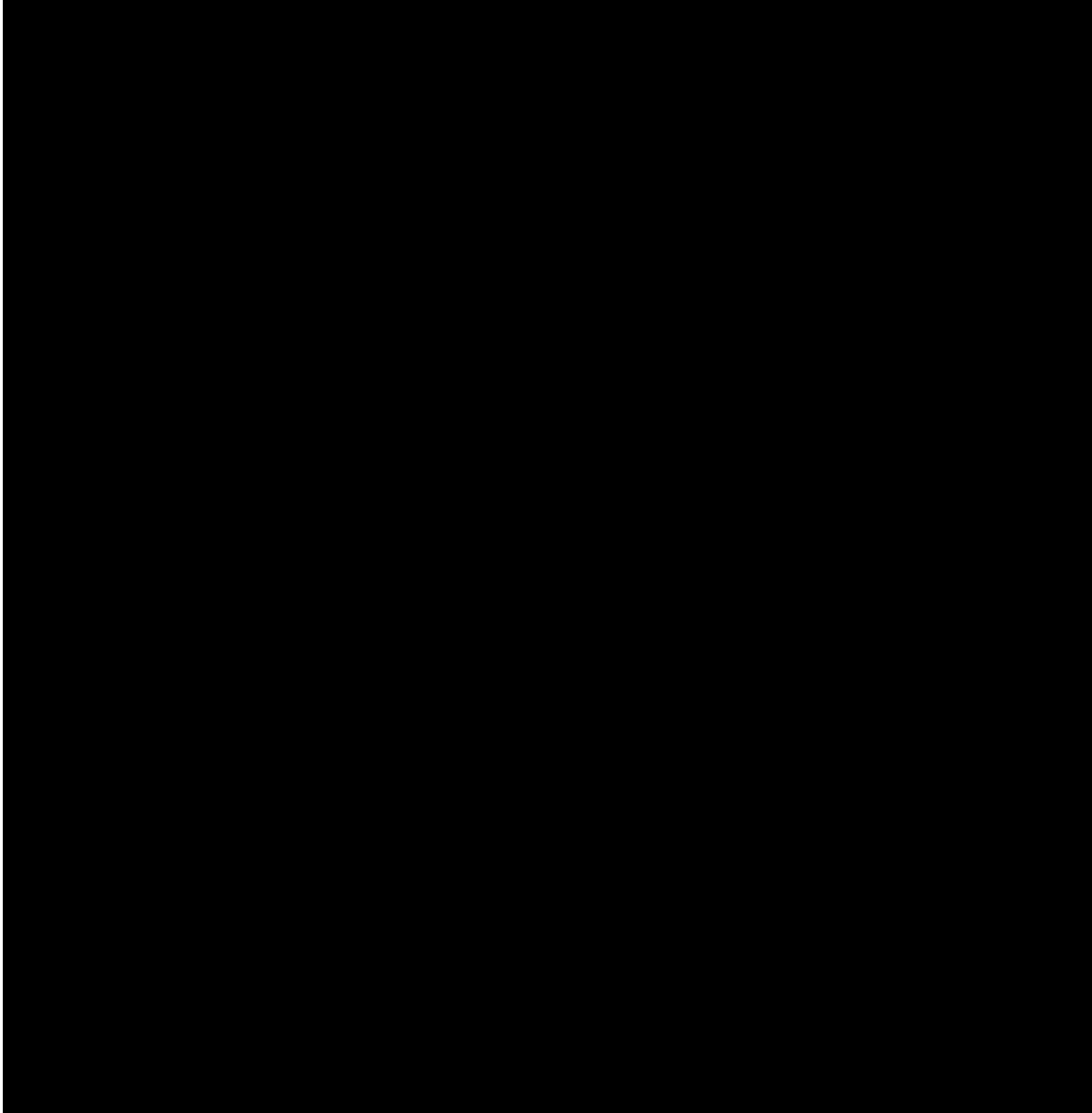


図 2.14.2.2-2 セル間遮へい扉の外形図

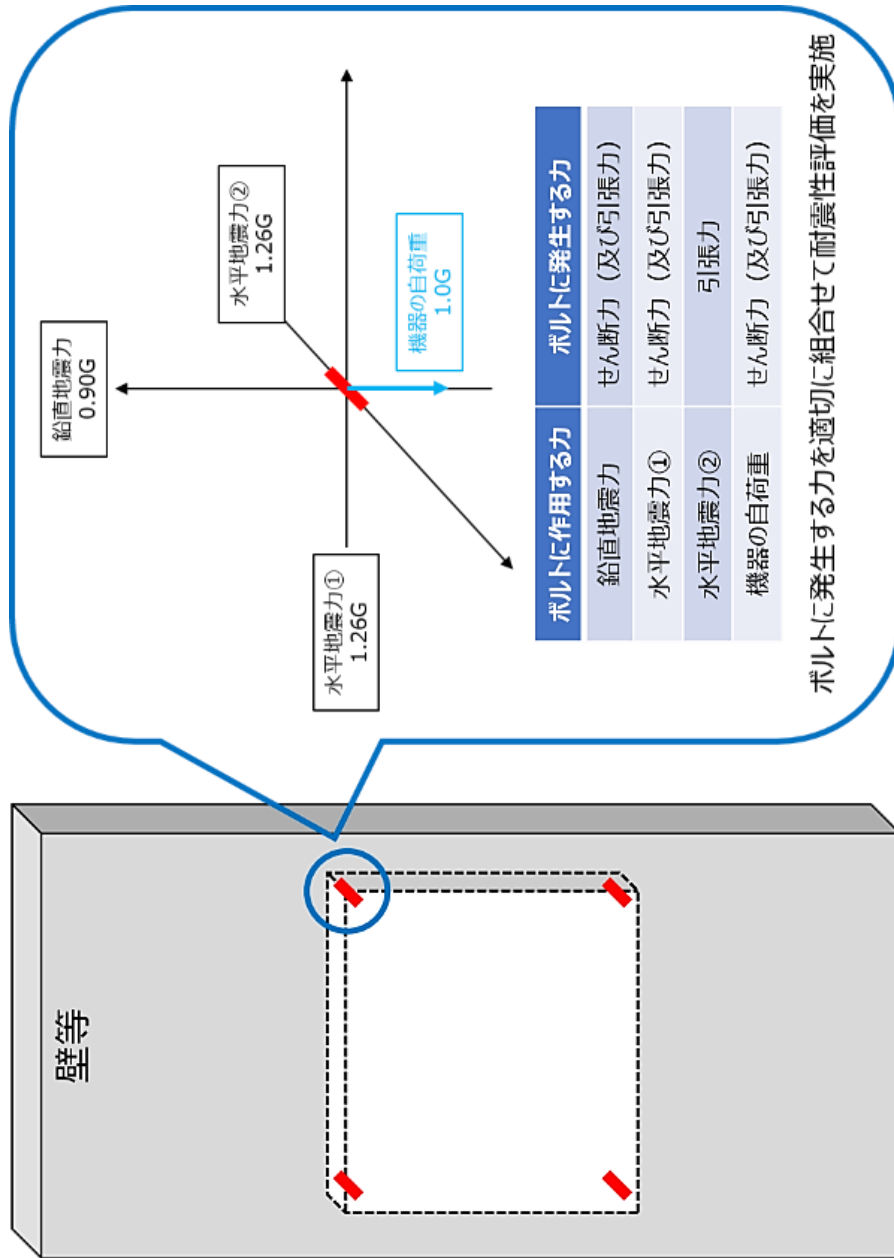


図 2.14.2.2-3 ボルトに作用する力

(3) 固有周期の計算

セル間遮へい扉を上端自由，下端固定の1質点系振動モデルとしてモデル化 (図2.14.2.2-4) し，水平方向及び鉛直方向の固有周期を算出し，剛構造(固有周期が0.05秒以下)であることを確認する。以下の各パラメータについて計算し，固有周期を求める。

結果として，固有周期は0.001秒(水平方向)，0.001秒(鉛直方向)となり，0.05秒以下であるため剛構造であることを確認した。

なお，固有周期の算出には，「機械工学便覧 α.基礎編(社団法人日本機械学会，2007年)」(以下「機械工学便覧」という。)及び「原子力発電所耐震設計技術規程JEAC4601-2008」(以下「JEAC4601-2008」という。)を参考に評価を行う。

(水平方向の固有周期)

- 有効せん断面積 A_e

機械工学便覧における直方体形状のせん断応力分布より，せん断応力の最大値 τ_{max} から有効せん断面積 A_e は以下の式で表される。

$$A_e = \frac{2}{3}bh$$

- せん断弾性係数 G

等方性体のせん断弾性係数 G は，縦弾性係数 E 及びポアソン比 ν の間に以下の関係式が成り立つ。

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

- 断面二次モーメント I

機械工学便覧より，断面二次モーメント I は以下の式で表される。

$$I = \frac{1}{12}bh^3$$

- ばね定数 K_H

JEAC4601-2008を参考にばね定数 K_H は以下の式で表される。

$$K_H = \frac{1}{\frac{l_g^3}{3EI} + \frac{l_g}{GA_e}}$$

- 固有周期 T_H

JEAC4601-2008を参考に固有周期 T_H は以下の式で表される。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{W}{10^3 K}}$$

(鉛直方向の固有周期)

- ばね定数 K_V

JEAC4601-2008を参考にばね定数 K_v は以下の式で表される。

$$K_v = \frac{1000}{\frac{l_g}{A \cdot E}}$$

・ 断面積A

断面積Aは直方体モデルであるため、以下の式で表される。

$$A = b \cdot h$$

・ 固有周期 T_v

JEAC4601-2008を参考に固有周期 T_v は以下の式で表される。

$$T_v = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_v}}$$

なお、記号の説明及び数値を以下に示す。

| 記号 | 記載内容 | 値 | 単位 |
|-------|---------|--------|-----|
| b | 機器の幅 | 1100 | mm |
| h | 機器の奥行 | 1100 | mm |
| l_g | 機器の重心高さ | 137 | mm |
| W | 機器の質量 | 2100 | kg |
| E | 縦弾性係数 | 200600 | MPa |
| ν | ポアソン比 | 0.3 | - |

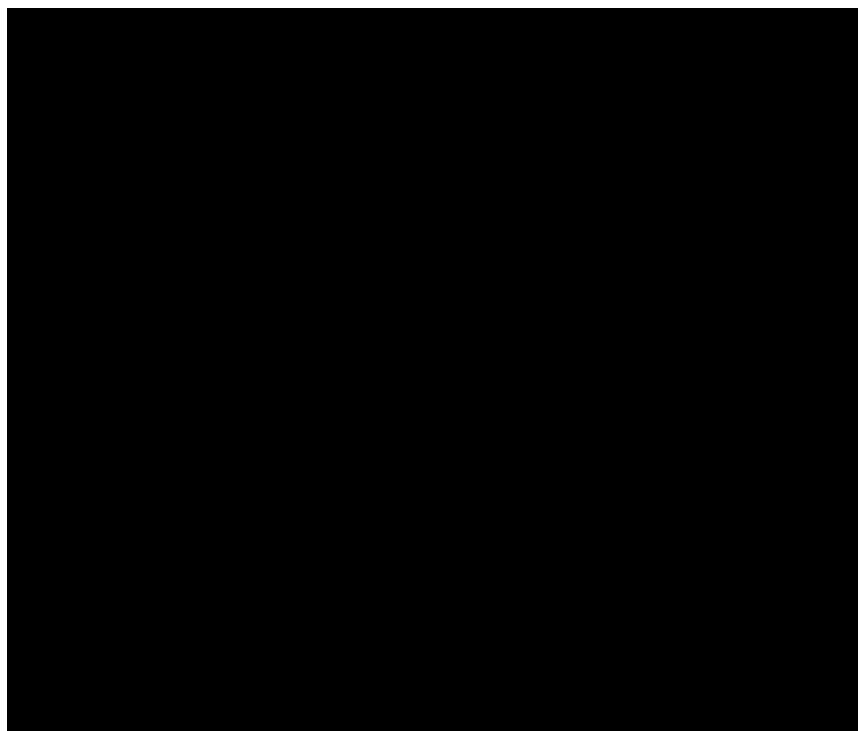


図2.14.2.2-4 固有周期の計算モデル (セル間遮へい扉)

(4) 耐震計算の条件

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2.14.2.2-5に示す。また、供用状態は C_s とし、最高使用温度は60°Cの条件で計算を行う。

なお、セル間遮蔽扉の固有値解析を行い固有周期が0.05秒以下であるため、剛構造であることを確認している。

表2.14.2.2-5 Ss900の階別設計用震度

| 階層 | 水平設計用震度 ^{※1} | | 鉛直設計用震度 ^{※1} |
|-----------------------|-----------------------|-------|-----------------------|
| | EW 方向 | NS 方向 | UD 方向 |
| | C_H | C_H | C_V |
| 2 階 (T. P. +47.8m) | 1.74 | 1.74 | 0.91 |
| 1 階 (T. P. +40.8m) | 1.26 | 1.26 | 0.90 |
| 地下 1 階 (T. P. +33.3m) | 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。

(4-1) 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 | セル間遮へい扉の質量 | ■ | 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2.14.2.2-2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作用するせん断力は、水平方向荷重及び鉛直方向荷重のベクトル合成を考慮し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、JEAC4601-2008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 \blacksquare 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。許容せん断応力の計算式を以下に示す。

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

なお、F値についてはJSME S NC1の付録図表による設計降伏点 S_y 及び設計引張強さ S_u から求める。ボルトの最高使用温度である60℃における S_y 及び S_u の値は、JSME S NC1の数値から内挿して求める。表2.14.2.2-6にSUS304のF値の計算に用いた S_y 及び S_u の値を示す。

SUS304はオーステナイト系ステンレス鋼であるため、F値の計算式は以下のとおりである。ただし、 $S_y(RT)$ は40℃における設計降伏点を意味する。

$$F = \min(1.35S_y, 0.7S_u, S_y(RT))$$

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

表 2.14.2.2-6 SUS304 の F 値の計算に用いた S_y 及び S_u の値

| 温度 S_y, S_u | 40℃ (JSME S NC1 に記載の値) | 75℃ (JSME S NC1 に記載の値) | 60℃ (内挿値) |
|------------------|---------------------------|---------------------------|--------------|
| | S_y (MPa) | 205 | 183 |
| S_u (MPa) | 520 | 466 | 489 |

v) 評価結果

評価結果を表2.14.2.2-7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 2.14.2.2-7 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 |

(4-2) 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_{1G} | レール架台取付ボルトに垂直な方向の自荷重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 | 遮へい体の質量 | ■ | 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(鉛直方向) | / | 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(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レール架台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) | / | 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} 、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} 及びレール架台取付ボルトに垂直な方向の自荷重によって作用する引張力 F_{1G} 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、**水平方向地震力と鉛直方向地震力をSRSSで組み合わせ**、JEAC4601-2008等を参考に次式により求める。

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

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

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

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

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

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**作用するせん断力は、水平方向荷重及び鉛直方向荷重のベクトル合成を考慮した際に生じる応力を求め**

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、JEAC4601-2008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 \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。許容引張応力及び許容せん断応力の計算式を以下に示す。

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

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

また、引張力及びせん断力を同時に受ける場合の許容引張応力 f_{ts} は次式で求める。

$$f_{ts} = \min(1.4 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau, f_t)$$

なお、F値についてはJSME S NC1の付録図表による設計降伏点 S_y 及び設計引張強さ S_u から求める。ボルトの最高使用温度である60°Cにおける S_y 及び S_u の値は、JSME S NC1の数値から内挿して求める。表2.14.2.2-6にF値の計算に用いた S_y 及び S_u の値を示す。

SUS304はオーステナイト系ステンレス鋼であるため、F値の計算式は以下のとおりである。ただし、 $S_y(RT)$ は40°Cにおける設計降伏点を意味する。

$$F = \min(1.35S_y, 0.7S_u, S_y(RT))$$

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2.14.2.2-8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 2.14.2.2-8 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 | $\left(\begin{array}{l} S_s900 \\ C_H=1.26 \\ C_H=1.26 \\ C_V=0.90 \end{array} \right)$ | レール架台取付ボルト | 引張 | \blacksquare | 153 |
| | | | せん断 | \blacksquare | 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2.14.2.2-3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2.14.2.2-5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2.14.2.2-9に示す。また、ボルトに作用する力について図2.14.2.2-6に示す。

表 2.14.2.2-9 評価対象の仕様

| 評価設備 | 設備質量 | 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 |

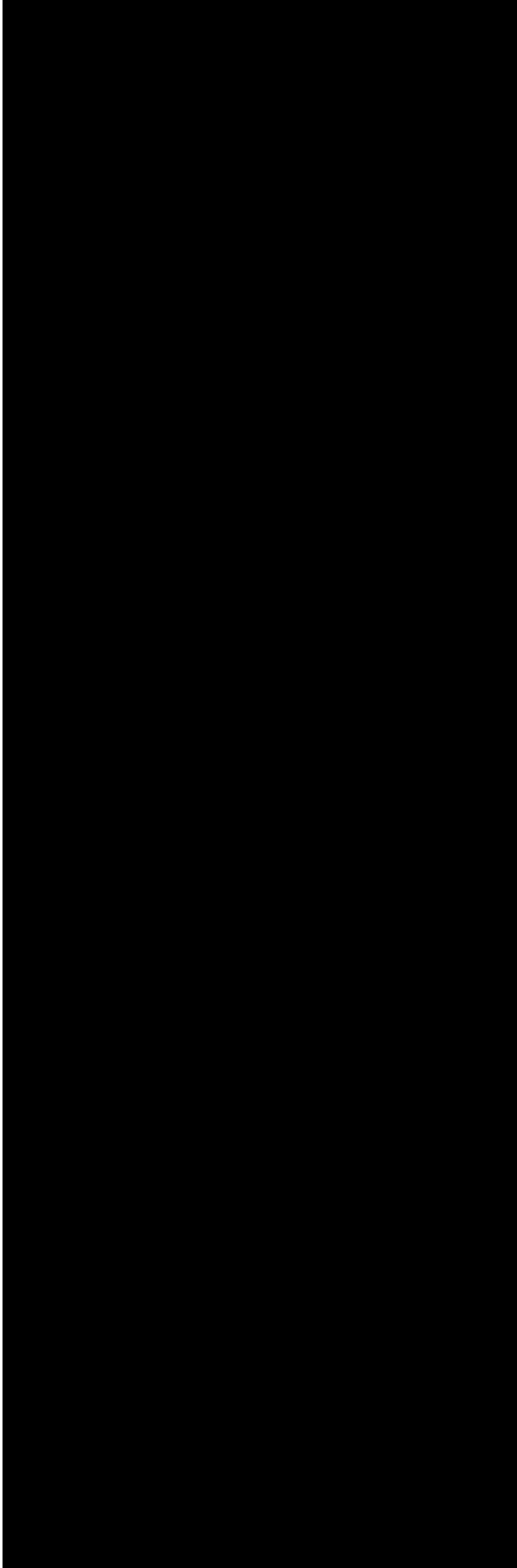


図 2.14.2.2-5 シールドドアの外形図

2.14.2.2-19

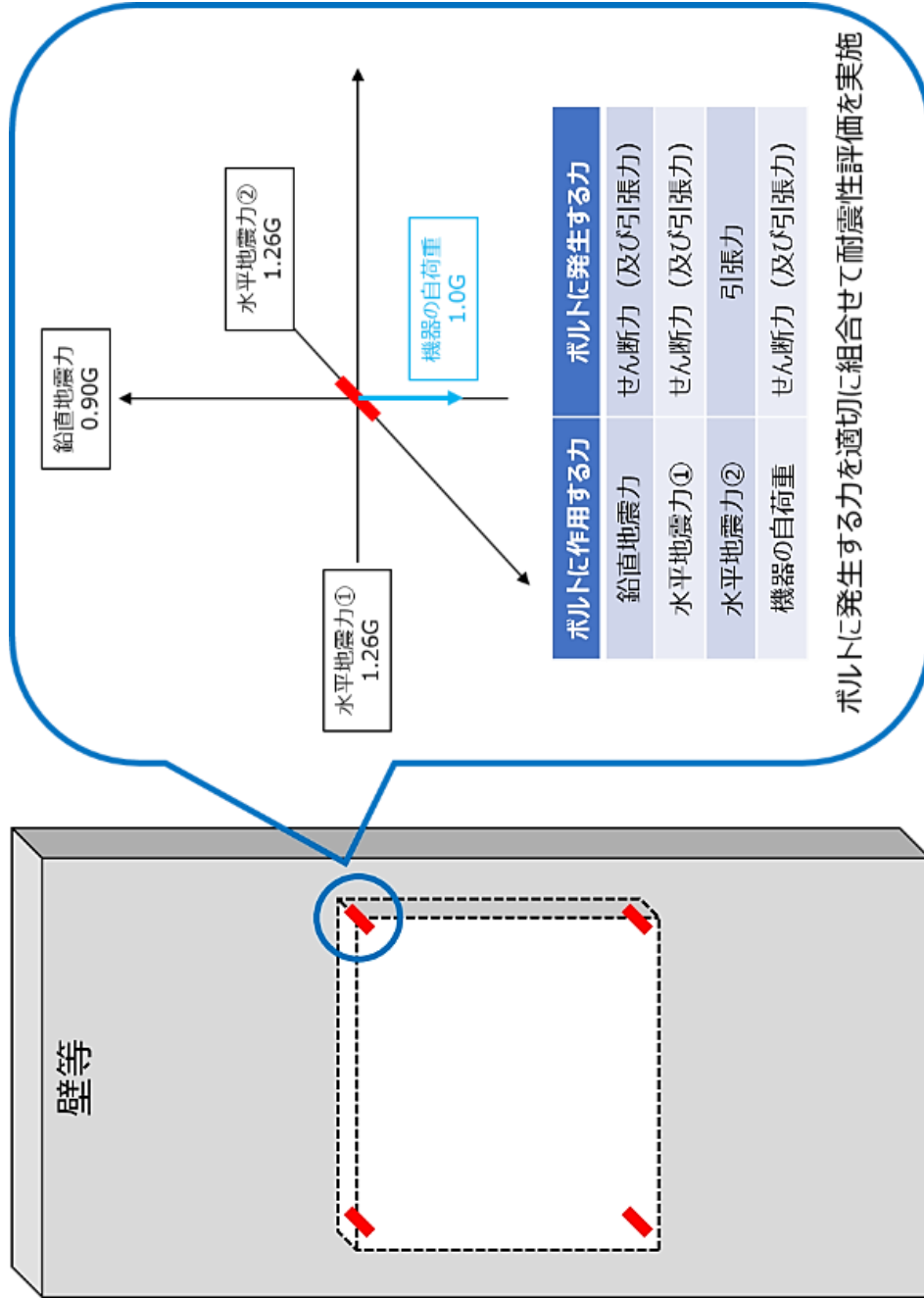


図 2.14.2.2-6 ボルトに作用する力

(3) 固有周期の計算

シールドドアを上端自由，下端固定の1質点系振動モデルとしてモデル化（図2.14.2.2-7）し，水平方向及び鉛直方向の固有周期を算出し，剛構造（固有周期が0.05秒以下）であることを確認する。以下の各パラメータについて計算し，固有周期を求める。結果として，固有周期は0.001秒（水平方向），0.002秒（鉛直方向）となり0.05秒以下であるため剛構造であることを確認した。

なお，固有周期の算出には，機械工学便覧及びJEAC4601-2008を参考に評価を行う。

- 有効せん断面積 A_e

機械工学便覧における直方体形状のせん断応力分布より，せん断応力の最大値 τ_{max} から有効せん断面積 A_e は以下の式で表される。

$$A_e = \frac{2}{3}bh$$

- せん断弾性係数 G

等方性体のせん断弾性係数 G は，縦弾性係数 E 及びポアソン比 ν の間に以下の関係式が成り立つ。

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

- 断面二次モーメント I

機械工学便覧より，断面二次モーメント I は以下の式で表される。

$$I = \frac{1}{12}bh^3$$

- ばね定数 K_H

JEAC4601-2008を参考にばね定数 K_H は以下の式で表される。

$$K_H = \frac{1}{\frac{l_g^3}{3EI} + \frac{l_g}{GA_e}}$$

- 固有周期 T_H

JEAC4601-2008を参考に固有周期 T_H は以下の式で表される。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{W}{10^3 K}}$$

（鉛直方向の固有周期）

- ばね定数 K_V

JEAC4601-2008を参考にばね定数 K_V は以下の式で表される。

$$K_V = \frac{1000}{\frac{l_g}{A \cdot E}}$$

- 断面積A

断面積Aは直方体モデルであるため、以下の式で表される。

$$A = b \cdot h$$

- 固有周期 T_V

JEAC4601-2008を参考に固有周期 T_V は以下の式で表される。

$$T_V = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_V}}$$

なお、記号の説明及び数値を以下に示す。

| 記号 | 記載内容 | 値 | 単位 |
|-------|---------|-------|-----|
| b | 機器の幅 | 700 | mm |
| h | 機器の奥行 | 900 | mm |
| l_g | 機器の重心高さ | 176.5 | mm |
| W | 機器の質量 | 2480 | kg |
| E | 縦弾性係数 | 9800 | MPa |
| ν | ポアソン比 | 0.44 | - |

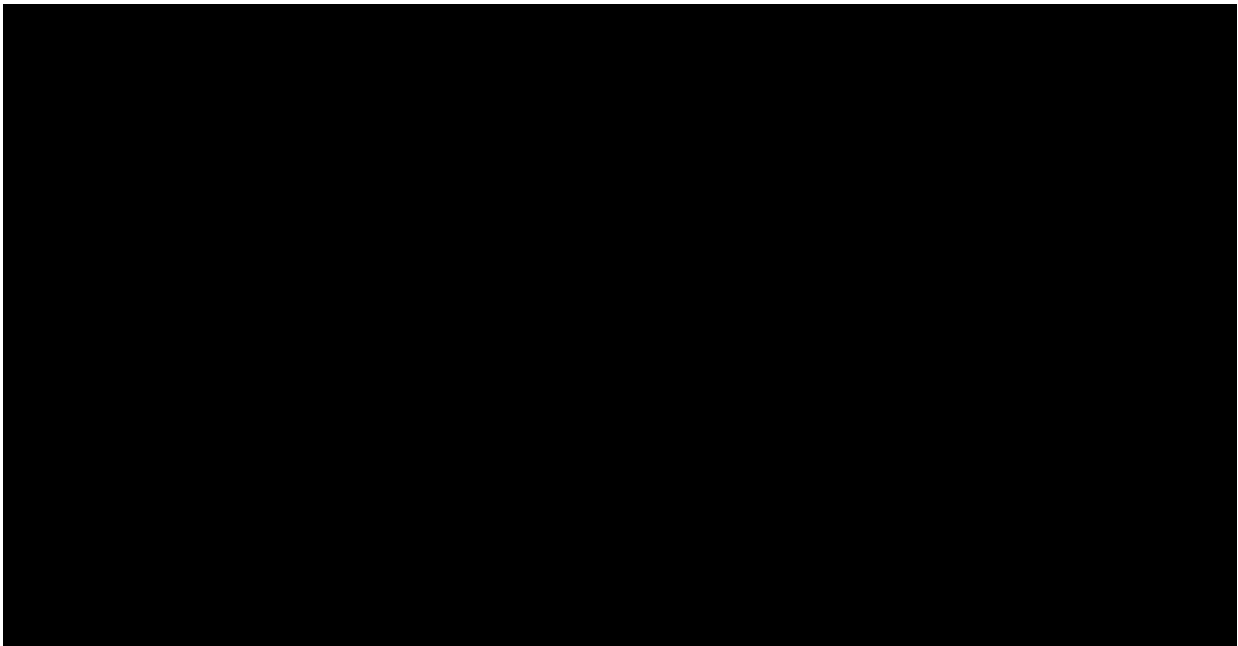


図2.14.2.2-7 固有周期の計算モデル (シールドドア)

(4) 耐震計算の条件

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2.14.2.2-5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。

なお、シールドドアの固有値解析を行い固有周期が0.05秒以下であるため、剛構造であることを確認している。

(4-1) 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力 | / | N |
| F _{IG} | レール架台取付ボルトに垂直な方向の自荷重によって作用する引張力 | / | 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 | シールドドアの質量 | ■ | 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 _{1P} | 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} 、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} 及びレール架台取付ボルトに垂直な方向の自荷重によって作用する引張力 F_{1G} 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、**水平方向地震力と鉛直方向地震力をSRSSで組み合わせ**、JEAC4601-2008等を参考に次式により求める。

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

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

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

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

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

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**作用するせん断力は、水平方向荷重及び鉛直方向荷重**のベクトル合成を考慮し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、JEAC4601-2008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。許容引張応力及び許容せん断応力の計算式を以下に示す。

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

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

また、引張力及びせん断力を同時に受ける場合の許容引張応力 f_{ts} は次式で求める。

$$f_{ts} = \min(1.4 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau, f_t)$$

なお、F値についてはJSME S NC1の付録図表による設計降伏点 S_y 及び設計引張強さ S_u から求める。ボルトの最高使用温度である60℃における S_y 及び S_u の値は、JSME S NC1の数値から内挿して求める。表2.14.2.2-10にSS400のF値の計算に用いた S_y 及び S_u の値を示す。

SS400はオーステナイト系ステンレス鋼又は高ニッケル合金ではないため、F値の計算式は以下のとおりである。

$$F = \min(S_y, 0.7S_u)$$

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146MPa、許容せん断応力 f_s は120MPaとなった。

表 2.14.2.2-10 SS400 の F 値の計算に用いた S_y 及び S_u の値

| 温度 S_y, S_u | 40℃ (JSME S NC1 に記載の値) | 75℃ (JSME S NC1 に記載の値) | 60℃ (内挿値) |
|------------------|---------------------------|---------------------------|--------------|
| | S_y (MPa) | 215 | 203 |
| S_u (MPa) | 400 | 381 | 389 |

v) 評価結果

評価結果を表2.14.2.2-11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 2.14.2.2-11 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 | S_s900 $C_H=1.26$ $C_H=1.26$ $C_V=0.90$ | シールドドア取付ボルト | 引張 | ■ | 146 |
| | | | せん断 | ■ | 120 |

3.3 天井ポート

(1) 評価項目

天井ポートに対して、表2.14.2.2-3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2.14.2.2-8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2.14.2.2-12に示す。また、ボルトに作用する力について図2.14.2.2-9に示す。

表 2.14.2.2-12 評価対象の仕様

| 評価設備 | 設備質量 | 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 | |

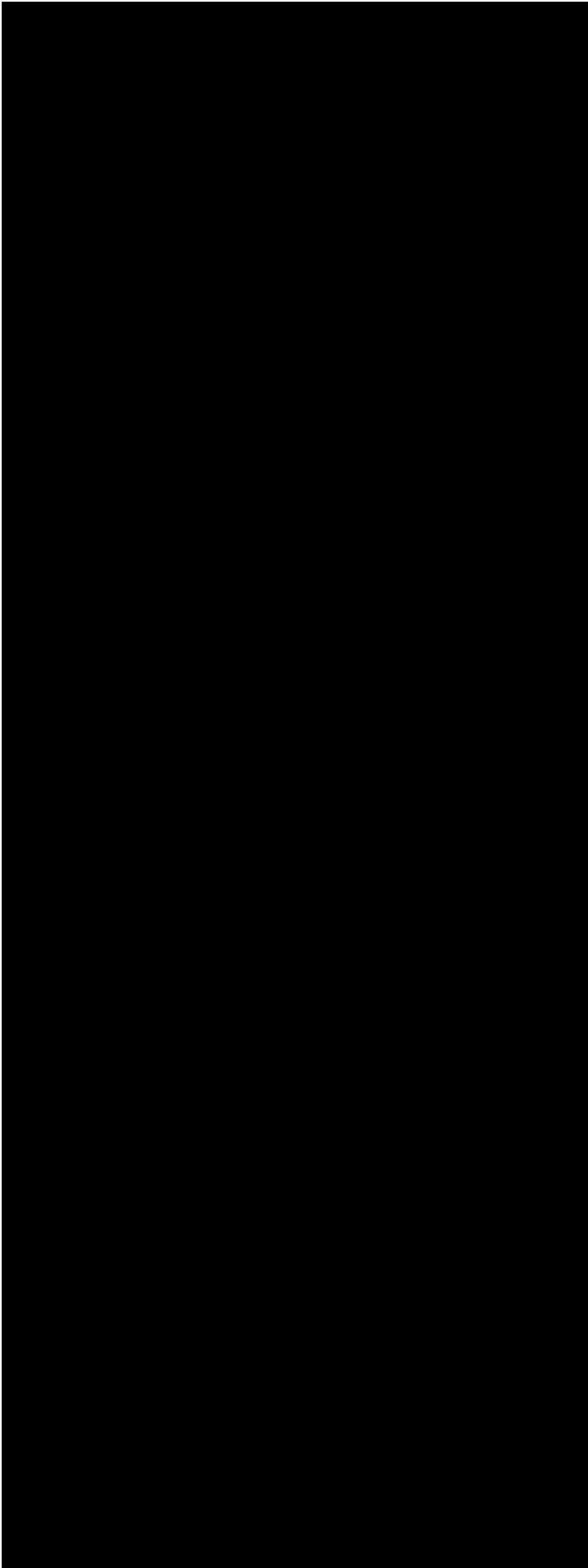


図 2.14.2.2-8 天井ポーターの外形図

2.14.2.2-27

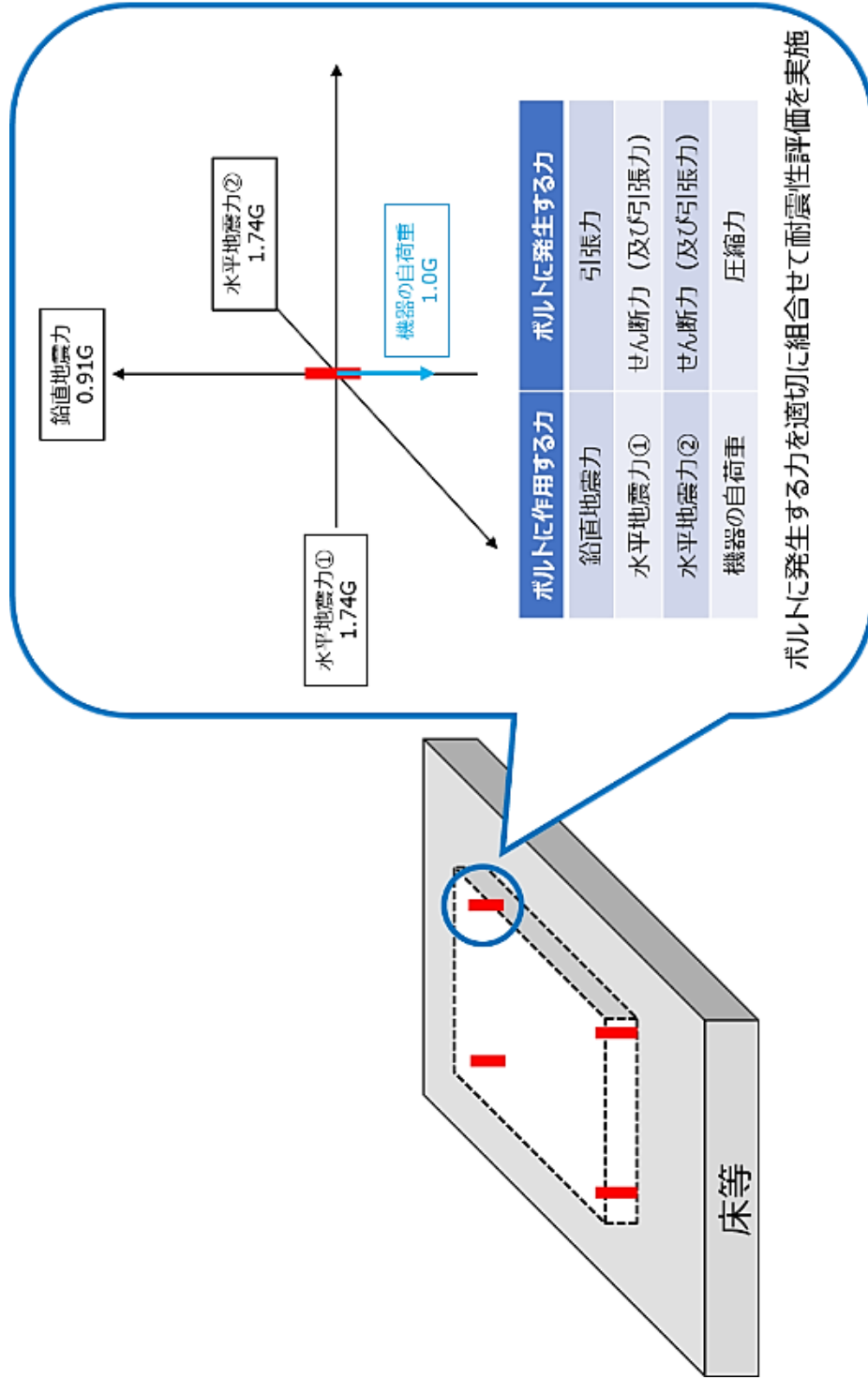


図 2.14.2.2-9 ボルトに作用する力

(3) 固有周期の計算

天井ポートを上端自由，下端固定の1質点系振動モデルとしてモデル化 (図2.14.2.2-10) し，水平方向及び鉛直方向の固有周期を算出し，剛構造(固有周期が0.05秒以下)であることを確認する。以下の各パラメータについて計算し，固有周期を求める。

結果として，固有周期は0.001秒(水平方向)，0.001秒(鉛直方向)となり0.05秒以下であるため剛構造であることを確認した。

なお，固有周期の算出には，機械工学便覧及びJEAC4601-2008を参考に評価を行う。

(水平方向の固有周期)

- 有効せん断面積 A_e

機械工学便覧における直方体形状のせん断応力分布より，せん断応力の最大値 τ_{max} から有効せん断面積 A_e は以下の式で表される。

$$A_e = \frac{2}{3}bh$$

- せん断弾性係数 G

等方性体のせん断弾性係数 G は，縦弾性係数 E 及びポアソン比 ν の間に以下の関係式が成り立つ。

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

- 断面二次モーメント I

機械工学便覧より，断面二次モーメント I は以下の式で表される。

$$I = \frac{1}{12}bh^3$$

- ばね定数 K_H

JEAC4601-2008を参考にばね定数 K_H は以下の式で表される。

$$K_H = \frac{1}{\frac{l_g^3}{3EI} + \frac{l_g}{GA_e}}$$

- 固有周期 T_H

JEAC4601-2008を参考に固有周期 T_H は以下の式で表される。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{W}{10^3 K}}$$

(鉛直方向の固有周期)

- ばね定数 K_V

JEAC4601-2008を参考にばね定数 K_V は以下の式で表される。

$$K_v = \frac{1000}{\frac{l_g}{A \cdot E}}$$

- 断面積A

断面積Aは直方体モデルであるため、以下の式で表される。

$$A = b \cdot h$$

- 固有周期 T_v

JEAC4601-2008を参考に固有周期 T_v は以下の式で表される。

$$T_v = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_v}}$$

なお、記号の説明及び数値を以下に示す。

| 記号 | 記載内容 | 値 | 単位 |
|-------|---------|--------|-----|
| b | 機器の幅 | 850 | mm |
| h | 機器の奥行 | 850 | mm |
| l_g | 機器の重心高さ | 231.5 | mm |
| W | 機器の質量 | 2161 | kg |
| E | 縦弾性係数 | 200600 | MPa |
| ν | ポアソン比 | 0.3 | - |

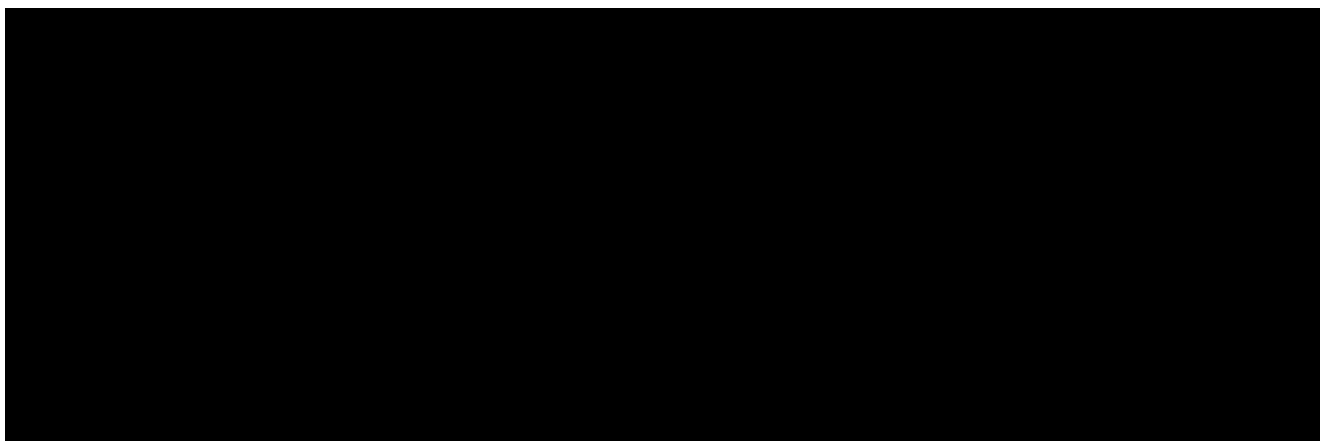


図2. 14. 2. 2-10 固有周期の計算モデル (天井ポート)

(4) 耐震計算の条件

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. 2-5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。

なお、天井ポートの固有値解析を行い固有周期が0.05秒以下であるため、剛構造であることを確認している。

(4-1) 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水平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 | 遮へい体の質量 | ■ | 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、水平方向地震力と鉛直方向地震力をSRSSで組み合わせ、JEAC4601-2008等を参考に次式により求める。

$$F_{1H1} = \frac{\{m \cdot g \cdot C_H \cdot h\} \cdot L_{1P}}{\sum_{j=1}^p n_{f1j} \cdot L_{1j}^2}$$
$$F_{1H2} = \frac{\{m \cdot g \cdot C_H \cdot h\} \cdot L_{2K}}{\sum_{j=1}^k n_{f2j} \cdot L_{2j}^2}$$
$$F_2 = \frac{m \cdot g \cdot (1 - C_V)}{n}$$
$$\sigma = \frac{\sqrt{F_{1H1}^2 + F_{1H2}^2 + F_2^2}}{A}$$

結果として、レール取付ボルトに作用する引張力 σ は ■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作用するせん断力は、水平方向荷重及び鉛直方向荷重のベクトル合成を考慮した際に生じる応力を求める。レール取付ボルト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、JEAC4601-2008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 ■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。許容引張応力及び許容せん断応力の計算式を以下に示す。

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

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

また、引張力及びせん断力を同時に受ける場合の許容引張応力 f_{ts} は次式で求める。

$$f_{ts} = \min(1.4 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau, f_t)$$

なお、F値についてはJSME S NC1の付録図表による設計降伏点 S_y 及び設計引張強さ S_u から求める。ボルトの最高使用温度である60°Cにおける S_y 及び S_u の値は、JSME S NC1の数値から内挿して求める。表2.14.2.2-10にSS400のF値の計算に用いた S_y 及び S_u の値を示す。

SUS304はオーステナイト系ステンレス鋼であるため、F値の計算式は以下のとおりである。ただし、 $S_y(RT)$ は40°Cにおける設計降伏点を意味する。

$$F = \min(1.35S_y, 0.7S_u, S_y(RT))$$

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2.14.2.2-13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、耐震クラスの耐震性を有することを確認した。

表 2.14.2.2-13 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 | $\left(\begin{array}{l} S_s900 \\ C_H=1.74 \\ C_H=1.74 \\ C_V=0.91 \end{array} \right)$ | レール取付 ボルト | 引張 | ■ | 153 |
| | | | せん断 | ■ | 118 |

(4-2) 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水平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 | 遮へい体の質量 | ■ | 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、**水平方向地震力と鉛直方向地震力をSRSSで組み合わせ**、JEAC4601-2008等を参考に次式により求める。

$$F_{1H1} = \frac{\{m \cdot g \cdot C_H \cdot h\} \cdot L_{1P}}{\sum_{j=1}^p n_{f1j} \cdot L_{1j}^2}$$
$$F_{1H2} = \frac{\{m \cdot g \cdot C_H \cdot h\} \cdot L_{2K}}{\sum_{j=1}^k n_{f2j} \cdot L_{2j}^2}$$
$$F_2 = \frac{m \cdot g \cdot (1 - C_V)}{n}$$
$$\sigma = \frac{\sqrt{F_{1H1}^2 + F_{1H2}^2 + F_2^2}}{A}$$

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 \blacksquare 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**作用するせん断力は、水平方向荷重及び鉛直方向荷重のベクトル合成**を考慮した際に生じる応力を求める。レール架台取付ボルト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、JEAC4601-2008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 \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。許容引張応力及び許容せん断応力の計算式を以下に示す。

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

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

また、引張力及びせん断力を同時に受ける場合の許容引張応力 f_{ts} は次式で求める。

$$f_{ts} = \min(1.4 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau, f_t)$$

なお、F値についてはJSME S NC1の付録図表による設計降伏点 S_y 及び設計引張強さ S_u から求める。ボルトの最高使用温度である60°Cにおける S_y 及び S_u の値は、JSME S NC1の記載の数値から内挿して求める。表2.14.2.2-10にSS400のF値の計算に用いた S_y 及び S_u の値を示す。

SS400はオーステナイト系ステンレス鋼又は高ニッケル合金ではないため、F値の計算式は以下のとおりである。

$$F = \min(S_y, 0.7S_u)$$

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2.14.2.2-14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 2.14.2.2-14 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 | S_s900 $C_H=1.74$ $C_H=1.74$ $C_V=0.91$ | 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ト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2.14.2.2-15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 2.14.2.2-15 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※3 |
|-----------------|---------------------|---------------------------------|--|-----------------------------------|--|--------------------------|
| 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 | 2075 | 8848 | 1957 | 21175 | 0.1 |
| シールド ドア | シールド ドア取付 ボルト | 14466 | 22172 | 13862 | 62013 | 0.5 |
| 天井 ポート | 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 | 635 | 2480 | 1304 | 21175 | 0.1 |

※3 $(p/p_a)^2 + (q/q_a)^2$ で計算され、1以下であればコーン状破壊は発生しない。

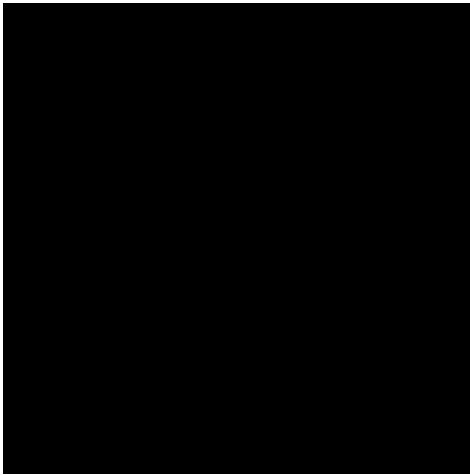
5. コンクリートセル付帯設備の耐震性

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。

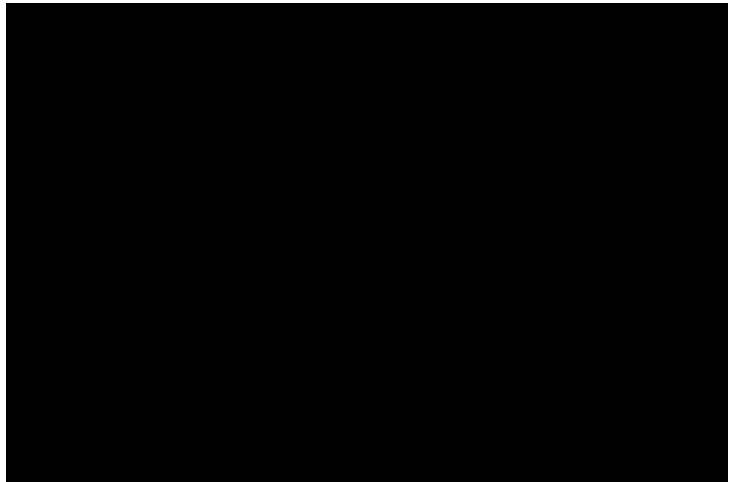
各付帯設備の概略構造図について

各付帯設備の概略構造図を以下に示す。

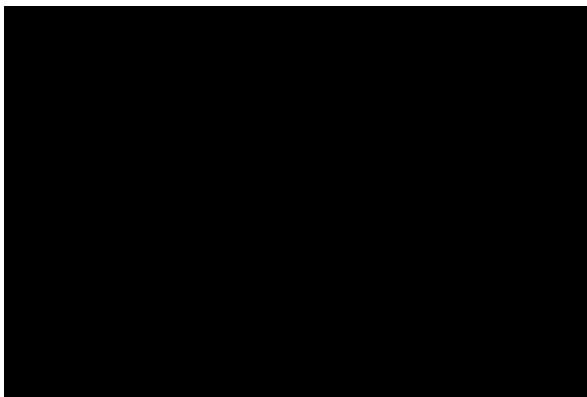
埋-1 遮へい窓



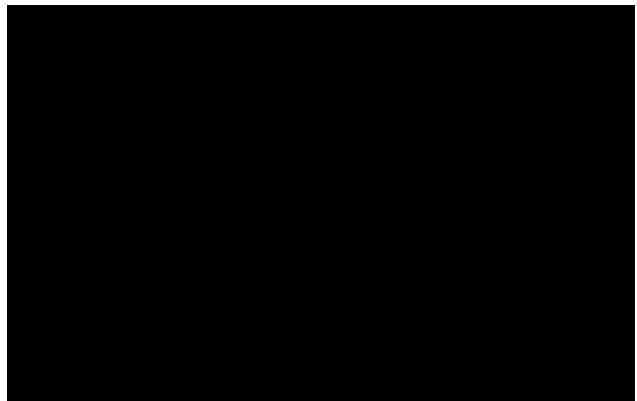
埋-2 背面遮へい扉



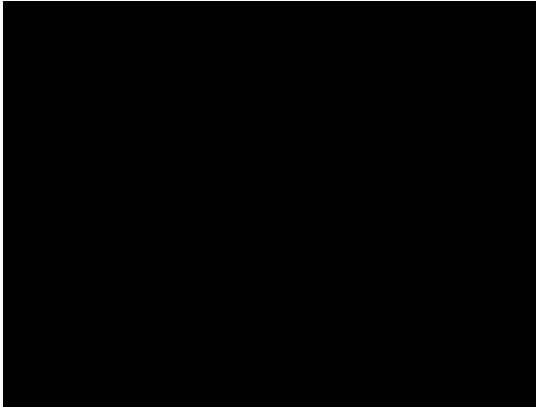
埋-3 電線管 (コンジット管)



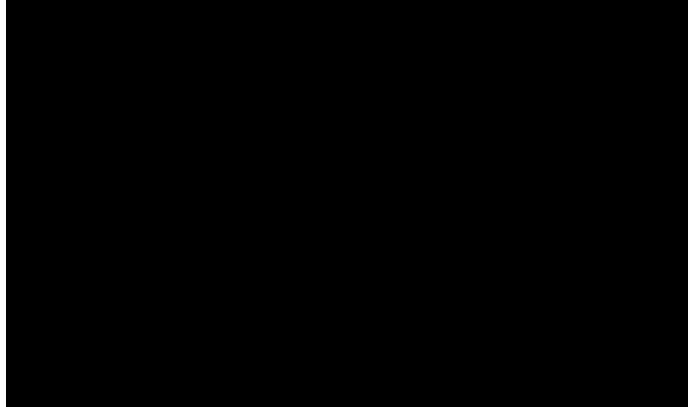
埋-4 インセルモニタ



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）

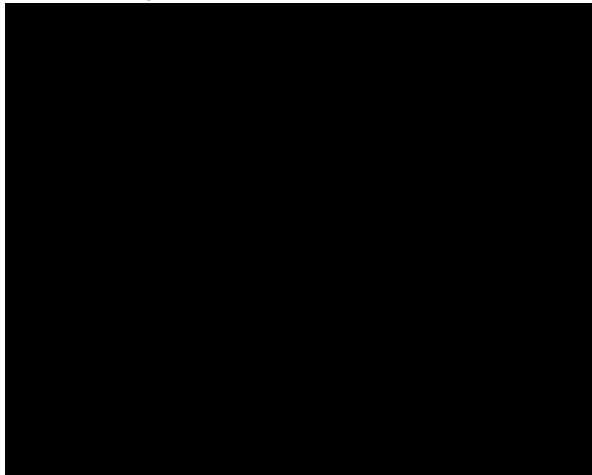


埋-7 ITVカメラ

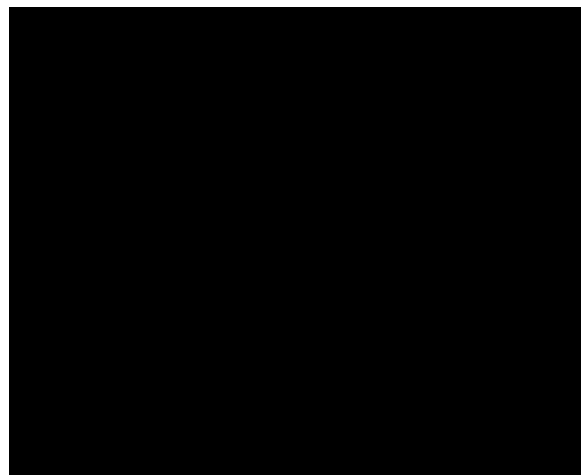
埋-8 遮へいプラグ（予備的措置）



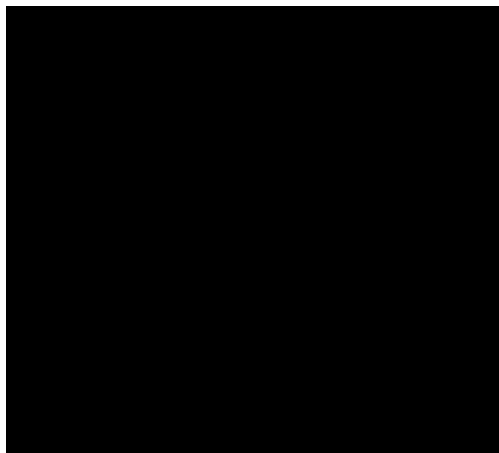
埋-9 γ 線モニタ（コンジット管）



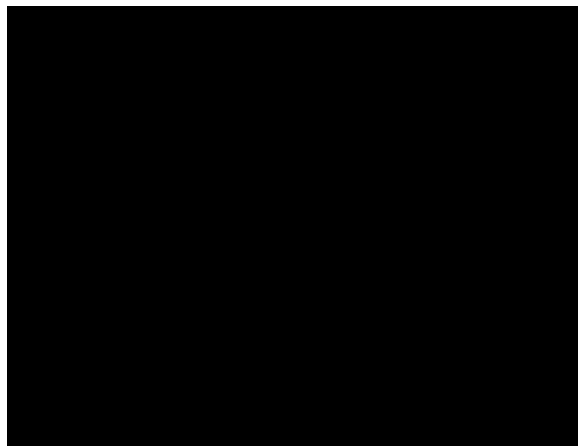
埋-10 ライニング



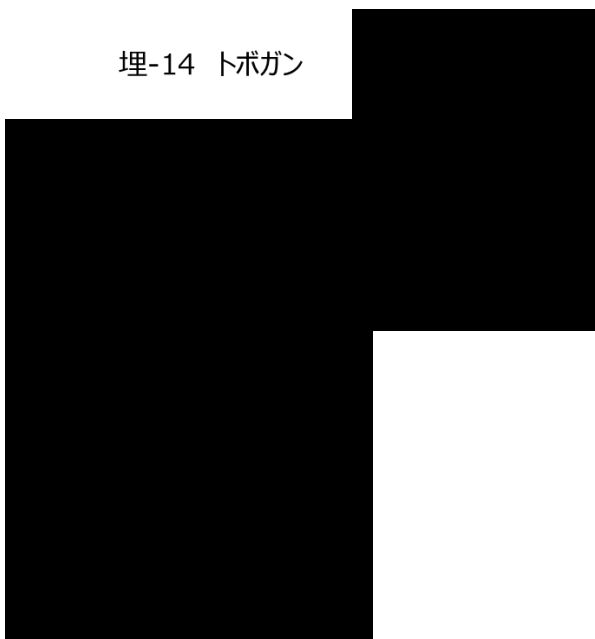
埋-11 予備ポート（予備的措置）



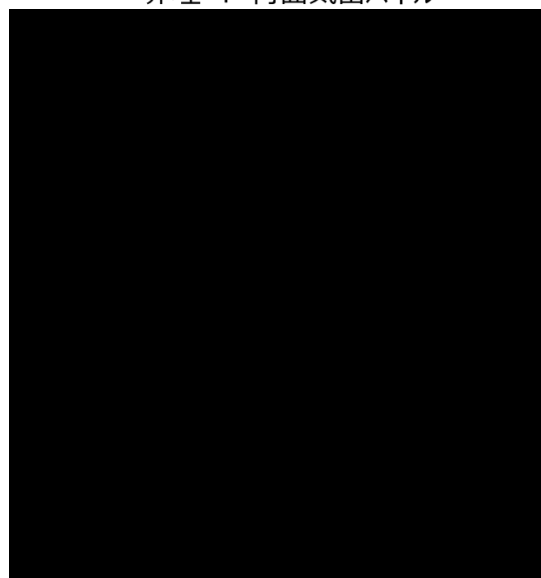
埋-12 消火配管（逆止弁まで）,
埋-13 ユーティリティ配管



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2.14.2.3-1に示す。

表 2.14.2.3-1 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振動数基準の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2.14.2.3-2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2.14.2.3-2 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 (T. P. +47.8m) | 1.74 | 1.74 | 0.91 |
| 1 階 (T. P. +40.8m) | 1.26 | 1.26 | 0.90 |
| 地下 1 階 (T. P. +33.3m) | 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2.14.2.3-3に示す。

表 2.14.2.3-3 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2.14.2.3-4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 2.14.2.3-4 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方向の組合せ ^{※1} | | | |
| | 2.47 | | | |

※1 水平方向のベクトル合成を考慮

第2棟における安全上重要な施設に対する波及的影響

構築物、系統及び機器の安全機能喪失による公衆被ばく影響を評価し、発生事故当たり 5mSv を超えるもの及び設計評価事故の評価において、公衆の被ばく線量が 5mSv を超えないよう影響を緩和する機能を有する設備としたものは、安全上重要な施設として選定している。安全上重要な施設の機能維持のために安全上重要な施設に対する波及的影響を確認する。

1. 第2棟における安全上重要な施設

補足説明資料「2.14.8 信頼性に対する設計上の考慮」の別紙-2 に記載のとおり、第2棟における安全上重要な施設はコンクリートセル及び試料ピットであるため、コンクリートセル及び試料ピットに対する波及的影響を評価する。

2. 第2棟のコンクリートセル及び試料ピットに波及的影響を及ぼす設備の洗い出し

コンクリートセル及び試料ピットに対する波及的影響を及ぼす可能性がある設備を第2棟の燃料デブリ等の受入、分析及び払出フローと機器配置から洗い出す。

図 2.14.2.4-1 第2棟の燃料デブリ等の受入、分析及び払出フロー及び図 2.14.2.4-2 第2棟機器配置(地下1階)、図 2.14.2.4-3 第2棟機器配置(1階)、図 2.14.2.4-4 第2棟機器配置(2階)を用いて、コンクリートセル及び試料ピットに対する波及的影響を及ぼす可能性がある設備を整理した。

また、安全上重要な施設であるコンクリートセルの給排気弁の位置を図 2.14.2.4-5 及び図 2.14.2.4-6 に示す。

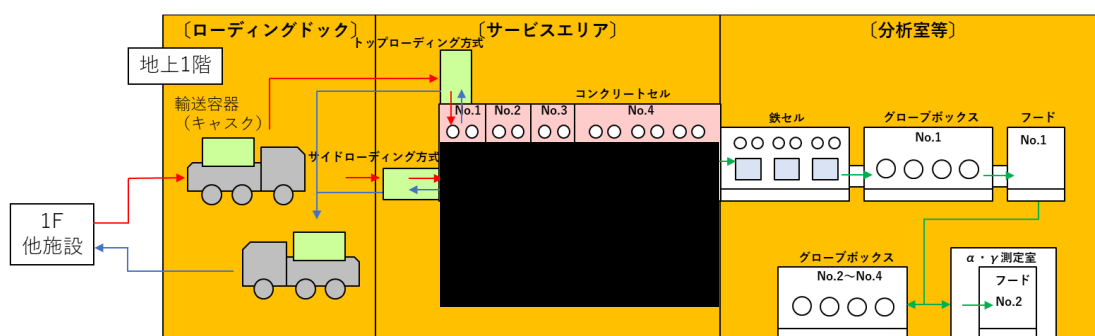


図 2.14.2.4-1 第2棟の燃料デブリ等の受入、分析及び払出フロー

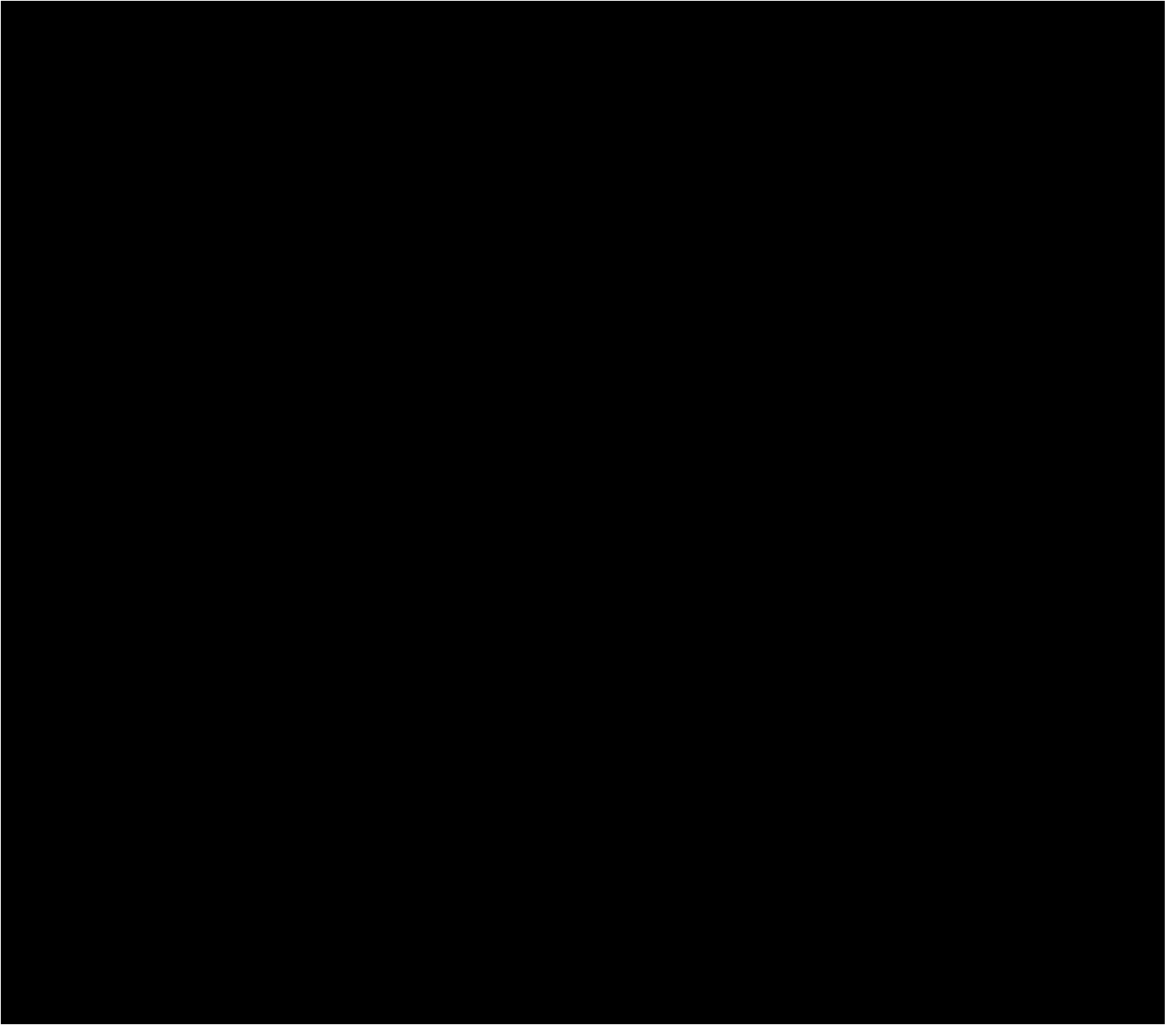


図 2.14.2.4-2 第2棟機器配置(地下1階)

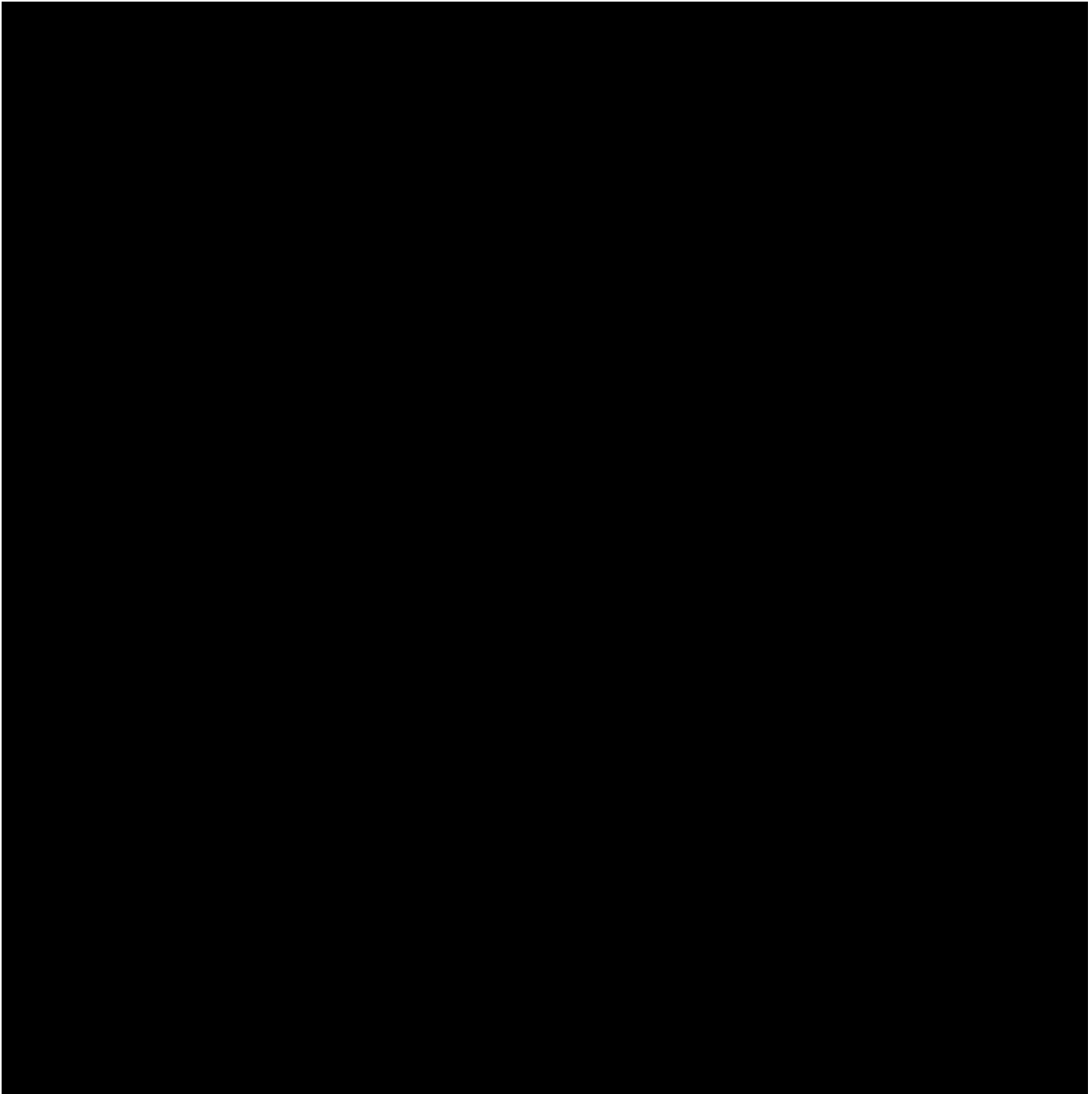


図 2. 14. 2. 4-3 第 2 棟機器配置(1 階)

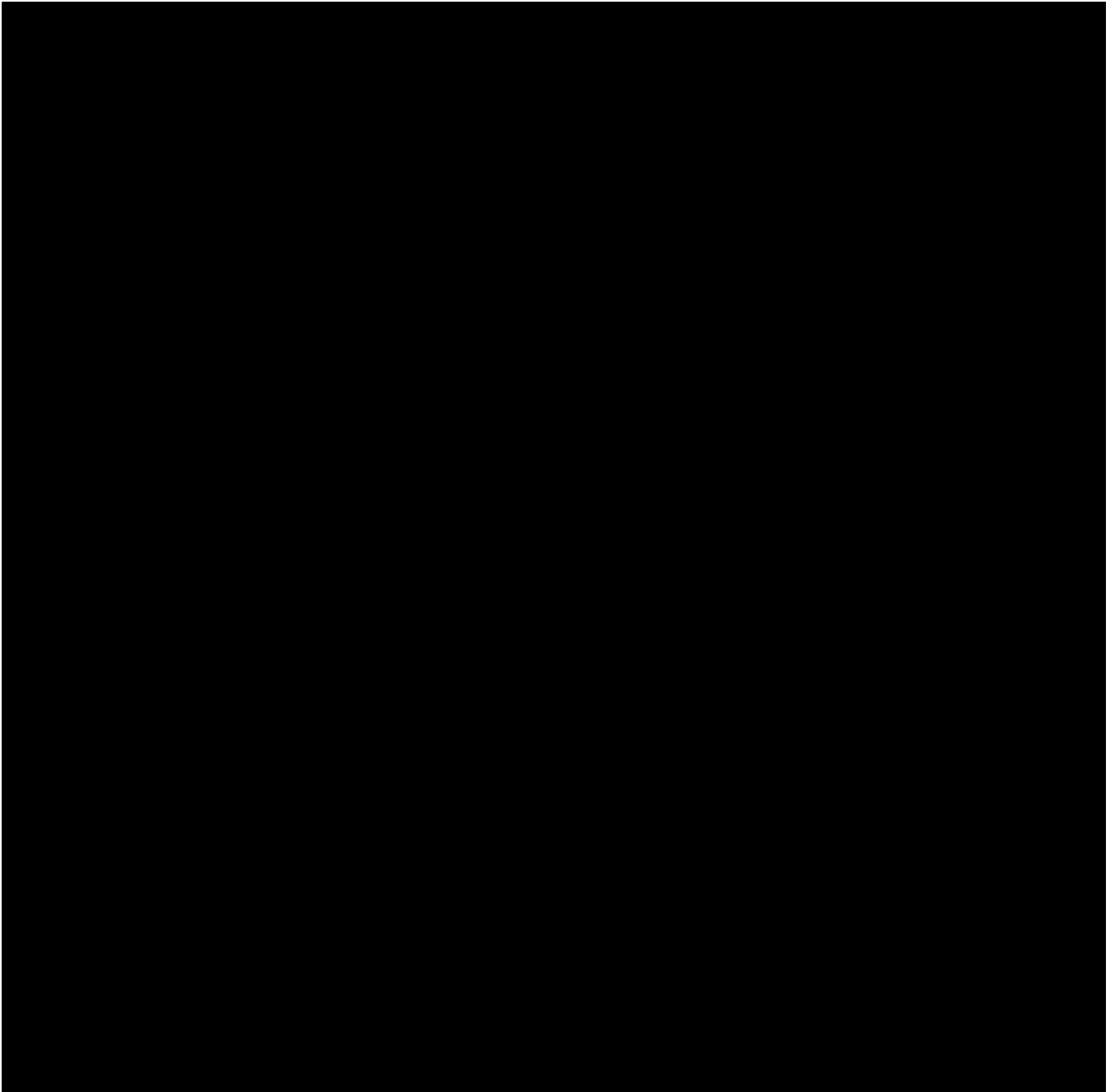


図 2. 14. 2. 4-4 第 2 棟機器配置(2 階)

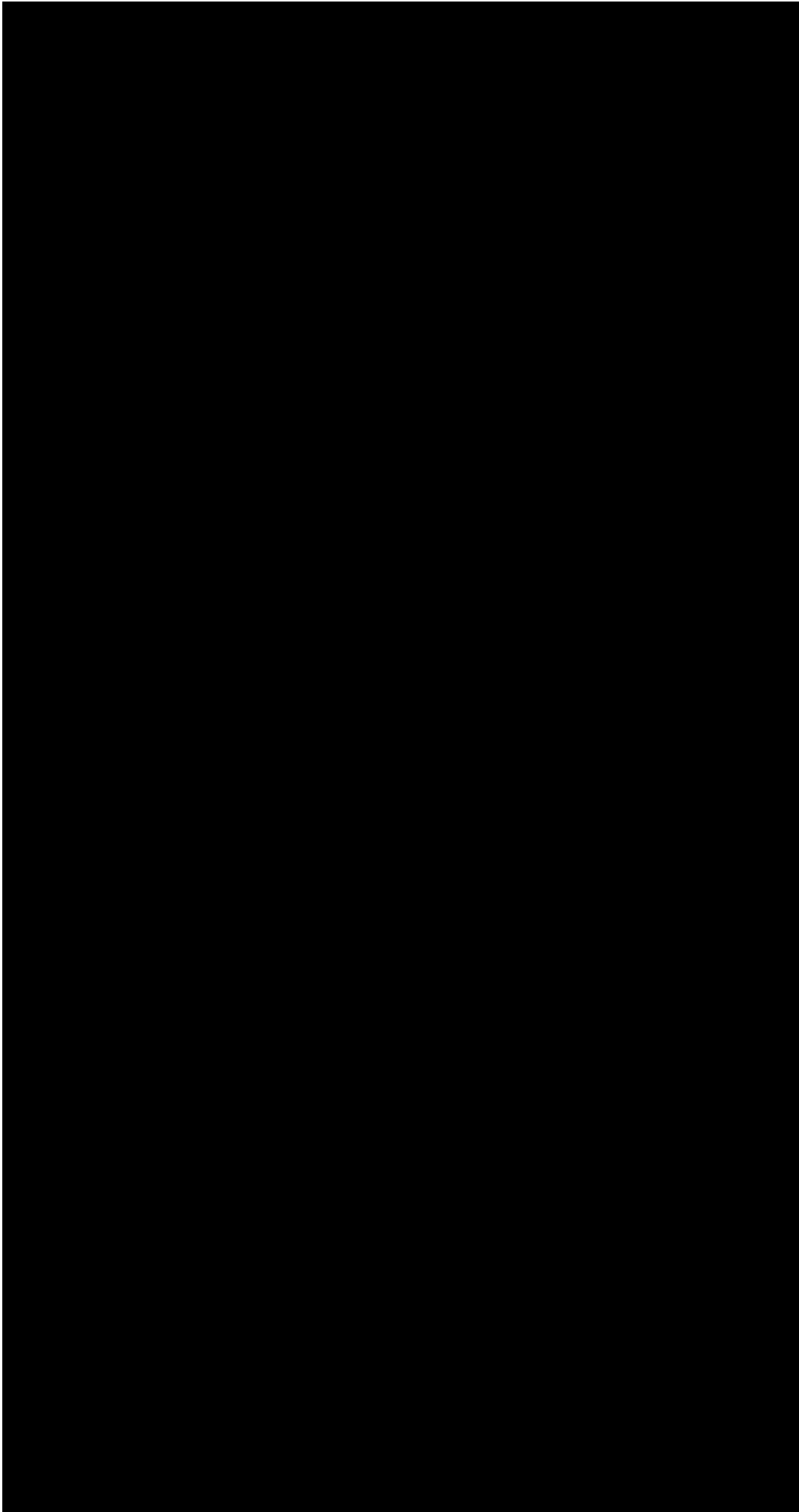


図 2.14.2.4-5 地下 1 階に設置されるコンクリートセル排気弁の設置位置

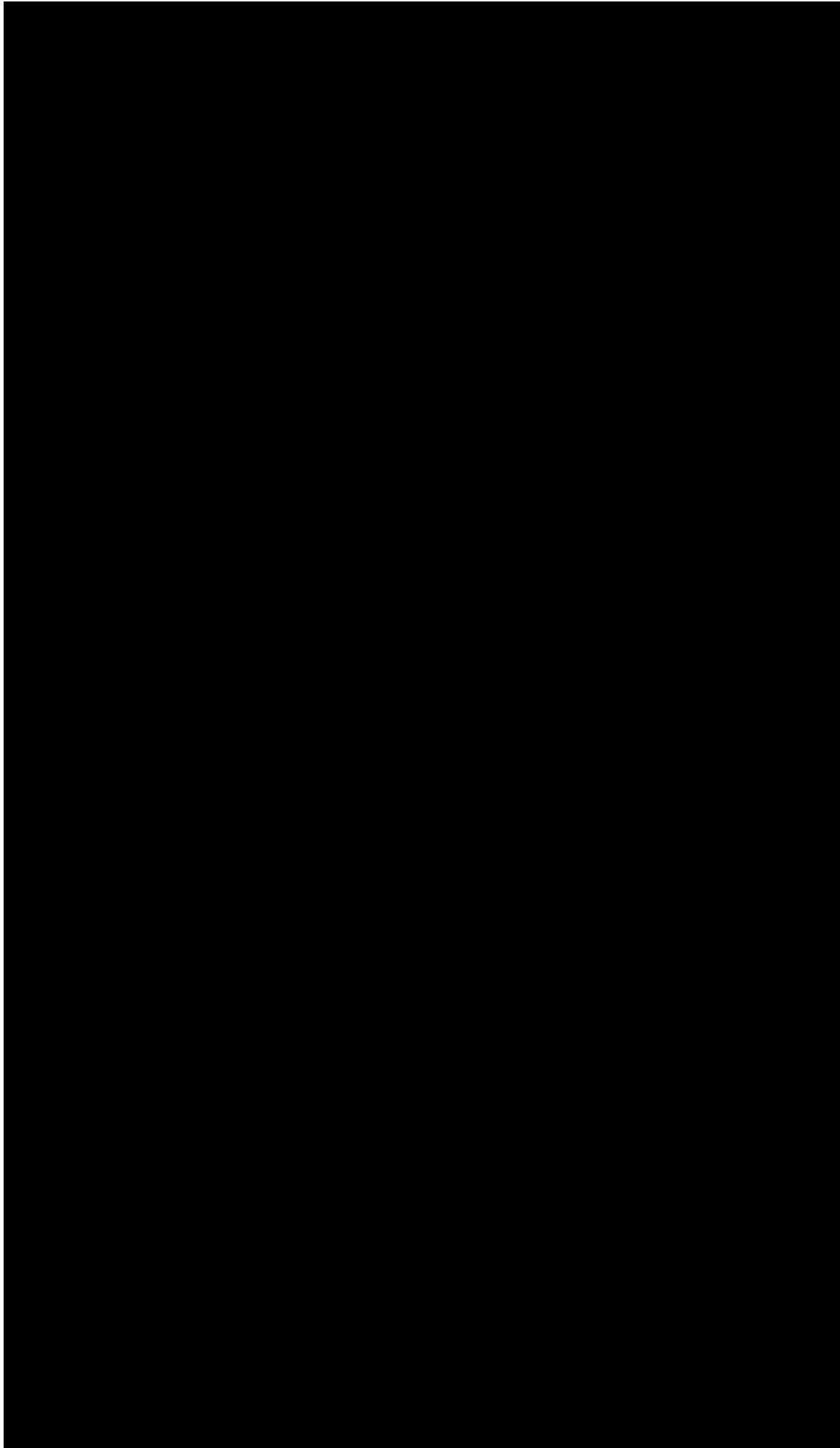


図 2.14.2.4-6 地上 2 階に設置されるコンクリートセル給気弁の設置位置

3. 第2棟におけるコンクリートセル周辺設備の波及的影響

上位クラス設備に対する波及的影響として、コンクリートセル周辺に設置される設備がコンクリートセルに対して波及的影響を及ぼす可能性について、第2棟の燃料デブリ等の受入及び払出フロー及びコンクリートセルへの波及的影響の整理表を用いて整理する。第2棟の燃料デブリ等の受入及び払出詳細を図2.14.2.4-7に示す。

コンクリートセルに対して波及的影響を及ぼす可能性があるコンクリートセル周辺設備として、コンクリートセルに隣接して設置される鉄セル遮蔽体、コンクリートセル上部に設置される天井クレーン、燃料デブリ等の受入及び払出時にコンクリートセルに接続する輸送容器を洗い出した。グローブボックス、フードについてはコンクリートセルの設置場所から離れた分析室に設置されるため、コンクリートセルに対して波及的影響を及ぼさない。コンクリートセル周辺設備のコンクリートセルへの波及的影響の整理表を表2.14.2.4-1に示す。

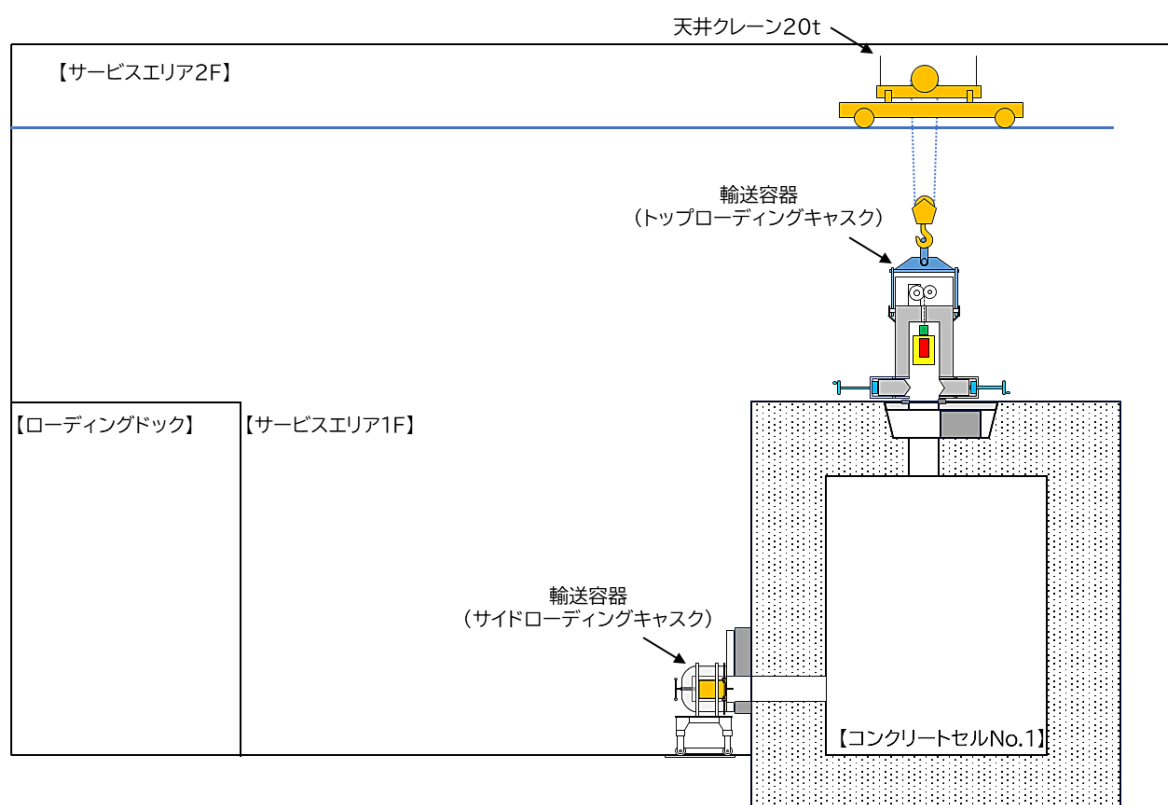


図 2.14.2.4-7 第2棟の燃料デブリ等の受入及び払出詳細

表 2.14.2.4-1 コンクリートセル周辺設備の波及的影響の整理表

| 設備 | 理由 | 波及的影響に関する評価 |
|--------|--|--|
| 天井クレーン | 天井クレーンが落下し、コンクリートセル衝突する可能性がある。 | 別紙-5に記載のとおり、コンクリートセルへ波及的影響を及ぼさない。 |
| 輸送容器 | 輸送容器をコンクリートセルへ接続している際に、接続部が外れて、衝突する可能性がある。 | 参考資料 4-2 に記載のとおり、コンクリートセルへ波及的影響を及ぼさない。 |
| 鉄セル | 鉄セルを固定しているボルトが外れて、鉄セルがコンクリートセルに衝突する可能性がある。 | 別紙-1に記載のとおり、コンクリートセルへ波及的影響を及ぼさない。 |

4. 第2棟におけるコンクリートセル内設備の波及的影響

上位クラス設備に対する波及的影響として、コンクリートセル内設備に設置される設備がコンクリートセル及び試料ピットに対して波及的影響を及ぼす可能性について、コンクリートセル内機器配置図及びコンクリートセルへの波及的影響整理表を用いて整理する。第2棟 コンクリートセル内機器配置(平面図)を図 2.14.2.4-8 及び第2棟 コンクリートセル内機器配置(断面図)を図 2.14.2.4-9 に示す。

コンクリートセル及び試料ピットに対して波及的影響を及ぼす可能性があるコンクリートセル内設備として、コンクリートセル内に設置する各分析装置、セル内クレーンを洗い出した。コンクリートセル内設備のコンクリートセル及び試料ピットへの波及的影響の整理表を表 2.14.2.4-2 に示す。なお、表 2.14.2.4-2 に示した分析装置に関しては将来設置の分析装置も含めて、XRF が最も保守的な条件となる。

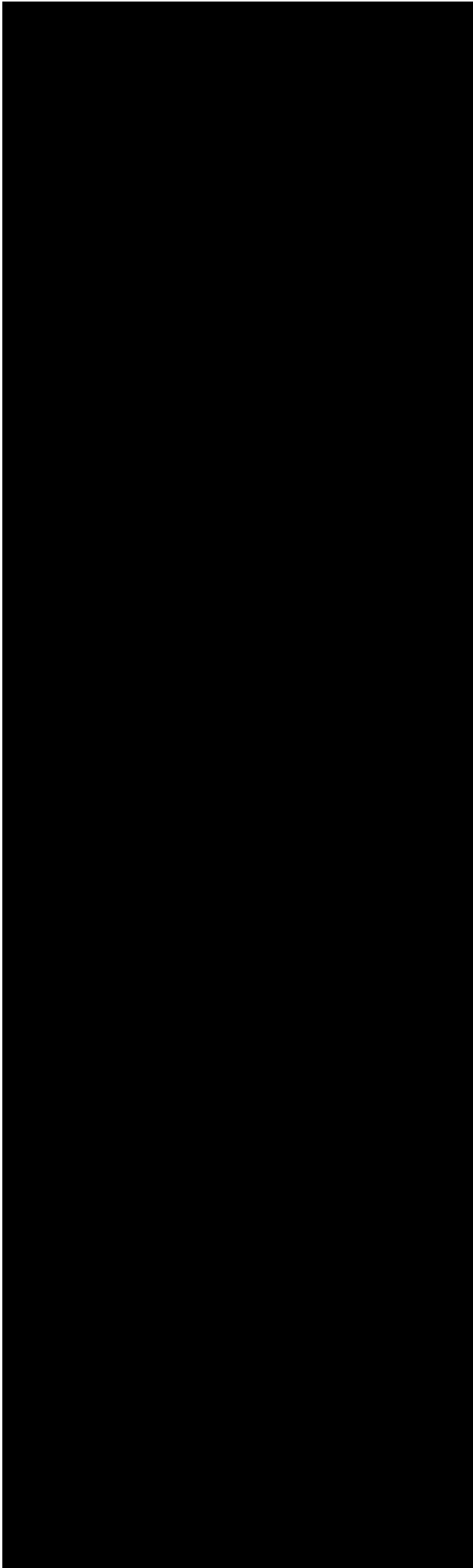


図 2.14.2.4-8 第2棟 コンクリートセル内機器配置図(平面図)

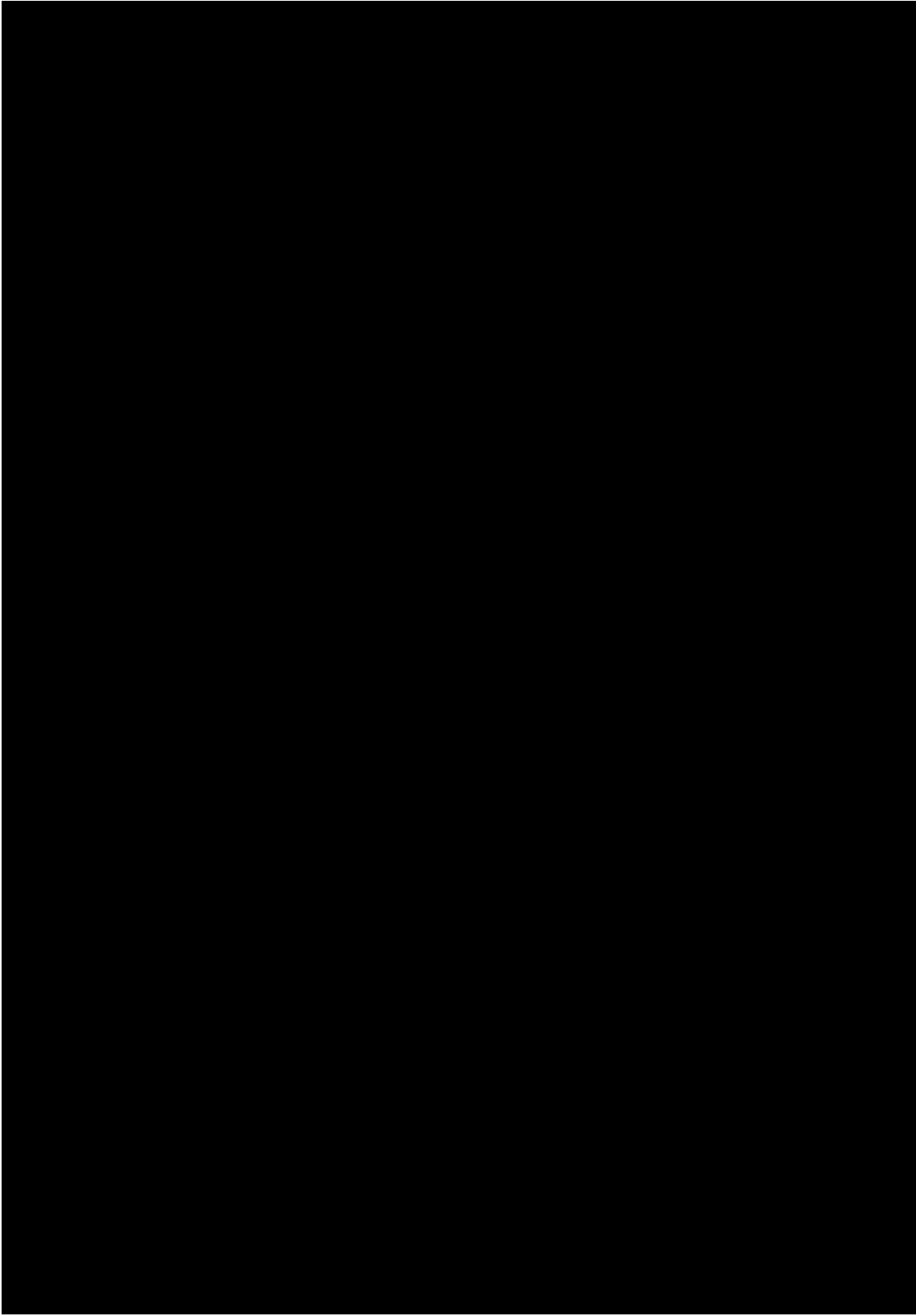


図 2.14.2.4-9 第2棟 コンクリートセル内機器配置図(断面図)(1/2)

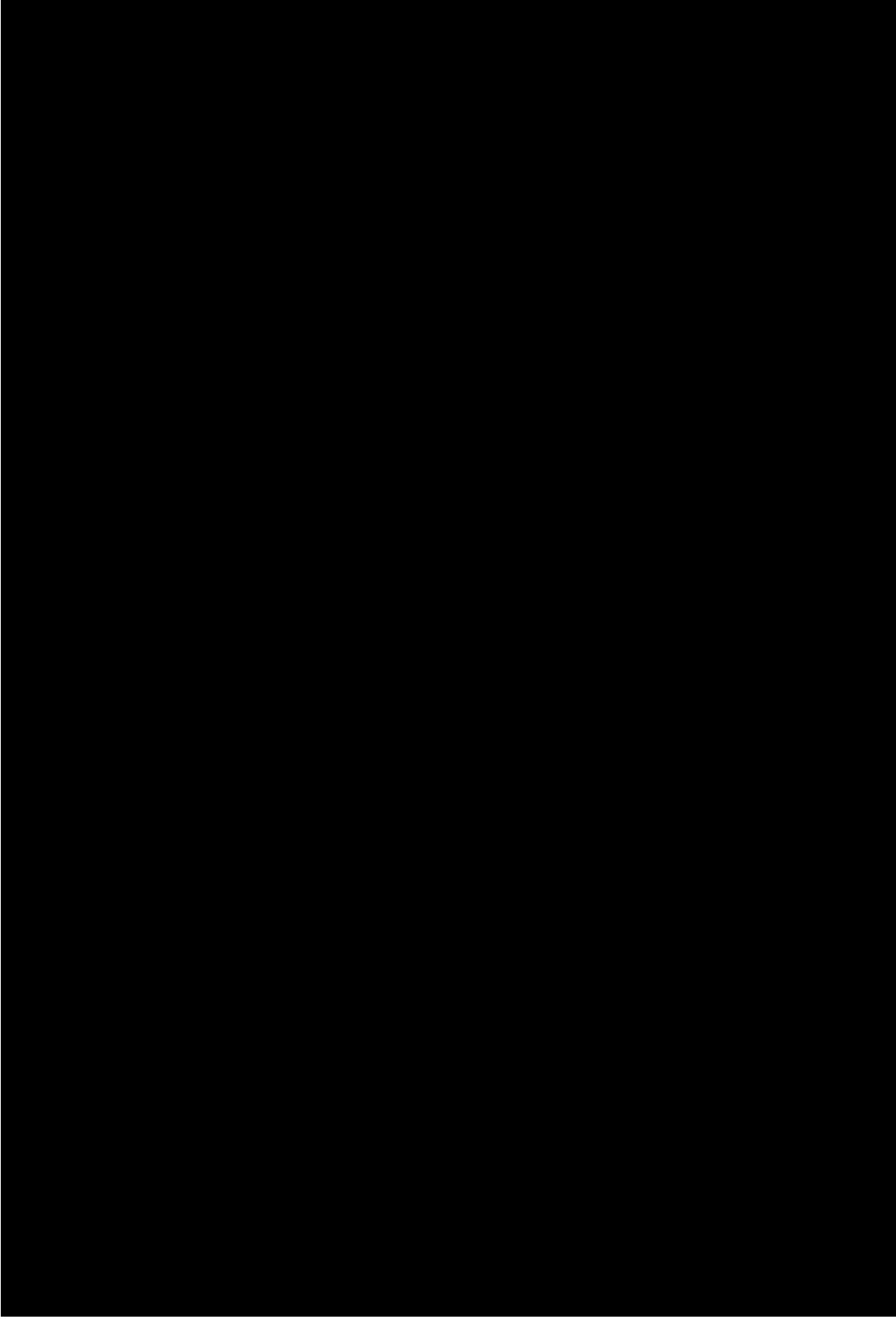


図 2.14.2.4-9 第2棟 コンクリートセル内機器配置図(断面図) (2/2)

表 2. 14. 2. 4-2 コンクリートセル内設備の波及的影響の整理表

| 設備 | 理由 | 波及的影響に関する評価 |
|------------------------|--|---|
| XRF | XRF が転倒し、コンクリートセルライニングを破損させる可能性がある。 | 分析装置のうち、最も保守的な条件の XRF がコンクリートセルへ波及的影響を及ぼさないことを確認した。 |
| 電気炉 | 電気炉が転倒し、コンクリートセルライニングを破損させる可能性がある。 | |
| ホットプレート | ホットプレートが転倒し、コンクリートセルライニングを破損させる可能性がある。 | |
| ガスクロマトグラフ用前処理装置 | ガスクロマトグラフ用前処理装置が転倒し、コンクリートセルライニングを破損させる可能性がある。 | |
| 重量測定装置 | 重量測定装置が転倒し、コンクリートセルライニングを破損させる可能性がある。 | |
| 粗切断機 | 粗切断機が転倒し、コンクリートセルライニングを破損させる可能性がある。 | |
| 精密切断機 | 精密切断機が転倒し、コンクリートセルライニングを破損させる可能性がある。 | |
| 粗研磨機 | 粗研磨機が転倒し、コンクリートセルライニングを破損させる可能性がある。 | |
| 精密研磨機 | 精密研磨機が転倒し、コンクリートセルライニングを破損させる可能性がある。 | |
| 放射線計測機 | 放射線計測機が転倒し、コンクリートセルライニングを破損させる可能性がある。 | |
| デジタルマイクロスコープ | デジタルマイクロスコープが転倒し、コンクリートセルライニングを破損させる可能性がある。 | |
| 局所排気装置 | 局所排気装置が転倒し、コンクリートセルライニングを破損させる可能性がある。 | |
| 吸引ろ過装置 | 吸引ろ過装置が転倒し、コンクリートセルライニングを破損させる可能性がある。 | |
| スタンプミル | スタンプミルが転倒し、コンクリートセルライニングを破損させる可能性がある。 | |
| インセルクレーン (ジブクレーン含む) | インセルクレーンが落下し、コンクリートセルライニングを破損させる可能性がある。 | 参考資料 4-1 に記載のとおり、コンクリートセルへ波及的影響を及ぼさない。 |

5. 波及的影響の評価結果

5.1 第 2 棟におけるコンクリートセル周辺設備の波及的影響の評価結果

コンクリートセル周辺に設置される設備は表 2. 14. 2. 4-1 のとおり、Ss900 に対する耐震性を有することを確認したことから、コンクリートセル周辺に設置される設備がコンクリートセルへ波及的影響を与えることはない。

5.2 第 2 棟におけるコンクリートセル内設備の波及的影響の評価結果

コンクリートセル内設備は表 2. 14. 2-2 のとおり、機器の転倒、落下によりセルライニングの破損は生じないことを確認したことから、コンクリートセル内設備がコンクリートセル及び試料ピットへ波及的影響を与えることはない。

地震時に機器が及ぼすセルライニングへの影響評価

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、インセルクレーン等)が転倒及び落下した場合のセルライニングの健全性評価を行った。

1.1 地震時に機器が転倒した場合のセルライニングの健全性確認

(1) 評価方法

コンクリートセル内に設置される機器の転倒の想定として、機器の質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、機器の質量(m)及び高さ(H)が大きく、かつ、機器の直径^{※2}(D_m)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 10kg 以上の主な機器を表 2. 14. 2. 4-3 に示す。コンクリートセルで使用する機器で転倒時の影響が最も大きいものは XRF である。従って、転倒を想定する機器として質量が 700kg 以下、高さが 1. 8m 以下、直径^{※2}が 50mm 以上とし評価を行う。

表 2. 14. 2. 4-3 コンクリートセルで使用を想定している機器

| 機器名称 | 質量(kg) | 高さ(m) |
|-----------------|--------|--------|
| 蛍光 X 線分析装置(XRF) | 700 | 1. 8 |
| 燃焼装置 | 40 | 0. 75 |
| ふるい分け装置 | 30 | 0. 35 |
| 研磨機 | 25 | 0. 35 |
| ホットプレート | 25 | 0. 16 |
| 重量測定装置(重量級天秤) | 17 | 0. 202 |
| 電気炉 | 15 | 0. 33 |
| 局所排気装置 | 12. 8 | 0. 43 |
| 切断機 | 11 | 0. 29 |
| デジタルマイクロスコープ | 10 | 0. 378 |

(3) 評価結果

最も保守的な条件として、質量が 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、表 2. 14. 2. 4-4 に示す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ことを確認した。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. 4-4 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) |
|---|-----------------------|---|
| 質量 : 700kg 高さ : 1. 8m 相当直径 : 50mm | 1. 24×10 ⁴ | [REDACTED] (セルライニング厚 [REDACTED] の場合) |

1. 2 地震時にインセルクレーン等が落下した場合のセルライニングの健全性確認

(1) 評価方法

評価方法は 1. 1(1) と同様である。

(2) コンクリートセルで使用を想定しているクレーン

コンクリートセルで使用するクレーンを表 2. 14. 2. 4-5 に示す。コンクリートセルで使用する各クレーンは、それぞれの質量^{※3}が 583kg 以下、高さが 4. 15m 以下、直径^{※4}が 0. 36m 以上とする。また、インセルクレーン及びジブクレーンの概略図を図 2. 14. 2. 4-10 に示す。

※3 ホイストの質量及びレールの質量を合計した総質量

※4 ホイストの最小面積が衝突した時の円相当直径

表 2. 14. 2. 4-5 インセルクレーン等の質量及び設置高さ

| 機器名称 | 質量 ^{※3} (kg) | 設置高さ(m) |
|--------------------------|-----------------------|---------|
| インセルクレーン(コンクリートセル No. 2) | 466 | 4. 15 |
| インセルクレーン(コンクリートセル No. 4) | 583 | 4. 15 |
| ジブクレーン(コンクリートセル No. 1) | 129 | 2. 5 |
| ジブクレーン(コンクリートセル No. 2) | 106 | 2. 5 |
| ジブクレーン(コンクリートセル No. 3) | 110 | 2. 5 |

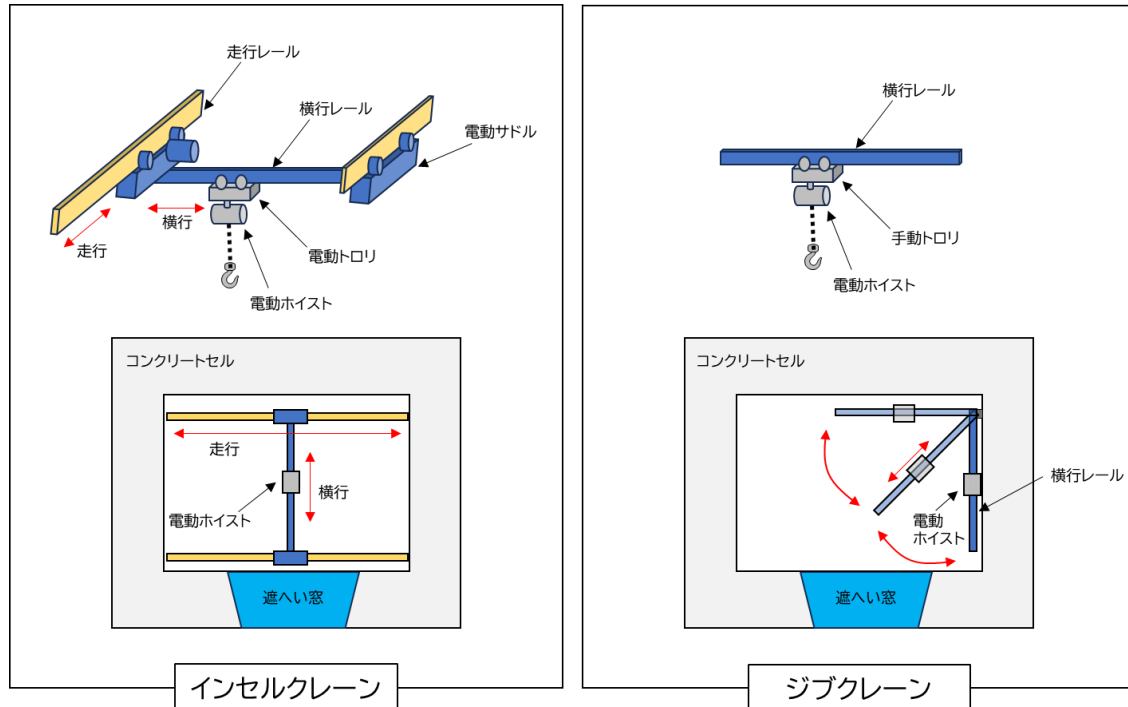


図 2. 14. 2. 4-10 インセルクレーン及びジブクレーンの概略図

(3) 評価結果

最も保守的な条件として、コンクリートセルNo.4 に設置されるインセルクレーン(質量^{※3}が 583kg、高さが 4. 15m 及び直径^{※4}が 0. 36m)が運転時に想定される最も重い吊荷である燃焼装置(40kg)を吊り上げている状態で落下することを想定し評価したところ、表 2. 14. 2. 4-6 に示す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、機器の落下によりセルライニングの破損は生じない。

表 2. 14. 2. 4-6 位置エネルギーとライニングの破損限界エネルギーの比較

| 機器 | 機器の位置エネルギー(J) | 破損限界エネルギー(J) |
|---|---------------------|--|
| 総量：583+40kg 高さ：4. 15m 相当直径：0. 36m | $2. 54 \times 10^4$ | <div style="background-color: black; width: 100px; height: 15px; margin: 5px 0;"></div> (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、**地震力は水平 2 方向及び鉛直 1 方向の組合せを考慮し**、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. 4-7 設計用地震力

| 動的地震力 |
|---|
| Ss900 (鉄セルは剛構造であり ^{※5} 、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) |

※5 固有値解析の結果は「参考資料 4-1 2. (3)」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^{※6}とする。

※6 「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。

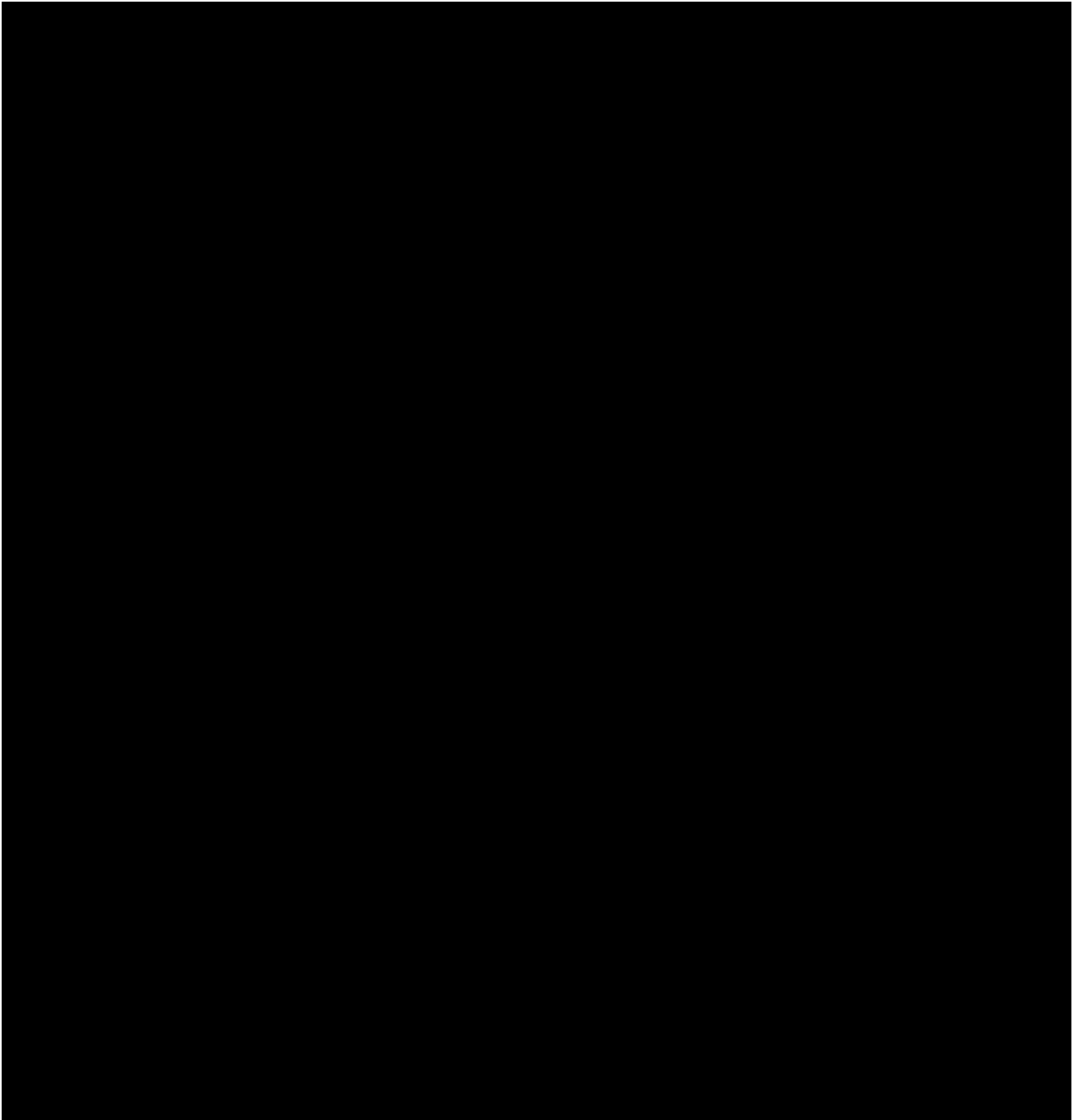


図 2. 14. 2. 4-11 鉄セル構造図

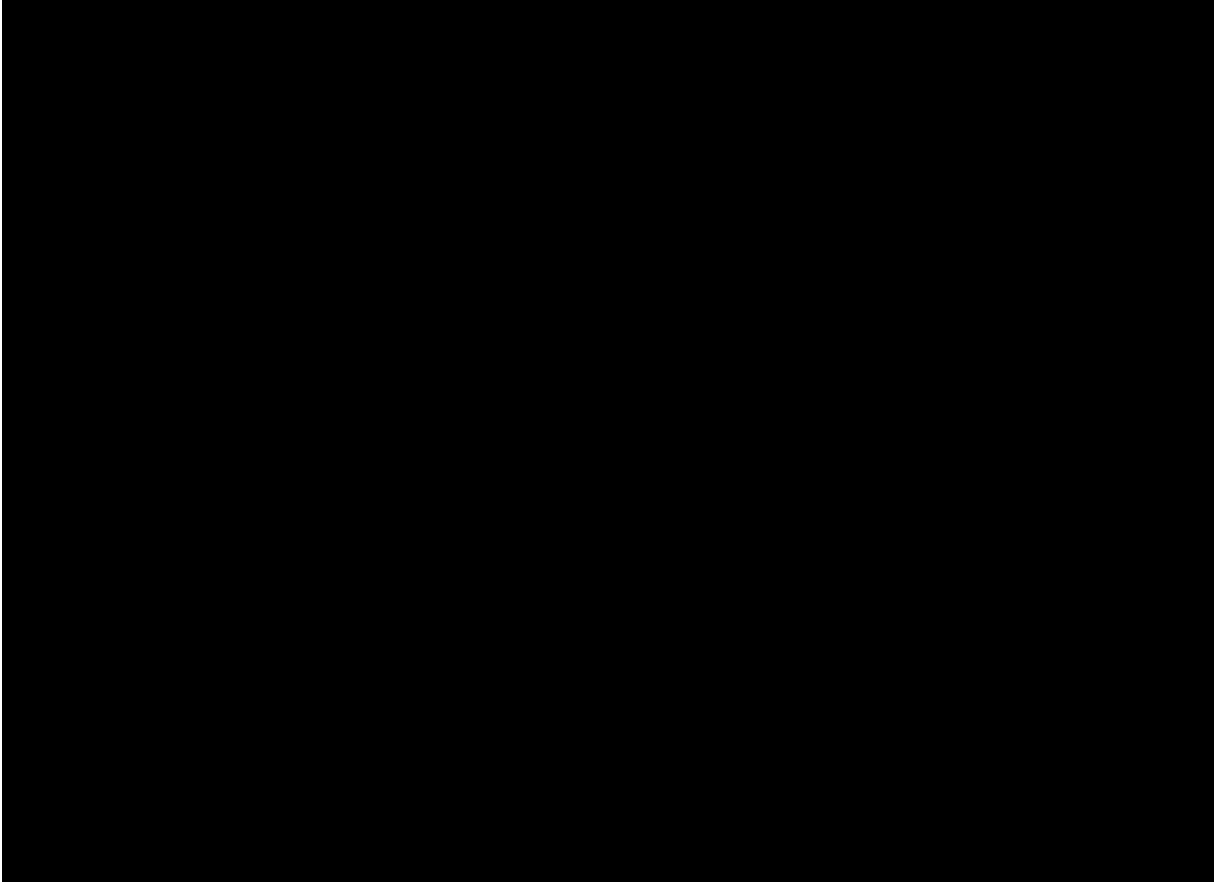


図 2. 14. 2. 4-12 3次元 FEM モデル

(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。

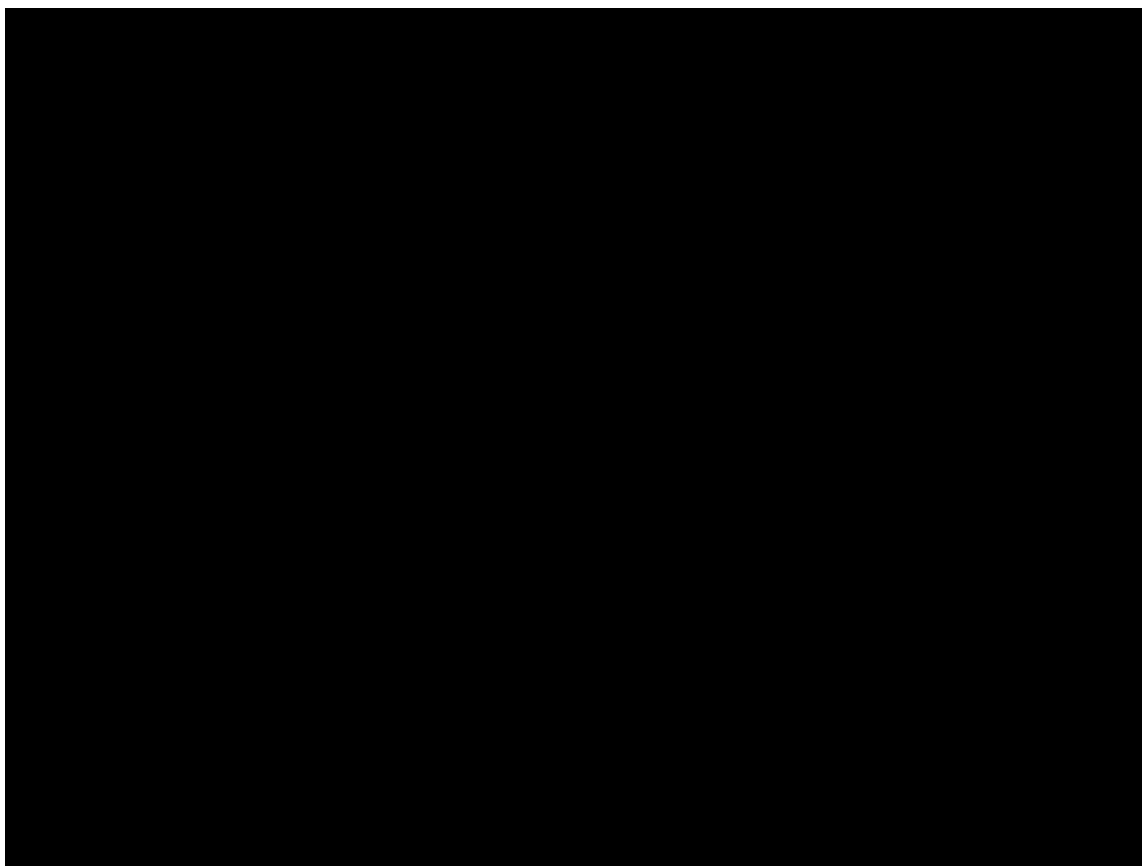


図 2.14.2.4-13 鉄セルの 1 次振動モード

(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 S_s900 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 2.14.2.4-8 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 S_s900 に対する最大床応答加速度 [Gal] | 982 | 1028 | 732 |
| | ↓ | ↓ | ↓ |
| 20% 割り増しした加速度 [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 2.14.2.4-9 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^{※7}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。

※7 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。

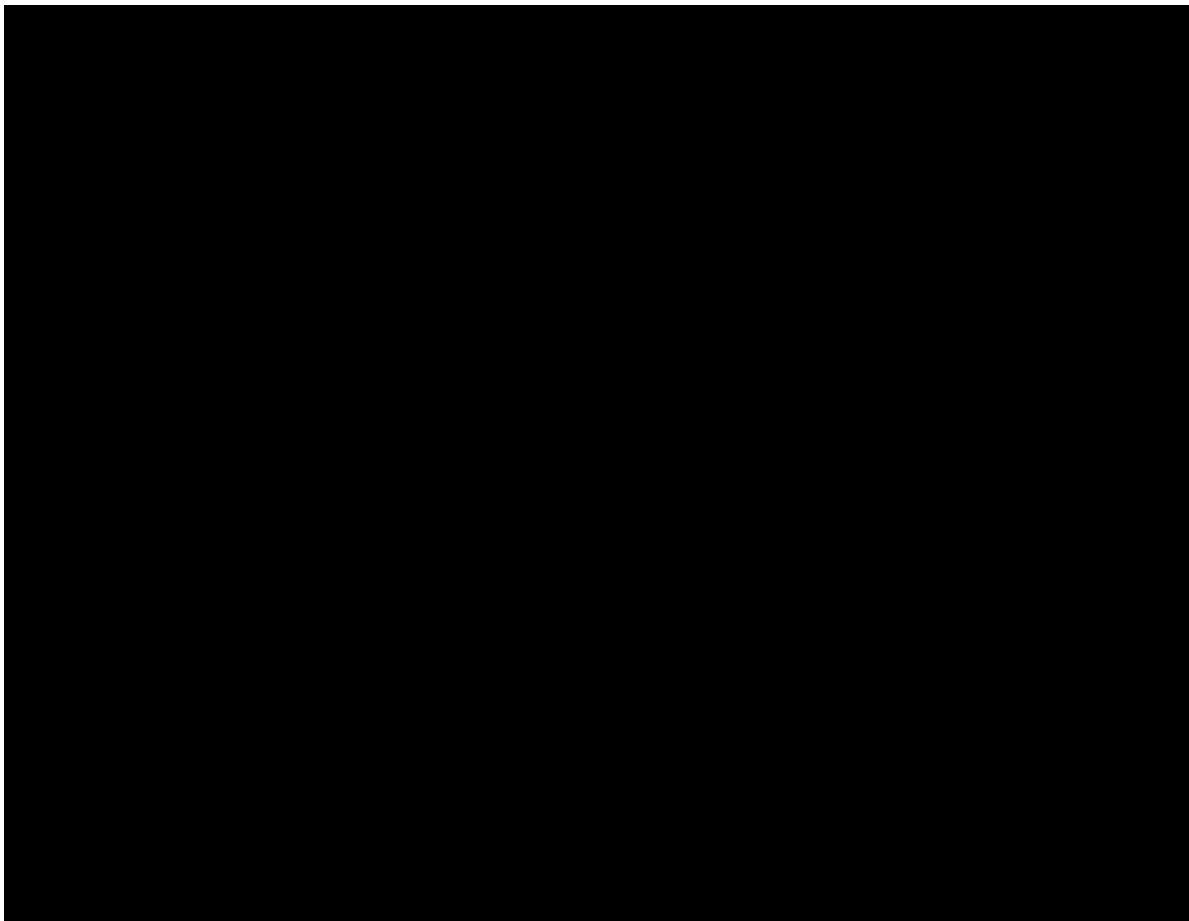


図 2. 14. 2. 4-14 各最大発生応力の発生箇所

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. 4-10 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 ^{※8} (MPa) |
|---------------------|-------|--------------|--------------------------|
| 引張応力 | 5878 | 276 | 487 |
| せん断応力 | 23875 | 255 | 375 |
| 組合せ応力 ^{※9} | 23875 | 209 | 273 |

※8 「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 NC1-2005/2007 [追補版](#))に基づく

※9 引張応力とせん断力の組合せ

(5) アンカー部評価について

鉄セル遮蔽体のアンカー部の評価は、原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601-1991 追補)に基づくとともに、原子力発電所耐震設計技術規程(JEAC4601-2008)を参考に行う。基礎ボルトに発生する荷重をブラケット/埋込金物ごとに足し合わせることで、コーン状破壊の発生の有無を確認する。なお、供用状態はD_sとする。

鉄セル遮蔽体の基礎ボルトについて、ブラケットに配置される基礎ボルトについては、互いに隣接しているため、ブラケット/埋込金物ごとに図 2.14.2.4-15 に示す「アンカーボルトが複数の場合の有効投影面積」の考え方で有効投影面積を算出し、アンカー部評価を行う。

鉄セル遮蔽体の基礎ボルト及び埋込金物の配置を図 2.14.2.4-16 に示す。

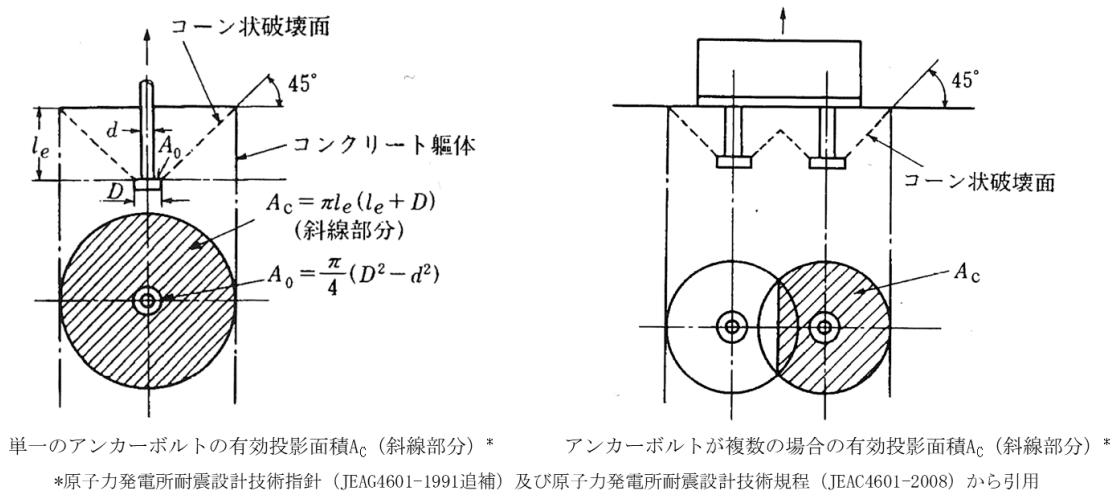


図 2.14.2.4-15 アンカー部の有効投影面積の考え方

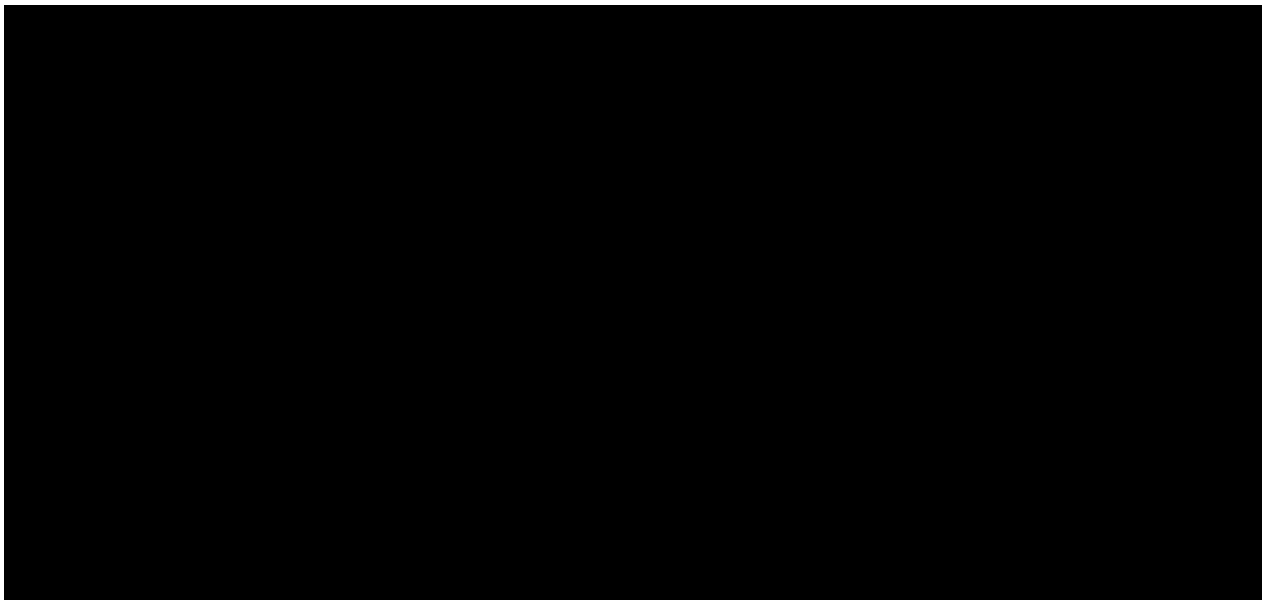


図 2.14.2.4-16 鉄セル遮蔽体の基礎ボルト及び埋込金物の配置

(5)-1 評価式

- ① 基礎ボルトが引張荷重を受ける場合のアンカー部評価
 - ・ 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。

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

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

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

| 記号 | 記載内容 | 値 | 単位 |
|------------|---|--------|-------------------|
| 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 | 0.6 | - |
| K_2 | 支圧破壊する場合の引張耐力の低減係数 | 0.75 | - |
| F_c | コンクリートの設計基準強度 | 36 | N/mm ² |
| A_c | コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積(床) ブラケット番号1 | 0.38 | m ² |
| A_c | コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積(床) ブラケット番号2 | 0.36 | m ² |
| A_c | コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積(床) ブラケット番号3 | 0.36 | m ² |
| A_c | コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積(床) ブラケット番号4 | 0.36 | m ² |
| A_c | コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積(床) ブラケット番号5 | 0.65 | m ² |
| A_c | コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積(床) ブラケット番号6 | 0.34 | m ² |
| A_c | コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積(床) ブラケット番号7 | 0.84 | m ² |
| A_c | コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積(床) ブラケット番号8 | 0.35 | m ² |
| A_c | コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積(床) ブラケット番号9 | 0.38 | m ² |
| A_c | コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積(床) ブラケット番号10 | 0.29 | m ² |
| A_c | コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積(床) ブラケット番号11 | 0.30 | m ² |
| A_c | コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積(床) ブラケット番号12 | 0.24 | m ² |
| A_c | コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積(床) ブラケット番号13 | 0.29 | m ² |
| A_c | コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積(床) ブラケット番号14 | 0.38 | m ² |
| A_c | コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積(床) ブラケット番号15 | 0.24 | m ² |
| A_c | コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積(壁) 埋込金物番号1 | 0.23 | m ² |
| A_c | コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積(壁) 埋込金物番号2 | 0.23 | m ² |
| A_c | コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積(壁) 埋込金物番号3 | 0.23 | m ² |
| A_c | コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積(壁) 埋込金物番号4 | 0.71 | m ² |
| A_c | コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積(壁) 埋込金物番号5 | 0.23 | m ² |
| A_c | コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積(壁) 埋込金物番号6 | 0.23 | m ² |
| A_c | コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積(壁) 埋込金物番号7 | 0.23 | m ² |
| A_c | コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積(壁) 埋込金物番号8 | 0.23 | m ² |
| A_c | コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積(壁) 埋込金物番号9 | 0.23 | m ² |
| A_c | コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積(壁) 埋込金物番号10 | 0.23 | m ² |
| 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 | | - |
| l_e | 基礎ボルトのコンクリート内への埋め込み長さ(床) | 190 | mm |
| D | 基礎ボルト頭部の直径(床) | 120 | mm |
| d | 基礎ボルトの呼び径(床) | M24 | mm |
| A_0 | 支圧面積(床) ブラケット番号1 | 375484 | mm ² |
| A_0 | 支圧面積(床) ブラケット番号2 | 364418 | mm ² |
| A_0 | 支圧面積(床) ブラケット番号3 | 364418 | mm ² |
| A_0 | 支圧面積(床) ブラケット番号4 | 364418 | mm ² |
| A_0 | 支圧面積(床) ブラケット番号5 | 486516 | mm ² |
| A_0 | 支圧面積(床) ブラケット番号6 | 290908 | mm ² |
| A_0 | 支圧面積(床) ブラケット番号7 | 748657 | mm ² |
| A_0 | 支圧面積(床) ブラケット番号8 | 373173 | mm ² |
| A_0 | 支圧面積(床) ブラケット番号9 | 375484 | mm ² |
| A_0 | 支圧面積(床) ブラケット番号10 | 294796 | mm ² |
| A_0 | 支圧面積(床) ブラケット番号11 | 298747 | mm ² |
| A_0 | 支圧面積(床) ブラケット番号12 | 241670 | mm ² |
| A_0 | 支圧面積(床) ブラケット番号13 | 290762 | mm ² |
| A_0 | 支圧面積(床) ブラケット番号14 | 364418 | mm ² |
| A_0 | 支圧面積(床) ブラケット番号15 | 241409 | mm ² |
| A_0 | 支圧面積(壁) 埋込金物番号1 | 225546 | mm ² |
| A_0 | 支圧面積(壁) 埋込金物番号2 | 225546 | mm ² |
| A_0 | 支圧面積(壁) 埋込金物番号3 | 225546 | mm ² |
| A_0 | 支圧面積(壁) 埋込金物番号4 | 714297 | mm ² |
| A_0 | 支圧面積(壁) 埋込金物番号5 | 225546 | mm ² |

| | | | |
|-------|-------------------------------|--------|-----------------|
| A_0 | 支圧面積(壁) 埋込金物番号6 | 225546 | mm ² |
| A_0 | 支圧面積(壁) 埋込金物番号7 | 225546 | mm ² |
| A_0 | 支圧面積(壁) 埋込金物番号8 | 225546 | mm ² |
| A_0 | 支圧面積(壁) 埋込金物番号9 | 225546 | mm ² |
| A_0 | 支圧面積(壁) 埋込金物番号10 | 225546 | mm ² |
| l_e | 基礎ボルトのコンクリート内への埋め込み長さ(mm) (壁) | 90 | mm |
| D | 基礎ボルト頭部の直径(mm) (壁) | φ 32 | mm |
| d | 基礎ボルトの呼び径(mm) (壁) | φ 19 | 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

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

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

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

| 記号 | 記載内容 | 値 | 単位 |
|----------|--|----------------|-------------------|
| 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 | へり部はない ため省略 | N |
| K_3 | 複合破壊の場合のせん断耐力の低減係数 | 0.8 | - |
| 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 | へり部はない ため省略 | - |
| 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) | 338 | mm ² |
| E_c | コンクリートのヤング係数 | 25950 | N/mm ² |
| F_c | コンクリートの設計基準強度 | 36 | N/mm ² |
| A_{c1} | コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積 | へり部はない ため省略 | mm ² |

(5)-2 評価結果

以下に①及び②に示す評価結果から鉄セル遮蔽体のアンカー部は Ss900 の地震時においてコーン状破壊が発生しないことを確認した。

① 床部の評価結果

床に配置されるブラケットごとのコーン状破壊の評価結果を表 2.14.2.4-11 に示す。

表 2. 14. 2. 4-11 床に配置されるブラケットごとのコーン状破壊の評価結果

| ブラケット 番号 | 引張荷重 p (kN) | 許容引張荷重 p _a (kN) | せん断荷重 q (kN) | 許容せん断荷重 q _a (kN) | 組合せ評価※ (-) |
|-------------|-------------|----------------------------|--------------|-----------------------------|---------------|
| 1 | 49 | 410 | 190 | 470 | 0.18 |
| 2 | 47 | 400 | 98 | 470 | 0.056 |
| 3 | 41 | 400 | 98 | 470 | 0.053 |
| 4 | 45 | 400 | 107 | 470 | 0.063 |
| 5 | 200 | 730 | 370 | 950 | 0.23 |
| 6 | 30 | 380 | 170 | 590 | 0.086 |
| 7 | 200 | 930 | 550 | 1100 | 0.26 |
| 8 | 57 | 380 | 140 | 470 | 0.12 |
| 9 | 48 | 410 | 110 | 470 | 0.070 |
| 10 | 51 | 320 | 140 | 470 | 0.11 |
| 11 | 32 | 330 | 140 | 470 | 0.10 |
| 12 | 30 | 260 | 130 | 470 | 0.086 |
| 13 | 25 | 320 | 110 | 470 | 0.062 |
| 14 | 36 | 410 | 78 | 470 | 0.035 |
| 15 | 9.2 | 260 | 54 | 230 | 0.053 |

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

② コンクリートセル壁部の評価結果

コンクリートセル壁に配置されるブラケットごとのコーン状破壊の評価結果を表 2. 14. 2. 4-12 に示す。

表 2. 14. 2. 4-12 コンクリートセル壁部に配置されるブラケットごとのコーン状破壊の評価結果

| 埋込金物番号 | 引張荷重 p (kN) | 許容引張荷重 p _a (kN) | せん断荷重 q (kN) | 許容せん断荷重 q _a (kN) | 組合せ評価※ (-) |
|--------|-------------|----------------------------|--------------|-----------------------------|---------------|
| 1 | 46 | 250 | 190 | 1400 | 0.051 |
| 2 | 68 | 250 | 210 | 1400 | 0.093 |
| 3 | 82 | 250 | 230 | 1400 | 0.13 |
| 4 | 400 | 790 | 520 | 3200 | 0.29 |
| 5 | 110 | 250 | 190 | 1400 | 0.22 |
| 6 | 140 | 250 | 190 | 1400 | 0.33 |
| 7 | 200 | 250 | 240 | 1400 | 0.67 |
| 8 | 160 | 250 | 140 | 1400 | 0.44 |
| 9 | 4.5 | 250 | 11 | 1400 | <0.01 |
| 10 | 5.3 | 250 | 13 | 1400 | <0.01 |

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

輸送容器接続によるコンクリートセルへの波及的影響

1. 概要

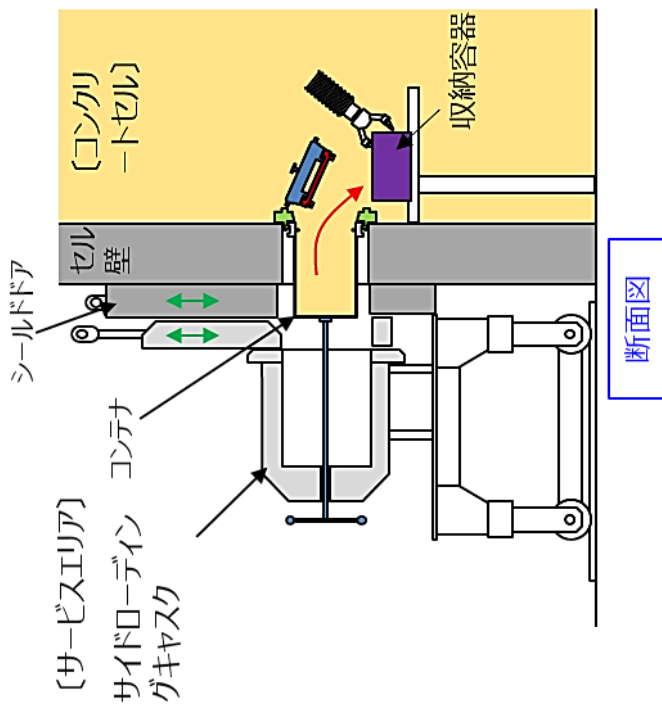
コンクリートセルへの輸送容器接続時におけるコンクリートセルへの波及的影響評価のため、輸送容器接続時のSs900に対する耐震性を有することを確認した。

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、輸送容器接続時に耐震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. 輸送容器について

コンクリートセルに接続する輸送容器、接続状態を図2. 14. 2. 4-17に示す。輸送容器にはサイドローディングキャスクとトップローディングキャスクの2種類がある。

サイドローディングキャスク



トップローディングキャスク

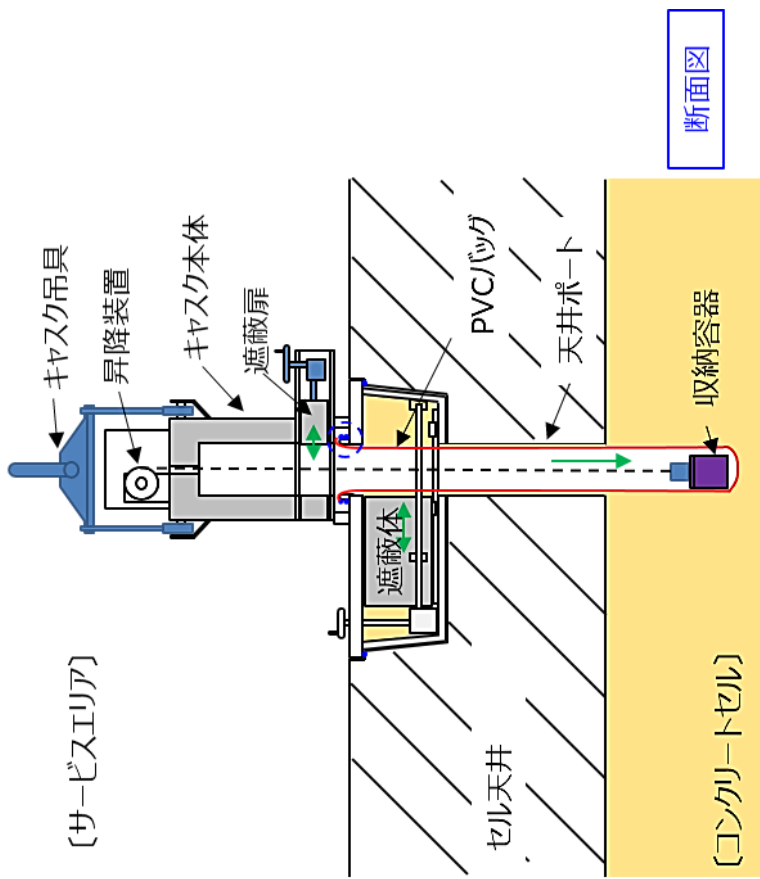


図2.14.2.4-17 コンクリートセルに接続する輸送容器，接続状態

3. トップローディングキャスク接続時の評価

(1) 設計用地震力及び供用状態

トップローディングキャスクに対して、波及的影響評価のため表 2. 14. 2. 4-13 に示す設計用地震力及び供用状態で耐震性評価を行う。

表 2. 14. 2. 4-13 トップローディングキャスク接続時の設計用地震力

| 確認用地震動 | 供用状態 |
|--------|------|
| Ss900 | Ds |

(2) 固有周期の計算

トップローディングキャスクの下端を天井ポートの天板にボルトで固定するため、上端自由、下端固定の1質点系振動モデルとしてモデル化 (図2. 14. 2. 4-18) し、水平方向及び鉛直方向の固有周期を算出し、剛構造(固有周期が0.05秒以下)であることを確認する。以下の各パラメータについて計算し、固有周期を求める。結果として、固有周期は0.006秒(水平方向)、0.006秒(鉛直方向)となり0.05秒以下であるため剛構造であることを確認した。

なお、固有周期の算出には、「機械工学便覧 α.基礎編(社団法人日本機械学会、2007年)」(以下「機械工学便覧」という。)及びJEAC4601-2008を参考に評価を行う。

(水平方向の固有周期)

- 有効せん断面積 A_e

機械工学便覧における容器形状のせん断応力分布より、せん断応力の最大値 τ_{max} から有効せん断面積 A_e は以下の式で表される。

$$A_e = \frac{2(h_2 b_2^3 - h_1 b_1^3)(h_2 - h_1)}{3(h_2 b_2^2 - h_1 b_1^2)}$$

- せん断弾性係数 G

等方性体のせん断弾性係数 G は、縦弾性係数 E 及びポアソン比 ν の間に以下の関係式が成り立つ。

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

- 断面二次モーメント I

機械工学便覧より、断面二次モーメント I は以下の式で表される。

$$I = \frac{h_2 b_2^3 - h_1 b_1^3}{12}$$

- ばね定数 K_H

JEAC4601-2008を参考にばね定数 K_H は以下の式で表される。

$$K_H = \frac{1}{\frac{h^3}{3EI} + \frac{h}{GA_e}}$$

- 固有周期 T_H

JEAC4601-2008を参考に固有周期 T_H は以下の式で表される。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{W}{10^3 K}}$$

(鉛直方向の固有周期)

- ばね定数 K_V

JEAC4601-2008を参考にばね定数 K_V は以下の式で表される。

$$K_V = \frac{1000}{\frac{l_g}{A \cdot E}}$$

- 断面積 A

断面積 A は容器形状であるため、以下の式で表される。

$$A = \frac{\pi}{4} (b_2^2 - b_1^2)$$

- 固有周期 T_V

JEAC4601-2008を参考に固有周期 T_V は以下の式で表される。

$$T_V = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_V}}$$

なお、記号の説明及び数値を以下に示す。

| 記号 | 記載内容 | 値 | 単位 |
|-------|-------------|------|-----|
| b_1 | キャスクの内径 | 420 | mm |
| b_2 | キャスクの外径 | 1000 | mm |
| h_1 | キャスクの内容積の高さ | 650 | Mm |
| h_2 | キャスクの高さ | 1170 | Mm |
| h | キャスクの重心高さ | 585 | mm |
| W | キャスクの質量 | 9000 | kg |
| E | 縦弾性係数 | 9800 | MPa |
| ν | ポアソン比 | 0.44 | - |

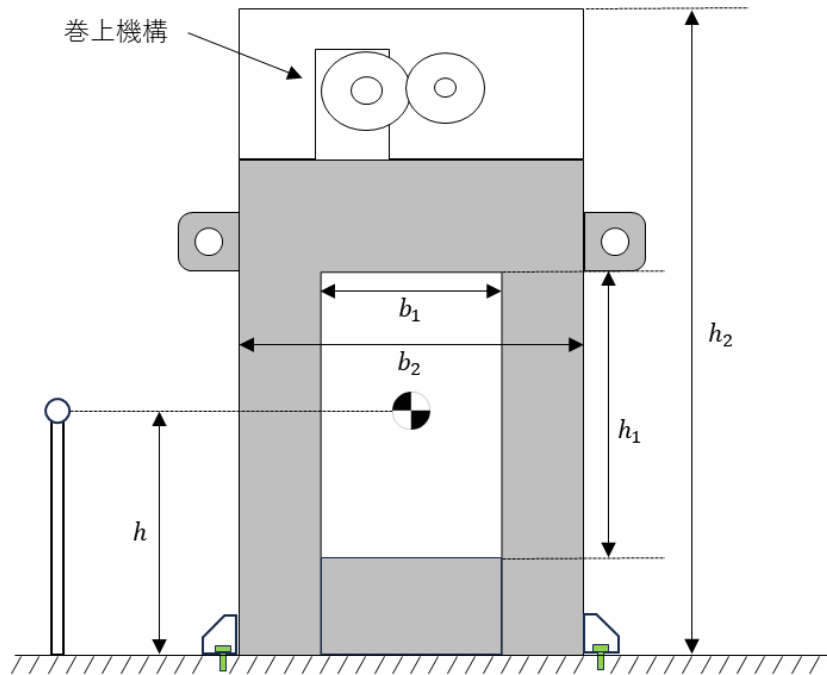


図 2.14.2.4-18 固有周期の計算モデル (トップローディングキャスク)

(3) 固縛装置の評価

トップローディングキャスクをコンクリートセルに接続する際、Ss900に対する耐震性を持たせるため、固縛機器(レバブロック等)でキャスクを固定する。機械工学便覧に基づき、モーメントのつり合いの式からSs900時の固縛機器に発生する荷重を求め、発生荷重以上の耐荷重を有する固縛機器を選定することでSs900地震に対する耐震性を持たせる。

なお、固有周期の計算において考慮したトップローディングキャスクの下部を固定するボルトは本評価では考慮しない。

本評価方法は、他施設の許認可において固縛方法の評価に用いられた実績がある。

(4) モーメントのつり合い計算

i) 記号の説明及び数値

| 記号 | 記載内容 | 値 | 単位 |
|-----------------|----------------|---------|------------------|
| m | 質量(キャスク) | 9000 | kg |
| g | 重力加速度 | 9.80665 | m/s ² |
| C _H | 水平震度 | 1.74 | - |
| C _V | 鉛直震度 | 0.91 | - |
| T | 張力 | | N |
| a | 支点から重心までの距離 | 0.560 | m |
| b ^{*1} | 重心から張力作用点までの距離 | 0.560 | m |
| Z ₁ | 重心高さ | 0.585 | m |
| Z ₂ | 張力作用点高さ | 1.05 | m |
| θ | 床と固縛機器のなす角 | 53 | ° |

*1 実際はb>aであるが、保守的な計算とするためa=bとする。

ii) 張力の計算

図2.14.2.4-19に示すとおり、トップローディングキャスクを4つの固縛機器で固縛する。

その際にトップローディングキャスクに作用する力を図2.14.2.4-20に示す。

トップローディングキャスクが転倒しない場合のモーメントのつり合いの式は以下のとおりである。

$$mg\sqrt{2}C_H \cdot Z_1 + mgC_V \cdot a - mg \cdot a - T \sin \theta \cdot (a + b) - T \cos \theta \cdot Z_2 = 0$$

張力について着目して整理し直すと以下のとおりとなる。

$$T = \frac{mg(\sqrt{2}C_H Z_1 + C_V a - a)}{(a + b) \sin \theta + Z_2 \cos \theta}$$

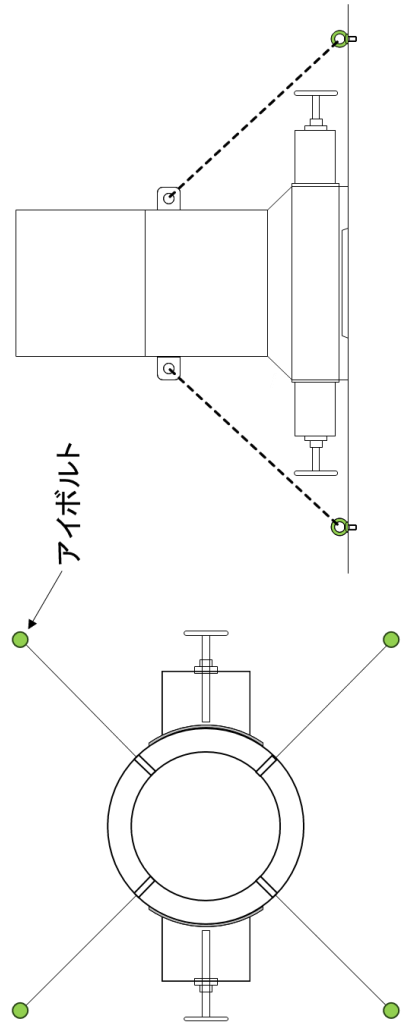


図2.14.2.4-19 トップローディングギヤスクの固縛方法

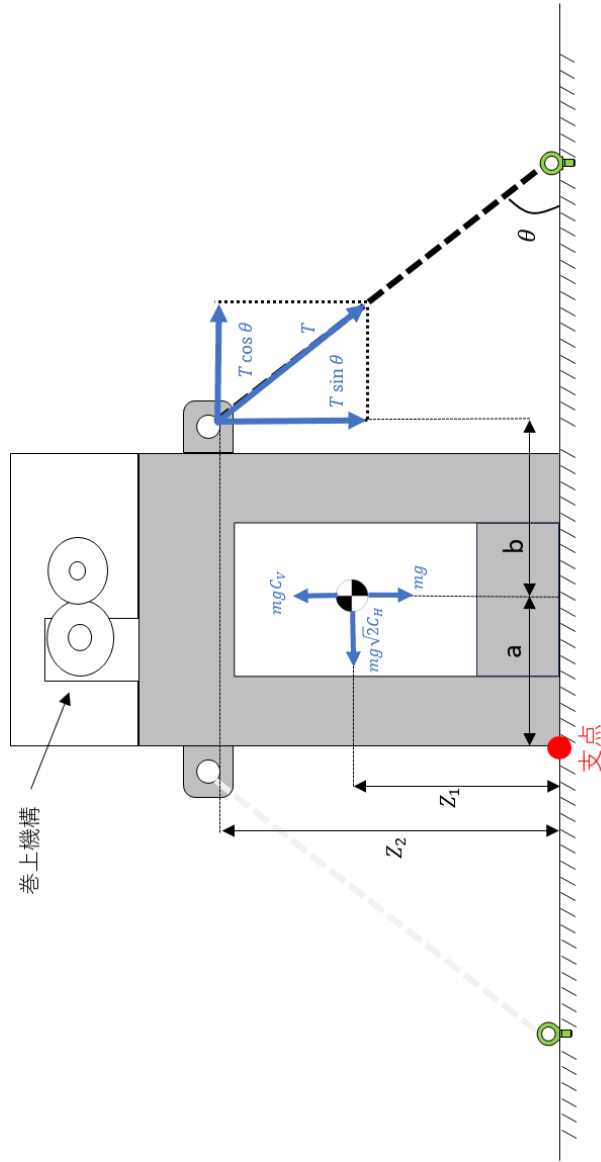


図2.14.2.4-20 トップローディングギヤスクに作用する力

iii) 評価結果

以上の式からSs900地震発生時の固縛機器に作用する荷重は、 $8.04 \times 10^4 \text{N}$ ($8.20 \times 10^3 \text{kgf}$) となった。

固縛機器に作用する荷重以上の耐荷重を有する機器を選定することで、Ss900に対する耐震性を有することを確認した。

(5) アイボルトの応力評価

固縛機器をかけるため床面に設置されるアイボルトの応力評価を行う。(1)からアイボルトには引張応力 $T \sin \theta$ ，せん断応力 $T \cos \theta$ が作用する。アイボルトの材料はSCM435，呼び径をM24とし，供用状態Dsとして応力評価を行った結果を表2.14.2.4-14に示す。

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。

キャスク固定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。

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

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

また，引張力及びせん断力を同時に受ける場合の許容引張応力は次式で求める。

$$f_{ts} = \min(1.4 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau, f_t)$$

なお，F値についてはJSME S NC1の付録図表による設計降伏点 S_y 及び設計引張強さ S_u から求める。ボルトの最高使用温度である 60°C における S_y 及び S_u の値は，JSME S NC1の数値から内挿して求める。表2.14.2.2-15にSCM435のF値の計算に用いた S_y 及び S_u の値を示す。

SCM435はオーステナイト系ステンレス鋼又は高ニッケル合金ではないため，F値の計算式は以下のとおりである。

$$F = \min(1.2S_y, 0.7S_u)$$

結果としてアイボルトはSs900地震時に作用する応力に対して健全であることを確認した。

表 2.14.2.4-14 アイボルトの評価結果

| 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) |
|---------------|--|-------|------|------------|------------|
| トップローディングキャスク | $\left(\begin{array}{l} \text{Ss900} \\ C_H=1.76 \\ C_H=1.76 \\ C_V=0.91 \end{array} \right)$ | アイボルト | 引張 | 190 | 238 |
| | | | せん断 | 255 | 356 |

表 2.14.2.2-15 SCM435 の F 値の計算に用いた S_y 及び S_u の値

| 温度 | 40°C | 75°C | 60°C |
|-------------------|--------------------|--------------------|-------|
| S_y, S_u | (JSME S NC1 に記載の値) | (JSME S NC1 に記載の値) | (内挿値) |
| $S_y(\text{MPa})$ | 785 | 712 | 743 |
| $S_u(\text{MPa})$ | 930 | 847 | 882 |

(6) アンカー部評価

トップローディングキャスクは床面に設置したアイボルト及び台車に固縛機器をかけて固定されるため、JEAG4601に基づき、床面に設置されるアイボルトに対して、アンカー部評価を行った結果を表2.14.2.4-16に示す。結果として、コンクリートに固定されるアイ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 2.14.2.4-16 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 ^{※2} |
|-------------------------------|-----------|---------------------------------|---|-----------------------------------|---|--------------------------------------|
| トップ ローデ ィング キャス ク | アイボル ト | 64150 | 99256 | 12086 | 119056 | 0.5 |

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

4. サイドローディングキャスク接続時の評価

4.1 各取付ボルトに対する評価

(1) 評価項目

サイドローディングキャスクに対して、表 2.14.2.4-9 に示す設計用地震力で耐震性評価を行う。耐震性評価においては、水平2方向及び鉛直1方向の組合せを考慮する。

(2) 評価対象

サイドローディングキャスクは、試料等の搬出入する際にコンクリートセルの壁に設置されるシールドドアに接続される。サイドローディングキャスクはキャスクを台座に固定するためのボルト(キャスク固定ボルト)及び台座を台車に固定するボルト(台座固定ボルト)で固定されている。

サイドローディングキャスクの外形図を図2.14.2.4-21に示す。評価対象はサイドローディングキャスクのキャスク固定ボルト及び台座固定ボルトとし、仕様を表2.14.2.4-17に示す。また、ボルトに作用する力について図2.14.2.4-22に示す。

表 2.14.2.4-17 評価対象の仕様

| 評価設備 | 設備質量 | 評価部位 | 材料 | 呼び径 |
|---------------|--------|-----------|--------|-----|
| サイドローディングキャスク | 9000kg | キャスク固定ボルト | SCM435 | M12 |
| | | 台座固定ボルト | SCM435 | M16 |

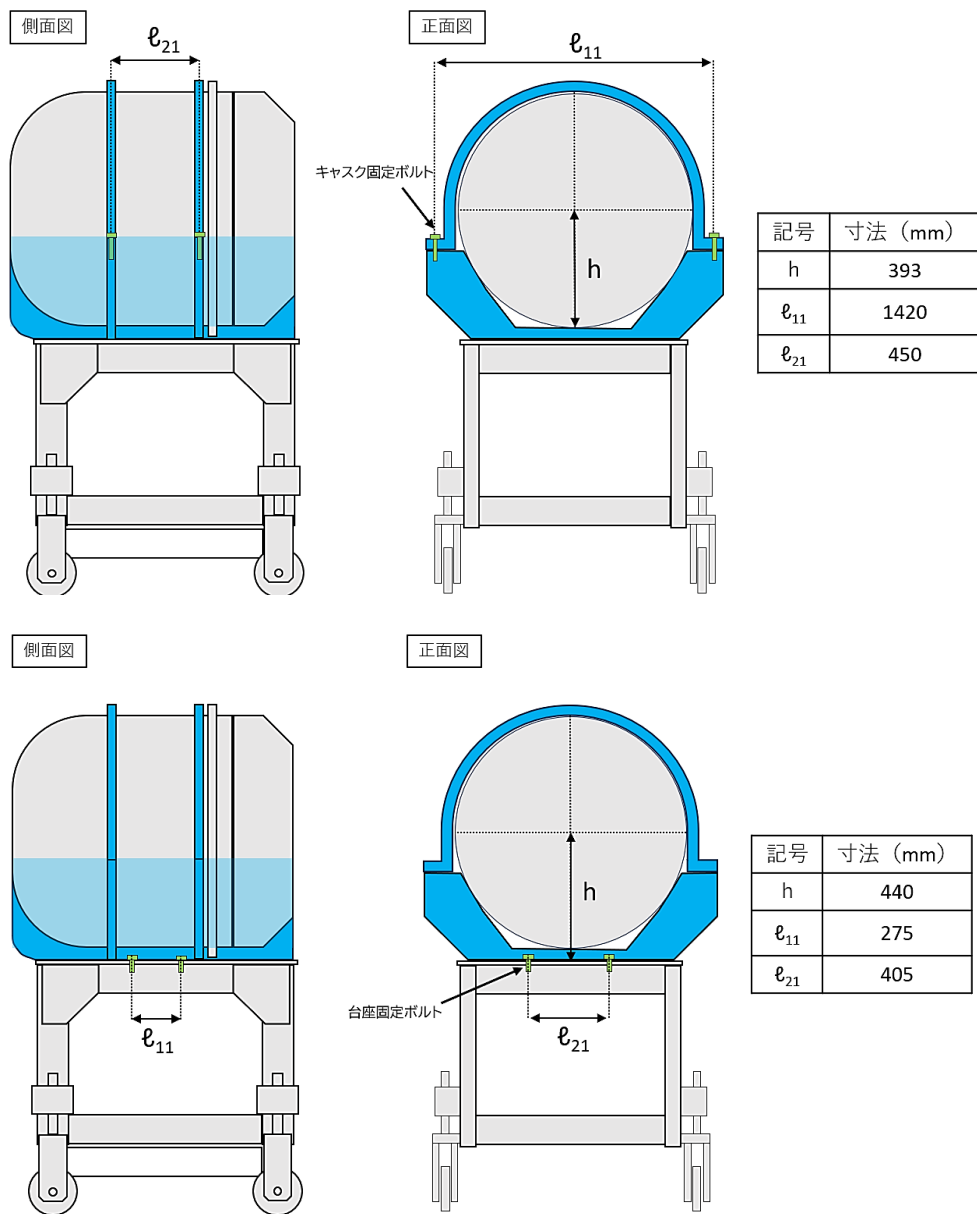


図 2.14.2.4-21 サイドローディングキャスクの外形図

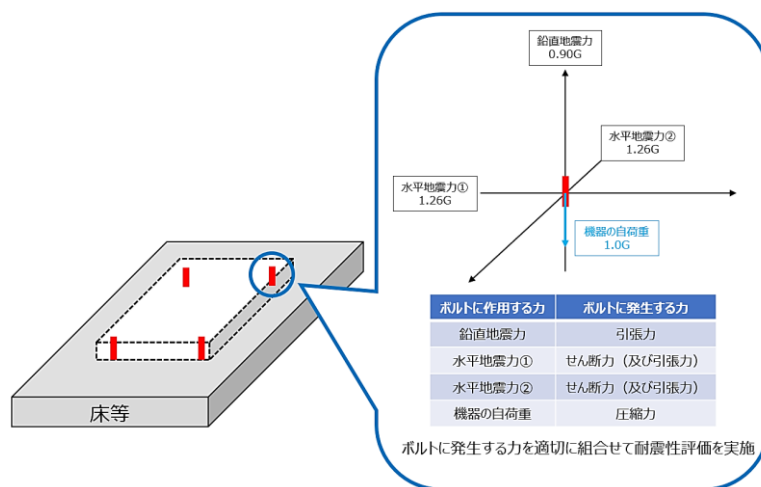


図 2.14.2.4-22 ボルトに作用する力

(3) 固有周期の計算

サイドローディングキャスク(台座を含む。)の下端を床にボルトで固定するため、上端自由、下端固定の1質点系振動モデルとしてモデル化(図2.14.2.4-23)し、水平方向及び鉛直方向の固有周期を算出し、剛構造(固有周期が0.05秒以下)であることを確認する。以下の各パラメータについて計算し、固有周期を求める。結果として、固有周期は0.019秒(水平方向)、0.007秒(鉛直方向)となり0.05秒以下であるため剛構造であることを確認した。

なお、固有周期の算出には、機械工学便覧及びJEAC4601-2008を参考に評価を行う。

(水平方向の固有周期)

- 有効せん断面積 A_e

機械工学便覧における直方体形状のせん断応力分布より、せん断応力の最大値 τ_{max} から有効せん断面積 A_e は以下の式で表される。

$$A_e = \frac{2}{3}bh$$

- せん断弾性係数 G

等方性体のせん断弾性係数 G 、は縦弾性係数 E 及びポアソン比 ν の間に以下の関係式が成り立つ。

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

- 断面二次モーメント I

機械工学便覧より、断面二次モーメント I は以下の式で表される。

$$I = \frac{1}{12}bh^3$$

- ばね定数 K_H

JEAC4601-2008を参考にばね定数 K_H は以下の式で表される。

$$K_H = \frac{1}{\frac{l_g^3}{3EI} + \frac{l_g}{GA_e}}$$

- 固有周期 T_H

JEAC4601-2008を参考に固有周期 T_H は以下の式で表される。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{W}{10^3 K}}$$

(鉛直方向の固有周期)

- ばね定数 K_V

JEAC4601-2008を参考にばね定数 K_V は以下の式で表される。

$$K_V = \frac{1000}{\frac{l_g}{A \cdot E}}$$

- 断面積 A

断面積 A は直方体形状であるため、以下の式で表される。

$$A = bh$$

- 固有周期 T_V

JEAC4601-2008を参考に固有周期 T_V は以下の式で表される。

$$T_V = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_V}}$$

なお、記号の説明及び数値を以下に示す。

| 記号 | 記載内容 | 値 | 単位 |
|-------|---------|------|-----|
| b | 機器の幅 | 850 | mm |
| h | 機器の奥行 | 760 | mm |
| l_g | 機器の重心高さ | 1170 | mm |
| W | 機器の質量 | 5000 | kg |
| E | 縦弾性係数 | 9800 | MPa |
| ν | ポアソン比 | 0.44 | - |

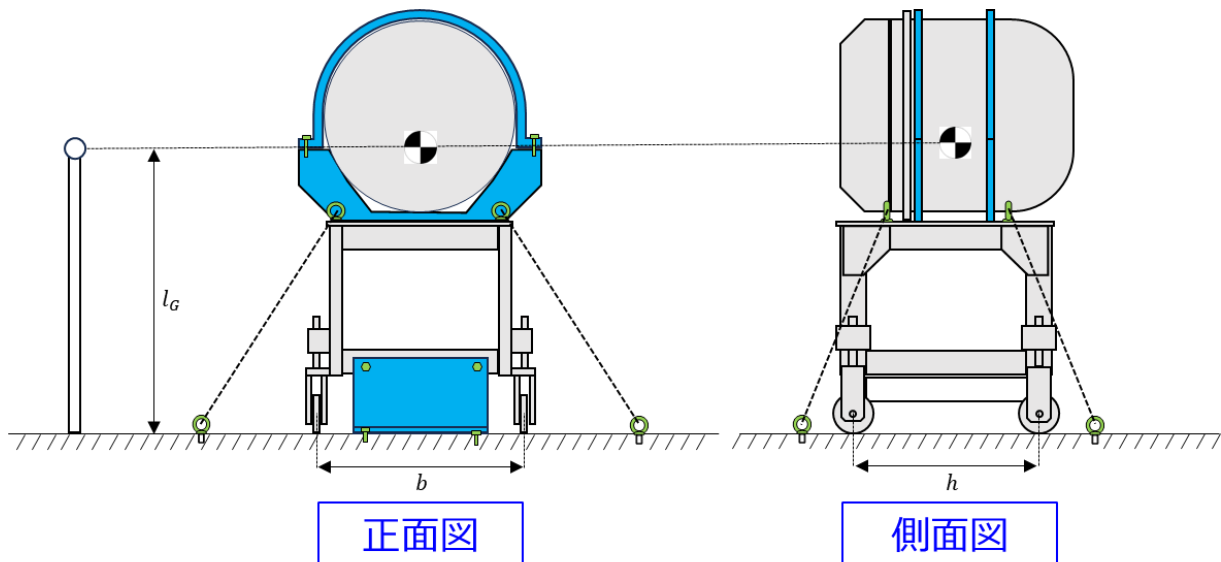


図 2.14.2.4-23 固有周期の計算モデル (サイドローディングキャスク)

(4) 計算条件

サイドローディングキャスクは1階の床部でコンクリートセルに接続されるため、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2.14.2.4-12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。

なお、サイドローディングキャスクの固有値解析を行い固有周期が0.05秒以下であるため、剛構造であることを確認している。

(4-1) キャスク固定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} | キャスク固定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} | キャスク固定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 | キャスク固定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 | キャスク固定ボルトに作用する引張応力 | / | MPa |
| m | サイドローディングキャスクの質量 | 4350 | 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 | サイドローディングキャスクの重心高さ | 393 | mm |
| L_{1P} | 転倒支点から最も離れたキャスク固定ボルトまでの距離(水平方向 1) | / | mm |
| n_{f1j} | 転倒支点から L_{1j} の距離にあるキャスク固定ボルトの本数 | / | 本 |
| L_{1j} | 転倒支点から j 番目のキャスク固定ボルトまでの距離(水平方向 1) | / | mm |
| C_H | 水平方向の設計用震度 | 1.26 | — |
| L_{2K} | 転倒支点から最も離れたキャスク固定ボルトまでの距離(水平方向 2) | / | mm |
| n_{f2j} | 転倒支点から L_{2j} の距離にあるキャスク固定ボルトの本数 | / | 本 |
| L_{2j} | 転倒支点から j 番目のキャスク固定ボルトまでの距離(水平方向 2) | / | mm |
| n | キャスク固定ボルトの全本数 | 4 | 本 |
| τ | キャスク固定ボルトにかかるせん断応力 | / | MPa |
| Q | キャスク固定ボルトにかかるせん断力 | / | N |
| A | キャスク固定ボルトの軸断面積 | 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) キャスク固定ボルトにかかる引張応力 σ の計算

キャスク固定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、キャスク固定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。

キャスク固定ボルトに作用する引張力 F_2 は、キャスク固定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キャスク固定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。

キャスク固定ボルトの引張応力 σ は、ボルトに垂直な方向の地震力によって発生する引

張力をSRSS法により組み合わせ、JEAC4601-2008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、キャスク固定ボルトに作用する引張力 σ は209MPaとなった。

iii) キャスク固定ボルトにかかるせん断応力 τ の計算

キャスク固定ボルトについて、地震力によりキャスク固定ボルトに垂直な方向の力(水平2方向)について、力のベクトル合成を考慮した際に生じる応力を求める。キャスク固定ボルトに作用するせん断荷重は、4本のキャスク固定ボルトに均等に荷重が作用するものとする。

キャスク固定ボルトのせん断応力 τ は、JEAC4601-2008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、キャスク固定ボルトのせん断応力 τ は169MPa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。

キャスク固定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。

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

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

また、引張力及びせん断力を同時に受ける場合の許容引張応力は次式で求める。

$$f_{ts} = \min(1.4 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau, f_t)$$

なお、F値についてはJSME S NC1の付録図表による設計降伏点 S_y 及び設計引張強さ S_u から求める。ボルトの最高使用温度である60°Cにおける S_y 及び S_u の値は、JSME S NC1の数値から内挿して求める。表2.14.2.2-15にSCM435のF値の計算に用いた S_y 及び S_u の値を示す。

SCM435はオーステナイト系ステンレス鋼又は高ニッケル合金ではないため、F値の計算式は以下のとおりである。

$$F = \min(1.2S_y, 0.7S_u)$$

結果として、キャスク固定ボルトの許容引張応力 f_t は376MPa、許容せん断応力 f_s は356MPaとなった。

v) 評価結果

評価結果を表2. 14. 2. 4-18に示す。評価結果から、キャスク固定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。

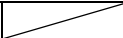


表 2. 14. 2. 4-18 キャスク固定ボルトの評価結果

| 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) |
|---------------|---|-----------|------|------------|------------|
| サイドローディングキャスク | $\left(\begin{array}{l} Ss900 \\ C_H=1.26 \\ C_V=0.90 \end{array} \right)$ | キャスク固定ボルト | 引張 | 209 | 376 |
| | | | せん断 | 169 | 356 |

(4-2) 台座固定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} | 台座固定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} | 台座固定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 | 台座固定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 | 台座固定ボルトに作用する引張応力 | / | MPa |
| m | サイドローディングキャスクの質量 | 4420 | 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 | サイドローディングキャスクの重心高さ | 440 | mm |
| L_{1P} | 転倒支点から最も離れた台座固定ボルトまでの距離(水平方向1) | / | mm |
| n_{f1j} | 転倒支点から L_{1j} の距離にある台座固定ボルトの本数 | / | 本 |
| L_{1j} | 転倒支点から j 番目の台座固定ボルトまでの距離(水平方向1) | / | mm |
| C_H | 水平方向の設計用震度 | 1.26 | — |
| L_{2K} | 転倒支点から最も離れた台座固定ボルトまでの距離(水平方向2) | / | mm |
| n_{f2j} | 転倒支点から L_{2j} の距離にある台座固定ボルトの本数 | / | 本 |
| L_{2j} | 転倒支点から j 番目の台座固定ボルトまでの距離(水平方向2) | / | mm |
| n | 台座固定ボルトの全本数 | 4 | 本 |
| τ | 台座固定ボルトにかかるせん断応力 | / | MPa |
| Q | 台座固定ボルトにかかるせん断力 | / | N |
| A | 台座固定ボルトの軸断面積 | 201.1 | 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) 台座固定ボルトにかかる引張応力 σ の計算

台座固定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、台座固定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。

台座固定ボルトに作用する引張力 F_2 は、台座固定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台座固定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。

台座固定ボルトの引張応力 σ は、ボルトに垂直な方向の地震力によって発生する引張力を SRSS 法により組み合わせ、JEAC4601-2008 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、台座固定ボルトに作用する引張力 σ は 258MPa となった。

iii) 台座固定ボルトにかかるせん断応力 τ の計算

台座固定ボルトについて、地震力により台座固定ボルトに垂直な方向の力(水平2方向)について、力のベクトル合成を考慮した応力を求める。台座固定ボルトに作用するせん断荷重は、4本の台座固定ボルトに均等に荷重が作用するものとする。

台座固定ボルトのせん断応力 τ は、JEAC4601-2008 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、台座固定ボルトのせん断応力 τ は 97MPa 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。

台座固定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。

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

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

また、引張力及びせん断力を同時に受ける場合の許容引張応力は次式で求める。

$$f_{ts} = \min(1.4 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau, f_t)$$

なお、F値についてはJSME S NC1の付録図表による設計降伏点 S_y 及び設計引張強さ S_u から求める。ボルトの最高使用温度である60℃における S_y 及び S_u の値は、JSME S NC1の数値から内挿して求める。表2. 14. 2. 2-15にSCM435のF値の計算に用いた S_y 及び S_u の値を示す。

SCM435はオーステナイト系ステンレス鋼又は高ニッケル合金ではないため、F値の計算式は以下のとおりである。

$$F = \min(1.2S_y, 0.7S_u)$$

結果として、台座固定ボルトの許容引張応力 f_t は462MPa、許容せん断応力 f_s は356MPaとなった。

v) 評価結果

評価結果を表2. 14. 2. 4-19に示す。評価結果から、台座固定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. 4-19 台座固定ボルトの評価結果

| 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) |
|---------------|---|---------|------|------------|------------|
| サイドローディングキャスク | $\left(\begin{array}{l} Ss900 \\ C_H=1.74 \\ C_H=1.74 \\ C_V=0.91 \end{array} \right)$ | 台座固定ボルト | 引張 | 258 | 462 |
| | | | せん断 | 97 | 356 |

4.2 固縛装置の評価

サイドローディングキャスクをコンクリートセルに接続する際、Ss900に対する耐震性を持たせるため、固縛機器(レバーブロック等)で台車を固定する。機械工学便覧に基づき、モーメントのつり合いの式からSs900時の固縛機器に発生する荷重を求め、発生荷重以上の耐荷重を有する固縛機器を選定することでSs900地震に対する耐震性を持たせる。

なお、固有周期の計算において考慮したサイドローディングキャスクの下部を固定するボルトは本評価では考慮しない。

本評価方法は、他施設の許認可において固縛方法の評価に用いられた実績がある。

(1) モーメントのつり合い計算

i) 記号の説明及び数値

| 記号 | 記載内容 | 値 | 単位 |
|----------------|----------------|---------|------------------|
| m | 質量(キャスク+台座+台車) | 5000 | kg |
| g | 重力加速度 | 9.80665 | m/s ² |
| C _H | 水平震度 | 1.26 | - |
| C _V | 鉛直震度 | 0.90 | - |
| T | 張力 | | N |
| a | 支点から重心までの距離 | 0.555 | m |
| b | 重心から張力作用点までの距離 | 0.430 | m |
| Z ₁ | 重心高さ | 1.17 | m |
| Z ₂ | 張力作用点高さ | 0.875 | m |
| θ | 床と固縛機器のなす角 | 52 | ° |

ii) 張力の計算

図2.14.2.4-24に示すとおり、サイドローディングキャスクの台座と1階床部を4つの固縛機器で固縛する。その際にサイドローディングキャスクに作用する力を図2.14.2.4-25に示す。

サイドローディングキャスクが転倒しない場合のモーメントのつり合いの式は以下のとおりである。

$$mg\sqrt{2}C_H \cdot Z_1 + mgC_V \cdot a - mg \cdot a - T \sin \theta \cdot (a + b) - T \cos \theta \cdot Z_2 = 0$$

張力について着目して整理し直すと以下のとおりとなる。

$$T = \frac{mg(\sqrt{2}C_H Z_1 + C_V a - a)}{(a + b) \sin \theta + Z_2 \cos \theta}$$

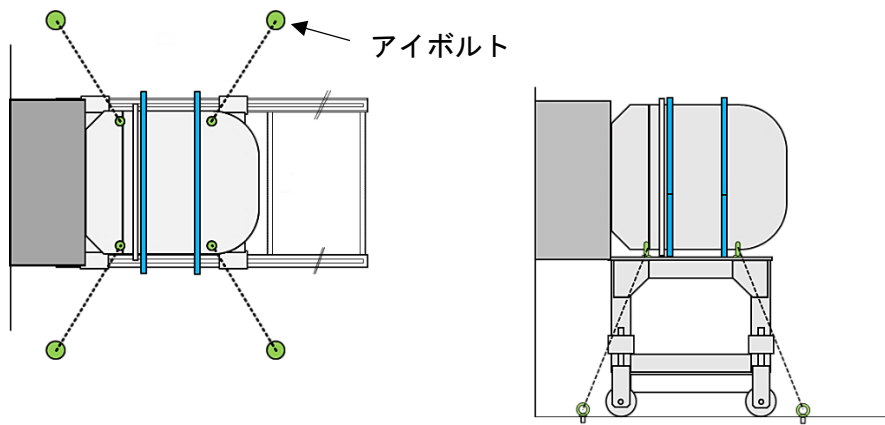


図2.14.2.4-24 サイドローディングキャスクの固縛方法

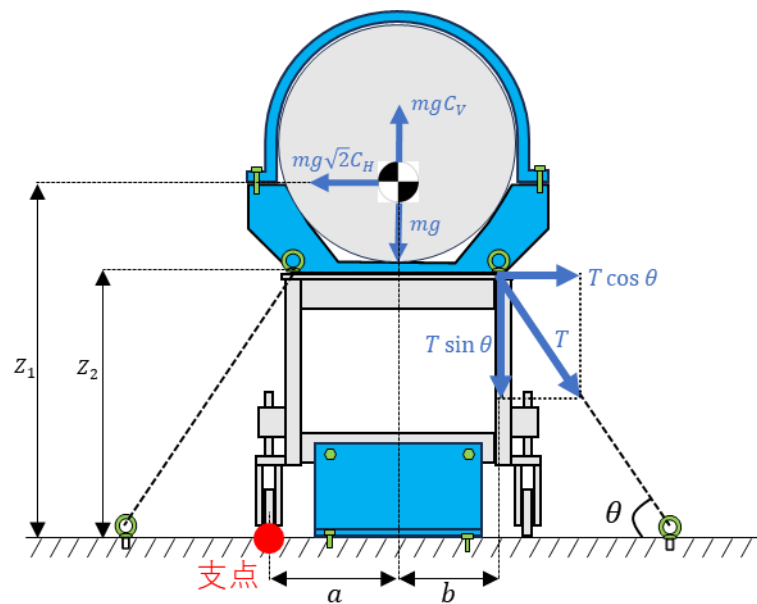


図2.14.2.4-25 サイドローディングキャスクに作用する力

ii) 評価結果

以上の式からSs900地震発生時の固縛機器に作用する荷重は、 $7.57 \times 10^4 \text{N}$ ($7.72 \times 10^3 \text{kgf}$) となった。

固縛機器に作用する荷重以上の耐荷重を有する機器を選定することで、Ss900に対する耐震性を有することを確認した。

(2) アイボルトの応力評価

固縛機器をかけるため床面に設置されるアイボルトの応力評価を行う。(1)の評価結果からアイボルトには引張応力 $T \sin \theta$ 、せん断応力 $T \cos \theta$ が作用する。アイボルトの材料はSCM435、呼び径をM24とし、供用状態Dsとして応力評価を行った結果を表2.14.2.4-20に示す。

結果としてアイボルトはSs900地震時に作用する応力に対して健全であることを確認した。

表 2. 14. 2. 4-20 アイボルトの評価結果

| 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) |
|---------------|---|-------|------|------------|------------|
| サイドローディングキャスク | $\left(\begin{array}{l} Ss900 \\ C_H=1.26 \\ C_H=1.26 \\ C_V=0.90 \end{array} \right)$ | アイボルト | 引張 | 117 | 224 |
| | | | せん断 | 264 | 356 |

(3) アンカー部評価

サイドローディングキャスクは床面に設置したアイボルト及び台車に固縛機器をかけて固定されるため、JEAG4601に基づき、床面に設置されるアイボルトに対して、アンカー部評価を行った結果を表2. 14. 2. 4-21に示す。結果として、コンクリートに固定されるアイ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. 4-21 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 ^{※2} |
|---------------|-------|----------------------------------|---|------------------------------------|---|--------------------------------------|
| サイドローディングキャスク | アイボルト | 59634 | 75875 | 11648 | 119056 | 0.7 |

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

(中略)

2.8 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理

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

8. 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理

○施設内で発生する瓦礫等の放射性固体廃棄物の処理・貯蔵にあたっては、その廃棄物の性状に応じて、適切に処理し、十分な保管容量を確保し、遮へい等の適切な管理を行うことにより、敷地周辺の線量を達成できる限り低減すること。

2.8.1 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放射性固体廃棄物の処理・保管・管理

○ 廃棄物の性状に応じた適切な処理

放射性固体廃棄物や事故後に発生した瓦礫等の放射性固体廃棄物等については、必要に応じて減容等を行い、その性状により保管形態を分類して、管理施設外へ漏えいすることのないよう一時保管または貯蔵保管する。

○ 十分な保管容量の確保

放射性固体廃棄物や事故後に発生した瓦礫等については、これまでの発生実績や今後の作業工程から発生量を想定し、既設の保管場所内での取り回しや追加の保管場所を設置することにより保管容量を確保する。

○ 遮へい等の適切な管理

作業員への被ばく低減や敷地境界線量を低減するために、保管場所の設置位置を考慮し、遮へい、飛散抑制対策、巡視等の保管管理を実施する。

○ 敷地周辺の線量を達成できる限り低減

上記を実施し、継続的に改善することにより、放射性固体廃棄物や事故後に発生した瓦礫等からの敷地周辺の線量を達成できる限り低減する。

(実施計画：II-1-8-1)

(2) 第2棟における放射性固体廃棄物の保管・管理

第2棟で発生する放射性的の固体廃棄物（以下「第2棟固体廃棄物」という。）について、低線量の第2棟固体廃棄物は、可燃物、難燃物及び不燃物に分別し、固体廃棄物払出準備室にて一時的に保管する。また、高線量の第2棟固体廃棄物は、第2棟内のコンクリートセル等若しくは遮へい容器に入れて固体廃棄物払出準備室にて一時的に保管する。

(実施計画：II-2-48-2)

(3) 使用許可基準規則における関連条文に対する方針

(閉じ込めの機能)

第二条 使用施設等は、放射性物質を限定された区域に適切に閉じ込めることができるものでなければならない。

第2棟固体廃棄物を保管・管理するための施設は、放射性物質を限定された区域に適切に閉じ込めることができる設計とする。

(遮蔽)

第三条 使用施設等は、放射性物質からの放射線に対して適切な遮蔽能力を有するものでなければならない。

第2棟固体廃棄物を保管・管理するための施設は、放射線に対して適切な遮へい能力を有する設計とする。

(廃棄施設)

第二十四条 (略)

2 廃棄施設には、放射性廃棄物を保管廃棄する場合は、次に掲げるところにより、保管廃棄施設を設けなければならない。

一 放射性廃棄物を保管廃棄するために必要な容量を有するものであること。

二 外部と区画されたものであること。

三 放射性廃棄物を冷却する必要がある場合には、冷却するために必要な設備を設けるものであること。

四 放射性廃棄物を搬出入する場合その他特に必要がある場合を除き、施錠又は立入制限の措置を講じたものであること。

3 放射性廃棄物を廃棄するための施設又は設備には、標識を設けなければならない。

第2項第1号について

第2棟は、第2棟固体廃棄物を一時的に保管する場所について必要な容量を有する設計とする。

第2項第2号について

第2棟は、第2棟固体廃棄物を一時的に保管する場所について外部と区画された設計とする。

第2項第3号について

第2棟は、冷却を必要とする第2棟固体廃棄物が発生しないことから該当しない。

第2項第4号について

第2棟は、第2棟固体廃棄物を搬出入する場合その他特に必要がある場合を除き、施錠又は柵その他の人がみだりに立ち入らないようにするための措置をとることにより、立入制限の措置を講じる。

第3項について

第2棟は、第2棟固体廃棄物を一時的に保管する場所について、標識等を設ける。

2.8.2 対応方針

(1) 第2棟における設計方針

第2棟固体廃棄物の**一時保管**にあたっては、その廃棄物の性状に応じて、十分な保管容量を確保し、遮へい等の適切な管理を行うことにより、敷地周辺の線量を達成できる限り低減するとともに、以下の各項を踏まえて設計する。

① 閉じ込め

第2棟固体廃棄物について、汚染の拡大防止を考慮して保管する設計とする。

② 遮へい

第2棟固体廃棄物について、被ばく低減を考えて保管する設計とする。

③ その他

第2棟固体廃棄物を一時的に保管する場所は、人がみだりに立ち入らないように区画するとともに標識等を設置し、施錠を行うことで立入制限の措置を講じる。

第2棟は一時保管のみを行い、定期的に固体廃棄物貯蔵庫（増設分を含む）へ移送する。

なお、具体的な移送先については第2棟の運用までに決定することとし、数量については保管管理計画に反映済みである。

(2) 構造及び設備

① 構造（別紙-1 参照）

第2棟固体廃棄物を保管・管理するための施設は、第2棟地下1階に設置する固体廃棄物払出準備室並びにコンクリートセル等の一時保管エリア（以下「一時保管エリア」という。）で構成する。また、固体廃棄物払出準備室には、固体廃棄物払出準備設備を設置する。

第2棟固体廃棄物は分別を行った後、所定の容器に封入し、低線量の第2棟固体廃棄物は固体廃棄物払出準備室、高線量の第2棟固体廃棄物は一時保管エリアにおいて一時的に保管し、固体廃棄物貯蔵庫（増設分を含む）へ移送する計画である。また、試料ピットに一時的に保管する場合は、燃料デブリと保管する保管容器を分ける等の管理を行うことによりその他に試料ピットに保管している燃料デブリ等と混在しないよう管理する。高線量の第2棟固体廃棄物には除染資材やイオン交換樹脂等が含まれているため、これらを保管する際には、ビニール袋等に収納し保管容器が腐食するのを防ぐこととする。

なお、酸やアルカリによりビニール袋等が破損しないように材質等を考慮する。

表 2.8-1 に主要な設備及び機器の種類を示す。（別紙-1 参照）

表 2.8-1 主要な設備及び機器の種類

| 建物 | 設置場所 | 主要な設備及び機器の種類 |
|-----|------------|---------------------------------|
| 第2棟 | 固体廃棄物払出準備室 | 固体廃棄物払出準備設備 重量計 線量計（表面線量） |

| | | |
|--|--|--|
| | | 線量計（表面密度） 手動式ハンドリフト 低線量固体廃棄物収納容器 |
|--|--|--|

② 第2棟固体廃棄物の保管能力

第2棟固体廃棄物の発生量（見込み）に対して、固体廃棄物払出準備室及び一時保管エリアで一時保管できる容量は表2.8-2に示す。容量を確保できるように固体廃棄物貯蔵庫（増設分を含む）へ移送する計画である。

また、搬出先施設では、第2棟の運用に支障が生じない保管容量を確保する計画である。

表2.8-2 第2棟固体廃棄物の発生量、保管容量及び搬出頻度

| 第2棟固体廃棄物 | | 発生量（見込み） | 一時保管 最大容量 | 搬出頻度（目安） |
|--------------|-----|--------------------------------------|-------------------|----------|
| 高線量の第2棟固体廃棄物 | | 3.3m ³ /年未満 ^{※1} | 1.2m ³ | 3回/1か月程度 |
| 低線量の第2棟固体廃棄物 | 可燃物 | 約8.7m ³ /年 | 17m ³ | 1回/1か月程度 |
| | 難燃物 | 約1.4m ³ /年 | | 1回/1か月程度 |
| | 不燃物 | 約10m ³ /年 | | 1回/1か月程度 |

※1：液体廃棄物を固化処理する分1.2m³/年を含む。

(3) 分類（別紙-2参照）

第2棟で発生する固体廃棄物は、可燃性、難燃性及び不燃性の雑固体であり、その中には線量率の高いものや**燃料デブリ**が付着したものも含まれることから、以下のとおり分類して管理する。

なお、第2棟固体廃棄物の分類の仕方については、第2棟運用開始後の燃料デブリ等の分析を進めていく中で、第2棟固体廃棄物の構成核種等を考慮した管理方法について検討を進め、管理方法を変更する場合には必要に応じて実施計画変更の要否等も含めて検討する。現在検討している第2棟固体廃棄物の構成核種等を考慮した管理方法としては、燃料デブリが搬入された後、燃料デブリ及び当該エリアの表面密度から主要核種の組成比を求め、廃棄物の表面線量より放射能量を求めるものであるが、燃料デブリの分析結果によって見直す。

α核種が含まれる廃棄物の取扱いについては、第2棟の運用までに決定する。

① 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、線量率が1mSv/h以上のものとする。第2棟固体廃棄物に**燃料デブリ**が含まれている場合は、線量率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し、臨界管理（及び計量管理）の観点から核燃料物質として質量管理を行う。第2棟へ受け入れた燃料デブリ等の重量と第2棟から搬出する燃料デブリ等の重量を測定し、その差分が「**高線量の第2棟固体廃棄物**」の中に存在するものとして管理する。

高線量の第2棟固体廃棄物を分類する手順としては別紙-5のとおりとする。具体的な手順については、運用開始前までにマニュアルを整備する。

② 低線量の第2棟固体廃棄物

線量率が1mSv/h未満のものとする。低線量の第2棟固体廃棄物は、可燃物3種類（紙・ウエス類、プラスチック・ポリ・ビニール類（塩ビ除く）、その他）、難燃物2種類（ゴム類、その他）、不燃物3種類（金属ガラ、塩化ビニール類（PVCバッグ等）、その他）の8種類に分類する。

低線量の第2棟固体廃棄物を分類する手順としては別紙-5のとおりとする。具体的な手順については、運用開始前までにマニュアルを整備する。

(4) 保管・管理（別紙-2及び別紙-3参照）

第2棟では、第2棟固体廃棄物においても閉じ込め、遮へい並びに臨界について考慮した状態で管理する。

なお、原則として第2棟に燃料デブリとして搬入したもの、分析作業に使用しなかった燃料デブリの残り及びその破片のように臨界管理が必要な試料は、廃棄物ではなく試料として燃料デブリを保管する施設に払い出す。具体的な施設は、第2棟の運用までに決定する。

① 高線量の第2棟固体廃棄物

高線量の第2棟固体廃棄物は、耐火性の金属製収納容器（専用容器）に入れた後、第2棟内のコンクリートセル等の区画した一時保管場所に一時的に保管若しくは遮へい容器に収納して1mSv/h未満の状態にしたうえで固体廃棄物払出準備室に一時的に保管し、固体廃棄物貯蔵庫（増設分を含む）へ移送する計画である。

i) 高線量の第2棟固体廃棄物の一時的な保管

高線量の第2棟固体廃棄物は、耐火性の金属製収納容器（専用容器）に封入し、コンクリートセル等内の一時保管エリアに一時的に保管若しくは遮へい容器に収納して固体廃棄物払出準備室に一時的に保管する。これらの具体的な手順については、運用開始前までにマニュアルを整備する。

ii) 高線量の第2棟固体廃棄物の搬出

高線量の第2棟固体廃棄物を搬出する際は、コンクリートセルまで移動し、インセルモニタ等を用いて線量測定及び汚染確認を行い、必要に応じて除染等をした上で輸送容器に収納し、ローディングドッグから搬出する。若しくは遮へい容器を角型容器に収納し、固体廃棄物払出準備室において線量測定及び汚染確認を行い、必要に応じて除染等をした上でローディングドッグから搬出する。1ヵ月に3回程度の頻度で固体廃棄物貯蔵庫（増設分を含む）へ移送する計画である。これらの具体的な手順については、運用開始前までにマニュアルを整備する。

② 低線量の第2棟固体廃棄物の保管・管理（別紙-3参照）

i) 低線量の第2棟固体廃棄物の一時的な保管

低線量の第2棟固体廃棄物は、可燃物、難燃物及び不燃物に分類して廃棄物収納容器に入れた後、固体廃棄物払出準備室に設置するそれぞれの耐火性の金属性専用容器（以下「角型容器」という。）に封入し、一時的に保管する。1か月に1回程度の頻度で計画的に固体廃棄物貯蔵庫（増設分を含む）へ移送する計画である。

ii) 低線量の第2棟固体廃棄物の搬出

低線量の第2棟固体廃棄物は、コンクリートセルやグローブボックスから取り出す際にはPVCバッグで梱包、またフードから取り出す際にはビニール袋等に収納した上で廃棄物収納容器に詰めるとともに、固体廃棄物払出準備室において廃棄物収納容器を梱包する際に線量測定及び汚染確認を行った上で角型容器に収納する。角型容器を払い出す際は、固体廃棄物払出準備室において線量測定及び汚染確認を行い、必要に応じて除染等をした上でローディングドッグから搬出する。これらの具体的な手順については、運用開始前までにマニュアルを整備する。

(5) 閉じ込め

第2棟固体廃棄物を保管・管理するための設備は、放射性物質を限定された区域に適切に閉じ込めることにより漏えいを防止する設計とする。万一、放射性物質が漏えいした場合には、その漏えいを検知する機能を設けるとともに、その拡大を防止する。第2棟固体廃棄物による保管容器に対する腐食を考慮して、保管容器に収納する際はビニール袋に入れてから収納する。また、空気を汚染するおそれのある燃料デブリは、コンクリートセル、鉄セル及びグローブボックス内で取扱い、搬出する際は気密容器又はPVCバッグを用いる。第2棟固体廃棄物が万一漏えいする場合とは、サイドローディングキャスクに第2棟固体廃棄物を収納中に地震等が発生し、サイドローディングキャスクとコンクリートセルの接続部が外れた場合やトップローディングキャスクに第2棟固体廃棄物を収納中にPVCバッグが破損した場合を想定している。

ただし、第2棟固体廃棄物を収納中にPVCバッグが破損したとしてもセル内は負圧を維持しているため放射性物質が漏えいすることはないが、別のPVCバッグを用いて再度閉じ込め作業を行うことも想定している。

サイドローディングキャスクとコンクリートセルの接続部において、閉じ込め機能が維持されるようSs900に対する耐震性を確認している。

(6) 遮へい（別紙-4参照）

固体廃棄物払出準備室と隣接する部屋間の壁は、線量率区分に基づき適切な遮へいとなるよう壁厚を確保する。コンクリートセル及び試料ピットについても、同様に線量率に応じた適切な遮へいとなる壁厚を確保する。

(7) 放射線管理に関する事項

汚染管理、漏えい検知等を行うために、第2棟固体廃棄物を取り扱う固体廃棄物払出準備室等

に放射線を監視する設備を設置する。主要な設備及び機器の種類を表 2.8-3 に示す。第 2 棟固体廃棄物に係る放射線を監視する設備の配置場所については、「2.12 作業者の被ばく線量の管理等」の図 2.12.1-20～22 に示す。

表 2.8-3 第 2 棟固体廃棄物に係る放射線を監視する設備

| 名称 | 検出器種別 | 測定範囲 | 取付箇所 |
|-------------------------------|--|---|---|
| γ線エリアモニタ | 半導体検出器 | $10^{-1} \sim 10^4$ $\mu\text{Sv/h}$ | 固体廃棄物払出準備室, 分析室, オペレーションエリア, サービス エリア(1), (2) |
| 中性子線エリアモニタ | ^3He 計数管検出器 | $10^{-2} \sim 10^3$ $\mu\text{Sv/h}$ | オペレーションエリア, サービス エリア(1) |
| 室内 α/β 線ダスト モニタ | ZnS シンチレーション/ プラスチックシンチレ ーション検出器 | $10^{-1} \sim 10^4$ s^{-1} | 固体廃棄物払出準備室, 分析室, サービスエリア(1) |

(8) その他の管理に関する事項

第 2 棟固体廃棄物を一時的に保管する固体廃棄物払出準備室は、外部と区画し、人がみだりに立ち入らないよう壁、柵その他の区画物を設けることにより立入制限の措置を講ずる。

固体廃棄物払出準備室及び固体廃棄物払出準備設備について

固体廃棄物払出準備設備は、低線量の第2棟固体廃棄物を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棟内に一時的に保管できるように設置する。

固体廃棄物払出準備設備の概要を図2.8.1-1に示す。

【固体廃棄物払出準備設備】

- 重量計 : ひょう量1500kg
- 線量計(表面線量) : 電離箱式サーベイメータ(表面線量)
- 線量計(表面密度) : GM式サーベイメータ(β 、 γ)、シンチレーションサーベイメータ(α)
- 手動式ハンドリフト : 最大荷重800kg
- 低線量固体廃棄物収納容器 : 鋼板製1m³の角型容器(約600kg/個を想定、合計17個)
 - ・ 8個(材質ごとに分類し一時的に保管)
 - ・ 9個(固体廃棄物貯蔵庫(増設分を含む)^{※1}へ移送する前の状態)
- 固体廃棄物払出準備室 : 測定機器室、MSM保守/保管室、換気空調設備室(2)との壁及びローディングドックの床に対して遮へいを考慮

※1:具体的な施設は、第2棟の運用までに決定する。



図2.8.1-1 固体廃棄物払出準備設備に係る主要設備、仕様

第2棟固体廃棄物について

第2棟固体廃棄物は、コンクリートセル、鉄セル、グローブボックス及びフードで行う燃料デブリ等の前処理，分析並びに管理区域における作業により発生する。その主な発生場所及び廃棄物の種類並びに発生量を図2.8.2-1及び図2.8.2-2のフローに示す。

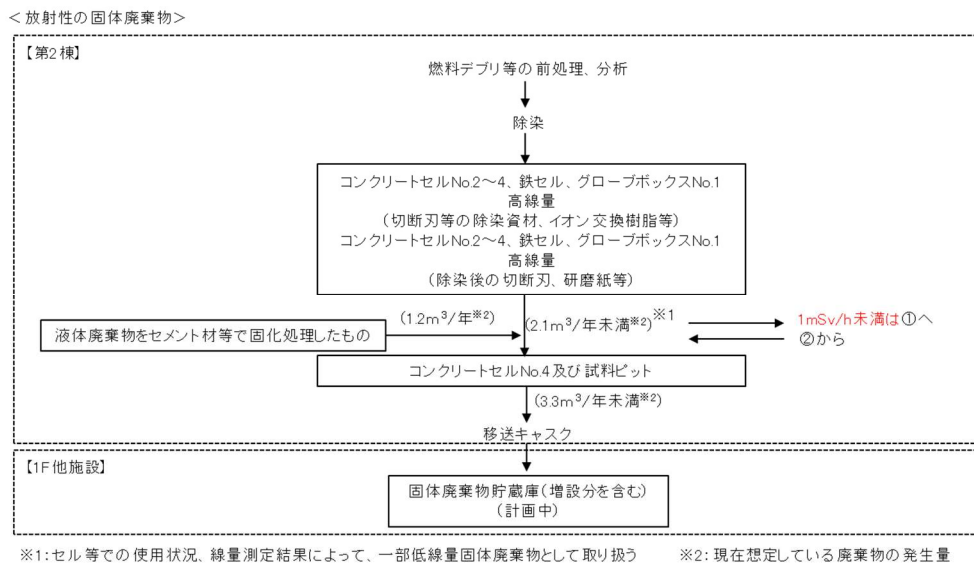


図2.8.2-1 第2棟固体廃棄物に係る概略フロー (1/2)

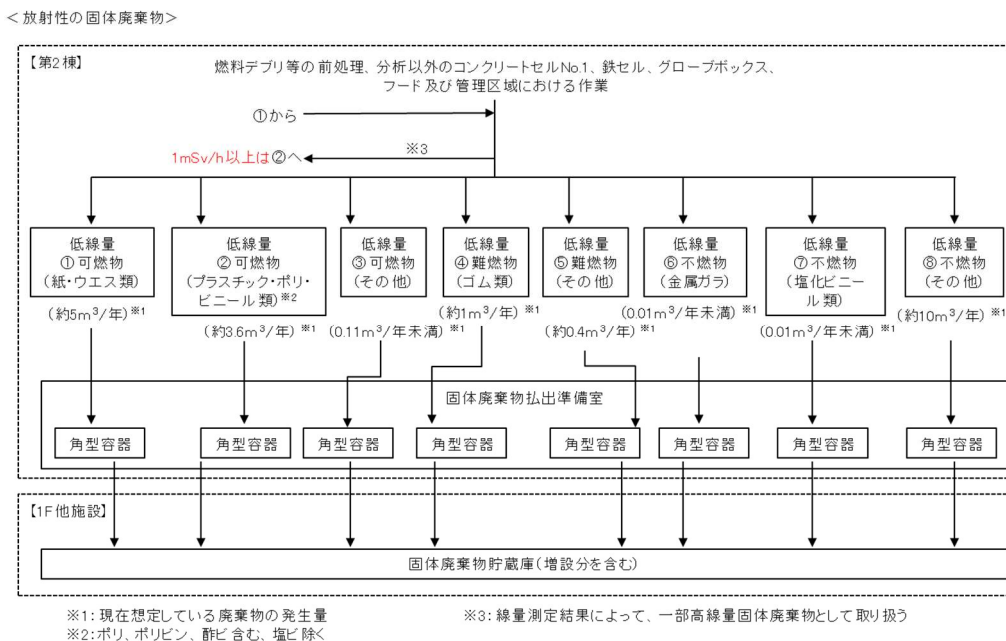


図2.8.2-2 第2棟固体廃棄物に係る概略フロー (2/2)

第2棟固体廃棄物の取扱いについて

第2棟固体廃棄物の取扱いについて、発生エリアからの主な搬出方法、移動手段及び一時保管並びに福島第一原子力発電所内の払出先施設への払い出し方法の概要を以下に示す。

(1) 高線量の第2棟固体廃棄物

① 高線量の第2棟固体廃棄物（コンクリートセル～グローブボックスNo.1）の取扱い

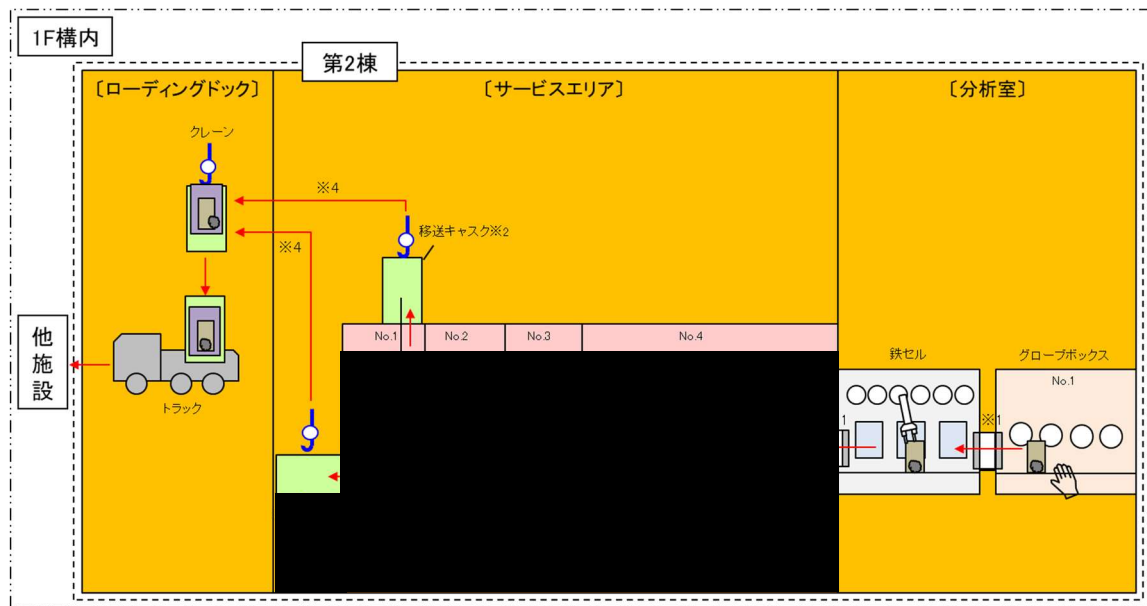
コンクリートセル～グローブボックスNo.1では、分析前処理で使用する消耗品、ふき取り除染にて使用した除染資材等、イオン交換樹脂及び分析廃液等をセメント材等で固化したものが高線量の第2棟固体廃棄物として発生する。

高線量の第2棟固体廃棄物は、固体廃棄物貯蔵庫（増設分を含む）に払い出すまで、第2棟内のコンクリートセルNo.4又は試料ピットの一時保管エリアにて耐火性の金属製収納容器（専用容器）に収納した上で一時的に保管若しくは遮へい容器に収納して1mSv/h未満の状態にしたうえで固体廃棄物払出準備室に一時的に保管する。

② 高線量の第2棟固体廃棄物（コンクリートセルからの搬出）の取扱い

コンクリートセルから高線量の第2棟固体廃棄物を搬出する際は、**コンクリートセルNo.4又はコンクリートセルNo.2**にて耐火性の金属製収納容器（専用容器）から**移送容器**に高線量の第2棟固体廃棄物を移し替え、**移送容器**に収納した状態でコンクリートセルNo.1に移送する。移送後、**移送容器**ごと輸送用の金属製の収納容器に収納し、移送用キャスクに収納する。

高線量の第2棟固体廃棄物（コンクリートセル～グローブボックスNo.1）の主な取扱いフローを図2.8.3-1に示す。



※1: グローブボックスNo.1～コンクリートセルNo.1まで移送する。
 ※2: トップローディング方式のキャスク(想定:P-3S、TN6-4)をコンクリートセルNo.1天井に接続し、廃棄物を搬出する。
 ※3: サイドローディング方式のキャスク(想定:RD-20)をコンクリートセルNo.1背面に接続し、廃棄物を搬出する。
 ※4: キャスクをサービスエリア～ローディングドックへ移送し、トラック等にて他施設に移送する。

図 2.8.3-1 高線量の第2棟固体廃棄物（コンクリートセル～グローブボックスNo.1）の
 主な取扱いフロー

(2) 低線量の第2棟固体廃棄物

① 低線量の第2棟固体廃棄物（管理区域内）の取扱い

管理区域内では、主に定常的な汚染検査等で使用するゴム手袋、スミヤろ紙等が低線量の第2棟固体廃棄物として発生する。

各作業エリアで発生した低線量の第2棟固体廃棄物は、分類ごとに耐火性の金属製容器内の**廃棄物**収納容器に詰め、一杯になった後、**廃棄物**収納容器を梱包し、線量測定及び汚染確認を行った上で、手押台車等を用いて固体廃棄物払出準備室に運搬して角型容器（金属製）に一時的に保管する。低線量の第2棟固体廃棄物（管理区域内）の主な取扱いフローを図2.8.3-2に示す。

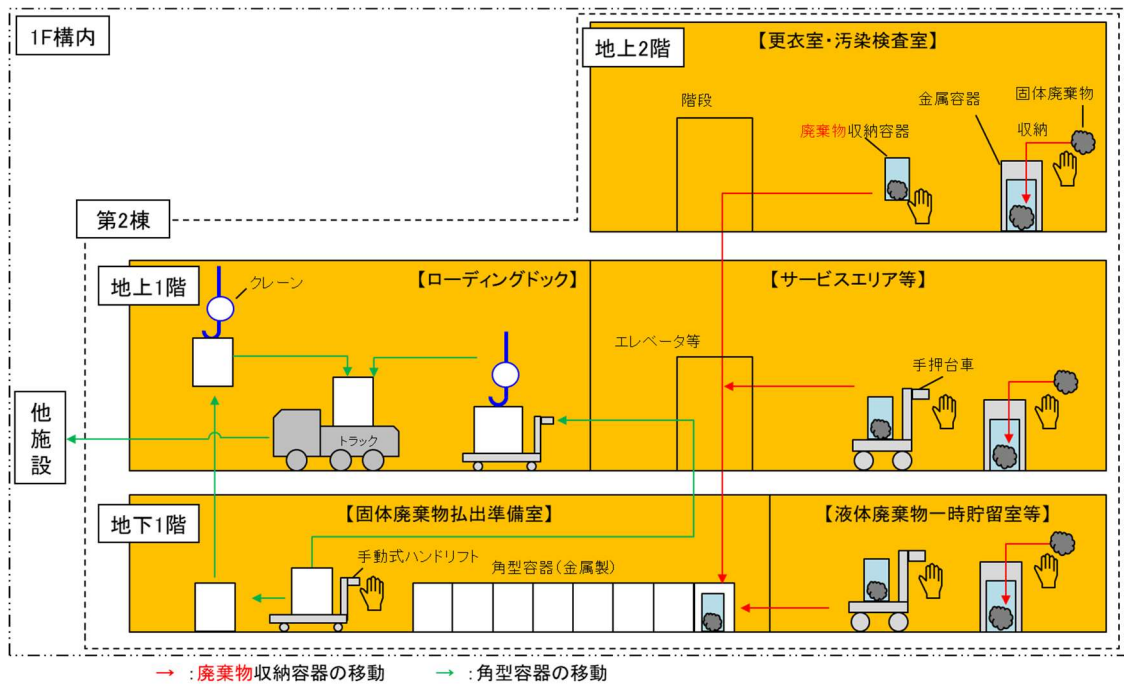


図 2.8.3-2 低線量の第2棟固体廃棄物（管理区域内）の主な取扱いフロー

② 低線量の第2棟固体廃棄物（コンクリートセル）の取扱い

コンクリートセルでは、セル内のメンテナンス作業で使用する養生シート等が低線量の第2棟固体廃棄物として発生する。

コンクリートセル内で発生した低線量の第2棟固体廃棄物は、セル背面遮へい扉を開放した後、気密パネルに設けられたPVCポートを介して搬出する。搬出した低線量の第2棟固体廃棄物を廃棄物収納容器に詰めた後、線量測定及び汚染確認を行った上で、手押台車等を用いて固体廃棄物払出準備室に運搬し、角型容器（金属製）に一時的に保管する。低線量の第2棟固体廃棄物（コンクリートセル）の主な取扱いフローを図2.8.3-3に示す。

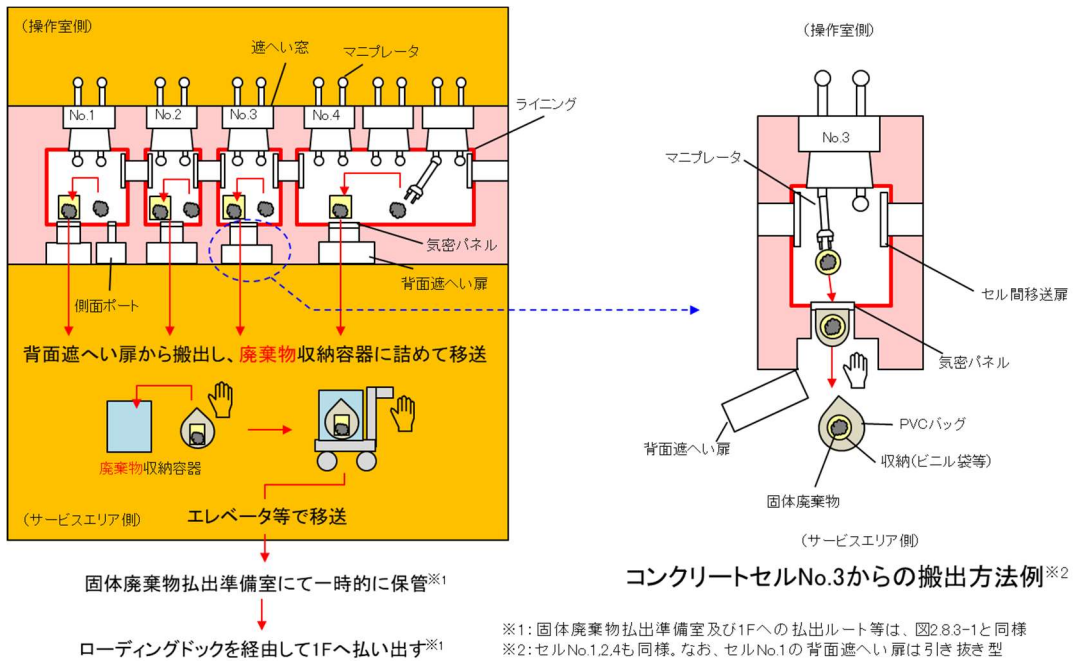


図 2.8.3-3 低線量の第2棟固体廃棄物（コンクリートセル）の主な取扱いフロー

(3) 低線量の第2棟固体廃棄物（鉄セル～フードNo.1）の取扱い

鉄セル及びグローブボックスNo.1では、メンテナンス作業に使用する養生シート等が、フードNo.1では、試料の搬出入作業を行うために使用する養生シート、ゴム手袋等が、それぞれ低線量の第2棟固体廃棄物として発生する。

鉄セル及びグローブボックス No.1 で発生した低線量の第2棟固体廃棄物はビニール袋等に収納をした上でフードNo.1を経由して搬出する。搬出した低線量の第2棟固体廃棄物の取扱いは前項(1)，(2)と同様とする。低線量の第2棟固体廃棄物（鉄セル～フードNo.1）の主な取扱いフローを図2.8.3-4に示す。

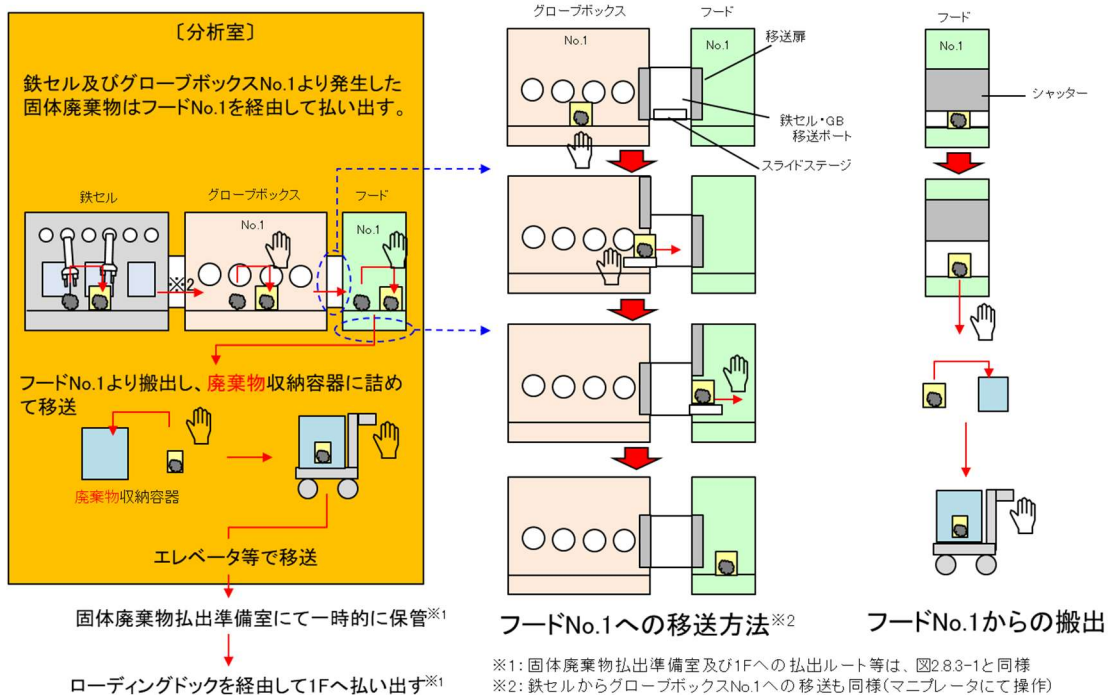


図 2. 8. 3-4 低線量の第 2 棟固体廃棄物（鉄セル～フードNo.1）の主な取扱いフロー

④ 低線量の第 2 棟固体廃棄物（グローブボックスNo.2～No.4，フードNo.2）の取扱い

グローブボックスNo.2～No.4 では，分析で使用する消耗品，メンテナンス作業で使用する養生シート等が，フードNo.2 では，分析前処理で使用する消耗品，養生シート，ゴム手袋等が，それぞれ低線量の第 2 棟固体廃棄物として発生する。

グローブボックスNo.2～No.4 内で発生した低線量の第 2 棟固体廃棄物は，グローブボックスの PVC ポートを介して搬出する。搬出した低線量の第 2 棟固体廃棄物の取扱いは前項(1)，(2)と同様とする。また，フードNo.2 から搬出する低線量の第 2 棟固体廃棄物も(3)と同様とする。低線量の第 2 棟固体廃棄物（グローブボックスNo.2～No.4，フードNo.2）の主な取扱いフローを図 2. 8. 3-5 に示す。

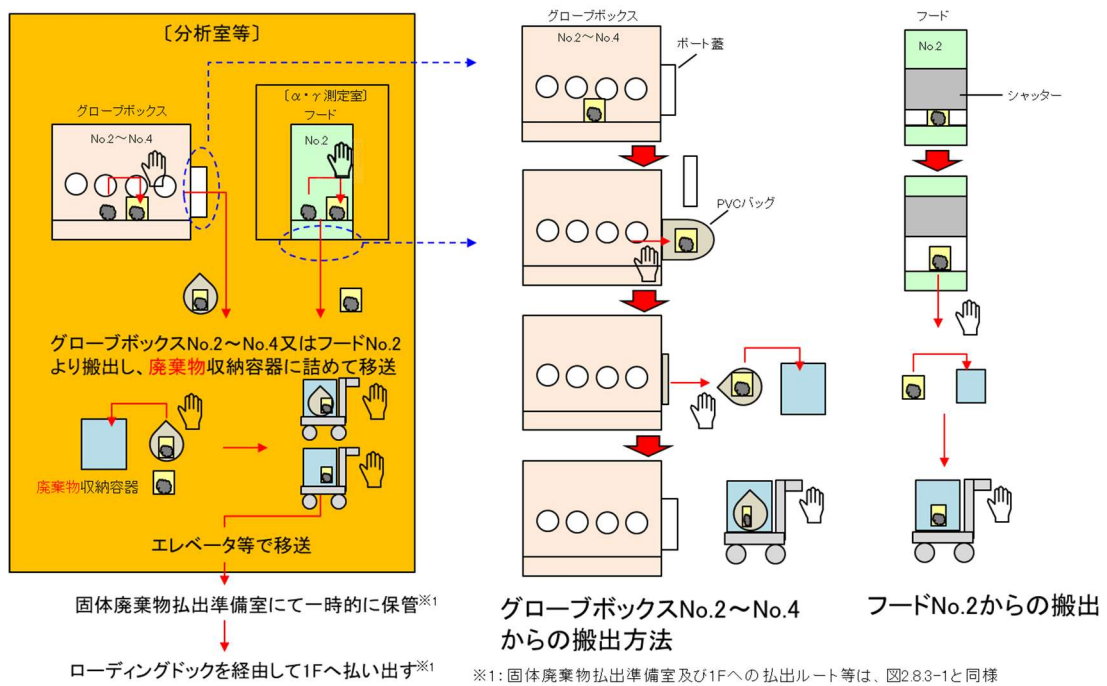


図 2.8.3-5 低線量の第2棟固体廃棄物（グローブボックスNo.2~No.4，フードNo.2）の主な取扱いフロー

⑤ 低線量の第2棟固体廃棄物（固体廃棄物払出準備室からの搬出）の取扱い

固体廃棄物払出準備室から低線量の第2棟固体廃棄物を搬出する際は、低線量の第2棟固体廃棄物を一時保管している角型容器（金属製）ごと重量測定、表面線量率測定及び表面汚染検査を行い、角型容器ごと固体廃棄物払出準備室から搬出する。

第2棟固体廃棄物に対する遮へいの概要

固体廃棄物払出準備室と隣接する部屋間の壁は、線量率区分に基づき適切な遮へいとなるよう壁厚を確保する。コンクリートセル及び試料ピットについても、同様に線量率に応じた適切な遮へいとなる壁厚を確保する。燃料デブリ等の取扱い及び遮へいを考慮する部分について図 2.8.4-1 に示す。第2棟における外部放射線に係る設計基準線量率について、図 2.8.4-2 に示す。遮へい体として設定する壁及び床について、図 2.8.4-3～図 2.8.4-4 に示す。

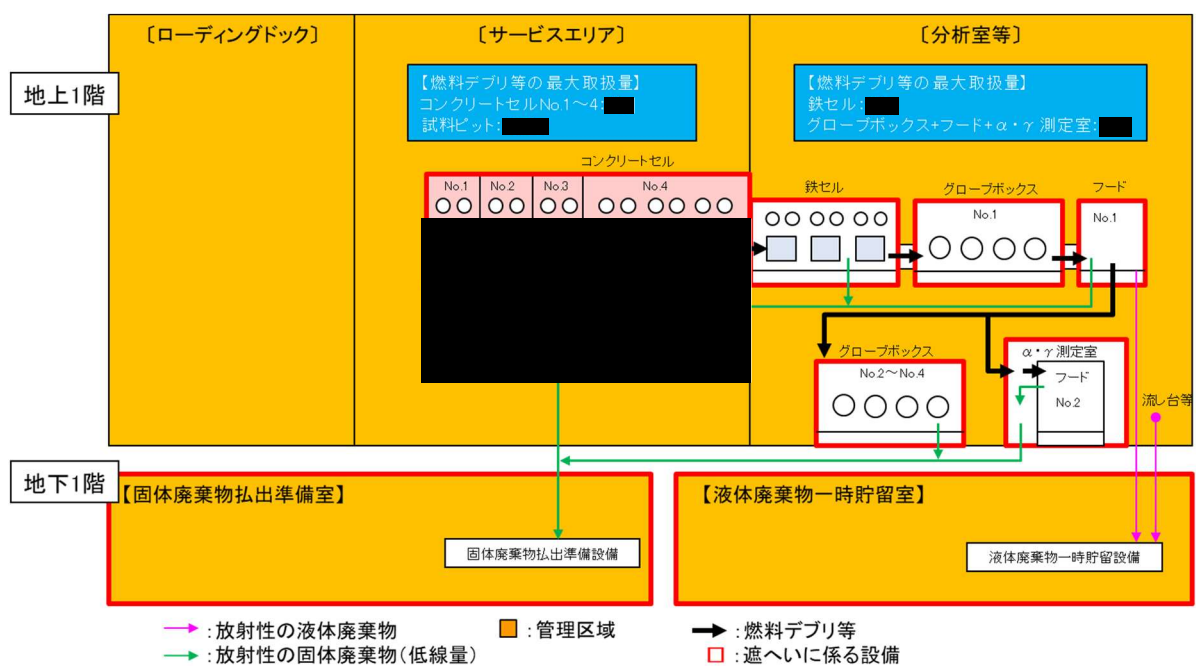
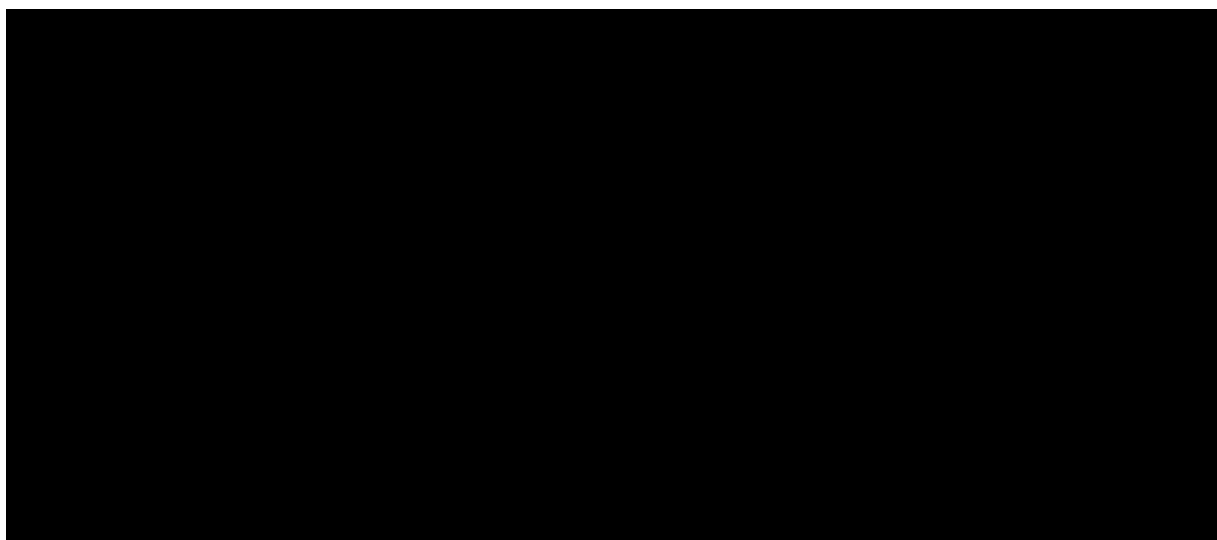


図2.8.4-1 燃料デブリ等の取扱い及び遮へいを考慮する部分

第2棟における外部放射線に係る設計基準線量率は、JEAC4615(原子力発電所放射線遮へい設計規程)に基づき設定する。なお、管理区域内の各エリアにおける線量率区分については、作業内容に応じて割当てた。

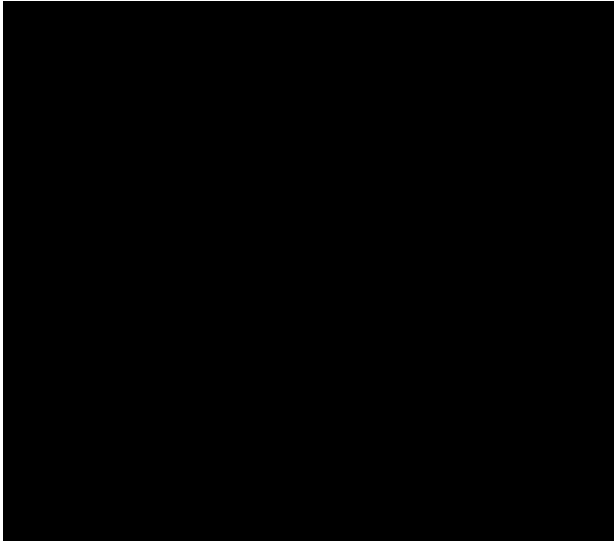
| | 区分 | 外部放射線に係る設計基準線量率 | 第2棟での線量率区分の考え方 |
|-------|----|-----------------|---|
| 管理区域外 | A | 0.0026mSv/h以下 | — |
| 管理区域 | B | 0.01mSv/h未満 | 人が常時作業を行うエリア。 |
| | C | 0.05mSv/h未満 | 人の立入頻度が比較的少ないエリア。 ただし、分析室等のグローブボックス、フードを設置する室については、作業頻度が比較的多いが、グローブボックス及びフード表面での線量率が高くなるため、区分Cとする(作業者の放射線防護装備、時間管理等により被ばく線量を管理する)。 |
| | D | 0.25mSv/h未満 | 設備の点検・保守等の特定の業務でのみ立ち入るエリア(人の立入頻度、立入時間が短い。) |
| | E | 1mSv/h未満 | — |
| | F | 1mSv/h以上 | 燃料デブリ等を取り扱うため線量率が高いが、マンニプレータ等を用いて遠隔で取り扱うため、原則として人が立ち入らないエリア。 |

図2. 8. 4-2 第2棟における外部放射線に係る設計基準線量率



■ : 管理区域 ■ : 遮へい(壁) □ : 遮へい(床)

図2. 8. 4-3 遮へい体として設定する壁及び床 (地下階及び1階)



| 区分 | | 外部放射線に係る設計基準線量率 |
|-------|---|-----------------|
| 管理区域外 | A | 0.0026mSv/h以下 |
| | B | 0.01mSv/h未満 |
| | C | 0.05mSv/h未満 |
| 管理区域 | D | 0.25mSv/h未満 |
| | E | 1mSv/h未満 |
| | F | 1mSv/h以上 |

: 管理区域
 : 遮へい(壁)
 : 遮へい(床)

図2.8.4-4 遮へい体として設定する壁及び床 (2階)

第2棟固体廃棄物の分類手順

(1) コンクリートセル

コンクリートセル内で発生する第2棟固体廃棄物は、作業内容及び使用用途等に応じて、作業中又は作業終了後に高線量又は低線量に分類する。低線量の第2棟固体廃棄物に分類した後は、廃棄物の材質に応じて分類する。

(2) 鉄セル

鉄セル内で発生する第2棟固体廃棄物は、作業内容及び使用用途等に応じて、作業中又は作業終了後に高線量又は低線量に分類する。低線量の第2棟固体廃棄物に分類した後は、廃棄物の材質に応じて分類する。

(3) グローブボックス

グローブボックス内で発生する第2棟固体廃棄物は、作業内容及び使用用途等に応じて、作業中又は作業終了後に高線量又は低線量に分類する。低線量の第2棟固体廃棄物に分類した後は、廃棄物の材質に応じて分類する。

(4) フード

フード内で発生する第2棟固体廃棄物は、作業中又は作業終了後に低線量の第2棟固体廃棄物として廃棄物の材質に応じて分類する。

(5) 管理区域内

(1)～(4)の場所以外で発生する第2棟固体廃棄物は、作業中又は作業終了後に低線量の第2棟固体廃棄物として廃棄物の材質に応じて分類する。

第2棟で廃棄物に使用する容器について

第2棟で廃棄物に使用する容器を以下に示す。

- (1) 保管容器
試料ピットに廃棄物を保管する際に使用する容器。
- (2) 低線量固体廃棄物収納容器及び角型容器
低線量の第2棟固体廃棄物を一時保管及び搬出する際に使用する容器。
- (3) 耐火性の金属製収納容器（専用容器）
高線量の第2棟固体廃棄物を一時保管する際に使用する容器。
- (4) 輸送容器
燃料デブリ等を輸送する際に使用する容器。
- (5) 収納容器
輸送容器で試料を輸送する際に使用する容器。
- (6) 移送容器
高線量の第2棟固体廃棄物をセル内移動及び搬出する際に使用する容器。
- (7) 廃棄物収納容器
低線量の第2棟固体廃棄物を収納する際に使用する容器。

2.9 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理

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

9. 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理

- 施設内で発生する汚染水等の放射性液体廃棄物の処理・貯蔵にあたっては、その廃棄物の性状に応じて、当該廃棄物の発生量を抑制し、放射性物質濃度低減のための適切な処理、十分な保管容量確保、遮へいや漏えい防止・汚染拡大防止等を行うことにより、敷地周辺の線量を達成できる限り低減すること。また、処理・貯蔵施設は、十分な遮へい能力を有し、漏えい及び汚染拡大し難い構造物により地下水や漏水等によって放射性物質が環境中に放出しないようにすること。

2.9.1 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放射性液体廃棄物の処理・保管・管理

<1~4号機>

- 廃棄物の発生量の抑制及び放射性物質濃度低減のための適切な処理

放射性液体廃棄物処理施設で処理した放射性液体廃棄物については、処理済水の貯蔵を行う。

また、施設内で発生する汚染水等については、汚染水処理設備により、吸着等の浄化処理を行い、放射性物質を低減する。浄化処理に伴い発生する処理済水は貯蔵を行い、淡水化した処理済水については原子炉の冷却用水等へ再利用し、新たな汚染水等の発生量を抑制する。

- 十分な保管容量確保

タンクの増設や処理済水の低減により、保管容量を確保する。

- 遮へいや漏えい防止・汚染拡大防止

機器等には設置環境や内部流体の性状等に応じた適切な材料を使用し、遮へいや漏えい防止を行う。また、機器等は独立した区画内に設けるかあるいは周辺に堰等を設け、汚染拡大防止の対策を講じる。

- 敷地周辺の線量を達成できる限り低減

上記3項目を実施し、継続的に改善することにより、放射性液体廃棄物等の処理・貯蔵に伴う敷地周辺の線量を達成できる限り低減する。

- 十分な遮へい能力を有し、漏えい及び汚染拡大し難い構造物（処理・貯蔵施設）

汚染水等を扱う処理・貯蔵施設に対して、人が近づく可能性のある箇所を対象に作業員の線量低減の観点で遮へいを設置する等の対策を講じる。また、当該施設は独立した区画内に設けるかあるいは周辺に堰等を設け、漏えいの拡大の対策を講じることにより、万が一漏えいしても漏えい水が排水路等を通じて所外へ流出しないようにする。

- 放射性液体廃棄物等の管理

放射性液体廃棄物処理施設で処理した放射性液体廃棄物のうち、トリチウムを除く放射性核種の告示濃度比総和1未満を満足したALPS処理水を排水する際は、敷地境界における実効

線量を達成出来る限り低減するために、多量の海水による希釈により、排水中の放射性物質の濃度を低減する。

(実施計画：II-1-9-1)

(2) 第2棟における放射性液体廃棄物の保管・管理

第2棟では、放射性の液体廃棄物（以下「第2棟液体廃棄物」という。）として、分析廃液、設備管理廃液、塩酸含有廃液及び有機廃液が発生する。第2棟で発生する第2棟液体廃棄物については、性状に応じて適切に処理し、受槽及び保管ラックにて一時的に保管ができるようにする。第2棟液体廃棄物を一時的に保管するための設備については、次の各項を考慮した設計とする。

- ① 機器、配管等には環境や内部流体の性状に応じた適切な材料を使用するとともに、受槽には液位計を設置する。
- ② 液体廃棄物一時貯留設備は、万一、液体状の放射性物質が漏えいした場合の拡大を防止するため、堰を設置する。堰は、堰内に設置する受槽及び保管ラックの漏えい廃液を全量保持できる容量とする。また、堰内は液体が浸透しにくく、腐食しにくいエポキシ樹脂にて塗装する。第2棟液体廃棄物が堰内に漏えいした場合は、堰内に設置した漏えい検知器により検知する。
- ③ 液位計、漏えい検知等の警報は、制御室で発報し、運転員に確実に伝え適切な措置をとれるようにする。
- ④ 液体廃棄物一時貯留設備は、敷地周辺の線量を達成できる限り低減するため、地下1階に設置する。

なお、コンクリートセル、鉄セル及びグローブボックス（以下「セル等」という。）にて発生した放射能濃度の高い第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第2棟固体廃棄物として払い出す。

(実施計画：II-2-48-2)

(3) 使用許可基準規則における関連条文に対する方針

(閉じ込めの機能)

第二条 使用施設等は、放射性物質を限定された区域に適切に閉じ込めることができるものでなければならない。

第2棟液体廃棄物を保管・管理するための施設は、放射性物質を限定された区域に適切に閉じ込めることができる設計とする。

(遮蔽)

第三条 使用施設等は、放射性物質からの放射線に対して適切な遮蔽能力を有するものでなければならない。

第2棟液体廃棄物を保管・管理するための施設は、放射線に対して適切な遮へい能力を有する設計とする。

(廃棄施設)

第二十四条 廃棄施設には、次に掲げるところにより、放射性廃棄物を処理するための施設又は設備を設けなければならない。

一 (略)

二 周辺監視区域の境界における水中の放射性物質の濃度を低減できるよう、使用施設等において発生する放射性廃棄物を処理する能力を有するものであること。

2 廃棄施設には、放射性廃棄物を保管廃棄する場合は、次に掲げるところにより、保管廃棄施設を設けなければならない。

一 放射性廃棄物を保管廃棄するために必要な容量を有するものであること。

二 外部と区画されたものであること。

三 放射性廃棄物を冷却する必要がある場合には、冷却するために必要な設備を設けるものであること。

四 放射性廃棄物を搬出入する場合その他特に必要がある場合を除き、施錠又は立入制限の措置を講じたものであること。

3 放射性廃棄物を廃棄するための施設又は設備には、標識を設けなければならない。

第1項第2号について

第2棟では液体状の放射性廃棄物を一時的に保管し、発電所内の他施設へと払い出すことから、該当しない。

第2項第1号について

第2棟は、第2棟液体廃棄物を一時的に保管する場所について必要な容量を有する設計とする。

第2項第2号について

第2棟は、第2棟液体廃棄物を一時的に保管する場所について外部と区画された設計とする。

第2項第3号について

第2棟は、冷却を必要とする第2棟液体廃棄物が発生しないことから該当しない。

第2項第4号について

第2棟は、第2棟液体廃棄物を搬出入する場合その他特に必要がある場合を除き、施錠又は立入制限の措置を講じる。

第3項について

第2棟は、第2棟液体廃棄物を一時的に保管する場所について、標識等を設ける。

2.9.2 対応方針

(1) 第2棟における設計方針

第2棟液体廃棄物の一時的な保管にあたっては、その廃棄物の性状に応じて、当該廃棄物の発生量を抑制し、放射性物質濃度低減のための適切な処理、十分な保管容量確保、遮へいや漏えい防止・拡大防止等を行うことにより、敷地周辺の線量を達成できる限り低減する。また、第2棟は、十分な遮へい能力を有し、漏えい及び汚染拡大し難い構造物により地下水や漏水等によって放射性物質が環境中に放出しないように設計するとともに、以下の各項を踏まえて設計する。

① 閉じ込めの機能

第2棟は、第2棟液体廃棄物の放射性物質を限定された区画に適切に閉じ込めることができる設計とする。

② 遮へい

第2棟は、第2棟液体廃棄物について、被ばく低減を考えて一時的に保管する設計とする。

③ 廃棄施設

第2棟は、周辺監視区域の境界における水中の放射性物質の濃度を低減できるよう、当該施設において発生する放射性廃棄物を一時的に保管廃棄するために必要な容量を有し、第2棟建屋内に設置することにより外部と区画するとともに、第2棟液体廃棄物を搬出入する場合その他特に必要がある場合を除き、施錠又は立入制限の措置を講じ、施設又は設備には標識を設ける設計とする。

④ 監視設備

第2棟は、通常時及び事故時において、当該施設及びその境界付近における放射性物質の濃度及び線量を監視及び測定し、並びに事故時における迅速な対応のために必要な情報を適切な場所に表示できる設備を設ける設計とする。

また、第2棟では、分析廃液、設備管理廃液、塩酸含有廃液及び有機廃液が発生する。これらの第2棟液体廃棄物については、性状に応じて適切に処理し、受槽及び保管ラックにて一時的に保管ができるようにする。第2棟液体廃棄物を一時的に保管するための設備については、次の各項を考慮した設計とする。

- i) 機器、配管等には環境や内部流体の性状に応じた適切な材料を使用するとともに、受槽には液位計を設置する。
- ii) 液体廃棄物一時貯留設備は、万一、液体状の放射性物質が漏えいした場合の拡大を防止するため、堰を設置する。堰は、堰内に設置する受槽及び保管ラックの漏えい廃液を全量保持できる容量とする。また、堰内は液体が浸透しにくく、腐食しにくいエポキシ樹脂にて塗装

する。第2棟液体廃棄物が堰内に漏えいした場合は、堰内に設置した漏えい検知器により検知する。

iii) 液位計，漏えい検知等の警報は，制御室等で発報し，運転員に確実に伝え適切な措置をとれるようにする。

iv) 液体廃棄物一時貯留設備は，敷地周辺の線量を達成できる限り低減するため，地下1階に設置する。

なお，セル等にて発生した放射能濃度の高い第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第2棟固体廃棄物として払い出す。

(2) 第2棟液体廃棄物を一時的に保管するための施設の構造及び設備

① 構造（別紙-1，別紙-2 及び別紙-3 参照）

第2棟液体廃棄物を一時的に保管するための施設は，第2棟地下1階に設置する液体廃棄物一時貯留室で構成される。また，液体廃棄物一時貯留室には，以下の液体廃棄物一時貯留設備を設置する。（図2.9.1-1参照）

分析作業やその後の洗浄作業によって発生する廃液，管理区域内の設備から発生する廃液等は，必要に応じて中和，希釈による安定化处理等を行い，それぞれ1Fの他施設（具体的な施設は第2棟の運用までに決定）へ搬出するまで，液体廃棄物一時貯留設備である廃液受槽又は保管ラックにて一時的に保管する。

第2棟液体廃棄物は，上記のとおり計画的に1Fの他施設へ搬出して管理することから，第2棟から直接廃棄することはない。そのため設備も設置しない。

表2.9-1に主要な設備及び機器の種類を示す。（別紙-3参照）

表 2.9-1 主要な設備及び機器の種類

| 建物 | 設置場所 | 主要な設備及び機器の種類 |
|-----|------------|--|
| 第2棟 | 液体廃棄物一時貯留室 | 液体廃棄物一時貯留設備 分析廃液受槽 分析廃液移送ポンプ 分析廃液回収ポンプ 設備管理廃液受槽 設備管理廃液移送ポンプ 設備管理廃液回収ポンプ 主要配管 漏えいの拡大を防止するための堰 漏えい検知装置及び警報装置 液位計 塩酸含有廃液保管ラック 有機廃液保管ラック |

② 第2棟液体廃棄物の処理能力

第2棟液体廃棄物の発生量（見込み）に対して、液体廃棄物一時貯留設備で一時保管できる容量を表2.9-2に示す。容量を確保できるように1Fの他施設へ計画的に搬出することにより容量を確保する。

表 2.9-2 第2棟液体廃棄物の発生量、保管容量及び搬出頻度

| 第2棟液体廃棄物 | 発生量（見込み） | 一時貯留最大容量 | 払出頻度（目安） |
|----------|--------------------------|---|----------|
| 分析廃液 | 約 2.1m ³ /年 | 6 m ³ （3 m ³ 受槽 2 基） | 1 回/月程度 |
| 塩酸含有廃液 | 約 0.1 m ³ /年 | 0.07 m ³ （70ℓ ラック 1 基） | 1 回/月程度 |
| 有機廃液 | 約 0.01 m ³ /年 | 0.03 m ³ （30ℓ ラック 1 基） | 1 回/月程度 |
| 設備管理廃液 | 約 68 m ³ /年 | 14 m ³ （7 m ³ 受槽 2 基） | 1 回/月程度 |

この他、第2棟液体廃棄物（分析廃液、塩酸含有廃液及び有機廃液）を固化して処理する分として約1.2m³/年の発生を想定しており、第2棟固体廃棄物として管理する。

(3) 第2棟液体廃棄物の分類（別紙-4及び別紙-5参照）

第2棟液体廃棄物は、発生元や廃液に含まれる試薬等も様々であり、またその中に含まれる放射性物質の濃度等も異なることから、以下のとおり分類して管理する。

① 分析廃液

分析作業において硝酸、アルカリ等による溶解、分離等の作業に伴い発生する廃液及び洗浄等によって発生する廃液

② 塩酸含有廃液

分析作業において塩酸による溶解、分離等の作業に伴い発生する廃液

③ 有機廃液

液体シンチレーションカウンタ等を使用する分析作業で発生する廃液

④ 設備管理廃液

汚染検査室の手洗い及びシャワー設備、ローディングドック床ドレン並びに換気空調設備室の排気口釜場等から発生する廃液

第2棟液体廃棄物のうち分析廃液、塩酸含有廃液及び有機廃液は、運用実績のある JAEA 内既存施設における廃液の濃度区分（β γ 核種）^{※1}を参考にして設定した放射能濃度基準によって以下の i) 及び ii) の 2 つに分類する。また、設備管理廃液は、以下の iii) に分類する。なお、α 核種濃度は持ち出し毎に評価を行う。ただし本分類については、今後の払出先施設の運用状況等に応じて見直す。

i) 放射能濃度が β γ 核種：37Bq/cm³ 以上のもの

ii) 放射能濃度が β γ 核種：37Bq/cm³ 未満のもの

iii) 放射能濃度が β γ 核種：0.37Bq/cm³ 未満のもの

※1：廃液の濃度区分の参考にした放射能濃度 37Bq/cm³ を線源として分析廃液受槽表面の線量率を評価したところ 2.12 μSv/h となった。この評価結果から、廃液受槽周辺での作業員の被ばくを考慮しても安全上問題ないと判断した

ため、第2棟液体廃棄物の上限の β γ 濃度（固化処理する基準の濃度）として採用することとした。

(4) 第2棟液体廃棄物の保管・管理（別紙-5～別紙-8参照）

① 分析廃液の保管・管理

分析廃液は、分析廃液が発生したセル等から、分析室内のフードNo.1及び流し台並びに試薬調整室のドラフトチャンバ及び流し台へ移送し、配管を通して地下1階に設置する耐火性の分析廃液受槽まで移送して一時的に貯留する。なお、1階の各設備から分析廃液受槽までは重力流により移送することから、分析廃液が逆流する恐れはない。また、廃液中に硝酸等が含まれる場合があることから、分析廃液受槽、主要配管、ポンプのシャフト等については、主に硝酸に対する耐食性に優れたSUS316Lを使用する。コンクリートセル、鉄セル及びグローブボックス内の硝酸の使用量は少ないためステンレス製バット等、耐食性を考慮した材料の容器等の上で使用する。

分析廃液の搬出にあたっては、分析廃液を分析廃液受槽から分析廃液移送ポンプによりローディングドック内に設置する接続ボックスまで移送し、当該接続ボックスからタンクローリに積み込み1Fの他施設まで移送する。

② 塩酸含有廃液の保管・管理

塩酸含有廃液は、第2棟1階に設置するグローブボックスNo.1及び試薬調整室のドラフトチャンバから、容器に入れてSUS304製の塩酸含有廃液保管ラックまで移送して一時的に貯留する。塩酸含有廃液の搬出にあたっては、容器等で1Fの他施設に運搬することを検討しており、運用までに確定させる。容器は、塩酸に対する耐食性を考慮してポリ容器等を使用する。

③ 有機廃液の保管・管理

有機廃液は、フードNo.2及び α ・ γ 測定室内の液体シンチレーションカウンタから容器に入れてSUS304製の有機廃液保管ラックまで移送して一時的に貯留する。有機廃液の搬出にあたっては、容器等で1Fの他施設に運搬することを検討しており、運用までに確定させる。容器は、有機廃液に対する耐食性を考慮してポリ容器等を使用する。

④ 設備管理廃液の保管・管理

設備管理廃液は、第2棟2階の汚染検査室の手洗い及びシャワー設備、1階のローディングドックの床ドレン並びに地下1階の換気空調設備室の排気口釜場から配管を通して地下1階に設置する耐火性の設備管理廃液受槽まで移送して一時的に貯留する。なお、2階及び1階の各設備から設備管理廃液受槽までは重力流により移送、地下1階の換気空調設備室の排気口釜場から設備管理廃液受槽まではポンプにより移送することから、設備管理廃液が逆流する恐れはない。

設備管理廃液の搬出にあたっては、設備管理廃液を設備管理廃液受槽から設備管理廃液移送ポンプによりローディングドック内に設置する接続ボックスまで移送し、当該接続ボックスからタンクローリに積み込み1Fの他施設まで移送する。

(5) 第2棟液体廃棄物の固化（別紙-9参照）

放射能濃度が β γ 核種：37Bq/cm³ 以上または α 核種を含む第 2 棟液体廃棄物は、必要に応じて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一時的に保管・管理後に 1F の他施設に払い出す。

固化処理は、コンクリートセル及びグローブボックス内に設置したステンレス製のバット等の中で、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する。固化処理は、ステンレス製のバット等の中で実施することにより、第 2 棟液体廃棄物が設備内に漏れ又はこぼれにくくするとともに、硝酸等による腐食がしにくい材料を用いた設計とする。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。また、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。

(6) 第 2 棟液体廃棄物の閉じ込め（別紙-10 参照）

第 2 棟液体廃棄物を保管・管理するための設備は、放射性物質を限定された区画に適切に閉じ込めることにより漏えいを防止するとともに、万一、放射性物質が漏えいした場合には、その漏えいを検知する機能を設けるとともに、その拡大を防止する。

① 受槽の液位監視及び漏えい検知

受槽水位については、分析廃液受槽、設備管理廃液受槽に設置した液位計により検知し、漏えいについては、液体廃棄物一時貯留室内の漏えい防止堰に設置した漏えい検知器により検知する。

受槽水位、漏えい検知等の警報については、上記の液位計及び漏えい検知器が異常を検知した際に、異常の発生を確実に運転員に伝え適切な措置をとれるようにする。このため、制御室においては、第 2 棟液体廃棄物を一時的に保管するための設備の運転状態を監視できるようにする。

② 漏えいの拡大防止

液体廃棄物一時貯留設備において、第 2 棟液体廃棄物を一時的に保管する分析廃液受槽及び設備管理廃液受槽並びに塩酸含有廃液保管ラック及び有機廃液保管ラックは、漏えい拡大防止のための堰内に設置する。堰は、堰内に設置するそれぞれの受槽及び保管ラックの漏えい廃液を全量保持できる容量とする。また、床面及び堰の高さ以上までの壁面はエポキシ樹脂を使用して塗装することにより耐水性を確保する。さらに、移送配管とタンクローリとを接続するボックス（接続ボックス）には、受けを設置し、漏えい対策を講じる。

また、塩酸含有廃液保管ラック及び有機廃液保管ラックには、それぞれのラック内に受け皿を設置し、その上にポリ容器等を収納して保管することとし、塩酸含有廃液及び有機廃液がラック外へ漏えいすることを防止する。

③ 第 2 棟液体廃棄物の漏えい時の回収・処理等

第 2 棟液体廃棄物が万が一漏えいした場合には、上記①の警報により漏えいを検知し、紙ウエス等による回収作業により速やかに回収・処理等を行う。また、地震等により大量の廃液が混在した場合は、廃液回収ポンプ等にて回収・処理等を行う。

(7) 第2棟液体廃棄物に対する遮へい（別紙-11 参照）

液体廃棄物一時貯留室と隣接する部屋間の壁は、線量率区分に基づき適切な遮へいとなるよう壁厚を確保する。

(8) 第2棟液体廃棄物の監視（別紙-12 参照）

第2棟内の汚染管理、漏えい検知等を行うために、液体廃棄物一時貯留室等に放射線等を監視する設備を設置する。主要な設備及び機器の種類を表 2.9-3 に示す。第2棟液体廃棄物に係る放射線等を監視する設備の配置場所については、「2.12 作業者の被ばく線量の管理等」の図 2.12.1-20～22 に示す。

表 2.9-3 第2棟液体廃棄物に係る放射線等を監視する設備

| 名称 | 検出器 | 測定範囲 | 取付箇所 |
|--------------|--------------------------------|--|-------------------------------|
| γ線エリアモニタ | 半導体検出器 | 10 ⁻¹ ～10 ⁴ μSv/h | 液体廃棄物一時貯留室、分析室 |
| 中性子線エリアモニタ | ³ He 計数管検出器 | 10 ⁻² ～10 ³ μSv/h | オペレーションエリア、サービスエリア(1) |
| 室内α/β線ダストモニタ | ZnS シンチレーション/プラスチックシンチレーション検出器 | 10 ⁻¹ ～10 ⁴ s ⁻¹ | 分析室、サービスエリア(1) |
| 室内β線ダストモニタ | 半導体検出器 | 10 ⁻¹ ～10 ⁴ s ⁻¹ | 液体廃棄物一時貯留室 |
| 漏えい検知器 | — | — | 液体廃棄物一時貯留室 (図 2.9.12-1 参照) |

第2棟では、第2棟液体廃棄物を直接廃棄することではなく、第2棟液体廃棄物に含まれる放射性物質濃度及び線量の監視、測定等を行い計画的に1Fの他施設へ搬出する。そのため、周辺監視区域周辺については、東京電力福島第一原子力発電所全体として「発電用軽水炉型原子炉施設における放出放射性物質の測定に関する指針」、
「発電用軽水型原子炉施設における事故時の放射線計測に関する審査指針」等を参考にしつつ、環境試料の監視、測定等を行っている。

(9) 第2棟液体廃棄物のその他の管理に関する事項

固化処理した第2棟液体廃棄物を一時的に保管する ██████████ は、外部と区画し、人がみだりに立ち入らないよう壁、柵その他の区画物を設けることにより立入制限の措置を講ずる。

(10) 第2棟液体廃棄物発生量及び放射性物質濃度の低減

第2棟では、分析・試験に使用する試薬をセル等外で調整し、必要最小限の液体のみをセル等内に搬入して使用する。

セル等の除染作業においては、濡れウエス等をセル等外で準備して搬入し、使用済みのウエス等は第2棟固体廃棄物とすることで、可能な限り第2棟液体廃棄物を発生させない対策を講ずる。

液体廃棄物一時貯留室及び液体廃棄物一時貯留設備の概要

液体廃棄物一時貯留室及び液体廃棄物一時貯留設備の概要を図 2.9.1-1 に示す。

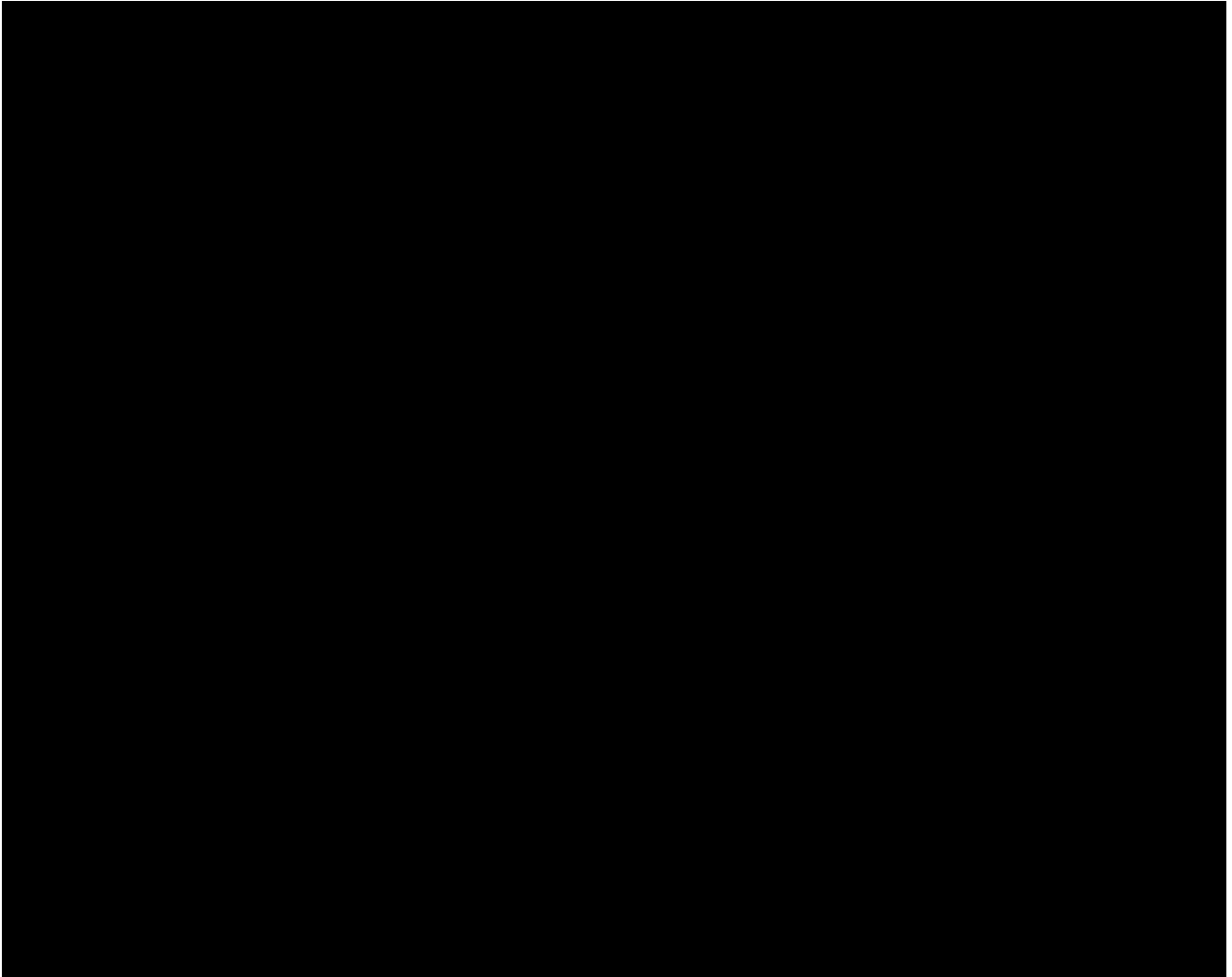


図 2.9.1-1 液体廃棄物一時貯留室及び液体廃棄物一時貯留設備の概要

液体廃棄物一時貯留設備の主要設備及び仕様

液体廃棄物一時貯留設備の主要設備及び仕様を図 2.9.2-1 に示す。

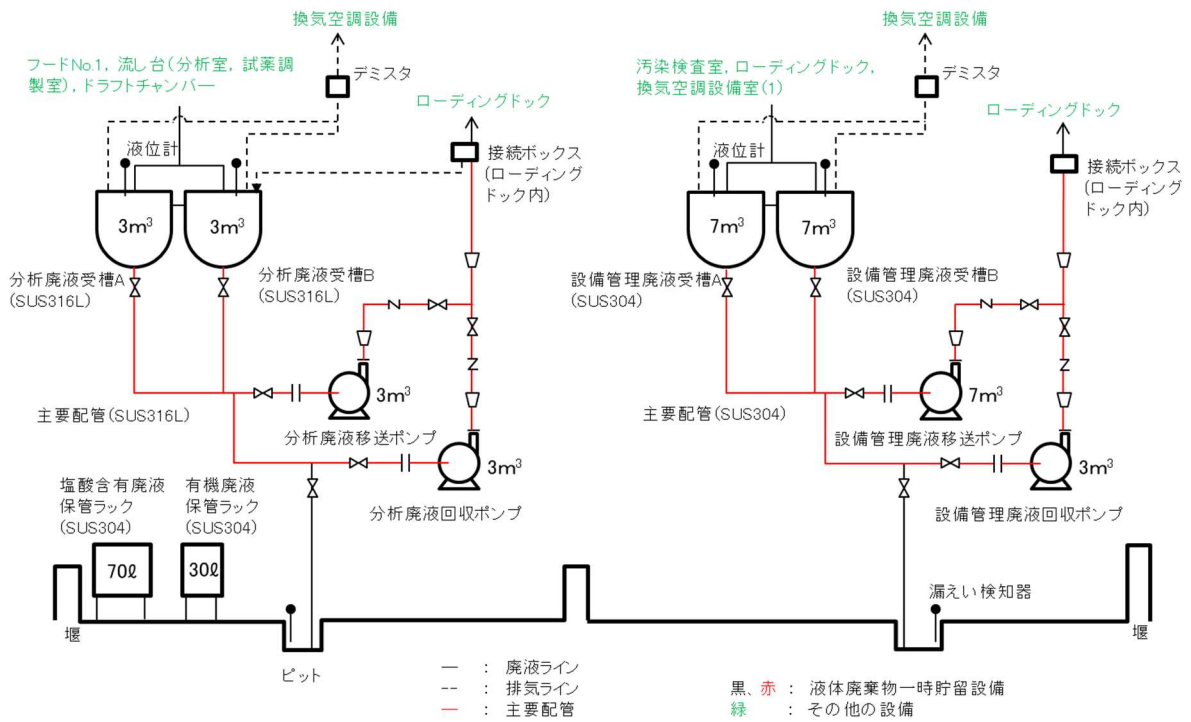


図 2.9.2-1 液体廃棄物一時貯留設備主要設備及び仕様

液体廃棄物一時貯留設備一覧及び主要仕様

①分析廃液受槽

| 名称 | | 分析廃液受槽 A, B | |
|--------|----------------|-------------|------|
| 最高使用圧力 | MPa | 静水頭 | |
| 最高使用温度 | °C | 60 | |
| 主要寸法 | 高さ (外寸) | mm | 2330 |
| | 胴径 (内寸) | mm | 1500 |
| | 厚さ | mm | 6 |
| 材料 | - | SUS316L | |
| 容量 | m ³ | 3 | |
| 基数 | 基 | 2 | |

②分析廃液移送ポンプ

容量： 3 m³/h/基

基数： 1 基

③分析廃液回収ポンプ

容量： 3 m³/h/基

基数： 1 基

④設備管理廃液受槽

| 名称 | | 設備管理廃液受槽 A, B | |
|--------|----------------|---------------|------|
| 最高使用圧力 | MPa | 静水頭 | |
| 最高使用温度 | °C | 60 | |
| 主要寸法 | 高さ (外寸) | mm | 2960 |
| | 胴径 (内寸) | mm | 2000 |
| | 厚さ | mm | 6 |
| 材料 | - | SUS304 | |
| 容量 | m ³ | 7 | |
| 基数 | 基 | 2 | |

⑤設備管理廃液移送ポンプ

容量： 7 m³/h/基

基数： 1 基

⑥設備管理廃液回収ポンプ

容量： 3 m³/h/基

基数： 1 基

⑦主要配管

| 名称 | 仕様 | |
|---------------------------------|----------------------------------|--|
| 分析廃液受槽出口から分析廃液移送ポンプ入口まで（鋼管） | 呼び径/厚さ 材料 最高使用圧力 最高使用温度 | 40A/Sch20S SUS316L 0.4MPa 60℃ |
| 分析廃液移送ポンプ出口から分析廃液払出口まで（鋼管） | 呼び径/厚さ 材料 最高使用圧力 最高使用温度 | 25A/Sch20S 40A/Sch20S 50A/Sch20S SUS316L 0.4MPa 60℃ |
| 分析廃液受槽出口から分析廃液回収ポンプ入口まで（鋼管） | 呼び径/厚さ 材料 最高使用圧力 最高使用温度 | 40A/Sch20S SUS316L 0.4MPa 60℃ |
| 分析廃液回収ポンプ出口から分析廃液払出口まで（鋼管） | 呼び径/厚さ 材料 最高使用圧力 最高使用温度 | 25A/Sch20S 40A/Sch20S 50A/Sch20S SUS316L 0.4MPa 60℃ |
| 設備管理廃液受槽出口から設備管理廃液移送ポンプ入口まで（鋼管） | 呼び径/厚さ 材料 最高使用圧力 最高使用温度 | 40A/Sch20S 50A/Sch20S SUS304 0.5MPa 60℃ |
| 設備管理廃液移送ポンプ出口から設備管 | 呼び径/厚さ | 25A/Sch20S 50A/Sch20S |

| | | |
|---------------------------------|----------------------------------|--|
| 理廃液払出口まで（鋼管） | 材料 最高使用圧力 最高使用温度 | SUS304 0.5MPa 60°C |
| 設備管理廃液受槽出口から設備管理廃液回収ポンプ入口まで（鋼管） | 呼び径/厚さ 材料 最高使用圧力 最高使用温度 | 40A/Sch20S 50A/Sch20S SUS304 0.5MPa 60°C |
| 設備管理廃液回収ポンプ出口から設備管理廃液払出口まで（鋼管） | 呼び径/厚さ 材料 最高使用圧力 最高使用温度 | 25A/Sch20S 40A/Sch20S 50A/Sch20S SUS304 0.5MPa 60°C |

⑧漏えいの拡大を防止するための堰

| 名称 | | 液体廃棄物一時貯留室 漏えい防止堰 |
|------|--------|--|
| 主要寸法 | 堰高さ | (1) 分析廃液受槽側：40cm 以上 (2) 設備管理廃液受槽側：60cm 以上 |
| | 床・壁の塗装 | 床面及び床面から堰高さ以上までの壁面 |
| 材料 | 堰 | 鉄筋コンクリート |
| | 床・壁の塗装 | エポキシ樹脂 |

⑨漏えい検出装置及び警報装置

| 名称 | 漏えい検出器 | 警報装置 |
|--------|------------|-----------------|
| 検出器の種類 | 電極式 | — |
| 取付箇所 | 液体廃棄物一時貯留室 | 液体廃棄物一時貯留設備電気品室 |

⑩その他

・液位計

検出器の種類：電波式

・塩酸含有廃液保管ラック

容量：70ℓ

材質：SUS304

基数：1基

その他：ラック内には漏えい防止のため受け皿（SUS304製、容量10ℓ）を設置

・有機廃液保管ラック

容量 : 30ℓ

材質 : SUS304

基数 : 1 基

その他 : ラック内には漏えい防止のため受け皿 (SUS304 製, 容量 10ℓ) を設置

第2棟液体廃棄物濃度区分

第2棟液体廃棄物のうち、分析廃液、塩酸含有廃液及び有機廃液は、その放射能濃度高さによって、以下のi)及びii)の2つに分類する。また、設備管理廃液は、以下のiii)の1つに分類する。なお、 α 核種濃度は持ち出し毎に評価を行う。

- i) 放射能濃度が β γ 核種：37Bq/cm³以上のもの
- ii) 放射能濃度が β γ 核種：37Bq/cm³未満のもの
- iii) 放射能濃度が β γ 核種：0.37Bq/cm³未満のもの

これらの分類の基準として、運用実績のあるJAEA内既存施設における廃液の濃度区分を参考にした。

なお、JAEA内既存施設における廃液の濃度区分は表2.9.4-1に示す。

表2.9.4-1 JAEA内既存施設における廃液の濃度区分

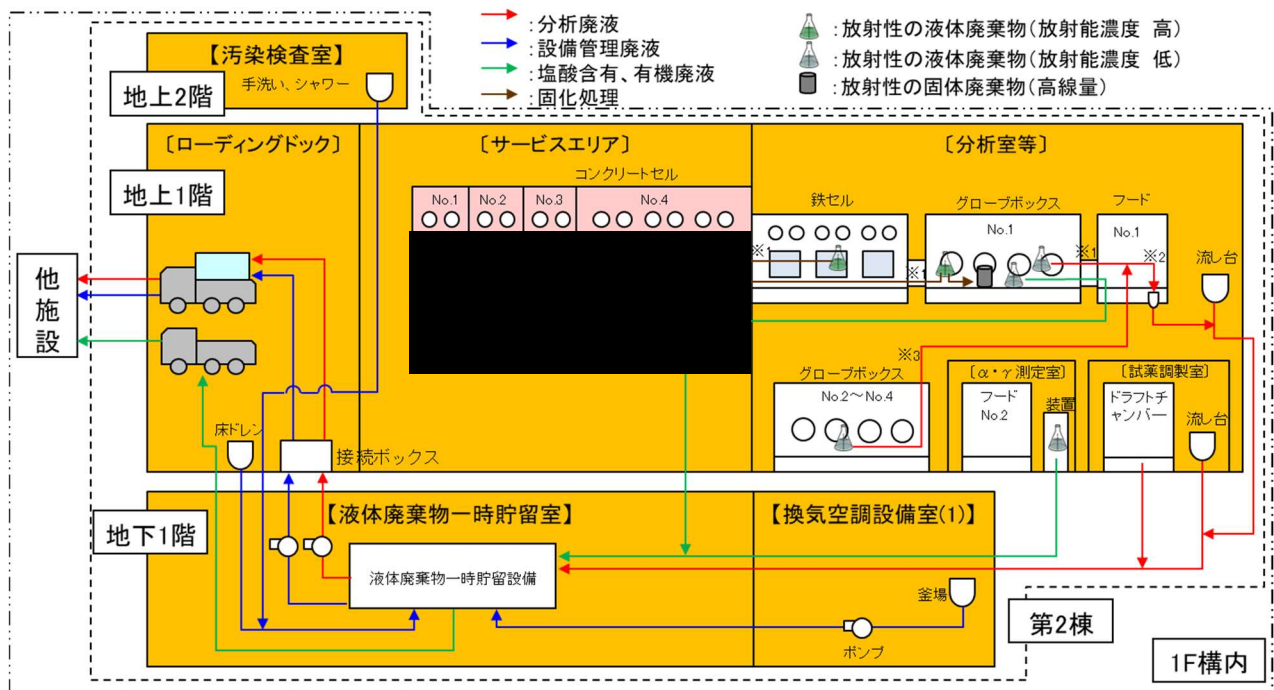
| 廃液区分 | 基準 |
|---------|---|
| 極低レベル※1 | 0.37Bq/cm ³ 未満 |
| 低レベル※2 | 0.37Bq/cm ³ 以上、37Bq/cm ³ 未満 |

※1：第2棟における設備管理廃液の基準

※2：第2棟における分析廃液、塩酸含有廃液及び有機廃液の基準

第2棟液体廃棄物に係る概略フロー

第2棟液体廃棄物は、1Fの他施設に払い出すまで第2棟内にて一時的に保管できるように、液体廃棄物一時貯留設備を設置する。第2棟液体廃棄物の移送について全体フローを図2.9.5-1に示す。



※1：グローブボックス No.1～コンクリートセル No.4 まで移送する。

※2：受槽への排出前に、放射能（ β γ ：0.37Bq/cm³以上、37Bq/cm³未満）を評価する。なお、 α 核種濃度は持ち出し毎に評価を行う。

ただし本分類については、今後の払出先施設の運用状況に応じて見直す。

※3：グローブボックス No.2～No.4 からの搬出は、遮へい及び漏えいを考慮した容器を用いて移送する。

※4：JAEA 既存施設における液体廃棄物の分類を参考にした、第2棟液体廃棄物の濃度基準

図 2.9.5-1 第2棟液体廃棄物の移送フロー

第2棟液体廃棄物移送の全体フローの内、燃料デブリ等の前処理（抽出、溶解）時に発生する分析廃液、塩酸含有廃液、有機廃液について詳細フローを図 2.9.5-2 及び図 2.9.5-3 に示す。

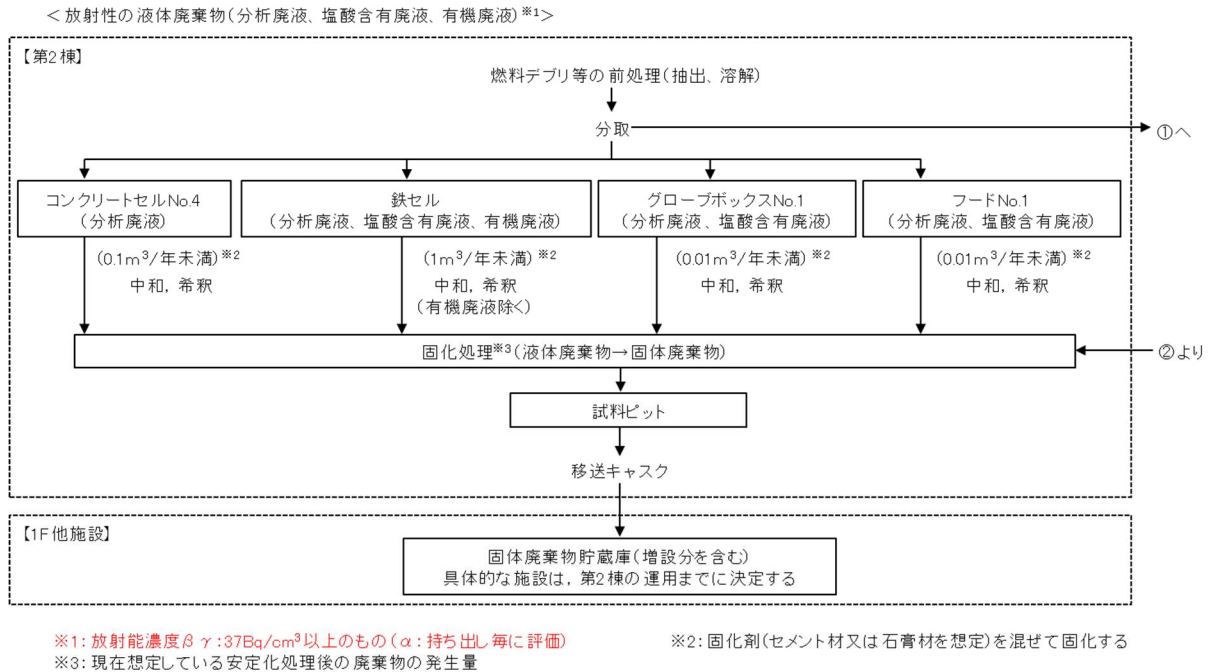


図 2.9.5-2 燃料デブリ等の前処理廃液の詳細フロー(1/2)

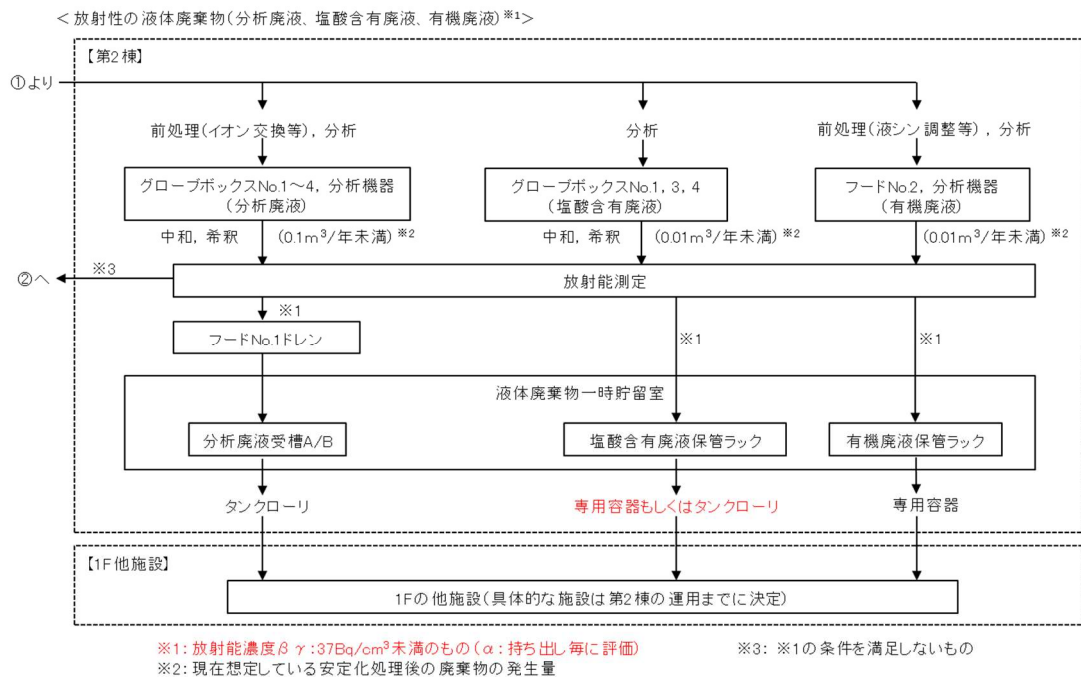
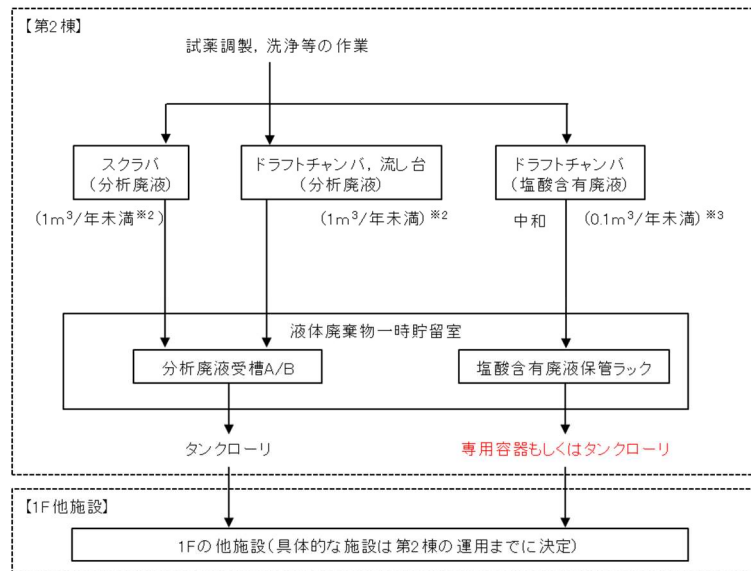


図 2.9.5-3 燃料デブリ等の前処理廃液の詳細フロー(2/2)

第2棟液体廃棄物移送の全体フローの内、試薬調整、洗浄等の作業時に発生する分析廃液、塩酸含有廃液について詳細フローを図2.9.5-4に示す。

<放射性的液体廃棄物(分析廃液、塩酸含有廃液)^{※1}>



※1: 放射能濃度 β γ : 37Bq/cm³未満のもの(α : 持ち出し毎に評価)
 ※2: 現在想定している廃棄物の発生量

※3: 現在想定している安定化処理後の廃棄物の発生量

図 2.9.5-4 試薬調整、洗浄等の作業廃液の詳細フロー

第2棟液体廃棄物移送の全体フローの内、第2棟運用時に発生する設備管理廃液について詳細フローを図2.9.5-5に示す。

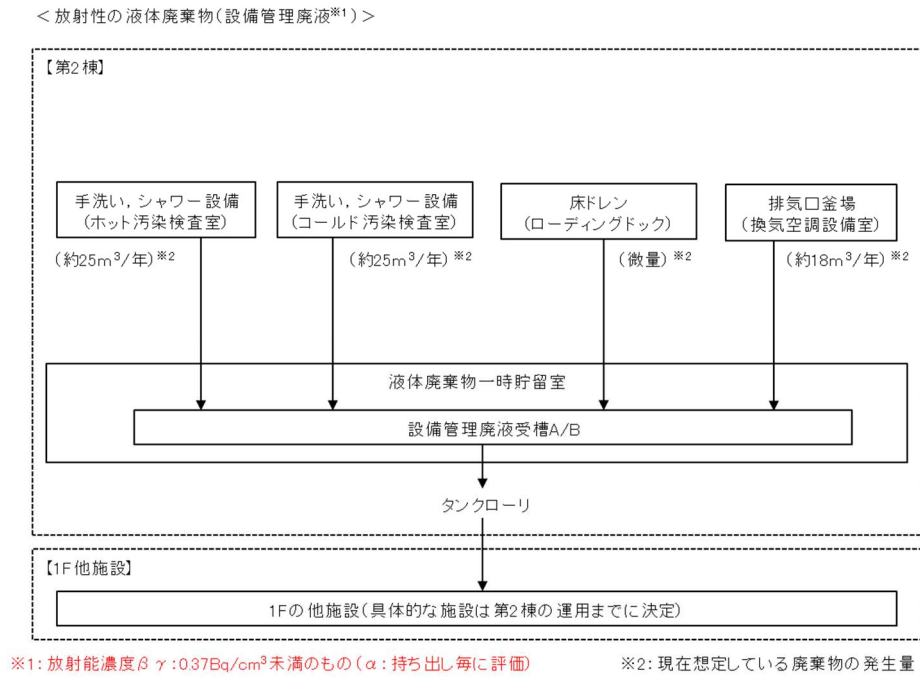


図 2.9.5-5 設備管理廃液の詳細フロー

第2棟液体廃棄物の取扱について

第2棟液体廃棄物は、それぞれ次のように保管・管理する。

(1) 分析廃液の保管・管理

分析廃液については、分析廃液受槽等まで移送する前に、放射能濃度評価を行い、放射能濃度により分類して仕分けする。

放射能濃度が β γ 核種：37Bq/cm³以上または α 核種を含む分析廃液は、必要に応じてコンクリートセル及びグローブボックスに移送して固化処理し、高線量の第2棟固体廃棄物として試料ピットに一時保管した後、計画的に1Fの他施設へ搬出する。固化処理はコンクリートセル及びグローブボックス内に設置したステンレス製のバット等の中で、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する。この時固まらないといった不具合が生じた場合には、固化剤の量を調製する等の対応をとり、適切に固化するまで処理を行う。したがって、放射能濃度の高い分析廃液は、常時負圧に保たれているコンクリートセル、鉄セル及びグローブボックス外に移送して取り扱うことはない。

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。（別紙-9参照）

放射能濃度が β γ 核種：37Bq/cm³未満の液体廃棄物については、グローブボックス、フード等において中和、希釈により安定化処理を行い、分析廃液受槽へ移送する。搬出は1か月に1回程度の頻度で計画的に1Fの他施設に搬出し、搬出するまでの間は、一時的に貯留する。

分析廃液の搬出にあたっては、搬出前に分析廃液受槽内のサンプリングを行い、放射能濃度を評価のうえ、異常がないことを確認してからタンクローリに移送する。

(2) 塩酸含有廃液の保管・管理

塩酸含有廃液は、グローブボックス、フードからポリ容器等に入れる前に放射能濃度により分類して仕分けする。

β γ 核種：37Bq/cm³以上または α 核種を含む液体廃棄物は必要に応じて固化処理し、高線量の第2棟固体廃棄物として試料ピットに一時保管した後、計画的に1Fの他施設へ搬出する。

それ以外の塩酸含有廃液についてはそれぞれ中和、希釈により安定化処理した後、ポリ容器等に封入し、塩酸含有廃液保管ラックへ移送して、1か月に1回程度の頻度で計画的に1Fの他施設に搬出する。搬出するまでの間、一時的に貯留する。塩酸含有廃液の搬出にあたっては、搬出前に塩酸含有廃液保管ラック内のポリ容器等内のサンプリングを行い、放射能濃度を評価のうえ、異常がないことを確認してから移送する。

(3) 有機廃液の保管・管理

有機廃液は、グローブボックス、フードからポリ容器等に入れる前に放射能濃度により分類して仕分けする。

β γ 核種：37Bq/cm³ 以上または α 核種を含む液体廃棄物は必要に応じて固化処理し、高線量の第2棟固体廃棄物として試料ピットに一時保管した後、計画的に1Fの他施設へ搬出する。

それ以外の有機廃液についてはそれぞれ中和、希釈により安定化処理した後、ポリ容器等に封入し、有機廃液保管ラックへ移送して、1か月に1回程度の頻度で計画的に1Fの他施設に搬出する。搬出するまでの間は、一時的に貯留する。有機廃液の搬出にあたっては、搬出前に有機廃液保管ラック内のポリ容器等内のサンプリングを行い、放射能濃度を評価のうえ、異常がないことを確認してから移送する。

(4) 設備管理廃液の保管・管理

設備管理廃液は汚染検査室の手洗い及びシャワー設備、ローディングドックの床ドレン並びに換気空調設備室の排気口釜場から配管を通して設備管理廃液受槽まで移送して、1か月に1回程度の頻度で計画的に1Fの他施設に搬出する。搬出するまでの間は、一時的に貯留する。設備管理廃液の搬出にあたっては、搬出前に設備管理廃液受槽内のサンプリングを行い、放射能濃度を評価のうえ、異常がないことを確認してからタンクローリに移送する。

なお、設備管理廃液受槽に β γ 核種：0.37Bq/cm³以上の廃液が混入した場合、原則として受槽内の廃液を希釈するが、希釈の程度については払出先施設と調整のうえ希釈する。また、希釈した廃液を払出先施設へ払出したのち、必要に応じて設備管理廃液受槽に対し除染等を実施する。

分析・試験設備に使用する材料

セル等では、分析作業において硝酸、アルカリ等による溶解、分離等に伴い第2棟液体廃棄物が発生する。分析作業1回当たりに発生する第2棟液体廃棄物は各エリアにおいて少量であることから、ステンレス製バットの使用等、耐食性を考慮した材料の容器等を使用する。分析・試験設備における第2棟液体廃棄物の発生量の予測値を図2.9.7-1に示す。

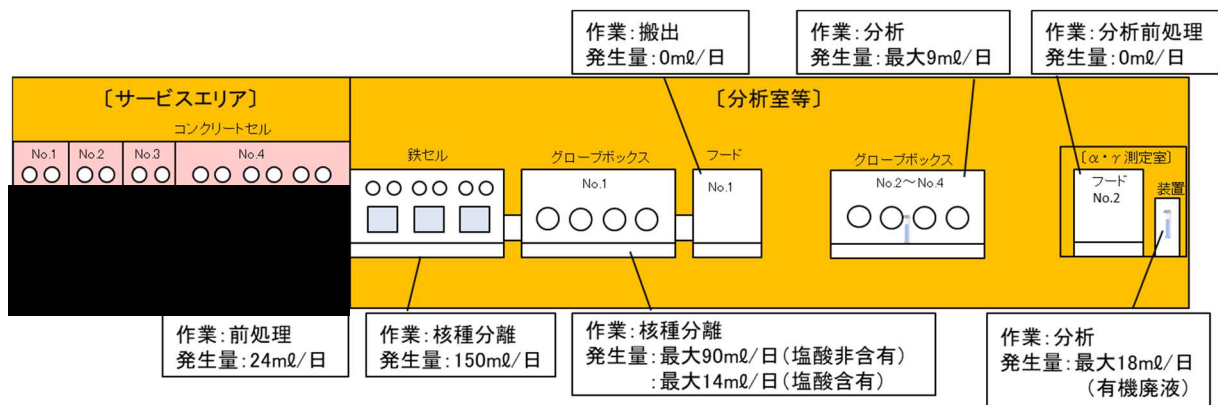


図 2.9.7-1 分析・試験設備における放射性的液体廃棄物の発生量（予測値）

分析廃液は、その廃液中に分析作業に使用する硝酸等が含まれることから、フードNo.1ドレン、流し台等から受槽までの配管、分析廃液受槽、主要配管、ポンプのシャフト等については、主に硝酸に対する耐食性に優れたSUS316Lを使用する。

なお、硝酸を含まない設備管理廃液を一時的に保管する設備管理廃液受槽、主要配管等については、SUS304を使用する。

(実施計画：II-2-48-添9-1)

液体廃棄物一時貯留設備に使用する材料

分析廃液受槽にて一時的に保管する第 2 棟液体廃棄物は、分析作業において硝酸、アルカリ等による溶解、分離等に伴い発生する廃液や試薬調製に係る洗浄等によって発生する分析廃液である。そのため、分析廃液受槽及び主要配管等については、主に硝酸に対する耐食性を考慮する必要があることから、硝酸に対する耐食性に優れ、かつ構造強度を考慮して SUS316L を使用する。また、フード No.1 ドレン、流し台等から受槽までの配管、ポンプのシャフト等は SUS316L を使用する。

設備管理廃液受槽にて一時的に保管する第 2 棟液体廃棄物は、結露水等の分析廃液以外の管理区域から発生する設備管理廃液であることから、構造強度を考慮して SUS304 を使用する。液体廃棄物一時貯留設備の主な材料を図 2.9.8-1 に示す。

また、塩酸含有廃液及び有機廃液についても、耐食性に優れたポリエチレン製容器等を使用して移送、貯留する。

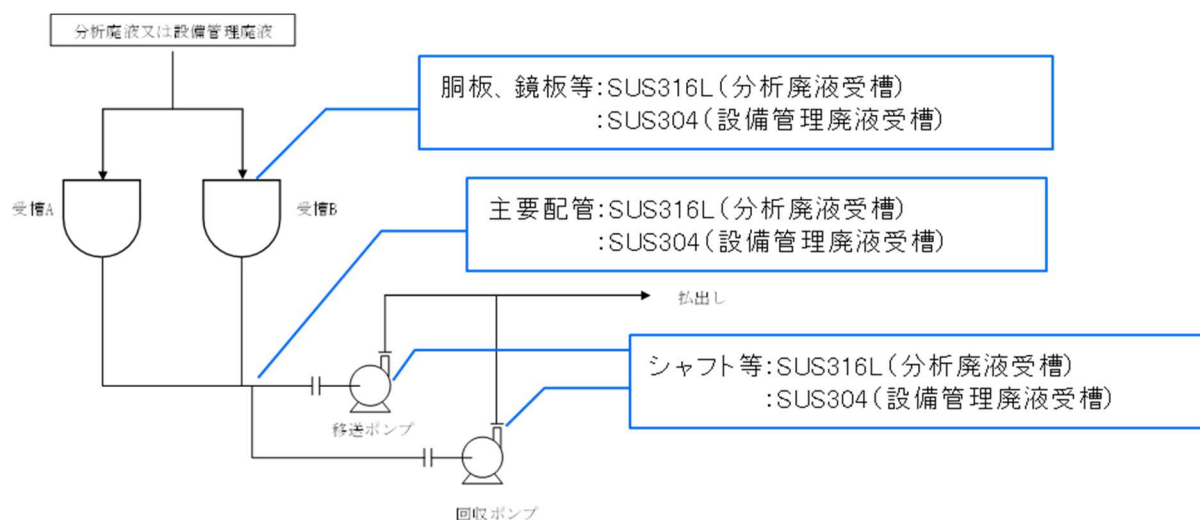


図 2.9.8-1 液体廃棄物一時貯留設備の主な材料

固化処理の概要

放射能濃度が $\beta \gamma : 37\text{Bq}/\text{cm}^3$ 以上または α 核種を含む第2棟液体廃棄物に対し、第2棟では、必要に応じて固化処理を実施する。

固化処理は、コンクリートセル及びグローブボックスにて実施され、固化処理後に高線量の第2棟固体廃棄物として、1Fの他施設へ払い出す。

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、JAEA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。

液位計及び漏えい防止堰の概要

(1) 液位計

分析廃液受槽及び設備管理廃液受槽には、漏えい等を考慮して液位計を設置する。液位計の設置位置を以下の図 2.9.10-1 に示す。

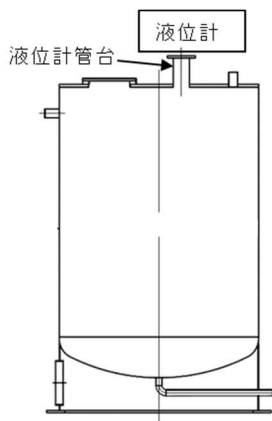


図 2.9.10-1 液位計の設置位置

(2) 漏えい防止堰

i) 漏えい防止堰の性能

第 2 棟液体廃棄物を一時的に保管する分析廃液受槽及び設備管理廃液受槽，塩酸含有廃液保管ラック及び有機廃液保管ラックは，漏えい拡大防止のための堰内に設置する。堰は，堰内に設置するそれぞれの受槽及び保管ラックの漏えい廃液を全量保持できる容量とする。また，堰の床，壁はエポキシ樹脂を使用して塗装することにより耐水性を確保する。堰の漏えい防止能力評価を以下の表 2.9.10-1 に示す。

表 2.9.10-1 漏えい防止能力の評価

| 堰 ^{*1} | 名称 | 容量 [m ³] | 想定する最大の 漏えい量[m ³] | 堰の床面積[m ²] | 見込み高さ ^{*2} [cm] | 必要な堰の高さ [cm] | 堰の高さ[cm] | 評価 |
|-----------------|-------------|-------------------------|----------------------------------|------------------------|--------------------------|-----------------|----------|---|
| | | | A | B | C | D=A/B×100+C | E | |
| (1) | 分析廃液受槽 A | 3 | 6.1 | 37 | 13 | 29 | 40 以上 | 堰の高さは 想定する最大 量の漏えい 廃液を保持 するのに必要 な高さを満 足しており， 施設外への 漏えいを防 止できる。 |
| | 分析廃液受槽 B | 3 | | | | | | |
| | 塩酸含有廃液保管ラック | 0.07 | | | | | | |
| | 有機廃液保管ラック | 0.03 | | | | | | |
| (2) | 設備管理廃液受槽 A | 7 | 14 | 39 | 14 | 50 | 60 以上 | |
| | 設備管理廃液受槽 B | 7 | | | | | | |

*1 図 2.9.10-2 の番号に対応

*2 基礎体積による高さ増加分 (基礎体積÷受槽及び保管ラックを設置する堰の床面積)

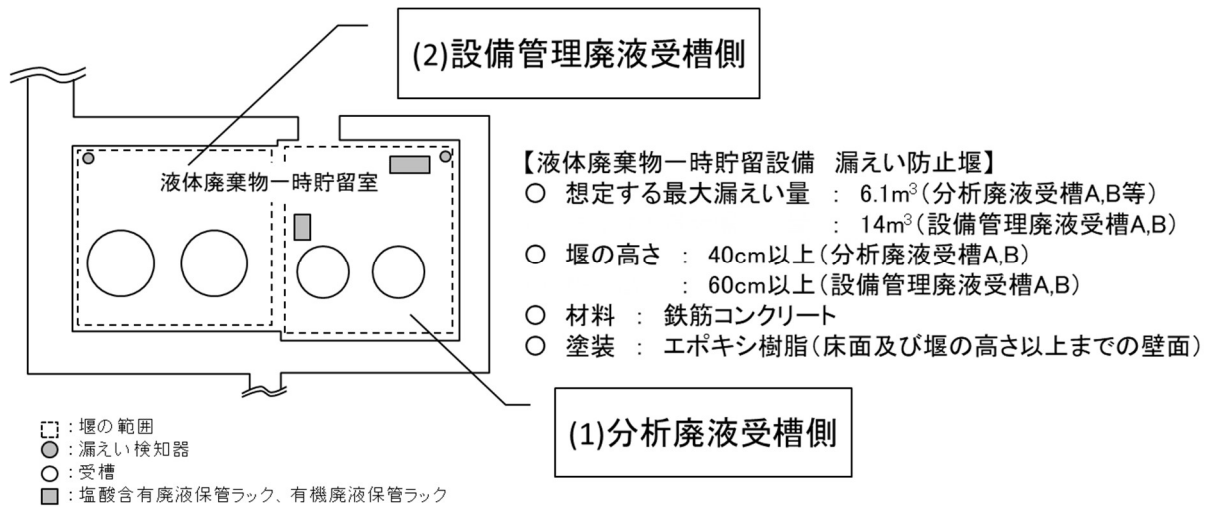


図 2.9.10-2 受槽の位置

ii) 堰の床及び壁の塗装

塗装の範囲は、第 2 棟液体廃棄物を内包するそれぞれの受槽及び保管ラックの漏えい廃液を全量保持できるように設計した堰内の床及び床面から堰の高さ以上までの壁とする。堰の塗装範囲を図 2.9.10-3 に示す。

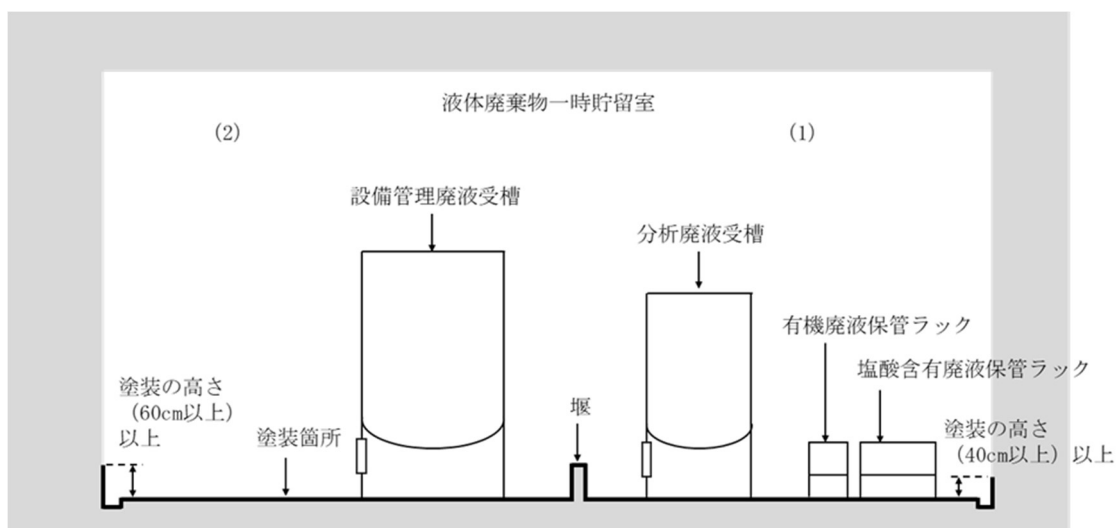


図 2.9.10-3 堰の塗装範囲

ii) 堰内の配管及び電気配線並びに排気管及び空調ダクトの貫通部

① 配管

図 2.9.10-2 及び図 2.9.10-3 の堰内の範囲の貫通部は原則として、壁については堰の高さ以上に設け、床については堰の高さ以上までスリーブを立ち上げる。

② 電気配線 (ケーブルトレイ及び電線管)

図 2.9.10-2 及び図 2.9.10-3 の堰内の範囲の配管貫通部は原則として、壁については

堰の高さ以上に設け、床については貫通部を設けない。

③ 排気管及び空調ダクト

図 2.9.10-2 及び図 2.9.10-3 の堰内の範囲の配管貫通部は原則として、壁については堰の高さ以上に設け、床については貫通部を設けない。

(実施計画：II-2-48-添付 8-1～4)

第2棟液体廃棄物に対する遮へいの概要

第2棟液体廃棄物に対する遮へいの概要を図2.9.11-1～図2.9.11-3に示す。

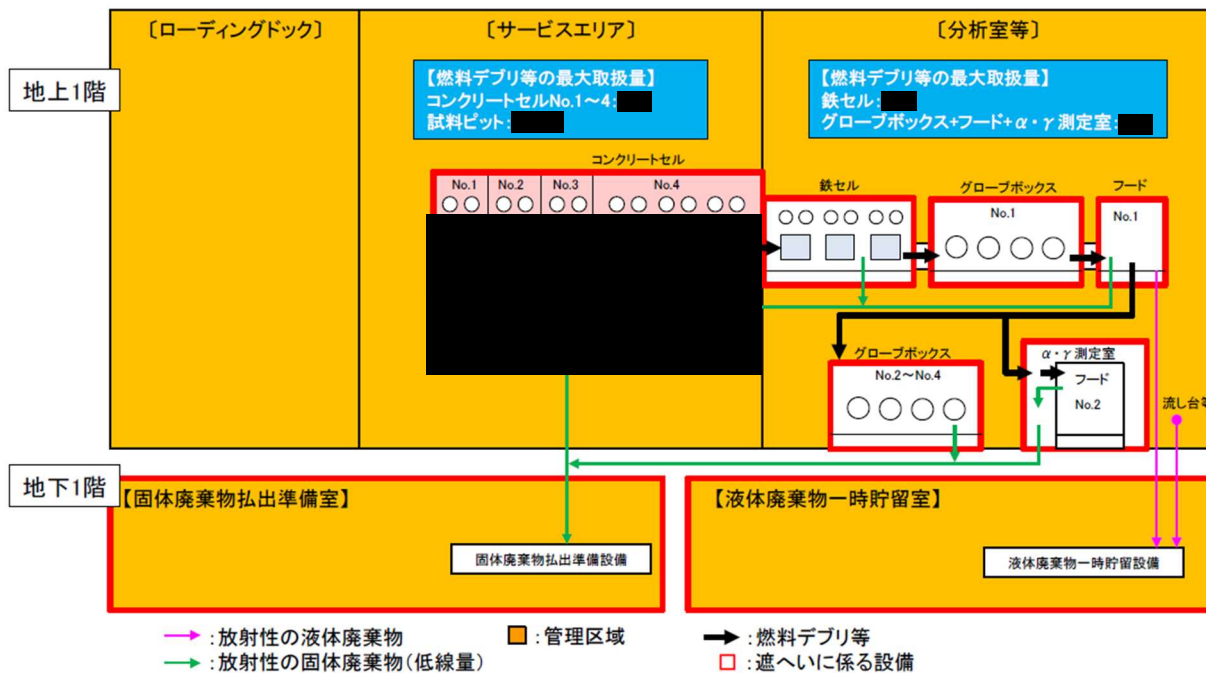
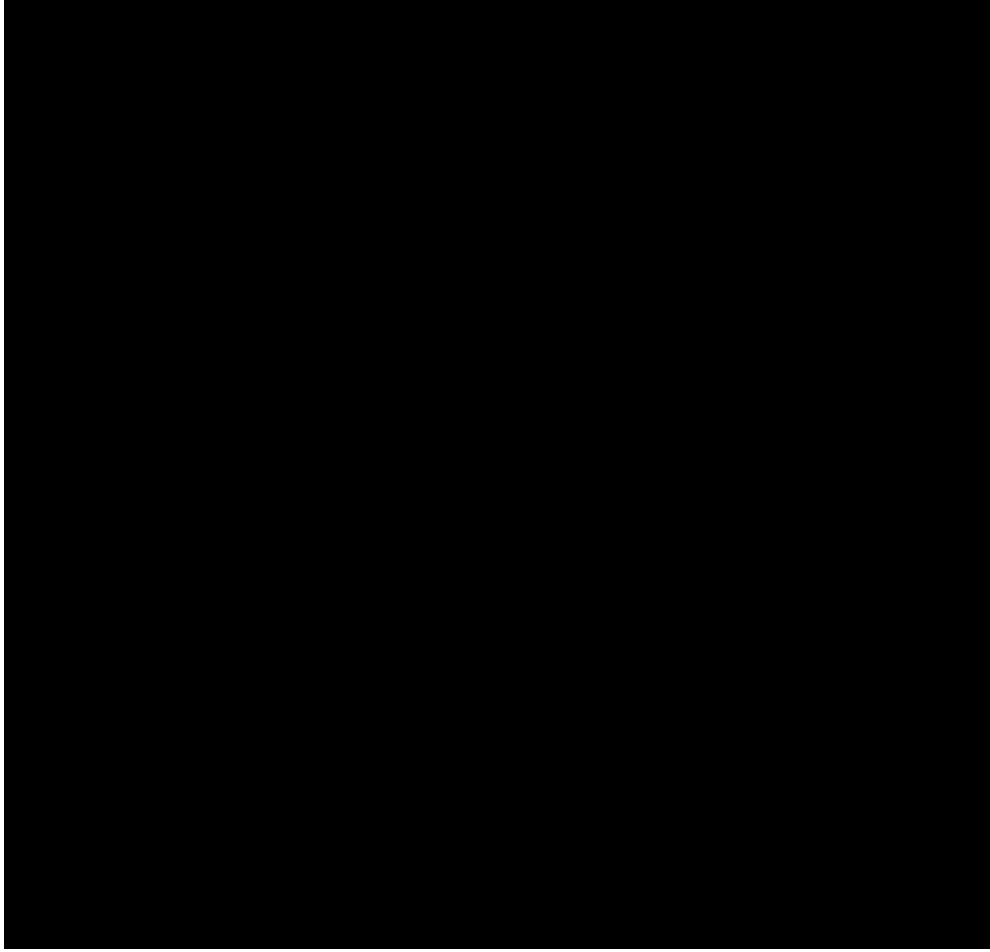


図2.9.11-1 第2棟の遮へいの概要 (1/3)

第2棟における外部放射線に係る設計基準線量率は、JEAC4615(原子力発電所放射線遮へい設計規程)に基づき設定する。なお、管理区域内の各エリアにおける線量率区分については、作業内容に応じて割当てた。

| | 区分 | 外部放射線に係る設計基準線量率 | 第2棟での線量率区分の考え方 |
|-------|----|-----------------|---|
| 管理区域外 | A | 0.0026mSv/h以下 | — |
| 管理区域 | B | 0.01mSv/h未満 | 人が常時作業を行うエリア。 |
| | C | 0.05mSv/h未満 | 人の立入頻度が比較的小さいエリア。 ただし、分析室等のグローブボックス、フードを設置する室については、作業頻度が比較的多いが、グローブボックス及びフード表面での線量率が高くなるため、区分Cとする(作業者の放射線防護装備、時間管理等により被ばく線量を管理する)。 |
| | D | 0.25mSv/h未満 | 設備の点検・保守等の特定の業務でのみ立ち入るエリア(人の立入頻度、立入時間が短い。) |
| | E | 1mSv/h未満 | — |
| | F | 1mSv/h以上 | 燃料デブリ等を取り扱うため線量率が高いが、マンフレータ等を用いて遠隔で取り扱うため、原則として人が立ち入らないエリア。 |

図2.9.11-2 第2棟の遮へいの概要 (2/3)



■ : 管理区域 ■ : 遮へい(壁)

図 2.9.11-3 第 2 棟の遮へいの概要 (3/3)

第2棟液体廃棄物の漏えい検知に係る検知器の取付箇所

第2棟液体廃棄物の漏えい検知に係る検知器の取付箇所を図2.9.12-1に示す。

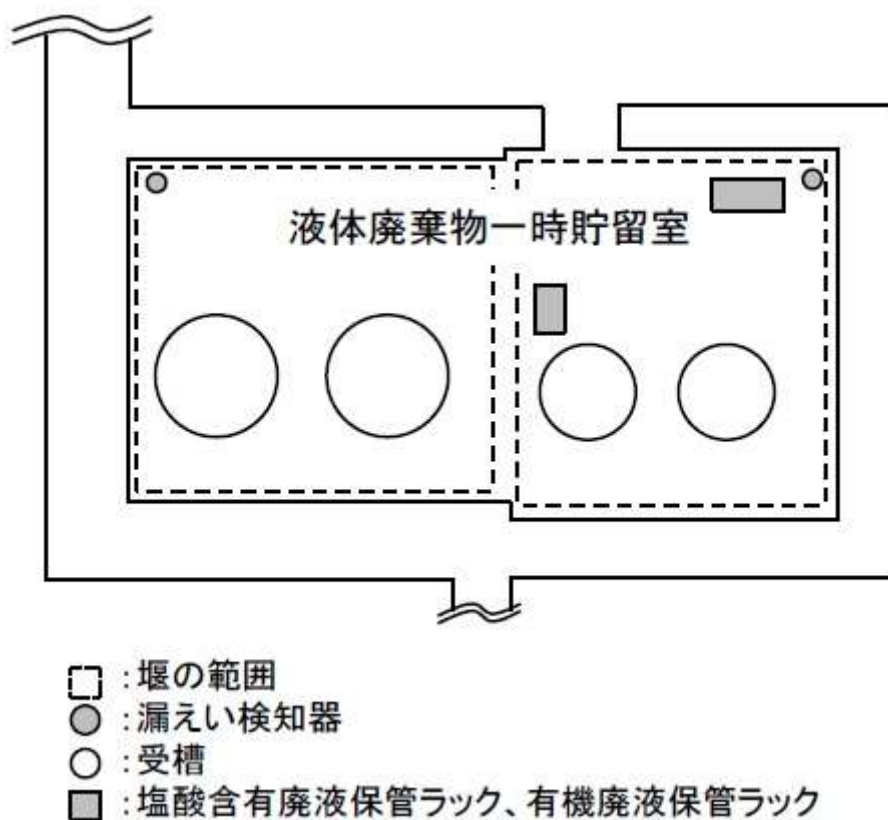


図2.9.12-1 第2棟液体廃棄物の漏えい検知に係る検知器の取付箇所

3. 核種別一覧

設計評価事故における公衆被ばく線量評価、多量の放射性物質等を放出する事故における放射性物質の放出量評価、安全上重要な施設の選定における安全機能喪失時の線量評価について、地震を想定した際のコンクリートセルに係る評価結果を表 2.14.8.3-19 に示す。

表 2.14.8.3-19 核種別一覧

| No. | 核種 | 燃料デブリ 中の 数量 [Bq] | 燃料デブリ の切断等に より発生す る粉体中の 数量 ^{※2} [Bq] | 評価内容 | | | | | | | | | | | |
|-----|---------|---------------------------|--|--------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|-------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------|
| | | | | 設計評価事故 (22条) | | | | 多量の放射性物質等を放出する事故 (29条) | | | | 安全上重要な施設の選定 | | | |
| | | | | 移行率 [%] | 除染係数 ^{※3} (DF) [-] | 放出量 [Bq] | 実効線量 [Sv] | 移行率 [%] | 除染係数 ^{※4} (DF) [-] | 放出量 [Bq] | Cs-137換算の 放射性物質 放出量 [Bq] | 移行率 [%] | 除染係数 ^{※3} (DF) [-] | 放出量 [Bq] | 実効線量 [Sv] |
| 1 | H-3 | 4.2×10 ⁹ | 3.3×10 ⁸ | 100% | 1×1 | 3.3×10 ⁸ | 5.3×10 ⁻⁶ | 100% | 1 | 3.3×10 ⁸ | 0.0 ^{※1} | 100% | 1×1 | 3.3×10 ⁸ | 5.3×10 ⁻⁶ |
| 2 | Kr-85 | 4.0×10 ¹⁰ | 3.2×10 ⁹ | 100% | 1×1 | 3.2×10 ⁹ | 1.1×10 ⁻⁶ | 100% | 1 | 3.2×10 ⁹ | 0.0 ^{※1} | 100% | 1×1 | 3.2×10 ⁹ | 1.1×10 ⁻⁶ |
| 3 | Sr-90 | 1.6×10 ¹² | 1.3×10 ¹¹ | 1%+0.6% | 10×10 | 2.1×10 ⁷ | 6.3×10 ⁻⁴ | 1%+0.6% | 10 | 2.1×10 ⁸ | 3.4×10 ⁷ | 1% | 10×10 | 1.3×10 ⁷ | 3.9×10 ⁻⁴ |
| 4 | Y-90 | 1.7×10 ¹² | 1.3×10 ¹¹ | 1%+0.6% | 10×10 | 2.1×10 ⁷ | 1.4×10 ⁻⁵ | 1%+0.6% | 10 | 2.1×10 ⁸ | 2.8×10 ³ | 1% | 10×10 | 1.3×10 ⁷ | 8.7×10 ⁻⁶ |
| 5 | Zr-93 | 7.4×10 ⁷ | 5.9×10 ⁶ | 1%+0.6% | 10×10 | 9.4×10 ² | 1.1×10 ⁻⁸ | 1%+0.6% | 10 | 9.4×10 ³ | 3.5×10 ² | 1% | 10×10 | 5.9×10 ² | 6.6×10 ⁻⁹ |
| 6 | Tc-99 | 8.1×10 ⁸ | 6.5×10 ⁷ | 1%+0.6% | 10×10 | 1.0×10 ⁴ | 1.3×10 ⁻⁸ | 1%+0.6% | 10 | 1.0×10 ⁵ | 6.5×10 ² | 1% | 10×10 | 6.5×10 ³ | 8.0×10 ⁻⁹ |
| 7 | Ru-106 | 2.9×10 ¹⁰ | 2.4×10 ⁹ | 1%+0.6% | 10×10 | 3.8×10 ⁵ | 5.1×10 ⁻⁶ | 1%+0.6% | 10 | 3.8×10 ⁶ | 1.4×10 ⁵ | 1% | 10×10 | 2.4×10 ⁵ | 3.2×10 ⁻⁶ |
| 8 | Rh-106 | 2.9×10 ¹⁰ | 2.4×10 ⁹ | 1%+0.6% | 10×10 | 3.8×10 ⁵ | 1.6×10 ⁻¹⁰ | 1%+0.6% | 10 | 3.8×10 ⁶ | 1.4×10 ⁵ | 1% | 10×10 | 2.4×10 ⁵ | 1.0×10 ⁻¹⁰ |
| 9 | Cd-113m | 1.5×10 ⁹ | 1.2×10 ⁸ | 1%+0.6% | 10×10 | 1.9×10 ⁴ | 9.3×10 ⁻⁷ | 1%+0.6% | 10 | 1.9×10 ⁵ | 1.3×10 ⁴ | 1% | 10×10 | 1.2×10 ⁴ | 5.8×10 ⁻⁷ |
| 10 | Sn-121m | 2.2×10 ⁸ | 1.7×10 ⁷ | 1%+0.6% | 10×10 | 2.8×10 ³ | 3.6×10 ⁻⁹ | 1%+0.6% | 10 | 2.8×10 ⁴ | 0.0 ^{※1} | 1% | 10×10 | 1.7×10 ³ | 2.2×10 ⁻⁹ |
| 11 | Sn-126 | 6.2×10 ⁷ | 5.0×10 ⁶ | 1%+0.6% | 10×10 | 7.9×10 ² | 5.5×10 ⁻⁹ | 1%+0.6% | 10 | 7.9×10 ³ | 4.8×10 ² | 1% | 10×10 | 5.0×10 ² | 3.4×10 ⁻⁹ |
| 12 | Sb-125 | 4.6×10 ¹⁰ | 3.7×10 ⁹ | 100% | 1×1 | 3.7×10 ⁹ | 4.7×10 ⁻³ | 100% | 1 | 3.7×10 ⁹ | 0.0 ^{※1} | 100% | 1×1 | 3.7×10 ⁹ | 4.7×10 ⁻³ |
| 13 | Te-125m | 1.7×10 ¹⁰ | 1.4×10 ⁹ | 100% | 1×1 | 1.4×10 ⁹ | 1.5×10 ⁻³ | 100% | 1 | 1.4×10 ⁹ | 0.0 ^{※1} | 100% | 1×1 | 1.4×10 ⁹ | 1.5×10 ⁻³ |
| 14 | I-129 | 2.4×10 ⁶ | 1.9×10 ⁵ | 100% | 1×1 | 1.9×10 ⁵ | 7.2×10 ⁻⁶ | 100% | 1 | 1.9×10 ⁵ | 5.1×10 ⁴ | 100% | 1×1 | 1.9×10 ⁵ | 7.2×10 ⁻⁶ |
| 15 | Cs-134 | 6.5×10 ¹⁰ | 5.2×10 ⁹ | 1%+0.6% | 10×10 | 8.3×10 ⁵ | 3.1×10 ⁻⁶ | 1%+0.6% | 10 | 8.3×10 ⁶ | 3.2×10 ⁶ | 1% | 10×10 | 5.2×10 ⁵ | 1.9×10 ⁻⁶ |
| 16 | Cs-135 | 4.8×10 ⁷ | 3.8×10 ⁶ | 1%+0.6% | 10×10 | 6.1×10 ² | 2.3×10 ⁻¹⁰ | 1%+0.6% | 10 | 6.1×10 ³ | 4.0×10 ⁻¹ | 1% | 10×10 | 3.8×10 ² | 1.5×10 ⁻¹⁰ |
| 17 | Cs-137 | 4.7×10 ¹² | 3.8×10 ¹¹ | 1%+0.6% | 10×10 | 6.0×10 ⁷ | 1.6×10 ⁻⁴ | 1%+0.6% | 10 | 6.0×10 ⁸ | 6.0×10 ⁸ | 1% | 10×10 | 3.8×10 ⁷ | 9.7×10 ⁻⁵ |
| 18 | Ba-137m | 4.5×10 ¹² | 3.6×10 ¹¹ | 1%+0.6% | 10×10 | 5.7×10 ⁷ | 2.2×10 ⁻⁸ | 1%+0.6% | 10 | 5.7×10 ⁸ | 5.7×10 ⁸ | 1% | 10×10 | 3.6×10 ⁷ | 1.4×10 ⁻⁸ |
| 19 | Ce-144 | 2.7×10 ⁹ | 2.2×10 ⁸ | 1%+0.6% | 10×10 | 3.5×10 ⁴ | 3.9×10 ⁻⁷ | 1%+0.6% | 10 | 3.5×10 ⁵ | 3.8×10 ³ | 1% | 10×10 | 2.2×10 ⁴ | 2.5×10 ⁻⁷ |
| 20 | Pr-144 | 2.7×10 ⁹ | 2.2×10 ⁸ | 1%+0.6% | 10×10 | 3.5×10 ⁴ | 4.1×10 ⁻¹⁰ | 1%+0.6% | 10 | 3.5×10 ⁵ | 3.8×10 ³ | 1% | 10×10 | 2.2×10 ⁴ | 2.5×10 ⁻¹⁰ |
| 21 | Pm-146 | 2.4×10 ⁷ | 1.9×10 ⁶ | 1%+0.6% | 10×10 | 3.0×10 ² | 1.5×10 ⁻⁹ | 1%+0.6% | 10 | 3.0×10 ³ | 0.0 ^{※1} | 1% | 10×10 | 1.9×10 ² | 9.5×10 ⁻¹⁰ |
| 22 | Pm-147 | 7.6×10 ¹¹ | 6.0×10 ¹⁰ | 1%+0.6% | 10×10 | 9.7×10 ⁶ | 1.3×10 ⁻⁵ | 1%+0.6% | 10 | 9.7×10 ⁷ | 7.4×10 ⁴ | 1% | 10×10 | 6.0×10 ⁶ | 8.2×10 ⁻⁶ |
| 23 | Sm-151 | 1.3×10 ¹¹ | 1.0×10 ¹⁰ | 1%+0.6% | 10×10 | 1.7×10 ⁶ | 1.7×10 ⁻⁶ | 1%+0.6% | 10 | 1.7×10 ⁷ | 7.6×10 ⁴ | 1% | 10×10 | 1.0×10 ⁶ | 1.1×10 ⁻⁶ |
| 24 | Eu-152 | 2.3×10 ⁸ | 1.8×10 ⁷ | 1%+0.6% | 10×10 | 2.9×10 ³ | 3.0×10 ⁻⁸ | 1%+0.6% | 10 | 2.9×10 ⁴ | 3.6×10 ⁴ | 1% | 10×10 | 1.8×10 ³ | 1.9×10 ⁻⁸ |
| 25 | Eu-154 | 8.6×10 ¹⁰ | 6.9×10 ⁹ | 1%+0.6% | 10×10 | 1.1×10 ⁶ | 1.5×10 ⁻⁵ | 1%+0.6% | 10 | 1.1×10 ⁷ | 1.1×10 ⁷ | 1% | 10×10 | 6.9×10 ⁵ | 9.3×10 ⁻⁶ |
| 26 | Eu-155 | 6.7×10 ¹⁰ | 5.3×10 ⁹ | 1%+0.6% | 10×10 | 8.5×10 ⁵ | 1.6×10 ⁻⁶ | 1%+0.6% | 10 | 8.5×10 ⁶ | 2.8×10 ⁵ | 1% | 10×10 | 5.3×10 ⁵ | 9.7×10 ⁻⁷ |
| 27 | Ra-224 | 5.8×10 ⁵ | 4.6×10 ⁴ | 1%+0.6% | 10×10 | 7.4×10 ⁰ | 6.8×10 ⁻⁹ | 1%+0.6% | 10 | 7.4×10 ¹ | 0.0 ^{※1} | 1% | 10×10 | 4.6×10 ⁰ | 4.3×10 ⁻⁹ |
| 28 | Th-228 | 5.7×10 ⁵ | 4.6×10 ⁴ | 1%+0.6% | 10×10 | 7.4×10 ⁰ | 7.1×10 ⁻⁸ | 1%+0.6% | 10 | 7.4×10 ¹ | 4.4×10 ² | 1% | 10×10 | 4.6×10 ⁰ | 4.4×10 ⁻⁸ |
| 29 | Th-230 | 1.2×10 ⁴ | 9.4×10 ² | 1%+0.6% | 10×10 | 1.5×10 ⁻¹ | 1.6×10 ⁻⁹ | 1%+0.6% | 10 | 1.5×10 ⁰ | 8.6×10 ¹ | 1% | 10×10 | 9.4×10 ⁻² | 1.0×10 ⁻⁹ |
| 30 | Th-234 | 5.7×10 ⁷ | 4.6×10 ⁶ | 1%+0.6% | 10×10 | 7.3×10 ² | 1.6×10 ⁻⁹ | 1%+0.6% | 10 | 7.3×10 ³ | 0.0 ^{※1} | 1% | 10×10 | 4.6×10 ² | 1.0×10 ⁻⁹ |
| 31 | U-232 | 6.2×10 ⁵ | 4.9×10 ⁴ | 1%+0.6% | 10×10 | 7.9×10 ⁰ | 7.9×10 ⁻⁸ | 1%+0.6% | 10 | 7.9×10 ¹ | 7.3×10 ³ | 1% | 10×10 | 4.9×10 ⁰ | 5.0×10 ⁻⁸ |
| 32 | U-234 | 2.1×10 ⁸ | 1.7×10 ⁷ | 1%+0.6% | 10×10 | 2.7×10 ³ | 7.1×10 ⁻⁶ | 1%+0.6% | 10 | 2.7×10 ⁴ | 3.3×10 ⁵ | 1% | 10×10 | 1.7×10 ³ | 4.4×10 ⁻⁶ |
| 33 | U-235 | 6.4×10 ⁵ | 5.1×10 ⁴ | 1%+0.6% | 10×10 | 8.2×10 ⁰ | 1.9×10 ⁻⁸ | 1%+0.6% | 10 | 8.2×10 ¹ | 9.4×10 ² | 1% | 10×10 | 5.1×10 ⁰ | 1.2×10 ⁻⁸ |
| 34 | U-236 | 1.1×10 ⁶ | 9.1×10 ⁴ | 1%+0.6% | 10×10 | 1.5×10 ¹ | 3.5×10 ⁻⁸ | 1%+0.6% | 10 | 1.5×10 ² | 1.7×10 ³ | 1% | 10×10 | 9.1×10 ⁰ | 2.2×10 ⁻⁸ |
| 35 | U-237 | 1.4×10 ⁹ | 1.2×10 ⁸ | 1%+0.6% | 10×10 | 1.8×10 ⁴ | 1.2×10 ⁻⁸ | 1%+0.6% | 10 | 1.8×10 ⁵ | 0.0 ^{※1} | 1% | 10×10 | 1.2×10 ⁴ | 7.5×10 ⁻⁹ |
| 36 | U-238 | 5.7×10 ⁷ | 4.6×10 ⁶ | 1%+0.6% | 10×10 | 7.3×10 ² | 1.6×10 ⁻⁶ | 1%+0.6% | 10 | 7.3×10 ³ | 7.9×10 ⁴ | 1% | 10×10 | 4.6×10 ² | 1.0×10 ⁻⁶ |
| 37 | Np-238 | 5.3×10 ⁸ | 4.2×10 ⁷ | 1%+0.6% | 10×10 | 6.8×10 ³ | 4.5×10 ⁻⁹ | 1%+0.6% | 10 | 6.8×10 ⁴ | 0.0 ^{※1} | 1% | 10×10 | 4.2×10 ³ | 2.8×10 ⁻⁹ |
| 38 | Np-239 | 1.9×10 ¹⁰ | 1.5×10 ⁹ | 1%+0.6% | 10×10 | 2.4×10 ⁵ | 1.0×10 ⁻⁷ | 1%+0.6% | 10 | 2.4×10 ⁶ | 6.2×10 ² | 1% | 10×10 | 1.5×10 ⁵ | 6.3×10 ⁻⁸ |
| 39 | Pu-236 | 9.3×10 ⁵ | 7.5×10 ⁴ | 1%+0.6% | 10×10 | 1.2×10 ¹ | 6.0×10 ⁻⁸ | 1%+0.6% | 10 | 1.2×10 ² | 7.3×10 ² | 1% | 10×10 | 7.5×10 ⁰ | 3.7×10 ⁻⁸ |
| 40 | Pu-238 | 5.8×10 ¹² | 4.7×10 ¹¹ | 1%+0.6% | 10×10 | 7.5×10 ⁷ | 8.6×10 ⁻¹ | 1%+0.6% | 10 | 7.5×10 ⁸ | 3.8×10 ¹⁰ | 1% | 10×10 | 4.7×10 ⁷ | 5.4×10 ⁻¹ |
| 41 | Pu-239 | 4.2×10 ¹¹ | 3.4×10 ¹⁰ | 1%+0.6% | 10×10 | 5.4×10 ⁶ | 6.7×10 ⁻² | 1%+0.6% | 10 | 5.4×10 ⁷ | 3.5×10 ⁹ | 1% | 10×10 | 3.4×10 ⁶ | 4.2×10 ⁻² |
| 42 | Pu-240 | 7.6×10 ¹¹ | 6.1×10 ¹⁰ | 1%+0.6% | 10×10 | 9.7×10 ⁶ | 1.2×10 ⁻¹ | 1%+0.6% | 10 | 9.7×10 ⁷ | 6.3×10 ⁹ | 1% | 10×10 | 6.1×10 ⁶ | 7.5×10 ⁻² |
| 43 | Pu-241 | 5.9×10 ¹³ | 4.7×10 ¹² | 1%+0.6% | 10×10 | 7.5×10 ⁸ | 1.7×10 ⁻¹ | 1%+0.6% | 10 | 7.5×10 ⁹ | 1.1×10 ¹⁰ | 1% | 10×10 | 4.7×10 ⁸ | 1.0×10 ⁻¹ |
| 44 | Pu-242 | 3.0×10 ⁹ | 2.4×10 ⁸ | 1%+0.6% | 10×10 | 3.8×10 ⁴ | 4.5×10 ⁻⁴ | 1%+0.6% | 10 | 3.8×10 ⁵ | 2.3×10 ⁷ | 1% | 10×10 | 2.4×10 ⁴ | 2.8×10 ⁻⁴ |
| 45 | Am-241 | 3.1×10 ¹² | 2.5×10 ¹¹ | 1%+0.6% | 10×10 | 4.0×10 ⁷ | 4.2×10 ⁻¹ | 1%+0.6% | 10 | 4.0×10 ⁸ | 2.1×10 ¹⁰ | 1% | 10×10 | 2.5×10 ⁷ | 2.6×10 ⁻¹ |
| 46 | Am-242 | 1.1×10 ¹¹ | 8.4×10 ⁹ | 1%+0.6% | 10×10 | 1.4×10 ⁶ | 6.3×10 ⁻⁶ | 1%+0.6% | 10 | 1.4×10 ⁷ | 0.0 ^{※1} | 1% | 10×10 | 8.4×10 ⁵ | 3.9×10 ⁻⁶ |
| 47 | Am-242m | 1.1×10 ¹¹ | 8.5×10 ⁹ | 1%+0.6% | 10×10 | 1.4×10 ⁶ | 1.3×10 ⁻² | 1%+0.6% | 10 | 1.4×10 ⁷ | 6.6×10 ⁸ | 1% | 10×10 | 8.5×10 ⁵ | 7.9×10 ⁻³ |
| 48 | Am-243 | 1.9×10 ¹⁰ | 1.5×10 ⁹ | 1%+0.6% | 10×10 | 2.4×10 ⁵ | 2.5×10 ⁻³ | 1%+0.6% | 10 | 2.4×10 ⁶ | 1.3×10 ⁸ | 1% | 10×10 | 1.5×10 ⁵ | 1.6×10 ⁻³ |
| 49 | Cm-242 | 8.7×10 ¹⁰ | 7.0×10 ⁹ | 1%+0.6% | 10×10 | 1.1×10 ⁶ | 1.6×10 ⁻³ | 1%+0.6% | 10 | 1.1×10 ⁷ | 5.1×10 ⁶ | 1% | 10×10 | 7.0×10 ⁵ | 1.0×10 ⁻³ |
| 50 | Cm-243 | 6.0×10 ¹⁰ | 4.8×10 ⁹ | 1%+0.6% | 10×10 | 7.7×10 ⁵ | 5.9×10 ⁻³ | 1%+0.6% | 10 | 7.7×10 ⁶ | 2.5×10 ⁸ | 1% | 10×10 | 4.8×10 ⁵ | 3.7×10 ⁻³ |
| 51 | Cm-244 | 8.0×10 ¹¹ | 6.4×10 ¹⁰ | 1%+0.6% | 10×10 | 1.0×10 ⁷ | 6.7×10 ⁻² | 1%+0.6% | 10 | 1.0×10 ⁸ | 2.2×10 ⁹ | 1% | 10×10 | 6.4×10 ⁶ | 4.2×10 ⁻² |
| 52 | Cm-245 | 1.1×10 ⁸ | 8.7×10 ⁶ | 1%+0.6% | 10×10 | 1.4×10 ³ | 1.4×10 ⁻⁵ | 1%+0.6% | 10 | 1.4×10 ⁴ | 1.1×10 ⁶ | 1% | 10×10 | 8.7×10 ² | 9.0×10 ⁻⁶ |
| 53 | Cm-246 | 2.4×10 ⁶ | 1.9×10 ⁵ | 1%+0.6% | 10×10 | 3.1×10 ¹ | 3.2×10 ⁻⁷ | 1%+0.6% | 10 | 3.1×10 ² | 0.0 ^{※1} | 1% | 10×10 | 1.9×10 ¹ | 2.0×10 ⁻⁷ |
| 合計 | | 8.4×10 ¹³ | 6.7×10 ¹² | — | — | 9.6×10 ⁹ | 1.8×10 ⁰ | — | — | 1.9×10 ¹⁰ | 8.4×10 ¹⁰ | — | — | 9.2×10 ⁹ | 1.1×10 ⁰ |

※1 IAEA-TECDOC-1162 に換算係数の数値がない核種については、地表沈着した放射性物質からのガンマ線による外部被ばく及び再浮遊した放射性物質の吸入摂取による内部被ばくに係る実効線量への寄与が小さいと考えられるため、Cs137換算の放射性物質放出量は0Bqとした。

※2 燃料デブリを切断、粉碎したときに発生する粉体量から放射性物質の数量を算出した(参考資料3-5参照)。

※3 ガス状の放射性物質を除き、コンクリートセル及び建屋の除染係数を考慮した。

分析作業によって発生する粉体量について

1. 概要

コンクリートセルでは、燃料デブリ等の切断及び粉砕を行う。事故時の線量評価又は放出量評価における気相への放射性物質の移行量を評価するため、燃料デブリ等の切断及び粉砕によって発生する粉体量を評価する。

2. 評価条件

第2棟に受入れる燃料デブリ等（以下「受入物」という。）、切断条件、粉体量の評価方法を以下に示す。

(1) 受入物

- ・ 重量：■
- ・ 密度※：11g/cm³
- ・ 形状：立方体（1辺 ■）

※密度は、UO₂の理論密度（10.96g/cm³）から設定した。

（参考文献）R. D. Carter, G. R. Kiel and K. R. Ridgway “Criticality Handbook - Volume I” ARH-600 Vol. I, Atlantic Richfield Hanford Co. (1968)

(2) 切断条件

受入物から3つのブランク試料を切り出した後、各ブランク試料から分析試料を切り出す。

以下の手順で受入物を切断する。切断フローを図 2. 14. 8. 3-7 に示す。

- ① 受入物からブランク試料を含む塊を切り出す。
- ② 塊からブランク試料を切り出す。
- ③ ブランク試料から試験片及び分析試料を切り出す。
- ④ 試験片から分析試料を切り出す。

切断により切り出す分析試料の重量を表 2. 14. 8. 3-20 に示す。

表 2.14.8.3-20 切断により切り出す分析試料の重量

| 分析試料の種類 | 重量 [g] |
|-------------------------|--------|
| 粉体化用試料 | ■ |
| 水素濃度測定用試料 | |
| 蛍光 X 線分析装置 (XRF) 用試料 | |
| H-3/C-14 分析用試料※ | |
| I-129 分析用試料※ | |
| 塩素抽出用試料※ | |
| 光学顕微鏡観察用試料 | |
| 電子線マイクロアナライザ (EPMA) 用試料 | |
| 硬さ試験用試料 | |
| 全有機体炭素 (TOC) 分析用試料 | |
| 水分測定用試料 | |

※：粉砕により発生する粉砕片から採取する可能性もあるが、保守的に切断による採取を想定した。

(3) 粉体量の評価方法

① 切断

1 回の切断で発生する粉体量を以下の式で算出する。切断刃厚を ■■■■ として評価を行う。

$$\text{粉体量 (g)} = \text{切断長さ (cm)} \times \text{切断厚さ (cm)} \times \text{切断刃厚 (cm)} \times \text{受入物密度 (g/cm}^3\text{)}$$

② 粉砕

切断により切り出した粉体化用試料■■■■の全量を粉砕して粉体とする。

3. 評価結果

表 2.14.8.3-21 に示した計算根拠のとおり、粉体発生量は■■■■と評価した。事故時の線量評価又は放出量評価では、保守的な評価となるようコンクリートセルにおける粉体発生量を■■■■と仮定し評価を行なう。なお、鉄セル、グローブボックス、フードにおいては、最大取扱量の全量が粉体化したと想定し、事故時の線量評価又は放出量評価を行なう。

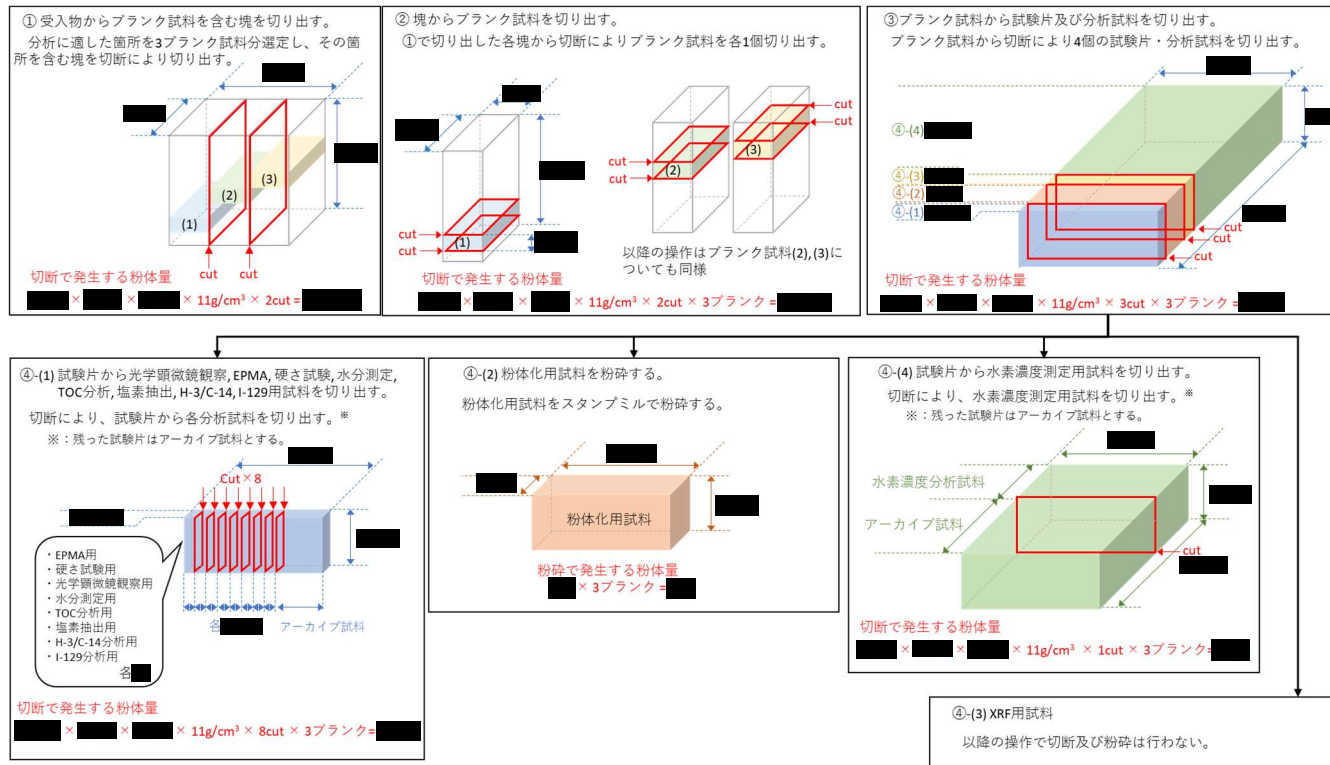


図 2. 14. 8. 3-7 切断フロー

表 2. 14. 8. 3-21 粉体発生量の計算根拠

| 操作 | 粉体発生量の計算式 | 粉体発生量 [g] |
|---|--|-----------|
| ① 受入物からブランク試料を含む塊を切り出す。 | $\text{[]} \times \text{[]} \times \text{[]} \times 11\text{g/cm}^3 \times 2\text{cut}$ | [] |
| ② 塊からブランク試料を切り出す。 | $\text{[]} \times \text{[]} \times \text{[]} \times 11\text{g/cm}^3 \times 2\text{cut} \times 3\text{ブランク}$ | |
| ③ ブランク試料から試験片及び分析試料を切り出す。 | $\text{[]} \times \text{[]} \times \text{[]} \times 11\text{g/cm}^3 \times 3\text{cut} \times 3\text{ブランク}$ | |
| ④-(1) 試験片から光学顕微鏡観察, EPMA, 硬さ試験, 水分測定, TOC分析, 塩素抽出, H-3/C-14, I-129用試料を切り出す。 | $\text{[]} \times \text{[]} \times \text{[]} \times 11\text{g/cm}^3 \times 8\text{cut} \times 3\text{ブランク}$ | |
| ④-(2) 粉体化用試料を粉砕する。 | $\text{[]} \times 3\text{ブランク}$ | |
| ④-(4) 試験片から水素濃度測定用試料を切り出す。 | $\text{[]} \times \text{[]} \times \text{[]} \times 11\text{g/cm}^3 \times 1\text{cut} \times 3\text{ブランク}$ | |
| 合計 | ① + ② + ③ + {④-(1)} + {④-(2)} + {④-(3)} + {④-(4)} | |