

## 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 JEAG4601-1987」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、安全上重要な施設(コンクリートセル及び試料ピット)に対する波及的影響について評価した。

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, 5t)の計2基のクレーンの配置を計画している。定格荷重20tは「クレーン機器重量約16t, 吊荷荷重20t」、定格荷重5tは「クレーン機器重量約2.5t, 吊荷荷重5t」となる。建屋の耐震設計では、クレーン構造規格や建築物荷重指針・同解説により、吊荷重量を除きクレーン機器重量を考慮して評価をしており、耐震性に問題ないことを確認した。

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。

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

① 津波 (別紙-6 参照)

第2棟は津波が到達しないと考えられる T.P. +約 40 m に建設し、検討用津波(T.P. 22.6 m)での遡上評価でも津波は到達しない。

② 豪雨

第2棟は屋根面等が適切に排水できる設計とする。

③ 積雪

積雪時に係る建屋の設計は、建築基準法及び関係法令、福島県建築基準法施行細則第19条に基づく積雪荷重(積雪量: 30cm, 単位荷重 20N/m<sup>2</sup>/cm)に耐えられる構造とする。なお、その積雪荷重は、その地方における垂直積雪量を考慮したものとする。

④ 落雷 (別紙-7 参照)

第2棟は施設の安全性が損なわれないように、「建築基準法」、「関係法令」及び「JIS A 4201 (建築物等の雷保護)」に基づき落雷防護のために避雷針等を設置する設計とする。

⑤ 台風 (強風・高潮)

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

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

⑥ 竜巻 (飛来物含む) (別紙-8 参照)

過去に発生した竜巻の最大風速に不確かさを考慮して 100m/s と設定し、竜巻荷重、飛来物及び竜巻随件事象を耐えられる設計とする。

⑦ 凍結

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

⑧ 紫外線

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

⑨ 高温

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

⑩ 生物学的事象

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

⑪ 地滑り（別紙-9 参照）

第2棟は斜面からの離隔を確保し、地滑りのおそれがない位置に設置する設計とする。

⑫ 火山の影響（別紙-10 参照）

コンクリートセル（給排気弁含む）及び試料ピットは第2棟建屋内に設置されていることから、火山事象により安全機能を損なう恐れはない。なお、火山の影響により第2棟に火山灰が降下してきた場合は、屋上階の降灰をシャベル、塵取り等を用いて除去する。また、火山灰により建屋の給気フィルタに目詰まりが生じた場合は給気フィルタを交換し、目詰まりを解消する。火山灰の降灰により送電線が切断され、外部電源の喪失が発生した場合は、非常用電源設備から給電し、監視設備等の機能を確保する設計とする。

⑬ その他

i) 外部火災（別紙-11 参照）

第2棟で想定される外部火災である「森林火災」、「産業施設の火災・爆発」及び「航空機落下による火災」の影響を評価し、それに耐えられる設計とする。

ii) 内部火災（別紙-12 参照）

第2棟は火災に対して、「火災の発生防止」、「火災の検知及び消火」及び「火災影響の軽減」の3方策を適切に組み合わせた措置を講ずる設計とする。

iii) 内部溢水

コンクリートセル及び試料ピットは第2棟の1階に設置されており、セル周囲に対して最大の溢水源となる消火設備による放水を全量実施しても、水位は約0.4 mとなり水没しない。万が一、水没しても試料ピットの臨界評価は保守的に評価するため、水没状態で評価を実施しており、水没状態でも臨界には達せず、「臨界防止機能」は損なわれない。

また、コンクリートセルはコンクリート造であり、放水によって破損する恐れはないため、「遮へい機能」は維持される。

コンクリートセル給排気弁は2階及び中地下1階に設置されているため、放水した水は階段等から流出し、中地下1階よりも低い地下1階レベルとなるため水没しない。また、空気作動のフェイルクローズ弁としているため、消火設備の放水によって、電気系または圧縮空気系の不具合が発生して負圧維持機能を喪失しても、自動的に弁が閉止し、構造による「閉じ込め機能」は維持される。

（中略）



## 第 2 棟の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価について

## 1. 第 2 棟の建屋及び地盤の概要

第 2 棟の建屋は直接基礎で人工岩盤を介して T.P. +約 24.0m(G.L. -約 16.0m)の新第三紀富岡層(砂質泥岩, シルト岩, 砂岩)に支持する設計である。なお, 人工岩盤はコンクリート( $F_c=18\text{N}/\text{mm}^2$ ), 厚さ約 5.4mである。

第 2 棟の周辺地盤は, 第四紀の段丘堆積物の下層に基盤となる新第三紀富岡層が分布し, 概ね水平成層であることを確認している。

## 2. 評価方針

第 2 棟の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価は「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」のすべり面法等の慣用法による検討に基づき, 以下に示す事項を確認する。

- ・ 基礎地盤の安定性評価(基礎地盤のすべり, 基礎の支持力, 基礎底面の傾斜)
- ・ 周辺地盤の変状による影響評価
- ・ 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価
- ・ 周辺斜面の安定性評価

評価にあたっては, 第 2 棟の設置に係る実施計画変更認可申請は, 「令和 3 年 2 月 13 日の福島県沖の地震を踏まえた東京電力福島第一原子力発電所の耐震設計における地震動とその適用の考え方」策定前の申請であり, 現時点において設計は概ね完了していること, また, 第 2 棟の S クラス設備は, 当該設備の機能喪失時の被ばく影響から直接的に選定したものではなく, 臨界安全上の観点から選定したものであることから, 簡易的な手法として「Ss900 による建屋の耐震性評価結果」等を用いた評価を実施する。なお, 現在福島第一原子力発電所において実施中の敷地内ボーリング調査において, 当該施設の設計に反映すべき知見等が得られた場合は, 必要な措置を実施するものとする。

## 3. 安定性評価

## 3. 1 基礎地盤のすべり

## (1) 評価方法

第 2 棟建屋基礎と人工岩盤はコンクリート同士となることから, 「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」に示される滑動の評価式より算定した基礎と人工岩盤間のせん断抵抗力が, Ss900 地震動による第 2 棟建屋基礎底面に作用するせん断力が, 評価基準値以上であることを確認する。

$$\text{滑動抵抗力 } H_u = C \times A + V \times \tan \phi$$

表 2. 14. 2. 1-89 記号の説明及び数値

記号	記号内容	値	単位
C	底面と地盤との間の粘着力	0.36	(N/mm <sup>2</sup> )
A	底面の有効載荷面積	932.48	(m <sup>2</sup> )
V	底面に作用する鉛直力	171241	(kN)
tan φ	摩擦係数	0.6	—

(2) 評価条件

① 底面と地盤との間の粘着力(C)

独立行政法人原子力安全基盤機構による基礎と均しコンクリート間の付着力試験の結果<sup>※1</sup>(以下「JNES 報告書」という。)では付着力(引張強度)は 0.6(N/mm<sup>2</sup>)程度とされていることから、本検討で用いる粘着力は、JNES 報告書の付着力試験の結果を用い、引張方向の付着力( $\sigma = -0.6$ )と摩擦係数( $\tan \phi = 0.6$ )との関係から垂直応力  $\sigma = 0$  の時のせん断強度として  $0.6 \times 0.6 = 0.36$ (N/mm<sup>2</sup>)と設定する。設定した粘着力は、モールの応力円の包絡線から求まる粘着力と比較して保守的である。

※1 独立行政法人原子力安全基盤機構「原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査 原子力施設の非線形地盤・構造物相互作用試験及び基準整備基礎浮上り評価手法の調査に係る報告書(平成 18 年度)」

② 底面の有効載荷面積(A)

第 2 棟建屋の基礎底面積(1504 m<sup>2</sup>)とする。また、建屋の地震応答解析の最小接地率(62%)<sup>※2</sup>を考慮して保守的に設定する。

$$\begin{aligned} A &= 1504(\text{m}^2) \times 62(\%) \\ &= 932.48(\text{m}^2) \end{aligned}$$

※2 参考資料 1-1「放射性物質分析・研究施設第 2 棟に係る実施計画の変更認可申請について(Ss900 による耐震評価)<参考③>接地率の算定結果」

③ 底面に作用する鉛直力(V)

基礎底面に作用する鉛直力は建屋総重量(358241kN)とする。また、建屋の地震応答解析の上向き鉛直力(187000kN)を考慮して保守的に設定する。

$$\begin{aligned} V &= 358241(\text{kN}) + -187000(\text{kN}) \\ &= 171241(\text{kN}) \end{aligned}$$

④ 底面と地盤との間の摩擦角(φ)

基礎と人工岩盤間の摩擦係数は、「道路橋示方書・同解説((社)日本道路協会)」における摩擦係数の値を参考に、0.6 とする。

(3) 評価結果

第2棟建屋の基礎と人工岩盤間の滑動の評価結果を表2.14.2.1-90に示す。評価の結果、基礎底面に作用するせん断力よりも基礎と人工岩盤間のせん断抵抗力が、評価基準値<sup>※1</sup>以上であることを確認した。

表 2.14.2.1-90 基礎底面のみによる滑動の検討結果

(単位：kN)

①基礎底面に作用する水平地震力 H	②滑動抵抗力 Hu	安全率 (②/①)	評価基準 <sup>※1</sup>
1.80×10 <sup>5</sup>	4.38×10 <sup>5</sup>	2.43	2.0以上

※1 「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」原子炉建屋基礎地盤のすべりに対する評価基準値(すべり面法)

3.2 基礎の支持力

(1) 評価方法

「Ss900による建屋の耐震性評価結果」による接地圧の評価結果にて確認する。

(2) 評価結果

接地圧の評価結果を表2.14.2.1-91、表2.14.2.1-92に示す。評価の結果、評価基準値<sup>※1</sup>を超えないことを確認した。

表 2.14.2.1-91 接地圧一覧(Ss900-①<sup>※2</sup>)

(単位：kN/m<sup>2</sup>)

上下動	NS 方向	EW 方向	評価基準 <sup>※2</sup>
上向き	1697	650	3000 以下
下向き	839	722	

表 2.14.2.1-92 接地圧一覧(Ss900-②<sup>※2</sup>)

(単位：kN/m<sup>2</sup>)

上下動	NS 方向	EW 方向	評価基準 <sup>※2</sup>
上向き	335	353	3000 以下
下向き	526	521	

※1 極限鉛直支持力度は、建築基準法施行令の地盤の許容応力度(岩盤)より「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を参考に設定する。

なお、ボーリング調査結果から第2棟の支持層(新第三紀富岡層)の地盤の極限鉛直支持力度を建築基準法の支持方式より算出すると極限鉛直支持力度は19785(kN/m<sup>2</sup>)となる。本評価では保守的に建築基準法の地盤の許容応力度(岩盤)から算定した極限鉛直支持力度3000(kN/m<sup>2</sup>)を採用する。

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

### 3.3 基礎底面の傾斜

#### (1) 評価概要

第2棟建屋の地震応答解析の接地圧評価において発生する建屋基礎の傾斜が、**評価基準値以下**であることを確認する。

#### (2) 評価方法

「Ss900による建屋の耐震性評価結果」の最大接地圧NS方向(1697 kN/m<sup>2</sup>),EW方向(722kN/m<sup>2</sup>)を算定した地震応答解析結果より、最大接地圧の**算出過程で使用する**建屋基礎底面の地盤ばねの回転角**から**建屋の傾斜が最大となる角度を算定する。算定した角度より変位を算出して建屋基礎の傾斜を評価する。最大接地圧時の建屋基礎底面の地盤ばねの回転角を表2.14.2.1-93に示す。

表 2.14.2.1-93 最大接地圧時の建屋基礎底面地盤ばねの回転角

	最大接地圧(kN/m <sup>2</sup> )	回転角(rad)
NS 方向	1697	4.232×10 <sup>-4</sup>
EW 方向	722	2.451×10 <sup>-4</sup>

最大接地圧時の建屋基礎底面地盤ばねの回転角より、地震時の変位δを算出する。算出した地震時の変位δより、建屋基礎の傾斜を算定する。評価の概念図を図2.14.2.1-64に示す。

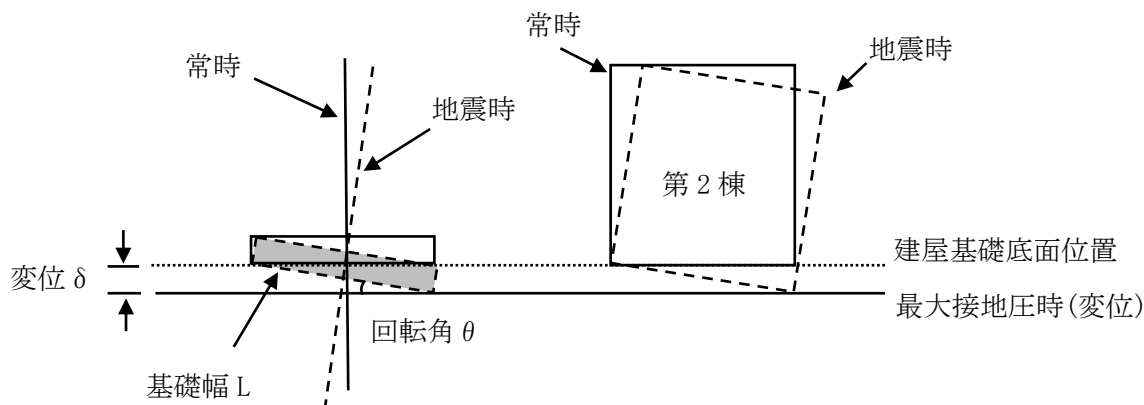


図 2.14.2.1-64 地震時の変位δ算出の考え方

2.14.2.1-110

$$\text{NS 方向(傾斜)} \quad \delta_1/L_1 = L_1 \times \sin \theta_1/L_1 = 4.23 \times 10^{-4} \quad \dots 1/2300$$

$$\text{EW 方向(傾斜)} \quad \delta_2/L_2 = L_2 \times \sin \theta_2/L_2 = 2.45 \times 10^{-4} \quad \dots 1/4000$$

表 2.14.2.1-94 記号の説明及び数値

記号	記号内容	値	単位
L <sub>1</sub>	建屋基礎幅(NS 方向)	40.0	(m)
L <sub>2</sub>	建屋基礎幅(EW 方向)	37.6	(m)
θ <sub>1</sub>	回転角(NS 方向)	4.232 × 10 <sup>-4</sup>	(rad)
θ <sub>2</sub>	回転角(EW 方向)	2.451 × 10 <sup>-4</sup>	(rad)
δ <sub>1</sub>	鉛直方向変位(NS 方向)	1.69 × 10 <sup>-2</sup>	(m)
δ <sub>2</sub>	鉛直方向変位(EW 方向)	0.92 × 10 <sup>-2</sup>	(m)

### (3) 評価結果

建屋基礎の傾斜の評価結果を表 2.14.2.1-95 に示す。評価の結果、評価基準値(1/2000)以下であることを確認した。

表 2.14.2.1-95 建屋基礎の傾斜(最大値)

	建屋基礎の傾斜(最大値)	評価基準
NS 方向	1/2300	1/2000 以下
EW 方向	1/4000	

### 3.4 周辺地盤の変状による影響評価

第2棟は、十分な支持性能を有する地盤(新第三紀富岡層)に人工岩盤(コンクリート)を介して支持されており、第2棟以外に耐震設計上の重要度分類Sクラスの機器・配管系及びそれらを支持する建物・構造物はないことから、周辺地盤の変状(不等沈下、液状化、揺すり込み沈下等)による影響を受けるおそれはない。

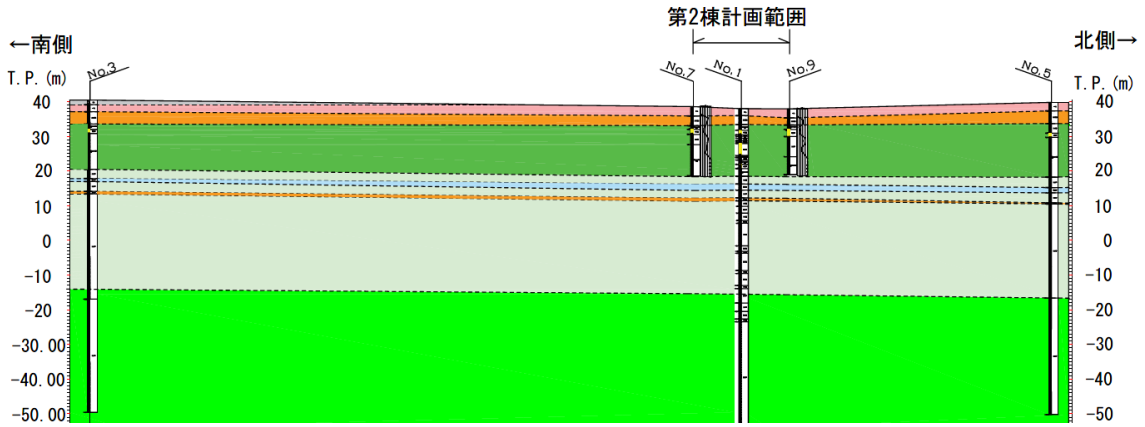


図2. 14. 2. 1-65 地質断面図(南北方向)

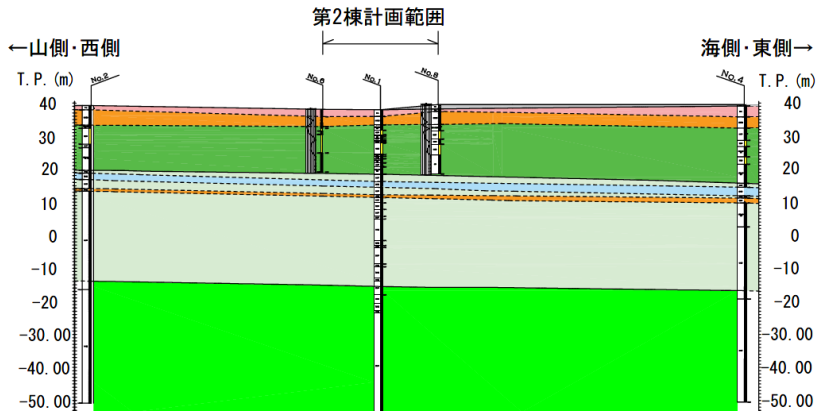


図2. 14. 2. 1-66 地質断面図(東西方向)

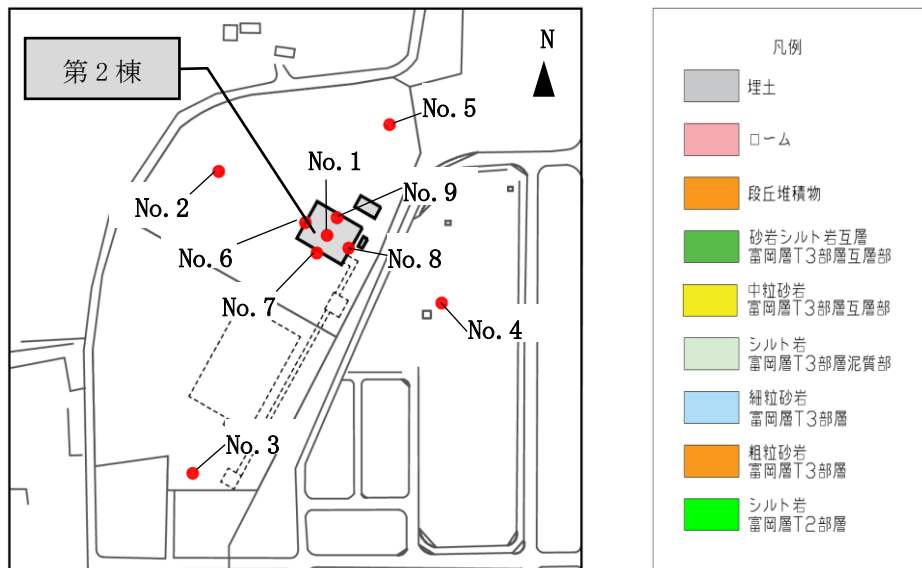


図2. 14. 2. 1-67 地質断面図(調査位置, 凡例)

### 3. 5 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価

福島第一原子力発電所と同様な地殻に原子力施設を設置している近県他施設の審査事例において、太平洋側のプレート間地震をモデルとした地殻変動の傾斜影響は基準地震動による最大傾斜に比べ十分小さい。このため、地殻変動による影響は建屋基礎底面の傾斜を十分下回ると考えられるため、地殻変動による基礎地盤の変形の影響はないと判断する。

表 2. 14. 2. 1-96 地殻変動による最大傾斜の影響

	地震発生様式	①地殻変動による最大傾斜	②評価基準値
宮城県	プレート間地震※ <sup>1</sup>	1/41000※ <sup>2</sup>	1/2000
茨城県	プレート間地震※ <sup>1</sup>	1/17000※ <sup>3</sup>	

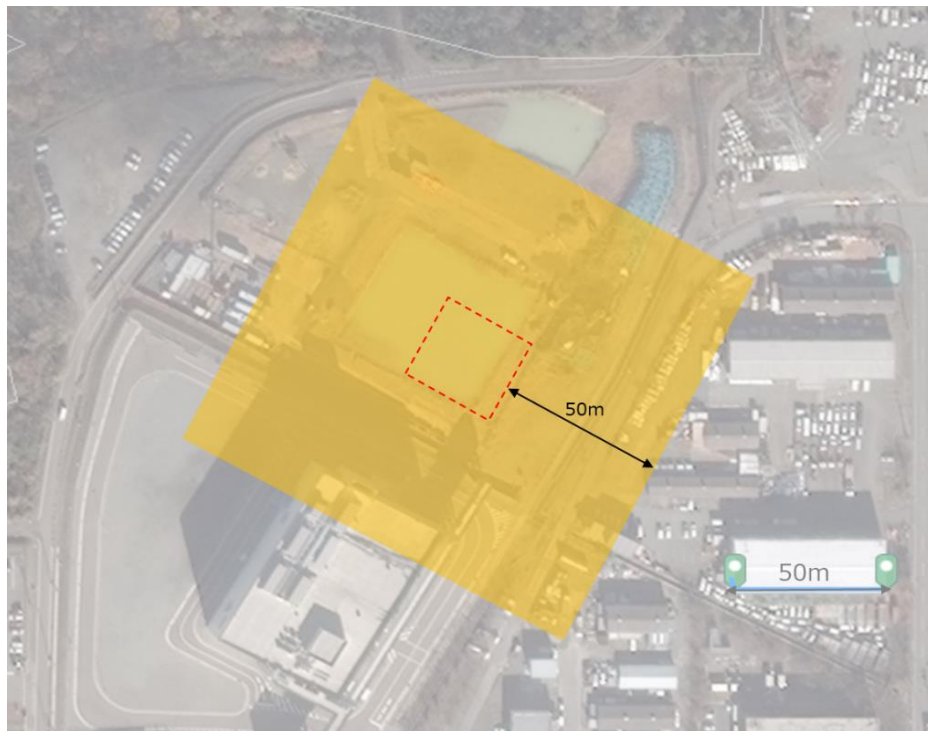
※<sup>1</sup> プレート間地震：2011年東北地方太平洋沖型地震の震源を基本としたモデル

※<sup>2</sup> 女川原子力発電所2号炉 基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価について

※<sup>3</sup> JRR-3 原子炉建屋の地殻変動による影響評価(不確かさを考慮したモデル)

### 3. 6 周辺斜面の安定性評価

「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」において評価対象とすべき斜面は「斜面のり尻から原子炉建屋との離隔距離が約50m以内の斜面、あるいは斜面の高さの約1.4倍以内の斜面」とされており、第2棟の周辺には評価対象とすべき斜面は存在しないことから、周辺斜面の影響はないことを確認した。



「Satellite Image (C) [2022] Maxar Technologies.」

図2. 14. 2. 1-68 第2棟から50mの範囲(黄色部分)



<参考③> 接地率の算定結果

一部改訂 22

■ 算定結果

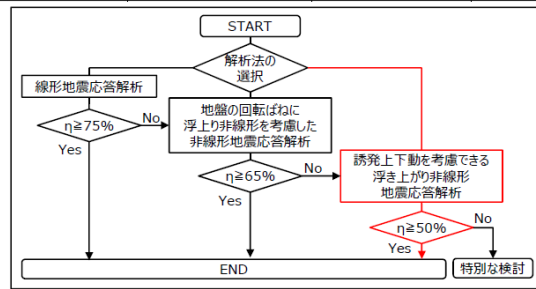
➢ 接地率(η)は、最小で62%(NS方向)であり、基礎浮き上がり評価の手順\*である誘発上下動を考慮した非線形地震応答解析の適用範囲内であることを確認した。

(1) Ss900-①

評価項目	評価基準	EW方向	NS方向
接地率η	η≧50%	80%	62%

(2) Ss900-②

評価項目	評価基準	EW方向	NS方向
接地率η	η≧50%	100%	97%



※基礎浮き上がり評価の手順



図 2. 14. 2. 1-69 接地率の算定結果

1-9. 地盤ばねの設定

9

■ 地盤ばねの算定

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

<Ss900-①>

	水平		回転	
	地盤ばね定数K (kN/m)	減衰係数C (kN・s/m)	地盤ばね定数K (kN・m/rad)	減衰係数C (kN・m・s/rad)
NS方向	2.97×10 <sup>7</sup>	1.01×10 <sup>6</sup>	1.31×10 <sup>10</sup>	1.68×10 <sup>8</sup>
EW方向	2.94×10 <sup>7</sup>	1.03×10 <sup>6</sup>	1.43×10 <sup>10</sup>	2.12×10 <sup>8</sup>
鉛直	地盤ばね定数K (kN/m)		減衰係数C (kN・s/m)	
	UD方向	5.76×10 <sup>7</sup>	2.47×10 <sup>6</sup>	

<Ss900-②>

	水平		回転	
	地盤ばね定数K (kN/m)	減衰係数C (kN・s/m)	地盤ばね定数K (kN・m/rad)	減衰係数C (kN・m・s/rad)
NS方向	3.33×10 <sup>7</sup>	1.06×10 <sup>6</sup>	1.47×10 <sup>10</sup>	1.74×10 <sup>8</sup>
EW方向	3.36×10 <sup>7</sup>	1.12×10 <sup>6</sup>	1.63×10 <sup>10</sup>	2.27×10 <sup>8</sup>
鉛直	地盤ばね定数K (kN/m)		減衰係数C (kN・s/m)	
	UD方向	6.53×10 <sup>7</sup>	2.62×10 <sup>6</sup>	



図 2. 14. 2. 1-70 地盤ばねの設定  
(中略)

2. 14. 2. 1-114

## 第2棟 20t 天井クレーンの波及的影響評価について

### 1. 20t 天井クレーンの概要

第2棟の20t 天井クレーン(以下「20t クレーン」という。)は図2.14.2.5-1及び図2.14.2.5-2に示すように、ローディングドック、コンクリートセルの上部に設置するクラブトロリ式天井クレーンである。

20t クレーンは、耐震Sクラスのコンクリートセルの上部を走行することから、地震により落下した場合には波及的影響を及ぼすおそれがある。このため、Ss900地震により20t クレーンの波及的影響防止について評価する。評価は「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を参考に、Ss900地震時の建屋の応答結果(R階の加速度応答スペクトル)を元に、20t クレーンに生じる地震力を算定し耐震性の検討を行う。

### 2. 一般事項

#### 2.1 配置概要

20t クレーンはR階レベルに設置され、巻上装置と横行装置を備えたクラブトロリ(トロリ)、トロリが横行するための2本の桁(以下「クレーンガーダ」という。)、ローディングドックからコンクリートセル間を走行するためのレール(以下「ランウェイガーダ」という。)によって構成する。

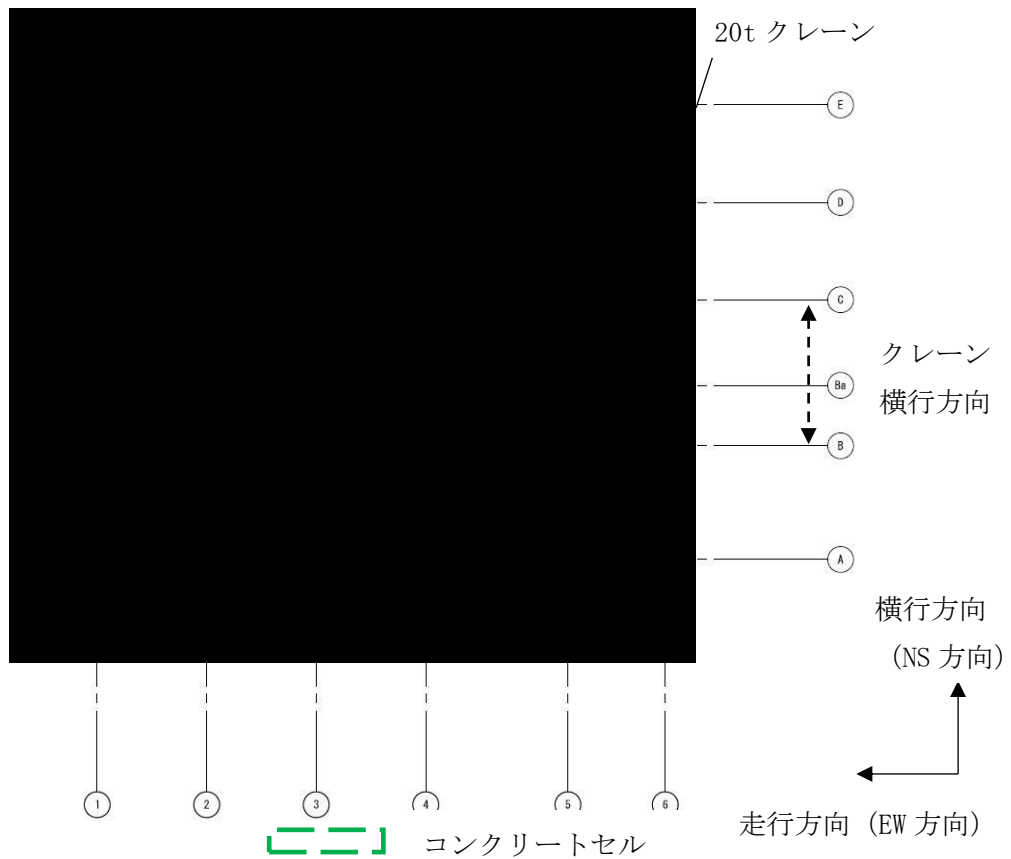


図 2. 14. 2. 5-1 20t クレーン配置図(平面図)

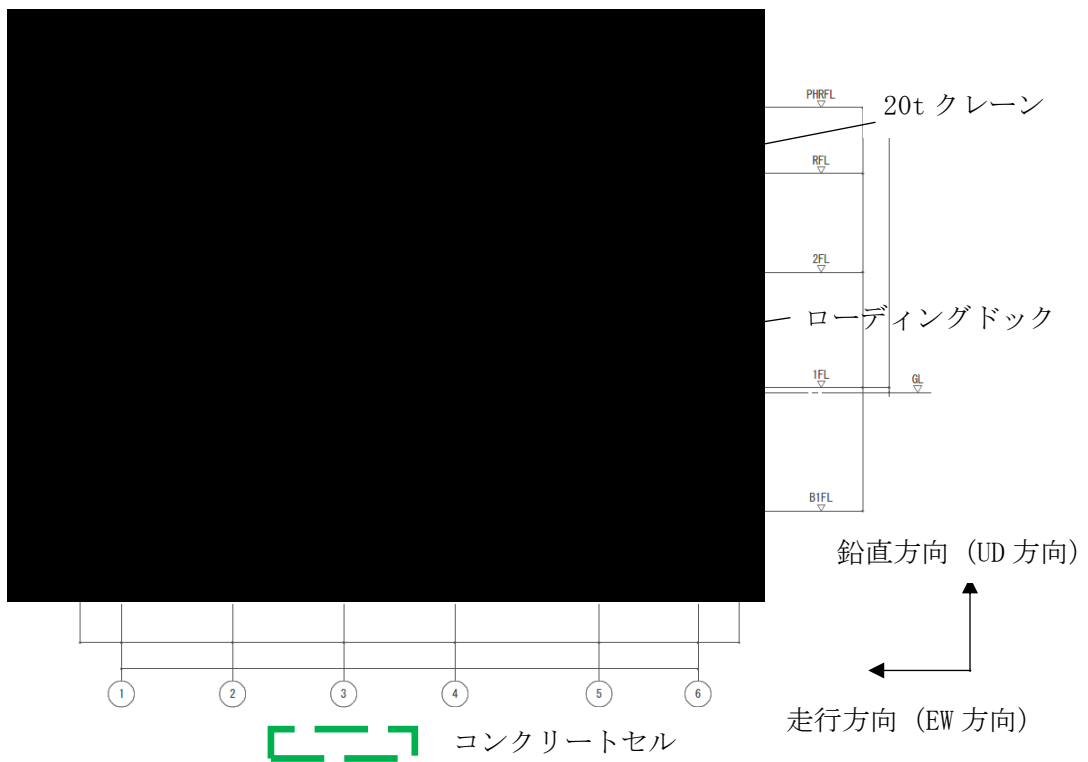


図 2. 14. 2. 5-2 20t クレーン配置図(断面図 Ba-B 通り間)

2.2 構造計画

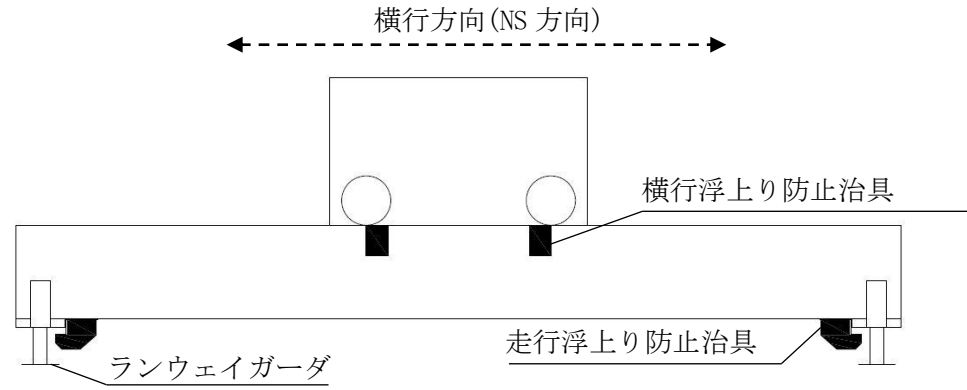
クレーンの構造計画を表 2.14.2.5-1 に示す。

表 2.14.2.5-1 クレーンの構造計画

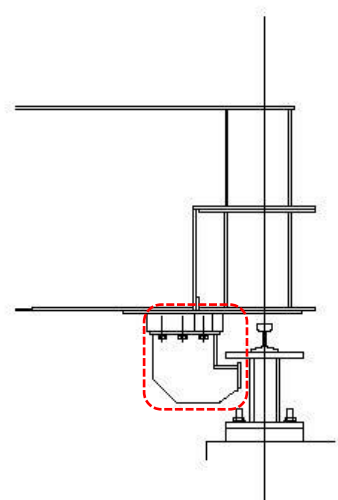
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
クレーンは第 2 棟に設置されたランウェイガーダにより支持され、トロリはクレーンガーダにより支持される。	クレーン本体 (ガーダ、トロリ、サドル)	<p>20t クレーン概要図(走行方向断面図)</p>

2.14.2.5-3

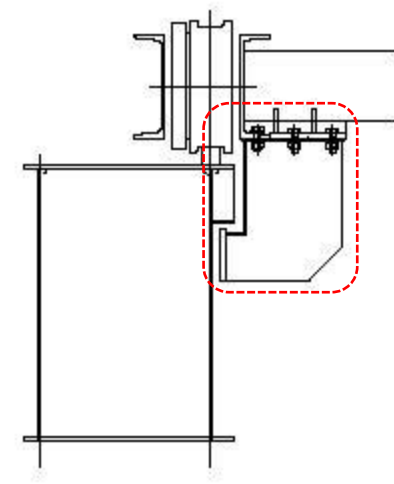
2. 14. 2. 5-4



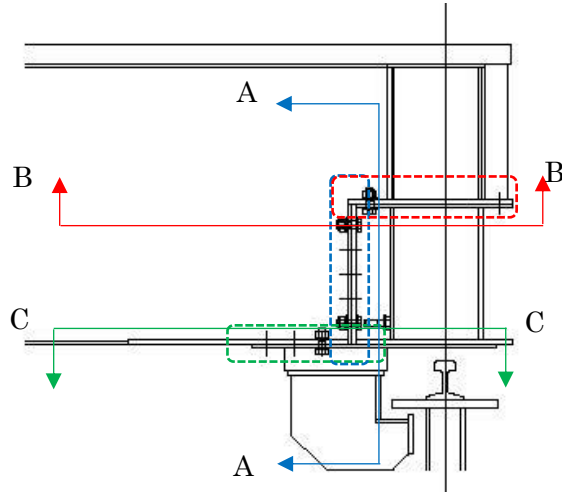
20t クレーン概要図 (横行方向断面図)



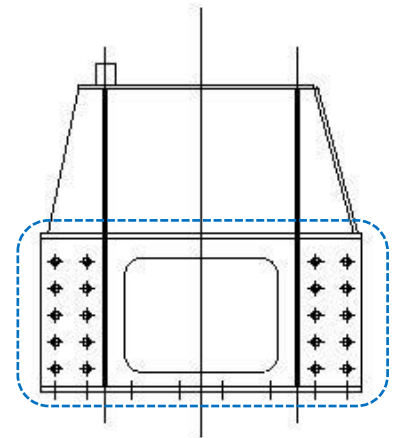
走行浮上り防止治具



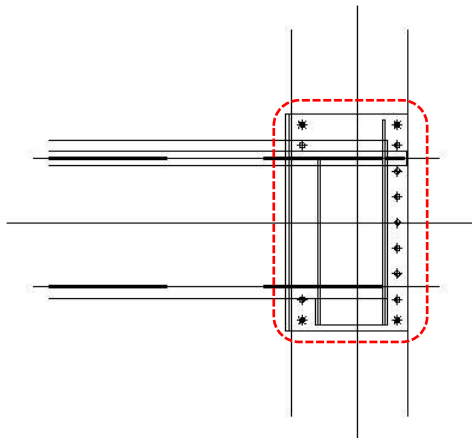
横行浮上り防止治具



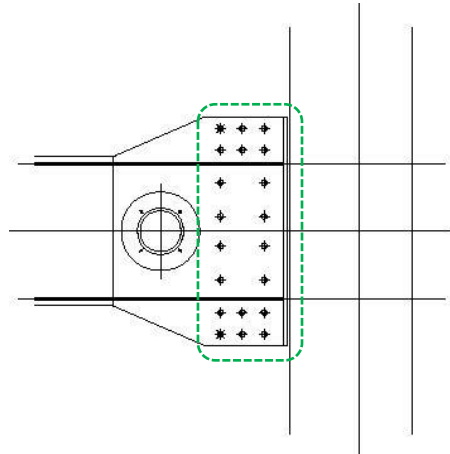
クレーンガーダ部詳細



A-A 断面(連結ボルト A 面)

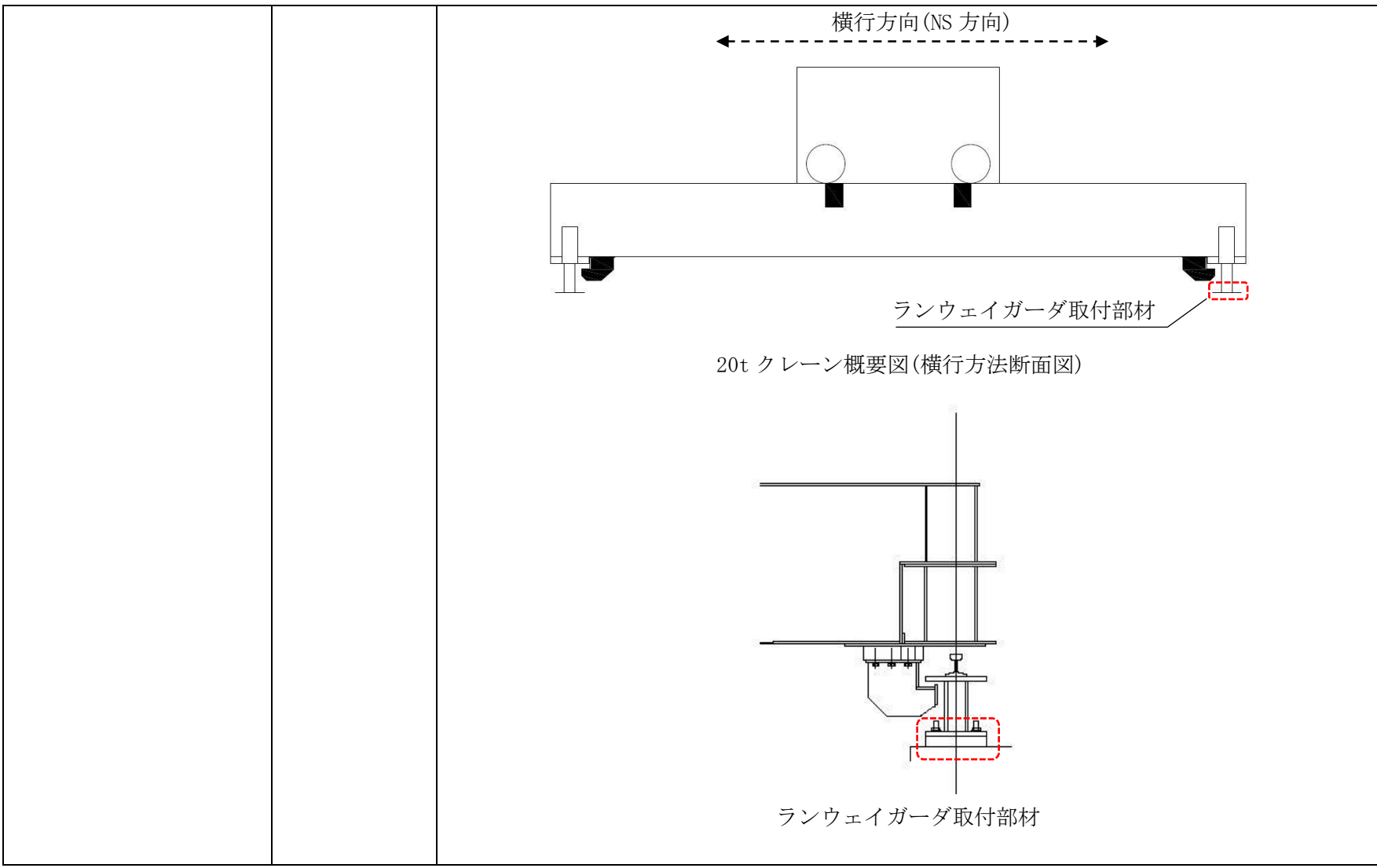


B-B 断面(連結ボルト B 面)



C-C 断面(連結ボルト C 面)

2. 14. 2. 5-6





### 2.3 評価方針

クレーンの応力評価は、「2.2 構造計画」にて示すクレーンの部位を踏まえ、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.3 解析モデル及び諸元」及び「4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく Ss900 地震動による応力等が、許容限界の範囲内に収まることを「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

クレーンの耐震評価フローを図 2.14.2.5-3 に示す。

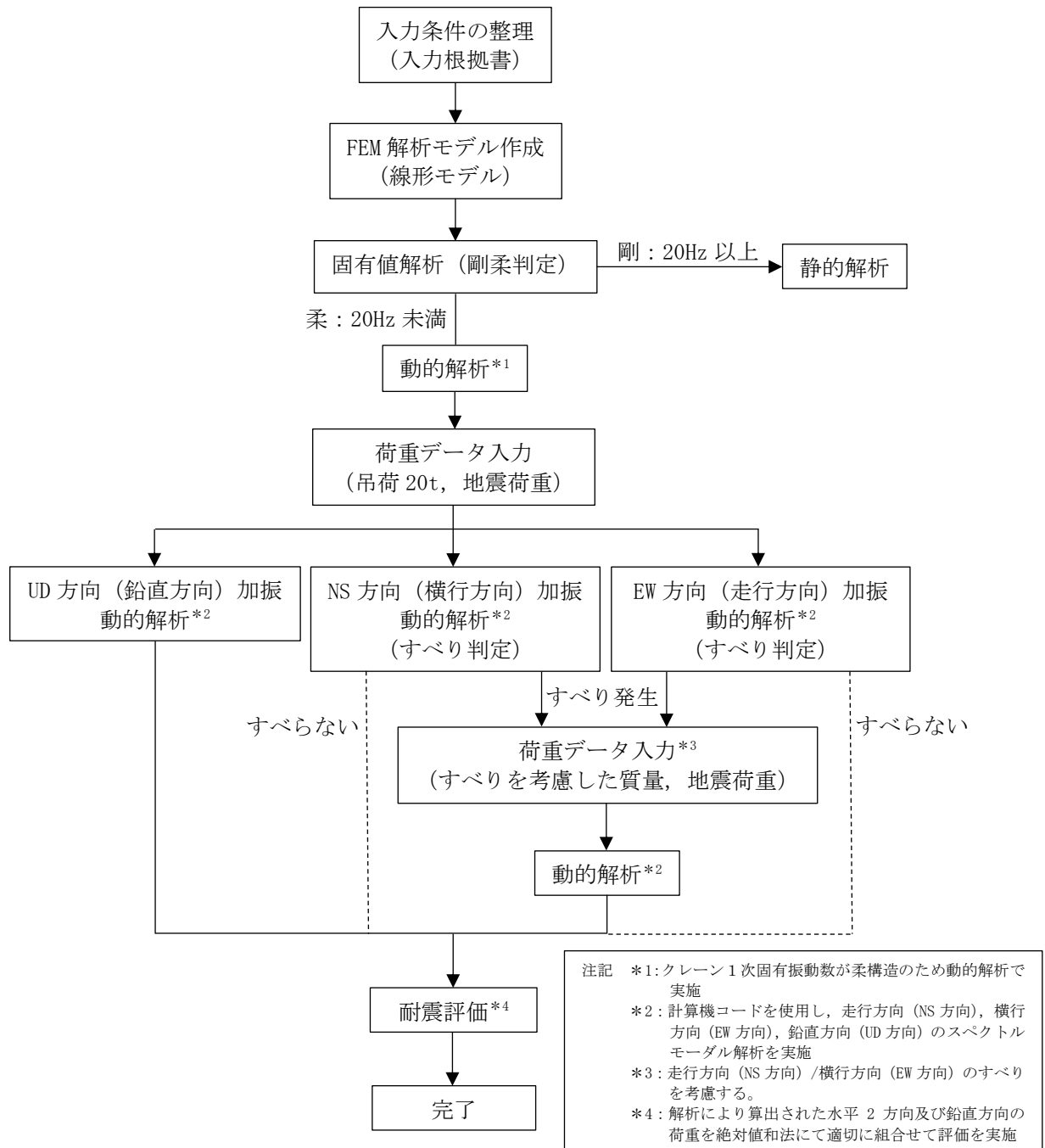


図 2.14.2.5-3 クレーンの耐震評価フロー

## 2.4 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準を以下に示す。

- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2005年版(2007年追補版含む。))JSME S NC1-2005/2007)((社)日本機械学会)(以下「設計・建設規格」という。)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601・補-1984, JEAG-1987及びJEAG4601-1991追補版)((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術規程(JEAC4601-2008)((社)日本電気協会)
- ・日本産業規格((財)日本規格協会)(以下「JIS」という。)
- ・鋼構造設計規準((社)日本建築学会)
- ・クレーン耐震設計指針(JCAS1101-2018)((社)日本クレーン協会)

## 2.5 評価に適用する確認用地震動

2021年9月8日の原子力規制委員会で示された耐震設計の考え方(2022年11月16日一部改訂)を踏まえ、本クレーンに適用する確認用地震動はSs900とする。

## 3. 評価部位

クレーンの耐震評価は、「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、クレーン及びトロリの落下により、コンクリートセルが損傷することを防止するため、クレーン本体、連結ボルト、走行／横行浮上り防止治具、ランウェイガード取付部材、吊具(ワイヤロープ及びフック)を対象に実施する。クレーンの耐震評価部位については、表2.14.2.5-1のクレーンの構造計画に示す。

## 4. 地震応答解析及び構造強度評価

### 4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) クレーン本体及びトロリは、各々ランウェイガード及びクレーンガード上に載っているため、地震時は走行／横行方向に対して、水平方向の荷重が最大静止摩擦力を上回る場合に車輪-ガード間ですべりが発生する。  
なお、クレーン及びトロリの車輪は各々4個であり、そのうち各々2個は摩擦を受ける駆動輪であり、他の2個は従動輪であるが、保守的に4個の車輪で摩擦を受けることとする。
- (2) すべりを考慮した荷重は、以下のとおり算定する。なお、鉛直方向の荷重は、すべりが発生しないことを踏まえ、全体質量にて固有値解析及び地震応答解析を行い算定する。
  - ① すべりを考慮しない地震応答解析より得られる鉛直方向の加速度(最大値)に最大静止摩擦係数( $\mu=0.3$ )を考慮した加速度、荷重をすべり判定値として、同解析より得られる水平方向の加速度、荷重(最大値)と比較する。
  - ② 判定値を超える場合、EW方向(走行方向)は全体質量に最大静止摩擦係数( $\mu=0.3$ )を乗じた質量、NS方向(横行方向)はトロリ(吊荷含む)の質量のみ最大静止摩擦係数( $\mu=0.3$ )を乗じた質量にて再度固有値解析及び地震応答解析を行い算定する。
- (3) 表2.14.2.5-2に示す評価ケースにて吊荷質量を考慮した評価を実施する。なお、部材断面検討において吊荷有の動的解析は吊荷無の動的解析より、鉛直動の荷重が大きく算出されるため、吊荷有の動的解析が保守的な検討であることから、本検討における吊荷無の動的解析による評価は省略する。

表 2.14.2.5-2 評価ケース

評価対象		クレーン本体，連結ボルト，走行／横行浮上り防止治具，ランウェイガード取付部材，吊具（ワイヤロープ及びフック）		
評価ケース No.		1	2	3
トロリ位置	中央	●		
	北側		●	
	南側			●

(4) 地震応答解析手法は，スペクトルモーダル解析及び静的解析を用いるものとし，解析結果より，各ケースにて求められた水平 2 方向と鉛直方向の力及びモーメントを絶対値和法にて組合せ，応力評価を実施する。

#### 4.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 4.2.1 荷重の組合せ及び供用状態

クレーン本体，連結ボルト，走行／横行浮上り防止治具，ランウェイガード取付部材の評価における荷重の組合せ及び供用状態について表 2.14.2.5-3 に示す。

##### 4.2.2 許容応力

クレーン本体，連結ボルト，走行／横行浮上り防止治具，ランウェイガード取付部材の許容応力を表 2.14.2.5-4 に示す。

表 2. 14. 2. 5-3 荷重の組合せ及び供用状態

耐震クラス	荷重の組合せ	供用状態
C (S s 9 0 0)	$D + P_D + M_D + S_s$	D s

表 2. 14. 2. 5-4 許容応力(その他の支持構造物)

供用状態	許容限界 (ボルト以外)				許容限界 (ボルト等)	
	1次応力				1次応力	
	引張	圧縮	曲げ	せん断	引張	せん断
D s	$1.5f_t^*$	$1.5f_c^*$	$1.5f_b^*$	$1.5f_s^*$	$1.5f_t^*$	$1.5f_s^*$

注) 応力の組合せが考えられる場合は、組合せ応力に対しても評価を行う。

#### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

使用材料の許容応力評価条件を表 2.14.2.5-5, 5-6 に示す。

表 2.14.2.5-5 許容応力評価条件

評価部位		使用材料	周囲環境 温度 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	min(1.2S <sub>y</sub> , 0.7S <sub>u</sub> ) (MPa)
クレーン本体		SS400* <sup>1</sup> (t ≤ 16mm)	60	237	389	272
連結ボルト A 面, B 面, C 面		F10T* <sup>2</sup>	60	870	967	676
走行浮上り 防止治具	爪	SS400* <sup>1</sup> (t ≤ 16mm)	60	237	389	272
	取付 ボルト	10.9T* <sup>2</sup>	60	909	1006	704
横行浮上り 防止治具	爪	SS400* <sup>1</sup> (t ≤ 16mm)	60	237	389	272
	取付 ボルト	10.9T* <sup>2</sup>	60	909	1006	704
ランウェイ ガード 取付部材	基礎 ボルト	SNR490B* <sup>3</sup>	60	304	471	329

注記 \*1: S<sub>y</sub> 値・S<sub>u</sub> 値は設計・建設規格 付録材料表 Part5 表 8 及び表 9 に記載の値より算出

\*2: S<sub>y</sub> 値・S<sub>u</sub> 値は JIS 記載値より算出

\*3: S<sub>y</sub> 値・S<sub>u</sub> 値は設計・建設規格 付録材料表 Part5 表 8 及び表 9 に記載の値 (SM490B) を準用して算出

表 2.14.2.5-6 許容応力評価条件

評価部位	材料	周辺環 境温度 (°C)	定格荷重 (N)	安全率	許容荷重 (N)
ワイヤロープ	SWRH 82A	60	1.961 × 10 <sup>5</sup>	5.87* <sup>1</sup>	1.151 × 10 <sup>6</sup>
フック	S35C	60	1.961 × 10 <sup>5</sup>	5.87* <sup>2</sup>	1.151 × 10 <sup>6</sup>

注記 \*1: ワイヤロープの安全率はクレーン構造規格より設定

\*2: フックの安全率はワイヤロープの安全率より設定

#### 4.3 解析モデル及び諸元

解析モデルを図 2.14.2.5-4 に、機器諸元を表 2.14.2.5-7～5-9 に示す。

- (1) クレーンの鋼材は、断面形状に基づき断面特性を設定した 3 次元梁モデルとする。
- (2) クレーンガーダ上のトロリ位置は、中央及び両端部にある場合の 3 モデルを作成。
- (3) クレーンの質量として、クレーン本体、トロリ（吊荷含む）を考慮するが、すべり判定の結果、すべることが確認された場合は、以下の通りすべりを考慮した荷重を算定する。なお、鉛直方向の荷重は、すべりが発生しないことを踏まえ、全体質量にて固有値解析及び地震応答解析を行い算定する。
  - ① すべりを考慮しない地震応答解析より得られる鉛直方向の加速度（最大値）に最大静摩擦係数（ $\mu=0.3$ ）を考慮した加速度をすべり判定値として、同解析より得られる水平方向の加速度（最大値）と比較する。
  - ② 判定値を超える場合、EW 方向（走行方向）は全体質量に最大静摩擦係数（ $\mu=0.3$ ）を乗じた質量、NS 方向（横行方向）はトロリ（吊荷含む）の質量のみ最大静摩擦係数（ $\mu=0.3$ ）を乗じた質量にて再度固有値解析及び地震応答解析を行い算定する。
- (4) トロリの質量は、吊荷の重量や高さによって重心位置が変動するためトロリ中心の頂部に設定し、吊荷はクレーンガーダ中心高さと同じレベルでトロリに吊られていると仮定しモデル化する。なお、吊荷の振れは評価上考慮しない。
- (5) クレーンに付属する構造物（歩道、手摺、ラグ、電気品等）の質量は見込むが、強度メンバには含めない。
- (6) 拘束条件として、クレーンは走行駆動輪位置において EW（走行方向）・NS（横行方向）・UD（鉛直方向）方向を拘束し、走行従動輪においては NS（横行方向）・UD（鉛直方向）方向を拘束する。また、トロリは剛体とし、クレーンガーダとの接合において、横行駆動輪位置において EW（走行方向）・NS（横行方向）・UD（鉛直方向）方向を剛結合とし、横行従動輪位置においては EW（走行方向）・UD（鉛直方向）方向を剛結合とする。
- (7) 解析コードは、「ABAQUS\*1」を使用し、固有値解析、及び、応答スペクトル解析を実施する。

\*1：女川原子力発電所 2 号炉（海水ポンプ室門型クレーン）等、他原子力施設にて審査実績がある解析プログラム

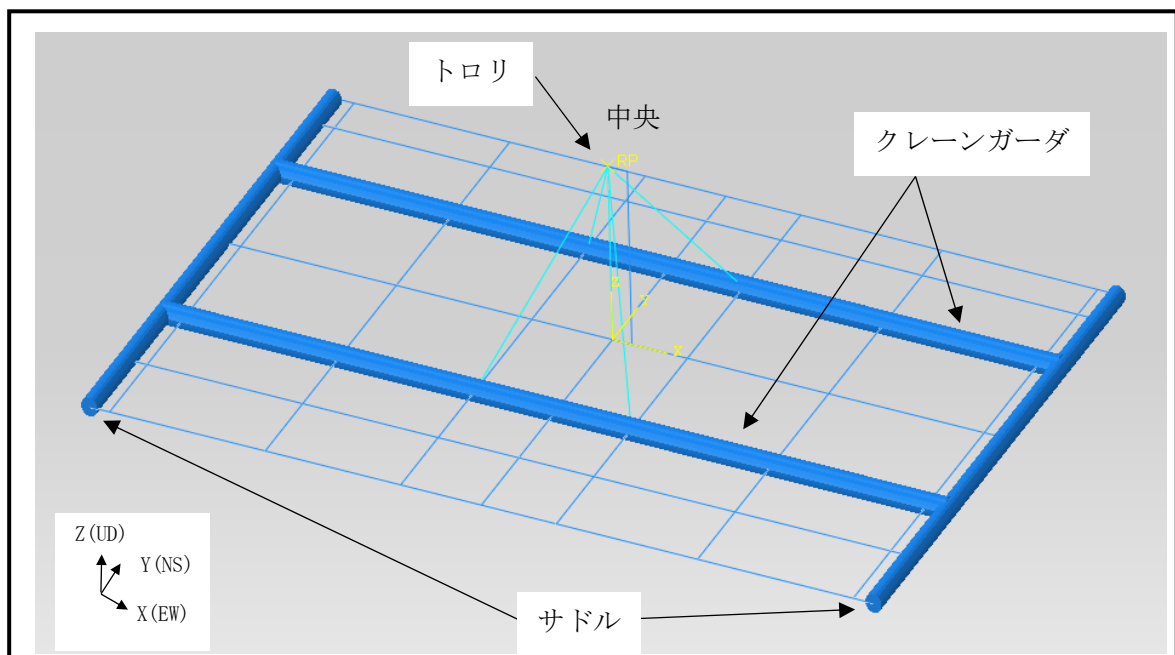


図 2.14.2.5-4 クレーン解析モデル図

表 2.14.2.5-7 機器諸元(質量)

		質量(t)
クレーン	クレーン本体(トロリ含む)	16.2
	吊荷	20.4

表 2.14.2.5-8 クレーン本体部材機器諸元(断面特性)

部材名	縦弾性係数	断面積	せん断断面積		断面係数		ねじり断面係数		ポアソン比
	E (Pa)	A <sub>1</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>2</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>3</sub> (mm <sup>2</sup> )	Z <sub>1</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>2</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>p1</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>p2</sub> (mm <sup>3</sup> )	ν (-)
ガーダ	2.05×10 <sup>11</sup>	2.456×10 <sup>4</sup>	1.408×10 <sup>4</sup>	1.049×10 <sup>4</sup>	5.888×10 <sup>6</sup>	4.674×10 <sup>6</sup>	8.836×10 <sup>6</sup>	8.836×10 <sup>6</sup>	0.3
サドル	2.05×10 <sup>11</sup>	1.982×10 <sup>4</sup>	9.024×10 <sup>3</sup>	1.080×10 <sup>4</sup>	2.565×10 <sup>6</sup>	2.468×10 <sup>6</sup>	4.193×10 <sup>6</sup>	4.193×10 <sup>6</sup>	0.3

表 2.14.2.5-9 ボルトの諸元

名称	型式	断面積
		(mm <sup>2</sup> )
走行浮上り防止爪取付ボルト	M20	314
横行浮上り防止爪取付ボルト	M20	314
連結ボルト	M20	314
ランウェイガーダ基礎ボルト	M24	452

2.14.2.5-13



#### 4.4 固有周期

各解析ケースにおける固有値解析の結果を表 2.14.2.5-10~12 に示す。また、振動モード図を図 2.14.2.5-5~25 に示す。

##### 4.4.1 評価ケース No.1(トロリ位置：中央)

表 2.14.2.5-10 固有値解析結果(評価ケース No.1(トロリ位置：中央))

次数	固有周期 [s]	刺激係数*		
		水平方向		鉛直方向 UD
		NS	EW	
1次	0.0976	-0.07	0.54	180.21
2次	0.0424	0.05	32.82	-1.92
3次	0.0219	-96.90	-0.05	-0.32
4次	0.0185	-0.13	-45.57	6.22
5次	0.0174	-23.24	0.54	0.37
6次	0.0169	0.19	-6.47	-38.91
7次	0.0110	-10.87	-0.23	0.02

注記\*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックス及び加振方向を示すベクトルの積から算出した値を示す。

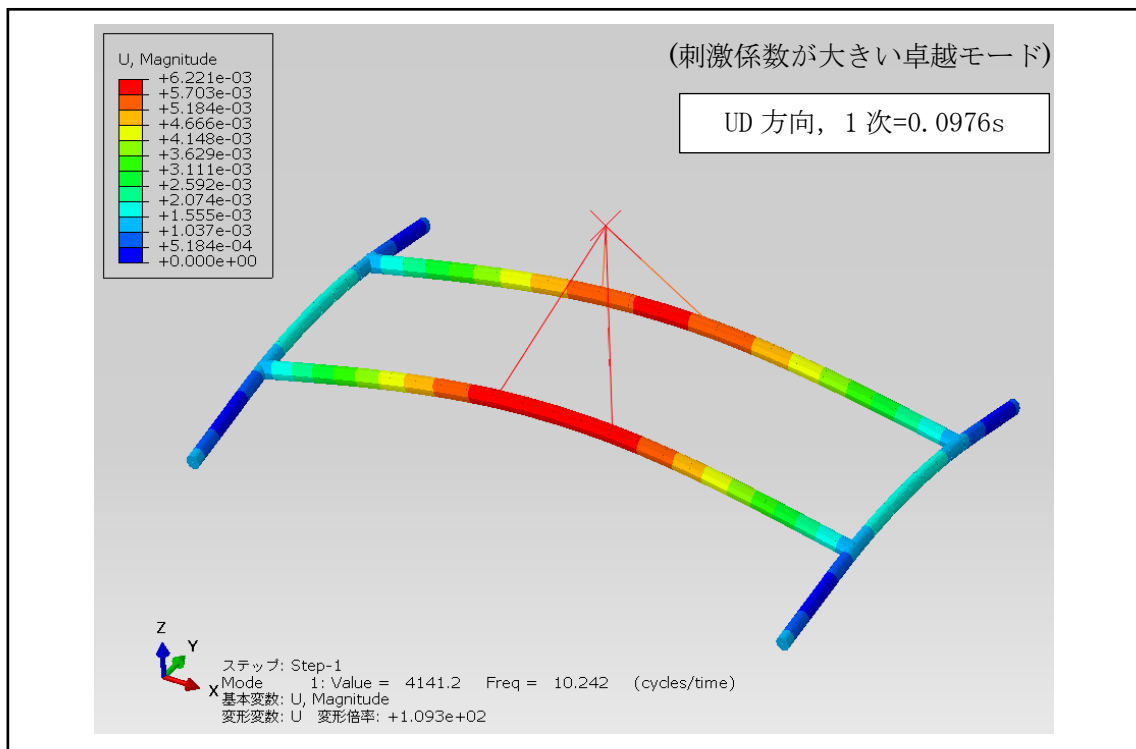


図 2.14.2.5-5 振動モード図(評価ケース No.1 トロリ位置中央時 1次モード)

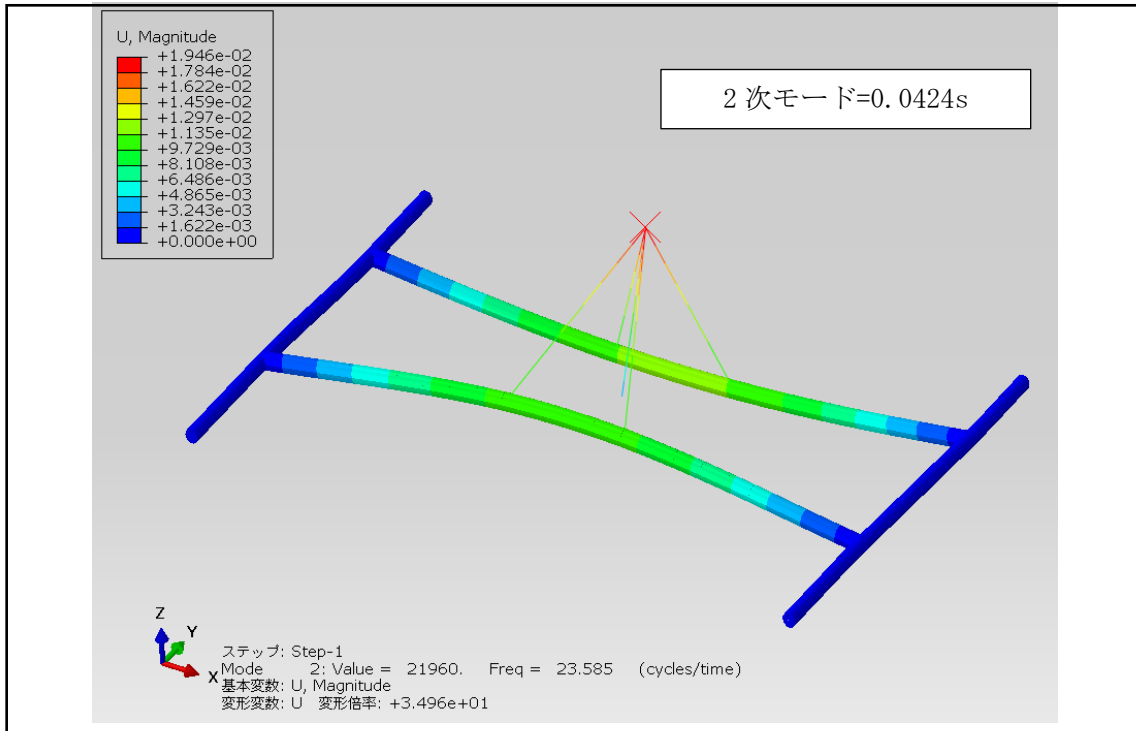


図 2.14.2.5-6 振動モード図(評価ケース No.1 トロリ位置中央時 2次モード)

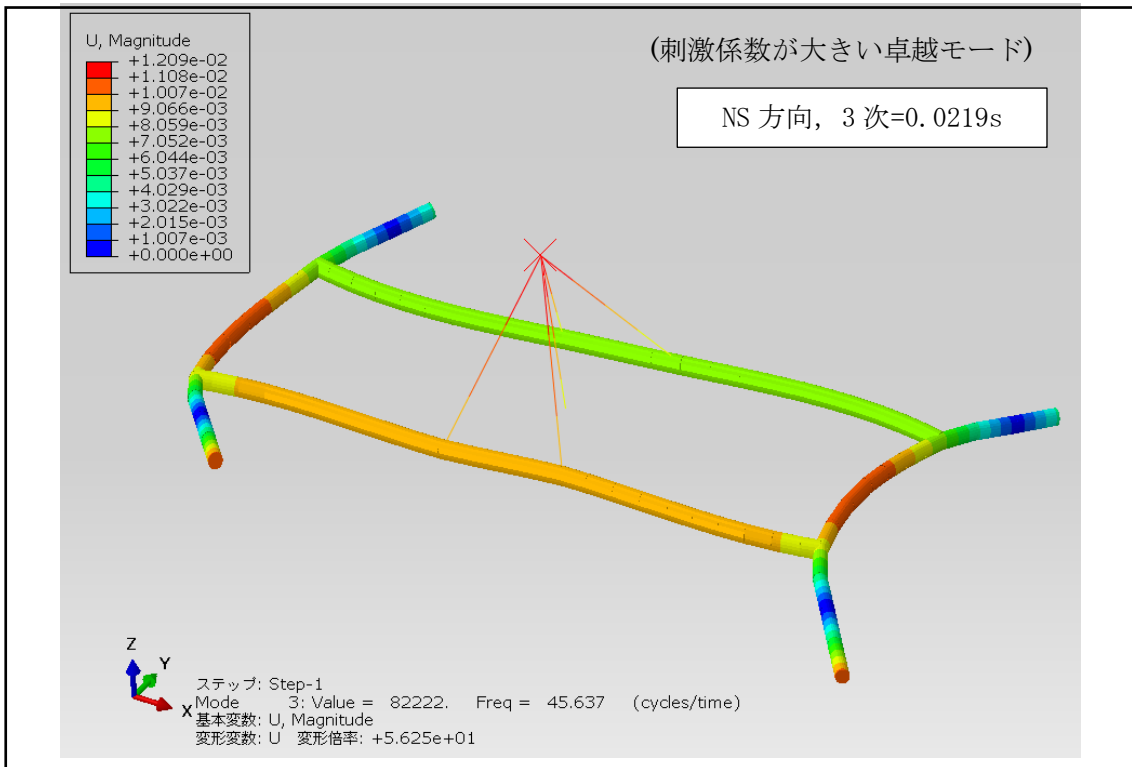


図 2.14.2.5-7 振動モード図(評価ケース No.1 トロリ位置中央時 3次モード)

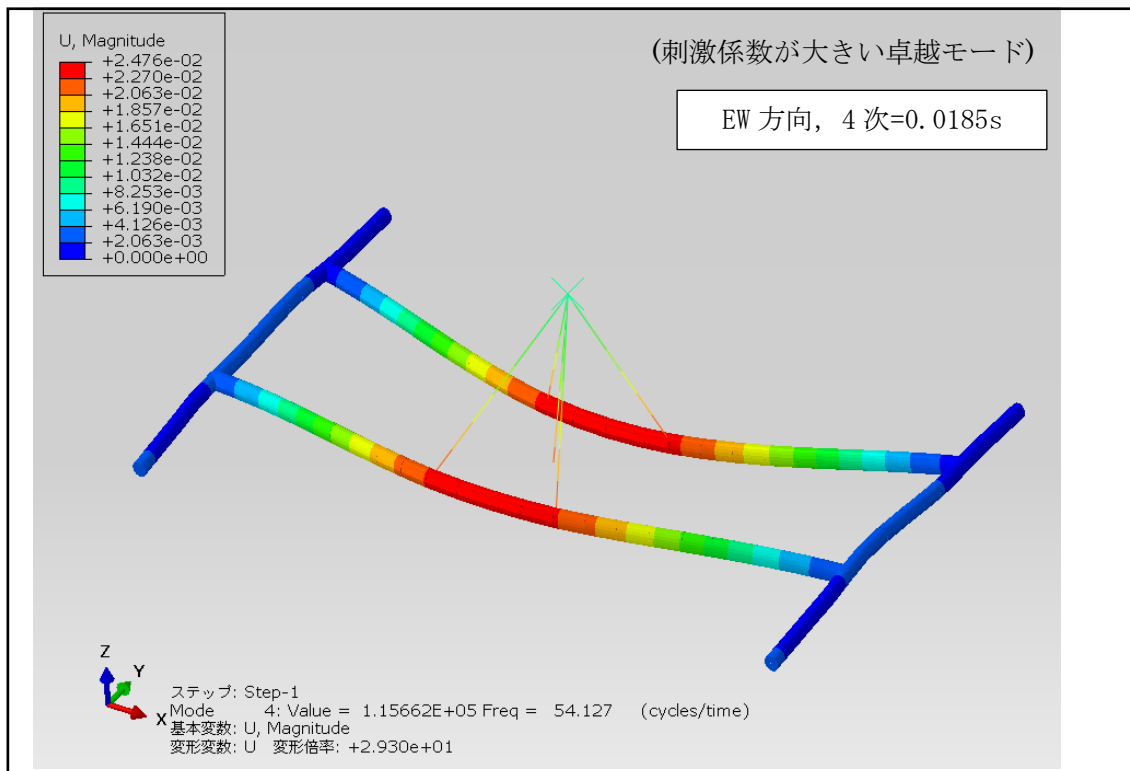


図 2.14.2.5-8 振動モード図(評価ケース No.1 トロリ位置中央時 4次モード)

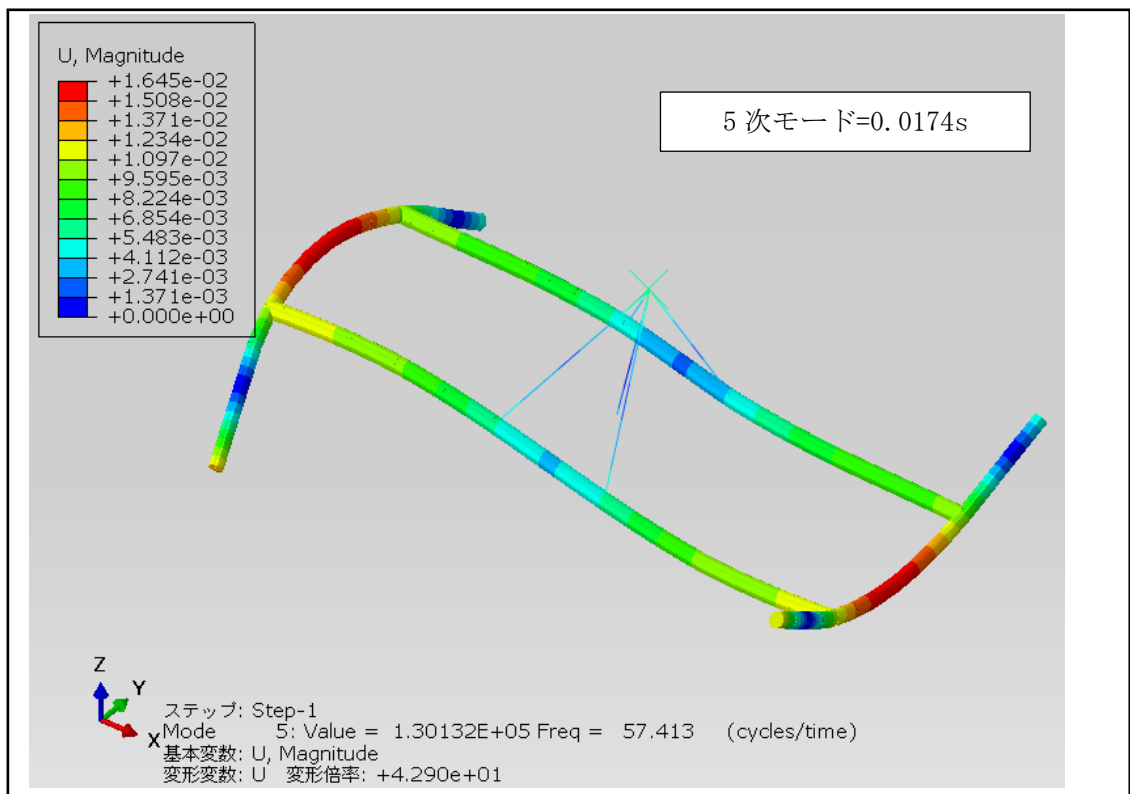


図 2.14.2.5-9 振動モード図(評価ケース No.1 トロリ位置中央時 5次モード)

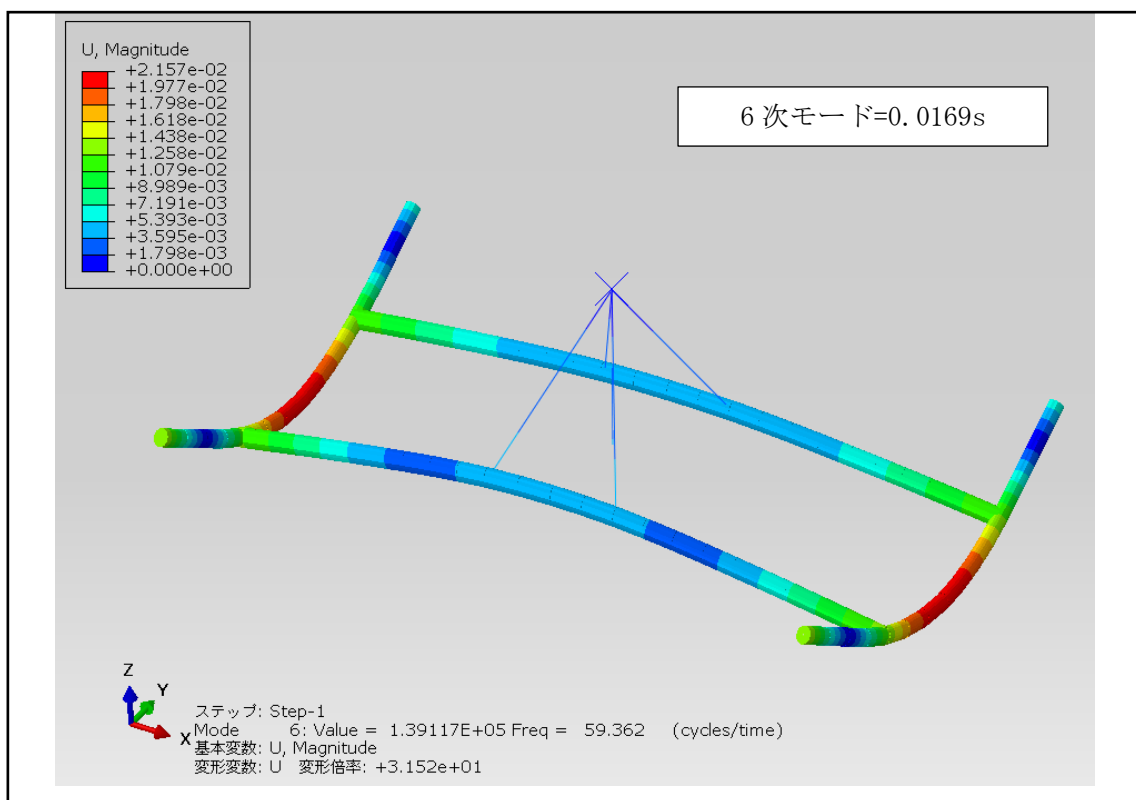


図 2.14.2.5-10 振動モード図(評価ケース No.1 トロリ位置中央時 6次モード)

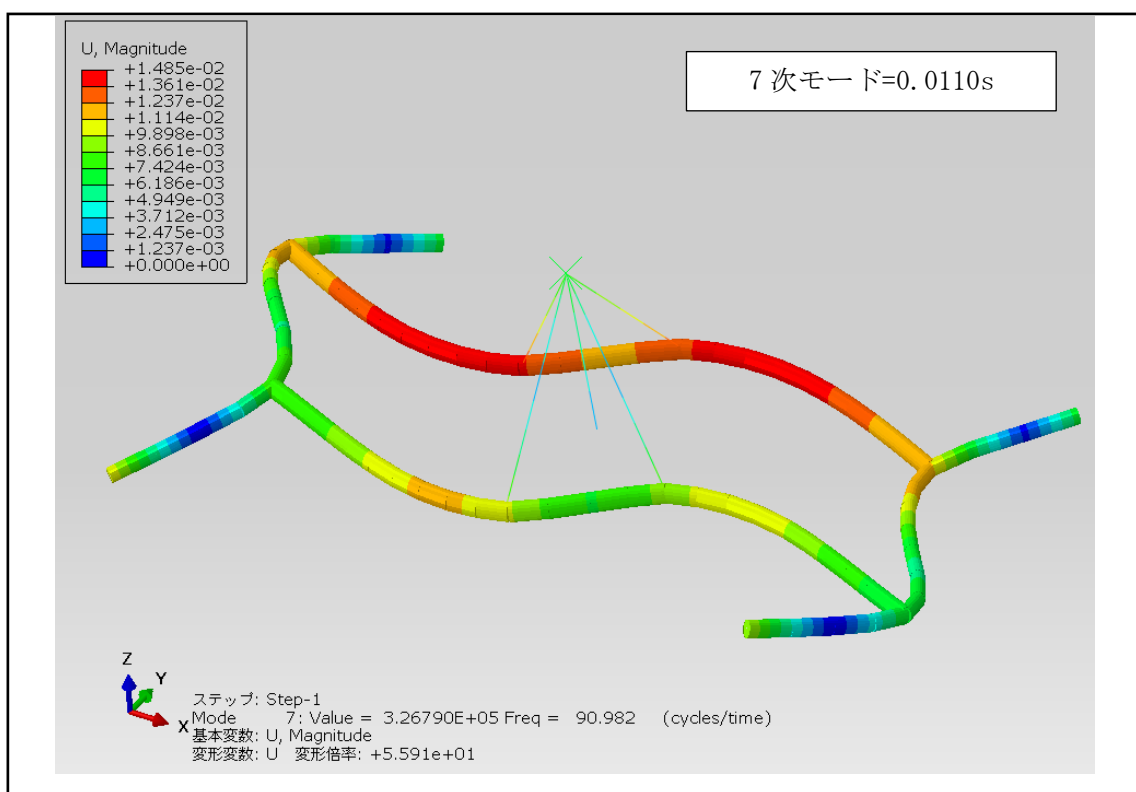


図 2.14.2.5-11 振動モード図(評価ケース No.1 トロリ位置中央時 7次モード)

4.4.2 評価ケース No.2(トロリ位置：北側端(右端))

表 2.14.2.5-11 固有値解析結果(評価ケース No.2(トロリ位置：北側端(右端)))

次数	固有周期 [s]	刺激係数*		
		水平方向		鉛直方向 UD
		NS	EW	
1次	0.0679	5.38	0.15	180.45
2次	0.0267	-38.77	-0.72	20.11
3次	0.0220	87.32	-7.37	-6.18
4次	0.0176	-13.03	-17.45	-3.71
5次	0.0170	-8.13	10.49	-30.42
6次	0.0141	18.01	39.50	3.56
7次	0.0117	-10.45	5.03	-0.78

注記\*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックス及び加振方向を示すベクトルの積から算出した値を示す。

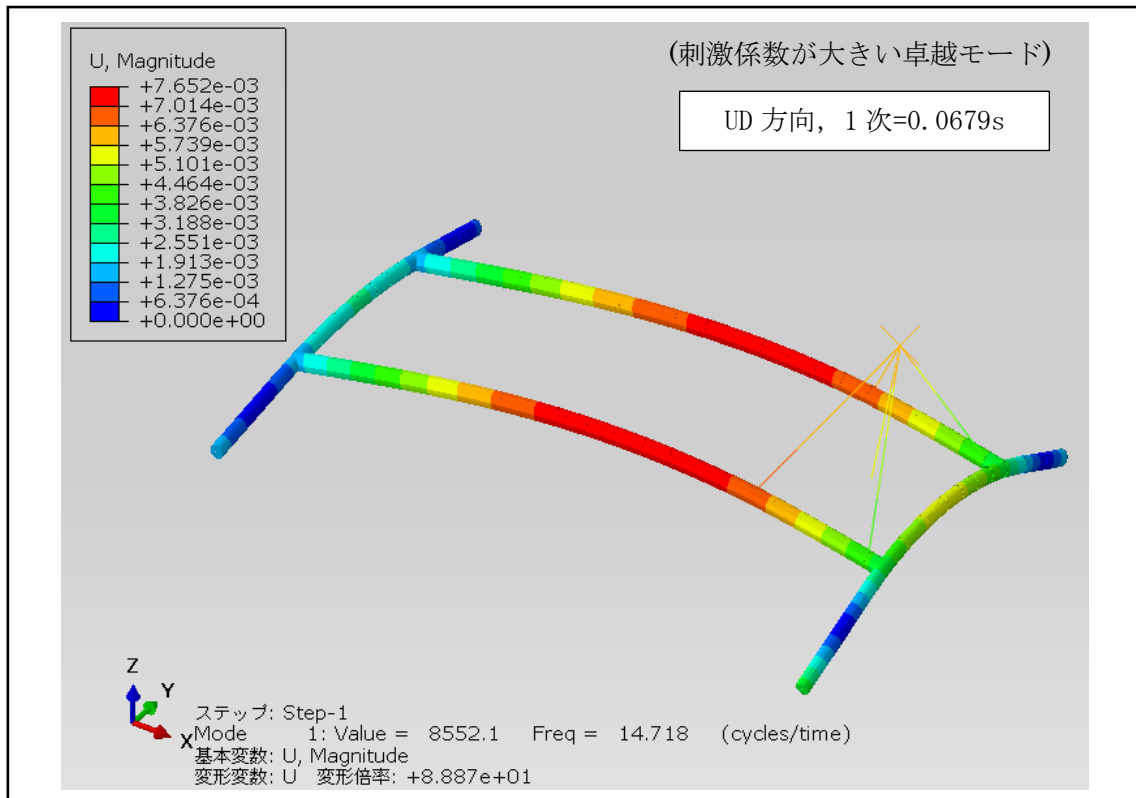


図 2.14.2.5-12 振動モード図(評価ケース No.2 トロリ位置：北側端(右端)1次モード)

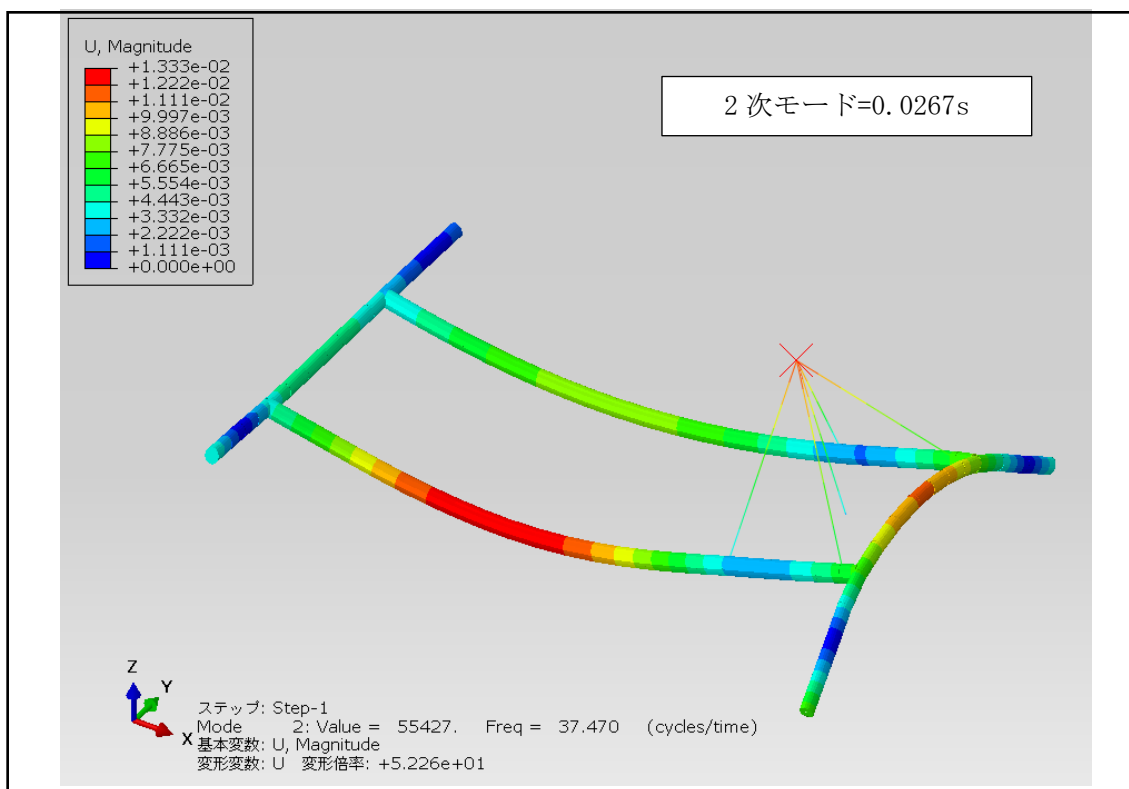


図 2. 14. 2. 5-13 振動モード図(評価ケース No. 2 トロリ位置：北側端(右端)2次モード)

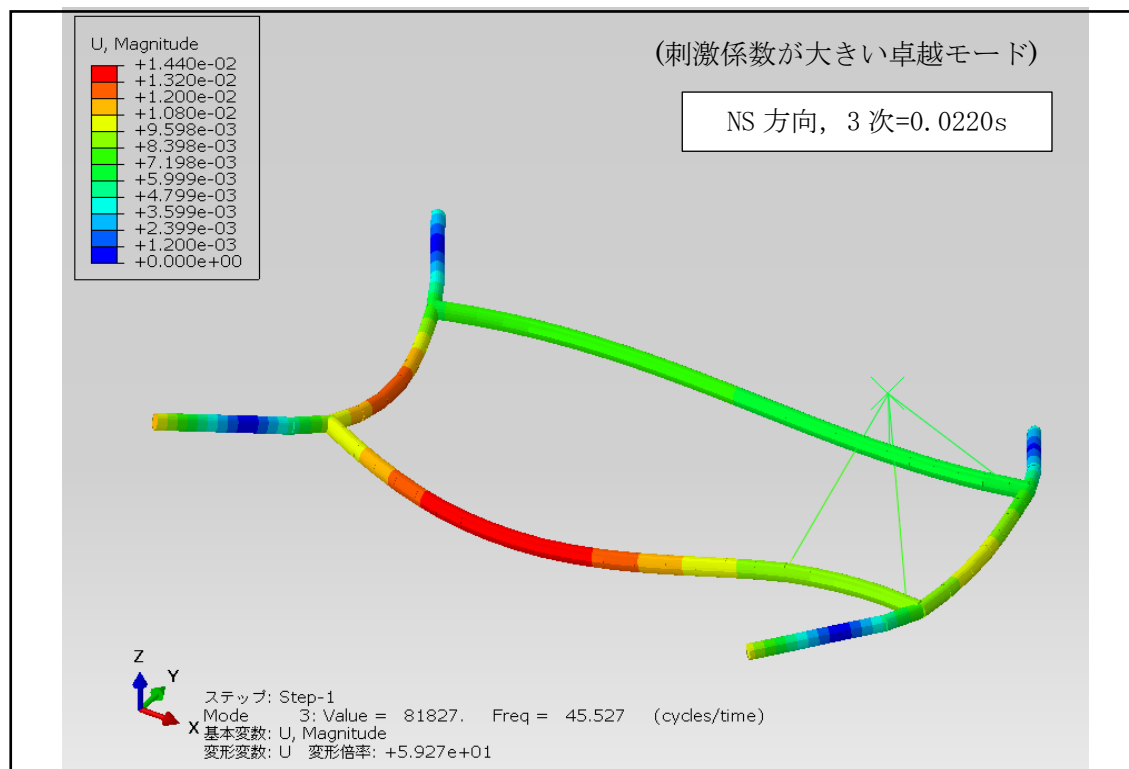


図 2. 14. 2. 5-14 振動モード図(評価ケース No. 2 トロリ位置：北側端(右端)3次モード)

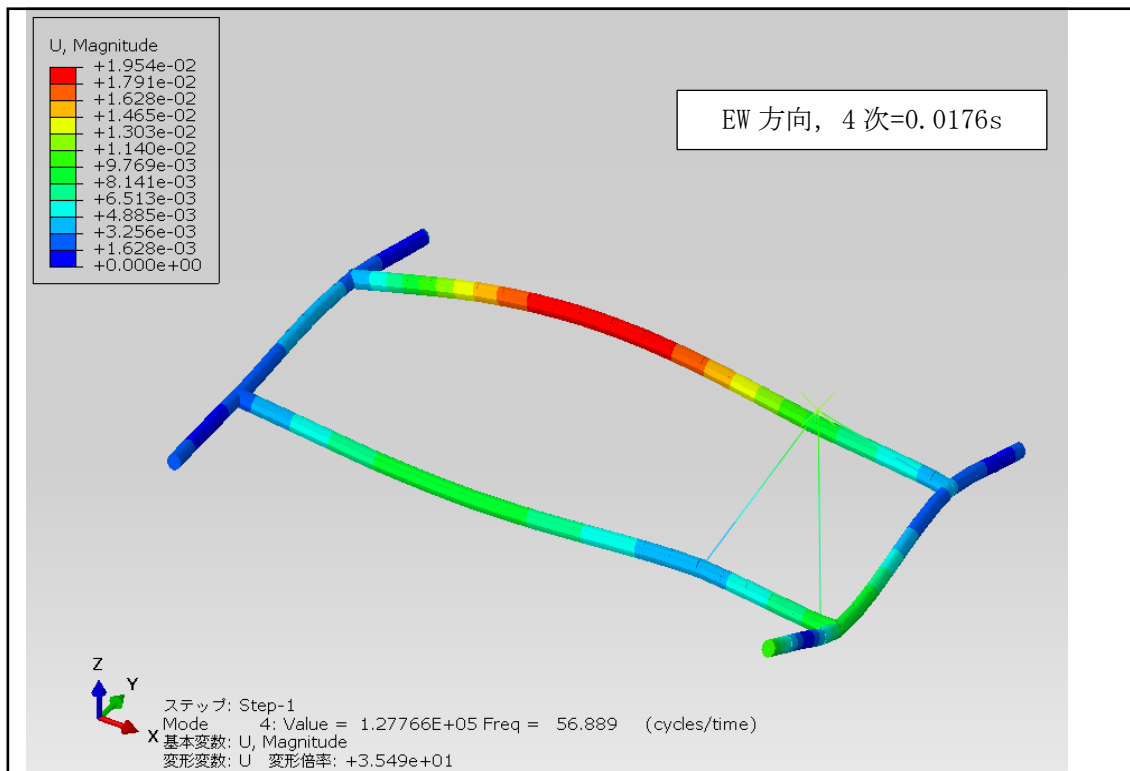


図 2.14.2.5-15 振動モード図(評価ケース No.2 トロリ位置:北側端(右端)4次モード)

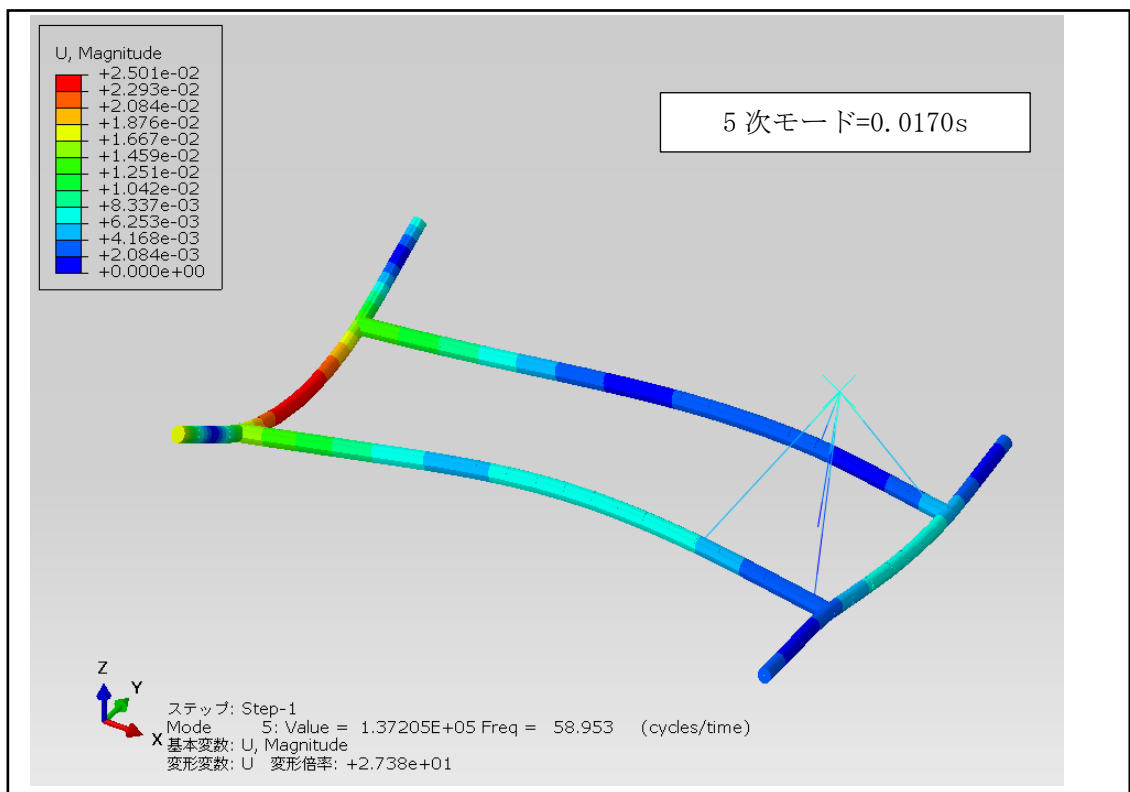


図 2.14.2.5-16 振動モード図(評価ケース No.2 トロリ位置:北側端(右端)5次モード)



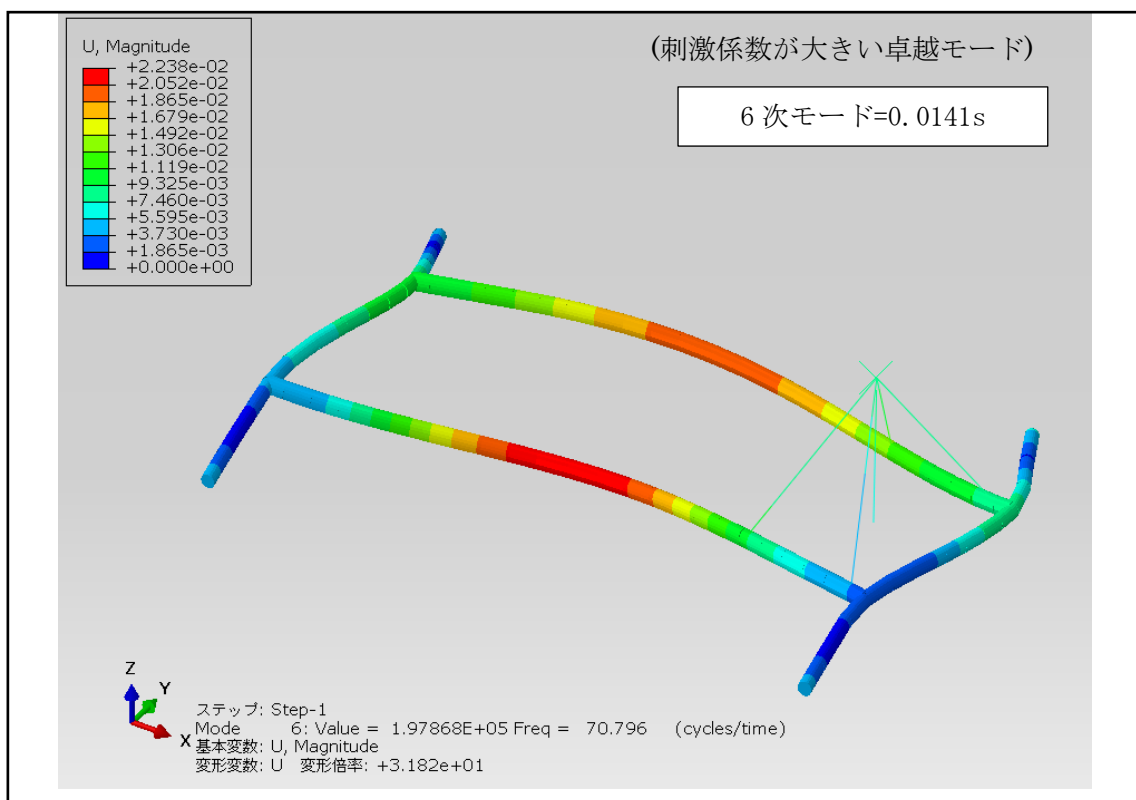


図 2. 14. 2. 5-17 振動モード図(評価ケース No. 2 トロリ位置 : 北側端(右端)6次モード)

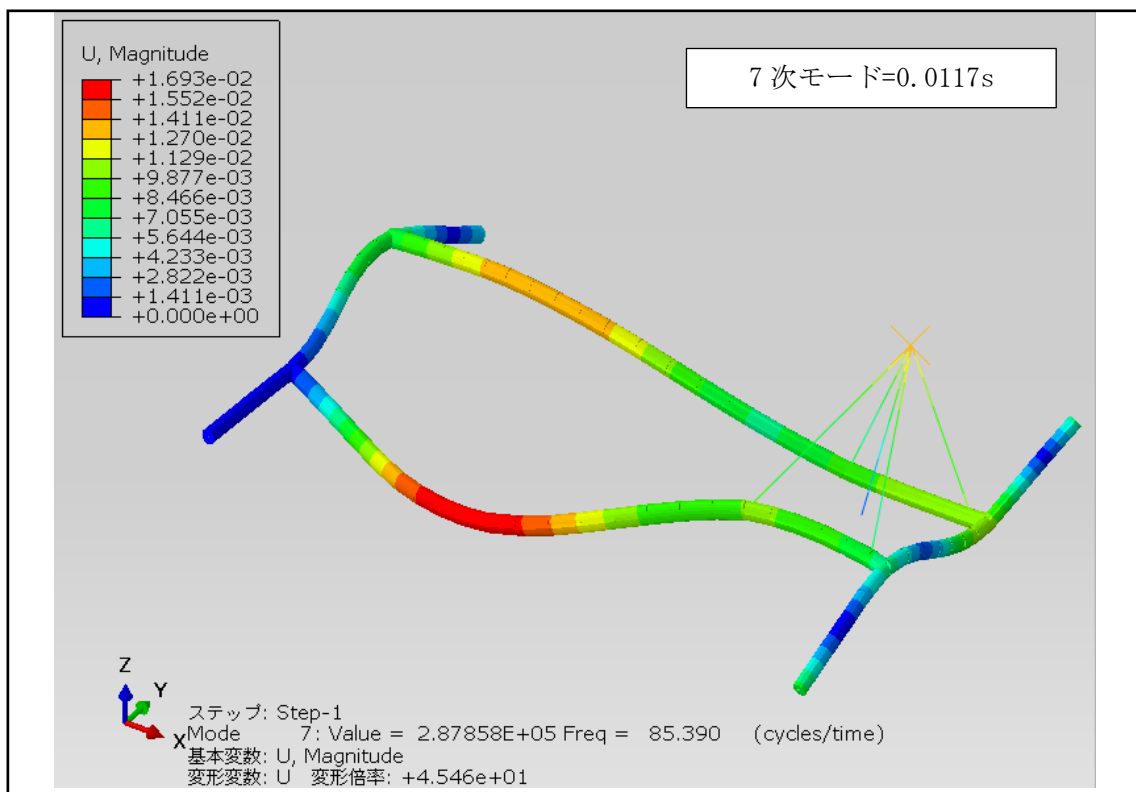


図 2. 14. 2. 5-18 振動モード図(評価ケース No. 2 トロリ位置 : 北側端(右端)7次モード)

4.4.3 評価ケース No. 3(トロリ位置：南側端(左端))

表 2.14.2.5-12 固有値解析結果(評価ケース No.3(トロリ位置：南側端(左端)))

次数	固有周期 [s]	刺激係数*		
		水平方向		鉛直方向 UD
		NS	EW	
1次	0.0689	-5.49	0.14	180.40
2次	0.0263	42.58	-0.50	19.90
3次	0.0220	85.34	7.91	6.29
4次	0.0176	14.01	-18.64	-2.60
5次	0.0170	-9.42	-10.51	30.96
6次	0.0143	17.67	-39.70	-3.95
7次	0.0117	-10.52	-3.95	0.84

注記\*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックス及び加振方向を示すベクトルの積から算出した値を示す。

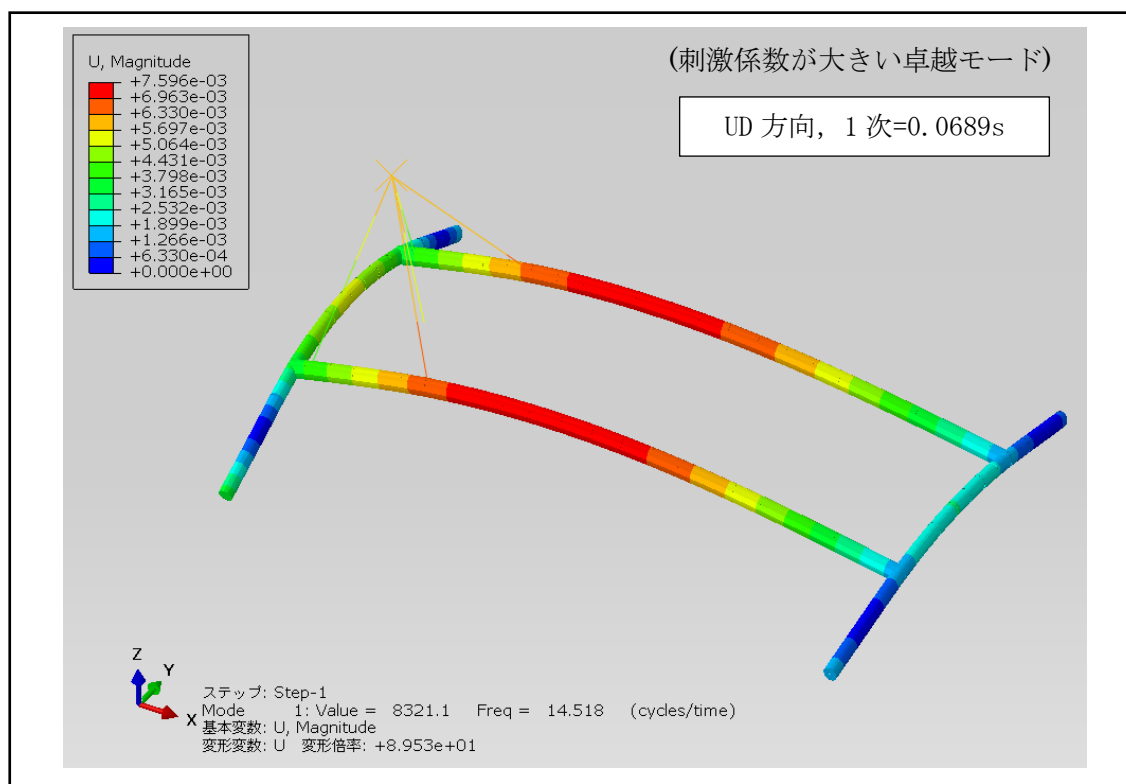


図 2.14.2.5-19 振動モード図(評価ケース No.3(トロリ位置：南側端(左端))1次モード)

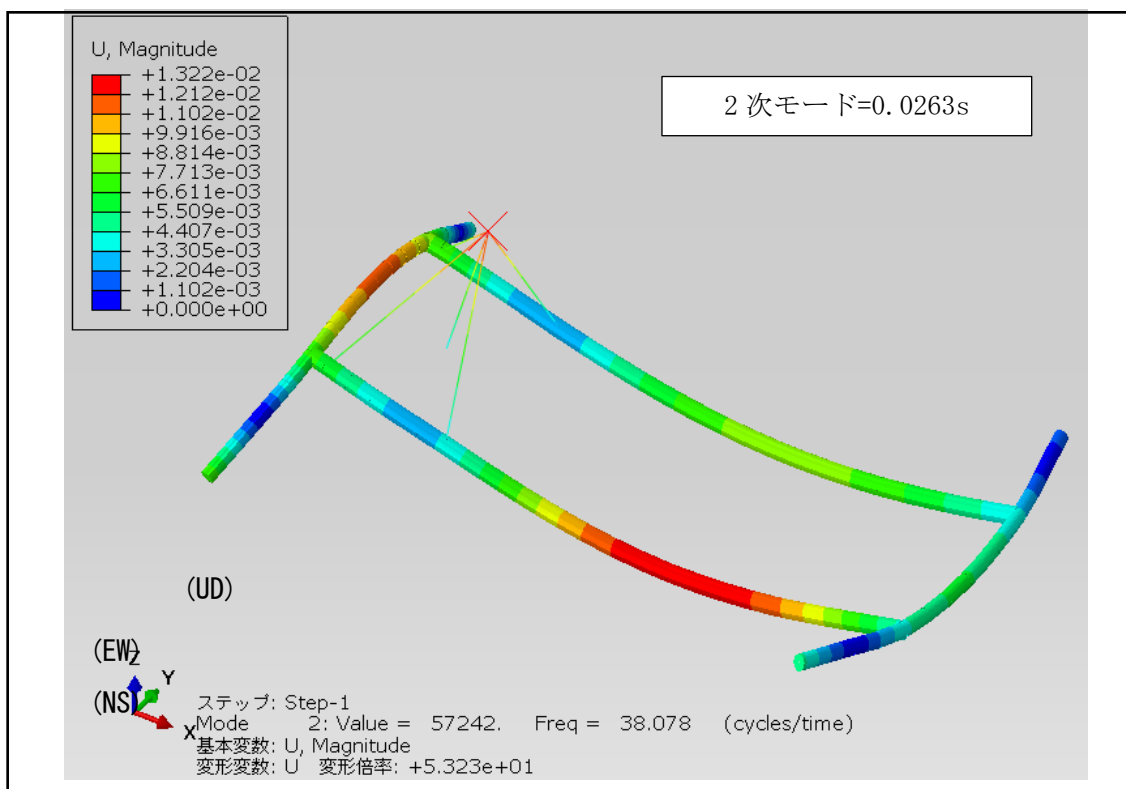


図 2. 14. 2. 5-20 振動モード図(評価ケース No. 3(トロリ位置 : 南側端(左端)2次モード)

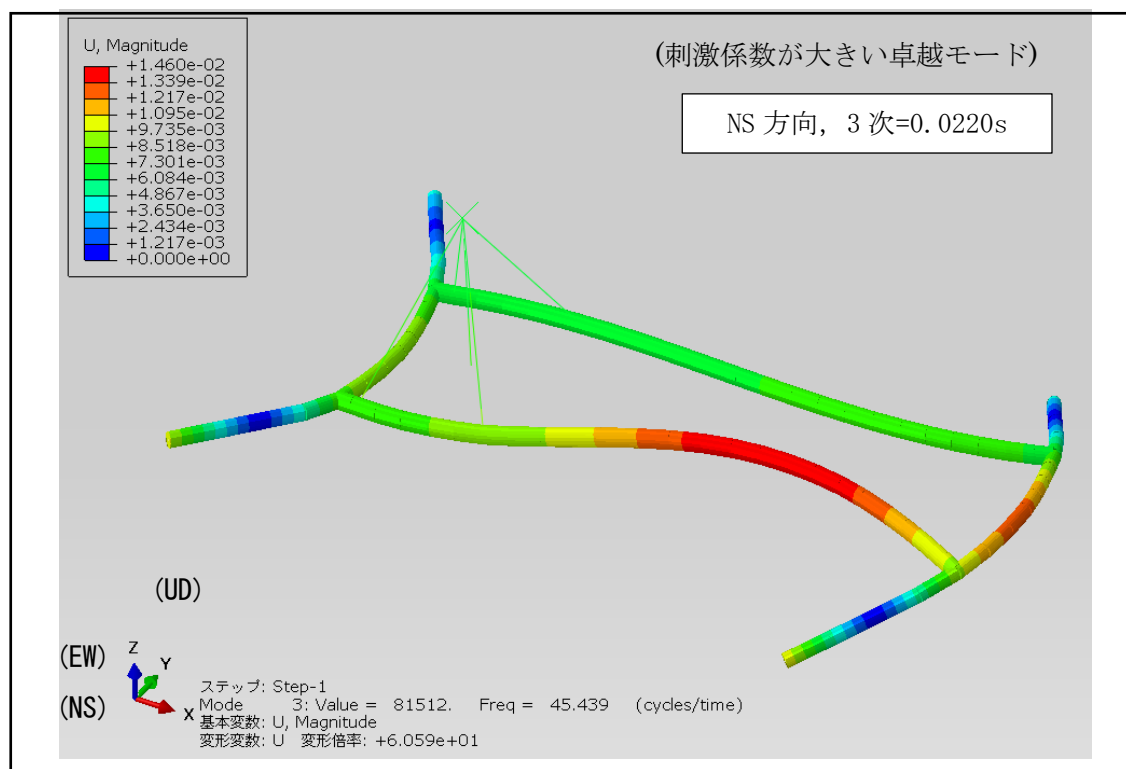


図 2. 14. 2. 5-21 振動モード図(評価ケース No. 3(トロリ位置 : 南側端(左端)3次モード)

2. 14. 2. 5-23

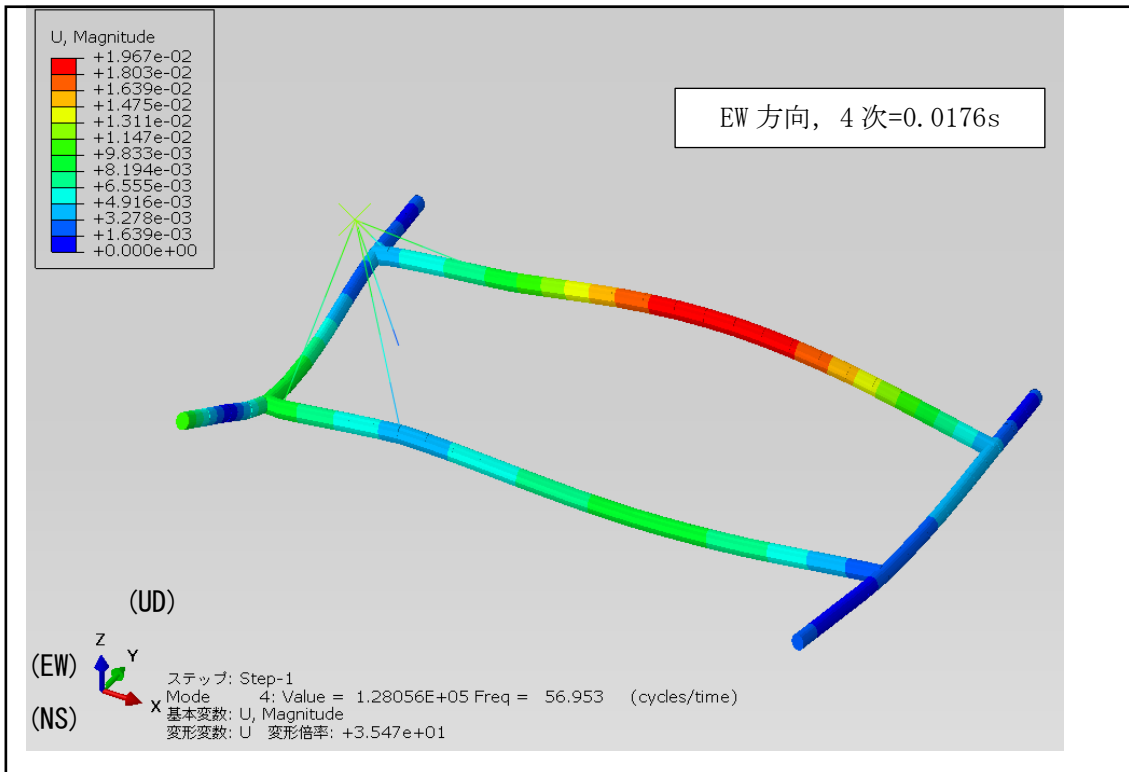


図 2. 14. 2. 5-22 振動モード図(評価ケース No. 3(トロリ位置 : 南側端(左端)4 次モード)

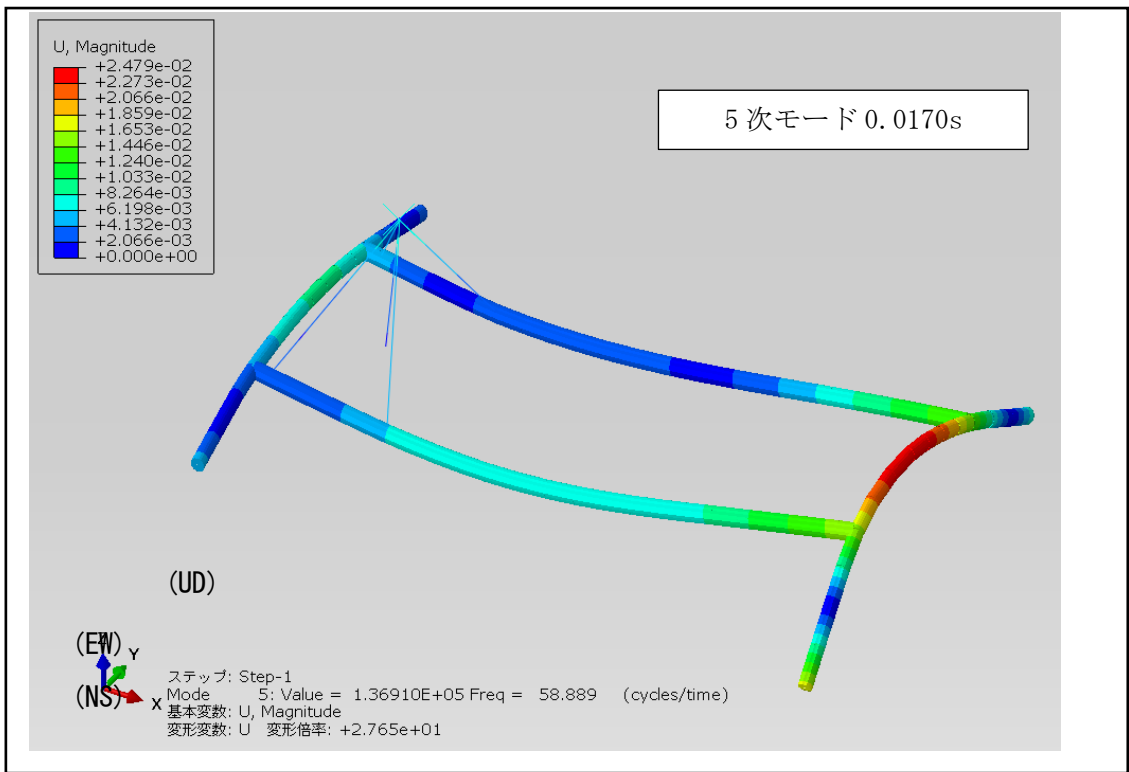


図 2. 14. 2. 5-23 振動モード図(評価ケース No. 3(トロリ位置 : 南側端(左端)5 次モード)

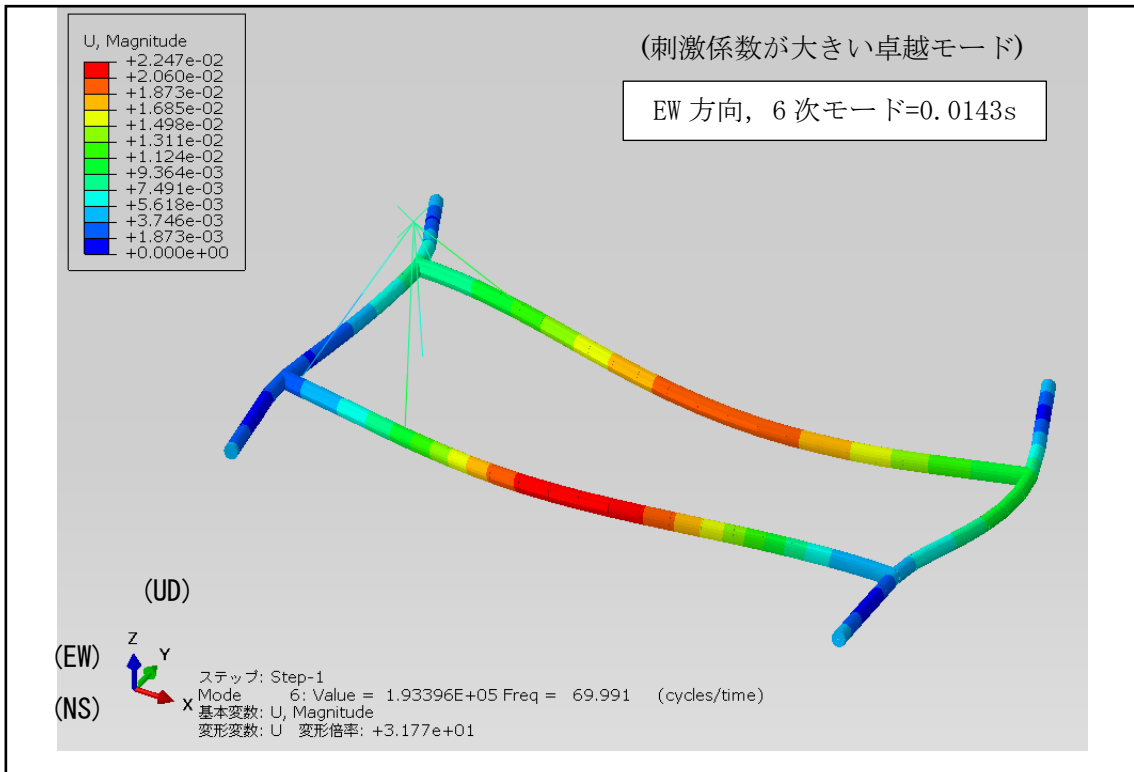


図 2. 14. 2. 5-24 振動モード図(評価ケース No. 3(トロリ位置: 南側端(左端)6 次モード)

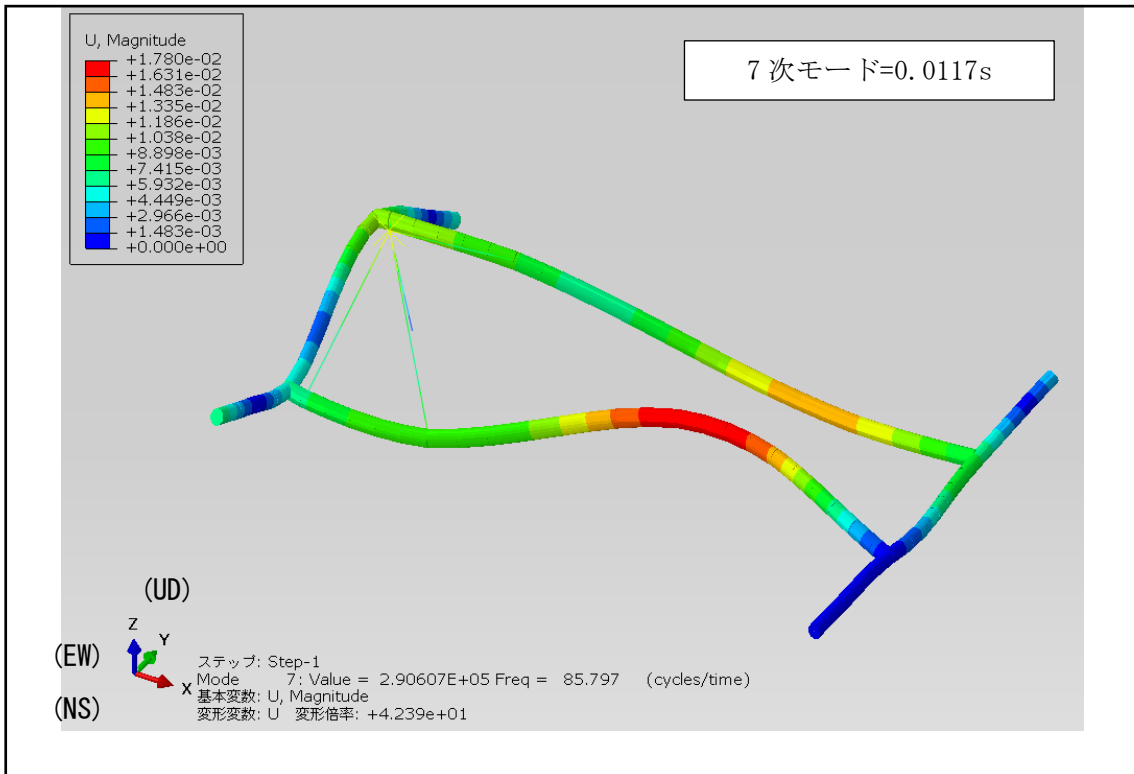


図 2. 14. 2. 5-25 振動モード図(評価ケース No. 3(トロリ位置: 南側端(左端)7 次モード)

#### 4.5 応答スペクトル解析

- (1) 耐震計算に用いる地震力は、図 2.14.2.5-26~28 に示す第 2 棟の床応答スペクトル (Ss900) を適用する。据付けレベルは、20t クレーン設置位置となる R 階 (T.P. +53.8m) を適用する。
- (2) 床応答スペクトルは、建屋の固有周期のシフトを考慮して周期方向に±10%拡幅したものをを用いる。
- (3) 床応答スペクトルの減衰定数は、既往研究を踏まえ水平 2%、鉛直 2% を適用する。
- (4) 応答スペクトル解析は鉛直 UD、水平 NS、EW の 3 方向の入力、モード 7 次までのモード合成を行う。モード合成法は絶対値和法を用いる。また、モード減衰比は 2% とする。

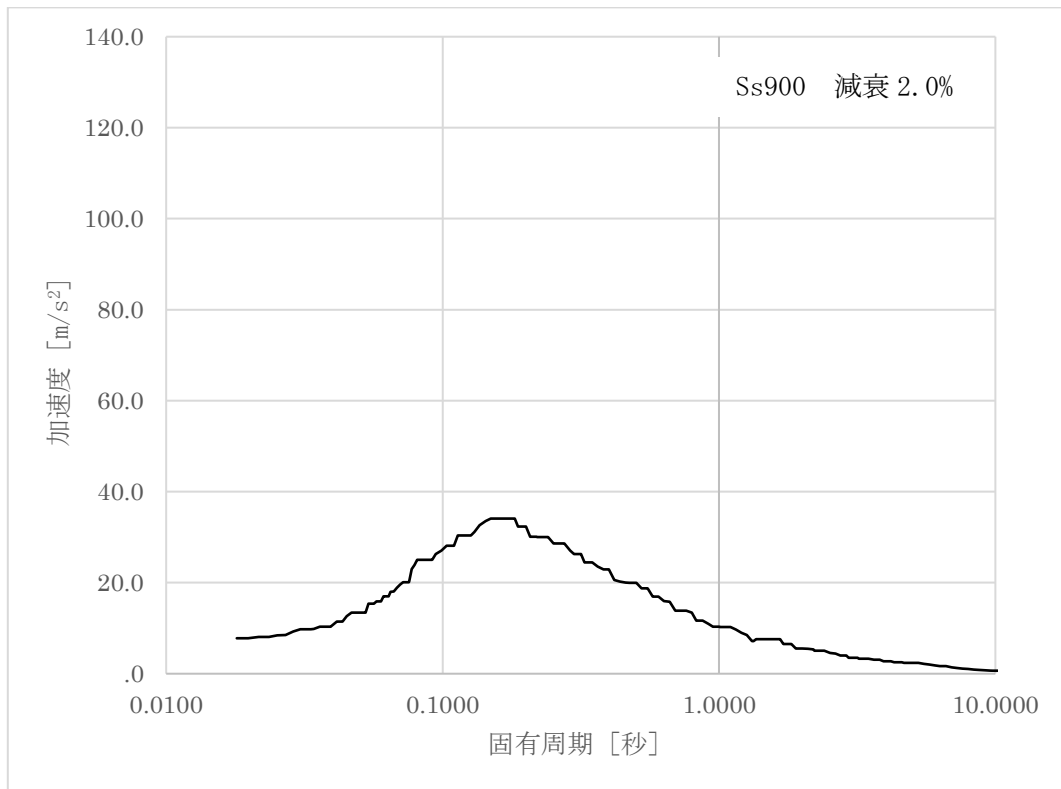


図 2.14.2.5-26 (RFL T.P 約 53.8m, Ss900, 鉛直方向, ±10%拡幅)

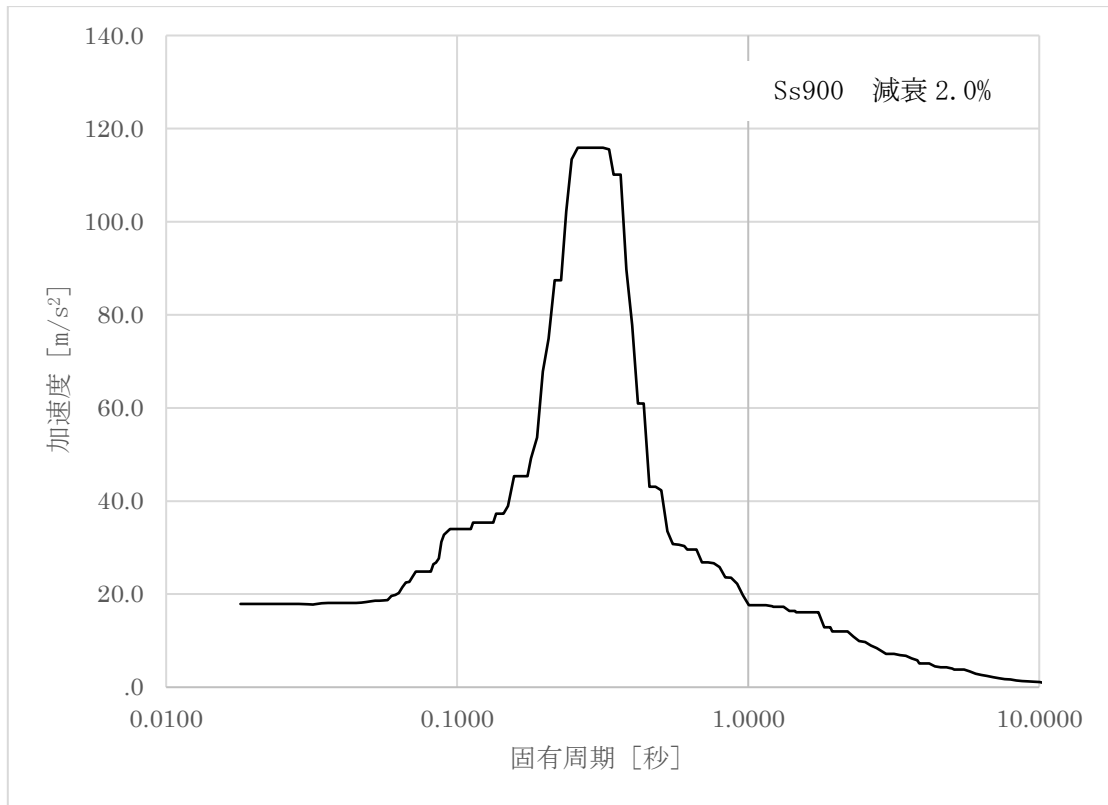


図 2.14.2.5-27 (RFL T.P 約 53.8m, Ss900, NS 方向, ±10%拡幅)

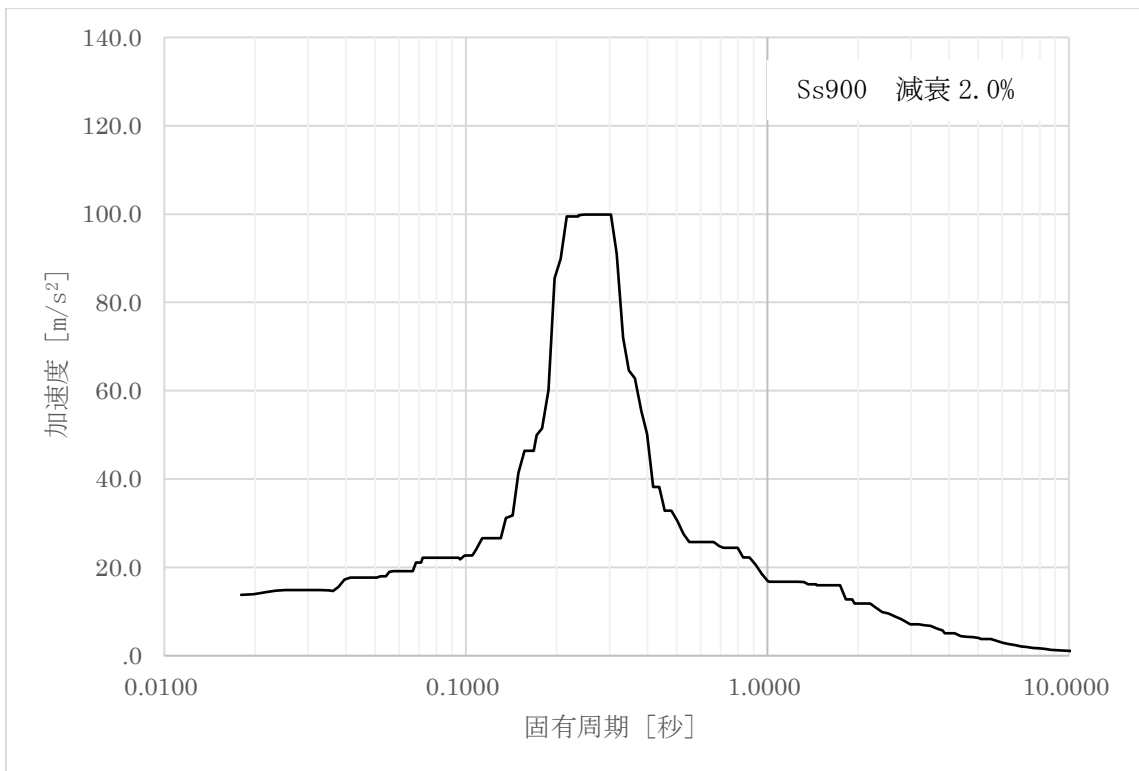


図 2.14.2.5-28 (RFL T.P 約 53.8m, Ss900, EW 方向, ±10%拡幅)

2.14.2.5-27

#### 4.6 応力の評価

##### 4.6.1 クレーン本体の応力評価

クレーン本体の引張応力、圧縮応力、曲げ応力、せん断応力及び組合せ応力が、下記許容引張応力  $f_t$ 、許容圧縮応力  $f_c$ 、許容曲げ応力  $f_b$ 、許容せん断応力  $f_s$  以下であること。

	Ss900 による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_t$	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$
許容圧縮応力 $f_c$	a. 圧縮材の有効細長比が限界細長比以下の場合 $\left\{ 1 - 0.4 \cdot \left( \frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \cdot \frac{F}{v} \cdot 1.5$ b. 圧縮材の有効細長比が限界細長比を超える場合 $0.277 \cdot F \cdot \left( \frac{\Lambda}{\lambda} \right)^2 \cdot 1.5$
許容曲げ応力 $f_b$	$\text{Min} \left( \frac{0.433 \cdot E \cdot Af}{1b \cdot h}, \frac{F}{1.5} \right) \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_s$	$\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \cdot 1.5$

ただし、

$$\lambda = \frac{\ell_k}{i} \dots\dots\dots (4.6.1.1)$$

$$\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{0.6 \cdot F}} \dots\dots\dots (4.6.1.2)$$

$$v = 1.5 + \frac{2}{3} \cdot \left( \frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \dots\dots\dots (4.6.1.3)$$

##### 4.6.2 連結ボルトの応力評価

連結ボルトの引張応力及びせん断応力が、下記許容引張応力  $f_{ts}$  及び許容せん断応力  $f_{so}$  以下であること。

	Ss900 による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_{ts}$	$f_{to} = \frac{F}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{so}$	$\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \cdot 1.5$



4.6.3 走行／横行浮上り防止治具の応力評価

4.6.3.1 走行／横行浮上り防止爪の応力評価

走行／横行浮上り防止爪の組合せ応力が、下記許容引張応力 $f_t$ 以下であること。

	Ss900 による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_t$	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$

4.6.3.2 走行／横行浮上り防止爪取付ボルトの応力評価

走行／横行浮上り防止爪取付ボルトの引張応力及びせん断応力が、下記許容引張応力 $f_{ts}$ 及び許容せん断応力 $f_{so}$ 以下であること。

	Ss900 による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_{ts}$	$f_{to} = \frac{F}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{so}$	$\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \cdot 1.5$

4.6.4 ランウェイガード基礎ボルトの応力評価

ランウェイガード基礎ボルトの引張応力及びせん断応力が、下記許容引張応力 $f_{ts}$ 及び許容せん断応力 $f_{so}$ 以下であること。

	Ss900 による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_{ts}$	$Min(1.4 \cdot f_{to} - 1.6\tau, f_{to})$
許容せん断応力 $f_{so}$	$\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \cdot 1.5$

ただし、

$$f_{to} = \frac{F}{2} \cdot 1.5 \quad \dots\dots\dots (4.6.4.2.1)$$

4.6.5 ワイヤロープ及びフックの評価

ワイヤロープ及びフックの支持荷重が許容荷重以下であること。

4.6.6 応力の評価方法

材料及び許容応力を表 2.14.2.5-13 及び 2.14.2.5-14 に示す。

表 2.14.2.5-13 材料及び許容応力

評価部位		使用材料	応力	許容応力 (MPa)
クレーン本体		SS400 ( $t \leq 16\text{mm}$ )	引張	272
			せん断	157
			圧縮	263
			曲げ	272
			組合せ	263
連結ボルト A 面		F10T	引張	676
			せん断	390
連結ボルト B 面		F10T	引張	676
			せん断	390
連結ボルト C 面		F10T	引張	676
			せん断	390
走行浮上り 防止治具	爪	SS400 ( $t \leq 16\text{mm}$ )	組合せ	272
	取付 ボルト	10.9T	引張	704
横行浮上り 防止治具	爪	SS400 ( $t \leq 16\text{mm}$ )	組合せ	272
	取付 ボルト	10.9T	引張	704
ランウェイ ガーダ 取付部材		SNR490B	引張	329
			せん断	190

表 2.14.2.5-14 材料及び許容荷重

評価部位	材料	荷重	許容荷重 (N)
ワイヤロープ	SWRH 82A	支持荷重	$1.151 \times 10^6$
フック	S35C	支持荷重	$1.151 \times 10^6$

5. 評価結果

評価結果は、表 2.14.2.5-15 及び 2.14.2.5-16 に示すとおり、Ss900 に対して十分な強度を有していることを確認した。

表 2.14.2.5-15 算定応力の評価

評価部位		使用材料	応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
クレーン本体		SS400 ( $t \leq 16\text{mm}$ )	引張	3	272
			せん断	33	157
			圧縮	3	263
			曲げ	142	272
			組合せ	149	263
連結ボルト A 面		F10T	引張	12	676
			せん断	45	390
連結ボルト B 面		F10T	引張	69	676
			せん断	19	390
連結ボルト C 面		F10T	引張	45	676
			せん断	12	390
走行浮上り 防止治具	爪	SS400 ( $t \leq 16\text{mm}$ )	組合せ	171	272
	取付 ボルト	10.9T	引張	213	704
横行浮上り 防止治具	爪	SS400 ( $t \leq 16\text{mm}$ )	組合せ	140	272
	取付 ボルト	10.9T	引張	444	704
ランウェイ ガード 取付部材	基礎 ボルト	SNR490B	引張	105	329
			せん断	5	190

表 2.14.2.5-16 算定荷重の評価

評価部位	使用材料	荷重	算出荷重 (N)	許容荷重 (N)
ワイヤロープ	SWRH 82A	支持荷重	$1.062 \times 10^6$	$1.151 \times 10^6$
フック	S35C	支持荷重	$1.062 \times 10^6$	$1.151 \times 10^6$

6. 応力の計算方法(数値は各応力の裕度の最も小さい箇所を記載)

6.1 クレーン本体の応力

クレーン本体部材に加わる荷重はスペクトルモーダル解析により求める。クレーン本体部材の応力は図 2. 14. 2. 5-29 を用いて計算する。

(1) 引張応力： $\sigma_{t1}$

$$\sigma_{t1} = \frac{R_1}{A_1} \dots\dots\dots (6. 1. 1)$$

- $\sigma_{t1}$  : クレーン本体部材に作用する引張応力 3 (MPa)
- $A_1$  :  $R_1$ 軸方向の断面積 2. 456×10<sup>4</sup> (mm<sup>2</sup>)
- $R_1$  : クレーン本体部材の長手方向に作用する引張, 圧縮力 5. 268×10<sup>4</sup> (N)

(2) せん断応力： $\tau_1$

$$\tau_1 = MAX \left\{ \left( \frac{R_2}{A_2} \right) + \left( \frac{M_1}{Z_{p1}} \right), \left( \frac{R_3}{A_3} \right) + \left( \frac{M_1}{Z_{p2}} \right) \right\} \dots\dots\dots (6. 1. 2)$$

- $\tau_1$  : クレーン本体部材に作用するせん断応力 33 (MPa)
- $A_2$  :  $R_2$ 軸方向のせん断断面積 9. 024×10<sup>3</sup> (mm<sup>2</sup>)
- $A_3$  :  $R_3$ 軸方向のせん断断面積 1. 080×10<sup>4</sup> (mm<sup>2</sup>)
- $R_2$  : クレーン本体部材の鉛直方向に作用するせん断力 2. 593×10<sup>5</sup> (N)
- $R_3$  : クレーン本体部材の短手方向に作用するせん断力 6. 540×10<sup>4</sup> (N)
- $M_1$  :  $R_1$ 軸廻りのモーメント 1. 423×10<sup>7</sup> (N・mm)
- $Z_{p1}$  : クレーン本体部材における $R_2$ 軸方向の $M_1$ を受けるねじり断面係数 4. 193×10<sup>6</sup> (mm<sup>3</sup>)
- $Z_{p2}$  : クレーン本体部材における $R_3$ 軸方向の $M_1$ を受けるねじり断面係数 4. 193×10<sup>6</sup> (mm<sup>3</sup>)

(3) 圧縮応力： $\sigma_{c1}$

$$\sigma_{c1} = \frac{R_1}{A_1} \dots\dots\dots (6. 1. 3)$$

- $\sigma_{c1}$  : クレーン本体部材に作用する圧縮応力 3 (MPa)
- $A_1$  :  $R_1$ 軸方向の断面積 2. 456×10<sup>4</sup> (mm<sup>2</sup>)
- $R_1$  : クレーン本体部材の長手方向に作用する引張, 圧縮力 5. 268×10<sup>4</sup> (N)

(4) 曲げ応力： $\sigma_{b1}$

$$\sigma_{b1} = \frac{M_2}{Z_2} + \frac{M_3}{Z_1} \dots\dots\dots (6. 1. 4)$$

- $\sigma_{b1}$  : クレーン本体部材に作用する曲げ応力 142 (MPa)
- $M_2$  :  $R_2$ 軸廻りのモーメント 6. 254×10<sup>8</sup> (N・mm)
- $M_3$  :  $R_3$ 軸廻りのモーメント 4. 443×10<sup>7</sup> (N・mm)
- $Z_1$  :  $M_3$ を受ける断面係数 5. 888×10<sup>6</sup> (mm<sup>3</sup>)
- $Z_2$  :  $M_2$ を受ける断面係数 4. 674×10<sup>6</sup> (mm<sup>3</sup>)

(5) 組合せ応力

a. 組合せ軸応力： $\sigma_1$

$$\sigma_1 = \frac{R_1}{A_1} + \frac{M_2}{Z_2} + \frac{M_3}{Z_1} \quad \dots\dots\dots (6.1.5)$$

$\sigma_1$ : クレーン本体部材に作用する組合せ軸応力	144 (MPa)
$A_1$ : $R_1$ 軸方向の断面積	$2.456 \times 10^4$ (mm <sup>2</sup> )
$M_2$ : $R_2$ 軸廻りのモーメント	$6.254 \times 10^8$ (N・mm)
$M_3$ : $R_3$ 軸廻りのモーメント	$4.443 \times 10^7$ (N・mm)
$R_1$ : クレーン本体部材の長手方向に作用する引張, 圧縮力	$5.268 \times 10^4$ (N)
$Z_1$ : $M_3$ を受ける断面係数	$5.888 \times 10^6$ (mm <sup>3</sup> )
$Z_2$ : $M_2$ を受ける断面係数	$4.674 \times 10^6$ (mm <sup>3</sup> )

b. せん断応力： $\tau_1$

$$\tau_1 = \text{MAX} \left\{ \left( \frac{R_2}{A_2} \right) + \left( \frac{M_1}{Z_{p1}} \right), \left( \frac{R_3}{A_3} \right) + \left( \frac{M_1}{Z_{p2}} \right) \right\} \quad \dots\dots\dots (6.1.6)$$

$\tau_1$ : クレーン本体部材に作用するせん断応力	20 (MPa)
$A_2$ : $R_2$ 軸方向のせん断断面積	$1.408 \times 10^4$ (mm <sup>2</sup> )
$A_3$ : $R_3$ 軸方向のせん断断面積	$1.049 \times 10^4$ (mm <sup>2</sup> )
$R_2$ : クレーン本体部材の鉛直方向に作用するせん断力	$2.609 \times 10^5$ (N)
$R_3$ : クレーン本体部材の短手方向に作用するせん断力	$2.912 \times 10^4$ (N)
$M_1$ : $R_1$ 軸廻りのモーメント	$6.246 \times 10^6$ (N・mm)
$Z_{p1}$ : クレーン本体部材における $R_2$ 軸方向の $M_1$ を受けるねじり断面係数	$8.836 \times 10^6$ (mm <sup>3</sup> )
$Z_{p2}$ : クレーン本体部材における $R_3$ 軸方向の $M_1$ を受けるねじり断面係数	$8.836 \times 10^6$ (mm <sup>3</sup> )

c. 組合せ応力： $\sigma_{k1}$

$$\sigma_{k1} = \sqrt{\sigma_1^2 + 3 \times \tau_1^2} \quad \dots\dots\dots (6.1.7)$$

$\sigma_{k1}$ : クレーン本体部材に作用する組合せ応力	149 (MPa)
$\sigma_1$ : クレーン本体部材に作用する組合せ軸応力	144 (MPa)
$\tau_1$ : クレーン本体部材に作用するせん断応力	20 (MPa)

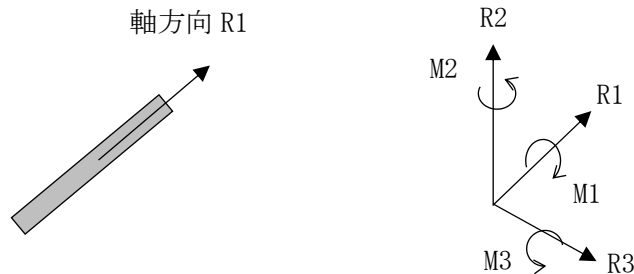


図 2.14.2.5-29 クレーン本体部材の軸方向

## 6.2 連結ボルトの応力

連結ボルトに加わる荷重はスペクトルモーダル解析により求める。連結ボルトの評価はクレーン本体の部材を連結するクレーンガーダ連結部の「連結ボルト A 面」, 「連結ボルト B 面」, 「連結ボルト C 面」の評価を実施する。

### (1) 連結ボルト 1 本あたりに作用する応力(連結ボルト A 面)

#### a. 引張応力： $\sigma_{t2}$

$$\sigma_{t2} = \frac{T_H}{A_4} \dots\dots\dots (6.2.1)$$

$\sigma_{t2}$  : 連結ボルト 1 本あたりに作用する引張応力 12 (MPa)

$A_4$  : 連結ボルト断面積 314 (mm<sup>2</sup>)

$T_H$  : 連結ボルト 1 本あたりに作用する引張力  $3.680 \times 10^3$  (N)

#### b. せん断応力： $\sigma_{s1}$

$$\sigma_{s1} = \frac{S_{H1}}{A_4} \dots\dots\dots (6.2.2)$$

$\sigma_{s1}$  : 連結ボルト 1 本あたりに作用するせん断応力 45 (MPa)

$A_4$  : 連結ボルト断面積 314 (mm<sup>2</sup>)

$S_{H1}$  : 連結ボルト 1 本あたりに作用するせん断力  $1.408 \times 10^4$  (N)

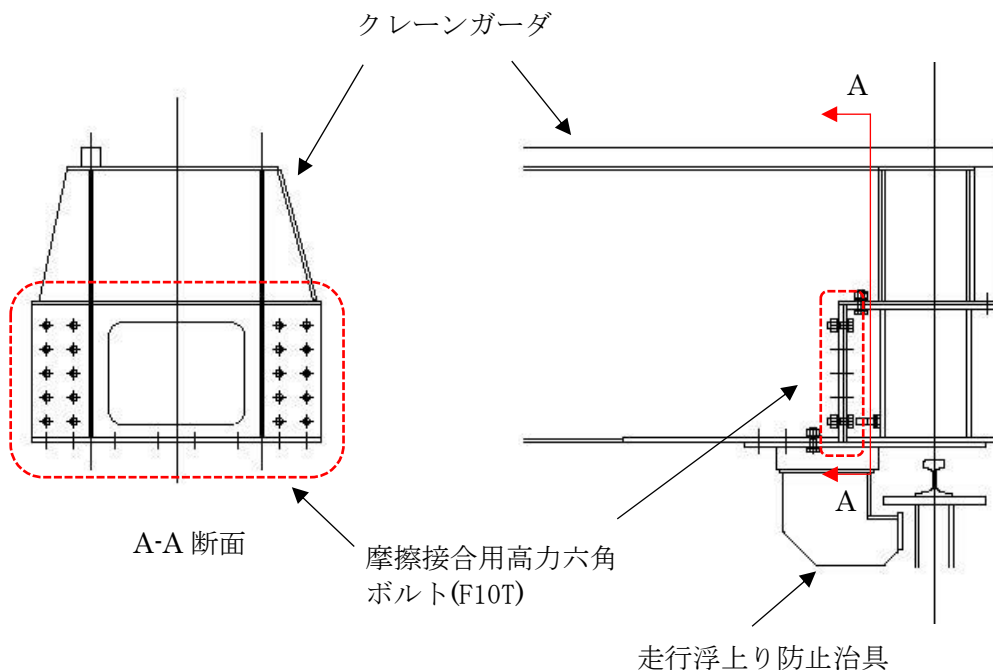


図 2.14.2.5-30 クレーンガーダ連結部(連結ボルト A 面)

(2) 連結ボルト 1 本あたりに作用する応力(連結ボルト B 面)

a. 引張応力： $\sigma_{t2}$

$$\sigma_{t2} = \frac{T_H}{A_4} \dots\dots\dots (6.2.3)$$

$\sigma_{t2}$  : 連結ボルト 1 本あたりに作用する引張応力 69 (MPa)

$A_4$  : 連結ボルト断面積 314 (mm<sup>2</sup>)

$T_H$  : 連結ボルト 1 本あたりに作用する引張力  $2.166 \times 10^4$  (N)

b. せん断応力： $\sigma_{s1}$

$$\sigma_{s1} = \frac{S_{H1}}{A_4} \dots\dots\dots (6.2.4)$$

$\sigma_{s1}$  : 連結ボルト 1 本あたりに作用するせん断応力 19 (MPa)

$A_4$  : 連結ボルト断面積 314 (mm<sup>2</sup>)

$S_{H1}$  : 連結ボルト 1 本あたりに作用するせん断力  $5.662 \times 10^3$  (N)

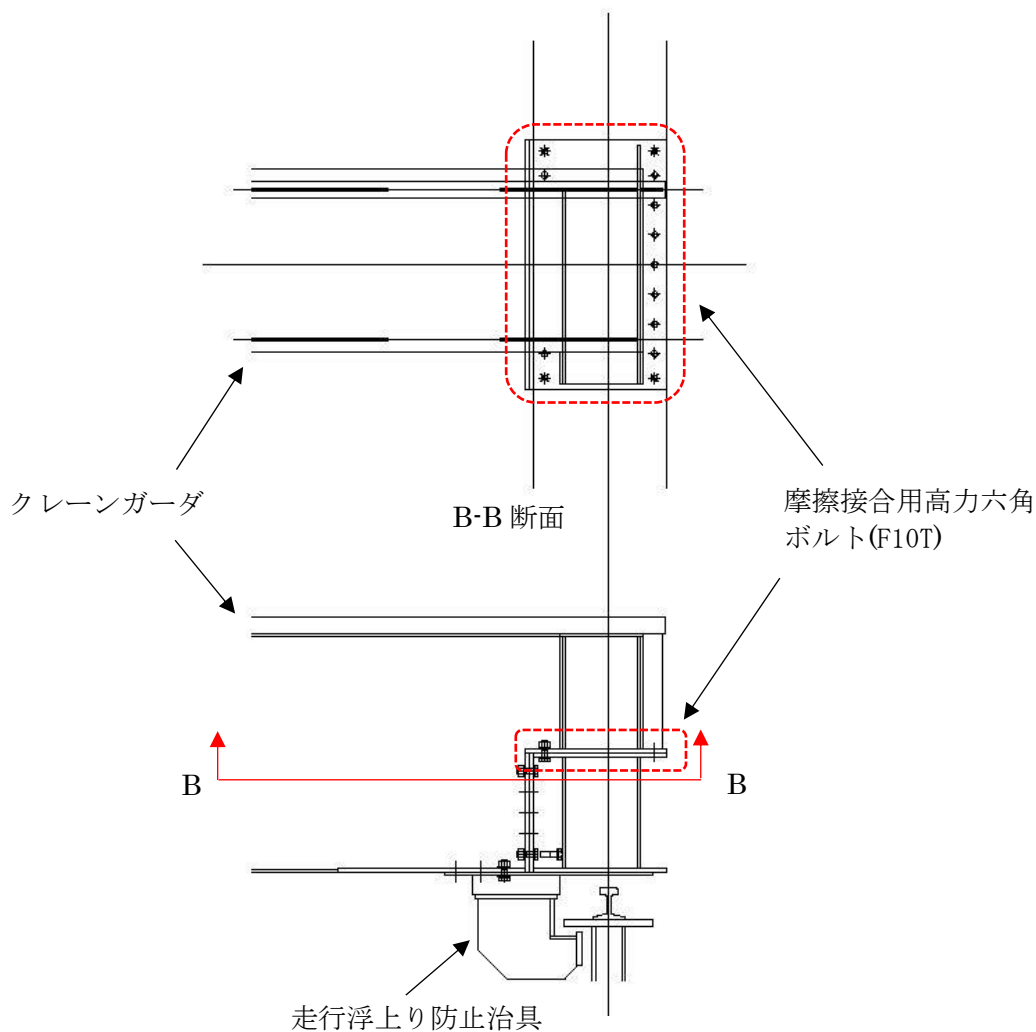


図 2.14.2.5-31 クレーンガーダ連結部(連結ボルト B 面)

2.14.2.5-35

(3) 連結ボルト 1 本あたりに作用する応力(連結ボルト C 面)

a. 引張応力： $\sigma_{t2}$

$$\sigma_{t2} = \frac{T_H}{A_4} \dots\dots\dots (6.2.5)$$

$\sigma_{t2}$  : 連結ボルト 1 本あたりに作用する引張応力 45 (MPa)

$A_4$  : 連結ボルト断面積 314 (mm<sup>2</sup>)

$T_H$  : 連結ボルト 1 本あたりに作用する引張力 1.408 × 10<sup>4</sup> (N)

b. せん断応力： $\sigma_{s1}$

$$\sigma_{s1} = \frac{S_{H1}}{A_4} \dots\dots\dots (6.2.6)$$

$\sigma_{s1}$  : 連結ボルト 1 本あたりに作用するせん断応力 12 (MPa)

$A_4$  : 連結ボルト断面積 314 (mm<sup>2</sup>)

$S_{H1}$  : 連結ボルト 1 本あたりに作用するせん断力 3.680 × 10<sup>3</sup> (N)

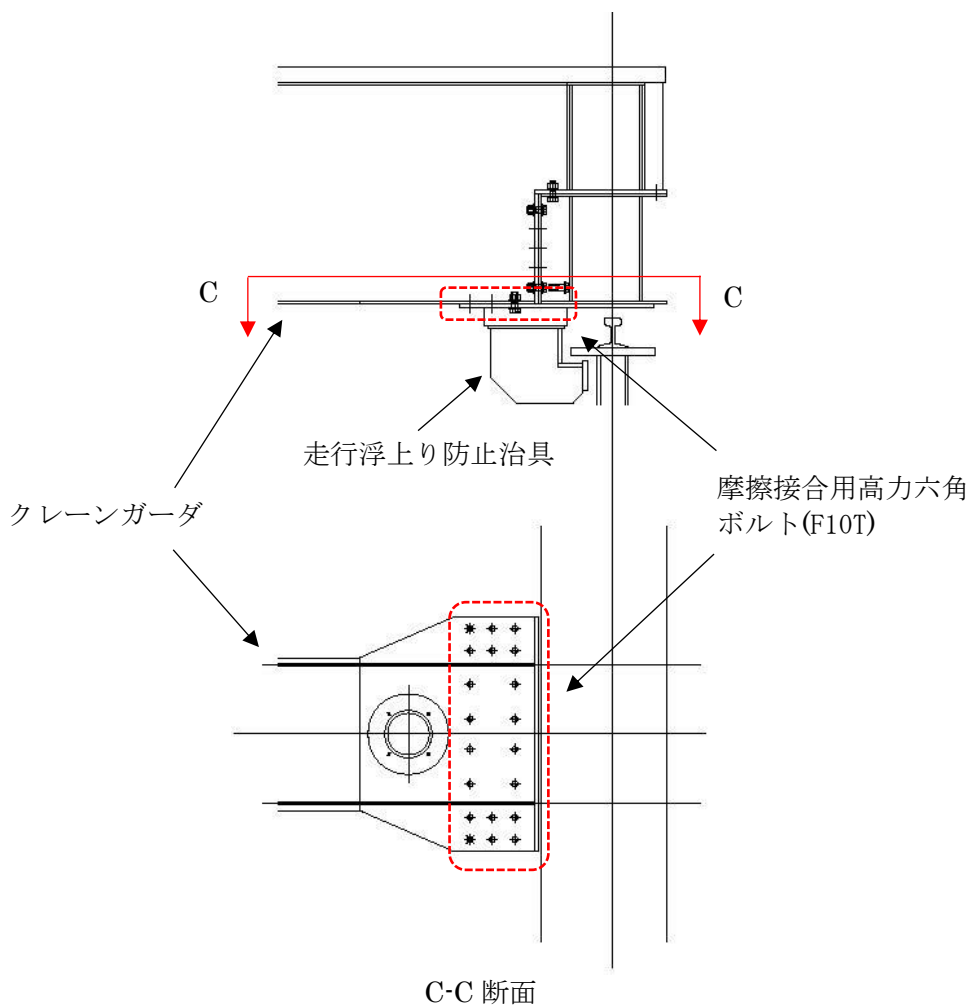


図 2.14.2.5-32 クレーンガード連結部(連結ボルト C 面)



### 6.3 走行浮上り防止治具の応力

走行浮上り防止治具に加わる荷重はスペクトルモーダル解析により求める。走行浮上り防止爪の応力は図 2.14.2.5-33, 図 2.14.2.5-34 を用いて計算し, 走行浮上り防止爪取付ボルトの応力は図 2.14.2.5-35 を用いて計算する。

#### (1) 走行浮上り防止爪(先端)に作用する応力

##### a. 曲げ応力： $\sigma_{b2}$

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{v1} \times L_1}{Z_3} \dots\dots\dots (6.3.1)$$

$\sigma_{b2}$  : 横行浮上り防止爪(先端)に作用する曲げ応力 148 (MPa)

$F_{v1}$  : トロリ浮上り時に横行浮上り防止爪に作用する鉛直荷重  $1.419 \times 10^5$  (N)

$L_1$  :  $F_{v1}$ 作用位置から評価面までの距離 98 (mm)

$Z_3$  : 横行浮上り防止爪先端の断面係数  $9.434 \times 10^4$  (mm<sup>3</sup>)

##### b. せん断応力： $\tau_2$

$$\tau_2 = \frac{F_{v1}}{A_{s1}} \dots\dots\dots (6.3.2)$$

$\tau_2$  : 横行浮上り防止爪(先端)に作用するせん断応力 51 (MPa)

$A_{s1}$  : 横行浮上り防止爪先端のせん断断面積  $2.837 \times 10^3$  (mm<sup>2</sup>)

$F_{v1}$  : トロリ浮上り時に横行浮上り防止爪に作用する鉛直荷重  $1.419 \times 10^5$  (N)

##### c. 組合せ応力： $\sigma_{k2}$

$$\sigma_{k2} = \sqrt{\sigma_{b2}^2 + 3\tau_2^2} \dots\dots\dots (6.3.3)$$

$\sigma_{k2}$  : 横行浮上り防止爪(先端)に作用する組合せ応力 173 (MPa)

$\sigma_{b2}$  : 横行浮上り防止爪(先端)に作用する曲げ応力 148 (MPa)

$\tau_2$  : 横行浮上り防止爪(先端)に作用するせん断応力 51 (MPa)

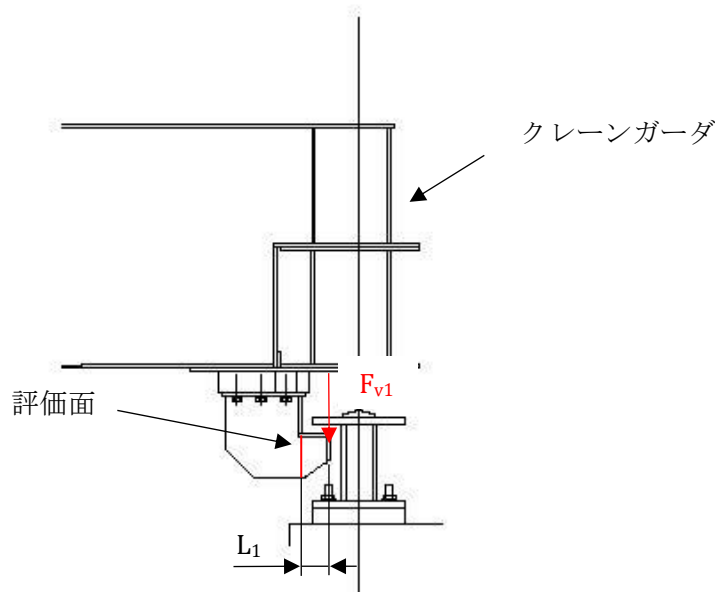


図 2.14.2.5-33 走行浮上り防止爪(先端)

(2) 走行浮上り防止爪(根本)に作用する応力

a. 曲げ応力： $\sigma_{b3}$

$$\sigma_{b3} = \frac{F_{v1} \times L_2}{Z_4} \dots\dots\dots (6.3.4)$$

$\sigma_{b3}$  : 横行浮上り防止爪(根本)に作用する曲げ応力 100 (MPa)

$F_{v1}$  : トロリ浮上り時に横行浮上り防止爪に作用する鉛直荷重 1.419×10<sup>5</sup> (N)

$L_2$  : 横行浮上り防止爪根本中心から  $F_{v1}$ 作用位置までの長さ 221 (mm)

$Z_4$  : 横行浮上り防止爪根本の断面係数 3.149×10<sup>5</sup> (mm<sup>3</sup>)

b. 引張応力： $\sigma_{t3}$

$$\sigma_{t3} = \frac{F_{v1}}{A_5} \dots\dots\dots (6.3.5)$$

$\sigma_{t3}$  : 横行浮上り防止爪(根本)に作用する引張応力 19 (MPa)

$A_5$  : 横行浮上り防止爪根本の断面積 7776 (mm<sup>2</sup>)

$F_{v1}$  : トロリ浮上り時に横行浮上り防止爪に作用する鉛直荷重 1.419×10<sup>5</sup> (N)

c. 組合せ応力： $\sigma_{k3}$

$$\sigma_{k3} = \sigma_{b3} + \sigma_{t3} \dots\dots\dots (6.3.6)$$

$\sigma_{k3}$  : 横行浮上り防止爪(根本)に作用する組合せ応力 119 (MPa)

$\sigma_{b3}$  : 横行浮上り防止爪(根本)に作用する曲げ応力 100 (MPa)

$\sigma_{t3}$  : 横行浮上り防止爪(根本)に作用する引張応力 19 (MPa)

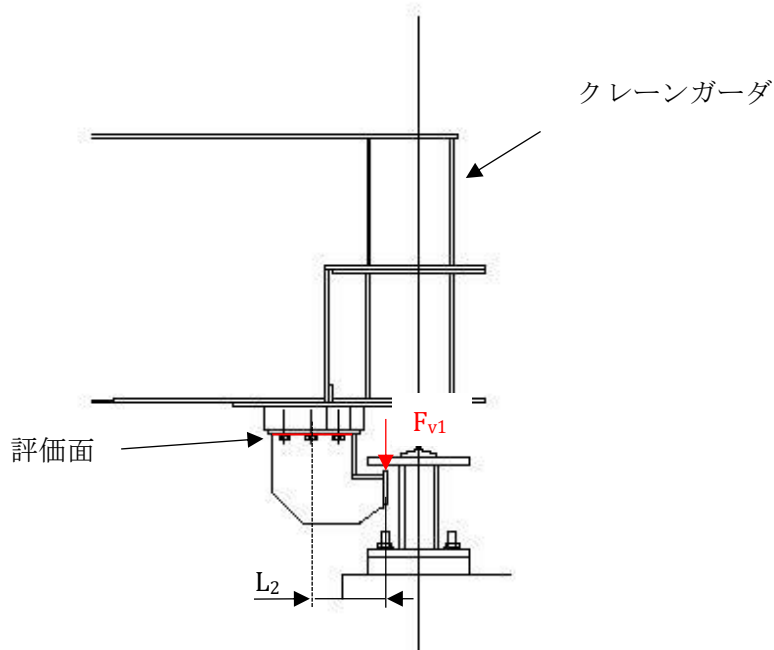


図 2.14.2.5-34 走行浮上り防止爪(根本)

(3) 走行浮上り防止爪取付ボルトのボルト1本当たりに作用する応力

a. 走行浮上り防止爪取付ボルト(A)1本当たりに作用する引張力： $T_1$

$$T_1 = \frac{F_{v1}}{8} + \frac{M_4}{(4 \times 160)} \dots\dots\dots (6.3.7)$$

$T_1$  : 走行浮上り防止爪取付ボルト(A)1本当たりに作用する引張力  $6.675 \times 10^4$  (N)

$F_{v1}$  : クレーン本体浮上り時に走行浮上り防止爪に作用する鉛直荷重  $1.419 \times 10^5$  (N)

$M_4$  : 走行浮上り防止装置爪から取付ボルト(A)に作用するモーメント  $3.136 \times 10^7$  (N・mm)

b. 走行浮上り防止爪取付ボルト(A)1本当たりに作用する引張応力： $\sigma_{t4}$

$$\sigma_{t4} = \frac{T_1}{A_6} \dots\dots\dots (6.3.8)$$

$\sigma_{t4}$  : 走行浮上り防止爪取付ボルト(A)1本当たりに作用する引張応力 213 (MPa)

$A_6$  : 走行浮上り防止爪取付ボルト(A)の断面積 314 (mm<sup>2</sup>)

$T_1$  : 走行浮上り防止爪取付ボルト(A)1本当たりに作用する引張力  $6.675 \times 10^4$  (N)

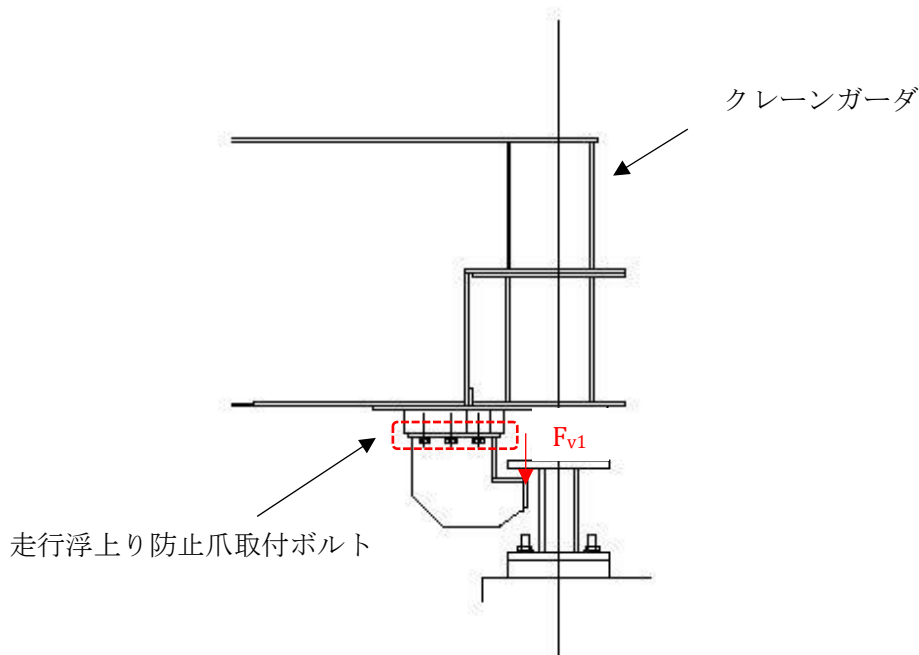


図 2.14.2.5-35 走行浮上り防止爪取付ボルト

#### 6.4 横行浮上り防止治具の応力

横行浮上り防止治具に加わる荷重はスペクトルモーダル解析により求める。横行浮上り防止爪の応力は図 2.14.2.5-36, 図 2.14.2.5-37 を用いて計算し, 横行浮上り防止爪取付ボルトの応力は図 2.14.2.5-38 を用いて計算する。

(1) 横行浮上り防止爪(先端)に作用する応力

a. 曲げ応力:  $\sigma_{b4}$

$$\sigma_{b4} = \frac{F_{v2} \times L_6}{Z_5} \dots\dots\dots (6.4.1)$$

$\sigma_{b4}$  : 横行浮上り防止爪(先端)に作用する曲げ応力 107 (MPa)

$F_{v2}$  : トロリ浮上り時に横行浮上り防止爪に作用する鉛直荷重  $2.178 \times 10^5$  (N)

$L_6$  :  $F_{v2}$ 作用位置から評価面までの距離 67 (mm)

$Z_5$  : 横行浮上り防止爪先端の断面係数  $1.373 \times 10^5$  (mm<sup>3</sup>)

b. せん断応力:  $\tau_4$

$$\tau_4 = \frac{F_{v2}}{A_{S3}} \dots\dots\dots (6.4.2)$$

$\tau_4$  : 横行浮上り防止爪(先端)に作用するせん断応力 52 (MPa)

$A_{S3}$  : 横行浮上り防止爪先端のせん断断面積 4192 (mm<sup>2</sup>)

$F_{v2}$  : トロリ浮上り時に横行浮上り防止爪に作用する鉛直荷重  $2.178 \times 10^5$  (N)

c. 組合せ応力:  $\sigma_{k4}$

$$\sigma_{k4} = \sqrt{\sigma_{b4}^2 + 3\tau_4^2} \dots\dots\dots (6.4.3)$$

$\sigma_{k4}$  : 横行浮上り防止爪(先端)に作用する組合せ応力 140 (MPa)

$\sigma_{b4}$  : 横行浮上り防止爪(先端)に作用する曲げ応力 107 (MPa)

$\tau_4$  : 横行浮上り防止爪(先端)に作用するせん断応力 52 (MPa)

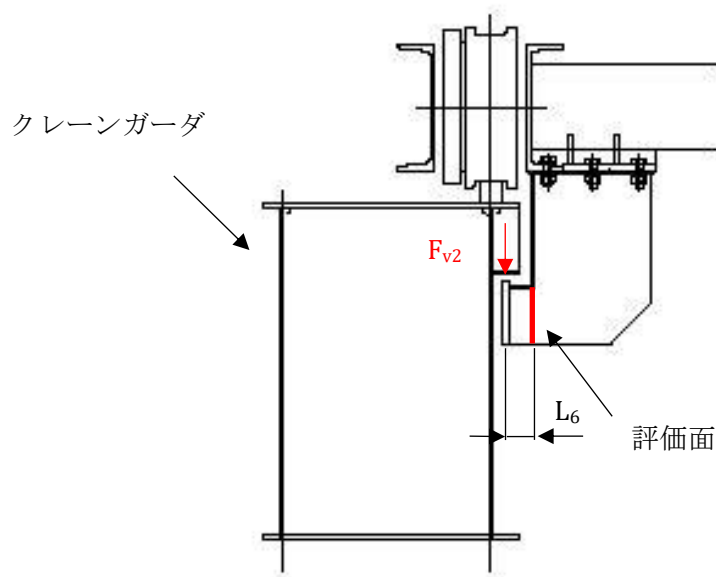


図 2.14.2.5-36 横行浮上り防止爪(先端)

(2) 横行浮上り防止爪(根本)に作用する応力

a. 曲げ応力： $\sigma_{b5}$

$$\sigma_{b5} = \frac{F_{v2} \times L_7}{Z_6} \dots\dots\dots (6.4.4)$$

$\sigma_{b5}$  : 横行浮上り防止爪(根本)に作用する曲げ応力 72 (MPa)

$F_{v2}$  : トロリ浮上り時に横行浮上り防止爪に作用する鉛直荷重  $2.187 \times 10^5$  (N)

$L_7$  : 横行浮上り防止爪根本中心から  $F_{v2}$ 作用位置までの長さ 208 (mm)

$Z_6$  : 横行浮上り防止爪根本の断面係数  $6.317 \times 10^5$  (mm<sup>3</sup>)

b. 引張応力： $\sigma_{t5}$

$$\sigma_{t5} = \frac{F_{v2}}{A_8} \dots\dots\dots (6.4.5)$$

$\sigma_{t5}$  : 横行浮上り防止爪(根本)に作用する引張応力 17 (MPa)

$A_8$  : 横行浮上り防止爪根本の断面積  $1.349 \times 10^4$  (mm<sup>2</sup>)

$F_{v2}$  : トロリ浮上り時に横行浮上り防止爪に作用する鉛直荷重  $2.178 \times 10^5$  (N)

c. 組合せ応力： $\sigma_{k5}$

$$\sigma_{k5} = \sigma_{b5} + \sigma_{t5} \dots\dots\dots (6.4.6)$$

$\sigma_{k5}$  : 横行浮上り防止爪(根本)に作用する組合せ応力 89 (MPa)

$\sigma_{b5}$  : 横行浮上り防止爪(根本)に作用する曲げ応力 72 (MPa)

$\sigma_{t5}$  : 横行浮上り防止爪(根本)に作用する引張応力 17 (MPa)

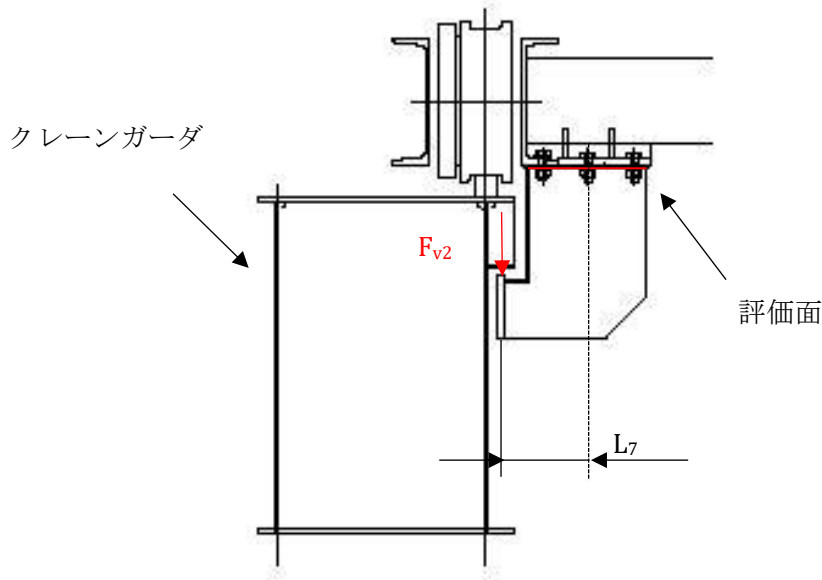


図 2.14.2.5-37 横行浮上り防止爪(根本)

(3) 横行浮上り防止爪取付ボルトに作用する応力

a. 横行浮上り防止爪取付ボルト 1 本あたりに作用する引張力： $T_2$

$$T_2 = \frac{F_{v2}}{6} + \frac{M_5}{220 \times 2} \dots\dots\dots (6.4.7)$$

$T_2$  : 横行浮上り防止爪取付ボルト 1 本あたりに作用する荷重  $1.393 \times 10^5$  (N)

$F_{v2}$  : トロリ浮上り時に横行浮上り防止爪に作用する鉛直荷重  $2.178 \times 10^5$  (N)

$M_5$  : 横行浮上り防止爪から取付ボルトに作用するモーメント  $4.531 \times 10^7$  (N·mm)

b. 引張応力： $\sigma_{t6}$

$$\sigma_{t6} = \frac{T_2}{A_9} \dots\dots\dots (6.4.8)$$

$\sigma_{t6}$  : 横行浮上り防止爪取付ボルト 1 本あたりに作用する引張応力 444 (MPa)

$A_9$  : 横行浮上り防止爪取付ボルトの断面積 314 (mm<sup>2</sup>)

$T_2$  : 横行浮上り防止爪取付ボルト 1 本あたりに作用する荷重  $1.393 \times 10^5$  (N)

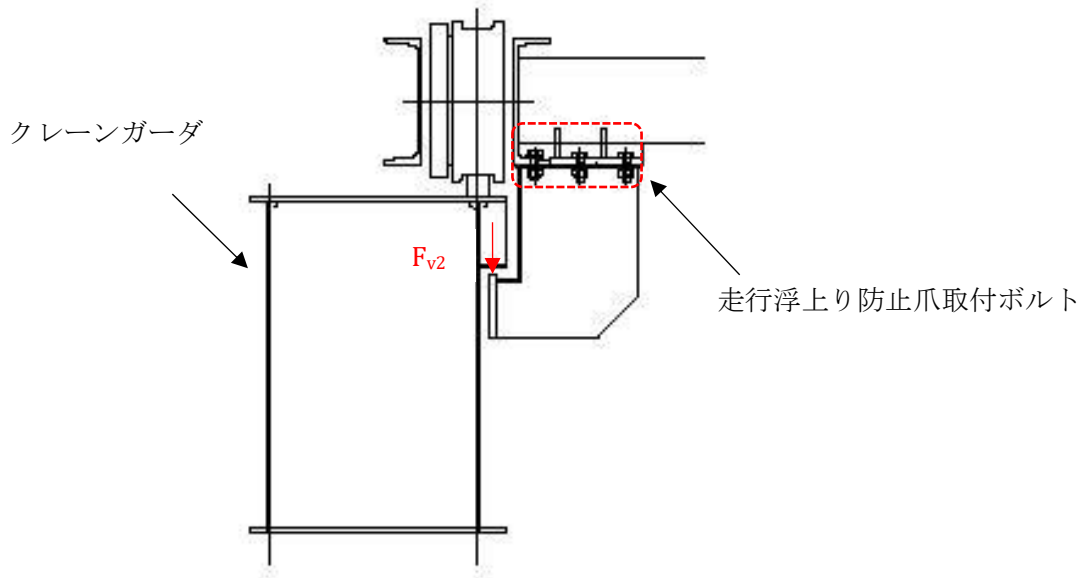


図 2.14.2.5-38 横行浮上り防止爪取付ボルト

6.5 ランウェイガーダ基礎ボルト1個あたりに作用する応力

a. 基礎ボルト1本あたりに作用する引張力： $T_3$

$$T_3 = \frac{F_{v1}}{6} + \frac{M_6}{200 \times 3} \quad \dots\dots\dots (6.5.1)$$

$T_3$  : 基礎ボルト1本あたりに作用する引張力  $4.707 \times 10^4$  (N)

$F_{v1}$  : クレーン本体浮上り時に走行浮上り防止爪に作用する鉛直荷重  $1.419 \times 10^5$  (N)

$M_6$  : 走行浮上り防止爪から取付ボルトに作用するモーメント  $1.405 \times 10^7$  (N・mm)

b. 基礎ボルト1本あたりに作用する引張応力： $\sigma_{t7}$

$$\sigma_{t7} = \frac{T_3}{A_{10}} \quad \dots\dots\dots (6.5.2)$$

$\sigma_{t7}$  : 基礎ボルト1本あたりに作用する引張応力  $105$  (MPa)

$A_{10}$  : 基礎ボルトの断面積  $452$  (mm<sup>2</sup>)

$T_3$  : 基礎ボルト1本あたりに作用する引張力  $4.707 \times 10^4$  (N)

c. 基礎ボルト1本あたりに作用するせん断応力： $\tau_5$

$$\tau_5 = \frac{F_{h1}}{A_{10} \times 6} \quad \dots\dots\dots (6.5.3)$$

$\tau_5$  : 基礎ボルト1本あたりに作用するせん断力  $5$  (MPa)

$F_{h1}$  : クレーン本体浮上り時に走行浮上り防止爪に作用する水平荷重  $1.184 \times 10^4$  (N)

$A_{10}$  : 基礎ボルトの断面積  $452$  (mm<sup>2</sup>)

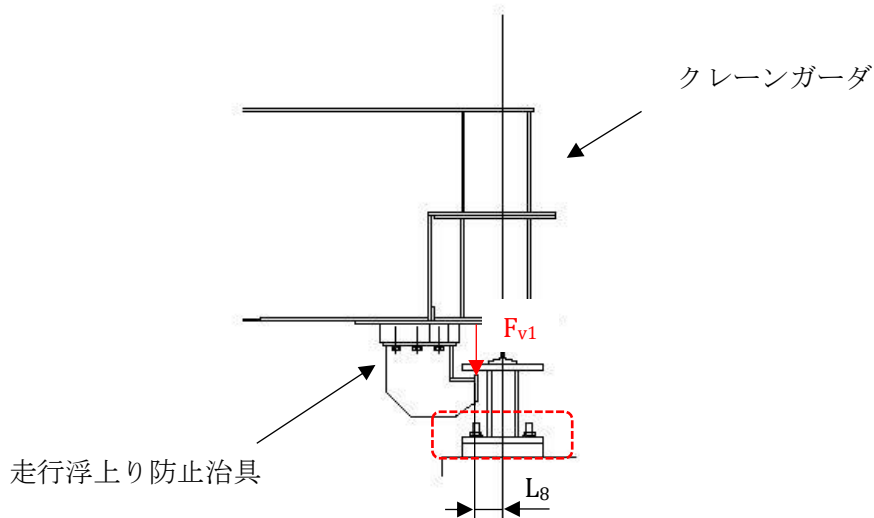


図 2.14.2.5-39 ランウェイガーダ取付部材(基礎ボルト)

## 6.6 吊具の荷重計算方法

クレーンの吊具荷重を受ける各部分は、クレーン本体、トロリ、ワイヤロープ及びフックで、このうち吊荷を直接吊るもので、損傷・破断により落下に至る可能性があるワイヤロープとフックを評価対象とする。

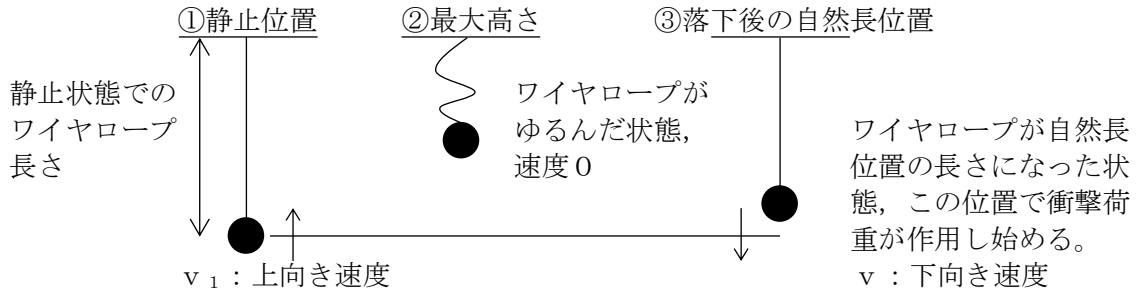
ワイヤロープ及びフックの計算に当たっては、以下の基本事項で行うものとする。

- ・ クレーン及び吊荷の速度算出に当たっては、クレーン、吊荷質量及びワイヤロープ長さの評価条件を以下のとおり設定する。
  - ① 鉛直方向荷重を考える場合、ワイヤロープ長さを短くすれば固有周期が短くなり、吊荷の速度変化が大きくなることから、衝撃荷重が大きくなる。したがって、ワイヤロープ長さは保守的に運用上限位置での長さを用いることとする。
  - ② 吊荷の質量は、定格質量で評価を実施する。
- ・ ワイヤロープ、フックの荷重は、吊荷を1自由度モデルにより求めた固有周期に対応する加速度、クレーンを4.4項より求めた固有周期に対応する加速度をもとに、吊荷が一度浮上って落下したときの衝撃荷重を算出する。
- ・ クレーンと吊荷の位相差が吊荷に及ぼす影響については、吊荷とは逆位相に生じるクレーンの速度を、吊荷に作用する相対速度として考慮する。
- ・ 衝撃荷重は、吊荷が持っている運動量の保存則を考慮して算出する。
- ・ 水平方向地震に伴い、吊荷が振り子運動を起こして吊具に遠心力が作用するが、その影響については、軽微であることから、評価においては鉛直方向地震だけを考慮するものとする。



(1) 吊荷の浮上り後の落下速度の算出

吊荷は、図 2.14.2.5-40 に示すように、鉛直方向に浮上り再び自然長位置に戻った瞬間から、吊具の衝撃荷重を与える。

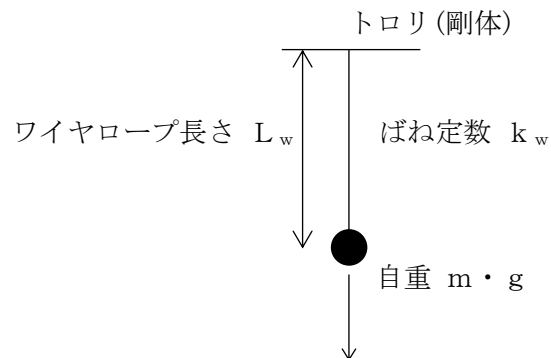


- 下向き速度  $v$   
②, ③ まではエネルギー保存則より  
下向き速度  $v$  は  
 $v < v_1$   
となるが、保守的に  
 $v = v_1$   
として評価を行う。

図 2.14.2.5-40 吊荷の浮上りの様子

(2) 吊荷の固有周期

以下のとおり、トロリを剛体としたときの吊荷の固有周期  $T_w$  を算出する。



$$\text{固有周期: } T_w = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k_w}}$$

ここで、

$T_w$  : ワイヤロープ・吊荷の単振動モデルから計算される吊荷の固有周期 0.22 (s)

$k_w$  : ワイヤロープのばね定数  $1.638 \times 10^4$  (N/mm)

$m$  : 吊荷の質量 20400 (kg)

$$\text{ばね定数: } k_w = \frac{A_w \cdot n_w \cdot E_w}{L_w}$$

ここで、

$A_w$  : ワイヤロープ 1 本の断面積 215 (mm<sup>2</sup>)

$E_w$  : ワイヤロープの縦弾性係数  $8.336 \times 10^4$  (N/mm<sup>2</sup>)

$L_w$  : ワイヤロープ長さ 1094 (mm)

$n_w$  : ワイヤロープ本数 1 (-)

(3) 吊荷に作用する衝撃荷重

以下のとおり、ワイヤロープ、フックに作用する荷重Fを算出する。

図 2.14.2.5-41 及び図 2.14.2.5-42 に示すように、ワイヤロープの下端にある吊荷の運動量の変化は吊荷とトロリの質量や固有値が異なることから  $v_1$  と  $v_2$  が同値にならないが、保守的にワイヤロープの減衰がなく完全弾性衝突を仮定して反発係数を 1 とすれば以下となる。

$$\text{(力積)} : \int_0^{\frac{T_w}{4}} F \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{t}{T_w}\right) \cdot dt$$

$$\text{(吊荷の運動量の変化)} : m \cdot (v_1 + v_2)$$

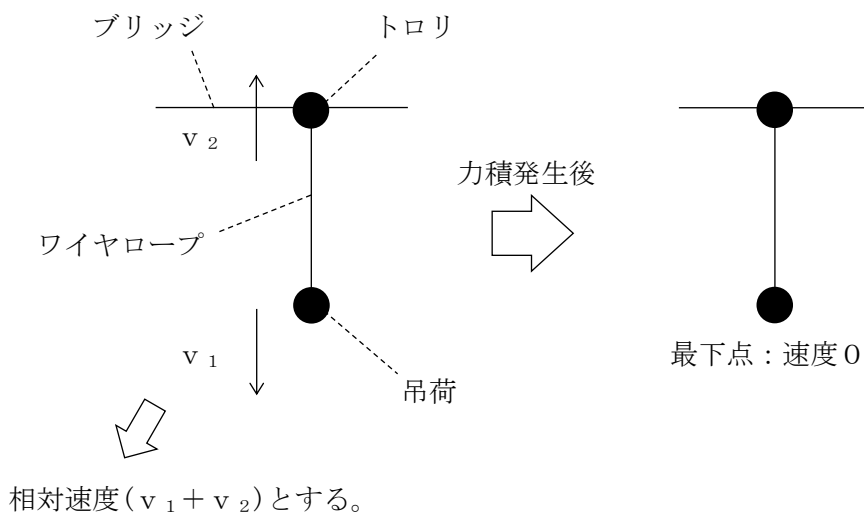


図 2.14.2.5-41 吊荷落下後の速度変化

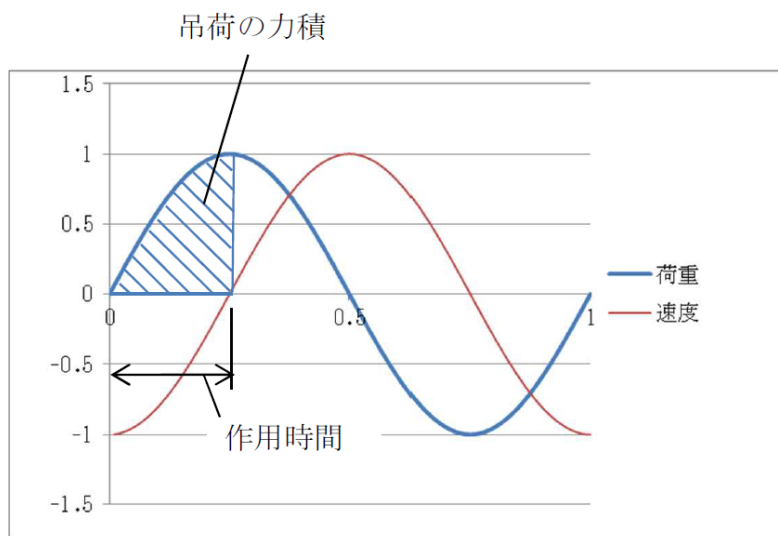


図 2.14.2.5-42 吊荷の力積の概念図

吊荷の運動方向が変化する時間については、ワイヤロープが完全弾性体で、吊荷とトロリの運動が自由振動系であることを仮定すれば、吊荷の固有周期 $T_w$ の4分の1となる。

以上から、運動量変化及び作用時間をもとに荷重は、自重分を追加して、以下のとおり計算する。

$$F = \frac{2 \cdot \pi \cdot m \cdot (v_1 + v_2)}{T_w} + m \cdot g$$

ここで、

F	: 吊荷の浮上り後の落下によりワイヤロープ、フックに発生する荷重	$1.062 \times 10^6$ (N)
m	: 吊荷の質量	20400 (kg)
$T_w$	: ワイヤロープ・吊荷の単振動モデルから計算される吊荷の固有周期	0.22 (s)
$v_1$	: 吊荷の最大速度	1070.96 (mm/s)
$v_2$	: トロリの最大速度	420.47 (mm/s)

## 第2棟における津波の影響について

第2棟は津波が到達しないと考えられるT.P. +約40mに建設することにより、津波の影響を受けない設計とする。図2.14.2.6-1に、検討用津波(T.P. +22.6 m)の遡上範囲及び第2棟の建設箇所を示す。

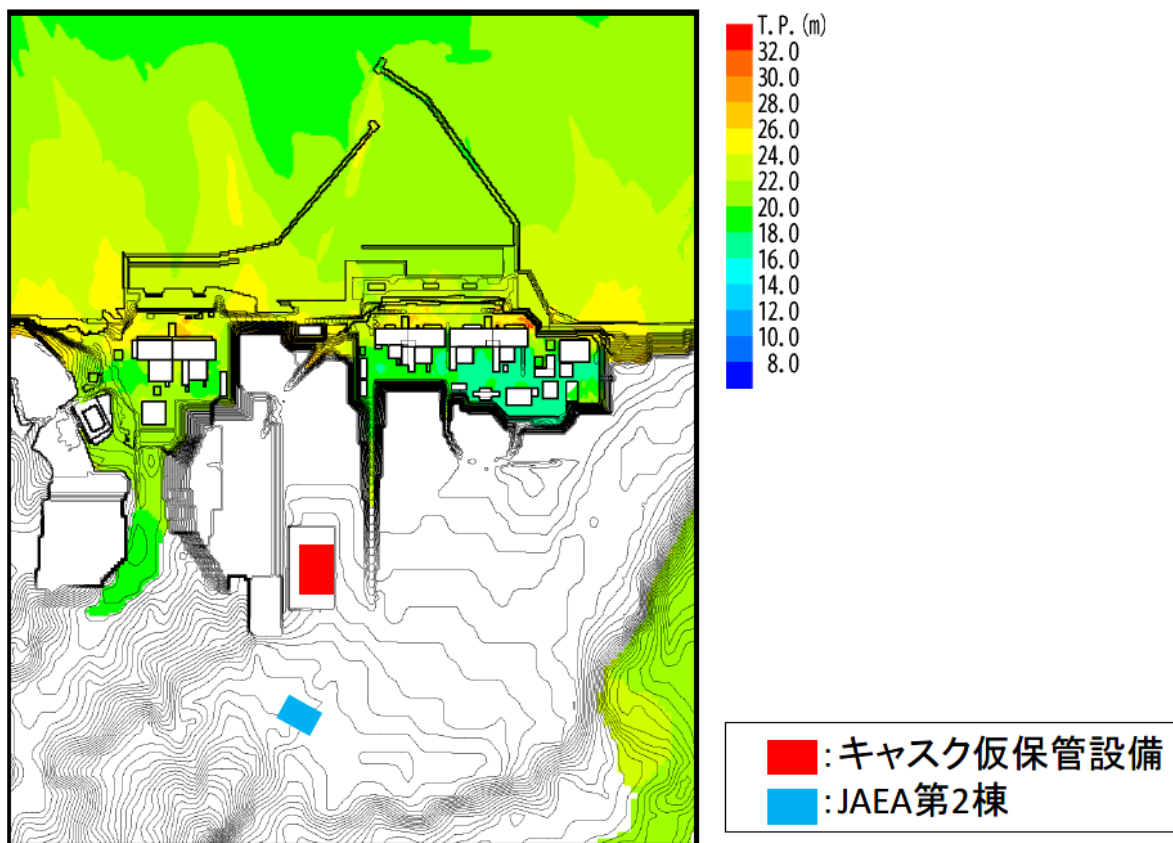


図 2.14.2.6-1 検討用津波の遡上範囲図 (航空写真)

第2棟には津波は到達しないため、「想定される自然現象」として設計上の考慮は不要となる。

## 落雷に対する設計上の考慮に係る準拠法令等について

第2棟は、避雷針の設置、機器接地により、落雷による損傷を防止する設計とする。避雷針の設置、機器接地を行うに当たり、JIS A 4201（建築物等の雷保護）及び建築基準法に基づき設計する。

JIS A 4201では、被保護施設の種類及び重要度等を考慮して保護レベル（雷保護システムの保護効率に応じた分類）を選定し、選定した保護レベルに対応した設計をするように規定している。表 2.14.2.7-1 に各保護レベルでの保護効率等を示す。

表 2.14.2.7-1 各保護レベルでの保護効率

保護レベル	保護効率	最小電撃電流 [kA]	電撃距離 [m]
I	0.98	2.9	20
II	0.95	5.4	30
III	0.90	10.1	45
IV	0.80	15.7	60

第2棟の保護レベルは、「新 JIS に基づく外部雷保護システムの設計・施工実務」（日本電設工業協会）で示されている、表 2.14.2.7-2 保護レベル選定上、考慮する条件に基づき、保護レベル I として設計する。

表 2.14.2.7-2 保護レベル選定上、考慮する条件

立地条件	その地方の襲来頻度 地形（平地の一軒家、山または丘の頂上、がけの上）
建築物等の種類・重要度	建築物の高さ 多数の人が集まる建築物（学校、寺院、病院、デパート、劇場等） 重要業務を行う建築物等（官庁、電話局、銀行、商社） 科学的、文化的に貴重な建築物等（美術館、博物館、保護建築物等） 家畜を多数収容する牧舎 火薬、可燃性液体、可燃性ガス、毒物、放射性物質などを貯蔵または取り扱う建築物等 大量の電子機器を収容している建築物等

## 竜巻影響評価について

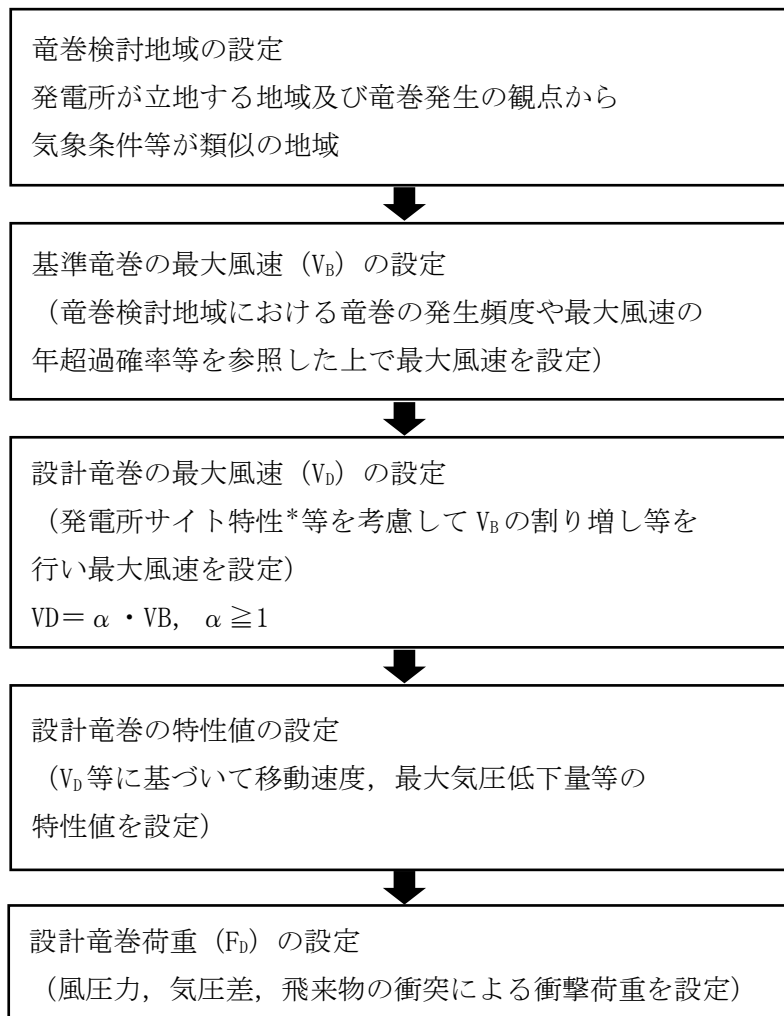
## 1. 竜巻防護に関する設計方針

第2棟の安全上重要な施設（コンクリートセル（給排気弁を含む）、試料ピット）に対し、竜巻及び竜巻随伴事象によって、第2棟の竜巻防護施設の安全機能が維持されることを「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」（平成25年6月19日 原規技発第13061911号原子力規制委員会決定）（以下「竜巻ガイド」という。）に基づき評価する。

なお、竜巻防護施設として、「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おそれのある施設」を防護対象として考慮し、本評価では「コンクリートセル(給排気弁含む)及び試料ピット」の安全性を確認する。

## 2. 設計竜巻の設定

第2棟における設計竜巻の風速は100m/sと設定する。設計竜巻の最大風速の設定については、竜巻ガイドで示されている図2.14.2.8-1の基本フローに沿って設定する。



\* : 地形効果による竜巻の増幅特性等

図 2.14.2.8-1 基準竜巻・設計竜巻の設定に係る基本フロー

## 2.1 竜巻検討地域の設定

第2棟に対する基準竜巻風速の設定を検討する竜巻検討地域（宮城県以西の太平洋側沿岸域）を図2.14.2.8-2に示す。検討地域の面積は88,682 km<sup>2</sup>であり、最大のFスケールはF3（風速70～92m/s）である。福島県から青森県にかけての太平洋側沿岸域における発生数は、茨城県以西の太平洋側沿岸域に比べて極めて少ないが、宮城県以西の太平洋側沿岸域は、大きなスーパーセル型竜巻の発生ポテンシャルが国内でも最大規模である地域を含んでおり、総観場分析によって竜巻検討地域として設定することは適切であると考えられる。



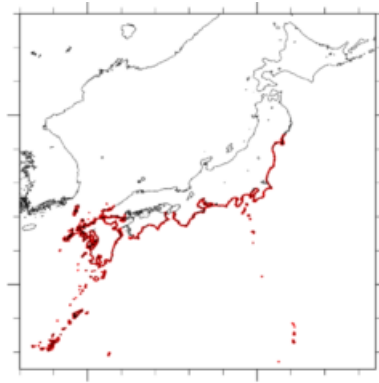


図 2.14.2.8-2 基準竜巻風速設定に用いる竜巻検討地域

## 2.2 基準竜巻の最大風速 $V_B$ の設定

基準竜巻の最大風速は、過去に発生した竜巻による最大風速( $V_{B1}$ )及び竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速( $V_{B2}$ )のうち、大きな風速を設定する。

### 2.2.1 過去に発生した竜巻による最大風速( $V_{B1}$ )の設定

過去発生した最大規模の竜巻は表2.14.2.8-1に示すとおり、藤田スケールのF3竜巻（風速70～92m/s）であることから、 $V_{B1}$ はF3の風速範囲の上限値92m/sとする。

表 2.14.2.8-1 過去発生した主な F3 竜巻（気象庁、竜巻等の突風データベースより）

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

### 2.2.2 竜巻風速のハザード曲線による最大風速 $V_{B2}$

竜巻風速のハザード曲線に基づく最大風速 $V_{B2}$ については、竜巻ガイドに基づき図2.14.2.8-3のフローに基づき評価する。

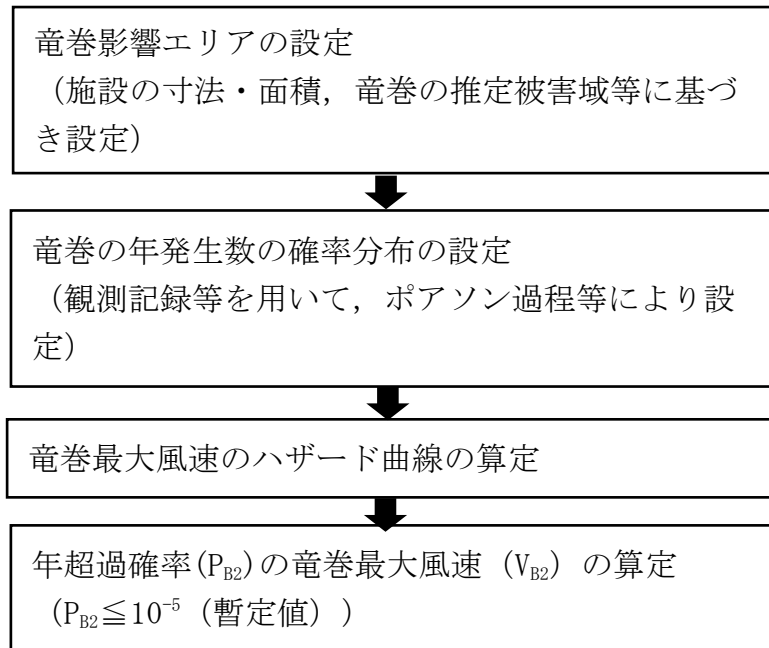


図 2.14.2.8-3 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速( $V_{B2}$ )の算定フロー

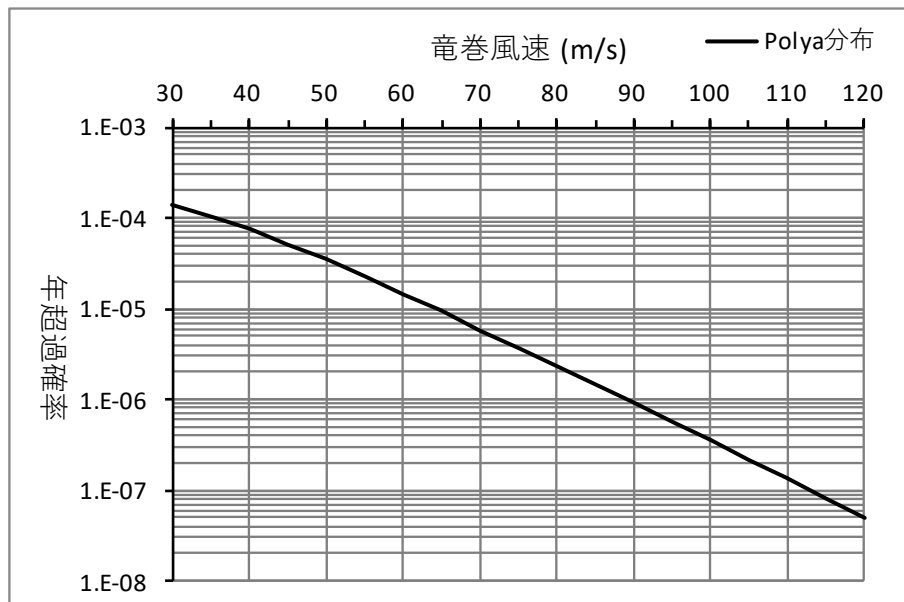


図 2.14.2.8-4 竜巻風速のハザード評価結果

評価の結果、竜巻風速のハザード評価は図 2.14.2.8-4 の通りになり、竜巻ガイドにて設定されている年超過確率  $10^{-5}$  に対する竜巻風速は 64.3 m/s となる。

表 2.14.2.8-2 竜巻風速のハザード評価結果の纏め

	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$
第2棟	35.8	64.3	89.0	113.1

### 2.2.3 基準竜巻の最大風速 $V_B$

過去に発生した竜巻による最大風速 $V_{B1}=92\text{m/s}$ 及び竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 $V_{B2}=64.3\text{m/s}$ のうち、大きい風速である $92\text{m/s}$ を基準竜巻の最大風速 $V_B$ とする。

表 2.14.2.8-3 竜巻最大風速の算定結果

項目	最大風速[m/s]
過去に発生した竜巻による最大風速 $V_{B1}$	92
竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 $V_{B2}$	64.3
基準竜巻の最大風速 $V_B$	92

### 2.3 設計竜巻の最大風速 $V_D$ の設定

福島第一原子力発電所周辺で発生する竜巻は、地形が平坦な海側から発電所敷地に進入する可能性が高く発電所敷地自体も平坦であるため竜巻が増幅することはないと考えられる。また、竜巻が海上から陸側に移動する際には、地表面粗度の小さい海上から粗度の大きい陸上に上陸するため、粗度により減衰するものと考えられる。

以上のことから、地形効果による竜巻の増幅を考慮せず、**不確かさを考慮し安全側に切り上げて設計竜巻の最大風速 $V_D$ を $100\text{m/s}$ とする。**

### 3. 設計竜巻の特性値

竜巻ガイドに基づき算出した設計竜巻の各特性値を以下に示す。

表2.14.2.8-4 設計竜巻の特性値

最大風速 $V_D$ [m/s]	移動速度 $V_T$ [m/s]	最大接線風速 $V_{Rm}$ [m/s]	最大接線風速 半径 $R_m$ [m]	最大気圧低下 量 $\Delta P_{\max}$ [hPa]	最大気圧低下 率 $(dp/dt)_{\max}$ [hPa/s]
100	15	85	30	89	45

#### 4. 設計飛来物の設定

竜巻ガイドに基づき、第2棟の設置環境を考慮し、設計飛来物を設定した。竜巻ガイドを基に設定した飛来物を表2.14.2.8-5に示す。また、第2棟の設置環境を考慮し設定した飛来物を表2.14.2.8-6に示す。

表 2.14.2.8-5 竜巻ガイドを基に設定した飛来物

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

表 2.14.2.8-6 第2棟の設置環境を考慮し設定した飛来物

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

※1 TEPCO 柏崎刈羽原子力発電所の許認可実績から引用

※2 日本原燃の許認可実績から引用

#### 5. TONBOS による設計飛来物の飛散解析

他の原子力施設で許認可実績があるTONBOSを使用し、設計竜巻における飛来物の飛散高さ、速度等を評価した。結果を表2.14.2.8-7に示す。

TONBOSによる飛散解析の結果及び図2.14.2.8-5に示す第2棟の断面図から以下の項目のとおり整理する。

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

表 2.14.2.8-7 TONBOS による飛散解析の結果

飛来物	浮上判定	最大飛散高さ[m]	最大水平速度[m/s]
鋼管パイプ	浮上しない		
鋼製材	浮上する	0.3	15.0
コンクリート板	浮上しない		
コンテナ	浮上する	17.3	54.4
トラック	浮上しない	0.1	6.3
車両 (大)	浮上する	4.6	45.2
車両 (小)	浮上する	8.7	55.1



図 2.14.2.8-5 第2棟建屋の断面図

#### 6. 設計竜巻荷重に対する建屋の影響評価

竜巻ガイドを基に、設計竜巻荷重に対して第2棟建屋が健全であることを確認するため、設計竜巻による複合荷重 ( $W_{T1}$ 及び $W_{T2}$ ) に対して、第2棟建屋の構造健全性が維持されることを確認するため、保有水平耐力以下であることを確認する<sup>※3</sup>。

複合荷重の計算式を以下に示す。

- ①  $W_{T1} = W_p$
  - ②  $W_{T2} = W_w + 0.5 \cdot W_p + W_M$
- $W_{T1}$ 、 $W_{T2}$  : 設計竜巻による複合荷重  
 $W_w$  : 設計竜巻の風圧力による荷重  
 $W_p$  : 設計竜巻による気圧差による荷重  
 $W_M$  : 設計飛来物による衝撃荷重

$W_p$  (気圧差による荷重) の計算式  
 $W_p = \Delta P_{max} \cdot A = 8.9 \times A$

$W_w$  (風圧力による荷重) の計算式  
 $W_w = q \cdot G \cdot C \cdot A \quad (q = (1/2) \cdot \rho \cdot V_0^2)$

$W_M$  (飛来物による衝撃荷重) の計算式  
 $W_M = mv^2/L_1$  (Rieraの式)

結果として、複合荷重 ( $W_{T1}$ 及び $W_{T2}$ ) が建屋の保有水平耐力以下であることを確認した。複合荷重と保有水平耐力との比較の詳細を表2. 14. 2. 8-8及び表2. 14. 2. 8-9に示す。

※3 建屋の構造健全性確認として、保有水平耐力を算定し建屋設計を実施する。設計竜巻荷重が、保有水平耐力を下回れば、竜巻による影響は保有水平耐力評価に内包されるため、竜巻による建屋への影響はないと評価する。

表 2. 14. 2. 8-8 複合荷重  $W_{T1}$  と保有水平耐力の比較

階層	$W_{T1}$ [N]	保有水平耐力 [N]	判定
1 階	1. 13E+06	1. 90E+08	○
2 階	2. 33E+06	1. 08E+08	○
屋上階	1. 81E+06	2. 59E+07	○

表 2. 14. 2. 8-9 複合荷重  $W_{T2}$  と保有水平耐力の比較

飛来物が衝突する階	飛来物※4	$W_{T2}$ [N]※5	保有水平耐力 [N]	判定
1 階	鋼製材	3. 18E+07	1. 90E+08	○
	コンテナ			○
	車両(大)			○
	車両(小)			○
2 階	車両(小)	4. 13E+06	1. 08E+08	○
	コンテナ	1. 04E+07		○
屋上階	コンテナ	5. 15E+06	2. 59E+07	○

※4 鋼管パイプ、コンクリート板及びトラックは浮上しない。また、鋼製材、車両（大）及び車両（小）は、1階の高さまでしか飛散しない。

※5 1階衝突時は鋼製材、コンテナ、車両（大）及び車両（小）が同時に衝突する場合を想定する。

## 7. 設計飛来物の衝突に対する影響評価

### 7.1 建屋外壁（コンクリート）に設計飛来物が衝突した場合の影響評価

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

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

○コンクリートに対する貫通評価及び裏面剥離評価

・貫通評価※1

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

修正NDRCS式  $X_c = \alpha_c \sqrt{4kWND \left( \frac{V}{1000D} \right)^{1.8}}$   
 $k = \frac{180}{\sqrt{F_c}}$

・裏面剥離評価

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

※1 形状係数：1.14（鋭い）、低減係数：1.0（剛体）の条件で計算

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

設計飛来物の寸法重量及びTONBOSによる解析で得られた飛来物の速度から算出した貫通限界厚さ及び裏面剥離限界厚さを表2. 14. 2. 8-10に示す。各限界厚さと建屋外壁の壁厚を比較することで、設計飛来物が衝突した場合の影響を評価し、以下の項目に示すとおり設計飛来物ごとに整理した。

- ・ 鋼管パイプ、コンクリート板  
 浮上しないため、第2棟に衝突しない。
- ・ 鋼製材、トラック、車両（大）  
 最大飛散高さが7m未満であるため、1階の外壁に衝突する。1階外壁の壁厚が、貫通限界厚さ及び裏面剥離限界厚さよりも大きいため、貫通、裏面剥離は発生しない。
- ・ 車両（小）  
 最大飛散高さが7m以上、13m未満であるため、1階及び2階の外壁に衝突する。1階及び2階の外壁の壁厚が、貫通限界厚さ及び裏面剥離限界厚さよりも大きいため、貫通及び裏面剥離は発生しない。
- ・ コンテナ  
 最大飛散高さが17m以上であるため、1階、2階及び屋上階の外壁に衝突する。1階外壁の壁厚が、貫通限界厚さ及び裏面剥離限界厚さよりも大きいため、貫通及び裏面剥離は発生しない。2階外壁の一部の壁厚が、裏面剥離限界厚さよりも小さいため、裏面剥離が発生する。図2. 14. 2. 8-6の実線枠で示した外壁は壁厚■■■■であり、各限界厚さ以上の厚みであるため、貫通及び裏面剥離は発生しない。図2. 14. 2. 8-6の破線枠で示した外壁は壁厚■■■■であり、コンテナが衝突した場合は裏面剥離が発生する。ただし、発生した剥離物は、近傍（換気空調設備室、制御室、更衣室・汚染検査室及び放射線監視室）に落下するが、コンクリートセルに影響はない。屋上階にコンテナが衝突した場合、壁厚が裏面剥離限界厚さよりも小さいため裏面剥離を生じる。

表 2.14.2.8-10 建屋外壁に設計飛来物が衝突した場合の限界厚さ

飛来物	最大飛散 高さ[m]	コンクリートの貫 通限界厚さ[cm]	コンクリートの裏 面剥離限界厚さ [cm]	衝突する壁の厚さ
鋼管パイプ				
鋼製材	0.3	■	■	■ (1階:高さ0~7m)
コンクリート板				
コンテナ	17.3	■	■	■ (屋上階:高さ13~17m) ■ (2階:高さ7~13m) ■ (1階:高さ0~7m)
トラック	0.1	■	■	■ (1階:高さ0~7m)
車両(大)	4.6	■	■	■ (1階:高さ0~7m)
車両(小)	8.7	■	■	■ (2階:高さ7~13m) ■ (1階:高さ0~7m)



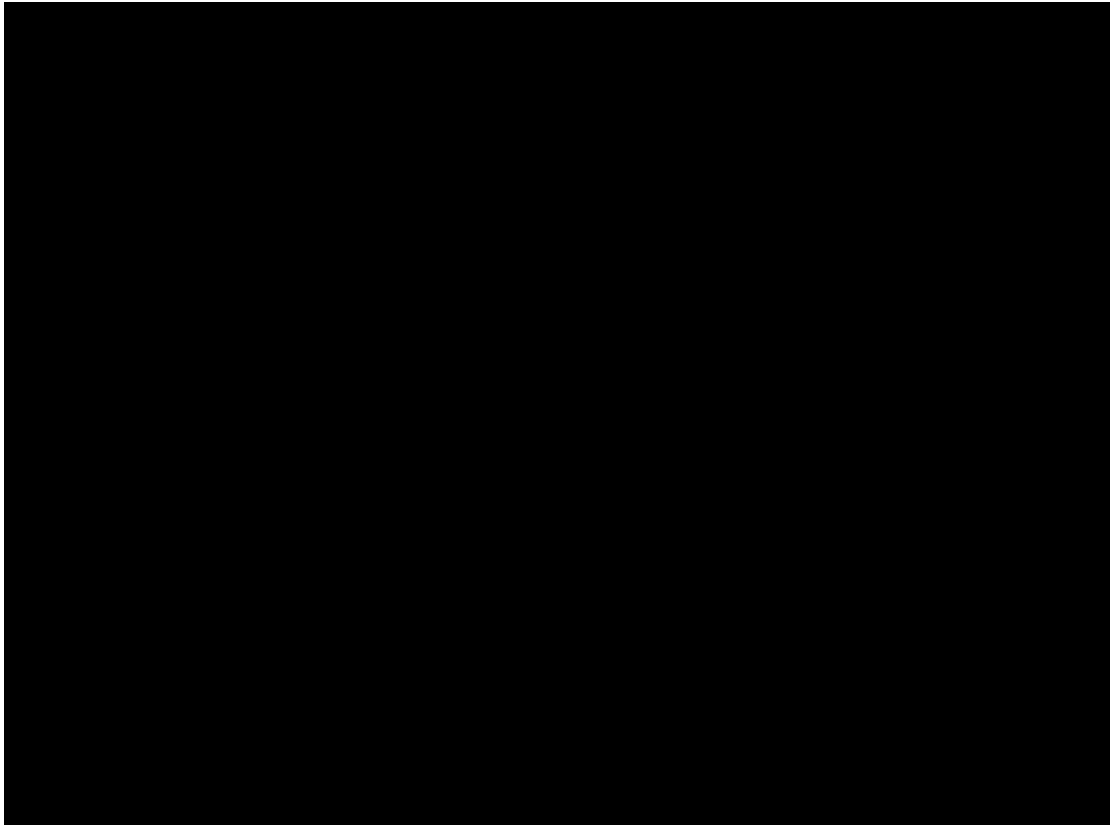


図 2. 14. 2. 8-6 2 階の壁厚 (第 2 棟 2 階平面図)

## 7.2 扉（鋼板）に設計飛来物が衝突した場合の影響評価

設計飛来物の寸法重量及びTONBOSによる解析で得られた飛来物の速度から、飛来物が扉（鋼板）に衝突した場合における貫通の発生の有無を確認する。第2棟に設置される扉の仕様を表 2. 14. 2. 8-11に示す。なお、貫通の発生の有無を評価する際に使用する評価式は、他の原子力施設で許認可実績がある以下の式を使用する。

### ○鋼板に対する貫通評価

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

#### 凡例

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

設計飛来物の寸法重量及びTONBOSによる解析で得られた飛来物の速度から算出した貫通限界厚さを表2. 14. 2. 8-12に示す。貫通限界厚さと扉の厚さを比較することで、設計飛来物が衝突した場合の影響を評価し、以下の項目に示すとおり扉の種類ごとに整理した。また、図2. 14. 2. 8-7に第2棟における扉の配置図を示す

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

表 2. 14. 2. 8-11 第 2 棟に設置される扉の仕様

No.	設置階	材質	厚さ [mm]
1	1, 2	ステンレス鋼	■
2	1	ステンレス鋼／普通コンクリート／ステンレス鋼※6	■

※6 普通コンクリートがステンレス鋼で挟まれている構造

表 2. 14. 2. 8-12 鋼板の貫通限界厚さ

飛来物	最大飛散高さ [m]	鋼板の貫通限界厚さ [mm]
鋼管パイプ		
鋼製材	0.3	■
コンクリート板		
コンテナ	17.3	■
トラック	0.1	■
車両 (大)	4.6	■
車両 (小)	8.7	■



図 2. 14. 2. 8-7 第 2 棟の扉の配置

### 7.3 給気ガラリに設計飛来物が衝突した場合の影響評価

設計飛来物の寸法重量及びTONBOSによる解析で得られた飛来物の速度から、2階に衝突する可能性のあるコンテナが給気ガラリに衝突した場合における影響を確認する。給気ガラリにコンテナが衝突した場合、給気フィルタ室の壁（壁厚25cm）に衝突し、貫通することで換気空調設備室（給気）に侵入する。その後、サービスエリアとの境界壁（壁厚60cm）に衝突し、貫通はせず、裏面剥離が発生する。裏面剥離で発生した剥離物はコンクリートセルから2.8m離れたサービスエリア床に落下する。

コンテナが給気ガラリに衝突した場合の経路を図2. 14. 2. 8-8に示す。また、裏面剥離発生箇所の状況を図2. 14. 2. 8-9に示す。

結果として、コンテナが給気ガラリに衝突した場合は裏面剥離が発生するが、剥離物と防護対象施設は2.8m離れているため、影響はない。なお、コンテナ衝突時のコンクリートの各限界厚さは表2. 14. 2. 8-10を参照する。

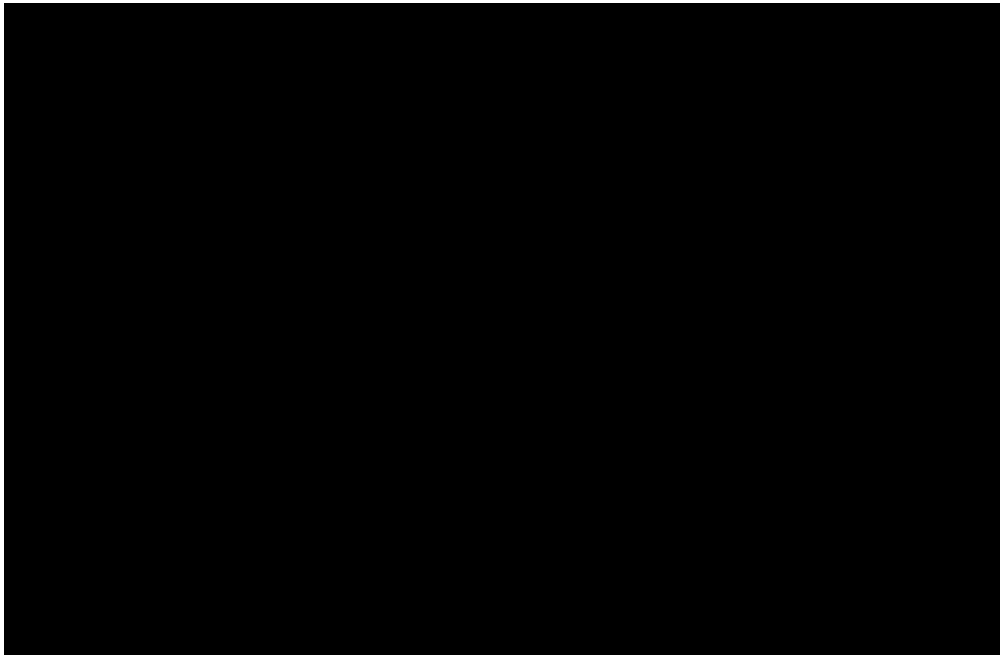


図 2.14.2.8-8 コンテナの経路

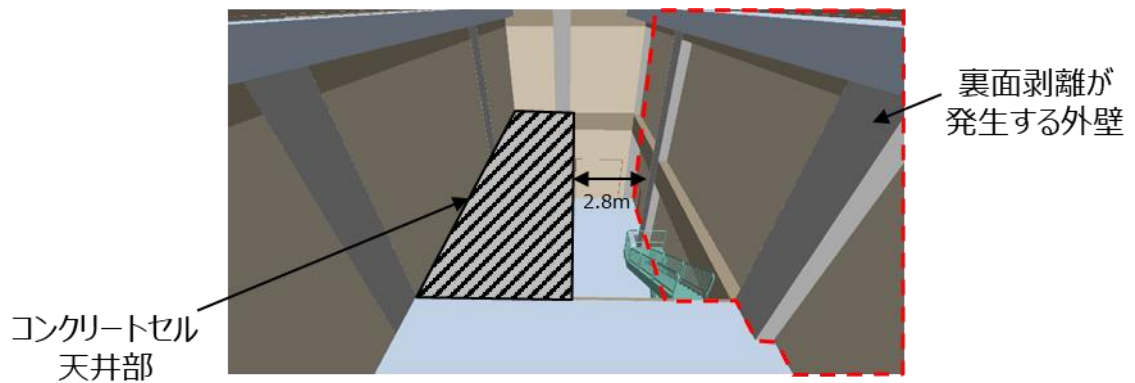


図 2.14.2.8-9 裏面剥離発生箇所の状況

## 8. 設計飛来物の最適化

竜巻ガイドで例示されている飛来物の寸法は一般的な仕様を示したものである。第2棟で最適化された飛来物で影響評価を行う必要があるため、以下の項目において飛来物ごとにパラメータサーベイを行い、第2棟で想定され得る最大影響を考慮した評価を行う。

### 8.1 コンテナ

コンテナは、内容物の量によって竜巻影響評価に影響が生じる可能性がある。第2棟で想定されるコンテナの状況を網羅的に評価するため、重量に対してパラメータサーベイを行う。パラメータサーベイの範囲は、1000kgから5000kgの範囲を500kg刻み、5000kg以上の範囲を1000kg刻みで重量を増加させ、コンテナが浮上しなくなるまでの範囲を行う。

パラメータサーベイの結果を表2.14.2.8-13に示す。コンテナは、重量が11000kgを超えると浮上しなくなることを確認した。重量が1000kgから2500kgの場合、コンテナは13m以上浮上するため、1階、2階及び屋上階に衝突する。重量が3000kgから3500kgの場合、コンテナは7m以上、13m

未満の範囲で浮上するため、1階及び2階に衝突する。重量が4000kg以上の場合、コンテナは1階にのみ衝突することを確認した。

1階にコンテナが衝突する場合は、いずれの重量においても各限界厚さが1階の壁厚を下回るため、貫通及び裏面剥離は発生しないことを確認した。2階にコンテナが衝突する場合は、貫通は発生しないが、コンテナ重量が3000kgから3500kgの場合は、2階の建屋外壁で裏面剥離が発生するが、影響評価は7.1と同様である。

屋上階にコンテナが衝突する場合、貫通は発生しないが、裏面剥離が発生する。屋上階で発生した剥離物は、図2.14.2.8-10の破線枠に示す範囲に落下することが想定される。剥離物の落下範囲には、施設の安全上重要なコンクリートセル（天井部）が存在するため、剥離物がコンクリートセル（天井部）に衝突した場合の影響評価を行う。

裏面剥離で発生する剥離物の寸法及び重量は、裏面剥離に対する報告例<sup>※7</sup>によると、剥離物は飛来物の種類に係らず、かぶり部程度の厚さで、1辺の大きさが鉄筋間隔の2倍程度となることが報告されている。屋上階で発生する剥離物についても同様の考え方を適用すると、屋上階の建屋外壁のかぶり厚が■■■■■、鉄筋ピッチが■■■■■であるため、寸法は■■■■■となる。コンクリートの密度は2.25g/cm<sup>3</sup>であるため、剥離物の重量は43.2kgである。剥離物の衝突評価では、剥離物の最小面積(400mm×120mm)衝突することを想定する。また、衝突速度は屋上階天井部（高さ17m）からコンクリートセル天井部(高さ7m)までの距離10mを自由落下で加速された速度である15.0m/sとする。

以上の条件で剥離物がコンクリートセル天井部に衝突した場合の評価結果を表2.14.2.8-14に示す。各限界厚さはコンクリートセル天井部の厚み(■■)を下回るため、貫通及び裏面剥離は発生しない。

※7 伊藤千浩，大沼博志，白井孝治，”飛来物の衝突に対するコンクリート構造物の耐衝撃設計手法”，電力中央研究所総合報告U24，（1991）。

表 2.14.2.8-13 コンテナのパラメータサーベイの結果

コンテナ重量 [kg]	最大飛散高さ [m]	コンクリートの貫通限界厚さ [cm]	コンクリートの裏面剥離限界厚さ [cm]	衝突する壁の厚さ
1000	30.5	■	■	(屋上階：高さ13～17m) ■ (2階：高さ7～13m) ■ (1階：高さ0～7m)
1500	24.2	■	■	
2000	19.8	■	■	
2500	15.3	■	■	(2階：高さ7～13m) ■ (1階：高さ0～7m)
3000	12.0	■	■	
3500	8.1	■	■	(1階：高さ0～7m)  ■ (1階：高さ0～7m)
4000	6.5	■	■	
4500	5.3	■	■	
5000	4.5	■	■	
6000	3.1	■	■	
7000	1.8	■	■	
8000	1.1	■	■	
9000	0.4	■	■	
10000	0.1	■	■	
11000	0	—	—	

表 2.14.2.8-14 屋上階で発生した剥離物の各限界厚さ

衝突物	落下距離 [m]	コンクリートの貫通限界厚さ [cm]	コンクリートの裏面剥離限界厚さ [cm]	衝突する壁の厚さ [cm]
剥離物	10	■	■	■



図 2.14.2.8-10 剥離物の落下範囲 (2階平面図)

2.14.2.8-17

## 9. 竜巻随件事象

竜巻随件事象により、コンクリートセル(給排気弁含む)及び試料ピットの安全性が損なわれな  
いことを確認する。

### 9.1 随件事象

竜巻随件事象として第2棟で想定される事象を以下に示し、その発生可能性及び影響を評価す  
る。

#### 9.1.1 火災

(1) 燃料タンク及びその貯蔵施設等が倒壊して燃料が流出し発火する。

第2棟近傍には屋外燃料タンクがないため、燃料を起因とする火災は発生するおそれはない。

(2) 竜巻と同時に発生する落雷により、電気機器が過電流により発火する。

分電盤等には、雷によって発生する雷サージから電気機器を保護するため、分電盤等内に避雷  
器を設置し、電気機器を保護する設計とするため、落雷を起因とする火災は発生するおそれはない。

第2棟の主要構造部は可能な限り不燃性材料及び難燃性材料を使用し、火災の発生を防止する  
構造となっている。火災が発生しても第2棟各所には火災検知器及び消火設備(消火器及び消火  
栓等)を設置され、早期の検知及び消火を行える設計となっている。

#### 9.1.2 溢水

(1) 貯水タンク等が倒壊して流出した水及び豪雨が建屋内に浸水する。

第2棟近傍には貯水タンク等がなく、また竜巻荷重は建屋に影響を及ぼさず、飛来物が建屋を  
貫通することもないため、建屋内部に浸水するおそれはない。

溢水によりコンクリートセル及び試料ピットが被水及び水没しても、核燃料物質が臨界に達し  
ないことを確認している。また、コンクリートセルの給排気弁も、フェイルクローズ弁を用いる  
設計のため、緊急時には自動的に給排気弁が閉止し、構造による閉じ込め機能は維持される。

#### 9.1.3 外部電源喪失

(1) 竜巻と同時に発生する落雷、雹、及びダウンバースト等により送電網等が損傷して、外部電  
源喪失が発生する。

第2棟は非常用電源設備を設置する設計となっており、外部電源が喪失した場合でも竜巻防護  
対象施設に給電できる設計となっている。万が一、非常用電源設備が稼働せず負圧維持機能が喪  
失しても、自動的にコンクリートセルの給排気弁が閉止し、構造による閉じ込め機能は維持され  
る。



## 竜巻影響評価におけるフジタモデルの適用について

## 1. 竜巻影響評価の風速場モデルについて

竜巻ガイドを参照し竜巻影響評価を行う上で、設計飛来物の飛来速度を設定するための風速場モデルを選定する必要がある。これまでの竜巻飛来物評価において用いられている風速場モデルとして、米国 NRC の基準類に記載されている「ランキン渦モデル」及び原子力安全基盤機構の調査研究報告書に記載されている LES (Large-eddy simulation) の数値解析があるが、本竜巻影響評価においては、地面におかれた物体への影響をよく表現できている風速場モデルとしてフジタの竜巻工学モデル DBT-77 (DBT : Design Basis Tornado) を選定する。

## 2. フジタモデルの概要

フジタモデルは、米国 NRC の実際の竜巻風速場をモデル化したいという要望により、藤田博士が 1978 年に竜巻観測記録をもとに考案した工学モデルである。モデル作成に当たっては、1974 年 8 月に米国カンザス州 Ash Valley 等で発生した竜巻の記録ビデオ画像の写真図化分析を行い、竜巻の地上痕跡調査、被災状況調査結果と照合することで風速ベクトルを作成し、そのベクトル図をもとに作成した流線モデルから、竜巻風速場を代数式で表現している。

フジタモデルの特徴は、地表面付近における竜巻中心に向かう強い水平方向流れ、及び外部コアにおける上昇流といった、実際の竜巻風速場をよく表現している点にある。

## 3. ランキン渦モデルの概要

ランキン渦モデルは、米国 NRC ガイドでも採用されており、設計竜巻の特性値を設定する際に用いられている。しかし、米国で開発された飛来物速度用のランキン渦モデルは竜巻中心に向かう半径方向風速と上昇速度を特別に付加している。そのため、流れの連続の式（質量保存式）を満たしておらず、地面から吹き出しが生じるような流れとなっており、地上からの物体の浮上・飛散を現実的に模擬することができない。ランキン渦モデルを用いて飛散評価を行う場合、地上の物体であっても空中浮遊状態を仮定して評価することになる。

## 4. モデルの比較

それぞれの風速場モデルの特徴の比較を表 2.14.2.8-15 に示す。またフジタモデルとランキン渦モデルの風速場構造の比較を図 2.14.2.8-11 に示す。フジタモデルの風速場構造の流線は、地面付近を含め、より実際の竜巻風速場に即した形で表現されており、地上からの物体の浮上・飛散解析が可能となっていることがフジタモデルの大きなメリットとなっている。それに対し、ランキン渦モデルは上空での水平方向風速の観点からは比較的良好に表現できているものの、地上付近では実現象と乖離しており、地上からの飛散挙動は解析するに適切でない。フジタ

モデルは特に問題となる点もないことから、竜巻影響評価に用いる風速場モデルとしてフジタモデルを選定することは妥当であると考える。

表 2.14.2.8-15 フジタモデルとランキン渦モデルの特徴の比較

モデル	使用実績	特徴	問題点
フジタモデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 竜巻飛来物設計速度，飛散高さに関する米国 DOE 重要施設の設計基準作成に利用されている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 実観測に基づいて考案されたモデルであり，実際に近い風速場構造を表現している。</li> <li>・ 比較的簡易な代数式により風速場を表現できる。</li> <li>・ 流体の連続式を満たす定式化。</li> <li>・ 地上に設置した状態から飛来物の挙動を解析できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 特になし。（ランキン渦モデルと比較すると，解析モデルが複雑になるが，計算能力の向上，および評価ツールの高度化により問題とならない）</li> </ul>
ランキン渦モデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 米国 NRC Regulatory Guide 1.76 で採用されている。</li> <li>・ 竜巻ガイド（設計竜巻の特性値の設定）で例示されている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 簡易な式で上空での水平方向の風速場を表現できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 風速場に高度依存性がなく，上昇流が全領域に存在する。（地面からも吹き出しがある）ため，実現象から乖離。</li> <li>・ 地上からの飛散挙動を改正するには適切でない。</li> </ul>

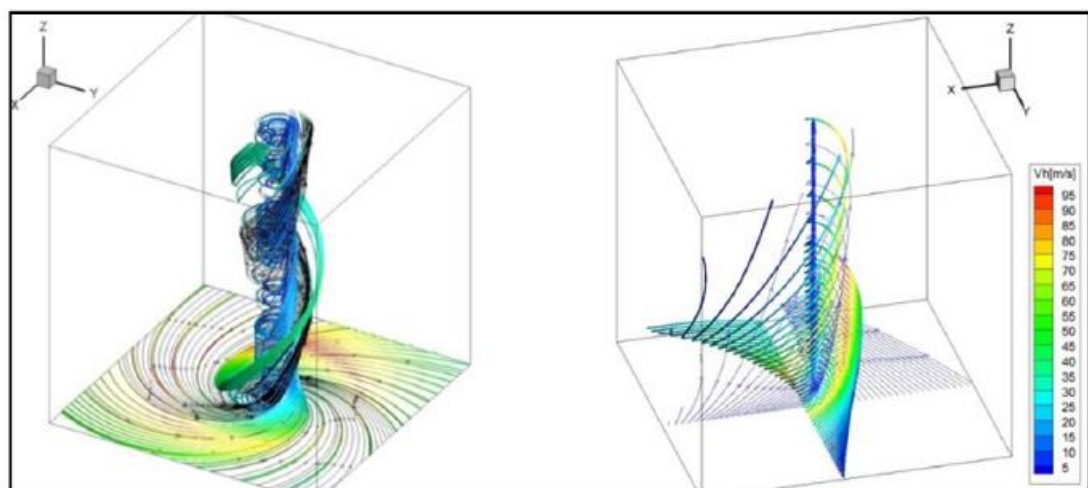


図 2.14.2.8-11 フジタモデル（左）とランキン渦モデル（右）の風速場構造

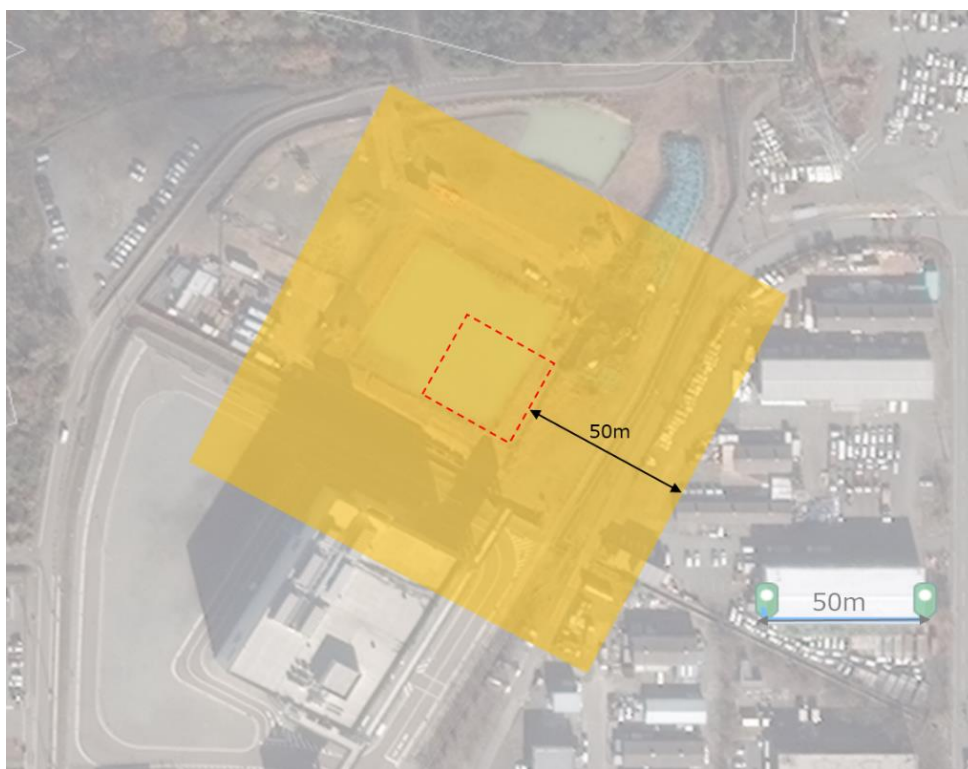
## 地滑りの対応について

## 1. 地滑りへの対応

第2棟は地滑りの影響がないように斜面からの離隔を確保し、地滑りのおそれがない設計であることを評価する。

## 2. 第2棟の設置場所について

第2棟の設置場所は、図2.14.2.9-1の通り、約50m以内に斜面がないことを確認した。



「Satellite Image (C) [2022] Maxar Technologies.」

図2.14.2.9-1 第2棟から50mの範囲（黄色部分）

### 3. 第2棟の支持地盤について

第2棟は事前調査ボーリングにおいて9カ所のボーリング調査を実施しており、第2棟の周辺地盤は、第四紀の段丘堆積物の下層に基盤となる新第三紀富岡層が分布し、概ね水平成層であることを確認した。

第2棟を支持する地盤は、基礎スラブ直下の地盤を南北方向に約37.6m、東西方向に約40.0m、人工岩盤=厚さ約5.4m、 $F_c=18\text{N/mm}^2$ を介して、T.P.+約24.0m (G.L.-約16.0m)の富岡層に支持する設計としている。また、Ss900地震時の最大接地圧は地盤の許容応力度(極限鉛直支持力度)を超えないことから、Ss900に対し第2棟の支持地盤は十分な支持性能を有する設計としている。

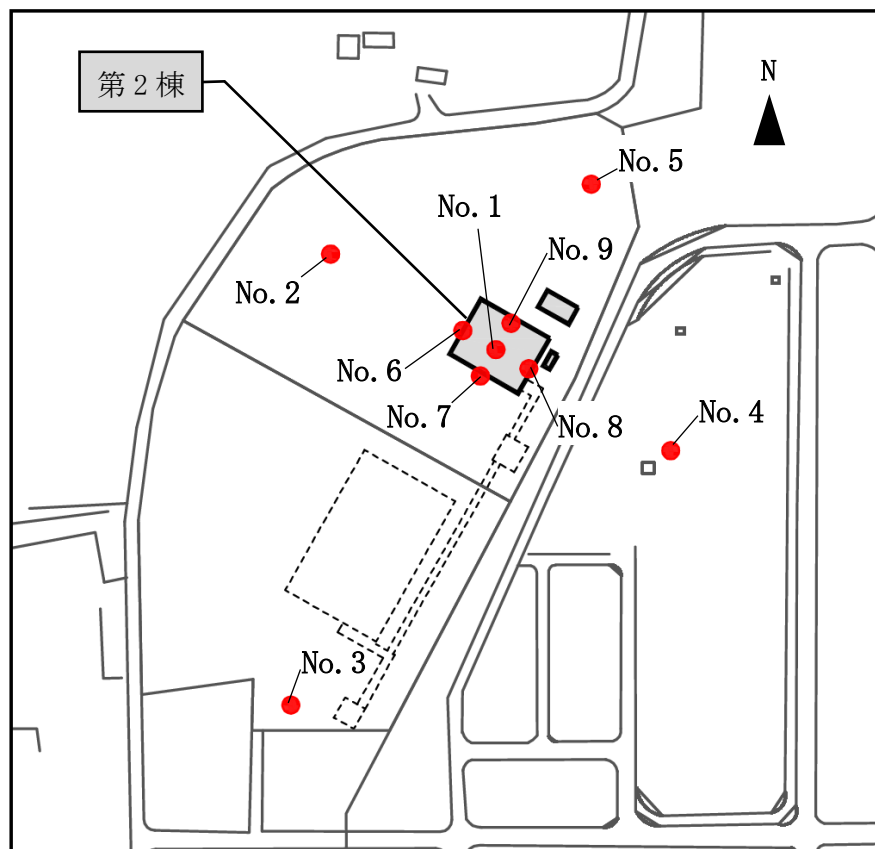


図2.14.2.9-2 第2棟ボーリング調査結果 位置図

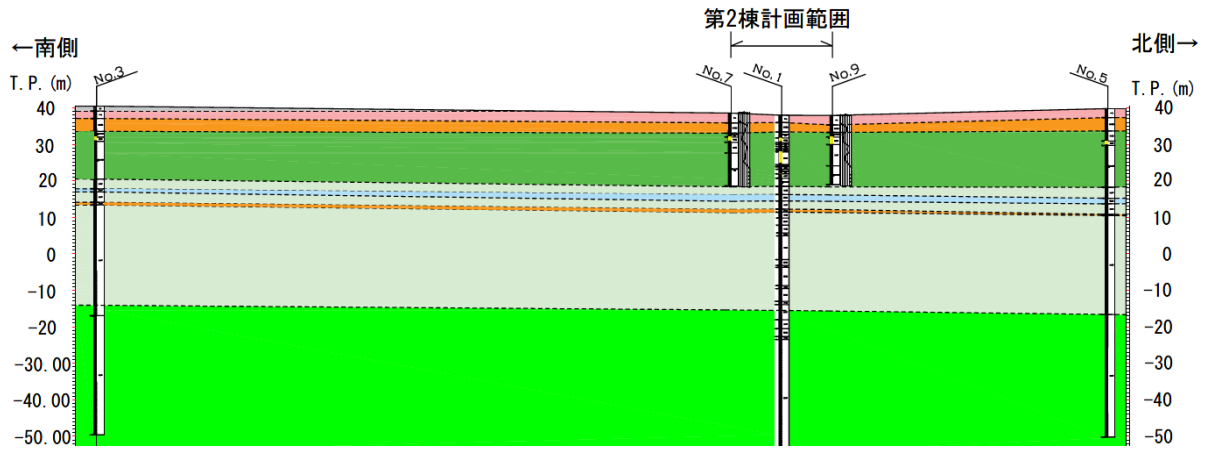


図2. 14. 2. 9-3 地質断面図（南北方向）

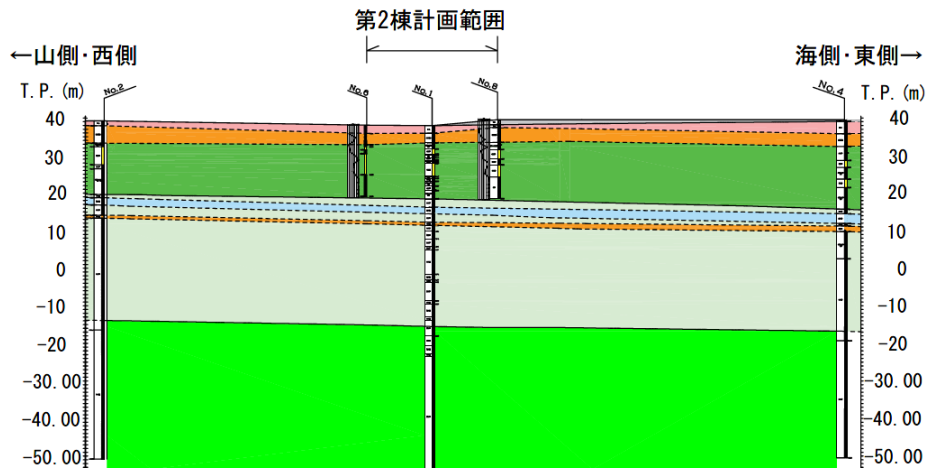


図2. 14. 2. 9-4 地質断面図（東西方向）

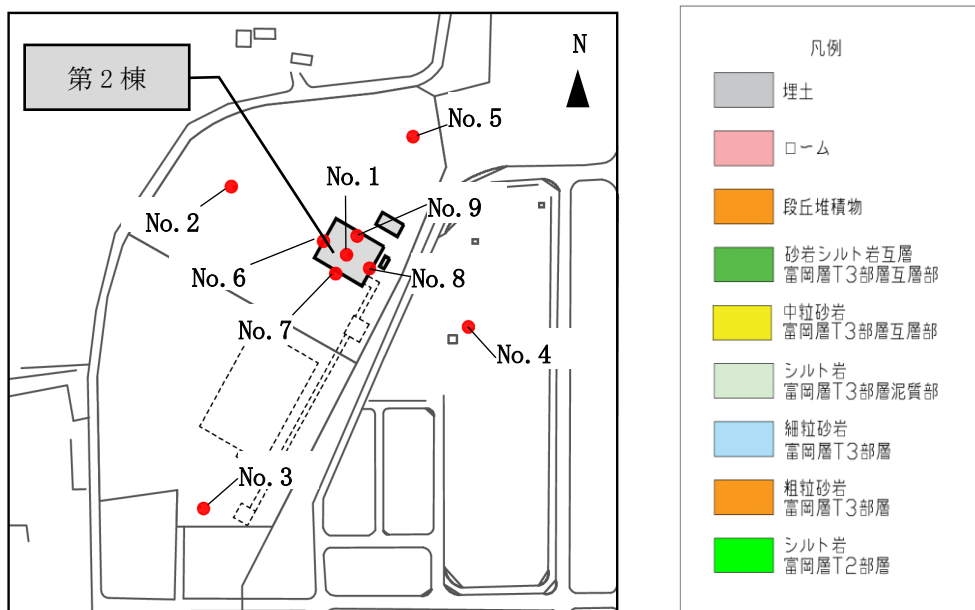


図2. 14. 2. 9-5 地質断面図（調査位置，凡例）

火山影響評価について

1. 火山に対する設計上の考慮

安全上重要な施設（コンクリートセル（給排気弁を含む）及び試料ピット）に対して、火山及びその随伴事象等を想定したとしても、建屋内であることから安全機能を損なうことはない。なお、第2棟の建屋に降下火砕物が降り積もったとしても建屋躯体に対して影響が生じないことを、「原子力発電所の火山影響評価ガイド」（平成25年6月19日 原規技発第13061910号原子力規制委員会決定）（以下「火山ガイド」という。）を参考に評価した結果を示す。

2. 火山影響評価

2.1 第2棟に影響を及ぼし得る火山の抽出

第2棟に影響を及ぼし得る火山について一番近い安達太良山を評価対象とする。図 2.14.2.10-1 に第2棟周辺における活火山を示す。

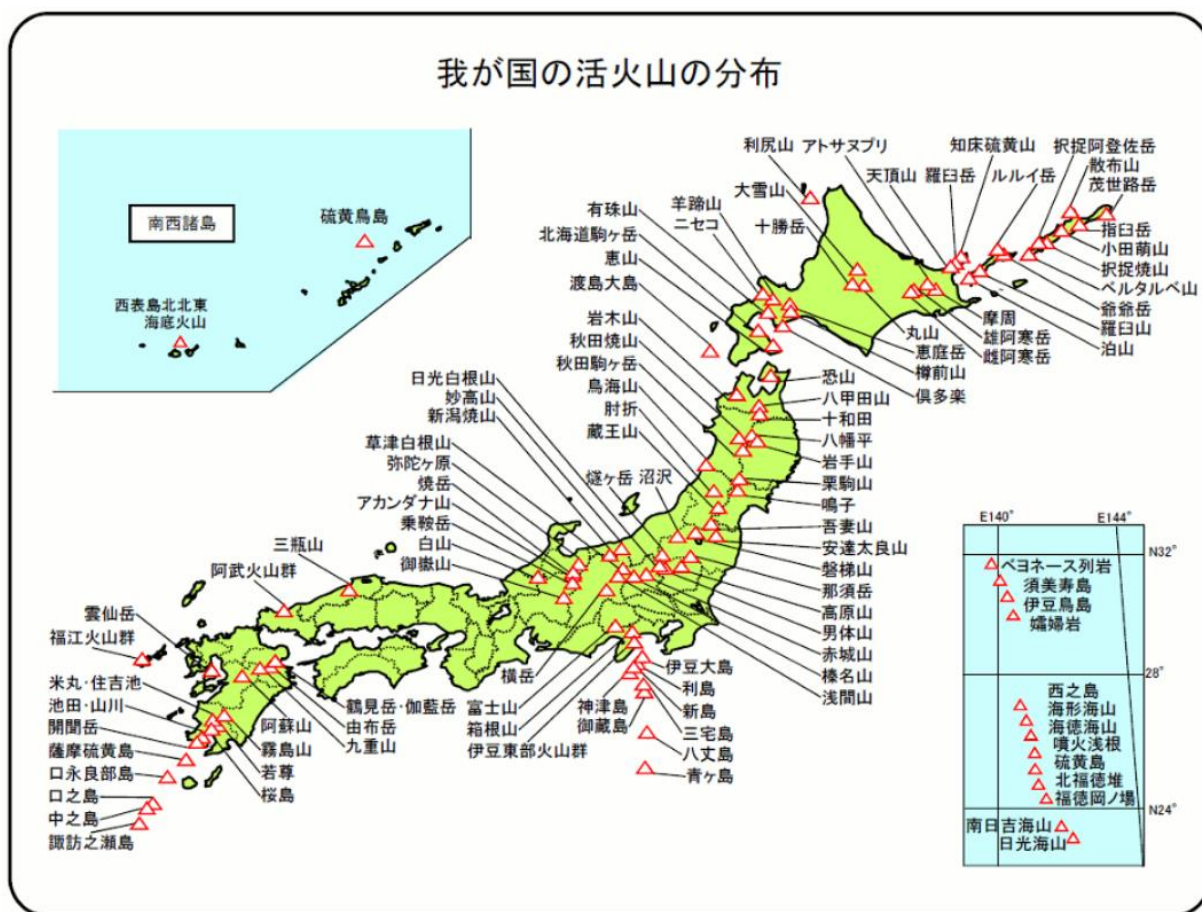


図 2.14.2.10-1 第2棟周辺における活火山について  
（気象庁 我が国の活火山の分布（抜粋））

2.14.2.10-1



## 2.2 降下火砕物の堆積量

第2棟に、最も近い安達太良山を対象に、火山ガイドを参考として、建屋に降下火砕物が降り積もったとしても建屋躯体に対して影響が生じないことを確認する。なお、富士山の噴火についても比較対象として調査する。

### (1) 文献を用いた調査(安達太良山 等層厚線図)

最も近い安達太良山の降下火砕物の堆積量を調査した。図 2.14.2.10-2 に示すとおり、敷地は 8 cm~16 cmの積層厚さであった。

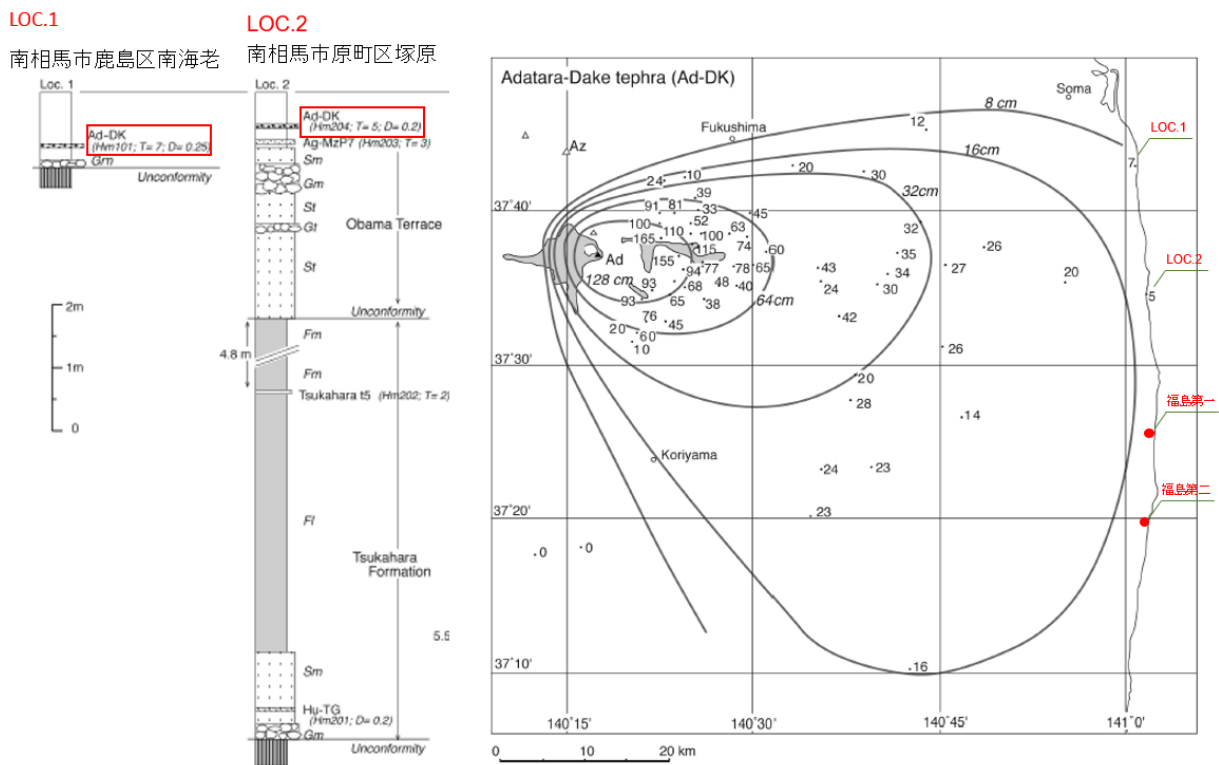


図 2.14.2.10-2 安達太良山の降下火砕物堆積について

(2) 文献を用いた調査(噴火規模が同等の富士山)

安達太良山と同等の噴火規模(VEI5)の実績をもつ富士山の噴火について火口からの距離に応じて堆積量を確認すると図 2.14.2.10-3 のとおり、堆積量は 16 cm~30 cm となった。

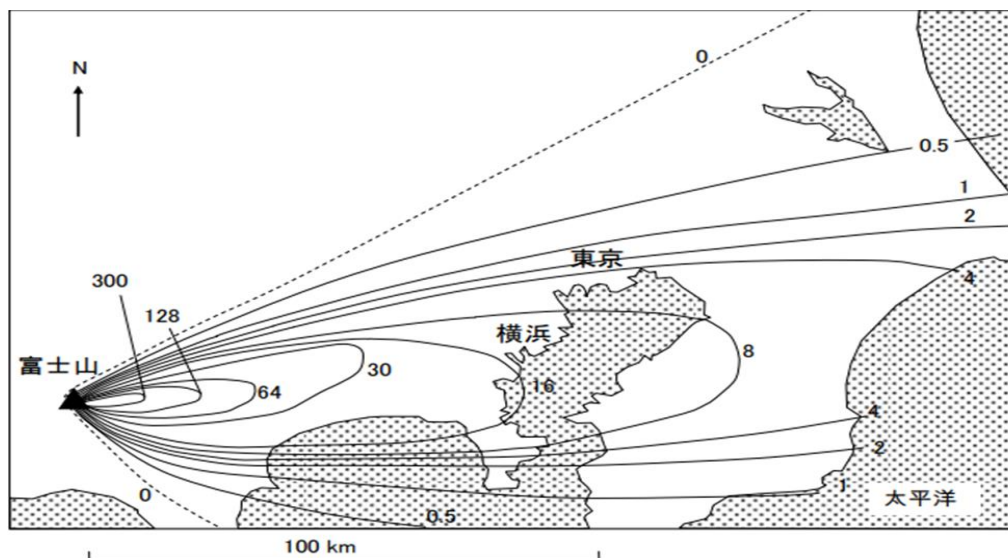


図 2.14.2.10-3 富士山 1707 宝永噴火の噴出物の分布図

「宝永噴火-最近の研究成果と大規模噴火へのそなえ-宮地, 2007」

(3) 評価に用いる降下火砕物の堆積量

表 2.14.2.10-1 に示す(1), (2)の調査結果より、第 2 棟の評価に使用する基準火砕物堆積量は、保守的に 30 cm と設定する。

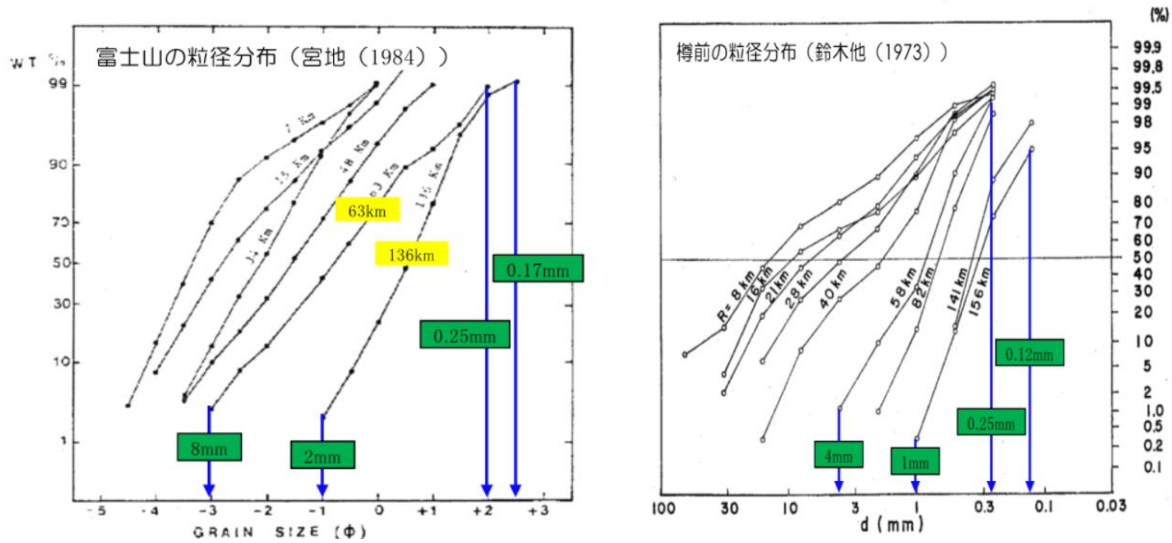
表 2.14.2.10-1 降下火砕物の蓄積量

(1)安達太良山	(2)富士山	基準火砕物堆積量
8cm~16 cm	16 cm~30 cm	30 cm

2.3 降下火砕物の粒形

降下火砕物の粒形について、評価対象の噴火規模と同等(VEI5)の噴火実績をもつ富士山及び樽前山について、火口からの距離と粒度分布から評価した。図 2.14.2.10-4 に評価結果を示す。評価対象火山のうち敷地から最も近い火山(安達太良山(70 km)), 最も遠い火山(肘折カルデラ(151 km))の距離を考慮し、第 2 棟の評価に使用する基準火砕物粒径 0.12 mm~8.0 mm と設定する。





火口からの距離	最大粒径		最小粒径	
	粒径	X軸値 (φスケール)	粒径	X軸値 (φスケール)
63km	8.0 mm	-3	0.25 mm	2
136km	2.0 mm	-1	0.17 mm	2.5

火口からの距離	最大粒径	最小粒径
	粒径	粒径
58km	4.0 mm	0.25 mm
156km	1.0 mm	0.12 mm

図 2.14.2.10-4 火口からの距離と粒度分布

#### 2.4 降下火砕物の密度

降下火砕物の密度は、アメリカ地質調査所(USGS)の文献<sup>※1</sup>によると「噴火時に想定される降下火砕物の乾燥状態の比重は、0.5~1.3g/cm<sup>3</sup>」とある。また、他の文献<sup>※2</sup>においては「乾燥した火山灰は、密度が0.4~0.7g/cm<sup>3</sup>程度であるが、湿ると1.2を超えることがある」とされている。保守性を考慮し第2棟の評価に使用する基準火砕物密度は1.5g/cm<sup>3</sup>と設定する。

※1 Susan Shipley and A. M. Sarna-Wojcicki DISTRIBUTION, THICKNESS, AND MASS OF LATE PLEISTOCENE AND HOLOCENETEPHRA FROM MAJOR VOLCANOES IN THE NORTHWESTERN UNITED STATES:A PRELIMINARY ASSESSMENT OF HAZARDS FROM VOLCANIC EJECTATO NUCLEAR REACTORS IN THE PACIFIC NORTHWEST DEPARTMENT OF THE INTERIOR UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY

※2 宇井忠英(1997)火山噴火と災害 東京大学出版会

## 2.5 降下火砕物の第2棟建屋への影響評価

第2棟屋上階に堆積する降下火砕物の荷重(基準火砕物密度:  $1.5\text{g/cm}^3$ , 基準火砕物堆積量: 30cm)に対する建屋耐力の評価は耐震性確認の建屋計算書を用いて、部位及び部材毎に影響を確認する。

評価条件は表 2.14.2.10-2, 評価方法は表 2.14.2.10-3 のとおり, 常時作用する荷重に降下火砕物堆積厚さの荷重の倍率算定を行い発生する応力を算定し, 部材の許容応力と比較を実施する。

表 2.14.2.10-2 評価条件

基準火砕物密度	基準火砕物堆積量
$1.5\text{ g/cm}^3$	30 cm

表 2.14.2.10-3 降下火砕物堆積厚さによる増加応力の倍率( $\alpha$ )の設定

①常時作用する荷重 <sup>※1</sup>	②降下火砕物堆積厚さの荷重	倍率 $\alpha$ <sup>※2</sup>
10900 N/m <sup>2</sup>	4413 N/m <sup>2</sup>	1.41

※1 常時作用する荷重は屋根面に使用している部材の設計時の荷重(自重+積載荷重)を使用する。降下火砕物の堆積は, 稀な事象であること及び除灰作業を速やかに行うことから, 地震荷重との組み合わせは考慮しない。

※2  $\alpha$ : (①常時作用する荷重+②堆積厚さ荷重)/①常時作用する荷重

## 3. 降下火砕物の第2棟の建屋への影響評価結果

評価結果は表 2.14.2.10-4 のとおり, 第2棟建屋は降下火砕物の堆積厚さに耐える強度を有することを確認した。

表 2.14.2.10-4 評価結果

応力	③許容応力 <sup>※3</sup>	④発生応力 <sup>※3</sup>	⑤倍率を乗じた発生応力 【④発生応力×倍率 $\alpha$ 】	検定値 【⑤/③】
曲げ	731 kNm	402 kNm	567 kNm	0.78
せん断	$1.09\text{ N/mm}^2$	$0.33\text{ N/mm}^2$	$0.47\text{ N/mm}^2$	0.44

※3 許容応力, 発生応力は耐震性確認の建屋計算書の数値を記載。せん断は許容応力度の数値を記載。数値は各応力の裕度の最も小さい箇所を記載する。

## 外部火災について

第2棟に対する外部火災影響については、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド(平成25年6月原子力規制委員会)(以下「ガイド」という。)」に基づき評価する。想定される外部火災に対し、第2棟への影響がないことを確認する。

### 1. 評価条件

#### 1.1 評価方針

外部火災による影響については、以下を考慮する必要がある。

- ・ 火災の規模(輻射エネルギー、火災の強度・面積・形状、伝播速度)

第2棟の火災発生時に外壁コンクリートが受ける影響を評価する。

#### 1.2 火災の種類

考慮すべき発電所敷地外の火災として以下を検討する。

##### (1) 森林火災

発電所敷地外の10km以内を発火点とした森林火災が発電所に迫った場合でも、第2棟がその影響を受けないよう適切な防護措置が施されており、原子炉施設の安全性を損なうことのない設計とする。

##### (2) 近隣の産業施設の火災・爆発

近隣の産業施設で発生した火災・爆発により、原子炉施設が、その影響を受けないよう適切な防護措置が施されており、原子炉施設の安全性を損なうことのない設計とする。なお、発電所敷地外の10km以内を発火点とし、森林等に延焼することによって発電所に迫る場合は(1)の森林火災として評価する。(ただし、発電所敷地内に存在する石油類やヒドラジンなどの危険物タンク火災については、(3)の航空機墜落と同様に原子炉施設への熱影響評価等を行う。)

##### (3) 航空機墜落による火災

航空機の墜落に伴う火災により、原子炉施設が、その影響を受けないよう適切な防護措置が施されており、原子炉施設の安全性を損なうことのない設計とする。

### 2. 火災評価

想定する森林火災については、外部火災ガイドを参考として、初期条件(可燃物量(植生)、気象条件(湿度、温度、風速、風向)及び発火点)を、施設への影響が厳しい評価となるよう設定し、森林火災影響評価を行う。

## 2.1 評価条件について

森林火災影響評価の評価条件は、外部火災影響評価ガイドを参考に、以下のとおりとする。

### (1) 地形データ

敷地内及び敷地周辺の土地の標高及び地形のデータについては、国土交通省 国土地理院発行の「基盤地図情報 数値標高モデル 10m メッシュデータ(2016 年度)<sup>[1]</sup>」を基に、地形マップ(標高, 傾斜方向, 傾斜角)を作成する。

### (2) 植生データ

植生データについては、環境省 自然環境局生物多様性センターが実施した「自然環境保全基礎調査 植生調査<sup>[2]</sup>」の結果を用いる。

外部火災ガイドにおいて、「森林簿の情報を用いて、土地利用データにおける森林領域を、樹種・林齢によりさらに細分化する」ことが推奨されている。しかし、福島第一原子力発電所サイト構外においては森林簿が入手できなかったため、環境省の植生データを使用して、土地利用データ上で「森林」区分となっている領域を細分化する。

なお、福島第一原子力発電所近傍の植生については、現地植生調査結果を反映する。

### (3) 土地利用データ

土地利用データについては、国土交通省 国土政策局発行の「国土数値情報 土地利用細分メッシュ(2016 年度調査版)<sup>[3]</sup>」を用いる。土地利用データのうち「森林」区分については、植生データによって細分化する。

福島第一原子力発電所周辺においては除染廃棄物の中間貯蔵施設の整備が進行中である<sup>[4]</sup>。中間貯蔵施設の整備により、広範囲にわたって土地が整地され、植生の無い領域が広がると考えられる。これを踏まえ、本解析評価においては、2019 年 8 月時点における最新公開情報をベースに、整地が完了した領域を非植生領域として反映する。

### (4) 気象データ

森林火災の発生件数の多い 3～5 月の気象条件から設定する。3～5 月の過去 10 年間の気象データ(気象庁が公開している気象統計情報<sup>[5]</sup>)を調査し、卓越風向, 最大風速, 最高気温, 及び最小湿度の条件を選定した(表 2.14.2.11-1 参照)。風向, 風速及び気温は福島第一原子力発電所付近の浪江町, 川内村, 及び広野町の地域気象観測システム(アメダス)の値を調査し, 3 地点における 3～5 月の過去 10 年間における卓越風向, 最大風速および最高気温とした。湿度を観測している観測所は「福島」「小名浜」「若松」「白河」とある。しかし、「小名浜」以外の 3 地点は福島第一原子力発電所から距離が遠く, かつ内陸に位置することから, 「小名浜」の値を調査し, 3～5 月の過去 10 年間における最小湿度を解析に使用した。

表2.14.2.11-1 3～5月の卓越風向・最大風速・最高気温・最小湿度

卓越風向[16方位]	最大風速 [m/s]	最高気温 [°C]	最小湿度 [%]
西北西/西	16.4	33.5	13

#### (5) 火災発生件数の分析

日本全国における森林火災の発生件数は消防庁発行「消防白書」<sup>[6]</sup>より、福島県における森林火災の発生件数は福島県農林企画課発行「福島県農林水産業の現状」<sup>[7]</sup>より、過去10年間(平成20年～29年)に発生した森林火災は、全国、福島県ともに3～5月に件数が多い。よって、福島第一原子力発電所森林火災の影響評価に用いる気象条件は、森林火災発生件数の多い3～5月の気象条件から設定することとした。

また、「消防白書」より、全国の森林火災の出火原因割合を調査した。平成15～24年度の林野火災の主な発生原因は、たき火約4500件、火入れ約2300件、放火(疑い含む)約1500件となっている。いずれの発生原因も、民家、田畑周辺あるいは道路沿いで発生する人為的行為となっている。

福島第一原子力発電所周辺は立ち入り制限区域であることから、人間が立ち入るのは常磐道ないし主要国道近辺に限られると想定され、常磐道沿いあるいは国道沿いを発火点と設定することが適切と考えられるため、以下の方針で設定する。

- ・ 福島第一原子力発電所からの直線距離10kmの間に設定する。
- ・ 陸側方向(福島第一原子力発電所の東側は海)の風上を選定する。
- ・ 風向は、卓越風向(西北西、西)とする。
- ・ 人為的行為を考え、交通量が多く火災の発生頻度が高いと想定される道路(常磐道、国道6号等)沿いを選定する。

## 2.2 森林火災影響評価について

2.1(5)で設定した発火点4か所に加えて解析の妥当性と、条件設定の保守性を確認することを目的に、JNES-RC-Report<sup>[8]</sup>で使用された気象条件を用いた解析を、2ケースを加えた6ケースで森林火災影響評価を実施する。

### (ケース1)

福島第一原子力発電所近隣からの発火の方が福島第一原子力発電所周辺に火災が到達するまでの時間が短くなることから、福島第一原子力発電所敷地境界周辺の国道6号線沿いの発火を想定する。福島第一原子力発電所までの距離が短くなり、かつ最大風速記録時の風向である西北西方向の国道6号線沿いに発火点を選定する。

### (ケース2)

福島第一原子力発電所遠方からの発火の方が火災の規模が大きくなる(火災前線が広がり、発電所構内を同時期に取り囲むような火災となる)ことから、福島第一原子力発電所

から距離が遠く、かつ人間活動が多い常磐道沿いの発火を想定する。発電所から見て最大風速記録時の風向である西北西方向の常磐道沿いに発火点を選定する。

(ケース3)

卓越風向として西方向からの風も一部存在することを考慮して、福島第一原子力発電所西側の発火を想定する。

(ケース4)

ケース3同様に福島第一原子力発電所西側の発火を想定する。また、ケース2同様に火災の規模拡大の観点から、発電所からの距離が遠い発火点を想定する。

(ケース5)

ケース3と同じ発火点、ならびに、JNES-RC-Reportにおいて比較的评价条件の厳しいケースの気象条件を用いて解析を行う。

(ケース6)

ケース4と同じ発火点、ならびに、JNES-RC-Reportにおいて比較的评价条件の厳しいケースの気象条件を用いて解析を行う。



ESRI ジャパン株式会社 ArcGIS

図2. 14. 2. 11-1 発火点位置と評価ケースについて

2. 14. 2. 11-4

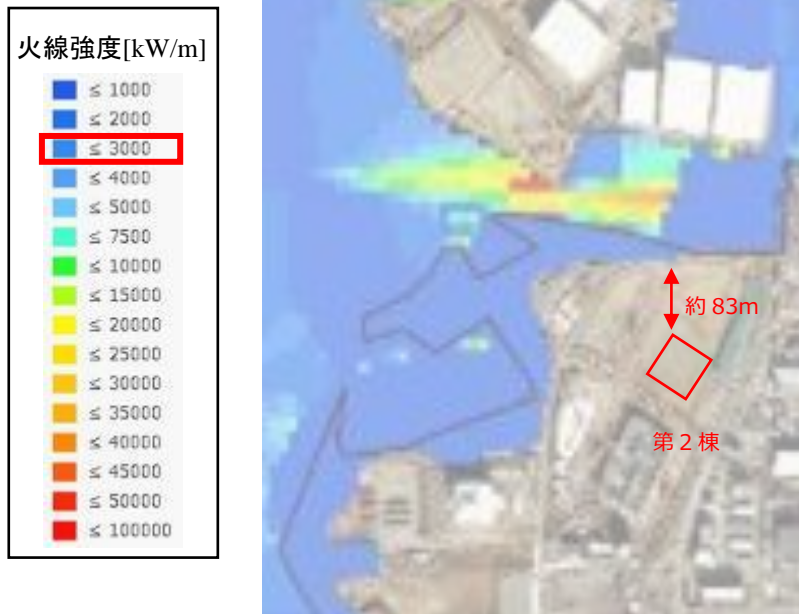
表2. 14. 2. 11-2 評価する気象条件について

No	風向[16 方位]	風速[km/h]	気温[°C]	湿度[%]	備考
1	西北西	59 <sup>*</sup>	34	13	過去 10 年間の気象データから設定された、3～5 月に福島第一原子力発電所周辺で起こり得る最も厳しい気象条件。
2	西北西	59 <sup>*</sup>	34	13	
3	西	59 <sup>*</sup>	34	13	
4	西	59 <sup>*</sup>	34	13	
5	西	52.2	30	5	JNES-RC-Report において比較的評価条件の厳しいケースの気象条件。
6	西	52.2	30	5	

※ 表2. 14. 2. 11-1で示した風速16.4 m/sをkm/h単位に換算した値。

### 3. 森林火災影響評価を踏まえた第2棟の対応について

FARSITE による火線強度評価の結果、福島第一原子力発電所への影響が厳しい評価結果はケース3で図2. 14. 2. 11-2のとおりとなり、第2棟近傍は3,000kW/m以下となる。外部火災ガイドを参考として、風上に樹木がある場合の火線強度と最小防火帯の関係から、第2棟では、必要とされる最小防火帯幅18.3mを上回る幅20m以上の離隔幅を確保することにより、設計対象施設への延焼を防止し、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。



Product (C) [2019] DigitalGlobe, Inc., a Maxar company

図2. 14. 2. 11-2 FARSITEによる火線強度評価結果

表 2. 14. 2. 11-3 風上に樹木が有る場合の火線強度と最小防火帯幅の関係  
(火炎の防火帯突破確率 1%)

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

外部火災影響評価ガイド p A-6抜粋(原子力規制委員会 平成25年6月)

FARSITE の解析結果を用いて、第2棟外壁に対する森林火災の影響を評価する。評価の手順としては、まず設備の外表面が火災の燃焼継続時間の間に一定強度の輻射を受けると仮定し、表面温度が許容限界温度に達する輻射強度を危険輻射強度として求める。次に、算出された危険輻射強度から逆算した離隔距離を、危険距離として求める。危険距離の評価後、一定の輻射強度で昇温されるものと仮定して、熱影響評価(温度評価)を実施する。第2棟外壁との離隔距離で火災が発生した場合に第2棟外壁が受ける熱量を算出し、コンクリートの制限温度を超えることが無いか評価する。



### 必要データの整備

熱影響評価にあたっては、附属書 A に従い火炎を図 2.14.2.11-3 に示すような円筒に近似し、防火帯外縁に円筒火炎モデルを 1 列に並べる想定とする(図 2.14.2.11-4 参照)。この円筒火炎の表面から発せられる輻射(火炎輻射発散度  $R_f$  [kW/m<sup>2</sup>])を用いて、設備の受ける輻射を評価する。

まず、図 2.14.2.11-3 の円筒火炎(火炎到達幅  $W$  [m]・奥行き  $D$  [m]・火炎長  $H$  [m])を仮定すれば、火線強度  $I_B$  [kW/m]が「火炎最前線での単位幅あたりの発熱速度(単位時間当たり発熱量)」と定義される。このとき、火災で発生する発熱量に輻射熱割合  $\chi$  (輻射熱に寄与する割合)を考慮し、輻射熱は円筒火炎の側面及び上面から放射されると仮定すると、発熱量の保存から下式(1)が成立する。

$$\begin{aligned} & (\text{円筒火炎 1 個の側面積} + \text{上面積} [\text{m}^2]) \times \text{円筒火炎個数} [-] \times \text{火炎輻射発散度} [\text{kW}/\text{m}^2] \\ & = \text{火線強度} [\text{kW}/\text{m}] \times \text{火炎到達幅} [\text{m}] \times \text{輻射熱割合} [-] \\ & \therefore (2\pi RH + \pi R^2) \times F \times R_f = I_B \times W \times \chi \dots (1) \end{aligned}$$

式(1)において、附属書 A に従い火炎半径  $R$  [m] =  $H/3$ 、円筒火炎の個数  $F = W/2R$  とすると、下式(2)が成立する。

$$R_f = \frac{6\chi I_B}{7\pi H} \dots (2)$$

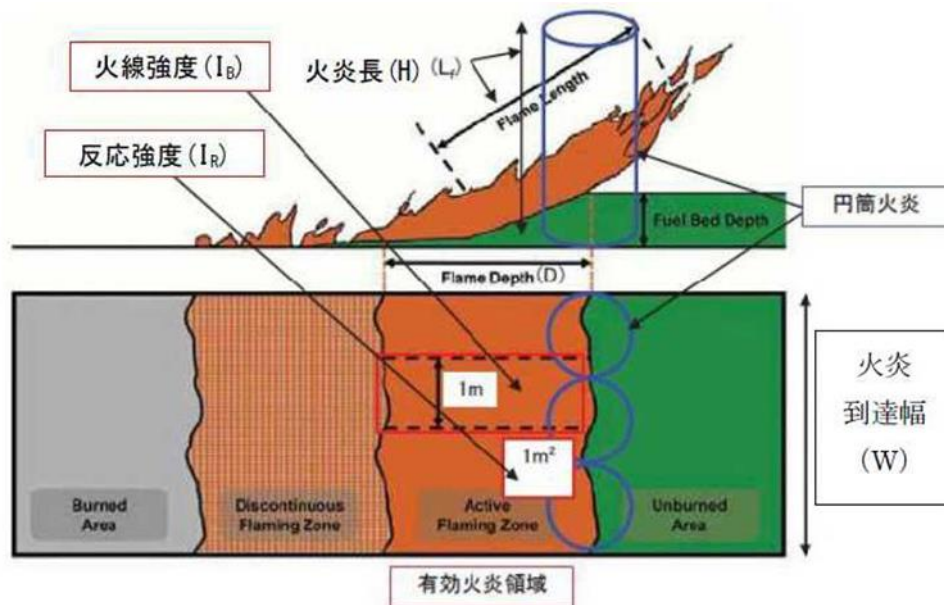
輻射熱割合は、柏崎刈羽原子力発電所(以下「K サイト」という。)評価<sup>[9]</sup>の設定を踏襲し、下記 3 種類の値のうち最も大きい値である 0.377 を使用した。

- ・ 草地 : 0.35 (米国国立標準技術研究所 (NIST) の使用値)
- ・ 針葉樹 : 0.377 (米国防火技術者協会 (SFPE) 発行ハンドブック\*より算出)
- ・ 落葉広葉樹 : 0.371 (米国防火技術者協会 (SFPE) 発行ハンドブック\*より算出)

\* : THE SFPE HANDBOOK of Fire Protection Engineering FOURTH EDITION)

上式を用いて算出した火炎輻射発散度  $R_f$  [kW/m<sup>2</sup>]を表 2.14.2.11-4 に示す。北側、南側ともに最大火線強度が観測されたケース 3 (北側 : 発火時刻 7 : 00, 南側 : 発火時刻 10 : 30) の解析結果を使用している。

なお、福島第一原子力発電所西側には新事務本館や協力企業棟等の建造物が多いことから、北側防火帯近傍に南側からの輻射は届きにくいことが考えられる。これを踏まえ、火炎輻射発散度は北側、南側それぞれにおいて別々に算出した。



(出典 : Andrews, P.L., et. al. (2011): How to Generate and Interpret Fire Characteristics Charts for Surface and Crown Fire Behavior. USDA Forest Service General Technical Report RMRS-GTR-253.)

図 2.14.2.11-3 円筒火炎モデルと火線強度の概念

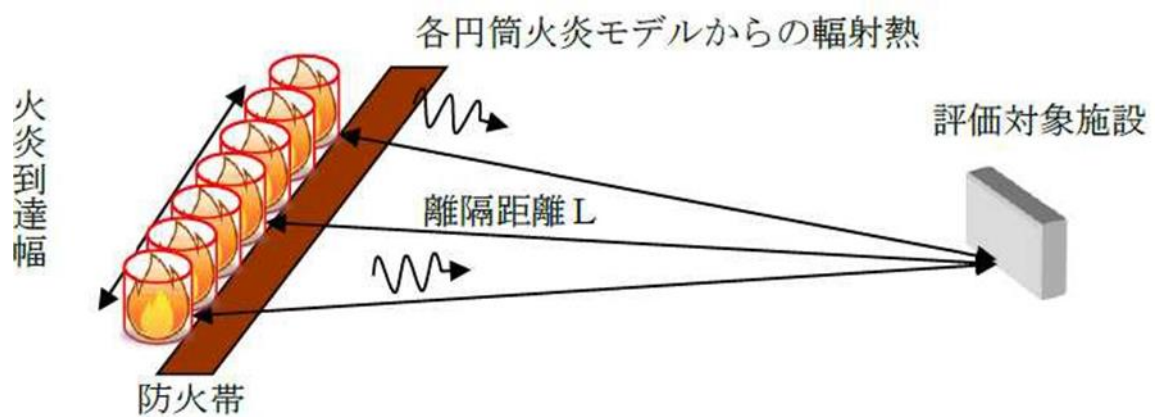


図 2.14.2.11-4 熱影響評価の評価体系(円筒火炎モデルの並べ方)

表 2.14.2.11-4 熱影響評価に使用するパラメーター一覧

データ区分	可燃物モデル		備考
	北側	南側	
火線強度 $I_b$ [kW/m]	17986	36965	FARSITE解析結果(ケース3 <sup>1)</sup> 防火帯近傍100m範囲内の最大値
火炎長 $H$ [m]	7.02	9.78	FARSITE解析結果(ケース3 <sup>1)</sup> 最大火線強度観測メッシュにおける値
火炎到達幅 $W$ [m]	1220	1560	北側・南側の防火帯長さ
燃焼継続時間[分]	11	8	ケース3 <sup>1)</sup> において、火炎からの輻射で評価対象設備が熱せられる時間の長さ <sup>2)</sup>
熱輻射割合 $\chi$ [-]	0.377	0.377	Kサイト評価(参考文献[6])同様、草地・針葉樹・落葉広葉樹のうち最大のもの(針葉樹の値)を一律で使用
燃焼半径 $R$ [m]	2.34	3.26	$R=H/3$
円筒火炎モデル数 $F$ [-]	261	239	$F=W/2R$ 、整数値に切り上げ
火炎輻射発散度 $R_f$ [kW/m <sup>2</sup> ]	263.5	388.8	式(2)より算出

1) FARSITE 解析結果のうち、火線強度が最大となったケース 3 を選択。最大火線強度の値を採用するため、北側においては発火時刻 7 : 00、南側においては発火時刻 10 : 30 の値を使用。

2) K サイト評価(参考文献[6])同様、100m÷防火帯近傍 100m 範囲内における延焼速度平均値で算出。

北側は  $100\text{m} \div 9.60\text{m/分} \div 11$  分、南側は  $100\text{m} \div 14.05\text{m/分} \div 8$  分。

#### 危険距離の評価

K サイト評価(参考文献[6])で使用されていた建屋温度評価体系(図 2.14.2.11-5 参照)を用いて、第 2 棟における危険輻射強度を算出し評価を行う。輻射強度  $E$  [kW/m<sup>2</sup>] を一定とし、下式(3)の一次元非定常熱伝導方程式を用いて、建屋外表面温度がコンクリートの許容限界温度 200℃に達する  $E$  を危険輻射強度  $E_{\text{max}}$  [kW/m<sup>2</sup>] とする。本解析評価においては、有限差分法を使用して式(3)の数値解を求めている。

$$\frac{dT}{dt} = \alpha \frac{d^2T}{dx^2} \cdots (3)$$

ここに、 $T$  は温度[°C]、 $t$  は時刻[s]、 $x$  は建屋壁内における外面からの距離[m]である。 $\alpha$  は熱拡散率[m<sup>2</sup>/s]であり、コンクリートの熱伝導率  $k$ [W/m・K]、密度  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>]、比熱  $c$ [J/kg・K]から下式(4)で算出される。上述の設備の評価に使用するパラメータ(内外表面熱伝達率、熱伝導率、密度、比熱、熱拡散率、吸収率、外気温度)を表 2. 14. 2. 11-5 に示す。

$$\alpha = \frac{\kappa}{\rho c} \cdot \cdot \cdot (4)$$

次に、危険輻射強度から危険距離を算出する。火炎輻射発散度  $R_f$  [kW/m<sup>2</sup>]の円筒火炎から離隔距離  $L_t$  [m]だけ離れた受熱点が受ける輻射強度  $E$  [kW/m<sup>2</sup>]は下式(5)で表される。

$$E = R_f \times \phi \cdot \cdot \cdot (5)$$

ここに、 $\phi$  は形態係数(無次元)である。森林火災影響評価の場合、火炎到達幅  $W$  [m]の分だけ円筒火炎モデルが横一列に  $F$  個 ( $F=W/2R$ ) だけ並ぶものと仮定して評価を行う(図 2. 14. 2. 11-4 参照)。そのため式(5)の形態係数  $\Phi$  は、下式(6)に示すように円筒火炎  $F$  個分の形態係数の総和となる(図 2. 14. 2. 11-6 参照)。

$$\phi = \phi_1 + 2 \times \sum_{i=2}^{(F-1)/2} \phi_i \cdot \cdot \cdot (6)$$

なお、受熱点から離隔距離  $L_i$  [m]の位置にある任意の円筒火炎 1 個の形態係数  $\phi_i$  は火炎長  $H$  [m]と離隔距離  $L_i$  の関数として下式(7)で算出される。

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \operatorname{tAn}^{-1} \left( \frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \operatorname{tAn}^{-1} \left[ \sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \operatorname{tAn}^{-1} \left[ \sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\}$$

ただし、

$$m = \frac{H}{R} \cong 3, n = \frac{L}{R}, A = (1 + n)^2 + m^2, B = (1 - n)^2 + m^2 \cdot \cdot \cdot (7)$$

円筒火炎の火炎輻射発散度  $R_f$  の値が表 2. 14. 2. 11-4 に示した値(北側で 263. 5kW/m<sup>2</sup>)で一定のとき、前頁で算出した危険輻射強度  $E_{max}$  [kW/m<sup>2</sup>]とすると、下式(8)が成立する。式(8)を用いて、 $\phi > \phi_t$  となる最大の距離  $L_t$  を危険距離として算出する。

$$E_{max} = R_f \times \phi_t \cdot \cdot \cdot (8)$$

第 2 棟の危険距離評価結果を表 2. 14. 2. 11-6 に示す。想定される森林火災において、評価上必要とされる危険距離(約 75m)に対し、福島第一原子力発電所防火帯の外縁(火炎側)から第 2 棟までの間の離隔距離が危険距離以上であることを確認した。

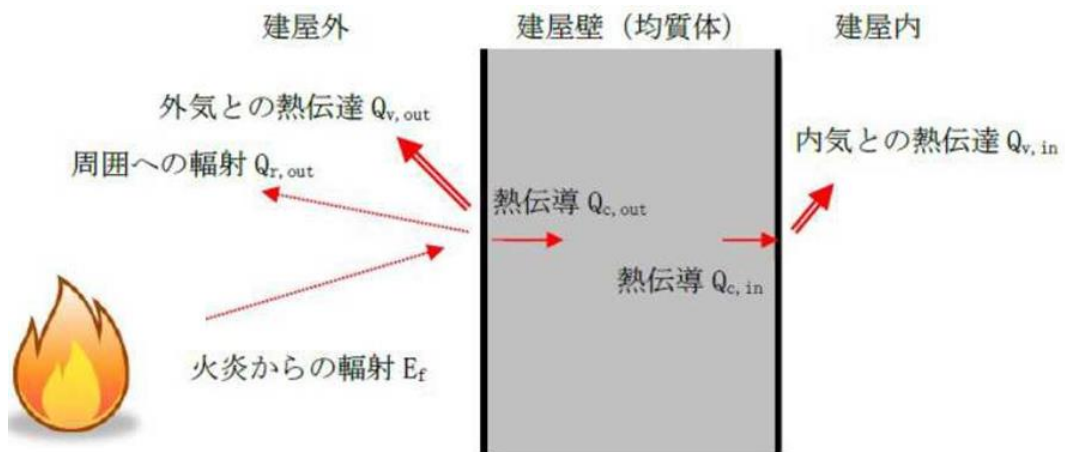


図 2. 14. 2. 11-5 第 2 棟外壁(コンクリート)温度評価体系図

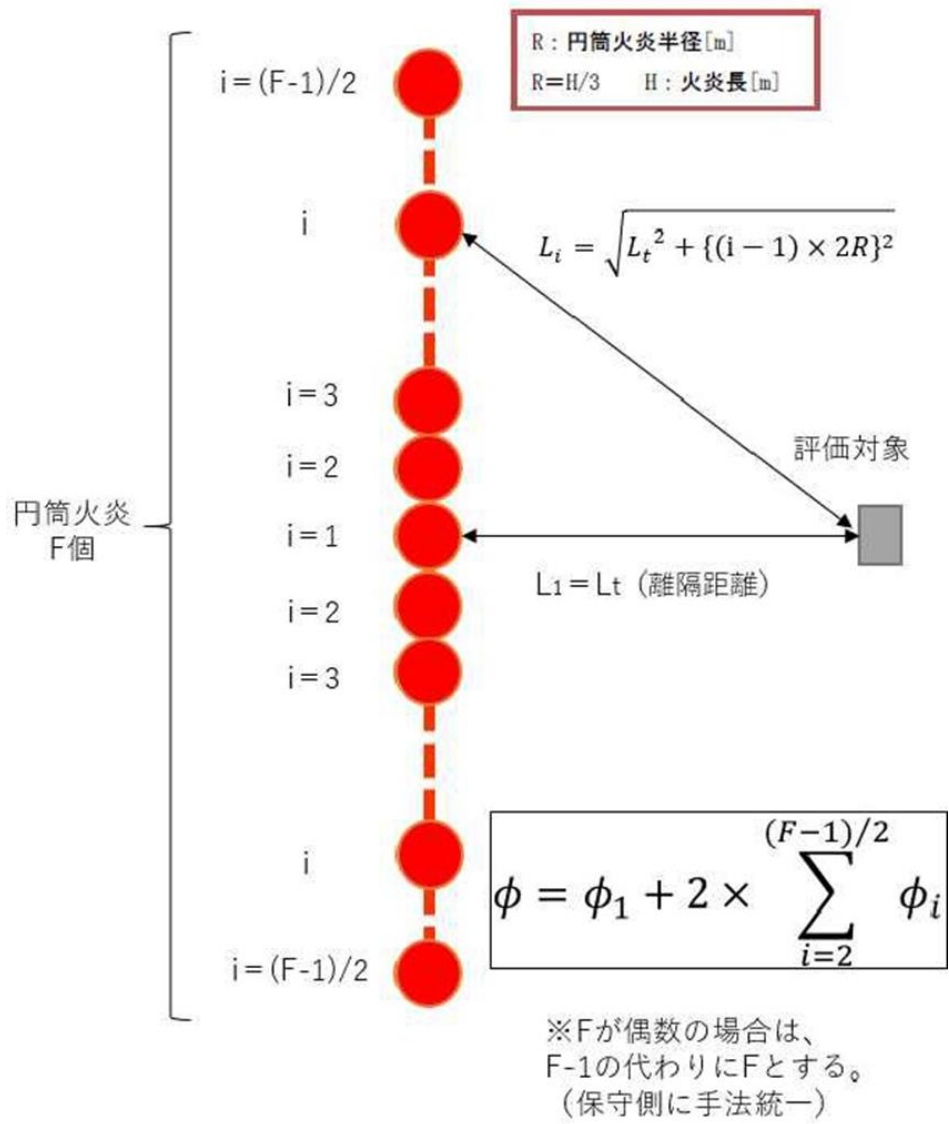


図 2. 14. 2. 11-6 形態係数の算出イメージ

表 2. 14. 2. 11-5 熱影響評価の評価用パラメータ

パラメータ	値	設定方法
外表面熱伝達率 $h_{out}$ [ $W/m^2 \cdot K$ ]	63.813	Kサイト評価 <sup>[9]</sup> 同様, Jurgesの式より算出。 ( $h_{out}=7.2 \times U^{0.78}$ , 風速 $U=16.4m/s$ )
熱伝導率 $k$ [ $W/m \cdot K$ ]	1.2	一般的な石灰岩質コンクリートの値を使用 (伝熱工学資料(第5版) <sup>[11]</sup> より)
密度 $\rho$ [ $kg/m^3$ ]	2400	
比熱 $c$ [ $J/kg \cdot K$ ]	900	
外面放射率(吸収率) $\varepsilon$ [-]	0.94	
熱拡散率 $\alpha$ [ $m^2/s$ ]	$5.56 \times 10^{-7}$	式(4)を用いて, 熱伝導率, 密度及び比熱から算出。
外気温度 $T_{out}$ [ $^{\circ}C$ ]	50	Kサイト評価 <sup>[9]</sup> 同様, 外壁面の相当外気温(約 $41^{\circ}C$ )を切り上げた値 <sup>1)</sup>

- 1) 空気調和ハンドブック<sup>[10]</sup>より, 相当外気温は下式で算出可能。相当外気温 = (吸収率 / 外表面熱伝達率) × 日射量 + 外気温度  
 吸収率及び外表面熱伝達率は表 2. 14. 2. 11-5 記載の値, 外気温度は FARSITE 解析に使用した気温  $34^{\circ}C$  とした。日射量は, 空気調和ハンドブック<sup>[10]</sup>より, 東京の 7 月 23 日 10 時~14 時における垂直外壁面の日射量の最大値約  $500W/m^2$  を使用した。

表 2. 14. 2. 11-6 第 2 棟外壁の評価結果

パラメータ	値
危険輻射強度 [ $kW/m^2$ ]	17.01 <sup>1)</sup>
形態係数 $\phi$ [-]	0.0646 <sup>1)</sup>
危険距離 $L_t$ [m]	75 <sup>1)</sup>
離隔距離 $L$ [m]	83 <sup>2)</sup>

- 1) 火炎到達幅 381m, 火炎輻射発散度  $263.5kW/m^2$ , 燃焼継続時間 11 分(表 2. 14. 2. 11-4 中の北側防火帯の値)を使用して算出。  
 2) 本評価で設定した森林から第 2 棟までの離隔距離。図 2. 14. 2. 11-7 参照。

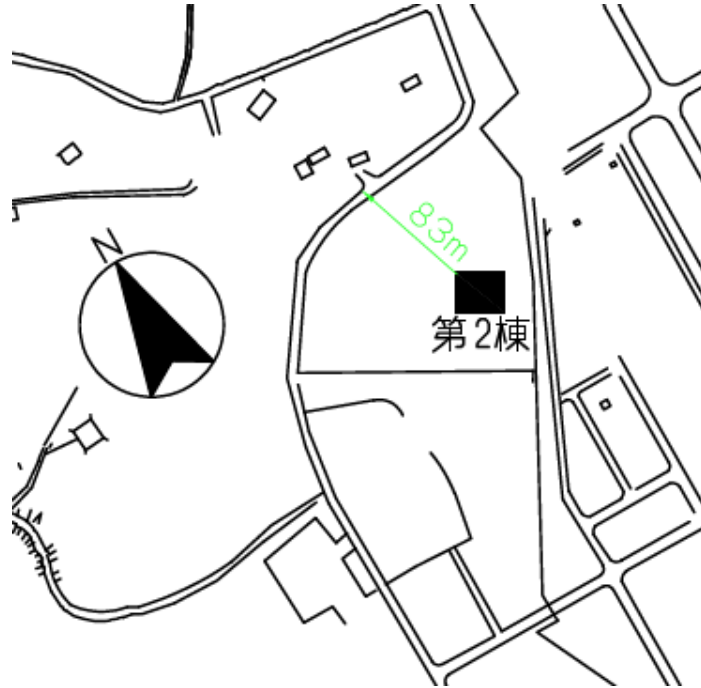


図 2. 14. 2. 11-7 森林と第 2 棟との離隔距離

#### 熱影響の評価

前項にて危険距離に対し十分な離隔距離があることから、第 2 棟が生気温度の 200℃に達することは無いことを確認した。ここで、森林火災が発生した場合に第 2 棟が何℃まで温度上昇するかを評価する。

一定の輻射強度で昇温されるものと仮定して、熱影響評価結果(温度評価)を実施する。第 2 棟は北側防火帯近傍に位置することから、北側防火帯近傍の火炎輻射発散度を使用する。図 2. 14. 2. 11-5 に示した建屋温度評価体系を用いて、下式(8)の 1 次元の非定常熱伝導方程式により温度評価を行う。

$$\frac{dT}{dx} = \alpha \frac{d^2T}{dx^2} \cdot \cdot \cdot (8)$$

評価の結果、第 2 棟は制限温度の 200℃に到達することはないことを確認した。第 2 棟の評価結果を表 2. 14. 2. 11-7 に、燃焼継続時間 11 分後の外壁面温度の変化を図 2. 14. 2. 11-8 に示す。

表 2. 14. 2. 11-7 の通り、森林火災発生時の第 2 棟表面温度は 181℃であり、第 2 棟表面の温度が 200℃に到達することはないといえることから、第 2 棟に対する森林火災の熱影響は無い。



表 2. 14. 2. 11-7 第 2 棟の熱影響評価結果

パラメータ	値	設定方法
外表面熱伝達率 $h_{out}$ [W/m <sup>2</sup> ・K]	63. 813	表2. 14. 2. 11-5参照
熱伝導率 $k$ [W/m・K]	1. 2	
密度 $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	2400	
比熱 $c$ [J/kg・K]	900	
外面放射率(吸収率) $\epsilon$ [-]	0. 94	
熱拡散率 $\alpha$ [m <sup>2</sup> /s]	$5. 56 \times 10^{-7}$	
外気温度 $T_{out}$ [°C]	50	
火炎輻射発散度 $R_f$ [kW/m <sup>2</sup> ]	263. 5	表2. 14. 2. 11-4参照 <sup>1)</sup>
燃焼継続時間 $t$ [分]	11	
離隔距離 $L_t$ [m]	84	表2. 14. 2. 11-6参照
形態係数 $\phi$ [-]	0. 0646	式(6), (7)を用いて算出
輻射強度 $E_f$ [W/m <sup>2</sup> ]	17011	式(5)を用いて算出
外表面温度 [°C]	181	T = 11分後の値(図2. 14. 2. 11-8参照)

1) 北側防火帯近傍で最大火線強度を観測した, ケース 3 発火時刻 7 : 00) の値。

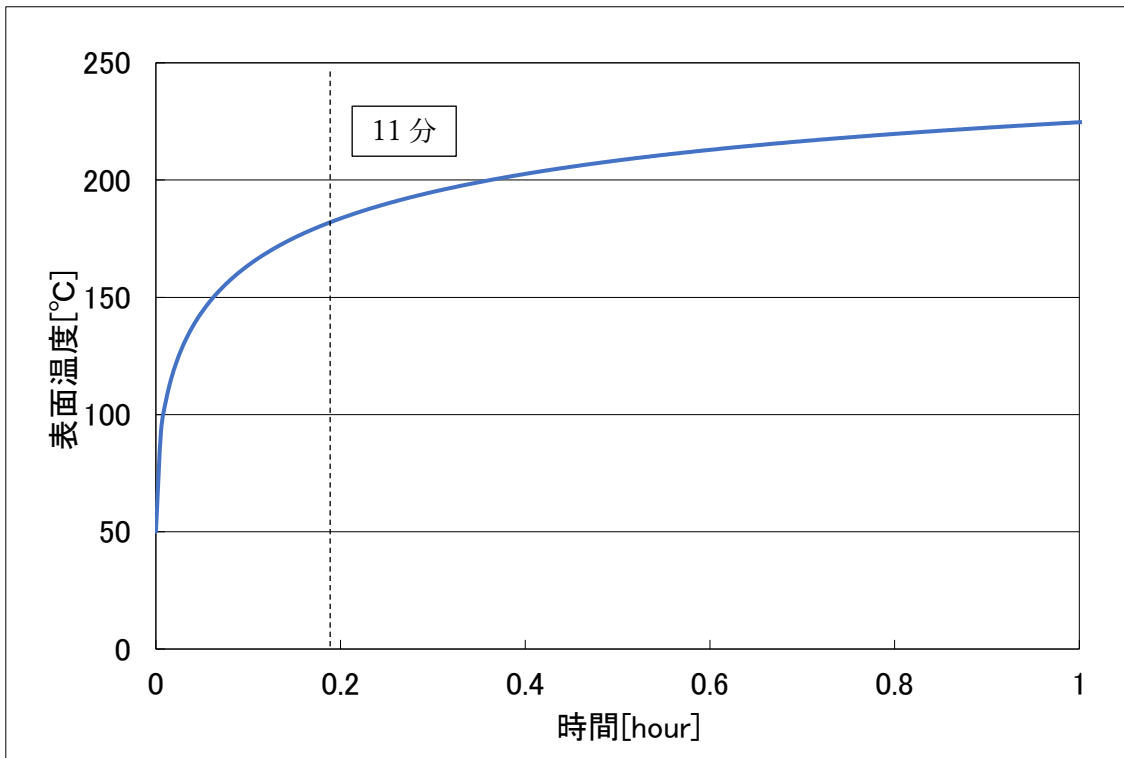


図 2. 14. 2. 11-8 第 2 棟外壁の表面温度時間変化

## 2. 近隣の産業施設の火災・爆発

近隣の産業施設の火災・爆発で評価する内容はガイドの附属書B「石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について(以下「附属書B」という。)」に基づく。附属書Bでは発電所敷地外の産業施設を石油コンビナート等としているが、石油コンビナート以外にもガソリンスタンドのような危険物貯蔵施設、工場用ガスタンクのような高圧ガス貯蔵施設が存在することから、以下の通り評価を分けることとする。

- ・ 石油コンビナートの火災・ガス爆発影響評価
- ・ 危険物貯蔵施設の火災影響評価
- ・ 高圧ガス貯蔵施設の火災・ガス爆発影響評価

### 2.2.1 石油コンビナートの火災・ガス爆発影響評価

産業施設のうち、石油コンビナートは危険物の貯蔵量が特に多く、火災・ガス爆発が発生した場合の影響が大きいため個別に評価を実施する。

#### (1) 評価対象施設

評価対象は発電所敷地外の半径10km圏内に存在する、石油コンビナート等災害防止法で規制される特別防災区域内の特定事業所とする。

福島県内の特別防災区域は「広野地区」「いわき地区」の二か所であり、これらはそれぞれ福島第一原子力発電所から約21km及び約60kmの場所にあり、いずれも福島第一原子力発電所から10km以遠である(図2.14.2.11-9)。以上より、評価対象範囲内に石油コンビナート及び特定事業所は存在せず、第2棟に影響を及ぼすことはない。



注) 図の位置はおおよその場所を表している

図 2.14.2.11-9 福島県内と石油コンビナート等特別防災区域の位置と福島第一原子力発電所までの距離

### 2.2.2 危険物貯蔵施設の火災影響評価

福島第一原子力発電所から 10km 圏内における危険物貯蔵施設を抽出して火災影響を評価する。ここで、危険物貯蔵施設の抽出に先立ち評価に要するパラメータを仮設定し、10km 圏内にどのような危険物貯蔵施設がある場合に第 2 棟に影響があるのかを評価する。

2.14.2.11-18

(1) 評価条件

具体的な評価指標を表 2.14.2.11-8 に示す。

表 2.14.2.11-8 評価指標及び評価の観点

評価指標	内容
輻射強度[W/m <sup>2</sup> ]	火災の炎から任意の位置にある点(受熱点)の輻射強度
形態係数[-]	火災と受熱面との相対位置関係によって定まる係数
燃焼半径[m]	防油堤規模より求めた燃焼半径
危険距離[m]	延焼防止に必要な距離

上記の評価指標は、受熱面が輻射帯の底部と同一平面上にあると仮定して評価する(図 2.14.2.11-10 参照)。油の液面火災では、火炎面積の半径が 3m を超えると空気供給不足により大量の黒煙が発生し輻射発散度が低減するが、本評価では保守的な判断を行うために、火災規模による輻射熱発散度の低減が無いものとする。

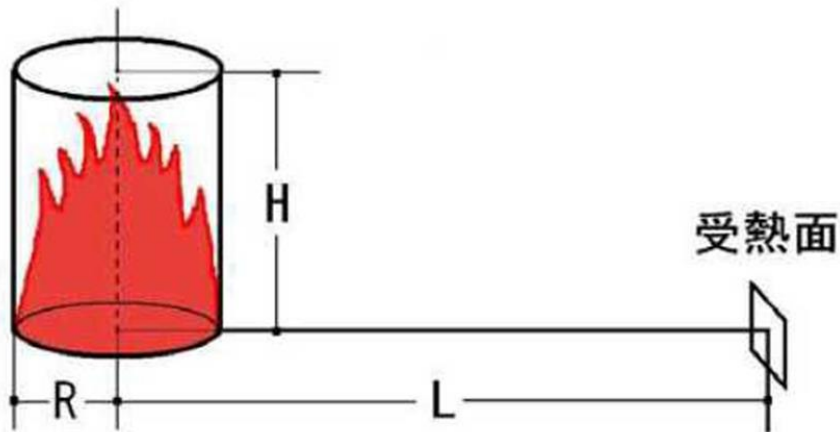


図 2.14.2.11-10 火災発生時の評価モデル仮定

評価に必要なデータを表 2.14.2.11-9 に示す。

表 2.14.2.11-9 評価に必要なデータ

データ種類	整備要領
輻射発散度[W/m <sup>2</sup> ]	燃焼する可燃物によって決まる定数
防油堤規模	防油堤の縦及び横の大きさ 火災が発生する面積であるため燃焼面積[m <sup>2</sup> ]と読み替える
危険輻射強度[W/m <sup>2</sup> ]	原子炉施設の外壁、天井スラブ等の輻射熱に対する耐熱性を輻射強度で示したもの

2.14.2.11-19

本評価では燃焼半径及び危険距離を複数設定し、燃焼半径に対する危険距離毎の輻射強度を算出し、第2棟の危険輻射強度を下回る条件を評価する。燃焼半径を燃焼面積、危険距離を離隔距離に置き換え、表2.14.2.11-10の通り危険物、燃焼面積及び離隔距離を設定する。危険物の種類は外部火災影響評価ガイドに記載されているもののうち最も輻射発散度の大きいn-ヘキサンを設定する。第2棟の危険輻射強度は2.1.2.5項で算出した値を用いる。

表 2.14.2.11-10 危険物火災の評価条件

危険物の種類	n-ヘキサン
輻射発散度[kW/m <sup>2</sup> ] <sup>1)</sup>	85
燃焼面積[m <sup>2</sup> ]	1,000・10,000・50,000・100,000
離隔距離[m]	100・200・300・400・500・600・700・800・900・1,000・1,500・2,000
危険輻射強度[W/m <sup>2</sup> ]	19760

1) 附属書Bより

### (2) 燃焼半径の算出

燃焼半径は防油堤規模より算出する。防油堤面積に等しい円筒火災を生ずるものと想定し、燃焼半径R[m]を算出する。

$$R = (S/\pi)^{0.5}$$

S：防油堤面積(火炎円筒の底面積) = [m<sup>2</sup>] Rは設定する燃焼面積毎に異なる値となる。

### (3) 輻射強度の算出

火災の火炎から任意の位置にある点(受熱点)の輻射強度は、輻射発散度に形態係数を掛けた値になる。

$$E = R_f \times \phi$$

E：危険輻射強度[W/m<sup>2</sup>]

R<sub>f</sub>：輻射発散度[W/m<sup>2</sup>]

φ：形態係数

形態係数は以下の式で求められる。

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \operatorname{tAn}^{-1} \left( \frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \operatorname{tAn}^{-1} \left[ \sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \operatorname{tAn}^{-1} \left[ \sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\}$$

ただし、

2.14.2.11-20

$$m = \frac{H}{R} \cong 3, n = \frac{L}{R}, A = (1+n)^2 + m^2, B = (1-n)^2 + m^2$$

$\phi$  : 形態係数

L : 危険距離[m]

H : 火炎高さ[m]

R : 燃焼半径[m]

通常の評価では評価対象の危険輻射強度、火災の輻射強度から形態係数を算出し、上記の式を用いて危険距離を算出する。本評価では火災の輻射強度を固定し、表 2.14.2.11-10 の燃焼面積と離隔距離を入力することで条件ごとの形態係数及び危険輻射強度を算出する。

#### (4) 危険距離評価結果

各燃焼面積において n-ヘキサシアンによる火災が発生した場合の、離隔距離ごとの輻射強度は表 2.14.2.11-11、図 2.14.2.11-11 の通り。

燃焼面積が 100,000m<sup>2</sup> の場合、400m の離隔距離があれば火災による輻射強度が第 2 棟の許容輻射入熱流束を下回る。同様に、燃焼面積 50,000m<sup>2</sup> の場合離隔距離 300m、燃焼面積 10,000m<sup>2</sup> の場合離隔距離 200m、燃焼面積 1,000m<sup>2</sup> の場合離隔距離 100m があれば火災による熱影響は無いといえる。福島第一原子力発電所敷地外の周囲 10km 圏内の危険物貯蔵施設の設置状況については、**現在調査中である。**

#### (5) 熱影響評価結果

一定の輻射強度で昇温されるものと仮定して、熱影響評価結果(温度評価)を実施する。2.1.2.5 項と同様に北側防火帯近傍の火炎輻射発散度を使用する。図 2.14.2.11-5 に示した建屋温度評価体系を用いて、下式(1)の 1 次元の非定常熱伝導方程式により温度評価を行う。

$$\frac{dT}{dx} = \alpha \frac{d^2T}{dx^2} \quad \dots (1)$$

敷地外火災においては燃焼継続時間を改めて設定する必要があるため、敷地外の危険物貯蔵施設の設置状況調査完了後に評価を行う。第 2 棟に対する熱影響についても同様。

表 2. 14. 2. 11-11 輻射強度(W/m<sup>2</sup>) 対比表

燃焼面積 (m <sup>2</sup> )	隔離距離 (m)											
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1500	2000
100,000	- <sup>1)</sup>	37909.08	25081.63	<b>18322.65<sup>2)</sup></b>	13996.06	10967.01	8755.38	7102.27	5845.28	4874.98	2309.40	1319.87
50,000	- <sup>1)</sup>	26668.69	<b>17111.37<sup>2)</sup></b>	11896.76	8621.78	6450.52	4961.92	3911.32	3149.65	2583.64	1175.06	662.81
10,000	23726.56	<b>10174.88<sup>2)</sup></b>	5342.43	3186.27	2087.2	1463.9	1080.08	828.25	654.62	530.06	234.62	131.48
1,000	<b>4874.98<sup>2)</sup></b>	1319.87	589.10	330.61	211.02	146.19	107.20	81.94	64.66	52.31	23.17	13.01

1) 燃焼半径が100mを超え  
 2) 各燃焼面積に対し、輻射熱流束を下回り、かつ隔離距離が最も小さい値である。

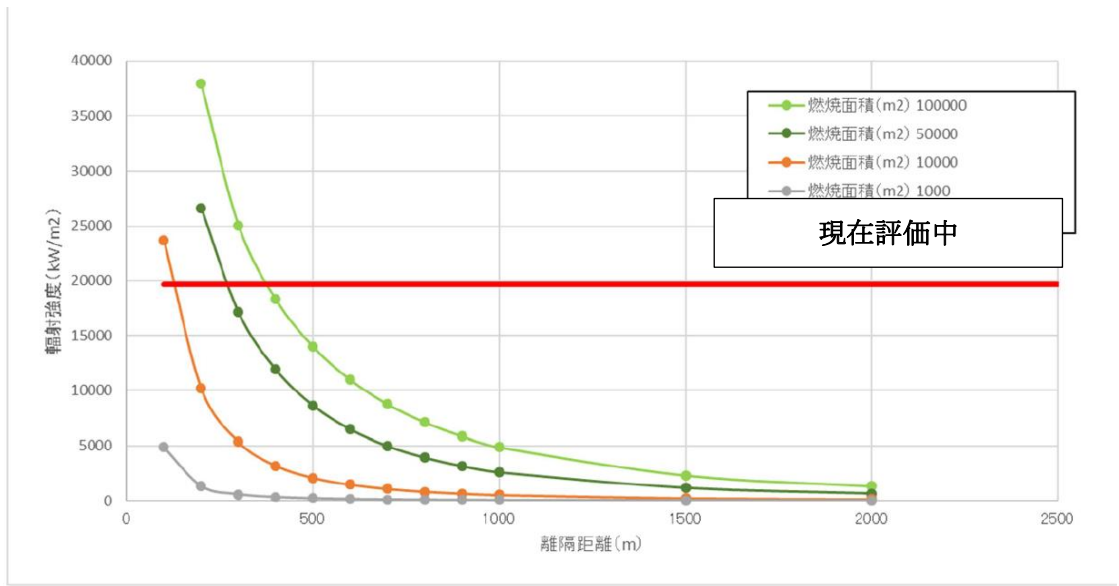


図 2. 14. 2. 11-11 輻射強度対比グラフ

2. 2. 3 高圧ガス貯蔵施設の火災・ガス爆発影響評価

福島第一原子力発電所から10km圏内における高圧ガス貯蔵施設を抽出して火災・ガス爆発影響を評価する。2.2.2項と同様に、高圧ガス貯蔵施設の抽出に先立ち評価に要するパラメータを仮設定し、10km圏内にどのような高圧ガス貯蔵施設がある場合に第2棟に影響があるのかを評価する。

(1) 評価条件

火災影響評価における具体的な評価指標及び評価に必要なデータは2.2.2項と同様である。ガス爆発影響評価における具体的な評価指標を表2.14.2.11-12に、評価に必要なデータを表2.14.2.11-13に示す。



表 2.14.2.11-12 評価指標及び評価の観点

評価指標	内容
危険限界距離[m]	ガス爆発の爆風圧が0.01MPa以下になる距離 (人体に対して影響を与えない爆風圧)

表 2.14.2.11-13 評価指標及び評価の観点

評価指標	内容
石油類のK値	コンビナート等保安規定第5条別表第二に掲げる数値 危険物毎に設定される定数である
貯蔵設備又は 処理設備のW値	コンビナート等保安規定第5条貯蔵設備又は処理設備の区分に応じて次に掲げる数値 貯蔵設備：液化ガスの貯蔵設備にあつては貯蔵能力(単位トン)の数値の平方根の数値(貯蔵能力が一トン未満のものにあつては、貯蔵能力(単位トン)の数値) 圧縮ガスの貯蔵設備にあつては貯蔵能力(単位立方メートル)を当該ガスの常用の温度及び圧力におけるガスの質量(単位トン)に換算して得られた数値の平方根の数値(換算して得られた数値が一未満のものにあつては、当該換算して得られた数値) 処理設備：処理設備内にあるガスの質量(単位トン)の数値

(2) 火災熱影響評価

2.2.2項と同様、燃焼半径及び危険距離を複数設定し、燃焼半径に対する危険距離毎の輻射強度を算出し、第2棟の危険輻射強度を下回る条件を評価する。表2.14.2.11-14の通りガス、燃焼面積及び離隔距離を設定する。ガスの種類は外部火災影響評価ガイドに記載されているもののうち最も輻射発散度の高いエチレンを設定する。第2棟の危険輻射強度は2.1.2.5項で算出した値を用いる。

表 2.14.2.11-14 ガス火災の評価条件

ガスの種類	エチレン
輻射発散度[kW/m <sup>2</sup> ] <sup>1)</sup>	134
燃焼面積[m <sup>2</sup> ]	1,000・10,000・50,000・100,000
離隔距離[m]	100・200・300・400・500・600・700・800・900・1,000・1,500・2,000
危険輻射強度[W/m <sup>2</sup> ]	19760

1) 附属書Bより燃焼半径、輻射強度の算出については2.2.2項と同様である。

2.14.2.11-23

各燃焼面積においてエチレンによる火災が発生した場合の、離隔距離ごとの輻射強度は表 2. 14. 2. 11-15, 図 2. 14. 2. 11-12 の通り。

燃焼面積が 100,000m<sup>2</sup> の場合, 2,000m の離隔距離があれば火災による輻射強度が第 2 棟の許容輻射入熱流束を下回る。同様に, 燃焼面積 50,000m<sup>2</sup> の場合離隔距離 300m, 燃焼面積 10,000m<sup>2</sup> の場合離隔距離 200m, 燃焼面積 1,000m<sup>2</sup> の場合離隔距離 100m があれば火災による熱影響は無いといえる。福島第一原子力発電所敷地外の周囲 10km 圏内の危険物貯蔵施設の設置状況については, **現在調査中である。**

### (3) 熱影響評価結果

2. 2. 2 項と同様に熱影響評価結果(温度評価)を実施する。算出方法も同様で, 燃焼継続時間を改めて設定する必要があるため, 敷地外の高圧ガス貯蔵施設の設置状況調査完了後に評価を行う。第 2 棟に対する熱影響についても同様。

表 2. 14. 2. 11-15 輻射強度対比表

燃焼面積 (m <sup>2</sup> )	離隔距離 (m)											
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1500	2000
100,000	— <sup>1)</sup>	59762.55	39540.45	28885.11	22064.37	<b>17289.17<sup>2)</sup></b>	13802.60	11196.51	9214.90	7685.25	3640.69	2080.74
50,000	— <sup>1)</sup>	42042.4	26975.56	<b>18754.89<sup>2)</sup></b>	13591.97	10169.05	7822.32	6166.08	4965.33	4073.04	1852.44	1044.90
10,000	37404.22	<b>16040.40<sup>2)</sup></b>	8422.18	5023.05	3290.41	2307.79	1702.71	1305.71	1031.99	835.63	369.87	207.28
1,000	<b>7685.25<sup>2)</sup></b>	2080.74	928.69	521.20	332.66	230.47	168.99	129.17	101.93	82.47	36.52	20.50

1) 燃焼半径が 100m を超

2) 各燃焼面積に対し

**現在評価中**

輻射入熱流束を下回り, かつ離隔距離が最も小さい値である。

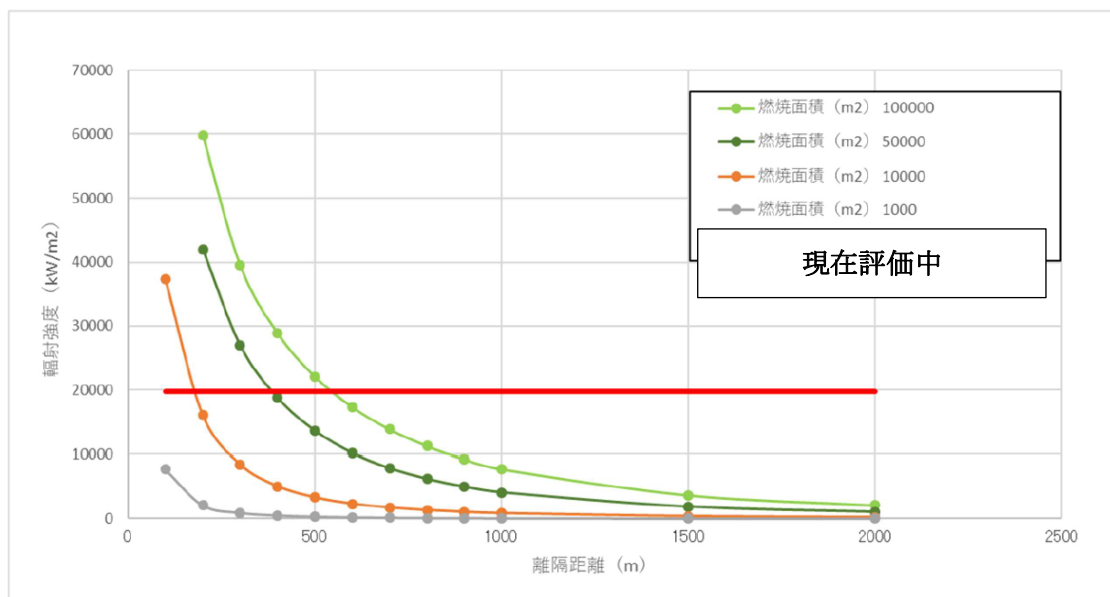


図 2.14.2.11-12 輻射強度対比グラフ

(4) ガス爆発影響評価

ガス爆発が発生した場合の危険限界距離を求め、第2棟から高圧ガス貯蔵施設への離隔距離が危険限界距離以上であることを確認する。本評価においては、福島第一原子力発電所から約11kmの地点に規模の大きい高圧ガス貯蔵施設があることが調査により判明しているため、この施設を参考に評価を行う。

表 2.14.2.11-16 の通り評価条件を設定する。火災と同様にエチレンが貯蔵されていると仮定する。貯蔵量は上記の高圧ガス貯蔵施設を参考に33tとする。

表 2.14.2.11-16 高圧ガス爆発の評価条件

ガスの種類	エチレン
K値 <sup>1)</sup>	1,130,000
貯蔵量[t]	33
W値 <sup>2)</sup>	5.745

- 1) 附属書Bより
- 2) 貯蔵設備におけるガス貯蔵能力の数値の平方根の数値

危険限界距離は以下の式より算出する。

$$X = 0.04\lambda \cdot \sqrt[3]{K \times W}$$

X : 危険限界距離[m]

λ : 換算距離 14.4[m·kg<sup>-1/3</sup>]

2.14.2.11-25

K：石油類の定数

W：設備定数

X=107.45

表 2.14.2.11-16 の条件において、危険限界距離は 107.45m となる。エチレン貯蔵量 33t 規模のガス貯蔵設備のガス爆発の場合で 200m の離隔距離があれば、爆風圧は第 2 棟に影響を与えない。福島第一原子力発電所敷地外の周囲 10km 圏内の高圧ガス貯蔵施設の設置状況については、**現在調査中である。**

### 3. 航空機墜落による火災について

航空機墜落に伴う火災で評価する内容は、ガイドの付属書C「原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災の影響評価について」に基づき、評価を実施する。

#### 3.3.1 航空機墜落の火災影響評価

航空機落下確率評価では、評価手法及び対象航空機の大きさの違いを考慮して落下確率を求めている。火災の影響は対象航空機の燃料積載量に大きく依存することから、参考資料11-1に示すとおり、大型航空機と小型航空機に分類し、また、民間航空機と自衛隊航空機又は米軍航空機(以下「軍用航空機」という。)に分類し以下のカテゴリごとに火災影響評価を実施する。

表 2.14.2.11-17 航空機の分類

落下事故カテゴリ		分類
(1) 計器飛行方式民間航空機	1) 飛行場での離着陸時	—注1
	2) 航空路を巡航中	(1) 大型民間航空機
(2) 有視界飛行方式民間航空機		
(3) 自衛隊機又は米軍機	1) 訓練空域外を飛行中	大型軍用航空機 小型軍用航空機
	2) 基地—訓練空域間往復時	—注2

注1：福島第一原子力発電所は、福島空港からの最大離着陸地点以遠に位置するため対象外(参考資料11-2)

注2：福島第一原子力発電所は、基地—訓練空域間の往復の想定範囲内に入らないため対象外

#### (1) 航空機墜落の火災の想定

航空機は、福島第一原子力発電所における航空機落下評価の対象航空機のうち燃料積載量が最大の機種とする。

航空機は燃料を満載した状態を想定する。

航空機の落下は発電所敷地内であって落下確率が  $10^{-7}$  [回/炉・年] 以上になる範囲のうち第2棟への影響が最も厳しくなる地点で起こることを想定する。

航空機の落下によって燃料に着火し火災が起こることを想定する。気象条件は無風状態とする。

火災は円筒火炎をモデルとし、火炎の高さは燃焼半径の3倍とする。

2.14.2.11-27

表 2. 14. 2. 11-18 燃料積載量が最大の機種

分類	航空機	選定理由
大型民間航空機 (固定翼, 回転翼)	A380	民間の大型航空機の中で燃料積載量が最大規模のものを選定
小型民間航空機 (固定翼, 回転翼)	Do228-200	民間の小型航空機の中で燃料積載量が最大規模のものを選定
大型軍用航空機 (固定翼, 回転翼)	KC-767 (空中給油機)	主要自衛隊航空機(参考資料11-3)の大型航空機の中で燃料積載量が最大規模のものを選定
小型軍用航空機 (固定翼, 回転翼)	UH-2	主要自衛隊航空機(参考資料11-3)の小型航空機の中で燃料積載量が最大規模のものを選定

(2) 評価手法の概要

本評価は、福島第一原子力発電所に対する航空機墜落の火災影響の有無の評価を目的としている。具体的な評価指標とその内容を以下に示す。

表 2. 14. 2. 11-19 評価指標及びその内容

評価指標	内容
輻射強度[W/m <sup>2</sup> ]	火災の炎から任意の位置にある点(受熱点)の輻射強度
形態係数[-]	火炎と受熱面との相対位置関係によって定まる係数
燃焼半径[m]	航空機燃料タンクの投影面積より求めた燃焼半径
燃焼継続時間[s]	火災が終了するまでの時間
離隔距離[m]	第2棟を中心にして落下確率が10 <sup>-7</sup> [回/炉・年]以上になる地点とその地点から第2棟までの直線距離
許容温度[°C]	想定火災に対し第2棟外壁が熱影響のない温度

上記の評価指標は、受熱面が輻射帯の底部と同一平面上にあると仮定して評価する。油の液面火災では、火炎面積の半径が3mを超えると空気供給不足により大量の黒煙が発生し輻射発散度が低減するが、本評価では保守的な判断を行うために、火災規模による輻射発散度の低減がないものとする。

航空機落下による火災の輻射熱に対する第2棟外壁の表面温度が許容温度を超えないことを評価する。

(3) 評価対象範囲

評価対象範囲は、発電所敷地内であって落下確率が  $10^{-7}$  [回/炉・年] 以上になる範囲のうち第 2 棟への影響が最も厳しくなる区域とすることから、福島第一原子力発電所における航空機落下確率評価の対象航空機を、大型民間航空機、小型民間航空機、大型軍用航空機、小型軍用航空機に分類し、それぞれの機種の落下確率の合計が  $10^{-7}$  [回/炉・年] となる標的面積を算出し、その結果から第 2 棟からの離隔距離を以下のとおり算出する。

(4) 標的面積の算出

A. 大型民間航空機及び小型民間航空機の標的面積の算出

(A) 計器飛行方式民間航空機の航空路を巡航中の落下事故

$$P_c = f_c \cdot N_c \cdot A / W$$

$P_c$  : 対象施設への巡航中の航空機落下確率[回/年]

$N_c$  : 評価対象とする航空路等の年間飛行回数[飛行回/年]

$A$  : 第 2 棟の標的面積[km<sup>2</sup>]

$W$  : 航空路幅[km]

$f_c = G_c / H_c$  : 単位飛行距離当たりの巡航中の落下事故率[回/飛行回・km]

$G_c$  : 巡航中事故件数[回]

$H_c$  : 延べ飛行距離[飛行回・km]

表 2. 14. 2. 11-20 標的面積の算出結果

設備名称 パラメータ	福島第一原子力発電所第2棟		
	広域航法経路 (Y30)	直行経路 MIYAKO(MQE)-IWAKI(IXE)	直行経路 SENDAI(SDE)-IWAKI(IXE)
対象航空路注 <sup>1</sup>			
$N_c$ 注 <sup>2</sup>	9490	182.5	365
$A$ 注 <sup>3</sup>	0.001	0.001	0.001
$W$ 注 <sup>4</sup>	18.52	14.816	14.816
$f_c$ 注 <sup>5</sup>	$0.5 / 11,759,413,566 = 4.25 \times 10^{-11}$		
$P_c$	$2.18^{-11}$	$5.24^{-13}$	$1.05^{-12}$
$P_c$ (合計)	$2.34^{-11}$		

注 1: 福島第一原子力発電所周辺の航空図(AIP エンルートチャート)による。(参考資料 11-4)

注 2: 国土交通省航空局への問合せ結果(ピークデイの値)を 365 倍した値。ただし、令和 4 年のピークデイにおける飛行回数が 0 回の場合は、保守的に 0.5 回とみなし、年間 182.5 回とする。(参考資料 11-5)

注3：第2棟の水平面積の合計値は0.01km<sup>2</sup>以下であるので標的面積は0.001km<sup>2</sup>とする。(参考資料11-6)

注4：「飛行方式設定基準」による。

注5：巡航中事故件数は、平成13年～令和2年の間で0件のため、保守的に0.5件とする。延べ飛行距離は、平成13年～令和2年の「航空輸送統計年報、第1表 総括表、1. 輸送実績」における運航キロメートルの国内の値を合計した値。(参考資料11-7)

B. 有視界飛行方式民間航空機の落下事故

$$P_v = (f_v/S_v) \cdot A \cdot \alpha$$

P<sub>v</sub>：対象施設への航空機落下確率[回/年]

f<sub>v</sub>：単位年当たりの落下事故率[回/年]

S<sub>v</sub>：全国土面積[km<sup>2</sup>]

A：第2棟の標的面積[km<sup>2</sup>]

α：対象航空機の種類による係数

表 2.14.2.11-21 落下確率の算出結果

パラメータ	大型固定翼機	大型回転翼機	小型固定翼機	小型回転翼機
f <sub>v</sub> 注	0.5/20=0.025	1/20=0.05	22/20=1.1	17/20=0.85
S <sub>v</sub> 注	372,000			
α注	1.0	1.0	0.1	0.1
A	0.001	0.001	0.001	0.001
P <sub>v</sub>	6.72×10 <sup>-11</sup>	1.34×10 <sup>-10</sup>	2.96×10 <sup>-10</sup>	2.28×10 <sup>-10</sup>
P <sub>v</sub> (合計)	7.26×10 <sup>-10</sup>			

注：「NTEN-2023-2001NRA 技術ノート航空機落下事故に関するデータ(平成13～令和2年)」(令和5年3月原子力規制庁長官官房技術基盤グループ)による。

以上より、大型民間航空機の落下確率(P<sub>c</sub>(計器飛行方式)+P<sub>v</sub>(大型固定翼機)+P<sub>v</sub>(大型回転翼機))が10<sup>-7</sup>[回/炉・年]となる標的面積A1[km<sup>2</sup>]を計算すると以下のとおりとなる。

$$A1 = 10^{-7} \div (2.34 \times 10^{-11} + 6.72 \times 10^{-11} + 1.34 \times 10^{-10}) \times 0.001 = 0.445 \text{ [km}^2\text{]}$$



小型民間航空機の落下確率( $P_v$ (小型固定翼機)+ $P_v$ (小型回転翼機))が  $10^{-7}$ [回/炉・年]となる標的面積  $A_2$ [ $\text{km}^2$ ]を計算すると以下のとおりとなる。

$$A_2 = 10^{-7} \div (2.96 \times 10^{-10} + 2.28 \times 10^{-10}) \times 0.001 = 0.191 [\text{km}^2]$$

C. 大型軍用航空機及び小型軍用航空機の標的面積の算出

福島第二原子力発電所の上空には訓練空域がないため、軍用航空機の落下確率  $P_{so}$ を求める式は、以下のとおりとなる。

$$P_{so} = (f_{so}/S_o) \cdot A$$

$P_{so}$  : 訓練空域外での対象施設への航空機落下確率[回/年]

$f_{so}$  : 単位年当たりの訓練空域外落下事故率[回/年]

$S_o$  : 全国土面積から全国の陸上の訓練空域の面積を除いた面積[ $\text{km}^2$ ]

$A$  : 第2棟の標的面積[ $\text{km}^2$ ]

表 2.14.2.11-22 落下確率の算出結果

パラメータ	大型自衛隊機	大型米軍機	小型自衛隊機	小型米軍機
$f_{so}$ 注	4/20=0.2	3/20=0.15	11/20=0.55	1/20=0.05
$S_o$ 注	294,000	371,500	294,000	371,500
$A$	0.001	0.001	0.001	0.001
$P_{so}$	$6.80 \times 10^{-10}$	$4.04 \times 10^{-10}$	$1.87 \times 10^{-9}$	$1.35 \times 10^{-10}$
$P_{so}$ (合計)	$3.09 \times 10^{-9}$			

注:「NTEN-2023-2001NRA 技術ノート航空機落下事故に関するデータ(平成13~令和2年)」(令和5年3月原子力規制庁長官官房技術基盤グループ)による。

以上より、大型軍用航空機の落下確率( $P_{so}$ (大型自衛隊機)+ $P_{so}$ (大型米軍機))が  $10^{-7}$ [回/炉・年]となる標的面積  $A_3$ [ $\text{km}^2$ ]を計算すると以下のとおりとなる。

$$A_3 = 10^{-7} \div (6.80 \times 10^{-10} + 4.04 \times 10^{-10}) \times 0.001 = 0.092 [\text{km}^2]$$

小型軍用航空機の落下確率( $P_{so}$ (小型自衛隊機)+ $P_{so}$ (小型米軍機))が  $10^{-7}$ [回/炉・年]となる標的面積  $A_4$ [ $\text{km}^2$ ]を計算すると以下のとおりとなる。

$$A_4 = 10^{-7} \div (1.87 \times 10^{-9} + 1.35 \times 10^{-10}) \times 0.001 = 0.050 [\text{km}^2]$$

(5) 第2棟からの離隔距離の算出

(4)で求めた面積が、評価対象となる第2棟外壁面から等距離の離隔をとった場合の標的  
面積と等しくなる距離を離隔距離 L[m]とし、離隔距離 L を算出した結果を以下に示す。ま  
た、各航空機の離隔距離を図 2.14.2.11-13 に示す。

表 2.14.2.11-23 第2棟からの離隔距離の算出結果

項目	大型民間航空機	小型民間航空機	大型軍用航空機	小型軍用航空機
対象航空機	A380	Do228-200	KC-767	UH-2
第2棟外壁までの 離隔距離[m]	372	228	160	108

航空機墜落による危険物貯蔵施設の重畳火災も考慮し、第2棟から最も近い屋外  
危険物取扱設備の離隔距離(360m)位置に危険物屋外貯蔵所があると仮定し、重  
畳評価を実施する。

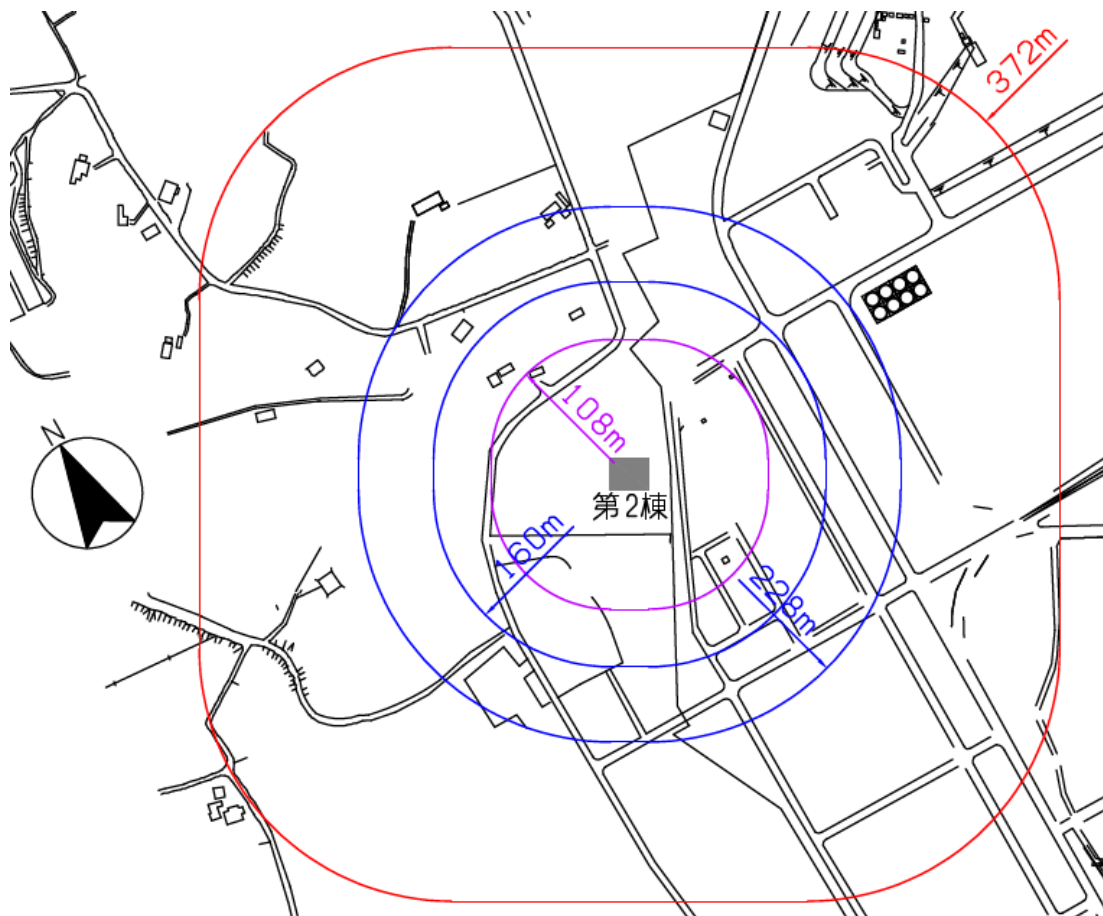
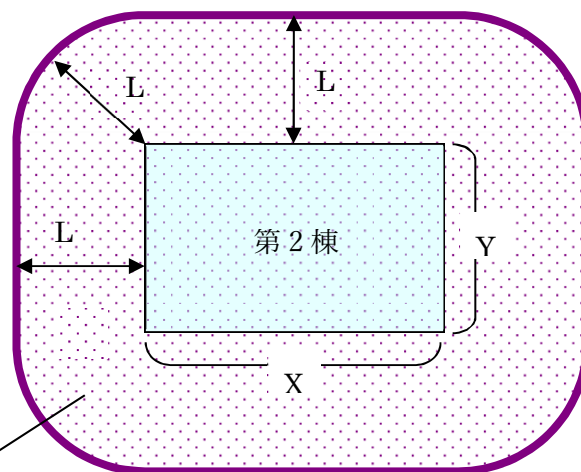


図 2. 14. 2. 11-13 各航空機の墜落位置

$10^{-7}$ [回/炉・年]となる標的面積の考え方は、以下のとおり。



$10^{-7}$ [回/炉・年]となる標的面積=S

図 2. 14. 2. 11-14 標的面積の考え方

2. 14. 2. 11-33

第2棟外壁面から等距離の離隔をとり、 $10^{-7}$ [回/炉・年]となる標的面積をSとした場合、以下の式が成り立つ。

$$S = XY + 2LX + 2LY + \pi L^2 / 4 \times 4$$

$$\pi L^2 + 2(X + Y)L + XY - S = 0$$

二次方程式の解の公式より、以下の式となる。

$$L = \frac{-(X + Y) + \sqrt{(X + Y)^2 - \pi(XY - S)}}{\pi}$$

#### (6) 必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。下表に示すとおり、小型民間航空機は大型軍用航空機と比べ放射発散度が小さく、燃料タンク面積も小さく、離隔距離も離れていることから大型軍用航空機の評価に包絡される。

表 2.14.2.11-24 航空機火災影響評価に必要なデータ

項目	大型民間航空機	小型民間航空機	大型軍用航空機	小型軍用航空機
想定する航空機	A380	Do228-200	KC-767	UH-2
燃料の種類	JetA-1	JetA-1	JP-4	JP-4
燃料量[m <sup>3</sup> ]	323	2.39	145.03	1.87
放射発散度[kW/m <sup>2</sup> ]	50	50	58	58
燃焼速度[m/s]	$6.666 \times 10^{-5}$	$6.666 \times 10^{-5}$	$6.710 \times 10^{-5}$	$6.710 \times 10^{-5}$
燃料タンク面積[m <sup>2</sup> ]	871	27	295	17
第2棟外壁面までの 離隔距離[m]	372	228	160	108

※出典については、参考資料 11-8 参照

#### (7) 燃焼半径の算出

航空機墜落による火災においては墜落の状況によって、様々な燃焼範囲の形態が想定されるが、円筒火炎モデルとして評価を実施するため、燃焼半径は対象とした航空機燃料タンクの投影面積を円筒の底面と仮定して以下のとおり算出する。

$$R = (S/\pi)^{0.5}$$

R：燃焼半径[m]

2.14.2.11-34

S : 燃料タンク投影面積(火炎円筒の底面積)

表 2. 14. 2. 11-25 燃焼半径の算出結果

項目	大型民間航空機	大型軍用航空機	小型軍用航空機
想定する航空機	A380	KC-767	UH-2
燃料タンク面積[m <sup>2</sup> ]	871	295	17
燃焼半径[m]	16.7	9.69	2.33

(8) 形態係数の算出

次の式から形態係数を算出する。

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \operatorname{tAn}^{-1} \left( \frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \operatorname{tAn}^{-1} \left[ \sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \operatorname{tAn}^{-1} \left[ \sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\}$$

ただし,

$$m = \frac{H}{R} \cong 3, n = \frac{L}{R}, A = (1+n)^2 + m^2, B = (1-n)^2 + m^2$$

φ : 形態係数

L : 離隔距離[m]

H : 火炎高さ[m]

R : 燃焼半径[m]

表 2. 14. 2. 11-26 形態係数の算出結果

項目	大型民間航空機	大型軍用航空機	小型軍用航空機
燃焼半径[m]	16.7	9.69	2.33
第2棟外壁面	離隔距離[m]	372	160
	形態係数	0.003903	0.07126
			108
			0.000893

(9) 輻射強度の算出

火災の火炎から任意の位置にある点(受熱点)の輻射強度は、輻射発散度に形態係数をかけた値となる。次式から輻射強度を算出する。

$$E = R_f \times \phi$$

E : 輻射強度

2. 14. 2. 11-35

Rf : 輻射発散度

$\phi$  : 形態係数

表 2. 14. 2. 11-27 輻射強度の算出結果

項目		大型民間航空機	大型軍用航空機	小型軍用航空機
輻射発散度[kW/m <sup>2</sup> ]		50	58	58
第2棟	形態係数	0. 003903	0. 07126	0. 000893
外壁面	輻射強度[W/m <sup>2</sup> ]	195. 17	413. 33	51. 82

(10) 燃焼継続時間の算出

燃焼継続時間は、燃料量を燃焼面積と燃焼速度で割った値になる。

$$t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}, v = \frac{M}{\rho} \text{より}, t = \frac{V \times \rho}{\pi R^2 \times M}$$

t : 燃焼継続時間[s]

V : 燃料積載量[m<sup>3</sup>]

R : 燃焼半径[m]

v : 燃焼速度[m/s]

M : 質量低下速度[kg/m<sup>2</sup>・s]

$\rho$  : 密度[kg/m<sup>3</sup>]

表 2. 14. 2. 11-28 燃焼継続時間の算出結果

項目	大型民間航空機	大型軍用航空機	小型軍用航空機
燃料量[m <sup>3</sup> ]	323	145. 03	1. 87
燃料面積 $\pi R^2$ [m <sup>2</sup> ]	871	295	17
質量低下速度[kg/m <sup>2</sup> ・s]	0. 054	0. 051	0. 051
燃料密度[kg/m <sup>3</sup> ]	810	760	760
燃焼速度[m/s]	$6. 666 \times 10^{-5}$	$6. 710 \times 10^{-5}$	$6. 710 \times 10^{-5}$
燃焼継続時間[hour]	1. 55	2. 04	0. 46

※出典については、参考資料 11-8 参照

(11) 評価結果

A. 第 2 棟外壁の耐火性能評価

(A) 許容温度

本評価で用いる許容温度については、一般的にコンクリートの強度に影響がないとされる 200℃\*とする。

※原田和典，建築火災のメカニズムと火災安全設計，財団法人日本建築センター

(B) 耐火性能の評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で第 2 棟外壁が昇温されるものとして、下記の一次元非定常熱伝導方程式の解の式より、コンクリートの表面の温度上昇を求め、コンクリートの表面温度が許容温度以下であるか評価を実施する。

$$T_s = T_0 + \frac{I}{\left(\frac{\sqrt{k\rho c}}{1.18h\sqrt{t}} + 1\right) \frac{h}{\varepsilon E}}$$

出典：原田和典，建築火災のメカニズムと火災安全設計，日本建築センター

T：初期温度 [50℃]

E：輻射強度 [W/m<sup>2</sup>]

ε：コンクリート表面の放射率(0.95)

h：コンクリート表面熱伝達率 [34.9W/m<sup>2</sup>・K]

k：コンクリート熱伝導率 [1.6W/mK]

ρ：コンクリート密度 [2400kg/m<sup>3</sup>]

c：コンクリート比熱 [879J/kgK]

t：燃焼継続時間 [s]

表 2.14.2.11-29 第 2 棟外壁面の温度評価結果

項目	大型民間航空機	大型軍用航空機	小型軍用航空機
輻射強度[W/m <sup>2</sup> ]	195.17	413.33	51.82
燃焼継続時間[hour]	1.55	2.04	0.46
表面温度[℃]	56	62	51

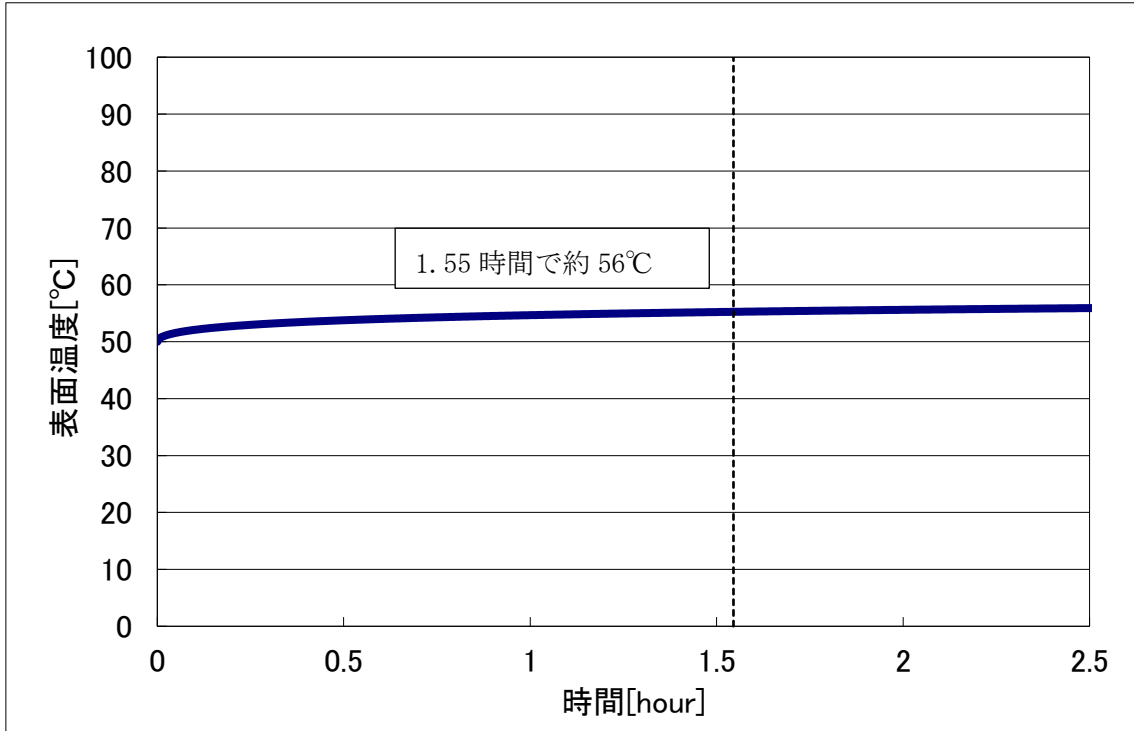


図2.14.2.11-15 外壁面温度推移(大型民間航空機)

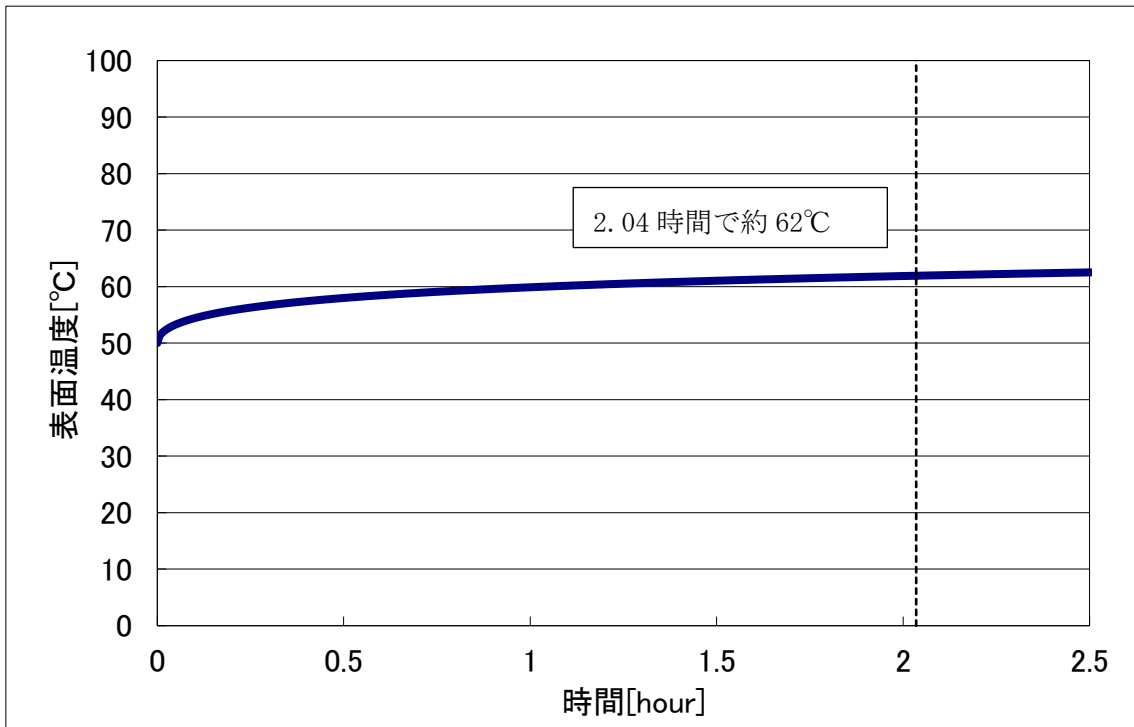


図 2.14.2.11-16 外壁面温度推移(大型軍用航空機)

2.14.2.11-38



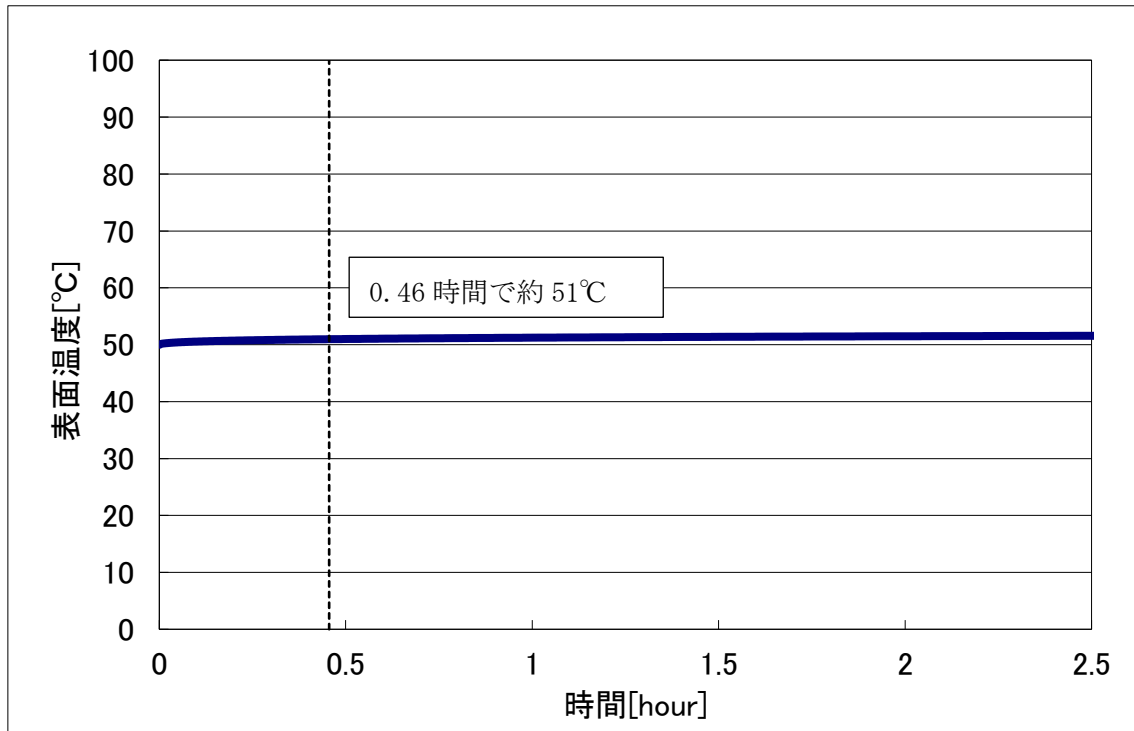


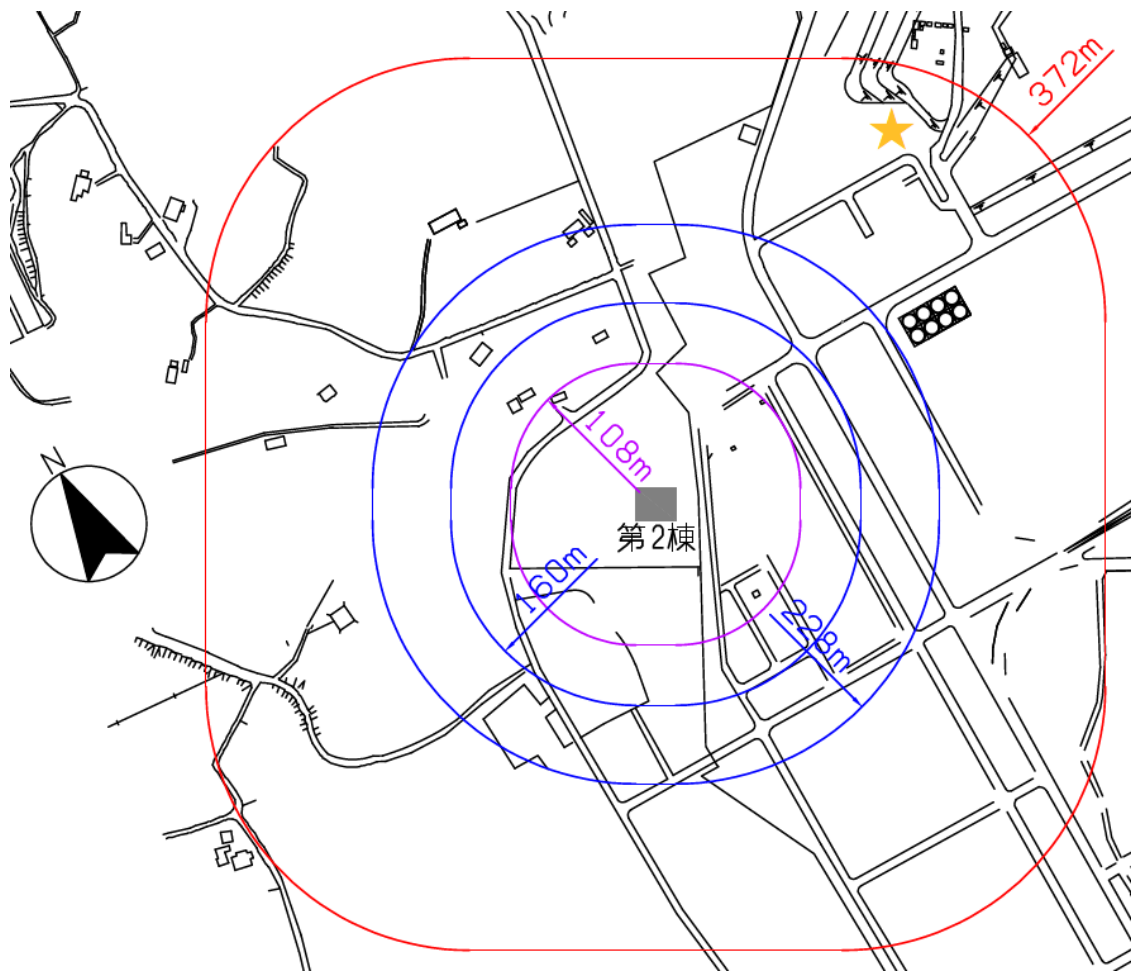
図2.14.2.11-17 外壁面温度推移(小型軍用航空機)

## (12) 航空機墜落火災と危険物貯蔵設備の重畳

### A. 重畳する危険物貯蔵設備の選定

航空機火災が発生した場合に重畳を考慮する危険物貯蔵設備を検討する。航空機落下確率が  $10^{-7}$  [回/炉・年] となる航空機墜落位置とその周辺の危険物施設位置を図 2.14.2.11-18 に示す。廃止措置作業に伴う敷地内のレイアウト変更も加味し、第 2 棟から最も近い No. 1 危険物屋外貯蔵所 B(360m) に、福島第一発電所構内で現実的に大容量保管され、かつ、放射発散度が大きいガソリンが、最も危険物を内包する設備 (No. 2 危険物屋外貯蔵所)、かつ、最も広い床面積 (No. 1~No. 10 気絶縁油タンクの堰の総面積) で設置されたとして、評価を実施する。

第 2 棟から 360m 範囲で航空機落下が想定される機種は小型軍用航空機、大型軍用航空機であり、第 2 棟への熱影響は大型軍用航空機の方が大きい。よって大型軍用航空機 (KC-767) が落下した際に、ガソリン火災が重畳すると仮定し熱影響評価を実施する。なお、航空機落下位置は、航空機落下火災による影響が最も厳しくなるよう落下確率が  $10^{-7}$  [回/炉・年] となる位置とする。



★：火災の想定(No. 1 危険物屋外貯蔵所 B+大型軍用航空機(KC-767))

大型民間航空機墜落位置 L=372m	小型民間航空機墜落位置 L=228m	小型軍用航空機墜落位置 L=108m
	大型軍用航空機墜落位置 L=160m	

図 2. 14. 2. 11-18 航空機墜落位置と危険物タンクの重畳を考慮する位置

B. 第 2 棟に対する影響評価(ガソリンタンクとの重畳)

(A) 第 2 棟の受熱量評価評価に必要なデータは以下のとおり

表 2. 14. 2. 11-30 ガソリントank火災影響評価に必要なデータ

項目	ガソリントank	大型軍用航空機(KC-767)
燃料の種類	ガソリン	JP-4
燃料量[m <sup>3</sup> ]	1488	145.03
輻射発散度[kW/m <sup>2</sup> ]	58	58
燃焼速度[m/s]	6.711×10 <sup>-5</sup>	6.711×10 <sup>-5</sup>
燃焼面積[m <sup>2</sup> ]	676	295
燃焼半径[m]	14.67	9.69
第2棟までの距離[m]	181	119
燃焼継続時間[hour]	9.11	2.04

次の式から形態係数を算出する。

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \text{tAn}^{-1} \left( \frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \text{tAn}^{-1} \left[ \sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \text{tAn}^{-1} \left[ \sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\}$$

ただし、

$$m = \frac{H}{R} \cong 3, n = \frac{L}{R}, A = (1+n)^2 + m^2, B = (1-n)^2 + m^2$$

φ：形態係数

L：離隔距離[m]

H：火炎高さ[m]

R：燃焼半径[m]

表 2. 14. 2. 11-31 形態係数の算出結果

項目	ガソリントank	大型軍用航空機(KC767)
第2棟までの距離[m]	360	228
燃焼半径R[m]	21.34	9.69
形態係数	0.006888	0.003246

火災の火炎から任意の位置にある点(受熱点)の輻射強度は、輻射発散度に形態係数をかけた値となる。次式から輻射強度を算出する。

2. 14. 2. 11-41

$$E = R_f \times \phi$$

E : 輻射強度

Rf : 輻射発散度

$\phi$  : 形態係数

表 2. 14. 2. 11-32 輻射強度の算出結果

項目	ガソリントank	大型軍用航空機(KC-767)
輻射発散度[kW/m <sup>2</sup> ]	58	58
形態係数	0. 006888	0. 003246
輻射強度[W/m <sup>2</sup> ]	399. 51	188. 28

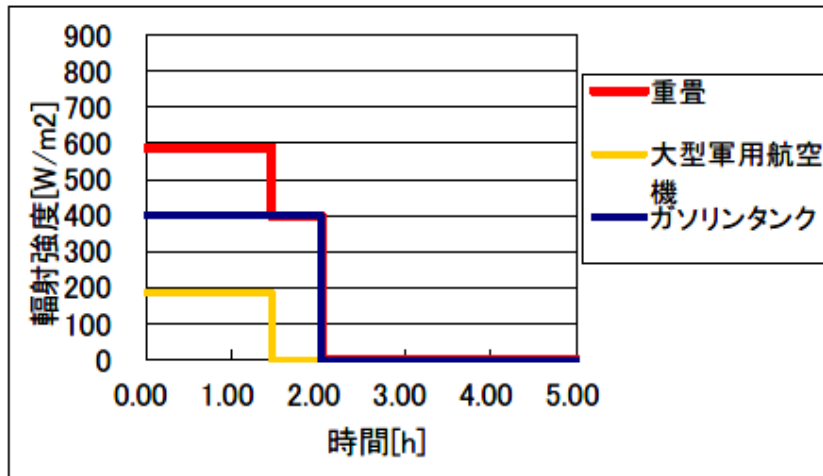
ここで重畳を考慮した場合、航空機墜落による火災と同時にガソリントankが延焼する場合は輻射強度が大きくなり、航空機が落下後時間においてガソリントankが発火する場合は燃焼継続時間が大きくなることから、それらを包絡するように、評価を実施する(図 2. 14. 2. 11-19)

航空機とガソリントankが同時に延焼する場合の輻射強度 E は、以下のとおり。

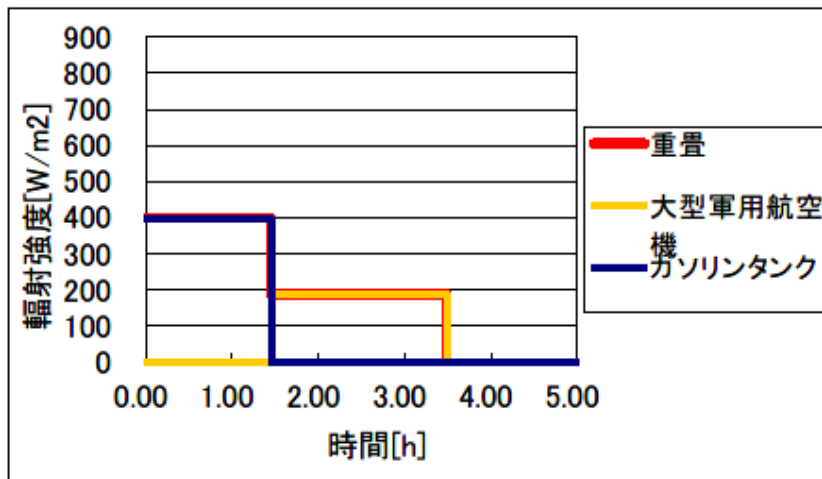
$$E=399. 51(\text{ガソリントank})+188. 28(\text{大型軍用航空機}) \\ =527. 79$$

航空機が墜落後時間においてガソリントankが発火する場合の最大の燃焼継続時間 t は、以下のとおり。

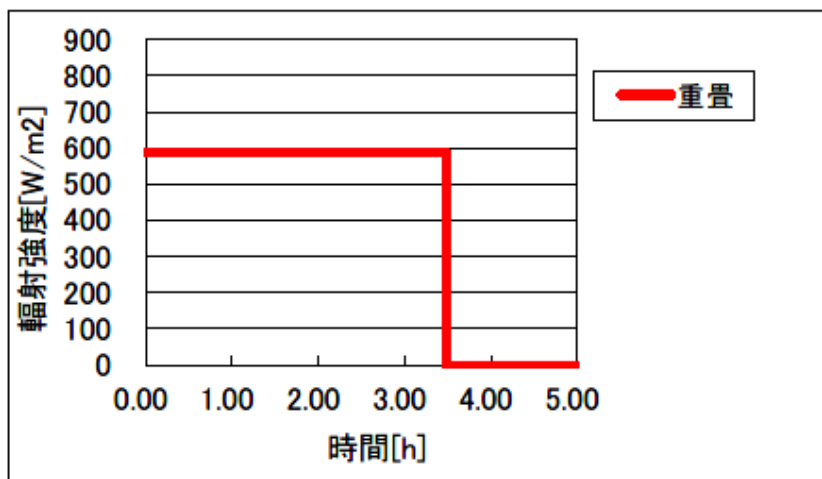
$$t=1. 46(\text{ガソリントank})+2. 04(\text{大型軍用航空機})t=3. 5[\text{時間}]$$



輻射強度が最大となる場合



燃料継続時間が最大となる場合



輻射強度最大で燃料継続時間最大として温度評価を実施

図 2.14.2.11-19 重畳を考慮した場合の輻射強度及び燃料継続時間の関係

(B) 耐火性能の評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で第 2 棟外壁が昇温されるものとして、下記の一次元非定常熱伝導方程式の解の式より、コンクリートの表面の温度上昇を求め、コンクリートの表面温度が許容限界温度以下であるか評価を実施する。

$$T_s = T_0 + \frac{I}{\left( \frac{\sqrt{\kappa\rho c}}{1.18h\sqrt{t}} + 1 \right) \frac{h}{\varepsilon E}}$$

出典：原田和典，建築火災のメカニズムと火災安全設計，日本建築センター

T：初期温度 [50℃]

E：輻射強度 [W/m<sup>2</sup>]

ε：コンクリート表面の放射率(0.95)

h：コンクリート表面熱伝達率 [34.9W/m<sup>2</sup>・K]

k：コンクリート熱伝導率 [1.6W/mK]

ρ：コンクリート密度 [2400kg/m<sup>3</sup>]

c：コンクリート比熱 [879J/kgK]

t：燃焼継続時間 [s]

表 2.14.2.11-33 第 2 棟外壁面の温度評価結果

項目	ガソリンタンクと航空機の重畳
輻射強度[W/m <sup>2</sup> ]	587.79 (=399.51+188.28)
燃焼継続時間[hour]	3.5(=1.46+2.04)
表面温度[℃]	70

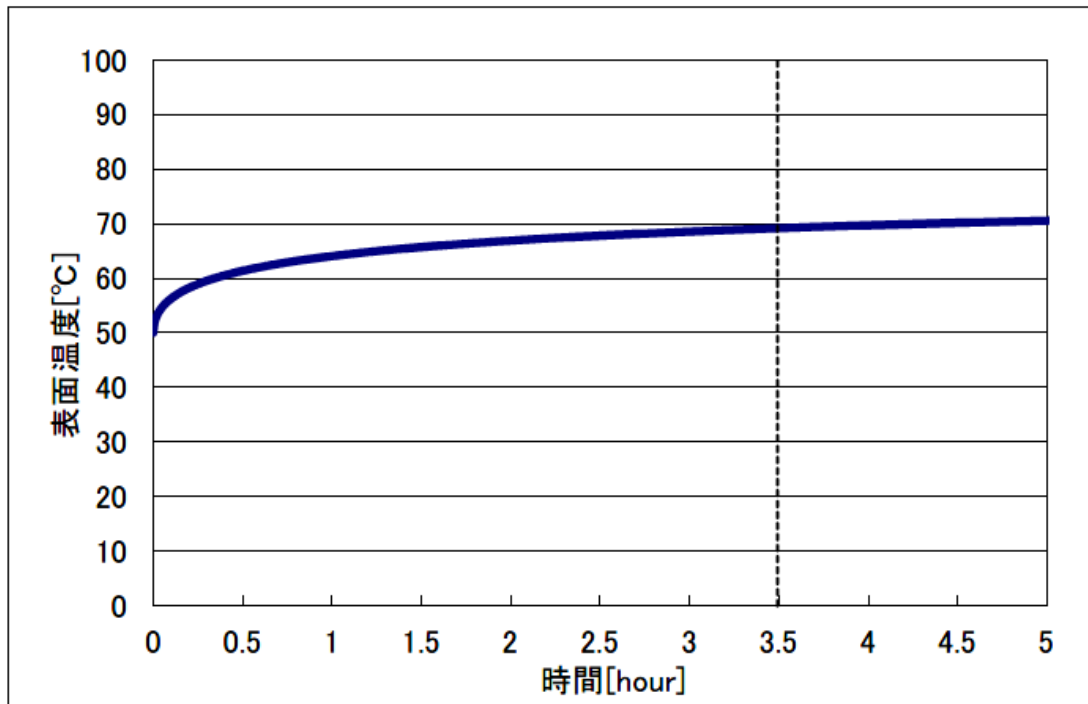


図 2.14.2.11-20 外壁面温度推移(ガソリタンクと航空機の重畳)

(13) 評価結果

以上の結果から、航空機墜落による火災が発生した場合を想定したとしても、第2棟外壁面の温度が許容温度を超えないことから、第2棟に熱影響をおよぼすことはないと評価する。

航空機墜落による第2棟外壁の表面温度は約70°Cであり、2.1.2.5の森林火災の熱影響の評価に包絡されることから、第2棟表面の温度が200°Cに到達することはなく、第2棟への熱影響はない。

表 2.14.2.11-34 評価対象航空機の種類

		民間航空機		自衛隊機、在日米軍機
		計器飛行方式	有視界飛行方式	
固定翼 (ジェット旅客機等)	大型機	定期便：評価対象 (例) 大型旅客機 (B747、 B777 等)	定期便：該当なし	評価対象  自衛隊機 (F-4EJ 改、 F-15 等) 在日米軍機 (F-16、 F/A-18 等)
		不定期便：評価対象外 (注1)	不定期便：評価対象 (例) 海上保安庁のパトロール 機 (ビッチクラフト 90 型等) 民間の社有機 (三菱式 MU-300 型等) 等	
	小型機	定期便：評価対象外(注2)	定期便：評価対象外(注2)	評価対象  自衛隊機 (T-1 等)
		不定期便：評価対象(注3)	不定期便：評価対象 (例) 本土-離島間コミュータ 機 (DHC-6、BN-2 等) 軽飛行機 (セスナ 172 等)	
回転翼 (ヘリコプター)	大型機	定期便：評価対象外(注2)	定期便：評価対象外(注2)	評価対象  自衛隊機 (MH-53 等) 在日米軍機 (CH-53 等)
		不定期便：評価対象(注3)	不定期便：評価対象 (例) 資材輸送 (ヘール 214B、 AS332 等) 等	
	小型機	定期便：評価対象外(注2)	定期便：評価対象外(注2)	評価対象  自衛隊機 (OH-6 等)  在日米軍機 (UH-1 等)
		不定期便：評価対象(注3)	不定期便：評価対象 (例) 離島間コミュータ 機 (SA365 等) 資材輸送、緊急医療、報 道用等 (アエロスハ <sup>®</sup> シアル AS350、川崎 BK117)	

(注1) 計器飛行方式で飛行する大型固定翼機の不定期便は、定期便と比べて運航回数が極めて少ないことから、評価対象外とする。

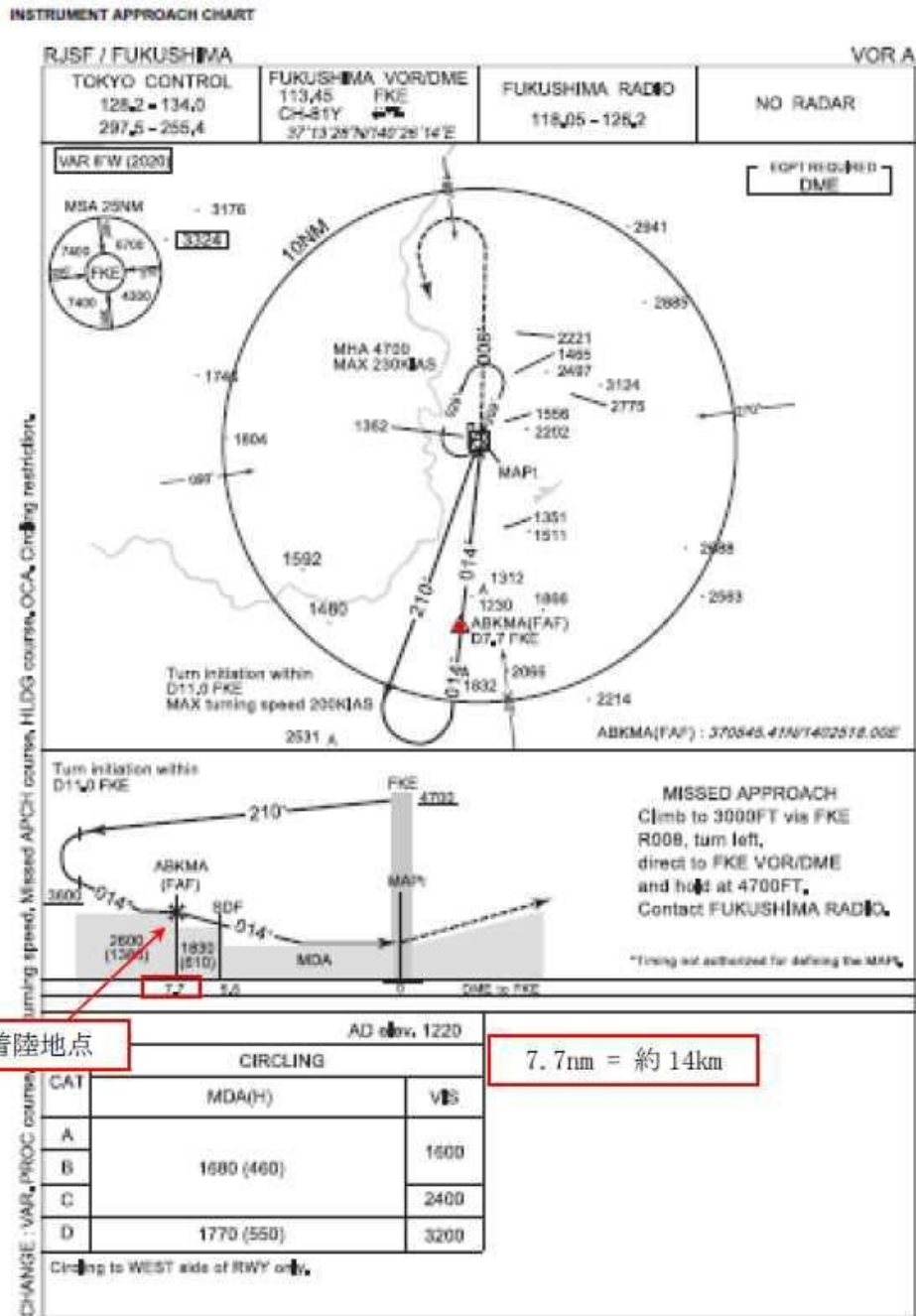
(注2) 小型固定翼機及び回転翼機の定期便については、定期航空運送事業者の登録機数の割合から、運航頻度が大型機の定期便の数%であると判断できることから評価対象外とする。

(注3) 小型固定翼機及び回転翼機では、リクエストベースで計器飛行方式による飛行が可能となっているが、原則としては、有視界飛行方式による飛行形態を取っていることから、本基準では、全て有視界飛行方式として評価することとする。

※：実用発電原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について(内規)より抜粋

- 大型民間航空機(固定翼, 回転翼)
- 小型民間航空機(固定翼, 回転翼)
- 大型軍用航空機(固定翼, 回転翼)
- 小型軍用航空機(固定翼, 回転翼)





最大離着陸地点

7.7nm = 約 14km

図 2. 14. 2. 11-21 福島空港のアプローチチャート  
 (出典：AIP-JAPAN, 国土交通省航空局, 令和 5 年 4 月)

表 2. 14. 2. 11-35 主要自衛隊航空機の仕様

所属	形式	機種	保有数[機]	全長[m]	全幅[m]	燃料積載量[L]
陸上自衛隊	大型固定翼	LR-2	8	14	18	2040
	小型回転翼	AH-1S	48	14	3	980
	小型回転翼	OH-1	37	12	3	953
	小型回転翼	UH-1J	115	13	3	833
	小型回転翼	UH-2	1	13	3	1870 <sup>※1</sup>
	大型回転翼	CH-47J/JA	50	16	4/5 <sup>※2</sup>	3899
	大型回転翼	UH-60JA	40	16	3	2722
	大型回転翼	AH-64D	12	15	6	1421
	ティールローター機	V-22	9	17	15	4449
海上自衛隊	大型固定翼	P-1	4	38	35	- <sup>※3</sup>
	大型固定翼	P-3C	75	36	30	34820
	大型固定翼	US-2	6	33	33	- <sup>※3</sup>
	大型回転翼	SH-60J	46	15	5	1361
	大型回転翼	SH-60K	39	16	5	1361
	大型回転翼	MCH-101	5	20	5	5250
航空自衛隊	大型固定翼	F-15J/DJ	201	19	13	11932kg
	大型固定翼	F-2A/B	92	16	11	4675 <sup>※3</sup>
	大型固定翼	F-35A	27	16	11	10220
	大型固定翼	C-1	7	29	31	15709
	大型固定翼	C-2	14	44	44	- <sup>※3</sup>
	大型固定翼	C-130H	13	30	40	26344
	大型固定翼	KC-767	4	49	48	145033 <sup>※1</sup>
	大型固定翼	KC-130H	3	30	40	26344
	大型固定翼	E-2C	10	18	25	7002
	大型固定翼	E-2D	3	18	25	7002
	大型固定翼	E-767	4	49	48	- <sup>※3</sup>
	大型回転翼	CH-47J	15	16	5	3899
	大型回転翼	UH-60J	140	16	5	2722

令和5年版防衛白書より作成。燃料積載量は日本航空機全集 2013(風文書林) 世界航空機年鑑 2012-2013(耐燈社)より。なお、灰色で網かけした航空機は小型航空機。

※1：小型・大型航空機の燃料が最大のものになる

※2：UH-1H, UH-1J の全長がそれぞれ 12,13m, CH-47J, CH-47JA の全幅がそれぞれ 4,5m を意味する

※3：P-1(哨戒) E-767(早期警戒管制)の燃料積載量は不明だが、機体サイズ及び用途を考えると、KC-767(空中給油)より燃料補給機は少ないと推定する

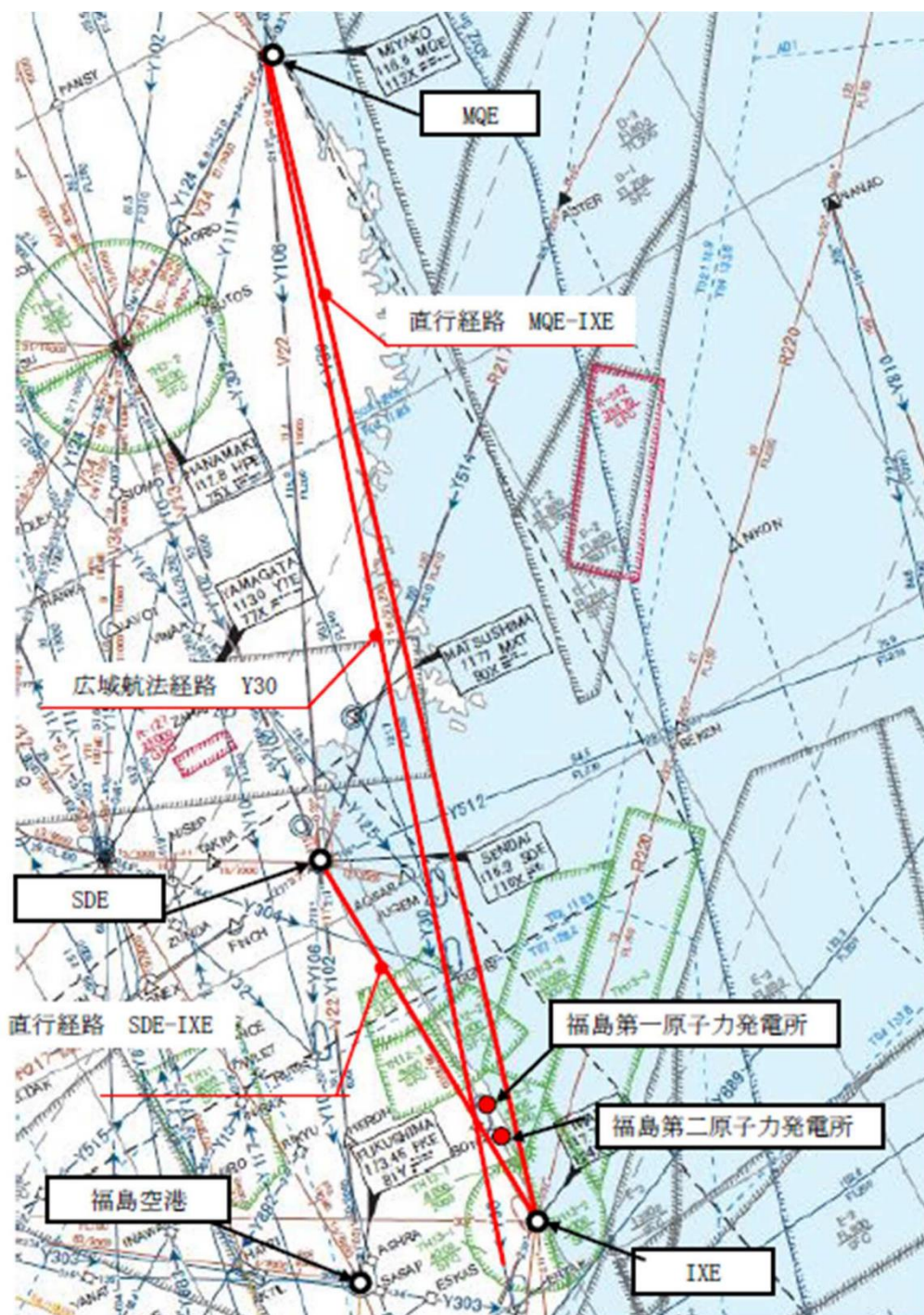


図2. 14. 2. 11-22 福島第一原子力発電所周辺の航空図  
 (出典：AIP-JAPAN, 国土交通省航空局, 令和 5 年 4 月)

2. 14. 2. 11-49

表2. 14. 2. 11-36 飛行回数 福島第一原子力発電所

各航空交通管制部 ピークデイ <sup>注1</sup>		広域航法経路 (Y30)	直行経路 MIYAKO (MQE) - IWAKI (IXE)	直行経路 SENDAI (SDE) - IWAKI (IXE)
札幌管制	2022 年上半期 (2022. 6. 7) 交通量	16	0	0
	2022 年下半期 (2022. 8. 29) 交通量	25	0	0
東京管制部	2022 年上半期 (2022. 6. 23) 交通量	18	0	1
	2022 年下半期 (2022. 12. 21) 交通量	18	0	0
神戸管制部	2022 年上半期 (2022. 1. 7) 交通量	26	0	1
	2022 年下半期 (2022. 12. 20) 交通量	17	0	0
評価に用いる数値		26×365 日 =9490 便/年間	0.5×365 日 =182.5 便/ 年間 <sup>注2</sup>	1×365 日 =365 便/ 年間

注1：国土交通省航空局に問い合わせ入手したデータ。ここでピークデイとは、各航空交通管制部が全体として取り扱った交通量が半年間で最も多かった日のことであり、当該経路における交通量が半年間で最も多かった日とは必ずしも一致しない。

注2：実際の便数は 0 であるが、保守的に 0.5 とする。

表2.14.2.11-37 標的面積

単位：km<sup>2</sup>

発電所	対象	合計	標的面積
福島第一原子力発電所	第2棟	0.00098	0.001

機器配置図寸法から面積を算出した。

## 延べ飛行距離について

延べ飛行距離は、平成13年～令和2年の「航空輸送統計年報，第1表 総括表，1. 輸送実績」における運航キロメートルの国内便のみの合計値とする。

なお、国際便については、日本国内での運行距離ではないため考慮していない。また、日本に乗り入れている外国機は運行距離の実績の公開記録がないため考慮していない。

ただし、国際便及び外国機が日本国内で墜落した場合は事故件数としてカウントし、事故率が保守的となるようにしている。

表2.14.2.11-38 運航距離

	日本国機の運行距離 (飛行回・k m)
平成 13 年	489,803,107
平成 14 年	498,685,881
平成 15 年	519,701,117
平成 16 年	517,485,172
平成 17 年	527,370,038
平成 18 年	555,543,154
平成 19 年	559,797,874
平成 20 年	554,681,669
平成 21 年	544,824,157
平成 22 年	548,585,258
平成 23 年	555,144,327
平成 24 年	608,215,704
平成 25 年	657,480,703
平成 26 年	680,472,532
平成 27 年	684,055,797
平成 28 年	685,451,299
平成 29 年	691,345,014
平成 30 年	692,529,394
令和元年	705,489,833
令和 2 年	482,751,536
合計	11,759,413,566

## 航空機墜落による火災の影響評価に用いたデータについて

## 1. 航空機の仕様について

表2. 14. 2. 11-39 航空機の仕様

項目	大型	小型	大型	小型
	民間航空機	民間航空機	軍用航空機	軍用航空機
想定する航空機	A380	Do228-200	KC-767	UH-2
燃料の種類	Jet A-1	Jet A-1	JP-4	JP-4
燃料量[m <sup>3</sup> ]	320.00 <sup>1)</sup>	2.38 <sup>2)</sup>	145.03 <sup>3)</sup>	1.8 <sup>7)</sup>
燃料タンク面積[m <sup>2</sup> ]	871 <sup>4)</sup>	26 <sup>5)</sup>	280 <sup>6)</sup>	12 <sup>7)</sup>

- 1) Dimension & key data, Airbus 社ホームページ
- 2) 日本航空機全集2013,(鳳文書林出版販売(株)発行)記載値
- 3) 世界航空機年鑑 2012-2013 に記載の燃料重量及び燃料密度(NUREG-1806)から算出した値
- 4) Airbus 社ホームページ資料「A380 AIRCRAFT CHARACTERISTICS AIRPORT AND MAINTENANCE PLANNING」の機体図面より,主翼,主翼と交差する胴体部及び尾翼の面積からフラップ等の面積を除いた面積が燃料タンク面積と同等と想定し算出した値(図 2. 14. 2. 11-23)
- 5) 日本航空機全集 2013 に記載の図面から,主翼及び主翼と交差する胴体部の面積からフラップ等の面積を除いた面積が燃料タンク面積と同等と想定し算出した値(図 2. 14. 2. 11-24)
- 6) ボーイング社ホームページ資料「767 Airplane Characteristics for Airport Planning」の機体図面より, KC-767 のベースとなっている航空機 B767-200ER の主翼,主翼と交差する胴体部及び補助燃料タンクが搭載される床下貨物室の面積からフラップ等の面積を除いた面積を燃料タンク面積として算出した値(図 2. 14. 2. 11-25)
- 7) Bell Flight 社ホームページ資料「SUBARU BELL 412EPX SPECIFICATIONS」の機体図面より, UH-2 のベースとなっているヘリコプター「SUBARU BELL 412EPX」の機体の投影面積を燃料タンク投影面積と同等と想定した値(図 2. 14. 2. 11-26)

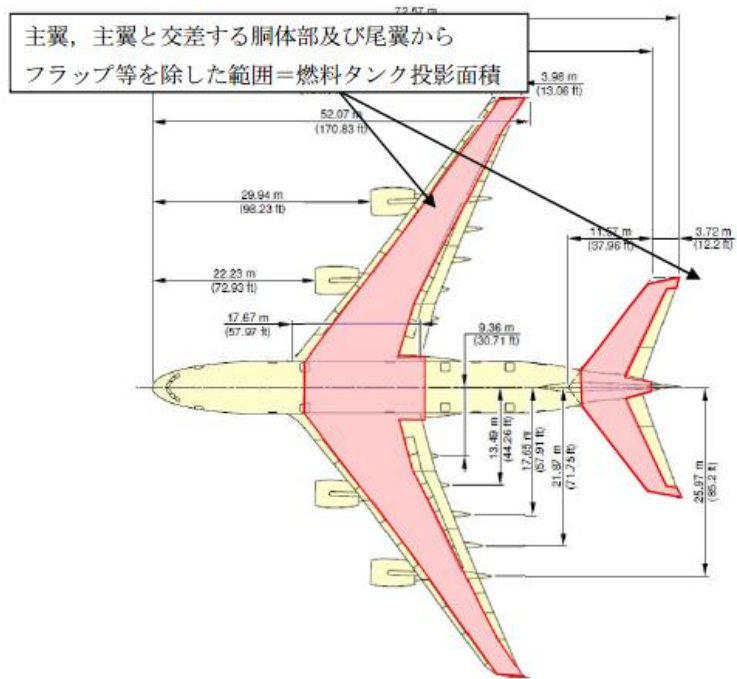


図2. 14. 2. 11-23 燃料タンク投影面積 (B747-400)

(出典 : A380 AIRCRAFT CHARACTERISTICS AIRPORT AND MAINTENANCE PLANNING)

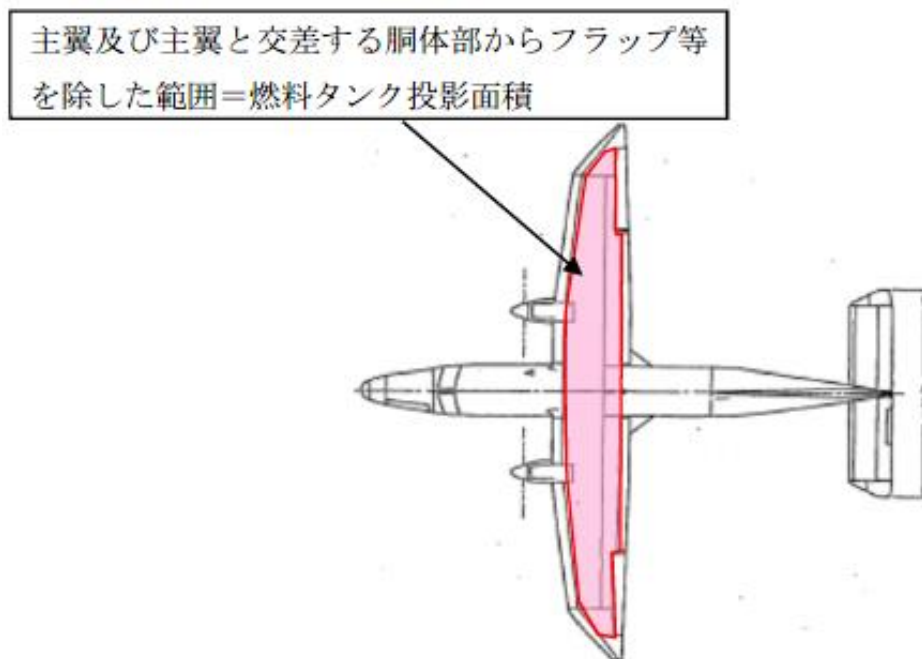


図2. 14. 2. 11-24 燃料タンク投影面積 (Do228-200)

(出典 : 日本航空機全集 2013)

2. 14. 2. 11-54



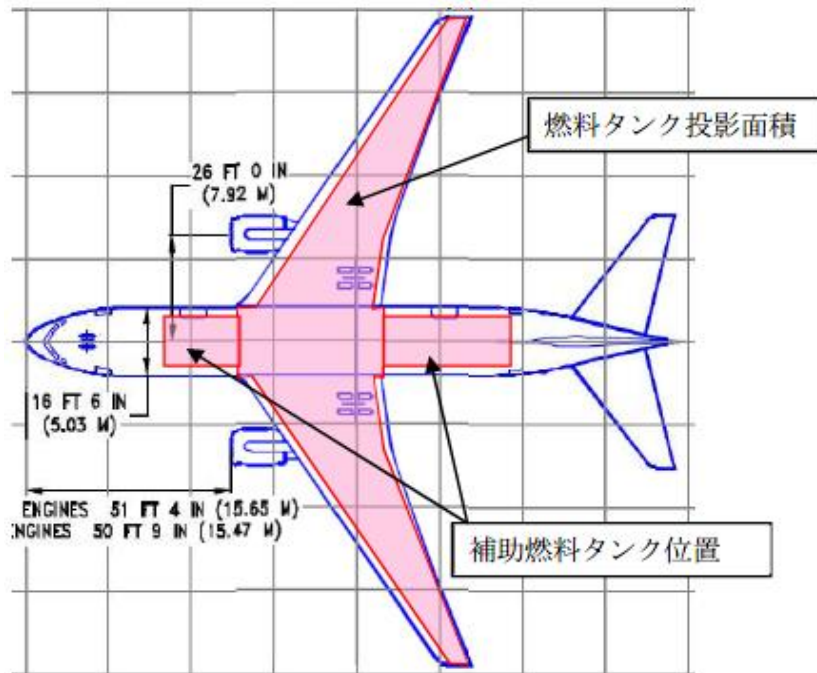


図2.14.2.11-25 燃料タンク投影面積(KC-767)

(出典：767 Airplane Characteristics for Airport Planning)

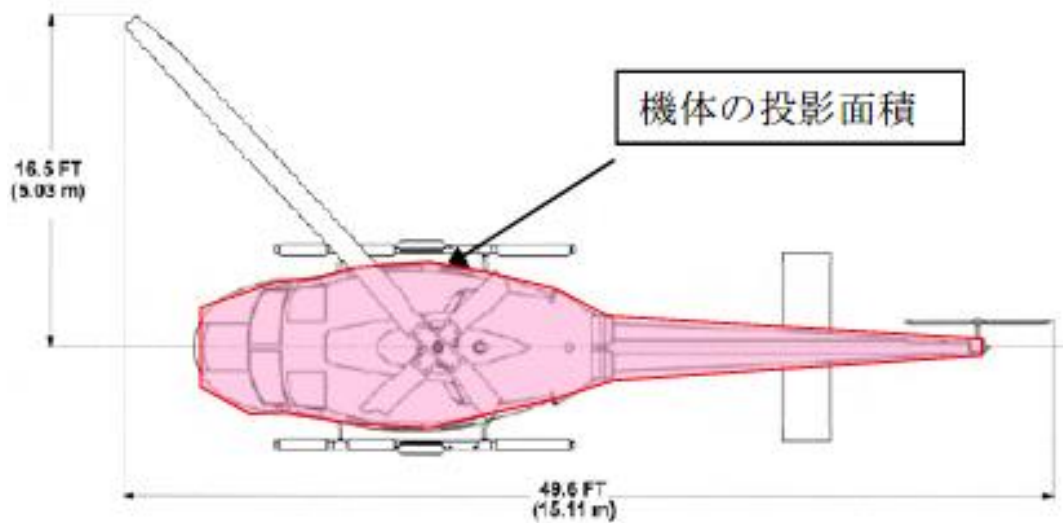


図2.14.2.11-26 燃料タンク投影面積(UH-2)

(出典：SUBARU BELL 412EPX SPECIFICATIONS)

## 2. 燃料物性値について

ジェット燃料は、JIS規格では1号の灯油型(低析出点) 2号灯油型及び 3号広範囲沸点型(ガソリン型)の3種類があり、ASTM規格のJet A-1, Jet A, Jet B に相当する。また、MIL規格では、JP-4(ガソリン型)、JP-5(灯油型)やJP-8(灯油型)があり、日本の民間航空機では安全性の高い1号(灯油型)が使用されており※<sup>1</sup>、軍用航空機ではJP-4が使われている※<sup>2</sup>。よって、民間航空機の燃料の種類はJet A-1(灯油型) 軍用航空機はJP-4とする。

火災影響評価において使用する燃料物性値のうち、輻射発散度及び質量低下速度については、Jet A-1 燃料に関する明確な知見がない。このため、Jet A-1 は灯油型であることから、輻射発散度は灯油の値を採用する。

また、Jet A-1 の質量低下速度、密度については、NUREG-1805 において、JP-4、JP-5 の質量低下速度、密度が与えられていることから、同じ灯油型であるJP-5 の値を採用する。なお、JP-5 の方がJP-4 より燃焼速度が遅く、燃焼継続時間が長くなるので保守的である。

軍用航空機の燃料(JP-4)は、ガソリン系の燃料であることから、輻射発散度はガソリン・ナフサの値を採用し、質量低下速度、密度は、NUREG-1805 のJP-4 の値を採用する。

※<sup>1</sup>：公益社団法人 石油学会 HP

※<sup>2</sup>：石油便覧 JX日鉱日石エネルギーHP

表2. 14. 2. 11-40 評価対象航空機の燃料物性値

項目	大型 民間航空機	小型 民間航空機	大型 軍用航空機	小型 軍用航空機
想定する航空機	A380	Do228-200	KC-767	AH-1S
燃料の種類	Jet A-1	Jet A-1	JP-4	JP-4
輻射発散度[kW/m <sup>2</sup> ]	50.0 <sup>1)</sup>	50.0 <sup>1)</sup>	58.0 <sup>2)</sup>	58.0 <sup>2)</sup>
質量低下速度[kg/m <sup>2</sup> ・s]	0.054 <sup>3)</sup>	0.054 <sup>3)</sup>	0.051 <sup>4)</sup>	0.051 <sup>4)</sup>
燃料密度[kg/m <sup>3</sup> ]	810 <sup>3)</sup>	810 <sup>3)</sup>	760 <sup>4)</sup>	760 <sup>4)</sup>
燃焼速度[m/s]	6.666×10 <sup>-5</sup>	6.666×10 <sup>-5</sup>	6.710×10 <sup>-5</sup>	6.710×10 <sup>-5</sup>

1) 評価ガイド 附属書Bにおける灯油の値

2) 評価ガイド 附属書Bにおけるガソリン・ナフサの値

3) NUREG-1805, Fire Dynamics Tools (FDTs): Quantitative Fire Hazard Analysis Methods for the U.S. Nuclear Regulatory Commission Fire Protection Inspection Program に記載のJP-5(灯油型)の値

4) NUREG-1805, Fire Dynamics Tools (FDTs): Quantitative Fire Hazard Analysis Methods for the U.S. Nuclear Regulatory Commission Fire Protection Inspection Program 5 に記載のJP-4(ガソリン型)の値  
NUREG-1805 より抜粋。

FARSITE

FARSITE(Fire Area Simulator)は、世界で最も高機能かつ広く用いられている森林火災シミュレーションモデルの一つであり、米国農務省 USDA Forest Service で開発され、米国内の森林火災において実践的に利用されている。

- ◆ ホイヘンスの原理に基づく火災の拡大に加え、樹冠火、加速、飛び火等に関する追加的なモデルによる統合的な解析が可能
- ◆ 空間的な環境条件の変化に従い火災の拡大・強度に関するパターンを地理情報により空間的に提示することが可能

ホイヘンスの原理に基づく火災拡大のモデルには多くの事例がある(Coleman And Sullivan 1996; Finney 1994; Finney And Ryan 1995; Knight And Coleman 1993; Richards And Bryce1995)が、FARSITE ではRichards(1990, 1995)によって開発された火災拡大モデルを用いている。また、FARSITE では、地表を伝播する火災、樹冠を伝播する火災、伝播の加速、飛び火の4つの挙動を別々に取り扱うことができる。具体的には、以下のモデルを採用している。

表2. 14. 2. 11-41 使用モデル

挙動タイプ	使用モデル
地表を伝播する火災	Rothermel の拡大方程式 (Albini 1976;Rothermel1972)に基づく。
樹冠を伝播する火災	Van Wagner (1977, 1993) に基づく。CanadianForest Fire Behavior Prediction System ( Forestry Canada Fire Danger Group 1992)と同様。
伝播の加速	Cheney(1981) Cheney and Gould(1997)に基づく。発火燃料の追加、燃料の乾燥化、風速の増加に起因する。
飛び火	Albini の方程式(1979)に基づく。

1. 延焼速度

$$R = \frac{60I_R\xi(1 + \phi_w + \phi_s)}{\rho_B \varepsilon Q_{ig}}$$

R : 延焼速度 (m/min)

$I_R$  : 放射熱 (反応強度) (kW/m<sup>2</sup>)

$\xi$  : 反応強度のうち隣接可燃物の加熱に使われる割合  $\phi_w$  : 風速係数

$\phi_s$  : 傾斜角係数

$\rho_B$  : 可燃物の堆積密度 (kg/m<sup>3</sup>)

$\varepsilon$  : 着火温度まで加熱される可燃物の割合

$Q_{ig}$  : 可燃物が着火するのに必要な熱量 (kJ/kg)

$Q_{ig} = 581 + 2594M_f$  ( $M_f$  : 可燃物の含水比)

2. 火線強度

$$I_B = I_R \frac{12.6R}{\sigma}$$

$I_B$  : 火線強度 (kW/m)

$\sigma$  : 可燃物の表面積/体積比 (cm<sup>-1</sup>)

3. 火炎長

$$L_f = 0.0775I_B^{0.46}$$

$L_f$  : 火炎長 (m)

4. 単位面積当り熱量

$$H_A = I_B \frac{60}{R}$$

$H_A$  : 単位面積当り熱量 (kJ/m<sup>2</sup>)

5. 火炎輻射強度

$$I_R = \frac{1}{60} \Gamma' w_n / \eta_M \eta_s$$

$I_R$  : 火炎輻射強度 (kW/m<sup>2</sup>)

$\Gamma'$  : 理想熱分解速度 (1/min)

2. 14. 2. 11-58

$W_n$  : 可燃物単位面積当りの乾燥重量(kg/m<sup>2</sup>)

$h$  : 発熱量(kJ/kg)

$\eta_M$  : 可燃物中の水分による熱分解速度減少係数(-)

$\eta_S$  : 可燃物中の無機物による熱分解速度減少係数(-)

一方、FARSITE を利用する上での留意事項としては、以下が挙げられる。

- ◆ 煙の発生について考慮されていない
- ◆ 生体燃料の水分量の多様性については考慮されていない
- ◆ 気象・風の条件については一地点のデータのみの入力となる
- ◆ 空間的な環境条件の影響は使用データの空間解像度に依存することから、目的に応じた適切なデータを選定する必要がある
- ◆ 市街地等の非植生域については評価を行えないため、非植生域は一種の防火帯として作用する。

具体的な評価指標と観点を以下に示す。

表2. 14. 2. 11-42 評価指標と観点

評価指標	評価の観点
1. 延焼速度[km/h]	火災発生後、どの位の時間で施設に到達するのか消火活動が可能な時間はどの程度か
2. 火線強度[kW/m]	施設に到達し得る火災の規模はどの程度か必要となる消火活動の能力や防火帯の規模はどの程度か
3. 火炎長[m]	
4. 単位面積当り熱量[kJ/m <sup>2</sup> ]	
5. 火炎輻射強度(kW/m <sup>2</sup> )	

上記の評価指標は、現地の土地利用(森林、農地、居住地等の分布)地形(標高、傾斜角度等)気象条件(風向・風速、気温、湿度等)に大きく依存することから、これらを可能な限り考慮した評価を行う必要がある。

FARSITE の計算実行に最低限必要な入力ファイルを示す。

表2.14.2.11-43 入力ファイル

入力ファイル名	内容
6. ラスタ入力ファイル	標高データ (Elevation) 傾斜角データ (Slope) 傾斜方向データ (Aspect) 可燃物データ (Fuel Model) 樹冠率データ (Canopy Cover)
7. その他入力ファイル	火災伝播速度の制御 (Adjustment) Fuel 水分初期値 (Fuel Moisture) 気象要素 (Weather) 風速 (Wind)

FARSITE において採用しているホイヘンスの原理に基づく火災の拡大モデルを図2.14.2.11-27に示す。

図2.14.2.11-27 A は可燃物の燃焼特性、風速及び風向が一樣である場合の火災の拡大を示しており、図2.14.2.11-27の B は可燃物の燃焼特性、風速及び風向が場所によって異なる場合の火災の拡大を示している。

可燃物の燃焼特性、風速及び風向が一樣の場合は、各素元波(素元波とは波面上の各点から出る球面波のことである。)の包絡線は楕円形を維持する。可燃物の燃焼特性、風速及び風向が場所によって異なる場合は、燃焼特性及び風速によって素元波の成長速度が増減し、風向によって素元波の成長方向が決定される。

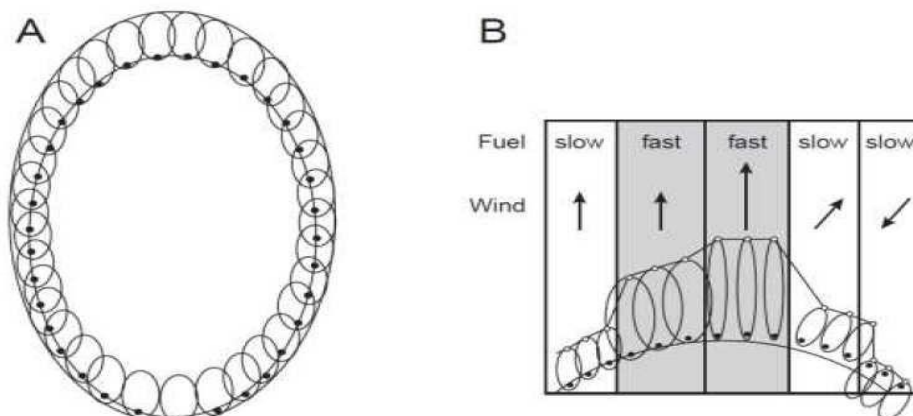


図2.14.2.11-27 福島第一原子力発電所ARSITEの火災拡大モデル  
(Mark A. Finney, 2004, “FARSITE: Fire Area Simulator-Model Development And Evaluation”, p.3 より引用)

2.14.2.11-60

#### 4. 参考文献

- [1] 国土交通省国土地理院(2016) 基盤地図情報 数値標高モデル 10m メッシュデータ
- [2] 環境省自然環境局(1979～1998)自然環境保全基礎調査 植生調査データ(1/50, 000 縮尺)  
第2～5回植生調査
- [3] 国土交通省(2016) 国土数値情報 土地利用細分メッシュデータ
- [4] 環境省 中間貯蔵施設環境安全委員会第15回会合  
資料1「中間貯蔵施設事業の状況について(2019年8月)」
- [5] 気象庁 各種データ資料 <http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>
- [6] 消防庁 消防白書(2010年度版～2019年度版)
- [7] 福島県 農林企画課 福島県農林水産業の現状(令和元年7月版)
- [8] (独)原子力安全基盤機構「福島第一原子力発電所への林野火災に関する影響評価」
- [9] 東京電力ホールディングス 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉 外部火災影響評価に  
ついて. 6条別添4(外火)-1.
- [10] 井上宇市(2018) 空気調和ハンドブック改訂5版, 丸善出版
- [11] 日本機械学会 伝熱工学資料(第5版)

## 内部火災について

## 1. 火災防護の基本事項

## 1.1 火災防護を行う機器の設定

放射物質の貯蔵(試料ピット)又は閉じ込め機能(コンクリートセル)を有する構築物、系統及び機器について火災防護を行う機器等として選定する。

## 1.2 火災区域及び火災区画の設定

1.1 で設定した火災防護を行う機器等の配置、系統分離の状況及び壁の設置状況を考慮して火災区域及び火災区画を設定する。

## 2. 火災発生防止

## 2.1 火災の発生を防止するための火災防護対策

## 2.1.1 発火性又は引火性物質に対する火災発生防止対策

発火性又は引火性物質に対する火災の発生防止対策は、発火性又は引火性物質を内包する設備及びこれらの設備を設置する火災区域に対して、漏えいの防止及び拡大の防止、配置上の考慮、換気、防爆、貯蔵のそれぞれを考慮した火災の発生防止対策を講じる。

発火性又は引火性物質は、火災区域又は火災区画にある消防法で危険物として定められる潤滑油及び燃料油更に危険物でもある引火性高圧ガスとして定められる水素及びPRガス(アルゴン+メタン混合ガス)を選定する。

## 2.1.2 可燃性の蒸気又は可燃性の微粉の対策

第2棟の火災区域は、可燃性蒸気又は微粉が発生するおそれがないよう管理をおこなうため、可燃性の蒸気又は微粉を高所に排出するための設備、電気及び計装品の防爆型の採用並びに静電気を除去する装置の設置、可燃性の蒸気又は微粉の対策は不要である。

## 2.1.3 発火源への対策

第2棟の火災区域で、火花を発生する設備や高温の設備等には、火災の発生防止対策品で行う設計とする。

## 2.1.4 水素漏えい対策

火災区域内の分析作業に用いる水素ボンベ及びPRガスボンベはガスキャビネットに保管する設計とする。



### 2.1.5 放射線分解等による水素の蓄積防止対策

第2棟は、放射線分解及び蓄電池の充電時に発生する水素の蓄積防止対策を行う設計とする。

### 2.1.6 過電流による加熱防止対策

第2棟の電気系統は、送電線への落雷による影響や、地絡、短絡に起因する過電流による加熱や焼損を防止するために、保護継電器、遮断器により、故障回路を早期に遮断する設計とする。

## 2.2 安全機能を有する構築物、系統及び機器の不燃性材料又は難燃性材料の適用

### 2.2.1 機器、配管、ダクト、トレイ、電線管、盤筐体及び支持構造物の主要な構造材

機器、配管、ダクト、トレイ、ケーブルラック、電線管、盤筐体及び支持構造物のうち、主要な構造材は、火災の発生防止及び当該設備の構造強度の確保を考慮し、不燃性材料を使用する設計とする。

### 2.2.2 建屋内変圧器及び遮断器の仕様

第2棟に設置する変圧器及び遮断器は、可燃性物質である絶縁油を内包していない変圧器及び遮断器を使用する設計とする。

### 2.2.3 ケーブル

第2棟で使用するケーブルは、燃焼試験により自己消火性及び延焼性を確認した難燃ケーブルを使用する設計とする。

### 2.2.4 換気設備のフィルタ

第2棟の火災区域又は火災区画に設置される換気設備のフィルタは、不燃性材料及び難燃性材料で組み立てられたフィルタを使用する設計とする。

### 2.2.5 保温材

火災区域又は火災区画に設置される保温材は、不燃性材料を使用する設計とする。

### 2.2.6 建屋内装材

火災区域又は火災区画に設置される建屋の内装材は、不燃、準不燃、難燃、防火材料を使用する設計とする。

## 2.3 落雷、地震等の自然現象による火災防護対策

第2棟は、放射性物質と取り扱う施設であることから、落雷による火災発生を防止するた

めに「JIS A4210 建築物等の避雷設備(避雷針)」に基づき、避雷設備を設置する設計とする。第2棟は、十分な支持性能をもつ地盤に設置するとともに、耐震クラスに応じた耐震設計とする。

### 3. 火災の感知・消火

#### 3.1 火災感知設備及び消火設備の早期対応

第2棟に設置する火災感知設備は、火災区域又は火災区画に設置した感知器毎に火災の発生場所を特定できるもので、平常時の状況を監視し、火災現象を把握することができるアナログ式の感知器を配置する設計とする。また、コンクリートセル、鉄セル、グローブボックス内は、温度計を設置し火災現象を把握できる設計とする。

消火設備は、屋内消火栓及び消火器を法定距離以内で設置する設計とする。放射線の影響により消火活動が困難なところには、手動操作による不活性ガス消火設備を設置する設計とする。

#### 3.2 火災感知設備及び消火設備の自然現象(地震等を含む)に対する機能、性能維持

第2棟で地震が発生し外部電源が喪失しても、火災感知設備の蓄電池により電源が確保されていることから、火災監視は継続される。屋内消火栓の配管についても、変位対策としてフレキシブルホースを設置することで、機能、性能は維持される。

また、凍結のおそれがある屋内消火栓の一部に凍結防止対策のヒータを配管に巻き付ける設計とする。

#### 3.3 消火設備の破損、誤動作及び誤操作で生じた溢水による安全機能への影響

第2棟で消火設備用給水配管が破損した場合でも、安全機能を有する構築物、系統及び機器への溢水はない設計とする。

### 4. 火災の影響軽減

#### 4.1 安全機能を有する構築物、系統及び機器の重要度に応じた火災影響軽減対策

第2棟のコンクリートセル、試料ピット及び隣接する部屋で火災が生じた場合、1時間以上の耐火能力を有するコンクリート壁(厚さ 100mm 以上)により他の火災区域から分離されており、隣接する部屋に火災感知器及び消火設備が設置されている。

#### 4.2 火災発生した場合における設備の機能喪失防止

第2棟のコンクリートセルの閉じ込め機能を受け持つ給排気第1弁は、火災による機能喪失までは至らない。また、試料ピットに可燃物は無いため貯蔵機能の喪失には至らない。

## 2.14.8 信頼性に対する設計上の考慮

措置を講ずべき事項

## II. 設計，設備について措置を講ずべき事項

### 1 4. 設計上の配慮

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

#### ⑧信頼性に対する設計上の考慮

- ・安全機能や監視機能を有する構築物，系統及び機器は，十分に高い信頼性を確保し，かつ，維持し得る設計であること。
- ・重要度の特に高い安全機能を有するべき系統については，その系統の安全機能が達成できる設計であるとともに，その構造，動作原理，果たすべき安全機能の性質等を考慮して，多重性又は多様性及び独立性を備えた設計であること。

### 2.14.8.1 措置を講ずべき事項への適合方針

#### (1) 第2棟における信頼性に対する設計上の考慮

第2棟の安全機能や監視機能を有する構築物，系統及び機器は，十分に高い信頼性を確保し，かつ，維持し得るものとする。

第2棟の重要度の特に高い安全機能を有する系統は，その系統の安全機能が達成できる設計であるとともに，その構造，動作原理，果たすべき安全機能の性質等を考慮して，多重性又は多様性及び独立性を備えた設計とする。

#### (2) 使用許可基準規則における関連条文に対する方針

##### 使用許可基準規則

(設計評価事故時の放射線障害の防止)

第二十二條 使用前検査対象施設は，設計評価事故時において，周辺監視区域の外の公衆に放射線障害を及ぼさないものでなければならない。

第2棟は，設計評価事故時において，周辺監視区域の外の公衆に放射線障害を及ぼさない設計とする。

(監視設備)

第二十六條 使用前検査対象施設には，必要に応じて，通常時及び設計評価事故時において，当該使用前検査対象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し，及び測定し，並びに設計評価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なければならない。

第2棟は，通常時及び設計評価事故時において，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し，及び測定し，並びに設計評価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計とする。

(多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止)

第二十九条 使用前検査対象施設は、発生頻度が設計評価事故より低い事故であって、当該使用前検査対象施設から多量の放射性物質又は放射線を放出するおそれがあるものが発生した場合において、当該事故の拡大を防止するために必要な措置を講じたものでなければならない。

第2棟は、発生頻度が設計評価事故より低い事故であって、当該使用前検査対象施設から多量の放射性物質又は放射線を放出するおそれがあるものが発生した場合において、当該事故の拡大を防止するために必要な措置を講じた設計とする。

#### 2.14.8.2 対応方針

具体的な対応方針を以下に示す。

##### (1) 措置を講ずべき事項への対応方針

第2棟で重要度の特に高い安全機能は、コンクリートセルと試料ピットが該当する。また、燃料デブリ等を取り扱うことから、十分に高い信頼性を確保し、かつ維持しうる設計とする。

##### ① 機器の単一故障

###### i) 負圧維持機能を有する動的機器の故障

第2棟の負圧維持機能を有する動的機器に関しては、2式設置する。負圧維持機能を有する動的機器が故障した場合でも、待機している機器が起動することにより負圧を維持する。

###### ii) モニタリング設備の故障

試料放射能測定装置は、2チャンネルを有し、1チャンネル故障時でも他の1チャンネルで第2棟の排気口における放射性物質濃度を確認可能とする。

###### iii) 電源喪失

第2棟の外部電源は2系統より受電する設計とし、1系統からの受電が停止した場合でも全ての負荷に給電できる構成とする。外部電源が喪失した場合でも、必要な設備に給電する非常用電源設備を設置する。

##### ② 複数の設備が同時に機能喪失した場合

第2棟の換気空調設備の排風機が複数同時に機能喪失した場合は、速やかに分析作業等を中止する。

なお、排風機を作動することができず負圧にできない場合は、セル等の構造（セル、給気管、排気管、弁及び給排気系のフィルタ）で放射性物質を閉じ込める。

(実施計画：II-2-48-8)

##### ③ 閉じ込め

負圧を維持する機器を複数台設置し、1台故障した場合でも、待機している機器が起動することにより負圧を維持する多重性を有する設計としている。

##### ④ 監視機能

###### i) 臨界

第2棟では、 $\gamma$ 線エリアモニタ及び中性子線エリアモニタにより臨界に伴う線量率の上昇を

検知し、警報を発する設計としている。γ線及び中性子線のエリアモニタをそれぞれ複数台設置しており、多様性及び多重性を確保している。

ii) 放射線、水素及び火災

放射線、水素及び火災の監視機能の動力源・駆動源として第2棟の外部電源は、2系統で受電する設計とし、さらに、非常用電源設備を設置する設計とすることで多重性及び多様性を確保している。

(2) 使用許可基準規則への具体的な対応方針

① 第二十二条（設計評価事故時の放射線障害の防止）に対する対応方針（別紙-1参照）

第2棟における設計評価事故の評価を行い、設備設計・運用上の対策を講じた上での公衆の被ばく線量が発生事故あたり 5mSv を超えないことを確認する。また、施設全体に影響を及ぼす起回事象（例：地震）により複数の設備に異常が発生する可能性がある場合は、その起回事象における公衆の被ばく線量を合算し、5mSv を超えないことを確認する。

② 安全上重要な施設の選定について（別紙-2 参照）

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、発生事故あたり 5mSv を超えるものを第2棟における安全上重要な施設として選定する。また、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を、第2棟における安全上重要な施設として選定する。

③ 第二十六条（監視設備）に対する対応方針

第2棟は、試料放射能測定装置、室内ダストモニタ及びエリアモニタを用いて、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し、及び測定できる設計とする。

④ 第二十九条（多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止）に対する対応方針（別紙-3 参照）

第2棟における多量の放射性物質等を放出する事故の評価を行い、安全機能喪失による放射性物質の放出量が Cs-137 換算で 100TBq を十分下回り、事故の拡大を防止するために必要な措置を講じた設計であることを確認する。

第2棟における設計評価事故時の放射線障害の防止について

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則第22条（設計評価事故時の放射線障害の防止）に基づき、第2棟における事故の解析及び評価を行い、公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えないことを確認する。解析及び評価を行うに当たっては、「安全機能喪失により公衆の被ばく線量が5mSvを超える放射性物質等の放出事象」を頂上事象と定義した上で、当該事象の具体的な事象を洗い出し、その事象に対する設備設計・運用上の対策の妥当性及び影響を確認する。

上記の評価を行い、設備設計・運用上の対策を講じた上での公衆の被ばく線量が発生事故あたり5mSvを超えないことを確認する。また、施設全体に影響を及ぼす起因事象（例：地震）により複数の設備に異常が発生する可能性がある場合は、その起因事象における公衆の被ばく線量を合算し、5mSvを超えないことを確認する。

1. 第2棟の安全機能と設備について

1.1 第2棟における燃料デブリ等及び廃棄物のフロー

安全上重要な施設の選定、設計評価事故及び多量の放射性物質等を放出する事故の評価を行うに当たって、第2棟の安全機能と設備を整理する。第2棟の安全機能は、各設備で取り扱う燃料デブリ等、廃棄物の取扱量から必要と考えられる機能（閉じ込め機能、遮蔽機能、臨界防止機能）を各設備に持たせている。第2棟における燃料デブリ等及び廃棄物のフローを図2.14.8.1-1に示す。

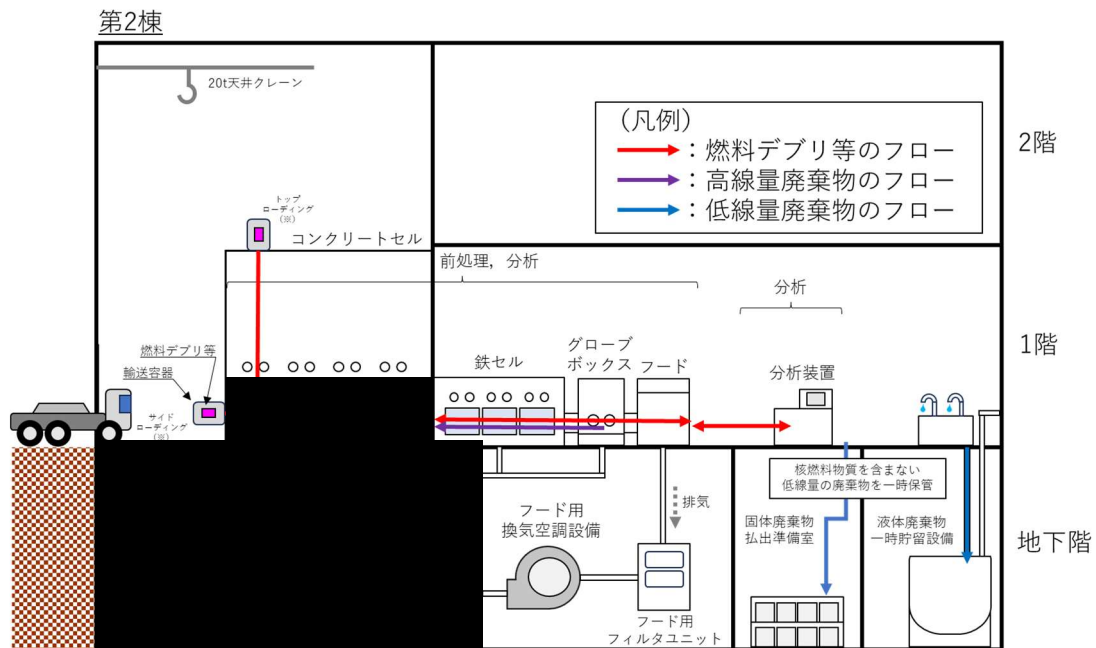


図 2.14.8.1-1 第2棟における燃料デブリ等及び廃棄物のフロー（イメージ）

※ トップローディング又はサイドローディングにより輸送容器とコンクリートセルを接続し、燃料デブリ等を受け入れる。

## 1.2 第2棟の安全機能と設備

第2棟における燃料デブリ等及び廃棄物のフローに基づき、第2棟の安全機能と設備を整理した結果を表2.14.8.1-1に示す。

表2.14.8.1-1 第2棟の安全機能と設備

No.	安全機能	設備名称	備考
1	閉じ込め機能	コンクリートセル	構造による閉じ込め 負圧維持による閉じ込め※1
		鉄セル	
		グローブボックス	風速維持による閉じ込め※2
		フード	
		液体廃棄物一時貯留設備	構造による閉じ込め
2	遮蔽機能	建屋	建屋躯体の遮蔽
		コンクリートセル	
		試料ピット	
		鉄セル	
3	臨界防止機能	コンクリートセル	質量管理による臨界防止
		試料ピット	質量管理による臨界防止 形状管理による臨界防止

※1 セル・GB用換気空調設備の負圧維持による閉じ込め

※2 フード用換気空調設備の風速維持による閉じ込め

上記の安全機能と設備をもとに、設計評価事故の評価を行う。



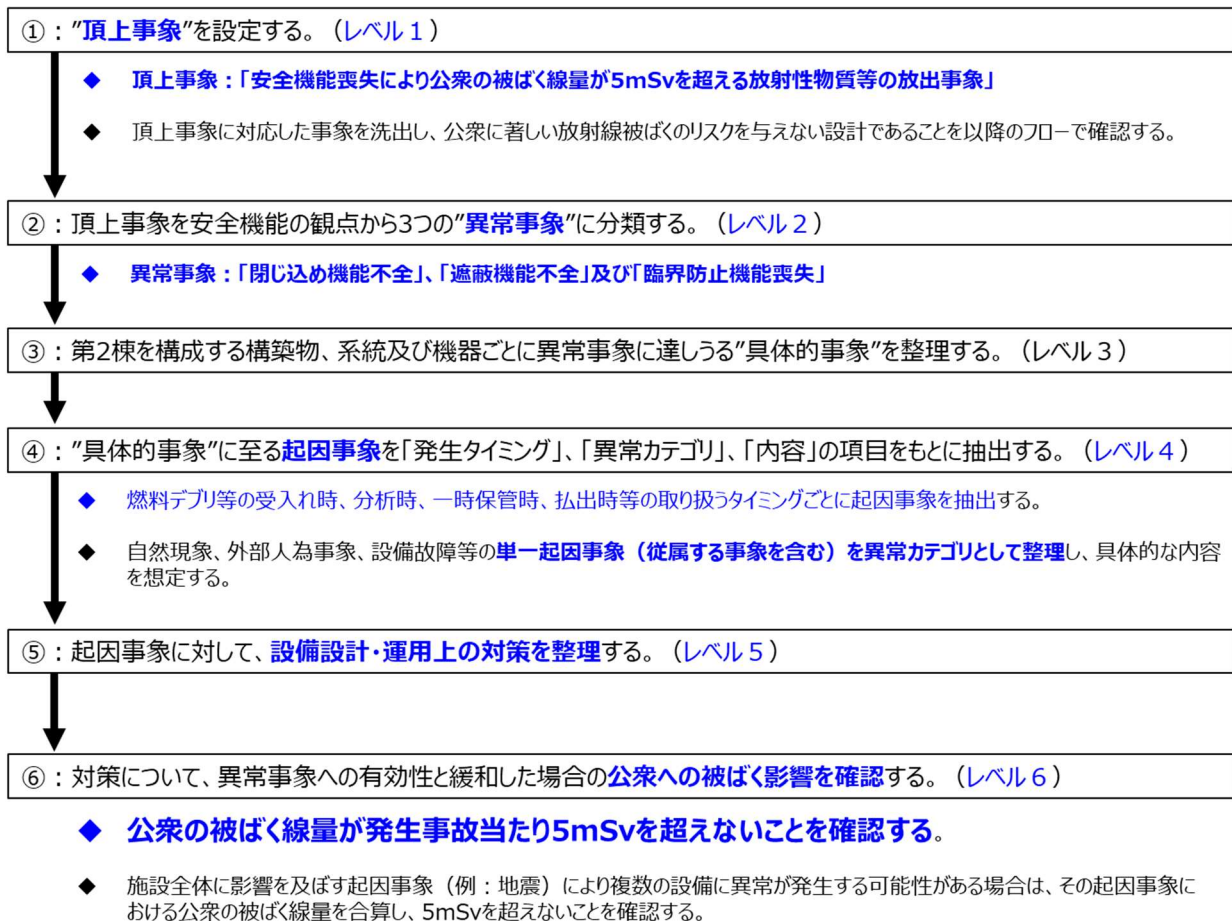
## 2. 設計評価事故の評価方法

### 2.1 マスターロジックダイアグラムを用いた評価フロー

第2棟の設計評価事故は、マスターロジックダイアグラム※（以下「MLD」という。）を用いて、表 2.14.8.1-2 に示す手順により評価を行う。

※ 頂上事象から起因事象を抽出するトップダウン型分析法であり、本手法により、異常事象へと至る起因事象や原因を明らかにする。

表 2.14.8.1-2 マスターロジックダイアグラムを用いた設計評価事故の評価手順



## 2.2 発生タイミングについて

図 2.14.8.1-1 に示す第 2 棟における燃料デブリ等及び廃棄物のフローをもとに，異常事象が発生するタイミングを整理する。図 2.14.8.1-2 に，第 2 棟の各設備における作業フローを示す。

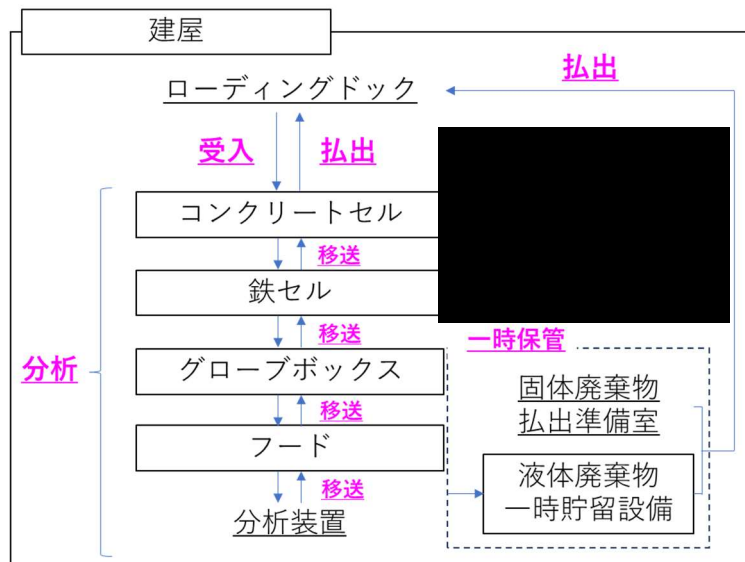


図 2.14.8.1-2 第 2 棟の各設備における作業フロー

※「移送」は，該当する設備から他設備へ移送するタイミングを指す。

上記に示したフローをもとに，各設備における発生タイミングごとの異常事象を想定する。

### 2.3 異常カテゴリについて

起因事象の異常カテゴリの項目は、自然現象、外部人為事象等の単一事象（従属する事象を含む）とする。なお、以下に示す事象は、設計評価事故の起因として想定しないものとする。

・ 確率的に発生することが想定しがたい事象

第2棟の立地、周辺環境等を考慮し、確率的に発生することが想定しがたい事象は、設計評価事故の起因事象では想定しない。

・ 第2棟周辺では起こり得ない事象

第2棟の立地、周辺環境等を考慮し、第2棟周辺では起こり得ないと判断される事象は、安全機能喪失に至らず設計評価事故に進展しないため、設計評価事故の起因事象として想定しない。

・ 事象の進展が緩慢で対策を講ずることができる事象

自然現象、外部人為事象のうち、安全機能が直ちに喪失するものでなく、運用面における対策で安全機能への影響を防止できると判断される事象は、安全機能喪失に至らず設計評価事故に進展しないため、設計評価事故の起因事象として想定しない。

・ 第2棟の安全機能に影響を及ぼさない事象

第2棟の設計上、安全機能に影響が生じないと評価された自然現象、外部人為事象は設計評価事故に進展しないため、設計評価事故の起因事象として想定しない。

設計評価事故の起因として考慮すべき事象の抽出結果を表 2.14.8.1-3 に示す。

表 2. 14. 8. 1-3 設計評価事故の起因として考慮すべき事象の抽出結果 (1/2)

No.	起因事象	異常カテゴリ	設計評価事故の起因として想定しない事象				理由	設計評価事故の起因として想定するか
			確率的に発生することが想定したい事象	第2棟周辺では起こり得ない事象	事象の進展が緩慢で対策を講ずることができる事象	第2棟の安全機能に影響を及ぼさない事象		
1	自然現象	地震	—	—	—	—	地震により、第2棟の安全機能の喪失が想定されるため、設計評価事故の起因とする。	○
		津波	—	—	—	✓	第2棟は、津波が到達しないと考えられるT.P. + 約40mの場所に設置することにより、津波の影響を受けないため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		豪雨	—	—	—	✓	地下階に流入しないよう壁面に防水対策を施し、地下階に流入したとしても地下ピットへ流れ込む設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		積雪	—	—	—	✓	建築基準法及び関係法令福島県建築基準法施行細則第19条に基づく荷重に耐えられる設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		落雷	—	—	—	✓	JIS A 4201 (建築物等の雷保護) に基づき、避雷針、接地等を設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		台風 (強風, 高潮)	—	—	—	✓	台風など暴風時に係る建屋の設計は、建築基準法及び関係法令に基づく風圧力に対して耐えられる設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		竜巻 (飛来物含む)	—	—	—	✓	第2棟は、竜巻及びその随伴事象等によって安全性を損なわない設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		凍結	—	—	✓	—	第2棟は鉄筋コンクリート造であり、凍結により建屋が損傷するおそれはないため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		紫外線	—	—	✓	—	第2棟は、建屋外壁への塗装等により、紫外線に対して安全性が損なわれない設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		高温	—	—	✓	—	第2棟は、福島第一原子力発電所近傍の気象観測記録として過去に計測された最高気温を踏まえて、適切な材料、機器等を選定することにより、高温に対して、その安全性が損なわれない設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		生物学的事象	—	—	—	✓	小動物等の襲来により、建屋貫通孔等からの小動物の侵入が想定されるため、建屋貫通孔や電路端部等に対してシール材を施工することにより、侵入を防止する設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		地滑り	—	✓	—	—	第2棟は、斜面からの離隔を確保し、地滑りのおそれがない位置に設置する設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		火山の影響	—	—	—	✓	火山の影響により、第2棟に火山灰が降下してきた場合は、屋上階の降灰を必要に応じて除去し、火山灰により建屋の給気フィルタに目詰まりが生じた場合は給気フィルタを交換し、目詰まりを解消するため、安全機能を損なうおそれはない。	×
外部火災	—	—	—	✓	第2棟は、周囲の森林から20m以上の離隔幅を確保し森林火災から防護する設計とし、また、航空機墜落による火災によって、建屋が損傷するおそれはないため、安全機能を損なうおそれはない。	×		

✓：該当する事象  
—：該当しない事象

○：設計基準事故の起因として想定する事象  
×：設計基準事故の起因として想定しない事象

2. 14. 8. 1-6

表 2.14.8.1-3 設計評価事故の起因として考慮すべき事象の抽出結果 (2/2)

No.	起因事象	異常カテゴリ	設計評価事故の起因として想定しない事象				理由	設計評価事故の起因として想定するか
			確率的に発生することが想定しがたい事象	第2棟周辺では起こり得ない事象	事象の進展が緩慢で対策を講ずることができる事象	第2棟の安全機能に影響を及ぼさない事象		
2	外部人為事象	電磁的障害	—	—	—	✓	第2棟は、電磁的障害による擾乱に対して、制御部、演算部は接地した鋼製の筐体に格納、高圧動力ケーブルは金属シールド付きとするともに、計装ケーブルとは別ケーブルトレイに設置、通信ラインにおける光ケーブルの適用等により、影響を受けない設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		不正アクセス行為 (サイバーテロを含む)	—	—	—	✓	不正アクセス行為(サイバーテロを含む)を未然に防止するため、燃料デブリ等の閉じ込めに係る設備の操作に係る監視・制御装置を第2棟内の制御室に設置し、監視・制御装置は電気通信回線等を通じて外部と接続しない設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		漂流船舶の衝突	—	✓	—	—	第2棟は、福島第一原子力発電所港湾から離れており、漂流船舶の衝突の恐れはなく、安全機能を損なうおそれはない。	×
		航空機落下	✓	—	—	—	第2棟への航空機の落下確率は、これまでの事故実績等をもとに、民間航空機、自衛隊機及び米軍機を対象として評価した結果、航空機落下は確率的に低く想定しがたいため、設計評価事故の起因としない。	×
		ダムの崩壊及び爆発	—	—	—	✓	ダムの崩壊により第2棟に影響を及ぼすような河川並びに爆発により第2棟の安全性を損なうような爆発物の製造及び貯蔵設備はないため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		有毒ガス	—	—	—	✓	第2棟の安全機能の維持・確保は、運転員の操作を要するものではないため、有毒ガスにより安全機能を損なうおそれはない。	×
3	設備故障					設備故障により、第2棟の安全機能喪失が想定されるため、設計評価事故の起因とする。	○	
4	人的過誤					人的過誤により、第2棟の安全機能喪失が想定されるため、設計評価事故の起因とする。	○	

✓：該当する事象  
—：該当しない事象

○：設計基準事故の起因として想定する事象  
×：設計基準事故の起因として想定しない事象

## 2.4 評価結果

表 2.14.8.1-4 に、MLD を用いて設計評価事故を評価した結果を示す。また、施設全体に影響を及ぼす起因事象として地震が想定されるため、地震による異常時に関連する公衆被ばく線量を合算した結果を表 2.14.8.1-5 に示す。

### 3. 設計評価事故の評価結果について

MLD を用いて設計評価事故を評価した結果、設備設計・運用上の対策を講じた上での公衆の被ばく線量が発生事故あたり 5mSv を超えないことを確認した。また、施設全体に影響を及ぼす起因事象として地震が想定されるため、地震により複数の設備に異常が発生した場合における公衆の被ばく線量を合算し、5mSv を超えないことを確認した。

表2.14.8.1-4 MLDを用いた評価結果

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
安全機能喪失により公衆の被ばく線量が5mSvを超える放射性物質等の放出事象	閉じ込め機能不全	コンクリートセルの閉じ込め機能不全	受入・払出時	地震	1	輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。地震により、外部電源を喪失した状態を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中にSクラス相当の地震が発生したとしても、20t天井クレーンがコンクリートセルに波及的影響を与えない設計とする。</li> <li>輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に外部電源を喪失したとしても、20t天井クレーンはブレーキが働くことにより輸送容器を吊り上げた状態で保持することができ、コンクリートセルに波及的影響を与えない設計とする。</li> </ul>	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
					2	輸送容器をコンクリートセルの天井ポート又はシールドドアに接続時、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。地震により、セル・グローブボックス用換気空調設備、コンクリートセルの負圧維持機能、外部電源を喪失した状態を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sクラス相当の地震に対して、コンクリートセルの輸送容器に係る付帯設備（天井ポート、シールドドア等）は耐震性を有し、安全機能を維持できる設計とする。</li> <li>Sクラス相当の地震に対して、輸送容器接続時に地震が発生しても、コンクリートセルに波及的影響を与えず、構造による閉じ込め機能を維持できる設計とする。</li> </ul>	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。

2.14.8.1-9

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
				設備故障	3	輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に20t天井クレーンの動力部が故障する状況を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に20t天井クレーンの動力部が故障したとしても，20t天井クレーンはブレーキが働くことにより輸送容器を吊り上げた状態で保持することができ，コンクリートセルに波及的影響を与えない設計とする。</li> </ul>	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
					4	輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に，外部電源喪失が発生した状況を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に20t天井クレーンの外部電源喪失が発生したとしても，20t天井クレーンはブレーキが働くことにより輸送容器を吊り上げた状態で保持することができ，コンクリートセルに波及的影響を与えない設計とする。</li> </ul>	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
				人的過誤	5	輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に，玉掛けの状態が不十分で，ワイヤロープが外れる状況を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>有資格者が玉掛け作業を行った上で，確認者により玉掛けに用いる器具に取違え等の誤りがないこと，玉掛け作業が確実に行われていることを確認する。</li> <li>フック，ワイヤロープ等の吊り上げに用いる機器，器具に劣化等の異常がないことを定期的な点検により確認する。</li> <li>20t天井クレーンのフックに掛けたワイヤロープ</li> </ul>	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。

2. 14. 8. 1-10



レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
							が外れないよう、フックに外れ止めを設ける設計とする。	
					6	輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、20t天井クレーンの操作を誤って、輸送容器をコンクリートセルに接触させる状況を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>クレーンの操作者の他に確認者を設置し、作業を確認しながら実施する。</li> <li>作業手順書で手順を定め、確実な作業を行えるよう管理する。</li> </ul>	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
					7	輸送容器を天井ポートに接続し、燃料デブリ等を受け入れる際、PVCバグの装着を誤る状況を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業者の他に確認者を設置し、作業を確認しながら実施する。</li> <li>作業手順書で手順を定め、確実な作業を行えるよう管理する。</li> <li>万一、PVCバグの装着を誤り、PVCバグが脱落したとしても、コンクリートセルの負圧維持による閉じ込め機能で放射性物質の閉じ込めが可能である。</li> </ul>	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
			分析時	地震 (地震に伴う火災を含む)	8	加熱機器を使用している際に、Sクラス相当の地震が発生、さらに、地震に伴って可燃物が加熱機器に接触し、セル内で紙ウェスが燃える程度	<ul style="list-style-type: none"> <li>コンクリートセル内で取り扱う可燃物の量を必要最低限にする等の管理を行う。</li> <li>加熱機器を使用する間は、異常時に速やかな対応ができるよう、作業員が作業場所にて常時監視を行う。</li> </ul>	(緩和) →給排気弁の閉止により構造による閉じ込めを行い、建屋、コンクリートセ

2.14.8.1-11

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						<p>の火災が発生した状況を想定する。地震により，セル・グローブボックス用換気空調設備，圧縮空気設備，消火設備が損傷し，コンクリートセルの負圧維持機能，圧縮空気，外部電源及び消火機能が喪失した状態を想定する。</p> <p>上記の起回事象に加えて，動的機器である給排気弁の単一故障が発生した場合も想定する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリートセルの給排気弁は，Sクラス相当の地震に対して耐震性を有する設計とし，セル・グローブボックス用換気空調設備，圧縮空気設備が損傷又は外部電源を喪失した場合，コンクリートセルの給排気弁が自動で閉止し，構造による閉じ込め機能を維持できる設計とする。</li> <li>・コンクリートセルの給排気弁が単一故障により自動で閉止しなかったとしても，コンクリートセルの給排気弁を多重化することで閉じ込めが行える設計とする。</li> </ul>	<p>ルの除染係数を考慮した場合の公衆の被ばく線量</p> <p>1.8mSv</p>
				設備故障	9	<p>セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障を想定する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・予備機により安全機能を維持できるよう，セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機は多重化構成とする。</li> <li>・予備機であるセル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部が故障した場合，コンクリートセルの給排気弁が自動で閉止し，構造による閉じ込め機能を維持できる設計とする。</li> </ul>	<p>(防止)</p> <p>→対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。</p>
					10	<p>圧縮空気設備の動力部が故障</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・予備機により安全機能を維持できるよう，圧縮空</li> </ul>	<p>(防止)</p>

2.14.8.1-12

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						したことに伴うコンクリートセルの給排気弁の開閉操作不可を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>気設備は多重化構成とする。</li> <li>運転機及び予備機両方の圧縮空気設備が故障した場合、コンクリートセルの給排気弁が自動で閉止し、構造による閉じ込め機能を維持できる設計とする。</li> </ul>	→対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
					11	外部電源喪失によるセル・グローブボックス用換気空調設備の排風機停止，圧縮空気設備，コンクリートセルの給排気弁の操作不可を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>外部電源を喪失したとしても，非常用電源設備により，セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機，圧縮空気設備が運転でき，コンクリートセルの給排気弁の操作が可能となる設計とする。</li> <li>万一，非常用電源設備が起動しなかったとしても，コンクリートセルの給排気弁が自動で閉止し，構造による閉じ込め機能を維持できる設計とする。</li> </ul>	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
				人的過誤	12	可燃物を加熱機器に誤って接触させ，セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>コンクリートセル内で取り扱う可燃物の量を必要最低限にする等の管理を行う。</li> <li>加熱機器を使用する間は，異常時に速やかな対応ができるよう，作業員が作業場所にて常時監視を行う。</li> <li>窒素ガス消火設備によりセル内火災を消火できる設計とする。</li> <li>セル内火災が発生したとしても，フィルタユニット</li> </ul>	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
							トは燃焼しない設計とする。 ・窒素ガス消火設備を遠隔で起動できない場合は、 手動操作にて窒素ガス消火設備を起動できる設計とする。	
					13	分析中に、薬品を誤って溢した状況を想定する。	・設備内において、金属が急激に腐食する可能性のある薬品を取り扱わない。 ・コンクリートセル内で取り扱う薬品の量を必要最低限とし、万一、薬品を溢した際は速やかに拭き取る等の管理を行う。	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
					14	背面遮蔽扉を誤って開放する状況を想定する。	・背面遮蔽扉を誤操作により開放しないよう、インターロックを設ける設計とする。 ・誤操作を防止するため、施錠管理ができる設計とする。	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
					15	窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触し起動させ、 コンクリートセル内に窒素ガスが噴射される状況を想定する。	・窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触しただけで起動しないよう、起動操作は単一操作（ボタン押下）だけでなく、二段階操作（スイッチ操作+ボタン押下）により起動する設計とする。 ・万一、窒素ガスを放出したとしても、設備内の負圧が維持できるよう、コンクリートセル内に吹き	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。

2.14.8.1-14

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
							<p>込まれる窒素ガス量に対して，コンクリートセルの排気量が多くなる設計とする。</p> <p>・接触等により誤って窒素ガス消火設備を起動しないようにするため，窒素ガス消火設備の起動ボタンにカバー等を設置する。</p>	
			移送時	地震	16	<p>保管容器をインセルクレーンで移送中に，Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。地震により，外部電源を喪失した状態を想定する。</p>	<p>・保管容器をインセルクレーンで移送中にSクラス相当の地震が発生したとしても，インセルクレーンがコンクリートセルに波及的影響を与えない設計とする。</p> <p>・保管容器をインセルクレーンで移送中に外部電源を喪失したとしても，保管容器と接続されている磁石は保管容器を吊り上げた状態で保持し，コンクリートセルに波及的影響を与えない設計とする。</p>	<p>(防止)</p> <p>→対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。</p>
					17	<p>コンクリートセルから鉄セルへ燃料デブリ等を移送中に，Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。</p>	<p>・コンクリートセルのセル間遮蔽扉（コンクリートセルNo. 4-鉄セル間）は，Sクラス相当の地震に対して耐震性を有し，安全機能を維持できる設計とする。</p>	<p>(防止)</p> <p>→対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。</p>
					設備故障	18	<p>保管容器をインセルクレーン</p>	<p>・保管容器をインセルクレーンで移送中に，インセ</p>

2. 14. 8. 1-15

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起因事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						で移送中に、インセルクレーンの動力部が故障することを想定する。	ルクレーンの動力部が故障したとしても、インセルクレーンは保管容器を吊り上げた状態で保持し、コンクリートセルに波及的影響を与えない設計とする。	→対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
					19	保管容器をインセルクレーンで移送中に、外部電源喪失が発生した状況を想定する。	・保管容器をインセルクレーンで移送中に、外部電源喪失が発生したとしても、インセルクレーンは保管容器を吊り上げた状態で保持し、コンクリートセルに波及的影響を与えない設計とする。	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
				人的過誤	20	保管容器とインセルクレーンの接続状態が不十分であり、保管容器が落下する可能性を想定する。	・作業者の他に確認者を設置し、作業を確認しながら実施する。	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
					21	2重の扉となっているセル間遮蔽扉（コンクリートセルNo. 4-鉄セル間）を同時開放する状況を想定する。	・インターロックを設け、同時開放できないよう誤操作の防止を行う設計とする。 ・作業者以外の確認を可能にするため、セル間遮蔽扉（コンクリートセルNo. 4-鉄セル間）の開閉操作は2名以上で行い、誤操作を防止する。なお、セル間遮蔽扉（コンクリートセルNo. 4-鉄セル間）を同	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。

2. 14. 8. 1-16

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
							時に開いたとしても、コンクリートセルの負圧維持による閉じ込め機能で放射性物質の閉じ込めが可能である。	
		鉄セルの閉じ込め機能不全	分析時	地震 (地震に伴う火災を含む)	22	加熱機器を使用している際に、 <u>Sクラス相当の地震が発生し鉄セルが損傷、さらに、地震に伴って可燃物が加熱機器に接触したことにより紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。地震により、セル・グローブボックス用換気空調設備、圧縮空気設備、消火設備が損傷し、鉄セルの負圧維持機能、圧縮空気、外部電源及び消火機能が喪失した状態を想定する。</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>鉄セル内で取り扱う可燃物の量を必要最低限にする等の管理を行う。</li> <li>加熱機器を使用する間は、異常時に速やかな対応ができるよう、作業員が作業場所にて常時監視を行う。</li> <li>Sクラス相当の地震により設備が安全機能を喪失したとしても、燃料デブリ等の取扱量の制限、建屋躯体により、公衆への被ばく影響が5mSvを超える放射線又は放射性物質の放出が生じない設計とする。</li> </ul>	(緩和) →燃料デブリ等の取扱量の制限、建屋躯体の構造による閉じ込めを行い、建屋の除染係数を考慮した場合の公衆の被ばく線量 4.4×10 <sup>-1</sup> mSv
							設備故障	23

2.14.8.1-17

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
							の動力部が2台とも故障した場合、鉄セルの給排気弁を閉止し、構造による閉じ込め機能を維持できる設計とする。	に進展しない。
					24	外部電源喪失によるセル・グローブボックス用換気空調設備の排風機停止を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>外部電源を喪失したとしても、非常用電源設備により、セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機を運転できる設計とする。</li> <li>万一、非常用電源設備が起動しなかったとしても、鉄セルの給排気弁を閉止し、構造による閉じ込め機能を維持できる設計とする。</li> </ul>	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
					25	圧縮空気設備の動力部が故障したことに伴う排気弁の開閉操作不可を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>予備機により安全機能を維持できるよう、圧縮空気設備は多重化構成とする。</li> <li>運転機及び予備機両方の圧縮空気設備が故障した場合、鉄セルの給排気弁を閉止し、構造による閉じ込め機能を維持できる設計とする。</li> </ul>	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
				人的過誤	26	可燃物を加熱機器に誤って接触させ、鉄セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>鉄セル内で取り扱う可燃物の量を必要最低限にする等の管理を行う。</li> <li>加熱機器を使用する間は、異常時に速やかな対応ができるよう、作業員が作業場所にて常時監視を行う。</li> <li>窒素ガス消火設備によりセル内火災を消火できる</li> </ul>	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。

2. 14. 8. 1-18



レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
							設計とする。	
					27	窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触し起動させ、鉄セル内に窒素ガスが噴射される状況を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触しただけで起動しないよう、起動操作は単一操作（ボタン押下）だけでなく、二段階操作（スイッチ操作+ボタン押下）により起動する設計とする。</li> <li>万一、窒素ガスを放出したとしても、設備内の負圧が維持できるよう、鉄セル内に吹き込まれる窒素ガス量に対して、鉄セルの排気量が多くなる設計とする。</li> <li>接触等により誤って窒素ガス消火設備を起動しないようにするため、窒素ガス消火設備の起動ボタンにカバー等を設置する。</li> </ul>	<p>（防止）</p> <p>→対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。</p>
			移送時	地震	28	鉄セルからグローブボックスへ燃料デブリ等を移送中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sクラス相当の地震により設備が安全機能を喪失したとしても、燃料デブリ等の取扱量の制限、建屋躯体により、公衆への被ばく影響が5mSvを超える放射線又は放射性物質の放出が生じない設計とする。</li> </ul>	<p>（緩和）</p> <p>→燃料デブリ等の取扱量の制限、建屋躯体の構造による閉じ込めを行い、建屋の除染係数を考慮した場合の公衆の被ばく線</p>

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
							量 2.7×10 <sup>-1</sup> mSv	
				設備故障	29	外部電源喪失によるセル・グローブボックス用換気空調設備の排風機停止を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>外部電源を喪失したとしても，非常用電源設備により，セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機を運転できる設計とする。</li> <li>万一，非常用電源設備が起動しなかったとしても，鉄セルの給排気弁を閉止し，構造による閉じ込め機能を維持できる設計とする。</li> </ul>	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
				人的過誤	30	2重の扉となっている移送扉（鉄セル・グローブボックス間）を同時開放する状況を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業員以外の確認を可能にするため，移送扉（鉄セル・グローブボックス間）の開閉操作は2名以上で行い，誤操作を防止する。なお，移送扉（鉄セル・グローブボックス間）を同時に開いたとしても，鉄セルの負圧維持による閉じ込め機能で放射性物質の閉じ込めが可能である。</li> </ul>	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
		グローブボックスの閉じ込め機能不全	分析時	地震 (地震に伴う火災を含む)	31	加熱機器を使用している際に，Sクラス相当の地震が発生しグローブボックスが損傷，さらに，地震に伴って可燃物が加熱機器に接触したことにより紙ウェスが燃える程度の	<ul style="list-style-type: none"> <li>グローブボックス内で取り扱う可燃物の量を必要最低限にする等の管理を行う。</li> <li>加熱機器を使用する間は，異常時に速やかな対応ができるよう，作業員が作業場所にて常時監視を行う。</li> <li>Sクラス相当の地震により設備が安全機能を喪失</li> </ul>	(緩和) →燃料デブリ等の取扱量の制限，建屋躯体の構造による閉じ込めを行い，建屋の除染係

2.14.8.1-20

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						火災が発生した状況を想定する。地震により，セル・グローブボックス用換気空調設備，消火設備が損傷し，グローブボックスの負圧維持機能，外部電源及び消火機能が喪失した状態を想定する。	したとしても，燃料デブリ等の取扱量の制限，建屋躯体により，公衆への被ばく影響が 5mSv を超える放射線又は放射性物質の放出が生じない設計とする。	数を考慮した場合の公衆の被ばく線量 4.4×10 <sup>-5</sup> mSv
				設備故障	32	セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>予備機により安全機能を維持できるよう，セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機は多重構成とする。</li> <li>セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部が2台とも故障した場合，グローブボックスの給排気弁を閉止し，構造による閉じ込め機能を維持できる設計とする。</li> </ul>	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
					33	外部電源喪失によるセル・グローブボックス用換気空調設備の排風機停止を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>外部電源を喪失したとしても，非常用電源設備により，セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機を運転できる設計とする。</li> <li>万一，非常用電源設備が起動しなかったとしても，グローブボックスの給排気弁を閉止し，構造による閉じ込め機能を維持できる設計とする。</li> </ul>	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。

2.14.8.1-21

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
				人的過誤	34	分析装置により生じた熱又は火花等が可燃物に接触し、グローブボックス内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>グローブボックス内で取り扱う可燃物の量を必要最低限にする等の管理を行う。</li> <li>加熱機器を使用する間は、異常時に速やかな対応ができるよう、作業員が作業場所にて常時監視を行う。</li> <li>窒素ガス消火設備によりセル内火災を消火できる設計とする。</li> </ul>	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
					35	窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触し起動させ、グローブボックス内に窒素ガスが噴射される状況を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触しただけで起動しないよう、起動操作は単一操作（ボタン押下）だけでなく、二段階操作（スイッチ操作+ボタン押下）により起動する設計とする。</li> <li>万一、窒素ガスを放出したとしても、設備内の負圧が維持できるよう、グローブボックス内に吹き込まれる窒素ガス量に対して、グローブボックスの排気量が多くなる設計とする。</li> <li>接触等により誤って窒素ガス消火設備を起動しないようにするため、窒素ガス消火設備の起動ボタンにカバー等を設置する。</li> </ul>	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
			移送時	地震	36	グローブボックスからフードへ燃料デブリ等を移送中に、S	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sクラス相当の地震により設備が安全機能を喪失したとしても、燃料デブリ等の取扱量の制限、建</li> </ul>	(緩和) →燃料デブリ等の

2.14.8.1-22

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						クラス相当の地震が発生した状況を想定する。	屋躯体により、公衆への被ばく影響が5mSvを超える放射線又は放射性物質の放出が生じない設計とする。	取扱量の制限，建屋躯体の構造による閉じ込めを行い建屋の除染係数を考慮した場合の公衆の被ばく線量 2.7×10 <sup>-5</sup> mSv
				設備故障	37	グローブボックスから他設備へ移送する際に動的機器は用いないため，設備故障により，移送時に関連するグローブボックスの閉じ込め機能不全は想定されない。	—	—
				人的過誤	38	2重の扉となっている移送扉（グローブボックス-フード間）を同時開放する状況を想定する。	・作業者以外の確認を可能にするため，移送扉（グローブボックス-フード間）の開閉操作は2名以上で行い，誤操作を防止する。なお，移送扉（グローブボックス-フード間）を同時に開いたとしても，グローブボックスの負圧維持による閉じ込め機能で放射性物質の閉じ込めが可能である。	（防止） →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
		フードの閉じ込め機能（風速維持）不全	分析時	地震	39	Sクラス相当の地震により、フード用換気空調設備、フードの風速維持機能、外部電源が喪失した状況を想定する。	・Sクラス相当の地震により設備が安全機能を喪失したとしても、燃料デブリ等の取扱量の制限、建屋躯体により、公衆への被ばく影響が5mSvを超える放射線又は放射性物質の放出が生じない設計とする。	（緩和） →燃料デブリ等の取扱量の制限、建屋躯体の構造による閉じ込めを行い、建屋の除染係数を考慮した場合の公衆の被ばく線量 2.7×10 <sup>-6</sup> mSv
					設備故障	40	フード用換気空調設備の排風機の動力部故障を想定する。	・予備機により安全機能を維持できるよう、フード用換気空調設備の排風機は多重化構成とする。 ・設備が安全機能を喪失したとしても、燃料デブリ等の取扱量の制限、建屋躯体により、公衆への被ばく影響が5mSvを超える放射線又は放射性物質の放出が生じない設計とする。 ・フード内の放射性物質が室内に放出しないよう、フードの開口部を閉止し養生することで、フード内に放射性物質を閉じ込める。
						41	外部電源喪失によるフード用	・外部電源を喪失したとしても、非常用電源設備に

2.14.8.1-24

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						換気空調設備の排風機停止を想定する。	より，フード用換気空調設備の排風機が運転できる設計とする。 ・設備が安全機能を喪失したとしても，燃料デブリ等の取扱量の制限，建屋躯体により，公衆への被ばく影響が 5mSv を超える放射線又は放射性物質の放出が生じない設計とする。 ・フード内の放射性物質が室内に放出しないよう，フードの開口部を閉止し養生することで，フード内に放射性物質を閉じ込める。	→対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
				人的過誤	42	フード窓を大きく開放したことにより，規定の風速が得られていない状況を想定する。	・作業者の他に確認者を設置し，作業を確認しながら実施する。 ・誤って大きく開放しないよう，フード窓に表示等を行う。 ・フード窓が必要以上に大きく開放しないよう，フード窓にストッパーを設ける設計とする。	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
			移送時	地震	43	フードから他の設備へ移送する際に動的機器は用いないため，地震により，移送時に関連するフードの閉じ込め機能不全は想定されない。	—	—

2. 14. 8. 1-25

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
				設備故障	44	フードから他の設備へ移送する際に動的機器は用いないため，設備故障により，移送時に関連するフードの閉じ込め機能不全は想定されない。	—	—
				人的過誤	45	フードの閉じ込め機能は風速維持によるものであるため，人的過誤により，フードの閉じ込め機能不全は想定されない。	—	—
		液体廃棄物一時貯留設備の閉じ込め機能不全	払出時	地震	46	Sクラス相当の地震による液体廃棄物一時貯留設備の損傷を想定する。	・地震により設備が安全機能を喪失したとしても，建屋躯体により，公衆への被ばく影響が5mSvを超える放射線又は放射性物質の放出が生じない設計とする。	(緩和) →建屋躯体の構造による閉じ込めを行い，建屋の除染係数を考慮した場合の公衆の被ばく線量 7.2×10 <sup>-6</sup> mSv
					設備故障	47	液体廃棄物の払出中に，移送ポンプの動力部故障を想定す	・移送ポンプの動力部が故障したとしても，廃液は液体廃棄物一時貯留設備の廃液受槽又は配管に

2. 14. 8. 1-26



レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起因事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						る。	留まり，閉じ込め機能を維持できる設計とする。	全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
					48	液体廃棄物の払出中に，外部電源喪失が発生し， <u>液位計，移送ポンプが使用できなくなる</u> 状況を想定する。	・液体廃棄物の払出中に，外部電源喪失が発生したとしても，廃液は液体廃棄物一時貯留設備の廃液受槽又は配管に留まり，閉じ込め機能を維持できる設計とする。	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
				人的過誤	49	液体廃棄物の払出しの際に使用するタンクローリーとの接続が不十分で，隙間が生じることを想定する。	・作業者以外の確認を可能にするため，接続等の払出し作業は2名以上で行い，誤操作を防止する。 ・万一，隙間が生じ漏えいしたとしても，その拡大を防止するため，タンクローリーとの接続部にドレンパンを設ける設計とする。	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
					50	液体廃棄物の払出時に， <u>タンクローリーの容量を超えた液体廃棄物を移送ポンプで送水</u> する状況を想定する。	・液体廃棄物の払出時は，液体廃棄物一時貯留設備の貯留量よりも大きい容量を有するタンクローリーを用いる。	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
			一時保管時	地震	51	Sクラス相当の地震による液体	・地震により設備が安全機能を喪失したとしても，	(緩和)

2.14.8.1-27

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						廃棄物一時貯留設備の損傷を想定する。	建屋躯体により，公衆への被ばく影響が 5mSv を超える放射線又は放射性物質の放出が生じない設計とする。	→建屋躯体の構造による閉じ込めを行い，建屋の除染係数を考慮した場合の公衆の被ばく線量 7.2×10 <sup>-6</sup> mSv
				設備故障	52	移送ポンプの動力部故障を想定する。	・移送ポンプの動力部が故障したとしても，廃液は液体廃棄物一時貯留設備の廃液受槽又は配管に留まり，閉じ込め機能を維持できる設計とする。	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
					53	液体廃棄物を廃液受槽から別の廃液受槽へ移送中に，液位計が故障する状況を想定する。	・廃液受槽間にオーバーフローラインを設置し，液位が廃液受槽の上限を超えたとしても他の廃液受槽に送水される設計とする。 ・移送元及び移送先の液位を確認して作業を行う。 ・2名以上で作業を行い，誤操作を防止する。	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
					54	液体廃棄物一時保管中に，外部電源喪失が発生した状況を想定する。	・液体廃棄物一時保管中に，外部電源喪失が発生したとしても，廃液は液体廃棄物一時貯留設備の廃液受槽に留まり，閉じ込め機能を維持できる設計	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。

2.14.8.1-28

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
							とする。	ず，設計評価事故に進展しない。
				人的過誤	55	液体廃棄物の払出しの際に使用するタンクローリーが接続されていない状況で，誤って移送ポンプを稼働させてしまい，液体廃棄物を送水することを想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>タンクローリーと接続する箇所は，接続時以外は閉止しており，移送ポンプを誤って稼働し液体廃棄物が送水されたとしても，接続箇所から漏えいしない設計とする。</li> <li>作業者と立会者の2名以上で確認を行って作業を行うことで，人的過誤を防止する。</li> </ul>	<p>(防止)</p> <p>→対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。</p>
					56	液体廃棄物一時貯留設備のサンプリング口を開けたままの状態 <sup>①</sup> で放置することを想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>液体廃棄物が漏えいした場合は，漏えい検知器により漏えいを検知できる設計とする。</li> <li>液体廃棄物が漏えいしたとしても，堰内に液体廃棄物を全量保持できる設計とする。</li> <li>堰内で保持した液体廃棄物は回収ポンプにて，液体廃棄物一時貯留設備に回収できる設計とする。</li> <li>作業者と立会者の2名以上で確認を行って作業を行うことで，人的過誤を防止する。</li> </ul>	<p>(緩和)</p> <p>→建屋躯体の構造による閉じ込めを行い，建屋の除染係数を考慮した場合の公衆の被ばく線量 7.2×10<sup>-6</sup>mSv</p>
					57	液位計を十分確認せず，液体廃棄物を廃液受槽から別の廃液受槽へ移送する状況を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>廃液受槽間にオーバーフローラインを設置し，液位が廃液受槽の上限を超えたとしても他の廃液受槽に送水される設計とする。</li> <li>移送元及び移送先の液位を確認して作業を行う。</li> </ul>	<p>(防止)</p> <p>→対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故</p>

2. 14. 8. 1-29

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
							・2名以上で作業を行い，誤操作を防止する。	に進展しない。
	遮蔽機能不全	建屋の遮蔽機能不全 (固体廃棄物払出準備設備，液体廃棄物一時貯留設備における払出時及び一時保管時，分析装置による分析時)	払出時	地震	58	払出時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため，地震により，払出時に関連する建屋の遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
				設備故障	59	払出時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため，設備故障により，払出時に関連する建屋の遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
				人的過誤	60	建屋躯体により遮蔽機能を維持しているため，人的過誤により，払出時に関連する建屋の遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
			一時保管時	地震	61	Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。	・建屋は，動的地震力 Ss900 に対し耐震性を有しているため安全機能を維持できる。	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故

2. 14. 8. 1-30

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
								に進展しない。
				設備故障	62	一時保管時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため，設備故障により，一時保管時に関連する建屋の遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
				人的過誤	63	建屋躯体により遮蔽機能を維持しているため，人的過誤により，一時保管時に関連する建屋の遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
			分析時	地震	64	分析時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため，地震により，分析時に関連する建屋の遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
				設備故障	65	分析時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため，設備故障により，分析時に関連する建屋の遮蔽機能不	—	—

2. 14. 8. 1-31

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						全は想定されない。		
				人的過誤	66	建屋躯体により遮蔽機能を維持しているため，人的過誤により，分析時に関連する建屋の遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
		コンクリートセルの遮蔽機能不全	受入・払出時	地震	67	受入・払出時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため，地震により，受入・払出時に関連するコンクリートセルの遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
				設備故障	68	受入・払出時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため，設備故障により，受入・払出時に関連するコンクリートセルの遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
				人的過誤	69	受入・払出時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器は	—	—

2. 14. 8. 1-32

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						ないため、人的過誤により、受入・払出時に関連するコンクリートセルの遮蔽機能不全は想定されない。		
			分析時	地震 (地震に伴う火災を含む)	70	<p>加熱機器を使用している際に、<u>Sクラス相当の地震が発生</u>，さらに、<u>地震に伴って可燃物が加熱機器に接触し，セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況</u>を想定する。地震により，セル・グローブボックス用換気空調設備，圧縮空気設備，消火設備が損傷し，コンクリートセルの負圧維持機能，圧縮空気，外部電源及び消火機能が喪失した状態を想定する。</p> <p>上記の起回事象に加えて，動的機器である給排気弁の単一故障が発生した場合も想定す</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリートセル内で取り扱う可燃物の量を必要最低限にする等の管理を行う。</li> <li>・加熱機器を使用する間は，異常時に速やかな対応ができるよう，作業員が作業場所にて常時監視を行う。</li> <li>・Sクラス相当の地震に対して，コンクリートセルはおおむね弾性範囲にとどまり，安全機能を維持できる。</li> <li>・コンクリートセルの給排気弁は，Sクラス相当の地震に対して耐震性を有する設計とし，セル・グローブボックス用換気空調設備，圧縮空気設備が損傷又は外部電源を喪失した場合，コンクリートセルの給排気弁が自動で閉止し，構造による閉じ込め機能を維持できる設計とする。</li> <li>・コンクリートセルの給排気弁が単一故障により自動で閉止しなかったとしても，コンクリートセル</li> </ul>	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						る。	の給排気弁を多重化することで閉じ込めが行える設計とする。	
				設備故障	71	分析時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため、設備故障により、分析時に関連するコンクリートセルの遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
				人的過誤	72	誤って背面遮蔽扉又は天井ポートを開放することを想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>背面遮蔽扉を誤操作により開放しないよう、インターロックを設ける設計とする。</li> <li>背面遮蔽扉を誤って開放しないようにするため、施錠管理ができる設計とする。</li> <li>天井ポートを開閉するハンドルは取り外しておき、必要な時のみ取り付け運用とする。</li> </ul>	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
			移送時	地震	73	移送時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため、地震により、移送時に関連するコンクリートセルの遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
				設備故障	74	移送時に用いる設備で遮蔽機	—	—

2.14.8.1-34



レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						能に関わる動的機器はないため、設備故障により、移送時に関連するコンクリートセルの遮蔽機能不全は想定されない。		
				人的過誤	75	移送時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため、人的過誤により、移送時に関連するコンクリートセルの遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
		試料ピットの遮蔽機能不全	一時保管時	地震	76	試料ピットに燃料デブリ等を一時保管中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。	・Sクラス相当の地震に対して、試料ピットはおおむね弾性範囲にとどまり、安全機能を維持できる。	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
				設備故障	77	一時保管時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため、設備故障により、一時保管時に関連する試料ピッ	—	—

2. 14. 8. 1-35

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						トの遮蔽機能不全は想定されない。		
				人的過誤	78	一時保管時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため、人的過誤により、一時保管時に関連する試料ピットの遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
		鉄セルの遮蔽機能不全	分析時	地震 (地震に伴う火災を含む)	79	加熱機器を使用している際に、 <u>Sクラス相当の地震が発生し鉄セルが損傷</u> 、さらに、 <u>地震に伴って可燃物が加熱機器に接触したことにより</u> 、 <u>鉄セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況</u> を想定する。地震により、セル・グローブボックス用換気空調設備、圧縮空気設備、消火設備が損傷し、鉄セルの負圧維持機能、圧縮空気、外部電源及	<ul style="list-style-type: none"> <li>鉄セル内で取り扱う可燃物の量を必要最低限にする等の管理を行う。</li> <li>加熱機器を使用する間は、異常時に速やかな対応ができるよう、作業員が作業場所にて常時監視を行う。</li> <li>Sクラス相当の地震により設備が安全機能を喪失したとしても、燃料デブリ等の取扱量の制限、建屋躯体により、公衆への被ばく影響が5mSvを超える放射線又は放射性物質の放出が生じない設計とする。</li> </ul>	<p>(緩和)</p> <p>—燃料デブリ等の取扱量の制限、建屋躯体の構造による遮蔽を行った場合の公衆の被ばく線量</p> <p>3.1×10<sup>-7</sup>mSv</p>

2.14.8.1-36

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						び消火機能が喪失した状態を想定する。		
				設備故障	80	分析時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため，設備故障により，分析時に関連する鉄セルの遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
				人的過誤	81	分析時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため，人的過誤により，分析時に関連する鉄セルの遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
			移送時	地震	82	移送時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため，地震により，移送時に関連する鉄セルの遮蔽機能不全は想定されない。	—	—
				設備故障	83	移送時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため，設備故障により，移送時	—	—

2. 14. 8. 1-37

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6	
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響	
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容			
						に関連する鉄セルの遮蔽機能不全は想定されない。	—	—	
					84	移送時に用いる設備で遮蔽機能に関わる動的機器はないため、人的過誤により、移送時に関連する鉄セルの遮蔽機能不全は想定されない。			
	臨界防止機能喪失	コンクリートセルの臨界防止機能喪失	受入・払出時		地震	85	地震による重量測定器の損傷を想定する。	・質量管理を継続して実施できるようにするため、重量測定器の予備機を設置する。	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
					設備故障	86	重量測定器の誤作動による表示値の相違からの最大取扱量の超過を想定する。	・燃料デブリ等の重量測定を行う前に、標準器（分銅）を用いて表示値の確認をすることを手順に定める。 ・作業者と立会者の2名以上で確認を行って作業を行うことで、人的過誤を防止する。	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
					人的過誤	87	重量測定器の表示値を読み間違えることによる最大取扱量の超過を想定する。	・燃料デブリ等の重量を繰り返し測定することを手順に定める。 ・作業者と立会者の2名以上で確認を行って作業を	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。

2. 14. 8. 1-38

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
							行うことで，人的過誤を防止する。	ず，設計評価事故に進展しない。
					88	コンクリートセル内に燃料デブリ等が存在する状態で，コンクリートセル外から燃料デブリ等を受け入れることを想定する（二重装荷）。	<ul style="list-style-type: none"> <li>保管容器を受け入れる前に，計算機又は伝票により受入先における存在量が最大取扱量以下であることを確認する手順とする。</li> <li>作業者と立会者の2名以上で確認を行って作業を行うことで，人的過誤を防止する。</li> <li>燃料デブリ等の取扱量について，二重装荷を考慮した値を核的制限値として設定し，管理する。</li> </ul>	<p>（防止）</p> <p>→対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。</p>
					89	コンクリートセル内に燃料デブリ等が存在する状態で，誤って保管容器を取り出すことを想定する（二重装荷）。	<ul style="list-style-type: none"> <li>保管容器を取出す前に，計算機又は伝票により移動先における存在量が最大取扱量以下であることを確認する手順とする。</li> <li>作業者と立会者の2名以上で確認を行って作業を行うことで，人的過誤を防止する。</li> <li>燃料デブリ等の取扱量について，二重装荷を考慮した値を核的制限値として設定し，管理する。</li> </ul>	<p>（防止）</p> <p>→対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。</p>
			分析時	地震	90	分析時に用いる設備で臨界防止機能に関わる動的機器はないため，地震により，分析時に関連するコンクリートセル	—	—

2.14.8.1-39

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						の臨界防止機能喪失は想定されない。		
				設備故障	91	分析時に用いる設備で臨界防止機能に関わる動的機器はないため，設備故障により，分析時に関連するコンクリートセルの臨界防止機能喪失は想定されない。	—	—
				人的過誤	92	分析時に用いる設備で臨界防止機能に関わる動的機器はないため，人的過誤により，分析時に関連するコンクリートセルの臨界防止機能喪失は想定されない。	—	—
			移送時	地震	93	地震による重量測定器の損傷を想定する。	・質量管理を継続して実施できるようにするため，重量測定器の予備機を設置する。	(防止) →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
				設備故障	94	重量測定器の誤作動による表	・燃料デブリ等の重量測定を行う前に，標準器（分	(防止)

2. 14. 8. 1-40

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起因事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						示値の相違からの最大取扱量の超過を想定する。	銅)を用いて表示値の確認をすることを手順に定める。 ・作業者と立会者の2名以上で確認を行って作業を行うことで、人的過誤を防止する。	→対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
				人的過誤	95	試料容器又は収納容器のIDを読み間違え、制限を超える燃料デブリ等を移送することを想定する(二重装荷)。	・作業者と立会者の2名以上で確認を行って作業を行うことで、人的過誤を防止する。 ・燃料デブリ等の取扱量について、二重装荷を考慮した値を核的制限値として設定する。	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
					96	重量測定器の表示値を読み間違えることによる最大取扱量の超過を想定する。	・燃料デブリ等の重量を繰り返し測定することを手順に定める。 ・作業者と立会者の2名以上で確認を行って作業を行うことで、人的過誤を防止する。	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。
		試料ピットの臨界防止機能喪失	一時保管時	地震	97	試料ピットに燃料デブリ等を一時保管中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。	・Sクラス相当の地震に対して、試料ピットはおおむね弾性範囲にとどまり、安全機能を維持できる。 ・Sクラス相当の地震により試料ピット内の3つの保管容器が損傷し、保管容器に収納していた燃料デブリ等が試料ピットのホール下層に集まった	(防止) →対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。

2.14.8.1-41

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
							としても臨界に達しない量を核的制限値として設定する。	
				設備故障	98	重量測定器の誤作動による表示値の相違からの最大取扱量の超過を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料デブリ等の重量測定を行う前に，標準器（分銅）を用いて表示値の確認をすることを手順に定める。</li> <li>作業者と立会者の2名以上で確認を行って作業を行うことで，人的過誤を防止する。</li> </ul>	（防止） →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
				人的過誤	99	誤って保管容器に制限以上の燃料デブリ等を収納することを想定する（二重装荷）。	<ul style="list-style-type: none"> <li>保管容器に保管する前に，計算機又は伝票により移動先における存在量が最大取扱量以下であることを確認する手順とする。</li> <li>作業者と立会者の2名以上で確認を行って作業を行うことで，人的過誤を防止する。</li> <li>燃料デブリ等の取扱量について，二重装荷を考慮した値を核的制限値として設定する。</li> </ul>	（防止） →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
					100	試料容器又は収納容器のIDを読み間違え，制限を超える燃料デブリ等を収納することを想定する（二重装荷）。	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業者と立会者の2名以上で確認を行って作業を行うことで，人的過誤を防止する。</li> <li>燃料デブリ等の取扱量について，二重装荷を考慮した値を核的制限値として設定する。</li> </ul>	（防止） →対策により，安全機能を喪失せず，設計評価事故に進展しない。
					101	試料ピットに保管容器を誤つ	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業者と立会者の2名以上で確認を行って作業を</li> </ul>	（防止）

2.14.8.1-42



レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
						て制限数以上収納する状況を想定する。	行うことで、人的過誤を防止する。 ・伝票管理を行い、試料ピット内の状況を把握できるようにする。 ・試料ピット内を確認した後、試料ピットに保管容器を収納する。	→対策により、安全機能を喪失せず、設計評価事故に進展しない。

表2.14.8.1-5 施設全体に影響を及ぼす起因事象による公衆被ばく線量の合算

異常事象※	表2.14.8.1-4 引用No.	起因事象	公衆被ばく 線量 (mSv)
コンクリートセルの 閉じ込め機能不全	8	地震（地震に伴う火災を含む）	1.8
鉄セルの閉じ込め機能不全	22	地震（地震に伴う火災を含む）	$4.4 \times 10^{-1}$
グローブボックスの 閉じ込め機能不全	31	地震（地震に伴う火災を含む）	$4.4 \times 10^{-5}$
フードの閉じ込め機能 （風速維持）不全	39	地震	$2.7 \times 10^{-5}$
液体廃棄物一時貯留設備の 閉じ込め機能不全	51	地震	$7.2 \times 10^{-6}$
鉄セルの遮蔽機能不全	79	地震（地震に伴う火災を含む）	$3.1 \times 10^{-7}$
地震による公衆被ばく線量 (mSv)			2.3

※設計評価事故の評価において、同じ設備に対し地震を起因とした異常事象が複数ある場合は、公衆被ばく線量が最も大きくなる異常事象（値が同じであれば、代表して分析時の公衆被ばく線量）を引用して、公衆被ばく線量の合算を行う。

## 設計評価事故時における公衆被ばく線量の評価

設計評価事故を抽出し、設備設計・運用上の対策を講じた上での公衆の被ばく線量が発生事故あたり5mSvを超えないことを確認するため、設計評価事故時における公衆被ばく線量の評価を行った。評価条件及び結果を以下に示す。

## 1. 評価結果

## 1.1 起因事象No.8 (表2.14.8.1-4からNo.引用)

## (1) 想定事象

- ・ 加熱機器を使用している際に、Sクラス相当の地震が発生、さらに、地震に伴って可燃物が加熱機器に接触し、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。地震により、セル・グローブボックス用換気空調設備、圧縮空気設備、消火設備が損傷し、コンクリートセルの負圧維持機能、圧縮空気、外部電源及び消火機能が喪失した状態を想定する。

## (2) 放射性物質の放出経路

- ・ コンクリートセルNo.4における燃料デブリ等[ ]の切断時に地震が発生し、その後、火災が発生したことを想定する。
- ・ 切断時に発生する粉体(約 $7.0 \times 10^{12}$ Bq)について、切断時の飛散1%(既存使用施設で同様な評価に用いている移行率<sup>※1</sup>)と火災に伴う飛散0.6%<sup>※2</sup>を合わせた1.6%(トリチウム、希ガス、ヨウ素は100%)が気相に移行する。
- ・ 気相に移行した放射性物質は、排気系統を通じてではなく、直接、室内に放出され、更に室内から建屋外へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。
- ・ 放射性物質の放出経路の概要図を図2.14.8.1-3に示す。

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

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

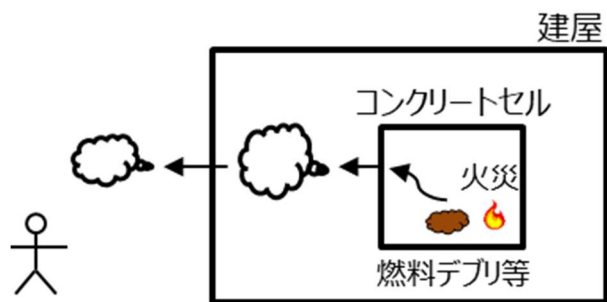


図 2. 14. 8. 1-3 放射性物質の放出経路の概要図（起因事象 No. 8）

(3) 除染係数

- ・ コンクリートセル及び建屋について、除染係数（DF）として 10 を考慮する<sup>※3</sup>。
- ・ ガス状の放射性物質については、除染係数を考慮しない。

※3 コンクリートセル及び建屋の除染係数として 10 を考慮

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

(4) 放出された放射能

- ・ 建屋外への核種ごとの放出量を表 2. 14. 8. 1-6 に示す。
- ・ 表 2. 14. 8. 1-6 より、建屋外に放出された放射能を  $4.6 \times 10^9 \text{Bq}$  と評価する。

表 2. 14. 8. 1-6 建屋外への核種ごとの放出量（起因事象 No. 8）

核種	放出量 [Bq]
Pu-238	$7.5 \times 10^7$
Pu-239	$5.4 \times 10^6$
Pu-240	$9.7 \times 10^6$
Pu-241	$7.5 \times 10^8$
Am-241	$4.0 \times 10^7$
Am-242m	$1.4 \times 10^6$
Cm-244	$1.0 \times 10^7$
その他 <sup>※4</sup>	$3.7 \times 10^9$
合計	$4.6 \times 10^9$

「その他」の主な核種

核種	放出量 [Bq]
Kr-85	$3.2 \times 10^9$
H-3	$3.3 \times 10^8$

※4 「その他」以外の核種が全体の実効線量のうち約 99% を占める。

## (5) 放射性物質の大気拡散

- ・ 「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に従い、地上放出によって敷地境界に達する場合の相対濃度を  $3.2 \times 10^{-7} \text{h/m}^3$  と評価する。

## (6) 線量評価結果

- ・ 「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」を参考に求めた吸入摂取による内部被ばく線量は約  $1.8 \text{mSv}$  となる。
- ・ なお、吸入摂取の被ばく経路には地表に沈着した放射性物質の再浮遊に起因するものも存在するが、再浮遊係数 ( $1.0 \times 10^{-8} \text{cm}^{-1}$ ) <sup>※5</sup> を用いると再浮遊濃度は約  $6.4 \times 10^{-2} \text{Bq/m}^3$  程度であり、被ばく評価全体への寄与は小さい。また、事故後に一般公衆が敷地境界周辺から退避するまでの期間を7日間と想定し、再浮遊濃度を用いて算出した吸入摂取による内部被ばく線量は約  $1.3 \times 10^{-2} \text{mSv}$  となる。
- ・ 建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量<sup>※6</sup>は、それぞれ約  $1.1 \times 10^{-6} \text{mSv}$ 、約  $5.8 \times 10^{-4} \text{mSv}$  となり、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。

※5 発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について 平成13年3月29日、原子力安全委員会 一部改訂

※6 クラウドシャインについては気相へ移行した放射性物質が1時間で全て放出された想定で評価し、グランドシャインについては、評価期間を7日間として評価した。

## 1.2 起回事象No.22（表2.14.8.1-4からNo.引用）

### (1) 想定事象

- ・ 加熱機器を使用している際に、Sクラス相当の地震が発生し鉄セルが損傷、さらに、地震に伴って可燃物が加熱機器に接触したことにより紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。地震により、セル・グローブボックス用換気空調設備、圧縮空気設備、消火設備が損傷し、鉄セルの負圧維持機能、圧縮空気、外部電源及び消火機能が喪失した状態を想定する。

### (2) 放射性物質の放出経路

- ・ 鉄セルにおける燃料デブリ等 ████████ の取扱い時に地震が発生し、その後、火災が発生したことを想定する。なお、鉄セルにおいては燃料デブリ等の切断を行わないが、保守的な評価として、気相への放射性物質の移行率は、燃料デブリ等切断時の値を使用する。
- ・ 切断時に発生する粉体（約  $2.0 \times 10^{11} \text{Bq}$ ）について、切断時の飛散1%（既存使用施設で同様な評価に用いている移行率<sup>※1</sup>）と火災に伴う飛散0.6%<sup>※2</sup>を合わせた1.6%（トリチウム、希ガス、ヨウ素は100%）が気相に移行する。
- ・ 気相に移行した放射性物質は、排気系統を通じてではなく、直接、室内に放出され、更に室内から建屋外へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。

- 放射性物質の放出経路の概要図を図 2.14.8.1-4 に示す。

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

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

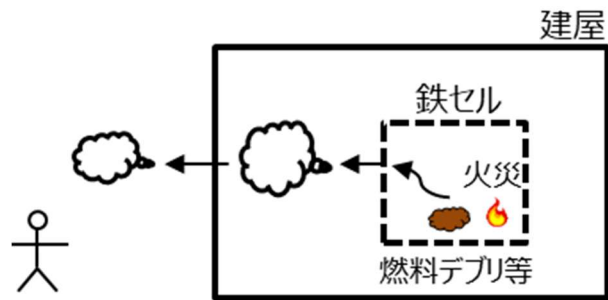


図 2.14.8.1-4 放射性物質の放出経路の概要図 (起因事象 No. 22)

### (3) 除染係数

- 建屋について、除染係数 (DF) として 10 を考慮する※3。
- ガス状の放射性物質については、除染係数を考慮しない。

※3 建屋の除染係数として 10 を考慮。

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

### (4) 放出された放射能

- 建屋外への核種ごとの放出量を表 2.14.8.1-7 に示す。
- 表 2.14.8.1-7 より、建屋外に放出された放射能を  $3.6 \times 10^8 \text{Bq}$  と評価する。

表 2.14.8.1-7 建屋外への核種ごとの放出量 (起因事象 No. 22)

核種	放出量 [Bq]
Pu-238	$1.9 \times 10^7$
Pu-239	$1.4 \times 10^6$
Pu-240	$2.4 \times 10^6$
Pu-241	$1.9 \times 10^8$
Am-241	$1.0 \times 10^7$
Am-242m	$3.4 \times 10^5$
Cm-244	$2.6 \times 10^6$

「その他」の主な核種

核種	放出量 [Bq]
Kr-85	$8.0 \times 10^7$
H-3	$8.3 \times 10^6$

その他 <sup>※4</sup>	$1.3 \times 10^8$
合計	$3.6 \times 10^8$

※4 「その他」以外の核種が全体の実効線量のうち約99%を占める。

#### (5) 放射性物質の大気拡散

- ・ 「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に従い、地上放出によって敷地境界に達する場合の相対濃度を  $3.2 \times 10^{-7} \text{h/m}^3$  と評価する。

#### (6) 線量評価結果

- ・ 「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」を参考に求めた吸入摂取による内部被ばく線量は約  $4.4 \times 10^{-1} \text{mSv}$  となる。
- ・ なお、吸入摂取の被ばく経路には地表に沈着した放射性物質の再浮遊に起因するものも存在するが、再浮遊係数 ( $1.0 \times 10^{-8} \text{cm}^{-1}$ ) <sup>※5</sup> を用いると再浮遊濃度は約  $4.9 \times 10^{-3} \text{Bq/m}^3$  程度であり、被ばく評価全体への寄与は小さい。また、事故後に一般公衆が敷地境界周辺から退避するまでの期間を7日間と想定し、再浮遊濃度を用いて算出した吸入摂取による内部被ばく線量は約  $3.1 \times 10^{-3} \text{mSv}$  となる。
- ・ 建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量<sup>※6</sup>は、それぞれ約  $9.7 \times 10^{-8} \text{mSv}$ 、約  $8.5 \times 10^{-5} \text{mSv}$  となり、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。

※5 発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について 平成13年3月29日、原子力安全委員会一部改訂

※6 クラウドシャインについては気相へ移行した放射性物質が1時間で全て放出された想定で評価し、グランドシャインについては、評価期間を7日間として評価した。

### 1.3 起因事象No.28（表2.14.8.1-4からNo.引用）

#### (1) 想定事象

- ・ 鉄セルからグローブボックスへ燃料デブリ等を移送中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。

#### (2) 放射性物質の放出経路

- ・ 鉄セルにおける燃料デブリ等<sup>■</sup>の取扱い時に地震が発生したことを想定する。なお、鉄セルにおいては燃料デブリ等の切断を行わないが、保守的な評価として、気相への放射性物質の移行率は、燃料デブリ等切断時の値を使用する。
- ・ 切断時に発生する粉体（約  $2.0 \times 10^{11} \text{Bq}$ ）について、切断時の飛散1%（トリチウム、希ガス、ヨウ素は100%）が気相に移行する（既存使用施設で同様な評価に用いている移行率<sup>※1</sup>）。
- ・ 気相に移行した放射性物質は、排気系統を通じてではなく、直接、室内に放出され、更に室内から建屋外へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。

- 放射性物質の放出経路の概要図を図 2.14.8.1-5 に示す。

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

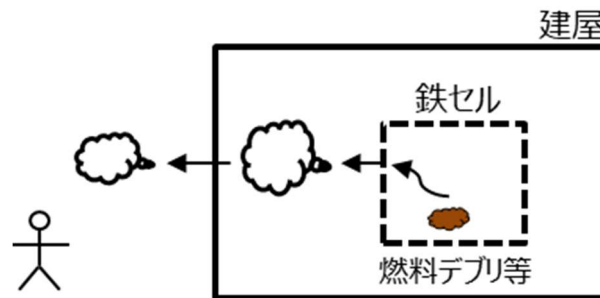


図 2.14.8.1-5 放射性物質の放出経路の概要図 (起因事象 No. 28)

### (3) 除染係数

- 建屋について、除染係数 (DF) として 10 を考慮する※2。
- ガス状の放射性物質については、除染係数を考慮しない。

※2 建屋の除染係数として 10 を考慮。

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

### (4) 放出された放射能

- 建屋外への核種ごとの放出量を表 2.14.8.1-8 に示す。
- 表 2.14.8.1-8 より、建屋外に放出された放射能を  $2.6 \times 10^8 \text{Bq}$  と評価する。

表 2.14.8.1-8 建屋外への核種ごとの放出量 (起因事象 No. 28)

核種	放出量 [Bq]	「その他」の主な核種	
核種	放出量 [Bq]	核種	放出量 [Bq]
Pu-238	$1.2 \times 10^7$	Kr-85	$8.0 \times 10^7$
Pu-239	$8.4 \times 10^5$	H-3	$8.3 \times 10^6$
Pu-240	$1.5 \times 10^6$		
Pu-241	$1.2 \times 10^8$		
Am-241	$6.2 \times 10^6$		
Am-242m	$2.1 \times 10^5$		
Cm-244	$1.6 \times 10^6$		
その他※3	$1.2 \times 10^8$		
合計	$2.6 \times 10^8$		

※3 「その他」以外の核種が全体の実効線量のうち約 99% を占める。



#### (5) 放射性物質の大気拡散

- ・ 「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に従い、地上放出によって敷地境界に達する場合の相対濃度を  $3.2 \times 10^{-7} \text{h/m}^3$  と評価する。

#### (6) 線量評価結果

- ・ 「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」を参考に求めた吸入摂取による内部被ばく線量は約  $2.7 \times 10^{-1} \text{mSv}$  となる。
- ・ なお、吸入摂取の被ばく経路には地表に沈着した放射性物質の再浮遊に起因するものも存在するが、再浮遊係数 ( $1.0 \times 10^{-8} \text{cm}^{-1}$ ) <sup>※4</sup> を用いると再浮遊濃度は約  $3.6 \times 10^{-3} \text{Bq/m}^3$  程度であり、被ばく評価全体への寄与は小さい。また、事故後に一般公衆が敷地境界周辺から退避するまでの期間を7日間と想定し、再浮遊濃度を用いて算出した吸入摂取による内部被ばく線量は約  $2.0 \times 10^{-3} \text{mSv}$  となる。
- ・ 建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量<sup>※5</sup>は、それぞれ約  $6.8 \times 10^{-8} \text{mSv}$ 、約  $5.6 \times 10^{-5} \text{mSv}$  となり、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。

※4 発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について 平成13年3月29日、原子力安全委員会 一部改訂

※5 クラウドシャインについては気相へ移行した放射性物質が1時間で全て放出された想定で評価し、グランドシャインについては、評価期間を7日間として評価した。

### 1.4 起回事象No.31（表2.14.8.1-4からNo.引用）

#### (1) 想定事象

- ・ 加熱機器を使用している際に、Sクラス相当の地震が発生しグローブボックスが損傷、さらに、地震に伴って可燃物が加熱機器に接触したことにより紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。地震により、セル・グローブボックス用換気空調設備、消火設備が損傷し、グローブボックスの負圧維持機能、外部電源及び消火機能が喪失した状態を想定する。

#### (2) 放射性物質の放出経路

- ・ グローブボックスにおける燃料デブリ等 ████████ の取扱い時に地震が発生し、その後、火災が発生したことを想定する。なお、グローブボックスにおいては燃料デブリ等の切断を行わないが、保守的な評価として、気相への放射性物質の移行率は、燃料デブリ等切断時の値を使用する。
- ・ 切断時に発生する粉体（約  $2.0 \times 10^7 \text{Bq}$ ）について、切断時の飛散1%（既存使用施設で同様な評価に用いている移行率<sup>※1</sup>）と火災に伴う飛散0.6%<sup>※2</sup>を合わせた1.6%（トリチウム、

希ガス、ヨウ素は 100%) が気相に移行する。

- ・ 気相に移行した放射性物質は、排気系統を通じてではなく、直接、室内に放出され、更に室内から建屋外へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。
- ・ 放射性物質の放出経路の概要図を図 2. 14. 8. 1-6 に示す。

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

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

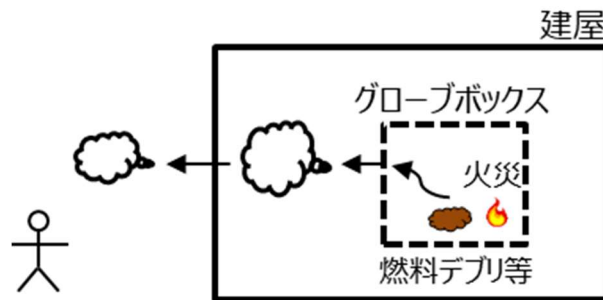


図 2. 14. 8. 1-6 放射性物質の放出経路の概要図 (起因事象 No. 31)

### (3) 除染係数

- ・ 建屋について、除染係数 (DF) として 10 を考慮する<sup>※3</sup>。
- ・ ガス状の放射性物質については、除染係数を考慮しない。

※3 建屋の除染係数として 10 を考慮。

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

### (4) 放出された放射能

- ・ 建屋外への核種ごとの放出量を表 2. 14. 8. 1-9 に示す。
- ・ 表 2. 14. 8. 1-9 より、建屋外に放出された放射能を  $3.6 \times 10^4 \text{Bq}$  と評価する。

表 2. 14. 8. 1-9 建屋外への核種ごとの放出量 (起因事象 No. 31)

核種	放出量 [Bq]	「その他」の主な核種	
Pu-238	$1.9 \times 10^3$	核種	放出量 [Bq]
Pu-239	$1.4 \times 10^2$	Kr-85	$8.0 \times 10^3$
Pu-240	$2.4 \times 10^2$	H-3	$8.3 \times 10^2$
Pu-241	$1.9 \times 10^4$		
Am-241	$1.0 \times 10^3$		

Am-242m	$3.4 \times 10^1$
Cm-244	$2.6 \times 10^2$
その他 <sup>※4</sup>	$1.3 \times 10^4$
合計	$3.6 \times 10^4$

※4 「その他」以外の核種が全体の実効線量のうち約99%を占める。

#### (5) 放射性物質の大気拡散

- 「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に従い、地上放出によって敷地境界に達する場合の相対濃度を  $3.2 \times 10^{-7} \text{h/m}^3$  と評価する。

#### (6) 線量評価結果

- 「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」を参考に求めた吸入摂取による内部被ばく線量は約  $4.4 \times 10^{-5} \text{mSv}$  となる。
- なお、吸入摂取の被ばく経路には地表に沈着した放射性物質の再浮遊に起因するものも存在するが、再浮遊係数 ( $1.0 \times 10^{-8} \text{cm}^{-1}$ ) <sup>※5</sup> を用いると再浮遊濃度は約  $4.9 \times 10^{-7} \text{Bq/m}^3$  程度であり、被ばく評価全体への寄与は小さい。また、事故後に一般公衆が敷地境界周辺から退避するまでの期間を7日間と想定し、再浮遊濃度を用いて算出した吸入摂取による内部被ばく線量は約  $3.1 \times 10^{-7} \text{mSv}$  となる。
- 建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量<sup>※6</sup>は、それぞれ約  $9.7 \times 10^{-12} \text{mSv}$ 、約  $8.5 \times 10^{-9} \text{mSv}$  となり、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。

※5 発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について 平成13年3月29日、原子力安全委員会一部改訂

※6 クラウドシャインについては気相へ移行した放射性物質が1時間で全て放出された想定で評価し、グランドシャインについては、評価期間を7日間として評価した。

### 1.5 起因事象No. 36（表2.14.8.1-4からNo. 引用）

#### (1) 想定事象

- グローブボックスからフードへ燃料デブリ等を移送中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。

#### (2) 放射性物質の放出経路

- グローブボックスにおける燃料デブリ等<sup>■</sup>の取扱い時に地震が発生したことを想定する。なお、グローブボックスにおいては燃料デブリ等の切断を行わないが、保守的な評価として、気相への放射性物質の移行率は、燃料デブリ等切断時の値を使用する。
- 切断時に発生する粉体（約  $2.0 \times 10^7 \text{Bq}$ ）について、切断時の飛散1%（トリチウム、希ガス、ヨウ素は100%）が気相に移行する（既存使用施設で同様な評価に用いている移行率<sup>※1</sup>）。

- ・ 気相に移行した放射性物質は、排気系統を通じてではなく、直接、室内に放出され、更に室内から建屋外へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。
- ・ 放射性物質の放出経路の概要図を図 2. 14. 8. 1-7 に示す。

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

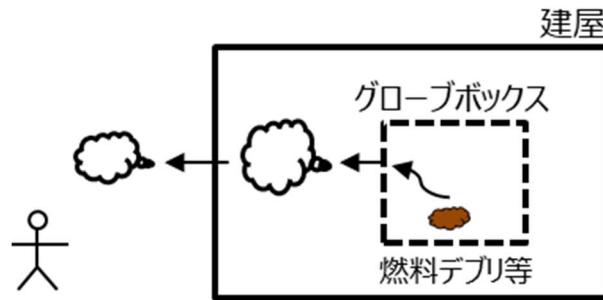


図 2. 14. 8. 1-7 放射性物質の放出経路の概要図 (起因事象 No. 36)

### (3) 除染係数

- ・ 建屋について、除染係数 (DF) として 10 を考慮する※2。
- ・ ガス状の放射性物質については、除染係数を考慮しない。

※2 建屋の除染係数として 10 を考慮。

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

### (4) 放出された放射能

- ・ 建屋外への核種ごとの放出量を表 2. 14. 8. 1-10 に示す。
- ・ 表 2. 14. 8. 1-10 より、建屋外に放出された放射能を  $2.6 \times 10^4 \text{Bq}$  と評価する。

表 2. 14. 8. 1-10 建屋外への核種ごとの放出量 (起因事象 No. 36)

核種	放出量 [Bq]
Pu-238	$1.2 \times 10^3$
Pu-239	$8.4 \times 10^1$
Pu-240	$1.5 \times 10^2$
Pu-241	$1.2 \times 10^4$
Am-241	$6.2 \times 10^2$
Am-242m	$2.1 \times 10^1$
Cm-244	$1.6 \times 10^2$

#### 「その他」の主な核種

核種	放出量 [Bq]
Kr-85	$8.0 \times 10^3$
H-3	$8.3 \times 10^2$

その他 <sup>※3</sup>	$1.2 \times 10^4$
合計	$2.6 \times 10^4$

※3 「その他」以外の核種が全体の実効線量のうち約99%を占める。

#### (5) 放射性物質の大気拡散

- ・ 「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に従い、地上放出によって敷地境界に達する場合の相対濃度を  $3.2 \times 10^{-7} \text{h/m}^3$  と評価する。

#### (6) 線量評価結果

- ・ 「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」を参考に求めた吸入摂取による内部被ばく線量は約  $2.7 \times 10^{-5} \text{mSv}$  となる。
- ・ なお、吸入摂取の被ばく経路には地表に沈着した放射性物質の再浮遊に起因するものも存在するが、再浮遊係数 ( $1.0 \times 10^{-8} \text{cm}^{-1}$ ) <sup>※4</sup> を用いると再浮遊濃度は約  $3.6 \times 10^{-7} \text{Bq/m}^3$  程度であり、被ばく評価全体への寄与は小さい。また、事故後に一般公衆が敷地境界周辺から退避するまでの期間を7日間と想定し、再浮遊濃度を用いて算出した吸入摂取による内部被ばく線量は約  $2.0 \times 10^{-7} \text{mSv}$  となる。
- ・ 建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量<sup>※5</sup>は、それぞれ約  $6.8 \times 10^{-12} \text{mSv}$ 、約  $5.6 \times 10^{-9} \text{mSv}$  となり、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。

※4 発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について 平成13年3月29日、原子力安全委員会 一部改訂

※5 クラウドシャインについては気相へ移行した放射性物質が1時間で全て放出された想定で評価し、グランドシャインについては、評価期間を7日間として評価した。

### 1.6 起因事象No.39（表2.14.8.1-4からNo.引用）

#### (1) 想定事象

- ・ Sクラス相当の地震により、フード用換気空調設備、フードの風速維持機能、外部電源が喪失した状況を想定する。

#### (2) 放射性物質の放出経路

- ・ フードにおける燃料デブリ等<sup>■■■■■</sup>の取扱い時に地震が発生したことを想定する。なお、フードにおいては燃料デブリ等の切断を行わないが、保守的な評価として、気相への放射性物質の移行率は、燃料デブリ等切断時の値を使用する。
- ・ 切断時に発生する粉体（約  $2.0 \times 10^7 \text{Bq}$ ）について、切断時の飛散1%（トリチウム、希ガス、ヨウ素は100%）が気相に移行する（既存使用施設で同様な評価に用いている移行率<sup>※1</sup>）。
- ・ 気相に移行した放射性物質は、排気系統を通じてではなく、直接、室内に放出され、更に

室内から建屋外へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。

- 放射性物質の放出経路の概要図を図 2.14.8.1-8 に示す。

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

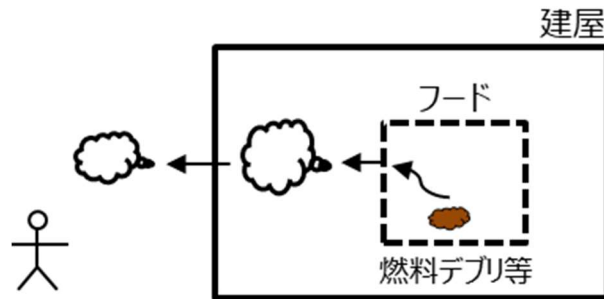


図 2.14.8.1-8 放射性物質の放出経路の概要図 (起因事象 No. 39)

### (3) 除染係数

- 建屋について、除染係数 (DF) として 10 を考慮する※2。
- ガス状の放射性物質については、除染係数を考慮しない。

※2 建屋の除染係数として 10 を考慮。

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

### (4) 放出された放射能

- 建屋外への核種ごとの放出量を表 2.14.8.1-11 に示す。
- 表 2.14.8.1-11 より、建屋外に放出された放射能を  $2.6 \times 10^4$  Bq と評価する。

表 2.14.8.1-11 建屋外への核種ごとの放出量 (起因事象 No. 39)

核種	放出量 [Bq]
Pu-238	$1.2 \times 10^3$
Pu-239	$8.4 \times 10^1$
Pu-240	$1.5 \times 10^2$
Pu-241	$1.2 \times 10^4$
Am-241	$6.2 \times 10^2$
Am-242m	$2.1 \times 10^1$
Cm-244	$1.6 \times 10^2$
その他※3	$1.2 \times 10^4$
合計	$2.6 \times 10^4$

「その他」の主な核種

核種	放出量 [Bq]
Kr-85	$8.0 \times 10^3$
H-3	$8.3 \times 10^2$

※3 「その他」以外の核種が全体の実効線量のうち約99%を占める。

#### (5) 放射性物質の大気拡散

- ・ 「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に従い、地上放出によって敷地境界に達する場合の相対濃度を  $3.2 \times 10^{-7} \text{h/m}^3$  と評価する。

#### (6) 線量評価結果

- ・ 「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」を参考に求めた吸入摂取による内部被ばく線量は約  $2.7 \times 10^{-5} \text{mSv}$  となる。
- ・ なお、吸入摂取の被ばく経路には地表に沈着した放射性物質の再浮遊に起因するものも存在するが、再浮遊係数 ( $1.0 \times 10^{-8} \text{cm}^{-1}$ ) ※4 を用いると再浮遊濃度は約  $3.6 \times 10^{-7} \text{Bq/m}^3$  程度であり、被ばく評価全体への寄与は小さい。また、事故後に一般公衆が敷地境界周辺から退避するまでの期間を7日間と想定し、再浮遊濃度を用いて算出した吸入摂取による内部被ばく線量は約  $2.0 \times 10^{-7} \text{mSv}$  となる。
- ・ 建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量※5は、それぞれ約  $6.8 \times 10^{-12} \text{mSv}$ 、 $5.6 \times 10^{-9} \text{mSv}$  となり、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。

※4 発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について 平成13年3月29日、原子力安全委員会一部改訂

※5 クラウドシャインについては気相へ移行した放射性物質が1時間で全て放出された想定で評価し、グランドシャインについては、評価期間を7日間として評価した。

### 1.7 起因事象No.46（表2.14.8.1-4からNo.引用）

#### (1) 想定事象

- ・ Sクラス相当の地震による液体廃棄物一時貯留設備の損傷を想定する（払出時）。

#### (2) 放射性物質の放出経路

- ・ 液体廃棄物一時貯留設備における燃料デブリ等 ██████████ の液体廃棄物の取扱い時に地震が発生したことを想定する。
- ・ 液体廃棄物（約  $3.0 \times 10^8 \text{Bq}$ ）について、3mの高さから液体を流下させた場合の飛散0.02%が気相に移行する※1。
- ・ 気相に移行した放射性物質は、排気系統を通じてではなく、直接、室内に放出され、更に室内から建屋外へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。
- ・ 放射性物質の放出経路の概要図を図2.14.8.1-9に示す。

※1 流体を3mの高さから流下させた場合の気相への移行率0.02%

Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook, NUREG/CR-6410, (1998).

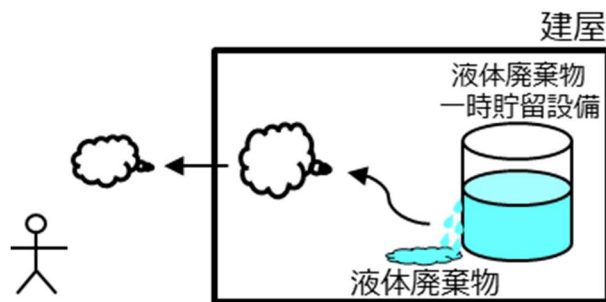


図 2. 14. 8. 1-9 放射性物質の放出経路の概要図（起因事象 No. 46）

(3) 除染係数

- ・ 建屋について、除染係数（DF）として 10 を考慮する<sup>※2</sup>。
- ・ ガス状の放射性物質については、除染係数を考慮しない。

※2 建屋の除染係数として 10 を考慮。

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

(4) 放出された放射能

- ・ 建屋外への核種ごとの放出量を表 2. 14. 8. 1-12 に示す。
- ・ 表 2. 14. 8. 1-12 より、建屋外に放出された放射能を  $1.5 \times 10^4$  Bq と評価する。

表 2. 14. 8. 1-12 建屋外への核種ごとの放出量（起因事象 No. 46）

核種	放出量 [Bq]
Pu-238	$3.1 \times 10^2$
Pu-239	$2.2 \times 10^1$
Pu-240	$4.0 \times 10^1$
Pu-241	$3.1 \times 10^3$
Am-241	$1.7 \times 10^2$
Am-242m	$5.6 \times 10^0$
Cm-244	$4.3 \times 10^1$
その他 <sup>※3</sup>	$1.2 \times 10^4$
合計	$1.5 \times 10^4$

「その他」の主な核種

核種	放出量 [Bq]
H-3	$1.1 \times 10^4$

※3 「その他」以外の核種が全体の実効線量のうち約 99% を占める。



#### (5) 放射性物質の大気拡散

- ・ 「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に従い、地上放出によって敷地境界に達する場合の相対濃度を  $3.2 \times 10^{-7} \text{h/m}^3$  と評価する。

#### (6) 線量評価結果

- ・ 「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」を参考に求めた吸入摂取による内部被ばく線量は約  $7.2 \times 10^{-6} \text{mSv}$  となる。
- ・ なお、吸入摂取の被ばく経路には地表に沈着した放射性物質の再浮遊に起因するものも存在するが、再浮遊係数 ( $1.0 \times 10^{-8} \text{cm}^{-1}$ ) <sup>※4</sup> を用いると再浮遊濃度は約  $2.2 \times 10^{-7} \text{Bq/m}^3$  程度であり、被ばく評価全体への寄与は小さい。また、事故後に一般公衆が敷地境界周辺から退避するまでの期間を7日間と想定し、再浮遊濃度を用いて算出した吸入摂取による内部被ばく線量は約  $5.2 \times 10^{-8} \text{mSv}$  となる。
- ・ 建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量<sup>※5</sup>は、それぞれ約  $1.3 \times 10^{-12} \text{mSv}$ 、約  $1.3 \times 10^{-9} \text{mSv}$  となり、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。

※4 発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について 平成13年3月29日、原子力安全委員会一部改訂

※5 クラウドシャインについては気相へ移行した放射性物質が1時間で全て放出された想定で評価し、グランドシャインについては、評価期間を7日間として評価した。

### 1.8 起因事象No.51（表2.14.8.1-4からNo.引用）

#### (1) 想定事象

- ・ Sクラス相当の地震による液体廃棄物一時貯留設備の損傷を想定する（一時保管時）。

#### (2) 放射性物質の放出経路

- ・ 液体廃棄物一時貯留設備における燃料デブリ等 ██████████ の液体廃棄物の一時保管時に地震が発生したことを想定する。
- ・ 液体廃棄物（約  $3.0 \times 10^8 \text{Bq}$ ）について、3mの高さから液体を流下させた場合の飛散0.02%が気相に移行する<sup>※1</sup>。
- ・ 気相に移行した放射性物質は、排気系統を通じてではなく、直接、室内に放出され、更に室内から建屋外へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。
- ・ 放射性物質の放出経路の概要図を図2.14.8.1-10に示す。

※1 流体を3mの高さから流下させた場合の気相への移行率0.02%

Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook, NUREG/CR-6410, (1998).

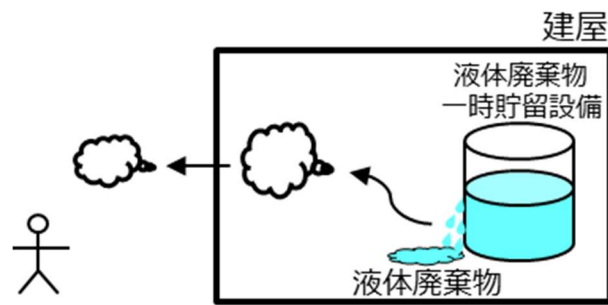


図 2. 14. 8. 1-10 放射性物質の放出経路の概要図（起因事象 No. 51）

(3) 除染係数

- ・ 建屋について，除染係数（DF）として 10 を考慮する<sup>※2</sup>。
- ・ ガス状の放射性物質については，除染係数を考慮しない。

※2 建屋の除染係数として 10 を考慮。

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

(4) 放出された放射能

- ・ 建屋外への核種ごとの放出量を表 2. 14. 8. 1-13 に示す。
- ・ 表 2. 14. 8. 1-13 より，建屋外に放出された放射能を  $1.5 \times 10^4$  Bq と評価する。

表 2. 14. 8. 1-13 建屋外への核種ごとの放出量（起因事象 No. 51）

核種	放出量 [Bq]
Pu-238	$3.1 \times 10^2$
Pu-239	$2.2 \times 10^1$
Pu-240	$4.0 \times 10^1$
Pu-241	$3.1 \times 10^3$
Am-241	$1.7 \times 10^2$
Am-242m	$5.6 \times 10^0$
Cm-244	$4.3 \times 10^1$
その他 <sup>※3</sup>	$1.2 \times 10^4$
合計	$1.5 \times 10^4$

「その他」の主な核種

核種	放出量 [Bq]
H-3	$1.1 \times 10^4$

※3 「その他」以外の核種が全体の実効線量のうち約 99% を占める。

#### (5) 放射性物質の大気拡散

- ・ 「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に従い、地上放出によって敷地境界に達する場合の相対濃度を  $3.2 \times 10^{-7} \text{h/m}^3$  と評価する。

#### (6) 線量評価結果

- ・ 「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」を参考に求めた吸入摂取による内部被ばく線量は約  $7.2 \times 10^{-6} \text{mSv}$  となる。
- ・ なお、吸入摂取の被ばく経路には地表に沈着した放射性物質の再浮遊に起因するものも存在するが、再浮遊係数 ( $1.0 \times 10^{-8} \text{cm}^{-1}$ ) <sup>※4</sup> を用いると再浮遊濃度は約  $2.2 \times 10^{-7} \text{Bq/m}^3$  程度であり、被ばく評価全体への寄与は小さい。また、事故後に一般公衆が敷地境界周辺から退避するまでの期間を7日間と想定し、再浮遊濃度を用いて算出した吸入摂取による内部被ばく線量は約  $5.2 \times 10^{-8} \text{mSv}$  となる。
- ・ 建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量<sup>※5</sup>は、それぞれ約  $1.3 \times 10^{-12} \text{mSv}$ 、約  $1.3 \times 10^{-9} \text{mSv}$  となり、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。

※4 発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について 平成13年3月29日、原子力安全委員会一部改訂

※5 クラウドシャインについては気相へ移行した放射性物質が1時間で全て放出された想定で評価し、グランドシャインについては、評価期間を7日間として評価した。

### 1.9 起回事象No.56（表2.14.8.1-4からNo.引用）

#### (1) 想定事象

- ・ 液体廃棄物一時貯留設備のサンプリング口を開けたままの状態を想定する。

#### (2) 放射性物質の放出経路

- ・ 液体廃棄物一時貯留設備における燃料デブリ等 ██████████ の液体廃棄物の一時保管時に人的過誤が発生したことを想定する。
- ・ 液体廃棄物（約  $3.0 \times 10^8 \text{Bq}$ ）について、3mの高さから液体を流下させた場合の飛散0.02%が気相に移行する<sup>※1</sup>。
- ・ 気相に移行した放射性物質は、排気系統を通じてではなく、直接、室内に放出され、更に室内から建屋外へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。
- ・ 放射性物質の放出経路の概要図を図2.14.8.1-11に示す。

※1 流体を3mの高さから流下させた場合の気相への移行率0.02%

Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook, NUREG/CR-6410, (1998).

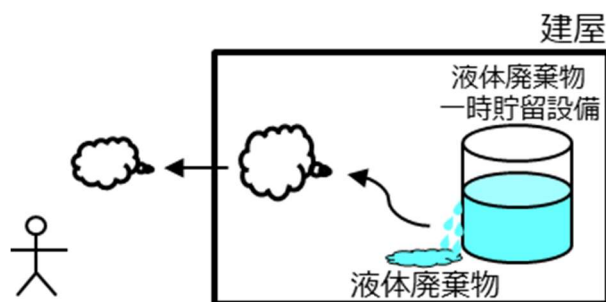


図 2. 14. 8. 1-11 放射性物質の放出経路の概要図（起因事象 No. 56）

(3) 除染係数

- ・ 建屋について，除染係数（DF）として 10 を考慮する<sup>※2</sup>。
- ・ ガス状の放射性物質については，除染係数を考慮しない。

※2 建屋の除染係数として 10 を考慮。

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

(4) 放出された放射能

- ・ 建屋外への核種ごとの放出量を表 2. 14. 8. 1-14 に示す。
- ・ 表 2. 14. 8. 1-14 より，建屋外に放出された放射能を  $1.5 \times 10^4$  Bq と評価する。

表 2. 14. 8. 1-14 建屋外への核種ごとの放出量（起因事象 No. 56）

核種	放出量 [Bq]
Pu-238	$3.1 \times 10^2$
Pu-239	$2.2 \times 10^1$
Pu-240	$4.0 \times 10^1$
Pu-241	$3.1 \times 10^3$
Am-241	$1.7 \times 10^2$
Am-242m	$5.6 \times 10^0$
Cm-244	$4.3 \times 10^1$
その他 <sup>※3</sup>	$1.2 \times 10^4$
合計	$1.5 \times 10^4$

「その他」の主な核種

核種	放出量 [Bq]
H-3	$1.1 \times 10^4$

※3 「その他」以外の核種が全体の実効線量のうち約 99% を占める。

#### (5) 放射性物質の大気拡散

- ・ 「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に従い、地上放出によって敷地境界に達する場合の相対濃度を  $3.2 \times 10^{-7} \text{h/m}^3$  と評価する。

#### (6) 線量評価結果

- ・ 「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」を参考に求めた吸入摂取による内部被ばく線量は約  $7.2 \times 10^{-6} \text{mSv}$  となる。
- ・ なお、吸入摂取の被ばく経路には地表に沈着した放射性物質の再浮遊に起因するものも存在するが、再浮遊係数 ( $1.0 \times 10^{-8} \text{cm}^{-1}$ ) <sup>※4</sup> を用いると再浮遊濃度は約  $2.2 \times 10^{-7} \text{Bq/m}^3$  程度であり、被ばく評価全体への寄与は小さい。また、事故後に一般公衆が敷地境界周辺から退避するまでの期間を7日間と想定し、再浮遊濃度を用いて算出した吸入摂取による内部被ばく線量は約  $5.2 \times 10^{-8} \text{mSv}$  となる。
- ・ 建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量<sup>※5</sup>は、それぞれ約  $1.3 \times 10^{-12} \text{mSv}$ 、約  $1.3 \times 10^{-9} \text{mSv}$  となり、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。

※4 発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について 平成13年3月29日、原子力安全委員会 一部改訂

※5 クラウドシャインについては気相へ移行した放射性物質が1時間で全て放出された想定で評価し、グランドシャインについては、評価期間を7日間として評価した。

### 1.10 起回事象No. 79（表2.14.8.1-4からNo. 引用）

#### (1) 想定事象

- ・ 加熱機器を使用している際に、Sクラス相当の地震が発生し鉄セルが損傷、さらに、地震に伴って可燃物が加熱機器に接触したことにより、鉄セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。地震により、セル・グローブボックス用換気空調設備、圧縮空気設備、消火設備が損傷し、鉄セルの負圧維持機能、圧縮空気、外部電源及び消火機能が喪失した状態を想定する。

#### (2) 評価方法

- ・ 建屋の遮蔽機能が見込め、燃料デブリ等 ■ から直接線・スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。
- ・ 第2棟における各取扱場所に応じた線源強度及び線源形状を設定する。
- ・ 線源や遮蔽体のモデル化を行い、計算コードを用いて評価を行う。
- ・ 計算コードはANISN（一次元輸送計算コード）及びG33-GP2R（一回散乱 $\gamma$ 線計算コード）を使用する。

#### (3) 計算条件

- ・ 建屋 [redacted] を遮蔽として見込む。
- ・ 遮蔽機能を見込む建屋の材質及び密度は、普通コンクリート ( $2.1\text{g/cm}^3$ ) とする。
- ・ 評価する外部被ばく線量は、7日間とする。
- ・ 鉄セルにおける線源強度及び形状を表 2.14.8.1-15 に示す。
- ・ 本計算に係る概要図を図 2.14.8.1-12 に示す。

表 2.14.8.1-15 鉄セルでの線源強度及び形状 (起因事象 No. 79)

取扱場所	取扱量	線源強度 [Bq]	線源形状
鉄セル	燃料デブリ等 : [redacted]	$2.3 \times 10^{11}$	点線源

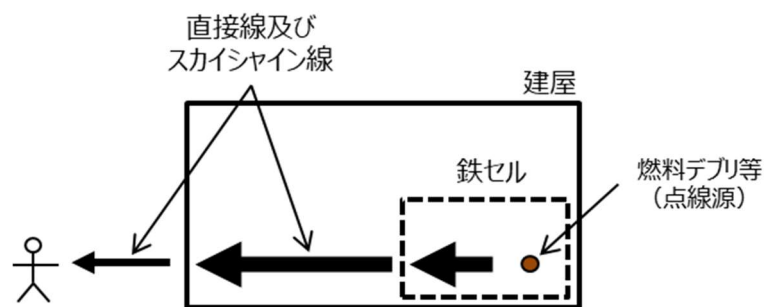


図 2.14.8.1-12 計算条件の概要図 (起因事象 No. 79)

(4) 線量評価結果

- ・ 敷地境界における7日間の外部被ばく線量は約  $3.1 \times 10^{-7}\text{mSv}$  となる。

線量評価に用いた移行率について

線量評価において用いた燃料デブリ等切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率 1%及び火災に伴う移行率 0.6%は、以下の文献に基づき設定した。

1. 燃料デブリ等切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率：1%

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

ホットラボの設計と管理，社団法人 日本原子力学会，1976年9月

5. 排出廃棄物のモニタリング，5.1 排気 (p100) より抜粋

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

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

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

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

設計評価事故における線量評価では、照射燃料の切断時を想定したため、上記の文献に基づき、燃料デブリ等切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率を1%とした。

2. 火災に伴う移行率：0.6%

「Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook (NUREG/CR-6410)」において、以下の通り記載されている。

Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook, NUREG/CR-6410	
3.3.2 Thermal Stress, 3.3.2.10 Solid, Non-Combustible - Powders (p3-71) より抜粋	
<b>3.3.2.10 Solid, Non-Combustible - Powders</b>	
<i>a. Non-Reactive, up to 1000° C (1830 °F), upflow around powder to 100 cm/s (2.24 mph)</i>	
	<b>ARF 6E-3</b> <b>RF 0.01</b>
<i>b. Reactive, plutonium compounds, up to 100° C (212 °F), upflow around to 100 cm/s (2.24 mph):</i>	
<i>- Pu fluoride</i>	
	<b>ARF 1E-3</b> <b>RF 0.001</b>
<i>- Pu oxalate, nitrate</i>	
	<b>ARF 1E-2</b> <b>RF 0.001</b>
<b>Technical Basis</b>	
<p>The ARFs during the heating of plutonium compounds in flowing air were measured by Mishima, Schwendiman, and Radasch (1968a; 1968b). For heating to temperatures up to 1273 K (1832 °F) and air velocities to 100 cm/s (2.24 mph), the maximum measured values are cited above. The ARFs for PuO<sub>2</sub> ranged from 6.1x10<sup>-6</sup> to 5.6x10<sup>-3</sup>. The ARFs for partially oxidized plutonium oxalate powder ranged from &lt; 8x10<sup>-5</sup> to 8.8x10<sup>-3</sup> at the highest temperature and flow velocity. The range of ARFs for plutonium oxalate powder was &lt; 8x10<sup>-5</sup> to 9.5x10<sup>-3</sup> at 973 K (1290 °F) and 100 cm/s (2.24 mph) flow velocity. The range of ARFs for plutonium fluoride powder was significantly less than for the oxalate or air-dried nitrate powder within a range from &lt; 8x10<sup>-5</sup> to 7x10<sup>-4</sup> at the highest temperature and flow velocity. Air-dried nitrate powder from the acidic, plutonium nitrate solution was similar to that found for the oxalate powder with a range from 2x10<sup>-5</sup> to 1.5x10<sup>-3</sup>. Optical microscopy indicated that the RF for the highest ARF values above was &lt; 10<sup>-5</sup>. For additional details on the apparatus used and other values measured, see the references cited below or Subsection 4.4.1 “Powders - Thermal Stress,” pp 4-55 to 4-6,1 in (USDOE 1994).</p>	

※ARF : Airborne Release Fraction 気相への移行率

化学的に安定かつ不燃性の粉体試料が 1000℃まで熱されたときの粉体の気相への移行率が 0.006 (0.6%) と記載されている。燃料デブリの粉体は、酸化物と想定され、化学的に安定かつ不燃性であるため、上記の文献に基づき火災に伴う移行率は 0.6% とした。



第2棟における安全上重要な施設の選定について

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 を超えるものを安全上重要な施設として選定する。また，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する。

1. 安全上重要な施設を選定するための基準

「使用施設等の位置，構造及び設備の基準に関する規則」及びその解釈の要求事項を踏まえ，以下の2つの基準から，安全上重要な施設を選定する。

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

2. 安全機能喪失の観点からの安全上重要な施設の選定

閉じ込め機能又は遮蔽機能を喪失した際の公衆への被ばく影響の観点から，第2棟における安全上重要な施設を選定する。

2.1 評価条件

使用施設等の位置，構造及び設備の基準に関する規則の解釈の別記1に従って，地震，津波，竜巻，その他の外部事象を想定し，公衆被ばく影響の評価を行う。図 2.14.8.2-1 に，評価事象の選定に係るフローを示す。

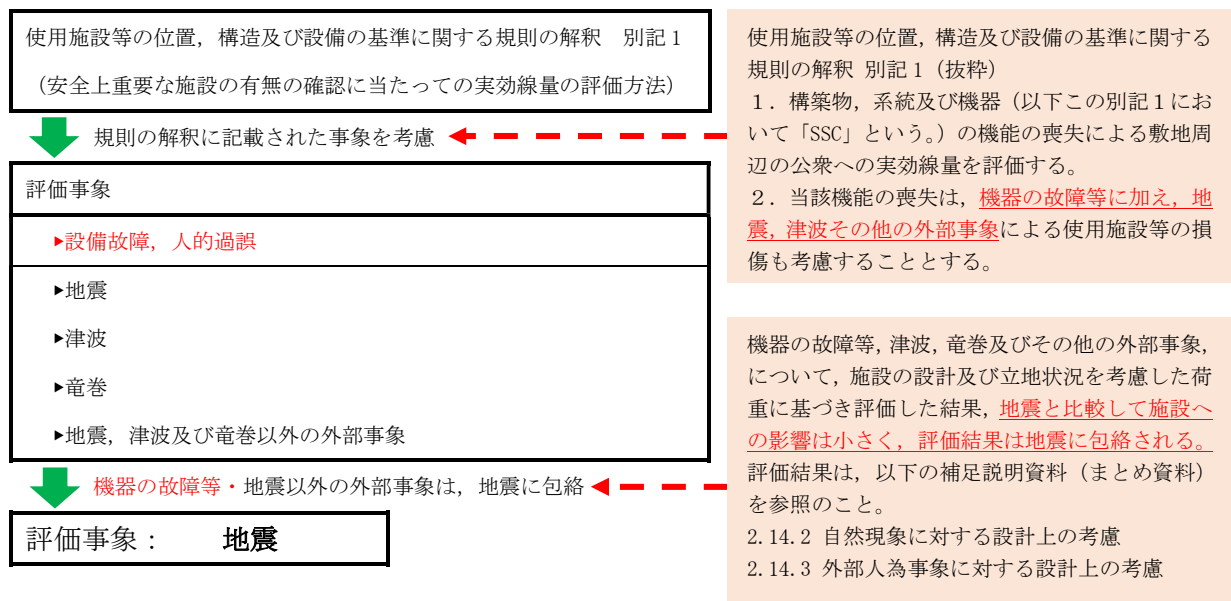


図 2.14.8.2-1 評価事象の選定

## 2.2 評価結果

外部事象のうち、影響が最も大きくなると考えられるSクラスに属する施設に求められる程度の地震力を想定して線量評価を行う。なお、第2棟の耐震性を鑑み、除染係数（DF）及び遮蔽を考慮する。第2棟の各設備における閉じ込め機能又は遮蔽機能喪失時の公衆の被ばく線量を表2.14.8.2-1に示す。

表 2.14.8.2-1 各設備における閉じ込め機能又は遮蔽機能喪失時の公衆の被ばく線量

(単位：mSv)

設備名称	閉じ込め機能喪失	遮蔽機能喪失
建屋	—	$1.5 \times 10^{-11}$
コンクリートセル	1.1	$2.4 \times 10^{-4}$
試料ピット	—	$2.6 \times 10^{-4}$
鉄セル	$2.7 \times 10^{-1}$	$3.1 \times 10^{-7}$
グローブボックス	$2.7 \times 10^{-5}$	—
フード	$2.7 \times 10^{-5}$	—
液体廃棄物一時貯留設備	$7.2 \times 10^{-6}$	—
セル・GB用 換気空調設備	$2.0 \times 10^{-1}$	—
フード用 換気空調設備	$2.7 \times 10^{-5}$	—

※1 評価条件等は、参考資料2-1に示す。

※2 設備として該当する安全機能を有していない箇所については、“—（バー）”を記載する。

※3 安全機能の喪失が継続する期間を7日間として評価した。

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

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

閉じ込め機能又は遮蔽機能を喪失時に、公衆の被ばく線量は5mSvを超える設備はない。なお、臨界安全上の観点から、臨界防止機能を有するコンクリートセル及び試料ピットを安全上重要な施設に選定する。

### 3. 設計評価事故の評価結果に基づく安全上重要な施設の選定

設計評価事故の評価を行った結果（別紙-1）から、コンクリートセルの給排気弁は、設計評価事故における防止・緩和機能として閉じ込めのバウンダリを期待しており、その機能に期待しない場合の公衆への被ばく影響が5mSv/事象を超える機器であることから、安全上重要な施設に選定する。

### 4. 第2棟における安全上重要な施設

「2. 安全機能喪失の観点からの安全上重要な施設の選定」及び「3. 設計評価事故の評価結果に基づく安全上重要な施設の選定」から、第2棟における安全上重要な施設は、表2.14.8.2-2のとおりとする。また、安全上重要な施設の範囲を図2.14.8.2-2に示す。

表 2.14.8.2-2 第2棟における安全上重要な施設

安全上重要な施設
コンクリートセル（給排気弁を含む）
試料ピット

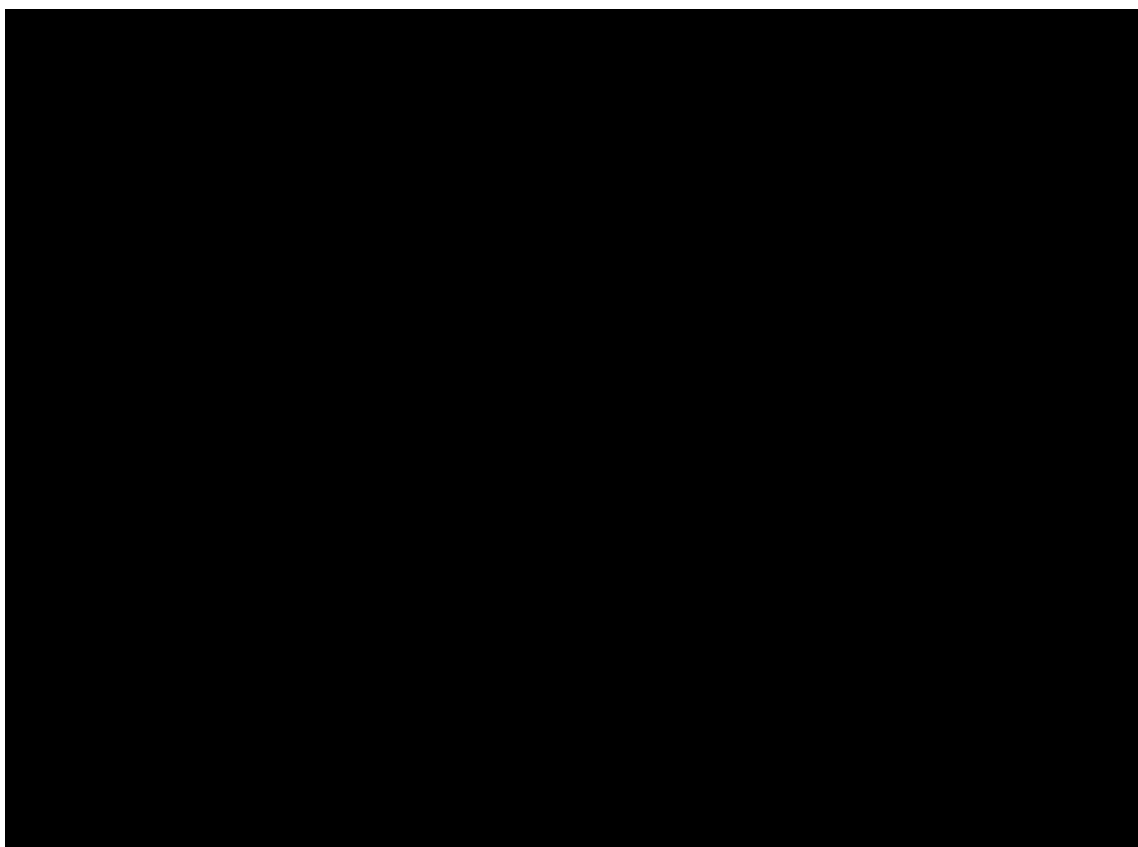


図 2.14.8.2-2 安全上重要な施設の範囲（青破線内：安全上重要な施設）

5. 安全上重要な施設に係る要求事項及び適合性

「使用施設等の位置，構造及び設備の基準に関する規則」及びその解釈に基づく安全上重要な施設に係る要求事項を整理し，第2棟における安全上重要な施設が要求事項に対して適合していることを表2.14.8.2-3に示す。

表 2.14.8.2-3 第2棟における安全上重要な施設に係る要求事項及び適合性

使用施設等の位置，構造及び設備の基準に関する規則（抜粋）	使用施設等の位置，構造及び設備の基準に関する規則の解釈（抜粋）	要求事項に対する適合性	
		コンクリートセル（給排気弁を含む）	試料ピット
<p>第四条（火災等による損傷の防止）</p> <p>3 消火設備は，破損，誤作動又は誤操作が起きた場合においても安全上重要な施設の安全機能を損なわないものでなければならない。</p>	<p>3 第3項の規定については，消火設備の破損，誤作動又は誤操作が起きた場合のほか，火災感知設備の破損，誤作動又は誤操作が起きたことにより消火設備が作動した場合においても，安全上重要な施設の機能を損なわないもの（消火設備の誤動作によって核燃料物質等が浸水したとしても，当該施設の臨界防止機能を損なわないこと等）であることをいう。</p>	<p>設計評価事故の評価結果のとおり，消火設備の破損，誤作動又は誤操作が起きたとしても，コンクリートセルの安全機能（遮蔽機能，閉じ込め機能，臨界防止機能）を損なうことはない。万一，燃料デブリ等が浸水したとしても，臨界安全上問題はない。</p>	<p>設計評価事故の評価結果のとおり，消火設備の破損，誤作動又は誤操作が起きたとしても，試料ピットの安全機能（遮蔽機能，臨界防止機能）を損なうことはない。万一，燃料デブリ等が浸水したとしても，臨界安全上問題はない。</p>
<p>第十一条（外部からの衝撃による損傷の防止）</p> <p>2 安全上重要な施設は，当該安全上重要な施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計評価事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。</p>	<p>3 第2項に規定する「大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象」とは，対象となる自然現象に対応して，最新の科学的技術的知見を踏まえて適切に予想されるものをいう。</p> <p>なお，過去の記録，現地調査の結果，最新知見等を参考にして，必要のある場合には，異種の自然現象を重量させるものとする。</p> <p>4 第2項に規定する「適切に考慮したもの」とは，大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計評価事故が発生した場合に生じる応力を単純に加算することを必ずしも要求するものではなく，それぞれの因果関係及び時間的变化を考慮して適切に組合せた場合をいう。</p>	<p>「補足説明資料（2.14.2 自然現象に対する設計上の考慮）」にて示したとおり，当該安全上重要な施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象はない。</p>	<p>「補足説明資料（2.14.2 自然現象に対する設計上の考慮）」にて示したとおり，当該安全上重要な施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象はない。</p>
<p>第十六条（重要度に応じた安全機能の確保）</p> <p>2 安全上重要な施設は，機械又は器具の単一故障（単一の原因によって一つの機械又は器具が所定の安全機能を失うこと（従属要因による多重故</p>	<p>1 第2項に規定する「単一故障」とは，動的機器の単一故障をいう。動的機器とは，外部からの動力の供給を受けて，それを含む系統が本来の機能を果たす必要があるとき，機械的に動作する部分を有する機器をいう。</p>	<p>コンクリートセルは，安全機能（遮蔽機能，閉じ込め機能，臨界防止機能）のうち，閉じ込め機能の確保に動的機器（給排気弁）を有しているが，給排気弁を二重化することにより，単一故障が発生した場合においてもその</p>	<p>試料ピットは，安全機能（遮蔽機能，臨界防止機能）の確保に動的機器は有していないため，対象外。</p>

<p>障を含む。)をいう。)が発生した場合においてもその機能を損なわないものでなければならない。</p>	<p>2 第2項について、単一故障があったとしても、その単一故障が安全上支障のない期間に除去又は修復できることが確実にあれば、その単一故障を仮定しなくてよい。</p> <p>さらに、単一故障の発生の可能性が極めて小さいことが合理的に説明できる場合、あるいは、単一故障を仮定することで系統の機能が失われる場合であっても、他の系統を用いて、その機能を代替できることが安全解析等により確認できれば、当該機器に対する多重性の要求は適用しない。</p>	<p>機能を損なわない設計とする。</p>	
<p>第二十条（誤操作の防止）</p> <p>2 安全上重要な施設は、容易に操作することができるものでなければならない。</p>	<p>2 第2項に規定する「容易に操作することができるもの」とは、設計評価事故が発生した状況下（混乱した状態等）であっても、簡潔な手順によって必要な操作が行える等の使用者に与える負荷を小さくすることができるよう考慮された設計であることをいう。また、設計評価事故の発生後、一定期間は、使用者の操作を期待しなくても必要な安全機能が確保される設計であることをいう。</p>	<p>コンクリートセルは、給排気弁を二重化かつ自動化することにより、閉じ込め機能を確実に自動で確保することができ、使用者に与える負荷を小さくするよう考慮された設計である。また、設計評価事故の発生後、使用者の操作を期待しなくても必要な安全機能が確保できる設計である。</p>	<p>試料ビットは、その安全機能（遮蔽機能、臨界防止機能）の確保に操作を必要とするものではないため、対象外。</p>

## 閉じ込め機能又は遮蔽機能を喪失した際の公衆への被ばく影響評価

閉じ込め機能又は遮蔽機能を喪失した際の公衆への被ばく影響を評価し、第2棟における安全上重要な施設を選定する。評価に当たっては、外部事象のうち、影響が最も大きくなると考えられるSクラスに属する施設に求められる程度の地震力を想定して線量評価を行う。なお、第2棟のSs900等に対する耐震性を鑑み、以下の安全機能を考慮して、第2棟の各設備における閉じ込め機能又は遮蔽機能喪失時の公衆への被ばく影響を評価した。表 2.14.8.2-4 に、評価結果を示す。

- ・閉じ込め機能 : 換気空調設備による負圧維持機能が喪失するため、放射性物質が外部に放出することを想定する。なお、おおむね弾性状態（スケルトンカーブの第2折れ点以下）にとどまることから、気体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見込めるものとして評価を行う。
- ・遮蔽機能 : おおむね弾性状態（スケルトンカーブの第2折れ点以下）にとどまることから、建屋・コンクリートセルの遮蔽機能は保持されるものとして評価を行う。

評価の結果、第2棟において閉じ込め機能又は遮蔽機能を喪失した際、公衆の被ばく線量が5mSvを超える設備はないことを確認した。

表 2. 14. 8. 2-4 閉じ込め機能又は遮蔽機能を喪失した際の公衆への被ばく影響評価

設備名称	喪失する安全機能 <sup>*1</sup>	機能喪失時の敷地境界線量評価の概要	安全機能喪失時の公衆被ばく影響
建屋	遮蔽	<p>【外部被ばく】建屋の遮蔽機能が見込め、地下階に存在する固体廃棄物払出準備設備及び液体廃棄物一時貯留設備に含まれる放射性物質の放射能（それぞれ <math>2.3 \times 10^{10}</math> Bq 及び <math>2.4 \times 10^8</math> Bq）から燃料デブリ重量に換算し、その直接線・スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建屋の遮蔽を考慮する。</li> <li>・ 固体廃棄物払出準備設備及び液体廃棄物一時貯留設備は地下階に存在するため、土壌による遮蔽を考慮する。</li> </ul>	$1.5 \times 10^{-11}$ mSv
コンクリートセル	閉じ込め	<p>【内部被ばく】コンクリートセル内の試料調製時に発生する燃料デブリ等からの粉体の発生量を安全側に見積もり、粉体中の放射性物質がセル内の気相に移行<sup>**2</sup>し、排気系統を通じてではなく、直接、セル周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建屋、コンクリートセルの除染係数各々 <math>10^{**3}</math> を考慮する。</li> </ul> <p>【外部被ばく】建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量<sup>**4</sup>は、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。</p>	1. 1mSv
	遮蔽	<p>【外部被ばく】コンクリートセルの遮蔽機能が見込め、燃料デブリ等 ■ から直接線・スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ コンクリートセル及び建屋による遮蔽を考慮する。</li> </ul>	$2.4 \times 10^{-4}$ mSv
試料ピット	遮蔽	<p>【外部被ばく】試料ピットの遮蔽機能が見込め、燃料デブリ等 ■ から直接線・スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ■ 建屋による遮蔽を考慮する。</li> <li>・ 試料ピットは地下階に存在するため、土壌による遮蔽を考慮する。</li> </ul>	$2.6 \times 10^{-4}$ mSv
鉄セル	閉じ込め	<p>【内部被ばく】鉄セル内の燃料デブリ等中の放射性物質の一部がセル内の気相に移行<sup>**5</sup>し、排気系統を通じてではなく、直接、セル周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建屋の除染係数 <math>10^{**3}</math> を考慮する。</li> </ul> <p>【外部被ばく】建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量<sup>**4</sup>は、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。</p>	$2.7 \times 10^{-1}$ mSv
	遮蔽	<p>【外部被ばく】鉄セルの遮蔽機能が喪失し、燃料デブリ等 ■ から直接線・スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建屋の遮蔽を考慮する。</li> </ul>	$3.1 \times 10^{-7}$ mSv
グローブボックス	閉じ込め	<p>【内部被ばく】グローブボックス内の燃料デブリ等中の放射性物質の一部がグローブボックス内の気相に移行<sup>**5</sup>し、排気系統を通じてではなく、直接、グローブボックス周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建屋の除染係数 <math>10^{**3}</math> を考慮</li> </ul> <p>【外部被ばく】建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量<sup>**4</sup>は、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。</p>	$2.7 \times 10^{-5}$ mSv

2. 14. 8. 2-7

フード	閉じ込め	<p>【内部被ばく】フード内の燃料デブリ等中の放射性物質の一部がフード内の気相に移行<sup>※5</sup>し、排気系統を通じてではなく、直接、フード周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・建屋の除染係数<math>10^{※3}</math>を考慮する。</li> </ul> <p>【外部被ばく】建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量<sup>※4</sup>は、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。</p>	$2.7 \times 10^{-5}$ mSv
液体廃棄物一時貯留設備	閉じ込め	<p>【内部被ばく】液体廃棄物一時貯留設備のうち分析廃液受槽が破損し、内蔵している放射性の液体廃棄物が堰内に漏えいし、漏えいに伴い液体廃棄物中の放射性物質の一部が室内の気相に移行<sup>※6</sup>し、排気系統を通じてではなく、直接、建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・建屋の除染係数<math>10^{※3}</math>を考慮する。</li> </ul> <p>【外部被ばく】建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量<sup>※4</sup>は、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。</p>	$7.2 \times 10^{-6}$ mSv
セル・GB 用換気空調設備	閉じ込め	<p>【内部被ばく】コンクリートセル内の試料調製時に発生する燃料デブリ等からの粉体の発生量を安全側に見積もり、粉体中の放射性物質がセル内の気相に移行<sup>※2</sup>し、コンクリートセルの排気配管内の放射性物質を含む気体が直接周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・建屋の除染係数<math>10^{※3}</math>を考慮する。</li> </ul> <p>【外部被ばく】建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量<sup>※4</sup>は、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。</p>	$2.0 \times 10^{-1}$ mSv
フード用換気空調設備	閉じ込め	<p>【内部被ばく】フード内の燃料デブリ等中の放射性物質の一部がフード内の気相に移行<sup>※5</sup>し、フードの排気配管内の放射性物質を含む気体が直接フード周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・建屋の除染係数<math>10^{※3}</math>を考慮する。</li> </ul> <p>【外部被ばく】建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量<sup>※4</sup>は、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。</p>	$2.7 \times 10^{-5}$ mSv

※1 遮蔽機能の喪失が継続する期間を7日間として評価した。

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

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

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

※4 クラウドシャインについては気相へ移行した放射性物質が1時間で全て放出された想定で評価し、グランドシャインについては外部被ばくの期間を7日間として評価した。

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

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



## 第2棟の建屋を安全上重要な施設に含めない理由について

第2棟における安全上重要な施設の選定において、第2棟の建屋を安全上重要な施設に含めない理由を以下に示す。

## 1. 安全上重要な施設を選定するための基準

「使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則」及びその解釈の要求事項を踏まえ、以下の2つの基準について、第2棟の建屋に係る考え方を示す。

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

## 2. 第2棟の建屋に係る安全上重要な施設を選定するための基準の考え方

## ①安全機能喪失時に公衆への被ばく影響が5mSv/事象を超える施設・設備

表 2. 14. 8. 2-5 に示すとおり、建屋は、安全機能喪失時における公衆被ばく線量が5mSv/事象を超えないため、安全上重要な施設に含めないこととする。

表 2. 14. 8. 2-5 建屋における安全機能（遮蔽機能）喪失時の公衆の被ばく線量

設備名称	遮蔽機能喪失時の 公衆の被ばく線量 (mSv)
建屋	$1.5 \times 10^{-11}$

②設計評価事故において、当該施設・設備による事故の防止・緩和機能に期待しているものであって、それら機能に期待しない場合の公衆への被ばく影響が5mSv/事象を超える施設・設備

設計評価事故の評価上、第2棟の建屋のDFを考慮した線量評価を実施しているが、以下に示す理由により、第2棟の建屋は、上記の基準を満たさないものと判断し、安全上重要な施設に含めないこととする。

I. 線量評価上の評価条件

建屋は、静的な設備であることから設計上信頼性のある構造物である。また、閉じ込め機能を有するコンクリートセルを取り囲む構造物であり、放射性物質を直接内包するものではない。

「使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」の別記1を参考に、設計評価事故の線量評価において、建屋は、動的地震力 Ss900 に対し耐震性を有しているため、当該施設の設計に基づき、現実的に考慮できるものとしてDFを設定した。そのため、第2棟の建屋のDFは、設計評価事故の防止・緩和機能として元々期待しているものではなく、線量評価上の評価条件として設定した位置づけである。

## II. 地震及び竜巻が同時発生する確率

地震以外の自然現象、外部人為事象のうち、建屋に損傷を与える可能性のある事象は竜巻のみであるため、地震と竜巻の同時発生する確率を確認する。Sクラス相当の地震及び第2棟建屋躯体に裏面剥離が生じる風速の竜巻が同時発生する確率を以下に示す。

- ・ Sクラス相当の地震の発生確率 (JEAG4601) :  $5 \times 10^{-4}$ 
  - 原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG4601) に記載されている Sクラス相当の地震の発生確率  $5 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-5}$  サイト/年から最大の値を用いる。
- ・ 第2棟建屋躯体に裏面剥離が生じる風速 (76m/s<sup>\*</sup>) の竜巻の年超過確率 :  $3 \times 10^{-6}$ 
  - 裏面剥離が生じる竜巻の風速 76m/s<sup>\*</sup>における年超過確率として、図 2.14.8.2-3 に示す竜巻風速のハザード曲線から  $3 \times 10^{-6}$  を用いる。

※ 竜巻の風速が約 76m/s のときに、竜巻ガイドに基づくサイズ、重量のコンテナの裏面剥離限界厚さが 60cm となり、第2棟の建屋躯体の裏面剥離が生じる可能性があることを確認した。コンテナ以外の飛来物は竜巻の風速が 100m/s のときに裏面剥離が発生しないことを確認済み。

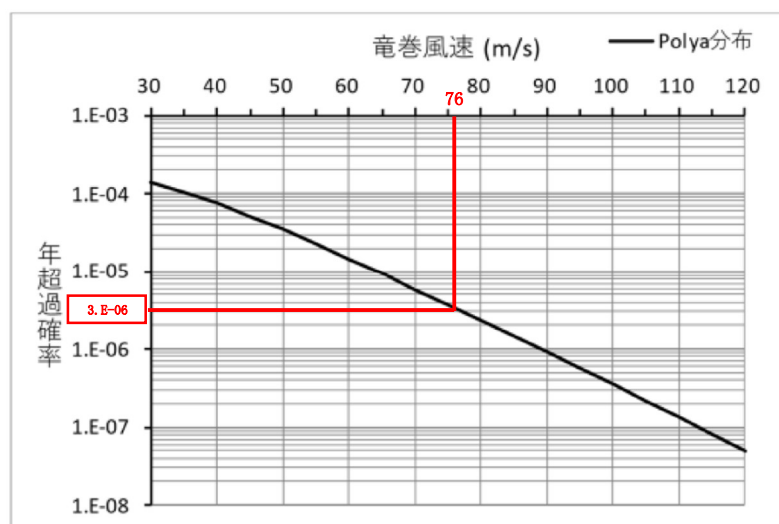


図 2.14.8.2-3 竜巻風速のハザード評価結果

上記の確率から、Sクラス相当の地震及び第2棟建屋躯体に裏面剥離が生じる風速の竜巻が同時発生する確率は以下のとおり。

$$(\text{地震の確率 } 5 \times 10^{-4}) \times (\text{竜巻の確率 } 3 \times 10^{-6}) \doteq 2 \times 10^{-9} \ll 1 \times 10^{-7}$$

以上のことから、地震及び竜巻が同時発生する確率が十分小さいことから設計上の異常事象として想定しがたく、地震時において建屋の DF は問題なく考慮できる。

### 3. まとめ

「2. 第2棟の建屋に係る安全上重要な施設を選定するための基準の考え方」に記載した理由から、第2棟の建屋は、安全上重要な施設を選定するための基準を超えず、また、設計評価事故の評価に外部事象を加味したとしても、全ての条件下において建屋の DF を考慮できることから、安全上重要な施設に含めないこととする。

## 第2棟における多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止について

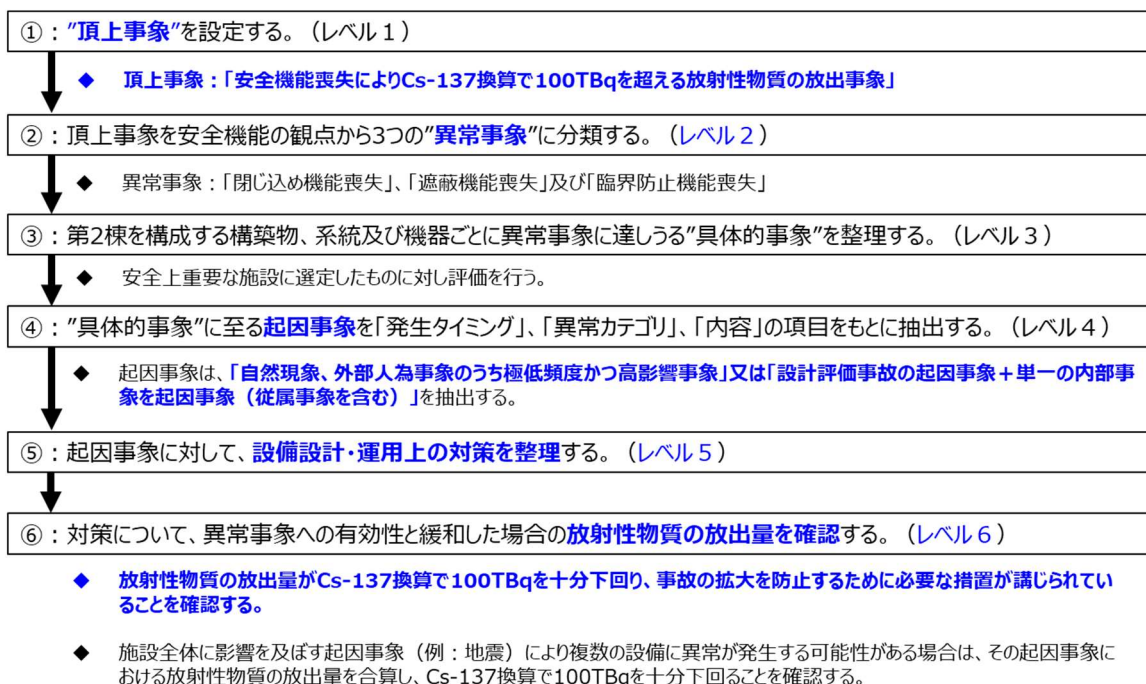
使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則第29条（多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止）に対する適合性を確認するため、第2棟における多量の放射性物質等を放出する事故の評価を行う。評価した結果から、第2棟における多量の放射性物質等を放出する事故時の放射性物質の放出量がCs-137換算で100TBqを十分下回り、当該事故の拡大を防止するために必要な措置が講じられていることを示す。

## 1. 多量の放射性物質等を放出する事故の評価方法

## 1.1 マスターロジックダイアグラムを用いた評価フロー

第2棟の多量の放射性物質等を放出する事故は、設計評価事故の評価方法と同様にMLDを用いて評価を実施する。表2.14.8.3-1に、多量の放射性物質等を放出する事故の具体的な評価手順を示す。

表 2.14.8.3-1 MLDを用いた多量の放射性物質等を放出する事故の評価手順



### 1.2 第2棟における多量の放射性物質等を放出する事故の評価対象

第2棟における多量の放射性物質等を放出する事故の評価は、多量の放射性物質等を放出するおそれがある表2.14.8.3-2に示す安全上重要な施設を対象として実施する。

表2.14.8.3-2 第2棟の安全上重要な施設

安全上重要な施設
コンクリートセル（給排気弁を含む）
試料ピット

なお、施設全体に影響を及ぼす起因事象による放射性物質の放出量を合算した評価を行うため、表2.14.8.3-3に示す安全上重要な施設以外の閉じ込め機能を有する設備についても、同様の事故を想定した条件のもと、放射性物質の放出量の評価を行うこととする。

表2.14.8.3-3 第2棟の安全上重要な施設以外の閉じ込め機能を有する設備

安全上重要な施設以外の 閉じ込め機能を有する設備
鉄セル
グローブボックス
フード
液体廃棄物一時貯留設備

### 1.3 発生タイミングについて

別紙-1の図2.14.8.1-2と同様とする。図2.14.8.1-2に示したフローをもとに、各設備における発生タイミングごとの異常事象を想定する。

#### 1.4 異常カテゴリについて

第2棟における多量の放射性物質等を放出する事故は、「自然現象，外部人為事象のうち極低頻度かつ高影響事象」又は「設計評価事故の起因事象＋単一の内部事象（従属事象を含む）」を起因事象として想定する。

##### 1.4.1 自然現象，外部人為事象のうち極低頻度かつ高影響事象

設計評価事故の評価において想定した自然現象，外部人為事象のうち，確率的に発生することが想定しがたい事象又は第2棟の安全機能に影響を及ぼさない事象を対象に，より低頻度かつ高影響となる事象を起因として想定する。なお，以下に示す事象は，多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しないものとする。

##### ・設計上，十分な裕度を有している事象

第2棟の設計上，設計に用いた基準値から十分な裕度を有しており，低頻度かつ高影響の自然現象，外部人為事象により安全上重要な施設の安全機能喪失に至らないと判断される事象は，多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。

##### ・安全上重要な施設の安全機能に影響を与えない事象

低頻度かつ高影響の自然現象，外部人為事象の影響及び従属して発生する影響（停電，給水停止等）が発生したとしても，安全上重要な施設の安全機能に影響を与えず，重大事故の起因となる安全上重要な施設の安全機能の喪失の要因となる規模に至らない事象は，多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。

自然現象，外部人為事象のうち極低頻度かつ高影響事象について，多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定するか否かを表 2.14.8.3-4 に示す。表 2.14.8.3-4 に示すとおり，第2棟における多量の放射性物質等を放出する事故の評価において，自然現象，外部人為事象のうち極低頻度かつ高影響事象は起因として想定しないものとする。

表 2.14.8.3-4 自然現象，外部人為事象のうち極低頻度かつ高影響事象の想定

起回事象	No.	異常カテゴリ	多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない事象		極低頻度かつ高影響事象の想定	多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定するか
			設計上，十分な裕度を有している事象	安全上重要な施設の安全機能に影響を与えない事象		
自然現象	1	地震	✓	—	第2棟建屋は，Ss900の地震力によって各層に発生するせん断応力度によるせん断ひずみにおいて，スケルトンカーブの第2折れ点を超過せず，十分な裕度を有しており，おおむね弾性範囲にとどまるため，多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。	×
	2	津波	✓	—	第2棟建屋は，検討用津波に対して十分な裕度を有した位置に建設予定であり，検討用津波の高さを超え，かつ，第2棟まで遡上する津波は想定しがたいため，多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。	×
	3	豪雨	✓	—	第2棟の屋根面の排水等に係る設計は，基準とした降雨強度（森林法による林地開発許可制度の排水施設の設置基準に基づく降雨強度）に対して十分な裕度を有しており，第2棟の建屋に影響を与える豪雨は想定しがたいため，多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。	×
	4	積雪	✓	—	第2棟の屋上の積雪荷重に係る設計は，基準とした積雪荷重（建設基準法に基づく積雪荷重）に対して十分な裕度を有しており，第2棟の建屋に影響を与える積雪は想定しがたいため，多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。	×
	5	落雷	—	✓	第2棟建屋は，JIS A 4201（建築物等の雷保護）及び建築基準法に基づき避雷針の設置，機器接地を行い，落雷による損傷を防止する設計とするが，想定した強さを超える落雷が発生し停電が発生したとしても，安全上重要な施設の安全機能	×

					は電力を要さず維持できるため、多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。	
6	台風(強風, 高潮)	✓	—		第2棟建屋は、建築基準法及び関係法令に基づく風圧力に対して十分な裕度を有しており、重大事故の起因となる安全上重要な施設の安全機能の喪失の要因となる規模には至らないため、多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。また、高潮については、第2棟は十分な裕度を有した位置に建設予定であり、重大事故の起因となる安全上重要な施設の安全機能の喪失の要因となる規模には至らないため、多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。	×
7	竜巻(飛来物含む)	✓	—		第2棟建屋は、想定される竜巻に対して十分な裕度を有しており、第2棟の建屋内に設置される安全上重要な施設に影響を与える竜巻は想定しがたいため、多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。	×
8	生物学的事象	—	✓		小動物等の襲来により、建屋貫通孔等からの小動物の侵入が想定されるため、建屋貫通孔や電路端部等に対してシール材を施工することにより、侵入を防止する設計としており、生物学的事象の極低頻度かつ高影響の事象を想定したとしても、重大事故の起因となる安全上重要な施設の安全機能の喪失の要因となる規模には至らないため、多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。	×
9	火山の影響	✓	—		第2棟建屋は、想定される降下火砕物の堆積厚さに対して十分な強度を有しており、第2棟の建屋内に設置される安全上重要な施設に影響を与える火山の影響は想定しがたいため、多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。	×
10	外部火災	✓	—		第2棟建屋は、想定される外部火災に対して十分な裕度を有しており、第2棟の建屋内に設置される安全上重要な施設に影響を与える外部火災は想定しがたい	×

					ため、多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。	
外部人為 事象	11	電磁的障害	—	✓	第2棟建屋は、電磁的障害による擾乱を防止するため、接地した鋼製の管体に制御部及び演算部は格納し、高圧動力ケーブルは金属シールド付きとする等の電磁障害の影響を受けない設計としており、電磁的障害に係る極低頻度かつ高影響事象が万一発生したとしても、重大事故の起因となる安全上重要な施設の安全機能の喪失の要因となる規模には至らないため、多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。	×
	12	不正アクセス行為（サイバーテロを含む）	—	✓	第2棟は、安全上重要な施設の安全機能の維持・確保に運転員の操作を要さず、不正アクセス行為（サイバーテロを含む）を想定したとしても、重大事故の起因となる安全上重要な施設の安全機能の喪失の要因となる規模には至らないため、多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。	×
	13	航空機落下	✓	—	第2棟への落下確率は、設計上の考慮が必要とするか否かの判断基準を十分下回るため、多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。	×
	14	ダムの崩壊及び爆発	✓	—	第2棟近傍の河川及びダムは、第2棟から十分距離が離れており、河川又はダムの崩壊により施設に影響をおよぼすことはない。同様に爆発物の製造及び貯蔵施設も近隣になく、爆発により施設の安全性を損なうことは起こり得ないため、多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。	×
	15	有毒ガス	—	✓	安全上重要な施設の安全機能の維持・確保は、運転員の操作を要さず、有毒ガスにより施設の安全性は損なわれないことから、多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。	×



#### 1. 4. 2 設計評価事故の起回事象+単一の内部事象（従属事象を含む）

設計評価事故の起回事象に対し、施設・設備の動的な故障や誤動作、運転員の誤操作等の単一の内部事象を重ねたケースを多量の放射性物質等を放出する事故の起回事象として想定する。単一の内部事象は、設計評価事故で想定した設備故障又は人的過誤の起回事象を用いる。設計評価事故の起回事象と単一の内部事象の組み合わせを洗い出し、多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定するか整理した結果を表 2. 14. 8. 3-5 に示す。なお、コンクリートセルについては、分析時における地震及び設備故障を組み合わせた事象として、S クラス相当の地震発生に加え、動的機器である給排気弁の複数故障が生じた場合を起因とした事象（表 2. 14. 8. 3-5 における「設計評価事故 No. 組み合わせ」列の【8×8】）も併せて想定する。

#### 2. 評価結果

起因として想定する事象に対して、MLD を用いて多量の放射性物質等を放出する事故を評価した結果を表 2. 14. 8. 3-6 に示す。また、施設全体に影響を及ぼす起回事象として地震が想定されるため、地震による異常時に関連する放射性物質の放出量を合算した結果を表 2. 14. 8. 3-7 に示す。

#### 3. 多量の放射性物質等を放出する事故の評価結果について

MLD を用いて多量の放射性物質等を放出する事故を評価した結果、放射性物質の放出量が Cs-137 換算で 100TBq を十分下回り、事故の拡大を防止するために必要な措置が講じられていることを確認した。

表 2. 14. 8. 3-5 設計評価事故の起因事象と単一の内部事象の組み合わせ (1/5)

レベル1 頂上事象	レベル2 異常事象の定義	レベル3 具体的事象	多量の放射性物質等を放出する事故の起因事象一覧				除外する理由				多量の放射性物質等を放出する事故として想定するか			
			レベル4 起因事象		設計評価事故No. 組み合わせ	状況の想定	① 組み合わせる事象の内容が重複しているため。	② 事象発生タイミング(状態)が異なり、同時に事象が発生することは想定されないため。	③ 設計又は運用上、事象の組み合わせが想定されないため。	④ 事象を組み合わせたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため。				
			発生タイミング	異常カテゴリ										
安全機能喪失によりCs-137換算で100TBqを超える放射性物質の放出事象	閉じ込め機能喪失	コンクリートセルの閉じ込め機能喪失		受入・払出時	地震	設備故障	1×3	輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、Sクラス相当地震が発生し、加えて20t天井クレーンの動力部が故障したとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。				✓	—	
			1×4				Sクラス相当地震の事象において外部電源喪失を想定しており、事象の内容が重複するため除外。	✓			—			
			2×3				事象発生タイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓		—			
			2×4				事象発生タイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓		—			
			地震		人的過誤	1×5	輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、Sクラス相当の地震が発生し、玉掛けの状態が不十分でワイヤロープが輸送容器から外れたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。						✓	—
						1×6	輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、Sクラス相当の地震が発生した場合、外部電源を喪失する状態となり、20t天井クレーンの操作は行えないことから、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓			—		
						1×7	事象発生タイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓		—			
						2×5	事象発生タイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓		—			
						2×6	事象発生タイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓		—			
						2×7	燃料デブリ等をコンクリートセルに受け入れる際、Sクラス相当の地震が発生し、PVCバッグの装着を誤ったとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。				✓	—		
			設備故障		人的過誤	3×4	輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、外部電源喪失が発生した状態で、20t天井クレーンの動力部が故障した状況が発生することは想定されないため除外。		✓				—	
						3×5	輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、20t天井クレーンの動力部が故障し、玉掛けの状態が不十分で、ワイヤロープが外れたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。				✓	—		
				3×6		20t天井クレーンの動力部が故障した場合、クレーンの操作が行えず、クレーンの操作を誤る事象が同時に発生することは想定されないため除外。		✓			—			
				3×7		事象発生タイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓			—			
				4×5		輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、外部電源喪失が発生し、加えて玉掛けの状態が不十分で、ワイヤロープが外れる状況を想定したとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。				✓	—			
				4×6		外部電源喪失が発生した場合、20t天井クレーンの操作を行えず、クレーンの操作を誤る事象が同時に発生することは想定されないため除外。		✓			—			
				4×7		事象発生タイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓			—			
			人的過誤	人的過誤	5×6	輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、玉掛けの状態が不十分でワイヤロープが外れる状況と20t天井クレーンの操作を誤って輸送容器をコンクリートセルに接触させる状況は同時に発生することが想定されないため除外。		✓				—		
					5×7	事象発生タイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓			—			
					6×7	事象発生タイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓			—			
			分析時	地震	設備故障	8×8	Sクラス相当の地震が発生、さらに、地震に伴って可燃物が加熱機器に接触し、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。また、コンクリートセルの給排気弁が故障により自動で閉止せず、更に、多量化した給排気弁も故障により機能しない場合を想定する。						○	
						8×9	Sクラス相当の地震の事象のほか外部電源喪失を想定しており、電源を喪失した状態で、セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障が同時に発生することは想定されないため除外。		✓			—		

表 2. 14. 8. 3-5 設計評価事故の起因事象と単一の内部事象の組み合わせ (2/5)

多量の放射性物質等を放出する事故の起因事象一覧					除外する理由				多量の放射性物質等を放出する事故として想定するか				
レベル1	レベル2	レベル3	レベル4		①	②	③	④					
頂上事象	異常事象の定義	具体的事象	起因事象		設計評価事故No. 組み合わせ	状況の想定	組み合わせる事象の内容が重複しているため。	事象発生のタイミング(状態)が異なり、同時に事象が発生することは想定されないため。		設計又は運用上、事象の組み合わせが想定されないため。	事象を組み合わせたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため。		
			発生タイミング	異常カテゴリ									
				主な事象	副事象								
安全機能喪失によりCs-137換算で100TBqを超える放射性物質の放出事象	閉じ込め機能喪失	コンクリートセルの閉じ込め機能喪失	分析時	地震	設備故障	8×10	Sクラス相当の地震の事象のなかで外部電源喪失を考慮しており、電源を喪失した状態で、圧縮空気設備の動力部が故障が同時に発生することは想定されないため除外。		✓			-	
						8×11	Sクラス相当の地震の事象において外部電源喪失を想定しており、事象の内容が重複するため除外。	✓				-	
				地震	人的過誤	8×12	Sクラス相当の地震の事象に火災事象を従属事象として考慮しており、事象の内容が重複するため除外。	✓					-
						8×13	Sクラス相当の地震の発生に伴い、可燃物が加熱機器に接触し、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生し、加えて薬品が溢れたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。				✓		-
						8×14	Sクラス相当の地震の発生に伴い、可燃物が加熱機器に接触し、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況で、誤って背面遮蔽扉を開放する操作を行うことは困難で想定しがたいため除外。		✓				-
				設備故障	設備故障	8×15	Sクラス相当の地震及び従属事象として火災が発生した場合、耐震性能上窒素ガス消火設備は機能喪失しており、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓				-
						9×10	セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障が発生したとしても、セル・グローブボックス用換気空調設備は予備機を有しており、事象の組み合わせが想定されないため除外。			✓			-
						9×11	外部電源喪失の想定ではセル・グローブボックス用換気空調設備の排風機停止を想定しており、電源を喪失した状態で、セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障が同時に発生することは想定されないため除外。		✓				-
				設備故障	人的過誤	10×11	外部電源喪失の事象において圧縮空気設備の機能喪失及び給排気弁の操作不可を想定しており、事象の内容が重複するため除外。	✓					-
						9×12	セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障が発生したとしても、セル・グローブボックス用換気空調設備は予備機を有するため、複数の起因による事故に至らないため除外。			✓			-
						9×13	セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障が発生したとしても、セル・グローブボックス用換気空調設備は予備機を有するため、複数の起因による事故に至らないため除外。			✓			-
						9×14	セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障が発生したとしても、セル・グローブボックス用換気空調設備は予備機を有するため、複数の起因による事故に至らないため除外。			✓			-
						9×15	セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障が発生したとしても、セル・グローブボックス用換気空調設備は予備機を有するため、複数の起因による事故に至らないため除外。			✓			-
						10×12	圧縮空気設備の動力部が故障したとしても、予備機により機能を維持できるため、事象の組み合わせは想定されないため除外。			✓			-
						10×13	圧縮空気設備の動力部が故障したことに伴うコンクリートセルの給排気弁の開閉操作不可の状況に加えて、薬品を誤って溢したとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。				✓		
10×14	圧縮空気設備の動力部が故障したとしても、予備機により機能を維持できるため、事象の組み合わせは想定されないため除外。			✓				-					
10×15	圧縮空気設備の動力部が故障したとしても、予備機により機能を維持できるため、事象の組み合わせは想定されないため除外。			✓				-					
11×12	外部電源喪失が発生した場合、加熱機器を使用できず、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓					-					
11×13	外部電源喪失によるセル・グローブボックス用換気空調設備の排風機停止、圧縮空気設備、コンクリートセルの給排気弁の操作不可の状況に加えて、薬品を誤って溢したとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。				✓			-					

表 2. 14. 8. 3-5 設計評価事故の起因事象と単一の内部事象の組み合わせ (3/5)

多量の放射性物質等を放出する事故の起因事象一覧							除外する理由				多量の放射性物質等を放出する事故として想定するか		
レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				①	②	③	④			
頂上事象	異常事象の定義	具体的事象	起因事象				組み合わせ	状況の想定	組み合わせる事象の内容が重複しているため。	事象発生のタイミング(状態)が異なり、同時に事象が発生することは想定されないため。		設計又は運用上、事象の組み合わせが想定されないため。	事象を組み合わせたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため。
			発生タイミング	異常カテゴリ		設計評価事故No.							
				主な事象	副事象	組み合わせ							
安全機能喪失によりCs-137換算で100TBqを超える放射性物質の放出事象	閉じ込め機能喪失	コンクリートセルの閉じ込め機能喪失	分析時	設備故障	人的過誤	11×14	外部電源喪失によるセル・グロブボックス用換気空調設備の排風機停止、圧縮空気設備、コンクリートセルの給排気弁の操作不可の状態で、誤って背面遮蔽扉を開放する操作を行うことは困難で想定しがたいため除外。		✓			—	
						11×15	外部電源喪失時、窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触し起動させることはできず、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓		—		
				人的過誤	人的過誤	12×13	可燃物が加熱機器に接触し、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災に加えて、薬品が溢れたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓	—		
						12×14	可燃物を加熱機器に誤って接触させ、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況に加え、背面遮蔽扉を誤って開放したとしても、換気空調設備による閉じ込め機能は維持されており、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓	—		
						12×15	可燃物を加熱機器に誤って接触させ、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況に加えて、窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触し起動させ、コンクリートセル内に窒素ガスが噴射されたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓	—		
						13×14	分析中に、薬品を誤って溢した状況で、背面遮蔽扉を誤って開放しても、換気空調設備による閉じ込め機能は維持されており、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓	—		
						13×15	分析中に、薬品を誤って溢した状況で、窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触し起動させ、コンクリートセル内に窒素ガスが噴射されたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓	—		
			14×15	背面遮蔽扉を誤って開放する状況に加え、窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触し起動させ、コンクリートセル内に窒素ガスが噴射されたとしても、換気空調設備による閉じ込め機能は維持されており、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓	—					
			移送時	地震	設備故障	16×18	保管容器をインセルクレーンで移送中に、Sクラス相当の地震が発生した場合、インセルクレーンの動力部は機能を喪失しており、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓	—			
						16×19	Sクラス相当地震の事象において外部電源喪失を想定しており、事象の内容が重複するため除外。	✓		—			
						17×18	Sクラス相当地震の事象のなかで外部電源喪失を想定しており、電源を喪失した状態で、インセルクレーンの動力部の故障が同時に発生することは想定されないため除外。		✓	—			
						17×19	Sクラス相当地震の事象において外部電源喪失を想定しており、事象の内容が重複するため除外。	✓		—			
				地震	人的過誤	16×20	保管容器をインセルクレーンで移送中に、Sクラス相当の地震が発生し、加えて保管容器とインセルクレーンの接続状態が不十分であり、保管容器が落下する状況を想定したとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓	—		
						16×21	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓	—			
	17×20	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。					✓	—					
	設備故障	設備故障	人的過誤	17×21	インターロックによりセル開遮蔽扉を同時開放することはできず、事象の組み合わせが想定されないため除外。			✓	—				
				18×19	外部電源喪失が発生した状態で、インセルクレーンの動力部が故障する状況は想定されないため除外。		✓	—					
				18×20	保管容器をインセルクレーンで移送中に、インセルクレーンの動力部が故障した状態で、保管容器とインセルクレーンの接続状態が不十分であり、保管容器が落下したとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓	—				
		設備故障	人的過誤	18×21	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓	—					
				19×20	保管容器をインセルクレーンで移送中に、外部電源喪失が発生した状況に、保管容器とインセルクレーンの接続状態が不十分であり、保管容器が落下したとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓	—				
				19×21	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓	—					
閉じ込め機能喪失	コンクリートセルの閉じ込め機能喪失	移送時	人的過誤	人的過誤	20×21	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓		—			

表 2. 14. 8. 3-5 設計評価事故の起因事象と単一の内部事象の組み合わせ (4/5)

多量の放射性物質等を放出する事故の起因事象一覧							除外する理由				多量の放射性物質等を放出する事故として想定するか			
レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				①	②	③	④				
頂上事象	異常事象の定義	具体的事象	起因事象				組み合わせる事象の内容が重複しているため。	事象発生のタイミング(状態)が異なり、同時に事象が発生することは想定されないため。	設計又は運用上、事象の組み合わせが想定されないため。	事象を組み合わせたととしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため。				
			発生タイミング	異常カテゴリ		設計評価事故No. 組み合わせ					状況の想定			
		主な事象		副事象										
安全機能喪失によりCs-137換算で100TBqを超える放射性物質の放出事象	遮蔽機能喪失	コンクリートセルの遮蔽機能喪失	受入・払出時	—	—	組み合わせなし	—					—		
			分析時	地震	設備故障	組み合わせなし	—						—	
				地震	人的過誤	70×72	Sクラス相当の地震の発生に伴い、可燃物が加熱機器に接触し、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状態で、誤って背面遮蔽扉を開放する操作を行うことは困難で想定しがたいため除外。		✓					
				設備故障	設備故障	組み合わせなし	—						—	
				設備故障	人的過誤	組み合わせなし	—						—	
				人的過誤	人的過誤	組み合わせなし	—						—	
			移送時	—	—	組み合わせなし	—						—	
			試料ピットの遮蔽機能喪失	一時保管時	—	—	組み合わせなし	—					—	
			臨界防止機能喪失	コンクリートセルの臨界防止機能喪失	受入・払出時	地震	設備故障	85×86	地震によって重量測定器が損傷した場合、重量測定器の操作が行えず、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓			—
						地震	人的過誤	85×87	地震によって重量測定器が損傷した場合、重量測定器の操作が行えず、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓			—
	85×88	事象を組み合わせたととしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。								✓	—			
	85×89	事象を組み合わせたととしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。								✓	—			
	設備故障	設備故障						組み合わせなし	—					—
	設備故障	人的過誤				86×87	重量測定器の誤作動に伴う表示値の相違と、重量測定器の表示値の読み間違えは事象の内容が重複するため除外。	✓				—		
						86×88	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓			—		
						86×89	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓			—		
						87×88	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓			—		
						87×89	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓			—		
					88×89	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓			—			
	分析時	—			—	組み合わせなし	—					—		
	移送時	地震			設備故障	93×94	地震によって重量測定器が損傷した場合、重量測定器の操作が行えず、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓				—	
		地震			人的過誤	93×95	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓				—	
						93×96	地震によって重量測定器が損傷した場合、重量測定器の操作が行えず、運用上事象の組み合わせが想定されないため除外。			✓			—	
						設備故障	設備故障	組み合わせなし	—					—
		設備故障			人的過誤	94×95	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓				—	
						94×96	組み合わせる事象の内容が重複しているため除外。	✓					—	
						95×96	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓				—	
		試料ピットの臨界防止機能喪失			一時保管時	地震	設備故障	97×98	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓			—
			地震	人的過誤		97×99	試料ピットに燃料デブリ等を一時保管中に、Sクラス相当の地震が発生した場合、燃料デブリ等を一時保管するための手順が行えず、運用上事象の組み合わせが想定されないため除外。			✓		—		

表 2. 14. 8. 3-5 設計評価事故の起回事象と単一の内部事象の組み合わせ (5/5)

多量の放射性物質等を放出する事故の起回事象一覧							除外する理由				多量の放射性物質等を放出する事故として想定するか		
レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				①	②	③	④			
頂上事象	異常事象の定義	具体的事象	発生タイミング	異常カテゴリ		設計評価事故No. 組み合わせ	状況の想定	組み合わせる事象の内容が重複しているため。	事象発生のタイミング(状態)が異なり、同時に事象が発生することは想定されないため。	設計又は運用上、事象の組み合わせが想定されないため。		事象を組み合わせたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため。	
				主な事象	副事象								
安全機能喪失によりCs-137換算で100TBqを超える放射性物質の放出事象	臨界防止機能喪失	試料ピットの臨界防止機能喪失	一時保管時	地震	人的過誤	97×100	試料ピットに燃料デブリ等を一時保管中に、Sクラス相当の地震が発生した場合、燃料デブリ等を一時保管するための手順が行なえず、運用上事象の組み合わせが想定されないため除外。			✓		—	
						97×101	試料ピットに燃料デブリ等を一時保管中に、Sクラス相当の地震が発生した場合、燃料デブリ等を一時保管するための手順が行なえず、運用上事象の組み合わせが想定されないため除外。			✓		—	
				設備故障	設備故障	組み合わせなし	—						—
				設備故障	人的過誤	98×99	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓			—	
						98×100	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓			—	
				人的過誤	人的過誤	98×101	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓			—	
						99×100	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓			—	
						99×101	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓			—	
100×101	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓			—							

表2.14.8.3-6 MLDを用いた分析結果

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象				対策 (AND条件) 青字：設計面，緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ 主な事象 + 副事象	設計評価事故 組み合わせ No.	内容		
安全機能喪失により公衆の被ばく線量が5mSvを超える放射性物質等の放出事象	閉じ込め機能喪失	コンクリートセルの閉じ込め機能喪失	分析時	地震 × 設備故障	8×8	<p>Sクラス相当の地震が発生，地震に伴って可燃物が加熱機器に接触し，セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況に加え，コンクリートセルの給排気弁が故障により自動で閉止せず，更に，多重化した給排気弁も故障により機能しない場合を想定する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリートセル内で取り扱う可燃物の量を必要最低限にする等の管理を行う。</li> <li>・加熱機器を使用する間は，異常時に速やかな対応ができるよう，作業員が作業場所にて常時監視を行う。</li> <li>・Sクラス相当の地震に対して，コンクリートセルはおおむね弾性範囲にとどまり，安全機能を維持できる。</li> <li>・建屋は，動的地震力Ss900に対し耐震性を有しているため安全機能を維持できる。</li> <li>・コンクリートセルの給排気弁は，Sクラス相当の地震に対して耐震性を有する設計とする。</li> <li>・コンクリートセルの給排気弁は，故障により自動で動作しない場合においても手動で操作できる設計とする。</li> </ul>	<p>(緩和)</p> <p>事故発生時の影響</p> <p>建屋の除染係数を考慮した場合の放射性物質 (Cs-137換算) の放出量</p> <p><math>8.4 \times 10^{-2}</math> TBq</p>

表2. 14. 8. 3-7 施設全体に影響を及ぼす起因事象による放射性物質の放出量の合算

異常事象 <sup>※1</sup>	表2. 14. 8. 3-6 引用No.	起因事象	放射性物質 の放出量 (TBq)
コンクリートセルの 閉じ込め機能喪失	8×8	地震（地震に伴う火災を含む） +設備故障	$8.4 \times 10^{-2}$
鉄セルの閉じ込め機能喪失 <sup>※2</sup>		地震（地震に伴う火災を含む）	$2.1 \times 10^{-3}$
グローブボックスの 閉じ込め機能喪失 <sup>※2</sup>		地震（地震に伴う火災を含む）	$2.1 \times 10^{-7}$
フードの閉じ込め機能 （風速維持）喪失 <sup>※2</sup>		地震	$1.3 \times 10^{-7}$
液体廃棄物一時貯留設備の 閉じ込め機能喪失 <sup>※2</sup>		地震	$3.5 \times 10^{-8}$
地震による放射性物質の放出量の合算 (TBq)			$8.6 \times 10^{-2}$

※1 多量の放射性物質等を放出する事故の評価において、同じ設備に対し地震を起因とした異常事象が複数ある場合は、放射性物質の放出量が最も大きくなる異常事象を引用して、放射性物質の放出量の合算を行う。

※2 鉄セル、グローブボックス、フード、液体廃棄物一時貯留設備の閉じ込め機能喪失は、安全を損なう影響が最も大きいSクラス相当の地震を起因として事故を想定した場合、耐震設計上、設備自体が損傷するため、設備故障、人的過誤を追加した異常が想定できないことから、Sクラス相当の地震を起因とした事象（従属事象含む）における放射性物質の放出量を算出する。



## 多量の放射性物質等を放出する事故時における放射性物質の放出量評価

コンクリートセルの安全機能喪失による放射性物質の放出量がCs-137換算で100TBqを十分下回ることを確認するため、安全機能喪失時における放射性物質の放出量の評価を行った。評価条件及び結果を以下に示す。

なお、設計評価事故の起回事象に対し、単一の内部事象（設計評価事故で想定した設備故障又は人的過誤の起回事象）を重ねたケースを多量の放射性物質等を放出する事故の起回事象として想定する。

### 1. 評価結果

#### 1.1 起回事象No. 8×8（表2.14.8.3-6からNo. 引用）

##### (1) 想定事象

- ・ Sクラス相当の地震が発生、更に、地震に伴って可燃物が加熱機器に接触し、セル内で紙ウエスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。また、コンクリートセルの給排気弁が故障により自動で閉止せず、更に、多重化した給排気弁も故障により機能しない場合を想定する。

##### (2) 放射性物質の放出経路

- ・ コンクリートセルNo. 4における燃料デブリ等[ ]の切断時に地震が発生し、その後、火災が発生したことを想定する。
- ・ 切断時に発生する粉体（約 $7.0 \times 10^{12}$ Bq）について、切断時の飛散1%（既存使用施設で同様な評価に用いている移行率<sup>※1</sup>）と火災に伴う飛散0.6%<sup>※2</sup>を合わせた1.6%（トリチウム、希ガス、ヨウ素は100%）が気相に移行する。
- ・ 気相に移行した放射性物質は、排気系統を通じてではなく、直接、室内に放出され、更に室内から建屋外へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。
- ・ 放射性物質の放出経路の概要図を図2.14.8.3-1に示す。

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

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

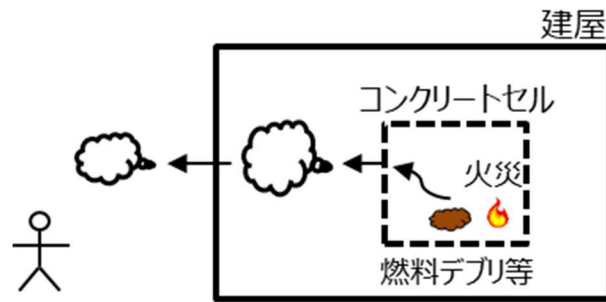


図 2.14.8.3-1 放射性物質の放出経路の概要図（起因事象 No. 8×8）

### (3) 除染係数

- ・ 建屋について，除染係数（DF）として 10 を考慮する<sup>※3</sup>。
- ・ ガス状の放射性物質については，除染係数を考慮しない。

※3 建屋の除染係数として 10 を考慮

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

### (4) 放出された放射能に関する Cs-137 換算方法

- ・ 外部への放射性物質の放出量に Cs-137 への換算係数を乗じて，外部への放射性物質の放出量（Cs-137 換算）を算出する。Cs-137 への換算係数は，IAEA-TECDOC-1162 に示される，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換算係数を用いて，セシウム-137 と着目核種との比から算出する。

$$\text{Cs-137 への換算係数} = (\text{各核種の換算係数}) / (\text{Cs-137 の換算係数})$$

- ・ 建屋外へ放出された核種ごとの放出量及び Cs-137 換算の放出量を表 2.14.8.3-8 に示す。

表 2.14.8.3-8 建屋外へ放出された核種ごとの放出量及び Cs-137 換算の放出量  
(起因事象 No. 8×8)

核種	放出量 [Bq]	実効線量換算係数の比 (各核種/Cs-137)	Cs-137 換算の放出量 [Bq]
Pu-238	$7.5 \times 10^8$	$5.1 \times 10^1$	$3.8 \times 10^{10}$
Am-241	$4.0 \times 10^8$	$5.2 \times 10^1$	$2.1 \times 10^{10}$
Pu-241	$7.5 \times 10^9$	1.5	$1.1 \times 10^{10}$
Pu-240	$9.7 \times 10^7$	$6.5 \times 10^1$	$6.3 \times 10^9$
Pu-239	$5.4 \times 10^7$	$6.5 \times 10^1$	$3.5 \times 10^9$
Cm-244	$1.0 \times 10^8$	$2.2 \times 10^1$	$2.2 \times 10^9$
Am-242m	$1.4 \times 10^7$	$4.8 \times 10^1$	$6.6 \times 10^8$
Cs-137	$6.0 \times 10^8$	1.0	$6.0 \times 10^8$
Ba-137m	$5.7 \times 10^8$	1.0	$5.7 \times 10^8$
その他 <sup>※4</sup>	$4.1 \times 10^9$	— <sup>※5</sup>	$4.6 \times 10^8$
合計	$1.4 \times 10^{10}$	—	$8.4 \times 10^{10}$

※4 「その他」以外の核種が「Cs-137 換算した放出量の合計」のうち約 99%を占める。

※5 「その他」の核種については、核種ごとに算出した「実効線量換算係数の比」を用いる。

(5) 放出量評価結果

- ・ 放射性物質の放出量は Cs-137 換算で約  $8.4 \times 10^{-2}$  TBq となる。

安全機能喪失時（鉄セル，グローブボックス，フード，液体廃棄物一時貯留設備の閉じ込め機能喪失時）における放射性物質の放出量の評価

安全機能喪失（鉄セル，グローブボックス，フード，液体廃棄物一時貯留設備の閉じ込め機能喪失）による放射性物質の放出量が Cs-137 換算で 100TBq を十分下回ることを確認するため，安全機能喪失時における放射性物質の放出量の評価を行った。評価条件及び結果を以下に示す。

なお，鉄セル，グローブボックス，フード，液体廃棄物一時貯留設備の閉じ込め機能喪失は，安全を損なう影響が最も大きい S クラス相当の地震を起因として事故を想定した場合，耐震設計上，設備自体が損傷するため，設備故障，人的過誤を追加した異常が想定できないことから，S クラス相当の地震を起因とした事象（従属事象含む）における放射性物質の放出量を算出する。

## 1. 評価結果

### 1.1 起回事象No. 22（表2.14.8.1-4からNo. 引用）

#### (1) 想定事象

- ・ 加熱機器を使用している際に，S クラス相当の地震が発生し鉄セルが損傷，更に，地震に伴って可燃物が加熱機器に接触したことにより紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。地震により，セル・グローブボックス用換気空調設備，圧縮空気設備，消火設備が損傷し，鉄セルの負圧維持機能，圧縮空気，外部電源及び消火機能が喪失した状態を想定する。

#### (2) 放射性物質の放出経路

- ・ 鉄セルにおける燃料デブリ等 ████████ の取扱い時に地震が発生し，その後，火災が発生したことを想定する。なお，鉄セルにおいては燃料デブリ等の切断を行わないが，保守的な評価として，気相への放射性物質の移行率は，燃料デブリ等切断時の値を使用する。
- ・ 切断時に発生する粉体（約  $2.0 \times 10^{11}$ Bq）について，切断時の飛散 1%（既存使用施設で同様な評価に用いている移行率<sup>※1</sup>）と火災に伴う飛散 0.6%<sup>※2</sup> を合わせた 1.6%（トリチウム，希ガス，ヨウ素は 100%）が気相に移行する。
- ・ 気相に移行した放射性物質は，排気系統を通じてではなく，直接，室内に放出され，更に室内から建屋外へ地上放出され，敷地境界に達したと想定する。
- ・ 放射性物質の放出経路の概要図を図 2.14.8.3-2 に示す。

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

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

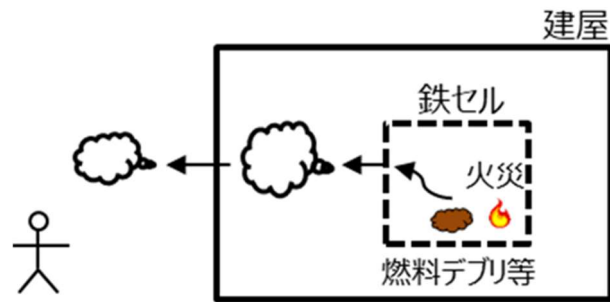


図 2. 14. 8. 3-2 放射性物質の放出経路の概要図（起因事象 No. 22）

### (3) 除染係数

- ・ 建屋について，除染係数（DF）として 10 を考慮する<sup>※3</sup>。
- ・ ガス状の放射性物質については，除染係数を考慮しない。

※3 建屋の除染係数として 10 を考慮

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

### (4) 放出された放射能に関する Cs-137 換算方法

- ・ 外部への放射性物質の放出量に Cs-137 への換算係数を乗じて，外部への放射性物質の放出量（Cs-137 換算）を算出する。Cs-137 への換算係数は，IAEA-TECDOC-1162 に示される，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換算係数を用いて，セシウム-137 と着目核種との比から算出する。

$$\text{Cs-137 への換算係数} = (\text{各核種の換算係数}) / (\text{Cs-137 の換算係数})$$

- ・ 建屋外へ放出された核種ごとの放出量及び Cs-137 換算の放出量を表 2. 14. 8. 3-9 に示す。

表 2.14.8.3-9 建屋外へ放出された核種ごとの放出量及び  
Cs-137 換算の放出量 (起因事象 No. 22)

核種	放出量 [Bq]	実効線量換算係数の比 (各核種/Cs-137)	Cs-137 換算の放出量 [Bq]
Pu-238	$1.9 \times 10^7$	$5.1 \times 10^1$	$9.5 \times 10^8$
Am-241	$1.0 \times 10^7$	$5.2 \times 10^1$	$5.2 \times 10^8$
Pu-241	$1.9 \times 10^8$	1.5	$2.7 \times 10^8$
Pu-240	$2.4 \times 10^6$	$6.5 \times 10^1$	$1.6 \times 10^8$
Pu-239	$1.4 \times 10^6$	$6.5 \times 10^1$	$8.8 \times 10^7$
Cm-244	$2.6 \times 10^6$	$2.2 \times 10^1$	$5.5 \times 10^7$
Am-242m	$3.4 \times 10^5$	$4.8 \times 10^1$	$1.6 \times 10^7$
Cs-137	$1.5 \times 10^7$	1.0	$1.5 \times 10^7$
Ba-137m	$1.4 \times 10^7$	1.0	$1.4 \times 10^7$
その他 <sup>※4</sup>	$1.0 \times 10^8$	— <sup>※5</sup>	$1.2 \times 10^7$
合計	$3.6 \times 10^8$	—	$2.1 \times 10^9$

※4 「その他」以外の核種が「Cs-137 換算した放出量の合計」のうち約 99%を占める。

※5 「その他」の核種については、核種ごとに算出した「実効線量換算係数の比」を用いる。

#### (5) 放出量評価結果

- ・ 放射性物質の放出量は Cs-137 換算で約  $2.1 \times 10^{-3}$  TBq となる。

### 1.2 起因事象No. 31 (表2.14.8.1-4からNo. 引用)

#### (1) 想定事象

- ・ 加熱機器を使用している際に、Sクラス相当の地震が発生しグローブボックスが損傷、更に、地震に伴って可燃物が加熱機器に接触したことにより紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。地震により、セル・グローブボックス用換気空調設備、消火設備が損傷し、グローブボックスの負圧維持機能、外部電源及び消火機能が喪失した状態を想定する。

#### (2) 放射性物質の放出経路

- ・ グローブボックスにおける燃料デブリ等 $\blacksquare$ の取扱い時に地震が発生し、その後、火災が発生したことを想定する。なお、グローブボックスにおいては燃料デブリ等の切断を行わないが、保守的な評価として、気相への放射性物質の移行率は、燃料デブリ等切断時の値を使用する。
- ・ 切断時に発生する粉体 (約  $2.0 \times 10^7$  Bq) について、切断時の飛散 1% (既存使用施設で同様な評価に用いている移行率<sup>※1</sup>) と火災に伴う飛散 0.6%<sup>※2</sup> を合わせた 1.6% (トリチウム、希ガス、ヨウ素は 100%) が気相に移行する。

- ・ 気相に移行した放射性物質は、排気系統を通じてではなく、直接、室内に放出され、更に室内から建屋外へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。
- ・ 放射性物質の放出経路の概要図を図 2. 14. 8. 3-3 に示す。

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

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

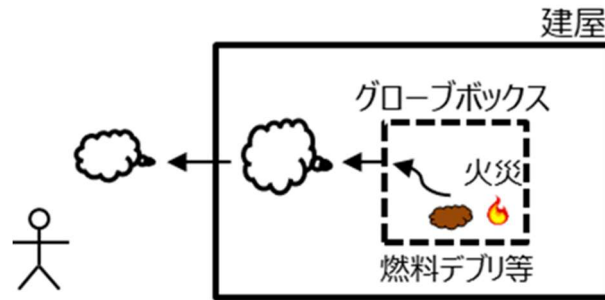


図 2. 14. 8. 3-3 放射性物質の放出経路の概要図 (起因事象 No. 31)

### (3) 除染係数

- ・ 建屋について、除染係数 (DF) として 10 を考慮する<sup>※3</sup>。
- ・ ガス状の放射性物質については、除染係数を考慮しない。

※3 建屋の除染係数として 10 を考慮

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

### (4) 放出された放射能に関する Cs-137 換算方法

- ・ 外部への放射性物質の放出量に Cs-137 への換算係数を乗じて、外部への放射性物質の放出量 (Cs-137 換算) を算出する。Cs-137 への換算係数は、IAEA-TECDOC-1162 に示される、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換算係数を用いて、セシウム-137 と着目核種との比から算出する。

$$\text{Cs-137 への換算係数} = (\text{各核種の換算係数}) / (\text{Cs-137 の換算係数})$$

- ・ 建屋外へ放出された核種ごとの放出量及び Cs-137 換算の放出量を表 2. 14. 8. 3-10 に示す。

表 2.14.8.3-10 建屋外へ放出された核種ごとの放出量及び  
Cs-137 換算の放出量 (起因事象 No. 31)

核種	放出量 [Bq]	実効線量換算係数の比 (各核種/Cs-137)	Cs-137 換算の放出量 [Bq]
Pu-238	$1.9 \times 10^3$	$5.1 \times 10^1$	$9.5 \times 10^4$
Am-241	$1.0 \times 10^3$	$5.2 \times 10^1$	$5.2 \times 10^4$
Pu-241	$1.9 \times 10^4$	1.5	$2.7 \times 10^4$
Pu-240	$2.4 \times 10^2$	$6.5 \times 10^1$	$1.6 \times 10^4$
Pu-239	$1.4 \times 10^2$	$6.5 \times 10^1$	$8.8 \times 10^3$
Cm-244	$2.6 \times 10^2$	$2.2 \times 10^1$	$5.5 \times 10^3$
Am-242m	$3.4 \times 10^1$	$4.8 \times 10^1$	$1.6 \times 10^3$
Cs-137	$1.5 \times 10^3$	1.0	$1.5 \times 10^3$
Ba-137m	$1.4 \times 10^3$	1.0	$1.4 \times 10^3$
その他 <sup>※4</sup>	$1.0 \times 10^4$	— <sup>※5</sup>	$1.2 \times 10^3$
合計	$3.6 \times 10^4$	—	$2.1 \times 10^5$

※4 「その他」以外の核種が「Cs-137 換算した放出量の合計」のうち約 99%を占める。

※5 「その他」の核種については、核種ごとに算出した「実効線量換算係数の比」を用いる。

#### (5) 放出量評価結果

- 放射性物質の放出量は Cs-137 換算で約  $2.1 \times 10^{-7}$  TBq となる。

### 1.3 起因事象No. 39 (表2.14.8.1-4からNo. 引用)

#### (1) 想定事象

- S クラス相当の地震により、フード用換気空調設備、フードの風速維持機能、外部電源が喪失した状況を想定する。

#### (2) 放射性物質の放出経路

- フードにおける燃料デブリ等<sup>■</sup>の取扱い時に地震が発生したことを想定する。なお、フードにおいては燃料デブリ等の切断を行わないが、保守的な評価として、気相への放射性物質の移行率は、燃料デブリ等切断時の値を使用する。
- 切断時に発生する粉体 (約  $2.0 \times 10^7$  Bq) について、切断時の飛散 1% (トリチウム, 希ガス, ヨウ素は 100%) が気相に移行する (既存使用施設で同様な評価に用いている移行率<sup>※1</sup>)。
- 気相に移行した放射性物質は、排気系統を通じてではなく、直接、室内に放出され、更に室内から建屋外へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。
- 放射性物質の放出経路の概要図を図 2.14.8.3-4 に示す。

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



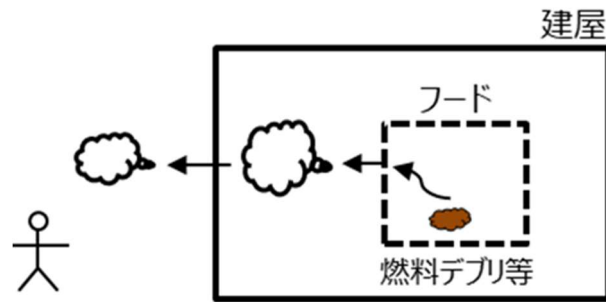


図 2. 14. 8. 3-4 放射性物質の放出経路の概要図（起因事象 No. 39）

### (3) 除染係数

- ・ 建屋について，除染係数（DF）として 10 を考慮する<sup>※2</sup>。
- ・ ガス状の放射性物質については，除染係数を考慮しない。

※2 建屋の除染係数として 10 を考慮

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

### (4) 放出された放射能に関する Cs-137 換算方法

- ・ 外部への放射性物質の放出量に Cs-137 への換算係数を乗じて，外部への放射性物質の放出量（Cs-137 換算）を算出する。Cs-137 への換算係数は，IAEA-TECDOC-1162 に示される，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換算係数を用いて，セシウム-137 と着目核種との比から算出する。

$$\text{Cs-137 への換算係数} = (\text{各核種の換算係数}) / (\text{Cs-137 の換算係数})$$

- ・ 建屋外へ放出された核種ごとの放出量及び Cs-137 換算の放出量を表 2. 14. 8. 3-11 に示す。

表 2.14.8.3-11 建屋外へ放出された核種ごとの放出量及び  
Cs-137 換算の放出量 (起因事象 No. 39)

核種	放出量 [Bq]	実効線量換算係数の比 (各核種/Cs-137)	Cs-137 換算の放出量 [Bq]
Pu-238	$1.2 \times 10^3$	$5.1 \times 10^1$	$5.9 \times 10^4$
Am-241	$6.2 \times 10^2$	$5.2 \times 10^1$	$3.2 \times 10^4$
Pu-241	$1.2 \times 10^4$	1.5	$1.7 \times 10^4$
Pu-240	$1.5 \times 10^2$	$6.5 \times 10^1$	$9.8 \times 10^3$
Pu-239	$8.4 \times 10^1$	$6.5 \times 10^1$	$5.5 \times 10^3$
Cm-244	$1.6 \times 10^2$	$2.2 \times 10^1$	$3.5 \times 10^3$
Am-242m	$2.1 \times 10^1$	$4.8 \times 10^1$	$1.0 \times 10^3$
Cs-137	$9.4 \times 10^2$	1.0	$9.4 \times 10^2$
Ba-137m	$8.9 \times 10^2$	1.0	$8.9 \times 10^2$
その他 <sup>※3</sup>	$9.8 \times 10^3$	— <sup>※4</sup>	$7.2 \times 10^2$
合計	$2.6 \times 10^4$	—	$1.3 \times 10^5$

※3 「その他」以外の核種が「Cs-137 換算した放出量の合計」のうち約 99%を占める。

※4 「その他」の核種については、核種ごとに算出した「実効線量換算係数の比」を用いる。

#### (5) 放出量評価結果

- 放射性物質の放出量は Cs-137 換算で約  $1.3 \times 10^{-7}$  TBq となる。

### 1.4 起因事象No. 51 (表2.14.8.1-4からNo. 引用)

#### (1) 想定事象

- S クラス相当の地震による液体廃棄物一時貯留設備の損傷を想定する (一時保管時)。

#### (2) 放射性物質の放出経路

- 液体廃棄物一時貯留設備における燃料デブリ等 ██████████ の液体廃棄物の一時保管時に地震が発生したことを想定する。
- 液体廃棄物 (約  $3.0 \times 10^8$  Bq) について、3m の高さから液体を流下させた場合の飛散 0.02% が気相に移行する<sup>※1</sup>。
- 気相に移行した放射性物質は、排気系統を通じてではなく、直接、室内に放出され、更に室内から建屋外へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。
- 放射性物質の放出経路の概要図を図 2.14.8.3-5 に示す。

※1 流体を 3m の高さから流下させた場合の気相への移行率 0.02%

Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook, NUREG/CR-6410, (1998).

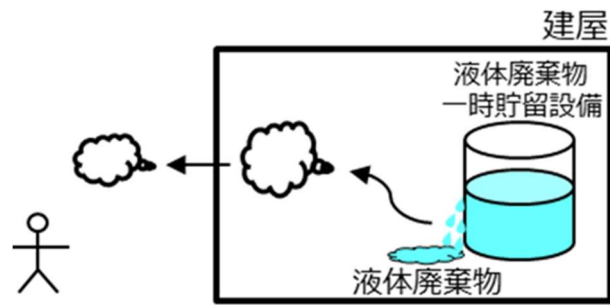


図 2. 14. 8. 3-5 放射性物質の放出経路の概要図（起因事象 No. 51）

### (3) 除染係数

- ・ 建屋について，除染係数（DF）として 10 を考慮する<sup>※2</sup>。
- ・ ガス状の放射性物質については，除染係数を考慮しない。

※2 建屋の除染係数として 10 を考慮

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

### (4) 放出された放射能に関する Cs-137 換算方法

- ・ 外部への放射性物質の放出量に Cs-137 への換算係数を乗じて，外部への放射性物質の放出量（Cs-137 換算）を算出する。Cs-137 への換算係数は，IAEA-TECDOC-1162 に示される，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換算係数を用いて，セシウム-137 と着目核種との比から算出する。

$$\text{Cs-137 への換算係数} = (\text{各核種の換算係数}) / (\text{Cs-137 の換算係数})$$

- ・ 建屋外へ放出された核種ごとの放出量及び Cs-137 換算の放出量を表 2. 14. 8. 3-12 に示す。

表 2.14.8.3-12 建屋外へ放出された核種ごとの放出量及び  
Cs-137 換算の放出量 (起因事象 No. 51)

核種	放出量 [Bq]	実効線量換算係数の比 (各核種/Cs-137)	Cs-137 換算の放出量 [Bq]
Pu-238	$3.1 \times 10^2$	$5.1 \times 10^1$	$1.6 \times 10^4$
Am-241	$1.7 \times 10^2$	$5.2 \times 10^1$	$8.6 \times 10^3$
Pu-241	$3.1 \times 10^3$	1.5	$4.5 \times 10^3$
Pu-240	$4.0 \times 10^1$	$6.5 \times 10^1$	$2.6 \times 10^3$
Pu-239	$2.2 \times 10^1$	$6.5 \times 10^1$	$1.5 \times 10^3$
Cm-244	$4.3 \times 10^2$	$2.2 \times 10^1$	$9.2 \times 10^2$
Am-242m	5.6	$4.8 \times 10^1$	$2.7 \times 10^2$
Cs-137	$2.5 \times 10^2$	1.0	$2.5 \times 10^2$
Ba-137m	$2.4 \times 10^2$	1.0	$2.4 \times 10^2$
その他 <sup>※3</sup>	$1.1 \times 10^4$	— <sup>※4</sup>	$1.9 \times 10^2$
合計	$1.5 \times 10^4$	—	$3.5 \times 10^4$

※3 「その他」以外の核種が「Cs-137 換算した放出量の合計」のうち約 99%を占める。

※4 「その他」の核種については、核種ごとに算出した「実効線量換算係数の比」を用いる。

(5) 放出量評価結果

- ・ 放射性物質の放出量は Cs-137 換算で約  $3.5 \times 10^{-8}$  TBq となる。

設計評価事故 起回事象一覧

レベル1 頂上事象	レベル2 異常事象の定義	レベル3 具体的事象	レベル4 起回事象			除染係数等を見込まない場合 の公衆被ばく線量 (mSv)	公衆被ばく線量 除染係数等を見込んだ場合			
			発生タイミング	異常カテゴリ	No.		状況	除染係数等	公衆被ばく線量 (mSv)	
安全機能喪失により公衆の被ばく線量が5mSvを超える放射線物質等の放出事象	閉じ込め機能不全	コンクリートセルの閉じ込め機能不全	受入・払出時	地震	1	・輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。				
				設備故障	2	・輸送容器をコンクリートセルの天井ポート又はシールドドアに接続時、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。				
				人的過誤	3	・輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、20t天井クレーンの動力部が故障する状況を想定する。				
			分析時	地震	4	・輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、外部電源喪失が発生した状況を想定する。				
				設備故障	5	・輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、玉掛けの状態が不十分で、ワイヤロープが外れる状況を想定する。				
				人的過誤	6	・輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、20t天井クレーンの操作を誤って、輸送容器をコンクリートセルに接触させる状況を想定する。				
				人的過誤	7	・輸送容器を天井ポートに接続し、燃料デブリ等を受け入れる際、PVCバッグの装着を誤る状況を想定する。				
		移送時	地震	8	・Sクラス相当の地震の発生に伴い、可燃物が加熱機器に接触し、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況に加えて、動的機器である給排気弁の単一故障が発生した状況を想定する。	180	建屋の除染係数 (DF10) コンクリートセルの除染係数 (DF10)	1.8		
			設備故障	9	・セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障を想定する。					
			人的過誤	10	・圧縮空気設備の動力部が故障したことに伴うコンクリートセルの給排気弁の開閉操作不可を想定する。					
			人的過誤	11	・外部電源喪失によるセル・グローブボックス用換気空調設備の排風機停止、圧縮空気設備、コンクリートセルの給排気弁の操作不可を想定する。					
		鉄セルの閉じ込め機能不全	分析時	地震	12	・可燃物を加熱機器に誤って接触させ、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。				
				設備故障	13	・分析中に、薬品を誤って溢した状況を想定する。				
				人的過誤	14	・背面遮断扉を誤って開放する状況を想定する。				
			移送時	地震	15	・窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触し起動させ、コンクリートセル内に消火ガスが噴射される状況を想定する。				
				設備故障	16	・保管容器をインセルクレーンで移送中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。				
				人的過誤	17	・コンクリートセルから鉄セルへ燃料デブリ等を移送中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。				
				人的過誤	18	・保管容器をインセルクレーンで移送中に、インセルクレーンの動力部が故障することを想定する。				
			グローブボックスの閉じ込め機能不全	分析時	地震	19	・保管容器をインセルクレーンで移送中に、外部電源喪失が発生した状況を想定する。			
					設備故障	20	・保管容器とインセルクレーンの接続状態が不十分であり、保管容器が落下する可能性を想定する。			
					人的過誤	21	・2重の扉となっているセル間遮断扉（コンクリートセルNo.4-鉄セル間）を同時開放する状況を想定する。			
	移送時	地震		22	・Sクラス相当の地震の発生に伴い鉄セルが損傷し、可燃物が加熱機器に接触したことにより紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。	4.4	建屋の除染係数 (DF10)	4.4 × 10 <sup>-1</sup>		
		設備故障		23	・セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障を想定する。					
		人的過誤		24	・外部電源喪失によるセル・グローブボックス用換気空調設備の排風機停止を想定する。					
		人的過誤		25	・圧縮空気設備の動力部が故障したことに伴う排気弁の開閉操作不可を想定する。					
	フードの閉じ込め機能（風速維持）不全	分析時	地震	26	・可燃物を加熱機器に誤って接触させ、鉄セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。					
			設備故障	27	・窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触し起動させ、鉄セル内に消火ガスが噴射される状況を想定する。					
			人的過誤	28	・鉄セルからグローブボックスへ燃料デブリ等を移送中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。	2.7	建屋の除染係数 (DF10)	2.7 × 10 <sup>-1</sup>		
		移送時	地震	29	・外部電源喪失によるセル・グローブボックス用換気空調設備の排風機停止を想定する。					
			設備故障	30	・2重の扉となっている移送扉（鉄セル-グローブボックス間）を同時開放する状況を想定する。					
			人的過誤	31	・Sクラス相当の地震の発生に伴いグローブボックスが損傷し、可燃物が加熱機器に接触したことにより紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。	4.4 × 10 <sup>-4</sup>	建屋の除染係数 (DF10)	4.4 × 10 <sup>-5</sup>		
			人的過誤	32	・セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障を想定する。					
		液体廃棄物一時貯留設備の閉じ込め機能不全	分析時	地震	33	・外部電源喪失によるセル・グローブボックス用換気空調設備の排風機停止を想定する。				
				設備故障	34	・分析装置により生じた熱又は火花等が可燃物に接触し、グローブボックス内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。				
				人的過誤	35	・窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触し起動させ、グローブボックス内に消火ガスが噴射される状況を想定する。				
	移送時		地震	36	・グローブボックスからフードへ燃料デブリ等を移送中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。	2.7 × 10 <sup>-4</sup>	建屋の除染係数 (DF10)	2.7 × 10 <sup>-5</sup>		
			設備故障	37	—					
			人的過誤	38	・2重の扉となっている移送扉（グローブボックス-フード間）を同時開放する状況を想定する。					
			人的過誤	39	・Sクラス相当の地震により、フード用換気空調設備、フードの風速維持機能、外部電源が喪失した状態を想定する。	2.7 × 10 <sup>-4</sup>	建屋の除染係数 (DF10)	2.7 × 10 <sup>-5</sup>		
	建屋の遮蔽機能不全	分析時	地震	40	・フード用換気空調設備の排風機の動力部故障を想定する。					
			設備故障	41	・外部電源喪失によるフード用換気空調設備の排風機停止を想定する。					
			人的過誤	42	・フード窓を大きく開放したことにより、規定の風速が得られていない状況を想定する。					
		移送時	地震	43	—					
			設備故障	44	—					
			人的過誤	45	—					
			人的過誤	46	・Sクラス相当の地震による液体廃棄物一時貯留設備の損傷を想定する。	7.2 × 10 <sup>-5</sup>	建屋の除染係数 (DF10)	7.2 × 10 <sup>-6</sup>		
		液体廃棄物一時貯留設備の閉じ込め機能不全	払出時	地震	47	・液体廃棄物の払出中に、移送ポンプの動力部故障を想定する。				
				設備故障	48	・液体廃棄物の払出中に、外部電源喪失が発生し、液位計、移送ポンプが使用できなくなる状況を想定する。				
				人的過誤	49	・液体廃棄物の払出しの際に使用するタンクローリーとの接続が不十分で、隙間が生じることを想定する。				
	一時保管時		地震	50	・液体廃棄物の払出時に、タンクローリーの容量を超えた液体廃棄物を移送ポンプで送水する状況を想定する。	7.2 × 10 <sup>-5</sup>	建屋の除染係数 (DF10)	7.2 × 10 <sup>-6</sup>		
			設備故障	51	・Sクラス相当の地震による液体廃棄物一時貯留設備の損傷を想定する。					
			人的過誤	52	・移送ポンプの動力部故障を想定する。					
			人的過誤	53	・液体廃棄物を廃液受槽から別の廃液受槽へ移送中に、液位計が故障する状況を想定する。					
	コンクリートセルの遮蔽機能不全	払出時	地震	54	・液体廃棄物一時保管中に、外部電源喪失が発生した状況を想定する。					
			設備故障	55	・タンクローリーが接続されていない状況で、誤って移送ポンプを稼働させ、液体廃棄物を送水することを想定する。					
			人的過誤	56	・液体廃棄物一時貯留設備のサンプリング口を開けたままの状態を想定する。	7.2 × 10 <sup>-5</sup>	建屋の除染係数 (DF10)	7.2 × 10 <sup>-6</sup>		
		分析時	地震	57	・液位計を十分確認せず、液体廃棄物を槽間移動する状況を想定する。					
			設備故障	58	—					
			人的過誤	59	—					
			人的過誤	60	—					
		試料ピットの遮蔽機能不全	一時保管時	地震	61	・Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。				
				設備故障	62	—				
				人的過誤	63	—				
	分析時		地震	64	—					
			設備故障	65	—					
			人的過誤	66	—					
			人的過誤	67	—					
	鉄セルの遮蔽機能不全	受入・払出時	地震	68	—					
			設備故障	69	—					
			人的過誤	70	—					
		分析時	地震	71	・Sクラス相当の地震の発生に伴い、可燃物が加熱機器に接触し、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況に加えて、動的機器である給排気弁の単一故障が発生した場合を想定する。					
			設備故障	72	—					
			人的過誤	73	・誤って背面遮断扉又は天井ポートを開放することを想定する。					
			人的過誤	74	—					
		移送時	地震	75	—					
			設備故障	76	—					
			人的過誤	77	—					
	コンクリートセルの臨界防止機能喪失	一時保管時	地震	78	・試料ピットに燃料デブリ等を一時保管中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。					
			設備故障	79	—					
			人的過誤	80	—					
		分析時	地震	81	—					
			設備故障	82	—					
			人的過誤	83	—					
			人的過誤	84	—					
		試料ピットの臨界防止機能喪失	受入・払出時	地震	85	・地震による重量測定器の損傷を想定する。				
				設備故障	86	・重量測定器の誤作動による表示値の相違からの最大取扱量の超過を想定する。				
				人的過誤	87	・重量測定器の表示値を読み間違えることによる最大取扱量の超過を想定する。				
	分析時		地震	88	・コンクリートセル内に燃料デブリ等が存在する状態で、コンクリートセル外から燃料デブリ等を受け入れることを想定する（二重装荷）。					
			設備故障	89	・コンクリートセル内に燃料デブリ等が存在する状態で、誤って保管容器を取り出すことを想定する（二重装荷）。					
			人的過誤	90	—					
			人的過誤	91	—					
	移送時	地震	92	—						
		設備故障	93	・地震による重量測定器の損傷を想定する。						
		人的過誤	94	・重量測定器の誤作動による表示値の相違からの最大取扱量の超過を想定する。						
	一時保管時	地震	95	・試料容器又は収納容器のIDを読み間違え、制限を超える燃料デブリ等を移送することを想定する（二重装荷）。						
		設備故障	96	・重量測定器の表示値を読み間違えることによる最大取扱量の超過を想定する。						
		人的過誤	97	・試料ピットに燃料デブリ等を一時保管中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。						
		人的過誤	98	・重量測定器の誤作動による表示値の相違からの最大取扱量の超過を想定する。						
	試料ピットの遮蔽機能不全	一時保管時	地震	99	・誤って保管容器に制限以上の燃料デブリ等を収納し、最大取扱量を超過することを想定する（二重装荷）。					
			設備故障	100	・試料容器又は収納容器のIDを読み間違え、制限を超える燃料デブリ等を収納することを想定する（二重装荷）。					
人的過誤			101	・試料ピットに保管容器を誤って制限数以上収納する状況を想定する。						

多量の放射性物質等を放出する事故の起因一覧

多量の放射性物質等を放出する事故の起因事象一覧							除外する理由				多量の放射性物質等を放出する事故として想定するか	評価結果 放射性物質の放出量 (TBq)
レベル1	レベル2	レベル3	レベル4 起因事象				①	②	③	④		
頂上事象	異常事象の定義	具体的事象	発生タイミング	異常カテゴリ		設計評価事故No. 組み合わせ	状況の想定	組み合わせる事象の内容が重複しているため。	事象発生のタイミング(状態)が異なり、同時に事象が発生することは想定されないため。	設計又は運用上、事象の組み合わせが想定されないため。		
				主な事象	副事象							
安全機能喪失によりCs-137換算で100TBqを超える放射性物質の放出事象	閉じ込め機能喪失	コンクリートセルの閉じ込め機能喪失	受入・払出時	地震	設備故障	1×3	輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、Sクラス相当地震が発生し、加えて20t天井クレーンの動力部が故障したとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。				✓	—
						1×4	Sクラス相当地震の事象において外部電源喪失を想定しており、事象の内容が重複するため除外。	✓			—	
						2×3	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓		—	
						2×4	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓		—	
				地震	人的過誤	1×5	輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、Sクラス相当の地震が発生し、玉掛けの状態が不十分でワイヤロープが輸送容器から外れたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。				✓	—
						1×6	輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、Sクラス相当の地震が発生した場合、外部電源を喪失する状態となり、20t天井クレーンの操作は行えないことから、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓		—	
						1×7	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓		—	
						2×5	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓		—	
						2×6	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓		—	
						2×7	燃料デブリ等をコンクリートセルに受け入れる際、Sクラス相当の地震が発生し、PVCバッグの装着を誤る状況になったとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓	—	
			設備故障	人的過誤	3×4	輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、外部電源喪失が発生した状況で、20t天井クレーンの動力部が故障した状況が発生することは想定されないため除外。		✓			—	
					3×5	輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、20t天井クレーンの動力部が故障し、玉掛けの状態が不十分で、ワイヤロープが外れたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓	—		
					3×6	20t天井クレーンの動力部が故障が故障した場合、クレーンの操作が行えず、クレーンの操作を誤る事象が同時に発生することは想定されないため除外。		✓		—		
					3×7	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓		—		
					4×5	輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、外部電源喪失が発生し、加えて玉掛けの状態が不十分で、ワイヤロープが外れる状況を想定したとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓	—		
					4×6	外部電源喪失が発生した場合、20t天井クレーンの操作を行えず、クレーンの操作を誤る事象が同時に発生することは想定されないため除外。		✓		—		
			人的過誤	人的過誤	4×7	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓		—		
					5×6	輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、玉掛けの状態が不十分でワイヤロープが外れる状況と20t天井クレーンの操作を誤って輸送容器をコンクリートセルに接触させる状況は同時に発生することが想定されないため除外。		✓		—		
					5×7	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓		—		
					6×7	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓		—		



レベル1	レベル2	レベル3	レベル4 起因事象				①	②	③	④	多量の放射性物質等を放出する事故として想定するか	放射性物質の放出量 (TBq)				
頂上事象	異常事象の定義	具体的事象	発生タイミング	異常カテゴリ		設計評価事故No. 組み合わせ	状況の想定	組み合わせる事象の内容が重複しているため。	事象発生のタイミング(状態)が異なり、同時に事象が発生することは想定されないため。	設計又は運用上、事象の組み合わせが想定されないため。			事象を組み合わせたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため。			
				主な事象	副事象											
			分析時	地震	設備故障	8×8	Sクラス相当の地震が発生、さらに、地震に伴って可燃物が加熱機器に接触し、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。また、コンクリートセルの給排気弁が故障により自動で閉止せず、更に、多重化した給排気弁も故障により機能しない場合を想定する。					○	8.4×10 <sup>-2</sup>			
						8×9	Sクラス相当の地震の事象のなかで外部電源喪失を想定しており、電源を喪失した状態で、セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障が同時に発生することは想定されないため除外。		✓					—		
安全機能喪失によりCs-137換算で100TBqを超える放射性物質の放出事象	閉じ込め機能喪失	コンクリートセルの閉じ込め機能喪失	分析時	地震	設備故障	8×10	Sクラス相当の地震の事象のなかで外部電源喪失を考慮しており、電源を喪失した状態で、圧縮空気設備の動力部故障が同時に発生することは想定されないため除外。		✓				—			
						8×11	Sクラス相当の地震の事象において外部電源喪失を想定しており、事象の内容が重複するため除外。	✓				—				
				地震	人的過誤	8×12	Sクラス相当の地震の事象に火災事象を従属事象として考慮しており、事象の内容が重複するため除外。	✓							—	
						8×13	Sクラス相当の地震の発生に伴い、可燃物が加熱機器に接触し、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生し、加えて薬品が溢れたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。				✓				—	
						8×14	Sクラス相当の地震の発生に伴い、可燃物が加熱機器に接触し、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況で、誤って背面遮蔽扉を開放する操作を行うことは困難で想定しがたいため除外。			✓					—	
				設備故障	設備故障	8×15	Sクラス相当の地震及び従属事象として火災が発生した場合、耐震性能上窒素ガス消火設備は機能喪失しており、同時に事象が発生することは想定されないため除外。			✓					—	
						9×10	セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障が発生したとしても、セル・グローブボックス用換気空調設備は予備機を有しており、事象の組み合わせが想定されないため除外。				✓				—	
						9×11	外部電源喪失の想定ではセル・グローブボックス用換気空調設備の排風機停止を想定しており、電源を喪失した状態で、セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障が同時に発生することは想定されないため除外。			✓					—	
				設備故障	人的過誤	10×11	外部電源喪失の事象において圧縮空気設備の機能喪失及び給排気弁の操作不可を想定しており、事象の内容が重複するため除外。	✓							—	
						9×12	セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障が発生したとしても、セル・グローブボックス用換気空調設備は予備機を有するため、複数の起因による事故に至らないため除外。				✓				—	
						9×13	セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障が発生したとしても、セル・グローブボックス用換気空調設備は予備機を有するため、複数の起因による事故に至らないため除外。				✓				—	
						9×14	セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障が発生したとしても、セル・グローブボックス用換気空調設備は予備機を有するため、複数の起因による事故に至らないため除外。				✓				—	
						9×15	セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障が発生したとしても、セル・グローブボックス用換気空調設備は予備機を有するため、複数の起因による事故に至らないため除外。				✓				—	
						10×12	圧縮空気設備の動力部が故障したとしても、予備機により機能を維持できるため、事象の組み合わせは想定されないため除外。				✓				—	
10×13	圧縮空気設備の動力部が故障したことに伴うコンクリートセルの給排気弁の開閉操作不可の状況に加えて、薬品を誤って溢したとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。				✓				—							

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4 起回事象				①	②	③	④	多量の放射性物質等を放出する事故として想定するか	放射性物質の放出量 (TBq)	
頂上事象	異常事象の定義	具体的事象	発生タイミング	異常カテゴリ		設計評価事故No. 組み合わせ	状況の想定	組み合わせる事象の内容が重複しているため。	事象発生のタイミング(状態)が異なり、同時に事象が発生することは想定されないため。	設計又は運用上、事象の組み合わせが想定されないため。			事象を組み合わせたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため。
				主な事象	副事象								
安全機能喪失によりCs-137換算で100TBqを超える放射性物質の放出事象	閉じ込め機能喪失	コンクリートセルの閉じ込め機能喪失	分析時	設備故障	人的過誤	10×14	圧縮空気設備の動力部が故障したとしても、予備機により機能を維持できるため、事象の組み合わせは想定されないため除外。			✓		—	
						10×15	圧縮空気設備の動力部が故障したとしても、予備機により機能を維持できるため、事象の組み合わせは想定されないため除外。			✓		—	
						11×12	外部電源喪失が発生した場合、加熱機器を使用できず、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓			—	
						11×13	外部電源喪失によるセル・グローブボックス用換気空調設備の排風機停止、圧縮空気設備、コンクリートセルの給排気弁の操作不可の状況に加えて、薬品を誤って溢したとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓		—	
						11×14	外部電源喪失によるセル・グローブボックス用換気空調設備の排風機停止、圧縮空気設備、コンクリートセルの給排気弁の操作不可の状況で、誤って背面遮蔽扉を開放する操作を行うことは困難で想定しがたいため除外。			✓		—	
						11×15	外部電源喪失時、窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触し起動させることはできず、同時に事象が発生することは想定されないため除外。			✓		—	
						12×13	可燃物が加熱機器に接触し、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災に加えて、薬品が溢れたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓		—	
						12×14	可燃物を加熱機器に誤って接触させ、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況に加え、背面遮蔽扉を誤って開放したとしても、換気空調設備による閉じ込め機能は維持されており、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓		—	
				12×15	可燃物を加熱機器に誤って接触させ、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況に加えて、窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触し起動させ、コンクリートセル内に窒素ガスが噴射されたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓		—			
				13×14	分析中に、薬品を誤って溢した状況で、背面遮蔽扉を誤って開放しても、換気空調設備による閉じ込め機能は維持されており、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓		—			
				13×15	分析中に、薬品を誤って溢した状況で、窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触し起動させ、コンクリートセル内に窒素ガスが噴射されたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓		—			
				14×15	背面遮蔽扉を誤って開放する状況に加え、窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触し起動させ、コンクリートセル内に窒素ガスが噴射されたとしても、換気空調設備による閉じ込め機能は維持されており、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓		—			
				移送時	地震	設備故障	16×18	保管容器をインセルクレーンで移送中に、Sクラス相当の地震が発生した場合、インセルクレーンの動力部は機能を喪失しており、同時に事象が発生することは想定されないため除外。			✓		—
							16×19	Sクラス相当地震の事象において外部電源喪失を想定しており、事象の内容が重複するため除外。	✓			—	
			17×18				Sクラス相当地震の事象のなかで外部電源喪失を想定しており、電源を喪失した状態で、インセルクレーンの動力部の故障が同時に発生することは想定されないため除外。			✓		—	
			17×19				Sクラス相当地震の事象において外部電源喪失を想定しており、事象の内容が重複するため除外。	✓			—		
			地震		人的過誤	16×20	保管容器をインセルクレーンで移送中に、Sクラス相当の地震が発生し、加えて保管容器とインセルクレーンの接続状態が不十分であり、保管容器が落下する状況を想定したとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓		—	
						16×21	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。			✓		—	
						17×20	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。			✓		—	
						17×21	インターロックによりセル間遮蔽扉を同時開放することはできず、事象の組み合わせが想定されないため除外。			✓		—	



レベル1	レベル2	レベル3	レベル4 起因事象				①	②	③	④	多量の放射性物質等を放出する事故として想定するか	放射性物質の放出量 (TBq)		
頂上事象	異常事象の定義	具体的事象	発生タイミング	異常カテゴリ		設計評価事故No. 組み合わせ	状況の想定	組み合わせる事象の内容が重複しているため。	事象発生のタイミング(状態)が異なり、同時に事象が発生することは想定されないため。	設計又は運用上、事象の組み合わせが想定されないため。			事象を組み合わせたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため。	
				主な事象	副事象									
				設備故障	設備故障	18×19	外部電源喪失が発生した状況で、インセルクレーンの動力部が故障する状況は想定されないため除外。		✓			—		
				設備故障	人的過誤	18×20	保管容器をインセルクレーンで移送中に、インセルクレーンの動力部が故障した状況で、保管容器とインセルクレーンの接続状態が不十分であり、保管容器が落下したとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓	—			
						18×21	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓	—				
						19×20	保管容器をインセルクレーンで移送中に、外部電源喪失が発生した状況に、保管容器とインセルクレーンの接続状態が不十分であり、保管容器が落下したとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓	—			
						19×21	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓	—				
						20×21	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓	—				
閉じ込め機能喪失	コンクリートセルの閉じ込め機能喪失	移送時	人的過誤	人的過誤	20×21					—				
安全機能喪失によりCs-137換算で100TBqを超える放射性物質の放出事象	遮蔽機能喪失	コンクリートセルの遮蔽機能喪失	受入・払出時	—	—	組み合わせなし	—					—		
			分析時	地震	設備故障	組み合わせなし	—					—		
				地震	人的過誤	70×72	Sクラス相当の地震の発生に伴い、可燃物が加熱機器に接触し、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況で、誤って背面遮蔽屏を開放する操作を行うことは困難で想定しがたいため除外。		✓			—		
				設備故障	設備故障	組み合わせなし	—					—		
				設備故障	人的過誤	組み合わせなし	—					—		
				人的過誤	人的過誤	組み合わせなし	—					—		
			移送時	—	—	組み合わせなし	—					—		
			試料ピットの遮蔽機能喪失	一時保管時	—	—	組み合わせなし	—					—	
			臨界防止機能喪失	コンクリートセルの臨界防止機能喪失	受入・払出時	地震	設備故障	85×86	地震によって重量測定器が損傷した場合、重量測定器の操作が行えず、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓			—
						地震	人的過誤	85×87	地震によって重量測定器が損傷した場合、重量測定器の操作が行えず、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓		—	
	85×88	事象を組み合わせたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。								✓	—			
	85×89	事象を組み合わせたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。								✓	—			
	設備故障	設備故障						組み合わせなし	—					—
	設備故障	人的過誤				86×87	重量測定器の誤作動に伴う表示値の相違と、重量測定器の表示値の読み間違えは事象の内容が重複するため除外。	✓				—		
86×88	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。					✓	—							
86×89	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。					✓	—							
87×88	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓	—										
87×89	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓	—										
88×89	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓	—										
分析時	—	—	組み合わせなし	—					—					

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4 起因事象				①	②	③	④	多量の放射性物質等を放出する事故として想定するか	放射性物質の放出量 (TBq)			
頂上事象	異常事象の定義	具体的事象	発生タイミング	異常カテゴリ		設計評価事故No. 組み合わせ	状況の想定	組み合わせる事象の内容が重複しているため。	事象発生のタイミング(状態)が異なり、同時に事象が発生することは想定されないため。	設計又は運用上、事象の組み合わせが想定されないため。			事象を組み合わせたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため。		
				主な事象	副事象										
			移送時	地震	設備故障	93×94	地震によって重量測定器が損傷した場合、重量測定器の操作が行えず、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓			—			
				地震	人的過誤	93×95	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓			—			
						93×96	地震によって重量測定器が損傷した場合、重量測定器の操作が行えず、運用上事象の組み合わせが想定されないため除外。			✓		—			
				設備故障	設備故障	組み合わせなし	—					—			
				設備故障	人的過誤	94×95	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓			—			
						94×96	組み合わせる事象の内容が重複しているため除外。	✓				—			
			試料ピットの臨界防止機能喪失	一時保管時	地震	設備故障	97×98	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓			—		
					地震	人的過誤	97×99	試料ピットに燃料デブリ等を一時保管中に、Sクラス相当の地震が発生した場合、燃料デブリ等を一時保管するための手順が行なえず、運用上事象の組み合わせが想定されないため除外。			✓		—		
					地震	人的過誤	97×100	試料ピットに燃料デブリ等を一時保管中に、Sクラス相当の地震が発生した場合、燃料デブリ等を一時保管するための手順が行なえず、運用上事象の組み合わせが想定されないため除外。			✓		—		
							97×101	試料ピットに燃料デブリ等を一時保管中に、Sクラス相当の地震が発生した場合、燃料デブリ等を一時保管するための手順が行なえず、運用上事象の組み合わせが想定されないため除外。			✓		—		
							設備故障	設備故障	組み合わせなし	—				—	
							設備故障	人的過誤	98×99	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓		—	
安全機能喪失によりCs-137換算で100TBqを超える放射性物質の放出事象	臨界防止機能喪失	試料ピットの臨界防止機能喪失	一時保管時	設備故障	人的過誤	98×100	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓		—				
						98×101	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓		—				
						99×100	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓		—				
				人的過誤	人的過誤	99×101	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓		—				
						100×101	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓		—				
													—		

放射性物質分析・研究施設第2棟における  
使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則  
第22条及び第29条の評価結果について

2023年12月6日

東京電力ホールディングス株式会社  
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

# 本技術会合における目的

## ■ 本技術会合の目的

第13回特定原子力施設の実施計画の審査等に係る技術会合（以下「第13回技術会合」という。）で適合方針に係る説明を行った、放射性物質分析・研究施設第2棟（以下「第2棟」という。）における“使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則”に基づく**以下の評価結果についてご審議頂きたい。**

- ・**第22条（設計評価事故時の放射線障害の防止）**（以下「第22条」）
- ・**安全上重要な施設の選定**
- ・**第29条（多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止）**（以下「第29条」）

## ■ コメントリスト（2023年9月11日第13回技術会合におけるコメント）

No.	指摘事項	回答内容
1	線量評価に用いた除染係数（DF）等の設定根拠を示すこと。	「参考資料6 線量評価に用いた移行率及び除染係数について」に線量評価に用いた除染係数（DF）等の設定根拠を示す。
2	設計評価事故の評価において、単一故障が生じた場合を想定すること。	単一故障が生じた場合を想定し、設計評価事故の評価を行ったことを本資料の「2-4. 第2棟における第22条の評価結果」に示す。
3	設計評価事故、多量の放射性物質等を放出する事故の起回事象について、第2棟で行うプロセスを網羅した上で抽出すること。	第2棟で行うプロセスを網羅した上で起回事象を抽出したことを本資料の「2-2. 第2棟における異常事象に係る発生タイミング」に示す。
4	多量の放射性物質を放出する事故の起回事象として、極低頻度かつ高影響事象を想定すること。	多量の放射性物質を放出する事故の起回事象として、極低頻度かつ高影響事象を想定したことを本資料の「4-4. 多量の放射性物質等の放出事故の起回事象の想定」に示す。
5	多量の放射性物質等を放出する事故の拡大防止措置（対策）の詳細を示すこと。	多量の放射性物質等を放出する事故の拡大防止措置（対策）を本資料の「4-5. 第2棟における第29条の評価結果」に示す。

# 本技術会合における概要

## ■ 概要：評価結果

### ➤ 第22条（設計評価事故時の放射線障害の防止）

- 設備設計・運用上の対策を講じた上での公衆の被ばく線量が発生事故当たり5mSvを超えないことを確認した。
- 施設全体に影響を及ぼす起因事象として想定される地震により、複数の設備に異常が発生した場合における公衆の被ばく線量を合算し、5mSvを超えないことを確認した。

### ➤ 安全上重要な施設の選定

- 臨界安全上の観点から、臨界防止機能を有する“コンクリートセル”及び“試料ピット”を安全上重要な施設に選定する。
- コンクリートセルの給排気弁は、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であるため、安全上重要な施設に選定する。

### ➤ 第29条（多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止）

- 多量の放射性物質等を放出する事故時の放射性物質の放出量がCs-137換算で100TBqを十分下回り、事故の拡大を防止するために必要な措置が講じられていることを確認した。
- 施設全体に影響を及ぼす起因事象として想定される地震により、複数の設備に異常が発生した場合における放射性物質の放出量の合算値が、Cs-137換算で100TBqを十分下回ることを確認した。

# 目次 (1/2)

## 1. 全体概要

- 1-1. 第2棟における第22条、安全上重要な施設及び第29条の適合方針
- 1-2. 第2棟における燃料デブリ等及び廃棄物のフロー
- 1-3. 第2棟の安全機能と設備

## 2. 第2棟における設計評価事故の評価

- 2-1. 第2棟における第22条の適合方針
- 2-2. 第2棟における異常事象に係る発生タイミング
- 2-3. 設計評価事故の起因として考慮すべき事象の抽出
- 2-4. 第2棟における第22条の評価結果

## 3. 第2棟における安全上重要な施設の選定

- 3-1. 安全上重要な施設を選定するための基準
- 3-2. 安全機能喪失の観点からの安全上重要な施設の選定
- 3-3. 設計評価事故の評価結果に基づく安全上重要な施設の選定
- 3-4. 第2棟における安全上重要な施設
- 3-5. 安全上重要な施設に係る要求事項及び適合性

## 目次 (2/2)

---

### 4. 第2棟における多量の放射性物質等を放出する事故の評価

- 4-1. 第2棟における第29条の適合方針
- 4-2. 第2棟における多量の放射性物質等を放出する事故の評価対象
- 4-3. 第2棟における異常事象に係る発生タイミング
- 4-4. 多量の放射性物質等の放出事故の起回事象の想定
- 4-5. 第2棟における第29条の評価結果

### 5. まとめ



## 1-1. 第2棟における第22条、安全上重要な施設及び第29条の適合方針

### 第22条（設計評価事故時の放射線障害の防止）への適合に係る考え方

- 設計評価事故として、**単一起因事象（従属する事象を含む）を想定し、安全機能喪失による公衆の被ばく線量が5mSv以下であることを確認**する。
- 起因となる事象として、自然現象、外部人為事象、設備故障等を考慮する。

### 安全上重要な施設への適合に係る考え方

- 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を超えるものを安全上重要な施設として選定**する。また、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**する。
- 被ばく影響の評価に当たっては、Sクラスの地震力に対する第2棟の耐震性を考慮し、除染係数（DF）等を設定する。

### 第29条（多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止）への適合に係る考え方

- 多量の放射性物質等を放出する事故として、**複数の起因事象を想定し、安全機能喪失による放射性物質の放出量がCs-137換算で100TBqを十分下回り、事故の拡大を防止するために必要な措置が講じられていることを確認**する。
- 起因となる事象として、自然現象、外部人為事象、設備故障等を考慮する。

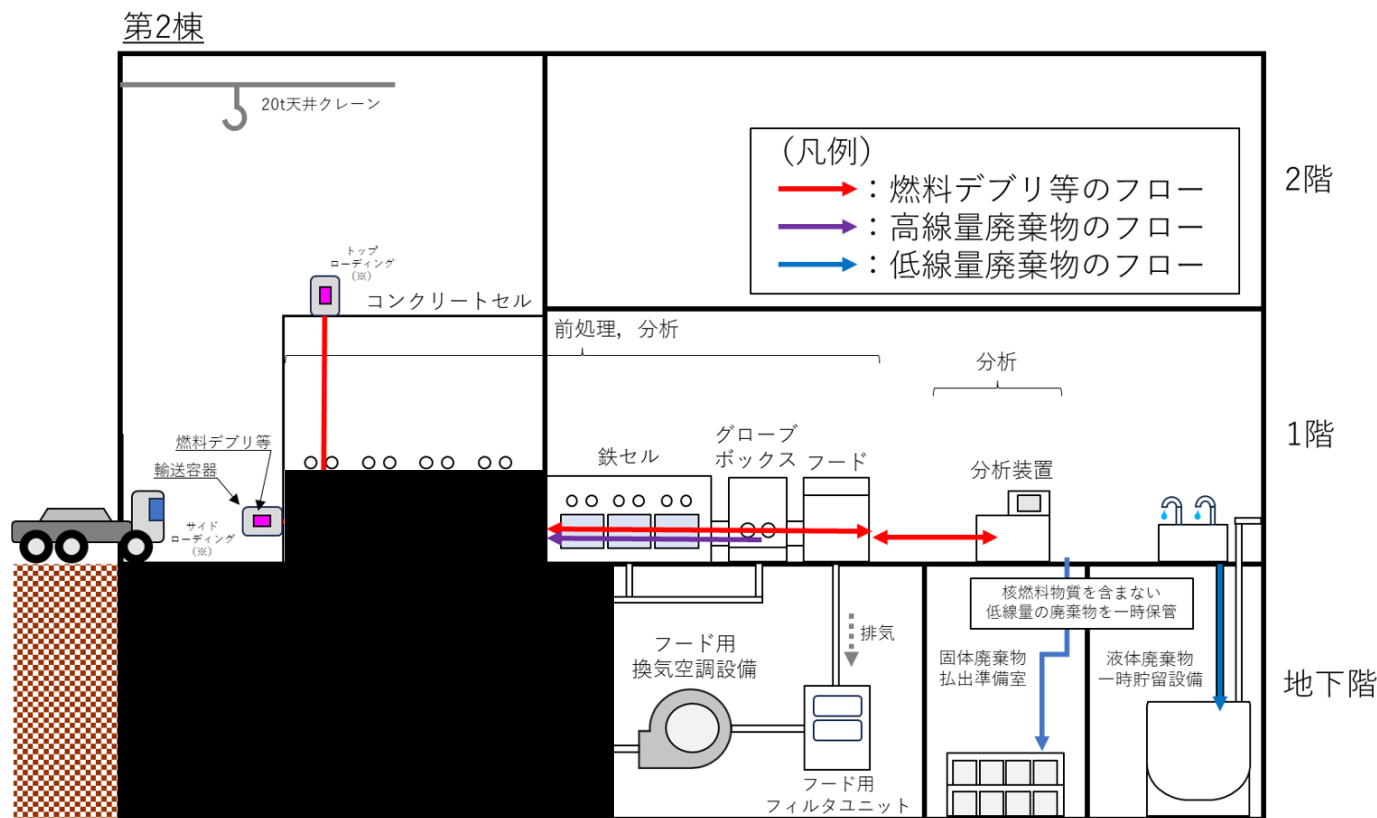


## 1-2. 第2棟における燃料デブリ等及び廃棄物のフロー

安全上重要な施設の選定、設計評価事故及び多量の放射性物質等を放出する事故の評価を行うに当たって、第2棟の安全機能と設備を整理する。

第2棟の安全機能は、各設備で取り扱う燃料デブリ等、廃棄物の取扱量から必要と考えられる機能（閉じ込め機能、遮蔽機能、臨界防止機能）を各設備に持たせている。

第2棟における燃料デブリ等及び廃棄物のフローを以下に示す。



次頁に、第2棟における安全機能と設備を示す。

## 1-3. 第2棟の安全機能と設備

第2棟における燃料デブリ等及び廃棄物のフローに基づき、第2棟の安全機能と設備を整理した結果を以下に示す。

No.	安全機能	設備名称	備考
1	閉じ込め機能	コンクリートセル	構造による閉じ込め 負圧維持による閉じ込め※1
		鉄セル	
		グローブボックス	
		フード	風速維持による閉じ込め※2
		液体廃棄物一時貯留設備	構造による閉じ込め
2	遮蔽機能	建屋	建屋躯体の遮蔽
		コンクリートセル	
		試料ピット	
		鉄セル	鉄セル遮蔽体の遮蔽
3	臨界防止機能	コンクリートセル	質量管理による臨界防止
		試料ピット	質量管理による臨界防止 形状管理による臨界防止

※1 セル・GB用換気空調設備の負圧維持による閉じ込め

※2 フード用換気空調設備の風速維持による閉じ込め

上記の安全機能と設備に対して、安全上重要な施設の選定、設計評価事故及び多量の放射性物質等を放出する事故の評価を行う。

## 2-1. 第2棟における第22条の適合方針（1/3）

第22条（設計評価事故時の放射線障害の防止）及びその解釈に基づき、第2棟における設計評価事故の評価を行い、公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えないことを確認する。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則（抜粋）

第二十二條（設計評価事故時の放射線障害の防止）

使用前検査対象施設は、設計評価事故時において、周辺監視区域の外の公衆に放射線障害を及ぼさないものでなければならない。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈（抜粋）

1 第22条に規定する「設計評価事故時において、周辺監視区域の外の公衆に放射線障害を及ぼさないもの」とは、**設計評価事故の解析及び評価を行った結果、公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えないことが確認できること**をいう。

2 上記1の「著しい放射線被ばくのリスク」とは、**周辺監視区域周辺の公衆の実効線量の評価値が発生事故当たり5ミリシーベルトを超えること**をいう。

3 上記1の評価は、使用前検査対象施設内に、機器等の破損、故障、誤動作あるいは使用者の誤操作によって放射性物質を外部に放出する可能性のある事象を想定し、その発生の可能性との関連において、各種の安全設計の妥当性を確認するという観点から評価することをいう。設計評価事故として評価すべき事例は以下に掲げるとおりとする。

一 核燃料物質による臨界

二 閉じ込め機能及び遮蔽機能の不全（火災・爆発及び重量物の落下によるものを含む。）

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈を踏まえて、第2棟においては安全機能の喪失として「閉じ込め機能不全」、「遮蔽機能不全」及び「核燃料物質の臨界（臨界防止機能喪失）」の観点から設計評価事故を想定する。想定した設計評価事故に対し、公衆の被ばく線量が発生事故当たり5mSvを超えないことを確認する。

次頁に、設計評価事故の評価手順を具体的に示す。

## 2-1. 第2棟における第22条の適合方針（2/3）

前頁の条文に対する適合性を確認するため、マスターロジックダイアグラム※（以下「MLD」という。）を用いて設計評価事故の評価を行う。

①：“**頂上事象**”を設定する。（レベル1）

- ◆ **頂上事象**：「安全機能喪失により公衆の被ばく線量が5mSvを超える放射性物質等の放出事象」
- ◆ 頂上事象に対応した事象を洗出し、公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えない設計であることを以降のフローで確認する。

②：頂上事象を安全機能の観点から3つの“**異常事象**”に分類する。（レベル2）

- ◆ **異常事象**：「閉じ込め機能不全」、「遮蔽機能不全」及び「臨界防止機能喪失」

③：第2棟を構成する構築物、系統及び機器ごとに異常事象に達しうる“**具体的事象**”を整理する。（レベル3）

④：“**具体的事象**”に至る**起因事象**を「発生タイミング」、「異常カテゴリ」、「内容」の項目をもとに抽出する。（レベル4）

- ◆ 燃料デブリ等の受入れ時、分析時、一時保管時、払出時等の取り扱うタイミングごとに起因事象を抽出する。
- ◆ 自然現象、外部人為事象、設備故障等の**単一起因事象（従属する事象を含む）**を**異常カテゴリとして整理**し、具体的な内容を想定する。

次頁へ続く

※ 頂上事象から起因事象を抽出するトップダウン型分析法であり、本手法により、異常事象へと至る起因事象や原因を明らかにする。

## 2-1. 第2棟における第22条の適合方針（3/3）

前頁からの続き



⑤：起回事象に対して、**設備設計・運用上の対策を整理**する。（レベル5）

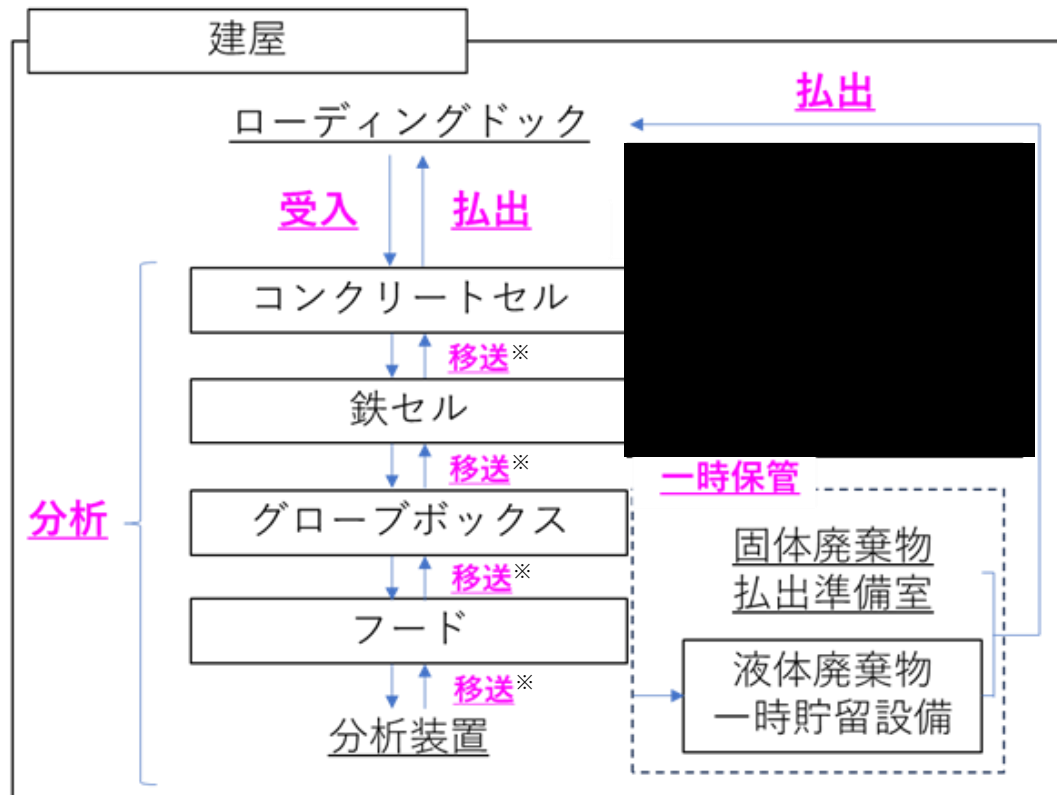


⑥：対策について、異常事象への有効性と緩和した場合の**公衆への被ばく影響を確認**する。（レベル6）

- ◆ レベル5で整理した対策を踏まえ、想定した起回事象による事故の発生が防止又は緩和されることを確認する。
- ◆ **公衆の被ばく線量を評価し、発生事故当たり5mSvを超えないことを確認する。**
- ◆ 施設全体に影響を及ぼす起回事象（例：地震）により複数の設備に異常が発生する可能性がある場合は、その起回事象における公衆の被ばく線量を合算し、5mSvを超えないことを確認する。

## 2-2. 第2棟における異常事象に係る発生タイミング

第2棟における燃料デブリ等及び廃棄物のフロー（p.6参照）をもとに、異常事象が発生するタイミングを整理した。第2棟の各設備における作業フローを示す。



※ 「移送」は、該当する設備から他設備へ移送するタイミングを指す。

上記の作業フローをもとに、各設備における発生タイミングごとの異常事象を想定する。

## 2-3. 設計評価事故の起因として考慮すべき事象の抽出（1/3）

起因事象の異常カテゴリの項目は、自然現象、外部人為事象等の単一事象（従属する事象を含む）とする。なお、以下に示す事象は、設計評価事故の起因として想定しないものとする。

### ➤ 確率的に発生することが想定しがたい事象

- ・第2棟の立地、周辺環境等を考慮し、確率的に発生することが想定しがたい事象は、設計評価事故の起因事象では想定しない。

### ➤ 第2棟周辺では起こり得ない事象

- ・第2棟の立地、周辺環境等を考慮し、第2棟周辺では起こり得ないと判断される事象は、安全機能喪失に至らず設計評価事故に進展しないため、設計評価事故の起因事象として想定しない。

### ➤ 事象の進展が緩慢で対策を講ずることができる事象

- ・自然現象、外部人為事象のうち、安全機能が直ちに喪失するものでなく、運用面における対策で安全機能への影響を防止できると判断される事象は、安全機能喪失に至らず設計評価事故に進展しないため、設計評価事故の起因事象として想定しない。

### ➤ 第2棟の安全機能に影響を及ぼさない事象

- ・第2棟の設計上、安全機能に影響が生じないと評価された自然現象、外部人為事象は設計評価事故に進展しないため、設計評価事故の起因事象として想定しない。

設計評価事故の起因として考慮すべき事象の抽出結果を次頁に示す。



## 2-3. 設計評価事故の起因として考慮すべき事象の抽出 (2/3)

## 設計評価事故の起因として考慮すべき事象の抽出結果 (1/2)

No.	起因事象	異常カテゴリ	設計評価事故の起因として想定しない事象				理由	設計評価事故の起因として想定するか
			確率的に発生することが想定しがたい事象	第2棟周辺では起こり得ない事象	事象の進展が緩慢で対策を講ずることができる事象	第2棟の安全機能に影響を及ぼさない事象		
1	自然現象	地震	—	—	—	—	地震により、第2棟の安全機能の喪失が想定されるため、設計評価事故の起因とする。	○
		津波	—	—	—	✓	第2棟は、津波が到達しないと考えられるT.P.+約40mの場所に設置することにより、津波の影響を受けないため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		豪雨	—	—	—	✓	地下階に流入しないよう壁面に防水対策を施し、地下階に流入したとしても地下ピットへ流れ込む設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		積雪	—	—	—	✓	建築基準法及び関係法令福島県建築基準法施行細則第19条に基づく荷重に耐えられる設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		落雷	—	—	—	✓	JIS A 4201 (建築物等の雷保護) に基づき、避雷針、接地等を設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		台風 (強風, 高潮)	—	—	—	✓	台風など暴風時に係る建屋の設計は、建築基準法及び関係法令に基づく風圧力に対して耐えられる設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		竜巻 (飛来物含む)	—	—	—	✓	第2棟は、竜巻及びその随伴事象等によって安全性を損なわない設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		凍結	—	—	✓	—	第2棟は鉄筋コンクリート造であり、凍結により建屋が損傷するおそれはないため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		紫外線	—	—	✓	—	第2棟は、建屋外壁への塗装等により、紫外線に対して安全性が損なわれない設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		高温	—	—	✓	—	第2棟は、福島第一原子力発電所近傍の気象観測記録として過去に計測された最高気温を踏まえて、適切な材料、機器等を選定することにより、高温に対して、その安全性が損なわれない設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		生物学的事象	—	—	—	✓	小動物等の襲来により、建屋貫通孔等からの小動物の侵入が想定されるため、建屋貫通孔や電路端部等に対してシール材を施工することにより、侵入を防止する設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		地滑り	—	✓	—	—	第2棟は、斜面からの離隔を確保し、地滑りのおそれがない位置に設置する設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		火山の影響	—	—	—	✓	火山の影響により、第2棟に火山灰が降下してきた場合は、屋上階の降灰を必要に応じて除去し、火山灰により建屋の給気フィルタに目詰まりが生じた場合は給気フィルタを交換し、目詰まりを解消するため、安全機能を損なうおそれはない。	×
外部火災	—	—	—	✓	第2棟は、周囲の森林から20m以上の離隔幅を確保し森林火災から防護する設計とし、また、航空機墜落による火災によって、建屋が損傷するおそれはないため、安全機能を損なうおそれはない。	×		

✓ : 該当する事象  
 — : 該当しない事象

○ : 設計基準事故の起因として想定する事象  
 × : 設計基準事故の起因として想定しない事象



## 2-3. 設計評価事故の起因として考慮すべき事象の抽出 (3/3)

### 設計評価事故の起因として考慮すべき事象の抽出結果 (2/2)

No.	起因事象	異常カテゴリ	設計評価事故の起因として想定しない事象				理由	設計評価事故の起因として想定するか
			確率的に発生することが想定しがたい事象	第2棟周辺では起こり得ない事象	事象の進展が緩慢で対策を講ずることができる事象	第2棟の安全機能に影響を及ぼさない事象		
2	外部人為事象	電磁的障害	—	—	—	✓	第2棟は、電磁的障害による擾乱に対して、制御部、演算部は接地した鋼製の筐体に格納、高圧動力ケーブルは金属シールド付きとするとともに、計装ケーブルとは別ケーブルトレイに設置、通信ラインにおける光ケーブルの適用等により、影響を受けない設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		不正アクセス行為 (サイバーテロを含む)	—	—	—	✓	不正アクセス行為(サイバーテロを含む)を未然に防止するため、燃料デブリ等の閉じ込めに係る設備の操作に係る監視・制御装置を第2棟内の制御室に設置し、監視・制御装置は電気通信回線等を通じて外部と接続しない設計とするため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		漂流船舶の衝突	—	✓	—	—	第2棟は、福島第一原子力発電所港湾から離れており、漂流船舶の衝突の恐れはなく、安全機能を損なうおそれはない。	×
		航空機落下	✓	—	—	—	第2棟への航空機の落下確率は、これまでの事故実績等をもとに、民間航空機、自衛隊機及び米軍機を対象として評価した結果、航空機落下は確率的に低く想定しがたいため、設計評価事故の起因としない。	×
		ダム崩壊及び爆発	—	—	—	✓	ダムの崩壊により第2棟に影響を及ぼすような河川並びに爆発により第2棟の安全性を損なうような爆発物の製造及び貯蔵設備はないため、安全機能を損なうおそれはない。	×
		有毒ガス	—	—	—	✓	第2棟の安全機能の維持・確保は、運転員の操作を要するものではないため、有毒ガスにより安全機能を損なうおそれはない。	×
3	設備故障					設備故障により、第2棟の安全機能喪失が想定されるため、設計評価事故の起因とする。	○	
4	人的過誤					人的過誤により、第2棟の安全機能喪失が想定されるため、設計評価事故の起因とする。	○	

✓：該当する事象  
—：該当しない事象

○：設計基準事故の起因として想定する事象  
×：設計基準事故の起因として想定しない事象

上記の抽出結果をもとに、“地震”、“設備故障”及び“人的過誤”を設計評価事故の起因として考慮すべき事象とする。

次頁に、MLDを用いて設計評価事故を評価した結果を示す。

## 2-4. 第2棟における第22条の評価結果（1/5）

MLDを用いて評価を行った結果のうち、設備設計・運用上の対策（レベル5）が異常事象への緩和策（レベル6）となった起因事象（レベル4）に関する評価結果を以下に示す。

レベル1 頂上事象	レベル2 異常事象の定義 (OR条件)	レベル3 具体的事象 (OR条件)	レベル4 起因事象				レベル5 対策 (AND条件) 青字：設計面、緑字：運用面	レベル6 影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
安全機能喪失により公衆の被ばく線量が5mSvを超える放射性物質等の放出事象	閉じ込め機能不全	コンクリートセルの閉じ込め機能不全	分析時	地震 (地震に伴う火災を含む)	8	加熱機器を使用している際に、 <u>Sクラス相当の地震が発生、さらに、地震に伴って可燃物が加熱機器に接触し、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。</u> 地震により、セル・グローブボックス用換気空調設備、圧縮空気設備、消火設備が損傷し、コンクリートセルの負圧維持機能、圧縮空気、外部電源及び消火機能が喪失した状態を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリートセル内で取り扱う可燃物の量を必要最低限にする等の管理を行う。</li> <li>・加熱機器を使用する間は、異常時に速やかな対応ができるよう、作業員が作業場所にて常時監視を行う。</li> <li>・コンクリートセルの給排気弁は、Sクラス相当の地震に対して耐震性を有する設計とし、セル・グローブボックス用換気空調設備、圧縮空気設備が損傷又は外部電源を喪失した場合、コンクリートセルの給排気弁が自動で閉止し、構造による閉じ込め機能を維持できる設計とする。</li> <li>・コンクリートセルの給排気弁が単一故障により自動で閉止しなかったとしても、コンクリートセルの給排気弁を多重化することで閉じ込めが行える設計とする。</li> </ul>	(緩和) →給排気弁の閉止により構造による閉じ込めを行い、建屋、コンクリートセルの除染係数を考慮した場合の公衆の被ばく線量 <b>1.8mSv</b>

## 2-4. 第2棟における第22条の評価結果 (2/5)

レベル1 頂上事象	レベル2 異常事象の定義 (OR条件)	レベル3 具体的事象 (OR条件)	レベル4 起因事象				レベル5 対策 (AND条件) 青字：設計面、緑字：運用面	レベル6 影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
安全機能喪失により公衆の被ばく線量が5mSvを超える放射性物質等の放出事象	閉じ込め機能不全	鉄セルの閉じ込め機能不全	分析時	地震 (地震に伴う火災を含む)	22	加熱機器を使用している際に、Sクラス相当の地震が発生し鉄セルが損傷、さらに、地震に伴って可燃物が加熱機器に接触したことにより紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。地震により、セル・グローブボックス用換気空調設備、圧縮空気設備、消火設備が損傷し、鉄セルの負圧維持機能、圧縮空気、外部電源及び消火機能が喪失した状態を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>鉄セル内で取り扱う可燃物の量を必要最低限にする等の管理を行う。</li> <li>加熱機器を使用する間は、異常時に速やかな対応ができるよう、作業員が作業場所にて常時監視を行う。</li> <li>Sクラス相当の地震により設備が安全機能を喪失したとしても、燃料デブリ等の取扱量の制限、建屋躯体により、公衆への被ばく影響が5mSvを超える放射線又は放射性物質の放出が生じない設計とする。</li> </ul>	(緩和) →燃料デブリ等の取扱量の制限、建屋躯体の構造による閉じ込めを行い、建屋の除染係数を考慮した場合の公衆の被ばく線量 <b>4.4×10<sup>-1</sup>mSv</b>
			移送時	地震	28	鉄セルからグローブボックスへ燃料デブリ等を移送中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sクラス相当の地震により設備が安全機能を喪失したとしても、燃料デブリ等の取扱量の制限、建屋躯体により、公衆への被ばく影響が5mSvを超える放射線又は放射性物質の放出が生じない設計とする。</li> </ul>	(緩和) →燃料デブリ等の取扱量の制限、建屋躯体の構造による閉じ込めを行い、建屋の除染係数を考慮した場合の公衆の被ばく線量 <b>2.7×10<sup>-1</sup>mSv</b>

## 2-4. 第2棟における第22条の評価結果 (3/5)

レベル1 頂上事象	レベル2 異常事象の定義 (OR条件)	レベル3 具体的事象 (OR条件)	レベル4 起因事象				レベル5 対策 (AND条件) 青字：設計面、緑字：運用面	レベル6 影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
安全機能喪失により公衆の被ばく線量が5mSvを超える放射性物質等の放出事象	閉じ込め機能不全	グローブボックスの閉じ込め機能不全	分析時	地震 (地震に伴う火災を含む)	31	加熱機器を使用している際に、 <u>Sクラス相当の地震が発生しグローブボックスが損傷、さらに、地震に伴って可燃物が加熱機器に接触したことにより紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。</u> 地震により、セル・グローブボックス用換気空調設備、消火設備が損傷し、グローブボックスの負圧維持機能、外部電源及び消火機能が喪失した状態を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>グローブボックス内で取り扱う可燃物の量を必要最低限にする等の管理を行う。</u></li> <li>・<u>加熱機器を使用する間は、異常時に速やかな対応ができるよう、作業員が作業場所にて常時監視を行う。</u></li> <li>・<u>Sクラス相当の地震により設備が安全機能を喪失したとしても、燃料デブリ等の取扱量の制限、建屋躯体により、公衆への被ばく影響が5mSvを超える放射線又は放射性物質の放出が生じない設計とする。</u></li> </ul>	(緩和) →燃料デブリ等の取扱量の制限、建屋躯体の構造による閉じ込めを行い、建屋の除染係数を考慮した場合の公衆の被ばく線量 <b>4.4×10<sup>-5</sup>mSv</b>
			移送時	地震	36	グローブボックスからフードへ燃料デブリ等を移送中に、 <u>Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>Sクラス相当の地震により設備が安全機能を喪失したとしても、燃料デブリ等の取扱量の制限、建屋躯体により、公衆への被ばく影響が5mSvを超える放射線又は放射性物質の放出が生じない設計とする。</u></li> </ul>	(緩和) →燃料デブリ等の取扱量の制限、建屋躯体の構造による閉じ込めを行い建屋の除染係数を考慮した場合の公衆の被ばく線量 <b>2.7×10<sup>-5</sup>mSv</b>
		分析時	地震	39	<u>Sクラス相当の地震により、フード用換気空調設備、フードの風速維持機能、外部電源が喪失した状況を想定する。</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>Sクラス相当の地震により設備が安全機能を喪失したとしても、燃料デブリ等の取扱量の制限、建屋躯体により、公衆への被ばく影響が5mSvを超える放射線又は放射性物質の放出が生じない設計とする。</u></li> </ul>	(緩和) →燃料デブリ等の取扱量の制限、建屋躯体の構造による閉じ込めを行い、建屋の除染係数を考慮した場合の公衆の被ばく線量 <b>2.7×10<sup>-5</sup>mSv</b>	
		フードの閉じ込め機能（風速維持）不全						

## 2-4. 第2棟における第22条の評価結果 (4/5)

レベル1 頂上事象	レベル2 異常事象の定義 (OR条件)	レベル3 具体的事象 (OR条件)	レベル4 起因事象				レベル5 対策 (AND条件) 青字：設計面、緑字：運用面	レベル6 影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
安全機能喪失により公衆の被ばく線量が5mSvを超える放射性物質等の放出事象	閉じ込め機能不全	液体廃棄物一時貯留設備の閉じ込め機能不全	一時保管時	地震	51	Sクラス相当の地震による液体廃棄物一時貯留設備の損傷を想定する。	・地震により設備が安全機能を喪失したとしても、建屋躯体により、公衆への被ばく影響が5mSvを超える放射線又は放射性物質の放出が生じない設計とする。	(緩和) →建屋躯体の構造による閉じ込めを行い、建屋の除染係数を考慮した場合の公衆の被ばく線量 <b>7.2×10<sup>-6</sup>mSv</b>
	遮蔽機能不全	鉄セルの遮蔽機能不全	分析時	地震 (地震に伴う火災を含む)	79	加熱機器を使用している際に、Sクラス相当の地震が発生し鉄セルが損傷、さらに、地震に伴って可燃物が加熱機器に接触したことにより、鉄セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。地震により、セル・グローボックス用換気空調設備、圧縮空気設備、消火設備が損傷し、鉄セルの負圧維持機能、圧縮空気、外部電源及び消火機能が喪失した状態を想定する。	・鉄セル内で取り扱う可燃物の量を必要最低限にする等の管理を行う。 ・加熱機器を使用する間は、異常時に速やかな対応ができるよう、作業員が作業場所にて常時監視を行う。 ・Sクラス相当の地震により設備が安全機能を喪失したとしても、燃料デブリ等の取扱量の制限、建屋躯体により、公衆への被ばく影響が5mSvを超える放射線又は放射性物質の放出が生じない設計とする。	(緩和) →燃料デブリ等の取扱量の制限、建屋躯体の構造による遮蔽を行った場合の公衆の被ばく線量 <b>3.1×10<sup>-7</sup>mSv</b>

上記の評価結果より、設備設計・運用上の対策を講じた上での公衆の被ばく線量が発生事故当たり5mSvを超えないことを確認した。



## 2-4. 第2棟における第22条の評価結果（5/5）

施設全体に影響を及ぼす起因事象として地震が想定されるため、地震による異常時に関連する公衆被ばく線量を合算した結果を以下に示す。

異常事象※	起因事象	公衆被ばく線量 (mSv)
コンクリートセルの 閉じ込め機能不全	地震（地震に伴う火災を含む）	1.8
鉄セルの閉じ込め機能不全	地震（地震に伴う火災を含む）	$4.4 \times 10^{-1}$
グローブボックスの 閉じ込め機能不全	地震（地震に伴う火災を含む）	$4.4 \times 10^{-5}$
フードの閉じ込め機能 （風速維持）不全	地震	$2.7 \times 10^{-5}$
液体廃棄物一時貯留設備の 閉じ込め機能不全	地震	$7.2 \times 10^{-6}$
鉄セルの遮蔽機能不全	地震（地震に伴う火災を含む）	$3.1 \times 10^{-7}$
地震による公衆被ばく線量（mSv）		2.3

※設計評価事故の評価において、同じ設備に対し地震を起因とした異常事象が複数ある場合は、公衆被ばく線量が最も大きくなる異常事象（値が同じであれば、代表して分析時の公衆被ばく線量）を引用して、公衆被ばく線量の合算を行う。

上記の評価結果より、**施設全体に影響を及ぼす起因事象として想定される地震により、地震による異常時に関連する公衆被ばく線量の合算値が、5mSvを超えないことを確認した。**

## 3-1. 安全上重要な施設を選定するための基準（1/3）

「使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則」の解釈に基づき、第2棟における安全上重要な施設を選定する。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則（抜粋）

第一条（定義）

四 「安全上重要な施設」とは、使用施設等のうち、**安全機能の喪失により、公衆又は従事者に放射線障害を及ぼすおそれがあるもの及び設計評価事故時に公衆又は従事者に及ぼすおそれがある放射線障害を防止するため、放射性物質又は放射線が使用施設等を設置する工場又は事業所（以下「工場等」という。）の外へ放出されることを抑制し、又は防止するもの**をいう。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈（抜粋）

第1条（定義）

3 上記2の「安全上重要な施設」とは、以下に掲げるものが含まれるものをいう。ただし、安全機能が喪失したとしても、公衆及び従事者に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれのないことが明らかな場合は、この限りでない。

一 プルトニウムを含む溶液又は粉末を内蔵する系統及び機器

二 使用済燃料、高レベル放射性液体廃棄物を内蔵する系統及び機器

三 上記一及び二の系統及び機器の排気系統

四 上記一及び二の系統及び機器を収納するセル等

五 上記四のセル等の排気系統

六 上記四のセル等を収納する構築物及びその換気系統

七 核燃料物質を非密封で大量に取り扱う系統及び機器の排気系統

八 非常用所内電源系統及び安全上重要な施設の機能の確保に必要な圧縮空気等の主要な動力源

九 熱的、化学的又は核的制限値を有する設備・機器並びに当該制限値を維持するための設備・機器

十 臨界事故の発生を直ちに検知し、これを未臨界にするための設備・機器

十一 使用済燃料を貯蔵するための施設

十二 高レベル放射性固体廃棄物を保管廃棄するための施設

十三 その他上記各系統・設備・機器等の安全機能を維持するために必要な系統・設備・機器等のうち、安全上重要なもの

4 上記3に規定する「過度の放射線被ばくを及ぼすおそれ」とは、周辺監視区域周辺の公衆の実効線量の評価値が発生事故当たり5ミリシーベルトを超えることをいう。

## 3-1. 安全上重要な施設を選定するための基準（2/3）

「使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則」の解釈に基づき、第2棟における安全上重要な施設を選定する。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈（抜粋）

第1条（定義）

4 上記3に規定する「過度の放射線被ばくを及ぼすおそれ」とは、周辺監視区域周辺の公衆の実効線量の評価値が発生事故当たり5ミリシーベルトを超えることをいう。**当該実効線量の評価方法としては、別記1のとおりとする。**

（別記1）安全上重要な施設の有無の確認に当たっての実効線量の評価方法

3. 外部事象による使用施設等の損傷を考慮する場合のSSCの機能の喪失による周辺監視区域周辺の公衆への実効線量の評価（以下この別記1において「外部事象評価」という。）に当たっては、以下を基本とする。なお、使用施設等の立地状況を考慮して、必要に応じて、自然現象の重畳についても考慮し、外部事象評価を行うこととする。

（1）地震

・地震は、Sクラスに属する施設に求められる程度の地震力を設定することとする。当該地震力を設定しない場合は、SSCの機能を喪失するものとして外部事象評価を行う。

・外部事象評価に当たっては、上記地震力を受けた場合における使用施設等の損傷を当該使用施設等の設計に応じて考慮し、適切な除染係数（DF）等を設定するものとする。

（2）津波（略）

（3）竜巻（略）

（4）その他の外部からの衝撃について（略）



### 3-1. 安全上重要な施設を選定するための基準 (3/3)

前頁の条文を踏まえ、以下の2つの基準から、安全上重要な施設を選定する。

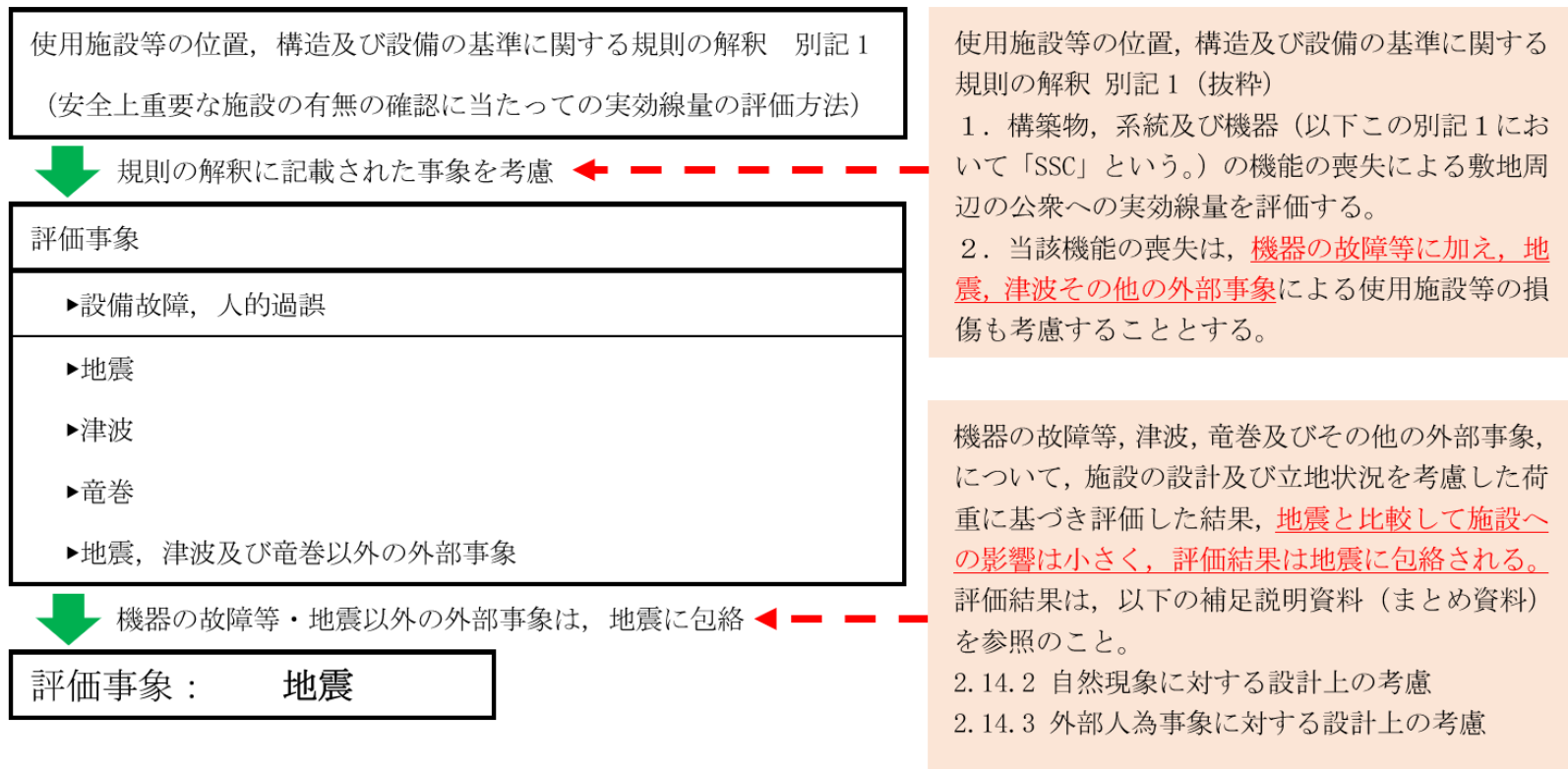
- **安全機能喪失時に公衆への被ばく影響が5mSv/事象を超える施設・設備**  
→安全機能喪失時の公衆被ばく線量を評価し、安全上重要な施設を選定 (p.23～24)
  
- **設計評価事故において、当該施設・設備による事故の防止・緩和機能に期待しているものであって、それら機能に期待しない場合の公衆への被ばく影響が5mSv/事象を超える施設・設備**  
→設計評価事故の評価を行った結果から、安全上重要な施設を選定 (p.25)

## 3-2. 安全機能喪失の観点からの安全上重要な施設の選定（1/2）

閉じ込め機能又は遮蔽機能を喪失した際の公衆への被ばく影響の観点から、第2棟における安全上重要な施設を選定する。

### ① 評価条件

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈の別記1に従って、地震、津波、竜巻、その他の外部事象を想定し、公衆被ばく影響の評価を行う。以下に、評価事象の選定に係るフローを示す。



## 3-2. 安全機能喪失の観点からの安全上重要な施設の選定（2/2）

### ②評価結果

外部事象のうち、影響が最も大きくなると考えられるSクラス相当の地震力を想定して線量評価を行う。なお、第2棟の耐震性を鑑み、除染係数（DF）及び遮蔽を考慮する。第2棟の各設備における閉じ込め機能又は遮蔽機能喪失時の公衆の被ばく線量を以下に示す。

（単位：mSv）

設備名称	閉じ込め機能喪失	遮蔽機能喪失
建屋	—	$1.5 \times 10^{-11}$
コンクリートセル	1.1	$2.4 \times 10^{-4}$
試料ピット	—	$2.6 \times 10^{-4}$
鉄セル	$2.7 \times 10^{-1}$	$3.1 \times 10^{-7}$
グローブボックス	$2.7 \times 10^{-5}$	—
フード	$2.7 \times 10^{-5}$	—
液体廃棄物一時貯留設備	$7.2 \times 10^{-6}$	—
セル・GB用 換気空調設備	$2.0 \times 10^{-1}$	—
フード用 換気空調設備	$2.7 \times 10^{-5}$	—

※1 評価条件等は、参考資料4に示す。

※2 設備として該当する安全機能を有していない箇所については、“—（バー）”を記載する。

※3 安全機能の喪失が継続する期間を7日間として評価した。

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

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

上記の評価結果より、閉じ込め機能又は遮蔽機能を喪失時に、公衆の被ばく線量が5mSvを超える設備はない。なお、臨界安全上の観点から、臨界防止機能を有するコンクリートセル及び試料ピットを安全上重要な施設に選定する。

### 3-3. 設計評価事故の評価結果に基づく安全上重要な施設の選定

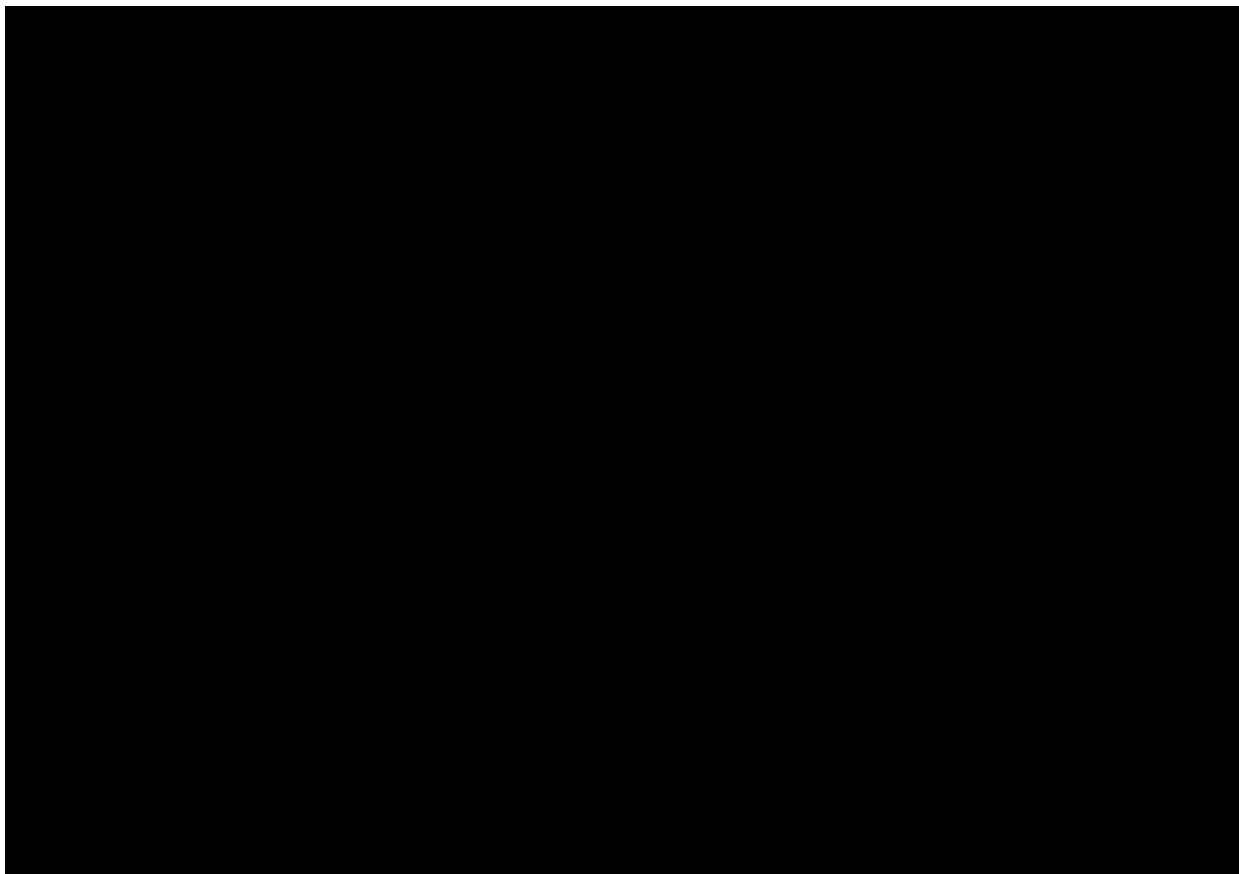
設計評価事故の評価を行った結果から、コンクリートセルの給排気弁は、設計評価事故における防止・緩和機能として閉じ込めのバウンダリを期待しており、その機能に期待しない場合の公衆への被ばく影響が5mSv/事象を超える機器であることから、安全上重要な施設に選定する。

設計評価事故の評価結果（コンクリートセル）

レベル1 頂上事象	レベル2 異常事象の定義 (OR条件)	レベル3 具体的事象 (OR条件)	レベル4 起因事象				レベル5 対策 (AND条件) 青字：設計面、緑字：運用面	レベル6 影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	No.	内容		
安全機能喪失により公衆の被ばく線量が5mSvを超える放射性物質等の放出事象	閉じ込め機能不全	コンクリートセルの閉じ込め機能不全	分析時	地震 (地震に伴う火災を含む)	8	加熱機器を使用している際に、Sクラス相当の地震が発生、さらに、地震に伴って可燃物が加熱機器に接触し、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。地震により、セル・グローブボックス用換気空調設備、圧縮空気設備、消火設備が損傷し、コンクリートセルの負圧維持機能、圧縮空気、外部電源及び消火機能が喪失した状態を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリートセル内で取り扱う可燃物の量を必要最低限にする等の管理を行う。</li> <li>・加熱機器を使用する間は、異常時に速やかな対応ができるよう、作業員が作業場所にて常時監視を行う。</li> <li>・コンクリートセルの給排気弁は、Sクラス相当の地震に対して耐震性を有する設計とし、セル・グローブボックス用換気空調設備、圧縮空気設備が損傷又は外部電源を喪失した場合、コンクリートセルの給排気弁が自動で閉止し、構造による閉じ込め機能を維持できる設計とする。</li> <li>・コンクリートセルの給排気弁が単一故障により自動で閉止しなかったとしても、コンクリートセルの給排気弁を多重化することで閉じ込めが行える設計とする。</li> </ul>	(緩和) →給排気弁の閉止により構造による閉じ込めを行い、建屋、コンクリートセルの除染係数を考慮した場合の公衆の被ばく線量 <b>1.8mSv</b>

### 3-4. 第2棟における安全上重要な施設

「安全機能喪失の観点からの安全上重要な施設の選定」(p.23～24参照)及び「設計評価事故の評価結果に基づく安全上重要な施設の選定」(p.25参照)から、**第2棟における安全上重要な施設として“コンクリートセル（給排気弁を含む）”及び“試料ピット”を安全上重要な施設に選定する。安全上重要な施設の範囲を以下に示す。**



安全上重要な施設の範囲（青破線内：安全上重要な施設）

## 3-5. 安全上重要な施設に係る要求事項及び適合性

「使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則」及びその解釈に基づく安全上重要な施設に係る要求事項を以下に示す。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則 (抜粋)	使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈 (抜粋)	要求事項に対する適合性	
		コンクリートセル (給排気弁を含む)	試料ピット
<p>第四条 (火災等による損傷の防止)</p> <p>2 消火設備は、破損、誤作動又は誤操作が起きた場合においても安全上重要な施設の安全機能を損なわないものでなければならない。</p>	<p>3 第3項の規定については、消火設備の破損、誤作動又は誤操作が起きた場合のほか、火災感知設備の破損、誤作動又は誤操作が起きたことにより消火設備が作動した場合においても、安全上重要な施設の機能を損なわないもの(消火設備の誤作動によって核燃料物質等が浸水したとしても、当該施設の臨界防止機能を損なわないこと等)であることをいう。</p>	<p>設計評価事故の評価結果のとおり、消火設備の破損、誤作動又は誤操作が起きたとしても、コンクリートセルの安全機能(遮蔽機能、閉じ込め機能、臨界防止機能)を損なうことはない。万一、燃料デブリ等が浸水したとしても、臨界安全上問題はない。</p>	<p>設計評価事故の評価結果のとおり、消火設備の破損、誤作動又は誤操作が起きたとしても、試料ピットの安全機能(遮蔽機能、臨界防止機能)を損なうことはない。万一、燃料デブリ等が浸水したとしても、臨界安全上問題はない。</p>
<p>第十一条 (外部からの衝撃による損傷の防止)</p> <p>2 安全上重要な施設は、当該安全上重要な施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計評価事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。</p>	<p>3 第2項に規定する「大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象」とは、対象となる自然現象に対応して、最新の科学的技術的知見を踏まえて適切に予想されるものをいう。なお、過去の記録、現地調査の結果、最新知見等を参考にして、必要のある場合には、異種の自然現象を重量させるものとする。</p> <p>4 第2項に規定する「適切に考慮したもの」とは、大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計評価事故が発生した場合に生じる応力を単純に加算することを必ずしも要求するものではなく、それぞれの因果関係及び時間的変化を考慮して適切に組合せた場合をいう。</p>	<p>「補足説明資料(2.14.2 自然現象に対する設計上の考慮)」にて示したとおり、当該安全上重要な施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象はない。</p>	<p>「補足説明資料(2.14.2 自然現象に対する設計上の考慮)」にて示したとおり、当該安全上重要な施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象はない。</p>
<p>第十六条 (重要度に応じた安全機能の確保)</p> <p>2 安全上重要な施設は、機械又は器具の単一故障(単一の原因によって一つの機械又は器具が所定の安全機能を失うこと(従属要因による多重故障を含む。))をいう。)が発生した場合においてもその機能を損なわないものでなければならない。</p>	<p>1 第2項に規定する「単一故障」とは、動的機器の単一故障をいう。動的機器とは、外部からの動力の供給を受けて、それを含む系統が本来の機能を果たす必要があるとき、機械的に動作する部分を有する機器をいう。</p> <p>2 第2項について、単一故障があったとしても、その単一故障が安全上支障のない期間に除去又は修復できることが確実であれば、その単一故障を仮定しなくてよい。</p> <p>さらに、単一故障の発生の可能性が極めて小さいことが合理的に説明できる場合、あるいは、単一故障を仮定することで系統の機能が失われる場合であっても、他の系統を用いて、その機能を代替できることが安全解析等により確認できれば、当該機器に対する多重性の要求は適用しない。</p>	<p>コンクリートセルは、安全機能(遮蔽機能、閉じ込め機能、臨界防止機能)のうち、閉じ込め機能の確保に動的機器(給排気弁)を有しているが、給排気弁を二重化することにより、単一故障が発生した場合においてもその機能を損なわない設計とする。</p>	<p>試料ピットは、安全機能(遮蔽機能、臨界防止機能)の確保に動的機器は有していないため、対象外。</p>
<p>第二十条 (誤操作の防止)</p> <p>2 安全上重要な施設は、容易に操作することができるものでなければならない。</p>	<p>2 第2項に規定する「容易に操作することができるもの」とは、設計評価事故が発生した状況下(混乱した状態等)であっても、簡潔な手順によって必要な操作が行える等の使用者に与える負荷を小さくすることができるよう考慮された設計であることをいう。また、設計評価事故の発生後、一定期間は、使用者の操作を期待しなくても必要な安全機能が確保される設計であることをいう。</p>	<p>コンクリートセルは、給排気弁を二重化かつ自動化することにより、閉じ込め機能を確実かつ自動で確保することができ、使用者に与える負荷を小さくするよう考慮された設計である。また、設計評価事故の発生後、使用者の操作を期待しなくても必要な安全機能が確保できる設計である。</p>	<p>試料ピットは、その安全機能(遮蔽機能、臨界防止機能)の確保に操作を必要とするものではないため、対象外。</p>

上記のとおり、第2棟における安全上重要な施設が要求事項に対して適合していることを確認した。



## 4-1. 第2棟における第29条の適合方針（1/4）

第29条（多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止）及びその解釈に基づき、第2棟における多量の放射性物質等を放出する事故の評価を行う。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則（抜粋）

第二十九条（多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止）

使用前検査対象施設は、**発生頻度が設計評価事故より低い事故であって、当該使用前検査対象施設から多量の放射性物質又は放射線を放出するおそれがあるものが発生した場合**において、**当該事故の拡大を防止するために必要な措置を講じたもの**でなければならない。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈（抜粋）

1 第29条に規定する「発生頻度が設計評価事故より低い事故であって、当該使用前検査対象施設から多量の放射性物質又は放射線を放出するおそれがあるもの」とは、設計評価事故を超える事故であって、周辺監視区域周辺の公衆の実効線量の評価値が発生事故当たり5ミリシーベルトを超えるものをいう。

2 上記1の「設計評価事故を超える事故」を想定する際には、例えば、次に掲げる条件を含め、検討すること。

### 一 事故発生条件

想定される事故が単独で、同時に又は連鎖して発生することを想定するに当たっては、同一の室内にある等、同じ防護区画内（発生する事故により、他の設備及び機能に影響を及ぼしうる範囲）にある設備及び機器の機能喪失の同時発生の可能性について考慮することをいう。なお、関連性が認められない偶発的な同時発生の可能性を想定する必要はない。想定される事故としては、例えば次の各号が考えられる。

- ① 臨界
- ② 火災・爆発
- ③ 閉じ込め機能の喪失
- ④ 冷却機能の喪失
- ⑤ 外的事象（地震・津波（地震随伴事象を含む。）等
- ⑥ その他施設の特性に応じた事故

## 4-1. 第2棟における第29条の適合方針（2/4）

第29条（多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止）及びその解釈に基づき、第2棟における多量の放射性物質等を放出する事故の評価を行う。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈（抜粋）

4 第29条の規定において、想定される事故に応じて、再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（原子力規制委員会規則第27号、平成25年12月18日制定）及び加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（原子力規制委員会規則第17号、平成25年12月18日制定）の重大事故等の拡大の防止等を参考とすること。

再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈（抜粋）

第28条（重大事故等の拡大の防止等）

2 第3項に規定する「異常な水準の放出を防止する」とは、上記三④から⑥において、**放射性物質の放出量がセシウム137換算で100テラベクレルを十分下回るもの**であって、かつ、実行可能な限り低いことをいう。

3 上記2の「セシウム137換算」については、例えば、放射性物質が地表に沈着し、そこからのガンマ線による外部被ばく及び再浮遊による吸入摂取による内部被ばくの50年間の実効線量を用いて換算することが考えられる。

加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈（抜粋）

第22条（重大事故等の拡大の防止等）

7 第3項に規定する「放射性物質の異常な水準の放出を防止する」とは、上記3の有効性評価において、**放射性物質の放出量がセシウム137換算で100テラベクレルを十分下回るもの**であって、かつ、実行可能な限り低いことをいう。

8 上記7の「セシウム137換算」については、例えば、放射性物質が地表に沈着し、そこからのガンマ線による外部被ばく及び再浮遊による吸入摂取による内部被ばくの50年間の実効線量を用いて換算することが考えられる。



## 4-1. 第2棟における第29条の適合方針（3/4）

前頁の条文に対する適合性を確認するため、設計評価事故の評価方法と同様にMLDを用いて多量の放射性物質等を放出する事故の評価を実施する。

①：“**頂上事象**”を設定する。（レベル1）

◆ **頂上事象：「安全機能喪失によりCs-137換算で100TBqを超える放射性物質の放出事象」**

②：頂上事象を安全機能の観点から3つの“**異常事象**”に分類する。（レベル2）

◆ 異常事象：「閉じ込め機能喪失」、「遮蔽機能喪失」及び「臨界防止機能喪失」

③：第2棟を構成する構築物、系統及び機器ごとに異常事象に達しうる“**具体的事象**”を整理する。（レベル3）

◆ 安全上重要な施設に選定したものをに対し評価を行う。

④：“**具体的事象**”に至る**起因事象**を「発生タイミング」、「異常カテゴリ」、「内容」の項目をもとに抽出する。（レベル4）

◆ 起因事象は、「**自然現象、外部人為事象のうち極低頻度かつ高影響事象**」又は「**設計評価事故の起因事象＋単一の内部事象を起因事象（従属事象を含む）**」を抽出する。

次頁へ続く

## 4-1. 第2棟における第29条の適合方針（4/4）

前頁からの続き



⑤：起因事象に対して、**設備設計・運用上の対策を整理**する。（レベル5）



⑥：対策について、異常事象への有効性と緩和した場合の**公衆への被ばく影響を確認**する。（レベル6）

- ◆ レベル5で整理した対策を踏まえ、想定した起因事象による事故の発生が防止又は緩和されることを確認する。
- ◆ **放射性物質の放出量を評価し、Cs-137換算で100TBqを十分下回ること、かつ、事故の拡大を防止するために必要な措置が講じられていることを確認する。**
- ◆ 施設全体に影響を及ぼす起因事象（例：地震）により複数の設備に異常が発生する可能性がある場合は、その起因事象における放射性物質の放出量を合算し、Cs-137換算で100TBqを十分下回ることを確認する。

## 4-2. 第2棟における多量の放射性物質等を放出する事故の評価対象

第2棟における多量の放射性物質等を放出する事故の評価は、多量の放射性物質等を放出するおそれがある安全上重要な施設を対象として実施する。

なお、施設全体に影響を及ぼす起因事象による放射性物質の放出量を合算した評価を行うため、安全上重要な施設以外の閉じ込め機能を有する設備についても、同様の事故を想定した条件のもと、放射性物質の放出量の評価を行う。

第2棟における多量の放射性物質等を放出する事故の評価対象を以下に示す。

### 第2棟の安全上重要な施設

安全上重要な施設
コンクリートセル（給排気弁を含む）
試料ピット

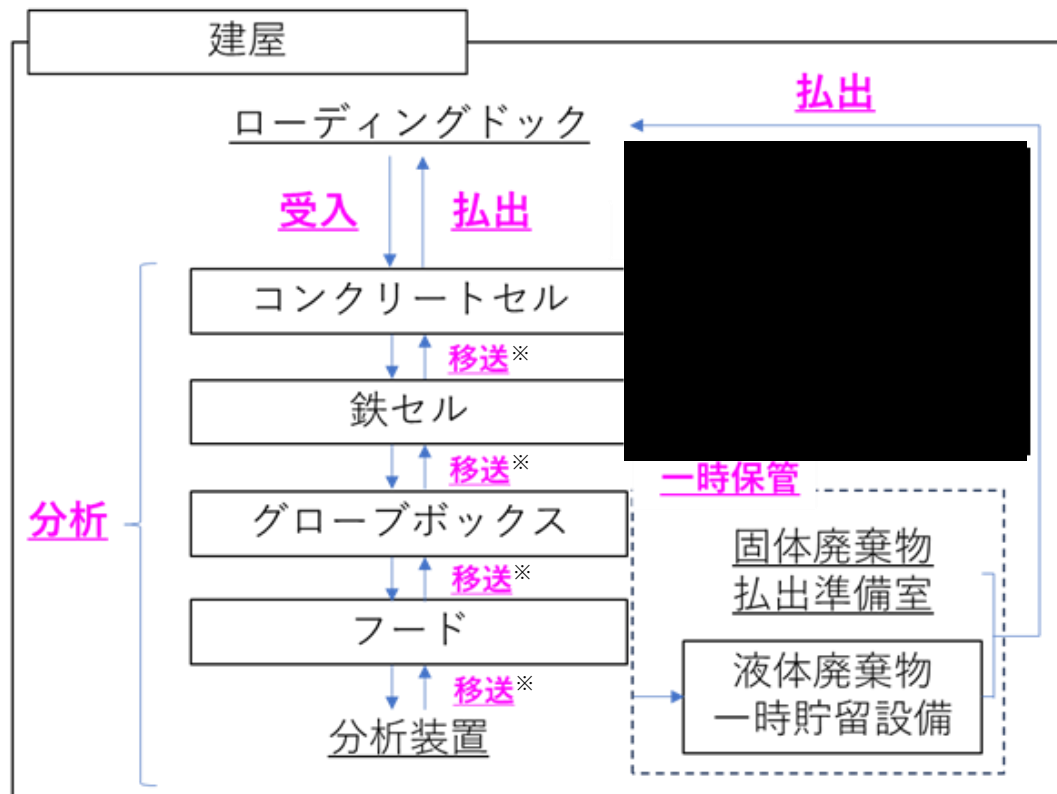
### 第2棟の安全上重要な施設以外の 閉じ込め機能を有する設備

安全上重要な施設以外の 閉じ込め機能を有する設備
鉄セル
グローブボックス
フード
液体廃棄物一時貯留設備

### 4-3. 第2棟における異常事象に係る発生タイミング

第2棟における燃料デブリ等及び廃棄物のフロー（p.6参照）をもとに、異常事象が発生するタイミングを整理した。第2棟の各設備における作業フローを示す。

なお、異常事象の発生タイミングは設計評価事故と同様とする（p.11参照）



※ 「移送」は、該当する設備から他設備へ移送するタイミングを指す。

上記の作業フローをもとに、各設備における発生タイミングごとの異常事象を想定する。

## 4-4. 多量の放射性物質等の放出事故の起因事象の想定（1/5）

第2棟における多量の放射性物質等を放出する事故は、「①自然現象、外部人為事象のうち極低頻度かつ高影響事象」又は「②設計評価事故の起因事象＋単一の内部事象（従属事象を含む）」を起因事象として想定する。

### ①自然現象、外部人為事象のうち極低頻度かつ高影響事象

設計評価事故の評価において想定した自然現象、外部人為事象のうち、確率的に発生することが想定しがたい事象又は第2棟の安全機能に影響を及ぼさない事象を対象に、より低頻度かつ高影響となる事象を起因として想定する。

なお、以下に示す事象は、多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しないものとする。

- **設計上、十分な裕度を有している事象**
- **第2棟周辺では起こり得ない事象**

自然現象、外部人為事象のうち極低頻度かつ高影響事象の想定結果を次頁に示す。

## 4-4. 多量の放射性物質等の放出事故の起因事象の想定（2/5）

### 自然現象、外部人為事象のうち極低頻度かつ高影響事象の想定結果（1/3）

起因事象	No.	異常カテゴリ	多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない事象		極低頻度かつ高影響事象の想定	多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定するか
			設計上、十分な裕度を有している事象	安全上重要な施設の安全機能に影響を与えない事象		
自然現象	1	地震	✓	—	第2棟建屋は、Ss900の地震力によって各層に発生するせん断応力度によるせん断ひずみにおいて、スケルトンカーブの第2折れ点を超過せず、十分な裕度を有しており、おおむね弾性範囲にとどまるため、多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。	×
	2	津波	✓	—	第2棟建屋は、検討用津波に対して十分な裕度を有した位置に建設予定であり、検討用津波の高さを超え、かつ、第2棟まで遡上する津波は想定しがたいため、多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。	×
	3	豪雨	✓	—	第2棟の屋根面の排水等に係る設計は、基準とした降雨強度（森林法による林地開発許可制度の排水施設の設置基準に基づく降雨強度）に対して十分な裕度を有しており、第2棟の建屋に影響を与える豪雨は想定しがたいため、多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。	×
	4	積雪	✓	—	第2棟の屋上の積雪荷重に係る設計は、基準とした積雪荷重（建設基準法に基づく積雪荷重）に対して十分な裕度を有しており、第2棟の建屋に影響を与える積雪は想定しがたいため、多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。	×
	5	落雷	—	✓	第2棟建屋は、JIS A 4201（建築物等の雷保護）及び建築基準法に基づき避雷針の設置、機器接地を行い、落雷による損傷を防止する設計とするが、想定した強さを超える落雷が発生し停電が発生したとしても、安全上重要な施設の安全機能は電力を要さず維持できるため、多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。	×

## 4-4. 多量の放射性物質等の放出事故の起因事象の想定（3/5）

## 自然現象、外部人為事象のうち極低頻度かつ高影響事象の想定結果（2/3）

起因事象	No.	異常カテゴリ	多量の放射性物質等を放出する事故の 起因として想定しない事象		極低頻度かつ高影響事象の想定	多量の放射性物質等 を放出する事故の起 因として想定するか
			設計上、十分な裕 度を有している事象	安全上重要な施設 の安全機能に影響を 与えない事象		
自然現象	6	台風（強風， 高潮）	✓	—	第2棟建屋は、建築基準法及び関係法令に基づく風圧力に対して十分な裕度を有しており、重大事故の起因となる安全上重要な施設の安全機能の喪失の要因となる規模には至らないため、多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。また、高潮については、第2棟は十分な裕度を有した位置に建設予定であり、重大事故の起因となる安全上重要な施設の安全機能の喪失の要因となる規模には至らないため、多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。	×
	7	竜巻（飛来物 含む）	✓	—	第2棟建屋は、想定される竜巻に対して十分な裕度を有しており、第2棟の建屋内に設置される安全上重要な施設に影響を与える竜巻は想定しがたいため、多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。	×
	8	生物学的事象	—	✓	小動物等の襲来により、建屋貫通孔等からの小動物の侵入が想定されるため、建屋貫通孔や電路端部等に対してシール材を施工することにより、侵入を防止する設計としており、生物学的事象の極低頻度かつ高影響の事象を想定したとしても、重大事故の起因となる安全上重要な施設の安全機能の喪失の要因となる規模には至らないため、多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。	×
	9	火山の影響	✓	—	第2棟建屋は、想定される降下火砕物の堆積厚さに対して十分な強度を有しており、第2棟の建屋内に設置される安全上重要な施設に影響を与える火山の影響は想定しがたいため、多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。	×
	10	外部火災	✓	—	第2棟建屋は、想定される外部火災に対して十分な裕度を有しており、第2棟の建屋内に設置される安全上重要な施設に影響を与える外部火災は想定しがたいため、多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。	×



## 4-4. 多量の放射性物質等の放出事故の起因事象の想定（4/5）

### 自然現象、外部人為事象のうち極低頻度かつ高影響事象の想定結果（3/3）

起因事象	No.	異常カテゴリ	多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない事象		極低頻度かつ高影響事象の想定	多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定するか
			設計上、十分な裕度を有している事象	安全上重要な施設の安全機能に影響を与えない事象		
外部人為事象	11	電磁的障害	—	✓	第2棟建屋は、電磁的障害による擾乱を防止するため、接地した銅製の筐体に制御部及び演算部は格納し、高圧動力ケーブルは金属シールド付きとする等の電磁障害の影響を受けない設計としており、電磁的障害に係る極低頻度かつ高影響事象が万一発生したとしても、重大事故の起因となる安全上重要な施設の安全機能の喪失の要因となる規模には至らないため、多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。	×
	12	不正アクセス行為（サイバーテロを含む）	—	✓	第2棟は、安全上重要な施設の安全機能の維持・確保に運転員の操作を要さず、不正アクセス行為（サイバーテロを含む）を想定したとしても、重大事故の起因となる安全上重要な施設の安全機能の喪失の要因となる規模には至らないため、多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。	×
	13	航空機落下	✓	—	第2棟への落下確率は、設計上の考慮が必要とするか否かの判断基準を十分下回するため、多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。	×
	14	ダム崩壊及び爆発	✓	—	第2棟近傍の河川及びダムは、第2棟から十分距離が離れており、河川又はダム崩壊により施設に影響をおよぼすことはない。同様に爆発物の製造及び貯蔵施設も近隣になく、爆発により施設の安全性を損なうことは起こり得ないため、多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。	×
	15	有毒ガス	—	✓	安全上重要な施設の安全機能の維持・確保は、運転員の操作を要さず、有毒ガスにより施設の安全性は損なわれないことから、多量の放射性物質等を放出する事故の起因として想定しない。	×

上記の結果から、自然現象、外部人為事象のうち極低頻度かつ高影響事象は起因として想定しないものとする。



## 4-4. 多量の放射性物質等の放出事故の起因事象の想定（5/5）

### ②設計評価事故の起因事象＋単一の内部事象（従属事象を含む）

設計評価事故の起因事象に対し、施設・設備の動的な故障や誤動作、運転員の誤操作等の単一の内部事象を重ねたケースを多量の放射性物質等を放出する事故の起因事象として想定する。単一の内部事象は、設計評価事故で想定した設備故障又は人的過誤の起因事象を用いる。

なお、コンクリートセルについては、分析時における地震及び設備故障を組み合わせた事象として、Sクラス相当の地震発生に加え、動的機器である給排気弁の複数故障が生じた場合を起因とした事象も併せて想定する。

次頁に、起因として想定する事象に対して、MLDを用いて多量の放射性物質等を放出する事故を評価した結果を示す。

## 4-5. 第2棟における第29条の評価結果（1/2）

MLDを用いて、多量の放射性物質等を放出する事故の評価を行った結果を以下に示す。

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起因事象				対策 (AND条件) 青字：設計面、緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 がコリ	No.	内容		
安全機能喪失により公衆の被ばく線量が5mSvを超える放射性物質等の放出事象	閉じ込め機能喪失	コンクリートセルの閉じ込め機能喪失	分析時	地震 × 設備故障	8×8	Sクラス相当の地震が発生、さらに、地震に伴って可燃物が加熱機器に接触し、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。また、コンクリートセルの給排気弁が故障により自動で閉止せず、更に、多重化した給排気弁も故障により機能しない場合を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリートセル内で取り扱う可燃物の量を必要最低限にする等の管理を行う。</li> <li>・加熱機器を使用する間は、異常時に速やかな対応ができるよう、作業員が作業場所にて常時監視を行う。</li> <li>・コンクリートセルは、Sクラス相当の地震に対しておおむね弾性範囲にとどまり、安全機能を維持できる。</li> <li>・建屋は、動的地震力Ss900に対し耐震性を有しているため安全機能を維持できる。</li> <li>・コンクリートセルの給排気弁は、Sクラス相当の地震に対して耐震性を有する設計とする。</li> <li>・コンクリートセルの給排気弁は、故障により自動で動作しない場合においても手動で操作できる設計とする。</li> </ul>	（緩和） 事故発生時の影響 建屋の除染係数を考慮した場合の放射性物質（Cs-137換算）の放出量 <b>8.4×10<sup>-2</sup>TBq</b>

上記の評価結果より、**多量の放射性物質等を放出する事故時の放射性物質の放出量がCs-137換算で100TBqを十分下回り、事故の拡大を防止するために必要な措置（対策）が講じられていることを確認した。**

## 4-5. 第2棟における第29条の評価結果（2/2）

施設全体に影響を及ぼす起因事象として地震が想定されるため、地震による異常時に関連する放射性物質の放出量を合算した結果を以下に示す。

異常事象 <sup>※1</sup>	起因事象	放射性物質の放出量（TBq）
コンクリートセルの 閉じ込め機能喪失	地震（地震に伴う火災を含む） + 設備故障	$8.4 \times 10^{-2}$
鉄セルの閉じ込め機能喪失 <sup>※2</sup>	地震（地震に伴う火災を含む）	$2.1 \times 10^{-3}$
グローブボックスの 閉じ込め機能喪失 <sup>※2</sup>	地震（地震に伴う火災を含む）	$2.1 \times 10^{-7}$
フードの閉じ込め機能 （風速維持）喪失 <sup>※2</sup>	地震	$1.3 \times 10^{-7}$
液体廃棄物一時貯留設備の 閉じ込め機能喪失 <sup>※2</sup>	地震	$3.5 \times 10^{-8}$
地震による放射性物質の放出量の合算（TBq）		$8.6 \times 10^{-2}$

※1 多量の放射性物質等を放出する事故の評価において、同じ設備に対し地震を起因とした異常事象が複数ある場合は、放射性物質の放出量が最も大きくなる異常事象を引用して、放射性物質の放出量の合算を行う。

※2 鉄セル、グローブボックス、フード、液体廃棄物一時貯留設備の閉じ込め機能喪失は、安全を損なう影響が最も大きいクラス相当の地震を起因として事故を想定した場合、耐震設計上、設備自体が損傷するため、設備故障、人的過誤を追加した異常が想定できないことから、クラス相当の地震を起因とした事象（従属事象含む）における放射性物質の放出量を算出する。

上記の評価結果より、施設全体に影響を及ぼす起因事象として想定される地震により、地震による異常時に関連する放射性物質の放出量の合算値が、Cs-137換算で100TBqを十分下回ることを確認した。

## 5. まとめ

### **第22条（設計評価事故時の放射線障害の防止）の評価結果**

- MLDの手法を用いて、頂上事象や異常事象といった各事象の選定を行い、第2棟における設計評価事故の評価を行った結果、設備設計・運用上の対策を講じた上での公衆の被ばく線量が発生事故当たり5mSvを超えないことを確認した。
- 施設全体に影響を及ぼす起因事象として想定される地震により、複数の設備に異常が発生した場合における公衆の被ばく線量を合算し、5mSvを超えないことを確認した。

### **第2棟における安全上重要な施設の選定について**

- 安全機能喪失時の公衆被ばく影響及び設計評価事故の評価結果から、“コンクリートセル（給排気弁を含む）”及び“試料ピット”を安全上重要な施設に選定する。

### **第29条（多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止）の評価結果**

- MLDの手法を用いて、頂上事象や異常事象といった各事象の選定を行い、第2棟における多量の放射性物質等を放出する事故の評価を行った結果、放射性物質の放出量がCs-137換算で100TBqを十分下回り、事故の拡大を防止するために必要な措置が講じられていることを確認した。
- 施設全体に影響を及ぼす起因事象として想定される地震により、複数の設備に異常が発生した場合における放射性物質の放出量の合算値が、Cs-137換算で100TBqを十分下回ることを確認した。

## 参考資料

- 参考資料 1 : 第2棟の概要
- 参考資料 2 : 第2棟における自然現象、外部人為事象等の評価一覧
- 参考資料 3 - 1 : 設計評価事故起因一覧
- 参考資料 3 - 2 : 設計評価事故時における公衆被ばく線量の評価
- 参考資料 4 : 安全上重要な施設の選定に係る公衆への被ばく影響評価
- 参考資料 5 - 1 : 多量の放射性物質等を放出する事故の起因一覧
- 参考資料 5 - 2 : 多量の放射性物質等を放出する事故時における放射性物質の放出量評価
- 参考資料 6 : 線量評価に用いた移行率及び除染係数について

## 参考資料 1 第2棟の概要（目的、分析対象）

### ■ 目的

燃料デブリ等の取り出しや保管等、各プロセスの安全性向上を主目的とした研究開発を進めるため、第2棟では、**燃料デブリの性状把握として必要な各種分析**を行う。

### ■ 分析対象

- 燃料デブリ等（燃料デブリの他、PCV内構造材や堆積物を含む）
- 受入回数：年間12回を想定



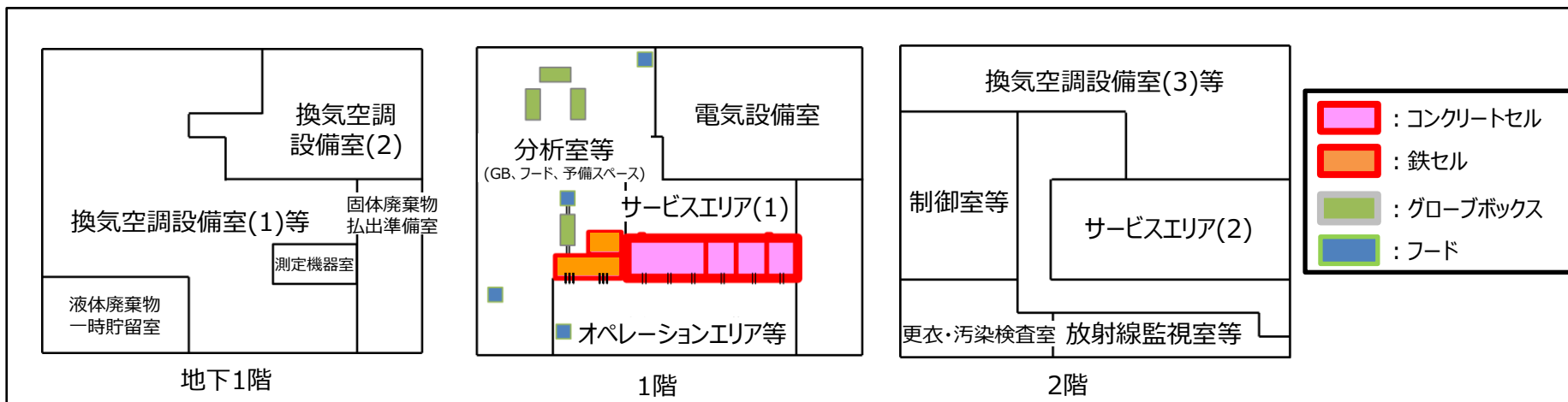
放射性物質分析・研究施設 完成イメージ図



## 参考資料 1 第2棟の概要（施設・設備概要）

- 建屋は1階、2階、地下1階の鉄筋コンクリート造とする。
- 燃料デブリ等を安全に取り扱えるよう、十分な遮蔽性と閉じ込め性を有したコンクリートセルや鉄セル、グローブボックス等を設置するとともに、発生する廃棄物についても安全に管理できるよう、換気空調設備や廃液受槽等を設置する。
- なお、コンクリートセル XXXXXXXXXX では、燃料デブリ等の取扱量及び形状を制限することで臨界安全を確保する。

### <第2棟の施設レイアウト概要>



## 参考資料 2 第2棟における自然現象、外部人為事象等の評価一覧 (1/5)

第2棟における自然現象、外部人為事象等に係る評価概要を示す。

### 自然現象

事象	評価概要
地震	<p><b>耐震設計</b>            第2棟は福島第一原子力発電所近傍に建設予定のため、「令和3年2月13日の福島県沖の地震を踏まえた東京電力福島第一原子力発電所の耐震設計における地震動とその適用の考え方」に示されている通り“Ss900”及び“Sd450”を地震動として用いた。            耐震設計方針については「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」及び第7回特定原子力施設の実施計画の審査等に係る技術会合での議論等に基づきコンクリートセル等の耐震クラスを選定し、「原子力発電所耐震設計技術規定 JEAC4601-2008」等を用い評価した。            コンクリートセル(給排気弁含む)はSs900及びSd450に対しておおむね弾性範囲にとどまり、3.0Ci評価においてもSクラス相当の耐震性を有することから、安全機能は損なわれない。また、試料ピットについてもSs900及びSd450に対しておおむね弾性範囲にとどまり、地震によるホール間隔の変位も小さいため、安全機能は損なわれない。</p> <p><b>地盤評価関係</b>            (基礎地盤の滑り)            基礎と人口岩盤間のせん断抵抗力が、Ss900地震動による建屋基礎底面に作用するせん断力より十分に大きく、滑動が起こらないことを確認した。            (基礎の支持力)            Ss900による地震応答解析から、耐震壁に生じる接地圧が評価基準(建築基準法施行令の地盤の許容応力度より設定)を超えないことを確認した。            (基礎底面の傾斜)            Ss900による地震応答解析の接地圧評価において発生する建屋基礎の傾斜が、評価基準値を超えないことを確認した。            (周辺地盤の変状)            第2棟は、十分な支持性能を有する地盤(新第三紀富岡層)に人口岩盤(コンクリート)を介して支持されており、第2棟以外に耐震Sクラスの機器・配管系及びそれらを支持する建物・構造物はないことから、周辺地盤の変状(不動沈下、液状化、揺すり込み沈下等)による影響をうけるおそれはない。            (地殻変動による基礎地盤の変形)            第2棟と同様な地殻に設置されている原子力施設の審査事例において、太平洋側のプレート間地震をモデルとした地殻変動の傾斜影響は、基準地震動による最大傾斜に比べ十分に小さい。このため、地殻変動による影響は建屋基礎の傾斜を十分下回ると考えられるため、地殻変動による基礎地盤の変形の影響はないと判断した。            以上のことから、地盤に係る地震の影響により、コンクリートセル(給排気弁含む)及び試料ピットの安全性は損なわれない。</p>
津波	<p>第2棟は津波が到達しないと考えられるT.P.+約40 mに建設し、検討用津波(T.P.22.6 m)での遡上評価でも津波は到達しないことから、想定される自然現象として津波に対する設計上の考慮は不要となる。</p>
豪雨	<p>第2棟は屋根面等が適切に排水できる設計とするため、施設の安全性は損なわれない。</p>



## 参考資料 2 第2棟における自然現象、外部人為事象等の評価一覧 (2/5)

### 自然現象

事象	評価概要
積雪	第2棟は「建築基準法ならびに関係法令」及び「福島県建築基準法施工細則第19条」に基づく積雪荷重(積雪量:30 cm、単位荷重:20 N/m <sup>2</sup> /cm)に耐えられる設計とするため、施設の安全性は損なわれない。
落雷	第2棟は「建築基準法ならびに関係法令」及び「JIS A 4201 (建築物等の雷保護)」に基づき、落雷防護のために避雷針・遮断器・保護継電器を設置する設計とする。また、第2棟は非常用電源設備を設置する設計となっており、外部電源が喪失した場合でもセル・グローブボックス用換気空調設備及び圧縮空気設備に給電できる設計であり、コンクリートセルは電源喪失による負圧維持機能が停止しても、自動的に給排気弁が閉止し、構造による閉じ込め機能は損なわれない。
台風 (強風・高潮)	第2棟は「建築基準法ならびに関係法令」に基づく風圧力(30 m/s)に耐えられる設計であり、高潮が到達しないと考えられるT.P.+約40 mに建設するため、施設の安全性は損なわれない。
竜巻 (飛来物含む)	<p><b>施設設計</b> 基準及び設定竜巻は、過去に発生した竜巻の最大風速に不確かさを考慮して100 m/sと設定し、竜巻荷重及び飛来物の影響を評価する。竜巻荷重は建屋に影響をおよぼさず、飛来物は建屋を貫通しないが裏面剥離を生じさせ、衝突位置によっては剥離物がコンクリートセルに衝突しても、貫通及び裏面剥離は発生せず、安全機能は損なわれない。</p> <p><b>竜巻随件事象</b> (火災) 第2棟近傍に火災源となる燃料タンク等が存在せず、落雷による電子機器の発火については雷によって発生する雷サージから電気機器を保護するため、分電盤等内に避雷器を設置し、電気機器を保護する設計とするため、火災が発生する恐れは低い。 (溢水) 第2棟近傍には溢水源となる貯水タンク等が存在せず、建屋は飛来物により貫通しない。よって、浸水による溢水が発生する恐れは低い。 (外部電源喪失事象) 第2棟は非常用電源設備を設置する設計となっており、外部電源が喪失した場合でもセル・グローブボックス用換気空調設備及び圧縮空気設備に給電できる設計であり、コンクリートセルは電源喪失による負圧維持機能が停止しても、自動的に給排気弁が閉止し、構造による閉じ込め機能が維持される。 以上のことから、竜巻随件事象によって、コンクリートセル(給排気弁含む)及び試料ピットの安全性は損なわれない。</p>
凍結	第2棟の建屋は鉄筋コンクリート造であり、屋外配管には保温材の設置等の対策を実施するため、凍結する恐れがなく施設の安全性は損なわれない。

## 参考資料 2 第2棟における自然現象、外部人為事象等の評価一覧 (3/5)

### 自然現象

事象	評価概要
紫外線	第2棟の建屋外壁には塗装等により紫外線対策を講ずる設計とするため、施設の安全性は損なわれない。
高温	第2棟近傍の気象観測データから現在までの最高気温を踏まえた設計とするため、施設の安全性は損なわれない。
生物学的事象	小動物等が建屋内に侵入しないよう、防止建屋貫通孔や電路端部等にシール材を取り付ける設計とするため、施設の安全性は損なわれない。
地すべり	「原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1987」において評価対象とすべき斜面は「斜面のり尻から原子炉建屋との離隔距離が約50 m以内の斜面、あるいは斜面の高さの約1.4倍以内の斜面」とされており、第2棟の周辺には斜面は存在なく、周辺斜面の影響はないことから、想定される自然現象として地すべりに対する設計上の考慮は不要となる。
火山	<p>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、コンクリートセル(給排気弁含む)及び試料ピットは第2棟建屋内に設置されていることから、火山事象により安全機能は損なわれない。</p> <p>なお、第2棟の建屋に火山灰が降り積もったとしても建屋躯体に対して影響が生じないことを、原子力発電所の火山影響評価ガイドを参考に評価する。</p> <p>評価対象火山としては第2棟に最も近い安達太良山を選定し、火山灰の蓄積量は文献より推定し、第2棟はその蓄積量に耐えられる強度を有していることを確認した。</p> <p>また、火山灰の降下してきた場合は、屋上階の降灰をシャベル、塵取り等を用いて除去する。また、火山灰により建屋の給気フィルタに目詰まりが生じた場合は給気フィルタを交換し、目詰まりを解消する。火山灰の降灰により送電線が切断され、外部電源の喪失が発生した場合は、非常用電源設備から給電できる設計とする。</p>

## 参考資料 2 第2棟における自然現象、外部人為事象等の評価一覧 (4/5)

### 外部人為事象

事象	評価概要
電磁的 障害	第2棟の制御部及び演算部は鋼鉄の筐体に格納する等の、電磁的影響がないような設計とするため、施設の安全性は損なわれない。
不正アクセス 行為 (サイバー テロを含む)	第2棟の監視・制御装置はスタンドアロンで不正アクセス行為が行われない設計とするため、施設の安全性は損なわれない。
漂流船舶 の衝突	第2棟は海に面しておらず、T.P.+約40 mに建設し、漂流船舶が衝突する恐れはないことから、想定される外部人為事象として漂流船舶の衝突に対する設計上の考慮は不要となる。
航空機 落下	第2棟への航空機落下確率を評価基準に基づき評価すると、各事象の合計落下確率は $3.9 \times 10^{-9}$ 回/年・炉(施設)となり、考慮基準である $1 \times 10^{-7}$ 回/年・炉(施設)を下まわることから、想定される外部人為事象として航空機落下に対する設計上の考慮は不要となる。
ダム崩壊 及び爆発	第2棟近傍にはダム崩壊及び爆発により、影響をおよぼす河川ならびに製造・貯蔵施設がないことから、想定される外部人為事象としてダム崩壊及び爆発に対する設計上の考慮は不要となる。
有毒ガス	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、コンクリートセル(給排気弁含む)及び試料ピットの安全機能の維持・確保は、運転員の操作を要するものではないことから、想定される外部人為事象として有毒ガスに対する設計上の考慮は不要となる。

## 参考資料 2 第2棟における自然現象、外部人為事象等の評価一覧 (5/5)

### その他

事象	評価概要
外部火災	<p>(森林火災) 発火源を国道6号線からと想定して、森林火災シミュレーション(FARSITE)による結果により、森林火災による輻射熱が第2棟外壁コンクリートの許容温度以下であるため、施設の安全性は損なわれない。</p> <p>(産業施設の火災・爆発) 産業施設の火災・爆発による影響が無いため、施設の安全性は損なわれない。</p> <p>(航空機落下による火災) 第2棟周辺に航空機の落下確率を考慮した標的面積を算出し、航空機積載燃料からの火災による輻射熱が第2棟外壁コンクリートの許容温度以下であるため、施設の安全性は損なわれない。</p>
内部火災	<p>(火災の発生防止) 第2棟の主要構造部、支持構造物及び防護対象施設は可能な限り不燃性材料及び難燃性材料を使用する設計であり、自然現象(地震・落雷等)による火災発生を防止するため、適切な耐震クラスの設定や避雷針・遮断器・保護継電器を設置する。また、防護対象施設も同様に不燃・難燃材料を使用するため、施設の安全性は損なわれない。</p> <p>(火災の検知及び消火) 第2棟は早期消火を実施できるように火災検知器を配備し、適切な距離間隔で消火設備(消火栓・消火器)を配備する。防護対象施設は、温度計ならびに消火設備(窒素ガス消火設備及び消火剤・乾燥砂)を設置するため、施設の安全性は損なわれない。</p> <p>(火災影響の軽減) 第2棟は関係法令に基づき防火区画を設け、消防設備と組み合わせることで火災の影響を軽減する設計とする。また、鉄筋コンクリート造であり、延焼を防止する設計であるため、施設の安全性は損なわれない。</p>
内部溢水	<p>安全性が損なわれた場合に公衆に対して過度な放射線ばくを及ぼす恐れのある、コンクリートセル及び試料ピットは第2棟の1階に設置されており、セル周囲に対して最大の溢水源となる消火設備による放水を全量実施しても、水位は約0.4 mとなり水没しない。万が一、水没しても試料ピットの臨界評価は保守的に評価するため、水没状態で評価を実施しており、水没状態でも臨界には達せず、臨界防止機能は損なわれない。</p> <p>また、コンクリートセルはコンクリート造であり、放水によって破損する恐れはないため、遮蔽機能は損なわれない。</p> <p>コンクリートセル給排気弁は2階及び中地下1階に設置されているため、放水した水は階段等から流出し、中地下1階よりも低い地下1階レベルとなるため水没しない。また、空気作動のフェイルクローズ弁としているため、消火設備の放水によって、電気系または圧縮空気系の不具合が発生して負圧維持機能を喪失しても、自動的に弁が閉止し、構造による閉じ込め機能は損なわれない。</p>

上記のとおり、第2棟は、自然現象、外部人為事象等によって、施設の安全性が損なわれない設計であることを確認した。

# 参考資料 3-1 設計評価事故起因一覧 (1/3)

レベル1 頂上事象	レベル2 異常事象の定義	レベル3 具体的事象	レベル4 起因事象				公衆被ばく線量		
			発生タイミング	異常カテゴリ	No.	状況	除染係数等を見込まない場合 の公衆被ばく線量 (mSv)	除染係数等を見込んだ場合 の公衆被ばく線量 (mSv)	
安全機能喪失により公衆の被ばく線量が5mSvを超える放射性物質等の放出事象	閉じ込め機能不全	コンクリートセルの閉じ込め機能不全	受入・払出時	地震	1	・ 輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。			
					2	・ 輸送容器をコンクリートセルの天井ポート又はシールドドアに接続時、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。			
				設備故障	3	・ 輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、20t天井クレーンの動力部が故障する状況を想定する。			
					4	・ 輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、外部電源喪失が発生した状況を想定する。			
					5	・ 輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、玉掛けの状態が不十分で、ワイヤロープが外れる状況を想定する。			
				人的過誤	6	・ 輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、20t天井クレーンの操作を誤って、輸送容器をコンクリートセルに接触させる状況を想定する。			
					7	・ 輸送容器を天井ポートに接続し、燃料デブリ等を受け入れる際、PVCバッグの装着を誤る状況を想定する。			
			分析時	地震(地震に伴う火災を含む)	8	・ Sクラス相当の地震の発生に伴い、可燃物が加熱機器に接触し、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況に加えて、動的機器である給排気弁の単一故障が発生した場合を想定する。	180	建屋の除染係数 (DF10) コンクリートセルの除染係数 (DF10)	1.8
					9	・ セル・グロブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障を想定する。			
				設備故障	10	・ 圧縮空気設備の動力部が故障したことに伴うコンクリートセルの給排気弁の開閉操作不可を想定する。			
					11	・ 外部電源喪失によるセル・グロブボックス用換気空調設備の排風機停止、圧縮空気設備、コンクリートセルの給排気弁の操作不可を想定する。			
					12	・ 可燃物を加熱機器に誤って接触させ、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。			
				人的過誤	13	・ 分析中に、薬品を誤って溢した状況を想定する。			
					14	・ 背面遮蔽扉を誤って開放する状況を想定する。			
					15	・ 窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触し起動させ、コンクリートセル内に消火ガスが噴射される状況を想定する。			
		移送時	地震	16	・ 保管容器をインセルクレーンで移送中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。				
				17	・ コンクリートセルから鉄セルへ燃料デブリ等を移送中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。				
			設備故障	18	・ 保管容器をインセルクレーンで移送中に、インセルクレーンの動力部が故障することを想定する。				
				19	・ 保管容器をインセルクレーンで移送中に、外部電源喪失が発生した状況を想定する。				
			人的過誤	20	・ 保管容器とインセルクレーンの接続状態が不十分であり、保管容器が落下する可能性を想定する。				
				21	・ 2重の扉となっているセル間遮蔽扉(コンクリートセルNo.4-鉄セル間)を同時開放する状況を想定する。				
		鉄セルの閉じ込め機能不全	分析時	地震(地震に伴う火災を含む)	22	・ Sクラス相当の地震の発生に伴い鉄セルが損傷し、可燃物が加熱機器に接触したことで紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。	4.4	建屋の除染係数 (DF10)	$4.4 \times 10^{-3}$
					23	・ セル・グロブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障を想定する。			
				24	・ 外部電源喪失によるセル・グロブボックス用換気空調設備の排風機停止を想定する。				
			人的過誤	25	・ 圧縮空気設備の動力部が故障したことに伴う排気弁の開閉操作不可を想定する。				
				26	・ 可燃物を加熱機器に誤って接触させ、鉄セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。				
				27	・ 窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触し起動させ、鉄セル内に消火ガスが噴射される状況を想定する。				
			移送時	地震	28	・ 鉄セルからグロブボックスへ燃料デブリ等を移送中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。	2.7	建屋の除染係数 (DF10)	$2.7 \times 10^{-3}$
					29	・ 外部電源喪失によるセル・グロブボックス用換気空調設備の排風機停止を想定する。			
				人的過誤	30	・ 2重の扉となっている移送扉(鉄セル-グロブボックス間)を同時開放する状況を想定する。			
		グロブボックスの閉じ込め機能不全	分析時	地震(地震に伴う火災を含む)	31	・ Sクラス相当の地震の発生に伴いグロブボックスが損傷し、可燃物が加熱機器に接触したことで紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。	$4.4 \times 10^{-4}$	建屋の除染係数 (DF10)	$4.4 \times 10^{-6}$
					32	・ セル・グロブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障を想定する。			
				33	・ 外部電源喪失によるセル・グロブボックス用換気空調設備の排風機停止を想定する。				
			人的過誤	34	・ 分析装置により生じた熱又は火花等が可燃物に接触し、グロブボックス内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。				
				35	・ 窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触し起動させ、グロブボックス内に消火ガスが噴射される状況を想定する。				
				36	・ グロブボックスからフードへ燃料デブリ等を移送中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。	$2.7 \times 10^{-4}$	建屋の除染係数 (DF10)	$2.7 \times 10^{-6}$	
			移送時	設備故障	37	—			
					38	・ 2重の扉となっている移送扉(グロブボックス-フード間)を同時開放する状況を想定する。			

# 参考資料 3-1 設計評価事故起因一覧 (2/3)

レベル1 頂上事象	レベル2 異常事象の定義	レベル3 具体的事象	レベル4 起回事象				公衆被ばく線量		
			発生タイミング	異常カテゴリ	No.	状況	除染係数等を見込まない場合 の公衆被ばく線量 (mSv)	除染係数等を見込んだ場合 除染係数等	公衆被ばく線量 (mSv)
安全機能喪失により公衆の被ばく線量が5mSvを超える放射性物質等の放出事象	閉じ込め機能不全	フードの閉じ込め機能(風速維持)不全	分析時	地震	39	・Sクラス相当の地震により、フード用換気空調設備、フードの風速維持機能、外部電源が喪失した状態を想定する。	7.2×10 <sup>-4</sup>	建屋の除染係数 (DF10)	7.2×10 <sup>-3</sup>
				設備故障	40	・フード用換気空調設備の排風機の動力部故障を想定する。			
				人的過誤	41	・外部電源喪失によるフード用換気空調設備の排風機停止を想定する。			
			移送時	地震	42	・フード窓を大きく開放したことにより、規定の風速が得られていない状態を想定する。			
				設備故障	43	—			
				人的過誤	44	—			
		液体廃棄物一時貯留設備の閉じ込め機能不全	払出時	地震	45	—			
				設備故障	46	・Sクラス相当の地震による液体廃棄物一時貯留設備の損傷を想定する。			
				人的過誤	47	・液体廃棄物の払出中に、移送ポンプの動力部故障を想定する。			
				設備故障	48	・液体廃棄物の払出中に、外部電源喪失が発生し、液位計、移送ポンプが使用できなくなる状態を想定する。			
			一時保管時	人的過誤	49	・液体廃棄物の払出しの際に使用するタンクローリーとの接続が不十分で、隙間が生じることを想定する。			
				設備故障	50	・液体廃棄物の払出時に、タンクローリーの容量を超えた液体廃棄物を移送ポンプで送水する状態を想定する。			
				地震	51	・Sクラス相当の地震による液体廃棄物一時貯留設備の損傷を想定する。			
				設備故障	52	・移送ポンプの動力部故障を想定する。			
	建屋の遮蔽機能不全	払出時	地震	53	・液体廃棄物を廃液受槽から別の廃液受槽へ移送中に、液位計が故障する状態を想定する。				
			設備故障	54	・液体廃棄物一時保管中に、外部電源喪失が発生した状態を想定する。				
			人的過誤	55	・タンクローリーが接続されていない状態で、誤って移送ポンプを稼働させ、液体廃棄物を送水することを想定する。				
		一時保管時	地震	56	・液体廃棄物一時貯留設備のサンプリング口を開けたままの状態に放置することを想定する。				
			人的過誤	57	・液位計を十分確認せず、液体廃棄物を横間移動する状態を想定する。				
	遮蔽機能不全	建屋の遮蔽機能不全	払出時	地震	58	—			
				設備故障	59	—			
				人的過誤	60	—			
			一時保管時	地震	61	・Sクラス相当の地震が発生した状態を想定する。			
				設備故障	62	—			
				人的過誤	63	—			
		コンクリートセルの遮蔽機能不全	分析時	地震	64	—			
				設備故障	65	—			
				人的過誤	66	—			
			受入・払出時	地震	67	—			
				設備故障	68	—			
				人的過誤	69	—			
		試料ビットの遮蔽機能不全	分析時	地震(地震に伴う火災を含む)	70	・Sクラス相当の地震の発生に伴い、可燃物が加熱機器に接触し、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状態に加えて、動的機器である給排気弁の単一故障が発生した場合を想定する。			
				設備故障	71	—			
				人的過誤	72	・誤って背面遮蔽扉又は天井ポートを開放することを想定する。			
			移送時	地震	73	—			
				設備故障	74	—			
				人的過誤	75	—			
	鉄セルの遮蔽機能不全	一時保管時	地震	76	・試料ビットに燃料デブリ等を一時保管中に、Sクラス相当の地震が発生した状態を想定する。				
			設備故障	77	—				
			人的過誤	78	—				
		分析時	地震(地震に伴う火災を含む)	79	・Sクラス相当の地震の発生に伴い鉄セルが損傷し、可燃物が加熱機器に接触したことにより紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状態を想定する。				
			設備故障	80	—				
			人的過誤	81	—				
	移送時	地震	82	—					
		設備故障	83	—					
		人的過誤	84	—					



# 参考資料 3-1 設計評価事故起因一覧 (3/3)

レベル1 頂上事象	レベル2 異常事象の定義	レベル3 具体的事象	レベル4 起回事象				公衆被ばく線量		
			発生タイミング	異常カテゴリ	No.	状況	除染係数等を見込まない場合 の公衆被ばく線量 (mSv)	除染係数等を見込んだ場合 の公衆被ばく線量 (mSv)	公衆被ばく線量 (mSv)
安全機能喪失により公衆の被ばく線量が5mSvを超える放射性物質等の放出事象	臨界防止機能喪失	コンクリートセルの臨界防止機能喪失	受入・払出時	地震	85	・地震による重量測定器の損傷を想定する。			
				設備故障	86	・重量測定器の誤作動による表示値の相違からの最大取扱量の超過を想定する。			
				人的過誤	87	・重量測定器の表示値を読み間違えることによる最大取扱量の超過を想定する。			
				人的過誤	88	・コンクリートセル内に燃料デブリ等が存在する状態で、コンクリートセル外から燃料デブリ等を受け入れることを想定する（二重装荷）。			
			人的過誤	89	・コンクリートセル内に燃料デブリ等が存在する状態で、誤って保管容器を取り出すことを想定する（二重装荷）。				
			分析時	地震	90	—			
				設備故障	91	—			
				人的過誤	92	—			
			移送時	地震	93	・地震による重量測定器の損傷を想定する。			
				設備故障	94	・重量測定器の誤作動による表示値の相違からの最大取扱量の超過を想定する。			
		人的過誤		95	・試料容器又は収納容器のIDを読み間違え、制限を超える燃料デブリ等を移送することを想定する（二重装荷）。				
		人的過誤		96	・重量測定器の表示値を読み間違えることによる最大取扱量の超過を想定する。				
		一時保管時	地震	97	・試料ピットに燃料デブリ等を一時保管中に、Sクラス相当の地震が発生した状況を想定する。				
			設備故障	98	・重量測定器の誤作動による表示値の相違からの最大取扱量の超過を想定する。				
人的過誤	99		・誤って保管容器に制限以上の燃料デブリ等を収納し、最大取扱量を超過することを想定する（二重装荷）。						
人的過誤	100		・試料容器又は収納容器のIDを読み間違え、制限を超える燃料デブリ等を収納することを想定する（二重装荷）。						
人的過誤	101		・試料ピットに保管容器を誤って制限数以上収納する状況を想定する。						

## 参考資料 3-2 設計評価事故時における公衆被ばく線量の評価

### 起因事象No.8 (表2.14.8.1-4からNo.引用)

他の事象については、追而記載

#### ◆ 想定事象

・加熱機器を使用している際に、Sクラス相当の地震が発生、さらに、地震に伴って可燃物が加熱機器に接触し、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定。地震により、セル・グローブボックス用換気空調設備、圧縮空気設備、消火設備が損傷し、コンクリートセルの負圧維持機能、圧縮空気、外部電源及び消火機能が喪失した状態を想定。

#### ◆ 放射性物質の放出経路

・コンクリートセルNo.4における燃料デブリ等 ████████ の切断時に地震が発生し、その後、火災が発生したことを想定。  
 ・切断時に発生する粉体 (約 $7.0 \times 10^{12}$ Bq) について、切断時の飛散1% (既存使用施設で同様な評価に用いている移行率※1) と火災に伴う飛散0.6%※2を合わせた1.6% (トリチウム、希ガス、ヨウ素は100%) が気相に移行。  
 ・気相に移行した放射性物質は、排気系統を通じてではなく、直接、室内に放出され、更に室内から建屋外へ地上放出され、敷地境界に達したと想定。

#### ◆ 除染係数

・コンクリートセル及び建屋について、除染係数 (DF) として10を考慮する※3。  
 ・なお、ガス状の放射性物質については、除染係数を考慮しない。

#### ◆ 放出された放射能

・建屋外に放出された放射能 →  $4.6 \times 10^9$ Bqと評価。

#### ◆ 放射性物質の大気拡散

・「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に従い、地上放出によって敷地境界に達する場合の相対濃度 →  $3.2 \times 10^{-7}$  h/m<sup>3</sup>と評価。



#### ◆ 線量評価結果

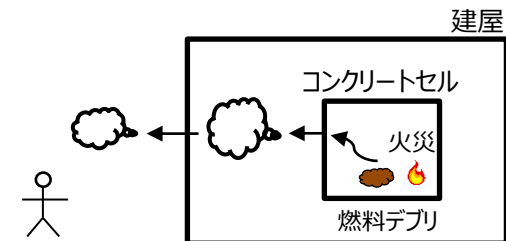
・「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」を参考に求めた呼吸摂取による内部被ばく線量 → 約1.8mSv

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

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

※3 コンクリートセル及び建屋の除染係数として10を考慮。

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



建屋外への放出量

核種	放出量 [Bq]
Pu-238	$7.5 \times 10^7$
Pu-239	$5.4 \times 10^6$
Pu-240	$9.7 \times 10^6$
Pu-241	$7.5 \times 10^8$
Am-241	$4.0 \times 10^7$
Am-242m	$1.4 \times 10^6$
Cm-244	$1.0 \times 10^7$
その他	$3.7 \times 10^9$
合計	$4.6 \times 10^9$

「その他」以外の核種が全体の実効線量のうち約99%を占める。

「その他」の主な核種

核種	放出量 [Bq]
Kr-85	$3.2 \times 10^9$
H-3	$3.3 \times 10^8$



## 参考資料 4 安全上重要な施設の選定に係る公衆への被ばく影響評価（1/2）

閉じ込め機能又は遮蔽機能を喪失した際の公衆への被ばく影響を評価し、第2棟における安全上重要な施設を選定する。評価に当たっては、第2棟のSs900等に対する耐震性を鑑み、以下の安全機能を考慮して、第2棟の各設備における閉じ込め機能又は遮蔽機能喪失時の公衆への被ばく影響を評価した。

- ・閉じ込め機能：換気空調設備による負圧維持機能が喪失するため、放射性物質が外部に放出することを想定する。なお、おおむね弾性状態（スケルトンカーブの第2折れ点以下）にとどまることから、コンクリートセル及び建屋の除染係数として気体状の放射性物質を除き、各々 $10^{*3}$ を見込めるものとして評価を行う。
- ・遮蔽機能：おおむね弾性状態（スケルトンカーブの第2折れ点以下）にとどまることから、建屋・コンクリートセルの遮蔽機能は保持されるものとして評価を行う。

設備名称	安全機能 <sup>*1</sup>	敷地境界線量評価の概要	安全機能喪失時の公衆被ばく影響
建屋	遮蔽	<p>【外部被ばく】建屋の遮蔽機能が見込め、地下階に存在する固体廃棄物払出準備設備及び液体廃棄物一時貯留設備に含まれる放射性物質の放射能（それぞれ<math>2.3 \times 10^{10}</math>Bq及び<math>2.4 \times 10^8</math>Bq）から燃料デブリ重量に換算し、その直接線・スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・建屋の遮蔽を考慮する。</li> <li>・固体廃棄物払出準備設備及び液体廃棄物一時貯留設備は地下階に存在するため、土壌による遮蔽を考慮する。</li> </ul>	$1.5 \times 10^{-11}$ mSv
コンクリートセル	閉じ込め	<p>【内部被ばく】コンクリートセル内の試料調製時に発生する燃料デブリからの粉体の発生量を安全側に見積もり、粉体中の放射性物質がセル内の気相に移行<sup>*2</sup>し、排気系統を通じてではなく、直接、セル周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・建屋、コンクリートセルの除染係数各々<math>10^{*3}</math>を考慮する。</li> </ul> <p>【外部被ばく】建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量<sup>*4</sup>は、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比べ十分小さい。</p>	1.1 mSv
	遮蔽	<p>【外部被ばく】コンクリートセルの遮蔽機能が見込め、燃料デブリ<sup>■</sup>からの直接線・スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリートセル及び建屋による遮蔽を考慮する。</li> </ul>	$2.4 \times 10^{-4}$ mSv
試料ピット	遮蔽	<p>【外部被ばく】試料ピットの遮蔽機能が見込め、燃料デブリ<sup>■</sup>からの直接線・スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・<sup>■</sup>建屋による遮蔽を考慮する。</li> <li>・試料ピットは地下階に存在するため、土壌による遮蔽を考慮する。</li> </ul>	$2.6 \times 10^{-4}$ mSv

※1 遮蔽機能の喪失が継続する期間を7日間として評価した。

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

※3 コンクリートセル、建屋の除染係数として気体状の放射性物質を除き、各々10を考慮。鉄セル、グローブボックス、フード、廃液受槽については建屋の除染係数のみ考慮  
Elizabeth M.Flew, et al. "Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning". Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency, Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7

※4 クラウドシャインについては気相へ移行した放射性物質が1時間で全て放出された想定で評価し、グランドシャインについては外部被ばくの期間を7日間として評価した。

## 参考資料 4 安全上重要な施設の選定に係る公衆への被ばく影響評価 (2/2)

設備名称	安全機能 <sup>※1</sup>	敷地境界線量評価の概要	安全機能喪失時の公衆被ばく影響
鉄セル	閉じ込め	<p>【内部被ばく】鉄セル内の燃料デブリ中の放射性物質の一部がセル内の気相に移行<sup>※3</sup>し、排気系統を通じてではなく、直接、セル周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・建屋の除染係数10<sup>※4</sup>を考慮する。</li> </ul> <p>【外部被ばく】建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量<sup>※6</sup>は、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比で十分小さい。</p>	2.7×10 <sup>-1</sup> mSv
	遮蔽	<p>【外部被ばく】鉄セルの遮蔽機能が喪失し、燃料デブリ<sup>■</sup>から直接線・スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・建屋の遮蔽を考慮する。</li> </ul>	3.1×10 <sup>-7</sup> mSv
グローブボックス	閉じ込め	<p>【内部被ばく】グローブボックス内の燃料デブリ中の放射性物質の一部がグローブボックス内の気相に移行<sup>※3</sup>し、排気系統を通じてではなく、直接、グローブボックス周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・建屋の除染係数10<sup>※4</sup>を考慮</li> </ul> <p>【外部被ばく】建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量<sup>※6</sup>は、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比で十分小さい。</p>	2.7×10 <sup>-5</sup> mSv
フード	閉じ込め	<p>【内部被ばく】フード内の燃料デブリ中の放射性物質の一部がフード内の気相に移行<sup>※3</sup>し、排気系統を通じてではなく、直接、フード周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・建屋の除染係数10<sup>※4</sup>を考慮する。</li> </ul> <p>【外部被ばく】建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量<sup>※6</sup>は、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比で十分小さい。</p>	2.7×10 <sup>-5</sup> mSv
液体廃棄物一時貯留設備	閉じ込め	<p>【内部被ばく】液体廃棄物一時貯留設備のうち分析廃液受槽が破損し、内蔵している放射性の液体廃棄物が埒内に漏えいし、漏えいに伴い液体廃棄物中の放射性物質の一部が室内の気相に移行<sup>※5</sup>し、排気系統を通じてではなく、直接、建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・建屋の除染係数10<sup>※4</sup>を考慮する。</li> </ul> <p>【外部被ばく】建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量<sup>※6</sup>は、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比で十分小さい。</p>	7.2×10 <sup>-6</sup> mSv
セル・GB用換気空調設備	閉じ込め	<p>【内部被ばく】コンクリートセル内の試料調製時に発生する燃料デブリからの粉体の発生量を安全側に見積もり、粉体中の放射性物質がセル内の気相に移行<sup>※2</sup>し、コンクリートセルの排気配管内の放射性物質を含む気体が直接周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・建屋の除染係数10<sup>※4</sup>を考慮する。</li> </ul> <p>【外部被ばく】建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量<sup>※6</sup>は、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比で十分小さい。</p>	2.0×10 <sup>-1</sup> mSv
フード用換気空調設備	閉じ込め	<p>【内部被ばく】フード内の燃料デブリ中の放射性物質の一部がフード内の気相に移行<sup>※3</sup>し、フードの排気配管内の放射性物質を含む気体が直接フード周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・建屋の除染係数10<sup>※4</sup>を考慮する。</li> </ul> <p>【外部被ばく】建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量<sup>※6</sup>は、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量と比で十分小さい。</p>	2.7×10 <sup>-5</sup> mSv

※1 遮蔽機能の喪失が継続する期間を7日間として評価した。

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

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

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

Elizabeth M. Flew, et al. "Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for

Emergency Planning". Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency, Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7

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

※6 クラウドシャインについては気相へ移行した放射性物質が1時間で全て放出された想定で評価し、グランドシャインについては外部被ばくの期間を7日間として評価した。

閉じ込め機能又は遮蔽機能を喪失した際に、公衆の被ばく線量は5mSvを超えない。



# 参考資料 5 - 1 多量の放射性物質等を放出する事故の起因一覧 (1/5)

多量の放射性物質等を放出する事故の起因事象一覧							除外する理由				多量の放射性物質等を放出する事故として想定するか			
レベル1	レベル2	レベル3	レベル4 起因事象				①	②	③	④				
頂上事象	異常事象の定義	具体的事象	発生タイミング	異常カテゴリ		設計評価事故No. 組み合わせ	状況の想定	組み合わせる事象の内容が重複しているため。	事象発生のタイミング(状態)が異なり、同時に事象が発生することは想定されないため。	設計又は運用上、事象の組み合わせが想定されないため。		事象を組み合わせたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため。		
				主な事象	副事象									
安全機能喪失によりCs-137換算で100TBqを超える放射性物質の放出事象	閉じ込め機能喪失	コンクリートセルの閉じ込め機能喪失	受入・払出時	地震	設備故障	1×3	輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、Sクラス相当地震が発生し、加えて20t天井クレーンの動力部が故障したとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。				✓	—		
						1×4	Sクラス相当地震の事象において外部電源喪失を想定しており、事象の内容が重複するため除外。	✓		—				
						2×3	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓	—				
						2×4	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓	—				
				地震	人的過誤	1×5	輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、Sクラス相当の地震が発生し、玉掛けの状態が不十分でワイヤロープが輸送容器から外れたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓	—			
						1×6	輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、Sクラス相当の地震が発生した場合、外部電源を喪失する状態となり、20t天井クレーンの操作は行えないことから、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓	—				
						1×7	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓	—				
						2×5	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓	—				
						2×6	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓	—				
						2×7	燃料デブリ等をコンクリートセルに受け入れる際、Sクラス相当の地震が発生し、PVCバッグの装着を誤る状況になったとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。		✓	—				
						設備故障	設備故障	3×4	輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、外部電源喪失が発生した状態で、20t天井クレーンの動力部が故障した状況が発生することは想定されないため除外。		✓	—		
								設備故障	人的過誤	3×5	輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、20t天井クレーンの動力部が故障し、玉掛けの状態が不十分で、ワイヤロープが外れたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。		✓	—
			3×6	20t天井クレーンの動力部が故障が故障した場合、クレーンの操作が行えず、クレーンの操作を誤る事象が同時に発生することは想定されないため除外。						✓	—			
			3×7	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。						✓	—			
			設備故障	人的過誤	4×5	輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、外部電源喪失が発生し、加えて玉掛けの状態が不十分で、ワイヤロープが外れる状況を想定したとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。		✓	—					
					4×6	外部電源喪失が発生した場合、20t天井クレーンの操作を行えず、クレーンの操作を誤る事象が同時に発生することは想定されないため除外。		✓	—					
					4×7	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓	—					
					人的過誤	人的過誤	5×6	輸送容器を20t天井クレーンで吊り上げ中に、玉掛けの状態が不十分でワイヤロープが外れる状況と20t天井クレーンの操作を誤って輸送容器をコンクリートセルに接触させる状況は同時に発生することが想定されないため除外。		✓	—			
			5×7	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。				✓	—					
			6×7	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。				✓	—					
			分析時	地震	設備故障	8×8	Sクラス相当の地震が発生し、さらに、地震に伴って可燃物が加熱機器に接触し、セル内で低ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定する。また、コンクリートセルの給排気弁が故障により自動で閉止せず、更に、多量化した給排気弁も故障により機能しない場合を想定する。							○
						8×9	Sクラス相当の地震の事象のなかで外部電源喪失を想定しており、電源を喪失した状態で、セル・グローブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障が同時に発生することは想定されないため除外。		✓	—				

# 参考資料 5 - 1 多量の放射性物質等を放出する事故の起因一覧 (2/5)

多量の放射性物質等を放出する事故の起因事象一覧							除外する理由				多量の放射性物質等を放出する事故として想定するか	
レベル1	レベル2	レベル3	レベル4 起因事象				①	②	③	④		
頂上事象	異常事象の定義	具体的事象	発生タイミング	異常カテゴリ		設計評価事故No. 組み合わせ	状況の想定	組み合わせる事象の内容が重複しているため。	事象発生のタイミング(状態)が異なり、同時に事象が発生することは想定されないため。	設計又は運用上、事象の組み合わせが想定されないため。		事象を組み合わせたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため。
				主な事象	副事象							
安全機能喪失によりCs-137換算で100TBqを超える放射性物質の放出事象	閉じ込め機能喪失	コンクリートセルの閉じ込め機能喪失	分析時	地震	設備故障	8×10	Sクラス相当の地震の事象のなかで外部電源喪失を考慮しており、電源を喪失した状態で、圧縮空気設備の動力部が故障が同時に発生することは想定されないため除外。		✓			-
						8×11	Sクラス相当の地震の事象において外部電源喪失を想定しており、事象の内容が重複するため除外。	✓			-	
				地震	人的過誤	8×12	Sクラス相当の地震の事象に火災事象を従属事象として考慮しており、事象の内容が重複するため除外。	✓			-	
						8×13	Sクラス相当の地震の発生に伴い、可燃物が加熱機器に接触し、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生し、加えて薬品が溢れたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓	-	
						8×14	Sクラス相当の地震の発生に伴い、可燃物が加熱機器に接触し、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況で、誤って背面遮蔽層を開放する操作を行うことは困難で想定しがたいため除外。		✓		-	
						8×15	Sクラス相当の地震及び従属事象として火災が発生した場合、耐震性能上窒素ガス消火設備は機能喪失しており、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓		-	
				設備故障	設備故障	9×10	セル・グロブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障が発生したとしても、セル・グロブボックス用換気空調設備は予備機を有しており、事象の組み合わせが想定されないため除外。			✓	-	
						9×11	外部電源喪失の想定ではセル・グロブボックス用換気空調設備の排風機停止を想定しており、電源を喪失した状態で、セル・グロブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障が同時に発生することは想定されないため除外。		✓		-	
						10×11	外部電源喪失の事象において圧縮空気設備の機能喪失及び給排気弁の操作不可を想定しており、事象の内容が重複するため除外。	✓			-	
				設備故障	人的過誤	9×12	セル・グロブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障が発生したとしても、セル・グロブボックス用換気空調設備は予備機を有するため、複数の起因による事故に至らないため除外。			✓	-	
						9×13	セル・グロブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障が発生したとしても、セル・グロブボックス用換気空調設備は予備機を有するため、複数の起因による事故に至らないため除外。			✓	-	
						9×14	セル・グロブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障が発生したとしても、セル・グロブボックス用換気空調設備は予備機を有するため、複数の起因による事故に至らないため除外。			✓	-	
						9×15	セル・グロブボックス用換気空調設備の排風機の動力部故障が発生したとしても、セル・グロブボックス用換気空調設備は予備機を有するため、複数の起因による事故に至らないため除外。			✓	-	
						10×12	圧縮空気設備の動力部が故障したとしても、予備機により機能を維持できるため、事象の組み合わせは想定されないため除外。		✓		-	
						10×13	圧縮空気設備の動力部が故障したことに伴うコンクリートセルの給排気弁の閉鎖操作不可の状況に加えて、薬品を誤って溢したとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓	-	
						10×14	圧縮空気設備の動力部が故障したとしても、予備機により機能を維持できるため、事象の組み合わせは想定されないため除外。		✓		-	
						10×15	圧縮空気設備の動力部が故障したとしても、予備機により機能を維持できるため、事象の組み合わせは想定されないため除外。		✓		-	
11×12	外部電源喪失が発生した場合、加熱機器を使用できず、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓		-							
11×13	外部電源喪失によるセル・グロブボックス用換気空調設備の排風機停止、圧縮空気設備、コンクリートセルの給排気弁の操作不可の状況に加えて、薬品を誤って溢したとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓	-							

# 参考資料 5 - 1 多量の放射性物質等を放出する事故の起因一覧 (3/5)

レベル1	レベル2	レベル3	多量の放射性物質等を放出する事故の起因事象一覧				除外する理由				多量の放射性物質等を放出する事故として想定するか		
			レベル4		設計評価事象No. 組み合わせ	状況の想定	① 組み合わせる事象の内容が重複しているため。	② 事象発生タイミング(状態)が異なり、同時に事象が発生することは想定されないため。	③ 設計又は運用上、事象の組み合わせが想定されないため。	④ 事象を組み合わせたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため。			
			発生タイミング	異常カテゴリ									
頂上事象	異常事象の定義	具体的事象	発生タイミング	主な事象	副事象	設計評価事象No. 組み合わせ	状況の想定	①	②	③	④		
安全機能喪失により Cs-137換算で 100TBqを超える放射性物質の放出事象	閉じ込め機能喪失	コンクリートセルの閉じ込め機能喪失	分析時	設備故障	人的過誤	11×14	外部電源喪失によるセル・グロブボックス用換気空調設備の排風機停止、圧縮空気設備、コンクリートセルの給排水の操作不可の状況で、誤って背面遮断扉を開放する操作を行うことは困難で想定しがないため除外。		✓				—
						11×15	外部電源喪失時、窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触し起動させることはできず、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓			—	
				人的過誤	人的過誤	12×13	可燃物を加熱機器に接触し、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災に加えて、薬品が溢れたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓		—	
						12×14	可燃物を加熱機器に誤って接触させ、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況に加え、背面遮断扉を誤って開放したとしても、換気空調設備による閉じ込め機能は維持されており、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓		—	
						12×15	可燃物を加熱機器に誤って接触させ、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況に加えて、窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触し起動させ、コンクリートセル内に窒素ガスが噴射されたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓		—	
						13×14	分析中に、薬品を誤って溢した状況で、背面遮断扉を誤って開放しても、換気空調設備による閉じ込め機能は維持されており、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓		—	
			13×15	分析中に、薬品を誤って溢した状況で、窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触し起動させ、コンクリートセル内に窒素ガスが噴射されたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓		—				
			14×15	背面遮断扉を誤って開放する状況に加え、窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触し起動させ、コンクリートセル内に窒素ガスが噴射されたとしても、換気空調設備による閉じ込め機能は維持されており、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓		—				
			地震	設備故障	16×18	保管容器をインセルレーンで移送中に、Sクラス相当の地震が発生した場合、インセルレーンの動力部は機能喪失しており、同時に事象が発生することは想定されないため除外。	✓			—			
					16×19	Sクラス相当地震の事象において外部電源喪失を想定しており、事象の内容が重複するため除外。	✓			—			
					17×18	Sクラス相当地震の事象のなかで外部電源喪失を想定しており、電源を喪失した状態で、インセルレーンの動力部の故障が同時に発生することは想定されないため除外。	✓			—			
					17×19	Sクラス相当地震の事象において外部電源喪失を想定しており、事象の内容が重複するため除外。	✓			—			
	地震	人的過誤			16×20	保管容器をインセルレーンで移送中に、Sクラス相当の地震が発生し、加えて保管容器とインセルレーンの接続状態が不十分であり、保管容器が落下する状況を想定したとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓		—		
					16×21	事象発生タイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。			✓		—		
			17×20	事象発生タイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。			✓		—				
	設備故障	設備故障	17×21	インターロックによりセル間遮断扉を同時開放することはできず、事象の組み合わせが想定されないため除外。			✓		—				
			18×19	外部電源喪失が発生した状況で、インセルレーンの動力部が故障する状況は想定されないため除外。			✓		—				
			設備故障	人的過誤	18×20	保管容器をインセルレーンで移送中に、インセルレーンの動力部が故障した状況で、保管容器とインセルレーンの接続状態が不十分であり、保管容器が落下したとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓		—		
	18×21	事象発生タイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。					✓		—				
	19×20	保管容器をインセルレーンで移送中に、外部電源喪失が発生した状況に、保管容器とインセルレーンの接続状態が不十分であり、保管容器が落下したとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。					✓		—				
	移送時	人的過誤	人的過誤	19×21	事象発生タイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。			✓					—
				20×21	事象発生タイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。			✓					—

# 参考資料 5 - 1 多量の放射性物質等を放出する事故の起因一覽 (4/5)

多量の放射性物質等を放出する事故の起因一覽							除外する理由				多量の放射性物質等を放出する事故として想定するか			
レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				①	②	③	④				
頂上事象	異常事象の定義	具体的事象	発生タイミング	異常カテゴリ		設計評価事故No. 組み合わせ	状況の想定	組み合わせる事象の内容が重複しているため。	事象発生のタイミング(状態)が異なり、同時に事象が発生することは想定されないため。	設計又は運用上、事象の組み合わせが想定されないため。		事象を組み合わせたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため。		
安全機能喪失によりCs-137換算で100TBqを超える放射性物質の放出事象	遮蔽機能喪失	コンクリートセルの遮蔽機能喪失	受入・払出時	—	—	組み合わせなし	—					—		
				分析時	地震	設備故障	組み合わせなし	—						—
			地震		人的過誤	70×72	—	Sクラス相当の地震の発生に伴い、可燃物が加熱機器に接触し、セル内で感ウエスが燃える程度の火災が発生した状況で、誤って背面遮蔽扉を開放する操作を行うことは困難で想定しがたいため除外。		✓			—	
			設備故障		設備故障	組み合わせなし	—						—	
			設備故障		人的過誤	組み合わせなし	—						—	
			人的過誤		人的過誤	組み合わせなし	—						—	
			移送時	—	—	組み合わせなし	—						—	
			試料ピットの遮蔽機能喪失	一時保管時	—	—	組み合わせなし	—						—
					地震	設備故障	85×86	—	地震によって重量測定器が損傷した場合、重量測定器の操作が行えず、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓			—
			臨界防止機能喪失	コンクリートセルの臨界防止機能喪失	受入・払出時	地震	人的過誤	85×87	—	地震によって重量測定器が損傷した場合、重量測定器の操作が行えず、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓		
	85×88	—						事象を組み合わせたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓		—	
	85×89	—					事象を組み合わせたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため除外。			✓		—		
	設備故障	設備故障					組み合わせなし	—						—
	設備故障	人的過誤				86×87	—	重量測定器の誤作動に伴う表示値の相違と、重量測定器の表示値の読み間違えは事象の内容が重複するため除外。	✓					—
						86×88	—	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓				—
		86×89				—	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓				—	
		87×88				—	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓					—
		87×89				—	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓					—
		88×89				—	事象発生のタイミングが異なり、同時に発生することが想定されないため除外。		✓					—
	分析時	—			—	組み合わせなし	—							—
		移送時			地震	設備故障	93×94	—	地震によって重量測定器が損傷した場合、重量測定器の操作が行えず、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓			—
							93×95	—	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓			—
	93×96				—	地震によって重量測定器が損傷した場合、重量測定器の操作が行えず、運用上事象の組み合わせが想定されないため除外。			✓			—		
	設備故障	設備故障			組み合わせなし	—								—
					94×95	—	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓				—	
	人的過誤	人的過誤			94×96	—	組み合わせる事象の内容が重複しているため除外。	✓						—
			95×96	—	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓					—		
試料ピットの臨界防止機能喪失	一時保管時	地震	設備故障	97×98	—	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓			—			
				97×99	—	試料ピットに燃料デブリ等を一時保管中に、Sクラス相当の地震が発生した場合、燃料デブリ等を一時保管するための手順が行えず、運用上事象の組み合わせが想定されないため除外。			✓			—		



# 参考資料 5 - 1 多量の放射性物質等を放出する事故の起因一覧 (5/5)

多量の放射性物質等を放出する事故の起因事象一覧							除外する理由				多量の放射性物質等を放出する事故として想定するか			
レベル1	レベル2	レベル3	レベル4				①	②	③	④				
頂上事象	異常事象の定義	具体的事象	起因事象				組み合わせる事象の内容が重複しているため。	事象発生のタイミング(状態)が異なり、同時に事象が発生することは想定されないため。	設計又は運用上、事象の組み合わせが想定されないため。	事象を組み合わせたとしても、安全上重要な施設の安全機能に影響を与えないため。				
			発生タイミング	異常カテゴリ		設計評価事故No. 組み合わせ					状況の想定			
安全機能喪失により Cs-137換算で 100TBqを超える放射性物質の放出事象	臨界防止機能喪失	試料ピットの臨界防止機能喪失	一時保管時	地震	人的過誤	97×100	試料ピットに燃料デブリ等を一時保管中に、Sクラス相当の地震が発生した場合、燃料デブリ等を一時保管するための手順が行なえず、運用上事象の組み合わせが想定されないため除外。					—		
						97×101	試料ピットに燃料デブリ等を一時保管中に、Sクラス相当の地震が発生した場合、燃料デブリ等を一時保管するための手順が行なえず、運用上事象の組み合わせが想定されないため除外。					—		
				設備故障	設備故障	組み合わせなし	—							—
				設備故障	人的過誤	98×99	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓					—
						98×100	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓					—
						98×101	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓					—
				人的過誤	人的過誤	99×100	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓					—
						99×101	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓					—
						100×101	事象発生のタイミングが異なり、同時に事象が発生することは想定されないため除外。		✓					—

## 参考資料 5-2 多量の放射性物質等を放出する事故時における放射性物質の放出量評価

### 起因事象No.8×8（表2.14.8.3-6からNo.引用）

### 他の事象については、追而記載

#### ◆ 想定事象

- ・スクラ相当の地震が発生、さらに、地震に伴って可燃物が加熱機器に接触し、セル内で紙ウェスが燃える程度の火災が発生した状況を想定。また、コンクリートセルの給排気弁が故障により自動で閉止せず、更に、多重化した給排気弁も故障により機能しない場合を想定。

#### ◆ 放射性物質の放出経路

- ・コンクリートセルNo.4における燃料デブリ等 ████████ の切断時に地震が発生し、その後、火災が発生したことを想定。
- ・切断時に発生する粉体（約 $7.0 \times 10^{12}$ Bq）について、切断時の飛散1%（既存使用施設で同様な評価に用いている移行率<sup>\*1</sup>）と火災に伴う飛散0.6%<sup>\*2</sup>を合わせた1.6%（トリチウム、希ガス、ヨウ素は100%）が気相に移行。
- ・気相に移行した放射性物質は、排気系統を通じてではなく、直接、室内に放出され、更に室内から建屋外へ地上放出され、敷地境界に達したと想定。

#### ◆ 除染係数

- ・建屋について、除染係数（DF）として10を考慮する<sup>\*3</sup>。
- ・なお、ガス状の放射性物質については、除染係数を考慮しない。

#### ◆ 放出された放射能に関するCs-137換算方法

- ・外部への放射性物質の放出量にCs-137への換算係数を乗じて、外部への放射性物質の放出量（Cs-137換算）を算出する。Cs-137への換算係数は、IAEA-TECDOC-1162 に示される、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換算係数<sup>\*4</sup>を用いて、セシウム-137と着目核種との比から算出する。

$$\text{Cs-137への換算係数} = (\text{各核種の換算係数}) / (\text{Cs-137の換算係数})$$



#### ◆ 放出量評価結果

- ・放射性物質の放出量（Cs-137換算） → 約 $8.4 \times 10^{-2}$ TBq

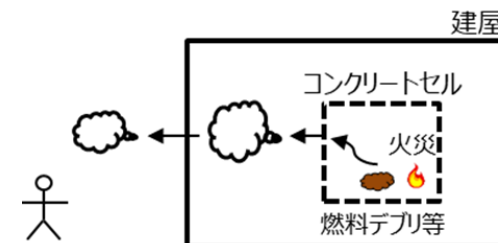
<sup>\*1</sup> 燃料デブリ切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率1%（日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」）

<sup>\*2</sup> 火災に伴う粉体から気相への放射性物質の移行率0.6%（“Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook”、NUREG/CR-6410）

<sup>\*3</sup> 建屋の除染係数として10を考慮。

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

<sup>\*4</sup> IAEA-TECDOC-1162, Generic procedures for assessment and response during a radiological emergency, [TABLE E3. CONVERSION FACTORS FOR EXPOSURE TO GROUND CONTAMINATION], p.98-100



建屋外への放出量

核種	Cs-137換算の放出量 [Bq]
Pu-238	$3.8 \times 10^{10}$
Am-241	$2.1 \times 10^{10}$
Pu-241	$1.1 \times 10^{10}$
Pu-240	$6.3 \times 10^9$
Pu-239	$3.5 \times 10^9$
Cm-244	$2.2 \times 10^9$
Am-242m	$6.6 \times 10^8$
Cs-137	$6.0 \times 10^8$
Ba-137m	$5.7 \times 10^8$
その他	$4.6 \times 10^8$
合計	$8.4 \times 10^{10}$

「その他」以外の核種が「Cs-137換算した放出量の合計」のうち約99%を占める。



## 参考資料 6 線量評価に用いた移行率及び除染係数について (1/4)

線量評価において用いた移行率及び除染係数は、以下の文献に基づき設定した。

### 燃料デブリ切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率：1%

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

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

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

第3-Ⅲ-6表 照射燃料切断時における放射性物質の飛散度<sup>15)</sup>

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

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

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

## 火災に伴う移行率：0.6%

「Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook (NUREG)」に基づき、火災に伴う移行率を設定した。

Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook、NUREG/CR-6410、3.3.2 Thermal Stress、3.3.2.10 Solid, Non-Combustible - Powders (右記：p3-71より抜粋)

化学的に安定かつ不燃性の粉体試料が1000℃まで熱されたときの粉体の気相への移行率が0.006 (0.6%) と記載されている。

### 3.3.2.10 Solid, Non-Combustible - Powders

a. Non-Reactive, up to 1000° C (1830 °F), upflow around powder to 100 cm/s (2.24 mph)

**ARF 6E-3**  
**RF 0.01**

b. Reactive, plutonium compounds, up to 100° C (212 °F), upflow around to 100 cm/s (2.24 mph):

- Pu fluoride

**ARF 1E-3**  
**RF 0.001**

- Pu oxalate, nitrate

**ARF 1E-2**  
**RF 0.001**

ARF：物理的刺激による気相への移行率

第2棟で扱う燃料デブリの粉体は酸化物と想定され、化学的に安定かつ不燃性であるため、上記の文献に基づき、火災に伴う移行率は0.6%と設定した。

## 液体状の放射性物質の漏えい時の気相への移行率：0.02%

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

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

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

### 【気相への移行率】

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

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

### 3.3.4.2 Free-Fall Spill - Aqueous Liquids, Bounding Values

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

**ARF 2E-4**  
RF 0.4

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

**ARF 5E-5**  
RF 0.8

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

**ARF 7E-6**  
RF 0.8

ARF：物理的刺激による気相への移行率

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

## 参考資料 6 線量評価に用いた移行率及び除染係数について (4/4)

### 除染係数 (DF) : 10

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

Elizabeth M.Flew, et al. "Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning". Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7 (右表 : p664より抜粋)

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

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

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