

内は、個人情報、企業機密、核物質防護に係る情報に属するものがあるため、一部又は全部公開できません。

基本方針書の考え方について NFIK R2/10/22

付属書類3 地震による損傷の防止（設備・機器の耐震性）に関する基本方針書

1. 設備・機器の耐震性

1. 1 概要
1. 2 設備・機器の重要度分類
 - (1) 第1類
 - (2) 第2類
 - (3) 第3類
1. 3 設備・機器の耐震設計方法
 - (1) 設計方針
 - (2) 耐震設計評価方法
 - (3) 設備・機器の部材強度評価方法
 - (4) 設備・機器の据付部強度評価方法
 - (5) 固有振動数の評価方法
 - (6) 積載物の高さによるモーメントの考慮
1. 4 設備・機器を支持する基礎の耐震設計方法
 - (1) 設計方針
 - (2) 耐震設計評価方法
 - (3) 基礎の材料及び許容応力度

2. 今回の申請に係る設備・機器の耐震性

2. 1 設備・機器の重要度分類
 - (1) 第1類
 - (2) 第2類
 - (3) 第3類
2. 2 設備・機器の基本仕様（性能、個数、設置場所含む。）
2. 3 設備・機器の基本図面
2. 4 設備・機器の耐震評価結果

(別添1) 各種合成構造設計指針・同解説に基づくアンカーボルトの許容引抜荷重及び許容せん断荷重について

1. 設備・機器の耐震性

1. 1 概要

安全機能を有する施設は、地震の発生によって生ずるおそれがある安全機能の喪失に起因する放射線の公衆への影響の程度に応じて耐震重要度分類に分類し、自重及び通常時の荷重等に加え、耐震重要度分類に応じて算定する地震力が作用した場合においても十分に耐えることができる設計とする。

1. 2 設備・機器の重要度分類

安全機能を有する施設は、以下に示す第1類、第2類及び第3類の耐震重要度分類に分類する。なお、本加工施設においては、安全機能の喪失を仮定した場合に公衆又は放射線業務従事者に過度の被ばくを及ぼすおそれのある施設はなく、耐震重要施設あるいはSクラスの設備・機器及び建物はない。

(1) 第1類

ウラン粉末を取り扱う設備・機器及びウラン粉末を閉じ込めるための設備・機器並びに臨界安全上の核的制限値を有する設備・機器及びその制限値を維持するための設備・機器であって、その機能を失うことによる影響の大きい設備・機器をいう。なお、これらの設備・機器を収納する建物・構築物を含む。

- ・最小臨界質量以上のウランを取り扱う設備・機器
- ・最小臨界質量未満のウランを取り扱う設備・機器であっても、変形、破損等により最小臨界質量以上のウランが集合する可能性のある設備・機器

(2) 第2類

ウラン粉末を取り扱う設備・機器及びウラン粉末を閉じ込めるための設備・機器並びに臨界安全上の核的制限値を有する設備・機器及びその制限値を維持するための設備・機器であり、最小臨界質量未満のウランを取り扱う設備・機器及びその制限値を維持するための設備・機器であって、その機能を失うことによる影響が小さいもの及び熱的制限値を有する設備・機器の他、非常用電源設備、放射線管理施設等であって、その機能を失うことによりウラン加工施設の安全性が著しく損なわれるおそれがあるものをいう。なお、これらの設備・機器を収納する建物・構築物を含む。

(3) 第3類

第1類に属する施設及び第2類に属する施設以外の一般産業施設と同等の安全性が要求される施設をいう。

なお、上位の分類に属するものは、下位の分類に属するものの破損によって波及的破損が生じないようにする。上位の分類の設備・機器と構造的に一体に設計することが必要な場合には、上位分類の設計法による。

1. 3 設備・機器の耐震評価方法

(1) 設計方針

設備・機器の耐震設計法は基本的に静的設計法とし、耐震重要度分類に応じた割り増し係数を考慮した設計とする。また、一次固有振動数が 20 Hz 以上となる設備・機器（以下「剛構造の設備・機器」という。）と 20 Hz 未満で剛構造とならない設備・機器（以下「柔構造の設備・機器」という。）に分類して設計を行う。

(2) 耐震設計評価方法

① 剛構造の設備・機器

・一次地震力

剛構造の設備・機器は、各重要度分類とも一次設計を行う。一次地震力は C_0 を 0.2 として求めた当該設備・機器の設置階の地震層せん断力係数 C_i に、当該設備・機器の重量を乗じ、さらに耐震重要度に応じた割り増し係数を乗じたものを 20 % 増しして求める。常時作用している荷重と一次地震力とを組み合わせ、その結果発生する応力に対して、設備・機器の主架構が弾性範囲にとどまる設計とする。一次設計に用いる水平地震力を表 1 (1) に示す。

・二次地震力

剛構造の設備・機器のうち、耐震重要度分類第 1 類の設備・機器は二次設計を行う。二次地震力は、一次地震力に 1.5 を乗じたものとし、常時作用している荷重と二次地震力とを組み合わせ、その結果発生する応力に対して、設備・機器の相当部分が降伏し、塑性変形する場合でも過大な変形、亀裂、破損等が生じ、その施設の安全機能に重大な影響を及ぼすことがない設計とする。二次設計に用いる水平地震力を表 1 (2) に示す。

・設計用水平震度

耐震重要度分類第 1 類の設備・機器の設計では、更なる安全裕度の確保として、水平震度 1.0 に対しても弾性範囲にとどまる設計とする。このことにより、上記の一次地震力及び二次地震力を用いた設計は包絡される。

以上をまとめ、剛構造の設備・機器における設計用水平震度を表 2 に示す。

② 柔構造の設備・機器

柔構造の設備・機器は、(一財)日本建築センター「建築設備耐震設計・施工指針 2014 年版」の局部震度法(表 3)における水平震度を用いた地震力を算出し、常時作用する荷重と局部震度法による地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して弾性範囲にとどまる設計とする。

表 1 (1) 剛構造の一次設計における一次地震力

建物	重要度分類	設置階	Ai	地震層せん断力 係数 Ci (Ai×0.2)	割り増し係数	一次地震力
第 2 加工棟	第 1 類	4 階	1.559	0.32	1.5×1.2 =1.8	0.58
		3 階	1.265	0.26		0.47
		2 階	1.000	0.20		0.36
		1 階	1.000	0.20		0.36
	第 2 類	4 階	1.559	0.32	1.25×1.2 =1.5	0.48
		3 階	1.265	0.26		0.39
		2 階	1.000	0.20		0.30
		1 階	1.000	0.20		0.30
	第 3 類	4 階	1.559	0.32	1.0×1.2 =1.2	0.39
		3 階	1.265	0.26		0.32
		2 階	1.000	0.20		0.24
		1 階	1.000	0.20		0.24
第 5 廃棄物 貯蔵棟	第 3 類	1 階	1.000	0.20	1.0×1.2 =1.2	0.24

Ai : 昭和 55 年建設省告示第 1793 号により算出する建物・構造物の振動特性に応じた地震層せん断力の高さ方向の分布係数

表 1 (2) 剛構造の二次設計における二次地震力 (第 1 類のみ)

建物	設置階	Ai	地震層せん断力 係数 Ci (Ai×0.2)	割り増し係数 (一次)	割り増し係数 (二次)	二次地震力
第 2 加工棟	4 階	1.559	0.32	1.5×1.2 =1.8	×1.5	0.87
	3 階	1.265	0.26			0.71
	2 階	1.000	0.20			0.54
	1 階	1.000	0.20			0.54

表 2 剛構造の設備・機器における設計用水平震度

建物	設置階	設計用水平震度		
		耐震重要度分類 第 1 類	耐震重要度分類 第 2 類	耐震重要度分類 第 3 類
第 2 加工棟	4階	1.0	0.48	0.39
	3階	1.0	0.39	0.32
	2階	1.0	0.30	0.24
	1階	1.0	0.30	0.24
第 5 廃棄物 貯蔵棟	1階	—	—	0.24

表3 局部震度法における設計用水平震度

建物	設置階	設計用水平震度		
		耐震重要度分類 第1類 ^{※1}	耐震重要度分類 第2類 ^{※1}	耐震重要度分類 第3類 ^{※1}
第2加工棟	4階	2.0	1.5	1.0
	3階	1.5	1.0	0.6
	2階	1.5	1.0	0.6
	1階	1.0	0.6	0.4
第5廃棄物 貯蔵棟	1階	—	—	0.4

※1: 「局部震度法における耐震クラス」と「耐震重要度分類」の対比を以下のとおりとして記載。

耐震クラスS = 耐震重要度分類第1類

耐震クラスA = 耐震重要度分類第2類

耐震クラスB = 耐震重要度分類第3類

(3) 設備・機器の部材強度評価方法

設備・機器の部材の強度評価は、株式会社構造システム製の構造解析プログラム「FAP-3」バージョン5（以下「FAP-3」という。）を使用し、組合せ応力（引張／圧縮＋曲げ、垂直＋せん断）が許容限界以内であることを確認する。FAP-3の使用にあたっては簡易モデルの理論解および異なる構造解析プログラムとFAP-3の解析結果が整合していることを確認した。設備・機器の部材強度評価フローの概要を図1に示す。

なお、レール等の一部の設備の評価は、FAP-3を使用せず、構造計算式にて実施する。

上記の組合せ応力が許容限界以内であることの確認は、鋼構造設計規準 2005 年版に基づく下式の応力設計比を検定比として評価を行う。

① 組合せ応力（引張／圧縮＋曲げ）の応力設計比（R1）

（軸力が引張の場合）

$$R1 = \frac{\sigma_t + \sigma_b}{f_t} = \frac{|F_x|}{A \cdot f_t} + \frac{|M_y|}{Z_y \cdot f_t} + \frac{|M_z|}{Z_z \cdot f_t}$$

（軸力が圧縮の場合）

$$R1 = \frac{\sigma_c + \sigma_b}{f_c} = \frac{|F_x|}{A \cdot f_c} + \frac{|M_y|}{Z_y \cdot f_b} + \frac{|M_z|}{Z_z \cdot f_b}$$

ここで、

σ_t : 引張応力

σ_b : 曲げ応力

σ_c : 圧縮応力

f_t : 引張に対する許容応力度

f_b : 曲げに対する許容応力度

f_c : 圧縮に対する許容応力度

F_x : 部材に作用する軸力（正の値：引張、負の値：圧縮）

A : 部材の断面積

M_y, M_z : 部材のY軸*（Z軸*）まわりに作用する曲げモーメント

Z_y, Z_z : 部材のY軸*（Z軸*）における断面係数

*各部材の部材軸（部材長手方向をX軸とする）

である。

② 組合せ応力（垂直＋せん断）の応力設計比（R2）

$$R2 = \frac{\sigma_m}{f_t}$$

ここで、

$$\sigma_m : \text{組合せ応力} = \sqrt{\left(\frac{|F_x|}{A} + \frac{|M_y|}{Z_y} + \frac{|M_z|}{Z_z}\right)^2 + 3\tau^2}$$

$$\tau : \text{せん断応力} = \sqrt{\left(\frac{Q_y}{A_y}\right)^2 + \left(\frac{Q_z}{A_z}\right)^2} + \frac{M_x}{Z_p}$$

Q_y, Q_z : 部材に作用するY軸* (Z軸*) 方向せん断力

A_y, A_z : 部材におけるY軸* (Z軸*) 方向有効せん断用断面積

M_x : 部材に作用するねじりモーメント

Z_p : 部材におけるねじり断面係数

*各部材の部材軸 (部材長手方向をX軸とする)

である。

耐震計算で使用する材料定数は、鋼構造設計規準 2005 年版をもとに表 4 のとおり設定する。鋼材以外の材料の場合は、個別に定める。部材の許容限界は、建築基準法施行令第 90 条、建設省告示第 2464 号「鋼材等及び溶接部の許容応力度並びに材料強度の基準強度を定める件」及び建設省告示第 1024 号「特殊な許容応力度及び特殊な材料強度を定める件」で定まる値を用いる。鋼材の場合、F 値として SS400 の厚さ 40 mm 以下のもの (235 N/mm²) を用い、長期荷重時及び短期荷重時について表 5 のとおり設定する。鋼材以外の材料の場合、及び、鋼材であっても SS400 と異なる F 値を用いる場合は、個別に定める。

表4 材料定数

材料	ヤング率 N/mm ²	せん断弾性係数 N/mm ²
鋼・鋳鋼・鍛鋼	205000	79000

表5 部材の許容限界

長期荷重時	長期許容引張応力度 ft (N/mm ²)	$f_t = F / 1.5$ (SS400 の場合、 $F = 235 \text{ N/mm}^2$)
	長期許容曲げ応力度 fb (N/mm ²)	lb : 圧縮フランジの支点間距離 h : はりせい Af : 圧縮フランジの断面積 $f_b = 89000 / (lb \cdot h / Af)$
	長期許容圧縮応力度 fc (N/mm ²)	L : 最大長さ k : 座屈係数 i : 断面二次半径 λ : 圧縮材の細長比 = $L \cdot k / i$ Λ : 限界細長比 ν : 安全率 = $3/2 + 2/3 (\lambda / \Lambda)^2$ $\lambda \leq \Lambda$ のとき $f_c = (1 - 0.4 (\lambda / \Lambda)^2) F / \nu$ $\lambda > \Lambda$ のとき $f_c = 0.277 F / (\lambda / \Lambda)^2$
短期荷重時	短期許容引張応力度 sft (N/mm ²)	長期荷重 ft の 1.5 倍とする $sft = 1.5 f_t$
	短期許容曲げ応力度 sfb (N/mm ²)	長期荷重 fb の 1.5 倍とする $sfb = 1.5 f_b$
	短期許容圧縮応力度 sfc (N/mm ²)	長期荷重 fc の 1.5 倍とする $sfc = 1.5 f_c$

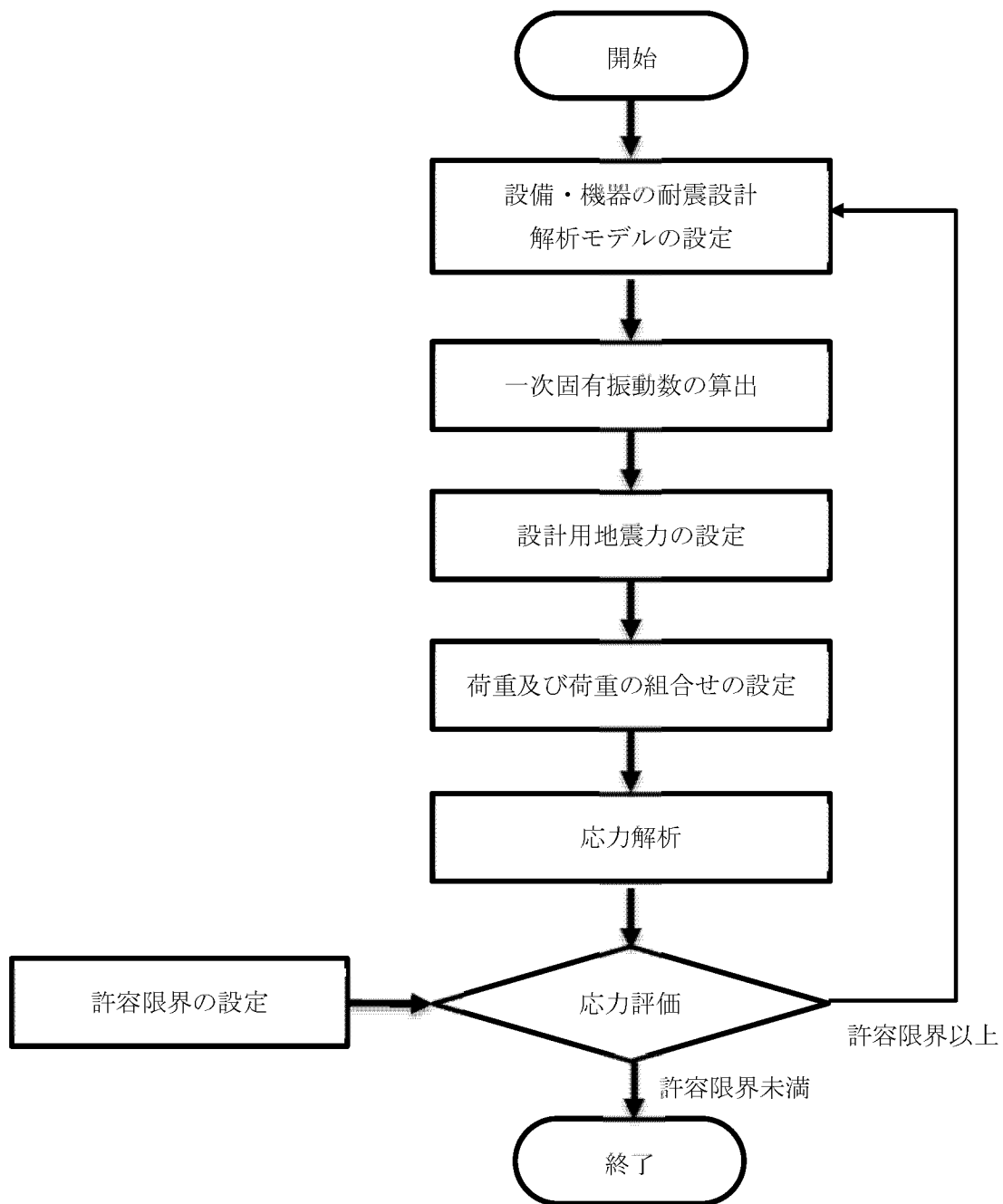


図1 設備・機器の部材強度評価フロー

(4) 設備・機器の据付部強度評価方法

設備・機器の据付部の強度評価は、FAP-3を使用し、支点拘束位置での支点反力が許容限界以内であることを確認する。

据付部の強度が許容限界以内であることの確認は、支点反力から引張荷重およびせん断荷重の評価を行い、据付部の許容限界荷重との比を検定比として評価を行う。アンカーボルトの許容限界荷重は、鋼材としてのボルトの断面耐力により求まる許容引張荷重及び許容せん断荷重又はコンクリートに対する許容引抜荷重及び許容せん断荷重のうちそれぞれ低い方を適用する。設備に取り付けられているボルト（以下「取付ボルト」という。）や床に据え付けられているボルト（以下「据付ボルト」という。）のように、コンクリートの許容引抜荷重を適用しないボルトの許容限界荷重は、鋼材としてのボルトの断面耐力により求まる許容引張荷重を適用する。ボルトの断面耐力については、表6に示す鋼構造設計規準2005年版に基づく値を適用する。ここで、鋼材の場合、F値としてSS400の厚さ40mm以下のもの(235 N/mm²)を用いる。鋼材以外の材料の場合、及び、鋼材であってもSS400と異なるF値を用いる場合は、個別に定める。

また、アンカーボルトの許容引抜荷重及び許容せん断荷重について建築設備耐震設計・施工指針2014年版の値を適用する。建築設備耐震設計・施工指針を適用できないアンカーボルトについては、各種合成構造設計指針・同解説に従い、許容限界を設定する。その手法については別添1に示す。

なお、レール等の一部の設備の評価は、FAP-3を使用せず、構造計算式にて引張荷重およびせん断荷重の評価を実施する。

表6 ボルトの許容限界

長期荷重時	長期許容引張荷重 f3 (N)	<p>「建築基準法施行令第90条」又は「鋼構造設計規準 2005年版」に基づき長期許容引張応力度 (ft) は、次式になる。</p> <p>F : ボルトの基準強度 F 値 (N/mm²) (SS400 の場合、F = 235 N/mm²)</p> <p>長期 $f_t = F/1.5$</p> <p>「鋼構造設計規準 2005 年版」より、ねじ部断面を軸断面の75%と評価し、長期許容引張荷重は下記値となる。</p> <p>$f_3 = f_t \times \text{ボルトねじ部断面積}$ $= F/1.5 \times 0.75 \times (\pi/4) \times D^2$ (D はボルトの呼び径)</p>
	長期許容せん断荷重 f4 (N)	<p>「建築基準法施行令第90条」又は「鋼構造設計規準 2005年版」に基づき長期許容せん断応力度 (fs) は、次式になる。</p> <p>$f_s = F/1.5/\sqrt{3}$</p> <p>「鋼構造設計規準 2005 年版」より、ねじ部断面を軸断面の75%と評価し、長期許容せん断荷重は下記値となる。</p> <p>$f_4 = f_s \times \text{ボルトねじ部断面積}$ $= (F/1.5/\sqrt{3}) \times 0.75 \times (\pi/4) \times D^2$</p>
	せん断が作用する場合の長期許容引張荷重 f3' (N)	<p>「鋼構造設計規準 2005 年版」より、せん断力が作用する場合の長期許容引張荷重 (f3') は、次式になる。</p> <p>$f_3' = 1.4 \times f_3 - 1.6 \times \tau$ かつ $f_3' \leq f_3$</p> <p>ただし、τ はボルトに作用する長期せん断力</p>
短期荷重時	短期許容引張荷重 sf3 (N)	<p>長期荷重 f3 の 1.5 倍とする</p> <p>$sf_3 = 1.5f_3$</p>
	短期許容せん断荷重 sf4 (N)	<p>長期荷重 f4 の 1.5 倍とする</p> <p>$sf_4 = 1.5f_4$</p>
	せん断が作用する場合の短期許容引張荷重 sf3' (N)	<p>「鋼構造設計規準 2005 年版」より、せん断力が作用する場合の短期許容引張荷重 (sf3') は、次式になる。</p> <p>$sf_3' = 1.4 \times sf_3 - 1.6 \times \tau$ かつ $sf_3' \leq sf_3$</p> <p>ただし、τ はボルトに作用する短期せん断力</p>

(5) 固有振動数の評価方法

設備・機器の固有振動数評価は、FAP-3から得られる固有値を直接使用する。多質点系でモデル化された設備・機器に対し、基本波形で振動していると仮定したときの変位ベクトルをもとに得られる運動方程式を設定する。行列で表される運動方程式において、固有振動数を得るためには行列式がゼロとなる連立方程式から、逐次近似の方法にて求めることができる。

(6) 積載物の高さによるモーメントの考慮

FAP-3における解析モデルの作成においては、強度部材となる主架構をモデル化し、積載している機器やワーク等（ペレットや燃料棒、保管容器）については、その重量に設計用水平震度を乗じたものを外荷重として負荷している。ここで、設備の主架構に固定されている積載物で、重心の高さによるモーメントの影響を無視できないものについては、重心高さを考慮した仮想剛体にてモデル化するか、重心高さによるモーメントを水平荷重に上乗せして負荷することでその影響を考慮する。

1. 4 設備・機器を支持する基礎の耐震評価方法

(1) 設計方針

設備・機器を支持する基礎の耐震設計方針は、付属書類2の2. 建物・構築物の耐震設計方針に従う。

本申請における設備・機器を支持する基礎としてモニタリングポスト No. 1 及びモニタリングポスト No. 2 の基礎が該当する。これらの基礎は平板載荷試験*で十分な支持力があることを確認した表層地盤に鉄筋コンクリート造の直接基礎で支持する。

基礎はモニタリングポスト No. 1 及びモニタリングポスト No. 2 で同一の構造であり、基礎上にはモニタリングポストの本体機器及び無線アンテナ各 1 基を設置する。

*：建築基準法施行令第九十三条の規定により、国土交通大臣が定める方法を定めた平成 13 年国土交通省告示第 1113 号に基づく試験を行い確認。

(2) 耐震設計評価方法

加工施設の技術基準に関する規則及び建築基準法に基づき、基礎及び積載している設備・機器に長期荷重（常時作用する荷重）が作用した場合及び短期荷重（常時作用する荷重に加えて耐震重要度分類に応じて算定する静的地震力）が作用した場合に、構造耐力上主要な部分に生ずる応力度を求め、当該応力度が同施行令第 89 条から第 94 条及び日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準」に準じて定める長期及び短期の許容応力度を超えていないことを確認する。具体的には以下を確認する。

- 1) 基礎の接地圧が許容応力度以内であることを確認する。
- 2) 配筋に生じる引張力及びせん断力が許容応力度以内であることを確認する。
- 3) 基礎板に生じる曲げモーメント及びせん断力がコンクリートの許容応力度以内であることを確認する。

基礎の構造は単純な長方形平板状の直接基礎であるため、計算式による評価を行い必要な耐震性を確保していることを確認する。

準拠する主な法令、規格及び基準は以下のとおり。

- ・ 建築基準法及び関係法令
- ・ (一社) 日本建築学会各基準・指針類
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説
- ・ 建築基礎構造設計指針
- ・ 鉄筋コンクリート造配筋指針・同解説

(3) 基礎の材料及び許容応力度

モニタリングポスト No. 1 及びモニタリングポスト No. 2 の基礎の材料に関する長期及び短期の許容応力度を表 7、表 8、表 9 に示す。

表7 鉄筋の許容応力度（建築基準法施行令第90条 表2）（単位 N/mm²）

材料種別 \ 応力種別		長 期			短 期		
		圧 縮	引 張		圧 縮	引 張	
			せん断補強筋以外に用いる場合	せん断補強筋に用いる場合		せん断補強筋以外に用いる場合	せん断補強筋に用いる場合
鉄筋	算定式 径28 mm以下のもの	F/1.5 (当該数値が215を超える場合には、215)	F/1.5 (当該数値が215を超える場合には、215)	F/1.5 (当該数値が195を超える場合には、195)	F	F	F (当該数値が390を超える場合には、390)
	算定式 径28 mmを超えるもの	F/1.5 (当該数値が195を超える場合には、195)	F/1.5 (当該数値が195を超える場合には、195)	F/1.5 (当該数値が195を超える場合には、195)	F	F	F (当該数値が390を超える場合には、390)

(1) 保守的に日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説2018」の値を採用する。

表8 コンクリートの許容応力度（建築基準法施行令第91条）（単位 N/mm²）

材料種別 \ 応力種別		長 期			短 期		
		圧 縮	引 張 せん断	付着	圧 縮	引 張 せん断	付着
コンクリート	算定式	Fc/3	Fc/30 (Fが21を超えるコンクリートについて、国土交通大臣がこれと異なる数値を定めた場合は、その定めた数値)	0.7 (軽量骨材を使用するものにあつては、0.6)	長期に生ずる力に対する圧縮、引張り、せん断又は付着の許容応力度のそれぞれの数値の2倍 (Fcが21を超えるコンクリートの引張り及びせん断について、国土交通大臣がこれと異なる数値を定めた場合は、その定めた数値) とする。		

(1) 日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説2018」による。

長期引張 規定なし→0、短期引張 規定なし→0、短期せん断=1.5×長期。

長期付着 上端筋 0.9+2/75・Fc、その他 1.35+1/25・Fc、短期付着=1.5×長期。

表9 地盤の許容応力度（単位 kN/m²）

各応力度	採用値
極限応力度 q_b	(平板載荷試験結果)
長期許容応力度 $q_a = 1/3 \times q_b$	
短期許容応力度 $q_a' = 2/3 \times q_b$	

地盤の許容応力度は平成13年国土交通省告示第1113号第4（最終改正平成19年）に基づく平板載荷試験結果により得られた極限応力度 q_b から求めた。

2. 今回の申請に係る設備・機器の耐震性

2. 1 設備・機器の重要度分類

今回の申請に係る設備・機器は、耐震設計上の重要度分類を行い次のように分類する。

(1) 第1類

- ・ペレット編成挿入機 No. 1 ペレット保管箱置台部
- ・ペレット編成挿入機 No. 1 ペレット保管箱搬送部
- ・ペレット編成挿入機 No. 1 波板移載部
- ・ペレット編成挿入機 No. 1 ペレット編成挿入部
- ・燃料棒トレイ置台
- ・脱ガス設備 No. 1 真空加熱炉部
- ・脱ガス設備 No. 1 運搬台車
- ・第二端栓溶接設備 No. 1 燃料棒搬送 No. 1-1 部
- ・第二端栓溶接設備 No. 1 第二端栓溶接 No. 1-1 部
- ・第二端栓溶接設備 No. 1 第二端栓溶接 No. 1-2 部
- ・第二端栓溶接設備 No. 1 燃料棒搬送 No. 1-2 部
- ・燃料棒搬送設備 No. 1 燃料棒移載 (1) 部
- ・燃料棒搬送設備 No. 1 燃料棒トレイ移載部
- ・燃料棒搬送設備 No. 1 被覆管コンベア部
- ・燃料棒搬送設備 No. 1 除染コンベア部
- ・燃料棒搬送設備 No. 2 燃料棒移送装置 (A)
- ・燃料棒搬送設備 No. 3 燃料棒移載装置 (2)
- ・燃料棒搬送設備 No. 8 被覆管コンベア No. 8-1 部
- ・燃料棒搬送設備 No. 8 燃料棒移載 No. 8-1 部
- ・燃料棒搬送設備 No. 8 燃料棒移載 No. 8-2 部
- ・ペレット一時保管台
- ・ペレット検査装置 No. 5
- ・ペレット編成挿入機 No. 2-1 ペレット保管箱搬送部
- ・ペレット編成挿入機 No. 2-1 ペレット編成挿入部
- ・燃料集合体保管ラック C 型 No. 1
- ・燃料集合体保管ラック D 型 No. 1
- ・燃料集合体保管ラック C 型 No. 2

(2) 第2類

- ・燃料棒解体装置 No. 1
- ・ペレット検査台 No. 2
- ・燃料棒解体装置 No. 2
- ・計量設備架台 No. 9
- ・計量設備架台 No. 10
- ・燃料棒搬送設備 No. 9 本体

- ・燃料棒搬送設備 No.9 燃料棒表面汚染検査装置
- ・モニタリングポスト No.1 (基礎を含む)
- ・モニタリングポスト No.2 (基礎を含む)
- ・放射線監視盤 (モニタリングポスト)

(3) 第3類

付属設備

(第2加工棟)

- ・通信連絡設備 所内通信連絡設備 (放送設備 (スピーカ))
- ・通信連絡設備 所内通信連絡設備 (所内携帯電話機 (PHS アンテナ))
- ・通信連絡設備 所内通信連絡設備 (放送設備 (アンプ))
- ・火災感知設備 自動火災報知設備 (感知器)
- ・火災感知設備 自動火災報知設備 (受信機)
- ・緊急設備 非常用照明
- ・緊急設備 誘導灯

(第5廃棄物貯蔵棟)

- ・通信連絡設備 所内通信連絡設備 (放送設備 (スピーカ))
- ・通信連絡設備 所内通信連絡設備 (所内携帯電話機 (PHS アンテナ))
- ・火災感知設備 自動火災報知設備 (感知器)
- ・緊急設備 非常用照明
- ・緊急設備 誘導灯

2. 2 設備・機器の基本仕様

仕様を「表ニ-2-1～表ニ-18-1、表ヘ-2-1～表ヘ-2-3、表チ-2-1～表チ-4-1、表リ-2-1」に示す。

2. 3 設備・機器の基本図面

各設備・機器に係る図面を「図ニ-1～図ニ-18-1、図ヘ-1～図ヘ-2-2、図チ-1～図チ-3-1、図リ-2-1-1-1～図リ-2-1-1-3」に示す。

2. 4 設備・機器の耐震評価結果

今回の申請に係る設備・機器について、長期荷重時及び短期荷重時における耐震評価を実施した。長期荷重時（常時作用する荷重）については、設備・機器の各部材に発生する長期応力度が長期許容限界以内であることを確認した。短期荷重時については、長期荷重と設計用水平震度を組み合わせた荷重を用いて、設備・機器の各部材に発生する短期応力度が短期許容限界以内であることを確認した。また、設備・機器を支持する基礎については基礎の設置圧が地盤の許容応力度以内であることを確認した。

耐震計算結果を表 1 0 に示す。

なお、耐震重要度分類第 3 類の設備・機器については耐震計算結果の記載を省略するが、強度評価結果が許容限界以内であることを確認した。

表 10 耐震計算結果 (1/4)

設備・機器		重要度分類	設置階	水平震度	固有振動数 (Hz)	剛柔判定	検定比					
							部材	アンカーボルト				
ペレット編成挿入機 No. 1	ペレット保管箱置上部	第 1 類	2 階	1.5	0.15	柔	0.15	0.15				
	ペレット保管箱搬送部	第 1 類	2 階	1.5		柔						
	波板移載部	第 1 類	2 階	1.0		剛						
	ペレット編成挿入部 本体 波板回収装置	第 1 類	2 階	1.5		柔						
第 1 類		2 階	1.5	柔								
燃料棒解体装置 No. 1		第 2 類	2 階	1.0		柔						
燃料棒トレイ置台		第 1 類	2 階	1.5		柔						
脱ガス設備 No. 1	真空加熱炉部	第 1 類	2 階	1.5		柔						
	運搬台車 本体 レール	第 1 類	2 階	1.5		柔						
		第 1 類	2 階	1.5		柔 ^{*1}						
第二端栓溶接設備 No. 1	燃料棒搬送 No. 1-1 部	第 1 類	2 階	1.5	0.15	柔	0.15	0.15				
	第二端栓溶接 No. 1-1 部											
	第二端栓溶接 No. 1-2 部											
	燃料棒搬送 No. 1-2 部											
燃料棒搬送設備 No. 1	燃料棒移載 (1) 部	第 1 類	2 階	1.5	0.15	柔	0.15	0.15				
	燃料棒トレイ移載部 架台 装置 レール								第 1 類	2 階	1.5	柔
									第 1 類	2 階	1.5	柔 ^{*1}
	被覆管コンベア部	第 1 類	2 階	1.5		柔						
	除染コンベア部	第 1 類	2 階	1.5		柔						
燃料棒搬送設備 No. 2 燃料棒移送装置 (A)		第 1 類	2 階	1.5	0.15	柔	0.15	0.15				

*1 レールは積載物に合わせて柔構造の設備として評価した。

表 10 耐震計算結果 (2/4)

設備・機器		重要度分類	設置階	水平震度	固有振動数 (Hz)	剛柔判定	検定比		
							部材	アンカーボルト	
燃料棒搬送設備 No.3	燃料棒移載装置 (2) 架台	第1類	2階	1.5	}	柔	}		
	装置	第1類	2階	1.5		柔			
	レール	第1類	2階	1.5		柔 ^{*1}			
ペレット検査台 No.2		第2類	2階	1.0		柔			
燃料棒搬送設備 No.8	被覆管コンベア No.8-1 部	第1類	2階	1.5		柔			
	燃料棒移載 No.8-1 部	架台	第1類	2階		1.5			柔
		装置	第1類	2階		1.5			柔
		レール	第1類	2階		1.5			柔 ^{*1}
燃料棒移載 No.8-2 部		第1類	2階	1.5		柔			
ペレット一時保管台		第1類	2階	1.5		柔			
ペレット検査装置 No.5		第1類	2階	1.5		柔			
ペレット編成挿入機 No.2-1	ペレット保管箱搬送部	第1類	2階	1.5		柔			
	ペレット編成挿入部	第1類	2階	1.5		柔			
燃料棒解体装置 No.2		第2類	2階	1.0		柔			
計量設備架台 No.9		第2類	2階	1.0		柔			
計量設備架台 No.10		第2類	2階	0.3	剛				
燃料棒搬送設備 No.9 本体	燃料棒表面汚染検査装置	第2類 ^{*2}	2階	1.0	柔				
		第2類 ^{*2}	2階	1.0	柔				
燃料集合体保管ラック C型 No.1		第1類	1階	1.0	柔				
燃料集合体保管ラック D型 No.1									
燃料集合体保管ラック C型 No.2		第1類	1階	1.0	柔				

*1 レールは積載物に合わせて柔構造の設備として評価した。

*2 燃料棒搬送設備 No.9 本体及び燃料棒表面汚染検査装置は、耐震重要度分類第1類の第二端栓溶接設備 No.1 に隣接しているが、燃料棒搬送設備 No.9 本体及び燃料棒表面汚染検査装置は耐震重要度分類第1類に相当する水平震度 1.5 であっても隣接設備への波及的影響のおそれがないことから、耐震重要度分類第2類として設計した。

表 1 0 耐震計算結果 (3/4)

設備・機器	重要度分類	設置階	水平震度	検定比		
				地盤	配筋	コンクリート
モニタリングポスト No. 1 / モニタリングポスト No. 2 基礎	第 2 類	地階	0.15		—*3	—*3

*3 基礎は長期・短期ともに浮き上がりを生じず、接地圧が常に全面で正の値を取っており、剛体として扱っても問題ないことから配筋及びコンクリートの評価は省略した。

表 1 0 耐震計算結果 (4/4)

設備・機器	重要度分類	設置階	水平震度	固有振動数 (Hz)	剛柔判定	検定比	
						部材	アンカーボルト
モニタリングポスト No. 1 / モニタリングポスト No. 2 本体	第 2 類	1 階	0.3		剛		
無線アンテナ	第 2 類	1 階	0.6		柔		
放射線監視盤 (モニタリングポスト)	第 2 類	1 階	0.3		剛		

各種合成構造設計指針・同解説に基づくアンカーボルトの
許容引抜荷重及び許容せん断荷重について

各種合成構造設計指針・同解説に従い、接着系アンカーボルトの許容限界として、以下に示す許容引張荷重、許容せん断荷重を設定する。

接着系アンカーボルトの許容引張力 p_a は、下式にて算出する。

$$p_a = \min (p_{a1}, p_{a3})$$

$$p_{a1} = \phi_1 \cdot {}_s\sigma_{pa} \cdot {}_sc a$$

$$p_{a3} = \phi_3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_{ce}$$

p_{a1} : 接着系アンカーボルトの降伏により決まる場合のアンカーボルト 1 本当たりの許容引張力

p_{a3} : 接着系アンカーボルトの付着力により決まる場合のアンカーボルト 1 本当たりの許容引張力

ϕ_1, ϕ_3 : 低減係数で表 1 の値を用いる

${}_s\sigma_{pa}$: 接着系アンカーボルトの引張強度で、 ${}_s\sigma_{pa} = {}_s\sigma_y$ とする。

${}_s\sigma_y$: 接着系アンカーボルトの規格降伏点強度

${}_sc a$: 接着系アンカーボルトのボルトねじ部断面積

d_a : 接着系アンカーボルトの径

l_{ce} : 接着系アンカーボルトの強度算定用埋込み長さで、 $l_{ce} = l_e - 2d_a$ とする (図 1 参照)

l_e : 接着系アンカーボルトの有効埋込み長さ (図 1 参照)

τ_a : へりあき及びアンカーボルトのピッチを考慮した接着系アンカーボルトの引張力に対する付着強度で下式による。

$$\tau_a = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \tau_{bavg}$$

α_n : へきあり及びアンカーボルトのピッチによる付着強度の低減係数。最も小さい寸法となる 3 面までを考慮する。

$$\alpha_n = 0.5 \cdot \frac{c_n}{l_e} + 0.5 \quad (n=1, 2, 3)$$

τ_{bavg} : 接着系アンカーボルトの基本平均付着強度で表 2 に示す値とする。

c_n : へりあき寸法、または、ボルトピッチ a の $1/2$ で、 $c_n = a_n/2$ ($n=1, 2, 3$) とする。最も小さい寸法となる 3 面までを考慮する。(図 2 参照)

表1 低減係数

	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3
長期荷重用	2/3	1/3	1/3
短期荷重用	1.0	2/3	2/3

表2 接着系アンカーボルトの基本平均付着強度

	カプセル方式		注入方式
普通コンクリート	$10\sqrt{F_c/21}$	$5\sqrt{F_c/21}$	$7\sqrt{F_c/21}$
軽量コンクリート	$8\sqrt{F_c/21}$	$4\sqrt{F_c/21}$	$5.6\sqrt{F_c/21}$

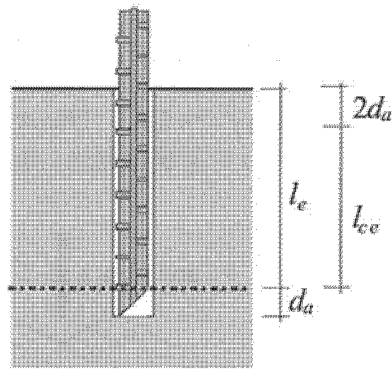


図1 接着系アンカーボルトの有効埋込み長さとは強度算定用埋込み長さ

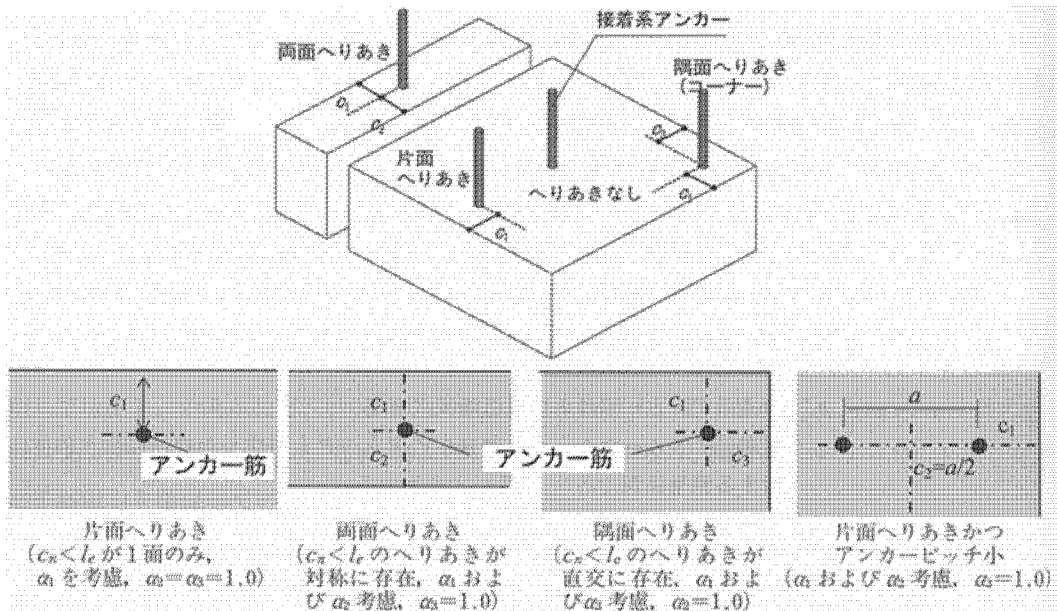


図2 接着系アンカーボルトのへりあき面とへりあき寸法

接着系アンカーボルトの許容せん断力 q_a は、下式にて算出する。

$$q_a = \min (q_{a1}, q_{a2}, q_{a3})$$

$$q_{a1} = \phi_1 \cdot {}_s\sigma_{qa} \cdot {}_{sc}a$$

$$q_{a2} = \phi_2 \cdot {}_c\sigma_{qa} \cdot {}_{sc}a$$

$$q_{a3} = \phi_2 \cdot {}_c\sigma_t \cdot A_{qc}$$

q_{a1} : 接着系アンカーボルトのせん断強度により決まる場合のアンカーボルト 1 本当たりの許容せん断力

q_{a2} : 定着した躯体の支圧強度により決まる場合の接着系アンカーボルト 1 本当たりの許容せん断力

q_{a3} : 定着した躯体のコーン状破壊により決まる場合の接着系アンカーボルト 1 本当たりの許容せん断力

ϕ_1, ϕ_2 : 低減係数で表 1 の値を用いる。

${}_s\sigma_{qa}$: 接着系アンカーボルトのせん断強度で、 ${}_s\sigma_{qa} = {}_s\sigma_y / \sqrt{3}$ とする。

${}_s\sigma_y$: 接着系アンカーボルトの規格降伏点強度

${}_{sc}a$: 接着系アンカーボルトのボルトねじ部断面積

${}_c\sigma_{qa}$: コンクリートの支圧強度で、 ${}_c\sigma_{qa} = 0.5\sqrt{F_c \cdot E_c}$ とする。

${}_c\sigma_t$: コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度で、 ${}_c\sigma_t = 0.31\sqrt{F_c}$ とする。軽量コンクリートの場合は、この 90% とする。

F_c : コンクリートの設計基準強度

E_c : コンクリートのヤング係数

A_{qc} : せん断力に対するコーン状破壊面の有効投影面積で、 $A_{qc} = 0.5\pi c^2$ とする (図 3 参照)。

c : へりあき寸法

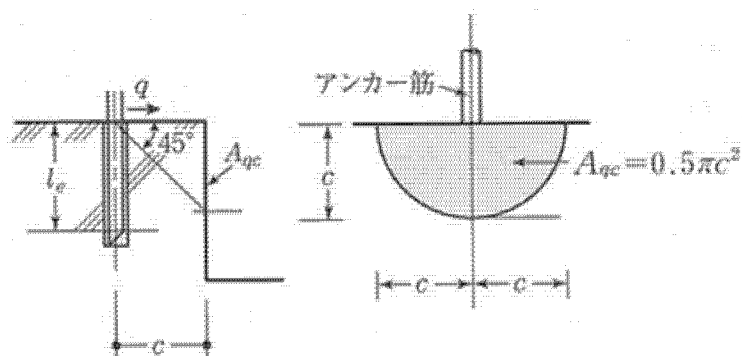


図 3 へりあき側面の有効投影面積

付属書類6 外部からの衝撃（外部火災・爆発）による損傷の防止に関する基本方針書

1. 設計方針

本申請に係る第2加工棟及び第5廃棄物貯蔵棟の外部火災に対する安全設計は、以下のとおりとする。

- ・各建物は、想定する森林火災に対して、その影響を受けないように、火災源となる森林からの離隔距離が、危険距離以上となる設計とする。
- ・各建物は、想定する近隣工場等の火災に対して、その影響を受けないように、火災源となる近隣工場等からの離隔距離が、危険距離以上となる設計とする。
- ・各建物は、想定する近隣工場等の爆発に対して、その影響を受けないように、爆発源となる近隣工場等からの離隔距離が、危険限界距離以上となる設計とする。(敷地南側町道の爆発源と第2加工棟の離隔を除く。)
- ・敷地南側町道で爆発が発生したときの第2加工棟への影響については、爆風圧評価の結果に基づいて、爆発の影響を受けない設計とする。
- ・第2加工棟は航空機落下による火災に対して、その影響を受けないように、航空機落下火災が発生した場合の外壁の温度が、一般的にコンクリートの強度にほとんど影響がないとされている200℃を超えない設計とする。

2. 基本仕様

2. 1 第2加工棟

仕様を「表ハ-2-1」に示す。

2. 2 第5廃棄物貯蔵棟

仕様を「表ト-4-1」に示す。

3. 基本図面

3. 1 第2加工棟

構造を「図ハ-1-1～図ハ-1-6、図ハ-2-1-1-7～図ハ-2-1-1-14、図ハ-2-1-1-32～図ハ-2-1-1-35、図ハ-2-1-2-1～図ハ-2-1-2-15」に示す。

3. 2 第5廃棄物貯蔵棟

構造を「図ト-4-1-1～図ト-4-1-6」に示す。

2 評価

2. 1 外部火災影響評価（危険距離、危険限界距離）

2. 1. 1 評価方法

外部火災の危険距離、危険限界距離の評価は「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」を参考とした。評価においては、以下に示す保守的な条件とした。

- ・加工施設と火災源、爆発源となる各施設との間には、建物等の障壁が存在するが、評価では考慮しない。
- ・火災源となる各施設の安全対策は考慮せず、貯蔵されている可燃物やガスが全て火

災・爆発に寄与するものとする。

- ・外壁温度の計算においては、除熱を考慮しない。
- ・予備的放水等の人的対策は期待しない。

森林火災の影響評価は以下の方法によるものとした。

- ・外部火災ガイド附属書Aに記載されている森林火災シミュレーション解析コード FARSITE で使用されている式を用いて、火災の評価を行った。
- ・火災の評価は、FARSITE で考慮されている地表を伝播する火災（以下「地表火」という。）及び樹冠を伝播する火災（以下「樹冠火」という。）について評価することにより行った。
- ・FARSITE で使用されている式で使用する物性値等の入力パラメータは、外部火災ガイド附属書Aで引用している文献等を参考とした。
- ・植生、地形、気象データ等について実地調査を行った。
- ・地表火及び樹冠火の評価結果から、防護対象施設の外壁温度の影響評価を行った。

近隣工場等の火災、近隣工場等の爆発の影響評価は以下の方法によるものとした。

- ・外部火災ガイド附属書Bに記載されている式を用いて、火災、爆発の評価を行った。
- ・外部火災ガイド附属書Bに記載されている式で使用する物性値等の入力パラメータは、外部火災ガイド附属書Bで引用している文献等を参考にした。
- ・近隣工場等の火災源、爆発源で貯蔵されている危険物、高圧ガスの貯蔵量は実地調査及び公設消防より開示を受けたデータに基づいて把握し、影響評価に用いた。

2. 1. 2 評価結果

敷地内及び敷地外の森林、敷地内の危険物施設と、第2加工棟、第5廃棄物貯蔵棟の位置関係を図ハ-2-1-5-2に、敷地内の高圧ガス貯蔵施設と、第2加工棟、第5廃棄物貯蔵棟の位置関係を図ハ-2-1-5-3に、敷地内の燃料輸送車両の走行経路と、第2加工棟、第5廃棄物貯蔵棟の位置関係を図ハ-2-1-5-4に、敷地内の高圧ガス輸送車両と第2加工棟、第5廃棄物貯蔵棟の位置関係を図ハ-2-1-5-5に示す。また、第2加工棟及び第5廃棄物貯蔵棟に対する危険距離、危険限界距離の評価結果と、火災源、爆発源からの離隔距離を表1、表2に示す。

第2加工棟及び第5廃棄物貯蔵棟は想定する森林火災に対して、火災源となる森林からの離隔距離が、危険距離以上となっていること、想定する近隣工場等の火災に対して、火災源となる近隣工場等からの離隔距離が、危険距離以上となっていること及び第2加工棟、第5廃棄物貯蔵棟は想定する近隣工場等の爆発に対して、爆発源となる近隣工場等からの離隔距離が、敷地南側町道の爆発源と第2加工棟の離隔距離を除き、危険限界距離以上あることを確認した。

2. 2 外部火災影響評価（爆風圧評価）

2. 2. 1 評価方法

敷地南側町道で爆発が発生したときの第2加工棟への影響は、有限要素コードを用いて

第2加工棟外壁の壁厚貫通評価、爆風圧評価を行った。

爆風圧評価は以下の方法によるものとした。

- ・有限要素コード「LS-DYNA」を使用した。LS-DYNAは米国のローレンス・リバモア国立研究所（LLNL）のDr.ハルキストが開発したDYNA3D（Public Domain）をさらに、改良したもので、衝撃解析の標準的なプログラムである。
- ・爆風圧評価は、コンクリート試験片による爆発試験結果を再現するコンクリートモデルの物性、爆薬と空気の相互作用の特性を設定し、第2加工棟外壁の爆風圧評価を行った。

2. 2. 2 評価結果

評価結果を表3に示す。評価の結果、第2加工棟の南側面（1階～3階）について、外壁の鉄筋コンクリートを厚さ10 cm以上増し打ちすることで既存の外壁が損傷を受けることはないことを確認した。また4階は損傷を受けるおそれがないことを確認した。

2. 3 外部火災影響評価（航空機落下火災）

2. 3. 1 評価方法

航空機落下火災の影響評価は「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」を参考とした。評価においては、以下に示す保守的な条件とした。

- ・加工施設と火災源、爆発源となる各施設との間には、建物等の障壁が存在するが、評価では考慮しない。
- ・火災源となる各施設の安全対策は考慮せず、貯蔵されている可燃物やガスが全て火災・爆発に寄与するものとする。
- ・外壁温度の計算においては、除熱を考慮しない。
- ・予備的放水等の人的対策は期待しない。

航空機落下火災の影響評価は以下の方法によるものとした。

- ・外部火災ガイド附属書Cに記載されている式を用いて、航空機落下火災の評価を行った。
- ・対象航空機の落下確率が 10^{-7} （回/年）になる区域を設定するに当たっては、本加工施設における航空機落下確率評価のデータに基づき設定した。
- ・航空機は、対象航空機のうち燃料積載量が最大の機種とし、燃料を満載した状態を想定した。航空機の落下は、落下確率が 10^{-7} （回/年）以上になる範囲のうち、評価対象への影響が最も厳しくなる地点で起こることを想定した。
- ・民間航空機と自衛隊機又は米軍機ではその発生状況が必ずしも同一でなく、また、自衛隊機又は米軍機の中でも機種によって飛行形態が同一でないと考えられることから、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、対象航空機ごとに火災の影響を評価した。
- ・気象条件は無風状態とし、発生する火災は円筒モデルとし、火災の高さは燃焼半径の3倍とした。
- ・対象航空機ごとに火災源との重畳を考慮した。

2. 3. 2 評価結果

対象航空機ごとの、航空機落下火災の影響評価の結果を表4に示す。また、対象航空機ごとの火災源との重畳の有無と、重畳がある場合の影響評価の結果を表5に示す。第2加工棟の外壁温度は、コンクリートの強度にほとんど影響がないとされている200℃を超えないことを確認した。

表1 想定する火災源、爆発源からの離隔距離（第2加工棟）

<火災>

区分	火災源	危険距離(m)	離隔距離(m)	備考	
森林火災	敷地内竹林	6.2	55	竹林の管理を行う。	
	隣接B事業所雑木林	19.9	23	—	
近隣の危険物施設	石油コンビナート関係 西空港地区	JetA-1 200000 m ²	841	9100	—
	A事業所-1		2.0	213	—
	A事業所-2		5.5	215	—
	A事業所-3		2.3	218	—
	A事業所-4		3.9	221	—
	A事業所-5		0.8	121	—
	A事業所-6		3.6	175	—
	A事業所-7		7.9	179	—
	A事業所-8		3.1	336	—
	B事業所		11	111	—
	C事業所		17	214	—
	D事業所		12	362	—
	E事業所		8.4	549	—
	敷地外危険物運搬	敷地南側町道	12.4	13	—
敷地内危険物施設	危険物貯蔵棟	重油 4.8 m ²	2.4	42	—
	重油タンク(1)	重油 0.4 m ²	1.3	42	—
	重油タンク(2)	重油 0.4 m ²	1.3	14	—
	重油タンク(3)	重油 0.4 m ²	1.3	99	—
	危険物少量保管所(1)	ガソリン 0.7 m ²	2.5	59	—
	危険物少量保管所(2)	メタノール 1.1 m ²	1.0	76	—
	危険物少量保管所(3)	メタノール 0.02 m ²	0.2	36	—
敷地内危険物運搬	燃料輸送車両	重油 200 L	0.8	2	運搬経路を管理する。

<爆発>

区分	爆発源	危険限界距離(m)	離隔距離(m)	備考	
敷地外高圧ガス運搬	敷地南側町道	58	13	第2加工棟南側（1階～3階）を10 cm以上増し打ちする。	
敷地内高圧ガス施設	ボンベ置場(1)	水素、プロパン、PR 0.297 t	32	85	ボンベ置場(1)移設位置確定後の評価
	ボンベ置場(2)	水素 0.0011 t	9	30	—
	ボンベ置場(3)	水素 0.0011 t	9	105	—
敷地内高圧ガス運搬	第1高圧ガス貯蔵施設	液化アンモニア 10 t	26	75	第1高圧ガス貯蔵施設移設位置確定後の評価
	第1高圧ガス貯蔵施設へ運搬する液化アンモニア	液化アンモニア 8.5 t	26	75	第1高圧ガス貯蔵施設移設位置確定後の評価
	ボンベ置場(1)へ運搬するプロパンガス	プロパン 0.1 t	19	85	ボンベ置場(1)移設位置確定後の評価
	ボンベ置場(2)へ運搬する水素ガス	水素 0.0011 t	9	25	—
	ボンベ置場(3)へ運搬する水素ガス	水素 0.0011 t	9	105	—

表2 想定する火災源、爆発源からの離隔距離（第5廃棄物貯蔵棟）

<火災>					
区分	火災源	危険距離(m)	離隔距離(m)	備考	
森林火災	敷地内竹林	6.2	7	竹林の管理を行う。	
	隣接B事業所雑木林	19.9	78	—	
近隣の危険物施設	石油コンビナート関連 西空港地区	JetA-1 200000 m ²	841	9100	—
	A事業所-1		2.0	257	—
	A事業所-2		5.5	282	—
	A事業所-3		2.3	287	—
	A事業所-4		3.9	292	—
	A事業所-5		0.8	230	—
	A事業所-6		3.6	289	—
	A事業所-7		7.9	135	—
	A事業所-8		3.1	323	—
	B事業所		11	181	—
	C事業所		17	329	—
	D事業所		12	329	—
	E事業所		8.4	651	—
	敷地外危険物運搬	敷地南側町道	12.4	70	—
敷地内危険物施設	危険物貯蔵棟	重油 4.8 m ²	2.4	5.7	—
	重油タンク(1)	重油 0.4 m ²	1.3	49	—
	重油タンク(2)	重油 0.4 m ²	1.3	56	—
	重油タンク(3)	重油 0.4 m ²	1.3	71	—
	危険物少量保管所(1)	ガソリン 0.7 m ²	2.5	68	—
	危険物少量保管所(2)	メタノール 1.1 m ²	1.0	72	—
	危険物少量保管所(3)	メタノール 0.02 m ²	0.2	15	—
敷地内危険物運搬	燃料輸送車両	重油 200 L	0.8	2	運搬経路を管理する。
<爆発>					
区分	爆発源	危険限界距離(m)	離隔距離(m)	備考	
敷地外高圧ガス運搬	敷地南側町道		58	70	—
敷地内高圧ガス施設	ボンベ置場(1)	水素、プロパン、PR 0.297 t	32	37	ボンベ置場(1)移設位置確定後の評価
	ボンベ置場(2)	水素 0.0011 t	9	26	—
	ボンベ置場(3)	水素 0.0011 t	9	76	—
敷地内高圧ガス運搬	第1高圧ガス貯蔵施設	液化アンモニア 10 t	26	35	第1高圧ガス貯蔵施設移設位置確定後の評価
	第1高圧ガス貯蔵施設へ運搬する液化アンモニア	液化アンモニア 8.5 t	26	35	第1高圧ガス貯蔵施設移設位置確定後の評価
	ボンベ置場(1)へ運搬するプロパンガス	プロパン 0.1 t	19	37	ボンベ置場(1)移設位置確定後の評価
	ボンベ置場(2)へ運搬する水素ガス	水素 0.0011 t	9	26	—
	ボンベ置場(3)へ運搬する水素ガス	水素 0.0011 t	9	76	—

表3 爆風圧評価の結果（第2加工棟南側外壁）

壁厚貫通評価			爆風圧評価	
1階～3階	貫通なし	壁の貫通はなく、外壁の閉じ込めの機能を維持できる。	約50 kPa	爆風圧は、危険限界距離に相当する爆風圧10 kPaよりも高いことから、破損のおそれを否定できない。破損深さは、約10 cmであったことから、建物の1階～3階を10 cm以上増し打ちする対策を講じる。
4階	貫通なし	壁の貫通はなく、外壁の閉じ込めの機能を維持できる。	約9 kPa	爆風圧は、危険限界距離に相当する爆風圧10 kPaよりも低いことから、破損のおそれはなく、増し打ちの必要はない。

表4 航空機落下火災の影響評価の結果（航空機落下火災）

対象航空機	離隔距離	第2加工棟外壁温度
大型民間航空機 : B747-400 JetA-1 216.84 m ²	255 m	60.9 °C
小型民間航空機 : Do228-200 JetA-1 2.39 m ²	35 m	65.2 °C
大型軍用航空機 : KC-767 JP-4 145.04 m ²	346 m	53.7 °C
小型軍用航空機 : F-15 JP-4 14.87 m ²	108 m	54.2 °C

表5 航空機落下火災の影響評価の結果（火災源との重畳）

対象航空機	重畳有無	重畳対象の火災源	第2加工棟外壁温度
大型民間航空機	なし	—	—
小型民間航空機	あり	危険物貯蔵棟 : 重油 4.8 m ²	80.7 °C
大型軍用航空機	なし	—	—
小型軍用航空機	あり	近隣危険物タンク : A事業所、B事業所、C事業所	60.2 °C

付属書類7 閉じ込めの機能（落下防止構造）に関する基本方針書

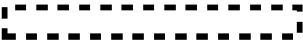
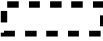


1. 設計方針

加工事業変更許可申請書において、ペレットを取り扱う設備では、落下のおそれのある箇所に落下を防止するガイド等を設ける又はペレットが落下しないように波板等に載せて取り扱う、また、燃料棒を取り扱う設備では、脱落の可能性のある部分にガイド等の落下防止構造を設ける設計とすることとしている。

本申請対象設備で取り扱うウランの状態はペレット又は燃料棒であり、設備内において直接、又は容器等（ペレットトレイ、ペレット保管容器、保管容器G型、燃料棒トレイ）に積載、収納された状態で取り扱う。本申請対象設備の落下防止構造は、これらの形状を考慮し、以下の方針により設計を行う。

- ① ペレットを直接、又はペレットトレイに積載して取り扱う設備においては、設備全体又は取り扱う範囲に設備カバー又は落下防止板を設置し、設備外へのペレットの脱落を防止する設計とする。
- ② 燃料棒を取り扱う設備においては、ガイドローラや溝型形状（R型、V型、波型等）のトレイで燃料棒を支持する、又はストッパを設けることにより径方向の脱落を防止する設計とする。
- ③ ペレット保管容器、保管容器G型及び燃料棒トレイは、水平方向の移動を防止するために、ストッパ、ガイド、滑落防止板を設置する。なお、これらの積載物は高さに対し幅が大きく、水平方向の加速度（評価対象設備の耐震重要度分類に応じた水平震度）を考慮しても転倒のおそれがないことから、積載物の重心位置を考慮する等、転倒防止の観点から必要となる設置高さに係る要求はない。
- ④ 容器等の重量の大きい積載物（多量のペレット及び燃料棒を積載する場合も含む）の水平移動及び転倒を防止するストッパ、ガイド、滑落防止板については計算により強度を確認する。

ここで、④に関し、本申請対象設備において強度計算を行う対象物については以下の考えに基づき選定した。

ストッパ、ガイドは核燃料物質を直接支持することから、主としてを用いている。ストッパやガイドには主としてせん断荷重が作用するが、の短期許容せん断応力度はN/mm²である。本申請対象設備において扱う積載物のうち最も単位質量の大きい燃料棒トレイ（kg、燃料棒重量含む）に対しては、水平震度 1.5 を考慮しても 10 mm²程度の断面積（例えば、厚さ 1 mm×幅 10 mm の板や M5 ボルト（14 mm²））があれば弾性範囲内に収まる。すなわち、燃料棒トレイ 1 容器程度の重量であれば詳細な計算確認を行わずとも水平移動を防止できることが明らかであることから、ここでは、ペレット保管容器、保管容器G型又は燃料棒トレイを複数個以上支持するストッパ、ガイドを強度計算の対象とした。

2. 基本仕様

本申請対象設備の落下防止構造を表1に示す。

表1 本申請対象設備の落下防止構造 (1/2)

施設区分	本申請における設備・機器名称 機器名	積載物	落下防止構造	強度計算番号
被覆施設	{3001} ペレット編成挿入機 No. 1 ペレット保管箱置台部	保管容器G型	ストッパ ガイド	No. 1
	{3002} ペレット編成挿入機 No. 1 ペレット保管箱搬送部	ペレットトレイ 保管容器G型	設備カバー ストッパ ガイド	No. 2
	{3003} ペレット編成挿入機 No. 1 波板移載部	ペレットトレイ	設備カバー (ペレット保管箱搬送部及びペレット編成挿入部の設備カバーを共用)	—
	{3004} ペレット編成挿入機 No. 1 ペレット編成挿入部	ペレット ペレットトレイ	設備カバー	—
	{3006} 燃料棒解体装置 No. 1 —	ペレット ペレットトレイ 燃料棒 保管容器G型	設備カバー ストッパ ストッパ	—
	{3007} 燃料棒トレイ置台 —	燃料棒トレイ	ストッパ	No. 3
	{3008} 脱ガス設備 No. 1 真空加熱炉部	燃料棒トレイ	— (チャンバ内に収納し保持する構造)	—
	{3009} 脱ガス設備 No. 1 運搬台車	燃料棒トレイ	ストッパ	No. 4
	{3010} 第二端栓溶接設備 No. 1 燃料棒搬送 No. 1-1 部	燃料棒	溝型トレイ ガイドローラ	—
	{3011} 第二端栓溶接設備 No. 1 第二端栓溶接 No. 1-1 部	燃料棒	— (溶接機に挿入し保持する構造)	—
	{3012} 第二端栓溶接設備 No. 1 第二端栓溶接 No. 1-2 部	燃料棒	— (溶接機に挿入し保持する構造)	—
	{3013} 第二端栓溶接設備 No. 1 燃料棒搬送 No. 1-2 部	燃料棒	ガイドローラ 溝型トレイ ストッパ	—
	{3014} 燃料棒搬送設備 No. 1 燃料棒移載 (1) 部	燃料棒	溝型トレイ	—
	{3015} 燃料棒搬送設備 No. 1 被覆管コンベア部	燃料棒	溝型トレイ ガイドローラ	—
	{3016} 燃料棒搬送設備 No. 1 除染コンベア部	燃料棒	ガイドローラ	—
	{3017} 燃料棒搬送設備 No. 1 燃料棒トレイ移載部	燃料棒トレイ	— (燃料棒トレイを機械的に保持する構造)	—

表1 本申請対象設備の落下防止構造 (2/2)

施設区分	本申請における設備・機器名称 機器名	積載物の種類	落下防止構造	強度計算番号
被覆施設 (続き)	{3018} 燃料棒搬送設備 No. 2 燃料棒移送装置 (A) —	燃料棒	ガイドローラ	—
	{3019} 燃料棒搬送設備 No. 3 燃料棒移載装置 (2) —	燃料棒	溝型トレイ	—
	{3020} ペレット検査台 No. 2 —	ペレット ペレットトレイ	設備カバー	—
		保管容器G型	ストッパ	
	{3021} 燃料棒搬送設備 No. 8 被覆管コンベア No. 8-1 部	燃料棒	ガイドローラ 溝型トレイ	—
	{3022} 燃料棒搬送設備 No. 8 燃料棒移載 No. 8-1 部	燃料棒	溝型トレイ	—
	{3023} 燃料棒搬送設備 No. 8 燃料棒移載 No. 8-2 部	燃料棒	溝型トレイ	—
	{3024} ペレット一時保管台 —	ペレット保管容器	ストッパ	No. 5
	{3025} ペレット検査装置 No. 5 —	ペレット ペレットトレイ	設備カバー	—
		ペレット保管容器	ストッパ	
	{3026} ペレット編成挿入機 No. 2-1 ペレット保管箱搬送部	ペレットトレイ	設備カバー (ペレット編成挿入部の設備カバーを共用)	No. 6
		ペレット保管容器	ストッパ ガイド	
	{3027} ペレット編成挿入機 No. 2-1 ペレット編成挿入部	ペレット ペレットトレイ	設備カバー	—
	{3028} 燃料棒解体装置 No. 2 —	ペレット ペレットトレイ	設備カバー	—
		燃料棒	ストッパ	
	ペレット保管容器	ストッパ		
{3029} 計量設備架台 No. 9 —	ペレット ペレット保管容器	落下防止板	—	
{3030} 計量設備架台 No. 10 —	ペレット保管容器	落下防止板	—	
{3031} 燃料棒搬送設備 No. 9 —	燃料棒	ガイドローラ	—	

3. 基本図面

各設備・機器の構造を「図ニ-1～図ニ-18-1」に示す。

4. 評価

4.1 評価方法

各設備に備える落下防止構造が十分な強度を有しているかの確認については、構造計算式に基づく強度計算により行う。

強度計算では、落下防止機能の確保のために強度が要求される部材に対し、積載物等の重量に各設備の耐震重要度分類に応じた水平震度を考慮した荷重を負荷し、発生する応力又は荷重が弾性範囲にとどまることを確認する。許容限界には、F値として σ_{F} の σ_{F} N/mm²を適用し、 σ_{F} 以外の材料の場合（例 σ_{F} ）、及び、 σ_{F} であっても σ_{F} と異なるF値を用いる場合は、個別に定める。積載物が滑り落ちる際は摩擦力が生じるため、落下防止構造への荷重は摩擦力の分だけ軽減されるが、本計算ではその効果を考慮せずに保守的な評価を行う。

なお、設備内において類似の構造を有し、荷重条件や寸法条件により評価を包含できるものについては、代表断面による強度評価により行う。

4.2 評価結果

各設備の落下防止構造の強度計算結果を表2に示す。検定比は全て1以下であり、落下防止のために設置するストッパ、ガイドは十分な強度を有していることを確認した。

表2 各設備の落下防止構造の強度計算結果

強度計算 番号	本申請における 設備・機器名称 機器名	水平震度*1 (設置階)	積載物	落下防止 構造	検定比
No. 1	{3001} ペレット編成挿入機 No. 1 ペレット保管箱置台部	1.5 (2階)	保管容器G型 最大4個積載	ストッパ ガイド1 ガイド2	
No. 2	{3002} ペレット編成挿入機 No. 1 ペレット保管箱搬送部	1.5 (2階)	保管容器G型 最大5個積載*2	ストッパ1 ガイド2 ガイド3	
No. 3	{3007} 燃料棒トレイ置台 —	1.5 (2階)	燃料棒18本を積載した燃料棒 トレイを最大5個積載	ストッパ1 ストッパ2	
No. 4	{3009} 脱ガス設備 No. 1 運搬台車	1.5 (2階)	燃料棒18本を積載した燃料棒 トレイを最大5個積載	ストッパ	
No. 5	{3024} ペレット一時保管台 —	1.5 (2階)	ペレット保管容器 最大8個積載	ストッパ1 ストッパ2	
No. 6	{3026} ペレット編成挿入機 No. 2-1 ペレット保管箱搬送部	1.5 (2階)	ペレット保管容器 最大15個積載*2	ストッパ1 ストッパ2 ガイド1 ガイド2	

*1 「付属書類3 地震による損傷の防止（設備・機器の耐震性）に関する説明書」参照

*2 ペレットを積載した保管容器の個数、ペレットを積載していない空缶は落下防止構造の荷重として個数を含めない。

*3 同じ設備に設置された他の落下防止構造の評価結果で代表する。

付属書類 8 火災等による損傷の防止に関する基本方針書

1. 設計方針

火災等による損傷の防止に関して、加工施設は、米国の「放射性物質取扱施設の火災防護に関する基準 (NFPA801)」^[1] (以下「火災防護基準」という。) を踏まえ、「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」^[2] (以下「内部火災ガイド」という。) 等に沿って火災・爆発影響評価を行い、火災又は爆発の発生を想定しても、以下のとおり、安全性を損なわないことを確認した設計とする。

- (1) 火災区画内における火災の継続時間を示す指標に相当する等価時間が、壁、扉、床等の耐火時間を超えないことから、火災が隣接する区画に延焼しないこと。

2. 基本仕様

2. 1 火災区域、火災区画の設定

第2加工棟建物は建築基準法に基づく防火区画を火災区域として設定する設計とする。第5廃棄物貯蔵棟は建築基準法に基づく防火区画を設けないため、建物全体を1つの火災区域として設定する設計とする。また、火災区画境界と同一の境界を持つ火災防護上の火災区画を設定する設計とする。

火災区域及び火災区画の設定の考え方を図1に示す。

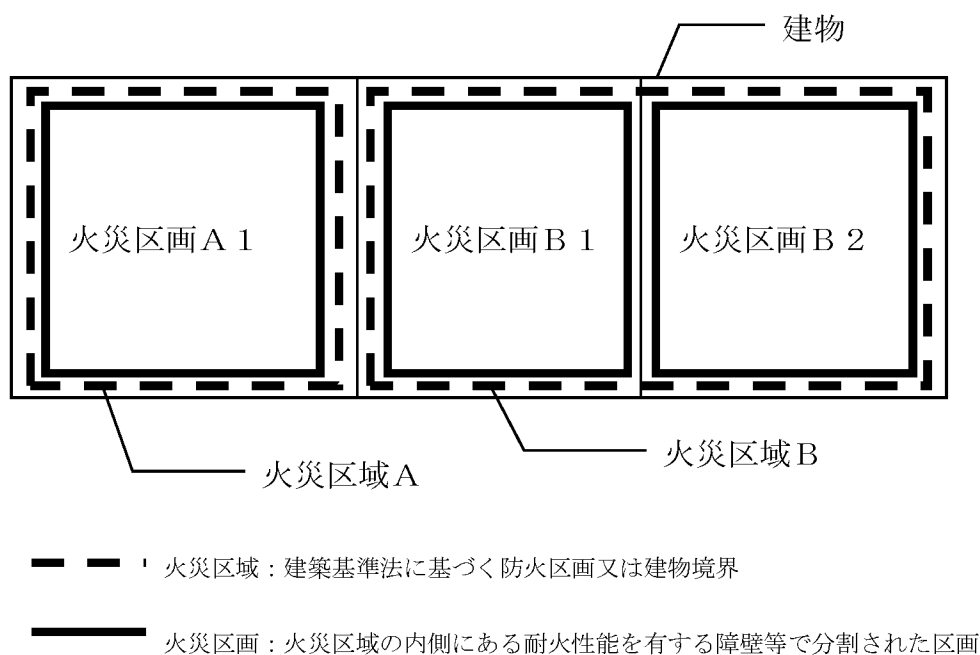


図1 火災区域及び火災区画の設定の考え方

2. 2 火災区画の耐火性能

第2加工棟及び第5廃棄物貯蔵棟の火災区画の境界は、各火災区画の等価時間が火災区画の耐火時間を超えない設計とする。

第2加工棟及び第5廃棄物貯蔵棟の火災区画に係る耐火仕様を表1、表2に示す。第2加工棟及び第5廃棄物貯蔵棟は1時間以上の耐火時間がある。

表1 第2加工棟の火災区画の耐火仕様

部位	仕様	耐火時間	出典
鉄筋コンクリートの壁 鉄筋コンクリートの床	厚さ100 mm以上	2時間耐火構造	建設省告示第1399号 「耐火構造の構造方法を定める件」
防火戸（特定防火設備）	骨組を鉄材又は鋼材で造り、両面に厚さが0.5 mm以上の鉄板又は鋼板を貼ったもの	1時間加熱面以外の面に火炎を出さない構造	建設省告示第1369号 「特定防火設備の構造方法を定める件」
防火シャッター	鉄材又は鋼材で造られたもので、鉄板又は鋼板の厚さが1.5 mm以上のもの	1時間加熱面以外の面に火炎を出さない構造	建設省告示第1369号 「特定防火設備の構造方法を定める件」

表2 第5廃棄物貯蔵棟の火災区画の耐火仕様

部位	仕様	耐火時間	出典
鉄筋コンクリートの壁 鉄筋コンクリートの床	厚さ100 mm以上	2時間耐火構造	建設省告示第1399号 「耐火構造の構造方法を定める件」
防火戸（特定防火設備）	骨組を鉄材又は鋼材で造り、両面に厚さが0.5 mm以上の鉄板又は鋼板を貼ったもの	1時間加熱面以外の面に火炎を出さない構造	建設省告示第1369号 「特定防火設備の構造方法を定める件」
吸気ガラリ（特定防火設備）	鉄材又は鋼材で造られたもので、鉄板又は鋼板の厚さが1.5 mm以上のもの	1時間加熱面以外の面に火炎を出さない構造	建設省告示第1369号 「特定防火設備の構造方法を定める件」

3. 基本図面

3. 1 第2加工棟

火災区画を「図ハ-2-1-5-8」に示す。

3. 2 第5廃棄物貯蔵棟

火災区画を「図ト-4-1-12」に示す。

4. 評価

加工施設内で火災が発生しても安全機能を有する設備・機器及び建物に火災による影響が及ばず、火災が拡大しないことを確認する。影響評価の具体的方法について、内部火災ガイドを参考にする。

本資料では、加工事業変更許可申請書で示した火災区画の評価のうち、第2加工棟及び第5廃棄物貯蔵棟の火災影響評価の結果を示す。

4. 1 評価方法

4. 1. 1 可燃物量の調査

火災区画ごとに現地調査を実施し、火災区画ごとに存在する可燃物の量を調査した。調査にあたっては、保守的に可燃物量が多くなるように算出した。

火災区画2P-1～火災区画2P-9について、本申請に先立って、現存の第2加工棟の可燃物量を再調査し、加工事業変更許可申請書に記載した可燃物量を超えていないことを確認していることから、本申請における等価時間の評価には、加工事業変更許可申請書に示した可燃物量を前述の火災区画変更に伴う可燃物の移動を考慮し見直した値を評価に用いる。

本申請で新設となる火災区画W5については、内包する可燃物量をその設計から算出し、この結果を評価に用いる。

4. 1. 2 等価時間の評価

火災発生時に延焼を防止するため、火災区画の等価時間を評価し、等価時間が耐火壁の耐火時間を超えないことを内部火災ガイドを参考にして確認する。火災区画の壁等の障壁の耐火能力を、当該火災区画内の可燃物の量と火災区画の面積に基づき、火災の継続時間を示す指標に相当する等価時間を用いて評価する。火災区画ごとに存在する火災源を洗い出し、その上で火災荷重及び等価時間を求める。

$$\text{等価時間 (h)} = \frac{\text{火災荷重}}{\text{燃焼率}} = \frac{\text{発熱量}}{(\text{火災区画の面積} \cdot \text{燃焼率})}$$

ここで、

$$\text{火災荷重} = \frac{\text{発熱量}}{\text{火災区画の面積}}$$

燃焼率：単位時間単位面積当たりの発熱量 (908095 kJ/m²/h)

発熱量：火災区画内の総発熱量 (kJ) = 可燃性物質の量 × 熱含有量

可燃性物質の量：火災区画内の各種可燃性物質の量 (m³ 又は kg)

火災区画の面積：火災区画の床面積 (m²)

4. 2 評価結果

熱含有量は、内部火災ガイド及び NFPA ハンドブック (NFPA FIRE PROTECTION HANDBOOK) 機器仕様表を参考に算出した。また、算出した等価時間を表 3 に示す。いずれの火災区画についても、等価時間は耐火時間を下回っており、火災区画を囲む壁等は火災による影響を受けない。また、隣接する火災区画に延焼するおそれはない。

表 3 等価時間

建物名称	部屋名称	火災区画名称	等価時間 (h)	耐火時間 (h)
第 2 加工棟		2 P - 1	0.54	1.00
		2 P - 2	0.20	1.00
		2 P - 3	0.26	1.00
		2 P - 4	0.20	1.00
		2 P - 5	0.46	1.00
		2 P - 6	0.25	1.00
		2 P - 7	0.48	1.00
		2 P - 8	0.18	1.00
		2 P - 9	0.06	1.00
第 5 廃棄物貯蔵棟		W 5	0.01	1.00

参考文献

- [1] NFPA 801, Standard for Fire Protection Facilities Handling Radioactive materials 2014 Edition
- [2] 原子力発電所の内部火災影響評価ガイド、原子力規制委員会、平成 29 年 8 月

付属書類9 その他許可で求める仕様（放射性廃棄物ドラム缶（200 L）の転倒防止策）に関する基本方針書

1. 設計方針

廃棄物保管区域で保管廃棄に用いるドラム缶等の金属製容器は、事業変更許可申請書では、更なる安全対策として耐震重要度分類第1類相当の転倒防止策を講じるとしている。

本設工認申請書における第5廃棄物貯蔵棟では、保管廃棄に用いる200 Lドラム缶は2段積み以下で固縛し転倒防止策を講じている。

耐震重要度分類第1類相当の転倒防止策として、耐震重要度分類第1類相当（水平震度 1.0 G）の地震力により金属容器が転倒するおそれがないがように以下の設計を管理する。

200 L ドラム缶 1 段置き	ラッシングベルトにて固縛し、転倒しない配列。
200 L ドラム缶 2 段	スキッド、パレット、ワイヤースリング等用いて固縛し、さらに隣り合うパレットとボルトにて連結し、転倒しない配列。

耐震重要度分類第1類相当（水平震度 1.0 G）の地震力で転倒しない配列、形状・寸法は、転倒評価を行い、その結果を管理する。

ここで、200 L ドラム缶は、竜巻による飛散防止策（参考資料1に示す。）を兼ねて転倒防止策として固縛を行うが、この固縛は参考資料2に示す水平震度 1.0（耐震重要度分類第1類）相当の加振試験で性能を確認した方法により行う。

また、転倒しない配列の前提条件はパレットが連結していることとなるため、耐震重要度分類第1類相当の地震力によりボルトに作用するせん断荷重が、ボルトの許容せん断荷重を超えないことを評価し、管理する。

なお、ドラム缶は床に固定しないため、床面の水平震度を用いて転倒評価を行うことになる。放射性廃棄物は耐震重要度分類第3類であるが、保守的に耐震重要度分類第1類として扱っても1階の水平地震力は0.36である。床面（コンクリート）とスキッド（鉄）の摩擦係数は0.5～0.6であり、0.36よりも大きいことから滑りは生じない。ここで、転倒評価及び固縛評価においては、更に保守的に設置階を問わず水平震度 1.0 として評価を行い、転倒しないこと及び連結ボルトの強度に問題のないことを確認する。

2. 基本仕様

放射性液体廃棄物を収納する200 Lドラム缶は、第5廃棄物貯蔵廃棄物保管区域に最大100本配置する。

200 L ドラム缶の固縛方法は、2段積みを行う場合、スキッド又はパレットごとにドラム缶4本を積載し、ワイヤースリング等を用いて1体として、それぞれ隣り合うパレットとボルト（パレット当たり1か所）にて連結する。

3. 基本図面

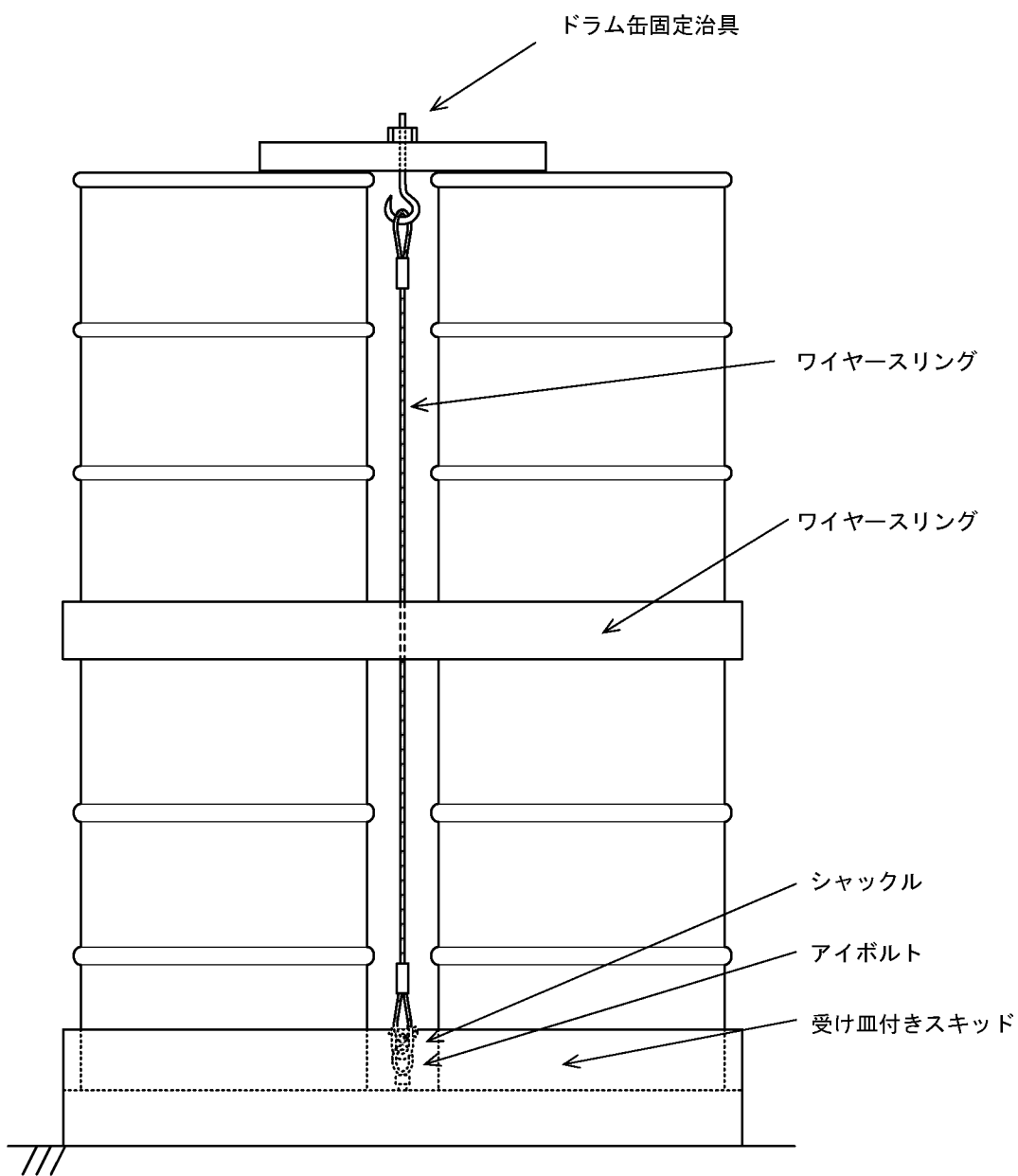
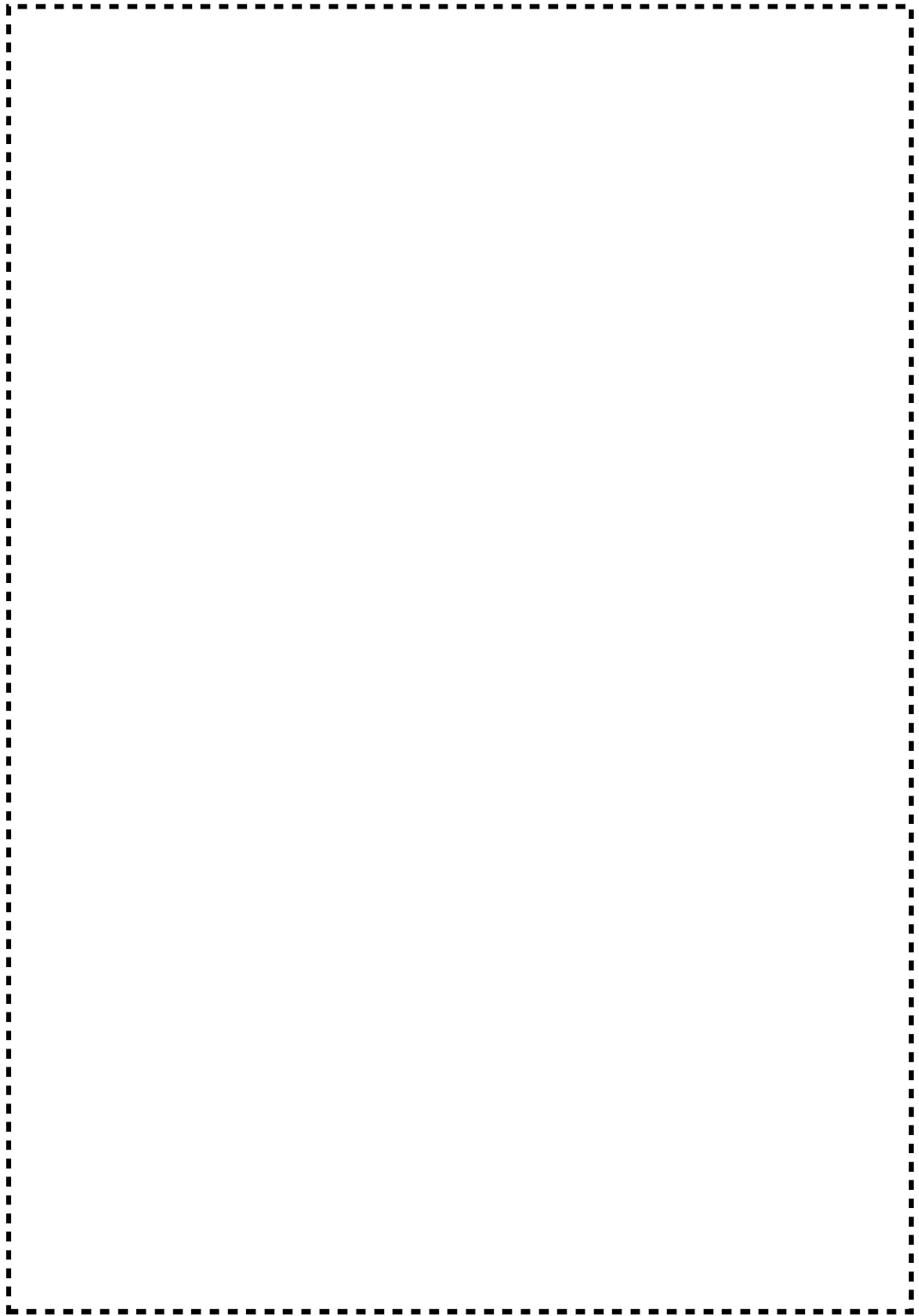


図1 放射性廃棄物 200 L ドラム缶固縛 概略図



図 2 放射性廃棄物 200 L ドラム缶用パレット 概略図



受け皿付きスキッド

図3 放射性液体廃棄物 200 L ドラム缶用受け皿付きスキッド 概略図



2段積み（2行×2列）：2段目のパレットの隣り合うパレットをボルト固定

図4 放射性廃棄物 200 L ドラム缶 連結図

4. 評価

4. 1 転倒評価

4. 1. 1 評価方法

ドラム缶等の金属製容器の自重 M による安定モーメントと地震力による転倒モーメントの比較で行う。安定モーメントが転倒モーメントより大きい場合（安定度 > 1 ）、転倒しないとする。

安定モーメント $M_s = W \cdot L$ （ W ：重量、 L ： x 方向重心位置）

転倒モーメント $M_t = W \cdot K \cdot H$ （ W ：重量、 K ：水平震度（1.0 G）、 H ： y 方向重心位置）

安定度 $= M_s / M_t$

4. 1. 2 評価結果

転倒評価の結果、2段積みの場合には2列×2列以上の配列では転倒しない。

4. 2 連結ボルトの評価

4. 2. 1 評価方法

耐震重要度分類第1類相当の地震力を想定した場合に、連結ボルト1本当たりに作用するせん断荷重が、連結ボルトの許容せん断荷重を超えないことを確認する。

耐震重要度分類第1類相当の転倒防止策は、水平震度 1.0 G（耐震重要度分類第1類相当）の地震力による固縛とドラム缶の固縛体の連結維持が前提条件となる。固定措置は加振試験により妥当性を確認しているため、パレットを連結するボルトが水平震度 1.0 G 相当の地震力によって許容せん断荷重を超えないことを示す。


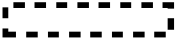
(1) 評価モデル及び評価式

転倒評価では、パレット同士をボルトで連結したドラム缶の束を1つの物体とみなして安定度を評価しているが、内部では安定度が1を下回る束単位での転倒によりパレット境界にせん断力が生じており、これに対し連結ボルトが破断や変形することなく支持されていることが前提となる。ある列が転倒を生じる際の隣接する列との境界に位置するボルトに生じるせん断力は、図5に示す墓石転倒モデルにより評価を行う。本図に示すように、連結ボルトに生じるせん断荷重は転倒モーメントと安定モーメントの差により生じることから、ここでは安定モーメントが最も小さく評価が保守的となる1列× n 列の転倒を考える。本評価では、ドラム缶重量を床許容荷重の最大値とし、2段積みで評価を実施した。なお、実際の積み方は、転倒防止上、より安定した状態となるよう管理して保管廃棄する。

ここで、図4に示すように、パレット間を連結するボルトは隣り合うパレット間に必ず1本配置する。このため、図1に示した墓石転倒の式を本評価に対して整理すると、図6の通り段積み数に応じてそれぞれパレットの列数に依らないひとつの解が定まる。

(2) 評価条件

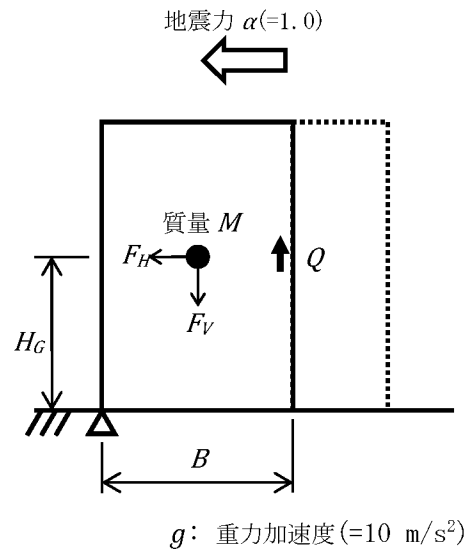
- ・水平震度：1.0（耐震重要度分類第1類相当）

- ・ドラム缶重量 : 
- ・連結ボルト : 短期許容せん断荷重 

4. 2. 2 評価結果

評価結果、水平震度 1.0 G 相当の地震力を負荷した場合の連結ボルトの検定比は、十分余裕があり固縛機能を維持できる。

以 上

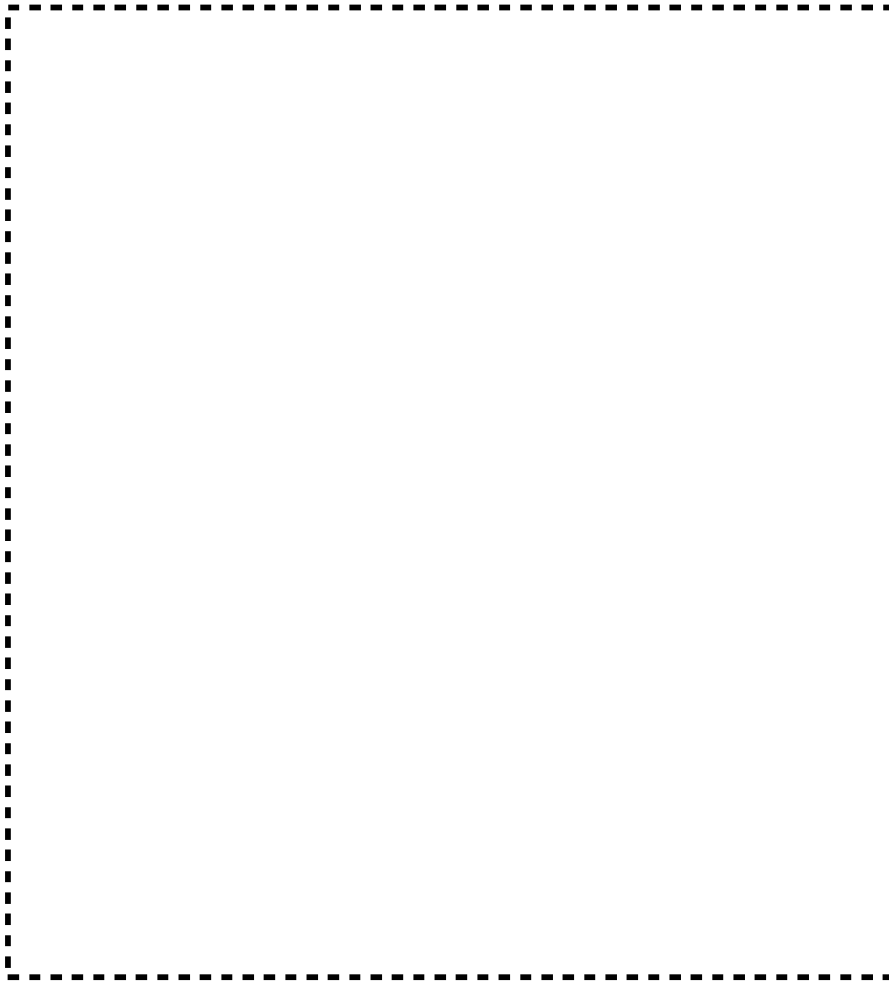


$$F_H = M \cdot \alpha \cdot g$$

$$F_V = M \cdot g$$

$$Q = \frac{F_H \cdot H_G - F_V \cdot B/2}{B} = \frac{M \cdot g \cdot (H_G - B/2)}{B}$$

図5 墓石転倒モデルによるせん断力の評価



ここで、

Q : 連結ボルト 1 本あたりに作用するせん断荷重 [N]

n : 固縛の列数 ($1 \times n$)

M : 1 列 \times 1 列分の質量 [kg]

g : 重力加速度 (=10) [m/s^2]

H_G : 重心高さ [mm]

B : 1 列分のパレット幅 [mm]

k : 連結ボルトの有効本数 [本]

段積数による各数値は下表のとおり。

段積数	2 段積み
重心高さ H_G	
幅 B	
有効ボルト本数 k	
質量 M	
ボルト 1 本当たりのせん断荷重 Q	

図 6 評価モデル及び評価式

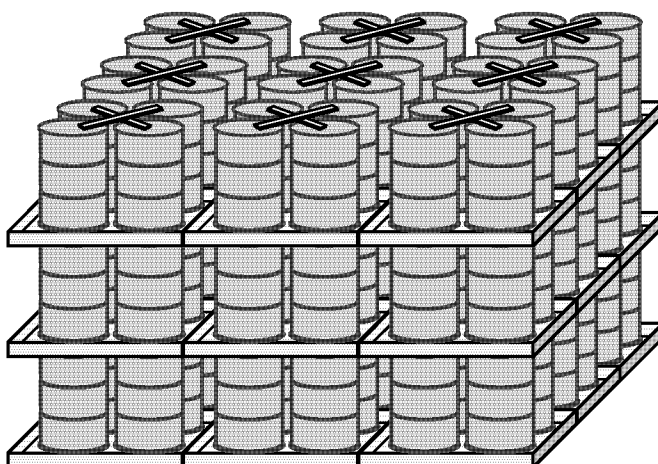
放射性廃棄物の飛散対策

(加工事業変更許可申請書 別添 5 ト(ロ) - 5 抜粋)

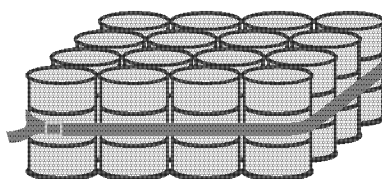
第 1 廃棄物貯蔵棟、第 3 廃棄物貯蔵棟、第 5 廃棄物貯蔵棟及び第 1 加工棟に保管する放射性固体廃棄物を収納したドラム缶等の金属容器について、以下により飛散防止の策を講じる。評価の例を下表に示す。

- ① 2 段又は 3 段積みのドラム缶については、重量から空力パラメータを評価し、0.0032 以下*1 となるよう専用治具を用いて固縛及び連結を行う (添図 5-1-1)。
- ② 平積みのドラム缶及び大型金属容器については、重量から空力パラメータを評価し、0.0032 以下*1 となるようラッシングベルトにて固縛を行う (添図 5-1-2)。
- ③ 空力パラメータを評価し、0.0032 以上*1 となる場合は、床に対しても固定を講じる (添図 5-1-3)。

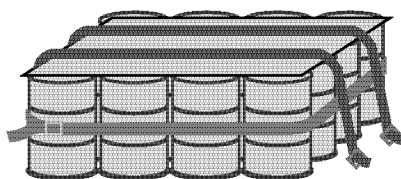
*1 : F3 の風荷重 (92 m/s) にて評価する。92 m/s での空力パラメータ 0.00334 となるが、保守的に 0.0032 をしきい値とする。



添図 5-1-1 段積み時の固縛対策



添図 5-1-2 平積み時の固縛対策 (固縛のみ)



添図 5-1-3 平積み時の固縛対策 (固縛及び固定)

廃棄物を保管廃棄するドラム缶に対する考慮

(加工事業変更許可申請書 別添 5 ヌ(イ) - 1 抜粋)

ドラム缶を段積みして保管する場合は、当社が外部試験機関で実施した添表 1 - 2 に示す加振試験により実証した最上段のドラム缶をパレット及び金属治具により固縛する方法（添図 1 - 3）によって、地震の影響でドラム缶が落下、転倒しないように対策を講じる。さらにパレットを連結させて転倒耐力高める対策を講じる。これら最上段のドラム缶の固縛及びパレット連結の対策による効果については、電力中央研究所でも報告されている。^{*1*2}

また、ドラム缶の蓋をリングバンドで固定し、ドラム缶内の収納物はプラスチック袋に収納し、固体廃棄物が漏えいしない措置を講じる。

評価においては、保守的にドラム缶の落下転倒する割合を 10% とし、転倒したドラム缶のうち蓋が開く割合を 10% とし、蓋が開いたドラム缶から固体廃棄物が漏えいする割合を 10% とし、 $DR=0.1 \times 0.1 \times 0.1=0.001$ を設定する。

なお、新潟県中越沖地震時の当該地域施設において、落下、転倒防止対策を講じる前のドラム缶約 26,000 本のうち、転倒したドラム缶は 438 本 (1.7%) で、そのうち 41 本 (9.4%) で蓋が開いたことが確認されているが、倉庫内の空気中放射性物質濃度から放射性物質が検出されていないこと (0%) から、DR の設定条件に十分な保守性を見込んでいると考える。^{*3}

一段積みする場合においても、ラッシングベルト等により複数本まとめて固縛する方法（添図 1 - 2）によって、転倒を防止する対策を講じる。

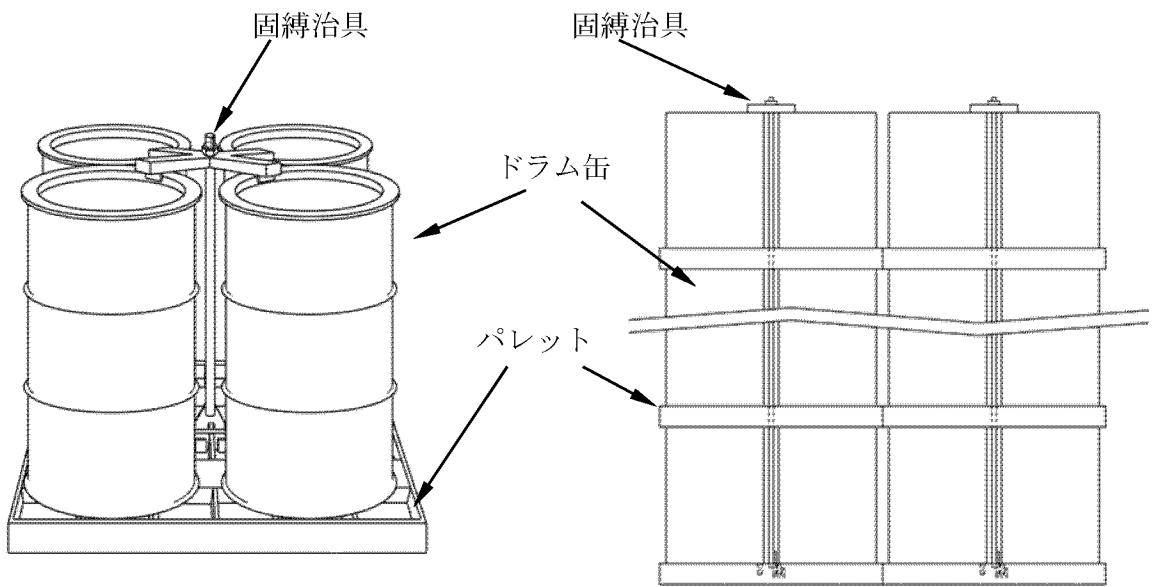
添表 1 - 2 ドラム缶耐震試験結果

	試験 1	試験 2
試験装置	大型三次元試験台	同左
試験体	3 段 × 2 列 × 2 行	同左
固縛方法	最上段のみ固定	3 段全体固定
使用波形	・兵庫県南部地震波 (神戸海洋気象台、891 gal)	・兵庫県南部地震波 (神戸海洋気象台、891 gal) ・新潟県中越沖地震波 (柏崎、813 gal) ・新潟県中越地震波 (小千谷、1500 gal)
加振軸	3 軸同時加振	同左
試験結果	最大加振力 (2 回) において落下・転倒なし。	最大加振力 (各 1 回) において落下・転倒なし。

*1 電力中央研究所報告「固体廃棄物貯蔵ドラム缶の地震時転倒耐力検討 (その 1)」、N10019

*2 電力中央研究所報告「固体廃棄物貯蔵ドラム缶の地震時転倒耐力検討 (その 2)」、N10020

*3 新潟県 「新潟県中越沖地震記録誌」第 7 章



添図 1-2 最上段のみ固定時の固縛方法

添図 1-3 3段全体の固定時の固縛方法