

第 4-1 図 据付ボルトの応力評価モデル（前後方向）

b. 左右方向

(a) 据付ボルトに発生する最大引張応力

据付ボルトに発生する引張応力は、最も厳しい条件として、支点から最も離れたボルトについて計算する。

応力は、支点からの距離に比例することから、

$$\frac{\sigma_{b1}}{l_{b1}} = \frac{\sigma_{b2}}{l_{b2}} = \frac{\sigma_{b3}}{l_{b3}} = \frac{\sigma_{b4}}{l_{b4}} = \frac{\sigma_{b5}}{l_{b5}}$$

モーメントの釣合式より、

$$l_{b1}S_1\sigma_{b1} + l_{b2}S_1\sigma_{b2} + l_{b3}S_1\sigma_{b3} + l_{b4}S_1\sigma_{b4} + l_{b5}S_1\sigma_{b5} = W_1l_1g\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2}$$

以上の式より

$$\sigma_{b1} = \frac{W_1l_1g\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2} \cdot l_{b1}}{S_1(l_{b1}^2 + l_{b2}^2 + l_{b3}^2 + l_{b4}^2 + l_{b5}^2)} = \sigma_{bmax}$$

$$\text{ここで、 } l_{b1} = l_1' \cos\theta + h_{11}' \sin\theta$$

$$l_{b2} = l_1' \cos\theta + h_{12}' \sin\theta$$

$$l_{b3} = l_1' \cos\theta$$

$$l_{b4} = h_{11}' \sin\theta$$

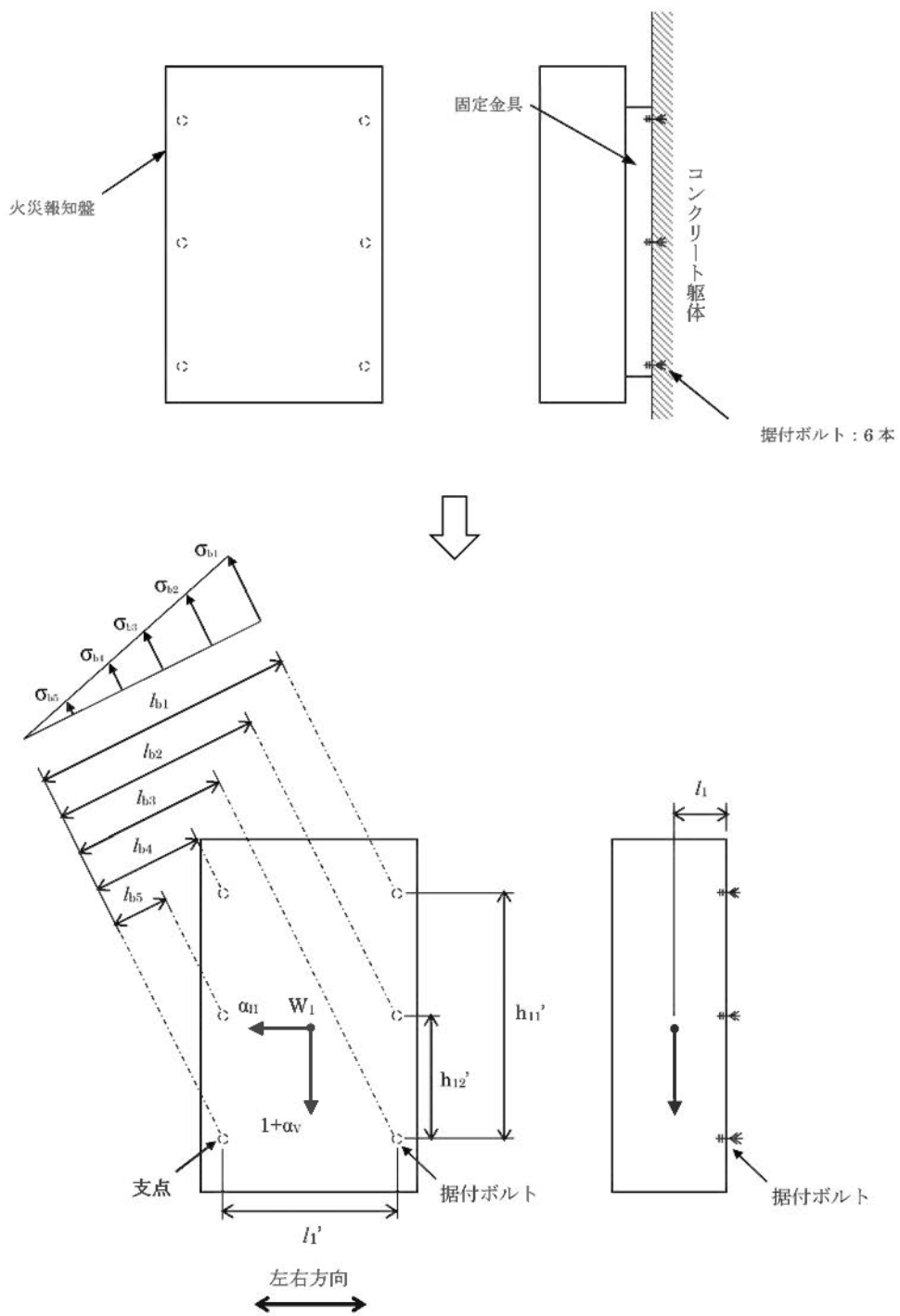
$$l_{b5} = h_{12}' \sin\theta \quad \text{とする。}$$

$$\text{但し、 } \theta = \tan^{-1}\left(\frac{1 + \alpha_V}{\alpha_H}\right)$$

(b) 据付ボルトに発生するせん断応力

据付ボルトに発生するせん断応力は、ボルト全本数( $N_1$ )で受けるものとして計算する。

$$\tau_b = \frac{W_1g\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2}}{N_1S_1}$$



第4-2図 据付ボルトの応力評価モデル（左右方向）

(2) 取付ボルトの構造強度評価

「6. 評価条件」に示す評価条件を用いて、以下の式により取付ボルトの発生応力を算出する。取付ボルトの応力評価モデルを第 4-3 図及び第 4-4 図に示し、評価式を以下に示す。

なお、火災報知盤は「2.2 構造概要」の第 2-1 図に示すとおり、盤背面は 9 本の取付ボルトで支持されているが、中央列の取付ボルトの強度には期待せず、両端 6 本のみで支持されるとして評価する。

a. 前後方向

(a) 取付ボルトに発生する最大引張応力

応力は、支点からの距離に比例することから、

$$\frac{\sigma_{c1}}{l_{c1}} = \frac{\sigma_{c2}}{l_{c2}}$$

モーメントの釣合式より、

$$\sigma_{c1} l_{c1} n_{c1} S_2 + \sigma_{c2} l_{c2} n_{c2} S_2 = W_2 g \alpha_H h_2 + W_2 g (1 + \alpha_V) l_2$$

以上の式より

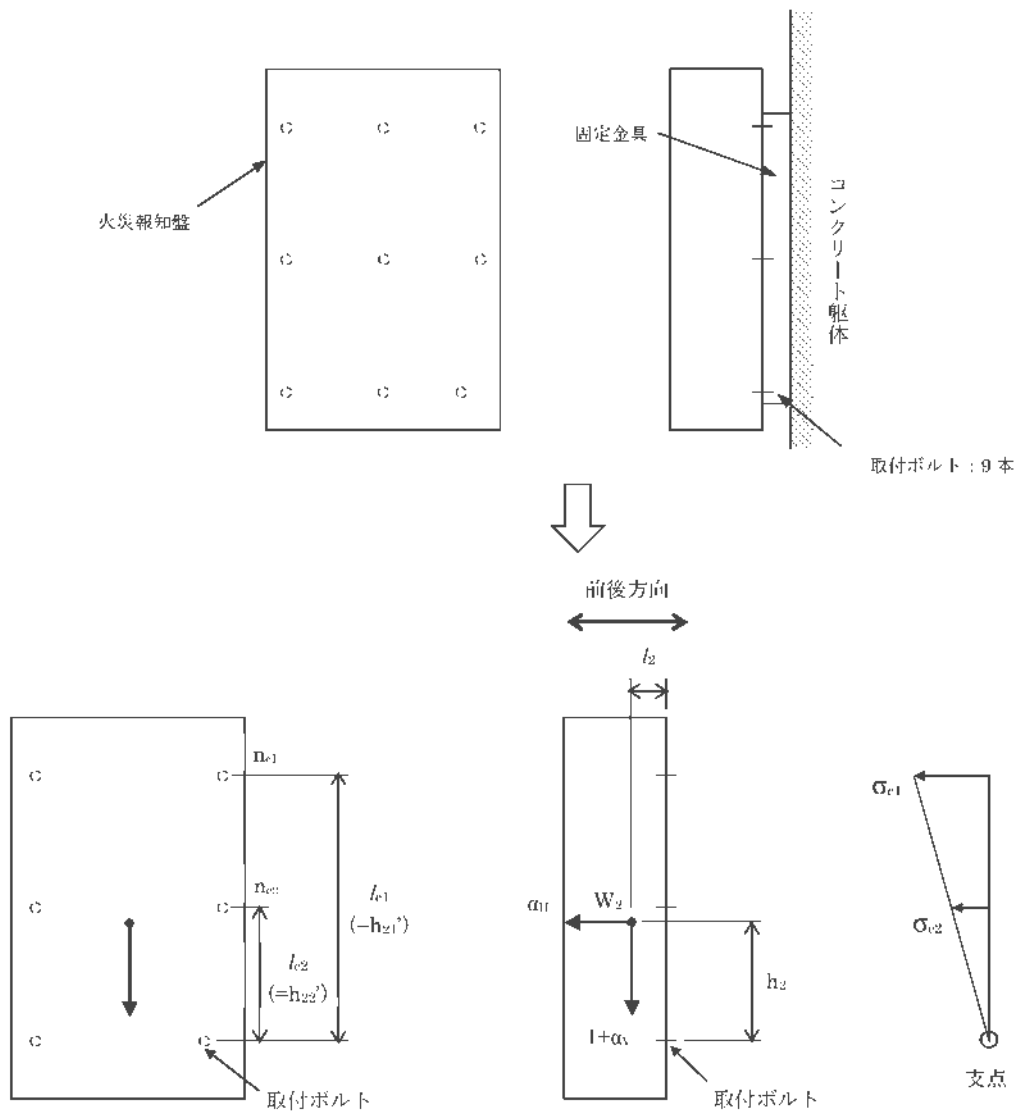
$$\sigma_{c1} = \frac{W_2 l_{c1} g (\alpha_H h_2 + (1 + \alpha_V) l_2)}{S_2 (l_{c1}^2 n_{c1} + l_{c2}^2 n_{c2})} = \sigma_{cmax}$$

(b) 取付ボルトに発生するせん断応力

取付ボルトに発生するせん断応力は、ボルト全本数( $N_2$ )で受けるものとして計算する。

$$\tau_c = \frac{W_2 g (1 + \alpha_V)}{N_2 S_2}$$





第 4-3 図 取付ボルトの応力評価モデル（前後方向）

b. 左右方向

(a) 取付ボルトに発生する最大引張応力

取付ボルトに発生する引張応力は、最も厳しい条件として、支点から最も離れたボルトについて計算する。

応力は、支点からの距離に比例することから、

$$\frac{\sigma_{d1}}{l_{d1}} = \frac{\sigma_{d2}}{l_{d2}} = \frac{\sigma_{d3}}{l_{d3}} = \frac{\sigma_{d4}}{l_{d4}} = \frac{\sigma_{d5}}{l_{d5}}$$

モーメントの釣合式より、

$$l_{d1}S_2\sigma_{d1} + l_{d2}S_2\sigma_{d2} + l_{d3}S_2\sigma_{d3} + l_{d4}S_2\sigma_{d4} + l_{d5}S_2\sigma_{d5} = W_2l_2g\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2}$$

以上の式より

$$\sigma_{d1} = \frac{W_2l_2g\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2} \cdot l_{d1}}{S_2(l_{d1}^2 + l_{d2}^2 + l_{d3}^2 + l_{d4}^2 + l_{d5}^2)} = \sigma_{dmax}$$

$$\text{ここで、 } l_{d1} = l_{21}' \cos\theta + h_{21}' \sin\theta$$

$$l_{d2} = l_{21}' \cos\theta + h_{22}' \sin\theta$$

$$l_{d3} = l_{22}' \cos\theta$$

$$l_{d4} = h_{21}' \sin\theta$$

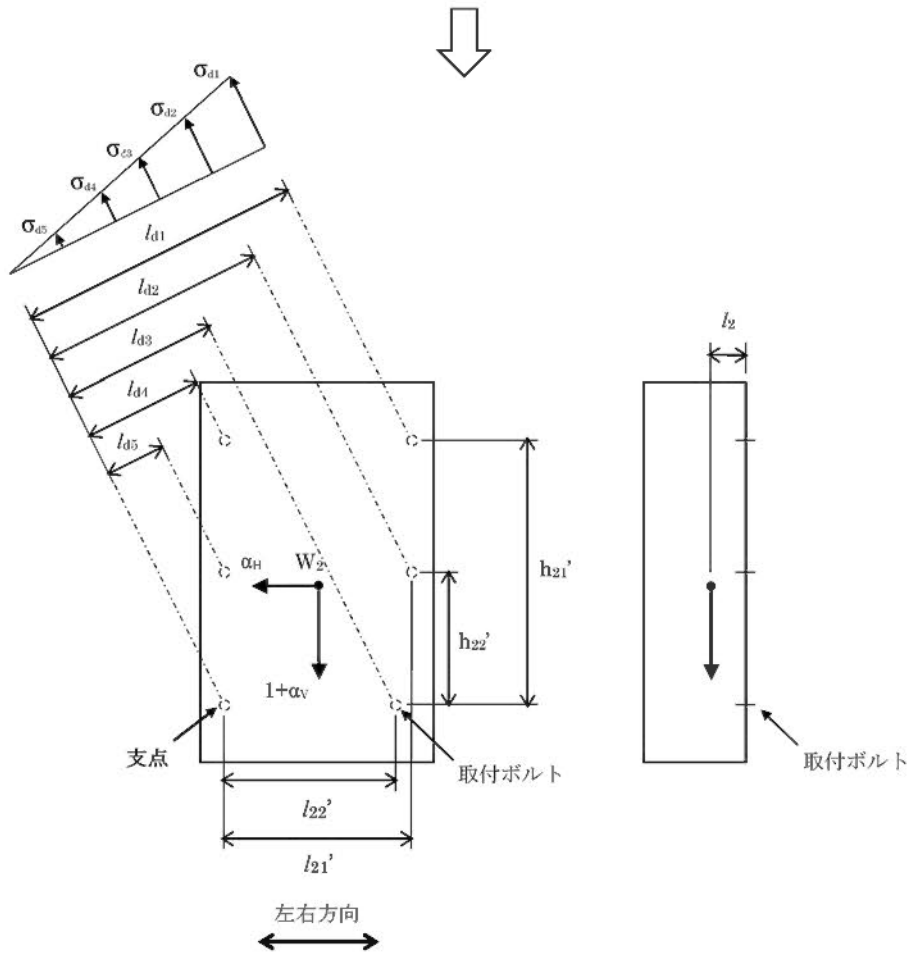
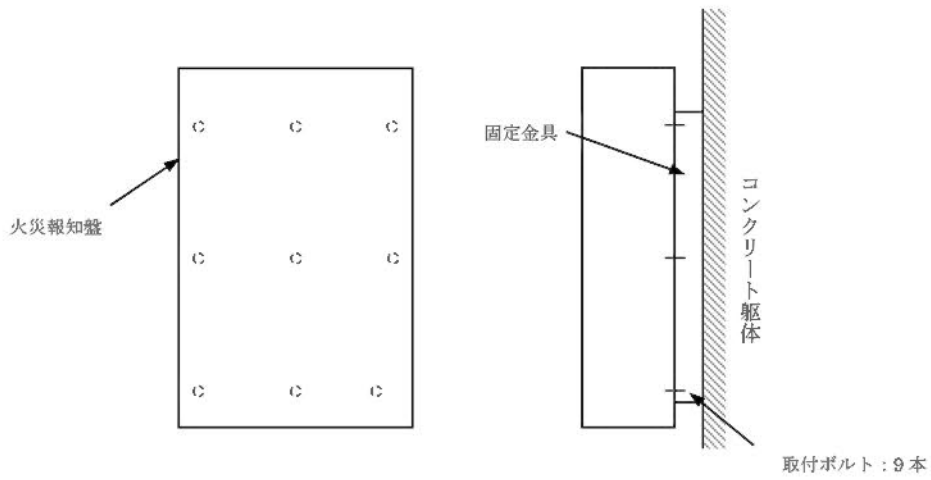
$$l_{d5} = h_{22}' \sin\theta \quad \text{とする。}$$

$$\text{但し、 } \theta = \tan^{-1}\left(\frac{1 + \alpha_V}{\alpha_H}\right)$$

(b) 取付ボルトに発生するせん断応力

取付ボルトに発生するせん断応力は、ボルト全本数( $N_2$ )で受けるものとして計算する。

$$\tau_d = \frac{W_2g\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2}}{N_2S_2}$$



第 4-4 図 取付ボルトの応力評価モデル (左右方向)

## 5. 機能維持評価

### 5.1 基本方針

火災報知盤は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す評価方針に従い、機能維持評価を実施する。

火災報知盤の機能維持評価は、「5.2 評価対象部位」に示す評価対象部位が「5.3 許容限界」に示す許容限界に収まることを、「5.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 5.2 評価対象部位

火災報知盤の評価対象部位は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」の評価方針に示すとおり、地震時及び地震後に電氣的機能の保持が必要な火災報知盤本体とする。

### 5.3 許容限界

火災報知盤の許容限界は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す機能確認済加速度とする。

火災報知盤の機能確認済加速度を第 5-1 表に示す。

第 5-1 表 火災報知盤の機能確認済加速度

設備名称		加速度確認箇所	機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	
			水平方向	鉛直方向
火災感知設備	火災報知盤	加振台への取付位置	5.5	2.0

### 5.4 評価方法

火災報知盤の機能維持評価は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す評価方針に従い、火災報知盤の評価用加速度が機能確認済加速度以下となることを確認する。

## 6. 評価条件

「4. 応力評価」及び「5. 機能維持評価」に用いる評価条件を以下に示す。

### 6.1 応力評価条件

#### 6.1.1 設計用地震力

火災報知盤の設計用地震力は、第6-1表に示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。火災報知盤の設置場所は1箇所限定されず複数箇所に設置されるため、設計用床応答曲線は、別添1-1の「4.1.1 入力地震動」に示す地震動における、機器設置場所のうち加速度( $S_s$ )が最も大きくなる場所を選定する。

第6-1表 火災報知盤の設計用地震力

地震動	設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備考
		建屋 <sup>(注1)</sup> 及び高さ (m)	方向	<sup>(注2)</sup> 減衰定数 (%)	
基準 地震動 $S_s$	緊急時対策棟 EL.30.75	緊急時対策棟 EL.37.60	水平	1.0	水平方向は $S_s-1$ ～ $S_s-5$ の X 方向及び Y 方向の包絡曲線を用いる。 鉛直方向は $S_s-1$ ～ $S_s-5$ の包絡曲線を用いる。
		緊急時対策棟 EL.37.60	鉛直	1.0	

(注 1) 火災報知盤を建屋壁面に固定しているため、設置フロア上階の設計用床応答曲線を用いる。機器設置場所のうち加速度( $S_s$ )が最も大きくなる場所を選定する。

(注 2) 別添1-1の「4.1.3 設計用減衰定数」に示す減衰定数とする。

### 6.1.2 許容応力条件

火災報知盤の許容応力評価条件を第6-2表に示す。

第6-2表 火災報知盤の許容応力評価条件

評価対象 部位	材 料	評価用温度 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F* (MPa)
据付ボルト	SS400 相当	40 (雰囲気温度)	245	400	280
取付ボルト	SS400	40 (雰囲気温度)	245	400	280

記号の定義  
S<sub>y</sub> : 設計降伏点 JSME S NJ1-2012 の Part3 表 6 に規定される値  
S<sub>u</sub> : 設計引張強さ JSME S NJ1-2012 の Part3 表 7 に規定される値  
F\* : JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(1)により規定される値

### 6.1.3 応力評価モデルの諸元

火災報知盤は、「3.3 固有値解析結果」により、固有振動数が上下方向 30Hz 以上、前後方向 21.4Hz、左右方向 27.6Hz であることを確認した。したがって応力評価に使用する設計用加速度は、水平方向の設計用加速度は固有振動数が最小である 21.4Hz における応答加速度を、鉛直方向の設計用加速度は最大床加速度の 1.2 倍を使用する。

火災報知盤における据付ボルトの応力評価モデルの諸元を第 6-3 表に、取付ボルトの応力評価モデルの諸元を第 6-4 表に、火災報知盤の設計用加速度を第 6-5 表に示す。

第6-3表 据付ボルトの応力評価モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
据付ボルト呼び径	$d_1$	mm	12
据付ボルトより機器重心までの鉛直距離	$h_1$	mm	726
鉛直方向の据付ボルト間距離	$h_{11}'$	mm	1520
	$h_{12}'$	mm	760
重力加速度	$g$	m/s <sup>2</sup>	9.80665
壁面より機器重心までの水平距離	$l_1$	mm	233
水平方向の据付ボルト間距離	$l_1'$	mm	760
各列の据付ボルト本数	$n_{a1}$	本	2
	$n_{a2}$	本	2
据付ボルト総数	$N_1$	本	6
据付ボルト断面積	$S_1$	mm <sup>2</sup>	84.3
機器質量	$W_1$	kg	269



第6-4表 取付ボルトの応力評価モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
取付ボルト呼び径	$d_2$	mm	12
取付ボルトより機器重心までの鉛直距離	$h_2$	mm	751
鉛直方向の取付ボルト間距離	$h_{21}'$	mm	1570
	$h_{22}'$	mm	865
重力加速度	$g$	m/s <sup>2</sup>	9.80665
固定金具より機器重心までの水平距離	$l_2$	mm	133
水平方向の取付ボルト間距離	$l_{21}'$	mm	660
	$l_{22}'$	mm	580
各列の取付ボルト本数 <sup>(注)</sup>	$n_{c1}$	本	2
	$n_{c2}$	本	2
取付ボルト総数 <sup>(注)</sup>	$N_2$	本	6
取付ボルト断面積	$S_2$	mm <sup>2</sup>	84.3
機器質量	$W_2$	kg	219

(注) 盤背面は9本の取付ボルトで支持されているが、中央列の取付ボルトの強度には期待せず、両端6本のみで支持されるとして評価する。

第6-5表 火災報知盤の設計用加速度

方向	記号	設計用加速度 (×9.8m/s <sup>2</sup> )
水平	$\alpha_H$	2.430
鉛直	$\alpha_V$	0.900

## 6.2 機能維持評価条件

### 6.2.1 設計用地震力

火災報知盤の機能維持評価に用いる設計用地震力は、「6.1.1 設計用地震力」に示す。

### 6.2.2 評価用加速度

火災報知盤は、正弦波加振試験を実施していることから、火災報知盤の機能維持評価に用いる評価用加速度は設置フロア上階床面の最大床加速度を使用する。

火災報知盤の評価用加速度を第6-6表に示す。

第6-6表 火災報知盤の評価用加速度

方 向	評価用加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )
水平	1.74
鉛直	0.75

## 7. 耐震評価結果

火災報知盤の応力評価結果及び機能維持評価結果を第 7-1 表及び第 7-2 表に示す。

据付ボルト及び取付ボルトの発生応力は許容応力以下であり、火災報知盤の評価用加速度は機能確認済加速度以下である。

したがって、火災報知盤は、地震時及び地震後においても、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、火災を早期に感知する機能を保持するため、耐震性を有する。

第7-1表 火災報知盤応力評価結果

設備名称	評価部位	応力分類	方向	発生応力	許容応力
				MPa	MPa
火災報知盤	据付ボルト	引張応力	前後	19	279
			左右	7	279
		せん断応力	前後	10	160
			左右	17	160
		組合せ応力	前後	19	279
			左右	7	279
	取付ボルト	引張応力	前後	13	279
			左右	4	279
		せん断応力	前後	9	160
			左右	14	160
		組合せ応力	前後	13	279
			左右	4	279

第7-2表 火災報知盤の機能維持評価結果

設備名称	機能確認済加速度との比較					詳細評価
	加速度確認箇所	水平加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		鉛直加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		
		評価用加速度	機能確認済加速度	評価用加速度	機能確認済加速度	
火災報知盤	加振台への取付位置	1.74	5.5	0.75	2.0	—

ハロンボンベ設備の耐震計算書

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 1
2. 基本方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 2
2.1 位 置 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 2
2.2 構造概要 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 2
2.3 評価方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 4
2.4 適用規格 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 4
3. 地震応答解析 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 6
3.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 6
3.2 解析方法 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 6
3.3 設計用地震力 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 7
3.4 解析モデル及び諸元 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 8
3.5 固有値解析結果 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 11
4. 応力評価 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 13
4.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 13
4.2 評価対象部位 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 13
4.3 荷重及び荷重の組合せ .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 13
4.4 許容限界 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 14
4.5 評価方法 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 16
5. 機能維持評価 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 19
5.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 19
5.2 評価対象部位 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 19
5.3 許容限界 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 19
5.4 評価方法 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 19
6. 評価条件 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 20
6.1 応力評価条件 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 20
6.2 機能維持評価条件 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 21
7. 耐震評価結果 .....	12 (3) - 別添 1 - 4 - 22

## 1. 概 要

本資料は、別添 1-1「火災防護設備の耐震計算の方針」（以下「別添 1-1」という。）に示すとおり、ハロンボンベ設備が、地震時及び地震後においても、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、火災を早期に消火する機能を保持するために、耐震性を有することを確認するものである。



## 2. 基本方針

別添 1-1 の「2.1 評価対象設備」に示すハロンボンベ設備の構造計画を、「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」に示す。

### 2.1 位置

ハロンボンベ設備は、別添 1-1 の「2.1 評価対象設備」のうち構造計画に示すとおり、火災が発生している火災区域又は火災区画からの火災の火炎及び熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体、断線、爆発等の二次的影響は受けず、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処施設に悪影響を及ぼさないよう、消火対象となる火災区域又は火災区画とは別のエリアに設置する。

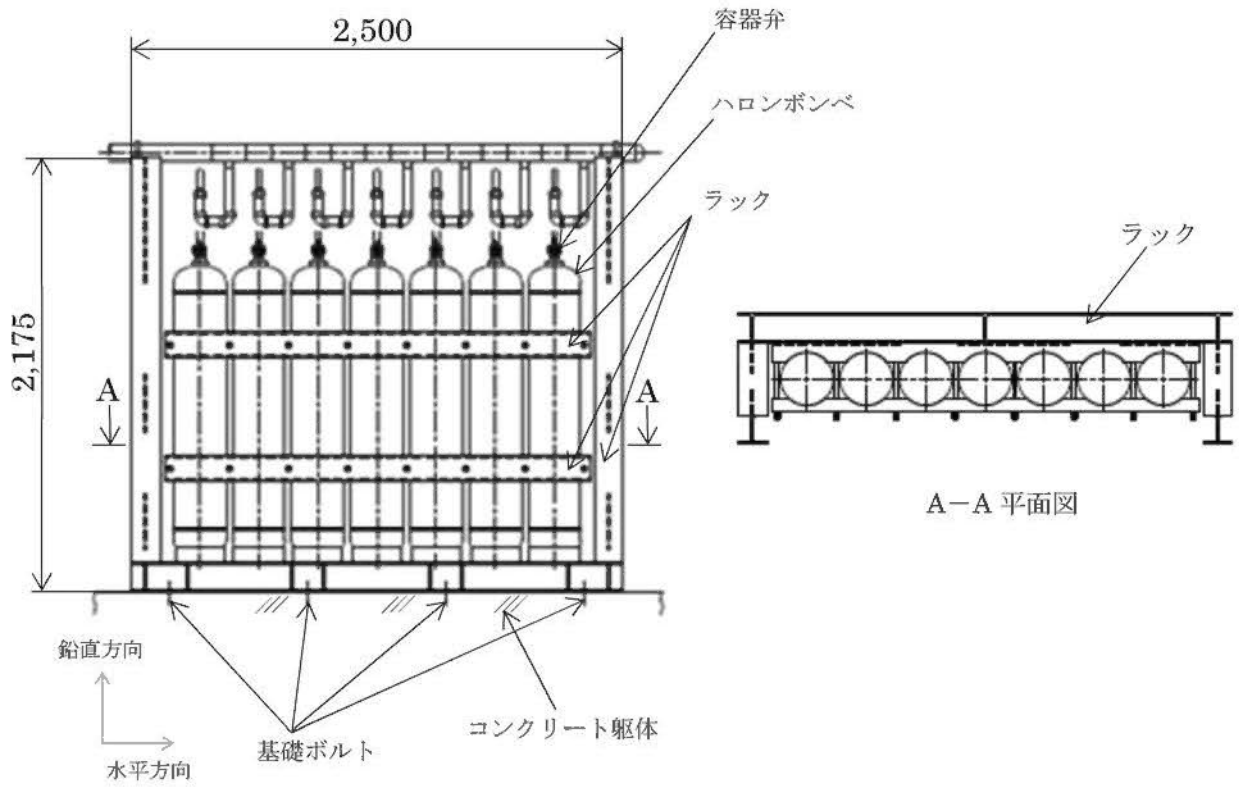
### 2.2 構造概要

ハロンボンベ設備の構造は、別添 1-1 の「2.1 評価対象設備」に示す構造計画としており、ハロンボンベ設備の構造計画を第 2-1 表に、外観図を第 2-1 図に、容器弁の外観図を第 2-2 図に示す。

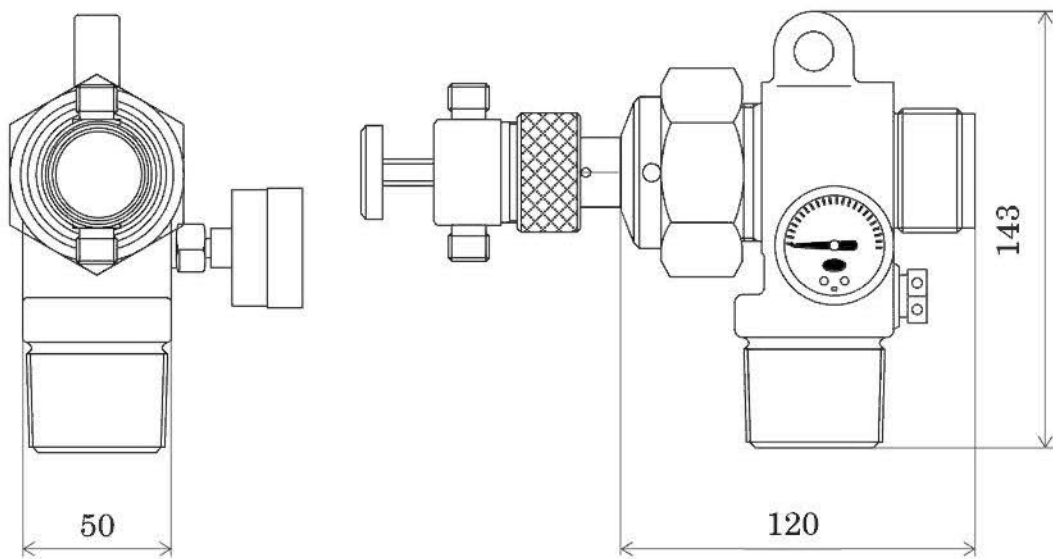
第 2-1 表 ハロンボンベ設備の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
ハロンボンベ設備	ハロンボンベ 容器弁	容器弁はハロンボンベに ねじ込み固定する。ハロ ンボンベはラックに固定 し、基礎ボルトによりラ ックを建屋床のコンクリ ート躯体に据え付ける。	第 2-1 図 第 2-2 図

(単位：mm)



第2-1図 ハロンボンベ設備 外観図



第2-2図 容器弁 外観図

## 2.3 評価方針

ハロンボンベ設備は、別添 1-1 の「4.2 応力評価」に示す応力評価の方針に従い、応力評価を実施する。

ハロンボンベ設備の応力評価は、「3. 地震応答解析」及び「4. 応力評価」に示す方法により、「6. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「7. 耐震評価結果」においてハロンボンベ設備の評価対象部位に発生する応力が許容限界に収まることを確認する。

ハロンボンベ設備の構成品である容器弁は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す機能維持評価の方針に従い、動的機能維持評価を実施する。

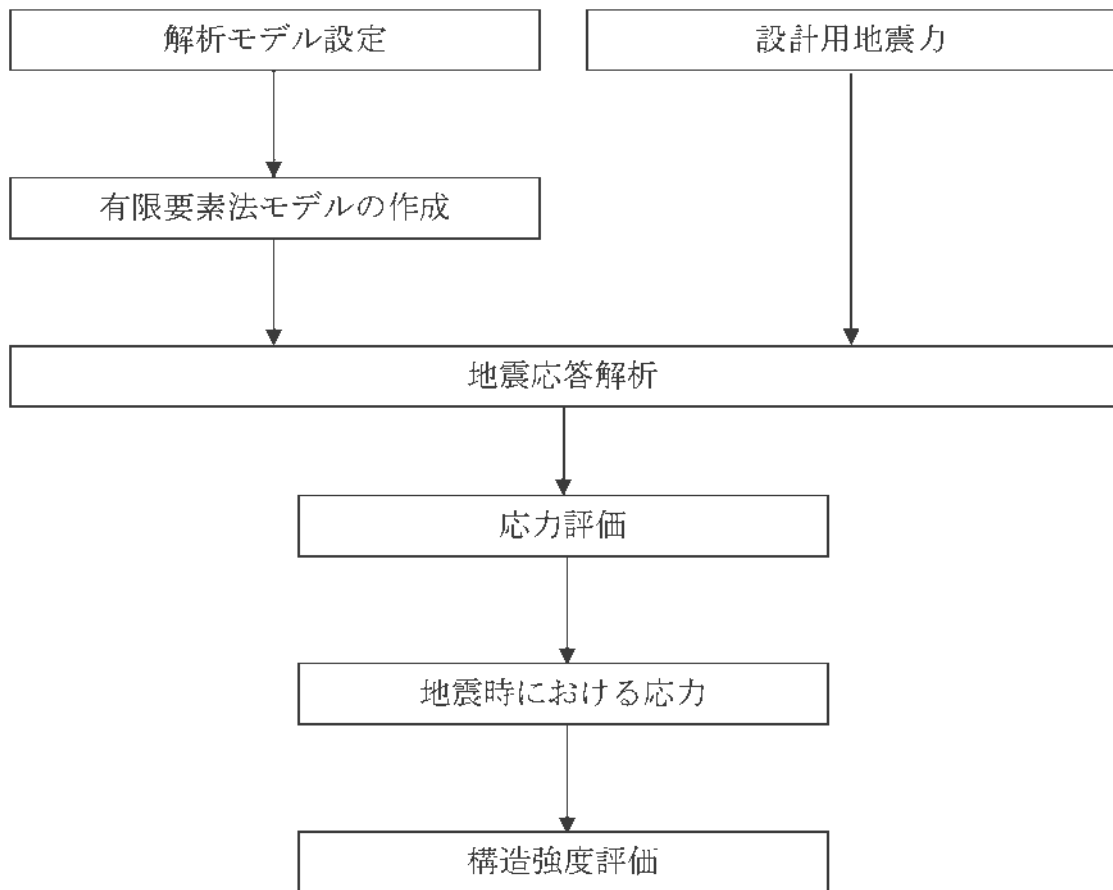
ハロンボンベ設備の容器弁の動的機能維持評価は、「3. 地震応答解析」及び「5. 機能維持評価」に示す方法により、「6. 評価条件」に示す評価条件を用い、「7. 耐震評価結果」において容器弁の評価用加速度が機能確認済加速度を超えないことを確認する。

ハロンボンベ設備の耐震評価（応力評価）フローを第 2-3 図に、容器弁の耐震評価（機能維持評価）フローを第 2-4 図に示す。

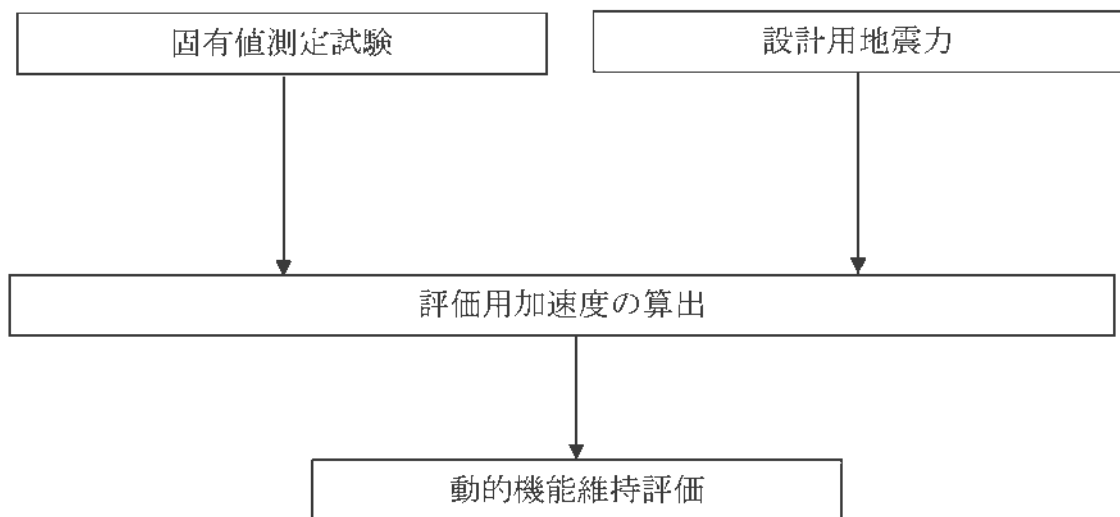
## 2.4 適用規格

適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(JSME S NC1-2012)  
日本機械学会
- ・「発電用原子力設備規格 材料規格」(JSME S NJ1-2012)  
日本機械学会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987) 日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編」  
(JEAG4601・補-1984) 日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991 追補版) 日本電気協会



第 2-3 図 ハロンボンベ設備の耐震評価（応力評価）フロー



第 2-4 図 容器弁の耐震評価（機能維持評価）フロー

### 3. 地震応答解析

#### 3.1 基本方針

ハロンポンベ設備は、別添 1-1 の「4.1 地震応答解析」に示す評価方針に従い、地震応答解析を実施する。

ハロンポンベ設備の地震応答解析は、「3.2 解析方法」に示す方法により、「3.3 設計用地震力」に示す設計用地震力及び「3.4 解析モデル及び諸元」に示す解析モデルを用いて計算し、「3.5 固有値解析結果」においてハロンポンベ設備の固有振動数を算出する。

ハロンポンベ設備の構成品である容器弁については、「3.2 解析方法」に示す方法により、「3.5 固有値解析結果」において容器弁の固有振動数を算出する。

#### 3.2 解析方法

ハロンポンベ設備の解析方法を「3.2.1 ハロンポンベ設備」に、ハロンポンベ設備の構成品である容器弁の解析方法を「3.2.2 容器弁」に示す。

##### 3.2.1 ハロンポンベ設備

- (1) ハロンポンベ設備の構成品であるハロンポンベ及びラックをはり要素としてモデル化した 3 次元 FEM モデルによる固有値解析を行い、固有振動数が 30Hz 以上である場合は最大床加速度の 1.2 倍を用いた静解析を、20Hz 以上 30Hz 未満である場合はスペクトルモーダル解析及び最大床加速度の 1.2 倍を用いた静解析を、20Hz 未満である場合はスペクトルモーダル解析を実施する。
- (2) 解析コードは「MSC NASTRAN Ver.2008.0.4」を使用する。なお、評価に用いる解析コード「MSC NASTRAN Ver.2008.0.4」の検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。
- (3) 拘束条件として、基礎ボルト点を並進 3 方向固定として設定する。
- (4) 許容応力について JSME S NJ1-2012 の Part3 を用いて計算する際に、温度が図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。  
但し、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

##### 3.2.2 容器弁

容器弁は、支持構造物も含めた容器弁の設置状態を模擬し、固有値測定試験として正弦波掃引試験を実施する。

### 3.3 設計用地震力

ハロンボンベ設備の設計用地震力は、第 3-1 表に示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。

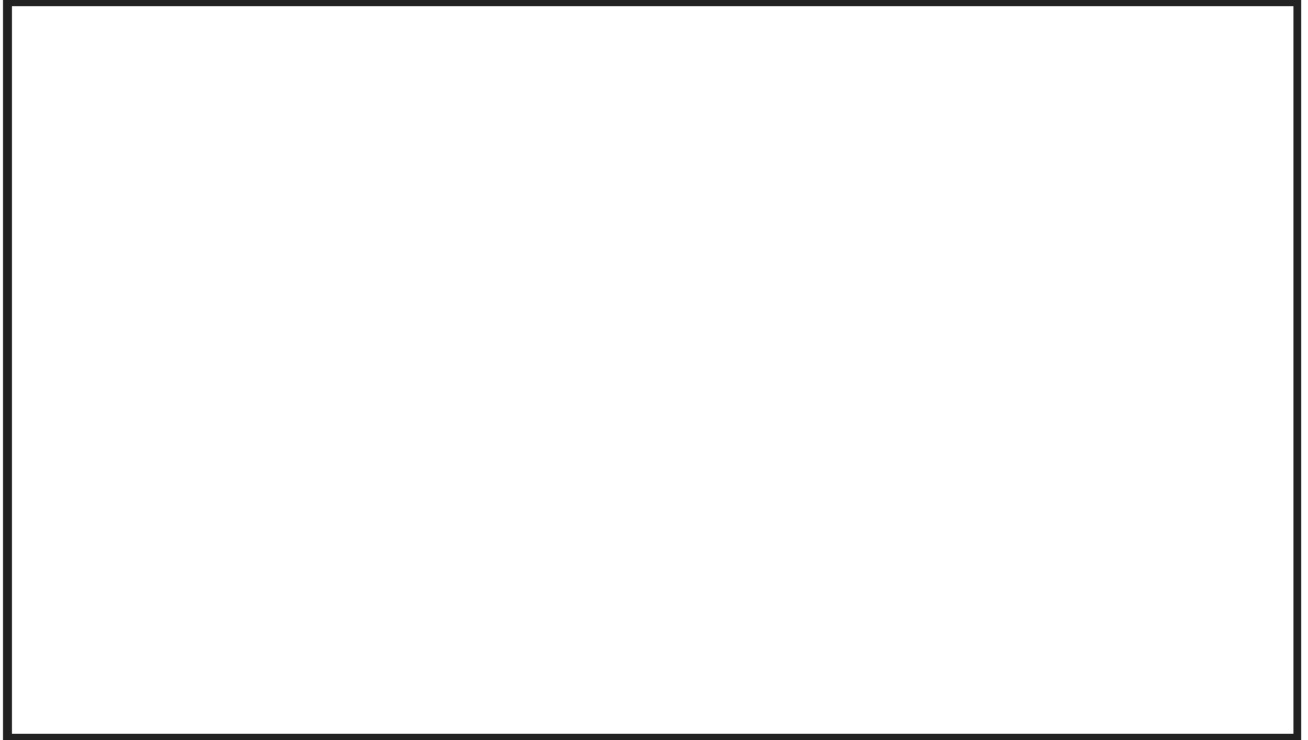
第 3-1 表 設計用地震力

設備 名称	地震動	設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備 考
			建屋 及び高さ (m)	方向	(注) 減衰定数 (%)	
ハロン ボンベ 設備	基準地震動 S <sub>s</sub>	緊急時 対策棟 EL.30.75	緊急時 対策棟 EL.30.75	水平	1.0	水平方向は S <sub>s</sub> -1~S <sub>s</sub> - 5 の X 方向及 び Y 方向の 包絡曲線を用 いる。 鉛直方向は S <sub>s</sub> -1~S <sub>s</sub> - 5 の包絡曲線 を用いる。
				鉛直	1.0	

(注) 別添 1-1 の「4.1.3 設計用減衰定数」に示す減衰定数とする。

### 3.4 解析モデル及び諸元

「3.2.1 ハロンポンベ設備」に示すハロンポンベ設備の解析モデルを第 3-1 図に、解析モデルの諸元を第 3-2 表に、ハロンポンベ設備の外形図を第 3-2 図に示す。



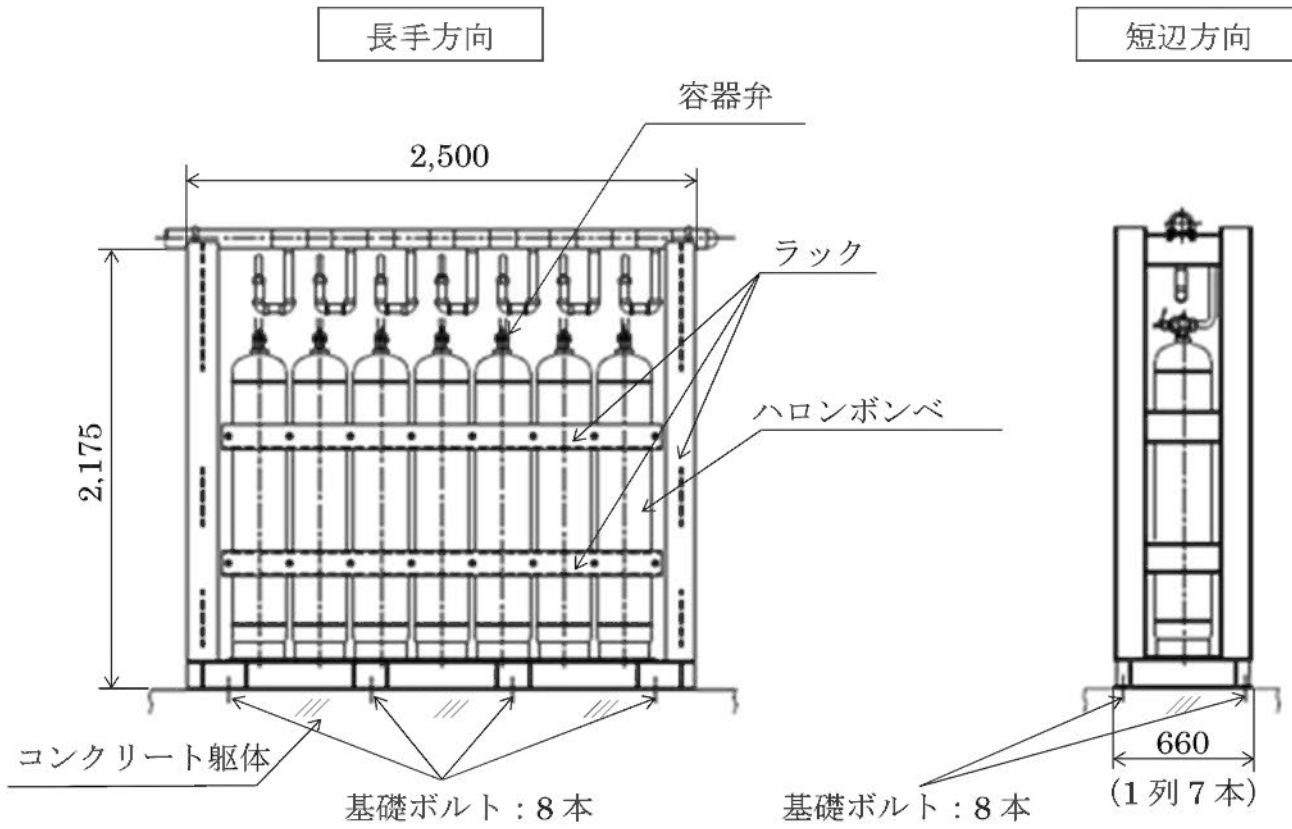
第 3-1 図 解析モデル

第 3-2 表 解析モデルの諸元

	材料	諸元 (数値)	縦弾性 係 数 (MPa)	断面積 (mm <sup>2</sup> )	断面二次 モーメント (mm <sup>4</sup> )	
					強軸	弱軸
ラック(mm)	SS400	H150×150×7×t10	201,200			
	SS400	C200×90×8×t13.5	201,200			
	SS400	C150×75×6.5×t10	201,200			
	SS400	C125×65×6×t8	201,200			
基礎ボルト(mm)	SS400	M20×8 本	—			
温度条件(°C)	—	40	—			
質量(kg)	—	2,247	—			
ポアソン比	—	0.3	—			



(単位：mm)



第3-2図 ハロンボンベ設備 外形図

### 3.5 固有値解析結果

ハロンポンベ設備の固有値解析結果を「3.5.1 ハロンポンベ設備」に、ハロンポンベ設備の容器弁の固有値解析結果を「3.5.2 容器弁」に示す。

#### 3.5.1 ハロンポンベ設備

ハロンポンベ設備の固有値解析結果を第 3-3 表に、振動モード図を第 3-3 図に示す。

#### 3.5.2 容器弁

容器弁の固有値解析結果を第 3-4 表に示す。第 3-4 表より、容器弁は、剛構造である。

第 3-3 表 ハロンポンベ設備の固有振動数

設備名称	方向	固有振動数 (Hz)
ハロンポンベ設備	長手方向	47.1
	短辺方向	59.3

第 3-4 表 容器弁の固有振動数

設備名称	固有振動数 (Hz)
容器弁	30 以上



第 3-3 図 振動モード図

## 4. 応力評価

### 4.1 基本方針

ハロンボンベ設備は、別添 1-1 の「4.2 応力評価」に示す評価方針に従い、応力評価を実施する。

ハロンボンベ設備の応力評価は、「4.2 評価対象部位」に示す評価対象部位が、「4.3 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せに対し「4.4 許容限界」に示す許容限界に収まることを、「4.5 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 4.2 評価対象部位

ハロンボンベ設備の評価対象部位は、別添 1-1 の「3.2 許容限界」に示すとおり、評価対象部位であるラック及び基礎ボルトとする。

### 4.3 荷重及び荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、別添 1-1 の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを用いる。

#### 4.3.1 荷重の種類

応力評価に用いる荷重は、以下の荷重を用いる。

##### (1) 死荷重(D)

死荷重は、ハロンボンベ設備の自重とする。

##### (2) 地震荷重(Ss)

地震荷重は、基準地震動 Ss による地震力とする。

#### 4.3.2 荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重の組合せは、ハロンボンベ設備の評価対象部位ごとに設定する。荷重の組合せを第4-1表に示す。

第4-1表 荷重の組合せ

設備名称	評価対象部位	荷重の組合せ
ハロンボンベ設備	ラック	D+Ss
	基礎ボルト	D+Ss

#### 4.4 許容限界

ハロンボンベ設備の許容限界は、「4.2 評価対象部位」に示す評価対象部位の機能損傷モードを考慮し、別添1-1の「3.2 許容限界」に示す許容限界に従い、許容応力状態  $IV_{AS}$  の許容応力とする。

各評価対象部位の許容限界を第4-2表及び第4-3表に示す。

第4-2表 ハロンボンベ設備 ラックの許容限界

評価対象部位	耐震クラス	荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界 <sup>(注1)(注2)</sup>
				一次応力
				組合せ
ラック	—	D+Ss	$IV_{AS}$	$1.5f_t^*$

(注1)  $f_t^*$  : JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(1)a本文中  $S_y$  及び  $S_y(RT)$ を  $1.2S_y$  及び  $1.2S_y(RT)$ と読み替えて算出した値 (JSME S NC1-2012 SSB-3121.3)。但し、 $S_y$  及び  $0.7S_u$  のいずれか小さい方の値とする。

(注2) JEAG4601・補-1984 の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

第 4-3 表 ハロンボンベ設備 基礎ボルトの許容限界

評価対象部位	耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許容限界 <sup>(注1)(注2)</sup>	
				一次応力	
				引張 <sup>(注3)</sup>	せん断 <sup>(注3)</sup>
基礎ボルト	—	D+Ss	IV <sub>AS</sub>	1.5f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5f <sub>s</sub> <sup>*</sup>

(注 1)  $f_t^*$ ,  $f_s^*$  : JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(1)a 本文中  $S_y$  及び  $S_y(RT)$  を  $1.2S_y$  及び  $1.2S_y(RT)$  と読み替えて算出した値 (JSME S NC1-2012 SSB-3133)。但し、 $S_y$  及び  $0.7S_u$  のいずれか小さい方の値とする。

(注 2) JEAG4601・補-1984 の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

(注 3) ボルトにせん断力が作用する場合、組合せ評価を実施する。その際の許容応力値は、JSME S NC1-2012 SSB-3133 に基づき、 $\text{Min} (1.4(1.5f_t^*) - 1.6 \tau_b, 1.5f_t^*)$  とする。

#### 4.5 評価方法

ハロンボンベ設備の応力評価は、別添 1-1 の「4.2 応力評価」に示す評価式により評価対象部位の発生応力を計算し、許容応力以下となることを確認する。

##### 4.5.1 記号の定義

応力評価に使用する記号を第 4-4 表に示す。

第 4-4 表 ラック及び基礎ボルトの応力評価に用いる記号

記号	単位	記号の定義
A	mm <sup>2</sup>	基礎ボルト 1 本当たりの断面積
F <sub>s</sub>	N	基礎ボルト 1 本当たりに作用するせん断力
F <sub>t</sub>	N	基礎ボルト 1 本当たりに作用する引張力
σ	MPa	ラックの組合せ応力
σ <sub>a</sub>	MPa	ラックの軸応力
σ <sub>b</sub>	MPa	ラックの曲げ応力
σ <sub>bt</sub>	MPa	基礎ボルトに発生する引張応力
τ	MPa	ラックのせん断応力
τ <sub>b</sub>	MPa	基礎ボルトに発生するせん断応力
τ <sub>t</sub>	MPa	ラックのねじりモーメントによるせん断応力

#### 4.5.2 応力評価モデル及び評価式

ハロンポンベ設備は、3次元 FEM モデルによる地震応答解析から求めた荷重を用いて応力評価を実施する。

ハロンポンベ設備は、「2.2 構造概要」の第 2-1 表に示すとおり、ポンベをラックに固定し、ラックを基礎ボルトにより据え付けるため、ラック及び基礎ボルト、それぞれに対し応力評価を実施する。

ハロンポンベ設備の各記号の諸元を第 4-5 表に示す。

##### (1) ラックの構造強度評価

###### a. ラックに発生する組合せ応力の算出

「3. 地震応答解析」にて算出するラックの軸応力、曲げ応力及びせん断応力を用いて、以下の式によりラックの組合せ応力を算出する。

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_a + \sigma_b)^2 + 3(\tau + \tau_s)^2}$$

##### (2) 基礎ボルトの構造強度評価

###### a. 基礎ボルトに発生する引張応力の算出

「3. 地震応答解析」にて算出する基礎ボルトの引張力及び基礎ボルトの断面積を用いて、以下の式により基礎ボルトの引張応力を算出する。

$$\sigma_{bt} = \frac{F_t}{A}$$

###### b. 基礎ボルトに発生するせん断応力の算出

「3. 地震応答解析」にて算出する基礎ボルトのせん断力及び基礎ボルトの断面積を用いて、以下の式により基礎ボルトのせん断応力を算出する。

$$\tau_b = \frac{F_s}{A}$$



第4-5表 ハロンポンベ設備の各記号諸元

設備名称	記号	単位	記号の定義	値
ハロンポンベ設備	A	mm <sup>2</sup>	基礎ボルト1本当たりの断面積	245
	F <sub>s</sub>	N	基礎ボルト1本当たりに作用するせん断力	2.10×10 <sup>4</sup>
	F <sub>t</sub>	N	基礎ボルト1本当たりに作用する引張力	1.77×10 <sup>4</sup>

## 5. 機能維持評価

### 5.1 基本方針

ハロンボンベ設備は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す評価方針に従い、機能維持評価を実施する。

ハロンボンベ設備の機能維持評価は、「5.2 評価対象部位」に示す評価対象部位における評価用加速度が、「5.3 許容限界」に示す許容限界に収まることを、「5.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 5.2 評価対象部位

ハロンボンベ設備の評価対象部位は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」の評価方針に示すとおり、地震時及び地震後に動的機能の保持が必要な容器弁本体とする。

### 5.3 許容限界

ハロンボンベ設備の許容限界は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す機能確認済加速度とする。

容器弁の機能確認済加速度を第 5-1 表に示す。

第 5-1 表 容器弁の機能確認済加速度

設備名称		加速度確認箇所	機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		
			水平方向	鉛直方向	
設備	ハロンボンベ	容器弁	加振台への 取付位置	5.65	5.0

### 5.4 評価方法

容器弁の機能維持評価は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す評価方針に従い、容器弁の評価用加速度が機能確認済加速度以下となることを確認する。

## 6. 評価条件

「4. 応力評価」及び「5. 機能維持評価」に用いる評価条件を以下に示す。

### 6.1 応力評価条件

ハロンボンベ設備の許容応力評価条件を第6-1表に示す。

第6-1表 ハロンボンベ設備の許容応力評価条件

評価対象 部位	材 料	評価用温度 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F* (MPa)
ラック	SS400	40 (最高使用温度)	245	400	280
基礎ボルト	SS400	40 (雰囲気温度)	235	400	280

記号の定義  
S<sub>y</sub> : 設計降伏点 JSME S NJ1-2012 の Part3 表 6 に規定される値  
S<sub>u</sub> : 設計引張強さ JSME S NJ1-2012 の Part3 表 7 に規定される値  
F\* : JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(1)により規定される値

## 6.2 機能維持評価条件

### 6.2.1 設計用地震力

容器弁の設計用地震力は、第 6-2 表に示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。

第 6-2 表 設計用地震力

設備名称	地震動	設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備考
			建屋 及び高さ (m)	方向	(注) 減衰定数 (%)	
ハロン ボンベ 設備	基準地震動 Ss	緊急時 対策棟 EL.30.75	緊急時 対策棟 EL.30.75	水平	1.0	水平方向は Ss-1 ~ Ss-5 の X 方向及び Y 方向の包絡曲線を用いる。 鉛直方向は Ss-1 ~ Ss-5 の包絡曲線を用いる。
				鉛直	1.0	

(注) 別添 1-1 の「4.1.3 設計用減衰定数」に示す減衰定数とする。

### 6.2.2 評価用加速度

容器弁の機能維持評価に用いる評価用加速度は、設置床面の最大床加速度を使用する。

容器弁の評価用加速度を第 6-3 表に示す。

第 6-3 表 容器弁の評価用加速度

方向	評価用加速度( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )
水平	1.21
鉛直	0.70

## 7. 耐震評価結果

ハロンボンベ設備の応力評価結果及び機能維持評価結果を第 7-1 表及び第 7-2 表に、最大応力発生箇所を第 7-1 図に示す。

ラック及び基礎ボルトの発生応力は許容応力以下であり、容器弁の評価用加速度は機能確認済加速度以下である。

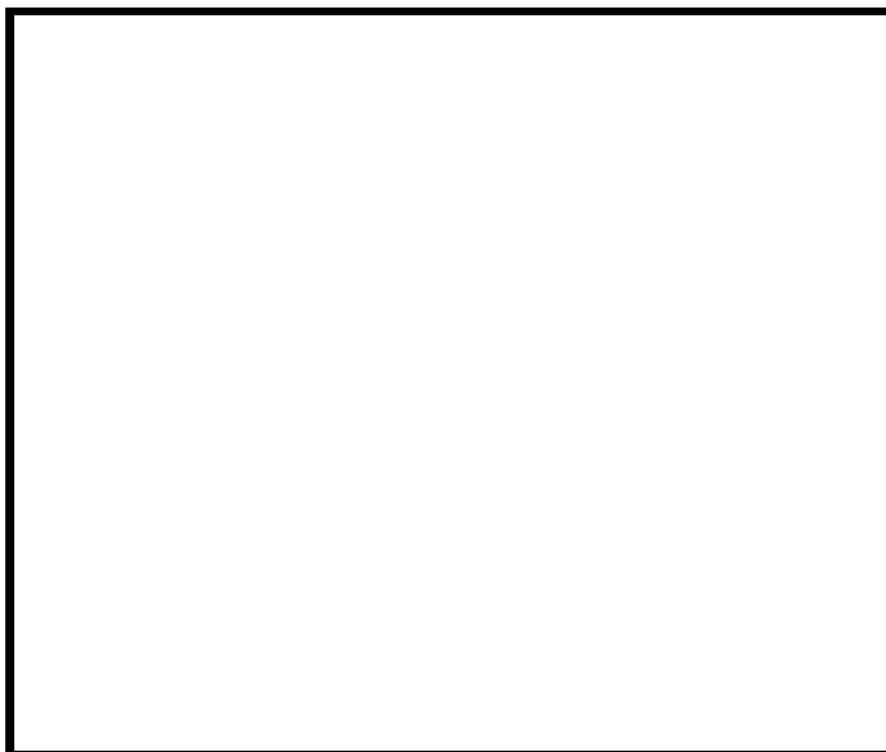
したがって、ハロンボンベ設備は、地震時及び地震後においても、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、火災を早期に消火する機能を保持するため、耐震性を有する。

第7-1表 ハロンボンベ設備の応力評価結果

設備名称	評価部位	応力分類	発生応力	許容応力
			MPa	MPa
ハロンボンベ設備	ラック	組合せ応力	123	279
	基礎ボルト	引張応力	73	279
		せん断応力	86	160
		組合せ応力	73	279

第7-2表 容器弁の機能維持評価結果

設備名称	機能確認済加速度との比較					詳細評価
	加速度確認 部位	水平加速度 (×9.8m/s <sup>2</sup> )		鉛直加速度 (×9.8m/s <sup>2</sup> )		
		評価用 加速度	機能確認済 加速度	評価用 加速度	機能確認済 加速度	
容器弁	機器取付位置	1.21	5.65	0.70	5.0	—



第 7-1 図 最大応力発生箇所



ハロンガス供給選択弁の耐震計算書

# 目 次

	頁
1. 概 要 .....	12 (3) - 別添 1 - 5 - 1
2. 基本方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 5 - 2
2.1 位 置 .....	12 (3) - 別添 1 - 5 - 2
2.2 構造概要 .....	12 (3) - 別添 1 - 5 - 2
2.3 評価方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 5 - 5
2.4 適用規格 .....	12 (3) - 別添 1 - 5 - 5
3. 地震応答解析 .....	12 (3) - 別添 1 - 5 - 6
3.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 5 - 6
3.2 解析方法 .....	12 (3) - 別添 1 - 5 - 6
3.3 固有値解析結果 .....	12 (3) - 別添 1 - 5 - 6
4. 機能維持評価 .....	12 (3) - 別添 1 - 5 - 7
4.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 5 - 7
4.2 評価対象部位 .....	12 (3) - 別添 1 - 5 - 7
4.3 許容限界 .....	12 (3) - 別添 1 - 5 - 7
4.4 評価方法 .....	12 (3) - 別添 1 - 5 - 7
5. 評価条件 .....	12 (3) - 別添 1 - 5 - 8
5.1 設計用地震力 .....	12 (3) - 別添 1 - 5 - 8
5.2 評価用加速度 .....	12 (3) - 別添 1 - 5 - 9
6. 耐震評価結果 .....	12 (3) - 別添 1 - 5 - 10

## 1. 概 要

本資料は、別添 1-1「火災防護設備の耐震計算の方針」（以下「別添 1-1」という。）に示すとおり、ハロンガス供給選択弁が、地震時及び地震後においても、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、火災を早期に消火する機能を保持するために、耐震性を有することを確認するものである。

## 2. 基本方針

別添 1-1 の「2.1 評価対象設備」に示すハロンガス供給選択弁の構造計画を、「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」に示す。

### 2.1 位置

ハロンガス供給選択弁は、別添 1-1 の「2.1 評価対象設備」のうち構造計画に示すとおり、火災が発生している火災区域又は火災区画からの火災の火炎及び熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体、断線、爆発等の二次的影響は受けず、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の機能に係る重大事故等対処施設に悪影響を及ぼさないよう、消火対象となる火災区域又は火災区画とは別のエリアに設置する。

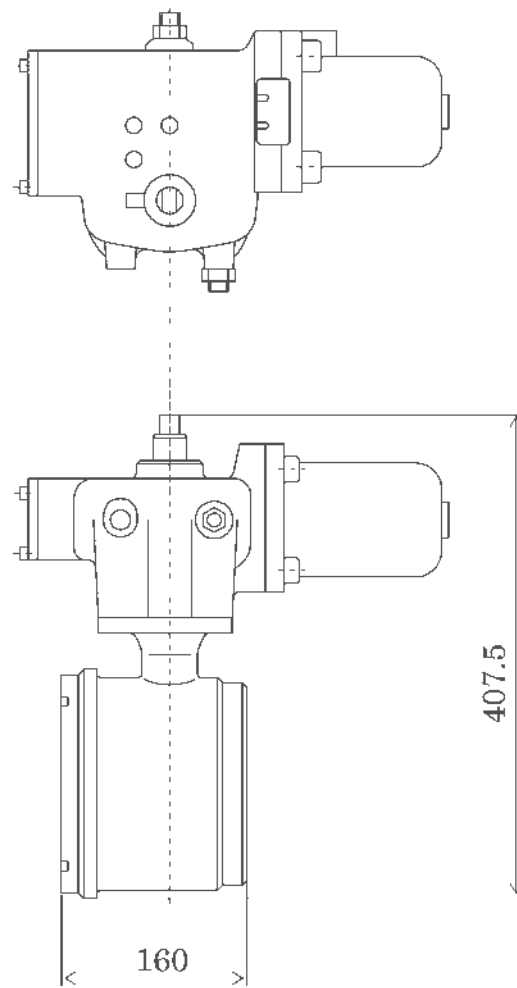
### 2.2 構造概要

ハロンガス供給選択弁の構造は、別添 1-1 の「2.1 評価対象設備」に示す構造計画としており、ハロンガス供給選択弁の構造計画を第 2-1 表に、外観図を第 2-1 図に示す。

第 2-1 表 ハロンガス供給選択弁の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
ハロンガス供給 選択弁	ハロンガス供給 選択弁 (遠隔操作型)	ハロンガス供給 選択弁は、ハロ ンガス供給配管 に対し、取付ボ ルトにてフラン ジに固定し、ハ ロンガス供給選 択弁至近のハロ ンガス供給配管 の両端を U ボ ルト及び U バ ンドによりコン クリート躯体に 据え付ける。	

(単位：mm)



第 2-1 図 ハロンガス供給選択弁 外観図

## 2.3 評価方針

ハロンガス供給選択弁は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す機能維持評価の方針に従い、動的機能維持評価を実施する。

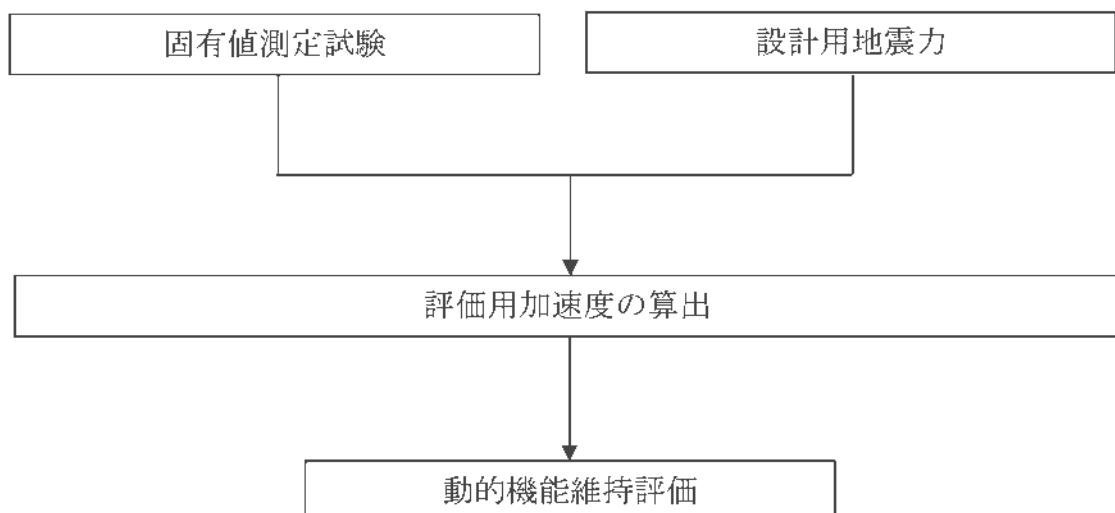
ハロンガス供給選択弁の動的機能維持は、「3. 地震応答解析」及び「4. 機能維持評価」に示す方法により、「5. 評価条件」に示す評価条件を用い、「6. 耐震評価結果」においてハロンガス供給選択弁の評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。

ハロンガス供給選択弁の耐震評価フローを第 2-2 図に示す。

## 2.4 適用規格

適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2012 年版〈第 I 編 軽水炉規格〉） JSME S NC1-2012」（日本機械学会）
- ・「発電用原子力設備規格 材料規格（2012 年版） JSME S NJ1-2012」（日本機械学会）
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」（JEAG4601-1987）日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編」（JEAG4601・補-1984）日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」（JEAG4601-1991 追補版）日本電気協会



第 2-2 図 ハロンガス供給選択弁の耐震評価フロー

### 3. 地震応答解析

#### 3.1 基本方針

ハロンガス供給選択弁は、別添 1-1 の「4.1 地震応答解析」に示す評価方針に従い、「3.2 解析方法」に示す方法により、「3.3 固有値解析結果」においてハロンガス供給選択弁の固有振動数を評価する。

#### 3.2 解析方法

ハロンガス供給選択弁は、支持構造物も含めた設置状態を模擬し、固有値測定試験として正弦波掃引試験を実施する。

#### 3.3 固有値解析結果

ハロンガス供給選択弁の固有値解析結果を第 3-1 表に示す。第 3-1 表より、ハロンガス供給選択弁は剛構造である。

第 3-1 表 ハロンガス供給選択弁の固有振動数

設備名称	固有振動数 (Hz)
ハロンガス供給 選択弁	30 以上



## 4. 機能維持評価

### 4.1 基本方針

ハロンガス供給選択弁は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す評価方針に従い、機能維持評価を実施する。

ハロンガス供給選択弁の機能維持評価は、「4.2 評価対象部位」に示す評価対象部位が、「4.3 許容限界」に示す許容限界に収まることを、「4.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 4.2 評価対象部位

ハロンガス供給選択弁の評価対象部位は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」の評価方針に示すとおり、地震時及び地震後に動的機能の保持が必要なハロンガス供給選択弁本体とする。

### 4.3 許容限界

ハロンガス供給選択弁の許容限界は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す機能確認済加速度とする。

ハロンガス供給選択弁の機能確認済加速度を第 4-1 表に示す。

第 4-1 表 ハロンガス供給選択弁の機能確認済加速度

設備名称	加速度確認箇所	機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	
		水平方向	鉛直方向
ハロンガス供給選択弁	加振台への 取付位置	5.65	5.0

### 4.4 評価方法

ハロンガス供給選択弁の機能維持評価は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す評価方針に従い、ハロンガス供給選択弁の評価用加速度が機能確認済加速度以下となることを確認する。

## 5. 評価条件

### 5.1 設計用地震力

ハロンガス供給選択弁の設計用地震力は、第 5-1 表に示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。設計用床応答曲線は、別添 1-1 の「4.1.1 入力地震動」に示す建屋における最大床加速度( $S_s$ )のうち、最大の加速度となる場所のものを選定する。

第 5-1 表 設計用地震力

地震動	設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備考
		建屋 <sup>(注1)</sup> 及び高さ (m)	方向	<sup>(注2)</sup> 減衰定数 (%)	
基準地震動 $S_s$	緊急時 対策棟 EL.32.4	緊急時 対策棟 EL.37.6	水平	1.0	水平方向は $S_s-1$ ～ $S_s-5$ の X 方向及び Y 方向の包絡曲線を用いる。鉛直方向は $S_s-1$ ～ $S_s-5$ の包絡曲線を用いる。
			鉛直	1.0	

(注 1) ハロンガス供給選択弁は建屋壁面より固定しているため、設置フロア上方の設計用床応答曲線を使用する。

(注 2) 別添 1-1 の「4.1.3 設計用減衰定数」に示す減衰定数とする。

## 5.2 評価用加速度

ハロンガス供給選択弁の機能維持評価に用いる評価用加速度は設置フロア上階床面の最大床加速度を使用する。

ハロンガス供給選択弁の評価用加速度を第 5-2 表に示す。

第 5-2 表 ハロンガス供給選択弁の評価用加速度

項目	評価用加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )
水平	1.74
鉛直	0.75

## 6. 耐震評価結果

ハロンガス供給選択弁の機能維持評価結果を第6-1表に示す。

ハロンガス供給選択弁の評価用加速度は機能確認済加速度以下である。

したがって、ハロンガス供給選択弁は、地震時及び地震後においても、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、火災を早期に消火する機能を保持するため、耐震性を有する。

第6-1表 ハロンガス供給選択弁の機能維持評価結果

設備名称	機能確認済加速度との比較					詳細評価
	加速度確認箇所	水平加速度 (×9.8m/s <sup>2</sup> )		鉛直加速度 (×9.8m/s <sup>2</sup> )		
		評価用加速度	機能確認済加速度	評価用加速度	機能確認済加速度	
ハロンガス供給選択弁	加振台への取付位置	1.74	5.65	0.75	5.0	—

全域ハロン自動消火設備制御盤の耐震計算書

# 目 次

	頁
1. 概 要 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 1
2. 基本方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 1
2.1 位 置 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 1
2.2 構造概要 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 1
2.3 評価方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 4
2.4 適用規格 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 4
3. 地震応答解析 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 6
3.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 6
3.2 解析方法 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 6
3.3 固有値解析結果 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 6
4. 応力評価 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 7
4.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 7
4.2 評価対象部位 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 7
4.3 荷重及び荷重の組合せ .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 7
4.4 許容限界 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 9
4.5 評価方法 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 10
5. 機能維持評価 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 24
5.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 24
5.2 評価対象部位 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 24
5.3 許容限界 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 24
5.4 評価方法 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 24
6. 評価条件 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 25
6.1 応力評価条件 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 25
6.2 機能維持評価条件 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 29
7. 耐震評価結果 .....	12 (3) - 別添 1 - 6 - 30

## 1. 概 要

本資料は、別添 1-1「火災防護設備の耐震計算の方針」（以下「別添 1-1」という。）に示すとおり、全域ハロン自動消火設備制御盤が、地震時及び地震後においても、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、火災を早期に消火する機能を保持するために、耐震性を有することを確認するものである。

## 2. 基本方針

別添 1-1 の「2.1 評価対象設備」にて設定している全域ハロン自動消火設備制御盤の構造計画を、「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」に示す。

### 2.1 位 置

全域ハロン自動消火設備制御盤制御盤は、別添 1-1 の「2.1 評価対象設備」のうち構造計画に示すとおり、火災が発生している火災区域又は火災区画からの火災の火炎及び熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体、断線、爆発等の二次的影響は受けず、火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に悪影響を及ぼさないよう、消火対象となる火災区域又は火災区画とは別のエリアに設置する。

### 2.2 構造概要

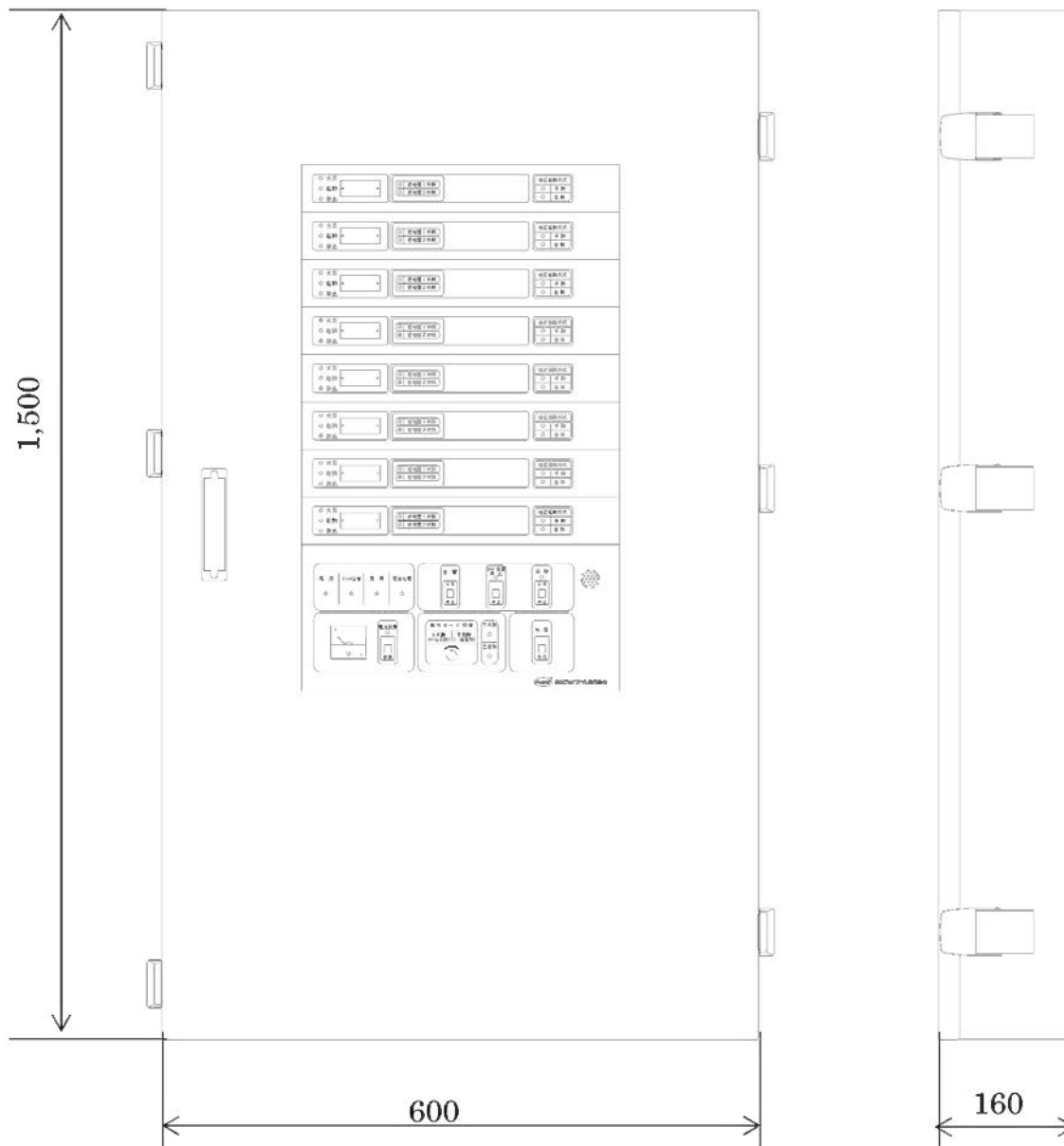
全域ハロン自動消火設備制御盤の構造は、別添 1-1 の「2.1 評価対象設備」に示す構造計画としており、全域ハロン自動消火設備制御盤の構造計画を第 2-1 表に、外観図を第 2-1 図に示す。



第 2-1 表 全域ハロン自動消火設備制御盤の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
全域ハロン自動消火設備制御盤	全域ハロン自動消火設備制御盤 (壁掛け型)	全域ハロン自動消火設備制御盤は、取付ボルトにて固定金具に取り付け、固定金具を据付ボルトによりコンクリート躯体に据え付ける。	

(単位：mm)



第 2-1 図 全域ハロン自動消火設備制御盤 外観図

## 2.3 評価方針

全域ハロン自動消火設備制御盤は、別添 1-1 の「4.2 応力評価」にて設定している応力評価の方針に従い、応力評価を実施する。

全域ハロン自動消火設備制御盤の応力評価は、「3. 地震応答解析」及び「4. 応力評価」に示す方法により、「6. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「7. 耐震評価結果」において全域ハロン自動消火設備制御盤の評価対象部位に作用する応力が許容限界に収まることを確認する。

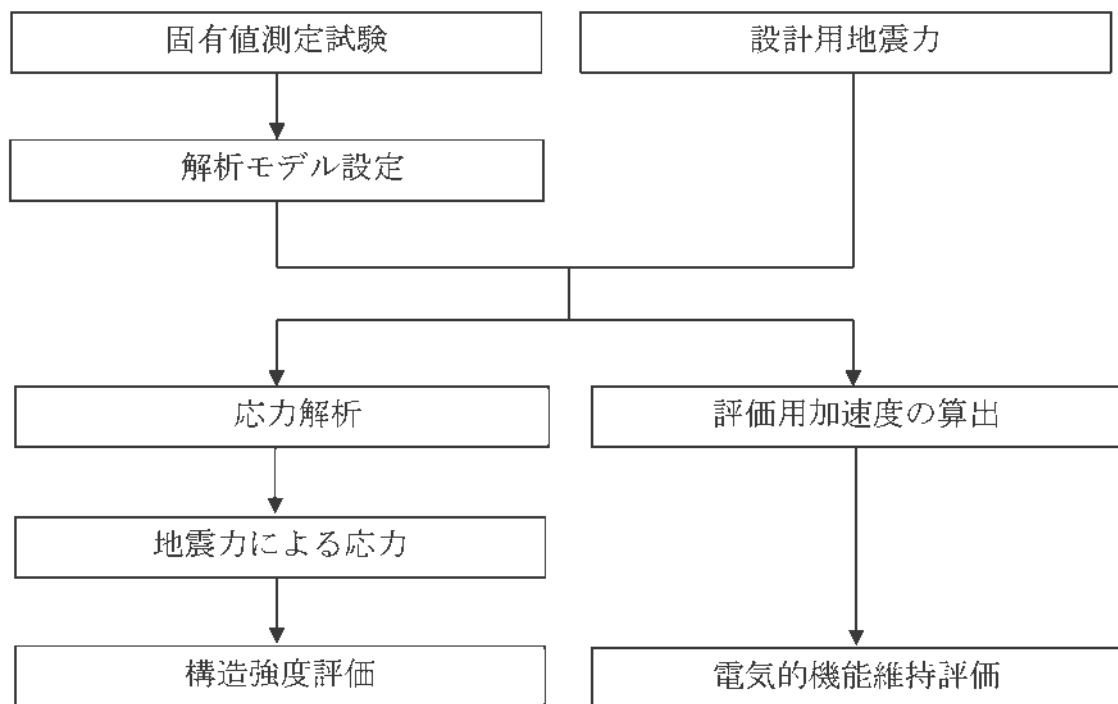
全域ハロン自動消火設備制御盤は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」にて設定している機能維持評価の方針に従い、電氣的機能維持評価を実施する。

全域ハロン自動消火設備制御盤の電氣的機能維持評価は、「3. 地震応答解析」及び「5. 機能維持評価」に示す方法により、「6. 評価条件」に示す評価条件を用い、「7. 耐震評価結果」において全域ハロン自動消火設備制御盤の最大床加速度が機能確認済加速度を超えないことを確認する。全域ハロン自動消火設備制御盤の耐震評価フローを第 2-2 図に示す。

## 2.4 適用規格

適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(JSME S NC1-2012)  
日本機械学会
- ・「発電用原子力設備規格 材料規格」(JSME S NJ1-2012)  
日本機械学会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987) 日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編」  
(JEAG4601・補-1984) 日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991 追補版) 日本電気協会



第2-2図 全域ハロン自動消火設備制御盤の耐震評価フロー

### 3. 地震応答解析

#### 3.1 基本方針

全域ハロン自動消火設備制御盤は、別添 1-1 の「4.1 地震応答解析」にて設定している評価方針に従い、「3.2 解析方法」に示す方法により、「3.3 固有値解析結果」において全域ハロン自動消火設備制御盤の固有振動数を評価する。

#### 3.2 解析方法

全域ハロン自動消火設備制御盤は固定金具等の支持構造物も含めた全域ハロン自動消火設備制御盤の設置状態を模擬し、正弦波掃引試験を実施する。

#### 3.3 固有値解析結果

「3.2 解析方法」に示す正弦波掃引試験にて測定した全域ハロン自動消火設備制御盤の固有値解析結果を第 3-1 表に示す。

第 3-1 表 全域ハロン自動消火設備制御盤の固有振動数

設備名称	方向	固有振動数 (Hz)
全域ハロン自動消火設備 制御盤	前後	30 以上
	左右	30 以上
	上下	30 以上

## 4. 応力評価

### 4.1 基本方針

全域ハロン自動消火設備制御盤は、別添 1-1 の「4.2 応力評価」にて設定している評価方針に従い、応力評価を実施する。

全域ハロン自動消火設備制御盤の応力評価は、「4.2 評価対象部位」に示す評価対象部位が、「4.3 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せに対し「4.4 許容限界」に示す許容限界に収まることを、「4.5 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 4.2 評価対象部位

全域ハロン自動消火設備制御盤の評価対象部位は、別添 1-1 の「3.2 許容限界」にて設定しているとおり、評価対象部位である据付ボルト及び取付ボルトとする。

### 4.3 荷重及び荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、別添 1-1 の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。

#### 4.3.1 荷重の種類

応力評価に用いる荷重は、以下の荷重を用いる。

##### (1) 死荷重(D)

死荷重は、全域ハロン自動消火設備制御盤の自重とする。

##### (2) 地震荷重(Ss)

地震荷重は、基準地震動 Ss による地震力とする。

#### 4.3.2 荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重の組合せは、全域ハロン自動消火設備制御盤の評価対象部位ごとに設定する。荷重の組合せを第4-1表に示す。

第4-1表 荷重の組合せ

設備名称	評価対象部位	荷重の組合せ
全域ハロン自動消火設備 制御盤	据付ボルト	D+Ss
	取付ボルト	D+Ss

#### 4.4 許容限界

全域ハロン自動消火設備制御盤の許容限界は、「4.2 評価対象部位」にて設定している評価対象部位の機能損傷モードを考慮し、別添 1-1 の「3.2 許容限界」にて設定している許容限界に従い、許容応力状態IV<sub>AS</sub>の許容応力とする。

各評価対象部位の許容限界を第 4-2 表に示す。

第 4-2 表 据付ボルト及び取付ボルトの許容限界

評価対象部位	耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許容限界 <sup>(G1)</sup> <sup>(G2)</sup>	
				一次応力	
				引張 <sup>(G3)</sup>	せん断 <sup>(G3)</sup>
据付ボルト 取付ボルト	—	D+Ss	IV <sub>AS</sub>	1.5f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5f <sub>s</sub> <sup>*</sup>

(注 1) f<sub>t</sub><sup>\*</sup>, f<sub>s</sub><sup>\*</sup> : JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(1)a 本文中 Sy 及び Sy(RT)を 1.2Sy 及び 1.2Sy(RT)と読み替えて算出した値 (JSME S NC1-2012 SSB-3133)。但し、Sy 及び 0.7Su のいずれか小さい方の値とする。

(注 2) JEAG4601・補-1984 の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

(注 3) ボルトにせん断力が作用する場合、組合せ評価を実施する。その際の許容応力値は、JSME S NC1-2012 SSB-3133 に基づき、Min (1.4(1.5f<sub>t</sub><sup>\*</sup>) - 1.6 τ<sub>b</sub>, 1.5f<sub>t</sub><sup>\*</sup>) とする。



#### 4.5 評価方法

全域ハロン自動消火設備制御盤の応力評価は、別添 1-1 の「4.2 応力評価」にて設定している壁掛け型の評価式より評価対象部位の発生応力を計算し、許容応力以下となることを次のとおり確認する。

- 応力評価モデルは 1 質点系モデルとし、盤の重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- 許容応力について JSME S NJ1-2012 の Part3 を用いて計算する際に、温度が図表記載温度の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。  
但し、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

#### 4.5.1 記号の定義

据付ボルト及び取付ボルトの応力評価に使用する記号の定義を第 4-3 表から第 4-4 表に示す。

第 4-3 表 据付ボルトの応力評価に使用する記号の定義 (1/2)

記号	記号の説明	単位
$W_1$	機器質量	kg
$n_{a1}$	各列の据付ボルト本数	本
$n_{a2}$		
$n_{a3}$		
$N_1$	据付ボルト総数	本
$d_1$	据付ボルト呼び径	mm
$S_1$	据付ボルト断面積	mm <sup>2</sup>
$\alpha_H$	水平震度	—
$\alpha_V$	鉛直震度	
$g$	重力加速度	m/s <sup>2</sup>
$l_1$	支点より機器重心までの水平距離	mm
$h_1$	支点より機器重心までの鉛直距離	mm
$l_1'$	水平方向の据付ボルト間距離	mm
$h_{11}'$	鉛直方向の据付ボルト間距離	mm
$h_{12}'$		
$h_{13}'$		
$l_{a1}$	支点よりの据付ボルト間距離 (前後方向)	mm
$l_{a2}$		
$l_{a3}$		
$l_{b1}$	支点よりの据付ボルト間距離 (左右方向)	mm
$l_{b2}$		
$l_{b3}$		
$l_{b4}$		
$l_{b5}$		
$l_{b6}$		
$l_{b7}$		

第 4-3 表 据付ボルトの応力評価に使用する記号の定義 (2/2)

記号	記号の説明	単位
$\sigma_{a1}$	各据付ボルトにかかる引張応力 (前後方向)	MPa
$\sigma_{a2}$		
$\sigma_{a3}$		
$\sigma_{b1}$	各据付ボルトにかかる引張応力 (左右方向)	MPa
$\sigma_{b2}$		
$\sigma_{b3}$		
$\sigma_{b4}$		
$\sigma_{b5}$		
$\sigma_{b6}$		
$\sigma_{b7}$		
$\sigma_{amax}$	最大引張応力 (前後方向)	MPa
$\sigma_{bmax}$	最大引張応力 (左右方向)	MPa
$\tau_a$	各据付ボルトにかかるせん断応力 (前後方向)	MPa
$\tau_b$	各据付ボルトにかかるせん断応力 (左右方向)	MPa

第4-4表 取付ボルトの応力評価に使用する記号の定義 (1/2)

記号	記号の説明	単位
$W_2$	機器質量	kg
$n_{c1}$	各列の取付ボルト本数	本
$n_{c2}$		
$n_{c3}$		
$N_2$	取付ボルト総数	本
$d_2$	取付ボルト呼び径	mm
$S_2$	取付ボルト断面積	mm <sup>2</sup>
$\alpha_H$	水平震度	—
$\alpha_V$	鉛直震度	—
$g$	重力加速度	m/s <sup>2</sup>
$l_2$	支点より機器重心までの水平距離	mm
$h_2$	支点より機器重心までの鉛直距離	mm
$l_2'$	水平方向の取付ボルト間距離	mm
$h_{21}'$	鉛直方向の取付ボルト間距離	mm
$h_{22}'$		
$h_{23}'$		
$l_{c1}$	支点よりの取付ボルト間距離 (前後方向)	mm
$l_{c2}$		
$l_{c3}$		
$l_{d1}$	支点よりの取付ボルト間距離 (左右方向)	mm
$l_{d2}$		
$l_{d3}$		
$l_{d4}$		
$l_{d5}$		
$l_{d6}$		

第 4-4 表 取付ボルトの応力評価に使用する記号の定義 (2/2)

記号	記号の説明	単位
$\sigma_{c1}$	各取付ボルトにかかる引張応力 (前後方向)	MPa
$\sigma_{c2}$		
$\sigma_{c3}$		
$\sigma_{d1}$	各取付ボルトにかかる引張応力 (左右方向)	MPa
$\sigma_{d2}$		
$\sigma_{d3}$		
$\sigma_{d4}$		
$\sigma_{d5}$		
$\sigma_{d6}$		
$\sigma_{cmax}$	最大引張応力 (前後方向)	MPa
$\sigma_{dmax}$	最大引張応力 (左右方向)	MPa
$\tau_c$	各取付ボルトにかかるせん断応力 (前後方向)	MPa
$\tau_d$	各取付ボルトにかかるせん断応力 (左右方向)	MPa

#### 4.5.2 応力評価モデル及び評価式

応力評価モデルは、1 質点系モデルであり、全域ハロン自動消火設備制御盤の重心位置に地震荷重が作用するものとする。

全域ハロン自動消火設備制御盤は「2.2 構造概要」の第 2-1 表に示すとおり、据付ボルト及び取付ボルトにより据え付けるため、据付ボルト及び取付ボルトは、それぞれに対し応力評価モデル及び評価式にて評価する。

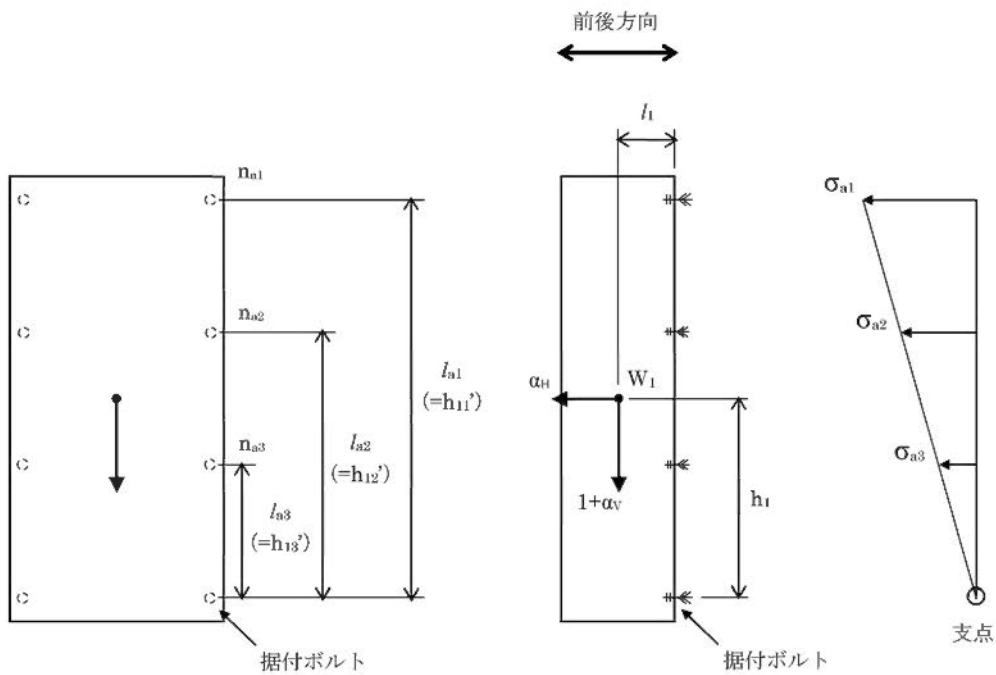
ここで盤正面に直行する方向を前後方向、盤正面と平行な方向を左右方向とする。

(1) 全域ハロン自動消火設備制御盤

a. 据付ボルトの構造強度評価

(a) 前後方向

据付ボルトの前後方向に対応する応力評価モデルを第 4-1 図に示し、評価式を以下に示す。



第 4-1 図 据付ボルトの応力評価モデル（前後方向）

- 最大引張応力  $\sigma_{\text{amax}}$  の算出

応力は支点からの距離に比例することから、

$$\frac{\sigma_{a1}}{l_{a1}} = \frac{\sigma_{a2}}{l_{a2}} = \frac{\sigma_{a3}}{l_{a3}} \quad \text{---- ①}$$

モーメントの釣合式より、

$$\sigma_{a1} l_{a1} n_{a1} S_1 + \sigma_{a2} l_{a2} n_{a2} S_1 + \sigma_{a3} l_{a3} n_{a3} S_1 = W_1 g \alpha_H h_1 + W_1 g (1 + \alpha_V) l_1 \quad \text{---- ②}$$

式①②より、

$$\sigma_{a1} = \frac{W_1 l_{a1} g (\alpha_H h_1 + (1 + \alpha_V) l_1)}{S_1 (l_{a1}^2 n_{a1} + l_{a2}^2 n_{a2} + l_{a3}^2 n_{a3})} = \sigma_{\text{amax}}$$

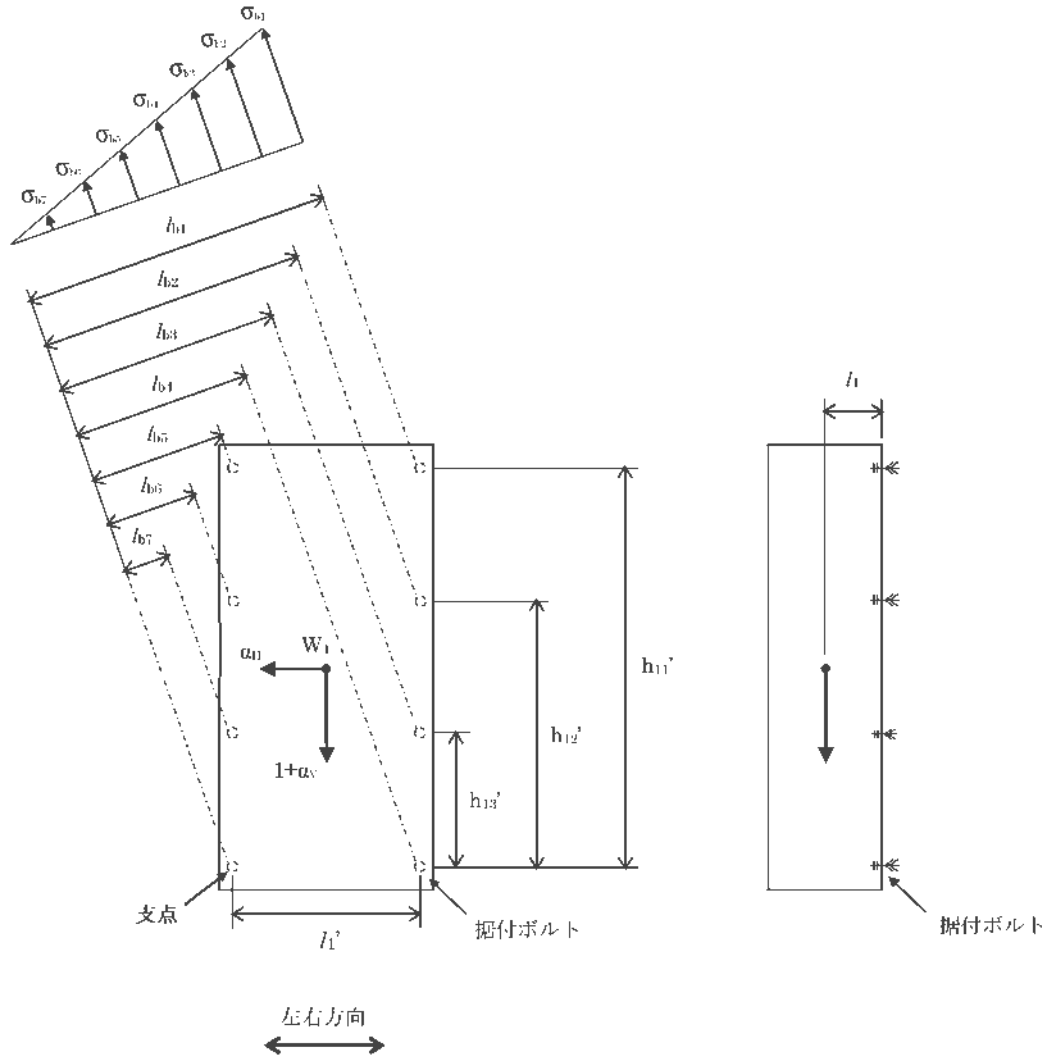
- せん断応力  $\tau_a$  の算出

$$\tau_a = \frac{W_1 g (1 + \alpha_V)}{N_1 S_1}$$



(b) 左右方向

据付ボルトの左右方向に対応する応力評価モデルを第 4-2 図に示し、評価式を以下に示す。



第 4-2 図 据付ボルトの応力評価モデル (左右方向)

・最大引張応力  $\sigma_{bmax}$  の算出

応力は支点からの距離に比例することから、

$$\frac{\sigma_{b1}}{l_{b1}} = \frac{\sigma_{b2}}{l_{b2}} = \frac{\sigma_{b3}}{l_{b3}} = \frac{\sigma_{b4}}{l_{b4}} = \frac{\sigma_{b5}}{l_{b5}} = \frac{\sigma_{b6}}{l_{b6}} = \frac{\sigma_{b7}}{l_{b7}} \quad \text{---- ①}$$

モーメントの釣合式より、

$$l_{b1}S_1\sigma_{b1} + l_{b2}S_1\sigma_{b2} + l_{b3}S_1\sigma_{b3} + l_{b4}S_1\sigma_{b4} + l_{b5}S_1\sigma_{b5} + l_{b6}S_1\sigma_{b6} + l_{b7}S_1\sigma_{b7} \\ = W_1l_1g\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2} \quad \dots \textcircled{2}$$

式①②より

$$\sigma_{b1} = \frac{W_1l_1g\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2} \cdot l_{b1}}{S_1(l_{b1}^2 + l_{b2}^2 + l_{b3}^2 + l_{b4}^2 + l_{b5}^2 + l_{b6}^2 + l_{b7}^2)} = \sigma_{bmax}$$

ここで、

$$l_{b1} = l_1' \cos\theta + h_{11}' \sin\theta$$

$$l_{b2} = l_1' \cos\theta + h_{12}' \sin\theta$$

$$l_{b3} = l_1' \cos\theta + h_{13}' \sin\theta$$

$$l_{b4} = l_1' \cos\theta$$

$$l_{b5} = h_{11}' \sin\theta$$

$$l_{b6} = h_{12}' \sin\theta$$

$$l_{b7} = h_{13}' \sin\theta$$

ただし、  $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{1 + \alpha_V}{\alpha_H}\right)$

・せん断応力  $\tau_b$  の算出

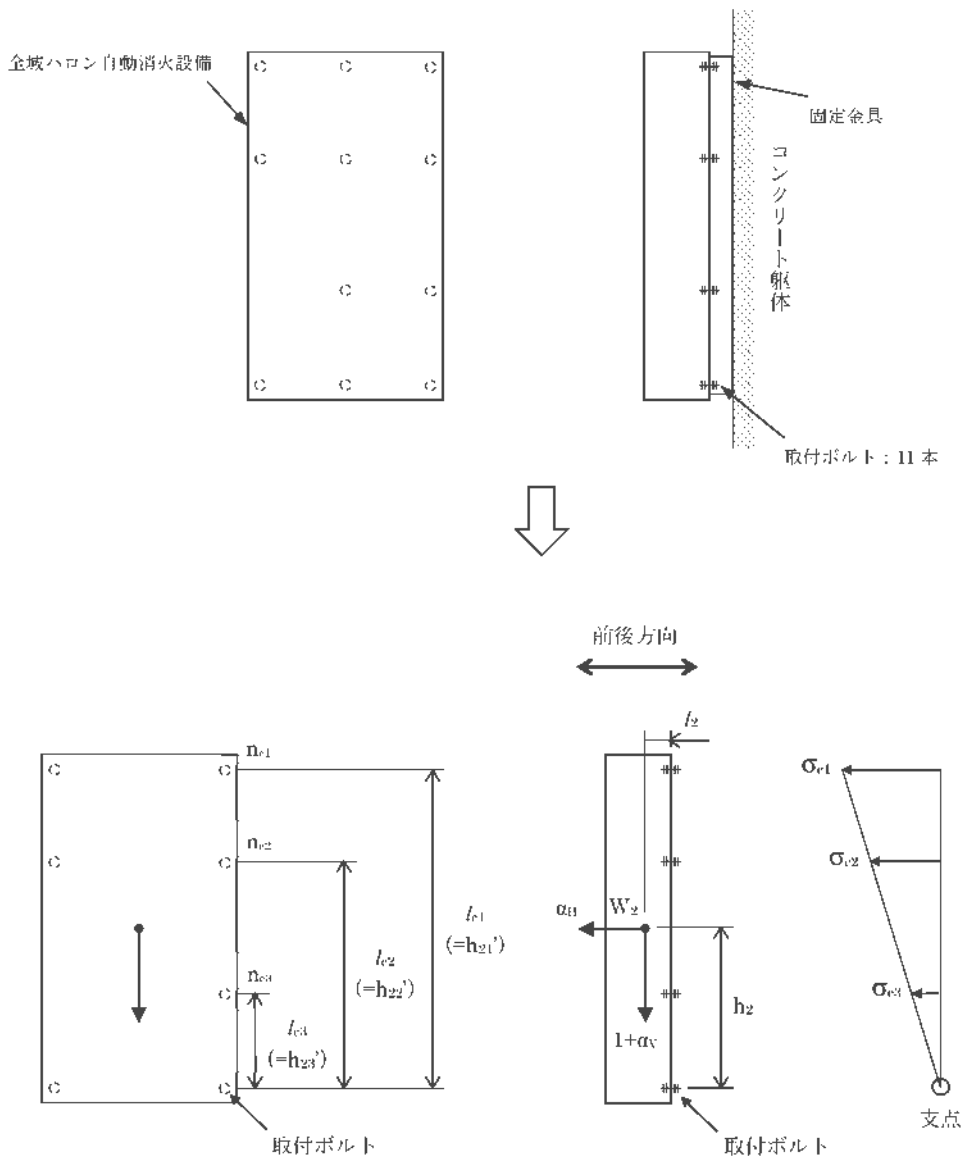
$$\tau_b = \frac{W_1g\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2}}{N_1S_1}$$

b. 取付ボルトの構造強度評価

「2.2 構造概要」の第2-1図に示すとおり、盤背面は11本の取付ボルトで支持されているが、中央列の取付ボルトの強度には期待せず、両端7本のみで支持されることとして評価する。

(a) 前後方向

取付ボルトの前後方向に対応する応力評価モデルを第4-3図に示し、評価式を以下に示す。



第4-3図 取付ボルトの応力評価モデル（前後方向）

- 最大引張応力  $\sigma_{cmax}$  の算出  
 応力は支点からの距離に比例することから、

$$\frac{\sigma_{c1}}{l_{c1}} = \frac{\sigma_{c2}}{l_{c2}} = \frac{\sigma_{c3}}{l_{c3}} \quad \dots \textcircled{1}$$

モーメントの釣合式より、

$$\sigma_{c1} l_{c1} n_{c1} S_2 + \sigma_{c2} l_{c2} n_{c2} S_2 + \sigma_{c3} l_{c3} n_{c3} S_2 = W_2 g \alpha_H h_2 + W_2 g (1 + \alpha_V) l_2 \quad \dots \textcircled{2}$$

式①②より、

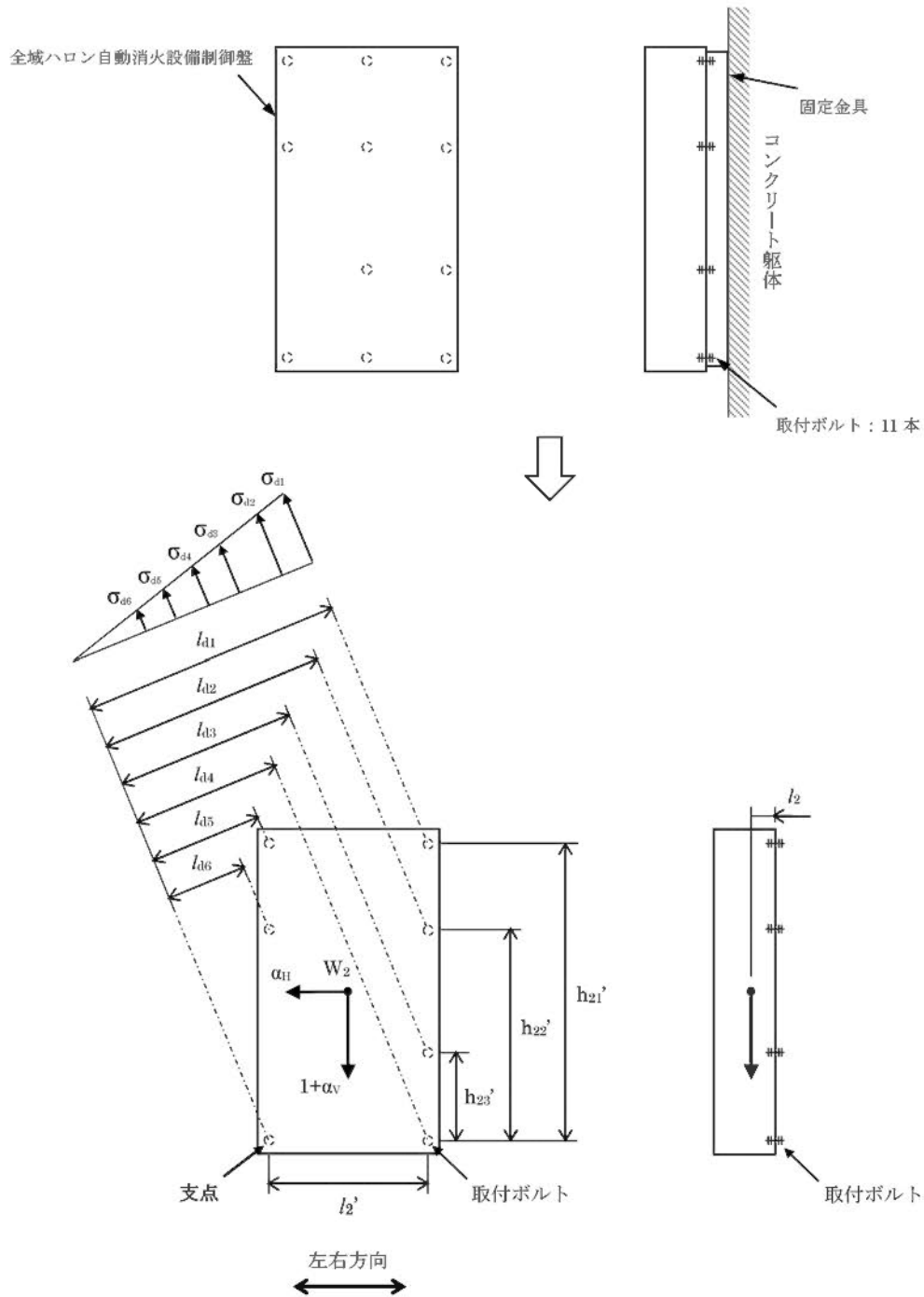
$$\sigma_{c1} = \frac{W_2 l_{c1} g (\alpha_H h_2 + (1 + \alpha_V) l_2)}{S_2 (l_{c1}^2 n_{c1} + l_{c2}^2 n_{c2} + l_{c3}^2 n_{c3})} = \sigma_{cmax}$$

- せん断応力  $\tau_c$  の算出

$$\tau_c = \frac{W_2 g (1 + \alpha_V)}{N_2 S_2}$$

(b) 左右方向

取付ボルトの左右方向に対応する応力評価モデルを第 4-4 図に示し、評価式を以下に示す。



第 4-4 図 取付ボルトの応力評価モデル (左右方向)

・最大引張応力  $\sigma_{dmax}$  の算出

応力は支点からの距離に比例することから、

$$\frac{\sigma_{d1}}{l_{d1}} = \frac{\sigma_{d2}}{l_{d2}} = \frac{\sigma_{d3}}{l_{d3}} = \frac{\sigma_{d4}}{l_{d4}} = \frac{\sigma_{d5}}{l_{d5}} = \frac{\sigma_{d6}}{l_{d6}} \quad \dots \textcircled{1}$$

モーメントの釣合式より、

$$\begin{aligned} & l_{d1}S_2\sigma_{d1} + l_{d2}S_2\sigma_{d2} + l_{d3}S_2\sigma_{d3} + l_{d4}S_2\sigma_{d4} + l_{d5}S_2\sigma_{d5} + l_{d6}S_2\sigma_{d6} \\ &= W_2l_2g\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2} \quad \dots \textcircled{2} \end{aligned}$$

式①②より

$$\sigma_{d1} = \frac{W_2l_2g\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2} \cdot l_{d1}}{S_2(l_{d1}^2 + l_{d2}^2 + l_{d3}^2 + l_{d4}^2 + l_{d5}^2 + l_{d6}^2)} = \sigma_{dmax}$$

ここで、

$$\begin{aligned} l_{d1} &= l_2' \cos\theta + h_{21}' \sin\theta \\ l_{d2} &= l_2' \cos\theta + h_{22}' \sin\theta \\ l_{d3} &= l_2' \cos\theta + h_{23}' \sin\theta \\ l_{d4} &= l_2' \cos\theta \\ l_{d5} &= h_{21}' \sin\theta \\ l_{d6} &= h_{22}' \sin\theta \end{aligned}$$

ただし、  $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{1 + \alpha_V}{\alpha_H}\right)$

・せん断応力  $\tau_d$  の算出

$$\tau_d = \frac{W_2g\sqrt{\alpha_H^2 + (1 + \alpha_V)^2}}{N_2S_2}$$

## 5. 機能維持評価

### 5.1 基本方針

全域ハロン自動消火設備制御盤は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」にて設定している評価方針に従い、機能維持評価を実施する。

全域ハロン自動消火設備制御盤の機能維持評価は、「5.2 評価対象部位」に示す評価対象部位が、「5.3 許容限界」に示す許容限界に収まることを、「5.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 5.2 評価対象部位

全域ハロン自動消火設備制御盤の評価対象部位は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」の評価方針にて設定しているとおり、地震時及び地震後に電氣的機能の保持が必要な全域ハロン自動消火設備制御盤本体とする。

### 5.3 許容限界

全域ハロン自動消火設備制御盤の許容限界は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」にて設定している機能確認済加速度とする。

全域ハロン自動消火設備制御盤の機能確認済加速度を第 5-1 表に示す。

第 5-1 表 全域ハロン自動消火設備制御盤の機能確認済加速度

設備名称	加速度確認箇所	機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	
		水平方向	鉛直方向
全域ハロン自動消火設備 制御盤	加振台への 取付位置	4.0	3.0

### 5.4 評価方法

全域ハロン自動消火設備制御盤の機能維持評価は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」にて設定している評価方針に従い、全域ハロン自動消火設備制御盤の評価用加速度が機能確認済加速度以下となることを確認する。

## 6. 評価条件

「4. 応力評価」及び「5. 機能維持評価」に用いる評価条件を以下に示す。

### 6.1 応力評価条件

#### 6.1.1 設計用地震力

全域ハロン自動消火設備制御盤の設計用地震力は、第 6-1 表に示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。全域ハロン自動消火設備制御盤の設置場所は 1 箇所に限定されず複数箇所に設置されるため、設計用床応答曲線は、別添 1-1 の「4.1.1 入力地震動」に示す地震動における、機器設置場所のうち加速度( $S_s$ )が最も大きくなる場所を選定する。(今回対象は 1 面のみ)

第 6-1 表 設計用地震力

地震動	設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備考
		建屋 <sup>(注1)</sup> 及び高さ (m)	方向	<sup>(注2)</sup> 減衰定数 (%)	
基準 地震動 $S_s$	緊急時対策棟 EL.30.75	緊急時対策棟 EL.37.60	水平	1.0	水平方向は $S_s$ -1~ $S_s$ -5 の X 方向及び Y 方向の包絡曲線を用いる。 鉛直方向は $S_s$ -1~ $S_s$ -5 の包絡曲線を用いる。
		緊急時対策棟 EL.37.60	鉛直	1.0	

(注 1) 機器設置場所のうち加速度( $S_s$ )が最も大きくなる場所を選定する。

(注 2) 別添 1-1 の「4.1.3 設計用減衰定数」に示す減衰定数とする。



### 6.1.2 許容応力条件

第 6-2 表に全域ハロン自動消火設備制御盤の許容応力評価条件を示す。

第 6-2 表 全域ハロン自動消火設備制御盤の許容応力評価条件

評価部位	材 質	温度条件 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F* (MPa)
据付ボルト	SS400 相当	40 (雰囲気温度)	245	400	280
取付ボルト	SS400	40 (雰囲気温度)	245	400	280

記号の定義  
S<sub>y</sub> : 設計降伏点 JSME S NJ1-2012 の Part3 表 6 に規定される値  
S<sub>u</sub> : 設計引張強さ JSME S NJ1-2012 の Part3 表 7 に規定される値  
F\* : JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(1)により規定される値

### 6.1.3 応力評価モデルの諸元

応力評価に使用する設計用加速度は、最小の固有振動数における応答加速度と、最大床加速度の 1.2 倍の大きい方の値を使用する。

全域ハロン自動消火設備制御盤における据付ボルトの応力評価モデルの諸元を第 6-3 表に、取付ボルトの応力評価モデルの諸元を第 6-4 表に、全域ハロン自動消火設備制御盤の設計用加速度を第 6-5 表に示す。

#### (1) 全域ハロン自動消火設備制御盤

第 6-3 表 据付ボルトの応力評価モデルの諸元

項目	記号	単位	数値
機器質量	$W_1$	kg	138
重力加速度	$g$	m/s <sup>2</sup>	9.80665
支点より機器重心までの水平距離	$l_1$	mm	108
支点より機器重心までの鉛直距離	$h_1$	mm	544
水平方向の据付ボルト間距離	$l_1'$	mm	660
鉛直方向の据付ボルト間距離	$h_{11}'$	mm	1220
	$h_{12}'$	mm	820
	$h_{13}'$	mm	400
据付ボルト呼び径	$d_1$	mm	12
据付ボルト断面積	$S_1$	mm <sup>2</sup>	84.3
各列の据付ボルト本数	$n_{a1}$	本	2
	$n_{a2}$	本	2
	$n_{a3}$	本	2
据付ボルト総数	$N_1$	本	8

第6-4表 取付ボルトの応力評価モデルの諸元

項目	記号	単位	数値
機器質量	$W_2$	kg	78
重力加速度	$g$	m/s <sup>2</sup>	9.80665
支点より機器重心までの 水平距離	$l_2$	mm	8
支点より機器重心までの 鉛直距離	$h_2$	mm	551
水平方向の取付ボルト間 距離	$l_2'$	mm	660
鉛直方向の取付ボルト間 距離	$h_{21}'$	mm	1230
	$h_{22}'$	mm	870
	$h_{23}'$	mm	370
取付ボルト呼び径	$d_2$	mm	12
取付ボルト断面積	$S_2$	mm <sup>2</sup>	84.3
各列の取付ボルト本数	$n_{c1}$	本	2
	$n_{c2}$	本	2
	$n_{c3}$	本	1
取付ボルト総数	$N_2$	本	7

第6-5表 全域ハロン自動消火設備制御盤の設計用加速度

項目	記号	設計用加速度 (×9.8m/s <sup>2</sup> )
水平	$\alpha_H$	2.088
鉛直	$\alpha_V$	0.900

## 6.2 機能維持評価条件

### 6.2.1 設計用地震力

全域ハロン自動消火設備制御盤の機能維持評価に用いる設計用地震力は、「6.1.1 設計用地震力」に示す。

### 6.2.2 評価用加速度

全域ハロン自動消火設備制御盤は、30Hz 未満の固有振動数を含めて正弦波加振試験を実施していることから、全域ハロン自動消火設備制御盤の機能維持評価に用いる評価用加速度は「6.2.1 設計用地震力」で設定している設計用床応答曲線の最大床加速度を使用する。

全域ハロン自動消火設備制御盤の評価用加速度を第 6-6 表に示す。

第 6-6 表 全域ハロン自動消火設備制御盤の評価用加速度

機器名称	項目	評価用加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )
全域ハロン自動消火設備 制御盤	水平	1.74
	鉛直	0.75

## 7. 耐震評価結果

全域ハロン自動消火設備制御盤の応力評価結果及び電氣的機能維持評価結果を第7-1表及び第7-2表に示す。

据付ボルト及び取付ボルトの発生応力は許容応力以下であり、全域ハロン自動消火設備制御盤の評価用加速度は機能確認済加速度以下である。

したがって、全域ハロン自動消火設備制御盤は、地震時及び地震後においても、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、火災を早期に消火する機能を保持するため、耐震性を有する。

第7-1表 全域ハロン自動消火設備制御盤の応力評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	方向	発生値	評価基準値
				MPa	MPa
全域ハロン自動 消火設備 制御盤	据付ボルト	引張応力	前後	6	210
			左右	2	
		せん断応力	前後	4	160
			左右	6	
		組合せ応力	前後	6	210
			左右	2	
	取付ボルト	引張応力	前後	3	210
			左右	1	
		せん断応力	前後	3	160
			左右	4	
		組合せ応力	前後	3	210
			左右	1	

第7-2表 全域ハロン自動消火設備制御盤の機能維持評価結果

設備名称	機能確認済加速度との比較				詳細評価	
	加速度確認 部位	水平加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		鉛直加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		
		評価用 加速度	機能確認済 加速度	評価用 加速度		機能確認済 加速度
全域ハロン自動消火設備制御 盤	加振台への 取付位置	1.74	5.5	0.75	2.0	—

ハロンガス供給配管の耐震計算書



# 目 次

	頁
1. 概 要 .....	12 (3) - 別添 1 - 7 - 1
2. 基本方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 7 - 2
2.1 位 置 .....	12 (3) - 別添 1 - 7 - 2
2.2 構造概要 .....	12 (3) - 別添 1 - 7 - 2
2.3 評価方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 7 - 3
2.4 適用規格 .....	12 (3) - 別添 1 - 7 - 3
3. 耐震評価 .....	12 (3) - 別添 1 - 7 - 4
3.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 1 - 7 - 4
3.2 評価対象部位 .....	12 (3) - 別添 1 - 7 - 4
3.3 荷重及び荷重の組合せ .....	12 (3) - 別添 1 - 7 - 4
3.4 許容限界 .....	12 (3) - 別添 1 - 7 - 5
3.5 評価方法 .....	12 (3) - 別添 1 - 7 - 6
4. 評価条件 .....	12 (3) - 別添 1 - 7 - 7
4.1 設計用地震力 .....	12 (3) - 別添 1 - 7 - 7
4.2 配管仕様 .....	12 (3) - 別添 1 - 7 - 7
5. 耐震評価結果 .....	12 (3) - 別添 1 - 7 - 8

## 1. 概 要

本資料は、別添 1-1「火災防護設備の耐震計算の方針」（以下「別添 1-1」という。）に示すとおり、ハロンガス供給配管が、地震時及び地震後においても、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、火災を早期に消火する機能を保持するために、耐震性を有することを確認するものである。

## 2. 基本方針

別添 1-1 の「2.1 評価対象設備」に示すハロンガス供給配管の構造計画を、「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」に示す。

### 2.1 位置

ハロンガス供給配管は、別添 1-1 の「2.1 評価対象設備」のうち構造計画に示すとおり、全域ハロン自動消火設備の消火対象である複数の火災区域又は火災区画に設置する。

### 2.2 構造概要

ハロンガス供給配管の構造は、別添 1-1 の「2.1 評価対象設備」に示す構造としており、ハロンガス供給配管の構造計画を第 2-1 表に示す。

第 2-1 表 ハロンガス供給配管の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
ハロンガス供給配管	ハロンガス供給配管	ハロンガス供給配管は、支持装置及び支持架構から構成される支持構造物を据付ボルトによりコンクリート躯体に据え付ける。	<p>ハロンガス供給配管の支持構造例</p>

## 2.3 評価方針

緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る常設重大事故緩和設備を設置する建屋である緊急時対策棟のハロンガス供給配管（以下「ハロンガス供給配管」という。）は、別添 1-1 の「4.2 応力評価」に示す応力評価の方針に従い、耐震評価を実施する。

ハロンガス供給配管の耐震評価は、「3. 耐震評価」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「5. 耐震評価結果」においてハロンガス供給配管の支持間隔及びハロンガス供給配管の評価対象部位に発生する応力が許容限界に収まることを確認する。

## 2.4 適用規格

適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」（JSME S NC1-2012）日本機械学会
- ・「発電用原子力設備規格 材料規格」（JSME S NJ1-2012）日本機械学会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」（JEAG4601-1987）日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編」（JEAG4601・補-1984）日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」（JEAG4601-1991 追補版）日本電気協会

### 3. 耐震評価

#### 3.1 基本方針

ハロンガス供給配管は、別添 1-1 の「4.2 応力評価」に示す評価方針に従い、耐震評価を実施する。

ハロンガス供給配管の耐震評価は、「3.2 評価対象部位」に示す評価対象部位が、「3.3 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せに対し「3.4 許容限界」に示す許容限界に収まることを、「3.5 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

#### 3.2 評価対象部位

ハロンガス供給配管は、別添 1-1 の「3.2 許容限界」に示すハロンガス供給配管を評価対象部位とする。

#### 3.3 荷重及び荷重の組合せ

ハロンガス供給配管の耐震評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、別添 1-1 の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを用いる。

##### 3.3.1 荷重の種類

耐震評価に用いる荷重は、以下の荷重を用いる。

(1) 死荷重(D)

死荷重は、ハロンガス供給配管の自重とする。

(2) 内圧荷重( $P_D$ )

内圧荷重は、ハロンガス供給配管に設計上定める最高使用圧力による荷重とする。

(3) 地震荷重( $S_s$ )

地震荷重は、基準地震動  $S_s$  による地震力とする。

### 3.3.2 荷重の組合せ

耐震評価に用いる荷重の組合せは、ハロンガス供給配管の評価対象部位に対して設定する。荷重の組合せを第3-1表に示す。

第3-1表 荷重の組合せ

設備名称	評価対象部位	荷重の組合せ
ハロンガス供給配管	ハロンガス供給配管	D+P <sub>D</sub> +S <sub>s</sub>

### 3.4 許容限界

ハロンガス供給配管の許容限界は、「3.2 評価対象部位」に示す評価対象部位の機能損傷モードを考慮し、別添1-1の「3.2 許容限界」に示す許容限界に従い、許容応力状態IV<sub>AS</sub>の許容応力とする。

ハロンガス供給配管の許容限界を第3-2表に示す。

第3-2表 ハロンガス供給配管の許容限界

評価対象部位	荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界 <sup>(注1)</sup>		
			一次応力 (曲げ応力含む)	一次+二次応力	一次+二次+ピーク応力
ハロンガス供給配管	D+P <sub>D</sub> +S <sub>s</sub>	IV <sub>AS</sub>	0.9S <sub>u</sub>	S <sub>s</sub> 地震動のみによる疲労解析 <sup>(注2)</sup> を行い、疲労累積係数が1.0以下であること。但し、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が2S <sub>y</sub> 以下であれば、疲労解析は行わない。	

(注1) JEAG4601・補-1984の「第4種管の許容応力」に準じて設定する。

(注2) 2S<sub>y</sub>を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、JSME NC1-2012 PPB-3536(同(3)、(6)及び(7)を除く。また、S<sub>m</sub>は2/3S<sub>y</sub>に読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いる。

### 3.5 評価方法

ハロンガス供給配管は、資料 12-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」（以下「資料 12-12」という。）の「4. 標準支持間隔法による配管の耐震計算について」に示す標準支持間隔法により設計する。

ハロンガス供給配管の曲がり部、質量集中部及び分岐部については、資料 12-12 の「4. 標準支持間隔法による配管の耐震計算について」に示す、それぞれ直管部の標準支持間隔に対する支持間隔比を求め、各要素の支持間隔を算出する。

ハロンガス供給配管の支持構造物は、資料 12-12 の「5. 支持構造物の耐震計算について」に示すとおり、支持構造物に作用する設計用荷重が、支持構造物の型式ごとに示す定格荷重又は最大使用荷重以下となる支持構造物を選定する。

#### 4. 評価条件

##### 4.1 設計用地震力

ハロンガス供給配管の設計用地震力は、資料 12-12 の「4.2.3 (1) 設計用地震力」及び「4.2.3 (2) 床区分」に示す緊急時対策棟の設計用地震力を適用する。

##### 4.2 配管仕様

ハロンガス供給配管の配管仕様は、資料 12-12 の「4.2.3(3) 配管質量」の第 4-2-1 表「配管仕様」に示す配管仕様を適用する。

ハロンガス供給配管の配管仕様を第 4-1 表に示す。

第 4-1 表 ハロンガス供給配管の配管仕様

設備名称	材 料	配管仕様 口径 SCH	資料 12-12 配管仕様表	資料 12-12 配管仕様 番号
ハロンガス 供給配管	ステンレス鋼	1/2B SCH40	第 4-2-1 表	5
		3/4B SCH40	第 4-2-1 表	8
		1B SCH40	第 4-2-1 表	11
		1 1/4B SCH40	第 4-2-1 表	14
		1 1/2B SCH40	第 4-2-1 表	17
		2B SCH40	第 4-2-1 表	20
		2 1/2B SCH40	第 4-2-1 表	23
		3B SCH40	第 4-2-1 表	26



## 5. 耐震評価結果

ハロンガス供給配管の標準支持間隔は、資料 12-12 の「4.9 標準支持間隔」の第 4-4-1 表「標準支持間隔」に示す標準支持間隔を適用し、ハロンガス供給配管の支持間隔が標準支持間隔内に収まる設計とする。

ハロンガス供給配管に適用する標準支持間隔を第 5-1 表に示す。

ハロンガス供給配管の支持構造物は、「3.5 評価方法」に示すとおり設計する。

第 5-1 表 ハロンガス供給配管に適用する標準支持間隔

設備名称	材 料	配管仕様 口径 SCH	資料 12-12 標準支持間隔表
ハロンガス 供給配管	ステンレス鋼	1/2B SCH40	第 4-4-1 表
		3/4B SCH40	第 4-4-1 表
		1B SCH40	第 4-4-1 表
		1 1/4B SCH40	第 4-4-1 表
		1 1/2B SCH40	第 4-4-1 表
		2B SCH40	第 4-4-1 表
		2 1/2B SCH40	第 4-4-1 表
		3B SCH40	第 4-4-1 表

火災防護設備の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の  
組合せに関する影響評価結果

## 目 次

			頁
1. 概 要	.....	12 (3)	別添 1-8-1
2. 火災感知設備及び消火設備に関する影響評価	.....	12 (3)	別添 1-8-1
2.1 基本方針	.....	12 (3)	別添 1-8-1
2.2 評価条件及び評価方法	.....	12 (3)	別添 1-8-1
3. 評価結果	.....	12 (3)	別添 1-8-4
3.1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの 評価設備（部位）の抽出	.....	12 (3)	別添 1-8-4
3.2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価	...	12 (3)	別添 1-8-4
3.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果	.....	12 (3)	別添 1-8-4
4. 影響評価	.....	12 (3)	別添 1-8-5

## 1. 概要

本資料は、別添 1-1「火災防護設備の耐震計算の方針」の「2. 耐震評価の基本方針」に基づき、火災感知設備及び消火設備について、基準地震動  $S_s$  による地震力に対する耐震性を確認しているため、動的地震力の水平 2 方向及び鉛直方向の組合せに関する影響評価について説明するものである。

## 2. 火災感知設備及び消火設備に関する影響評価

### 2.1 基本方針

火災感知設備及び消火設備に関する、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 3-8「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」の評価方針及び評価方法を踏まえて、構造上の特徴を踏まえた抽出を行い、設備が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。

### 2.2 評価条件及び評価方法

平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 3-8「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4. 各施設における水平 2 方向及び鉛直方向地震力に対する影響評価方針」を踏まえて、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して耐震評価を実施する設備のうち、従来の設計手法における水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組み合わせた耐震計算（以下「従来の計算」という。）に対して、設備の構造特性から水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性のあるものを抽出し、設備が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。影響評価のフローを第 2-1 図に示す。

#### (1) 評価対象となる設備の整理

火災感知設備及び消火設備のうち、基準地震動  $S_s$  による地震力に対してその機能が保持できることを確認する設備を評価対象とする。（第 2-1 図①）

#### (2) 構造上の特長による抽出

構造上の特徴から水平 2 方向の地震力が重複する観点にて検討を行い、水平 2 方向地震力による影響の可能性のある設備を抽出する。（第 2-1 図②）

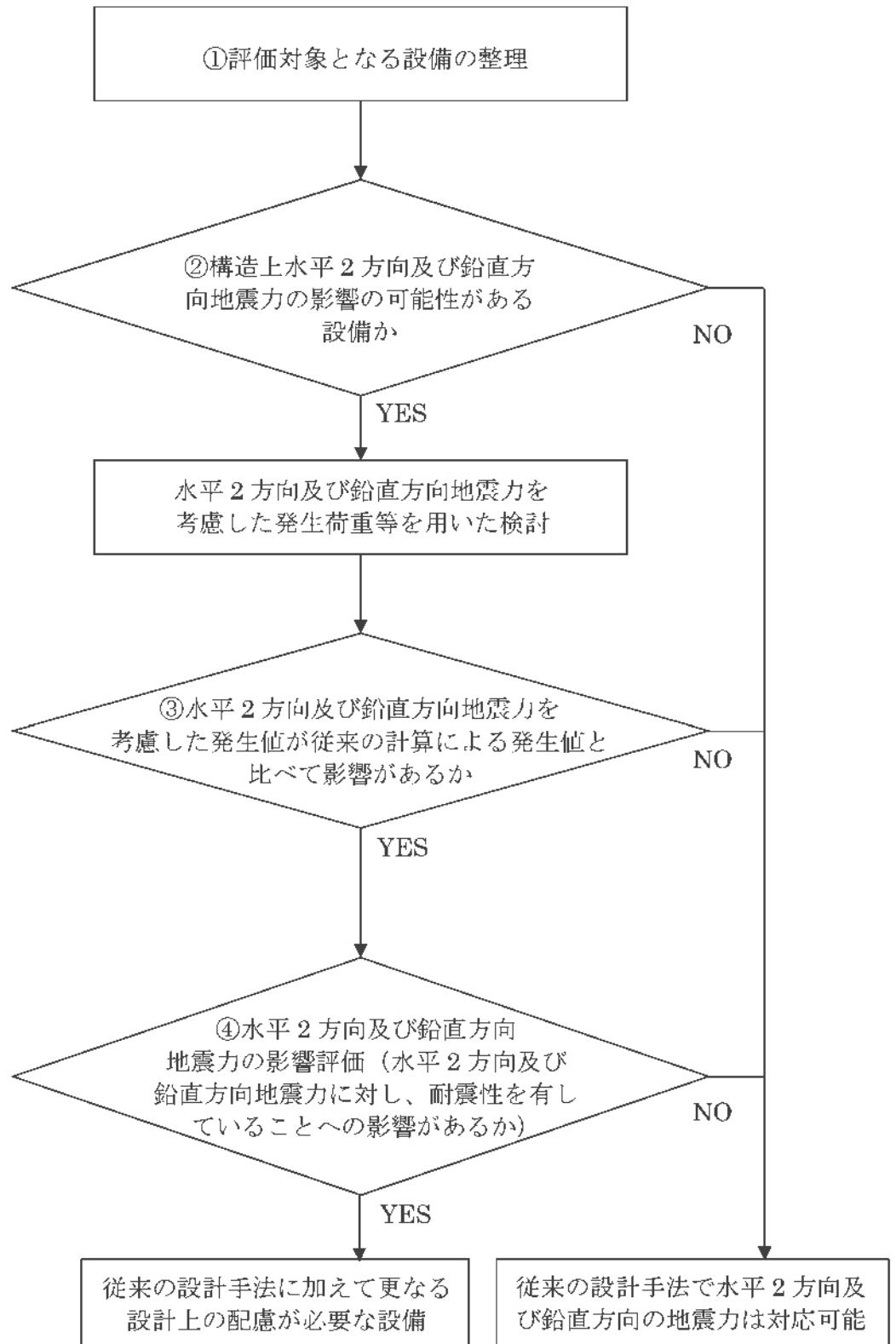
#### (3) 発生値の増分による抽出

水平 2 方向の地震力による影響の可能性のある設備に対して、水平 2 方向の地震

力が各方向 1 : 1 で入力された場合に各部にかかる荷重や応力等を求め、従来の水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した発生値の増分を用いて影響を検討し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。(第 2-1 図③)

(4) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価

③の検討において算出された荷重や応力等を用いて、設備が有する耐震性への影響を検討する。(第 2-1 図④)



第 2-1 図 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価のフロー

### 3. 評価結果

#### 3.1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出

火災防護設備のうち、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価対象設備を第 3-1 表に示す。評価対象設備の各評価部位、応力分類に対し構造上の特徴から水平 2 方向地震力による影響を、資料 12-18「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す以下の項目により検討し、影響の可能性のある設備を抽出した。抽出結果を第 3-2 表に示す。

##### (1) 水平 2 方向の地震力が重複する観点

評価対象設備は、水平 1 方向の地震に加えて、更に水平直交方向に地震力が重複した場合、水平 2 方向の地震力が及ぼす影響検討が必要となる可能性があるものとして抽出した。

##### (2) 水平 1 方向及び鉛直方向地震力に対する水平 2 方向及び鉛直方向地震力の増分の観点

(1)にて影響の可能性のある設備について、水平 2 方向地震力が各方向 1 : 1 で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の水平 1 方向及び鉛直方向地震力の設計手法による発生値と比較し、その増分により影響の程度を確認し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出した。

#### 3.2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

第 3-2 表にて抽出された設備について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を想定した発生値を、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 3-19「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」の方法にて算出した。

#### 3.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果

「3.2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価」にて算出した発生値に対して設備の有する耐震性に及ぼす影響を評価した。

影響評価結果を第 3-3 表に示す。

#### 4. 影響評価

火災防護設備のうち、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響を受ける可能性がある設備（部位）について、従来 of 水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して影響を確認した結果、従来設計の発生値を超えて耐震性への影響が懸念される設備については、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を想定した発生値が評価基準値を満足し、設備が有する耐震性に影響のないことを確認した。

以上のことから、火災防護設備について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力について、火災防護設備が有する耐震性への影響はなく、従来設計手法の妥当性を確認した。



第 3-1 表 水平 2 方向入力の影響検討対象設備

設 備		部 位	
火災感知設備	火災感知器	各部位	
	火災報知盤	各部位	
全域ハロン自動消火設備	ハロンボンベ設備	ラック	各部位
		容器弁	各部位
	ハロンガス供給選択弁		各部位
	全域ハロン自動消火設備制御盤		各部位

第 3-2 表 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果

(凡例) ○：影響の可能性あり  
 △：影響軽微  
 -：該当なし

(1) 構造強度評価

設備（機種）及び部位	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	3.1 項(1)の観点	3.1 項(2)の観点	検討結果
ハロンボンベ設備ラック	○	△	明確な応答軸を有している

(凡例) ○：影響の可能性あり  
 △：影響軽微  
 -：該当なし

(2) 機能維持評価

設備（機種）及び部位	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	3.1 項(1)の観点	3.1 項(2)の観点	検討結果
火災感知器	○	○	影響評価結果は第 3-3 表参照
火災報知盤	○	△	明確な応答軸を有している
ハロンボンベ設備容器弁	○	○	影響評価結果は第 3-3 表参照
全域ハロン自動 消火設備制御盤	○	△	明確な応答軸を有している
ハロンガス供給選択弁	○	○	影響評価結果は第 3-3 表参照

第3-3表 水平2方向及び鉛直方向地震力による影響評価結果

評価対象設備			機能確認済加速度との比較				詳細評価
			加速度確認 部位	水平加速度( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )			
				従来の計算による 応答加速度	2方向想定 応答加速度	機能確認済 加速度	
火災防護 設備	火災感 知器	煙感知器 (アナログ) 熱感知器 (アナログ)	—	2.44	3.46	5.5	—
		煙感知器 (防爆)	—	1.74	2.47	7.5	—
		熱感知器 (防爆)	—	1.74	2.47	5.5	—
		炎感知器	—	1.74	2.47	5.5	—
	ハロンガスボンベ設備 容器弁		—	1.21	1.72	5.65	—
	ハロンガス供給選択弁		—	1.74	2.47	5.65	—

溢水防護に係る施設の耐震性に関する説明書

## 目 次

- 別添 2-1 溢水防護に係る施設の耐震計算の方針
- 別添 2-2 緊急時対策棟用湧水サンプポンプの耐震計算書
- 別添 2-3 溢水源としない機器の耐震計算書
- 別添 2-4 溢水防護に係る施設の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果

## 溢水防護に係る施設の耐震計算の方針

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	12 (3) - 別添 2 - 1 - 1
2. 耐震評価の基本方針 .....	12 (3) - 別添 2 - 1 - 2
2.1 評価対象施設 .....	12 (3) - 別添 2 - 1 - 2
3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界 .....	12 (3) - 別添 2 - 1 - 5
3.1 荷重及び荷重の組合せ .....	12 (3) - 別添 2 - 1 - 5
3.2 許容限界 .....	12 (3) - 別添 2 - 1 - 6
4. 耐震評価方法 .....	12 (3) - 別添 2 - 1 - 8
4.1 機器・配管系 .....	12 (3) - 別添 2 - 1 - 8
5. 適用規格 .....	12 (3) - 別添 2 - 1 - 12

## 1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（平成25年6月28日原子力規制委員会規則第6号）（以下「技術基準規則」という。）」第54条並びに「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（以下、「解釈」という）に適合する設計とするため、添付資料6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料6-3「溢水評価条件の設定」にて設定している耐震性を有することから溢水源として設定しない重大事故等対処設備以外の機器（以下「溢水源としない機器」という。）、耐震Cクラス機器で添付資料6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料6-5「浸水防護施設の詳細設計」にて設定している工事計画の基本設計方針に示す浸水防護施設の主要設備リストに記載のない浸水防護施設（以下「溢水防護に係る施設」という。）が、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して耐震性を有することを確認するための耐震計算方針について説明するものである。

溢水源としない機器及び溢水防護に係る施設への基準地震動  $S_s$  による地震力に対する耐震性の要求は、技術基準規則の第50条の対象ではない。

耐震評価は、添付資料6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料6-1「溢水等による損傷防止の基本方針」に示す適用規格を用いて実施する。

溢水防護に係る施設のうち、緊急時対策棟用湧水サンプポンプの具体的な計算の方法及び結果は、別添2-2「緊急時対策棟用湧水サンプポンプの耐震計算書」に、溢水源としない機器の具体的な計算の方法及び結果は、別添2-3「溢水源としない機器の耐震計算書」に示すとともに、動的地震力の水平2方向及び鉛直方向の組合せに対する各設備の影響評価結果は、別添2-4「溢水防護に係る施設の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す。



## 2. 耐震評価の基本方針

耐震評価は、「2.1 評価対象施設」に示す評価対象施設を対象として、「5. 適用規格」で示す適用規格を用いて、「3.1 荷重及び荷重の組合せ」で示す基準地震動  $S_s$  による地震力と組み合わせるべき他の荷重による組合せ荷重による応力等が、「3.2 許容限界」で示す許容限界内にあることを、「4. 耐震評価方法」に示す評価方法により確認する。

溢水源としない機器及び溢水防護に係る施設は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して、その機能を維持又は保持できる設計とすることを踏まえ、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を適切に組み合わせる実施する。影響評価方法は「4.1.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の考慮」に示す。

### 2.1 評価対象施設

評価対象施設は、添付資料 6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料 6-3「溢水評価条件の設定」にて設定している溢水源としない機器及び添付資料 6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料 6-5「浸水防護施設の詳細設計」の「3. 要求機能及び性能目標」にて設定している浸水防護施設のうち溢水防護に係る施設を対象とする。

#### 2.1.1 溢水源としない機器

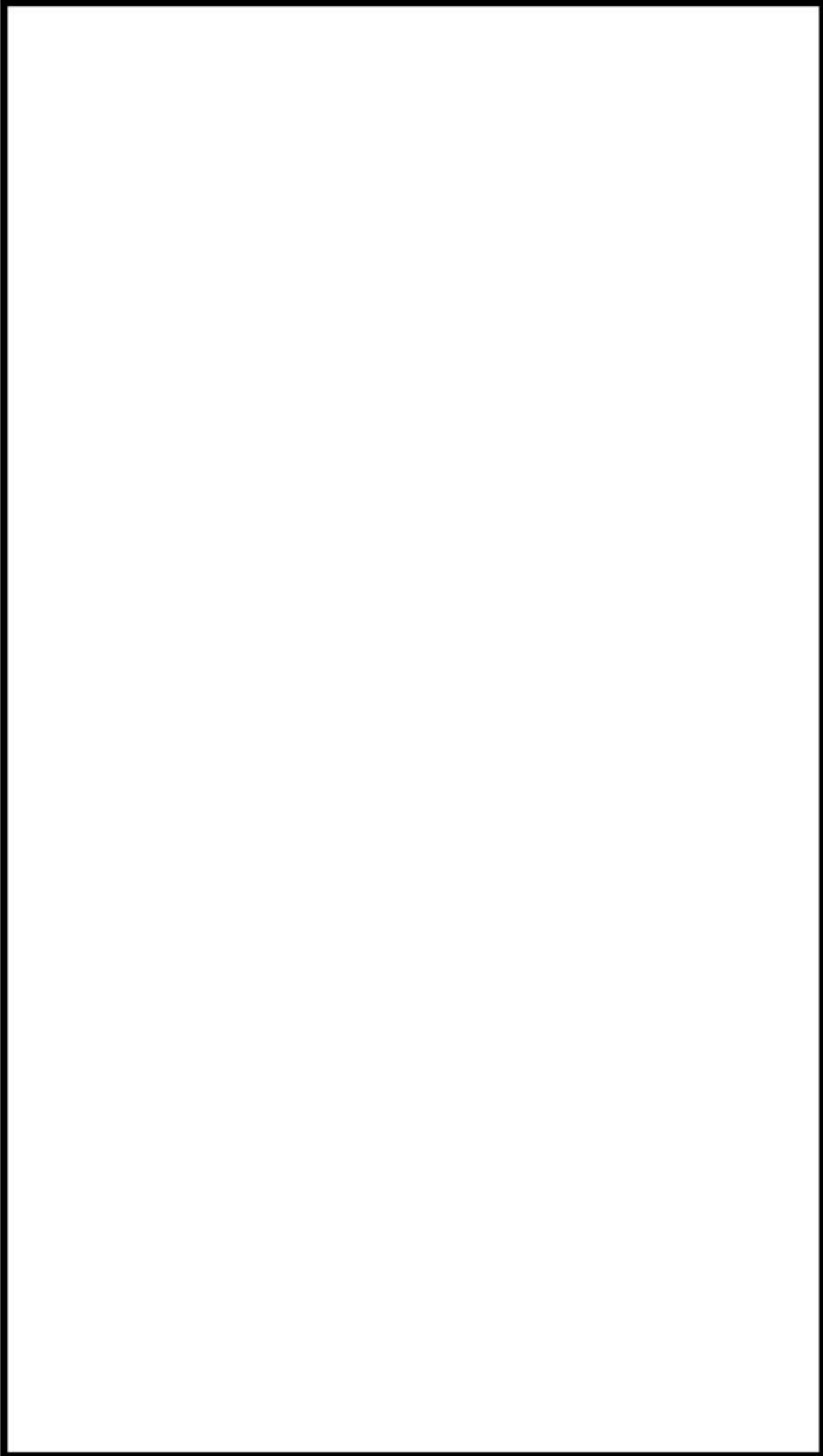
添付資料 6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料 6-3「溢水評価条件の設定」にて設定している溢水源としない機器として流体を内包する機器を評価対象施設とする。

評価対象施設のうち配管、弁及び支持構造物は、資料 12-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」にて示す配管、弁及び支持構造物の構造を踏まえ、応答性状を適切に評価することで適用する地震力に対して構造強度を有する構造とする。

#### 2.1.2 溢水防護に係る施設

添付資料 6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料 6-5「浸水防護施設の詳細設計」の「5. 構造強度設計」にて設定している対象施設の構造計画を第 2-1 表に示す。

第 2-1 表 緊急時対策棟用湧水サンプポンプ及び吐出ラインの構造計画(1/2)

設備名称	配置図
<p>緊急時対策棟 用湧水サンプ ポンプ及び吐 出ライン</p>	<p>(概略断面図)</p> 

第2-1表 緊急時対策棟用湧水サンプポンプ及び吐出ラインの構造計画(2/2)

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
緊急時対策棟用湧水サンプポンプ	緊急時対策棟用湧水サンプポンプは、ポンプ及び原動機により構成し、主軸は、ケーシング及び揚水管置及内面に設置する軸受により支持する。	ポンプ吐出部であるヘッドは台板の上部にヘッド取付ボルトで固定し、ポンプ部はヘッド下部に取付ボルトで固定する。ヘッド上部に原動機支持台及び原動機を取付ボルトで固定する。台板は基礎ボルトで床面に固定する。	
緊急時対策棟用湧水サンプポンプ及び吐出ライン	配管及び支持構造物により構成する。	支持装置及び支持架構から構成される支持構造物を据付ボルトにより、コンクリート躯体に据え付ける。	

### 3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

溢水源としない機器及び溢水防護に係る施設の耐震評価に用いる荷重及び荷重の組合せを、以下の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」に、許容限界を「3.2 許容限界」に示す。

#### 3.1 荷重及び荷重の組合せ

##### (1) 荷重の種類

荷重は、添付資料 6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料 6-5「浸水防護施設の詳細設計」の「5.2 荷重及び荷重の組合せ」にて設定している以下の荷重を用いる。

##### a. 常時作用する荷重(D)

常時作用する荷重は、持続的に生じる荷重であり、添付資料 6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料 6-5「浸水防護施設の詳細設計」にて設定しているとおおり、自重とする。

##### b. 地震荷重(Ss)

地震荷重は、添付資料 6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料 6-5「浸水防護施設の詳細設計」にて設定しているとおおり、基準地震動 Ss による地震力とする。

##### c. 内圧荷重(P<sub>D</sub>)

内圧荷重は、添付資料 6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料 6-5「浸水防護施設の詳細設計」にて設定しているとおおり、当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重とする。

##### d. 機械的荷重(M<sub>D</sub>)

機械的荷重は、添付資料 6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料 6-5「浸水防護施設の詳細設計」にて設定しているとおおり、当該設備に設計上定められた機械的荷重とする。

##### (2) 荷重の組合せ

荷重の組合せは、資料 12-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」に示す荷重の組合せを踏まえて設定する。

## 3.2 許容限界

溢水源としない機器の許容限界は、溢水源としない機器を添付資料 6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料 6-3「溢水評価条件の設定」の「2.1.3 地震起因による溢水」において、基準地震動  $S_s$  による地震力に対する耐震性を有し、機器の破損等により溢水源とならない設計とするため、資料 12-9「機能維持の基本方針」に示している各機器の許容応力状態Ⅳ<sub>AS</sub> の許容限界を準用する。

評価対象部位ごとの許容限界を第 3-1 表に示す。

溢水防護に係る施設ごとの許容限界の詳細は、各計算書で評価対象部位の損傷モードを踏まえ評価項目を選定し定める。

施設ごとの許容限界を「3.2.1 施設ごとの許容限界」に示す。

### 3.2.1 施設ごとの許容限界

#### (1) 緊急時対策棟用湧水サンプポンプ

緊急時対策棟用湧水サンプポンプの許容限界は、添付資料 6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料 6-5「浸水防護施設の詳細設計」にて設定している、構造強度設計上の性能目標及び機能維持の評価方針を踏まえ評価対象部位ごとに設定する。

##### a. 基礎ボルト、取付ボルト及び軸受

緊急時対策棟用湧水サンプポンプは、構造強度設計上の性能目標として、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、建屋にボルト等により固定し、地下水を処理し、溢水伝ばを防止する機能の保持を考慮して、主要な構造部材が、上記機能を保持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、JEAG4601 の立形ポンプの耐震強度評価にて示される評価対象部位を踏まえ、緊急時対策棟用湧水サンプポンプを建屋に固定する基礎ボルト及びポンプ取付ボルトが、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、資料 12-9「機能維持の基本方針」で JEAG4601 に準じて設定している、許容応力状態Ⅳ<sub>AS</sub> の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。緊急時対策棟用湧水サンプポンプは立形のポンプであり、軸受については、「4.1.3 機能維持評価」の「(1) 動的機能維持」にて示す設置建屋の最大床加速度と機能確認済加速度とを比較することにより確認する。

第3-1表 施設ごとの荷重の組合せ及び許容限界

設備名	荷重の組合せ	評価対象部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
緊急時対策棟用 湧水サンプポン プ	D+M <sub>D</sub> + P <sub>D</sub> +S <sub>s</sub>	基礎ボルト	せん断、引張	部材の降伏	JEAG4601 に準じて許容応力状 態IV <sub>AS</sub> の許容応力以下とする
		ヘッド取付ボルト			
		ポンプ取付ボルト			
		原動機取付ボルト			
		原動機支持台取付ボルト			

## 4. 耐震評価方法

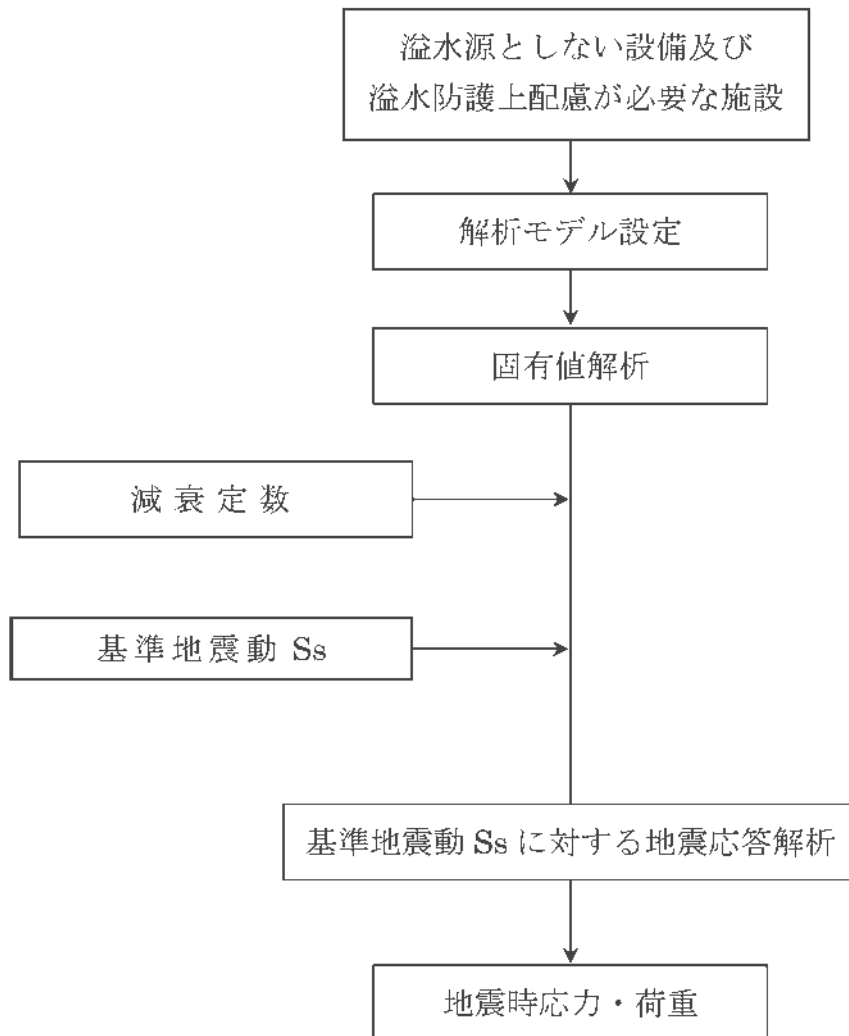
### 4.1 機器・配管系

溢水源としない機器及び溢水防護に係る施設のうち、機器・配管系の耐震評価は、以下の「4.1.1 地震応答解析」、「4.1.2 耐震評価」、「4.1.3 機能維持評価」及び「4.1.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮」に従って実施する。

#### 4.1.1 地震応答解析

溢水源としない機器及び溢水防護に係る施設の地震応答解析は、以下の「(1)入力地震動」に示す入力地震動、「(2)解析方法及び解析モデル」に示す解析方法及び「(3)設計用減衰定数」に示す減衰定数を用いて実施する。

地震応答解析の手順を第4-1図に示す。



第4-1図 地震応答解析の手順

(1) 入力地震動

溢水源としない機器及び溢水防護に係る施設の地震応答解析における入力地震動は、資料 12-7「設計用床応答曲線の作成方針」の「4. 設計用床応答曲線(Ss)」に設定している、当該設備設置床の基準地震動 Ss における設計用床応答曲線(Ss)とする。

(2) 解析方法及び解析モデル

溢水源としない機器及び溢水防護に係る施設の地震応答解析は、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 3 の別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「4.1.2 解析方法及び解析モデル」に示す解析方法及び解析モデルから変更がないため、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 3 の別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「4.1.2 解析方法及び解析モデル」による。

(3) 設計用減衰定数

地震応答解析に用いる減衰係数は、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 3 の別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「4.1.3 設計用減衰定数」に示す機器・配管系の減衰定数から変更がないため、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 3 の別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「4.1.3 減衰定数」による。



#### 4.1.2 耐震評価

溢水源としない機器及び溢水防護に係る施設の耐震評価は、「3.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示す、荷重の組み合わせに対して、「4.1.1 地震応答解析」で示した地震応答解析により発生応力を算出し、「3.2 許容限界」にて設定している許容限界に収まることを確認する。評価手法は、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 3 の別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「4.2.1 耐震評価方法」に示す方法から変更がないため、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 3 の別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「4.2.1 耐震評価方法」による。

#### 4.1.3 機能維持評価

溢水源としない機器の溢水防護設計上の構造強度に係る機能維持の方針は、資料 12-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」を準用する。

溢水防護に係る施設の溢水防護設計上の構造強度に係る機能維持及び動的機能維持に係る耐震計算の方針は、資料 12-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」及び「4.1 動的機能維持」を準用する。

##### (1) 動的機能維持

地震時及び地震後に動的機能が要求される機器は、添付資料 6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料 6-5「浸水防護施設の詳細設計」にて設定している設備ごとの耐震設計上の性能目標及び評価方針を踏まえ、地震時及び地震後においても、基準地震動  $S_s$  による当該設備床の最大床加速度が、機能確認済加速度以下であることにより確認する。

##### a 緊急時対策棟用湧水サンプポンプ

緊急時対策棟用湧水サンプポンプを構成するポンプ及び電動機は、地震時及び地震後においても、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、地震応答解析により求めた緊急時対策棟用湧水サンプポンプを設置する床の最大床加速度が、資料 12-9「機能維持の基本方針」で設定する立形斜流ポンプ及び立形ころがり軸受機の機能確認済加速度以下であることにより確認する。

#### 4.1.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮

溢水源としない機器及び溢水防護に係る施設に関する、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、資料 12-8「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4. 各施設における水平 2 方向及び鉛直方向地震力に対する影響評価方針」に基づき評価を行う。

評価内容及び評価結果は、別添 2-4「溢水防護に係る施設の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す。

## 5. 適用規格

添付資料 6「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付資料 6-1「溢水等による損傷防止の基本方針」に記載している以下の指針等を適用する。

- ・ 発電用原子力設備規格 設計・建設規格(JSME S NC1-2012) ((社) 日本機械学会)
- ・ 発電用原子力設備規格 材料規格(JSME S NJ1-2012) ((社) 日本機械学会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 ((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (JEAG4601・補-1984) ((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG4601-1991 追補版) ((社) 日本電気協会)

緊急時対策棟用湧水サンプポンプの耐震計算書

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	12 (3) - 別添 2 - 2 - 1
2. 基本方針 .....	12 (3) - 別添 2 - 2 - 1
2.1 位 置 .....	12 (3) - 別添 2 - 2 - 1
2.2 構造概要 .....	12 (3) - 別添 2 - 2 - 1
2.3 評価方針 .....	12 (3) - 別添 2 - 2 - 3
2.4 適用規格 .....	12 (3) - 別添 2 - 2 - 5
3. 地震応答解析 .....	12 (3) - 別添 2 - 2 - 6
3.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 2 - 2 - 6
3.2 固有振動数の計算方法 .....	12 (3) - 別添 2 - 2 - 7
3.3 固有振動数の計算結果 .....	12 (3) - 別添 2 - 2 - 7
4. 応力評価 .....	12 (3) - 別添 2 - 2 - 8
4.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 2 - 2 - 8
4.2 評価対象部位 .....	12 (3) - 別添 2 - 2 - 8
4.3 荷重及び荷重の組合せ .....	12 (3) - 別添 2 - 2 - 8
4.4 許容限界 .....	12 (3) - 別添 2 - 2 - 9
4.5 評価方法 .....	12 (3) - 別添 2 - 2 - 11
5. 機能維持評価 .....	12 (3) - 別添 2 - 2 - 23
5.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 2 - 2 - 23
5.2 評価対象部位 .....	12 (3) - 別添 2 - 2 - 23
5.3 許容限界 .....	12 (3) - 別添 2 - 2 - 23
5.4 評価方法 .....	12 (3) - 別添 2 - 2 - 24
6. 評価条件 .....	12 (3) - 別添 2 - 2 - 25
6.1 応力評価条件 .....	12 (3) - 別添 2 - 2 - 25
6.2 機能維持条件 .....	12 (3) - 別添 2 - 2 - 29
7. 耐震評価結果 .....	12 (3) - 別添 2 - 2 - 30

## 1. 概 要

本資料は、別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」に示すとおり、緊急時対策棟用湧水サンプポンプが、地震時及び地震後においても、地下水を排水し、溢水伝ばを防止する機能を保持するために、耐震性を有することを確認するものである。

## 2. 基本方針

別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「2.1 評価対象施設」に示す構造計画を踏まえ、緊急時対策棟用湧水サンプポンプの「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」を示す。

### 2.1 位 置

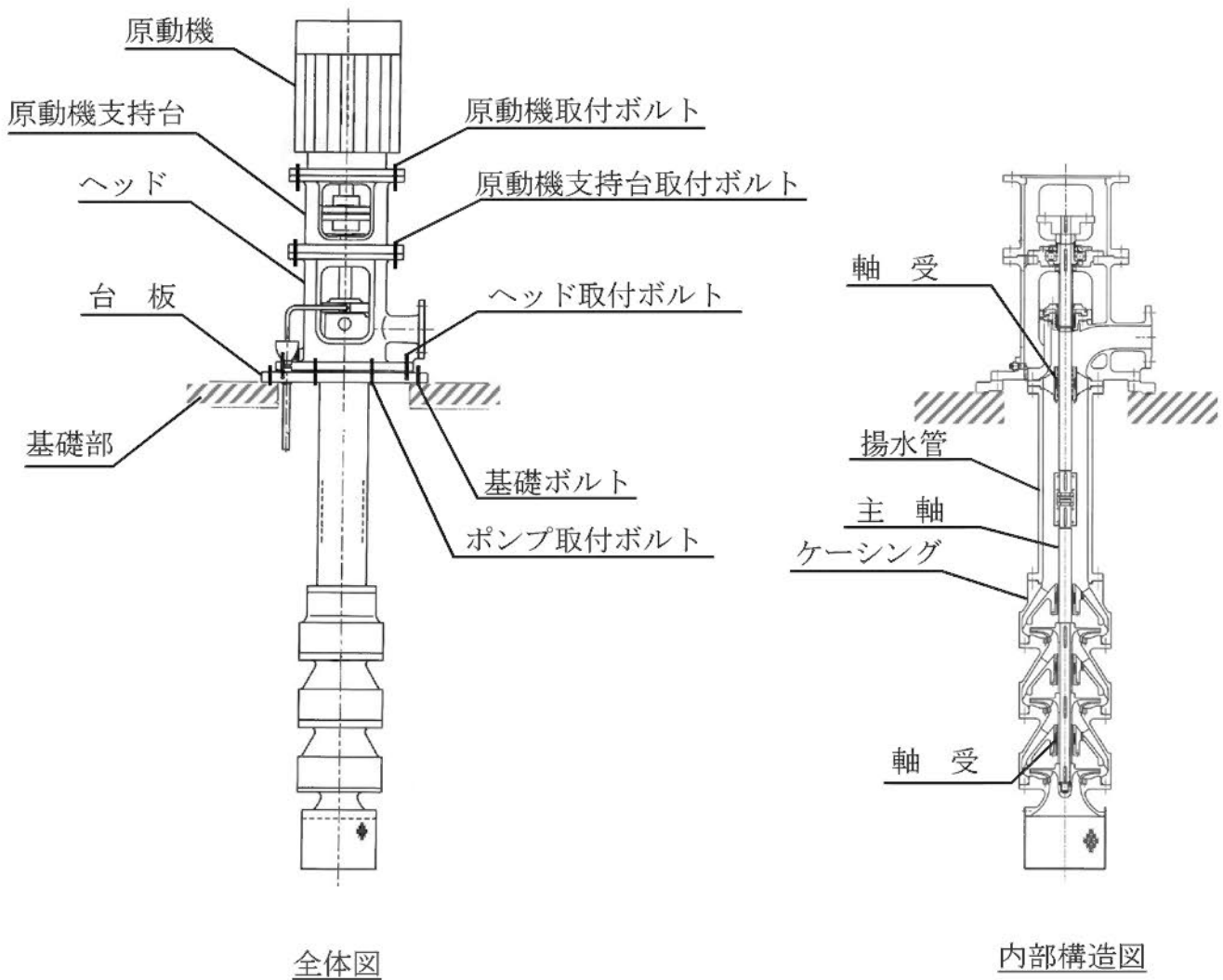
緊急時対策棟用湧水サンプポンプは、別添2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「2.1 評価対象施設」の構造計画に示すとおり、防護すべき設備が設置される建屋外で発生を想定する地下水が緊急時対策棟用湧水サンプポンプに集水され、評価対象区画へ伝ばするおそれがないように、建屋最下層に設置する。

### 2.2 構造概要

緊急時対策棟用湧水サンプポンプの構造は、別添2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「2.1 評価対象施設」に示す構造計画としており、緊急時対策棟用湧水サンプポンプの構造計画を第2-1表に、緊急時対策棟用湧水サンプポンプの外観図を第2-1図に示す。

第2-1表 緊急時対策棟用湧水サンプポンプの構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
緊急時対策棟用湧水サンプポンプ	緊急時対策棟用湧水サンプポンプは、ポンプ及び原動機により構成し、主軸は、ケーシング及び揚水管内面に設置する軸受により支持する。	ポンプ吐出部であるヘッドは台板の上部にヘッド取付ボルトで固定し、ポンプ部はヘッド下部に取付ボルトで固定する。ヘッド上部に原動機支持台及び原動機を取付ボルトで固定する。台板は基礎ボルトで床面に固定する。	第2-1図



全体図

内部構造図

第2-1図 緊急時対策棟用湧水サンプポンプ 概要図

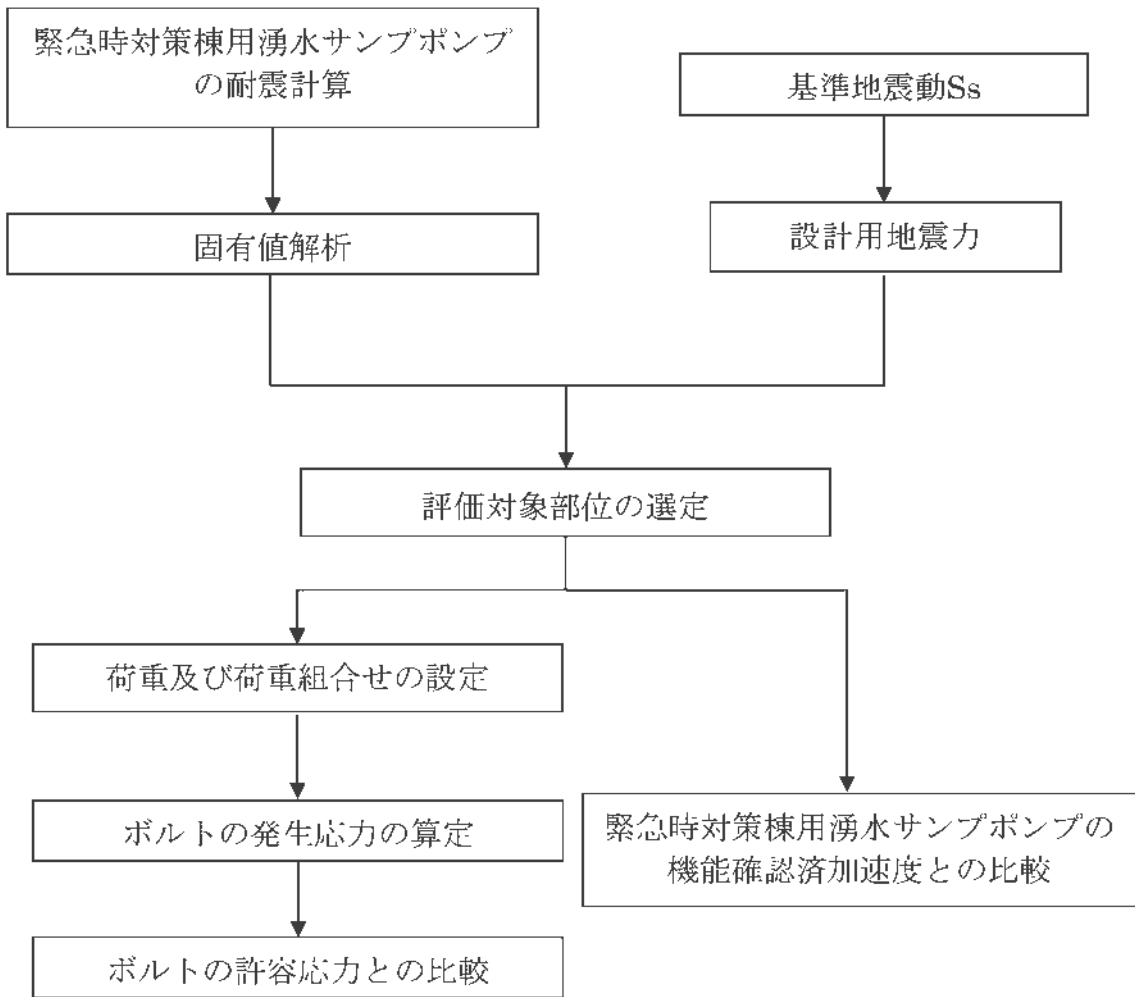
## 2.3 評価方針

緊急時対策棟用湧水サンプポンプの応力評価は、別添2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「3.2 許容限界」にて設定している、荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、緊急時対策棟用湧水サンプポンプの評価対象部位に作用する応力が許容限界内に収まることを、「3. 地震応答解析」及び「4. 応力評価」に示す方法により、「6. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「7. 耐震評価結果」にて確認する。

緊急時対策棟用湧水サンプポンプの動的機能維持評価は、別添2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「4.1.3 機能維持評価」にて設定している機能維持評価の方針を踏まえて、緊急時対策棟用湧水サンプポンプのポンプ及び原動機の応答加速度が機能確認済加速度を超えないことを、「3. 地震応答解析」及び「5. 機能維持評価」に示す方法により、「6. 評価条件」に示す評価条件を用い、「7. 耐震評価結果」にて確認する。

緊急時対策棟用湧水サンプポンプの耐震評価フローを第2-2図に示す。緊急時対策棟用湧水サンプポンプの耐震評価においては、その構造を踏まえ、主荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を選定する。緊急時対策棟用湧水サンプポンプに作用する荷重は、基準地震動 $S_s$ による地震力を用いる。耐震評価は、JEAG 4601の立形ポンプの耐震強度評価を踏まえて、別添2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「4.1.2 耐震評価」に示している評価式を用いる。緊急時対策棟用湧水サンプポンプの許容限界は、評価対象部位の損傷モードごとに許容応力状態 $IV_{\Delta S}$ の許容応力とする。動的機能維持の許容限界は別添2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「4.1.3 機能維持評価」に従い、機能確認済加速度とする。





第 2-2 図 緊急時対策棟用湧水サンプポンプの耐震評価フロー

## 2.4 適用規格

適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格(JSME S NC1-2012) ((社) 日本機械学会)
- ・発電用原子力設備規格 材料規格(JSME S NJ1-2012) ((社) 日本機械学会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (JEAG4601・補-1984) ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG4601-1991 追補版) ((社) 日本電気協会)

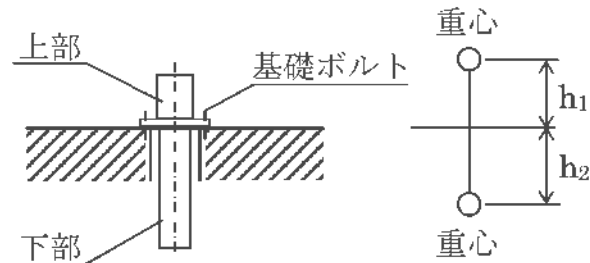
### 3. 地震応答解析

#### 3.1 基本方針

緊急時対策棟用湧水サンプポンプの地震応答解析は、別添2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「4.1.1 地震応答解析」で設定している評価方針に従って、「3.2 固有振動数の計算方法」に示す方法により、「3.3 固有振動数の計算結果」において緊急時対策棟用湧水サンプポンプの固有振動数を評価する。

### 3.2 固有振動数の計算方法

第3-1図に示す緊急時対策棟用湧水サンプポンプの評価モデル図を用いて、JEAG 4601に示す固有値算出式より、固有振動数を計算する。



第3-1図 緊急時対策棟用湧水サンプポンプ 評価モデル

### 3.3 固有振動数の計算結果

緊急時対策棟用湧水サンプポンプの固有振動数の計算結果を第3-1表に示す。

第3-1表 緊急時対策棟用湧水サンプポンプの固有振動数

緊急時対策棟用湧水サンプポンプ の固有振動数(Hz)
37.0

## 4. 応力評価

### 4.1 基本方針

緊急時対策棟用湧水サンプポンプの応力評価は、別添2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「4.1.2 耐震評価」にて設定している評価方針に従って、応力評価を実施する。

緊急時対策棟用湧水サンプポンプの応力評価は、「4.2 評価対象部位」に示す評価対象部位に対し、「4.3 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.4 許容限界」に示す荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、「4.5 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 4.2 評価対象部位

緊急時対策棟用湧水サンプポンプの評価対象部位は、別添2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「3.2 許容限界」に示す評価対象部位に従って、基礎ボルト、ヘッド取付ボルト、ポンプ取付ボルト、原動機取付ボルト及び原動機支持台取付ボルトとする。

### 4.3 荷重及び荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、別添2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを用いる。

#### 4.3.1 荷重の種類

応力評価に用いる荷重は、以下の荷重を用いる。

(1) 常時作用する荷重(D)

常時作用する荷重は、ポンプの自重とする。

(2) 地震荷重(Ss)

地震荷重は、基準地震動 Ss による地震力とする。

(3) 内圧荷重(P<sub>D</sub>)

内圧荷重は、当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重とする。

(4) 機械的荷重(M<sub>D</sub>)

機械的荷重は、当該設備に設計上定められた回転体振動による加速度にて発生する荷重及びポンプの回転により働くモーメントとする。

#### 4.3.2 荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重の組合せは、緊急時対策棟用湧水サンプポンプの評価対象部位ごとに設定する。荷重の組合せを第4-1表に示す。

第4-1表 荷重の組合せ

許容応力状態	荷重の組合せ	評価対象部位
IV <sub>A</sub> S	D+M <sub>D</sub> +P <sub>D</sub> +S <sub>s</sub>	基礎ボルト
		ヘッド取付ボルト
		ポンプ取付ボルト
		原動機取付ボルト
		原動機支持台取付ボルト

#### 4.4 許容限界

緊急時対策棟用湧水サンプポンプの許容限界は、別添2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「3.2 許容限界」にて設定している許容限界に従って、「4.2 評価対象部位」にて設定している評価対象部位ごとに、機能損傷モードを考慮し、許容応力状態IV<sub>A</sub>Sの許容応力を用いる。

各評価対象部位の許容限界を第4-2表に示す。

第 4-2 表 緊急時対策棟用湧水サンプポンプの許容限界

	耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許容限界 <sup>(注1)(注2)</sup>	
				一次応力	
				引張 <sup>(注3)</sup>	せん断 <sup>(注3)</sup>
緊急時対策棟用 湧水サンプポンプ (ボルト)	—	D+M <sub>D</sub> +P <sub>D</sub> +S <sub>s</sub>	IV <sub>AS</sub>	1.5f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5f <sub>s</sub> <sup>*</sup>

(注 1) 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

(注 2) JEAG4601・補-1984 の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

(注 3) f<sub>t</sub> : JSME S NC1-2012 SSB-3131(1)より以下の式を用いて算出する。

$$f_t = \frac{F}{1.5} \quad (\text{注4})$$

f<sub>s</sub> : JSME S NC1-2012 SSB-3131 (2)より以下の式を用いて算出する。

$$f_s = \frac{F}{1.5\sqrt{3}} \quad (\text{注4})$$

f<sub>t</sub><sup>\*</sup> : JSME S NC1-2012 SSB-3131 (1)より以下の式を用いて算出する。

$$f_t^* = \frac{F^*}{1.5} \quad (\text{注4})$$

f<sub>s</sub><sup>\*</sup> : JSME S NC1-2012 SSB-3131(2)より以下の式を用いて算出する。

$$f_s^* = \frac{F^*}{1.5\sqrt{3}} \quad (\text{注4})$$

(注 4) F : JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(1)により規定される Sy<sup>(注5)</sup> 及び 0.7Su<sup>(注6)</sup> のいずれか小さい方の値。ただし、使用温度が 40℃を超えるオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金にあつては、JSME S NJ1-2012 の Part3 第 1 章 表 6 に定める値の 1.35 倍の値、表 7 に定める値の 0.7 倍の値又は室温における表 6 に定める値のいずれか小さい方の値

F\* : F を求める場合の Sy を 1.2Sy に読み替えた値

(注 5) Sy : 設計降伏点 JSME S NJ1-2012 の Part3 第 1 章 表 6 に規定される値

(注 6) Su : 設計引張強さ JSME S NJ1-2012 の Part3 第 1 章 表 7 に規定される値

#### 4.5 評価方法

緊急時対策棟用湧水サンプポンプの応力評価は、別添2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「4.1.2 耐震評価」にて設定している評価式を用いる。

##### 4.5.1 評価に使用する記号の定義

緊急時対策棟用湧水サンプポンプの応力評価に用いる記号を第4-3表に示す。

第4-3表 緊急時対策棟用湧水サンプポンプの応力評価に用いる記号(1/2)

記号	単位	定義(共通項目)
$a_H$	$m/s^2$	評価用水平加速度
$a_P$	$m/s^2$	回転体振動による加速度
$a_V$	$m/s^2$	評価用鉛直加速度
$F^p$	N	摩擦力
$F_f$	N	ボルトの締付け力
$F_H$	N	水平地震力
$g$	$m/s^2$	重力加速度
$M_P$	$N \cdot mm$	ポンプの回転により働くモーメント
$\mu$	—	摩擦係数
$\tau_b$	MPa	ボルトの最大せん断応力
$\sigma_{bt}$	MPa	ボルトの最大引張応力

記号	単位	定義(基礎ボルト)
$A_{b1}$	$mm^2$	ボルトの有効断面積
$h_1$	mm	据付面から上側重心までの高さ
$h_2$	mm	据付面から下側重心までの高さ
$L$	mm	重心とボルト間の水平方向距離
$\varnothing$	mm	支点としているボルトより最大引張応力がかかるボルトまでの距離
$m_1$	kg	据付面から上側重心の運転時質量
$m_2$	kg	据付面から下側重心の運転時質量
$n_1$	本	基礎ボルトの数
$N_1$	本	引張力の作用するボルトの評価本数



第4-3表 緊急時対策棟用湧水サンブポンプの応力評価に用いる記号 (2/2)

記号	単位	定義 (ヘッド取付ボルト)
$A_{b2}$	$\text{mm}^2$	ボルトの有効断面積
$h_3$	$\text{mm}$	ヘッド取付面から上側重心までの高さ
$h_4$	$\text{mm}$	ヘッド取付面から下側重心までの高さ
$m_3$	$\text{kg}$	ヘッド取付面から上側重心の運転時質量
$m_4$	$\text{kg}$	ヘッド取付面から下側重心の運転時質量
$N_{2,n2}$	本	ヘッド取付ボルトの評価本数
$r_1$	$\text{mm}$	ボルト配置半径

記号	単位	定義 (ポンプ取付ボルト)
$A_{b3}$	$\text{mm}^2$	ボルトの有効断面積
$h_5$	$\text{mm}$	ポンプ取付面からポンプ重心までの高さ
$m_5$	$\text{kg}$	ポンプ重心の運転時質量 (ポンプ取付面から下側)
$N_{3,n3}$	本	ポンプ取付ボルトの評価本数
$r_2$	$\text{mm}$	ボルト配置半径

記号	単位	定義 (原動機取付ボルト)
$A_{b4}$	$\text{mm}^2$	ボルトの有効断面積
$h_6$	$\text{mm}$	原動機取付面から原動機重心までの高さ
$m_6$	$\text{kg}$	原動機重心の運転時質量 (原動機取付面から上側)
$N_{4,n4}$	本	原動機取付ボルトの評価本数
$r_3$	$\text{mm}$	ボルト配置半径

記号	単位	定義 (原動機支持台取付ボルト)
$A_{b5}$	$\text{mm}^2$	ボルトの有効断面積
$h_7$	$\text{mm}$	原動機支持台取付面から原動機と原動機支持台を合わせた重心までの高さ
$m_7$	$\text{kg}$	原動機と原動機支持台重心の運転時質量 (原動機支持台取付面から上側)
$N_{5,n5}$	本	原動機支持台取付ボルトの評価本数
$r_4$	$\text{mm}$	ボルト配置半径

#### 4.5.2 基礎ボルトの構造強度評価

基礎ボルトの評価に用いる緊急時対策棟用湧水サンプポンプの概略図を第4-1図に示す。

##### (1) 引張応力

矩形配置である基礎ボルトに対する引張応力は、最も厳しい条件として、片側のボルトを支点とする転倒を考え、この転倒支点から最も遠い位置( $\ell$ )にあるボルト（評価本数  $N_1$ ）で受けるものとして計算する。

$$\sigma_{bt} = \frac{m_1 \cdot (a_H + a_P) \cdot h_1 - m_1 \cdot (g - a_V - a_P) \cdot L}{N_1 \cdot A_{b1} \cdot \ell} + \frac{m_2 \cdot (a_H + a_P) \cdot h_2 - m_2 \cdot (g - a_V - a_P) \cdot L}{N_1 \cdot A_{b1} \cdot \ell}$$

##### (2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断応力は、ボルト全本数( $n_1$ )で受けるものとして計算する。

$$\tau_b = \frac{m_1 \cdot (a_H + a_P) + m_2 \cdot (a_H + a_P)}{n_1 \cdot A_{b1}}$$

##### (3) 摩擦力

- a. 台板と基礎コンクリート面との摩擦力  $F^r$  を次の式により求め、基礎ボルト位置に作用する水平地震力  $F_H$  と比較する。

$$F^r = \mu \cdot \{F_f \cdot n_1 + (m_1 + m_2) \cdot (g - a_V - a_P)\}$$

$$F_f = 0.8 \cdot f_t \cdot A_{b1}$$

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

- b. 水平方向地震及びポンプ振動による水平方向荷重

$$F_H = m_1 \cdot (a_H + a_P) + m_2 \cdot (a_H + a_P)$$

- c. 上記(a)及び(b)項の算定結果に基づき、下記の評価を実施する。

( $F^r \geq F_H$  の場合)

基礎ボルトにせん断力は発生しない。

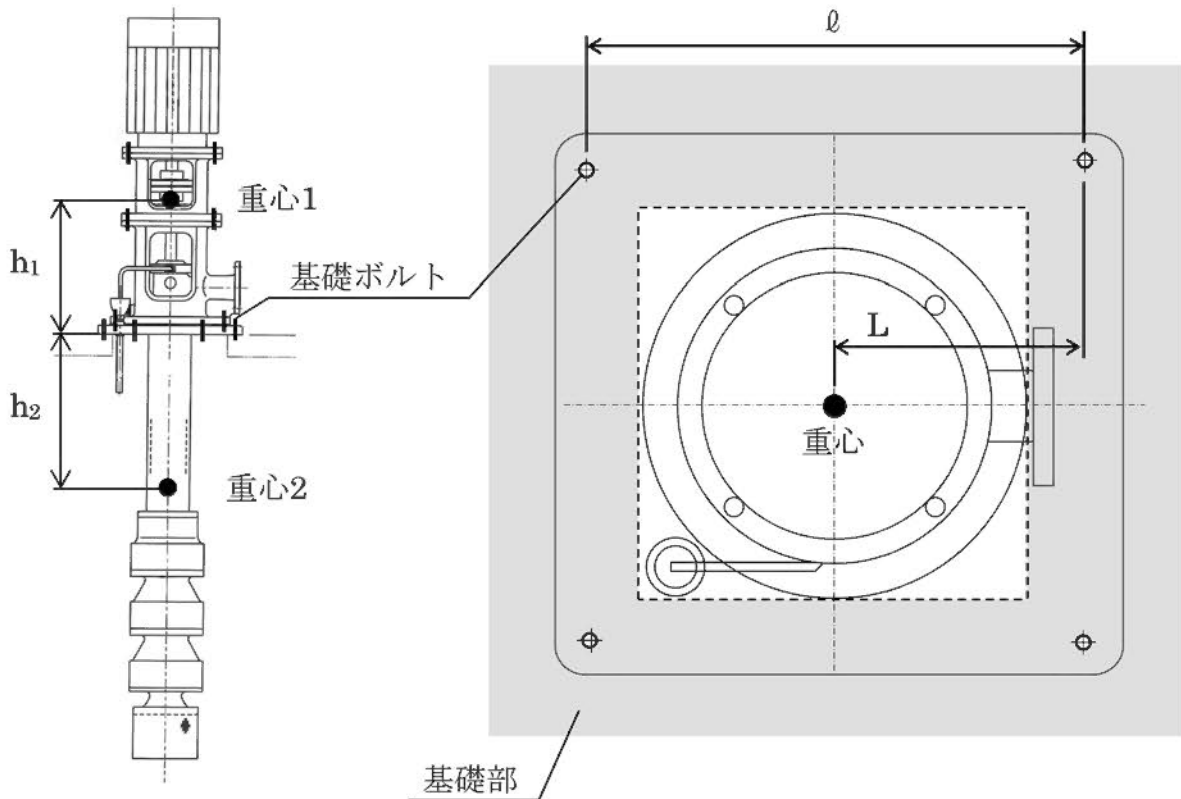
( $F_v < F_H$ の場合)

基礎ボルトにせん断力が発生する。発生応力が許容応力以下であることを確認する。また、(4)項に記載の JSME S NC1-2012 SSB-3133 に基づく引張応力とせん断応力との組合せ応力評価を実施し、次式を満たすことを確認する。

(4) 組合せ応力

基礎ボルトに対する組合せ応力は、次式を満たすことを確認する。

$$\sigma_{bt} \leq \min(1.4 \cdot 1.5f_t^* - 1.6 \tau_b, 1.5f_t^*)$$



第4-1図 緊急時対策棟用湧水サンプルポンプ 概略図

### 4.5.3 ヘッド取付ボルトの構造強度評価

ヘッド取付ボルトの評価に用いる緊急時対策棟用湧水サンプポンプの概略図を第4-2図に示す。

#### (1) 引張応力

円形配置であるヘッド取付ボルトに対する引張応力は、最も厳しい条件として、支点から最も離れたボルトについて計算する。

$$\sigma_{bt} = \frac{4 \cdot \{m_3 \cdot (a_H + a_P) \cdot h_3 - m_3 \cdot (g - a_V - a_P) \cdot r_1\}}{3 \cdot N_2 \cdot A_{b2} \cdot r_1} + \frac{4 \cdot \{m_4 \cdot (a_H + a_P) \cdot h_4 - m_4 \cdot (g - a_V - a_P) \cdot r_1\}}{3 \cdot N_2 \cdot A_{b2} \cdot r_1}$$

#### (2) せん断応力

ヘッド取付ボルトに対するせん断応力は、ボルト全本数( $n_2$ )で受けるものとして計算する。

$$\tau_b = \frac{m_3 \cdot (a_{II} + a_P) + m_4 \cdot (a_{II} + a_P)}{n_2 \cdot A_{b2}}$$

#### (3) 摩擦力

- a. ヘッド接合面の摩擦力  $F'$  を次の式により求め、ヘッド取付ボルト位置に作用する水平地震力  $F_H$  と比較する。

$$F' = \mu \cdot \{F_f \cdot n_2 + (m_3 + m_4) \cdot (g - a_V - a_P)\}$$

$$F_f = 0.8 \cdot f_t \cdot A_{b2}$$

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

- b. 水平方向地震及びポンプ振動による水平方向荷重

$$F_H = m_3 \cdot (a_H + a_P) + m_4 \cdot (a_H + a_P)$$

- c. 上記(a)及び(b)項の算定結果に基づき、下記の評価を実施する。

( $F' \geq F_H$  の場合)

ヘッド取付ボルトにせん断力は発生しない。

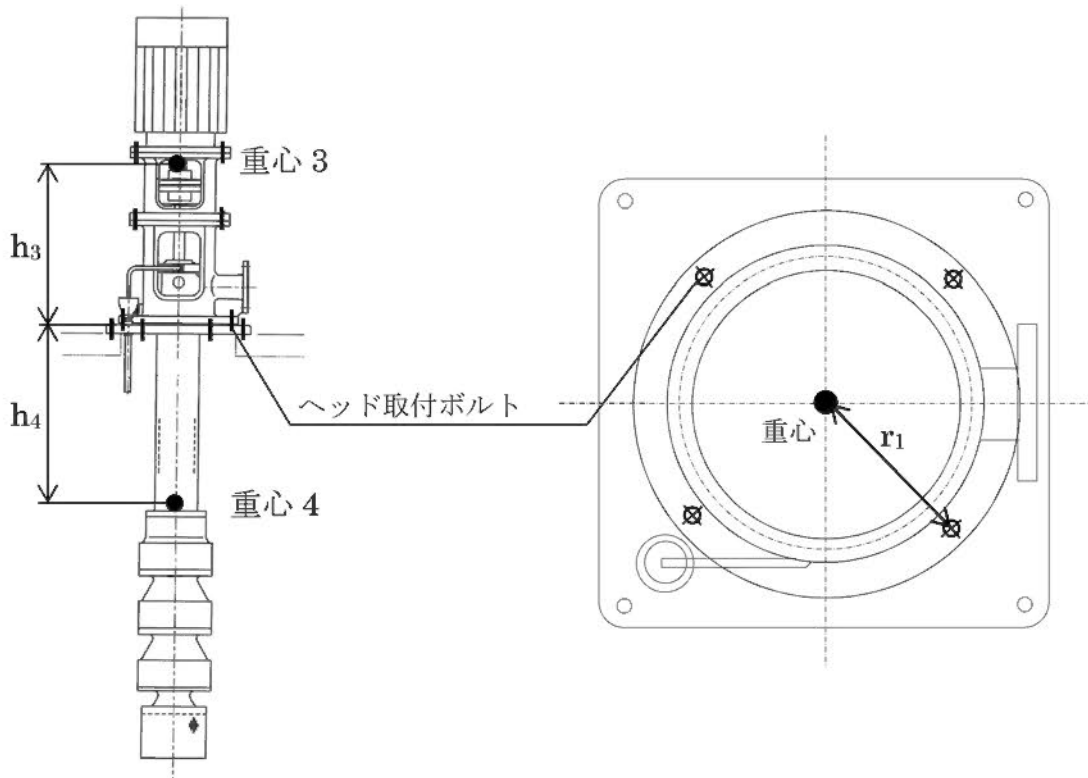
( $F^* < F_H$ の場合)

ヘッド取付ボルトにせん断力が発生する。発生応力が許容応力以下であることを確認する。また、(4)項に記載の JSME S NC1-2012 SSB-3133 に基づく引張応力とせん断応力との組合せ応力評価を実施し、次式を満たすことを確認する。

(4) 組合せ応力

ヘッド取付ボルトに対する組合せ応力は、次式を満たすことを確認する。

$$\sigma_{bt} \leq \min(1.4 \cdot 1.5f_t^* - 1.6 \tau_b, 1.5f_t^*)$$



第4-2図 緊急時対策棟用湧水サンプルポンプ 概略図

#### 4.5.4 ポンプ取付ボルトの構造強度評価

ポンプ取付ボルトの評価に用いる緊急時対策棟用湧水サンプポンプの概略図を第4-3図に示す。

##### (1) 引張応力

円形配置であるポンプ取付ボルトに対する引張応力は、最も厳しい条件として、支点から最も離れたボルトについて計算する。

$$\sigma_{bt} = \frac{4 \cdot \{m_5 \cdot (a_H + a_P) \cdot h_5 + m_5 \cdot (g + a_V + a_P) \cdot r_2\}}{3 \cdot N_3 \cdot A_{b3} \cdot r_2}$$

##### (2) せん断応力

ポンプ取付ボルトに対するせん断応力は、ボルト全本数( $n_3$ )で受けるものとして計算する。

$$\tau_b = \frac{m_5 \cdot (a_H + a_P) + M_P / r_2}{n_3 \cdot A_{b3}}$$

##### (3) 摩擦力

- a. ポンプ接合面の摩擦力  $F^r$  を次の式により求め、ポンプ取付ボルト位置に作用する水平地震力  $F_H$  と比較する。

$$F^r = \mu \cdot \{F_f \cdot n_3 - m_5 \cdot (g + a_V + a_P)\}$$

$$F_f = 0.8 \cdot f_t \cdot A_{b3}$$

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

- b. 水平方向地震及びポンプ振動による水平方向荷重

$$F_H = m_5 \cdot (a_H + a_P) + M_P / r_2$$

- c. 上記(a)及び(b)項の算定結果に基づき、下記の評価を実施する。

( $F^r \geq F_H$  の場合)

ポンプ取付ボルトにせん断力は発生しない。

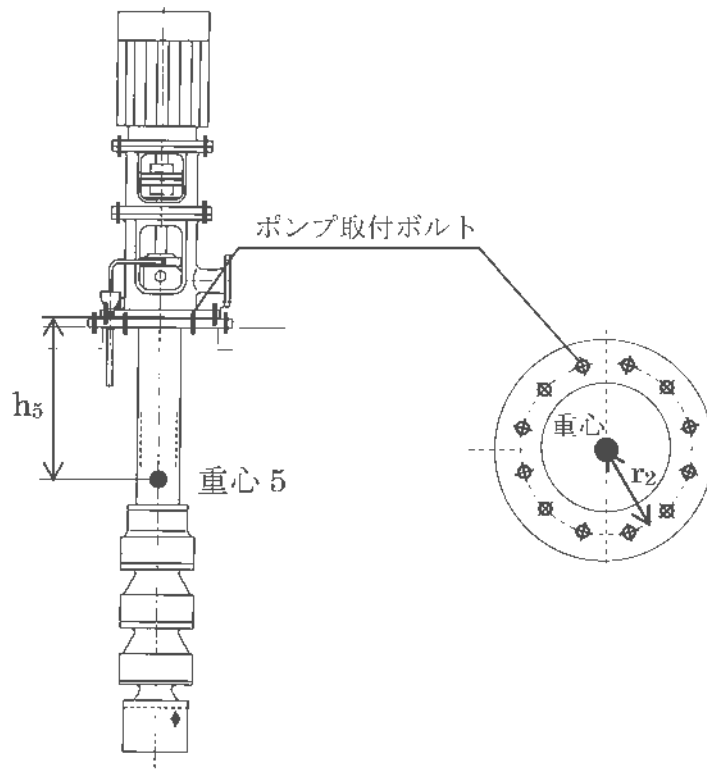
( $F' < F_H$ の場合)

ポンプ取付ボルトにせん断力が発生する。発生応力が許容応力以下であることを確認する。また、(4)項に記載の JSME S NC1-2012 SSB-3133 に基づく引張応力とせん断応力との組合せ応力評価を実施し、次式を満たすことを確認する。

(4) 組合せ応力

ポンプ取付ボルトに対する組合せ応力は、次式を満たすことを確認する。

$$\sigma_{bt} \leq \min(1.4 \cdot 1.5f_t^* - 1.6 \tau_b, 1.5f_t^*)$$



第 4-3 図 緊急時対策棟用湧水サンプポンプ 概略図

#### 4.5.5 原動機取付ボルトの構造強度評価

原動機取付ボルトの評価に用いる緊急時対策棟用湧水サンプポンプの概略図を第4-4図に示す。

##### (1) 引張応力

円形配置である原動機取付ボルトに対する引張応力は、最も厳しい条件として、支点から最も離れたボルトについて計算する。

$$\sigma_{bt} = \frac{4 \cdot \{m_6 \cdot (a_H + a_P) \cdot h_6 - m_6 \cdot (g - a_V - a_P) \cdot r_3\}}{3 \cdot N_4 \cdot A_{b4} \cdot r_3}$$

##### (2) せん断応力

原動機取付ボルトに対するせん断応力は、ボルト全本数( $n_4$ )で受けるものとして計算する。

$$\tau_b = \frac{m_6 \cdot (a_H + a_P) + M_P / r_3}{n_4 \cdot A_{b4}}$$

##### (3) 摩擦力

- a. 原動機接合面の摩擦力  $F'$  を次の式により求め、原動機取付ボルト位置に作用する水平地震力  $F_H$  と比較する。

$$F' = \mu \cdot \{F_f \cdot n_4 + m_6 \cdot (g - a_V - a_P)\}$$

$$F_f = 0.8 \cdot f_t \cdot A_{b4}$$

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

- b. 水平方向地震及びポンプ振動による水平方向荷重

$$F_H = m_6 \cdot (a_H + a_P) + M_P / r_3$$

- c. 上記(a)及び(b)項の算定結果に基づき、下記の評価を実施する。

( $F' \geq F_H$  の場合)

原動機取付ボルトにせん断力は発生しない。



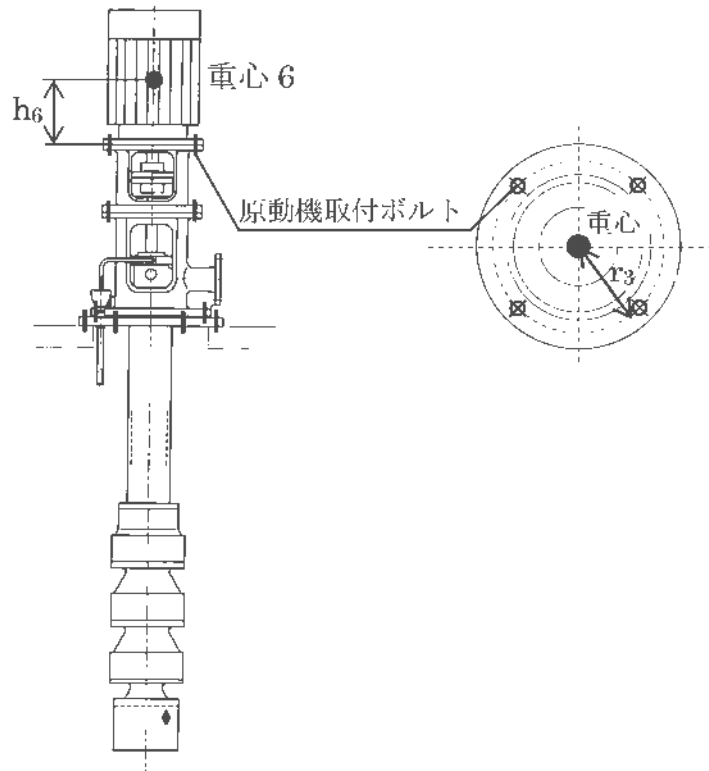
( $F' < F_H$ の場合)

原動機取付ボルトにせん断力が発生する。発生応力が許容応力以下であることを確認する。また、(4)項に記載の JSME S NC1-2012 SSB-3133 に基づく引張応力とせん断応力との組合せ応力評価を実施し、次式を満たすことを確認する。

(4) 組合せ応力

原動機取付ボルトに対する組合せ応力は、次式を満たすことを確認する。

$$\sigma_{bt} \leq \min(1.4 \cdot 1.5f_t^* - 1.6 \tau_b, 1.5f_t^*)$$



第 4-4 図 緊急時対策棟用湧水サンポンプ 概略図

#### 4.5.6 原動機支持台取付ボルトの構造強度評価

原動機支持台取付ボルトの評価に用いる緊急時対策棟用湧水サンプポンプの概略図を第4-5図に示す。

##### (1) 引張応力

円形配置である原動機支持台取付ボルトに対する引張応力は、最も厳しい条件として、支点から最も離れたボルトについて計算する。

$$\sigma_{bt} = \frac{4 \cdot \{m_7 \cdot (a_H + a_P) \cdot h_7 - m_7 \cdot (g - a_V - a_P) \cdot r_4\}}{3 \cdot N_5 \cdot A_{b5} \cdot r_4}$$

##### (2) せん断応力

原動機支持台取付ボルトに対するせん断応力は、ボルト全本数( $n_5$ )で受けるものとして計算する。

$$\tau_b = \frac{m_7 \cdot (a_H + a_P) + M_P / r_4}{n_5 \cdot A_{b5}}$$

##### (3) 摩擦力

- a. 原動機支持台接合面の摩擦力  $F'$  を次の式により求め、原動機支持台取付ボルト位置に作用する水平地震力  $F_H$  と比較する。

$$F' = \mu \cdot \{F_f \cdot n_5 + m_7 \cdot (g - a_V - a_P)\}$$

$$F_f = 0.8 \cdot f_t \cdot A_{b5}$$

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

- b. 水平方向地震及びポンプ振動による水平方向荷重

$$F_H = m_7 \cdot (a_H + a_P) + M_P / r_4$$

- c. 上記(a)及び(b)項の算定結果に基づき、下記の評価を実施する。

( $F' \geq F_H$  の場合)

原動機支持台取付ボルトにせん断力は発生しない。

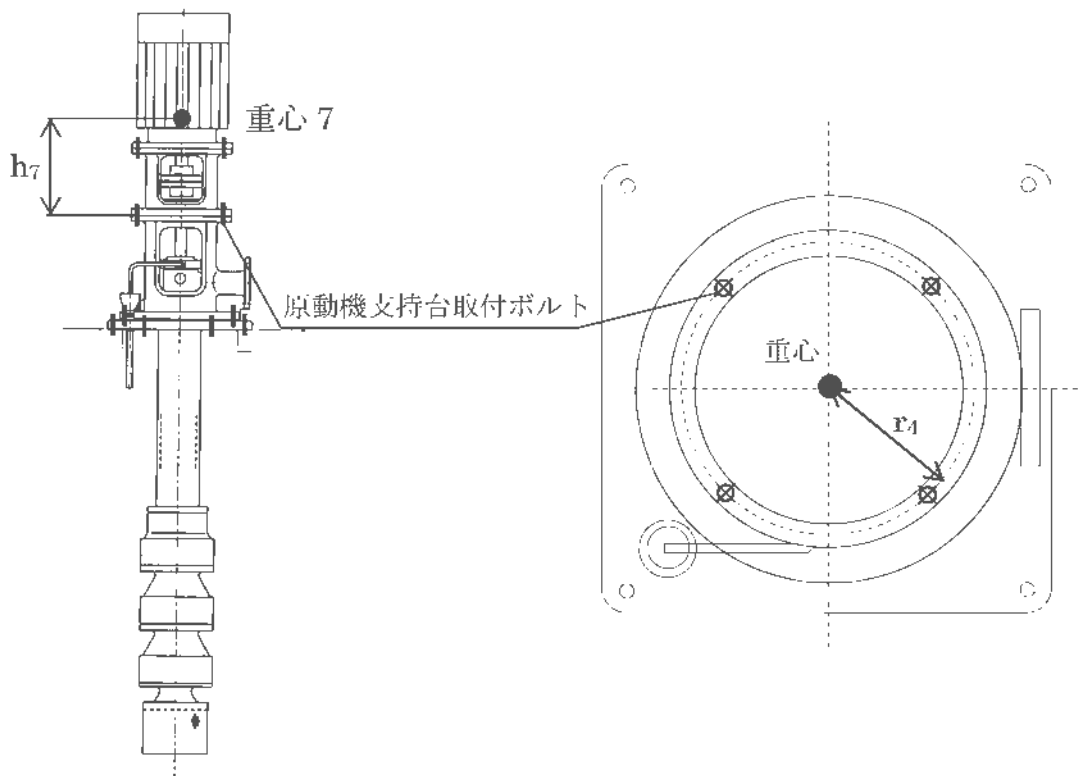
( $F^* < F_H$ の場合)

原動機支持台取付ボルトにせん断力が発生する。発生応力が許容応力以下であることを確認する。また、(4)項に記載の JSME S NC1-2012 SSB-3133 に基づく引張応力とせん断応力との組合せ応力評価を実施し、次式を満たすことを確認する。

(4) 組合せ応力

原動機支持台取付ボルトに対する組合せ応力は、次式を満たすことを確認する。

$$\sigma_{bt} \leq \min(1.4 \cdot 1.5f_t^* - 1.6 \tau_b, 1.5f_t^*)$$



第 4-5 図 緊急時対策棟用湧水サンプルポンプ 概略図

## 5. 機能維持評価

### 5.1 基本方針

緊急時対策棟用湧水サンプポンプは、別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「4.1.3 機能維持評価」にて設定している評価方針に従って、緊急時対策棟用湧水サンプポンプの動的機能維持評価を実施する。

### 5.2 評価対象部位

緊急時対策棟用湧水サンプポンプの評価対象部位は、別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「2.1 評価対象施設」にて設定している緊急時対策棟用湧水サンプポンプの設計に従って、地震時及び地震後に動的機能維持が要求されているため、ポンプ及び原動機とする。

### 5.3 許容限界

緊急時対策棟用湧水サンプポンプの動的機能維持の許容限界値は、別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「4.1.3 機能維持評価」にて設定している機能確認済加速度に従って、「5.2 評価対象部位」にて設定している評価対象部位ごとに設定する。

緊急時対策棟用湧水サンプポンプの機能確認済加速度について第 5-1 表に示す。

第 5-1 表 緊急時対策棟用湧水サンプポンプの機能確認済加速度

種別	機種	加速度 確認部位	機能確認済加速度* ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	
			水平 方向	鉛直 方向
立形ポンプ	立形斜流ポンプ	コラム 先端部	12.0	2.0
原動機	立形ころがり軸受原動機	軸受部	2.5	2.0

※：既往の研究等において試験等により妥当性が確認されている値  
(参考文献)

電力共通研究「動的機器の地震時機能維持の耐震余裕に関する研究 (H24)」

#### 5.4 評価方法

緊急時対策棟用湧水サンプポンプの機能維持評価は、別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「4.1.3 機能維持評価」にて設定している評価方針に従って、緊急時対策棟用湧水サンプポンプの評価用加速度が機能確認済加速度以下となることを確認する。

## 6. 評価条件

「4. 応力評価」及び「5. 機能維持評価」に用いる評価条件を以下に説明する。

### 6.1 応力評価条件

応力評価に使用する入力値を第6-1表に示し、「4.4 許容限界」にて示している緊急時対策棟用湧水サンプポンプの許容限界に使用する許容限界評価条件を第6-2表に示す。

緊急時対策棟用湧水サンプポンプの床応答曲線は、X方向及びY方向の包絡した緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）を用いる。減衰定数は、添付資料12-6「地震応答解析の基本方針」にて設定している1.0%を使用する。

緊急時対策棟用湧水サンプポンプの応力評価に用いる評価用加速度は、緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の床応答曲線を用いる。水平方向の評価用加速度は「3.3 固有振動数の計算結果」より、剛構造のため最大床加速度の1.2倍の値を使用する。鉛直方向の評価用加速度は剛構造と考えられるため最大床加速度の1.2倍の値を使用する。

第6-1表 緊急時対策棟用湧水サンプポンプの応力評価に使用する入力値(1/3)

記号	定義（共通項目）	数値	単位
$a_H$	評価用水平加速度 （基準地震動 $S_s$ ）	6.47	$m/s^2$
$a_P$	回転体振動による加速度	0.85	$m/s^2$
$a_V$	評価用鉛直加速度 （基準地震動 $S_s$ ）	5.18	$m/s^2$
$g$	重力加速度	9.80665	$m/s^2$
$M_P$	ポンプの回転により働くモーメント	29,178	$N \cdot mm$
$\mu$	摩擦係数 （機器台板と基礎コンクリート面）	0.4	—
	摩擦係数 （機器台板と機器接合面）	0.3	—

第 6-1 表 緊急時対策棟用湧水サンプルポンプの応力評価に使用する入力値(2/3)

記号	定義 (基礎ボルト)	数値	単位
$A_{b1}$	ボルトの有効断面積	157	$\text{mm}^2$
$h_1$	据付面から上側重心までの高さ	306	mm
$h_2$	据付面から下側重心までの高さ	900	mm
$L$	重心とボルト間の水平方向距離	285	mm
$\ell$	支点としているボルトより最大引張応力がかかるボルトまでの距離	570	mm
$m_1$	据付面から上側重心の運転時質量	295	kg
$m_2$	据付面から下側重心の運転時質量	218	kg
$n_1$	基礎ボルトの数	4	本
$N_1$	引張力の作用するボルトの評価本数	2	本

記号	定義 (ヘッド取付ボルト)	数値	単位
$A_{b2}$	ボルトの有効断面積	157	$\text{mm}^2$
$h_3$	ヘッド取付面から上側重心までの高さ	410	mm
$h_4$	ヘッド取付面から下側重心までの高さ	924	mm
$m_3$	ヘッド取付面から上側重心の運転時質量	193	kg
$m_4$	ヘッド取付面から下側重心の運転時質量	223	kg
$N_2, n_2$	ヘッド取付ボルトの評価本数	4	本
$r_1$	ボルト配置半径	190	mm

第 6-1 表 緊急時対策棟用湧水サンプルポンプの応力評価に使用する入力値(3/3)

記号	定義 (ポンプ取付ボルト)	数値	単位
$A_{b3}$	ボルトの有効断面積	84.3	$\text{mm}^2$
$h_5$	ポンプ取付面からポンプ重心までの高さ	924	mm
$m_5$	ポンプ重心の運転時質量 (ポンプ取付面から下側)	223	kg
$N_{3,n3}$	ポンプ取付ボルトの評価本数	12	本
$r_2$	ボルト配置半径	91.5	mm

記号	定義 (原動機取付ボルト)	数値	単位
$A_{b4}$	ボルトの有効断面積	84.3	$\text{mm}^2$
$h_6$	原動機取付面から原動機重心までの高さ	194	mm
$m_6$	原動機重心の運転時質量 (原動機取付面から上側)	80	kg
$N_{4,n4}$	原動機取付ボルトの評価本数	4	本
$r_3$	ボルト配置半径	132.5	mm

記号	定義 (原動機支持台取付ボルト)	数値	単位
$A_{b5}$	ボルトの有効断面積	157	$\text{mm}^2$
$h_7$	原動機支持台取付面から原動機と原動機支持台を合わせた重心までの高さ	333	mm
$m_7$	原動機と原動機支持台重心の運転時質量 (原動機支持台取付面から上側)	101	kg
$N_{5,n5}$	原動機支持台取付ボルトの評価本数	4	本
$r_4$	ボルト配置半径	155	mm



第 6-2 表 緊急時対策棟用湧水サンプポンプの評価対象部位の許容限界評価条件

評価対象部位	材料	評価用温度 (°C)	Sy (MPa)	Su (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	SS400	40 (注2)	245	400	245	280
ヘッド取付ボルト	SUS316	65 (注1)	189	497	205	205
ポンプ取付ボルト	SUS316	65 (注1)	189	497	205	205
原動機取付ボルト	SS400	40 (注2)	245	400	245	280
原動機支持台取付 ボルト	SUS316	40 (注2)	205	520	205	246

記号の定義

Sy : 設計降伏点 JSME S NJ1-2012 の Part3 第 1 章 表 6 に規定される値

Su : 設計引張強さ JSME S NJ1-2012 の Part3 第 1 章 表 7 に規定される値

f<sub>t</sub> : JSME S NC1-2012 SSB-3131(1)より以下の式を用いて算出する。

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

f<sub>s</sub> : JSME S NC1-2012 SSB-3131(2)より以下の式を用いて算出する。

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

f<sub>t</sub>\* : JSME S NC1-2012 SSB-3131(1)より以下の式を用いて算出する。

$$f_t^* = \frac{F^*}{1.5}$$

f<sub>s</sub>\* : JSME S NC1-2012 SSB-3131(2)より以下の式を用いて算出する。

$$f_s^* = \frac{F^*}{1.5\sqrt{3}}$$

F : JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(1)により規定される Sy 及び 0.7Su のいずれか小さい方の値。ただし、使用温度が 40°C を超えるオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金にあつては、JSME S NJ1-2012 の Part3 第 1 章 表 6 に定める値の 1.35 倍の値、表 7 に定める値の 0.7 倍の値又は室温における表 6 に定める値のいずれか小さい方の値

F\* : F を求める場合の Sy を 1.2Sy に読み替えた値

(注 1) 最高使用温度

(注 2) 雰囲気温度

## 6.2 機能維持条件

動的機能維持の評価条件として、「5.4 評価方法」にて示す水平方向及び鉛直方向の評価用加速度は最大床加速度を使用する。

緊急時対策棟用湧水サンプポンプの評価用加速度を第6-3表に示す。

第6-3表 緊急時対策棟用湧水サンプポンプの評価用加速度

評価対象設備	評価対象部位	方向	評価用加速度( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )
緊急時対策棟用 湧水サンプ ポンプ	ポンプ	水平	0.55
	〔ケーシング〕 (コラム先端)	鉛直	0.44
		原動機	水平
	(軸受部)	鉛直	0.44

## 7. 耐震評価結果

基礎ボルト、ヘッド取付ボルト、ポンプ取付ボルト、原動機取付ボルト及び原動機支持台取付ボルトの摩擦力と水平地震力の比較結果、構造強度評価結果及び動的機能維持評価結果を第7-1表～第7-3表に示す。

緊急時対策棟用湧水サンプポンプの基礎ボルト、ヘッド取付ボルト、ポンプ取付ボルト、原動機取付ボルト及び原動機支持台取付ボルトの発生応力は許容応力値以下であり、ポンプ及び原動機の応答加速度は機能確認済加速度以下である。

なお、全てのボルトにおいて水平地震力より摩擦力が大きいため、ボルトにせん断応力は発生しない。

第7-1表 摩擦力と水平地震力の比較結果

評価対象設備	評価対象部位	摩擦力(N)	水平地震力(N)
緊急時対策棟用 湧水サンプ ポンプ	基礎ボルト	$3.3 \times 10^4$	$3.8 \times 10^3$
	ヘッド取付ボルト	$2.0 \times 10^4$	$3.1 \times 10^3$
	ポンプ取付ボルト	$3.1 \times 10^4$	$2.0 \times 10^3$
	原動機取付ボルト	$1.3 \times 10^4$	$8.1 \times 10^2$
	原動機支持台取付ボルト	$2.0 \times 10^4$	$9.3 \times 10^2$

第7-2表 構造強度評価結果 (D+M<sub>D</sub>+P<sub>D</sub>+S<sub>s</sub>)

評価対象設備	評価対象部位	応力の種類	発生応力 (MPa)	許容応力 <sup>(注)</sup> (MPa)
緊急時対策棟用 湧水サンプ ポンプ	基礎ボルト	引張	9	279
	ヘッド取付ボルト	引張	21	204
	ポンプ取付ボルト	引張	27	204
	原動機取付ボルト	引張	3	279
	原動機支持台取付ボルト	引張	3	246

(注) 許容応力は「4.4 許容限界」に示す許容引張応力  $1.5f_t^*$  を用いる。 $f_t^*$  については、「6.1 応力評価条件」に示す式を用いる。

第7-3表 動的機能維持評価結果

評価対象設備	評価対象部位	水平加速度( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		鉛直加速度( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	
		応答 加速度	機能確認済 加速度	応答 加速度	機能確認済 加速度
緊急時対策棟用 湧水サンプ ポンプ	ポンプ 〔ケーシング〕 (コラム先端)	0.55	12.0	0.44	2.0
	原動機 (軸受部)	0.55	2.5	0.44	2.0

溢水源としない機器の耐震計算書

# 目 次

		頁
1. 概 要 .....	12 (3) - 別添 2 - 3 - 1	
2. 基本方針 .....	12 (3) - 別添 2 - 3 - 1	
2.1 位 置 .....	12 (3) - 別添 2 - 3 - 1	
2.2 構造概要 .....	12 (3) - 別添 2 - 3 - 1	
2.3 評価方針 .....	12 (3) - 別添 2 - 3 - 1	
2.4 適用規格 .....	12 (3) - 別添 2 - 3 - 2	
3. 地震応答解析 .....	12 (3) - 別添 2 - 3 - 2	
3.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 2 - 3 - 2	
4. 応力評価 .....	12 (3) - 別添 2 - 3 - 2	
4.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 2 - 3 - 2	
4.2 評価対象部位 .....	12 (3) - 別添 2 - 3 - 2	
4.3 荷重及び荷重の組合せ .....	12 (3) - 別添 2 - 3 - 3	
4.4 許容限界 .....	12 (3) - 別添 2 - 3 - 4	
4.5 評価方法 .....	12 (3) - 別添 2 - 3 - 7	
5. 耐震評価結果 .....	12 (3) - 別添 2 - 3 - 8	

## 1. 概 要

本資料は、別添2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「2.1 評価対象施設」に示す溢水源としない機器が基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、破損しないことを確認するものである。

## 2. 基本方針

別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「2.1 評価対象施設」に示す構造計画を踏まえ、溢水源としない機器の「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」を示す。

### 2.1 位 置

溢水源としない機器は、緊急時対策棟に設置する設備を対象として、設置高さに応じた評価を行う。

### 2.2 構造概要

溢水源としない機器のうち配管、弁及び支持構造物（以下「溢水評価対象配管」という。）は、資料 12-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」と同様の支持方針で設計することで、適用する地震力に対して構造強度を有する構造とする。

### 2.3 評価方針

溢水評価対象配管の応力評価は、別添2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「3.2 許容限界」にて設定している、荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、評価対象部位に作用する応力が許容限界内に収まることを、「3. 地震応答解析」及び「4. 応力評価」に示す方法により計算し、「5. 耐震評価結果」にて確認する。

溢水評価対象配管については、防護対象設備を設置する緊急時対策棟のEL25.3m以上を対象とし、資料12-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」に示す解析方法を用いて評価する。



## 2.4 適用規格

耐震評価に用いる規格、基準等を以下に示す。

- ・ 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (JSME S NC1-2012) 日本機械学会
- ・ 発電用原子力設備規格 材料規格 (JSME S NJ1-2012) 日本機械学会
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG4601-1987) 日本電気協会
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (JEAG4601・補-1984) 日本電気協会
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG4601-1991 追補版) 日本電気協会

## 3. 地震応答解析

### 3.1 基本方針

溢水評価対象配管の地震応答解析は、別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「4.1 地震応答解析」にて設定している評価方針を踏まえ、溢水評価対象配管の設置建屋及び設置高さに応じて実施する。

## 4. 応力評価

### 4.1 基本方針

溢水評価対象配管の応力評価は、別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「4.2 耐震評価」にて設定している評価方針を踏まえ、応力評価を実施する。

溢水評価対象配管の応力評価は、「4.2 評価対象部位」に示す評価対象部位に対し、「4.3 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.4 許容限界」に示す荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、「4.5 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 4.2 評価対象部位

溢水評価対象配管の評価対象部位は、資料 12-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」に示す配管、弁及び支持構造物を評価対象部位とする。

### 4.3 荷重及び荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを用いる。

#### 4.3.1 荷重の種類

応力評価に用いる荷重は、以下の荷重を用いる。

(1) 死荷重(D)

死荷重は、持続的に生じる荷重であり、自重とする。

(2) 地震荷重(Ss)

地震荷重は、基準地震動 Ss による地震力とする。

(3) 内圧荷重(P<sub>D</sub>)

内圧荷重は、当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重とする。

(4) 機械的荷重(M<sub>D</sub>)

機械的荷重は、当該設備に設計上定められた機械的荷重とする。

#### 4.3.2 荷重の組合せ

溢水評価対象配管の応力評価に用いる荷重の組合せを第 4-1 表に示す。

第 4-1 表 配管の荷重の組合せ

許容応力状態	荷重の組合せ	評価対象部位
IV <sub>AS</sub>	D+P <sub>D</sub> +M <sub>D</sub> +Ss	配管
		弁
		支持構造物

#### 4.4 許容限界

溢水源としない機器の評価の許容限界は、別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「3.2 許容限界」にて設定している許容限界に従って、「4.2 評価対象部位」にて設定している評価対象部位ごとに、許容応力状態 IV<sub>AS</sub> の許容応力を用いる。

溢水評価対象配管の許容限界を第 4-2 表に示す。

第4-2表 配管の許容限界(1/2)

	耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許容限界 <sup>(注1)</sup>			
				一次一般 膜応力	一次応力 (曲げ応力含む)	一次応力+ 二次応力	一次応力+ 二次応力+ ピーク応力
配管	—	$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_{AS}$	$0.6S_u$	左欄の1.5倍の値	$S_s$ 地震動のみによる疲労解析 <sup>(注2)</sup> を行い、疲労累積係数が1.0以下で あること。但し、地震動のみによ る一次応力+二次応力の変動値 が $2S_y$ 以下であれば、疲労解析は 行わない。	

(注1)  $S_y$  : 設計降伏点 JSME S NJ1-2012 材料規格 Part3 第1章 表6に規定される値

$S_u$  : 設計引張強さ JSME S NJ1-2012 材料規格 Part3 第1章 表7に規定される値

(注2)  $2S_y$  を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、JSME S NC1-2012 PPB-3536 (同(3)、(6)及び(7)を除く。また、 $S_m$  は  $2/3S_y$  に読み替える。) の簡易弾塑性解析を用いる。

第4-2表 支持構造物の許容限界(2/2)

	耐震 クラス	荷重の 組合せ	許容 応力 状態	許容限界 (注1) (注2) (注3) (ボルト以外)											(注2) 許容限界 (ボルト等)	
				一次応力					一次+二次応力					一次応力		
				引張	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張 圧縮	せん断	曲げ	支圧	(注6) 座屈	引張	せん断	
支持 構造物	—	D+P <sub>D</sub> + M <sub>D</sub> +S <sub>s</sub>	IV <sub>AS</sub>	1.5f <sub>t</sub> *	1.5f <sub>s</sub> *	1.5f <sub>c</sub> *	1.5f <sub>b</sub> *	1.5f <sub>p</sub> *	〔S <sub>s</sub> 地震動にのみに〕 よる応力振幅につ いて評価する。〕			(注5) 1.5f <sub>p</sub> *	(注4) (注5) 1.5f <sub>b</sub> , 1.5f <sub>s</sub> 又は 1.5f <sub>c</sub>	1.5f <sub>t</sub> *	1.5f <sub>s</sub> *	

(注1) 「鋼構造設計規準 SI 単位版」(2002年日本建築学会)等の幅厚比の制限を満足させる。

(注2) 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

(注3) 耐圧部に溶接等により直接取り付けられる支持構造物であって耐圧部と一体の応力解析を行うものについては、耐圧部と同じ許容応力とする。

(注4) JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(4)により求めた f<sub>b</sub>とする。

(注5) 自重、熱膨張等により常時作用する荷重に、地震動による荷重を重ね合わせて得られる応力の圧縮最大値について評価する。

(注6) 薄肉円筒形状のもの座屈の評価にあつては、クラス MC 容器の座屈に対する評価式による。

#### 4.5 評価方法

- (1) 溢水防護として要求する機能を踏まえ、資料12-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」より、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して耐震性が確保され溢水に至らないことを確認するために、許容応力状態IV<sub>A</sub>Sでの許容限界を満足することを確認する。
- (2) 減衰定数の考え方は、別添2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「4.1.3 設計用減衰定数」に示す。
- (3) 評価に用いる解析コード及びその適用機器及び使用目的を示す。  
溢水評価対象配管は低温配管である。低温配管に適用する標準支持間隔法において、耐震最大支持間隔算出に用いる「SPAN2000」の検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。
- (4) 溢水評価対象配管の耐震評価は、資料12-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」に示す解析方法を用いて評価する。
- (5) 溢水評価対象配管のうち支持構造物は、資料12-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」の「5. 支持構造物の耐震計算について」に示すとおり、支持構造物に作用する設計用荷重が、支持構造物の型式ごとに示す定格荷重又は最大使用荷重以下となる支持構造物を選定する。

## 5. 耐震評価結果

溢水評価対象配管における配管仕様は、資料12-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」の「4.2.3(3) 配管質量」の第4-2-1表「配管仕様」及び第4-2-2表「配管仕様」に示す配管仕様を適用する。

適用する標準支持間隔は、資料12-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」の「4.9 標準支持間隔」の第4-4-1表「標準支持間隔」及び第4-4-5表「標準支持間隔」に示す標準支持間隔とし、溢水評価対象配管の支持間隔が標準支持間隔内に収まる設計とする。

溢水評価対象配管に適用する配管仕様及び標準支持間隔を第5-1表に示す。

溢水評価対象配管のうち支持構造物は、「4.5 評価方法」に示すとおり設計する。

第5-1表 溢水評価対象配管に適用する配管仕様及び標準支持間隔

設備名称	材 料	配管仕様 口径 SCH	配管仕様		資料 12-12 標準支持間隔表
			資料 12-12 配管仕様表	資料 12-12 配管仕様 番 号	
溢水評価 対象配管	ステンレス鋼	2 1/2B SCH20S	第4-2-1表	22	第4-4-1表
	炭素鋼	2B SCH40	第4-2-2表	13	第4-4-5表
		2 1/2B SCH40	第4-2-2表	15	第4-4-5表

溢水防護に係る施設の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の  
組合せに関する影響評価結果



## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	12 (3) - 別添 2 - 4 - 1
2. 溢水防護に係る施設及び溢水源としない 機器に関する影響評価 .....	12 (3) - 別添 2 - 4 - 1
2.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 2 - 4 - 1
2.2 評価条件及び評価方法 .....	12 (3) - 別添 2 - 4 - 1
2.3 評価結果 .....	12 (3) - 別添 2 - 4 - 4

## 1. 概要

本資料は、別添2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」の「2. 耐震評価の基本方針」に基づき、溢水防護に係る施設及び溢水源としない機器について、基準地震動 $S_s$ による地震力に対する溢水伝ばを防止する機能を維持するために、耐震性を確認しているため、動的地震力の水平2方向及び鉛直方向の組合せに関する影響評価について説明するものである。

## 2. 溢水防護に係る施設及び溢水源としない機器に関する影響評価

### 2.1 基本方針

溢水防護に係る施設及び溢水源としない機器に関する、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、資料12-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の評価方針及び評価方法を踏まえて、設備が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。

### 2.2 評価条件及び評価方法

資料8-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4. 各施設における水平2方向及び鉛直方向地震力に対する影響評価方針」を踏まえて、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して、耐震評価を実施する設備のうち、従来の設計手法における水平1方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた耐震計算（以下「従来の計算」という。）に対して、設備の構造特性から水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性のあるものを抽出し、設備が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。影響評価のフローを第2-1図に示す。

#### (1) 評価対象となる設備の整理

溢水防護に係る施設及び溢水源としない機器のうち、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して機能維持を確認する設備を評価対象とする。（第2-1図①）

#### (2) 構造上の特徴による抽出

構造上の特徴から水平2方向の地震力が重複する観点にて検討を行い、水平2方向の地震力による影響の可能性のある設備を抽出する。（第2-1図②）

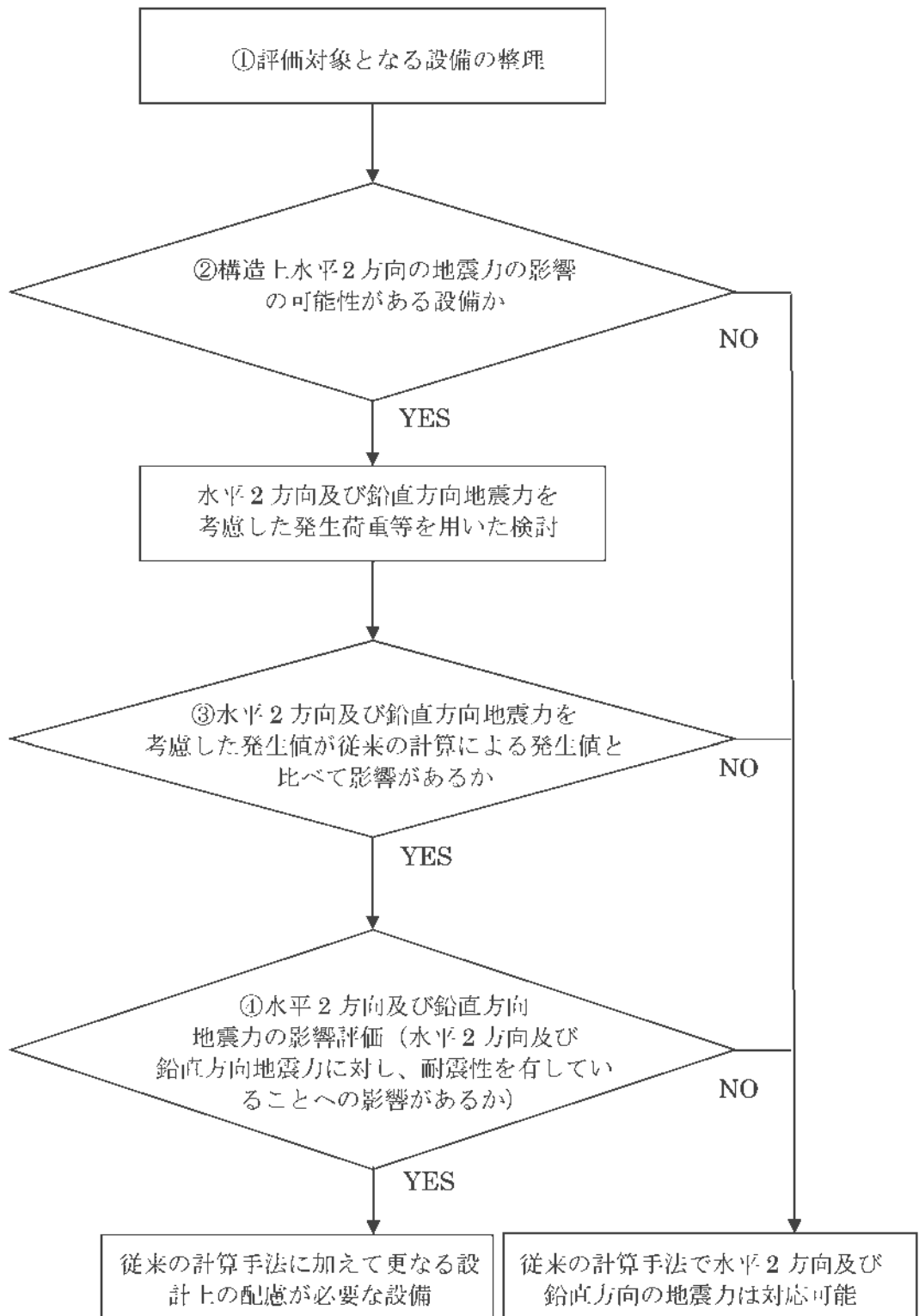
#### (3) 発生値の増分による抽出

水平2方向の地震力による影響の可能性のある設備に対して、水平2方向の地震力が各方向1:1で入力された場合に各部にかかる荷重や応力等を求め、従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して、水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した発生値の増分を用いて影響を検討し、耐震

性への影響が懸念される設備を抽出する。(第2-1図③)

(4) 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価

「(3) 発生値の増分による抽出」の検討において算出された荷重や応力等を用いて、設備が有する耐震性への影響を検討する。(第2-1図④)



第2-1図 水平2方向及び鉛直方向の地震力を考慮した影響評価のフロー

## 2.3 評価結果

### 2.3.1 水平2方向及び鉛直方向の組合せの評価設備（部位）の抽出

評価対象設備を第2-1表に示す。資料12-18「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」の「3.2 機器・配管系」の評価設備（部位）の抽出方法を踏まえ、評価対象設備の各評価部位、応力分類に対し構造上の特徴から、水平2方向の地震力による影響を以下の項目により検討し影響の可能性のある設備を抽出した。

#### (1) 水平2方向の地震力が重複する観点

評価対象設備は、水平1方向の地震に加えて、さらに水平直交方向に地震力が重複した場合、水平2方向の地震力による影響検討が必要となる可能性があるものとして抽出した。

#### (2) 水平1方向及び鉛直方向地震力に対する水平2方向及び鉛直方向地震力の増分の観点

「(1) 水平2方向の地震力が重複する観点」にて影響の可能性のある設備について、水平2方向の地震力が各方向1:1で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来による発生値と比較し、その増分により影響の程度を確認し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出した。抽出結果を第2-2表に示す。

### 2.3.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

第2-2表にて抽出された設備について、水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した発生値を、資料12-18「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」の「3.2 機器・配管系」の方法にて算出した。

### 2.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果

「2.3.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価」の影響評価条件にて算出した発生値に対して、設備が有する耐震性への影響を評価した。影響評価結果を第2-3表に示す。

### 2.3.4 まとめ

溢水防護に係る施設及び溢水源としない機器について、水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した場合でも溢水防護に係る施設が有する耐震性への影響がないことを確認したため、従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計手法に加えて更なる設計上の配慮が必要な設備はない。

第 2-1 表 水平 2 方向入力の影響検討対象設備

設備名称	評価部位
緊急時対策棟用湧水サンプポンプ	基礎ボルト
	ヘッド取付ボルト
	ポンプ取付ボルト
	原動機取付ボルト
	原動機支持台取付ボルト
配管本体（定ピッチスパン法）	直管配管（水平）
	直管配管（鉛直）
	曲り部、分岐部

第 2-2 表 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果

(凡例) ○：影響の可能性あり  
 △：影響軽微  
 -：該当なし

(1) 構造強度評価

設備（機種） 及び部位	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	2.3.1 項(1)の 観点	2.3.1 項(2)の 観点	検討結果
緊急時対策棟用湧水サ ンプポンプ	○ (基礎ボルトせん断、 取付ボルトせん断)	○	摩擦力により 基礎ボルトの せん断応力が 発生しないた め、水平 2 方 向の地震力に よる増分の有 意な影響はな い

第 2-2 表 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果

(凡例) ○：影響の可能性あり  
 △：影響軽微  
 -：該当なし

(2) 機能維持評価

設備（機種） 及び部位	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	2.3.1 項(1)の 観点	2.3.1 項(2)の 観点	検討結果
緊急時対策棟用湧水サンプポンプ	○	○	影響評価結果は 第 2-3 表参照
緊急時対策棟用湧水サンプポンプ原 動機	○	○	



第 2-3 表 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価結果

(2) 機能維持評価結果

評価対象設備	機能確認済加速度との比較			詳細評価
	水平加速度( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )			
	従来の計算による 応答加速度	2 方向想定 応答加速度	機能確認済 加速度	
緊急時対策棟用湧水サンプポン プ	0.55	0.78	12.0	—
緊急時対策棟用湧水サンプポン プ原動機	0.55	0.78	2.5	—

可搬型重大事故等対処設備の耐震性に関する説明書

## 目 次

- 別添 3-1 可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針
- 別添 3-2 可搬型重大事故等対処設備の保管場所における入力地震動
- 別添 3-3 可搬型重大事故等対処設備のうち車両型設備の耐震計算書
- 別添 3-4 可搬型重大事故等対処設備のうちポンベ設備の耐震計算書
- 別添 3-5 可搬型重大事故等対処設備のうちその他設備の耐震計算書
- 別添 3-6 可搬型重大事故等対処設備の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の  
組合せに関する影響評価結果

## 可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	12 (3) - 別添 3 - 1 - 1
2. 耐震評価の基本方針 .....	12 (3) - 別添 3 - 1 - 2
2.1 評価対象設備 .....	12 (3) - 別添 3 - 1 - 2
2.2 評価方針 .....	12 (3) - 別添 3 - 1 - 2
3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界 .....	12 (3) - 別添 3 - 1 - 24
3.1 荷重及び荷重の組合せ .....	12 (3) - 別添 3 - 1 - 24
3.2 許容限界 .....	12 (3) - 別添 3 - 1 - 25
4. 耐震評価方法 .....	12 (3) - 別添 3 - 1 - 31
4.1 車両型設備 .....	12 (3) - 別添 3 - 1 - 31
4.2 ボンベ設備 .....	12 (3) - 別添 3 - 1 - 38
4.3 その他設備 .....	12 (3) - 別添 3 - 1 - 43
4.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の考慮 .....	12 (3) - 別添 3 - 1 - 45
5. 適用規格 .....	12 (3) - 別添 3 - 1 - 46

## 1. 概 要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第 54 条及び第 76 条並びにそれらの「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」に適合する設計とするため、添付資料 4「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」（以下「添付資料 4」という。）の別添 2「可搬型重大事故等対処設備の設計方針」（以下「添付資料 4 の別添 2」という。）にて設定する構造強度上の耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の設備の分類に該当しない設備である可搬型重大事故等対処設備が、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して耐震性を有することを確認するための耐震計算方針について説明するものである。

可搬型重大事故等対処設備のうち地震応答解析等に使用する保管場所の入力地震動は、別添 3-2「可搬型重大事故等対処設備の保管場所等における入力地震動」に、車両型設備の具体的な計算の方法及び結果は、別添 3-3「可搬型重大事故等対処設備のうち車両型設備の耐震計算書」に、ポンベ設備の具体的な計算の方法及び結果は、別添 3-4「可搬型重大事故等対処設備のうちポンベ設備の耐震計算書」に、その他設備の具体的な計算の方法及び結果は、別添 3-5「可搬型重大事故等対処設備のうちその他設備の耐震計算書」に示すとともに、動的地震力の水平 2 方向及び鉛直方向の組合せに対する各設備の影響評価結果については、別添 3-6「可搬型重大事故等対処設備の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す。

## 2. 耐震評価の基本方針

可搬型重大事故等対処設備の耐震評価は、「2.1 評価対象設備」に示す評価対象設備を対象として、転倒評価、構造強度評価及び機能維持評価を実施して、地震後において重大事故等に対処するための機能を損なわないこと、並びに車両の支持機能及び移動機能が損なわれないことを確認する。また、波及的影響評価を実施し、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。

可搬型重大事故等対処設備は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対してその機能を保持できる設計とすることを踏まえ、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を適切に組み合わせ実施する。影響評価方法は「4.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の考慮」に示す。

### 2.1 評価対象設備

評価対象設備は、添付資料 4 の別添 2 の「3. 設備分類」に設定している車両型設備、ポンベ設備及びその他設備を対象とし、第 2-1 表に示す。また、評価を要しない可搬型重大事故等対処設備についても併せて示す。

添付資料 4 の別添 2 にて設定している対象設備の構造計画を第 2-2 表に示す。

### 2.2 評価方針

可搬型重大事故等対処設備の耐震評価は、添付資料 4 の別添 2 の「3. 設備分類」に設定している車両型設備、ポンベ設備及びその他設備の分類ごとに定める「転倒評価」、「構造強度評価」、「機能維持評価」、「波及的影響評価」及び「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の考慮」に従って実施する。

可搬型重大事故等対処設備の耐震評価の評価対象部位は、添付資料 4 の別添 2 の「4.2 性能目標」で設定している設備ごとの構造強度上の性能目標を踏まえて、第 2-3 表に示すとおり設定する。

### 2.2.1 車両型設備

車両型設備は、転倒評価、構造強度評価、機能維持評価及び波及的影響評価を実施する。

以下に、車両型設備の評価内容を示す。

各評価において使用する加速度、すべり量及び浮上がり角は、加振試験の結果により求める。なお、加速度、すべり量及び浮上がり角を各評価にて用いる場合には、実機における車両応答の不確かさを考慮した余裕等を必要に応じて適切に考慮する。

評価対象部位のうち直接支持構造物としての取付ボルトの構造強度評価については、原子力発電所耐震設計技術指針（以下「JEAG4601」という。）に規定されているその他支持構造物の評価に従い実施する。間接支持構造物としての取付ボルトについては、直接支持構造物の構造強度評価に準じて実施する。

#### (1) 転倒評価

車両型設備の転倒評価については、添付資料 4 の別添 2 の「6.3.1(2)a. 転倒」にて設定している評価方針に基づき、発電機、内燃機関等の機器を積載している車両全体は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、転倒しないことを、保管場所の地表面の最大加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

その評価方法は「4.1 (2) 転倒評価」に示すとおり加振試験により転倒しないことを確認する。



## (2) 構造強度評価

車両型設備の構造強度評価については、添付資料 4 の別添 2 の「6.3.1(2)b. 構造強度」にて設定している評価方針に基づき、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、車両に積載している発電機、内燃機関等の支持部の取付ボルトが、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを、計算により確認する。

その評価方法は「4.1 (3) 構造強度評価」に示すとおり、加振試験で得られた応答加速度を用いて、車両に積載している発電機、内燃機関等の支持部の取付ボルトの評価を行う。評価に当たっては、加振試験で得られた車両型設備の評価対象部位頂部での最大応答加速度に対して、実機における車両応答の不確かさを考慮し、最大応答加速度の 1.2 倍の余裕を見込み割り増した応答加速度（以下「設計用加速度」という。）を用い、車両型設備の評価対象部位に作用する応力が許容限界を満足することを確認する。

## (3) 機能維持評価

車両型設備の動的及び電氣的機能並びに支持機能及び移動機能の機能維持評価については、添付資料 4 の別添 2 の「6.3.1(2)c. 動的及び電氣的機能」及び「6.3.1(2)d. 支持機能及び移動機能」にて設定している評価方針に基づき、車両に積載している発電機、内燃機関等は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、発電機の給電機能、内燃機関の駆動機能等の動的及び電氣的機能を保持できることを、保管場所の地表面の最大加速度が、地震力に伴う浮上りを考慮しても、加振試験により動的及び電氣的機能を保持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

また、車両部は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、積載物から受ける荷重を支持する支持機能及び車両としての自走、牽引による移動機能を保持できることを、保管場所の地表面の最大加速度が、地震力に伴う浮上りを考慮しても、加振試験により支持機能及び移動機能を保持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

それらの評価方法は「4.1 (4) 機能維持評価」に示すとおり、加振試験により機能が保持できることを確認する。

#### (4) 波及的影響評価

車両型設備の波及的影響評価については、添付資料4の別添2の「6.3.1(2)e. 波及的影響」にて設定している評価方針に基づき実施する。車両型設備は、サスペンションのようなバネ構造を有するため、設備に生じる地震荷重により、大きな傾きが生じることから、車両全体は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、当該設備のすべり及び浮上がりによる波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを、加振試験で得られたすべり及び浮上がりにより算出した変位量が、波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して必要な離隔距離未満であることにより確認する。

その評価方法は「4.1(5) 波及的影響評価」に示すとおり、すべり量に、浮上がりによる変位量を加算した値をトータル影響量と定義し、トータル影響量が波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して必要な離隔距離未満であることにより確認する。

## 2.2.2 ボンベ設備

### (1) 構造強度評価

ボンベ設備の構造強度評価については、添付資料4の別添2の「6.3.2(2)a. 構造強度」にて設定している評価方針に基づき、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、ボンベを収納するボンベラック架台及びボンベラック架台を床に固定する基礎ボルト等が、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを、計算により確認する。

その評価方法は、「4.2(2) 構造強度評価」に示すとおり、地震応答解析により算出する固有振動数及び地震による荷重を用いて、ボンベラック架台、基礎ボルト等の評価を行う。

### (2) 波及的影響評価

ボンベ設備の波及的影響評価については、添付資料4の別添2の「6.3.2(2)b. 波及的影響」にて設定している評価方針に基づき実施する。ボンベ設備は、車両型設備と異なりバネのような柔らかい構造を有しないため、大きな変位量は発生しないことから、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、ボンベを収容するボンベラック架台及びボンベラック架台を床に固定する基礎ボルト等が、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認することで、機器全体が、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。

その評価方法は、「4.2(3) 波及的影響評価」に示すとおり、地震応答解析により算出する固有振動数及び地震による荷重を用いて、ボンベラック架台、基礎ボルト等の評価を行う。

## 2.2.3 その他設備

### (1) 転倒評価

その他設備の転倒評価については、添付資料 4 の別添 2 の「6.3.3(2)a.転倒」にて設定している評価方針に基づき、その他設備の機器全体は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、転倒しないことを、保管場所における最大床加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることをより確認する。

その評価方法は、「4.3(2) 転倒評価」に示すとおり、加振試験を行い、試験後にキャビネット、支持フレーム、固定治具等が健全であり、機器全体が転倒しないことを確認する。

### (2) 機能維持評価

その他設備の機能維持評価については、添付資料 4 の別添 2 の「6.3.3(2)b.機能維持」にて設定している評価方針に基づき、その他設備の機器全体は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、保管場所における最大床加速度が、加振試験により動的及び電氣的機能並びに支持機能を保持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることをより確認する。

その評価方法は、「4.3(3)機能維持評価」に示すとおり、加振試験を行い、試験後に計測機能等の動的及び電氣的機能並びにキャビネット、支持フレーム、固定治具等の支持機能が保持できることを確認する。

### (3) 波及的影響評価

その他設備の波及的影響評価については、添付資料4の別添2の「6.3.3(2)c. 波及的影響」にて設定している評価方針に基づき実施する。その他設備は、車両型設備と異なりバネのような柔らかい構造を有しないため、大きな変位量は発生しないことから、その他設備の機器全体は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、当該設備のすべり及び浮上がりによる波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを、保管場所における最大床加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

その評価方法は、「4.3(4) 波及的影響評価」に示すとおり、加振試験を行い、試験後にキャビネット、支持フレーム、固定治具等が健全であり、機器全体が転倒しないことを確認する。

その他設備に使用しているキャビネット、支持フレーム、固定治具等は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、対象設備の重心高さを考慮して設置位置を設定するとともに、保管場所における最大床加速度により受ける荷重に対して十分な裕度を持たせて選定を行う。キャビネット、支持フレーム、固定治具等の支持機能については、保管状態を模擬した加振試験により確認する。

以上を踏まえ、以降では、可搬型重大事故等対処設備の耐震計算に用いる荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界について、「3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」に示し、車両型設備、ポンベ設備及びその他設備の分類ごとの耐震評価方法を評価項目ごとに「4. 耐震評価方法」に示す。

第2-1表 可搬型重大事故等対処設備 (1/6)

添付資料4の 別添2での 設備区分	名称	資料12別添3での記載箇所又は 評価を要しない理由	施設区分
車両型設備	緊急時対策所用発電機車	別添3-3	非常用電源設備
	緊急時対策所用発電機車内燃機関	別添3-3 緊急時対策所用発電機車に含む。	非常用電源設備
	緊急時対策所用発電機車[調速装置]	別添3-3 緊急時対策所用発電機車に含む。	非常用電源設備
	緊急時対策所用発電機車 [非常調速装置]	別添3-3 緊急時対策所用発電機車に含む。	非常用電源設備
	緊急時対策所用発電機車冷却水ポンプ	別添3-3 緊急時対策所用発電機車に含む。	非常用電源設備
	緊急時対策所用発電機車燃料油サービスタンク	別添3-3 緊急時対策所用発電機車に含む。	非常用電源設備
	緊急時対策所用発電機車励磁装置	別添3-3 緊急時対策所用発電機車に含む。	非常用電源設備
	緊急時対策所用発電機車保護継電器	別添3-3 緊急時対策所用発電機車に含む。	非常用電源設備

第 2-1 表 可搬型重大事故等対処設備 (2/6)

添付資料 4 の 別添 2 での 設備区分	名称	資料 12 別添 3 での記載箇所又 は評価を要しない理由	施設区分
ボンベ設備	空気ボンベ (緊急時対策所用)	別添 3-4	放射線管理施設

第2-1表 可搬型重大事故等対処設備 (3/6)

添付資料4の 別添2での 設備区分	名称	資料12別添3での記載箇所又は 評価を要しない理由	施設区分
その他設備	原子炉補機冷却水サージタンク圧力 (SA)	別添3-5	計測制御系統施設
	可搬型温度計測装置(格納容器再循環ユ ニット入口温度/出口温度(SA)用)	別添3-5	計測制御系統施設
	携帯型通話設備	別添3-5	計測制御系統施設
	衛星携帯電話設備	別添3-5	計測制御系統施設
	無線連絡設備	別添3-5	計測制御系統施設



第2-1表 可搬型重大事故等対処設備 (4/6)

添付資料4の 別添2での 設備区分	名称	資料12別添3での記載箇所又は 評価を要しない理由	施設区分
その他設備	緊急時対策所エリアモニタ	別添3-5	放射線管理施設
	可搬型モニタリングポスト	別添3-5	放射線管理施設
	可搬型エリアモニタ	別添3-5	放射線管理施設 緊急時対策所
	電離箱サーベイメータ	別添3-5	放射線管理施設
	NaIシンチレーションサーベイメータ	別添3-5	放射線管理施設
	GM汚染サーベイメータ	別添3-5	放射線管理施設
	ZnSシンチレーションサーベイメータ	別添3-5	放射線管理施設

第2-1表 可搬型重大事故等対処設備 (5/6)

添付資料4の 別添2での 設備区分	名称	資料12別添3での記載箇所又は 評価を要しない理由	施設区分
その他設備	空気ボンベ（緊急時対策所用）～緊急時対策所加圧ラインボンベラックマニホールド上流閉止端及び緊急時対策所加圧ラインボンベラック間フレキシブルホース入口接続口	地震による転倒に対し、機能喪失しない。	放射線管理施設
	空気ボンベ（緊急時対策所用）～緊急時対策所加圧ラインボンベラック間フレキシブルホース出口接続口及び緊急時対策所加圧ラインボンベラック恒設配管接続フレキシブルホース入口接続口	地震による転倒に対し、機能喪失しない。	放射線管理施設
	空気ボンベ（緊急時対策所用）～緊急時対策所加圧ラインボンベラック間フレキシブルホース出口接続口及び緊急時対策所加圧ラインボンベラック恒設配管接続フレキシブルホース入口接続口	地震による転倒に対し、機能喪失しない。	放射線管理施設
	緊急時対策所加圧ラインボンベラック間フレキシブルホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。	放射線管理施設
	緊急時対策所加圧ラインボンベラック恒設配管接続フレキシブルホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。	放射線管理施設

第2-1表 可搬型重大事故等対処設備 (6/6)

添付資料4の 別添2での 設備区分	名称	資料12別添3での記載箇所又 は評価を要しない理由	施設区分
その他設備	緊急時対策所用発電機車用給油ライン取合用 フレキシブルホース	地震による転倒に対し、機能喪失 しない。	非常用電源設備
	酸素濃度計	別添3-5	緊急時対策所
	二酸化炭素濃度計	別添3-5	緊急時対策所

第 2-2 表 可搬型重大事故等対処設備の構造計画 (1/3)

設備分類	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
<p><b>【位置】</b>            屋内の可搬型重大事故等対処設備は、添付資料 4 の要求を満たす耐震性を有する保管場所として、緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）に保管する設計とする。            屋外の可搬型重大事故等対処設備は、添付資料 4 の要求を満たす地盤安定性を有する保管場所として、第 6 保管エリア又は第 4 保管エリアに保管する設計とする。</p>			
車両型設備	サスペンションを有し、地震に対する影響を軽減できる構造であるとともに、早期の重大事故等への対処を考慮し、自走、牽引にて移動できる構造とし、車両（トレーラ）、発電機、内燃機関等により構成する。	間接支持構造物としての車両に発電機、内燃機関等を取付ボルトで据え付け、車両（トレーラ）を拘束せず保管する。	第 2-1 図
ポンベ設備	空気ポンベ及び空気ポンベの支持構造物であるポンベラック架台等により構成する。	空気ポンベは、容器として十分な強度を有する構造とし、固定ボルト等によりポンベラック架台に固定し、ポンベラック架台を基礎ボルトにより床に据え付ける。	第 2-2 図

第2-2表 可搬型重大事故等対処設備の構造計画 (2/3)

設備分類	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
その他設備	原子炉補機冷却水サージタンク圧力(SA)等及びそれを収納する収納箱並びに収納箱を収納するキャビネットで構成する。	収納箱はキャビネットに収納し、固定冶具により拘束して保管する。 また、キャビネットは壁に据付ボルトで据え付けるとともに、架台に取付ボルトで固定し、架台は床に基礎ボルトで据え付ける。	第2-3図
	可搬型エリアモニタ及びそれを収納する収納箱並びに収納箱を収納するキャビネット	収納箱は収納ラックに収納し、固定冶具により拘束して保管する。 また、収納ラックは壁に据付ボルトで据え付ける。	第2-4図
	携帯型通話設備及びそれを収納する収納箱並びに収納箱を収納するキャビネット	収納箱はキャビネットの引出しに収納し、仕切板により拘束するとともに、引出しを固定冶具により拘束して保管する。 また、キャビネットは壁に据付ボルトで据え付けるとともに、架台に取付ボルトで固定し、架台は床に基礎ボルトで据え付ける。	第2-5図
	緊急時対策所エリアモニタ等及びそれを収納するキャビネット	緊急時対策所エリアモニタ等はキャビネットの引出しに収納するとともに、引出しを固定冶具により拘束して保管する。 また、キャビネットは壁に据付ボルトで据え付ける。	第2-6図
	可搬型モニタリングポスト及びそれを支持する支持フレーム	可搬型モニタリングポストは支持フレームに固定冶具により拘束して保管する。 また、支持フレームは壁に据付ボルトで据え付ける。	第2-7図

第 2-2 表 可搬型重大事故等対処設備の構造計画 (3/3)

設備 分類	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
その他設備	可搬型モニタリングポスト で構成する。	可搬型モニタリングポスト は固定治具により拘束して 保管する。 また、固定治具は壁に据付 ボルトで据え付ける。	第 2-8 図

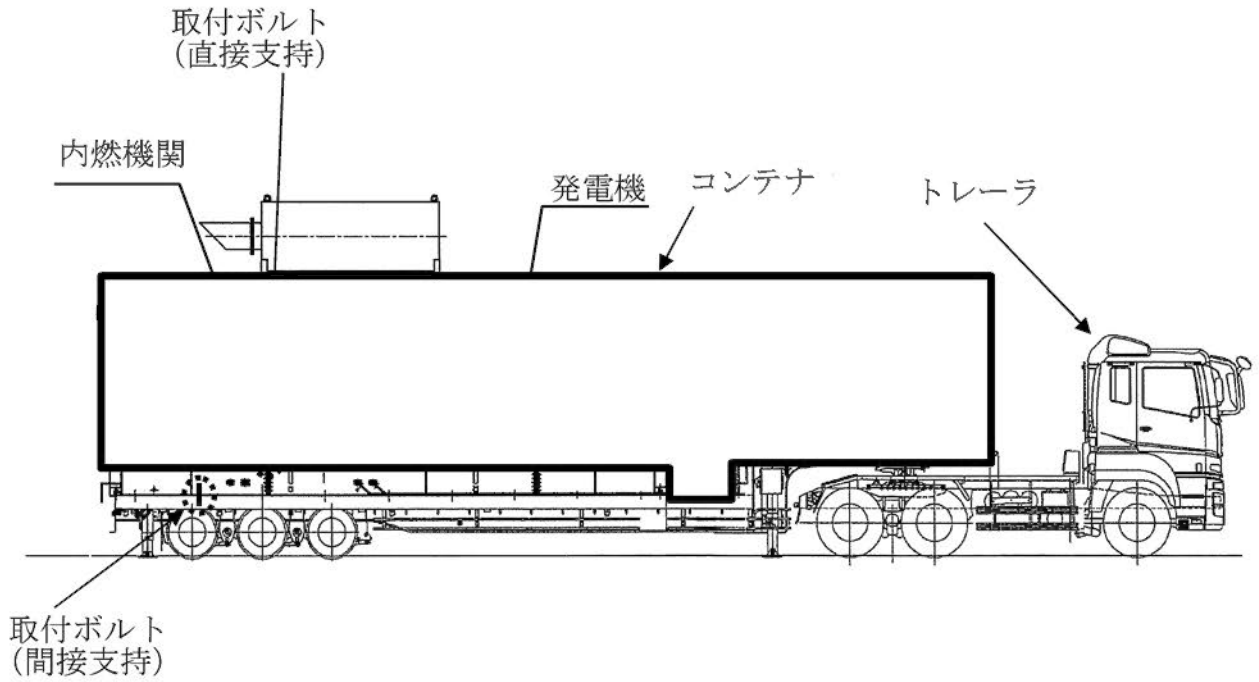
第2-3表 可搬型重大事故等対処設備 構造強度評価対象部位 (1/2)

機器名称	設備	評価対象部位		選定理由
		直接支持 構造物	間接支持 構造物	
・緊急時対策所用発電機車	車両型設備	発電機 取付ボルト 内燃機関 取付ボルト	コンテナ 取付ボルト	<p>JEAG4601 において剛構造の発電機、内燃機関は、構造強度評価対象は取付ボルト、基礎ボルトが評価対象となる旨規定されている。発電機は、重量の大きな固定子、回転子を支持するケーシングからなる剛構造であり、内燃機関は、シリンダブロックが内圧に耐える肉厚構造の設計であり剛構造であることから、当該設備は JEAG4601 に記載されている発電機や内燃機関と同等の構造とみなすことができるため、評価対象は発電機、内燃機関取付ボルトとなる。</p> <p>車両部については、間接支持構造物の主たる支持構造物であり、支持機能が失われた場合に影響が大きい部位である車両フレーム、コンテナ台板、コンテナ取付ボルトのうち断面積の小さなコンテナ取付ボルトを評価対象とする。</p>

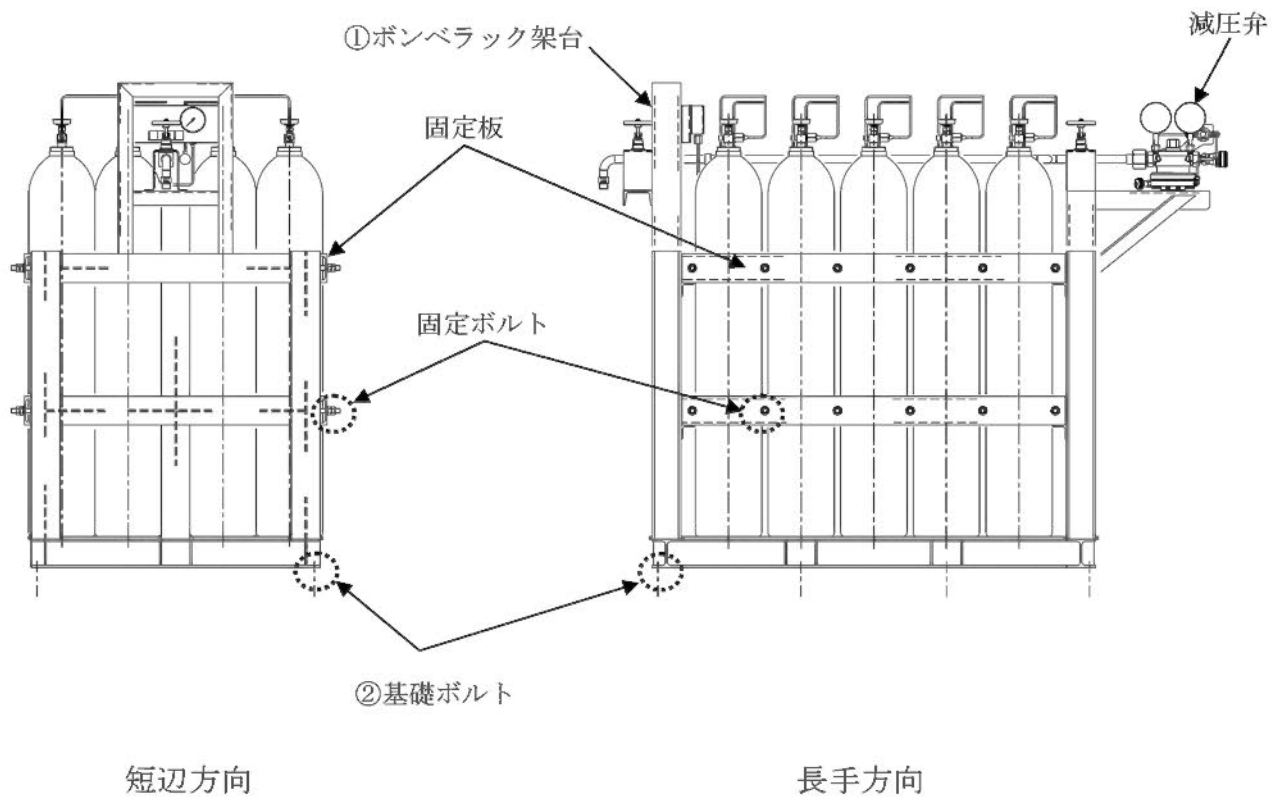
第2-3表 可搬型重大事故等対処設備 構造強度評価対象部位 (2/2)

機器名称	設備	評価対象部位		選定理由
		直接支持構造物	間接支持構造物	
・空気ボンベ (緊急時対策所用)	ボンベ設備	ボンベラック架台 基礎ボルト	対象なし	空気ボンベについては、高圧ガス保安法の規格に基づいた設計がなされており、添付資料 14-2-3 「重大事故等クラス3機器の強度評価書」において、重大事故等クラス3機器として強度評価を実施しており、十分な強度を有していることから、空気ボンベを固定する支持構造物であるボンベラック架台並びにこれを固定する基礎ボルトを評価対象とする。

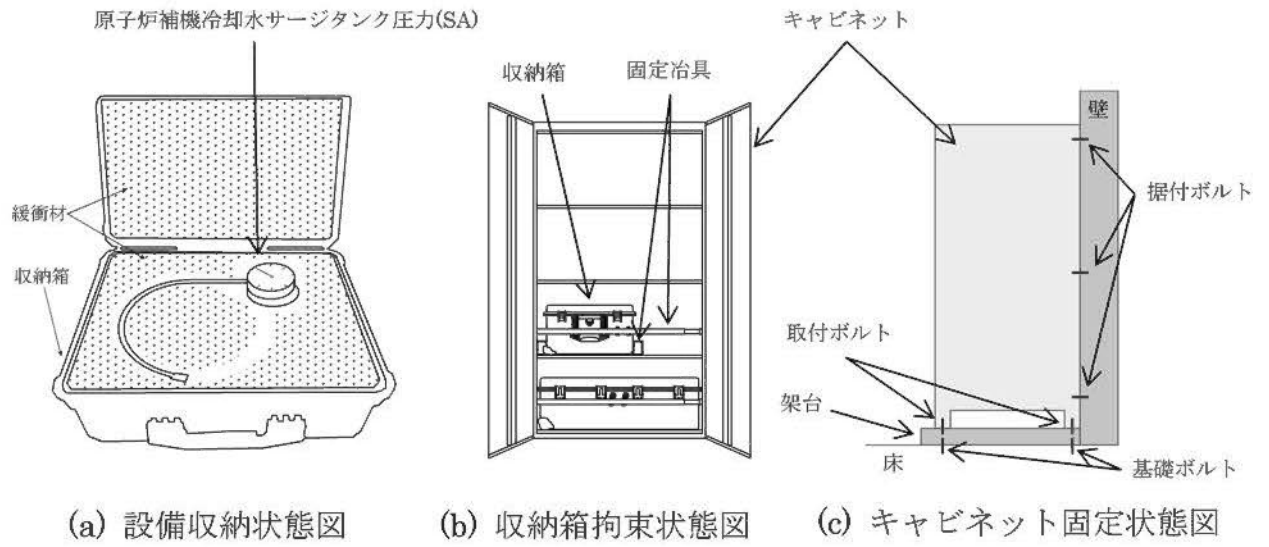




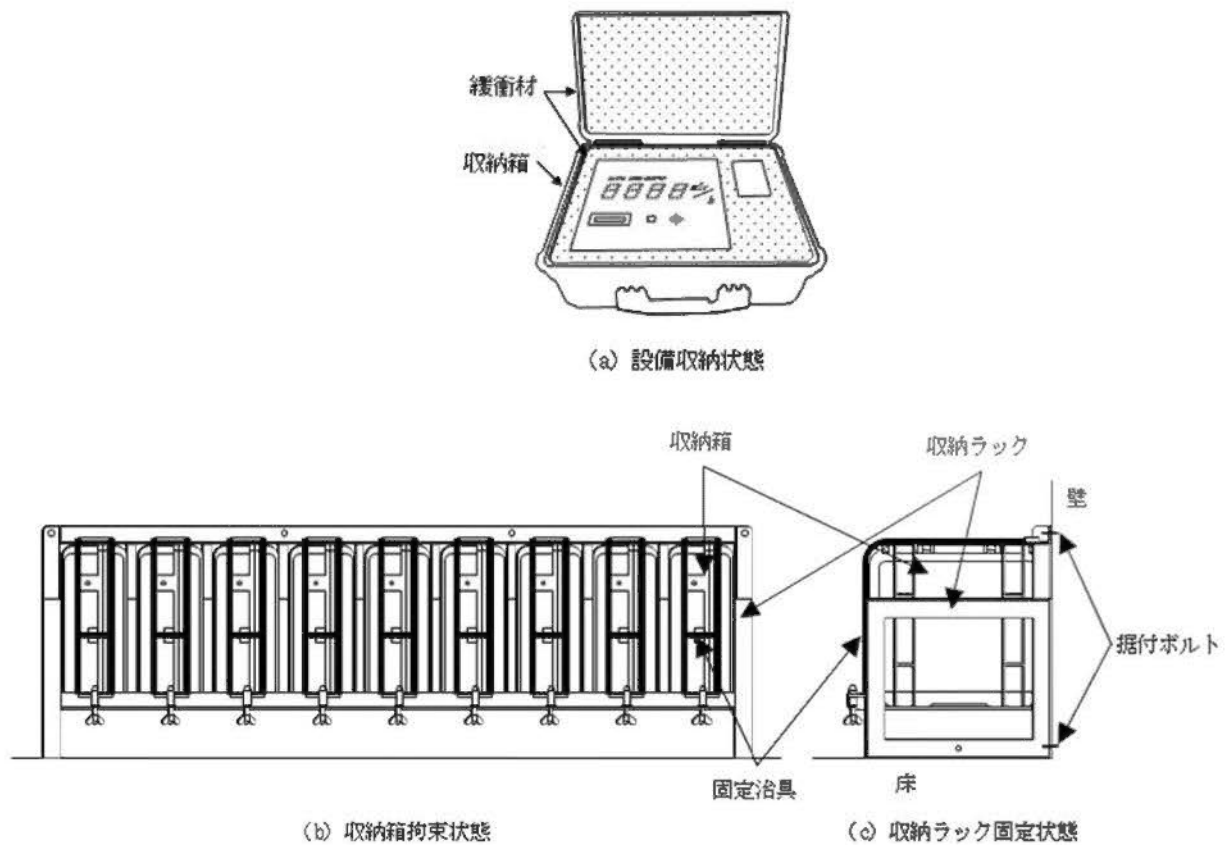
第 2-1 図 車両型設備



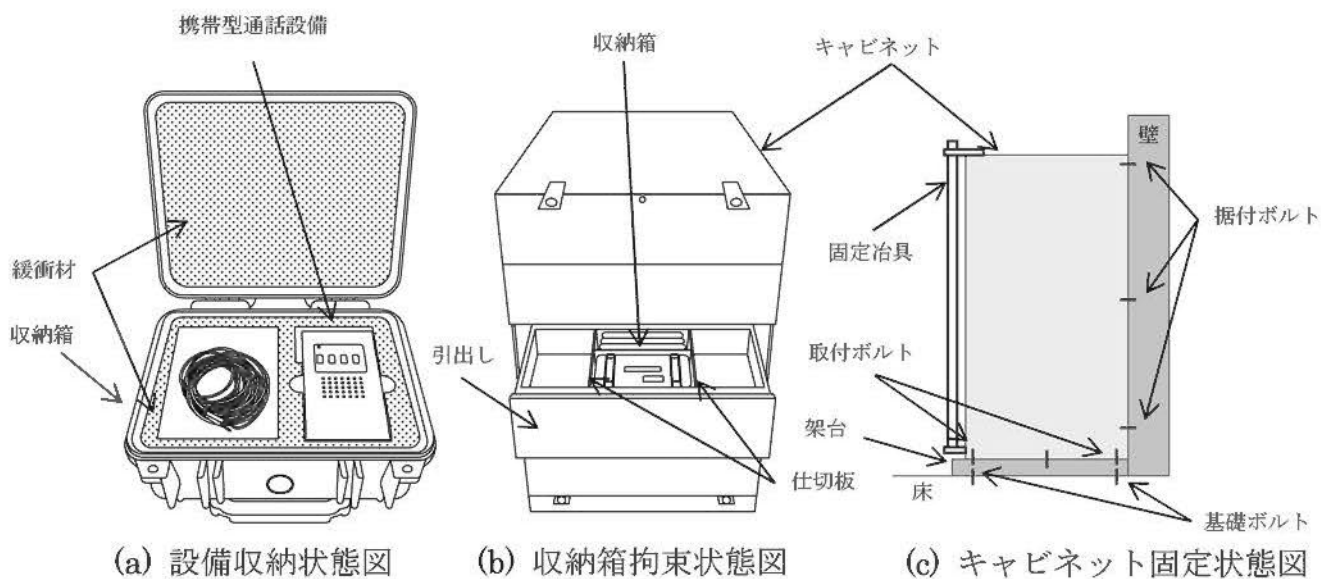
第 2-2 図 ポンベ設備



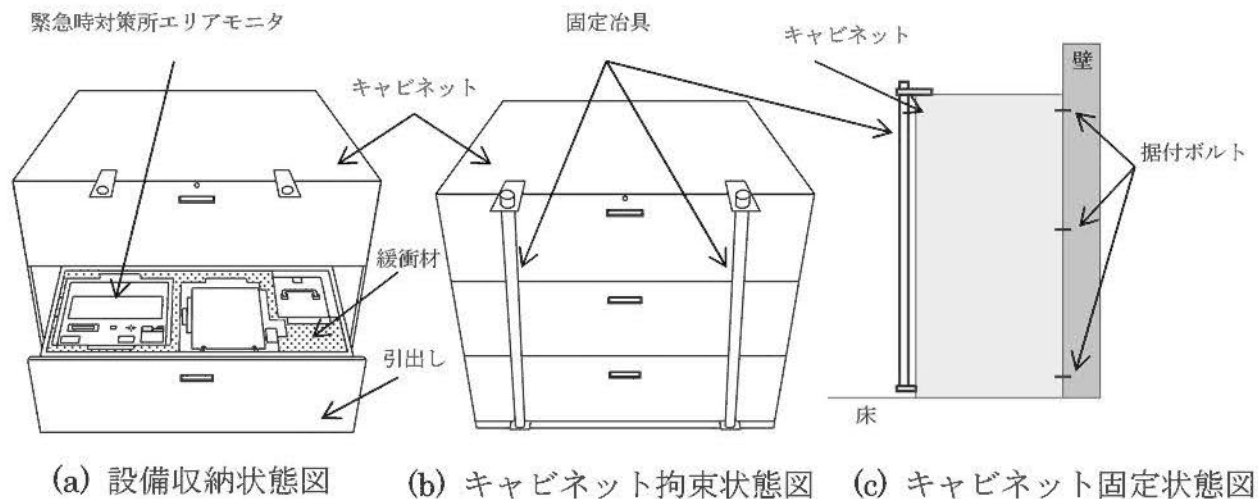
第 2-3 図 その他設備（原子炉補機冷却水サージタンク圧力(SA)等）



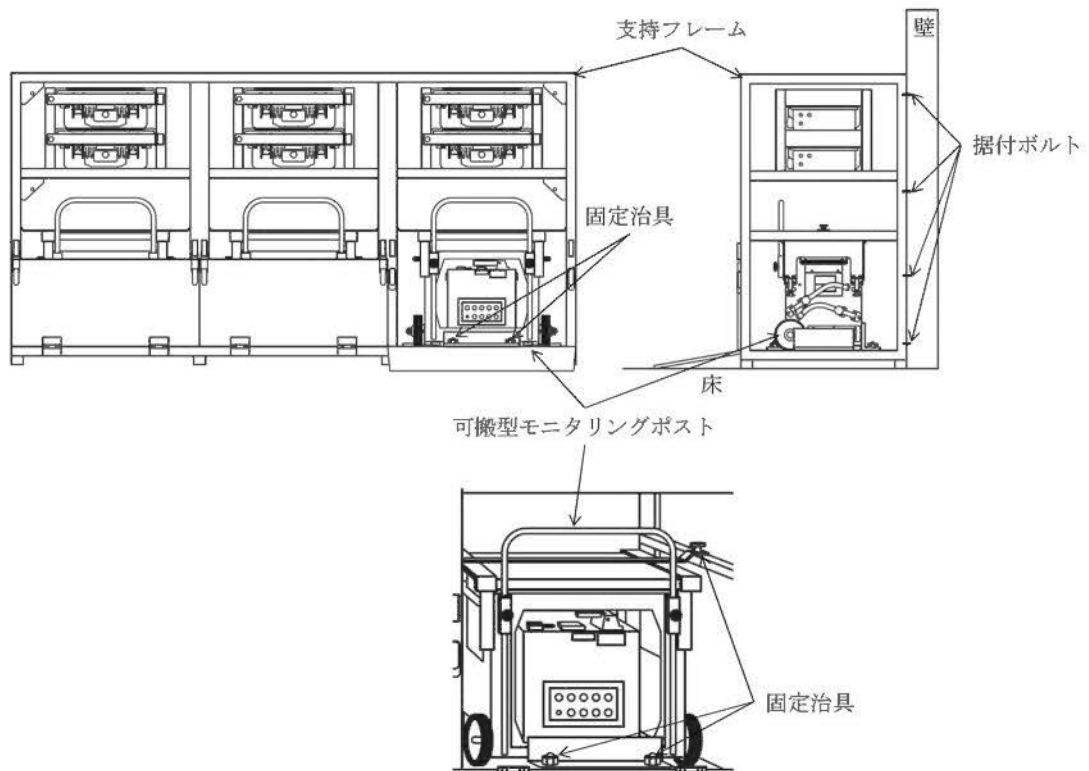
第 2-4 図 その他設備（可搬型エリアモニタ）



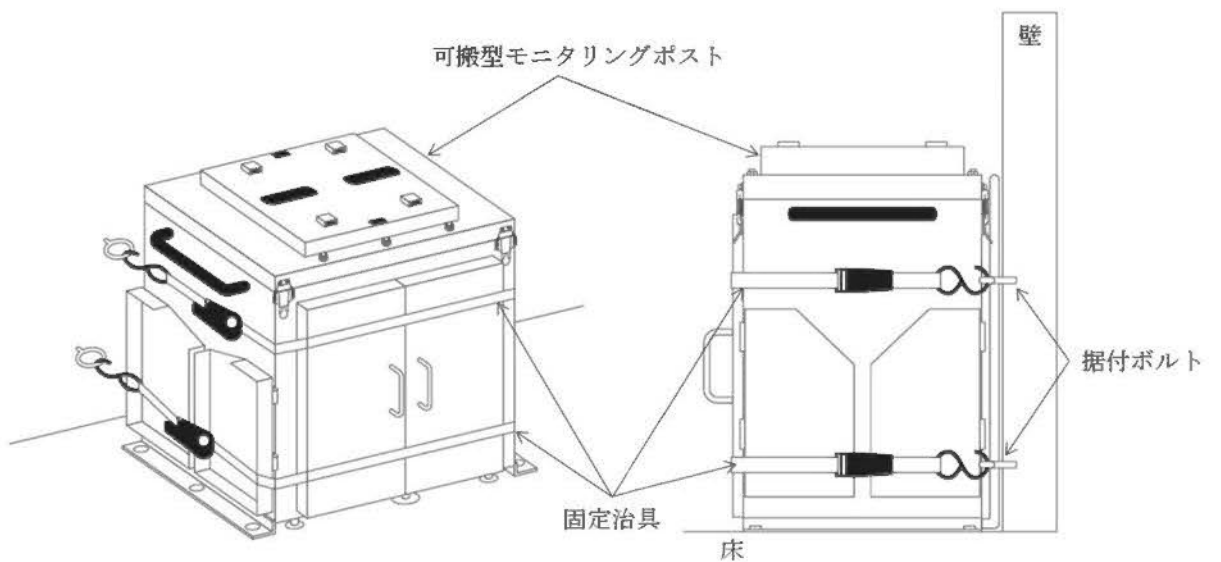
第 2-5 図 その他設備（携帯型通話設備）



第 2-6 図 その他設備（緊急時対策所エリアモニタ等）



第 2-7 図 その他設備 (可搬型モニタリングポスト)



第 2-8 図 その他設備 (可搬型モニタリングポスト)

### 3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

可搬型重大事故等対処設備の耐震計算に用いる荷重及び荷重の組合せを、以下の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」に、許容限界を「3.2 許容限界」に示す。

#### 3.1 荷重及び荷重の組合せ

可搬型重大事故等対処設備のうち、屋外に保管している設備の自然現象の考慮については、添付資料 2「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」に設定する荷重及び荷重の組合せを用いる。

荷重及び荷重の組合せは、添付資料 4 の別添 2 の「6.2 荷重及び荷重の組合せ」に従い、保管状態における荷重を考慮し、設定する。

地震と組み合わせるべき荷重としては、積雪荷重及び風荷重が挙げられる。地震と組み合わせる荷重の設定に当たっては、資料 12-9「機能維持の基本方針」の第 3-1 図 耐震計算における積雪荷重及び風荷重の設定フローに基づき、設定する。

積雪については除雪にて対応することで無視できる。

車両型設備は、風を一面に受ける構造と違い、風は隙間を吹き抜けやすい構造となっており、また、車両型設備には内燃機関、発電機等の重量物が積載され重量が大きいこと及び加振試験結果を用いて評価を行うことから基準地震動  $S_s$  による地震力より大きな地震動で評価される。よって、車両型設備については、風荷重については無視できる。ポンベ設備は、耐震性を有する緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）に保管することから、風荷重については無視できる。また、その他設備についても、建物・構築物、屋外設置の機器に比べ、風による受圧面積が相対的に小さいことから、風荷重については無視できる。

## 3.2 許容限界

許容限界は、添付資料 4 の別添 2 の「4.2 性能目標」で設定している設備ごとの構造強度設計上の性能目標のとおり、評価対象部位ごとに設定した。

「3.1 荷重及び荷重の組合せ」で設定している荷重及び荷重の組合せを含めた、設備ごとの許容限界を第 3-1 表から第 3-3 表に示す。

各設備の許容限界の詳細は、各計算書にて評価対象部位の損傷モードを考慮し、評価項目を選定し、評価項目ごとに許容限界を定める。

直接支持構造物の評価については、JEAG4601 に規定されているその他支持構造物の評価に従った評価を実施する。また、車両型設備の間接支持構造物としてのボルトの評価については、直接支持構造物の評価に準じた評価を行う。

### 3.2.1 車両型設備

#### (1) 転倒評価

車両型設備は、地震時において、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、地盤安定性を有する屋外の保管場所に拘束せずに保管し、必要な負荷へ給電する発電機、その駆動源となる内燃機関等を車両に取付ボルトで固定し、車両全体が安定性を有し、転倒しない設計とする。

そのため、車両型設備は、「2.2.1(1) 転倒評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、加振試験にて転倒しないことを許容限界として設定する。

#### (2) 構造強度評価

車両型設備は、地震後において、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、必要な負荷へ給電する機能を有する発電機、その駆動源となる内燃機関等の機器を車両に取付ボルトで固定し、主要な構造部材が給電機能、支持機能等を保持可能な構造強度を有する設計とする。

そのため、車両型設備は、「2.2.1(2) 構造強度評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、資料 12-9 「機能維持の基本方針」に設定している、JEAG4601 を適用し、許容応力状態  $IV_{AS}$  の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

### (3) 機能維持評価

車両型設備は、地震後において、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、車両に積載している発電機の必要な負荷へ給電する機能、その駆動源となる内燃機関等の動的及び電氣的機能を保持できる設計とする。

また、車両型設備は、地震後において、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、積載物から受ける荷重を支持する支持機能及び車両としての自走、牽引による移動機能を保持できる設計とする。

そのため、車両型設備は、「2.2.1(3) 機能維持評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、加振試験により動的及び電氣的機能並びに支持機能及び移動機能が保持できることを許容限界として設定する。

### (4) 波及的影響評価

車両型設備は、地震時において、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、地盤安定性を有する屋外の保管場所に拘束せずに保管し、当該設備のすべり及び浮上がりによる波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないよう離隔距離を確保する設計とする。

そのため、車両型設備は、「2.2.1(4) 波及的影響評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、車両型設備の加振試験で得られたすべり及び浮上がりにより算出した変位量が、地震によるすべり及び浮上がりにより他の可搬型重大事故等対処設備との接触、衝突等の相互干渉による破損を引き起こし機能喪失するなどの波及的影響を及ぼさないよう、可搬型重大事故等対処設備の作業性及び運用性を踏まえ設定した1台あたりの離隔距離未満であることを許容限界として設定する。

また、離隔距離に関しては、実際の設備配置の運用上の管理値として必要であるため、保安規定に離隔距離を基に必要な設備間隔を定め、管理を行う。

### 3.2.2 ポンベ設備

#### (1) 構造強度評価

ポンベ設備は、地震後において、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、空気を供給する機能を有する空気ポンベをポンベラック架台に収納し、ポンベラック架台を耐震性を有する緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）の床に基礎ボルトで固定して保管し、主要な構造部材が空気供給機能を保持可能な構造強度を有する設計とする。

そのため、ポンベ設備は、「2.2.2(1) 構造強度評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、資料 12-9「機能維持の基本方針」に設定している、JEAG4601 を適用し、許容応力状態  $IV_{AS}$  の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

#### (2) 波及的影響評価

ポンベ設備は、地震時において、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、基礎ボルト等で固定し保管することで、主要な構造部材が、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないよう、構造強度を有する設計とする。

そのため、ポンベ設備は、「2.2.2(2) 波及的影響評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、資料 12-9「機能維持の基本方針」に設定している、JEAG4601 を適用し、許容応力状態  $IV_{AS}$  の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。



### 3.2.3 その他設備

#### (1) 転倒評価

その他設備は、地震時において、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、耐震性を有する建屋内の保管場所の壁又は床に据え付けたキャビネット及び支持フレームに固定治具等にて拘束して保管することにより、機器全体が安定性を有し、転倒しない設計とする。

そのため、その他設備は、「2.2.3(1) 転倒評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、加振試験にて転倒しないことを許容限界として設定する。

#### (2) 機能維持評価

その他設備は、地震後において、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、耐震性を有する建屋内の保管場所の壁又は床に据え付けたキャビネット及び支持フレームに固定治具等にて拘束して保管することにより、機器全体が安定性を有し、計測機能等の動的及び電氣的機能並びにキャビネット及び支持フレームに固定治具等にて拘束した支持機能を保持できる設計とする。

そのため、その他設備は、「2.2.3(2) 機能維持評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、加振試験にて動的及び電氣的機能並びに支持機能が保持できることを許容限界として設定する。

#### (3) 波及的影響評価

その他設備は、地震時において、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、耐震性を有する建屋内の保管場所の壁又は床に据え付けたキャビネット及び支持フレームに固定治具等にて拘束して保管することにより、機器全体が安定性を有し、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさない設計とする。

そのため、その他設備は、「2.2.3(3) 波及的影響評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、加振試験にて転倒しないことを許容限界として設定する。

第3-1表 設備ごとの荷重の組合せ及び許容限界

設備名称	荷重の組合せ	評価対象部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
車両型設備	D+Ss	取付ボルト (第3-2表)	引張、せん断、組合せ	部材の降伏	JEAG4601 を適用し、許容応力状態IV <sub>A</sub> S の許容応力以下とする。
ボンベ設備	D+Ss	架台 <sup>(注)</sup> (第3-3表)	組合せ	部材の降伏	JEAG4601 を適用し、許容応力状態IV <sub>A</sub> S の許容応力以下とする。
		基礎ボルト (第3-2表)	引張、せん断、組合せ	部材の降伏	

(注) ボンベラック架台

第3-2表 取付ボルト及び基礎ボルトの許容限界

	耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許容限界 <sup>(注1)(注2)</sup>	
				一次応力	
				引張 <sup>(注3)</sup>	せん断 <sup>(注3)</sup>
取付ボルト 基礎ボルト	—	D+Ss	IV <sub>AS</sub>	1.5f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5f <sub>s</sub> <sup>*</sup>

(注1) f<sub>t</sub><sup>\*</sup>, f<sub>s</sub><sup>\*</sup>: JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(1)a本文中 Sy 及び Sy(RT)を 1.2Sy 及び 1.2Sy(RT)と読み替えて算出した値 (JSME S NC1-2012 SSB-3133)。但し、Sy 及び 0.7Su のいずれか小さい方の値とする。

(注2) JEAG4601・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

(注3) ボルトにせん断力が作用する場合、組合せ評価を実施する。その際の許容応力値は、JSME S NC1-2012 SSB-3133に基づき、Min (1.4(1.5f<sub>t</sub><sup>\*</sup>)-1.6 τ<sub>b</sub>, 1.5f<sub>t</sub><sup>\*</sup>) とする。

第3-3表 架台の許容限界

	耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許容限界 <sup>(注1)(注2)</sup>
				一次応力
				組合せ
架台	—	D+ Ss	IV <sub>AS</sub>	1.5f <sub>t</sub> <sup>*</sup>

(注1) f<sub>t</sub><sup>\*</sup>: JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(1)a本文中 Sy 及び Sy(RT)を 1.2Sy 及び 1.2Sy(RT)と読み替えて算出した値 (JSME S NC1-2012 SSB-3121.3)。但し、Sy 及び 0.7Su のいずれか小さい方の値とする。

(注2) JEAG4601・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

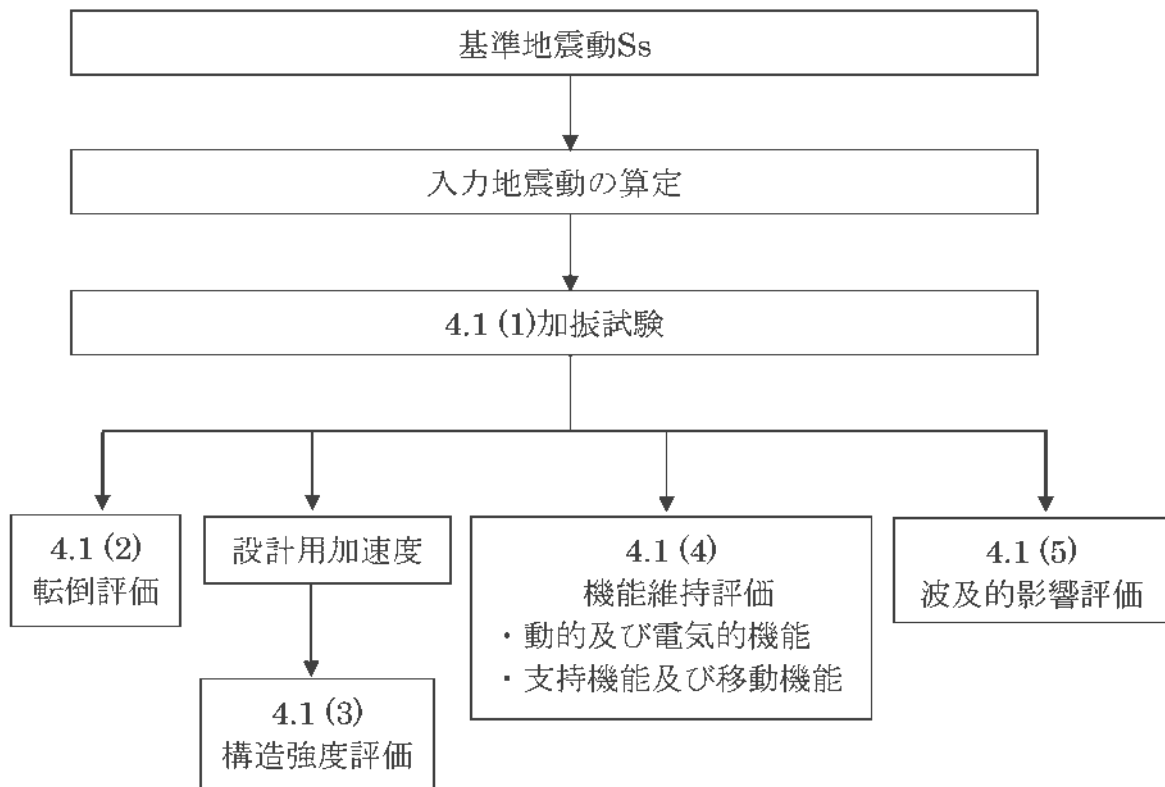
#### 4. 耐震評価方法

可搬型重大事故等対処設備の耐震評価は、車両型設備、ポンベ設備及びその他設備の分類ごとに評価方法が異なることから、以下の「4.1 車両型設備」、「4.2 ポンベ設備」及び「4.3 その他設備」のそれぞれに示す「転倒評価」、「構造強度評価」、「機能維持評価」及び「波及的影響評価」に従って実施する。

##### 4.1 車両型設備

車両型設備の耐震評価の手順は、平成29年8月25日付け原規規発第1708253号にて認可された工事計画の実績に基づき、実施する。

車両型設備の評価の概要フロー図を第4-1図に示す。



第4-1図 車両型設備の評価フロー

## (1) 加振試験

### a. 基本方針

車両型設備においては、重大事故等に対処するための機能を保持するために、車両全体として安定性を有し、転倒しないこと、主要な構造部材が必要な構造強度を有すること、動的及び電氣的機能並びに支持機能及び移動機能が保持できること及び当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを加振試験の結果を踏まえて評価することから、以下の「b. 入力地震動」に示す入力地震動を用いて、「(2) 転倒評価」、「(4) 機能維持評価」及び「(5) 波及的影響評価」に示す方法により加振試験を行う。

### b. 入力地震動

加振試験の入力地震動は、対象設備の保管場所である第6保管エリア及び第4保管エリアの地表面の応答に地盤物性等のばらつき等を考慮し±10%振幅処理したものを対象設備の固有値帯において包絡し、かつ全体としておおむね包絡するように設定する。

## (2) 転倒評価

車両型設備は、実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.1(1)b. 入力地震動」に示す入力地震動によるランダム波加振試験を行い、試験後に転倒していないことを確認する。転倒評価は、当該設備保管場所の地表面の最大加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

### (3) 構造強度評価

#### a. 直接支持構造物

車両型設備の直接支持構造物の構造強度評価は、以下に示す「(a) 引張応力の評価式」及び「(b) せん断応力の評価式」に従って、評価対象部位について、JEAG4601に規定されているボンプ等の基礎ボルトの評価方法を用いて発生応力を算出し、許容応力以下であることを確認する。

評価については、加振試験で得られた評価対象部位頂部の最大応答加速度に対して、実機における車両応答の不確実さを考慮し、最大応答加速度の1.2倍の余裕を見込み割り増しを行った設計用水平加速度及び設計用鉛直加速度を設定し、構造強度評価を行う。

計算モデルを第4-2図に、構造強度評価に使用する記号を第4-1表に示す。

第4-1表 構造強度評価に使用する記号

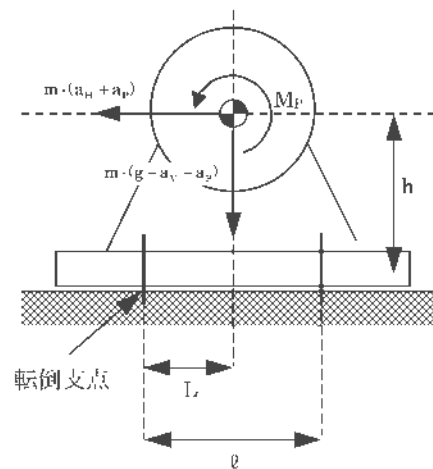
記号	単位	定 義
$A_b$	$\text{mm}^2$	取付ボルトの軸断面積
$a_H$	$\text{m/s}^2$	設計用水平加速度
$a_P$	$\text{m/s}^2$	回転体振動による加速度
$a_V$	$\text{m/s}^2$	設計用鉛直加速度
$g$	$\text{m/s}^2$	重力加速度 ( $g=9.80665$ )
$h$	$\text{mm}$	据付面から重心までの高さ
$L$	$\text{mm}$	重心と取付ボルト間の水平方向距離
$\ell$	$\text{mm}$	支点としている取付ボルトより最大引張応力がかかる取付ボルトまでの距離
$m$	$\text{kg}$	機器の運転時質量
$M_P$	$\text{N}\cdot\text{mm}$	回転体回転により働くモーメント
$N$	—	引張力の作用する取付ボルトの評価本数
$n$	—	取付ボルトの総本数
$\sigma_{bt}$	$\text{MPa}$	取付ボルトの最大引張応力
$\tau_b$	$\text{MPa}$	取付ボルトの最大せん断応力

(a) 引張応力の評価式

$$\sigma_{bt} = \frac{m \cdot (a_H + a_P) \cdot h + M_P - m \cdot (g - a_V - a_P) \cdot L}{N \cdot A_b \cdot \ell}$$

(b) せん断応力の評価式

$$\tau_b = \frac{m \cdot (a_H + a_P)}{n \cdot A_b}$$



第 4-2 図 計算モデル図

b. 間接支持構造物

車両型設備の間接支持構造物の構造強度評価は、以下に示す「(a) 引張応力の評価式」及び「(b) せん断応力の評価式」に従って、評価対象部位について、JEAG4601 に規定されているポンプ等の基礎ボルトの評価方法を用いて発生応力を算出し、許容応力以下であることを確認する。

評価については、加振試験で得られた評価対象部位頂部の最大応答加速度に対して、実機における車両応答の不確実さを考慮し、最大応答加速度の 1.2 倍の余裕を見込み割り増した設計用水平加速度及び設計用鉛直加速度を設定し、構造強度評価を行う。

計算モデル図を第 4-3 図に示し、構造強度評価に使用する記号を第 4-2 表に示す。

第 4-2 表 構造強度評価に使用する記号

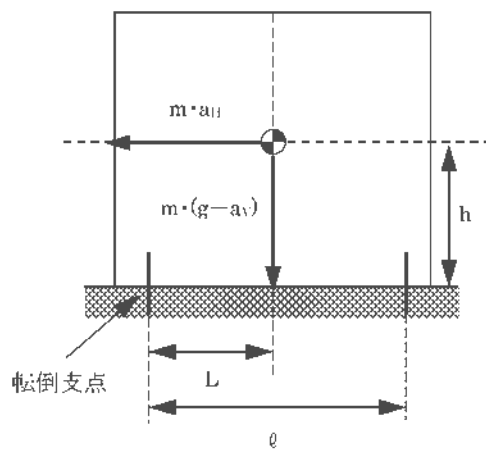
記号	単位	定 義
$A_b$	$\text{mm}^2$	取付ボルトの軸断面積
$a_H$	$\text{m/s}^2$	設計用水平加速度
$a_V$	$\text{m/s}^2$	設計用鉛直加速度
$g$	$\text{m/s}^2$	重力加速度 ( $g=9.80665$ )
$h$	$\text{mm}$	据付面から重心までの高さ
$L$	$\text{mm}$	重心と取付ボルト間の水平方向距離
$\ell$	$\text{mm}$	支点としている取付ボルトより最大引張応力がかかる取付ボルトまでの距離
$m$	$\text{kg}$	機器の運転時質量
$N$	—	引張力の作用する取付ボルトの評価本数
$n$	—	取付ボルトの総本数
$\sigma_{bt}$	$\text{MPa}$	取付ボルトの最大引張応力
$\tau_b$	$\text{MPa}$	取付ボルトの最大せん断応力

(a) 引張応力の評価式

$$\sigma_{bt} = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{N \cdot A_b \cdot \ell}$$

(b) せん断応力の評価式

$$\tau_b = \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b}$$



第 4-3 図 計算モデル図



#### (4) 機能維持評価

車両型設備は、実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.1(1)b. 入力地震動」に示す入力地震動によるランダム波加振試験を行い、試験後に動的及び電氣的機能並びに支持機能及び移動機能が保持されていることを確認する。加振試験については、JEAG4601に基づき実施する。

基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、当該設備保管場所の地表面の最大加速度が、地震力に伴う浮上がりを考慮しても、加振試験により、発電機の給電機能、内燃機関の駆動機能等の動的及び電氣的機能を保持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

また、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、当該設備保管場所の地表面の最大加速度が、地震力に伴う浮上がりを考慮しても、加振試験により車両部の支持機能及び車両としての自走、牽引による移動機能を保持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

#### (5) 波及的影響評価

車両型設備は、実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.1(1)b. 入力地震動」に示す入力地震動によるランダム波加振試験を行い、当該設備のすべり及び浮上がりによる波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを、加振試験で得られたすべり量と、加振試験で得られた浮上がり角を基に算出した浮上がりによる変位量を加算した値をトータル影響量と定義し、トータル影響量が波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して必要な離隔距離未満であることにより確認する。

##### a. すべり量

車両型設備のすべり量については、加振試験の結果を基に設定する。

加振試験によるすべり量については、各設備の加振試験で得られたすべり量のうち、最も大きいすべり量を使用する。

##### b. 浮上がりによる変位量

車両型設備の浮上がりによる変位量については、各設備の加振試験で得られた浮上がり角のうち、最も大きい値を用いて算出する。

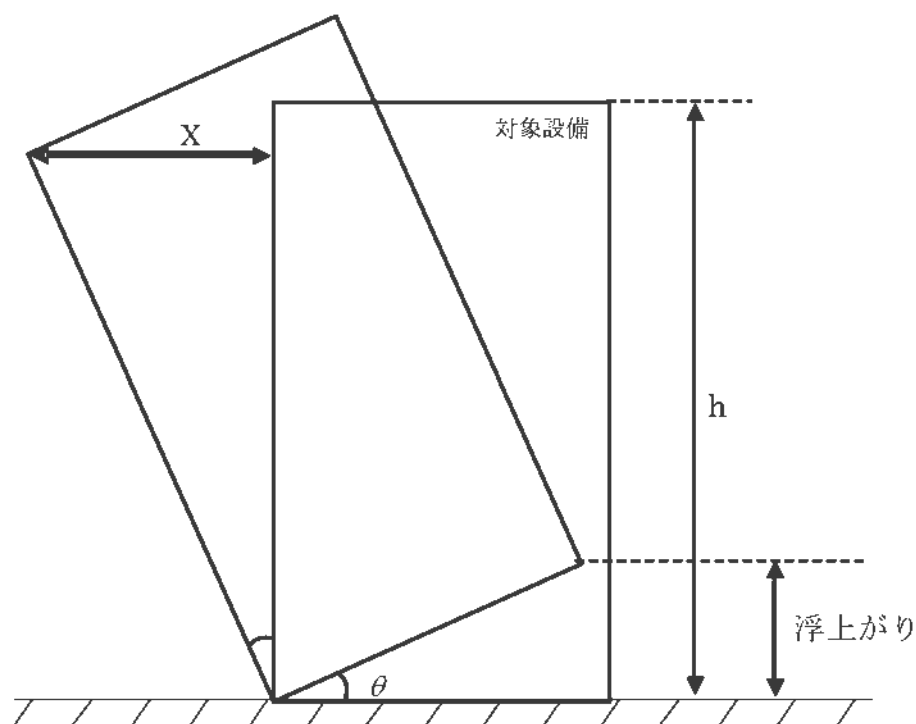
また、浮上がりに伴う、波及的影響として評価すべき浮上がりによる変位量を表した図を第 4-4 図に示し、使用する記号を第 4-3 表に示す。

浮上がりによる変位量については、以下の関係式により示される。

$$X = h \sin \theta$$

第 4-3 表 波及的影響評価に使用する記号

記号	単位	定 義
<b>h</b>	<b>mm</b>	車両高さ
<b>X</b>	<b>mm</b>	浮上がりによる変位量
$\theta$	°	浮上がり角



第 4-4 図 浮上がりによる変位量の算出図

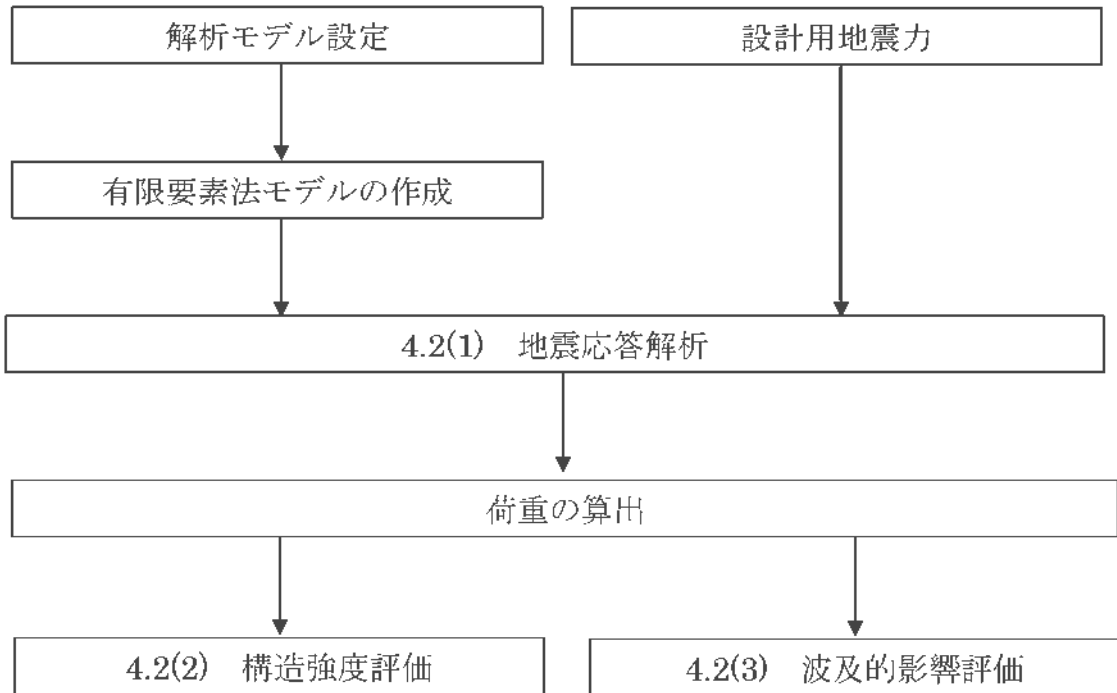
c. トータル影響量

「a. すべり量」にて設定したすべり量と、「b. 浮上がりによる変位量」により算出される浮上がりによる変位量を加算した値をトータル影響量と定義し、トータル影響量が「3.2 許容限界」にて設定した離隔距離未満であることを波及的影響評価として確認する。

## 4.2 ボンベ設備

ボンベ設備の耐震評価の手順は、平成29年8月25日付け原規規発第1708253号にて認可された工事計画の実績に基づき、実施する。

ボンベ設備の評価の概要フロー図を第4-5図に示す。



第4-5図 ボンベ設備の評価フロー

### (1) 地震応答解析

#### a. 基本方針

ボンベ設備においては、重大事故等に対処するための機能を保持するために、地震応答解析により算出する固有振動数及び地震による荷重を用いて主要な構造部材が必要な構造強度を有することを構造強度評価にて確認することから、以下のとおり、地震応答解析を実施する。

ボンベ設備の地震応答解析は、以下の「b. 設計用地震力」に示す入力地震動及び「d. 設計用減衰定数」に示す減衰定数を用いて、「c. 解析方法及び解析モデル」に示す解析方法に従って実施する。

## b. 設計用地震力

地震応答解析にて荷重を算出する際に用いる設計用地震力は、資料 12-7「設計用床応答曲線の作成方針」に示す、保管場所の設計用床応答曲線を用いる。

## c. 解析方法及び解析モデル

動的解析による地震力の算定に当たっては、地震応答解析の適用性及び適用限界等を考慮のうえ、適切な解析法を選定するとともに、解析条件として考慮すべき減衰定数、剛性等の各種物性値は、適切な規格、基準、実験等の結果に基づき設定する。

### (a) スペクトルモーダル解析

ポンベ設備は、複雑な形状であることを踏まえ、代表的な振動モードを適切に表現できるようモデル化し、設計用地震力により発生する荷重をスペクトルモーダル解析法により求める。解析の概要を以下に示す。

- イ. スペクトルモーダル解析法における最大値は、二乗和平方根 (SRSS) 法により求める。
- ロ. 許容応力について JSME S NJ1-2012 の Part3 を用いて計算する際に、温度が図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。但し、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- ハ. 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

### (b) 3次元 FEM 解析

「2.1 評価対象設備」に示す評価対象設備のうち、解析により固有値等の評価を行う設備は、当該設備を 3次元 FEM にてモデル化し、固有振動数を算出する。解析の概要を以下に示す。

- イ. ポンベ設備の耐震計算書の固有振動数、応力及び荷重を算定するための地震応答解析には、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の実績のある 3次元 FEM モデルによる解析を適用する。
- ロ. ポンベラック架台を構成する鋼材をはり要素としてモデル化した 3次元 FEM モデルによる地震応答解析を実施する。
- ハ. 解析コードは MSC NASTRAN Ver.2008.0.4 を使用する。なお、評価に用いる解析コード MSC NASTRAN Ver.2008.0.4 の検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム (解析コード)

の概要」に示す。

- ニ. 拘束条件として、ポンベラック架台は、基礎ボルト点を並進 3 方向固定として設定する。
- ホ. 許容応力について JSME S NJ1-2012 の Part3 を用いて計算する際に、温度が図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。但し、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- ヘ. 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- ト. ポンベ本体は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して転倒しないことを目的としたポンベラック架台に、固定ボルト及び固定板にて固定され収納される。ここで、ポンベ本体は高圧ガス適用品であり、一般的な圧力容器に比べ、高い耐圧強度を有しかつコンパクトであることから、はるかに剛性が高いものであるため、解析上、剛構造として取り扱う。
- チ. ヘッダマニホールド及び減圧弁等の付属構成部品は、ポンベ及びポンベラック架台と一体となって振動するようボルト固定する等の設計上の配慮がなされているため、固定された拘束部位からは大きな荷重を受けることなく、有意な応力は生じない。

#### d. 設計用減衰定数

地震応答解析に用いる減衰定数は、資料 12-6「地震応答解析の基本方針」の「3. 設計用減衰定数」に設定している、JEAG4601 に記載されている減衰定数を用いる。

ポンベ設備の減衰定数は、水平及び鉛直ともに 1.0%とする。

## (2) 構造強度評価

ボンベ設備は、「3.1 荷重及び荷重の組合せ」にて設定している荷重の組合せに対して、「4.2(1) 地震応答解析」で示した地震応答解析により求める荷重から算出した発生応力が、「3.2 許容限界」にて設定している許容応力内に収まることを確認する。

構造強度評価に使用する記号を第 4-4 表に示す。

第 4-4 表 構造強度評価に使用する記号

記号	単位	定義
$\sigma_a$	MPa	はり要素の軸応力
$\sigma_b$	MPa	はり要素の曲げ応力
$\tau$	MPa	はり要素のせん断応力
$F_{bt}$	N	基礎ボルトの引張力
$F_{bs}$	N	基礎ボルトのせん断力
$A_b$	mm <sup>2</sup>	基礎ボルトの断面積
$\sigma$	MPa	はり要素の組合せ応力
$\sigma_t$	MPa	ボルトの引張応力
$\tau_s$	MPa	ボルトのせん断応力

### a. 応力計算

FEM 解析（スペクトルモーダル解析）を実施し、得られる荷重及び応力を用いて、架台（はり要素）並びに基礎ボルトの応力計算を行う。

#### (a) 架台（はり要素）の応力計算

架台のうち、はり要素の組合せ応力を以下のとおり計算する。

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_a + \sigma_b)^2 + 3\tau^2}$$

(c) 基礎ボルトの応力計算

ボルトの応力を以下のとおり計算する。

- ・引張応力

$$\sigma_t = \frac{F_{bt}}{A_b}$$

- ・せん断応力

$$\tau_s = \frac{F_{bs}}{A_b}$$

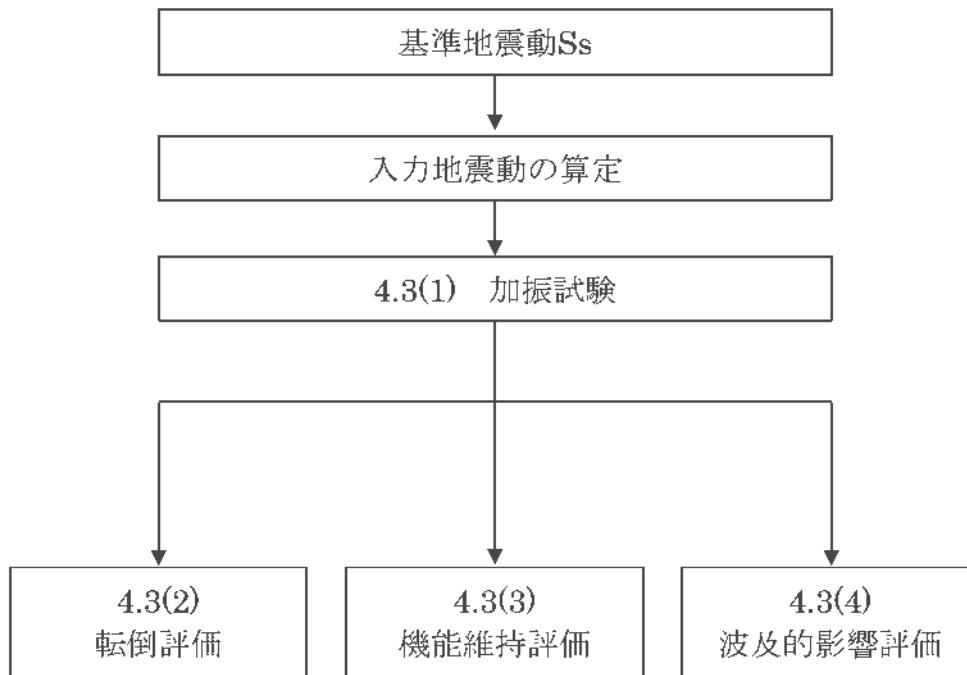
(3) 波及的影響評価

ポンベ設備は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、ポンベを収納するポンベラック架台及びポンベラック架台を床に固定する基礎ボルト等が「4.2(2) 構造強度評価」に示す方法で、「3.2 許容限界」にて設定している許容応力内に収まることを確認することで、機器全体が、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。

### 4.3 その他設備

その他設備の耐震評価の手順は、平成29年8月25日付け原規規発第1708253号にて認可された工事計画の実績に基づき、実施する。

その他設備の評価の概要フロー図を第4-6図に示す。



第4-6図 その他設備の評価フロー

#### (1) 加振試験

##### a. 基本方針

その他設備においては、重大事故等に対処するための機能を保持するために、機器全体として安定性を有し、転倒しないこと、動的及び電氣的機能並びに支持機能が保持できること及び当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを加振試験の結果を踏まえて評価することから、以下の「b. 入力地震動」に示す入力地震動を用いて、「(2)転倒評価」、「(3)機能維持評価」及び「(4)波及的影響評価」に示す方法により加振試験を行う。



## b. 入力地震動

入力地震動は、別添 3-2「可搬型重大事故等対処設備の保管場所における入力地震動」に示す、各保管場所の Ss1~5 の地震動を用いて、資料 12-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき作成する設計用床応答曲線を各対象設備の固有値帯において包絡し、かつ全体としておおむね包絡するよう作成したランダム波とする。

加振試験の入力地震動は、すべての保管場所における入力地震動を各対象設備の固有値帯において包絡し、かつ全体としておおむね包絡するよう設定する。

## (2) 転倒評価

その他設備は、実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.3(1) b. 入力地震動」に示す入力地震動によるランダム波加振試験を行い、試験後にキャビネット、支持フレーム、固定治具等が健全であり、機器全体が転倒していないことを確認する。

基準地震動 Ss による地震力に対し、当該設備の保管場所における最大床加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることをより確認する。

## (3) 機能維持評価

その他設備は、実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.3(1) b. 入力地震動」に示す入力地震動によるランダム波加振試験を行い、試験後に計測機能等の動的及び電氣的機能並びにキャビネット、支持フレーム、固定治具等の支持機能が保持されることを確認する。

基準地震動 Ss による地震力に対し、当該設備の保管場所における最大床加速度が、加振試験により、動的及び電氣的機能並びに支持機能を保持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることをより確認する。

また、基準地震動 Ss による地震力に対し、当該設備保管場所設置床又は地表面の最大加速度が、加振試験により支持フレーム、固定治具等の支持機能を保持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることをより確認する。

#### (4) 波及的影響評価

その他設備は、耐震性を有する建屋内の保管場所の壁又は床に据え付けたキャビネット、支持フレームに固定治具等にて拘束して保管することで、波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認することから、「4.3(2)転倒評価」に示す方法と同じ評価を行う。

#### 4.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の考慮

動的地震力の水平 2 方向及び鉛直方向を組合せたものに対する可搬型重大事故等対処設備の有する耐震性に及ぼす影響については、資料 12-8「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4. 各施設における水平 2 方向及び鉛直方向地震力に対する影響評価方針」の評価方針に基づき評価を行う。

評価内容及び評価結果は、別添 3-6「可搬型重大事故等対処設備の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す。

## 5. 適用規格

資料 12-1 「耐震設計の基本方針」の「2.2 適用規格」に示す適用規格のうち、以下の指針等を適用する。

- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2012年版）〈第Ⅰ編 軽水炉規格〉」（JSME S NC1-2012）（社）日本機械学会
- ・「発電用原子力設備規格 材料規格」（JSME S NJ1-2012）（社）日本機械学会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」（JEAG4601 1987）（社）日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編」（JEAG4601・補-1984）（社）日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」（JEAG4601-1991 追補版）（社）日本電気協会

可搬型重大事故等対処設備の保管場所における  
入力地震動

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	12 (3) - 別添 3 - 2 - 1
2. 保管場所の入力地震動 .....	12 (3) - 別添 3 - 2 - 3
2.1 入力地震動の算定方針 .....	12 (3) - 別添 3 - 2 - 3
2.2 入力地震動の算定方法 .....	12 (3) - 別添 3 - 2 - 5
2.3 入力地震動の算定結果 .....	12 (3) - 別添 3 - 2 - 10

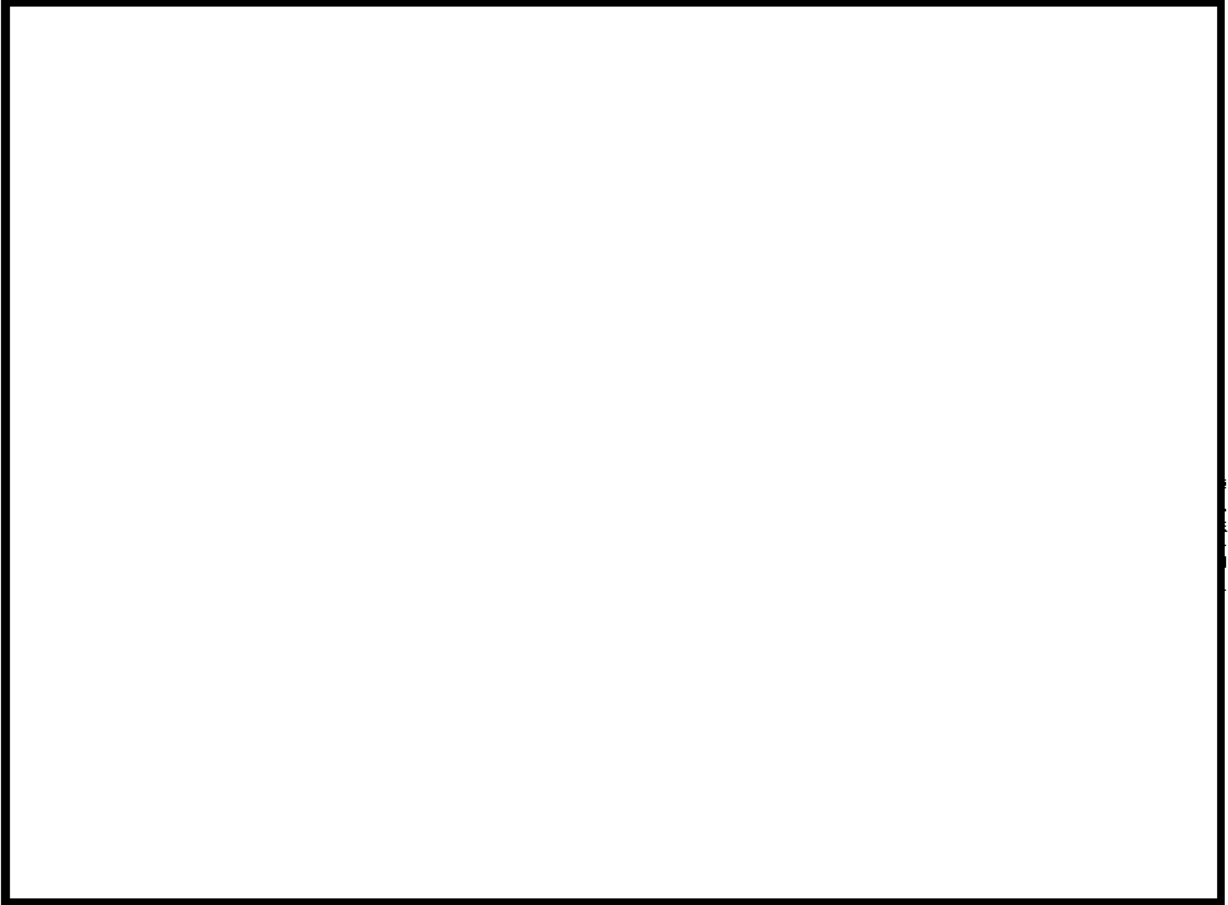
## 1. 概 要

本資料は、別添 3-1「可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針」に示すとおり、第 6 保管エリアに保管する可搬型重大事故等対処設備について、その地震応答解析等に際して必要となる入力地震動を求めるために行う、基準地震動  $S_s$  を基にした保管場所の地震応答解析について説明するものである。

保管場所の位置図を第 1-1 図に示す。

本資料には、可搬型重大事故等対処設備の耐震評価に使用する加速度時刻歴及び設備への影響を評価するための入力地震動の基本的な特性を示す加速度応答スペクトルを示す。

本資料に示した保管場所の入力地震動を基に、別添 3-3「可搬型重大事故等対処設備のうち車両型設備の耐震計算書」において、対象設備の入力地震動を設定する。



第 1-1 図 保管場所の位置図

## 2. 保管場所の入力地震動

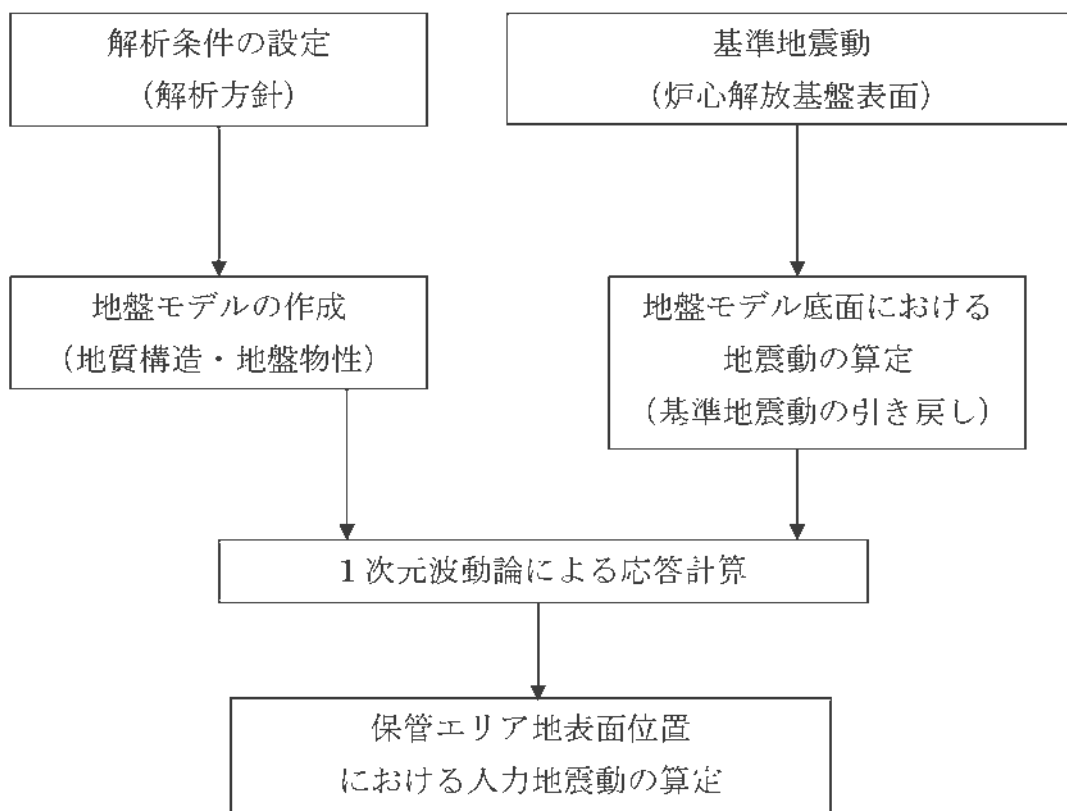
### 2.1 入力地震動の算定方針

入力地震動は、水平方向及び鉛直方向に対して、解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s$  を基に、第 6 保管エリアの地盤条件を考慮し、地震応答解析により評価する。

基準地震動  $S_s$  は、資料 12-2 「基準地震動  $S_s$  の概要」による。

1次元波動論による入力地震動の評価フローを第 2-1 図に示す。





第2-1図 入力地震動の評価フロー

## 2.2 入力地震動の算定方法

### (1) 地盤の解析モデル

#### a. 解析領域

入力地震動の算定にあたり、基準地震動  $S_s$  の引戻しにおける解析の領域は、基準地震動  $S_s$  が定義されている解放基盤表面の  $EL.-15.0m$  から、深さ方向を  $EL.-215.0m$  までとする。また、 $EL.-215.0m$  から保管エリア地表面位置までの 1 次元波動論による地盤の地震応答解析における解析の領域は、地表面標高を  $EL.25.0m$ 、深さ方向を  $EL.-215.0m$  までとする。

#### b. 境界条件

解析モデルの底面は、半無限地盤とする。

#### c. 地盤のモデル化

地盤モデルの層分割は、地盤の岩盤分類及び速度層区分に基づきモデル化する。基準地震動  $S_s$  の引戻し用地盤モデルを第 2-2 図に、弾性波速度を第 2-1 表に示す。また、第 6 保管エリアの 1 次元応答解析用地盤モデルを第 2-3 図に、弾性波速度を第 2-2 表に示す。

[標高]	[岩 種]	[岩 級]	[速度層]
EL. - 15.0m	砂岩・頁岩	①②	②
EL. - 76.0m			③
EL. - 215.0m			

第 2-2 図 基準地震動 Ss の引戻し用地盤モデル

第 2-1 表 弾性波速度（基準地震動 Ss の引戻し）

速度層区分	Vp(km/s)	Vs(km/s)
②速度層	3.23	1.44
③速度層	3.59	1.80

[標高]	[岩 種]	[岩 級]	[速度層]
EL. 25.0m			
	MMR	—	—
EL. 14.0m			
EL. 11.9m	砂岩	㉟	I
EL. 10.0m			
EL. 6.4m	砂岩・頁岩	㉠㉡	III
EL. 5.7m	頁岩	㉟	
EL. 4.9m			
	砂岩・頁岩	㉠㉡	IV
EL. -215.0m			

第 2-3 図 第 6 保管エリア 1 次元応答解析用地盤モデル

第 2-2 表 弾性波速度（第 6 保管エリアの 1 次元応答解析）<sup>(注)</sup>

速度層区分	Vp(km/s)	Vs(km/s)
I 速度層	0.92	0.26
II 速度層	2.06	0.84
III 速度層	2.22	0.75
IV 速度層	3.36	1.62

(注) 設置変更許可申請書（添付資料六）に記載した値であり、I 速度層は①速度層、II 速度層は②速度層、III 速度層は③速度層、IV 速度層は④速度層に該当する。

(2) 解析用物性値

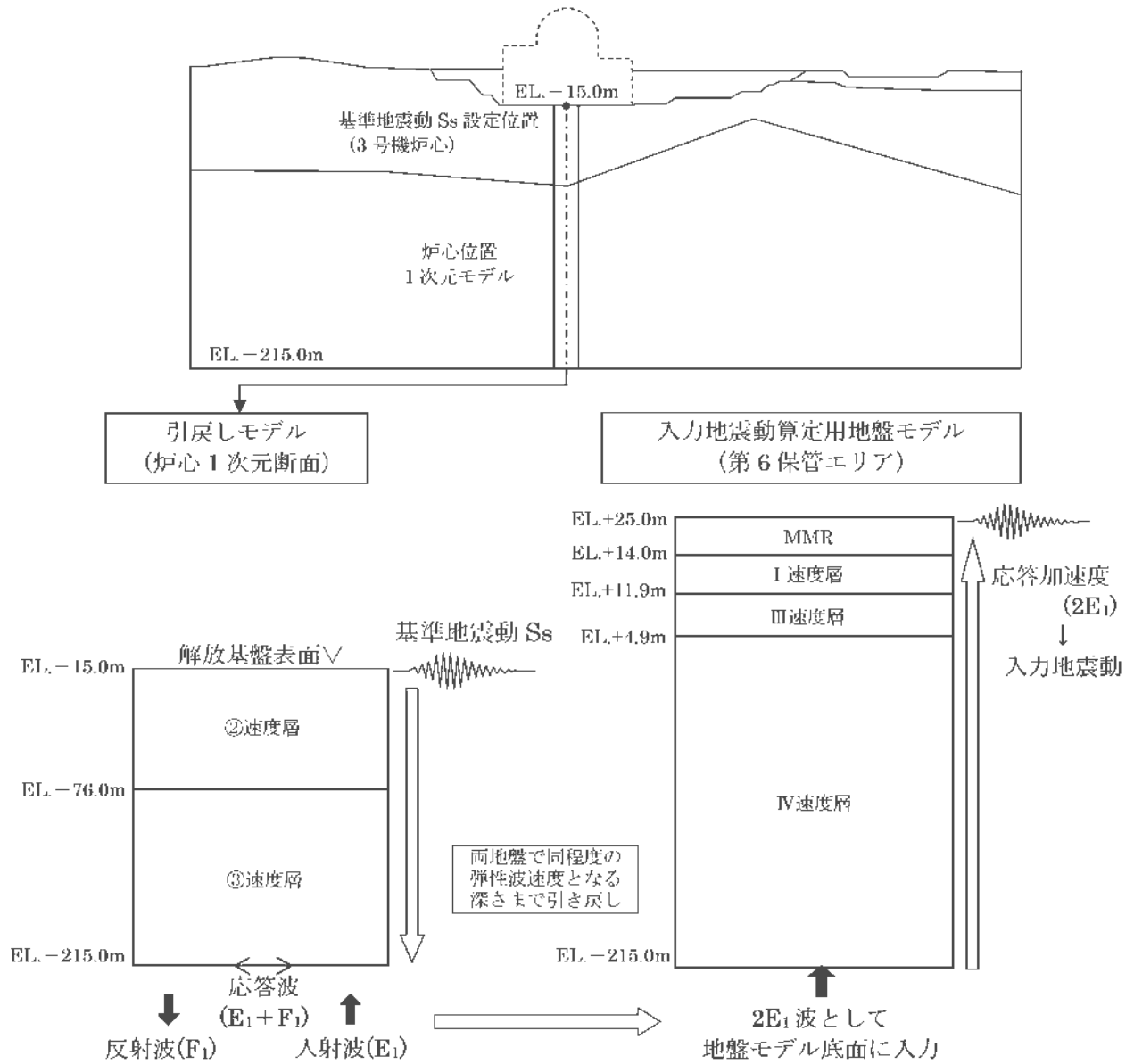
地震応答解析に使用する地盤の物性値は、資料 12-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づく。また、マンメイドロック (MMR) の設計基準強度は  $18\text{N/mm}^2$  とし、解析用物性値は、「コンクリート標準示方書 構造性能照査編 ((社) 土木学会、2002 年制定)」に基づき設定する。

(3) 入力地震動の算定方法

第 6 保管エリアにおける地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動を、1 次元波動論によって保管エリア位置の地表面で評価した地震動を用いる。

地盤モデル底面における地震動の算定には、解析コード「microSHAKE」、第 6 保管エリア地表面位置における入力地震動の算定には、解析コード「microSHAKE/3D」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム (解析コード) の概要」に示す。

入力地震動算定の考え方を第 2-4 図に示す。

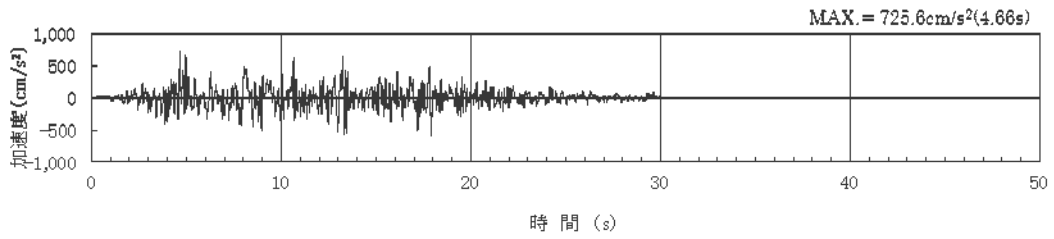


第2-4図 入力地震動算定の考え方

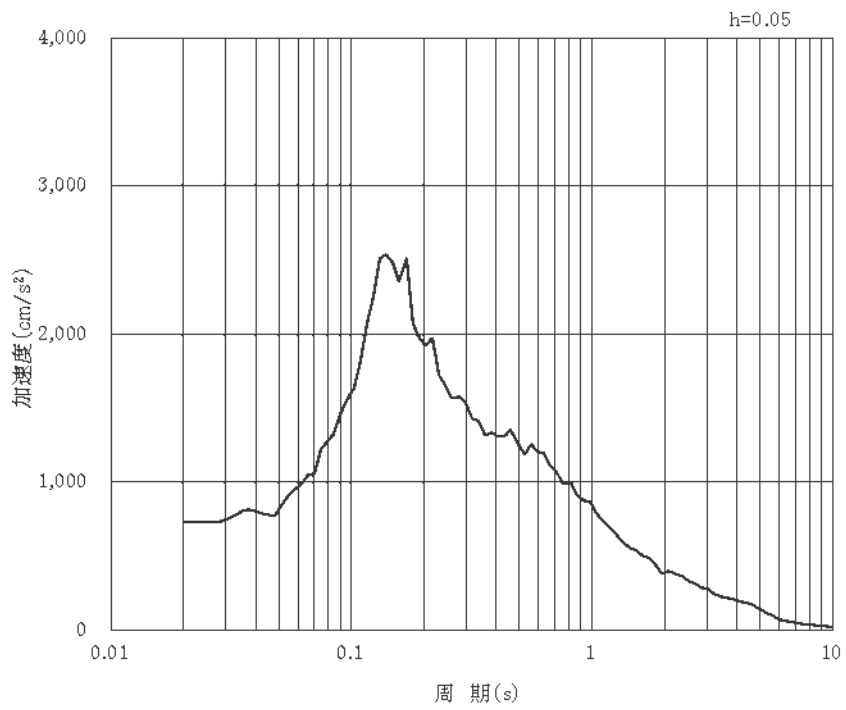
## 2.3 入力地震動の算定結果

1 次元波動論により算定した第6保管エリアの地表面位置における入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを第2-5図に示す。

ここで、可搬型重大事故等対処設備のうち車両型設備についてはプラントノースに対して東側に  $65.8^\circ$  傾いて設置するため、断層モデル波である  $Ss-2_{EW}$  及び  $Ss-2_{NS}$  並びに  $Ss-3_{EW}$  及び  $Ss-3_{NS}$  について、方位補正を行う。方位補正後の方向は、車両型設備の短辺方向を X 方向、長辺方向を Y 方向とし、それぞれの入力地震動を  $Ss-2_x$  及び  $Ss-2_y$  並びに  $Ss-3_x$  及び  $Ss-3_y$  とする。



(a) 加速度時刻歴波形

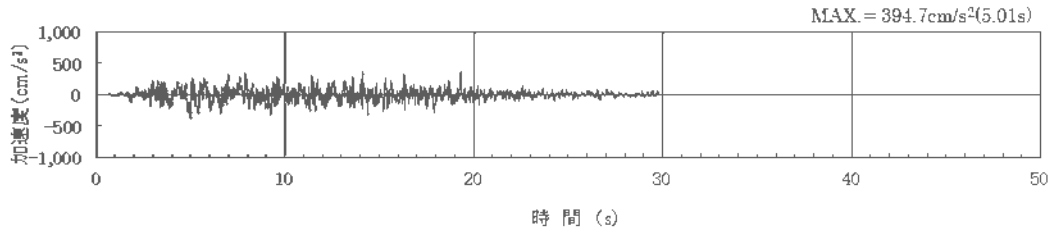


(b) 加速度応答スペクトル

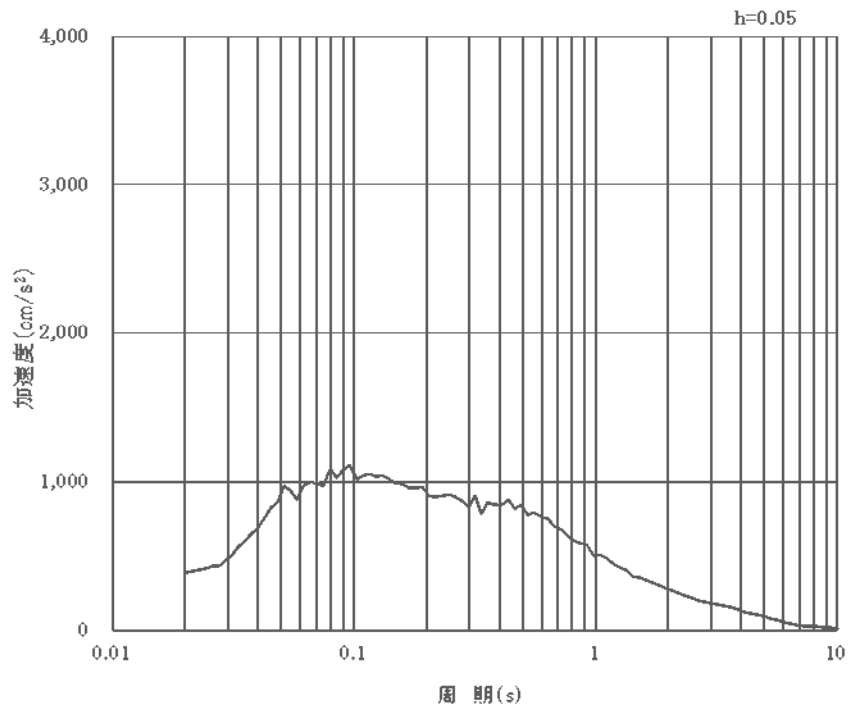
第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(Ss-1H)

(1/13)



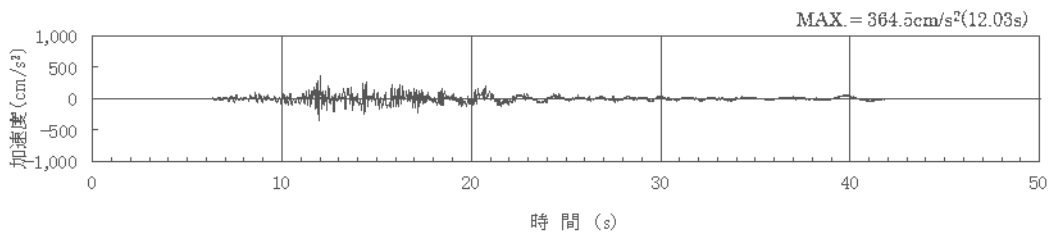


(a) 加速度時刻歴波形

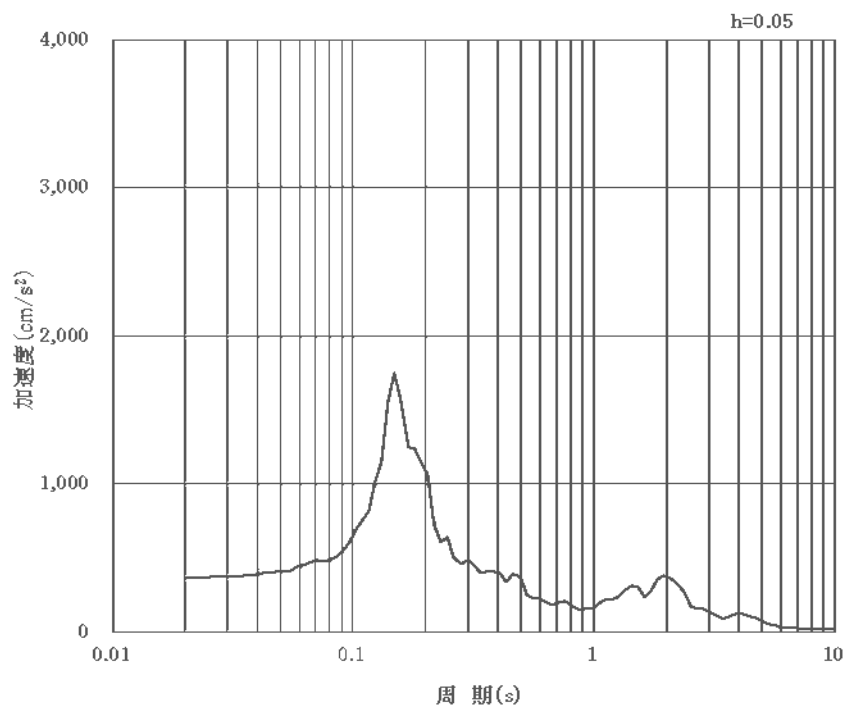


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(Ss-1v)  
(2/13)

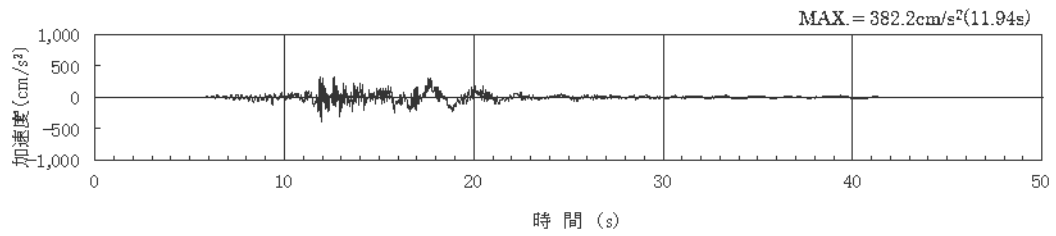


(a) 加速度時刻歴波形

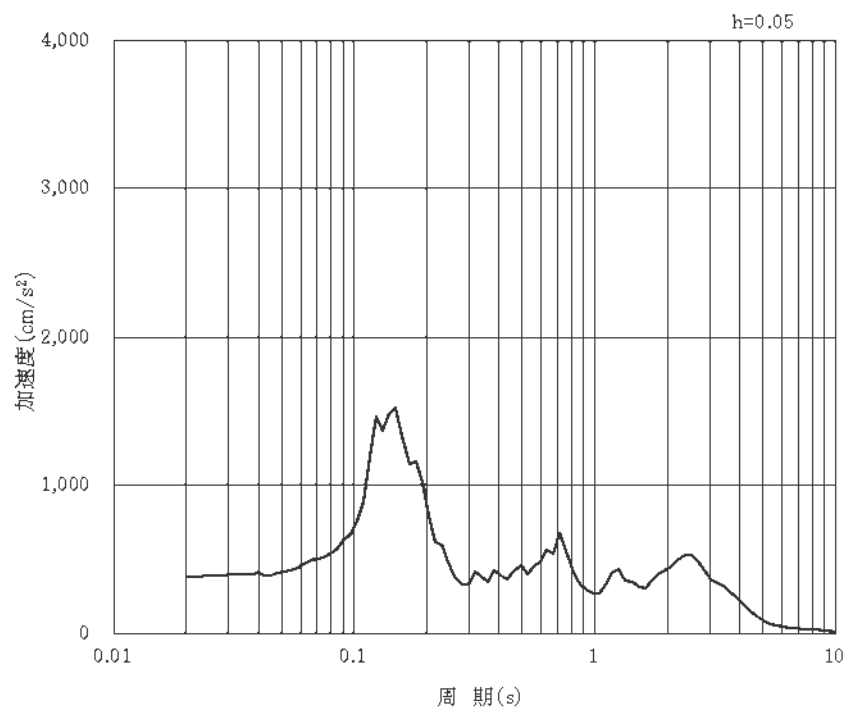


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(Ss-2x)  
(3/13)

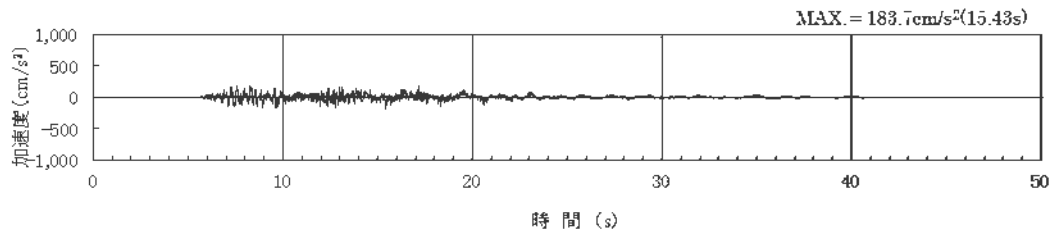


(a) 加速度時刻歴波形

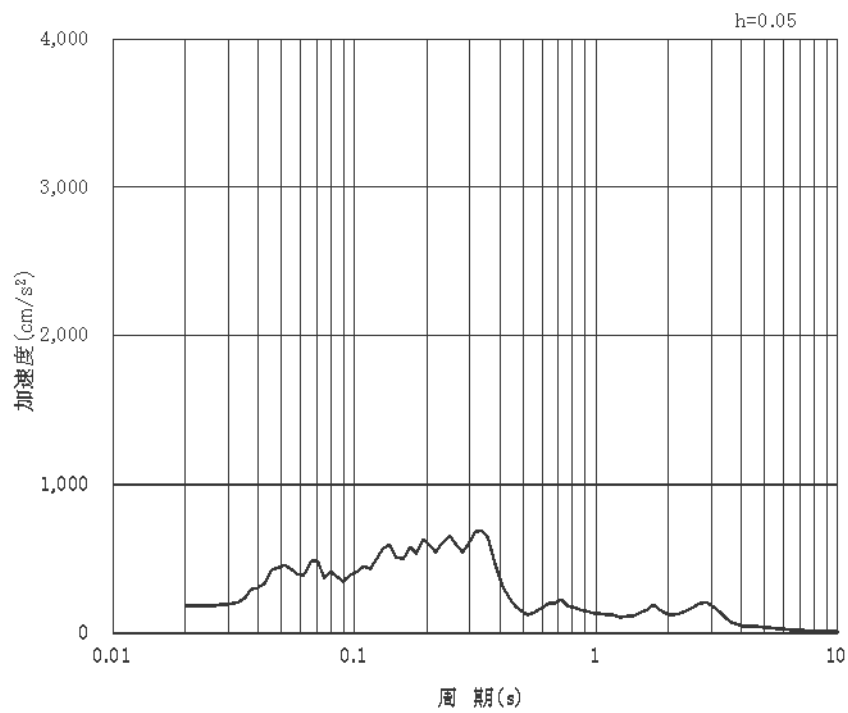


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(Ss-2Y)  
(4/13)

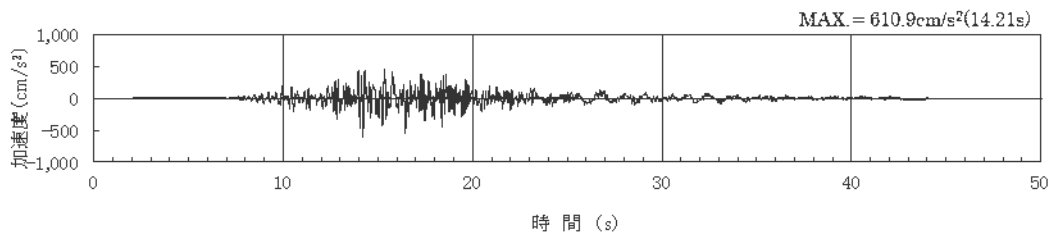


(a) 加速度時刻歴波形

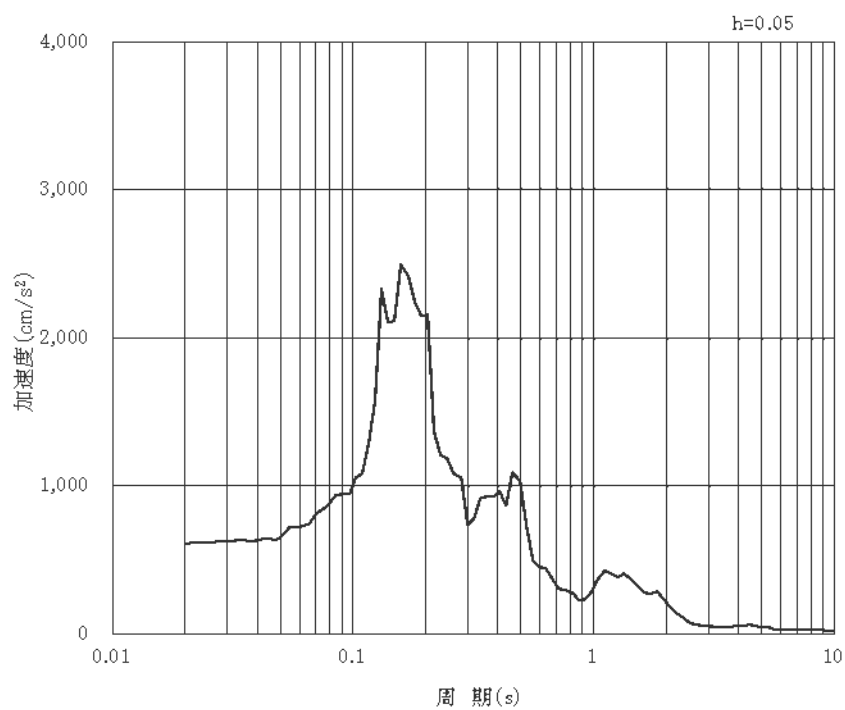


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(Ss-2UD)  
(5/13)

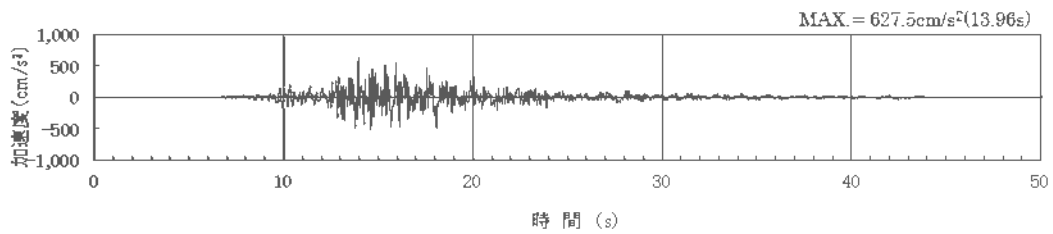


(a) 加速度時刻歴波形

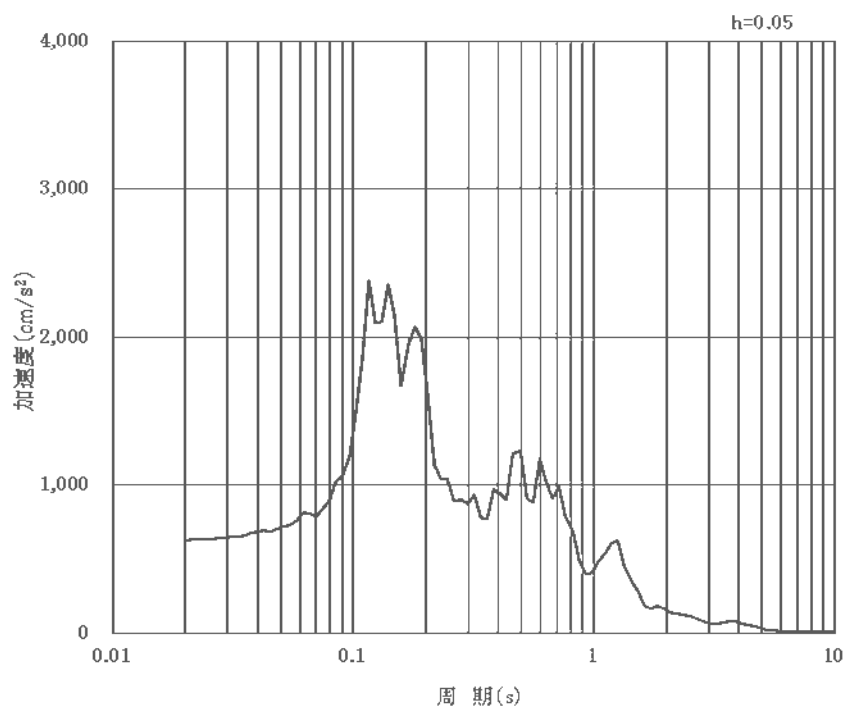


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(Ss-3x)  
(6/13)

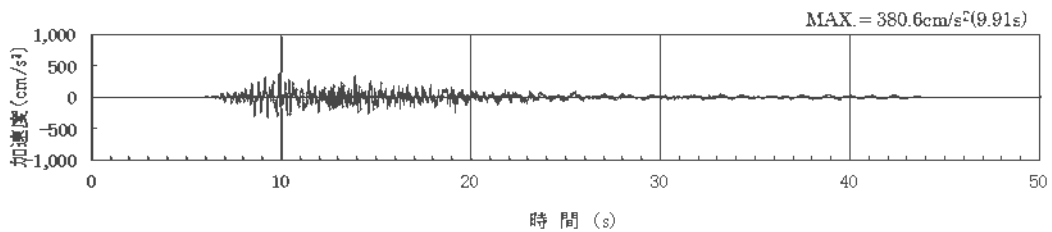


(a) 加速度時刻歴波形

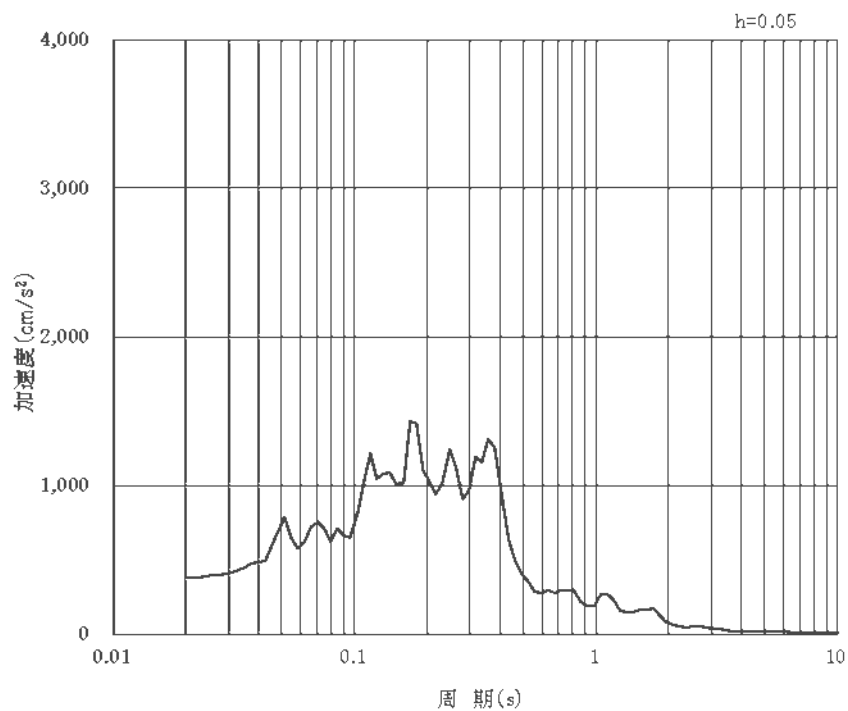


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(Ss-3Y)  
(7/13)

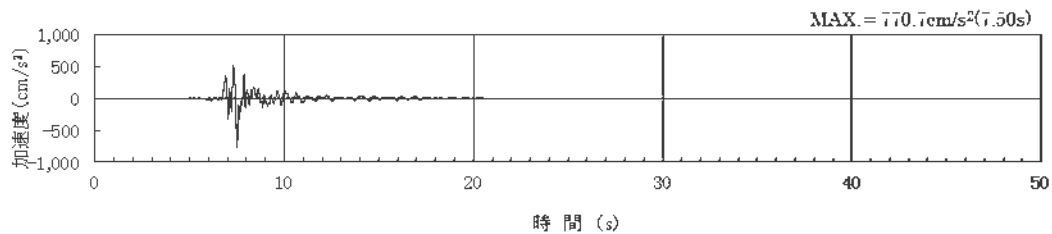


(a) 加速度時刻歴波形

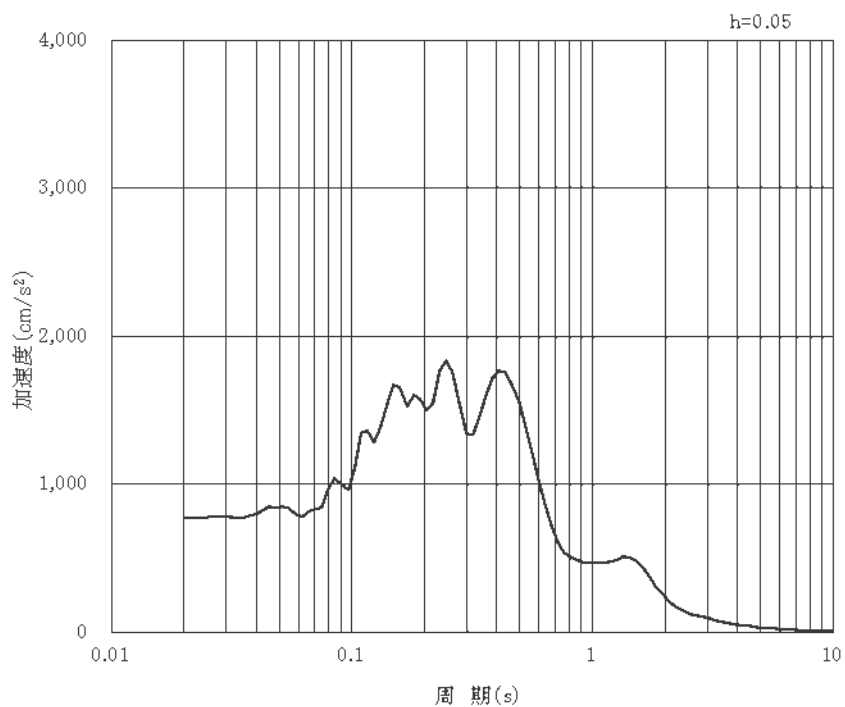


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(Ss-3UD)  
(8/13)



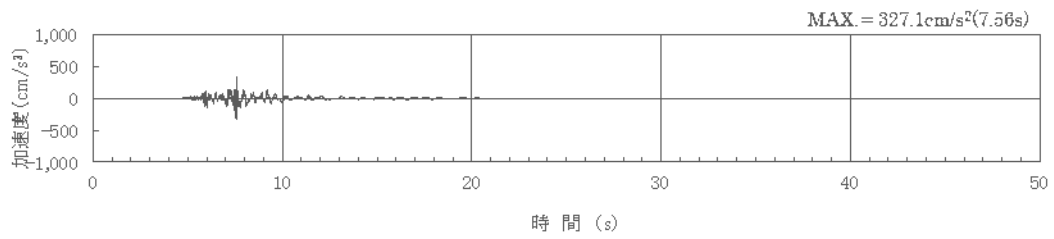
(a) 加速度時刻歴波形



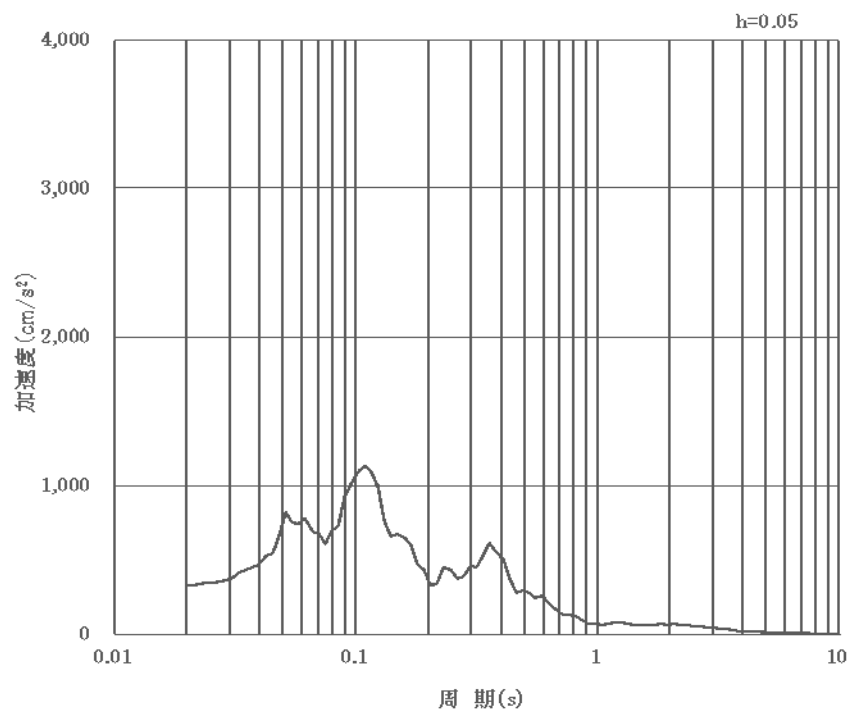
(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(Ss-4H)  
(9/13)



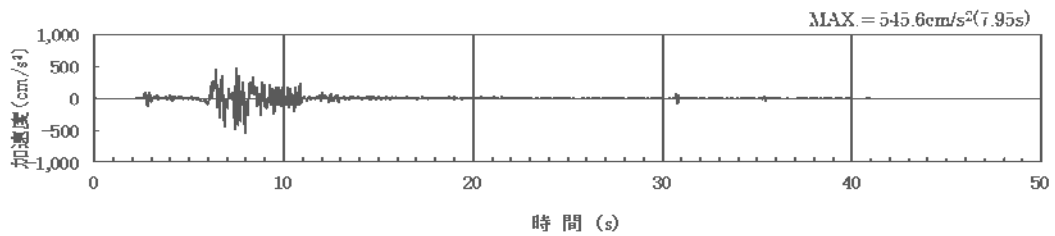


(a) 加速度時刻歴波形

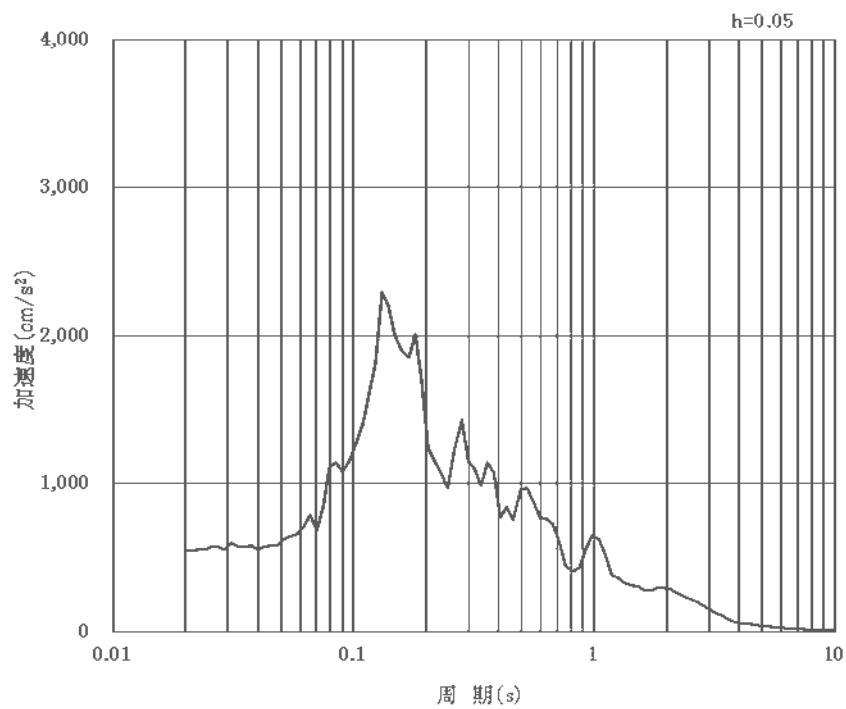


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(Ss-4v)  
(10/13)

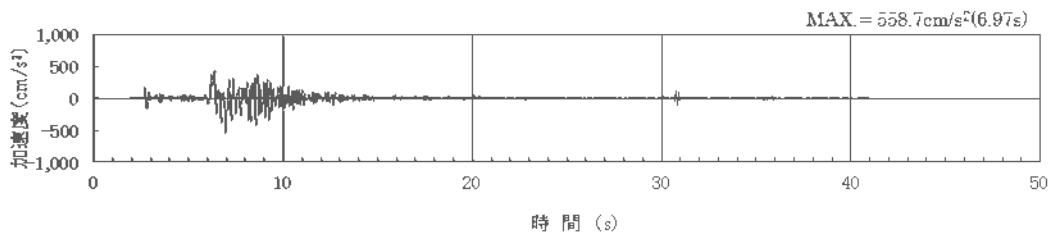


(a) 加速度時刻歴波形

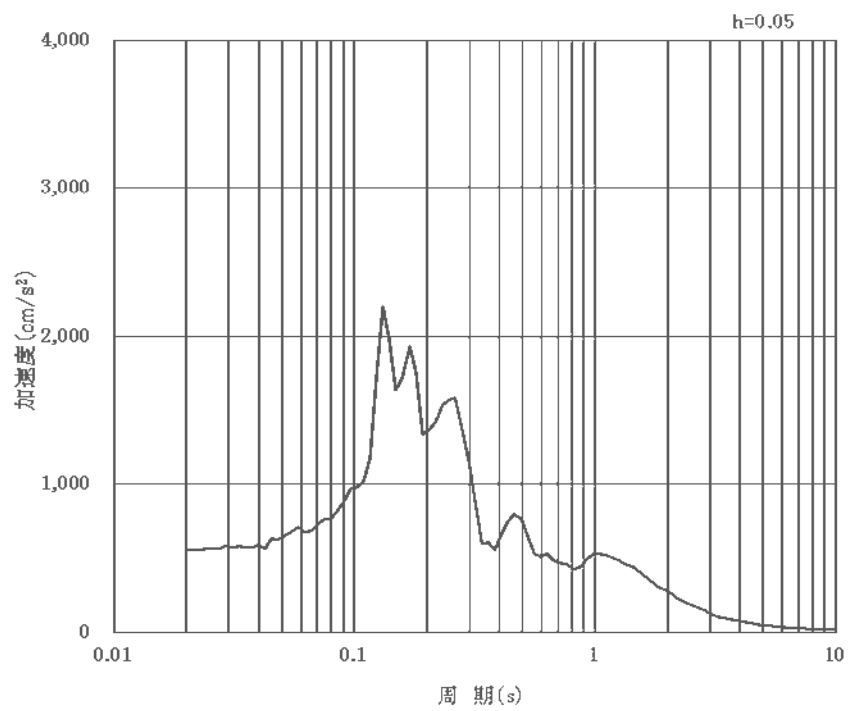


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(Ss-5<sub>EW</sub>)  
(11/13)

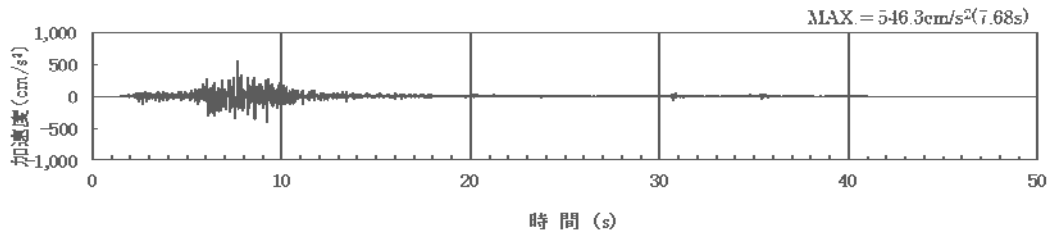


(a) 加速度時刻歴波形

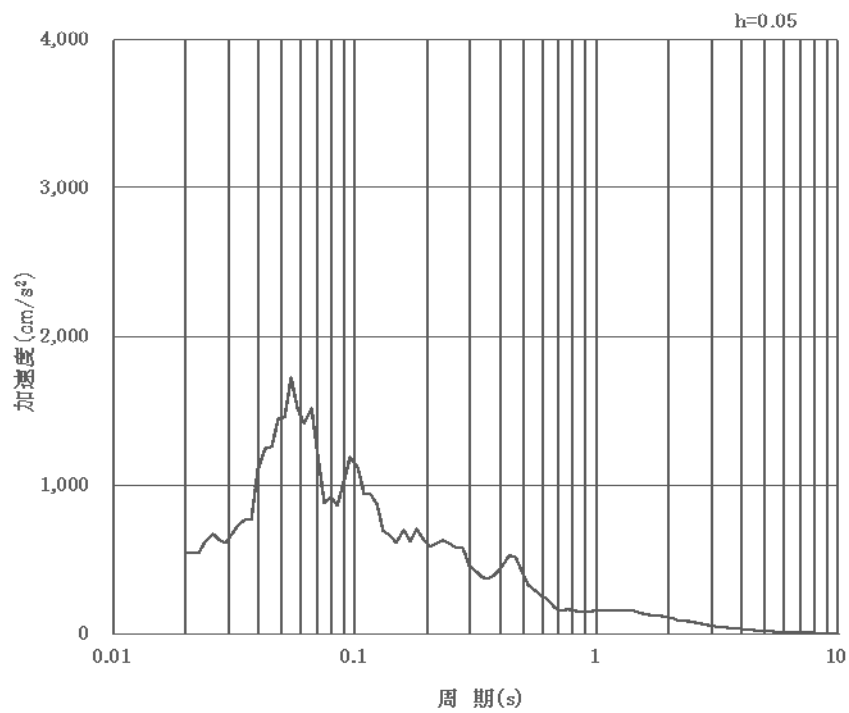


(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(Ss-5NS)  
(12/13)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

第 2-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(Ss-5UD)  
(13/13)

可搬型重大事故等対処設備のうち  
車両型設備の耐震計算書

# 目 次

	頁
1. 概 要 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 1
2. 基本方針 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 1
2.1 配 置 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 1
2.2 構造概要 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 3
2.3 評価方針 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 4
2.4 適用規格 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 9
3. 耐震評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 10
3.1 加振試験 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 10
3.2 転倒評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 16
3.3 構造強度評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 17
3.4 機能維持評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 24
3.5 波及の影響評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 26
4. 評価条件 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 29
4.1 転倒評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 29
4.2 構造強度評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 29
4.3 機能維持評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 29
4.4 波及の影響評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 29
5. 評価結果 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 33
5.1 転倒評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 33
5.2 構造強度評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 35
5.3 機能維持評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 37
5.4 波及の影響評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 3 - 37

## 1. 概 要

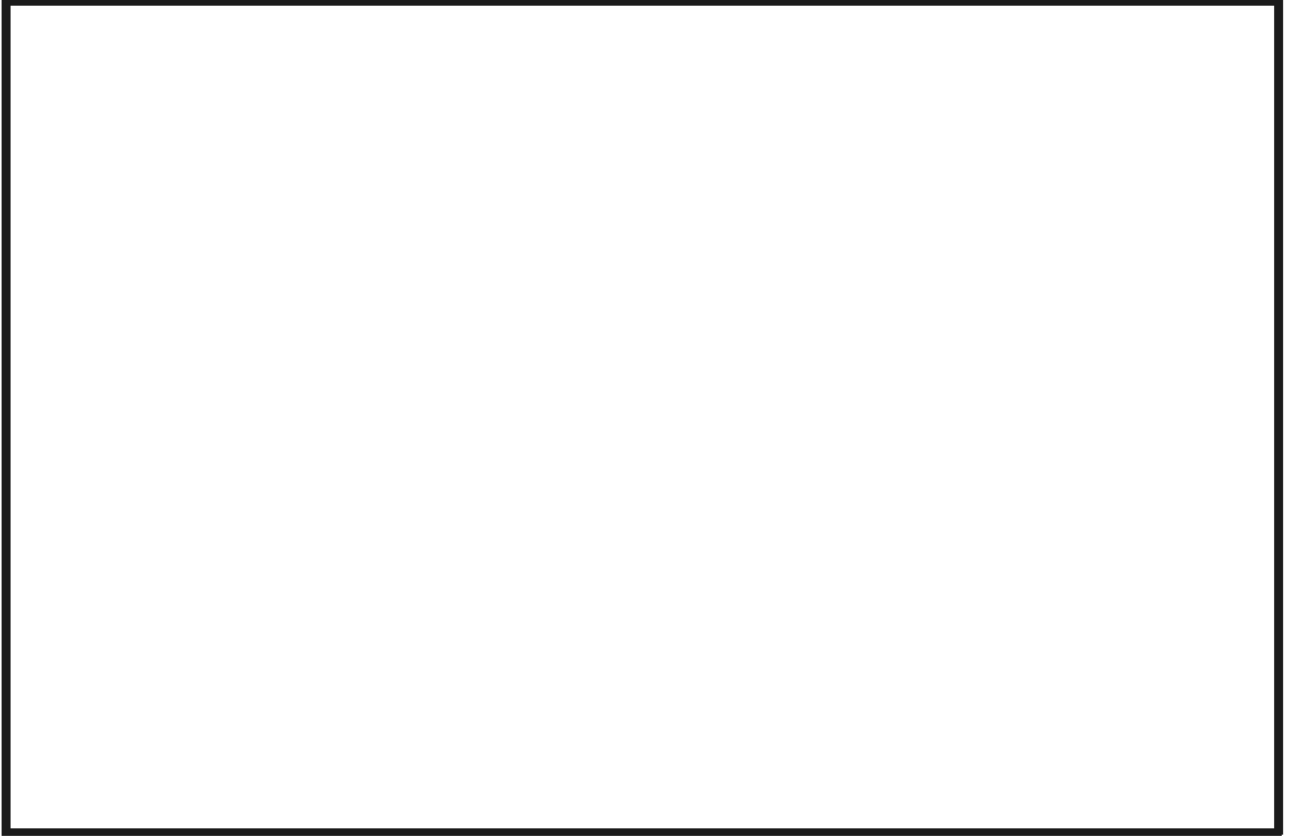
本資料は、別添 3-1 「可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針」(以下「別添 3-1」という。)に示すとおり、可搬型重大事故等対処設備のうち車両型設備が、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、地震後において、重大事故等に対処するために必要な機能を保持するために、耐震性を有することを確認するとともに、すべり及び浮上がりにより当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認するものである。

## 2. 基本方針

別添 3-1 の「2. 耐震評価の基本方針」に示す構造計画のとおり、車両型設備の「2.1 配 置」及び「2.2 構造概要」を示す。

### 2.1 配 置

車両型設備は、別添 3-1 の「2.1 評価対象設備」のうち構造計画に示すとおり、第 6 保管エリア又は第 4 保管エリアに分散して保管する。これらの保管場所を第 2-1 図に示す。



第2-1図 車両型設備を保管する保管場所位置図



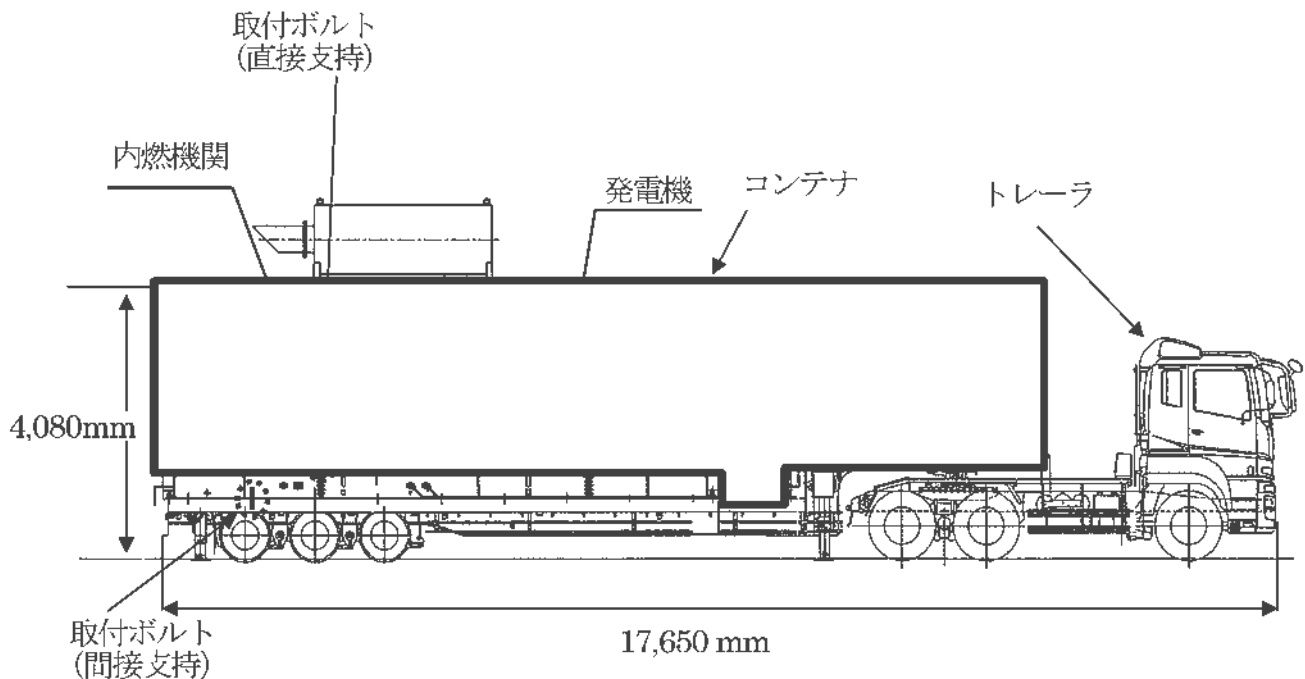
## 2.2 構造概要

車両型設備の構造は、別添 3-1 の「2.1 評価対象設備」に示す構造計画としており、車両型設備の構造計画を第 2-1 表に、緊急時対策所用発電機車の構造図を第 2-2 図に示す。

第 2-1 表 車両型設備の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
緊急時対策所用 発電機車	サスペンションを有し、連結したトラクタヘッドにて牽引して移動できる構造 <sup>※1</sup> とし、トレーラ、発電機、内燃機関等により構成する。	発電機、内燃機関等は、コンテナに直接支持構造物である取付ボルトにて固定する。発電機等を収納したコンテナは、間接支持構造物であるトレーラに搭載し取付ボルトにより固定する。トレーラは、保管場所に拘束せずに保管する。	第 2-2 図

※ 1：早期の重大事故等への対処を考慮し移動機能を有するとともに、地震に対する影響を軽減できる構造として、サスペンションを有している。



第2-2図 緊急時対策所用発電機車の構造図 (外観図)

### 2.3 評価方針

車両型設備は、別添 3-1 の「2.2 評価方針」にて設定した評価方針に従い、転倒評価、構造強度評価、機能維持評価及び波及的影響評価を実施する。

また、各評価において使用する加速度、すべり量及び浮上がり角は、加振試験により求める。なお、加速度、すべり量及び浮上がり角を各評価にて用いる場合には、実機における車両応答の不確実さを考慮した余裕等を必要に応じて適切に考慮する。

別添 3-1 の「2.2 評価方針」に示す評価対象部位のうち直接支持構造物としての取付ボルトの応力評価については、JEAG4601 に規定されているその他の支持構造物の評価に従い実施する。間接支持構造物としての取付ボルトについては、直接支持構造物の応力評価に準じて実施する。

車両型設備の耐震評価の手順は、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の実績に基づき、実施する。

以下に、評価内容を示し評価方法の一覧を第 2-2 表に示す。

#### (1) 評価フロー

車両型設備の評価フローを第 2-3 図に示す。

## (2) 転倒評価

車両型設備は、別添 3-1 の「2.2.1 車両型設備(1) 転倒評価」にて設定した転倒評価の方針に従い、転倒評価を実施する。

転倒評価は、「3.2 転倒評価」に示す方法により、加振試験を行い、拘束せずに保管する設備は、試験後に転倒していないことを確認する。また、「5.1 転倒評価」において基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、保管場所の地表面の最大加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることを確認する。

## (3) 構造強度評価

車両型設備は、別添 3-1 の「2.2.1 車両型設備(2) 構造強度評価」にて設定した構造強度評価の方針に従い、直接支持構造物及び間接支持構造物に対する応力評価を実施する。

構造強度評価は、「3.3 構造強度評価」に示す方法により、加振試験で得られた車両型設備の評価対象部位頂部での最大応答加速度に対して、実機における車両応答の不確実さを考慮し、最大応答加速度の 1.2 倍の余裕を見込み割り増した応答加速度（以下「設計用加速度」という。）を用い、「4.2 構造強度評価」に示す評価条件を用いて計算し、「5.2 構造強度評価」において車両型設備の評価対象部位に作用する応力が許容限界を満足することを確認する。

## (4) 機能維持評価

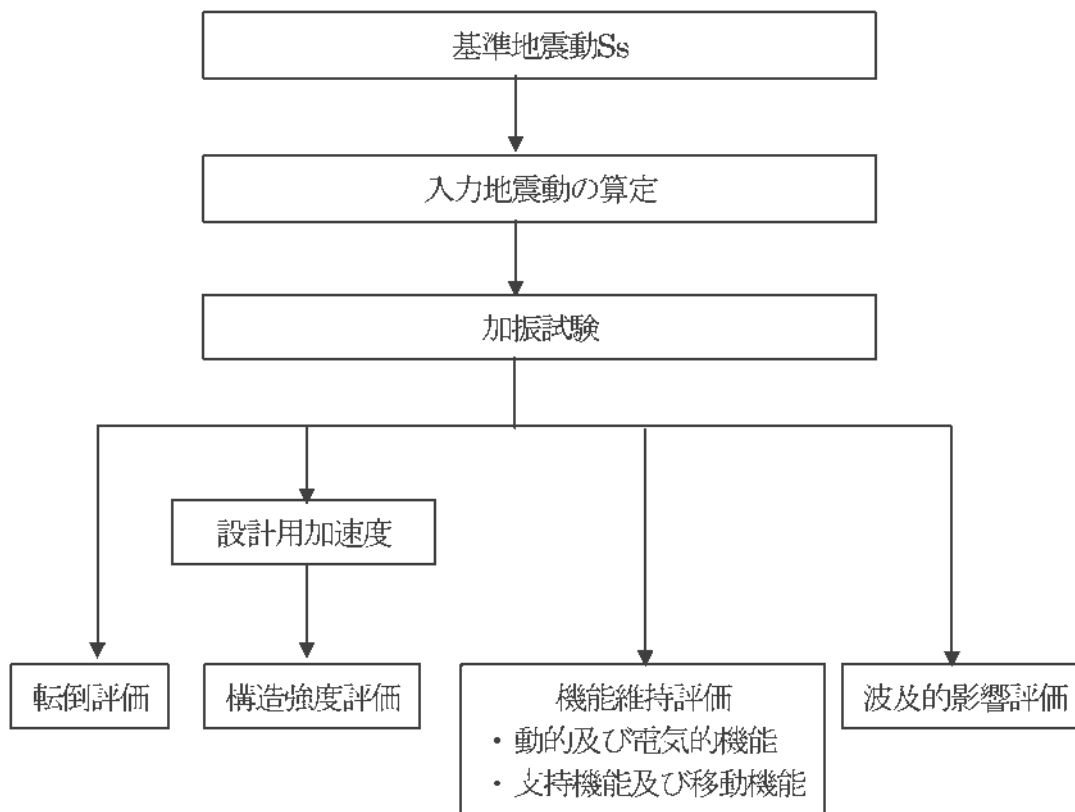
車両型設備は、別添 3-1 の「2.2.1 車両型設備(3) 機能維持評価」にて設定した機能維持評価の方針に従い、動的及び電氣的機能並びに支持機能及び移動機能維持評価を実施する。

機能維持評価は、「3.4 機能維持評価」に示す方法により、加振試験を行い、試験後に発電機の給電機能、内燃機関の駆動機能等の動的及び電氣的機能並びに支持機能及び移動機能を保持できることを確認する。また、「5.3 機能維持評価」において基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、保管場所の地表面の最大加速度が、加振試験により動的及び電氣的機能並びに支持機能及び移動機能を保持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることを確認する。

## (5) 波及的影響評価

車両型設備は、別添 3-1 の「2.2.1 車両型設備 (4) 波及的影響評価」にて設定した波及的影響評価の方針に従い、波及的影響評価を実施する。

車両型設備の波及的影響評価は、「3.5 波及的影響評価」に示す方法により、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、当該設備がすべり及び浮上がりによる波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを、加振試験で得られたすべり及び浮上がりにより算出した変位量が、波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して必要な離隔距離未満であることにより確認する。



第2-3 図 車両型設備の評価フロー

第2-2表 車両型設備の評価方法

設備名称	車両種別	設備種別	転倒評価	機能維持評価	構造強度評価		波及的影響評価
					直接支持構造物	間接支持構造物	
緊急時対策所用発電機車	トレーラ	発電機	加振試験	加振試験	加振試験+応力計算	加振試験+応力計算	加振試験

## 2.4 適用規格

適用する規格、基準等を以下に示す。

- 「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(JSME S NC1-2012)日本機械学会
- 「発電用原子力設備規格 材料規格」(JSME S NJ1-2012)日本機械学会
- 「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987) 日本電気協会
- 「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編」(JEAG4601・補-1984) 日本電気協会
- 「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991 追補版) 日本電気協会
- JIS B 1051-2000 炭素鋼及び合金鋼製締結用部品の機械的性質－第一部：ボルト，ねじ及び植込みボルト

### 3. 耐震評価

#### 3.1 加振試験

##### (1) 基本方針

別添 3-1 の「4.1 車両型設備 (1) 加振試験」にて設定した基本方針に従い、加振試験を実施する。

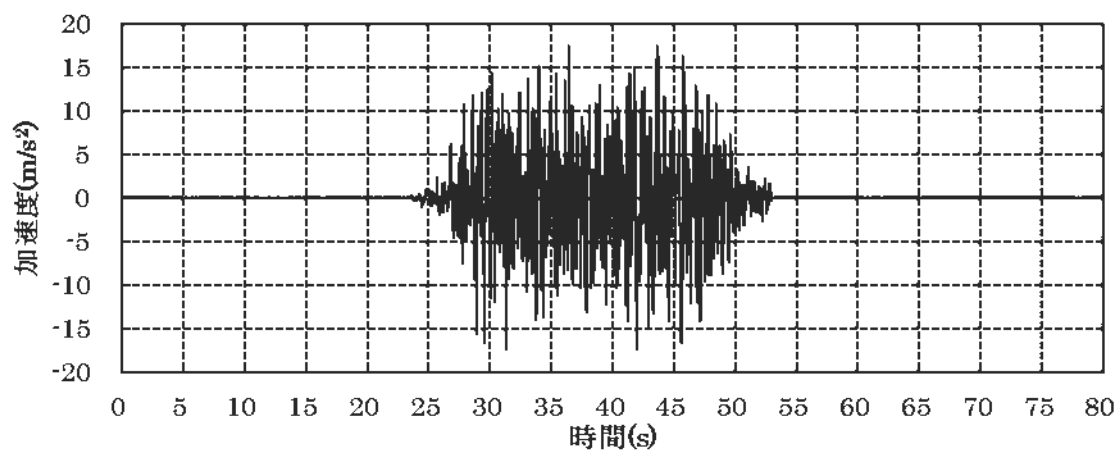
加振試験は、以下の「(2) 入力地震動」に示す入力地震動を用いて、「3.2 転倒評価」及び「3.4 機能維持評価」に示す方法により転倒評価及び機能維持評価を行うとともに、「3.3 構造強度評価」に用いる最大応答加速度並びに「3.5 波及的影響評価」に用いるすべり量及び浮上がり角を求める。

##### (2) 入力地震動

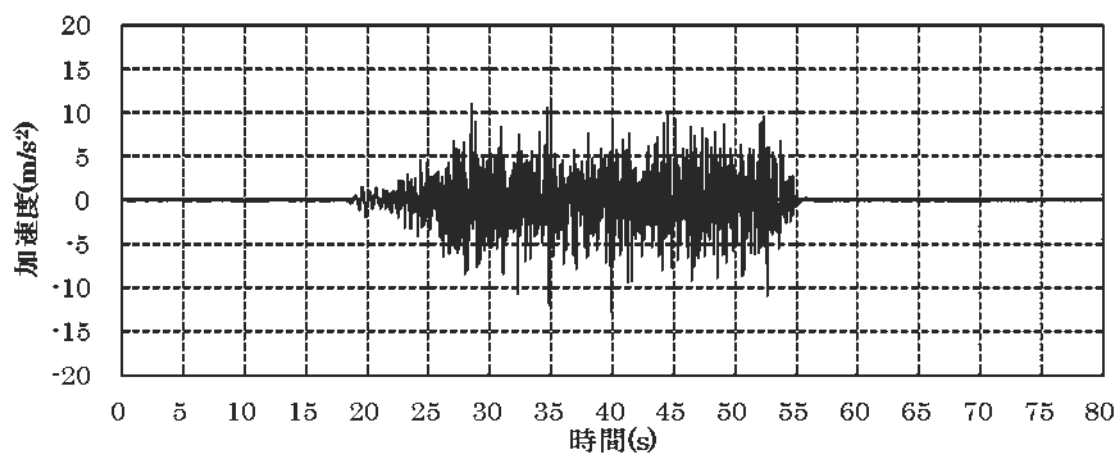
加振試験の入力地震動は、別添 3-2 「可搬型重大事故等対処設備の保管場所における入力地震動」及び平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 3 別添 3-2 「可搬型重大事故等対処設備の保管場所における入力地震動」に示す対象設備の保管場所である第 6 保管エリア及び第 4 保管エリアの地表面の応答に地盤物性等のばらつき等を考慮し±10%拡幅処理したものを対象設備の固有値帯において包絡し、かつ全体としておおむね包絡するように設定する。

加振試験用入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを第 3-1 図及び第 3-2 図に示す。なお、加振試験用入力地震動には、同型式及び同等性が確認された型式を適用する。

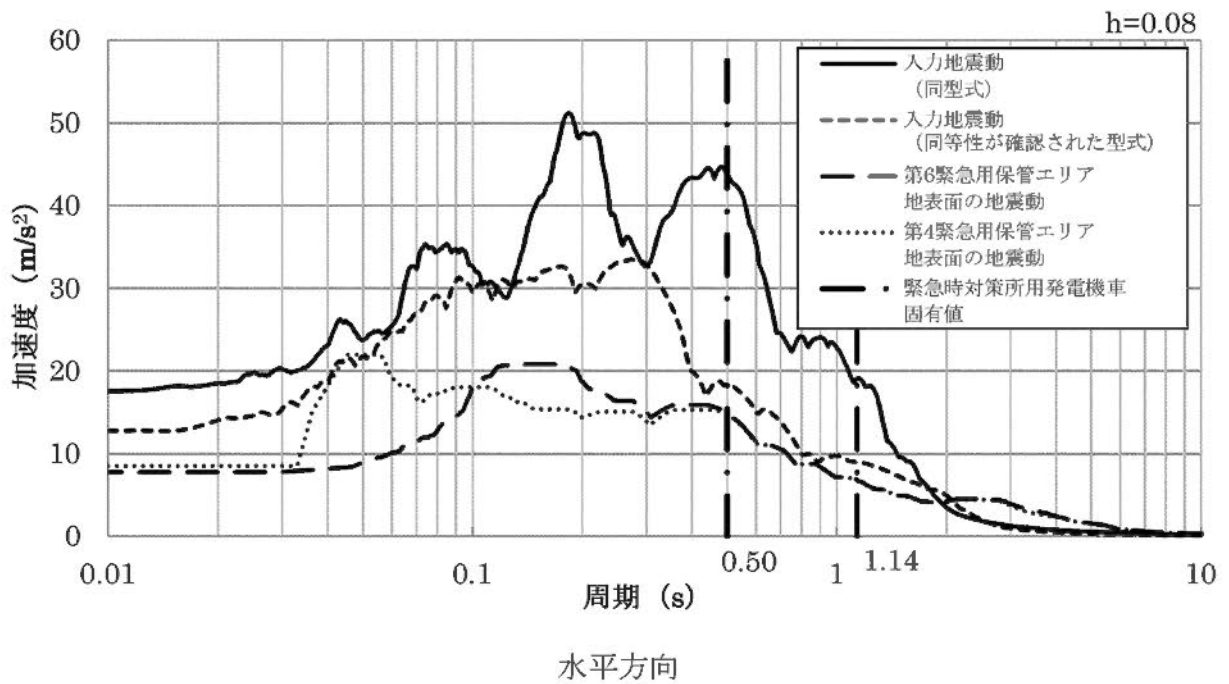




(a) 加速度時刻歴波形 (同型式)

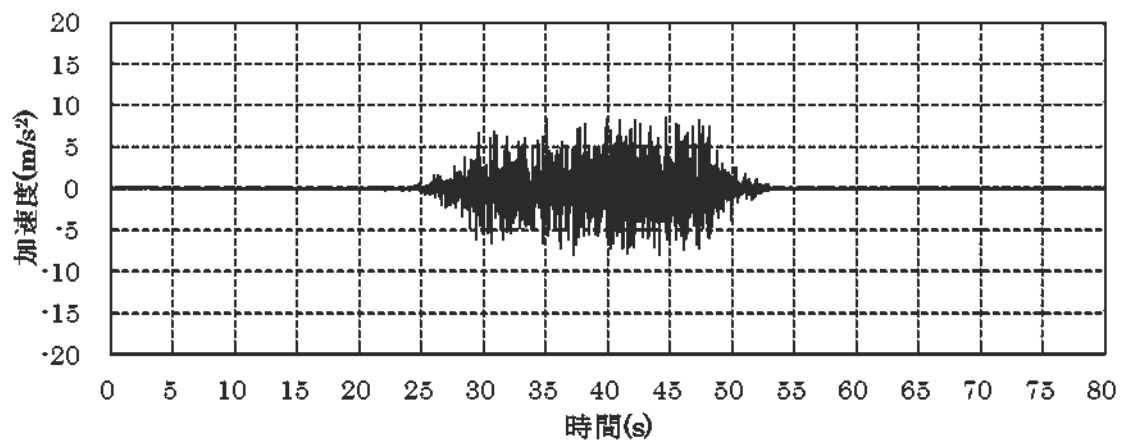


(b) 加速度時刻歴波形 (同等性が確認された型式)

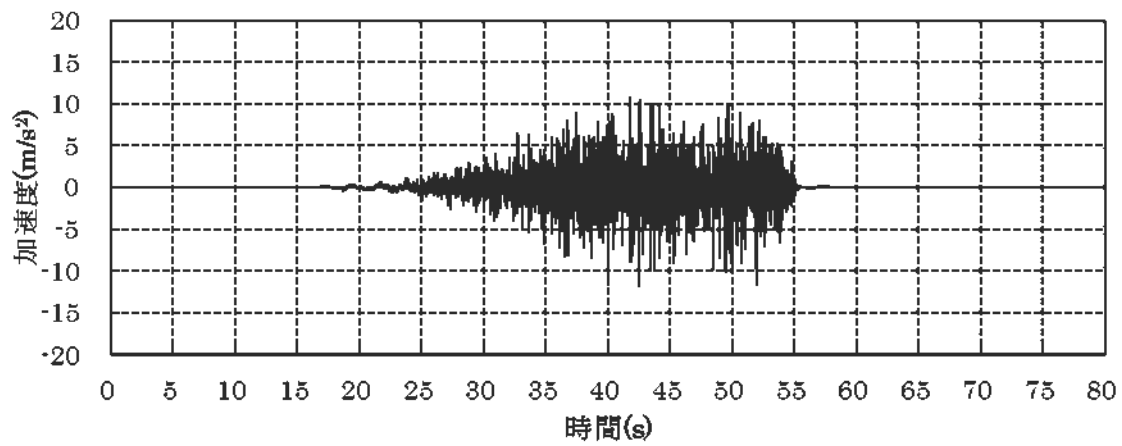


第3-1図 加振試験用入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平方向)

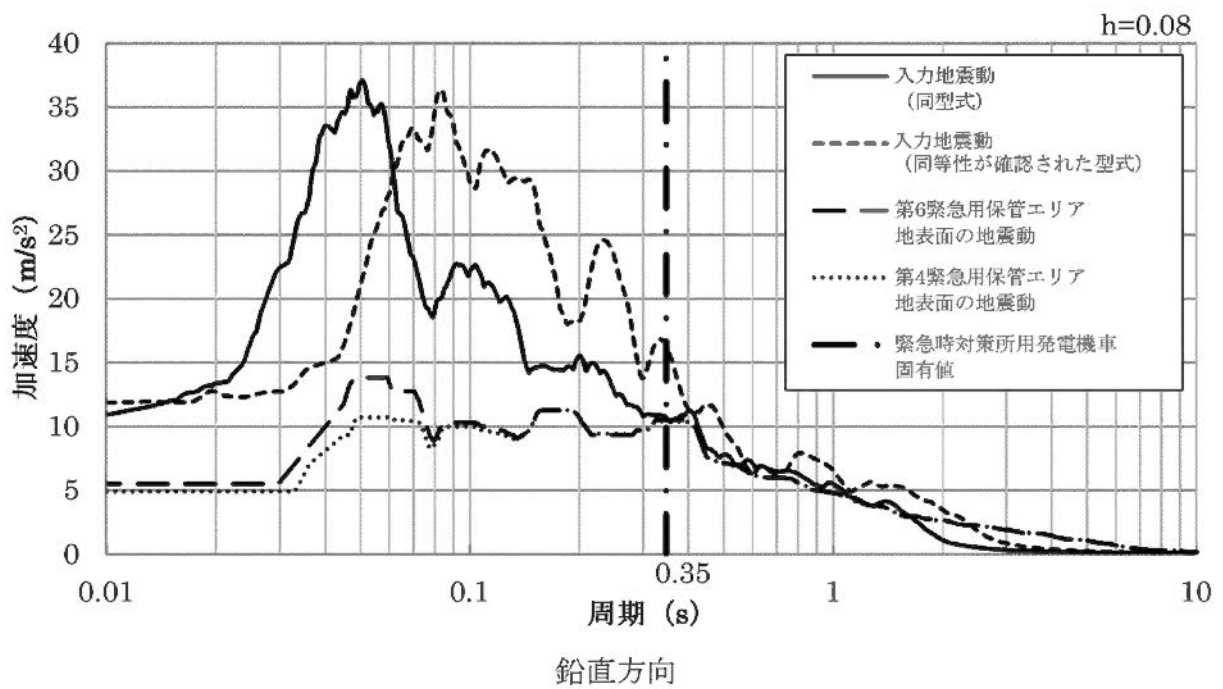
(注1) 各保管エリアの地震動は  $S_s-1 \sim S_s-5$  を包絡するものとし、入力地震動は地盤物性のばらつき等を考慮し、 $\pm 10\%$  拡幅処理を実施。



(a) 加速度時刻歴波形（同型式）



(b) 加速度時刻歴波形（同等性が確認された型式）



(c) 加速度応答スペクトル<sup>(注1)</sup>

第3-2図 加振試験用入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直方向)

(注1) 各保管エリアの地震動は S<sub>s</sub>-1~S<sub>s</sub>-5 を包絡するものとし、入力地震動は地盤物性のばらつき等を考慮し、±10%拡幅処理を実施。

(3) 試験結果

「3.1 加振試験」で得られた加速度を第3-1表に示す。

また、「3.1 加振試験」で得られたすべり量及び浮上がり角を第3-2表に示す。

第3-1表 加振試験で得られた最大応答加速度

設備名称	保管場所	計測箇所	最大応答加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )	
			水平	鉛直
緊急時対策所用発電機車	第6保管エリア 第4保管エリア	内燃機関頂部	2.93	2.35
		発電機頂部	4.63	2.03
		コンテナ頂部	4.22	3.75

第3-2表 加振試験で得られたすべり量及び浮上がり角

設備名称	保管場所	すべり量		浮上がり角
		前後方向 (mm)	左右方向 (mm)	左右方向 ( $^{\circ}$ )
緊急時対策所用発電機車	第6保管エリア 第4保管エリア	450	980	16

## 3.2 転倒評価

### (1) 基本方針

車両型設備は、別添 3-1 の「2.2.1(1) 転倒評価」に設定した評価方針に従い、転倒評価を実施する。

車両型設備の転倒評価は、「(2) 評価対象部位」に示す対象部位が「(3) 許容限界」に示す許容限界を満足することを「(4) 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### (2) 評価対象部位

転倒評価の対象部位は、別添 3-1 の「2.2.1(1) 転倒評価」にて設定したとおり、車両全体とする。

### (3) 許容限界

許容限界は、「(2) 評価対象部位」にて設定した評価対象部位の保管場所の地表面の最大加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であること。

### (4) 評価方法

#### a. 試験方法

車両型設備を実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「3.1 加振試験 (2) 入力地震動」に示すランダム波を入力地震動として加振試験を行い、試験により転倒していないことを確認する。

また、加振試験は水平方向と鉛直方向の同時入力にて行う。

加振試験の入力地震動は、以下の条件にて対象設備の全ての保管場所の設計用床応答曲線を対象設備の固有値帯において包絡し、かつ全体としておおむね包絡するように設定する。

- ・加振波：対象設備の保管場所における地表面に相当する時刻歴応答加速度を床応答曲線に変換し、地盤物性等のばらつき等を考慮し±10%拡幅処理したものを対象設備の固有値帯において包絡し、かつ全体としておおむね包絡するよう作成したランダム波
- ・加振方向：水平（前後）＋鉛直及び水平（左右）＋鉛直

b. 評価方法

車両型設備の転倒評価は、別添 3-1 の「2.2 評価方針」にて設定した評価方針に従い、保管場所の地表面の最大加速度と、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度との比較を行い、水平方向と鉛直方向の比較結果がそれぞれ許容限界以下あることを確認する。

3.3 構造強度評価

(1) 直接支持構造物

a. 基本方針

車両型設備の直接支持構造物は、別添 3-1 の「2.2.1(2) 構造強度評価」で設定した評価方針に従って、応力評価を実施する。

車両型設備の直接支持構造物の構造強度評価は、「b. 評価対象部位」に示す評価対象部位が、「c. 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せに対し「d. 許容限界」に示す許容限界を満足することを、「e. 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

b. 評価対象部位

車両型設備の直接支持構造物の評価対象部位は、別添 3-1 の「2.2 評価方針」で設定した評価対象部位に従って設定する。

評価対象部位を第 3-3 表に示す。

第 3-3 表 車両型設備直接支持構造物評価対象部位

設備名称	評価対象部位	図
緊急時対策所用発電機車	内燃機関取付ボルト 発電機取付ボルト	第 2-2 図

c. 荷重及び荷重の組合せ

構造強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、別添 3-1 の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」で設定した荷重及び荷重の組合せに従って設定する。荷重の組合せを第 3-4 表に示す。

第 3-4 表 荷重の組合せ及び許容応力状態

設備名称	評価対象部位	許容応力状態	荷重の組合せ
緊急時対策所用 発電機車	取付ボルト	IV <sub>AS</sub>	D+S <sub>s</sub>

d. 許容限界

車両型設備の直接支持構造物の許容限界は、「b. 評価対象部位」にて設定した評価対象部位の破断延性限界を考慮し、別添 3-1 の「3.2 許容限界」で設定した許容限界に従い、許容応力状態 IV<sub>AS</sub> の許容応力とする。

各評価対象部位の許容限界を第 3-5 表に示す。

第 3-5 表 取付ボルトの許容限界

	耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許容限界 (注1) (注2)	
				一次応力	
				引張 (注3)	せん断 (注3)
取付ボルト	—	D+S <sub>s</sub>	IV <sub>AS</sub>	1.5f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5f <sub>s</sub> <sup>*</sup>

(注 1) f<sub>t</sub><sup>\*</sup>, f<sub>s</sub><sup>\*</sup>: JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(1)a 本文中 Sy 及び Sy(RT)を 1.2Sy 及び 1.2Sy(RT)と読み替えて算出した値 (JSME S NC1-2012 SSB-3133)。但し、Sy 及び 0.7Su のいずれか小さい方の値とする。

(注 2) JEAG4601・補-1984 の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

(注 3) ボルトにせん断力が作用する場合、組合せ評価を実施する。その際の許容応力値は、JSME S NC1-2012 SSB-3133 に基づき、Min (1.4(1.5f<sub>t</sub><sup>\*</sup>)-1.6 τ<sub>b</sub>, 1.5f<sub>t</sub><sup>\*</sup>) とする。



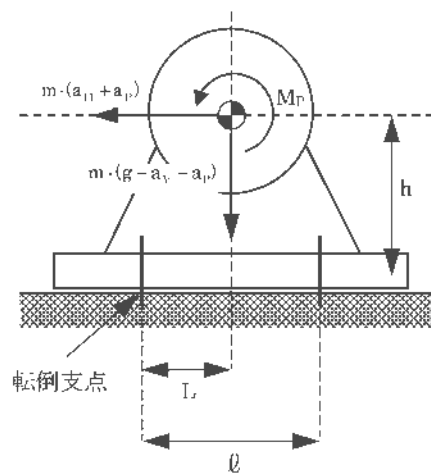
e. 評価方法

車両型設備の直接支持構造物の構造強度評価は、別添 3-1 の「4.1(3)a. 直接支持構造物」で設定した評価式に従って、評価対象部位について、JEAG4601 に規定されているポンプ等の基礎ボルトの評価方法を用いて発生応力を算出し、許容応力以下であることを確認する。

評価については、第 3-1 表に示す加振試験で得られた評価対象部位頂部の最大応答加速度に対して、実機における車両応答の不確かさを考慮し、最大応答加速度の 1.2 倍の余裕を見込み割り増しを行った設計用加速度を用いて発生応力を算出し、応力評価を行う。なお、加振試験で得られた最大応答加速度は、第 6 保管エリア及び第 4 保管エリアの入力地震動を包絡する入力地震動に対する試験結果を用いる。

(a) 評価に使用する計算モデル及び記号の定義

構造強度評価に使用する計算モデルを第 3-3 図に、記号を第 3-6 表に示す。



第 3-3 図 計算モデル図

第3-6表 構造強度評価に使用する記号

記号	単位	定義
$A_b$	$\text{mm}^2$	取付ボルトの有効断面積
$a_H$	$\text{m/s}^2$	設計用水平加速度
$a_P$	$\text{m/s}^2$	回転体振動による加速度
$a_V$	$\text{m/s}^2$	設計用鉛直加速度
$g$	$\text{m/s}^2$	重力加速度 ( $g=9.80665$ )
$h$	$\text{mm}$	据付面から評価対象部位頂部までの高さ
$L$	$\text{mm}$	車両重心位置と取付ボルト間の水平方向距離
$\ell$	$\text{mm}$	支点としている取付ボルトより最大引張応力がかかる取付ボルトまでの距離
$m$	$\text{kg}$	機器の運転時質量
$M_P$	$\text{N}\cdot\text{mm}$	回転体回転により働くモーメント
$N$	—	引張力の作用する取付ボルトの評価本数
$n$	—	取付ボルトの総本数
$\sigma_{bt}$	$\text{MPa}$	取付ボルトの最大引張応力
$\tau_b$	$\text{MPa}$	取付ボルトの最大せん断応力

(b) 取付ボルトの構造強度評価

- ・ 取付ボルトの引張応力の評価式

$$\sigma_{bt} = \frac{m \cdot (a_H + a_P) \cdot h + M_P - m \cdot (g - a_V - a_P) \cdot L}{N \cdot A_b \cdot \ell}$$

- ・ 取付ボルトのせん断応力の評価式

$$\tau_b = \frac{m \cdot (a_H + a_P)}{n \cdot A_b}$$

(c) 設計用加速度の割り増し

加振試験で得られた評価対象部位頂部の最大応答加速度に対して、実機における車両応答の不確かさを考慮し、最大応答加速度の1.2倍の余裕を見込み割り増しを行った設計用加速度を用いて発生応力を算出し、応力評価を行う。

## (2) 間接支持構造物

### a. 基本方針

車両型設備の間接支持構造物は、別添 3-1 の「2.2.1(2) 構造強度評価」で設定した評価方針に従って、応力評価を実施する。

車両型設備の間接支持構造物の構造強度評価は、「b. 評価対象部位」に示す評価対象部位が、「c. 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せに対し「d. 許容限界」に示す許容限界を満足することを、「e. 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### b. 評価対象部位

車両型設備の間接支持構造物の評価対象部位は、別添 3-1 の「2.2 評価方針」で設定した評価対象部位に従って設定する。

評価対象部位を第 3-7 表に示す。

第 3-7 表 車両型設備間接支持構造物評価対象部位

設備名称	評価対象部位	図
緊急時対策所用発電機車	コンテナ取付ボルト	第 2-2 図

### c. 荷重及び荷重の組合せ

「3.3 構造強度評価 (1) 直接支持構造物 c. 荷重及び荷重の組合せ」に同じ。

### d. 許容限界

「3.3 構造強度評価 (1) 直接支持構造物 d. 許容限界」に同じ。

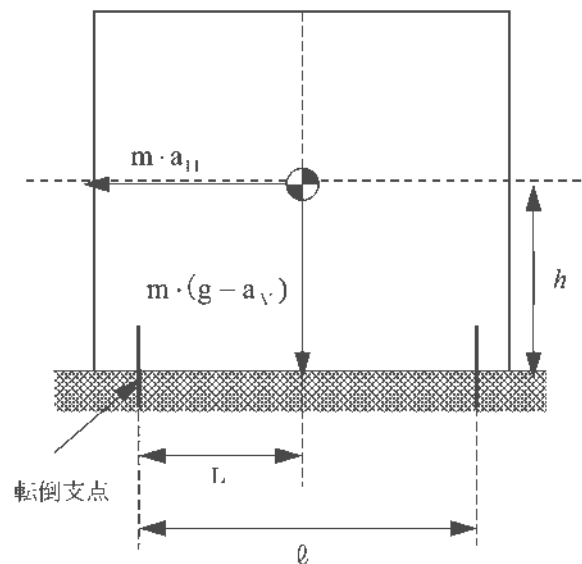
e. 評価方法

車両型設備の間接支持構造物の構造強度評価は、別添 3-1 の「4.1(3) b. 間接支持構造物」で設定した評価式に従って、評価対象部位について、JEAG4601 に規定されているポンプ等の基礎ボルトの評価方法を用いて発生応力を算出し、許容応力以下であることを確認する。

評価については、第 3-1 表に示す加振試験で得られた評価対象部位頂部の最大応答加速度に対して、実機における車両応答の不確かさを考慮し、最大応答加速度の 1.2 倍の余裕を見込み割り増した設計用加速度を用いて発生応力を算出し、応力評価を行う。

(a) 評価に使用する計算モデル及び記号の定義

構造強度評価に使用する計算モデルを第 3-4 図に、記号を第 3-8 表に示す。



第 3-4 図 計算モデル図

第3-8表 構造強度評価に使用する記号

記号	単位	定 義
$A_b$	$\text{mm}^2$	取付ボルトの有効断面積
$a_H$	$\text{m/s}^2$	設計用水平加速度
$a_V$	$\text{m/s}^2$	設計用鉛直加速度
$g$	$\text{m/s}^2$	重力加速度 ( $g=9.80665$ )
$h$	$\text{mm}$	据付面から評価対象部位頂部までの高さ
$L$	$\text{mm}$	車両重心位置と取付ボルト間の水平方向距離
$\ell$	$\text{mm}$	支点としている取付ボルトより最大引張応力がかかる取付ボルトまでの距離
$m$	$\text{kg}$	機器の運転時質量
$N$	—	引張力の作用する取付ボルトの評価本数
$n$	—	取付ボルトの総本数
$\sigma_{bt}$	$\text{MPa}$	取付ボルトの最大引張応力
$\tau_b$	$\text{MPa}$	取付ボルトの最大せん断応力

(b) 取付ボルトの構造強度評価

- ・ 取付ボルトの引張応力の評価式

$$\sigma_{bt} = \frac{m \cdot (a_H) \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{N \cdot A_b \cdot \ell}$$

- ・ 取付ボルトのせん断応力の評価式

$$\tau_b = \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b}$$

(c) 設計用加速度の割り増し

「3.3 構造強度評価 (1) 直接支持構造物 e. 評価方法 (c) 設計用加速度の割り増し」に同じ。

### 3.4 機能維持評価

#### (1) 基本方針

車両型設備は、別添 3-1 の「2.2.1(3) 機能維持評価」にて設定した評価方針に従い、機能維持評価を実施する。

車両型設備の機能維持評価は、「(2) 評価対象部位」に示す評価対象部位の保管場所における地表面の最大加速度が、「(3) 許容限界」に示す許容限界を満足することを、「(4) 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

#### (2) 評価対象部位

車両型設備の評価対象部位は、別添 3-1 の「3.2 許容限界」に示す確認方法を踏まえて、地震後に動的及び電氣的機能の保持が必要な車両に積載している発電機、内燃機関等並びに支持機能及び移動機能の保持が必要な車両部とする。

#### (3) 許容限界

許容限界は、「(2) 評価対象部位」にて設定した評価対象部位の保管場所の地表面の最大加速度が、加振試験により動的及び電氣的機能並びに支持機能及び移動機能が保持されることを確認した加振台の最大加速度以下であること。

#### (4) 評価方法

##### a. 試験方法

機能維持評価は、別添 3-1 の「2.2.1(3) 機能維持評価」にて設定した評価方針に従い、「3.2 転倒評価」における加振試験後に、第 3-9 表の機能維持評価方法に基づき、発電機の給電機能、内燃機関の駆動機能等の動的及び電氣的機能並びに支持機能及び移動機能が保持できることを確認する。

##### b. 評価方法

機能維持評価は、別添 3-1 の「2.2.1(3) 機能維持評価」にて設定した評価方針に従い、保管場所の地表面の最大加速度と加振試験後に動的及び電氣的機能並びに支持機能及び移動機能が保持できることを確認した加振台の最大加速度との比較を行い、水平方向と鉛直方向の比較結果がそれぞれ許容限界以下であることを確認する。

第 3-9 表 機能維持評価方法

評価対象設備	機能維持確認項目
緊急時対策所用発電機車	<p>重大事故等時に緊急時対策棟の機能及び居住性を維持するために必要な負荷へ給電するための容量を有すること。 また、保管場所から設置場所まで移動可能であること。</p>

### 3.5 波及的影響評価

#### (1) 基本方針

車両型設備は、別添 3-1 の「2.2.1(4) 波及的影響評価」にて設定した評価方針に従い、波及的影響評価を実施する。

車両型設備の波及的影響評価は、「(2) 評価対象部位」に示す対象部位のトータル影響量が、「(3) 許容限界」に示す許容限界を満足することを、「(4) 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

#### (2) 評価対象部位

対象部位は、別添 3-1 の「2.2.1(4) 波及的影響評価」にて設定したとおり、車両全体とする。

#### (3) 許容限界

許容限界は、別添 3-1 の「3.2.1 車両型設備 (4) 波及的影響評価」にて設定した許容限界に従い、波及的影響を防止する必要がある他の設備との離隔距離を、1台あたり左右方向 2,200mm、前後方向 750mm とする。

#### (4) 評価方法

波及的影響評価は、別添 3-1 の「2.2.1(4) 波及的影響評価」にて設定した評価方針に従い、トータル影響量が波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して必要な離隔距離未満であることを確認する。

地震時における設備のすべり量の算出については「a. すべり量」に、地震時における設備の浮上がりによる影響量の算出については「b. 浮上がりによる変位量」に、トータル影響量の算出については「c. トータル影響量」に示す。

##### a. すべり量

車両型設備のすべり量については、加振試験の結果を基に設定する。



b. 浮上がりによる変位量

車両型設備の浮上がりによる変位量については、加振試験で得られた浮上がり角の値を用いて算出する。

また、浮上がりに伴う、波及的影響として評価すべき浮上がりによる変位量を表した図を第3-5図に示し、使用する記号を第3-10表に示す。

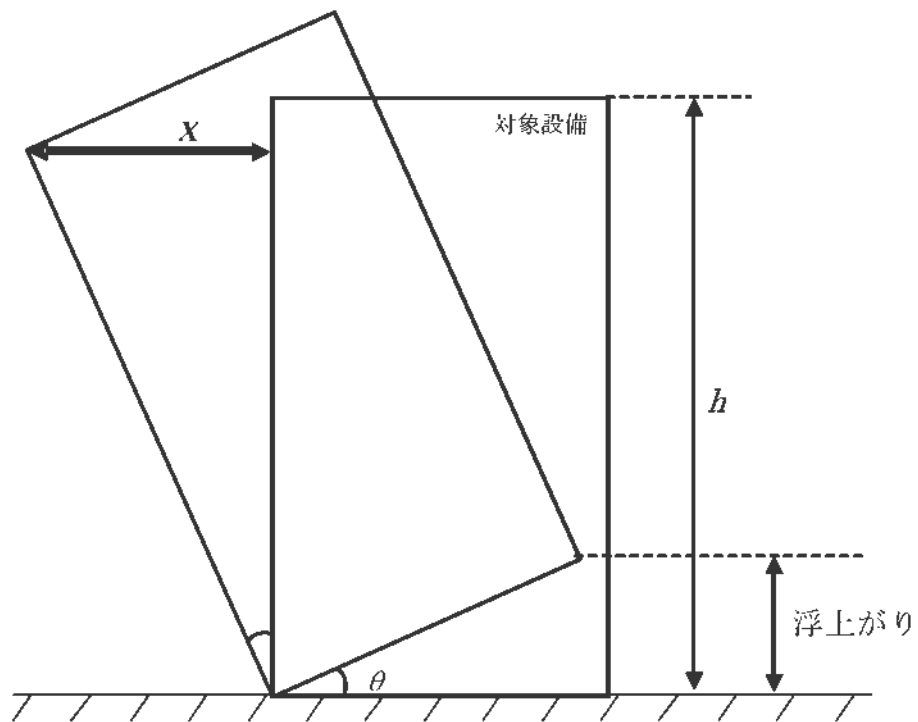
なお、地震による前後方向への浮上がりはほとんど無視できるため、前後方向への浮上がりによる変位量は評価しない。

浮上がりによる変位量については、以下の関係式により示される。

$$X = h \sin \theta$$

第3-10表 波及的影響評価に使用する記号

記号	単位	定義
<b>h</b>	<b>mm</b>	車両高さ
<b>X</b>	<b>mm</b>	浮上がりによる変位量
$\theta$	°	浮上がり角



第3-5図 浮上がりによる変位量の算出図

c. トータル影響量

「a. すべり量」にて設定したすべり量に、「b. 浮上がりによる変位量」により算出される浮上がりによる変位量を加算した値をトータル影響量と定義し、トータル影響量が「3.5(3) 許容限界」にて設定した離隔距離未満であることを波及的影響評価として確認する。

## 4. 評価条件

「3. 耐震評価」に用いる評価条件を以下に示す。

### 4.1 転倒評価

車両型設備の転倒評価は、「3.2 転倒評価」に示す評価方法に従い、保管場所における地表面の最大加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認するものであり、転倒しないことを確認するために個別に設定する評価条件はない。比較対象となる保管場所の地表面の最大加速度は、評価結果と併せて第5-1表に示す。

### 4.2 構造強度評価

#### (1) 直接支持構造物

「3.3 構造強度評価 (1) 直接支持構造物」に用いる評価条件を第4-1表、第4-2表に示す。

#### (2) 間接支持構造物

「3.3 構造強度評価 (2) 間接支持構造物」に用いる評価条件を第4-3表、第4-4表に示す。

### 4.3 機能維持評価

車両型設備の機能維持評価は、「3.4 機能維持評価」に示す評価方法に従い、保管場所の地表面の最大加速度が、加振試験により発電機の給電機能、内燃機関の駆動機能等の動的及び電氣的機能並びに支持機能及び移動機能を保持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることを確認するものであり、機能保持を確認するために、個別に設定する評価条件はない。比較対象となる保管場所の地表面の最大加速度は、評価結果と併せて第5-1表に示す。

### 4.4 波及的影響評価

「3.5 波及的影響評価」に用いる評価条件を第4-5表に示す。

第4-1表 車両型設備直接支持構造物の設計条件

機器名称	評価部位	評価温度 (雰囲気温度) (°C)	ボルト材質	m (kg)	h (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n (-)	N (-)	L (mm)	ℓ (mm)
緊急時対策所用発電機車	内燃機関取付 ボルト	40	10.9				12	6	535	1,070
	発電機取付 ボルト	40	10.9				6	3	445	890

第4-2表 車両型設備直接支持構造物の設計用加速度

機器名称	評価対象部位	加振試験で得られた 最大応答加速度 (×9.8 m/s <sup>2</sup> )		設計用加速度 (×9.8 m/s <sup>2</sup> )	
		水平	鉛直	水平 a <sub>H</sub>	鉛直 a <sub>V</sub>
緊急時対策所用発電機車	内燃機関	2.93	2.35	3.52	2.82
	発電機	4.63	2.03	5.56	2.44

第4-3表 車両型設備間接支持構造物の設計条件

機器名称	評価部位	評価温度 (雰囲気温度) (°C)	ボルト材質	m (kg)	h (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n (-)	N (-)	L (mm)	ℓ (mm)
緊急時対策所用発電機車	コンテナ 取付ボルト	40	SCM435				34	17	1,310	2,620

第 4-4 表 車両型設備間接支持構造物の設計用加速度

機器名称	評価対象部位	加振試験で得られた 最大応答加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )		設計用加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )	
		水平	鉛直	水平 $a_H$	鉛直 $a_V$
緊急時対策所用発電機車	コンテナ取付ボルト	4.22	3.75	5.07	4.50

第 4-5 表 車両型設備の浮上がりによる変位量

機器名称	車両高さ (h)	浮上がり角 ( $\theta$ )	浮上がりによる変位量 (X)
緊急時対策所用発電機車	4,080	16	1,124.60

## 5. 評価結果

車両型設備の転倒評価、構造強度評価（直接支持構造物、間接支持構造物）、機能維持評価及び波及的影響評価の結果を以下に示す。

以下に示す評価結果により、車両型設備は、地震後においても、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、重大事故等に対処するために必要な機能を保持するため、耐震性を有する。

### 5.1 転倒評価

保管場所の地表面の最大加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることを確認した。結果を第 5-1 表に示す。

第5-1表 車両型設備の転倒評価及び機能維持評価確認結果

評価対象設備	保管エリア	加振方向	保管場所地表面の最大加速度と 加振台の最大加速度の比較		転倒評価 結果	機能維持 評価結果
			保管場所地表面の 最大加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )	加振台の 最大加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )		
緊急時対策所用発電機車	第6保管エリア 第4保管エリア	水平	0.87	1.78	○	○
		鉛直	0.56	1.43	○	○



## 5.2 構造強度評価

### (1) 直接支持構造物

車両型設備の直接支持構造物の構造強度評価結果を第 5-2 表に示す。地震発生後の車両型設備の直接支持構造物へ発生する応力は、許容応力以下であることを確認した。

### (2) 間接支持構造物

車両型設備の間接支持構造物の構造強度評価結果を第 5-3 表に示す。地震発生後の車両型設備の間接支持構造物へ発生する応力は、許容応力以下であることを確認した。

第 5-2 表 車両型設備の直接支持構造物の評価結果

(単位：MPa)

評価対象部位	応力分類	計算結果	許容応力	評価
緊急時対策所用発電機車 内燃機関取付ボルト	引張	326	699	○
	せん断	107	403	○
	組合せ	326	699	○
緊急時対策所用発電機車 発電機取付ボルト	引張	366	699	○
	せん断	146	403	○
	組合せ	366	699	○

第 5-3 表 車両型設備の間接支持構造物の評価結果

(単位：MPa)

評価対象部位	応力分類	計算結果	許容応力	評価
緊急時対策所用発電機車 コンテナ取付ボルト	引張	401	651	○
	せん断	129	375	○
	組合せ	401	651	○

### 5.3 機能維持評価

保管場所の地表面の最大加速度が、加振試験により動的及び電氣的機能並びに支持機能及び移動機能が維持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることを確認した。結果を第5-1表に示す。

### 5.4 波及的影響評価

波及的影響評価として評価した左右方向のトータル影響量と前後方向のトータル影響量については、設定した許容限界（離隔距離）未満であることを確認した。

#### (1) 左右方向

第5-4表に各車両の左右方向に関する評価結果を示す。下記により、左右方向のトータル影響量は、許容限界 2,200mm 未満であることを確認した。

第5-4表 波及的影響評価結果（左右方向）

設備名称	トータル影響量 (mm)	許容限界 (mm)	評価
緊急時対策所用発電機車	2,105	2,200	○

#### (2) 前後方向

第5-5表に各車両の前後方向に関する評価結果を示す。下記により、前後方向のトータル影響量は、許容限界 750mm 未満であることを確認した。

第5-5表 波及的影響評価結果（前後方向）

設備名称	トータル影響量 (mm)	許容限界 (mm)	評価
緊急時対策所用発電機車	450	750	○

可搬型重大事故等対処設備のうち  
ポンベ設備の耐震計算書

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	12 (3) - 別添 3 - 4 - 1
2. 基本方針 .....	12 (3) - 別添 3 - 4 - 1
2.1 配 置 .....	12 (3) - 別添 3 - 4 - 1
2.2 構造概要 .....	12 (3) - 別添 3 - 4 - 1
2.3 評価方針 .....	12 (3) - 別添 3 - 4 - 4
2.4 適用規格 .....	12 (3) - 別添 3 - 4 - 5
3. 地震応答解析 .....	12 (3) - 別添 3 - 4 - 6
3.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 3 - 4 - 6
3.2 解析方法 .....	12 (3) - 別添 3 - 4 - 6
3.3 設計用地震力 .....	12 (3) - 別添 3 - 4 - 7
3.4 解析モデル及び諸元 .....	12 (3) - 別添 3 - 4 - 8
3.5 固有値解析結果 .....	12 (3) - 別添 3 - 4 - 12
4. 構造強度評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 4 - 14
4.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 3 - 4 - 14
4.2 評価対象部位 .....	12 (3) - 別添 3 - 4 - 14
4.3 荷重及び荷重の組合せ .....	12 (3) - 別添 3 - 4 - 14
4.4 許容限界 .....	12 (3) - 別添 3 - 4 - 16
4.5 評価方法 .....	12 (3) - 別添 3 - 4 - 17
5. 波及的影響評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 4 - 19
5.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 3 - 4 - 19
5.2 許容限界 .....	12 (3) - 別添 3 - 4 - 19
5.3 評価方法 .....	12 (3) - 別添 3 - 4 - 19
6. 評価条件 .....	12 (3) - 別添 3 - 4 - 20
7. 評価結果 .....	12 (3) - 別添 3 - 4 - 22

## 1. 概 要

本資料は、別添 3-1「可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針」（以下「別添 3-1」という。）に示すとおり、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る可搬型重大事故等対処設備のうちポンベ設備に該当する空気ポンベ（緊急時対策所用）が、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、地震後において、空気の供給機能を保持するために、耐震性を有することを確認するとともに、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認するものである。

## 2. 基本方針

別添 3-1 の「2. 耐震評価の基本方針」に示す構造計画のとおり、空気ポンベ（緊急時対策所用）の「2.1 配置」及び「2.2 構造概要」を示す。

### 2.1 配 置

空気ポンベ（緊急時対策所用）は、別添 3-1 の「2.1 評価対象設備」に示す構造計画のとおり、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、耐震性を有する緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）EL.19.925m、EL.15.0m に保管する。

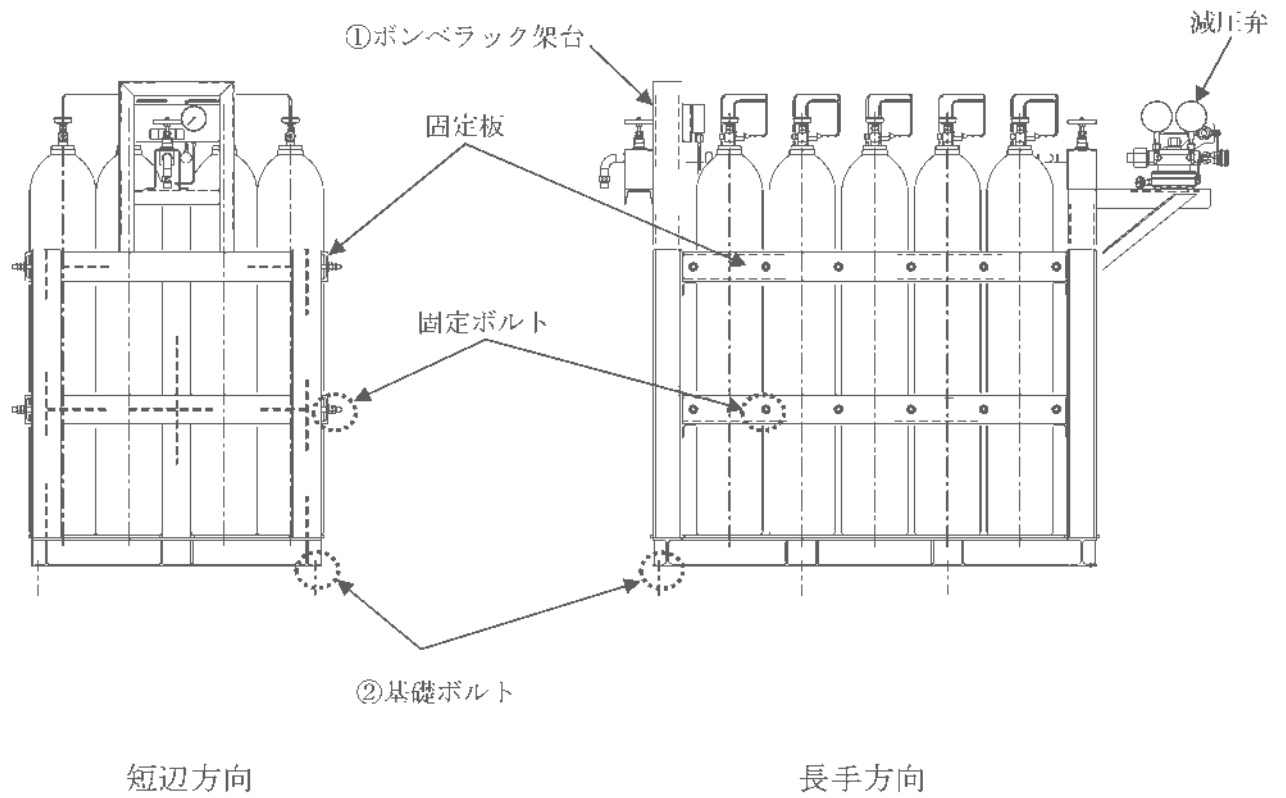
### 2.2 構造概要

空気ポンベ（緊急時対策所用）の構造は、別添 3-1 の「2.1 評価対象設備」に示す構造計画としており、空気ポンベ（緊急時対策所用）の構造計画を第 2-1 表に、外観図を第 2-1 図に示す。

第2-1表 空気ポンベ（緊急時対策所用）の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図 <sup>(注)</sup>
	主体構造	支持構造	
空気ポンベ （緊急時対策 所用）	空気ポンベ及び 空気ポンベの支 持構造物である ポンベラック架 台により構成す る。	空気ポンベは、容器として十分な強度を 有する構造とし、固定ボルト等によりポ ンベラック架台に固定し、ポンベラック 架台を基礎ボルトにより床に据え付け る。	第2-1図

(注) 評価対象部位を①,②に示す。



第 2-1 図 空気ポンベ（緊急時対策所用）外観図  
 （緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）EL.19.925m、EL.15.0m）



## 2.3 評価方針

空気ボンベ（緊急時対策所用）は、別添 3-1 の「2.2 評価方針」にて設定した評価方針に従い、構造強度評価、波及的影響評価を実施する。

空気ボンベ（緊急時対策所用）の耐震評価の手順は、平成 29 年 8 月 25 日付け原規発第 1708253 号にて認可された工事計画の実績に基づく。

### (1) 評価フロー

空気ボンベ（緊急時対策所用）の評価方針を以下に示し、耐震評価フローを第 2-2 図に示す。

### (2) 構造強度評価

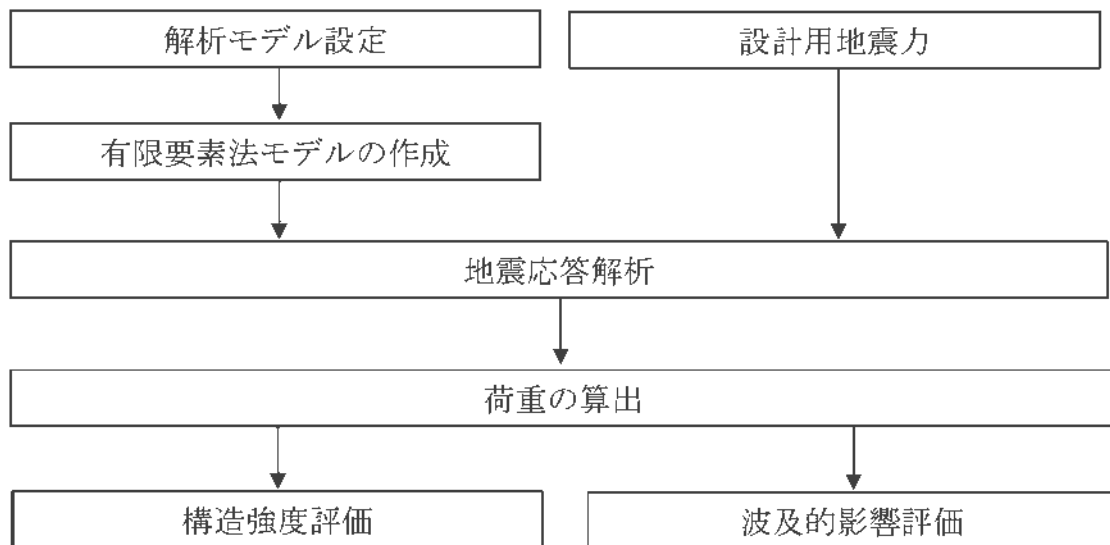
空気ボンベ（緊急時対策所用）は、別添 3-1 の「2.2.2(1) 構造強度評価」にて設定した構造強度評価の方針に従い、構造強度評価を実施する。

構造強度評価は、「3. 地震応答解析」及び「4. 構造強度評価」に示す方法により、「6. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「7. 評価結果」において、空気ボンベ（緊急時対策所用）の評価対象部位に発生する応力が許容限界を満足することを確認する。

### (3) 波及的影響評価

空気ボンベ（緊急時対策所用）は、別添 3-1 の「2.2.2(2) 波及的影響評価」にて設定した波及的影響評価の方針に従い、波及的影響評価を実施する。

空気ボンベ（緊急時対策所用）の波及的影響評価は、「5. 波及的影響評価」に示す方法により、「6. 評価条件」に示す評価条件を用い、「7. 評価結果」において、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。



第2-2図 空気ポンベ（緊急時対策所用）の耐震評価フロー

## 2.4 適用規格

適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」（JSME S NC1-2012）  
日本機械学会
- ・「発電用原子力設備規格 材料規格」（JSME S NJ1-2012）  
日本機械学会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」（JEAG4601-1987）日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編」  
（JEAG4601・補-1984）日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」（JEAG4601-1991 追補版）日本電気協会

### 3. 地震応答解析

#### 3.1 基本方針

空気ボンベ（緊急時対策所用）は、別添 3-1 の「4.2(1) 地震応答解析」にて設定した評価方法に従い、地震応答解析を実施する。

空気ボンベ（緊急時対策所用）の構成品であるボンベラック架台（空気ボンベ含む）の地震応答解析は、「3.2 解析方法」に示す方法により、「3.3 設計用地震力」に示す設計用地震力及び「3.4 解析モデル及び諸元」に示す解析モデルを用いて計算し、「3.5 固有値解析結果」においてボンベラック架台の固有振動数を算出する。

#### 3.2 解析方法

- (1) 空気ボンベ（緊急時対策所用）の耐震計算書の固有振動数、応力及び荷重を算定するための地震応答解析には、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画にて実績のある 3 次元 FEM モデルによる解析を適用する。
- (2) ボンベラック架台を構成する鋼材をはり要素としてモデル化した 3 次元 FEM モデルによる固有値解析を行い、固有振動数が 30Hz 以上である場合は最大床加速度の 1.2 倍を用いた静解析を、20Hz 以上 30Hz 未満である場合はスペクトルモーダル解析及び最大床加速度の 1.2 倍を用いた静解析を、20Hz 未満である場合はスペクトルモーダル解析を実施する。
- (3) 解析コードは、「MSC NASTRAN Ver.2008.0.4」を使用する。なお、評価に用いる解析コード「MSC NASTRAN Ver.2008.0.4」の検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。
- (4) 拘束条件として、ボンベラック架台は、基礎ボルト点を並進 3 方向固定として設定する。
- (5) 許容応力について JSME S NJ1-2012 の Part3 を用いて計算する際に、温度が図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。  
但し、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (7) ボンベ本体は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して転倒しないことを目的としたボンベラック架台に、固定ボルト及び固定板にて固定され収納される。  
ここで、ボンベ本体は高圧ガス適用品であり、一般的な圧力容器に比べ、高

い耐圧強度を有しかつコンパクトであることから、はるかに剛性が高いものであるため、解析上、剛構造として取り扱う。

- (8) ヘッドマニホールド及び減圧弁等の付属構成部品は、ポンベ及びポンベラック架台と一体となって振動するようボルト固定する等の設計上の配慮がなされているため、固定された拘束部位からは大きな荷重を受けることなく、有意な応力は生じない。
- (9) 各ポンベからヘッドマニホールドへの接続管は、接続を容易にするため余長を持たせており、地震時にはポンベとヘッドマニホールドの相対変位は微小であるため、地震時の変位を十分吸収できるものである。

### 3.3 設計用地震力

空気ポンベ（緊急時対策所用）の設計用地震力は、第 3-1 表に示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。

第 3-1 表 設計用地震力 空気ポンベ（緊急時対策所用）

設備名称	地震動	保管場所 (m)	設計用床応答曲線			備考
			建屋 及び高さ (m)	方向	(注) 減衰定数 (%)	
空気 ポンベ (緊急 時対策 所用)	基準 地震動 Ss	緊急時対策 棟屋外地下 エリア (加圧設備) EL.19.925 EL.15.0	緊急時対策 棟屋外地下 エリア (加圧設備) EL.19.925 EL.11.0	水平	1.0	水平方向は Ss -1~Ss-5 の X 方向及び Y 方向の包絡曲線 を用いる。 鉛直方向は Ss -1~Ss-5 の 包絡曲線を用い る。
				鉛直	1.0	

(注) 別添 3-1 の「4.2 ポンベ設備」に示す設計用減衰定数とする。

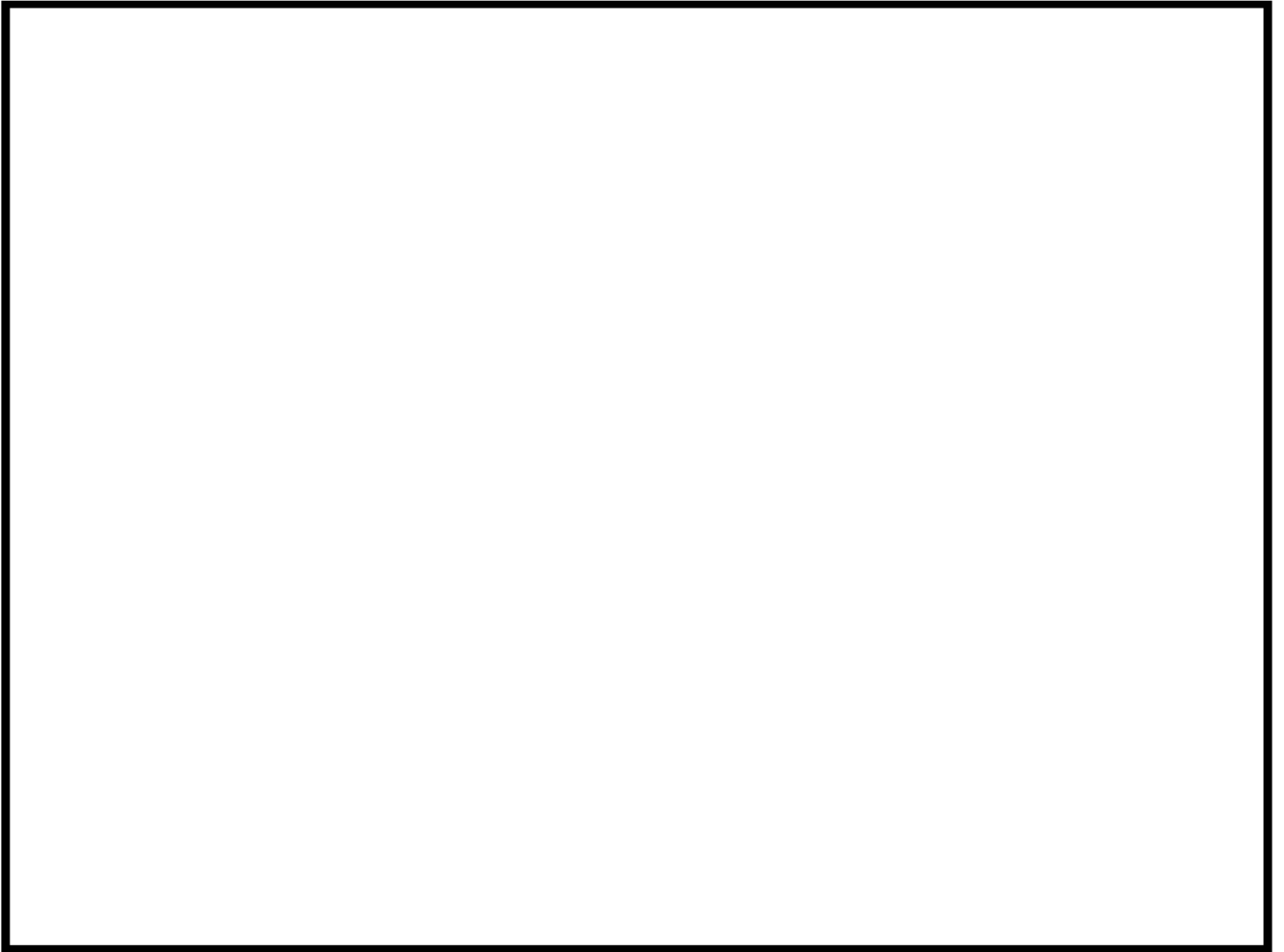
### 3.4 解析モデル及び諸元

空気ボンベ（緊急時対策所用）の解析モデルは、ボンベラック架台を構成する鋼材をはり要素として、以下のとおりモデル化した3次元FEMモデルである。

解析モデルを第3-1図に、外形図を第3-2図に、解析モデルの諸元を第3-2表に示す。

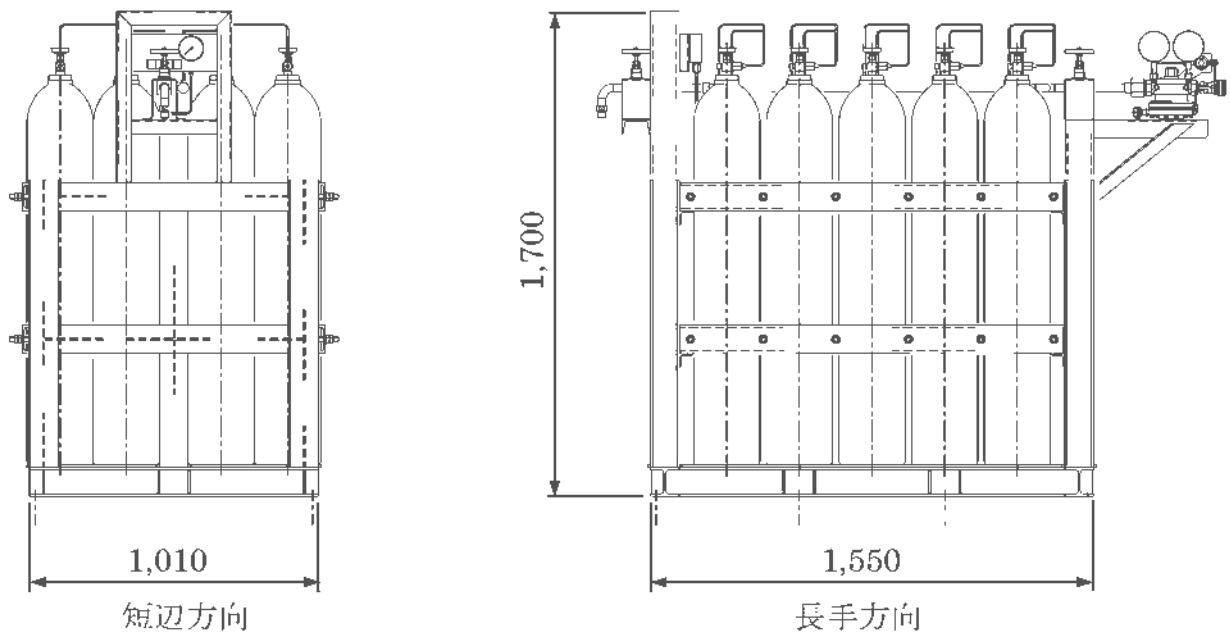
- a. 空気ボンベ（緊急時対策所用）は、固定ボルトにより前面及び背面の固定板で固定され、これらは形鋼の組合せにより構成された床支持方式のボンベラック架台に取り付けられ、ボンベラック架台は基礎ボルトで固定される。
- b. 空気ボンベ（緊急時対策所用）は、地震力を受けた際に、固定ボルトの軸方向の剛性がボンベラック架台と比べ高いことから、前面及び背面の固定板及び固定ボルトと一体で変位するものと考えられ、その際に生じる水平方向荷重はボンベラック架台、基礎ボルトへと荷重伝達される。
- c. 上記より評価対象部位は、空気ボンベ（緊急時対策所用）を支持するボンベラック架台及び基礎ボルトとする。
- d. 空気ボンベ（緊急時対策所用）は、前面及び背面の固定板と一体で変位することを模擬するため、空気ボンベ（緊急時対策所用）と前面及び背面の固定板は解析上水平2方向を剛接合とする。

この時、ボンベラック架台に作用する荷重は、空気ボンベ（緊急時対策所用）、前面及び背面の固定板と固定ボルトの合計質量に基づき算定されるため、評価対象部位に対し、保守的な地震荷重となる。



第 3-1 図 解析モデル概要図

(単位：mm)



第3-2図 空気ポンベ（緊急時対策所用）外形図

第3-2表 解析モデルの諸元（1/2）

項目	記号	単位	入力値
材料 <sup>(注)</sup>	—	—	SS400
温度条件	T	℃	40
縦弾性係数 <sup>(注)</sup>	E	MPa	201,200
ポアソン比	$\nu$	—	0.3
質量（ポンペ）	W	kg	63
質量（架台）	W	kg	770
ポンペ数	—	本	20
寸法	—	—	第3-2図
要素数	—	個	<input type="text"/>
節点数	—	個	<input type="text"/>

(注) 部位は①ポンペラック架台

第3-2表 解析モデルの諸元 (2/2)

部材	部材 番号	材料	諸元 (数値) (mm)	縦弾性係数 (MPa)	断面積 (mm <sup>2</sup> )	断面二次モーメント (mm <sup>4</sup> )		密度 (kg/mm <sup>3</sup> )
						強軸	弱軸	
ボンベ ラック 架台	①	SS400	H100×100×6×t8	201,200				
	②	SS400	C125×65×6×t8	201,200				
	③	SS400	C100×50×5×t7.5	201,200				
	④	SS400	C100×50×5×t7.5	201,200				
	⑤	SS400	C100×50×5×t7.5	201,200				
	⑥	SS400	C100×50×5×t7.5	201,200				
	⑦	SS400	C100×50×5×t7.5	201,200				
	⑧	SS400	C75×40×5×t7	201,200				
	⑨	SS400	L50×50×t6	201,200				
	⑩	SS400	L50×50×t6	201,200				
基礎ボルト	—	SS400	M16×10本	—				



### 3.5 固有値解析結果

空気ポンペ（緊急時対策所用）の固有値解析結果を第3-3表に、刺激係数を第3-4表に、振動モード図を第3-3図と第3-4図に示す。

第3-3表 固有値解析結果

設備名称	方 向	固有振動数 (Hz)	振動モード図
空気ポンペ (緊急時対策所用)	長手方向	27.6	第3-3図
	短辺方向	26.4	第3-4図

第3-4表 刺激係数

設備名称	方 向	固有振動数 (Hz)	刺激係数		
			長手方向	短辺方向	鉛直方向
空気ポンペ (緊急時対策所用)	長手方向	27.6	1.14	0.22	0.002
	短辺方向	26.4	0.17	1.26	0.003



第3-3図 長手方向 振動モード図  
空気ポンベ（緊急時対策所用）



第3-4図 短辺方向 振動モード図  
空気ポンベ（緊急時対策所用）

## 4. 構造強度評価

### 4.1 基本方針

空気ボンベ（緊急時対策所用）は、別添 3-1 の「2.2.2(1) 構造強度評価」にて設定した評価方針に従い、構造強度評価を実施する。

空気ボンベ（緊急時対策所用）の構造強度評価は、「4.2 評価対象部位」に示す評価対象部位が、「4.3 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せに対し、「4.4 許容限界」に示す許容限界を満足することを、「4.5 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 4.2 評価対象部位

空気ボンベ（緊急時対策所用）の評価対象部位は、別添 3-1 の「3.2 許容限界」にて設定したとおり、評価対象部位である架台及び基礎ボルトとする。

空気ボンベ（緊急時対策所用）の評価対象部位については、第 2-1 図に示す。

### 4.3 荷重及び荷重の組合せ

構造強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、別添 3-1 の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」にて設定した荷重及び荷重の組合せを用いる。

#### 4.3.1 荷重の種類

構造強度評価に用いる荷重は、以下の荷重を用いる。

##### (1) 死荷重 (D)

死荷重は、空気ボンベ（緊急時対策所用）の自重とする。

##### (2) 地震荷重 (Ss)

地震荷重は、基準地震動 Ss による地震力とする。

#### 4.3.2 荷重の組合せ

構造強度評価に用いる荷重の組合せは、空気ポンベ（緊急時対策所用）の評価対象部位ごとに設定する。荷重の組合せ及び許容応力状態を第 4-1 表に示す。

第 4-1 表 荷重の組合せ及び許容応力状態

設備名称	評価対象部位	許容応力状態	荷重の組合せ
空気ポンベ (緊急時対策所用)	架 台	IV <sub>AS</sub>	D+S <sub>s</sub>
	基礎ボルト	IV <sub>AS</sub>	D+S <sub>s</sub>

#### 4.4 許容限界

空気ポンベ（緊急時対策所用）の許容限界は、「4.2 評価対象部位」にて設定した評価対象部位の機能損傷モードを考慮し、別添 3-1 の「3.2 許容限界」にて設定した許容限界に従い、許容応力状態  $IV_{AS}$  の許容応力とする。

評価対象部位の許容限界を第 4-2 表及び第 4-3 表に示す。

第 4-2 表 架台の許容限界

評価対象部位	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許容限界 <sup>(注1)(注2)</sup>	
			一次応力	
			組合せ	
架台	D+Ss	$IV_{AS}$	1.5 $f_t^*$	

(注 1)  $f_t^*$  : JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(1)a 本文中  $S_y$  及び  $S_y(RT)$  を 1.2 $S_y$  及び 1.2 $S_y(RT)$  と読み替えて算出した値 (JSME S NC1-2012 SSB-3121.3)。

但し、 $S_y$  及び 0.7 $S_u$  のいずれか小さい方の値とする。

(注 2) JEAG4601・補-1984 の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

第 4-3 表 基礎ボルトの許容限界

評価対象部位	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許容限界 <sup>(注1)(注2)</sup>	
			一次応力	
			引張 <sup>(注3)</sup>	せん断 <sup>(注3)</sup>
基礎ボルト	D+Ss	$IV_{AS}$	1.5 $f_t^*$	1.5 $f_s^*$

(注 1)  $f_t^*$ ,  $f_s^*$  : JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(1)a 本文中  $S_y$  及び  $S_y(RT)$  を 1.2 $S_y$  及び 1.2 $S_y(RT)$  と読み替えて算出した値 (JSME S NC1-2012 SSB-3133)。

但し、 $S_y$  及び 0.7 $S_u$  のいずれか小さい方の値とする。

(注 2) JEAG4601・補-1984 の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

(注 3) ボルトにせん断力が作用する場合、組合せ評価を実施する。その際の許容応力値は、JSME S NC1-2012 SSB-3133 に基づき、 $\text{Min} (1.4(1.5f_t^*) - 1.6\tau_s, 1.5f_t^*)$  とする。

## 4.5 評価方法

空気ポンベ（緊急時対策所用）の構造強度評価は、別添 3-1 の「4.2(2) 構造強度評価」にて設定した空気ポンベ（緊急時対策所用）の評価式により評価対象部位の発生応力を計算し、許容応力以下となることを確認する。

### 4.5.1 評価に使用する記号の説明

構造強度評価に使用する記号を第 4-4 表に示す。

第 4-4 表 構造強度評価に使用する記号

記号	単位	定義
$\sigma_a$	MPa	はり要素の軸応力
$\sigma_b$	MPa	はり要素の曲げ応力
$\tau$	MPa	はり要素のせん断応力
$F_{bt}$	N	基礎ボルトの引張力
$F_{bs}$	N	基礎ボルトのせん断力
$A_b$	mm <sup>2</sup>	基礎ボルトの断面積
$\sigma$	MPa	はり要素の組合せ応力
$\sigma_t$	MPa	ボルトの引張応力
$\tau_s$	MPa	ボルトのせん断応力

### 4.5.2 架台

架台の組合せ応力を以下のとおり計算する。

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_a + \sigma_b)^2 + 3\tau^2}$$

### 4.5.3 基礎ボルト

ボルトの応力を以下のとおり計算する。

・引張応力

$$\sigma_t = \frac{F_{bt}}{A_b}$$

・せん断応力

$$\tau_s = \frac{F_{bs}}{A_b}$$

ここで、基礎ボルトの各記号の諸元は下表のとおり。

設備名称	$F_{bt}$ (N)	$F_{bs}$ (N)	$A_b$ ( $mm^2$ )
空気ポンベ（緊急時対策所用） （基礎ボルト）	$8.12 \times 10^3$	$7.57 \times 10^3$	

## 5. 波及的影響評価

### 5.1 基本方針

空気ボンベ（緊急時対策所用）は、別添 3-1 の「2.2.2(2) 波及的影響評価」にて設定した評価方針に従い、波及的影響評価を実施する。

空気ボンベ（緊急時対策所用）の波及的影響評価は、「4.2 評価対象部位」に示す評価対象部位が、「4.3 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せに対し「5.2 許容限界」に示す許容限界を満足することを、「5.3 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 5.2 許容限界

空気ボンベ（緊急時対策所用）の許容限界は、「4.2 評価対象部位」にて設定した評価対象部位の機能損傷モードを考慮し、別添 3-1 の「3.2 許容限界」にて設定した許容限界に従い、許容応力状態 IV<sub>AS</sub> の許容応力とする。

各評価対象部位の許容限界を第 4-2 表及び第 4-3 表に示す。

### 5.3 評価方法

空気ボンベ（緊急時対策所用）の波及的影響評価は、別添 3-1 の「4.2(3) 波及的影響評価」にて設定した空気ボンベ（緊急時対策所用）の評価方法により評価対象部位の発生応力を計算し、許容応力以下となることを確認する。



## 6. 評価条件

「4. 構造強度評価」及び「5. 波及的影響評価」に用いる評価条件を第 6-1 表から第 6-3 表に示す。

第 6-1 表 空気ポンベ（緊急時対策所用）の許容応力評価条件

材 料	評価温度 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F* (MPa)
SS400(t≤16) ①ポンベラック架台	最高使用温度	40	245	400	280
SS400(t≤16) ②基礎ボルト	雰囲気温度	40	245	400	280
記号の定義 S <sub>y</sub> : 設計降伏点 JSME S NJ1-2012 の Part3 表 6 に規定される値 S <sub>u</sub> : 設計引張強さ JSME S NJ1-2012 の Part3 表 7 に規定される値 F* : JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(1)により規定される値					

第6-2表 架台の評価条件

設備名称	評価部位	材 料
空気ポンベ（緊急時対策所用）	①ポンベラック架台	SS400

第6-3表 基礎ボルトの評価条件

設備名称	評価部位	材 料	ボルト呼び径 (mm)
空気ポンベ（緊急時対策所用）	②基礎ボルト	SS400	16

## 7. 評価結果

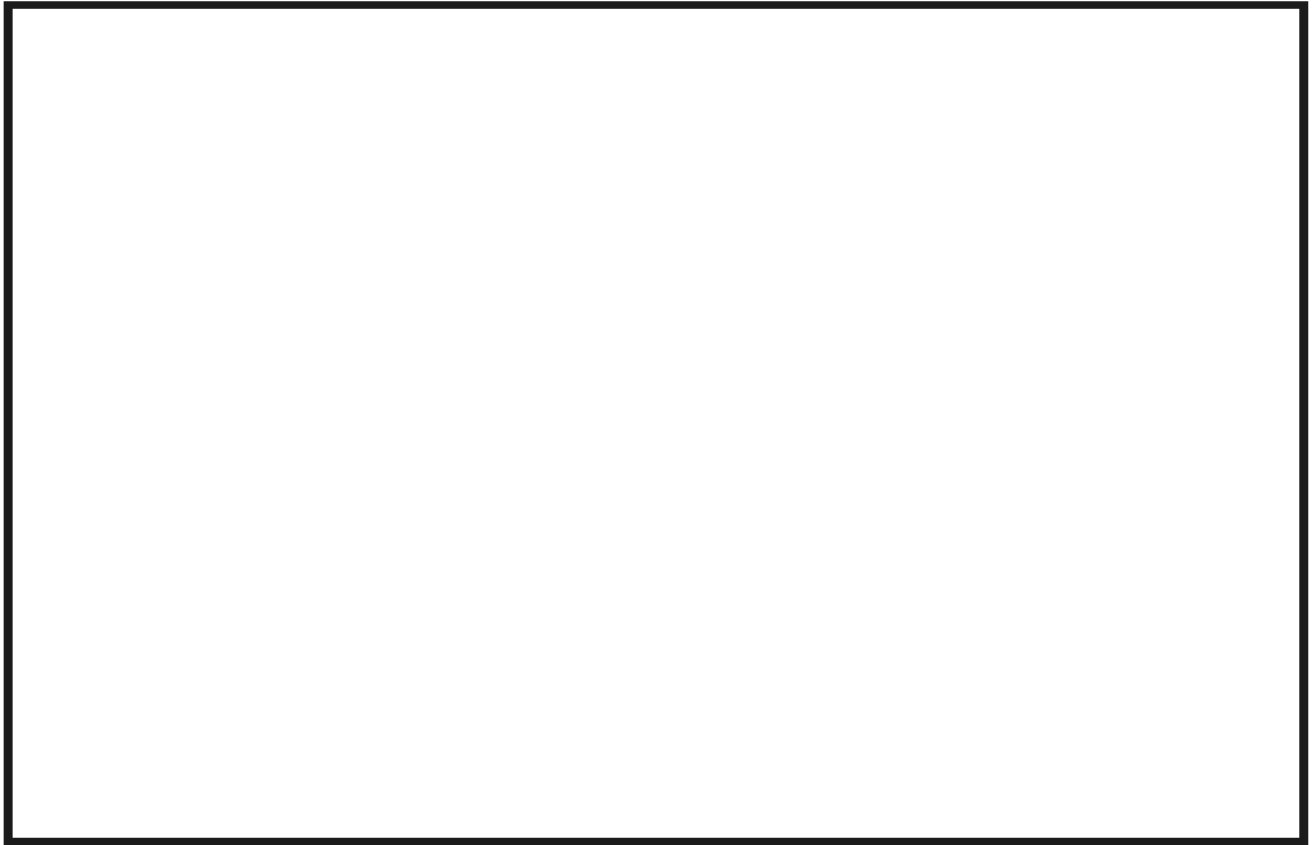
空気ボンベ（緊急時対策所用）の基準地震動 $S_s$ による地震力に対する評価結果を第7-1表に示す。また、最大応力発生箇所を第7-1図に示す。

ボンベラック架台及び基礎ボルトの発生応力は許容応力以下である。

したがって、空気ボンベ（緊急時対策所用）は、地震後において、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、空気の供給機能を保持するために、耐震性を有すること及び波及的影響を及ぼさないことを確認した。

第7-1表 基準地震動 $S_s$ による地震力に対する評価結果

設備名称	評価部位	応力分類	発生値 (MPa)	許容応力 (MPa)
空気ボンベ (緊急時対策所用)	①ボンベラック架台	組合せ応力	195	279
		引張応力	52	279
	②基礎ボルト	せん断応力	49	160
		組合せ応力	52	279



第 7-1 図 空気ポンベ（緊急時対策所用）の最大応力発生箇所

可搬型重大事故等対処設備のうち  
その他設備の耐震計算書

# 目 次

頁

1. 概 要 .....	12 (3) - 別添 3 - 5 - 1
2. 基本方針 .....	12 (3) - 別添 3 - 5 - 1
2.1 配 置 .....	12 (3) - 別添 3 - 5 - 1
2.2 構造概要 .....	12 (3) - 別添 3 - 5 - 3
2.3 評価方針 .....	12 (3) - 別添 3 - 5 - 9
2.4 適用規格 .....	12 (3) - 別添 3 - 5 - 11
3. 加振試験 .....	12 (3) - 別添 3 - 5 - 12
3.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 3 - 5 - 12
3.2 入力地震動 .....	12 (3) - 別添 3 - 5 - 12
4. 転倒評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 5 - 13
4.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 3 - 5 - 13
4.2 評価対象部位 .....	12 (3) - 別添 3 - 5 - 13
4.3 許容限界 .....	12 (3) - 別添 3 - 5 - 13
4.4 評価方法 .....	12 (3) - 別添 3 - 5 - 14
5. 機能維持評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 5 - 15
5.1 基本方針 .....	12 (3) - 別添 3 - 5 - 15
5.2 評価対象部位 .....	12 (3) - 別添 3 - 5 - 15
5.3 許容限界 .....	12 (3) - 別添 3 - 5 - 15
5.4 評価方法 .....	12 (3) - 別添 3 - 5 - 15
6. 波及の影響評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 5 - 16
7. 評価条件 .....	12 (3) - 別添 3 - 5 - 17
7.1 転倒評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 5 - 17
7.2 機能維持評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 5 - 17
7.3 波及の影響評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 5 - 18

8. 評估結果 .....	12 (3) - 別添 3 - 5 - 19
8.1 転倒評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 5 - 19
8.2 機能維持評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 5 - 19
8.3 波及の影響評価 .....	12 (3) - 別添 3 - 5 - 19

## 1. 概 要

本資料は、別添 3-1「可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針」（以下「別添 3-1」という。）に示すとおり、可搬型重大事故等対処設備のうちその他設備が、地震後において、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、計測等の機能を保持するために、耐震性を確認するとともに、当該設備のすべり及び浮上がりによる波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認するものである。

## 2. 基本方針

別添 3-1 の「2. 耐震評価の基本方針」に示す基本方針のとおり、その他設備の「2.1 配置」及び「2.2 構造概要」を示す。

### 2.1 配 置

その他設備は、別添 3-1 の「2.1 評価対象設備」のうち構造計画に示すとおり、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、耐震性を有する第 2-1 表に示す設備保管場所に保管している。



第2-1表 設備リスト

保管状態	設備保管場所	設備名称
収納箱拘束保管	緊急時対策棟 EL.25.30m	原子炉補機冷却水サージタンク圧力(SA)
		可搬型温度計測装置（格納容器再循環ユニット 入口温度／出口温度（SA）用）
		可搬型エリアモニタ
		酸素濃度計
		二酸化炭素濃度計
キャビネット保管	緊急時対策棟 EL.25.30m	携帯型通話設備
		衛星携帯電話設備
		無線連絡設備
		緊急時対策所エリアモニタ
		電離箱サーベイメータ
		NaI シンチレーションサーベイメータ
		GM 汚染サーベイメータ
ZnS シンチレーションサーベイメータ		
支持フレーム拘束保管	緊急時対策棟 EL.25.30m	可搬型モニタリングポスト
本体拘束保管	緊急時対策棟 EL.25.30m	可搬型モニタリングポスト

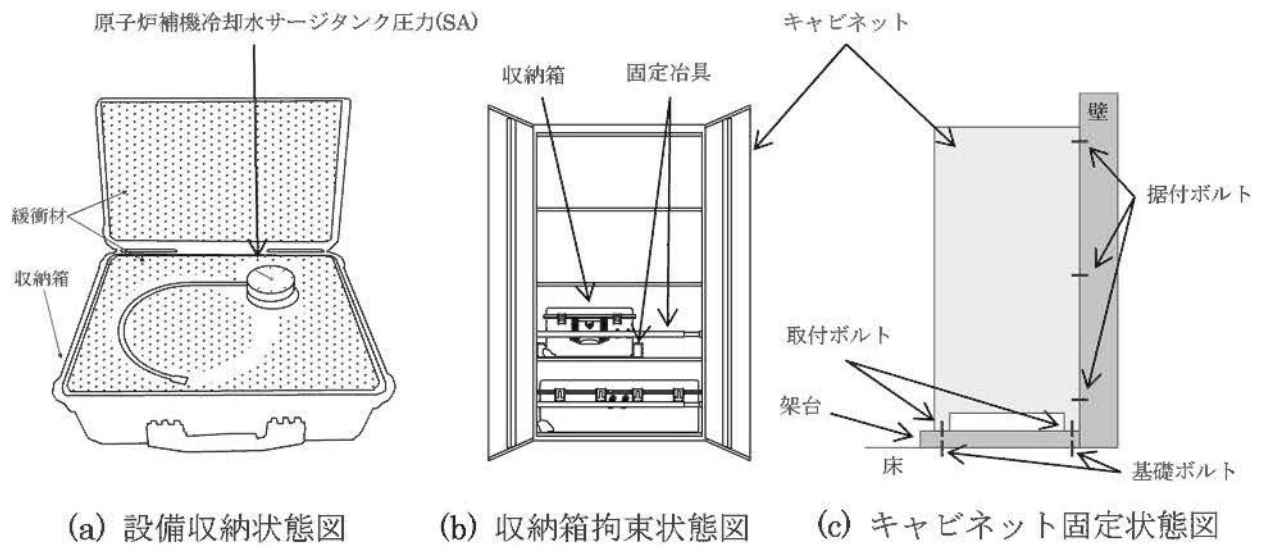
## 2.2 構造概要

その他設備の構造は、別添 3-1 の「2.1 評価対象設備」に示す構造計画としており、その他設備の構造計画の代表例を第 2-2 表から第 2-4 表に、保管状態図を第 2-1 図から第 2-5 図に示す。

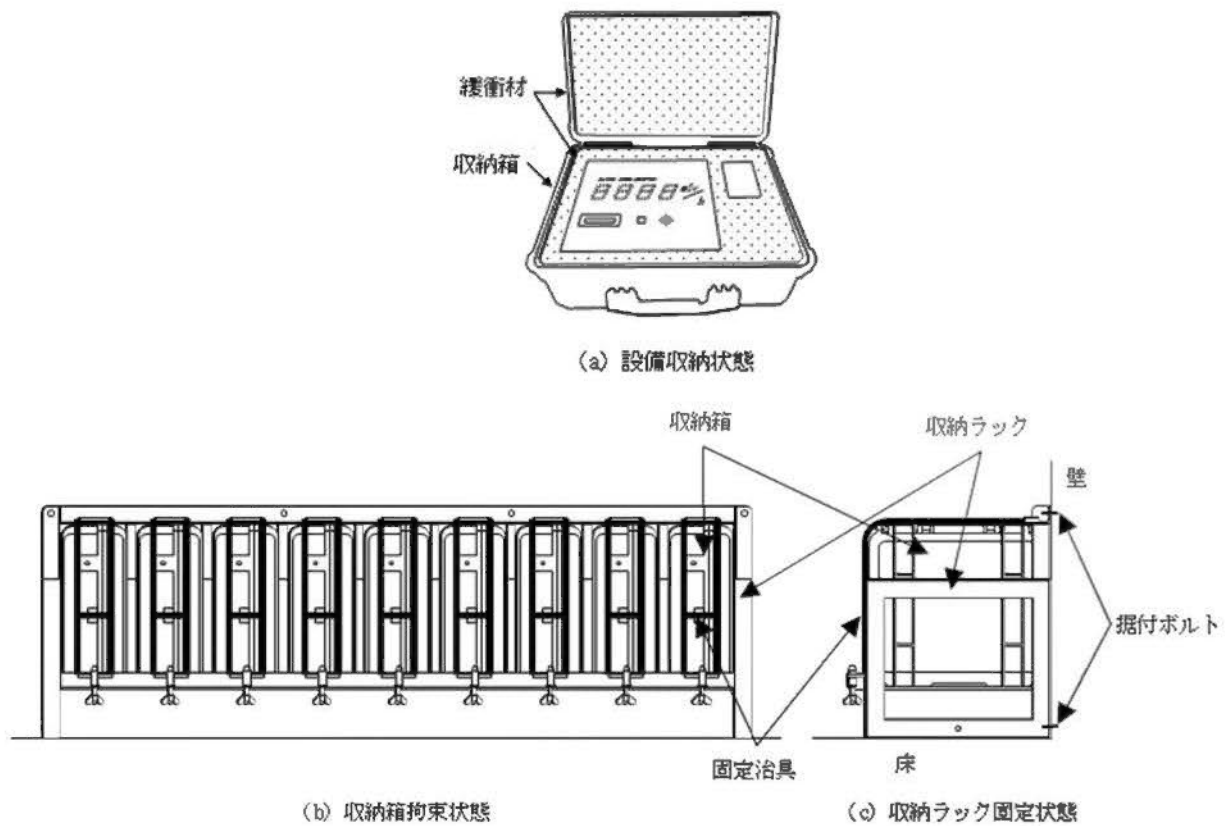
第 2-2 表 構造計画 収納箱拘束保管

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
原子炉補機冷却水サージタンク圧力(SA) <sup>(注)</sup>	原子炉補機冷却水サージタンク圧力(SA)及びそれを収納する収納箱並びに収納箱を収納するキャビネットで構成する。	収納箱はキャビネットに収納し、固定治具により拘束して保管する。 また、キャビネットは壁に据付ボルトで据え付けるとともに、架台に取付ボルトで固定し、架台は床に基礎ボルトで据え付ける。	第 2-1 図に代表例として原子炉補機冷却水サージタンク圧力(SA)の保管状態を示す。
可搬型エリアモニタ <sup>(注)</sup>	可搬型エリアモニタ及びそれを収納する収納箱並びに収納箱を収納するキャビネットで構成する。	収納箱は収納ラックに収納し、固定治具により拘束して保管する。 また、収納ラックは壁に据付ボルトで据え付ける。	第 2-2 図に代表例として可搬型エリアモニタの保管状態を示す。

(注) その他の設備は、第 2-1 表「設備リスト」参照。



第 2-1 図 原子炉補機冷却水サージタンク圧力(SA)保管状態図

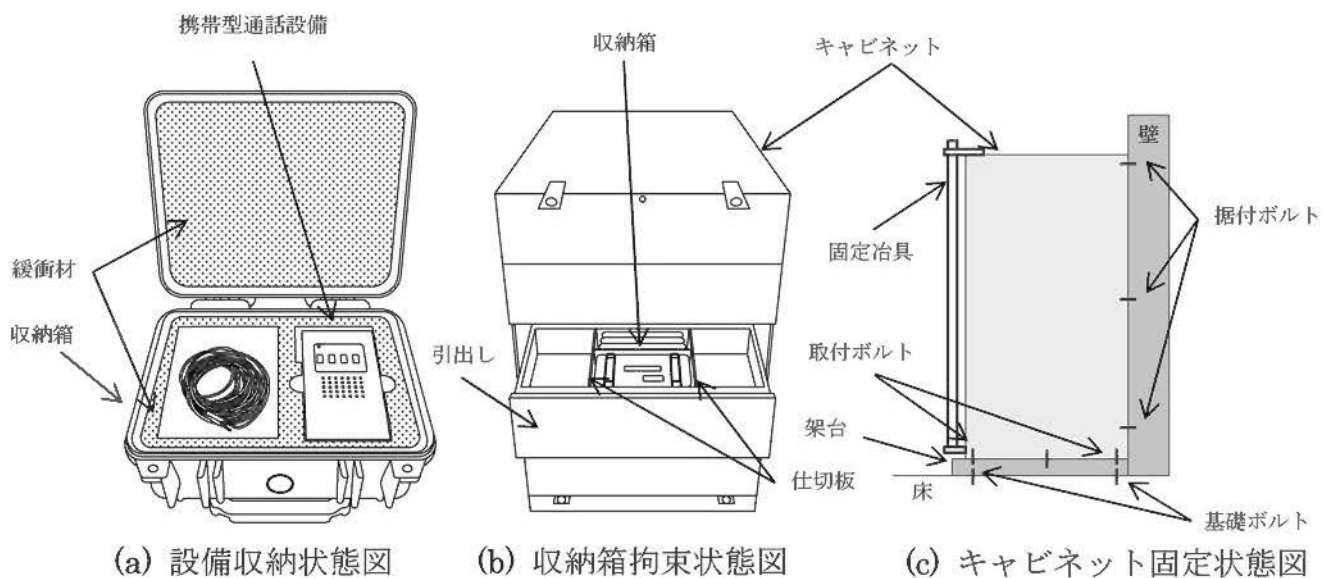


第 2-2 図 可搬型エリアモニタ保管状態図

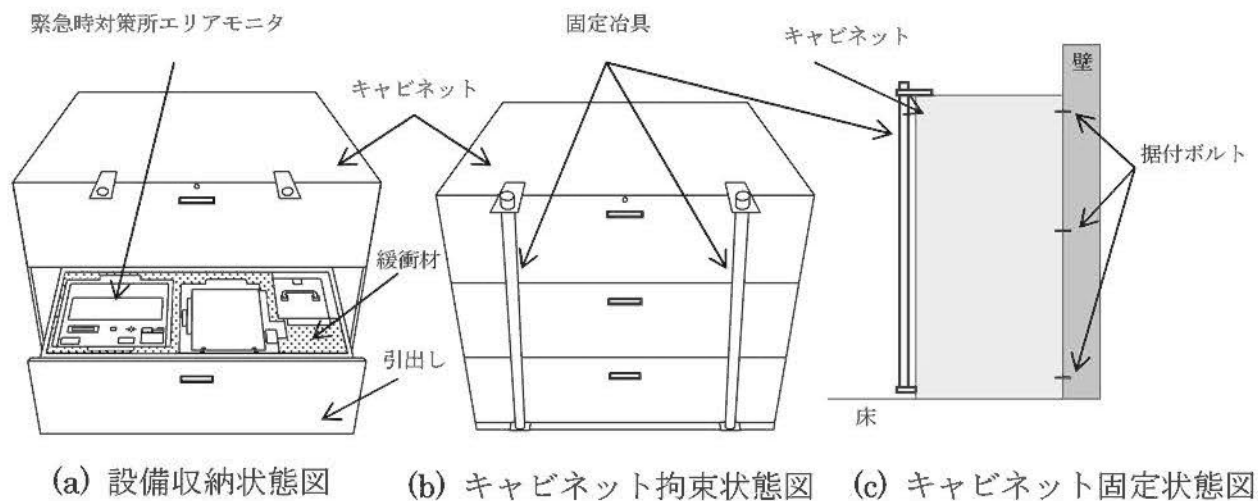
第 2-3 表 構造計画 キャビネット保管

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
携帯型通話設備 <sup>(注)</sup>	携帯型通話設備及びそれを収納する収納箱並びに収納箱を収納するキャビネット構成する。	収納箱はキャビネットの引出しに収納し、仕切板により拘束するとともに、引出しを固定治具により拘束して保管する。 また、キャビネットは壁に据付ボルトで据え付けるとともに、架台に取付ボルトで固定し、架台は床に基礎ボルトで据え付ける。	第 2-3 図に代表例として携帯型通話設備の保管状態を示す。
緊急時対策所エリアモニタ <sup>(注)</sup>	緊急時対策所エリアモニタ及びそれを収納するキャビネット構成する。	緊急時対策所エリアモニタはキャビネットの引出しに収納するとともに、引出しを固定治具により拘束して保管する。 また、キャビネットは壁に据付ボルトで据え付ける。	第 2-4 図に代表例として緊急時対策所エリアモニタの保管状態を示す。

(注) その他の設備は、第 2-1 表「設備リスト」参照。



第 2-3 図 携帯型通話設備保管状態図

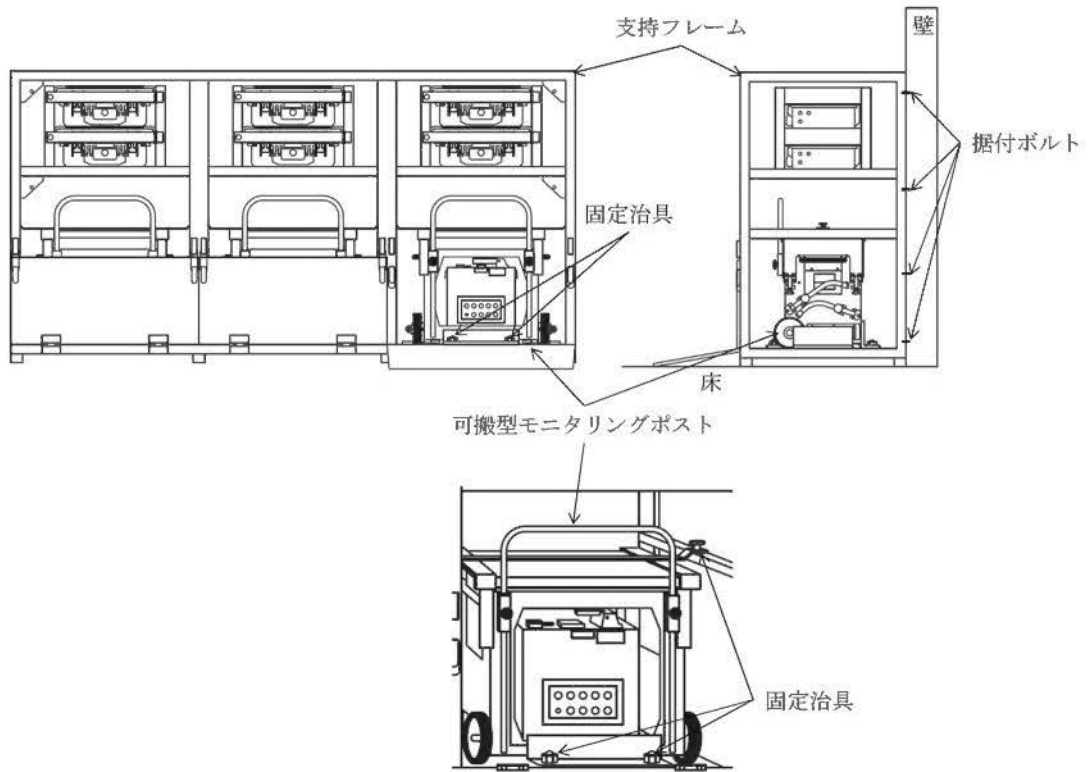


第 2-4 図 緊急時対策所エリアモニタ保管状態図

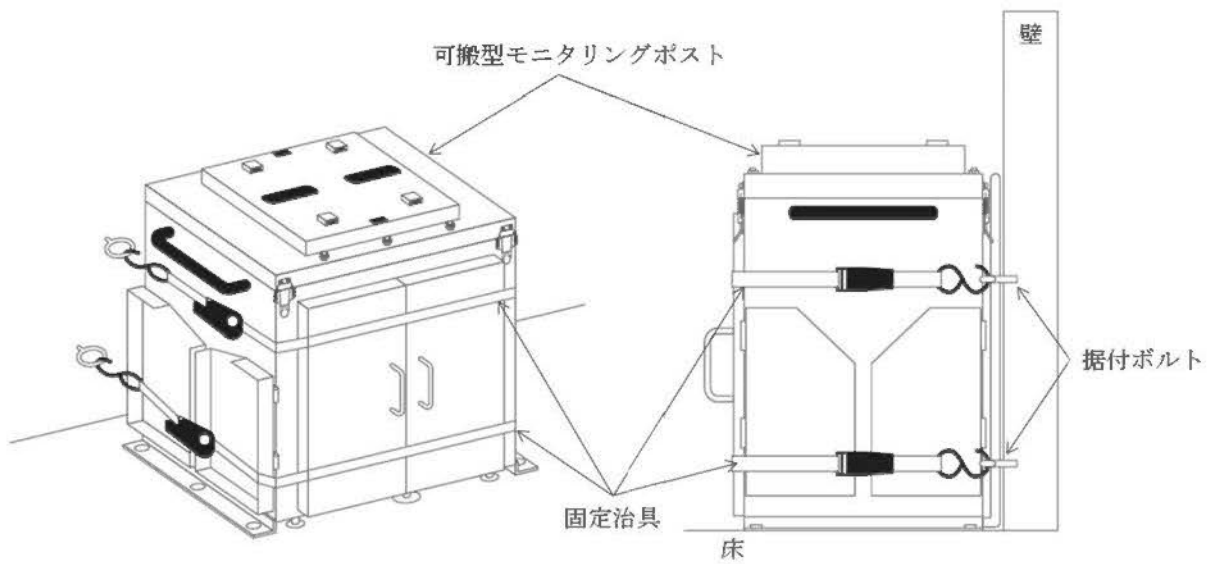
第 2-4 表 構造計画 支持フレーム拘束保管

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
可搬型モニタリングポスト <sup>(注)</sup>	可搬型モニタリングポスト及びそれを支持する支持フレームで構成する。	可搬型モニタリングポストは支持フレームに固定治具により拘束して保管する。 また、支持フレームは壁に据付ボルトで据え付ける。	第 2-5 図に代表例として可搬型モニタリングポストの保管状態を示す。
	可搬型モニタリングポストで構成する。	可搬型モニタリングポストは固定治具により拘束して保管する。 また、固定治具は壁に据付ボルトで据え付ける。	第 2-6 図に代表例として可搬型モニタリングポストの保管状態を示す。

(注) その他の設備は、第 2-1 表「設備リスト」参照。



第 2-5 図 可搬型モニタリングポスト保管状態図



第 2-6 図 可搬型モニタリングポスト保管状態図

## 2.3 評価方針

その他設備は転倒することによって設備の機能が失われるおそれがあることから、耐震性を有する建屋内の保管場所の壁又は床に据え付けたキャビネット及び支持フレームに固定治具等にて拘束して保管することで転倒を防ぎ、機器全体として重大事故等に対処するための機能が喪失することを防止している。

そのため、キャビネット、支持フレーム、固定治具等が健全であり転倒しないことを転倒評価にて確認する。

なお、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して、設備の変形及び損傷等により、地震後において重大事故等に対処するための機能が損なわれないことを機能維持評価にて確認する。

また、地震による当該設備のすべり及び浮上がりによる波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを波及的影響評価にて確認する。

その他設備の耐震評価の手順は、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の実績に基づき、実施する。

その他設備の耐震計算フローを第 2-6 図に示す。

### 2.3.1 転倒評価

その他設備は、別添 3-1 の「2.2.3(1) 転倒評価」にて設定した転倒評価の方針に従い、転倒評価を実施する。

その他設備の転倒評価は、「4. 転倒評価」に示す方法により、「7. 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、「8. 評価結果」において、その他設備の対象設備の保管場所における最大床加速度が、加振試験によりキャビネット、支持フレーム、固定治具等が健全であり転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

### 2.3.2 機能維持評価

その他設備は、別添 3-1 の「2.2.3(2) 機能維持評価」にて設定した機能維持評価の方針に従い、動的及び電氣的機能維持評価を実施する。

その他設備の動的及び電氣的機能維持評価は、「5. 機能維持評価」に示す方法により、「7. 評価条件」に示す評価条件を用い、「8. 評価結果」において、その他設備の対象設備の保管場所における最大床加速度が、加振試験により計測機能等の動的及び電氣的機能並びにキャビネット、支持フレーム、固定治具等の支持機能を保持できることを確認した加振台の最大加速度以下

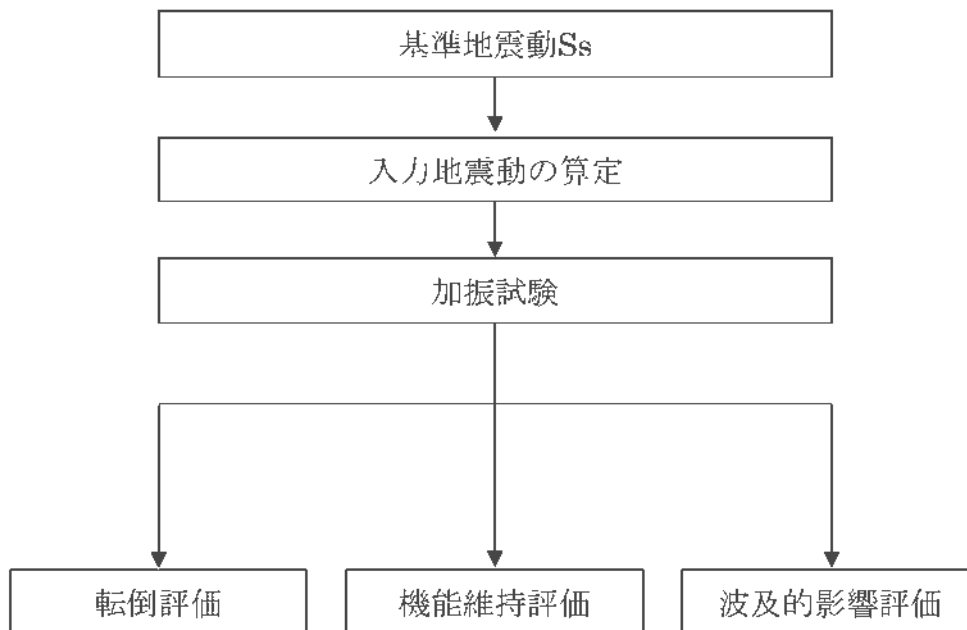


であることにより確認する。

### 2.3.3 波及的影響評価

その他設備は、別添 3-1 の「2.2.3(3) 波及的影響評価」にて設定した波及的影響評価の方針に従い、波及的影響評価を実施する。

その他設備の波及的影響評価は、「6. 波及的影響評価」に示す方法により、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、拘束を実施することで、波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを、保管場所における最大床加速度が、加振試験によりキャビネット、支持フレーム、固定治具等が健全であり転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。



第 2-6 図 その他設備の耐震計算フロー

## 2.4 適用規格

適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601 1987) (社) 日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編」(JEAG 4601・補-1984) (社) 日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991 追補版) (社) 日本電気協会

### 3. 加振試験

#### 3.1 基本方針

その他設備は、別添 3-1 の「4.3(1) 加振試験」にて設定した基本方針に従い、加振試験を実施する。

その他設備の加振試験は、「3.2 入力地震動」に示す入力地震動を用いて、「4. 転倒評価」及び「5. 機能維持評価」に示す方法により転倒評価及び機能維持評価を行う。

#### 3.2 入力地震動

入力地震動は、各保管場所の  $S_s-1$  から  $S_s-5$  の地震動を用いて、資料 12-7 「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき作成する設計用床応答曲線を各対象設備の固有値帯において包絡し、かつ全体としておおむね包絡するよう作成したランダム波とする。

加振試験の入力地震動は、すべての保管場所における入力地震動を各対象設備の固有値帯において包絡し、かつ全体としておおむね包絡するよう設定する。

## 4. 転倒評価

### 4.1 基本方針

その他設備は、別添 3-1 の「2.2.3(1) 転倒評価」にて設定した評価方針に従い、転倒評価を実施する。

その他設備の転倒評価は、「4.2 評価対象部位」に示す評価対象部位の保管場所における最大床加速度が、「4.3 許容限界」に示す許容限界を満足することを、「4.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 4.2 評価対象部位

その他設備の評価対象部位は、別添 3-1 の「2.2.3(1) 転倒評価」にて設定したとおり、キャビネット、支持フレーム、固定治具等が健全であり地震後に転倒していないことが要求される機器全体とする。

### 4.3 許容限界

その他設備の許容限界は、「4.2 評価対象部位」にて設定した対象設備の保管場所における最大床加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることとする。

## 4.4 評価方法

### 4.4.1 試験方法

実際の設置状態を模擬した状態で試験台に設置し、「3.2 入力地震動」に示すランダム波を入力地震動として加振試験を行い、試験後にキャビネット、支持フレーム、固定治具等が健全であり、機器全体が転倒していないことを確認する。

また、加振試験は水平方向と鉛直方向の同時入力にて行う。

加振試験の入力地震動は、以下の条件にて第 7-1 表に示す各対象設備の全ての保管場所における設計用床応答曲線を各対象設備の固有値帯において包絡し、かつ全体としておおむね包絡するように設定する。

- ・ 加 振 波： 対象設備の保管場所における設置床に相当する時刻歴応答加速度を床応答曲線に変換し、地盤物性等のばらつき等を考慮し±10%拡幅処理したものを各対象設備の固有値帯において包絡し、かつ全体としておおむね包絡するよう作成したランダム波
- ・ 加振方向： 水平（前後）＋水平（左右）＋鉛直

### 4.4.2 評価方法

保管場所における最大床加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることを確認する。

保管場所における最大床加速度と加振台の最大加速度との比較においては、水平方向と鉛直方向の比較結果がそれぞれ許容限界以下であることを確認する。

## 5. 機能維持評価

### 5.1 基本方針

その他設備は、別添 3-1 の「2.2.3(2) 機能維持評価」にて設定した評価方針に従い、機能維持評価を実施する。

その他設備の機能維持評価は、「5.2 評価対象部位」に示す評価対象部位の保管場所における最大床加速度が、「5.3 許容限界」に示す許容限界を満足することを、「5.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 5.2 評価対象部位

その他の評価対象部位は、別添 3-1 の「2.2.3(2) 機能維持評価」にて設定したとおり、地震後に計測機能等の動的及び電氣的機能並びにキャビネット、支持フレーム、固定治具等の支持機能を保持できることを要求される機器全体とする。

### 5.3 許容限界

その他設備の許容限界は、「5.2 評価対象部位」にて設定した対象設備の保管場所における最大床加速度が、加振試験により機能維持を確認した加振台の最大加速度以下であることとする。

### 5.4 評価方法

#### 5.4.1 試験方法

「4.4.1 試験方法」と同じ。

#### 5.4.2 評価方法

「4.4.2 評価方法」に加え、試験後に機能維持確認を行い、計測機能等の動的及び電氣的機能並びにキャビネット、支持フレーム、固定治具等の支持機能を保持できることを確認する。

## 6. 波及的影響評価

その他設備は、別添 3-1 の「2.2.3(3) 波及的影響評価」にて設定した評価方針に従い、波及的影響評価を実施する。その他設備は、耐震性を有する建屋内の保管場所の壁又は床に据え付けたキャビネット及び支持フレームに固定治具等にて拘束して保管することで、波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認することから、「4. 転倒評価」に示す方法と同じ評価を行う。

## 7. 評価条件

### 7.1 転倒評価

保管場所における最大床加速度を第 7-1 表に示す。

第 7-1 表 保管場所における設置床又は地表面の最大加速度

設備保管場所	加振方向	最大床加速度( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )
		Ss-1~Ss-5 の包絡
緊急時対策棟 EL.30.75m	水平	1.21
	鉛直	0.70

### 7.2 機能維持評価

#### (1) 加振試験

加振試験は、「7.1 転倒評価」の評価条件に基づき実施する。

#### (2) 機能維持評価

機能維持評価方法を第 7-2 表に示す。



第7-2表 機能維持評価方法

設備名称	機能維持確認項目
原子炉補機冷却水サージタンク圧力(SA)	圧力が測定可能なこと
可搬型温度計測装置（格納容器再循環ユニット 入口温度/出口温度（SA）用）	温度が測定可能なこと
携帯型通話設備	発信・着信ができ通話可能なこと
衛星携帯電話設備	
無線連絡設備	
緊急時対策所エリアモニタ	放射線量が測定可能なこと
可搬型モニタリングポスト	
可搬型エリアモニタ	
電離箱サーベイメータ	
NaI シンチレーションサーベイメータ	放射性物質濃度が測定可能なこと
GM 汚染サーベイメータ	
ZnS シンチレーションサーベイメータ	
酸素濃度計	酸素濃度が測定可能なこと
二酸化炭素濃度計	二酸化炭素濃度が測定可能なこと

### 7.3 波及的影響評価

その他設備の波及的影響評価の評価条件は「7.1 転倒評価」と同じ。

## 8. 評価結果

### 8.1 転倒評価

対象設備の保管場所における最大床加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることを確認した。基準地震動  $S_s$  による地震力に対する評価結果を第 8-1 表に示す。

### 8.2 機能維持評価

対象設備の保管場所における最大床加速度が、加振試験により計測機能等の動的及び電氣的機能並びにキャビネット、支持フレーム、固定治具等の支持機能を保持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることを確認した。基準地震動  $S_s$  による地震力に対する評価結果を第 8-1 表に示す。

### 8.3 波及的影響評価

対象設備の保管場所における最大床加速度が、加振試験によりキャビネット、支持フレーム、固定治具等の支持機能を保持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることを確認した。

基準地震動  $S_s$  による地震力に対する評価結果を第 8-1 表に示す。

第8-1表 基準地震動 Ss による地震力に対する評価結果 (1/3)

設備名称	加振方向	最大床加速度と加振台の最大加速度の比較		転倒評価	機能維持評価	波及的影響評価
		最大床加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	加振台の最大加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )			
原子炉補機冷却水サージタンク圧力(SA)	水平	1.21	2.60	○	○	○
	鉛直	0.70	1.24			
可搬型温度計測装置 (格納容器再循環ユニット 入口温度/出口温度 (SA) 用)	水平	1.21	2.60	○	○	○
	鉛直	0.70	1.24			
携帯型通話設備	水平	1.21	2.35	○	○	○
	鉛直	0.70	1.42			
衛星携帯電話設備	水平	1.21	2.29	○	○	○
	鉛直	0.70	1.24			
無線連絡設備	水平	1.21	2.53	○	○	○
	鉛直	0.70	1.60			

第8-1表 基準地震動 Ss による地震力に対する評価結果 (2/3)

設備名称	加振方向	最大床加速度と 加振台の最大加速度の比較		転倒 評価	機能 維持 評価	波及的 影響 評価
		最大床加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	加振台の 最大加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )			
緊急時対策所エリアモニタ	水平	1.21	2.29	○	○	○
	鉛直	0.70	1.24			
可搬型モニタリングポスト	水平	1.21	1.74	○	○	○
	鉛直	0.70	1.26			
可搬型エリアモニタ	水平	1.21	2.30	○	○	○
	鉛直	0.70	1.26			
電離箱サーベイメータ	水平	1.21	2.29	○	○	○
	鉛直	0.70	1.24			
NaI シンチレーションサーベイメータ	水平	1.21	2.29	○	○	○
	鉛直	0.70	1.24			
GM 汚染サーベイメータ	水平	1.21	2.29	○	○	○
	鉛直	0.70	1.24			
ZnS シンチレーションサーベイメータ	水平	1.21	2.29	○	○	○
	鉛直	0.70	1.24			

第 8-1 表 基準地震動 S<sub>s</sub> による地震力に対する評価結果 (3/3)

設備名称	加振方向	最大床加速度と 加振台の最大加速度の比較		転倒 評価	機能 維持 評価	波及的 影響 評価
		最大床加速度 (×9.8m/s <sup>2</sup> )	加振台の 最大加速度 (×9.8m/s <sup>2</sup> )			
酸素濃度計	水平	1.21	2.60	○	○	○
	鉛直	0.70	1.24			
二酸化炭素濃度計	水平	1.21	2.60	○	○	○
	鉛直	0.70	1.24			

可搬型重大事故等対処設備の水平 2 方向及び  
鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	12 (3) - 別添 3 - 6 - 1
2. 基本方針 .....	12 (3) - 別添 3 - 6 - 1
3. 評価方法 .....	12 (3) - 別添 3 - 6 - 1
4. 評価結果 .....	12 (3) - 別添 3 - 6 - 4
4.1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる 評価設備（部位）の抽出 .....	12 (3) - 別添 3 - 6 - 4
4.2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価 ..	12 (3) - 別添 3 - 6 - 5
4.3 まとめ .....	12 (3) - 別添 3 - 6 - 5

## 1. 概要

本資料は、資料 12「耐震性に関する説明書」の別添 3-1「可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針」に基づき、基準地震動  $S_s$  による地震力に対する耐震性を確認した可搬型重大事故等対処設備に対し、水平 2 方向及び鉛直方向の組合せによる地震力が与える影響について説明するものである。なお、可搬型重大事故等対処設備は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」別記 2 において水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価を要求されていないが、確認を行うものである。

## 2. 基本方針

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、資料 12-8「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.各施設における水平 2 方向及び鉛直方向地震力に対する影響評価方針」の評価方針を踏まえて、可搬型設備としての構造上及び保管方法の特徴を踏まえた抽出を行い、設備が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。

## 3. 評価方法

資料 12-8「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.各施設における水平 2 方向及び鉛直方向地震力に対する影響評価方針」を踏まえて、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して、耐震評価を実施する設備のうち、従来の設計手法における水平 1 方向及び鉛直方向を組み合わせた耐震計算に対して、設備の構造特性から水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性があるものを抽出し、設備が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。影響評価のフローを第 3-1 図に示す。

### (1) 評価対象となる設備の整理

可搬型重大事故等対処設備のうち、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して構造強度及び機能維持を確認する設備を評価対象とする。(第 3-1 図①)

### (2) 構造上の特徴による抽出

可搬型重大事故等対処設備としての構造上及び保管方法の特徴から水平 2 方向及び鉛直方向の地震力が重複する観点にて検討を行い、水平 2 方向及び鉛直方向の地震力の組合せによる影響の可能性がある設備を抽出する。(第 3-1 図②)



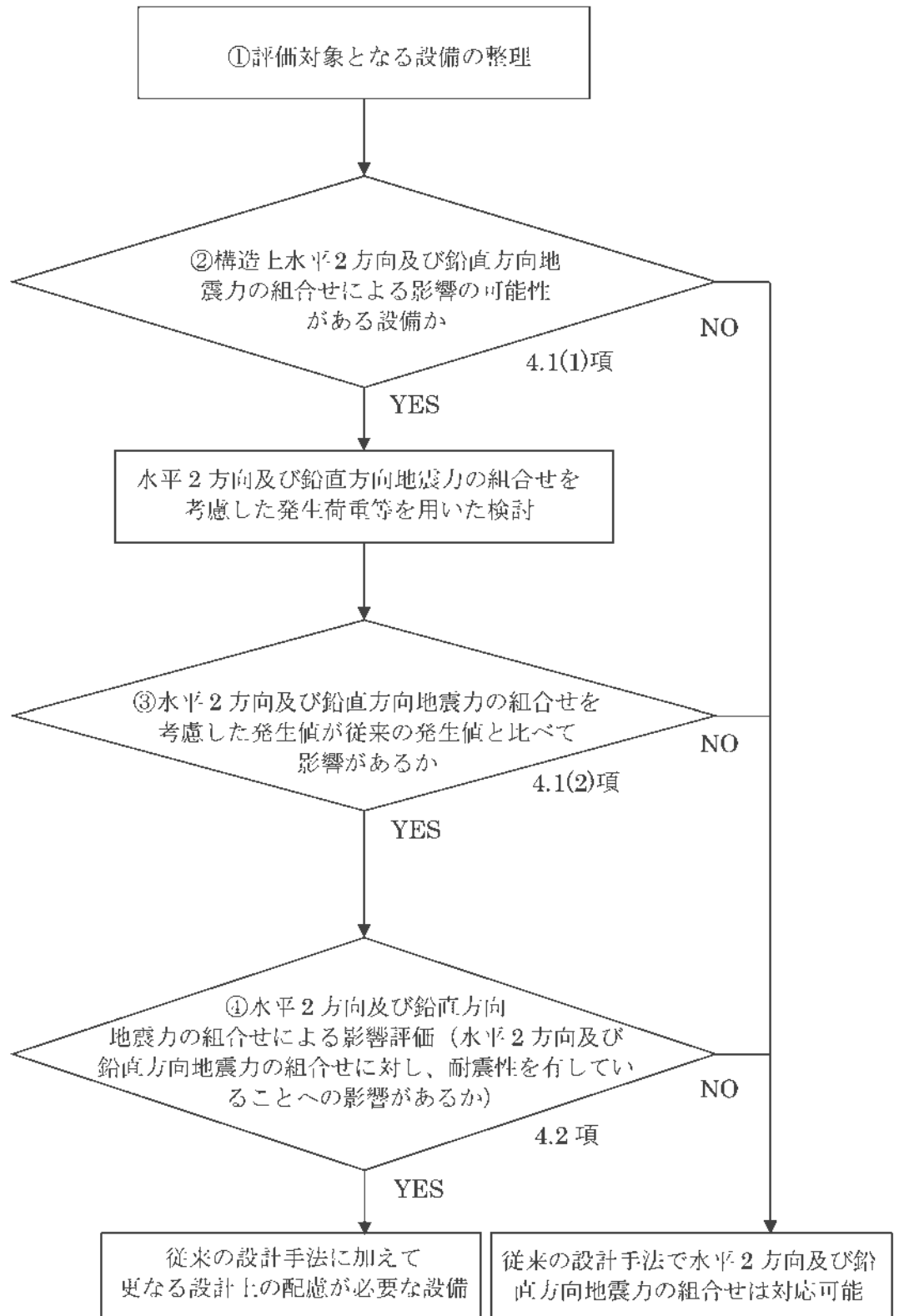
(3) 発生値の増分による抽出

水平 2 方向及び鉛直方向の地震力の組合せによる影響の可能性のある設備に対して、水平 2 方向及び鉛直方向の地震力が各方向 1 : 1 で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した発生値の増分を用いて影響を検討し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。

(第 3-1 図③)

(4) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

(3)の検討において算出された荷重や応力を用いて、設備が有する耐震性への影響を確認する。(第 3-1 図④)



第3-1図 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した影響評価のフロー

## 4. 評価結果

### 4.1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価設備（部位）の抽出

評価対象設備を第 4-1 表に示す。資料 12-18「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」の「3.2 機器・配管系」の評価設備（部位）の抽出方法を踏まえ、評価対象設備の各評価部位、応力分類に対し構造上の特徴から、水平 2 方向の地震力による影響を以下の項目により検討し、影響の可能性のある設備を抽出した。抽出結果を第 4-2 表に示す。

#### (1) 水平 2 方向の地震力が重複する観点

評価対象設備は、水平 1 方向の地震力に加えて、さらに水平直交方向に地震力が重複した場合、水平 2 方向の地震力による影響を検討し、影響が軽微な設備以外の影響検討が必要となる可能性があるものとして抽出した。

なお、対象設備の抽出にあたって、耐震性への影響が軽微とした設備の理由を以下に示す。

##### ① 構造強度評価対象設備

###### a. 車両

車両は、走行直角方向のみが対象となり、水平 1 方向のみの地震力が支配的となるため、水平 2 方向入力の影響は軽微である。

##### ② 機能維持評価対象設備

###### a. 発電機

現行の機能維持確認済加速度における詳細評価<sup>(注)</sup>で最弱部である軸系において、曲げに対して軸直角方向の水平方向の地震力のみを負担し、ほかの水平方向の地震力は負担しないため、水平 2 方向入力の影響は軽微である。

(注) JEAG4601 で定められた評価部位の余裕度評価

###### b. 伝送器、指示計（収納箱拘束保管、キャビネット保管）

伝送器、指示計のうち、収納箱拘束保管又はキャビネット保管の設備は、収納箱又はキャビネット内の緩衝材の型枠内に収納しているため、共振点はないと考えられ、水平 2 方向成分にも共振点はないと考えられる。よって、水平 2 方向入力に対しても、応答増加は生じないものと考えられることから、水平 2 方向の入力の影響は軽微である。

(2) 水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する水平 2 方向及び鉛直方向地震力の増分の観点

(1)にて影響の可能性がある設備について、水平 2 方向の地震力が各方向 1:1 で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の水平 1 方向及び鉛直方向地震力の設計手法による発生値と比較し、その増分により影響の程度を確認し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出した。

なお、対象設備の抽出にあたって、耐震性への影響が軽微とした設備の理由を以下に示す。

① 構造強度評価対象設備

a. ボンベ架台

ボンベ架台は、矩形構造の架構設備であり応答軸が明確で、設備の応答軸の方向あるいは厳しい応力が発生する向きへ地震力を入力しており、耐震性への影響の懸念はないと整理した。

② 機能維持評価対象設備

a. 伝送器、指示計（支持フレーム拘束保管、本体拘束保管）

伝送器、指示計のうち、支持フレーム拘束保管又は本体拘束保管の設備は、応答軸が明確で、設備の応答軸の方向あるいは厳しい応力が発生する向きへ地震力を入力しており、耐震性への影響の懸念はないと整理した。

4.2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

第 4-2 表にて整理した結果、抽出された設備はなかった。

4.3 まとめ

可搬型重大事故等対処設備について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を受ける可能性がある設備（部位）について、従来設計手法における保守性も考慮した結果、抽出された設備（部位）はなかった。

第4-1表 水平2方向入力の影響検討対象設備

別添番号	設 備	部 位
別添 3-3	緊急時対策所用発電機車	各部位
別添 3-4	空気ボンベ（緊急時対策所用）	各部位
別添 3-5	原子炉補機冷却水サージタンク圧力(SA)	各部位
	可搬型温度計測装置（格納容器再循環ユニット 入口温度／出口温度（SA）用）	各部位
	携帯型通話設備	各部位
	衛星携帯電話設備	各部位
	無線連絡設備	各部位
	緊急時対策所エリアモニタ	各部位
	可搬型モニタリングポスト	各部位
	可搬型エリアモニタ	各部位
	電離箱サーベイメータ	各部位
	NaI シンチレーションサーベイメータ	各部位
	GM 汚染サーベイメータ	各部位
	ZnS シンチレーションサーベイメータ	各部位
	酸素濃度計	各部位
二酸化炭素濃度計	各部位	

第4-2表 水平2方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (1/4)

(凡例) ○：影響の可能性あり  
 △：影響軽微  
 -：該当なし

(1) 構造強度評価

設備（機種）及び部位	水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	4.1項(1)の観点	4.1項(2)の観点	検討結果（影響軽微の理由）
緊急時対策所用発電機車	△	-	4.1項(1)①a. 「車両」 の理由による
空気ボンベ（緊急時対策所用）	○	△	4.1項(2)①a. 「ボンベ架台」 の理由による

第4-2表 水平2方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (2/4)

(凡例) ○：影響の可能性あり  
 △：影響軽微  
 -：該当なし

(2) 機能維持評価 (1/3)

設備（機種）及び部位	水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	4.1項(1)の観点	4.1項(2)の観点	検討結果（影響軽微の理由）
緊急時対策所用発電機車	△	-	4.1項(1)②a. 「発電機」 の理由による
原子炉補機冷却水サージタンク圧力(SA)	△	-	4.1項(1)②b. 「伝送器、指示計（収納箱拘束保管、キャビネット保管）」 の理由による
可搬型温度計測装置（格納容器再循環ユニット入口温度／出口温度（SA）用）	△	-	4.1項(1)②b. 「伝送器、指示計（収納箱拘束保管、キャビネット保管）」 の理由による
携帯型通話設備	△	-	4.1項(1)②b. 「伝送器、指示計（収納箱拘束保管、キャビネット保管）」 の理由による
衛星携帯電話設備	△	-	4.1項(1)②b. 「伝送器、指示計（収納箱拘束保管、キャビネット保管）」 の理由による
無線連絡設備	△	-	4.1項(1)②b. 「伝送器、指示計（収納箱拘束保管、キャビネット保管）」 の理由による
緊急時対策所エリアモニタ	△	-	4.1項(1)②b. 「伝送器、指示計（収納箱拘束保管、キャビネット保管）」 の理由による
可搬型モニタリングポスト	○	△	4.1項(2)②a. 「伝送器、指示計（支持フレーム拘束保管、本体拘束保管）」 の理由による
可搬型エリアモニタ	△	-	4.1項(1)②b. 「伝送器、指示計（収納箱拘束保管、キャビネット保管）」 の理由による

第4-2表 水平2方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (3/4)

(凡例) ○：影響の可能性あり  
 △：影響軽微  
 -：該当なし

(2) 機能維持評価 (2/3)

設備（機種）及び部位	水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	4.1項(1)の観点	4.1項(2)の観点	検討結果（影響軽微の理由）
電離箱サーベイメータ	△	-	4.1項(1)②b. 「伝送器、指示計（収納箱拘束保管、キャビネット保管）」の理由による
NaI シンチレーションサーベイメータ	△	-	4.1項(1)②b. 「伝送器、指示計（収納箱拘束保管、キャビネット保管）」の理由による
GM 汚染サーベイメータ	△	-	4.1項(1)②b. 「伝送器、指示計（収納箱拘束保管、キャビネット保管）」の理由による
ZnS シンチレーションサーベイメータ	△	-	4.1項(1)②b. 「伝送器、指示計（収納箱拘束保管、キャビネット保管）」の理由による



第 4-2 表 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (4/4)

(凡例) ○：影響の可能性あり  
 △：影響軽微  
 -：該当なし

(2) 機能維持評価 (3/3)

設備 (機種) 及び部位	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	4.1 項(1)の観点	4.1 項(2)の観点	検討結果 (影響軽微の理由)
酸素濃度計	△	-	4.1 項(1)②b. 「伝送器、指示計 (収納箱拘束保管、キャビネット保管)」の理由による
二酸化炭素濃度計	△	-	4.1 項(1)②b. 「伝送器、指示計 (収納箱拘束保管、キャビネット保管)」の理由による

計算機プログラム（解析コード）の概要

# 目 次

## 1. 概 要

## 2. 解析コード

- 別紙1 SPAN2000
- 別紙2 MSC NASTRAN
- 別紙3 FEMAP with NX NASTRAN
- 別紙4 CHERRY
- 別紙5 microSHAKE
- 別紙6 NUPP4
- 別紙7 FEDM
- 別紙8 ADMITML
- 別紙9 VB\_耐震壁
- 別紙10 SHAKE
- 別紙11 microSHAKE/3D

## 1. 概 要

本資料は、添付資料 12「耐震性に関する説明書」において使用した解析コードについて説明するものである。

## 2. 解析コード

添付資料 12「耐震性に関する説明書」で使用した解析コードの一覧を第 2-1 表に示す。

第2-1表(1/5) 建物・構築物の耐震設計に係る解析コード

評価対象	プログラム名	資料名	添付資料
緊急時対策棟 緊急時対策棟屋外地 下エリア（加圧設備） 緊急時対策棟屋外地 下エリア（燃料設備）	MSC NASTRAN	別紙2-5	添付資料 12-16-2 12-16-3 12-16-4 12-16-5
	microSHAKE	別紙5	添付資料 12-16-1
	NUPP4	別紙6	添付資料 12-16-1
	FEDM	別紙7	添付資料 12-16-2 12-16-3 12-16-4 12-16-5
	ADMITML	別紙8	添付資料 12-16-1
	VB_耐震壁	別紙9	添付資料 12-16-1
	SHAKE	別紙10	添付資料 12-16-1

第2-1表(2/5) 機器・配管系の耐震設計に係る解析コード

評価対象設備	プログラム名	資料名	参照元
配管	SPAN2000	別紙1	添付資料 12-12 12-13
通信機器収容盤	MSC NASTRAN	別紙2-1	添付資料 12-17-1-1-2
通信連絡設備収容盤			添付資料 12-17-1-2-2
SPDS-WGP 通信用 計算機			添付資料 12-17-1-3-2
緊急時対策棟メタル クラッド開閉装置			添付資料 12-17-3-4
衛星アンテナ		別紙2-2	添付資料 12-17-1-2-4
緊急時対策所非常用空気 浄化フィルタユニット		別紙2-3	添付資料 12-17-2-2
衛星携帯電話用アンテナ		FEMAP with NX NASTRAN	別紙3
床応答曲線	CHERRY	別紙4	添付資料 12-7

第2-1表(3/5) 別添1 「火災防護設備の耐震性に関する説明書」に係る解析コード

評価対象設備	プログラム名	資料名	参照元 添付資料
ハロンボンベ設備	MSC NASTRAN	別紙2-4	添付資料 12 別添1-4

第2-1表(4/5) 別添2 「溢水防護に係る施設の耐震性に関する説明書」  
に係る解析コード

評価対象設備	プログラム名	資料名	参照元 添付資料
配管	SPAN2000	別紙1	添付資料12 別添2-3

第2-1表(5/5) 別添3 「可搬型重大事故等対処設備等の耐震性に関する説明書」  
に係る解析コード

評価対象設備	プログラム名	資料名	参照元 添付資料
可搬型重大事故等 対処設備保管場所	microSHAKE	別紙5	添付資料12 別添3-2
	microSHAKE/3D	別紙11	添付資料12 別添3-2
空気ボンベ (緊急時対策所用)	MSC NASTRAN	別紙2-4	添付資料12 別添3-4

別紙1 SPAN2000  
配管

項目	コード名
	SPAN2000
開発機関	三菱重工業株式会社
開発時期	2002年
使用したバージョン	<input type="text"/>
使用目的	等分布質量連続はりモデルによる 耐震最大支持間隔算出
コードの概要	<p>配管等の耐震設計に用いる目的として開発したメーカーオリジナルの計算機コードである。</p> <p>配管直管部（一般部）について、発生応力、固有振動数等が許容値や制限値を超えない範囲における最大長さを標準支持間隔として求めることが可能であり、加圧水型原子力発電設備において、多くの使用実績を有している。</p>
検証(Verification)及び 妥当性確認(Validation)	<p>配管を等分布質量連続はりモデル化し、許容値や制限値を超えない範囲における最大の支持間隔を求めるために使用している。</p> <p><b>【検証(Verification)】</b></p> <p>本解析コードの検証の内容は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>等分布質量連続はりモデルによる配管直管部（一般部）の耐震最大支持間隔算出及びそれに発生する一次応力の算出について、入力データ <input type="text"/> <input type="text"/> に対する応力算出結果において、解析解と理論モデルによる理論解との比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。また、固有振動数に関しても、上記検証において、解析解と理論解との比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。</li> <li>地震動の組合せ処理に関しては、本解析コード内で処理しており、アウトプットファイルと手計算結果が一致していることを確認している。</li> </ul>



<p style="text-align: center;"> <b>検証(Verification)</b>  <b>及び</b>  <b>妥当性確認(Validation)</b> </p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認(Validation)】</b></p> <p>本解析コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 耐震最大支持間隔算出は、JEAG4601-1987 の定ピッチスパン法に従い等分布質量連続はりにモデル化している。</li> <li>• 本解析コードは、配管系で使用される要素形状のうち直管部の支持間隔の算出、発生応力の算出に用いられる。今回の工認申請で行う支持間隔算出、発生応力算出の用途、適用範囲が、上述の妥当性確認範囲内になることを確認している。</li> </ul>
---	---

別紙 2-1 MSC NASTRAN

通信機器収容盤、通信連絡設備収容盤、SPDS-WGP 通信用計算機、緊急時対策棟  
メタルクラッド開閉装置(固有値解析のみ該当)

項目	コード名
	MSC NASTRAN
開発機関	The MacNeal-Schwendler Corporation (現MSC.Software Corporation)
開発時期	1971年 (一般商業用リリース)
使用したバージョン	Ver.2008.0.4
使用目的	3次元有限要素法 (はり、シェル要素) による 固有値解析、応力解析
コードの概要	<p>有限要素法を用いた MSC NASTRAN は、世界で圧倒的シェアを持つ汎用構造解析プログラムのスタンダードである。その誕生は 1965 年、現在の米国 MSC.Software Corporation の前身である米国 The MacNeal-Schwendler Corporation の創設者、マクニール博士とシュウエンドラー博士が、当時 NASA (The National Aeronautics and Space Administration) で行なわれていた、航空機の機体強度をコンピュータ上で解析することをテーマとした「有限要素法プログラム作成プロジェクト」に参画したことに始まる。そこで作成されたプログラムは NASTRAN(NASA Structural Analysis Program)と命名され、1971 年に The MacNeal-Schwendler Corporation から MSC NASTRAN として一般商業用にリリースされた。</p> <p>以来、数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木などの様々な分野の構造解析に広く利用されている。また各分野からの高度な技術的要求とコンピュータの発展に対応するために、常にプログラムの改善と機能拡張を続けている。</p>

<p style="text-align: center;"> <b>検証(Verification)</b>  <b>及び</b>  <b>妥当性確認(Validation)</b> </p>	<p>MSC NASTRAN Ver.2008.0.4 は、汎用市販コードであり、通信機器收容盤の 3次元有限要素法（はり、シェル要素）による固有値解析、応力解析及び緊急時対策棟メタルクラッド開閉装置の 3次元有限要素法（はり、シェル要素）による固有値解析に使用している。</p> <p><b>【検証(Verification)】</b></p> <p>本解析コードの検証の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・材料力学分野における一般的な知見により理論解を求めることができる体系について、3次元有限要素法（3次元シェルまたははりモデル）による固有値解析及び応力解析（固有振動数、荷重及び応力）について理論モデルによる理論解と解析解との比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。</li> <li>・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認(Validation)】</b></p> <p>本解析コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本解析コードは、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木などの様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。</li> <li>・今回の工認申請で行う解析と類似するものとして、原子力安全基盤機構が多度津工学試験所にて実施した1/3.2サイズのBWR原子炉格納容器を対象にした耐震実証試験の再現解析においてNASTRANが使用され、振動試験結果とNASTRANの解析結果がよく一致していることを確認していることを確認している。(平成18年度 原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査 耐震基準類調査のうち耐震実証試験の解析評価に係る報告書 平成19年10月 独立行政法人 原子力安全基盤機構)</li> </ul>
---	--

<p style="text-align: center;"> <b>検証(Verification)</b>  <b>及び</b>  <b>妥当性確認(Validation)</b> </p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 開発機関が提示するマニュアルにより、今回の工認申請で使用する3次元有限要素法（はり、シェル要素）による固有値解析、応力解析に本解析コードが適用できることを確認している。</li> <li>・ 通信機器収容盤、通信連絡設備収容盤、SPDS-WGP通信用計算機及び緊急時対策棟メタルクラッド開閉装置に対し 3次元はりモデル及びシェルモデルを適用し、混成モデル化を行っている。異種要素を混成させることについては、異種要素境界でのデータ伝達が適正に行われるように要素設定を調整していることを確認している。</li> <li>・ 今回の工認申請で行う3次元有限要素法（はり、シェル要素）による固有値解析、応力解析の用途、適用範囲が、上述の妥当性確認範囲内にあることを確認している。</li> </ul>
---	---

別紙2-2 MSC NASTRAN

衛星アンテナ

項目 \ コード名	MSC NASTRAN
開発機関	The MacNeal-Schwendler Corporation (現MSC.Software Corporation)
開発時期	1971年 (一般商業用リリース)
使用したバージョン	Ver.2008.0.0
使用目的	3次元有限要素法 (はり、シェル要素) による 固有値解析、応力解析
コードの概要	<p>有限要素法を用いたMSC NASTRANは、世界で圧倒的シェアを持つ汎用構造解析プログラムのスタンダードである。その誕生は1965年、現在の米国MSC.Software Corporation の前身である米国 The MacNeal-Schwendler Corporationの創設者、マクニール博士とシュウェンドラー博士が、当時NASA (The National Aeronautics and Space Administration) で行われていた、航空機の機体強度をコンピュータ上で解析することをテーマとした「有限要素法プログラム作成プロジェクト」に参画したことに始まる。そこで作成されたプログラムはNASTRAN (NASA Structural Analysis Program) と命名され、1971年に The MacNeal-Schwendler Corporation から MSC NASTRANとして一般商業用にリリースされた。</p> <p>以来、数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木などの様々な分野の構造解析に広く利用されている。また各分野からの高度な技術的要求とコンピュータの発展に対応するために、常にプログラムの改善と機能拡張を続けている。</p>
検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation)	MSC NASTRAN Ver.2008.0.0は、衛星アンテナの3次元有限要素法 (はり要素、シェル要素) による固有値解析、応力解析に使用している。

<p style="text-align: center;"> <b>検証(Verification)</b>          及び  <b>妥当性確認(Validation)</b> </p>	<p><b>【検証(Verification)】</b></p> <p>本解析コードの検証の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 材料力学分野における一般的な知見により理論解を求めることができる体系について、3次元有限要素法（シェル又ははり要素）による固有値解析及び応力解析（固有振動数、荷重及び応力）について理論モデルによる理論解と解析解との比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。</li> <li>・ 本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認(Validation)】</b></p> <p>本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 本解析コードは、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木などの様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。</li> <li>・ 本工事計画で行う解析と類似するものとして、原子力安全基盤機構が多度津工学試験所にて実施した1/3.2サイズのBWR原子炉格納容器を対象にした耐震実証試験の再現解析においてNASTRANが使用され、振動試験結果とNASTRANの解析結果がよく一致していることを確認していることを確認している。（平成18年度 原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査 耐震基準類調査のうち耐震実証試験の解析評価に係る報告書 平成19年10月 独立行政法人 原子力安全基盤機構）</li> <li>・ 開発機関が提示するマニュアルにより、本工事計画で使用する3次元有限要素法（はり、シェル要素）による固有値解析、応力解析に本解析コードが適用できることを確認している。</li> </ul>
--	--

<p>検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation)</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 衛星アンテナに対し3次元はり要素及びシェル要素を適用し、混成モデル化を行っている。異種要素を混成させることについては、異種要素境界でのデータ伝達が適正に行われるように要素設定を調整していることを確認している。</li><li>• 本工事計画における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。</li></ul>
--	--

別紙2-3 MSC NASTRAN

緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット

項目	コード名 MSC NASTRAN
開発機関	The MacNeal-Schwendler Corporation (現 MSC.Software Corporation)
開発時期	1971年 (一般商業用リリース)
使用したバージョン	Ver.2008r1
使用目的	3次元有限要素法 (3次元シェル及びはりモデル) による固有値解析
コードの概要	<p>有限要素法を用いたMSC NASTRAN は、世界で圧倒的シェアを持つ汎用構造解析プログラムのスタンダードである。その誕生は1965年、現在の米国 MSC.Software Corporation の前身である米国 The MacNeal-Schwendler Corporation の創設者、マクニール博士とシュウエンドラー博士が、当時NASA (The National Aeronautics and Space Administration) で行なわれていた、航空機の機体強度をコンピュータ上で解析することをテーマとした「有限要素法プログラム作成プロジェクト」に参画したことに始まる。そこで作成されたプログラムは NASTRAN (NASA Structural Analysis Program) と命名され、1971年に The MacNeal-Schwendler Corporation から MSC NASTRAN として一般商業用にリリースされた。</p> <p>以来、数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木などの様々な分野の構造解析に広く利用されている。また各分野からの高度な技術的要求とコンピュータの発展に対応するために、常にプログラムの改善と機能拡張を続けている。</p>



<p style="text-align: center;"> <b>検証(Verification)</b>          及び  <b>妥当性確認(Validation)</b> </p>	<p>MSC NASTRAN Ver.2008r1は汎用市販コードであり、緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットの3次元有限要素法（3次元シェル及びはりモデル）による固有値解析に使用している。</p> <p><b>【検証(Verification)】</b></p> <p>本解析コードの検証の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 材料力学分野における一般的な知見により理論解を求めることができる体系について、3次元有限要素法（3次元シェルまたははりモデル）による固有値解析について理論モデルによる理論解と解析解との比較を行い、解析解が理論解に一致することを確認している。</li> <li>・ 本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認(Validation)】</b></p> <p>本解析コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 本解析コードは、国内外の航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木などの様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分確認されている。</li> <li>・ 今回の工認申請で行う解析と類似するものとして、日本原子力研究開発機構（旧日本原子力研究所）が実施したプルトニウム用グローブボックスの固有値解析、応力解析の事例がある（JAERI-M 92-206）。</li> <li>・ 開発機関が提示するマニュアルにより、今回の工認申請で使用する3次元有限要素法(3次元シェル及びはりモデル)による固有値解析に本解析コードが適用できることを確認している。</li> <li>・ 異種要素を混成させることについては、異種要素境界でのデータ伝達が適正に行われるように接続していることを確認している。</li> </ul>
--	--

<p>検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation)</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>今回の工認申請で行う 3次元有限要素法（3次元シェル及びはりモデル）による固有値解析の用途、適用範囲が、上述の妥当性確認範囲内にあることを確認している。</li></ul>
--	--

## 別紙 2-4 MSC NASTRAN

ハロンボンベ設備、空気ボンベ（緊急時対策所用）

項目	コード名	MSC NASTRAN
開発機関		The MacNeal-Schwendler Corporation (現 MSC.Software Corporation)
開発時期		1971年（一般商業用リリース）
使用したバージョン		Ver.2008.0.4
使用目的		3次元有限要素法(3次元はりモデル) による固有値解析、応力解析
コードの概要		<p>有限要素法を用いた MSC NASTRAN は、世界で圧倒的シェアを持つ汎用構造解析プログラムのスタンダードである。その誕生は 1965 年、現在の米国 MSC.Software Corporation の前身である米国 The MacNeal-Schwendler Corporation の創設者、マクニール博士とシュウエンダー博士が、当時 NASA (The National Aeronautics and Space Administration) で行なわれていた、航空機の機体強度をコンピュータ上で解析することをテーマとした「有限要素法プログラム作成プロジェクト」に参画したことに始まる。そこで作成されたプログラムは NASTRAN (NASA Structural Analysis Program) と命名され、1971 年に The MacNeal-Schwendler Corporation から MSC NASTRAN として一般商業用にリリースされた。</p> <p>以来、数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木などの様々な分野の構造解析に広く利用されている。また各分野からの高度な技術的要求とコンピュータの発展に対応するために、常にプログラムの改善と機能拡張を続けている。</p>

<p style="text-align: center;"> <b>検証(Verification)</b>  <b>及び</b>  <b>妥当性確認(Validation)</b> </p>	<p>MSC NASTRAN Ver.2008.0.4は汎用市販コードであり、今回の解析は、ハロンボンベ設備及び空気ボンベ（緊急時対策所用）の3次元有限要素法（3次元はりモデル）による固有値解析及び応力解析に使用している。</p> <p><b>【検証(Verification)】</b>  本解析コードの検証の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・材料力学分野における一般的な知見により理論解を求めることができる体系について、3次元有限要素法（3次元はりモデル）による固有値解析及び応力解析（固有振動数、荷重及び応力）について理論モデルによる理論解と解析解との比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。</li> <li>・本コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満たしていることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認(Validation)】</b>  本解析コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本解析コードは、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木などの様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。</li> <li>・今回の工認申請で行う解析と類似するものとして、日本原子力研究開発機構（旧日本原子力研究所）が実施したプルトニウム用グローブボックスの固有値解析、応力解析の事例がある（JAERI-M 92-206）。</li> <li>・開発機関が提示するマニュアルにより、今回の工認申請で使用する3次元有限要素法（3次元はりモデル）による固有値解析、応力解析に本解析コードが適用できることを確認している。</li> <li>・今回の工認申請で行う3次元有限要素法（3次元はりモデル）による固有値解析及び応力解析の用途、適用範囲が上述の妥当性確認範囲内にあることを確認している。</li> </ul>
---	---

別紙 2-5 MSC NASTRAN

緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）、緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）

項目 \ コード名	MSC NASTRAN
開発機関	MSC Software Corporation (旧 The MacNeal-Schwendler Corporation)
開発時期	1971 年（一般商用リリース）
使用	Ver.2013.1.1
使用目的	・ 静的応力解析：緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）、緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）
コード概要	<p>MSC NASTRAN（以下「本コード」という）は、航空機の機体強度解析用として開発された有限要素法による汎用解析計算機コードである。</p> <p>市販され、現在では航空宇宙、自動車、造船、機械、土木及び建築などの様々な分野の構造解析に使用されている。</p> <p>動的解析、静的解析、熱伝導解析等の機能を有し、固有振動数、刺激係数及び応力等の算定が可能である。</p>

<p>検証(Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)</p>	<p>本コードは、緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の3次元有限要素法による静的応力解析に使用している。</p> <p><b>【検証(Verification)】</b> 本コードの検証は以下のとおり実施している。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 構造力学分野における一般的な知見により解を求めることができる体系について、シェル要素を用いた応力解析を対象として、シェル要素を用いた解析結果と理論モデルによる理論解の比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。</li> <li>・ 本コードの運用環境については、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認(Validation)】</b> 本コードの妥当性確認は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 本コードは、航空宇宙、自動車、造船、機械、土木及び建築などの様々な分野における使実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。</li> <li>・ 開発機関が提示するマニュアルにより、今回の工認申請で使用する3次元有限要素法による静的応力解析に、本コードが適用できることを確認している。</li> <li>・ 検証の体系と今回の工認申請で使用する体系が同等であることから、検証結果を持って、解析機能の妥当性も確認できる。</li> <li>・ 今回の工認申請で行う静的応力解析の用途、適用範囲が、上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。</li> </ul>
---	--

### 別紙 3 FEMAP with NX NASTRAN

#### 衛星携帯電話用アンテナ

項目 \ コード名	FEMAP with NX NASTRAN
開発機関	Siemens Product Lifecycle Management Software Inc.
開発時期	1971年
使用したバージョン	10.3.1B
使用目的	はりモデルを用いた固有値解析
コードの概要	<p>アメリカ航空宇宙局(NASA)の構造解析プログラムとして開発された NASTRAN が 1971 年に The MacNeal-Schwendler Co.(MSC 社の前身)から商用版としてリリースされ、このコードをベースに UGS 社(Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. の前身)が NX NASTRAN として継承、開発を続けている、有限要素法による構造解析用汎用市販コードである。現在はモデリングと解析結果の処理を行うプリポストソフトウェアの FEMAP とのパッケージでリリースされている。</p> <p>静的応力解析、固有値解析、時刻歴応答解析など様々な解析が可能で、棒要素、はり要素、シェル要素、ソリッド要素など多くの要素に対応しており、多分野で幅広く使用されている。</p>
検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation)	<p>FEMAP with NX NASTRAN は汎用市販コードであり、常設重大事故緩和設備である衛星携帯電話用アンテナに使用している。</p> <p><b>【検証の内容】</b> 本コードの検証の内容は次のとおりである。</p>

<p style="text-align: center;"> <b>検証(Verification)</b>  <b>及び</b>  <b>妥当性確認(Validation)</b> </p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 材料力学分野における一般的な知見により理論解を求めることができる体系について、はりモデルを用いて、固有周波数について理論モデルによる理論解と解析解との比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。</li> <li>・ 本コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認】</b></p> <p>本コードの使用は、次のとおり妥当である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 本コードは、航空宇宙、防衛、建設、自動車、造船、機械、電気/電子などの様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。</li> <li>・ 開発機関が提示するマニュアルにより、今回の工認申請で使用するはりモデルを用いた固有値解析に本コードが適用できることを確認している。</li> <li>・ 他の汎用有限要素法解析コード「RESP-T」を用いてはりモデルを用いた固有値解析を行い、本コードとほぼ一致する解が得られることで検証を行っている。また検証に用いた「RESP-T」のバージョンは最新バージョンとの解析結果の差はないことを確認している。</li> <li>・ 今回の工認申請で行うはりモデルを用いた固有値解析の用途、適用範囲が、上述の妥当性確認範囲であることを確認している。</li> </ul>
---	--



## 別紙 4 CHERRY

### 床応答曲線

項目 \ コード名	CHERRY
開発機関	三菱重工業株式会社
開発時期	1980年
使用したバージョン	初版
使用目的	床応答曲線作成
コードの概要	<p>計算コードCHERRYは、加速度応答スペクトル作成プログラムであり、建屋床応答時刻歴から床応答曲線を作成するために使用する。</p>
検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation)	<p>CHERRY 初版は、機器・配管のモーダル解析に使用される床応答曲線を作成するプログラムである。</p> <p><b>【検証(Verification)】</b></p> <p>本解析コードの検証の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 公開文献（大崎順彦著“新・地震動のスペクトル解析入門”）に記載された理論モデルによる手法と本解析コードで作成したスペクトルと比較し、概ね一致していることを確認している。</li> <li>・ 本解析コードの運用環境について、動作環境を満足する計算機にインストールして用いていることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認(Validation)】</b></p> <p>本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 本工事計画で使用する解析機能は、理論モデルをそのまま解析コード化したものであり、理論モデルによる理論解と解析解を比較することで、妥当性を確認することができる。</li> <li>・ 拡張機能については、<math>\pm 10\%</math> 拡張させた理論解と、CHERRYコードによる算出値を比較して、妥当であることを確認している。</li> </ul>

<p style="text-align: center;"> <b>検証(Verification)</b>          及び  <b>妥当性確認(Validation)</b> </p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 床応答曲線を作成する際、入力とする時刻歴データの時間刻み幅、データの形式は、上述の、妥当性を確認している範囲内での使用であることを確認している。</li> <li>・ 10%拡幅、時刻歴波の時間刻み、固有周期計算間隔はJEAG4601-1987に従っており、妥当性に問題はない。</li> <li>・ 本工事計画における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。</li> </ul>
--	--

別紙 5 microSHAKE

緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）、緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）、可搬型重大事故等対処設備保管場所

項目	コード名
開発機関	microSHAKE (株) 地震工学研究所
開発時期	2000年
使用したバージョン	Ver.3.1.0
使用目的	地震応答解析
コードの概要	<p>microSHAKE（以下「本コード」という。）は、水平成層地盤の地震応答解析の汎用市販コードである。</p> <p>複素応答と 1 次元重複反射理論に基づいた本コードは、1970 年にカリフォルニア大学から発表された SHAKE の改良版である。</p> <p>本コードは、数多くの研究機関や企業において、地盤の地震応答解析に広く利用されている。</p>
検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation)	<p>本コードは、汎用市販コードであり、緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）、緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）、可搬型重大事故等対処設備保管場所における地震応答解析に使用している。</p> <p><b>【検証(Verification)】</b> 本コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・今回の工認申請で使用する1次元重複反射理論による地震応答解析機能の検証として、地震工学分野における一般的知見により解を求めることができる体系について、理論モデルによる理論解との比較を行い、解析解が理論解に一致することを確認している。また、別コード(SHAKE-91)による解析結果と一致することを確認している。</li> <li>・本コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。</li> </ul>

<p style="text-align: center;"> <b>検証(Verification)</b>  <b>及び</b>  <b>妥当性確認(Validation)</b> </p>	<p><b>【妥当性確認(Validation)】</b></p> <p>本コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・平成27年3月18日付け原規規発第1503181号にて認可された川内原子力発電所第1号機の工事計画の添付資料3「耐震性に関する説明書」において、屋外重要土木構造物等の地震応答解析に本コード(Ver.3.1.0)が使用された実績がある。</li> <li>・本コードは、国内の地震工学分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。</li> <li>・開発機関が提示するマニュアルにより、今回の工認申請で使用する1次元重複反射理論による地震応答解析に、本コードが適用できることを確認している。</li> <li>・今回の工認申請で行う1次元重複反射理論による地震応答解析の用途、適用範囲が、上述の妥当性確認範囲内にあることを確認している。</li> </ul>
---	---

## 別紙 6 NUPP4

緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）、緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）

項目 \ コード名	NUPP4
開発機関	鹿島建設株式会社
開発時期	1967 年
使用	1.4.13
使用目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 固有値解析</li> <li>・ スペクトルモーダル解析</li> <li>・ 地震応答解析</li> </ul>
コード概要	<p>原子力発電所建屋の地震応答解析用として開発された質点系モデルによる解析計算機コードである。</p> <p>静荷重（節点荷重）、スペクトルモーダル解析及び動荷重（節点加振力、地震入力）を、扱うことができる。</p> <p>地震応答解析は、線形解析及び非線形解析を時間領域における数値積分により行うほか、線形解析を周波数領域で行うことが可能である。</p>

<p>検証(Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)</p>	<p>NUPP4 Ver.1.4.13 (以下「本コード」という)は、緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア(加圧設備)及び緊急時対策棟屋外地下エリア(燃料設備)の地震応答解析に使用している。</p> <p><b>【検証(Verification)】</b> 本コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 本コードの計算機能が適正であることは、後述する妥当性確認の中で確認している。</li> <li>・ 本コードの運用環境について、動作環境を満足する計算機にインストールして用いていることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認(Validation)】</b> 本コードの妥当性確認は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 解析コードの前バージョンである NUPP 及び NUPP II (以下「前バージョン」という)は、日本国内の原子力施設における建築物の地震応答解析において数多くの工認申請に使用されており、十分な使用実績がある。本コードは使用計算機(OS)の変更に伴うカスタマイズを施したものであり解析に係る部分は前バージョンから変更していないため、前バージョン同様、信頼性があると判断できる。</li> <li>・ 本コードの前バージョンである NUPP II は、中国電力株式会社の『「島根原子力発電所第3号機」の既工事計画認可申請添付資料IV-2-3「原子炉格納容器及び原子炉建物の地震応答計算書」(平成17年12月22日認可)』において、原子炉建物の地震応答計算書の解析に使用された実績がある。</li> <li>・ 固有値解析、弾性地震応答解析については、一般産業界において多数の解析で使用実績のある DYN2E<sup>*1</sup> を用いて、同一諸元による解析を行い、本コードによる解析結果と概ね一致することを確認している。</li> </ul>
---	--

<p>検証(Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 弾塑性地震応答解析については、既設工事認可申請時に確認されている (財)原子力発電技術機構の報告書<sup>※2</sup>による解析結果と概ね一致することを確認している。</li> <li>・ 本工事計画における用途及び適用は範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。</li> </ul> <p>※1 DYNA2E：販売元 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社</p> <p>※2 質点系モデル解析コード SANLUM の保守に関する報告書 平成 10 年 3 月 (財)原子力発電技術機構 原子力安全解析所</p>
---	--

## 別紙7 FEDM

緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）、緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）

項目	コード名
	FEDM
開発機関	鹿島建設(株)
開発時期	1981年
使用したバージョン	Ver.2.0.1
使用目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>鉄筋コンクリート部材の断面算定：緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）、緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）</li> </ul>
コード概要	<p>FEDM（以下「本コード」という）は、有限要素法による汎用解析計算機コードMSC-NASTRANによるSHELL要素の応力に対して必要鉄筋量を算出する計算機コードである。</p> <p>本コードは、「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会、2005年制定）」（以下、「RC-N規準」という）並びに「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会、1988年改定）付20」（以下、「RC規準1988」という）に基づき、鉄筋コンクリート造の梁・柱の断面算定を行うプログラムである</p>



<p>検証(Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)</p>	<p>本コードは、緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の鉄筋コンクリート部材の断面算定に使用している。</p> <p><b>【検証(Verification)】</b> 本コードの検証の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 本コードの計算機能が適正であることは、後述する妥当性確認の中で確認している。</li> <li>・ 本コードの運用環境について、動作環境を満足する計算機にインストールして使用していることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認(Validation)】</b> 本コードの妥当性確認は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 本コードによる断面算定結果について、断面の力の釣合いを理論モデルに基づき確認することで、本コードが断面算定を正しく実施していることを確認している。</li> <li>・ 使用マニュアルにより、本工事計画で実施するスケルトン評価に本コードが適用できることを確認している。</li> <li>・ 本工事計画における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。</li> </ul>
---	---

## 別紙 8 ADMITML

緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）、緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）

項目 \ コード名	ADMITML
開発機関	鹿島建設株式会社
開発時期	1983 年
使用	Ver.1.1.1
使用目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震応答解析モデル及び応力解析モデルにおける基礎底面地盤ばね算定</li> </ul>
コード概要	<p>ADMITML（以下「本コード」という）は、矩形基礎の水平動、鉛直動及び回転動に対する地盤の複素ばね剛性を、成層地盤の任意点における波動方程式の一般解を基に、地表面の点加振解から、振動数領域で計算するプログラムであり、地震応答解析モデルにおける基礎底面地盤ばねの算定に用いている。</p>

<p>検証(Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)</p>	<p>本コードは、緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析モデル及び応力解析モデルにおける基礎底面地盤ばねの算定に用いている。</p> <p><b>【検証(Verification)】</b> 本コードの検証は以下のとおり実施している。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 本コードの計算機能が適正であることは、後述する妥当性確認の中で確認している。</li> <li>・ 本コードの運用環境について、動作環境を満足する計算機にインストールして用いていることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認(Validation)】</b> 本コードの妥当性確認は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 本コードは日本国内の原子力施設で多数の工認申請に使用されており、十分な使用実績があるため信頼性がある。</li> <li>・ 本コードによる解析結果と参考文献*1のダイナミカル・グランド・コンプライアンス (DGC) 解と比較し、その妥当性を確認している。</li> <li>・ 今回の工事認可申請における用途及び適用は範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。</li> </ul>
---	--

※1 瀬戸川 葆:成層構造の硬質地盤における正方形基礎の Dynamical Ground Compliance, 日本建築学会論文報告集 第 319 号, pp.64-73, 昭和 57 年 9 月

## 別紙 9 VB\_耐震壁

緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）、緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）

項目	コード名
	VB_耐震壁
開発機関	鹿島建設(株)
開発時期	2009 年
使用したバージョン	Ver.3.2.1
使用目的	鉄筋コンクリート造耐震壁のスケルトン作成 (JEAG4601-1987 対応) (緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）、緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）)
コード概要	<p>VB_耐震壁（以下「本コード」という）は、鹿島建設により開発された任意の四角形で構成される鉄筋コンクリート造耐震壁のスケルトンを作成する EXCEL マクロコードである。</p> <p>本コードは、「原子力発電所耐震技術指針 JEAG4601-1987（日本電気協会）」（以下、JEAG4601-1987 という）に基づき、鉄筋コンクリート造耐震壁の曲げ変形成分の復元力特性（<math>M-\phi</math> 関係）及びせん断変形成分の復元力特性（<math>\tau-\gamma</math> 関係）のスケルトンを作成することができる。又、一般建物の耐震壁のせん断終局強度として、平成 19 年国土交通省告示第 594 号第四（以下、告示という）に基づくせん断耐力についても算出可能である。</p>

<p>検証(Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)</p>	<p>本コードは、緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の鉄筋コンクリート造耐震壁のスケルトン作成に使用している。</p> <p><b>【検証(Verification)】</b> 本コードの検証の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 本コードの計算機能が適正であることは、後述する妥当性確認の中で確認している。</li> <li>・ 本コードの運用環境について、動作環境を満足する計算機にインストールして使用していることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認(Validation)】</b> 本コードの妥当性確認は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 使用マニュアルにより、本T.事計画で実施するスケルトン評価に本コードが適用できることを確認している。</li> <li>・ 本コードによる鉄筋コンクリート造耐震壁のスケルトンの作成結果について、JEAG4601-1987に示される式（一部は、告示に示される式）から求められる結果との比較により、両者が概ね一致することを確認している。</li> <li>・ 本工事計画における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。</li> </ul>
---	--

## 別紙 10 SHAKE

緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）、緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）

項目 \ コード名	SHAKE
開発機関	鹿島建設株式会社
開発時期	1971 年
使用	Ver. 1.6.13
使用目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 入力地震動の策定</li> </ul>
コード概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ SHAKE（以下「本コード」という）は、米国カルフォルニア大学から発表された SHAKE（最新公開版は SHAKE-91，以下 SHAKE-91 という）を基本に開発されたもので、1次元重複反射理論に基づく地盤の伝達関数や時刻歴波形を算出するプログラムである。</li> <li>・ 日本国内の原子力施設の上認申請において多くの利用実績がある。</li> </ul>

<p>検証(Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)</p>	<p>本コードは、緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析における入力地震動の策定において、基準地震動 <math>S_s</math> 及び弾性設計用地震動 <math>S_d</math> に対する弾性地盤応答を1次元重複反射理論に基づき評価するために使用している。</p> <p><b>【検証(Verification)】</b> 本コードの検証は以下のとおり実施している。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 本コードによる弾性地盤の増幅特性の解析結果と公開文献*1の理論解を比較し、両者が概ね一致することを確認している。また、SHAKE-91による解析結果と概ね一致することを確認している。</li> <li>・ 動作環境を満足する計算機にインストールして使用している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認(Validation)】</b> 本コードの妥当性確認は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 本コードは日本国内の原子力施設で多数の工事計画認可申請に使用されており、十分な使用実績があるため信頼性がある。</li> <li>・ 本コードは、中国電力株式会社の『「島根原子力発電所第3号機」の既工事計画認可申請書 第3回申請添付資料IV-2-2-1「制御室建物の耐震性についての計算書」』において、制御室建物の地震応答解析に使用された実績がある。</li> <li>・ 同じ理論解に基づくSHAKE-91を用いた解析解と本コードの解析解のベンチマークを行った結果、概ね一致していること確認した。</li> </ul>
---	--

<p>検証(Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>今回の工事計画認可申請で行う 1次元重複反射理論による地盤の応答解析の用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。</li></ul> <p>※1 最新耐震構造解析 柴田明德著 231 頁, 232 頁 森北出版株式会社 第3版</p>
---	--



別紙 11 microSHAKE/3D

可搬型重大事故等対処設備保管場所

項目	コード名
	microSHAKE/3D
開発機関	(株) 地震工学研究所
開発時期	2015年
使用したバージョン	Ver.2.3.0
使用目的	地震応答解析
コードの概要	<p>microSHAKE/3D (以下「本コード」という。) は、水平成層地盤の地震応答解析の汎用市販コードである。</p> <p>複素応答と 1 次元重複反射理論に基づいた本コードは、1970 年にカリフォルニア大学から発表された SHAKE の改良版である。</p> <p>本コードは、数多くの研究機関や企業において、地盤の地震応答解析に広く利用されている。</p>
検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation)	<p>本コードは、汎用市販コードであり、可搬型重大事故等対処設備保管場所の地表面応答加速度における地震応答解析に使用している。</p> <p><b>【検証(Verification)】</b></p> <p>本コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 今回の工認申請で使用する1次元重複反射理論による地震応答解析機能の検証として、地震工学分野における一般的知見により解を求めることができる体系について、理論モデルによる理論解との比較を行い、解析解が理論解に一致することを確認している。また、別コード(SHAKE-91)による解析結果と一致することを確認している。</li> <li>・ 本コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。</li> </ul>

<p style="text-align: center;"> <b>検証(Verification)</b>  <b>及び</b>  <b>妥当性確認(Validation)</b> </p>	<p><b>【妥当性確認(Validation)】</b></p> <p>本コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・日本原子力発電株式会社の「東海第二発電所」の工事計画認可申請添付資料V-2「耐震性に関する説明書」において、常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備等の地震応答解析に本コード(Ver.2.2.3.311)が使用された実績がある。</li> <li>・本コードは、国内の地震工学分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。</li> <li>・開発機関が提示するマニュアルにより、今回の工認申請で使用する1次元重複反射理論による地震応答解析に、本コードが適用できることを確認している。</li> <li>・本工事計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。</li> <li>・今回の工認申請で行う1次元重複反射理論による地震応答解析の用途、適用範囲が、上述の妥当性確認範囲内にあることを確認している。</li> </ul>
---	---

放射線管理用計測装置の構成に関する説明書並びに  
計測範囲及び警報動作範囲に関する説明書

設計及び工事計画認可申請添付資料 13

玄海原子力発電所第 3 号機

# 目 次

	頁
1. 概 要 .....	13 (3) - 1
2. 基本方針 .....	13 (3) - 1
2.1 設計基準対象施設に関する計測 .....	13 (3) - 1
2.2 重大事故等対処設備に関する計測 .....	13 (3) - 1
3. 放射線管理用計測装置の構成 .....	13 (3) - 2
3.1 エリアモニタリング設備 .....	13 (3) - 2
3.2 固定式周辺モニタリング設備 .....	13 (3) - 3
3.3 移動式周辺モニタリング設備 .....	13 (3) - 5
3.4 放射線管理用計測装置の計測結果の表示、記録及び保存 .....	13 (3) - 11
4. 放射線管理用計測装置の計測範囲及び警報動作範囲 .....	13 (3) - 12
4.1 放射線管理用計測装置の計測範囲 .....	13 (3) - 12
4.2 放射線管理用計測装置の警報動作範囲 .....	13 (3) - 12

## 1. 概 要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（以下「技術基準規則」という。）」第34条、第75条及び第76条並びにそれらの「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈（以下「解釈」という。）」に関わる放射線管理施設のうち放射線管理用計測装置の構成、計測範囲及び警報動作範囲について説明するものである。

本工事計画では、放射線管理用計測装置による計測結果の表示場所を代替緊急時対策所から緊急時対策所（緊急時対策棟内）に変更することについて説明する。

## 2. 基本方針

### 2.1 設計基準対象施設に関する計測

技術基準規則第34条及びその解釈に基づき、周辺監視区域に隣接する地域における空間線量率を計測するための固定式周辺モニタリング設備は、計測結果を中央制御室及び緊急時対策所（緊急時対策棟内）へ表示し、中央制御室及び緊急時対策所（緊急時対策棟内）までの伝送は多様性を有する設計とする。

### 2.2 重大事故等対処設備に関する計測

技術基準規則第75条及びその解釈に基づき、重大事故等が発生した場合に発電所及びその周辺（発電所の周辺海域を含む。）において発電用原子炉施設から放出される放射性物質の濃度及び放射線量を監視し、及び測定し、並びにその結果を記録するために、固定式周辺モニタリング設備及び移動式周辺モニタリング設備を設置及び保管する。固定式周辺モニタリング設備の計測結果は、中央制御室及び緊急時対策所（緊急時対策棟内）に表示できる設計とする。

技術基準規則第76条及びその解釈に基づき、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の放射線量を監視、計測及び記録するために緊急時対策所エリアモニタ（3,4号機共用（以下同じ。））を設け、計測結果を記録及び保存できる設計とする。

### 3. 放射線管理用計測装置の構成

設計基準対象施設及び重大事故等対処設備の放射線管理用計測装置における検出器から測定値の指示、表示及び記録に至るシステム構成については、「3.1 エリアモニタリング設備」、「3.2 固定式周辺モニタリング設備」、「3.3 移動式周辺モニタリング設備」に示す。

設計基準対象施設及び重大事故等対処設備の放射線管理用計測装置による計測結果の表示、記録及び保存については、「3.4 放射線管理用計測装置の計測結果の表示、記録及び保存」にてとりまとめる。

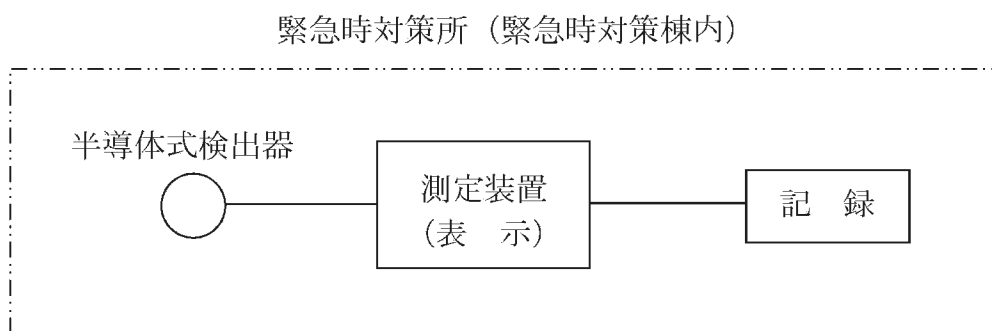
#### 3.1 エリアモニタリング設備

##### 3.1.1 緊急時対策所の線量当量率を計測する装置

###### 緊急時対策所エリアモニタ

重大事故等時に使用する緊急時対策所エリアモニタは、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の線量当量率を半導体式検出器を用いてパルス信号として検出する。検出したパルス信号を測定装置にて線量当量率信号へ変換する処理を行った後、線量当量率を表示する。計測結果は記録装置にて記録し、保存する。記録及び保存については、「3.4 放射線管理用計測装置の計測結果の表示、記録及び保存」に示す。

（第1図「緊急時対策所エリアモニタの概略構成図」参照）



第1図 緊急時対策所エリアモニタの概略構成図

### 3.2 固定式周辺モニタリング設備

周辺監視区域境界に隣接する地域における空間線量率を監視、測定及び記録するために設置する固定式周辺モニタリング設備は、設計基準対象施設として、中央制御室までのデータ伝送系及び緊急時対策所（緊急時対策棟内）までのデータ伝送系は多様性を有する設計とする。設計基準対象施設及び重大事故等対処設備として、指示値は、中央制御室はオフサイトモニタ盤、緊急時対策所（緊急時対策棟内）はSPDSデータ表示装置に表示し、監視できる設計とする。計測結果は、中央制御室の記録計にて継続的に記録し、記録紙は取り替えて保存できる設計とする。記録及び保存については、「3.4 放射線管理用計測装置の計測結果の表示、記録及び保存」に示す。

（第2図「固定式周辺モニタリング設備概略構成図」参照）

#### 3.2.1 モニタリングステーション及びモニタリングポスト（空気吸収線量率） （1,2,3,4号機共用、重大事故等時のみ3,4号機共用（以下同じ。））

モニタリングステーション及びモニタリングポストは、検出器に入射したガンマ線を電気信号として測定装置へ出力し、空気吸収線量率の計測値を表示する。

#### 3.2.2 モニタリングステーション（ダスト・よう素）（1,2,3,4号機共用（以下同じ。））

モニタリングステーション（ダスト・よう素）は、検出器に入射したベータ線又はガンマ線を電気信号として測定装置へ出力し、空气中放射性物質を計測した計数率を表示する。

#### 3.2.3 モニタリングステーション及びモニタリングポスト（伝送）

モニタリングステーション及びモニタリングポストから出力された計測値は、伝送装置（有線、無線及び衛星回線）により中央制御室及び緊急時対策所（緊急時対策棟内）へ伝送する。





### 3.3 移動式周辺モニタリング設備

#### 3.3.1 可搬型モニタリングポスト (3,4号機共用 (以下同じ。))

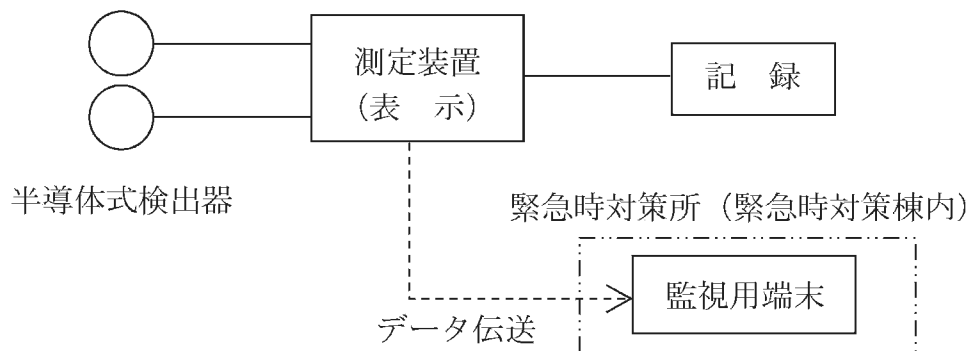
重大事故等が発生した場合に、固定式周辺モニタリング設備が機能喪失した場合の代替としての放射線量の監視、測定及び記録するための可搬型モニタリングポストは、2種類の検出器を用いて空気吸収線量率を測定する。

NaI (Tl)シンチレーション検出器は、検出器に入射したガンマ線により発生した光電子を光電子増倍管にて電気信号に変換、増幅した後、測定装置にて空気吸収線量率へ変換し、表示する。

半導体式検出器は、線量当量率を半導体式検出器を用いて電気信号として検出し、検出した電気信号を測定装置にて空気吸収線量率へ変換し、表示する。また、表示される測定値は電磁的に記録し、保存する。

なお、測定値は伝送装置（携帯電話回線又は衛星回線）により、緊急時対策所（緊急時対策棟内）へ伝送できる設計とする。記録及び保存については、「3.4 放射線管理用計測装置の計測結果の表示、記録及び保存」に示す。  
(第3図「可搬型モニタリングポストの概略構成図」参照)

#### NaI (Tl)シンチレーション検出器



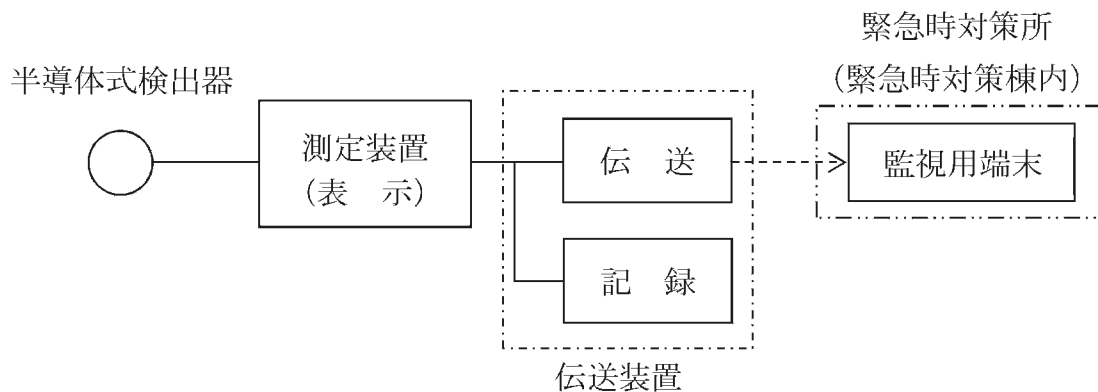
第3図 可搬型モニタリングポストの概略構成図

### 3.3.2 可搬型エリアモニタ (3,4号機共用 (以下同じ。))

重大事故等が発生した場合に、発電用原子炉施設から放出される放射線量を、原子炉格納施設を囲む8方位において、監視、測定及び記録するための可搬型エリアモニタは、線量当量率を半導体式検出器を用いて電気信号として検出する。検出した電気信号を測定装置にて線量当量率へ変換する処理を行った後、線量当量率を表示するとともに、電磁的に記録し、保存する。測定値は無線により緊急時対策所(緊急時対策棟内)へ伝送できる設計とする。記録及び保存については、「3.4 放射線管理用計測装置の計測結果の表示、記録及び保存」に示す。

(第4図「可搬型エリアモニタの概略構成図」参照)

可搬型エリアモニタは、緊急時対策所の加圧判断用と一部兼用とし、その使用目的等については、添付資料18「緊急時対策所の居住性に関する説明書」にて示し、設備の構成及び測定範囲に関する内容については本資料にて示す。



第4図 可搬型エリアモニタの概略構成図

### 3.3.3 電離箱サーベイメータ（3,4号機共用（以下同じ。））

重大事故等が発生した場合に、発電所及びその周辺（発電所の周辺海域を含む。）の放射線量を監視、測定及び記録するための電離箱サーベイメータは、線量当量率を電離箱検出器を用いて電気信号として検出する。検出した電気信号を測定装置にて線量当量率へ変換し、表示する。測定結果は従事者が記録し、保存する。記録及び保存については、「3.4 放射線管理用計測装置の計測結果の表示、記録及び保存」に示す。

（第5図「電離箱サーベイメータの概略構成図」参照）



第5図 電離箱サーベイメータの概略構成図

### 3.3.4 NaI シンチレーションサーベイメータ (3,4号機共用 (以下同じ。))

重大事故等が発生した場合に、海水、排水及び空気中の放射性物質の濃度を監視、測定及び記録するためのNaI シンチレーションサーベイメータは、NaI(Tl)シンチレーション検出器に入射したガンマ線により発生した光電子を光電子増倍管にて電気信号に変換、増幅した後、測定装置にて計数率に変換し、表示する。測定結果は従事者が記録し、保存する。記録及び保存については、「3.4 放射線管理用計測装置の計測結果の表示、記録及び保存」に示す。

(第6図「NaI シンチレーションサーベイメータの概略構成図」参照)

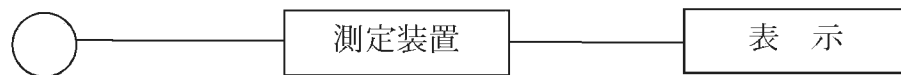


第6図 NaI シンチレーションサーベイメータの概略構成図

### 3.3.5 GM 汚染サーベイメータ (3,4 号機共用 (以下同じ。))

重大事故等が発生した場合に、海水、排水、土壌及び空気中の放射性物質の濃度を監視、測定及び記録するための GM 汚染サーベイメータは、ベータ線を GM 管検出器で検出し、ベータ線の入射により GM 管内に封入された不活性ガスが電離され、発生した電気信号を測定装置にて計数率に変換し、表示する。測定結果は従事者が記録し、保存する。記録及び保存については、「3.4 放射線管理用計測装置の計測結果の表示、記録及び保存」に示す。(第 7 図「GM 汚染サーベイメータの概略構成図」参照)

GM管検出器



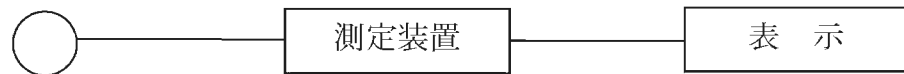
第 7 図 GM 汚染サーベイメータの概略構成図

### 3.3.6 ZnS シンチレーションサーベイメータ (3,4 号機共用 (以下同じ。))

重大事故等が発生した場合に、海水、排水、土壌及び空気中の放射性物質の濃度を監視、測定及び記録するための ZnS シンチレーションサーベイメータは、ZnS(Ag)シンチレーション検出器に入射したアルファ線により発生した光電子を光電子増倍管にて増幅後、電気信号を測定装置にて計数率に変換し、表示する。測定結果は従事者が記録し、保存する。記録及び保存については、「3.4 放射線管理用計測装置の計測結果の表示、記録及び保存」に示す。

(第 8 図「ZnS シンチレーションサーベイメータの概略構成図」参照)

ZnS(Ag)シンチレーション  
検出器 (光電子増倍管を含む。)



第 8 図 ZnS シンチレーションサーベイメータの概略構成図

### 3.4 放射線管理用計測装置の計測結果の表示、記録及び保存

緊急時対策所エリアモニタの計測結果は、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に表示する。また、計測結果は、記録装置にて継続的に記録し、記録紙は取り替えて保存できる設計とする。

モニタリングステーション及びモニタリングポストの計測結果は、中央制御室及び緊急時対策所（緊急時対策棟内）に表示する。

可搬型モニタリングポスト及び可搬型エリアモニタの計測結果は、現場及び緊急時対策所（緊急時対策棟内）に表示する。

第1表に放射線管理用計測装置の計測結果の指示、表示及び記録場所を示す。

なお、固定式周辺モニタリング設備及び移動式周辺モニタリング設備の記録の保存については、平成29年8月25日付け原規規発第1708253号にて認可された工事計画の添付資料32「放射線管理用計測装置の構成に関する説明書並びに計測範囲及び警報動作範囲に関する説明書」による。

第1表 放射線管理用計測装置の計測結果の指示、表示及び記録

放射線管理用計測装置		指示又は表示	記録
エリアモニタリング設備	緊急時対策所エリアモニタ（可搬型）	緊急時対策所（緊急時対策棟内）	緊急時対策所（緊急時対策棟内）（記録装置）
固定式周辺モニタリング設備	モニタリングステーション及びモニタリングポスト	中央制御室 ----- 緊急時対策所（緊急時対策棟内）（SPDSデータ表示装置）	中央制御室（記録計）
移動式周辺モニタリング設備	可搬型モニタリングポスト	現場 ----- 緊急時対策所（緊急時対策棟内）（監視用端末）	現場（電磁的記録）
	可搬型エリアモニタ	現場 ----- 緊急時対策所（緊急時対策棟内）（監視用端末）	現場（電磁的記録）

#### 4. 放射線管理用計測装置の計測範囲及び警報動作範囲

緊急時対策所エリアモニタの計測範囲及び警報動作範囲について以下に示す。

なお、固定式周辺モニタリング設備及び移動式周辺モニタリング設備については、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 32「放射線管理用計測装置の構成に関する説明書並びに計測範囲及び警報動作範囲に関する説明書」による。

##### 4.1 放射線管理用計測装置の計測範囲

緊急時対策所エリアモニタの計測範囲を第2表に示す。

##### 4.2 放射線管理用計測装置の警報動作範囲

重大事故等対処設備については、重大事故等により変動する可能性のある範囲にわたり計測する設計としていること及び技術基準規則の要求に該当しないことから警報装置を設ける必要はない。



第2表 放射線管理用計測装置の計測範囲

(エリアモニタリング設備)

名称	計測範囲	計測範囲の設定に関する考え方
緊急時対策所 エリアモニタ	0.001～ 99.99mSv/h	<p>計測下限値は、作業従事者に対する放射線防護の観点より管理区域境界における線量当量率限度（遮蔽区分Ⅰの上限線量当量率）から計測できるように設定する。</p> <p>計測上限値は、重大事故等時の直接線・スカイシャイン線の影響を含めプルーム放出により希ガス等が緊急時対策所（緊急時対策棟内）内に侵入した場合に侵入が判断できること、及びプルーム放出以降のグランドシャイン線からの影響による緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の最大線量当量率約 <b>1mSv/h</b> を計測できる範囲として設定する。</p>

管理区域の出入管理設備及び環境試料分析装置  
に関する説明書

設計及び工事計画認可申請添付資料 14

玄海原子力発電所第 3 号機

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	14 (3) - 1
2. 基本方針 .....	14 (3) - 1
3. 施設の詳細設計方針	
3.1 出入管理設備 .....	14 (3) - 1
3.1.1 緊急時対策所チェンジングエリア .....	14 (3) - 1
3.2 環境試料分析装置及び環境放射能測定装置 .....	14 (3) - 2

## 1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（以下「技術基準規則」という。）」第 76 条及びその「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈（以下「解釈」という。）」に関わる放射線管理施設のうち、緊急時対策所の出入管理設備について説明するものである。また、技術基準規則第 75 条及びその解釈に関わる環境試料分析装置について説明する。あわせて環境試料の放射能測定に用いる環境放射能測定装置についても説明する。

本工事計画では、第 76 条及びその解釈に関わる重大事故等時に使用する緊急時対策所の出入管理設備並びに第 75 条及びその解釈に関わる重大事故等時に使用する環境試料分析装置及び環境放射能測定装置の保管場所を代替緊急時対策所から緊急時対策所（緊急時対策棟内）に変更することについて説明する。

## 2. 基本方針

技術基準規則第 76 条及びその解釈に基づき、重大事故等が発生し緊急時対策所の外側が放射性物質により汚染したような状況下において、緊急時対策所への汚染の持ち込みを防止するため、身体サーベイ及び作業服の着替え等を行う区画で放射線サーベイ設備等を用いて汚染の持ち込みを防止するための出入管理が行える出入管理設備を設置する。

技術基準規則第 75 条及びその解釈に基づき、重大事故等が発生した場合において、発電所及びその周辺（発電所の周辺海域を含む。）において発電所から放出される放射性物質の濃度（空气中、水中、土壌中）を監視し、及び測定し、並びにその結果を記録するため、環境試料分析装置及び移動式周辺モニタリング設備として環境放射能測定装置を配備する。

## 3. 施設の詳細設計方針

### 3.1 出入管理設備

#### 3.1.1 緊急時対策所チェンジングエリア

緊急時対策所（緊急時対策棟内）（以下「緊急時対策所」という。）の外側が汚染したような状況下において、緊急時対策所への汚染の持ち込みを防止するため、緊急時対策所の出入口付近にチェンジングエリアを設置する。緊急時対策所のチェンジングエリア設置場所及び配置を第 1 図に示す。チェンジングエリア内は、防護具類の脱

衣エリア、放射性物質による汚染を確認するためのサーベイエリア及び対策要員の放射性物質による汚染が確認された場合に濡れウエス等による拭き取りやシャワーで除染を行う除染エリアで構成される。

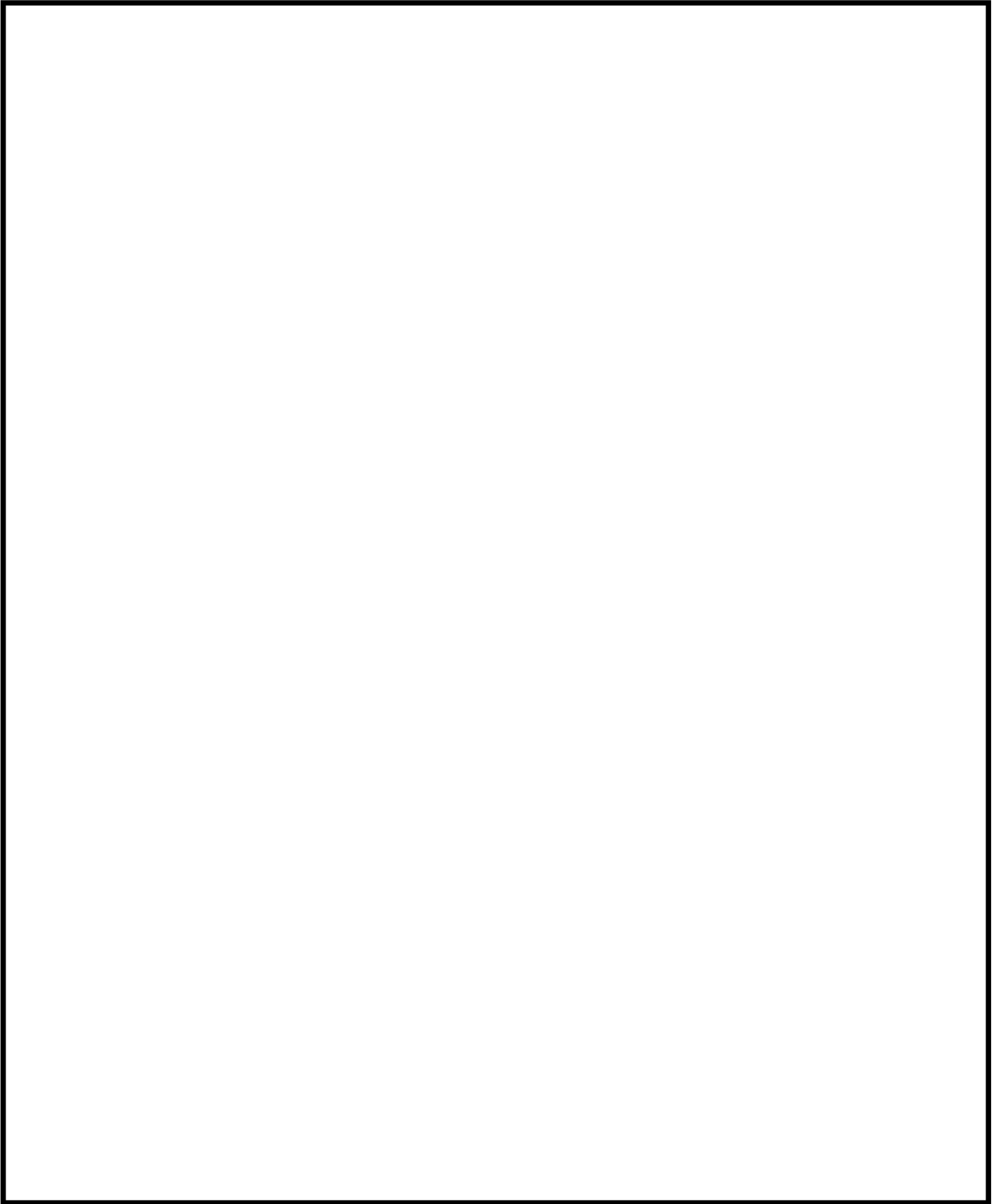
なお、除染に使用したシャワー水は、汚染水槽に保管し、放射性廃棄物として廃棄する。

チェンジングエリアは、資機材を用いて設営し、除染用資機材、放射線サーベイ設備等を配備する。上記設営用資機材は、迅速な対応を行うためにチェンジングエリア設置場所近辺に配備する。

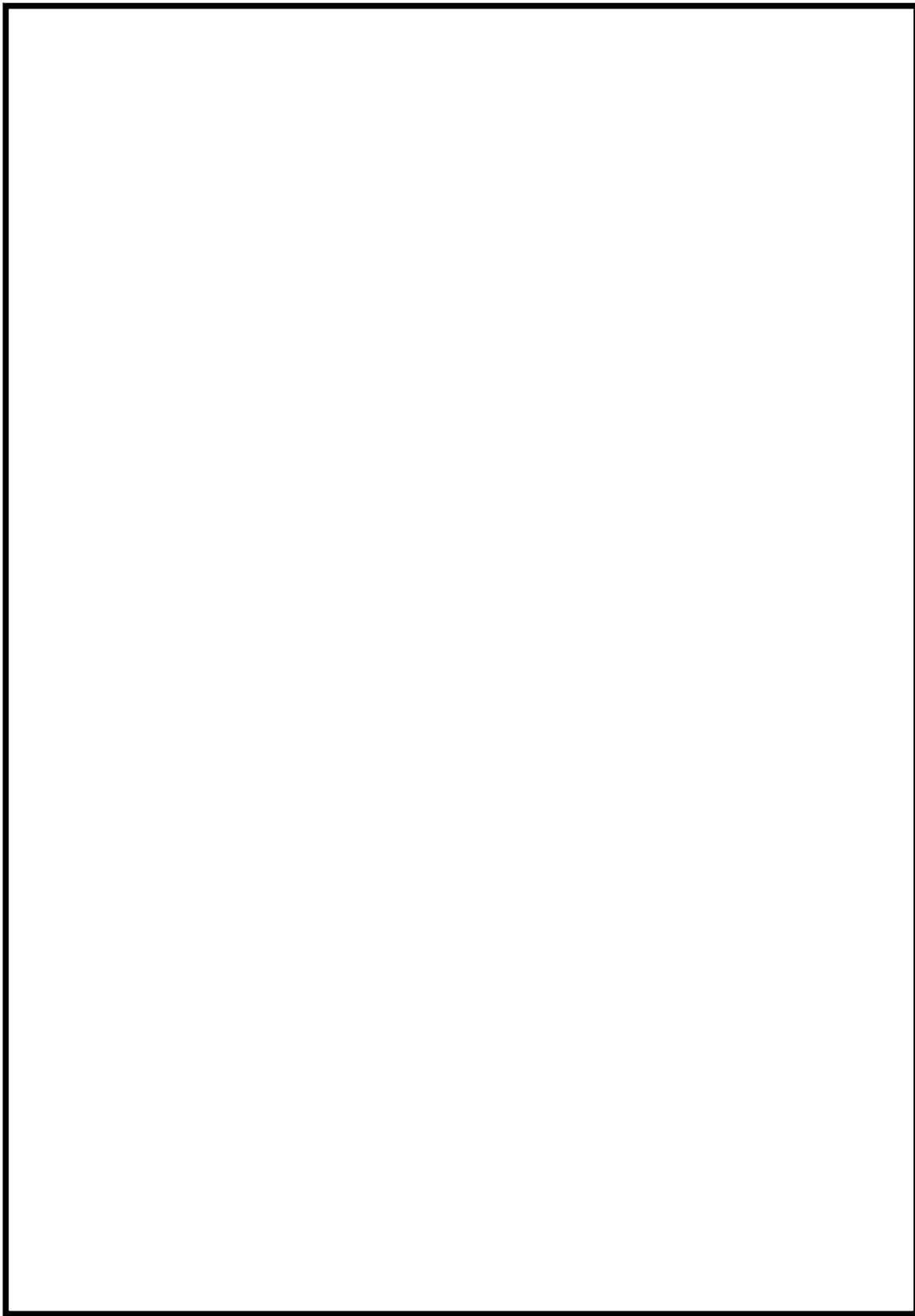
### 3.2 環境試料分析装置及び環境放射能測定装置

環境試料分析装置及び環境放射能測定装置は、重大事故等時に迅速に対応するために緊急時対策所に保管する。(第2図「環境試料分析装置及び環境放射能測定装置の保管場所」参照。)

なお、環境試料分析装置及び環境放射能測定装置の使用目的、測定頻度、種類等については、平成29年8月25日付け原規規発第1708253号にて認可された工事計画の添付資料33「管理区域の出入管理設備及び環境試料分析装置に関する説明書」による。



第 1 図 緊急時対策所のチェンジングエリア設置場所及び配置



第2図 環境試料分析装置及び環境放射能測定装置の保管場所

生体遮蔽装置の放射線の遮蔽  
及び熱除去についての計算書

設計及び工事計画認可申請添付資料15

玄海原子力発電所第3号機



## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	15 (3) - 1
2. 生体遮蔽装置の設計並びに放射線の遮蔽及び熱除去に関する基本方針 ..	15 (3) - 1
2.1 基本方針 .....	15 (3) - 1
2.2 適用基準、適用規格等 .....	15 (3) - 2
3. 遮蔽設計 .....	15 (3) - 3
4. 放射線の遮蔽及び熱除去の評価 .....	15 (3) - 5
4.1 放射線の遮蔽評価 .....	15 (3) - 5
4.2 熱除去の評価 .....	15 (3) - 23
4.3 放射線の遮蔽及び熱除去の評価のまとめ .....	15 (3) - 26

別紙 計算機プログラム（解析コード）の概要

## 1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（以下「技術基準規則」という。）」第 54 条第 1 項第 1 号及び第 6 号、第 76 条並びにそれらの「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈（以下「解釈」という。）」に基づき、重大事故等時の緊急時対策所（緊急時対策棟内）（3,4 号機共用（以下同じ。））の居住性を確保するために設置する緊急時対策所遮蔽（3,4 号機共用（以下同じ。））の設計並びに放射線の遮蔽及び熱除去の評価について説明するものである。

なお、重大事故等時の緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性を確保するために、その遮蔽効果を期待していることから、外部遮蔽及び補助遮蔽の設計並びに放射線の遮蔽の評価についても説明する。

また、技術基準規則第 54 条第 1 項第 1 号、第 6 号及び第 3 項第 4 号並びにそれらの解釈に基づき、重大事故等対処設備として設置する生体遮蔽装置が放射線以外の温度、荷重その他の使用条件に対して有効に機能を発揮すること並びに緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る重大事故等対処設備の操作場所、緊急時対策所（緊急時対策棟内）に係る可搬型重大事故等対処設備の設置場所及び接続場所の放射線量が高くなるおそれがある場合に設置する追加の遮蔽に関することを、添付資料 4「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に示す。

## 2. 生体遮蔽装置の設計並びに放射線の遮蔽及び熱除去に関する基本方針

### 2.1 基本方針

#### (1) 緊急時対策所遮蔽

緊急時対策所遮蔽は、技術基準規則第 76 条及びその解釈に基づき、以下のとおり遮蔽設計及び評価を行う。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性については、想定する放射性物質の放出量等を東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故と同等とし、かつ、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内でのマスクの着用、交代要員体制、安定よう素剤の服用及び仮設設備の使用を考慮しない条件においても、4 号機からの影響も考慮した緊急時対策所（緊急時対策棟内）にとどまる緊急時対策本部要員（以下「対策要員」という。）の実効線量が事故後 7 日間で 100mSv を超えないことを居住性に係る被ばく評価の判断基準とする。

緊急時対策所遮蔽は、重大事故等が発生した場合において、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の気密性及び緊急時対策所換気設備（3,4 号機共用（以下同じ。））の

性能とあいまって、居住性に係る被ばく評価の判断基準を満足する設計とする。

緊急時対策所遮蔽の耐震性に関する遮蔽性の維持については、添付資料 12「耐震性に関する説明書」のうち添付資料 12-1「耐震設計の基本方針」に示す。

## (2) 外部遮蔽

外部遮蔽については、技術基準規則 76 条及びその解釈に基づく被ばく評価において、その遮蔽効果を期待する。

## (3) 補助遮蔽

補助遮蔽については、技術基準規則第 76 条及びその解釈に基づく被ばく評価において、その遮蔽効果を期待する。

## (4) 放射線の遮蔽及び熱除去の評価

緊急時対策所遮蔽における放射線の遮蔽評価は、重大事故等時に緊急時対策所（緊急時対策棟内）にとどまる対策要員が受ける線量を計算し、その結果が居住性に係る被ばく評価の判断基準を満足できることを確認する。緊急時対策所遮蔽における放射線の遮蔽評価に当たっては、「実用発電用原子炉に係る重大事故時の制御室及び緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価に関する審査ガイド」（平成 25 年 6 月 19 日原規技発第 13061918 号原子力規制委員会決定）（以下「審査ガイド」という。）を参照し、放射性物質等の評価条件及び評価手法を考慮して評価する。

緊急時対策所遮蔽における熱除去の評価は、遮蔽体（鉄筋コンクリート）中の温度上昇が最も厳しい箇所について、線量計算で求める遮蔽体のガンマ線入射線束よりガンマ発熱量を求めて遮蔽体の温度上昇を計算し、その結果がコンクリートのガンマ線遮蔽能力に対する温度制限値以下となることを確認する。

## 2.2 適用基準、適用規格等

生体遮蔽装置の設計並びに放射線の遮蔽及び熱除去の評価に適用する基準及び規格等は、以下のとおりとする。

- ・ 解釈
- ・ 原子力発電所中央制御室の居住性に係る被ばく評価手法について（内規）（平成 21・07・27 原院第 1 号平成 21 年 8 月 12 日）（以下「被ばく評価手法（内規）」という。）
- ・ 発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針（昭和 51 年 9 月 28 日 原子力委員会決定、平成 13 年 3 月 29 日一部改訂）

- ・ 発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針（平成 2 年 8 月 30 日 原子力安全委員会決定、平成 13 年 3 月 29 日一部改訂）
- ・ 発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針（昭和 57 年 1 月 28 日 原子力安全委員会決定、平成 13 年 3 月 29 日一部改訂）
- ・ 原子力発電所放射線遮へい設計規程（JEAC4615－2008）
- ・ 原子力発電所放射線遮へい設計指針（JEAG4615－2003）
- ・ 審査ガイド

### 3. 遮蔽設計

緊急時対策所遮蔽、外部遮蔽及び補助遮蔽は、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内にとどまる対策要員を原子炉格納容器内及びアニュラス内に放出された放射性物質から直接的に施設周辺に到達してくるガンマ線（以下「直接線」という。）、空気中で散乱されて施設周辺に到達してくるガンマ線（以下「スカイシャイン線」という。）、大気中へ放出された放射性物質が大気中を拡散して生ずる放射性雲からのガンマ線（以下「クラウドシャイン線」という。）及び大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線（以下「グランドシャイン線」という。）から防護するための十分な遮蔽厚さを有するものとし、「2.1 基本方針」に示す居住性に係る被ばく評価の判断基準を満足する設計とする。

緊急時対策所遮蔽の開口部又は室内換気のための配管やケーブル等を施設するために必要な貫通部（以下「配管その他の貫通部」という。）については、必要に応じて次の放射線漏えい防止措置を講じた設計とする。

- ・ 開口部を設ける場合、人が容易に接近できないような場所への開口部設置
  - ・ 貫通部に対する遮蔽補強
  - ・ 線源機器と貫通孔との位置関係により、貫通孔から線源機器が直視できない措置
- 但し、人が居住するエリア以外の限定的な範囲において遮蔽厚さを確保できない部分については、放射線の入射を可能な限り防止する等、適切な処置を講じる。

以下に緊急時対策所遮蔽、外部遮蔽及び補助遮蔽の詳細設計を示す。

#### (1) 緊急時対策所遮蔽

緊急時対策所遮蔽は、「2.1 基本方針」に示す居住性に係る被ばく評価の判断基準を満足する設計とする。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）の壁、天井及び床のコンクリートは、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内にとどまる対策要員を直接線、スカイシャイン線、クラウドシャイン線及びグランドシャイン線から防護するために十分な遮蔽厚さを有

する設計とする。また、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の出入口部の開口（以下「出入口開口」という）及び配管その他の貫通部に関して、以下の遮蔽設計を行う。なお、他に遮蔽設計として考慮する窓等の開口部はない。

緊急時対策所遮蔽の設置位置及び構造図を第 3-1 図に示す。

a. 出入口開口に関する遮蔽設計

緊急時対策棟の出入口は、原子炉と反対側に設置する。

出入口には扉を設置するが、扉は遮蔽として考慮しないため、出入口部は開口として以下のとおり設計する。

- (a) 外部の放射線源に対して、最短通過距離部においても、外壁については **1,000mm**、内壁については **700mm** 以上の遮蔽厚を確保する設計とする。
- (b) 出入口開口から外部の放射線源を直視できないよう、二重扉の迷路構造とする。

b. 配管その他の貫通部に関する遮蔽設計

緊急時対策棟に設ける配管その他の貫通部は、外部の放射線からの遮蔽を考慮し、以下のとおり設計する。

- (a) 配管その他の貫通部は、居住エリアに放射線が入射しないよう、人が容易に接近できないよう高所に設ける設計とする。
- (b) 配管その他の貫通部の隙間は、モルタルを充填する等の措置を実施し、放射線の入射を可能な限り防止する。
- (c) 配管その他の貫通部には、可能な限り外部の放射線源を直視できないよう、迷路構造等の遮蔽を設ける設計とする。

出入口及び配管その他貫通部に関する遮蔽概要図を第 3-2 図に示す。

(2) 外部遮蔽

外部遮蔽は、以下のとおりその遮蔽効果を期待する設計とする。

技術基準規則第 76 条及びその解釈に基づく被ばく評価において、その遮蔽効果を期待している外部遮蔽の範囲については、外部遮蔽円筒部及び外部遮蔽ドーム部とする。

(3) 補助遮蔽

補助遮蔽は、以下のとおりその遮蔽効果を期待する設計とする。

技術基準規則第 76 条及びその解釈に基づく被ばく評価において、その遮蔽効果を期待している補助遮蔽の範囲については、原子炉周辺棟壁及び原子炉周辺棟天井とする。

## 4. 放射線の遮蔽及び熱除去の評価

### 4.1 放射線の遮蔽評価

#### 4.1.1 評価方針

重大事故等時の緊急時対策所（緊急時対策棟内）の放射線の遮蔽評価に当たって基本的な評価条件を本項において示す。なお、各々の評価に対する詳細な条件については、「4.1.2 評価条件及び評価結果」に示す。

#### (1) 評価の概要

重大事故等時の評価事象を選定し、そのソースタームの設定により、被ばく経路ごとに緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性を確保するための設備及び運用面の対策を考慮した線量評価を行い、緊急時対策所（緊急時対策棟内）にとどまる対策要員の実効線量の計算結果を、居住性に係る被ばく評価の判断基準と比較する。また、緊急時対策所（緊急時対策棟内）は 3,4 号機共用であるため、被ばく評価上は、設計値又は結果が厳しくなるように設計値に余裕を見込んだ値等の 3,4 号機を包絡する条件設定とする。このため、3,4 号機の放射性物質の炉心内蓄積量、原子炉格納容器及びアニュラス部内の線源強度及び大気中への放出量並びに遮蔽構造等の評価条件は 3,4 号機共通である。

具体的な手順は以下のとおり。居住性に係る被ばく評価の手順を第 4-1-1-1 図に示す。

- a. 評価事象は、重大事故等時について緊急時対策所（緊急時対策棟内）の対策要員の線量結果が厳しくなるよう選定する。
  - b. 評価事象に対して、原子炉施設に滞留する又は放出される放射性物質によって、緊急時対策所（緊急時対策棟内）にとどまる対策要員の放射線被ばくをもたらす経路を選定する。
  - c. 評価事象に対して、原子炉格納容器及びアニュラス部内の放射性物質の存在量分布並びに大気中への放出量を計算する。
  - d. 原子炉格納容器及びアニュラス部内の放射性物質の存在量分布から線源強度を計算する。
  - e. 発電所敷地内の気象データを用いて、大気拡散を計算して相対濃度及び相対線量を計算する。
  - f. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）内での対策要員の被ばく線量を計算する。  
被ばく経路ごとに評価期間中の積算線量を計算する。
- (a) 前項 d.の結果を用いて、原子炉格納容器及びアニュラス部内の放射性物質からのガンマ線による被ばくを、緊急時対策所遮蔽、外部遮蔽及び補

助遮蔽による遮蔽効果を考慮して計算する。

- (b) 前項 c.及び e.の結果を用いて、大気中へ放出された放射性物質からのガンマ線による被ばくを、緊急時対策所遮蔽による遮蔽効果を考慮して計算する。また、必要に応じて、緊急時対策所遮蔽を透過せずに配管その他の貫通部を通過するガンマ線による被ばくを計算する。
- (c) 前項 c.及び e.の結果を用いて、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内に外気から取り込まれた放射性物質の濃度を、緊急時対策所換気設備及び空気ポンベ加圧による室内放射性物質の低減効果を考慮して計算し、放射性物質による被ばく（ガンマ線による外部被ばく及び吸入摂取による内部被ばく）を計算する。
- (d) 前項 c.及び e.の結果を用いて、地表面等に沈着した放射性物質による被ばくを、緊急時対策所遮蔽による遮蔽効果を考慮して計算する。また、必要に応じて、緊急時対策所遮蔽を透過せずに配管その他の貫通部を通過するガンマ線による被ばくを計算する。
- g. 前項 f.の被ばく経路ごとの線量を合算し、判断基準と比較する。各計算条件が 3,4 号機共通の場合、当該被ばく経路の 3,4 号機の線量は共通のものを用いる。

## (2) 評価事象

放射性物質の大気中への放出量等は東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故と同等と仮定した事故とし、評価期間は解釈に従い、事故後 7 日間とする。

また、敷地内に 3,4 号機が存在するため、3,4 号機同時に事故が発生するものとする。

評価事象に係る条件を第 4-1-1-1 表に示す。

## (3) 被ばく経路

重大事故等時において、対策要員は、当該事故に対処するために必要な指示等を行う。この時、大気中に放出された放射性物質が、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内に取り込まれることなどにより、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内に滞在している対策要員は被ばくする。

また、重大事故等が発生し、大気中に放射性物質が放出された場合、緊急時対策所（緊急時対策棟内）にとどまる対策要員の被ばく低減の観点から、状況に応じてマスクの着用、交代要員体制の整備、安定よう素剤の服用等の被ばく低減措置を行う場合もあるが、本評価においては、保守的な評価となるよう被

ばく低減措置としてのマスクの着用、交代要員体制、安定よう素剤の服用及び仮設備の使用は考慮しないこととする。

以上より、対策要員の被ばく経路は、以下の被ばく経路①～④を考慮する。

対策要員の被ばく経路及び緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性に係る被ばく経路イメージを第4-1-1-2図及び第4-1-1-3図に示す。

- a. 被ばく経路① 原子炉格納容器及びアニュラス部内の放射性物質からのガンマ線による被ばく

原子炉冷却材喪失等の放射性物質の原子炉格納容器内放出事故において、原子炉格納容器内に放出された放射性物質からの直接線及びスカイシャイン線が、緊急時対策所遮蔽、外部遮蔽及び補助遮蔽を透過して緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の対策要員に与える線量。また、原子炉格納容器からの設計漏えいによりアニュラス部へ移行する放射性物質からの直接線及びスカイシャイン線が、緊急時対策所遮蔽、外部遮蔽及び補助遮蔽を透過して緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の対策要員に与える線量。

- b. 被ばく経路② 大気中へ放出された放射性物質からのガンマ線による被ばく

クラウドシャイン線が、緊急時対策所遮蔽を透過及び緊急時対策所遮蔽の配管その他の貫通部を通過して緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の対策要員に与える線量。

- c. 被ばく経路③ 外気から室内に取り込まれた放射性物質による被ばく

大気中へ放出された放射性物質が、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内に取り込まれて緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の対策要員に与える線量（ガンマ線による外部被ばく及び吸入摂取による内部被ばく）。

- d. 被ばく経路④ 大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線による被ばく

グラウンドシャイン線が、緊急時対策所遮蔽を透過及び緊急時対策所遮蔽の配管その他の貫通部を通過して緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の対策要員に与える線量。

- (4) 原子炉格納容器及びアニュラス部内の放射性物質の存在量分布並びに大気中への放出量の計算

原子炉格納容器及びアニュラス部内の放射性物質の存在量分布並びに大気中への放出量の計算に当たっては、被ばく経路ごとに結果が厳しくなるように条件を設定する。具体的には、原子炉格納容器内の放射性物質からのガンマ線に



よる被ばくについては、原子炉格納容器からの漏えいによる放射性物質の減少を保守的に無視し、大気中へ放出された放射性物質による被ばくについては、原子炉格納容器からの放出による大気中への放射性物質の放出を考慮することとする。アニュラス部内の放射性物質からのガンマ線による被ばくについては、原子炉格納容器内の圧力に応じて放射性物質がアニュラス部内に漏えいすることを想定し、また、保守的にアニュラス部内から大気中への漏えいによる減少を無視することで放射性物質が滞留し続けることを考慮する。

原子炉格納容器及びアニュラス部内の放射性物質の存在量分布、その結果から計算する線源強度並びに大気中への放出量の計算は、重大事故等時において、事故の形態、規模により、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の対策要員への被ばくへの影響度合いを考慮して適切に設定する。

a. 事故発生直前の状態

事故発生直前まで、原子炉は定格出力の 102% で長期間にわたって運転されていたものとする。その運転時間は、燃料を 1/3 ずつ取り替えていく場合の平衡炉心を考えて、最高 30,000 時間とする。また、炉心内蓄積量は、ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料装荷炉心（炉心の 3/4 にウラン燃料、1/4 にウラン・プルトニウム混合酸化物燃料を装荷した炉心）を条件に ORIGEN2 コードにより算出する。炉心内蓄積量計算条件を第 4-1-1-2 表に、事故発生直前の炉心内蓄積量を第 4-1-1-3 表に示す。

また、ORIGEN2 コードについては、「JENDL-3.2 に基づく ORIGEN2 用ライブラリ：ORLIBJ32」（JAERI-Data/Code 99-003（1999 年 2 月））及び「JENDL-3.2 に基づく ORIGEN2 用ライブラリ：軽水炉 MOX 燃料用 ORIGEN2 ライブラリ」（JAERI-Data/Code 2000-036（2000 年 11 月））において、核種生成量について照射後試験結果と、ORIGEN2 による計算値の比較を実施している。

なお、評価に用いる解析コード ORIGEN2 の検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

b. 評価の対象とする放射性核種

炉心損傷を想定していることを踏まえた粒子状放射性物質も含めた放射性核種を対象とする。よう素は、有機よう素、無機よう素及び粒子状よう素を考慮する。

c. 大気中への放出過程

対象核種ごとに、大気中への放出過程における放射性物質の低減効果を適切に考慮し、大気中への放出量を計算する。

(5) 原子炉格納容器及びアニュラス部内の線源強度の計算

- a. 放射性物質の炉心内蓄積量及び原子炉格納容器内への放出割合から原子炉格納容器内の放射性物質存在量分布を設定する。
- b. 事故時に炉心等から原子炉格納容器内に放出され、原子炉格納容器内に浮遊又は沈着する放射性物質は、原子炉格納容器内気相部に均一に分布するものとする。また、原子炉格納容器内に浮遊する放射性物質のうち、常設電動注入ポンプによるスプレイにて液相部へ移行した粒子状放射性物質については、原子炉格納容器内下部区画（液相部）に均一に分布するものとする。
- c. 原子炉格納容器内の放射性物質は、原子炉格納容器からの漏えいによる放射性物質の減少は保守的に無視する。
- d. アニュラス部内の放射性物質は、原子炉格納容器からの移行を考慮する。原子炉格納容器からの漏えいは、評価上はその **97%**が配管等の貫通するアニュラス部に生じるものとし、漏えい率は、重大事故等時は **0.16%/day** とする。また、アニュラス部内から大気中への漏えいによる放射性物質の減少は保守的に無視する。
- e. 評価期間中のガンマ線積算線源強度は、原子炉格納容器及びアニュラス部内の放射性物質によるガンマ線エネルギーを、エネルギー範囲によって区分して計算する。

重大事故等時の原子炉格納容器及びアニュラス部内の線源強度計算条件を第4-1-1-4表に示す。

(6) 大気拡散の計算

発電所敷地内の気象データを用いて、大気拡散を計算して相対濃度( $C/Q$ )及び相対線量( $D/Q$ )を計算する。

a. 大気拡散評価モデル

放出点から放出された放射性物質が、大気中を拡散して評価点に到達するまでの計算は、ガウスプルームモデルを適用する。

(a) 相対濃度

相対濃度は、毎時刻の気象項目と実効的な放出継続時間をもとに、評価点ごとに次式のとおり計算する。

$$\chi/Q = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T (\chi/Q)_i \delta_i^d$$

ここで、

$\chi/Q$  : 実効放出継続時間中の相対濃度( $s/m^3$ )

$T$  : 実効放出継続時間(h)

$(\chi/Q)_i$  : 時刻*i*の相対濃度( $s/m^3$ )

$\delta_i^d$  : 時刻*i*で、風向が評価対象*d*の場合 ( $\delta_i^d = 1$ )

時刻*i*で、風向が評価対象外の場合 ( $\delta_i^d = 0$ )

$$(\chi/Q)_i = \frac{1}{\pi \Sigma_{yi} \cdot \Sigma_{zi} U_i}$$

$$\Sigma_{yi} = \sqrt{\sigma_{yi}^2 + \frac{cA}{\pi}}, \quad \Sigma_{zi} = \sqrt{\sigma_{zi}^2 + \frac{cA}{\pi}}$$

ここで、

$U_i$  : 時刻*i*の放出源を代表する風速(m/s)

$\Sigma_{yi}$  : 時刻*i*の建屋の影響を加算した  
濃度の*y*方向の拡がりのパラメータ(m)

$\Sigma_{zi}$  : 時刻*i*の建屋の影響を加算した  
濃度の*z*方向の拡がりのパラメータ(m)

$\sigma_{yi}$  : 時刻*i*の濃度の*y*方向の拡がりパラメータ(m)

$\sigma_{zi}$  : 時刻*i*の濃度の*z*方向の拡がりパラメータ(m)

$A$  : 建屋などの風向方向の投影面積( $m^2$ )

$c$  : 形状係数(-)

上記のうち、気象項目（風向、風速及び $\sigma_{yi}$ 、 $\sigma_{zi}$ を求めるために必要な大気安定度）については「b.気象データ」に示すデータを、建屋の投影面積については「e.建屋投影面積」に示す値を、形状係数については「f.形状係数」に示す値を用いることとする。

$\sigma_{yi}$  及び  $\sigma_{zi}$  については、「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」（昭和 57 年 1 月 28 日 原子力安全委員会決定、平成 13 年 3 月 29 日 一部改訂）における相関式を用いて計算する。

## (b) 相対線量

クラウドシャイン線量を計算するために、空気カーマを用いた相対線量を毎時刻の気象項目と実効的な放出継続時間をもとに、評価点ごとに次式

のとおり計算する。

$$D/Q = (K_1/Q)E \mu_a \int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty \frac{e^{-\mu r}}{4\pi r^2} B(\mu r) \chi(x', y', z') dx' dy' dz'$$

ここで、

$D/Q$  : 評価点(x,y,0)における相対線量( $\mu$  Gy/Bq)

$(K_1/Q)$  : 単位放出率当たりの空気カーマ率への

$$\text{換算係数}^{(注)} \left( \frac{\text{dis} \cdot \text{m}^3 \cdot \mu \text{ Gy}}{\text{MeV} \cdot \text{Bq}^2} \right)$$

$E$  : ガンマ線の実効エネルギー(MeV/dis)

$\mu_a$  : 空気に対するガンマ線の線エネルギー吸収係数<sup>(注)</sup> (1/m)

$\mu$  : 空気に対するガンマ線の線減衰係数<sup>(注)</sup> (1/m)

$r$  : (x',y',z')から(x,y,0)までの距離(m)

$B(\mu r)$  : 空気に対するガンマ線の再生係数<sup>(注)</sup> (-)

$\chi(x',y',z')$  : (x',y',z')の濃度(Bq/m<sup>3</sup>)

(注) 発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針(昭和 51 年 9 月 28 日 原子力委員会決定、平成 13 年 3 月 29 日一部改訂)

#### b. 気象データ

2011 年 1 月～2011 年 12 月の 1 年間における気象データを使用する。なお、当該データの使用に当たっては、風向風速データが不良標本の棄却検定により、10 年間(2007 年 1 月～2010 年 12 月、2012 年 1 月～2017 年 12 月)の気象状態と比較して特に異常でないことを確認している。

#### c. 相対濃度及び相対線量の評価点

プルームが通過する事故後 24 時間から 25 時間は、緊急時対策所(緊急時対策棟内)内を緊急時対策所加圧設備により加圧するため、給気口から外気を取入れることはないが、事故後 25 時間以降は給気口から外気を取入れることを前提とするため、相対濃度及び相対線量の評価点としては、原子炉格納容器から緊急時対策棟への最近接点を代表点とする。

#### d. 評価対象方位

事故時の放射性物質の放出点から比較的近距離の場所では、建屋の風下側における風の巻き込みによる影響が顕著となると考えられる。巻き込みを生じる代表建屋として、放出源から最も近く、影響が最も大きいと考えられる、原子炉格納容器を選定する。そのため、評価対象とする方位は、放出された放射性物質が原子炉格納容器の影響を受けて拡散すること及び原子炉格納容器の影響を受けて拡散された放射性物質が評価点に届くことの両方に該当す

る方位とする。具体的には、全 16 方位のうち以下の(a)～(c)の条件に該当する方位を選定し、全ての条件に該当する方位を評価対象とする。

- (a) 放出点が評価点の風上にあること。
- (b) 放出点から放出された放射性物質が、原子炉格納容器の風下側に巻き込まれるような範囲に評価点が存在すること。
- (c) 原子炉格納容器の風下側で巻き込まれた大気が評価点に到達すること。

評価対象とする方位は、原子炉格納容器を見込む方位の範囲の両端が、それぞれの方位に垂直な投影形状の左右に 0.5L (Lは原子炉格納容器の風向に垂直な面での幅とする) だけ幅を広げた部分を見込む方位を仮定する。

上記選定条件(b)の条件に該当する風向の方位の選定には、放出点が評価点の風上となる範囲が対象となるが、放出点は原子炉格納容器に近接し、0.5Lの拡散領域の内部にあるため、放出点が風上となる 180° を対象とする。その上で、選定条件(c)の条件に該当する風向の方位の選定として、評価点から原子炉格納容器+0.5Lを含む方位を選択する。

以上により、選定条件(a)～(c)の条件に全て該当する方位は、3,4号機ともに1方位(NW)となる。評価対象とする風向を、第4-1-1-4図に示す。

#### e. 建屋投影面積

建屋投影面積は小さい方が厳しい結果となるため、保守的に巻き込みによる影響が最も大きいと考えられる1つの建屋を代表として、原子炉格納容器の風向に対して垂直な建屋投影面積を厳しめに2,000m<sup>2</sup>とする。

#### f. 形状係数

建屋の形状係数は1/2<sup>(注)</sup>とする。

(注) 発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針(昭和57年1月28日

原子力安全委員会決定、平成13年3月29日一部改訂)

#### g. 累積出現頻度

緊急時対策所(緊急時対策棟内)の居住性に係る被ばく評価に用いる相対濃度と相対線量は、3,4号機同時に事故が発生し放射性物質が放出したものとして、大気拡散の評価に従い実効放出継続時間を基に計算した値を年間について小さい方から順に並べた累積出現頻度97%<sup>(注)</sup>に当たる値を用いる。

(注) 発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針(昭和57年1月28日

原子力安全委員会決定、平成13年3月29日一部改訂)

大気拡散計算条件を第4-1-1-5表に示す。

## (7) 線量計算

直接線、スカイシャイン線、クラウドシャイン線及びグランドシャイン線は、放射線源からのガンマ線が物質中を減衰しながら評価点に達し線量を与える。したがって、これらの計算に必要な主な条件は線源条件及び遮蔽体条件である。これらの条件を用いて、以下の手法にてそれぞれ線量を計算する。放射線の線源計算と線量計算の関係を第 4-1-1-5 図に示す。

### a. 解析コード

線量計算に当たっては、施設の位置、遮蔽構造及び地形条件を適切に模擬し線源からのガンマ線量評価が可能な以下の解析コードを使用する。なお、評価に用いる解析コード SCATTERING 及び QAD の検証、妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

#### (a) SCATTERING コード

点減衰核積分法を使用した 1 回散乱近似法による遮蔽解析コードであり、ガンマ線が空気中で散乱を受けた後、観測点に到達する散乱線量（スカイシャイン線量）を計算する。この解析コードでは次式を用いている。また、計算体系を第 4-1-1-6 図に示す。なお、SCATTERING コードの概要については、「SCATTERING コードの概要」（平成 14 年 3 月三菱重工業 MAPI-1021 改 7）に示されている。

$$D = \int_V \frac{S(E)}{4\pi R^2} \cdot e^{-b} \cdot B(E, b^0) \cdot K(E') \cdot \frac{d\sigma}{d\Omega}(E, \theta) \cdot \frac{N}{r^2} \cdot B(E', b') \cdot e^{-b'} dV$$

ここで、

D	: スカイシャイン線量率 ( $\mu$ Gy/h)
V	: 散乱体積 ( $\text{cm}^3$ )
S(E)	: 線源エネルギー E の線源強度 (MeV/s)
R	: 線源点から散乱点までの距離 (cm)
b	: 減衰距離

$$\left( b = \sum_i \sum_j \mu_i \cdot x_j \right)$$

K(E')	: 散乱エネルギー E' に対する空気カーマ率換算係数 ( $(\mu \text{ Gy/h})/(\text{MeV}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s}))$ )
$\frac{d\sigma}{d\Omega}(E, \theta)$	: Klein-Nishina の微分散乱断面積 ( $\text{cm}^2$ )
$\theta$	: 散乱角 (rad)
N	: 空気中の電子数密度 ( $\text{cm}^{-3}$ )

- $r$  : 散乱点から計算点までの距離 (cm)  
 $B(E, b^0)$  : 線源エネルギー $E$ のガンマ線の線源点から散乱点までの空気以外の遮蔽体  $b^0$ に対するビルドアップ係数

$$\left( b^0 = \sum_k \sum_n \mu_k \cdot x_n \right)$$

- $B(E', b')$  : 散乱エネルギー  $E'$ のガンマ線の散乱点から計算点までの空気を含む遮蔽体  $b'$ に対するビルドアップ係数

$$\left( b' = \sum_{\ell} \sum_m \mu'_{\ell} \cdot x'_m \right)$$

- $\mu_i, \mu_k, \mu'_{\ell}$  : 線源エネルギー $E$ 、散乱エネルギー $E'$ における物質 $i, k, \ell$ の線減衰係数 ( $\text{cm}^{-1}$ )

- $x_j, x_n, x'_m$  : 物質 $j, n, m$ の透過距離 (cm)

上記のうち、 $K(E')$ については、「Fundamental Aspects of Reactor Shielding」(H. Goldstein, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., U.S.A., 1959)に基づくガンマ線束から照射線量率への換算係数((R/h)/(MeV/(cm<sup>2</sup>・s)))に照射線量から空気カーマへの換算係数(Gy/R)を乗じることによってコード内で算出される値を、 $B(E, b^0)$ 及び $B(E', b')$ については、「G-33」(Melvin L. Couchman and George H. Anno, NUS-TM-NA-42, November 1965)に示される計算式によりコード内で算出される値を、 $\mu_i, \mu_k, \mu'_{\ell}$ については、「Reactor Physics Constants」(ANL-5800, July 1963)に基づく質量減衰係数(cm<sup>2</sup>/g)に物質の比重(g/cm<sup>3</sup>)を乗じることによってコード内で算出される値を用いる。なお、文献に記載のない値については、内挿計算する。

#### (b) QAD コード

点減衰核積分法による線源及び遮蔽体を直方体、円筒、球などの3次元形状で模擬した計算体系による遮蔽解析コードであり、直接線量及びグラウンドシャイン線量を計算する。この計算の基本式を以下に示す。また、計算体系を第4-1-1-7図に示す。なお、QADコードの概要については、「QAD: A Series of Point Kernel General Purpose Shielding Programs」(R.E.Malenfant, LA-3573(1967))に示されている。

$$D(r) = F \cdot \int_V \frac{S(r', E) \cdot B(\mu \cdot |r - r'|, E) \cdot e^{-\mu |r - r'|}}{4 \cdot \pi \cdot |r - r'|^2} dV$$

ここで、

- $r$  : 線量率を計算する位置 (cm)  
 $r'$  : 個々の点線源の位置 (cm)  
 $D(r)$  :  $r$ 点での線量率 (mSv/h)  
 $S(r', E)$  :  $r'$ 点におけるエネルギー  $E$  のガンマ線源強度  
(MeV/(cm<sup>3</sup>·s))  
 $\mu$  : エネルギー  $E$  のガンマ線の線減衰係数 (cm<sup>-1</sup>)  
 $B(\mu \cdot |r - r'|, E)$  : エネルギー  $E$  の線量ビルドアップ係数  
 $V$  : 線源領域全空間 (cm<sup>3</sup>)  
 $F$  : エネルギー  $E$  の線量率換算係数  
((mSv/h)/(MeV/(cm<sup>2</sup>·s)))  
 $\mu \cdot |r - r'|$  : 減衰距離

QAD コードでは、エネルギー第  $j$  群の線量率を求めるのに上式を近似的に次式で計算し、線量率  $D_j$  を全ての線源エネルギー群について加えることにより全線量率が計算される。

$$D_j = \sum_i F_j \cdot \frac{S_{ij}}{4 \cdot \pi \cdot R_i^2} \cdot e^{(-\sum_k \mu_{jk} \cdot t_k)} \cdot B_{ij}$$

ここで、

- $i$  : 線源点番号  
 $j$  : エネルギー群番号  
 $k$  : 物質番号  
 $F_j$  : 線量率換算係数((mSv/h)/(MeV/(cm<sup>2</sup>·s)))  
 $S_{ij}$  :  $i$  番目の線源点で代表される領域の体積で重みづけされたエネルギー  $j$  群の点線源強度  
(MeV/(cm<sup>3</sup>·s))  
 $R_i$  :  $i$  番目の線源点と計算点の距離 (cm)  
 $B_{ij}$  : ビルドアップ係数  
 $\mu_{jk}$  : 物質  $k$  における、エネルギー  $j$  群のガンマ線に対する線減衰係数(cm<sup>-1</sup>)  
 $t_k$  : 物質  $k$  をガンマ線が透過する距離 (cm)



上記のうち、 $F_j$ については、「Fundamental Aspects of Reactor Shielding」(H. Goldstein, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., U.S.A., 1959)に基づくガンマ線束から照射線量率への換算係数 $((R/h)/(MeV/(cm^2 \cdot s)))$ に照射線量から空気カーマへの換算係数 $(Gy/R)$ 及び「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」(平成2年8月30日 原子力安全委員会決定、平成13年3月29日一部改訂)に基づく空気カーマから実効線量への換算係数 $(mSv/Gy)$ を乗じることでコード内で算出される値を、 $B_{ij}$ については、「QAD-CGGP2 and G33-GP2: Revised Versions of QAD-CGGP and G33-GP」(Y.Sakamoto and S.Tanaka, JAERI-M 90-110(1990))に記載の GP 型ビルドアップ係数の算出式にてコード内で算出される値を、 $\mu_{jk}$ については、「PHOTX, Photon Interaction Cross Section Library」(Oak Ridge National Laboratory Radiation Shielding Information Center Data Package DLC-136)に基づく質量減衰係数 $(cm^2/g)$ に物質の比重 $(g/cm^3)$ を乗じることでコード内で算出される値を用いる。なお、文献に記載のない値については、内挿計算する。

b. 生体遮蔽装置

評価で考慮する生体遮蔽装置は以下のとおり。

(a) 緊急時対策所遮蔽

緊急時対策所遮蔽は、外壁については最小厚さである 1,000mm、内壁については最小厚さである 700mm、天井については 1,000mm、床については 700mm に施工誤差-5mm を考慮して計算に用いる。コンクリート密度は、 $2.15g/cm^3$ とする。

(b) 外部遮蔽

外部遮蔽は、原子炉格納容器ドーム部  mm、原子炉格納容器円筒部  mm に施工誤差-100mm を考慮して計算に用いる。コンクリート密度は、 $2.18g/cm^3$ とする。

(c) 補助遮蔽

補助遮蔽は、原子炉周辺棟上部の壁及び天井については 3,4 号機共に最小厚さである  mm を、原子炉周辺棟下部の壁及び天井について原子炉格納容器から緊急時対策所(緊急時対策棟内)までの距離に近い 4 号機の最小厚さである  mm を代表厚さとし、施工誤差-5mm を考慮して計算に用いる。コンクリート密度は、 $2.18g/cm^3$ とする。

c. 線量換算係数

空気カーマから全身に対しての線量への換算係数は  $1Sv/Gy$  <sup>(注)</sup> とする。

(注) 発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針(平成2年8月30日 原子力安全委員会決定、平成13年3月29日一部改訂)

生体遮蔽装置及び線量換算係数に係る条件を第4-1-1-6表に示す。

d. 線量計算

線量計算に当たっては、被ばく経路ごとに評価期間中の積算線量を算出し、実効線量を評価する。

(a) 被ばく経路①

原子炉格納容器及びアニュラス部内の線源強度並びに緊急時対策所遮蔽条件、外部遮蔽条件及び補助遮蔽条件を基に、解析コードを使用し、直接線量及びスカイシャイン線量を計算する。

(b) 被ばく経路②

緊急時対策所遮蔽を透過するクラウドシャイン線量については、次式のとおり、大気中への放射性物質放出量及び相対線量を用いて、空気中時間積分濃度及び空気カーマから全身に対しての線量への換算係数の積で計算する。また、緊急時対策所遮蔽によるガンマ線の減衰を考慮する。クラウドシャイン線量計算の概要を第4-1-1-8図に示す。

$$D_C = K \cdot (D/Q) \cdot Q_\gamma \cdot R \cdot 1000$$

ここで、

$D_C$  : 滞在時のクラウドからの外部被ばく線量 (mSv)

$K$  : 空気カーマから全身に対しての線量への換算係数  
(Sv/Gy)

$D/Q$  : 気象データに基づくガンマ線エネルギー 0.5MeV  
換算の相対線量 (Gy/Bq)

$Q_\gamma$  : 評価期間中の積算放出放射エネルギー  
(ガンマ線エネルギー 0.5MeV 換算値) (Bq)

$R$  : 緊急時対策所遮蔽コンクリートによるガンマ線の  
減衰率(-)

また、緊急時対策所遮蔽を透過せずに配管その他の貫通部を通過するクラウドシャイン線量については、解析コードに散乱による減衰効果を考慮して計算する。

(c) 被ばく経路③

本被ばく経路の線量計算は、審査ガイドを参照し、同じ事故事象を対象として評価している添付資料 18「緊急時対策所の居住性に関する説明書」の結果を用いる。

(d) 被ばく経路④

緊急時対策所遮蔽を透過するグランドシャイン線量については、地表面に沈着した放射性物質及び緊急時対策所遮蔽条件を基に、解析コードを使用して計算する。

また、緊急時対策所遮蔽を透過せずに配管その他の貫通部を通過するグランドシャイン線量については、解析コードに散乱による減衰効果を考慮して計算する。

(8) 線量の合算及び判断基準との比較

被ばく経路ごとの線量を合算し、居住性に係る被ばく評価の判断基準  $100\text{mSv}$  と比較する。

ここで、緊急時対策所（緊急時対策棟内）は 3,4 号機共用であり、被ばく評価上は、設計値又は結果が厳しくなるように設計値に余裕を見込んだ値等の 3,4 号機を包絡する条件設定とするため、3,4 号機の放射性物質の炉心内蓄積量、原子炉格納容器及びアニュラス部内の線源強度、大気中への放出量並びに遮蔽構造に係る評価条件は 3,4 号機共通である。被ばく経路①については、原子炉格納容器から緊急時対策所（緊急時対策棟内）までの距離が近い 4 号機の線量を 3,4 号機共通の線量とし、その線量を 2 倍する。被ばく経路②、③及び④については、大気拡散の効果を考慮して、3,4 号機で同時に事故が発生し、放射性物質が同時に放出されたものとして線量を計算する。

4.1.2 評価条件及び評価結果

評価方針は、「4.1.1 評価方針」に示すとおりであるが、この方針を基に各々の評価条件を考慮して、線量を評価する。

(1) 原子炉格納容器及びアニュラス部内の放射性物質の存在量分布並びにその結果から計算する線源強度

- a. 炉心損傷後の事象であることを踏まえ、原子炉格納容器内に放出される放射性物質は、NUREG-1465<sup>(注)</sup>の炉心内蓄積量に対する割合を基に設定する。NUREG-1465のソースタームは、燃料被覆管破損時点より、原子炉容器が破損し溶融炉心が炉外に放出される状態に至るまでを対象としたも

のであり、本評価事象も対象に含まれる。

(注) Accident Source Terms for Light-Water Nuclear Power Plants (L.Soffer, et al., NUREG-1465, February 1995)

- b. 原子炉格納容器内に放出されたよう素は、粒子状よう素、無機よう素及び有機よう素を考慮し、その割合は、粒子状よう素が 5%、無機よう素が 91%、有機よう素が 4%とする。
- c. 原子炉格納容器内の放射性物質については、原子炉格納容器からの漏えいによる放射性物質の減少を保守的に無視する。一方、アニュラス部内の放射性物質については、原子炉格納容器内の圧力に応じて放射性物質がアニュラス部内へ漏えいすることを想定し、また、保守的にアニュラス部内から大気中への漏えいによる減少を無視する。
- d. 原子炉格納容器内のスプレイは、起動遅れ時間に余裕を見込み事故後 60 分で起動するものとし、スプレイによるエアロゾルの除去効果を期待する。

直接線及びスカイシャイン線の評価条件を第 4-1-2-1 表に示す。

以上の条件に基づき、算出した直接線及びスカイシャイン線の評価に用いる原子炉格納容器及びアニュラス部内の積算線源強度を第 4-1-2-2 表及び第 4-1-2-3 表に示す。

## (2) 大気中への放出量の評価

放射性物質の大気中への放出量評価に関する条件を以下に示す。

### a. 大気中への放出割合

放射性物質の大気中への放出割合は、原子炉格納容器が破損したと考えられる東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故と同等の事故と仮定して設定する。

### b. よう素の形態

大気中に放出されたよう素は、粒子状よう素、無機よう素及び有機よう素を考慮し、その割合は、粒子状よう素が 95%、無機よう素が 4.85%、有機よう素が 0.15%とする。

### c. 放射性物質の大気中への放出開始時刻

放射性物質の大気中への放出開始時刻は、東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故で最初に放出した 1 号炉の放出開始時刻を参考に、事象発生 24 時間後とする。

d. 放射性物質の大気中への放出継続時間

放射性物質の大気中への放出継続時間は、短時間で放出する気体の希ガスと、よう素及びその他核種の放出挙動の違いを考慮し、保守的な結果となるように希ガス 1 時間、その他 10 時間とする。

大気中への放出放射エネルギー評価条件の詳細を第 4-1-2-4 表に示す。  
これらの条件により評価した結果を第 4-1-2-5 表に示す。

(3) 大気拡散の評価

放射性物質の大気拡散評価に関する条件を以下に示す。

a. 実効放出継続時間

実効放出継続時間は、評価結果が厳しくなるよう、全核種 1 時間とする。

b. 放出源高さ

全ての放射性物質は、保守的に地上放出されるものとする。また、放出エネルギーは、保守的な結果となるように考慮しないと仮定する。

大気拡散条件の詳細を第 4-1-2-6 表に示す。

これらの条件により相対濃度及び相対線量を評価した結果を第 4-1-2-7 表に示す。

(4) 線量評価

a. 被ばく経路① 原子炉格納容器及びアニュラス部内の放射性物質からのガンマ線による被ばく

直接線量及びスカイシャイン線量の計算に当たっては、施設の位置、遮蔽構造及び地形条件を模擬し、それぞれ QAD コード及び SCATTERING コードにより計算する。計算モデルを第 4-1-2-1 図及び第 4-1-2-2 図に示す。なお、原子炉周辺棟の天井と壁の遮蔽厚は評価上等しいため、スカイシャイン線量を含む散乱成分は、直接線量の計算におけるビルドアップ係数として考慮される。

b. 被ばく経路② 大気中へ放出された放射性物質からのガンマ線による被ばく

クラウドシャイン線量の計算に当たっては、大気中への放射性物質放出量及び相対線量を用いて算出する。緊急時対策所遮蔽コンクリートによるガンマ線の減衰率については、QAD コードを用いてクラウドの放射性核種の放出

するガンマ線スペクトルを考慮し算出する。また、緊急時対策所遮蔽を透過せずに配管その他の貫通部を通過するクラウドシャイン線量については、QAD コードに散乱による減衰効果を考慮して計算する。

ここで、線源範囲は配管貫通部の正面の範囲とする。

- c. 被ばく経路④ 大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線による被ばく

グラウンドシャイン線量の計算に当たっては、大気中への放射性物質放出量、相対濃度及び地表面への沈着速度を用いて地表面沈着量を算出し、これを線源強度として、施設の位置、遮蔽構造及び地形条件を模擬し、QAD コードにより計算する。また、緊急時対策所遮蔽を透過せずに配管その他の貫通部を通過するグラウンドシャイン線量については、QAD コードに散乱による減衰効果を考慮して計算する。計算モデルを第 4-1-2-3 図に示す。

- (a) 沈着量は、屋外への沈着については、湿性沈着を考慮して乾性沈着速度(0.3cm/s)<sup>(注)</sup>の4倍の値である1.2cm/sを地表面への沈着速度とし、以下の式にて算出する。緊急時対策所(緊急時対策棟内)以外のエリア及び緊急時対策所遮蔽の配管貫通部外側エリアについては外気を取り込むため屋内への沈着を考慮し、乾性沈着速度(0.3cm/s)を沈着速度とする。

$$A G_i(t) = \frac{V G_i \cdot (\chi/Q) \cdot Q_i}{\lambda_i} \cdot (1 - e^{-\lambda_i t})$$

$A G_i(t)$  : 時刻  $t$ 、核種  $i$  の放射性物質の地表沈着量 (Bq/m<sup>2</sup>)

$V G_i$  : 時刻  $t$ 、核種  $i$  の沈着速度 (m/s)

$(\chi/Q)$  : 時刻  $t$  の相対濃度 (s/m<sup>3</sup>)

$Q_i$  : 時刻  $t$ 、核種  $i$  の放射性物質の放出率 (Bq/s)

$\lambda_i$  : 核種  $i$  の崩壊定数 (1/s)

地表面への沈着速度の条件を第 4-1-2-8 表に示す。

(注) Evaluation of Severe Accident Risks : Quantification of Major Input Parameters (米国 NUREG/CR-4551 Vol.2)

- (b) 放射性物質は、建屋まわりの地表面及び緊急時対策棟屋上等に沈着した放射性物質を考慮する。

建屋まわりの地表面に沈着した放射性物質の沈着量は、原子炉格納容器から緊急時対策棟への最近接点における相対濃度を用いて求めた濃度が、建屋まわりの地表面に一様分布しているものとして設定する。ここで、線

源面積は、建屋まわりの地形を考慮し、緊急時対策棟から線源を直視できる範囲を設定する。

緊急時対策棟屋上に沈着した放射性物質の沈着量は、原子炉格納容器から緊急時対策棟への最近接点における相対濃度を用いて求めた濃度が、緊急時対策棟屋上に一様分布しているものとして設定する。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）以外のエリア内床面に沈着した放射性物質の沈着量は、原子炉格納容器から緊急時対策棟への最近接点における相対濃度を用いて求めた濃度が、緊急時対策所（緊急時対策棟内）以外のエリア内床面に一様分布しているものとして設定する。

緊急時対策所遮蔽の配管貫通部外側エリアに沈着した放射性物質の沈着量は、原子炉格納容器から緊急時対策棟への最近接点における相対濃度を用いて求めた濃度が、緊急時対策所遮蔽の配管貫通部外側エリア床面に一様分布しているものとして設定する。

ここで、線源面積は、配管貫通部外側の建屋構造を考慮し、線源から貫通部を通じて内側を直視できる範囲を設定する。

以上の条件に基づき、グランドシャイン線の評価に用いる地表面に沈着した放射性物質によるガンマ線エネルギーをエネルギー範囲別に算出した事故後 7 日間積算線源強度は、第 4-1-2-9 表に示すとおりである。

#### (5) 被ばく評価結果

重大事故等時に緊急時対策所遮蔽、外部遮蔽及び補助遮蔽を透過する放射線並びに緊急時対策所遮蔽を透過せず貫通部を通過する放射線による線量は、第 4-1-2-10 表に示すとおり実効線量で約 **4.8mSv** である。重大事故等時に緊急時対策所（緊急時対策棟内）にとどまる対策要員が受ける線量は、第 4-1-2-11 表に示すとおり、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内に取り込まれた外気による線量を合わせて約 **25mSv** であり、居住性に係る被ばく評価の判断基準 **100mSv** を満足する。

## 4.2 熱除去の評価

### 4.2.1 評価方針

#### (1) 評価の概要

緊急時対策所遮蔽の熱除去に関する設計のために、放射線による遮蔽体の温度上昇を計算し、その結果が遮蔽機能上問題ないことを確認する。なお、温度上昇については、遮蔽体の熱伝導率や遮蔽体からの放熱は、保守的な評価条件となるように評価する。

熱除去の評価では、伝熱理論に基づいた解析手法により遮蔽体の温度上昇を計算する。評価に当たっては、遮蔽体中の温度上昇が最も厳しい箇所について、線量計算で求める遮蔽体のガンマ線入射線束よりガンマ発熱量を求めて遮蔽体の温度上昇を計算し、その結果がコンクリートのガンマ線遮蔽能力に対する温度制限値として設定する 170℃以下<sup>(注)</sup> となることを確認する。なお、外部遮蔽及び補助遮蔽の評価については、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 34「生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書」による。

本評価では、保守的な結果となるように以下のとおり遮蔽体の温度上昇を計算する。

- ・遮蔽体は鉄筋コンクリートであるが、コンクリートに比べ鉄筋は熱伝導率が高く、鉄筋によりコンクリートの熱が除去されることから、ガンマ発熱量の計算上はコンクリートのみとする。
- ・緊急時対策所遮蔽の評価については、コンクリートに入射、吸収されたガンマ線は全て温度上昇に寄与するものとし、外気や室内への放熱はないものとする。
- ・遮蔽体の温度上昇の計算に用いるガンマ発熱量は、各評価点でガンマ発熱量を計算し、これらの結果を合計したものとする。

(注) 温度制限値とする 170℃は、「Engineering Compendium on Radiation Shielding Vol.9.1.12.6」(R.G.Jaeger, 1975) によるコンクリートのガンマ線遮蔽能力に対する温度制限値 177℃を保守的に切り下げて設定する。なお、強度評価上は、既往の文献である「高温(175℃)を受けたコンクリートの強度性状」(セメント・コンクリート No.449, July1984) 及び「高温履歴を受けるコンクリートの物性に関する実験的研究」(日本建築学会構造系論文集第 457 号 1994 年 3 月) によると、コンクリートを 175℃程度、91 日間加熱した試験でも、コンクリートの圧縮強度の低下及び剛性の低下は小さいとされている。



## (2) 緊急時対策所遮蔽における温度上昇の計算

### a. ガンマ発熱量の計算

各評価点のガンマ線入射線束に遮蔽体の構成物質（コンクリート）に応じたエネルギー吸収係数を乗じて各評価点のガンマ発熱量を次式により計算し、これらの結果を合計したものを1点に入射させた場合のガンマ発熱量を温度上昇の計算に用いる。

$$Q = I_{\gamma} \cdot f \cdot B$$

ここで

$Q$  : ガンマ発熱量(kJ/cm<sup>3</sup>)

$I_{\gamma}$  : ガンマ線入射線束(MeV/cm<sup>2</sup>)

$f$  : MeV から kJ への換算係数( $1.602 \times 10^{-16}$ kJ/MeV)

$B$  : コンクリートの線エネルギー吸収係数(cm<sup>-1</sup>)<sup>(注)</sup>

(注) 「Reactor Physics Constants」(ANL-5800, July 1963)

### b. 遮蔽体における温度上昇の計算

「a. ガンマ発熱量の計算」により得られたガンマ発熱量を用いて、比熱の定義 ( $c = Q / (m \cdot \Delta T)$ ) を  $\Delta T$  について解いた次式により温度上昇を計算する。

$$\Delta T = Q \cdot 1000 / (c \cdot \rho)$$

ここで

$\Delta T$  : 温度上昇(°C)

$Q$  : ガンマ発熱量(kJ/cm<sup>3</sup>)

$c$  : コンクリートの比熱(0.95kJ/(kg·°C))<sup>(注1)</sup>

$\rho$  : コンクリート比重(g/cm<sup>3</sup>)

(緊急時対策所遮蔽 : 2.15)<sup>(注2)</sup>

(注1) 「伝熱工学資料 改訂第5版」(日本機械学会, 2009)

(注2) 今回申請の設計確認値

#### 4.2.2 評価条件及び評価結果

##### (1) ガンマ線入射線束の評価点の設定

遮蔽体のガンマ線入射線束の評価点は、入射線束が最も高くなるように、以下のとおり各々設定する。

###### a. 緊急時対策所遮蔽

緊急時対策所遮蔽のガンマ線入射線束の評価点は、第 4-2-1 図に示すとおり、直接線については緊急時対策所遮蔽壁のうち線源である原子炉格納容器に最近接の壁外側表面、スカイシャイン線、クラウドシャイン線及びグランドシャイン線については、緊急時対策所遮蔽壁のうち天井壁外側表面とする。

##### (2) ガンマ線入射線束の設定

各評価点のガンマ線入射線束は、以下に示す放射線の遮蔽評価と同様の計算方法により計算する。

###### a. 緊急時対策所遮蔽

重大事故等時における緊急時対策所遮蔽のガンマ線入射線束は、「4.1.2 評価条件及び評価結果」に示す放射線の遮蔽計算の線源及びモデルを使用し、直接線は QAD コード、スカイシャイン線は SCATTERING コード、クラウドシャイン線は 0.5MeV 換算の線量及び線量換算係数、グランドシャイン線は QAD コードを用いて計算する。これらのガンマ線入射線束の計算結果を第 4-2-1 表に示す。なお、原子炉周辺棟の天井と壁の遮蔽厚は評価上等しいため、スカイシャイン線を含む散乱成分は、直接線の計算におけるビルドアップ係数として考慮される。

##### (3) 遮蔽体におけるガンマ発熱量及び温度上昇の評価

###### a. ガンマ発熱量の評価

「4.2.1 (2) a. ガンマ発熱量の計算」の計算式により得られたガンマ発熱量の計算結果を以下に示す。

###### (a) 緊急時対策所遮蔽

緊急時対策所遮蔽の重大事故等時における事故後 7 日間積算のガンマ発熱量は第 4-2-1 表に示すとおり約  $2.2 \times 10^{-4} \text{kJ/cm}^3$  となる。

b. 温度上昇の評価

「4.2.1 (2) b. 遮蔽体における温度上昇の計算」の計算式により得られた温度上昇の計算結果を以下に示す。

(a) 緊急時対策所遮蔽

緊急時対策所遮蔽の重大事故等時における温度上昇は第4-2-1表に示すとおり約0.2℃となる。

(4) 熱除去の評価結果

a. 緊急時対策所遮蔽

「4.2.2 (3) b. 温度上昇の評価」に示すとおり緊急時対策所遮蔽の重大事故等時における温度上昇は1℃以下となり、コンクリートのガンマ線遮蔽能力に対する温度制限値を満足している。

4.3 放射線の遮蔽及び熱除去の評価のまとめ

緊急時対策所遮蔽について、放射線の遮蔽及び熱除去の評価を行った結果、それぞれの判断基準を満足していることを確認したことから、遮蔽機能上問題ないものと評価する。

第4-1-1-1表 評価事象に係る条件 (3,4号機共通)

項目	評価条件	選定理由	備考
事故の評価期間	事故後7日間	解釈に基づき設定	解釈 第76条 1 e) ④ 判断基準は、 対策要員の実効線量が 7日間で100mSvを超 えないこと。
評価事象	放射性物質の大気中へ の放出量等は東京電力 株式会社福島第一原子 力発電所事故と同等と 仮定した事故	解釈に基づき設定	解釈 第76条 1 e) ① 想定する放射 性物質の放出量等は東 京電力株式会社福島第 一原子力発電所事故と 同等とすること。

第4-1-1-2表 炉心内蓄積量計算条件 (3,4号機共通)

項目	評価条件	選定理由	備考
炉心熱出力	100% (3,411MWt) ×1.02	定格値に定常誤差(+ 2%)を考慮した値を設定	審査ガイド 4.1(2)a. 緊急時制御室又は緊急時 対策所の居住性に係る被ばく評価 では、放射性物質の大気中への放 出割合が東京電力株式会社福島第 一原子力発電所事故と同等と仮定 した事故に対して、放射性物質の 大気中への放出割合及び炉心内蔵 量から大気中への放射性物質放出 量を計算する。
原子炉運転時間	最高 30,000 時間	燃料を 1/3 ずつ取り替えて いく場合の平衡炉心を 考慮し、最高時間を設定 評価対象炉心は、被ばく 評価において厳しい MOX 燃料装荷炉心を設 定 <sup>(注)</sup>	
サイクル数 (バッチ数)	3 (装荷比率) 3/4 : ウラン燃料 1/4 : MOX 燃料	同上	

(注) 玄海4号機は玄海3号機の炉心で代表

第 4-1-1-3 表 炉心内蓄積量 (3,4 号機共通)

核種グループ	炉心内蓄積量 (Bq)
希ガス類	約 $3.9 \times 10^{19}$
よう素類	約 $4.0 \times 10^{19}$
Cs 類	約 $1.5 \times 10^{19}$
Te 類	約 $2.5 \times 10^{19}$
Ba 類	約 $2.3 \times 10^{19}$
Ru 類	約 $4.7 \times 10^{19}$
Ce 類	約 $8.5 \times 10^{19}$
La 類	約 $8.5 \times 10^{19}$

第 4-1-1-4 表 原子炉格納容器及びアニュラス部内の線源強度計算条件

(3,4 号機共通)

項 目	評 価 条 件	選 定 理 由	備 考
原子炉格納容器内線源強度分布	<p>原子炉格納容器内に放出された放射性物質が均一に分布 (原子炉格納容器からの放出による減少効果は無視)</p>	<p>事故時に炉心から原子炉格納容器内に放出された放射性物質はすべて原子炉格納容器内に均一に分布するものと仮定して設定</p>	<p>被ばく評価手法 (内規) 6.1(3)b) 事故時に炉心から原子炉格納容器内に放出された放射性物質は、すべて原子炉格納容器内に均一に分布するものと仮定し、原子炉格納容器からの漏えいによる減少効果及び格納容器スプレイ水による除去効果は無視する。</p> <p>審査ガイド 4.4(5)a.原子炉建屋内の放射性物質は、自由空間容積に均一に分布するものとして、事故後 7 日間の積算線源強度を計算する。</p>
アニュラス部内線源強度分布	<p>アニュラス部内に放出された核分裂生成物が均一に分布</p> <p>原子炉格納容器からアニュラス部内への漏えい割合：97%</p> <p>原子炉格納容器漏えい率：0.16%/day</p> <p>(アニュラス部からの放出による減少効果は無視)</p>	<p>アニュラス部が外部遮蔽壁の外側に存在するため、アニュラス部内に漏えいした放射性物質によるガンマ線を考慮</p> <p>原子炉格納容器からアニュラス部内に漏えいしてきた放射性物質は、アニュラス部内に均一に分布するものと仮定して設定</p>	<p>被ばく評価手法 (内規) 6.1(3)f) PWR 型原子炉施設のプレストレストコンクリート型原子炉格納容器のように、アニュラス部が外部遮蔽壁の外側に存在する場合は、アニュラス部内に漏えいした希ガス及びよう素によるガンマ線も含めて計算する。原子炉格納容器からアニュラス部内に漏えいしてきた放射性物質は、アニュラス部内に均一に分布するものと仮定する。</p>

第4-1-1-5表 大気拡散計算条件 (3,4号機共通) (1/4)

項目	評価条件	選定理由	備考
大気拡散 評価モデル	ガウスプルームモデル	気象指針 <sup>(注)</sup> を参考として、放射性雲は風下方向に直線的に流され、放射性雲の軸のまわりに正規分布に拡がっていくと仮定するガウスプルームモデルを適用	審査ガイド 4.2(2)a.放射性物質の空气中濃度は、放出源高さ及び気象条件に応じて、空間濃度分布が水平方向及び鉛直方向ともに正規分布になると仮定したガウスプルームモデルを適用して計算する。
気象資料	玄海原子力発電所における 1年間の気象資料 (2011.1~2011.12)  (地上風を代表する 観測点(地上約10m)の 気象データ)	建屋影響を受ける大気拡散評価を行うため保守的に地上風(地上約10m)の気象データを使用 風向風速データが不良標本の棄却検定により、10年間の気象状態と比較して特に異常ではないことが確認された発電所において観測された1年間の気象資料を使用	審査ガイド 4.2(2)a.風向、風速、大気安定度及び降雨の観測項目を、現地において少なくとも1年間観測して得られた気象資料を大気拡散式に用いる。

(注) 発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針 (原子力安全委員会)

第4-1-1-5表 大気拡散計算条件 (3,4号機共通) (2/4)

項目	評価条件	選定理由	備考
累積出現頻度	小さい方から97%	気象指針を参考として、年間の相対濃度又は相対線量を降順に並び替え、累積出現頻度が97%に当たる値を設定	審査ガイド 4.2(2)c.評価点の相対濃度又は相対線量は、毎時刻の相対濃度又は相対線量を年間について小さい方から累積した場合、その累積出現頻度が97%に当たる値とする。
建屋の影響	考慮する	放出点から近距離の建屋の影響を受けるため、建屋による巻き込み現象を考慮	審査ガイド 4.2(2)a.原子炉制御室/緊急時制御室/緊急時対策所の居住性評価で特徴的な放出点から近距離の建屋の影響を受ける場合には、建屋による巻き込み現象を考慮した大気拡散による拡散パラメータを用いる。
巻き込みを生じる代表建屋	原子炉格納容器	放出源から最も近く、巻き込みの影響が最も大きいと考えられる1つの建屋として選定 また、建屋投影面積が小さい方が保守的な結果を与えるため、単独建屋として設定	審査ガイド 4.2(2)b.巻き込みを生じる建屋として、原子炉格納容器、原子炉建屋、原子炉補助建屋、タービン建屋、コントロール建屋及び燃料取り扱い建屋等、原則として放出源の近隣に存在するすべての建屋が対象となるが、巻き込みの影響が最も大きいと考えられる一つの建屋を代表建屋とすることは、保守的な結果を与える。



第4-1-1-5表 大気拡散計算条件 (3,4号機共通) (3/4)

項 目	評 価 条 件	選 定 理 由	備 考
放射性物質 濃度の 評価点	原子炉格納容器から 緊急時対策棟への 最近接点	プルームが通過する事故 後 24 時間から 25 時間は、 緊急時対策所 (緊急時対策 棟内) 内を緊急時対策所加 圧設備により加圧するた め、給気口から外気を取 入れることはないが、事 故後 25 時間以降は給 気口から外気を取入れ ることを前提とするた め、相対濃度及び相 対線量の評価点とし ては、原子炉格納容 器から緊急時対策棟 への最近接点を設定	審査ガイド 4.2(2)b.評価期間中 も給気口から外気を取 入れることを前提とし る場合は、給気口が設 置されている原子炉制 御室/緊急時制御室/緊 急時対策所が属する建 屋の表面とする。
被ばく線量 の 重ね合わせ	3,4号機の 同時事故発生を考慮	同時に事故が発生し放 射性物質が放出したも のとして、相対濃度及 び相対線量を各時刻の 風向に応じて3,4号機 の合算した値の小さい 方から 97%を使用	4.2(3)h.同じ敷地内 に複数の原子炉施設が 設置されている場合、 全原子炉施設について 同時に事故が起きたと 想定して評価を行うが 、各原子炉施設から被 ばく経路別に個別に評 価を実施して、その結 果を合算することは保 守的な結果を与える。 原子炉施設敷地内の地 形や、原子炉施設と評 価対象位置の関係等を 考慮した、より現実的 な被ばく線量の重ね合 わせ評価を実施する場 合はその妥当性を説明 した資料の提出を求め る。

第4-1-1-5表 大気拡散計算条件 (3,4号機共通) (4/4)

項目	評価条件	選定理由	備考
着目方位	3,4号機ともに 評価対象は1方位	<p>建屋風下側の巻き込みによる拡がりを考慮し、以下の i) ~ iii) の条件に該当する方位を選定し、建屋の後流側の拡がりの影響が評価点に及ぶ可能性のある複数の方位を選定</p> <p>i) 放出点が評価点の風上にあること</p> <p>ii) 放出点から放出された放射性物質が、建屋の風下側に巻き込まれるような範囲に評価点が存在すること</p> <p>iii) 建屋の風下側で巻き込まれた大気が評価点に到達すること</p>	<p>審査ガイド</p> <p>4.2(2)a.原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価では、建屋の風下後流側での広範囲に及ぶ乱流混合域が顕著であることから、放射性物質濃度を計算する当該着目方位としては、放出源と評価点とを結ぶラインが含まれる 1 方位のみを対象とするのではなく、図5に示すように、建屋の後流側の拡がりの影響が評価点に及ぶ可能性のある複数の方位を対象とする。</p>
建屋投影面積	2,000m <sup>2</sup>	<p>保守的に巻き込みによる影響が最も大きいと考えられる1つの建屋を代表として原子炉格納容器の垂直な投影面積を設定</p>	<p>審査ガイド</p> <p>4.2(2)b.風向に垂直な代表建屋の投影面積を求め、放射性物質の濃度を求めるために大気拡散式の入力とする。</p>
形状係数	1/2	<p>気象指針を参考として設定</p>	—

第4-1-1-6表 生体遮蔽装置及び線量換算係数 (3,4号機共通)

項 目	評 価 条 件	選 定 理 由	備 考
外部遮蔽 (原子炉格納 容器ドーム 部、円筒部)	第4-1-2-1図、第4-1-2-2図のとおり、ドーム部、円筒部それぞれ遮蔽厚さを設定 ドーム部： <input type="text"/> mm 円筒部： <input type="text"/> mm 施工誤差については、 -100mmを考慮する	設計値に施工誤差(-100mm)を考慮して設定	
補助遮蔽 (原子炉周辺 棟壁、天井)	第4-1-2-1図のとおり設定 3/4号原子炉周辺棟上部： <input type="text"/> mm(最薄部) 4号原子炉周辺棟下部： <input type="text"/> mm(最薄部) 施工誤差については、 -5mmを考慮する	設計値に施工誤差(-5mm)を考慮して設定	審査ガイド 4.4(5)a.原子炉建屋内の放射性物質からのスカイシャインガンマ線及び直接ガンマ線による外部被ばく線量は、積算線源強度、施設の位置、遮へい構造及び地形条件から計算する。
緊急時対策 所遮蔽	第4-1-2-1図、第4-1-2-2図のとおり設定 外壁：1,000mm(最薄部) 内壁：700mm(最薄部) 天井：1,000mm 床：700mm 施工誤差については、 -5mmを考慮する	設計値に施工誤差(-5mm)を考慮して設定	
空気カーマ から全身に 対しての線 量への換算 係数	1 Sv/Gy	被ばく評価手法(内規)に基づき設定	被ばく評価手法(内規) 6.2(2)/6.3(2) 空気カーマから全身に対しての線量への換算係数は、ガンマ線エネルギーに依存した実効線量への換算係数又は1Sv/Gyとする。

第4-1-2-1表 直接線及びスカイシャイン線の  
の評価条件 (3,4号機共通)

項目	評価条件	選定理由	審査ガイドでの記載
原子炉格納容器に 放出される放射性物質質量	炉心内蓄積量に対して 希ガス類 : 100% よう素類 : 75% Cs類 : 75% Te類 : 30.5% Ba類 : 12% Ru類 : 0.5% Ce類 : 0.55% La類 : 0.52%	評価対象が炉心損傷後 であることを踏まえ、 放射性物質放出量が大きくなる 低圧シーケンスを代表する NUREG-1465 <sup>(注1)</sup> 記載の放出 割合(被覆管破損放出～ 晩期圧力容器内放出までを 考慮)を設定	4.4(5)a. 福島第一原子力 発電所事故並を想定する。 例えば次のような仮定を行 うことができる。 NUREG-1465の炉心内蔵量 に対する原子炉格納容器内 への放出割合(被覆管破損放 出～晩期圧力容器内放出)を 基に原子炉建屋内に放出され た放射性物質を設定する。
放出開始時間	0秒	選定した事故シーケンスの ソースターム解析結果の NUREG-1465を参照し、事 故発生直後から放出開始と して設定	4.4(5)a. 選定した事故 シーケンスのソースターム 解析結果を基に、原子炉建 屋内に放出された放射性物 質を設定する。
よう素の形態	粒子状よう素 : 5% 無機よう素 : 91% 有機よう素 : 4%	既設格納容器スプレイ失敗 を想定するためにpH>7と なると限らないため、pH によらず有機よう素割合を 保守的に設定するために、 R.G.1.195 <sup>(注2)</sup> のよう素 割合に基づき設定	4.4(5)a. 選定した事故 シーケンスのソースターム 解析結果を基に、原子炉建 屋内に放出された放射性物 質を設定する。
常設電動注入ポンプ によるスプレイ効果 開始時間	60分	選定した事故シーケンスに 基づき、SBO+LUHSを想 定した起動遅れ時間(約52 分)に余裕を見込んだ値 起動遅れ時間約52分は、 大容量空冷式発電機による 電源回復操作及び常設電動 注入ポンプ起動準備を想 定	4.4(5)a. 選定した事故 シーケンスのソースターム 解析結果を基に、原子炉建 屋内に放出された放射性物 質を設定する。
常設電動注入ポンプ によるエアロゾルの 除去効果	除染係数 (DF) < 50 0.33 (1/h) 除染係数 (DF) ≥ 50 0.039 (1/h)	SRP6.5.2 <sup>(注3)</sup> に示され た評価式等に基づき設定	—

(注1) Accident Source Terms for Light-Water Nuclear Power Plants (L.Soffer, et al., NUREG-1465, February 1995)

(注2) Methods and Assumptions for Evaluating Radiological Consequences of Design Basis Accidents at Light-Water Nuclear Power Reactors(米国Regulatory Guide 1.195)

(注3) Containment Spray as a Fission Product Cleanup System(米国Standard Review Plan 6.5.2)

第4-1-2-2表 原子炉格納容器内の積算線源強度（気相部、液相部）

(3,4号機共通)

代表 エネルギー (MeV/dis)	エネルギー範囲 (MeV/dis)	原子炉格納容器内 積算線源強度 (気相部) (MeV)	原子炉格納容器内 積算線源強度 (液相部) (MeV)
0.1	$E \leq 0.1$	$1.9 \times 10^{23}$	$3.1 \times 10^{22}$
0.125	$0.1 < E \leq 0.15$	$7.5 \times 10^{21}$	$1.3 \times 10^{22}$
0.225	$0.15 < E \leq 0.3$	$1.3 \times 10^{23}$	$1.1 \times 10^{23}$
0.375	$0.3 < E \leq 0.45$	$3.7 \times 10^{23}$	$4.8 \times 10^{22}$
0.575	$0.45 < E \leq 0.7$	$1.4 \times 10^{24}$	$3.8 \times 10^{23}$
0.85	$0.7 < E \leq 1$	$1.1 \times 10^{24}$	$5.2 \times 10^{23}$
1.25	$1 < E \leq 1.5$	$5.0 \times 10^{23}$	$1.4 \times 10^{23}$
1.75	$1.5 < E \leq 2$	$1.1 \times 10^{23}$	$3.6 \times 10^{22}$
2.25	$2 < E \leq 2.5$	$8.8 \times 10^{22}$	$5.3 \times 10^{21}$
2.75	$2.5 < E \leq 3$	$5.2 \times 10^{21}$	$2.3 \times 10^{21}$
3.5	$3 < E \leq 4$	$4.7 \times 10^{20}$	$2.6 \times 10^{20}$
5	$4 < E \leq 6$	$6.5 \times 10^{19}$	$6.9 \times 10^{19}$
7	$6 < E \leq 8$	$1.6 \times 10^{12}$	$2.9 \times 10^{13}$
9.5	$8 < E$	$2.5 \times 10^{11}$	$4.6 \times 10^{12}$

第4-1-2-3表 アニュラス部内の積算線源強度 (3,4号機共通)

代表 エネルギー (MeV/dis)	エネルギー範囲 (MeV/dis)	アニュラス部内 積算線源強度 (MeV)
0.1	$E \leq 0.1$	$2.5 \times 10^{19}$
0.125	$0.1 < E \leq 0.15$	$3.0 \times 10^{17}$
0.225	$0.15 < E \leq 0.3$	$1.4 \times 10^{19}$
0.375	$0.3 < E \leq 0.45$	$3.3 \times 10^{18}$
0.575	$0.45 < E \leq 0.7$	$1.5 \times 10^{19}$
0.85	$0.7 < E \leq 1$	$1.2 \times 10^{19}$
1.25	$1 < E \leq 1.5$	$5.4 \times 10^{18}$
1.75	$1.5 < E \leq 2$	$2.0 \times 10^{18}$
2.25	$2 < E \leq 2.5$	$3.9 \times 10^{18}$
2.75	$2.5 < E \leq 3$	$2.6 \times 10^{17}$
3.5	$3 < E \leq 4$	$2.8 \times 10^{16}$
5	$4 < E \leq 6$	$5.2 \times 10^{15}$
7	$6 < E \leq 8$	$1.3 \times 10^8$
9.5	$8 < E$	$2.0 \times 10^7$

第4-1-2-4表 大気中への放出放射エネルギー評価条件（3,4号機共通）（1/2）

項目	評価条件	選定理由	備考
放射性物質の大気中への放出割合	炉心内蓄積量に対して 希ガス類：97% よう素類：2.78% Cs類：2.13% Te類：1.47% Ba類：0.0264% Ru類： $7.53 \times 10^{-8}$ % Ce類： $1.51 \times 10^{-4}$ % La類： $3.87 \times 10^{-5}$ %	解釈に基づき東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故と同等の事故と仮定して設定	解釈 第76条 1 e) ① 想定する放射性物質の放出量等は東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故と同等とすること。  審査ガイド 4.4(1)a. 事故直前の炉心内蔵量に対する放射性物質の大気中への放出割合は、原子炉格納容器が破損したと考えられる福島第一原子力発電所事故並みを想定する。 希ガス類：97% よう素類：2.78% (CsI：95%、無機ヨウ素：4.85%、有機ヨウ素：0.15%) (NUREG-1465を参考に設定) Cs類：2.13% Te類：1.47% Ba類：0.0264% Ru類： $7.53 \times 10^{-8}$ % Ce類： $1.51 \times 10^{-4}$ % La類： $3.87 \times 10^{-5}$ %
よう素の形態	粒子状よう素：95% 無機よう素：4.85% 有機よう素：0.15%	NUREG-1465を参考に設定	同上

第4-1-2-4表 大気中への放出放射エネルギー評価条件 (3,4号機共通) (2/2)

項 目	評 価 条 件	選 定 理 由	備 考
放出開始時刻	24 時間後	<p>解釈に基づき東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故と同等の事故と仮定して設定</p>	<p>解釈 第76条 1 e) ① 想定する放射性物質の放出量は東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故と同等とすること。</p> <p>審査ガイド 4.4(4)a. 放射性物質の大気中への放出開始時刻は、事故(原子炉スクラム)発生24時間後と仮定する。(福島第一原子力発電所事故で最初に放出した1号炉の放出開始時刻を参考に設定)</p>
放出継続時間	<p>希ガス：1時間 その他：10時間</p>	<p>解釈に基づき東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故と同等の事故と仮定して設定 短時間で放出する気体の希ガスと、よう素及びその他核種の放出挙動の違いを考慮</p>	<p>解釈 第76条 1 e) ① 想定する放射性物質の放出量は東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故と同等とすること。</p> <p>審査ガイド 4.4(4)a. 放射性物質の大気中への放出継続時間は、保守的な結果となるように10時間と仮定する。(福島第一原子力発電所2号炉の放出継続時間を参考に設定)</p>



第4-1-2-5表 大気中への放出放射エネルギー評価結果（事故後7日間積算）（gross値）  
（3,4号機共通）

核種グループ	放出放射エネルギー (Bq)
希ガス類	約 $8.7 \times 10^{18}$
よう素類	約 $3.1 \times 10^{17}$
Cs類	約 $2.3 \times 10^{16}$
Te類	約 $7.9 \times 10^{16}$
Ba類	約 $2.5 \times 10^{15}$
Ru類	約 $2.1 \times 10^{10}$
Ce類	約 $9.6 \times 10^{13}$
La類	約 $1.7 \times 10^{13}$
合計	約 $2.5 \times 10^{18}$ (注)

(注) ガンマ線エネルギー0.5MeV換算値

第4-1-2-6表 大気拡散計算条件（3,4号機共通）

項目	評価条件	選定理由	備考
実効放出継続時間	全核種：1時間	保守的に最も短い実効放出継続時間を設定	審査ガイド 4.2(2)c.相対濃度は、短時間放出又は長時間放出に応じて、毎時刻の気象項目と実効的な放出時間を基に評価点ごとに計算する。
放出源高さ	地上放出	保守的に地上放出を設定	審査ガイド 4.4(4)b.放出源高さは、地上放出を仮定する。放出エネルギーは、保守的な結果となるように考慮しないと仮定する。

第4-1-2-7表 相対濃度及び相対線量の評価結果

評価対象	評価点 (対象建屋)	相対濃度 <sup>(注)</sup> $\chi/Q$ (s/m <sup>3</sup> )	相対線量 <sup>(注)</sup> D/Q (Gy/Bq)
緊急時対策所 (緊急時対策棟内)	緊急時対策棟	約 $2.0 \times 10^{-4}$	約 $1.5 \times 10^{-18}$

(注) 3,4号機同時被災時の $\chi/Q$ 、D/Qの重ね合せ結果

第4-1-2-8表 地表面沈着速度の条件

項目	評価条件	選定理由	備考
屋外への沈着速度 ・建屋まわりの地表面 ・緊急時対策棟屋上	1.2cm/s	線量目標値評価指針 <sup>(注1)</sup> を参考に、湿性沈着を考慮して乾性沈着速度(0.3cm/s)の4倍を設定 乾性沈着速度は NUREG/CR-4551 Vol.2 <sup>(注2)</sup> より設定	審査ガイド 4.2(2)d.放射性物質の地表面への沈着評価では、地表面への乾性沈着及び降雨による湿性沈着を考慮して地表面沈着濃度を計算する。
屋内への沈着速度 ・緊急時対策所(緊急時対策棟内)以外のエリア内床面 ・緊急時対策所遮蔽の配管貫通部外側エリア床面	0.3cm/s	湿性沈着は考慮せず、乾性沈着のみを考慮 乾性沈着速度は NUREG/CR-4551 Vol.2 <sup>(注2)</sup> より設定	

(注1) 発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針(原子力委員会)

(注2) Evaluation of Severe Accident Risks : Quantification of Major Input Parameters(米国 NUREG/CR-4551 Vol.2)

第 4-1-2-9 表 グランド線源強度 (事故後 7 日間積算)

代表エネルギー (MeV/dis)	エネルギー範囲 (MeV/dis)	積算線源強度 (MeV)
0.1	$E \leq 0.1$	$2.1 \times 10^{20}$
0.125	$0.1 < E \leq 0.15$	$3.5 \times 10^{19}$
0.225	$0.15 < E \leq 0.3$	$8.3 \times 10^{20}$
0.375	$0.3 < E \leq 0.45$	$2.1 \times 10^{21}$
0.575	$0.45 < E \leq 0.7$	$5.4 \times 10^{21}$
0.85	$0.7 < E \leq 1$	$4.3 \times 10^{21}$
1.25	$1 < E \leq 1.5$	$1.6 \times 10^{21}$
1.75	$1.5 < E \leq 2$	$1.7 \times 10^{20}$
2.25	$2 < E \leq 2.5$	$1.3 \times 10^{20}$
2.75	$2.5 < E \leq 3$	$3.5 \times 10^{18}$
3.5	$3 < E \leq 4$	$1.1 \times 10^{15}$
5	$4 < E \leq 6$	$3.4 \times 10^{14}$
7	$6 < E \leq 8$	$3.5 \times 10^8$
9.5	$8 < E$	$5.5 \times 10^7$

第4-1-2-10表 緊急時対策所遮蔽、外部遮蔽及び補助遮蔽を透過する放射線並びに緊急時対策所遮蔽を透過せず貫通部を通過する放射線による線量

種類	線量 (mSv)
	3,4号機同時被災時
直接線量及びスカイシャイン線量	約 $4.4 \times 10^{-5}$
クラウドシャイン線量	約 $1.7 \times 10^{-1}$
グラウンドシャイン線量	約 $4.6 \times 10^0$
合計	約 $4.8 \times 10^0$

第4-1-2-11表 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性に係る被ばく評価結果

被ばく経路		緊急時対策所（緊急時対策棟内）実効線量 (mSv)
室内作業時	①原子炉格納容器及びアニュラス部内の放射性物質からのガンマ線による被ばく	約 $4.4 \times 10^{-5}$
	②大気中へ放出された放射性物質からのガンマ線による被ばく	約 $1.7 \times 10^{-1}$
	③外気から室内に取り込まれた放射性物質による被ばく	約 $2.0 \times 10^1$
	(内訳) 内部被ばく 外部被ばく	(約 $2.0 \times 10^1$ ) (約 $2.5 \times 10^{-2}$ )
	④大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線による被ばく	約 $4.6 \times 10^0$
合計 (①+②+③+④)		約25 <sup>(注)</sup>

(注) 有効数字2桁で切り上げた値

- …重大事故等時に緊急時対策所遮蔽、外部遮蔽及び補助遮蔽を透過する放射線並びに緊急時対策所遮蔽を透過せず貫通部を通過する放射線による線量（その他の線量は、審査ガイドを参照し、同じ事象を対象として評価している添付資料18「緊急時対策所の居住性に関する説明書」の結果を用いる。）

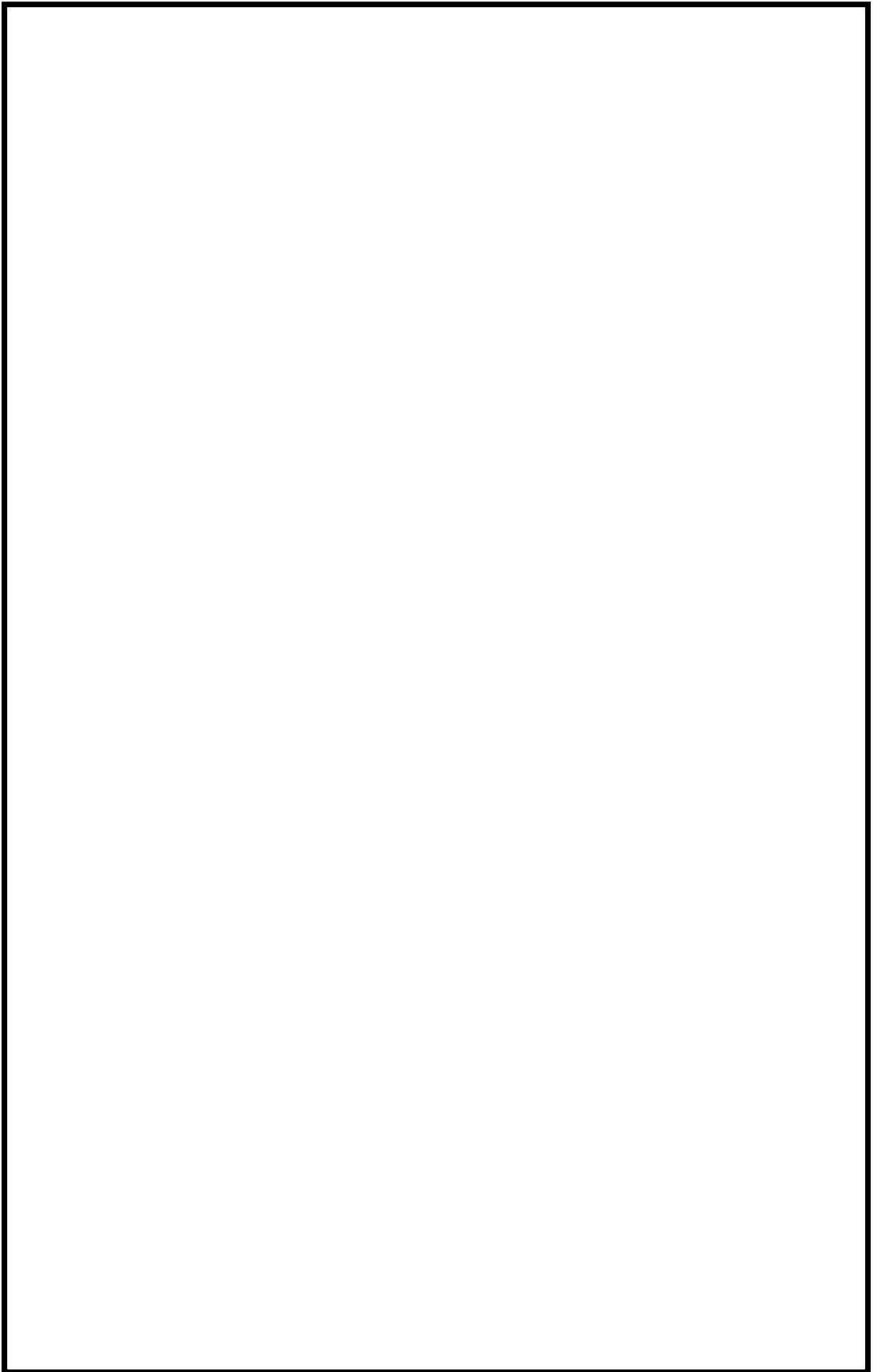
第4-2-1表 緊急時対策所遮蔽の熱除去に検討に係る  
ガンマ線入射線束、ガンマ発熱量及び温度上昇（重大事故等時）

号機	ガンマ線 <sup>(注1)</sup>		ガンマ線 入射線束 <sup>(注2)</sup> (MeV/cm <sup>2</sup> )	ガンマ発熱量 <sup>(注2)</sup> (kJ/cm <sup>3</sup> )		温度上昇 (°C)
3,4号機 同時被災時	①	直接線	約 $3.0 \times 10^7$	約 $2.4 \times 10^{-10}$	約 $2.2 \times 10^{-4}$	約 0.2
	②	スカイ シャイン線	約 $3.9 \times 10^7$	約 $3.7 \times 10^{-10}$		
	③	クラウド シャイン線	約 $1.3 \times 10^{12}$	約 $1.3 \times 10^{-5}$		
	④	グラウンド シャイン線	約 $2.0 \times 10^{13}$	約 $2.0 \times 10^{-4}$		

(注1) 表中の①～④は第4-2-1図による各ガンマ線の評価点を示す。

①：原子炉格納容器に最近接の壁外側表面、②③④：天井壁外側表面

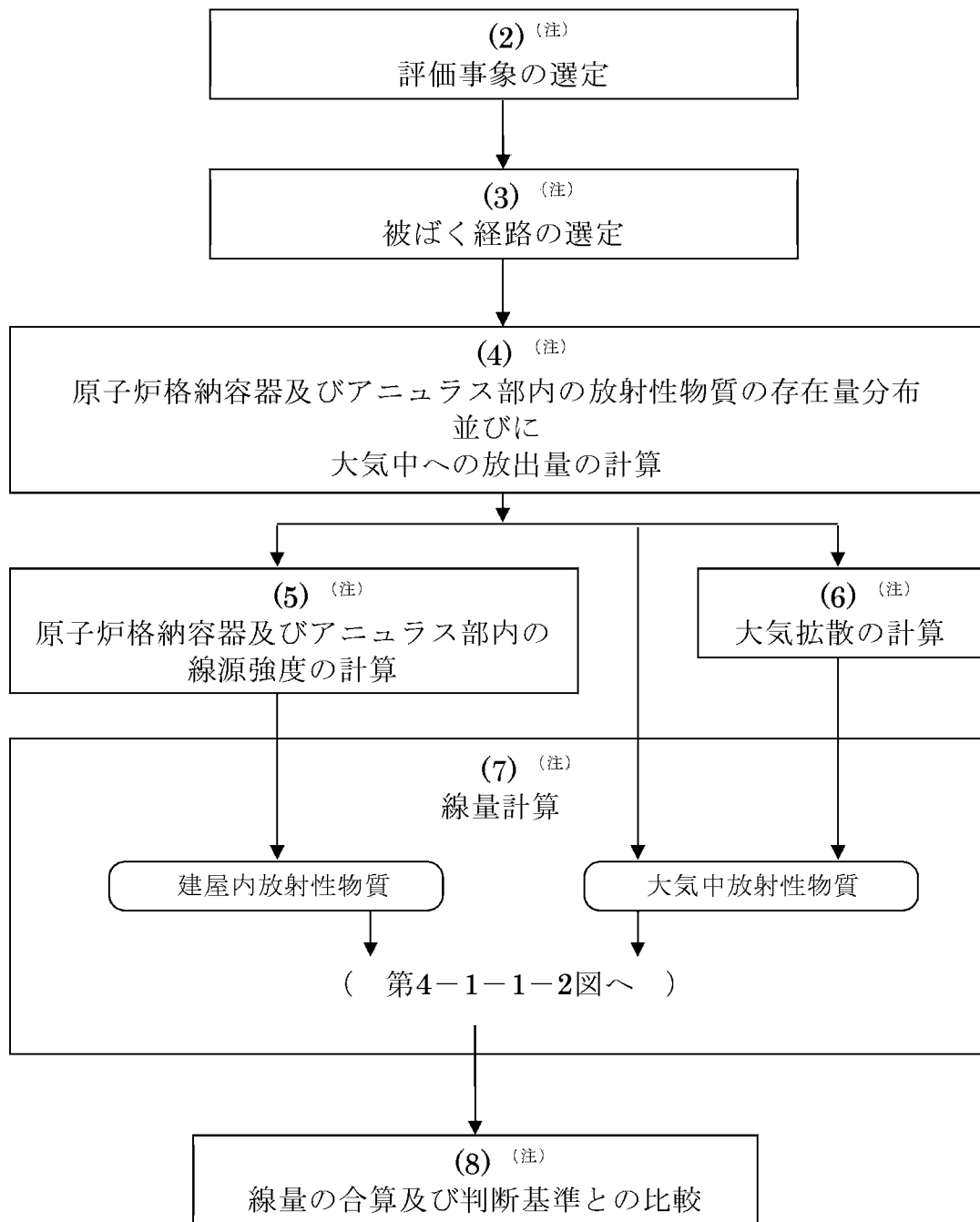
(注2) 事故後7日間積算



第 3-1 図 緊急時対策所遮蔽の設置位置及び構造図



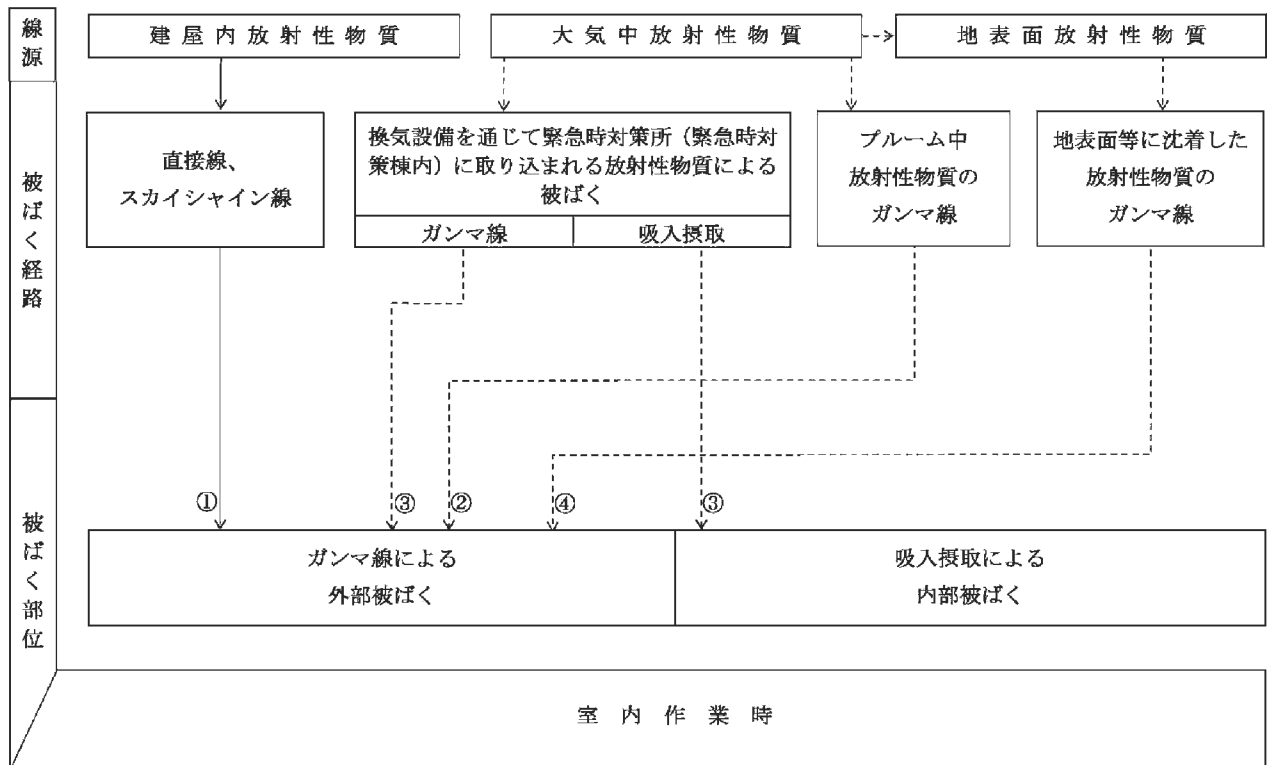
第3-2図 出入口及び配管その他貫通部に関する遮蔽概要図



(注) 「4.1.1 評価方針」の項番号を示す。

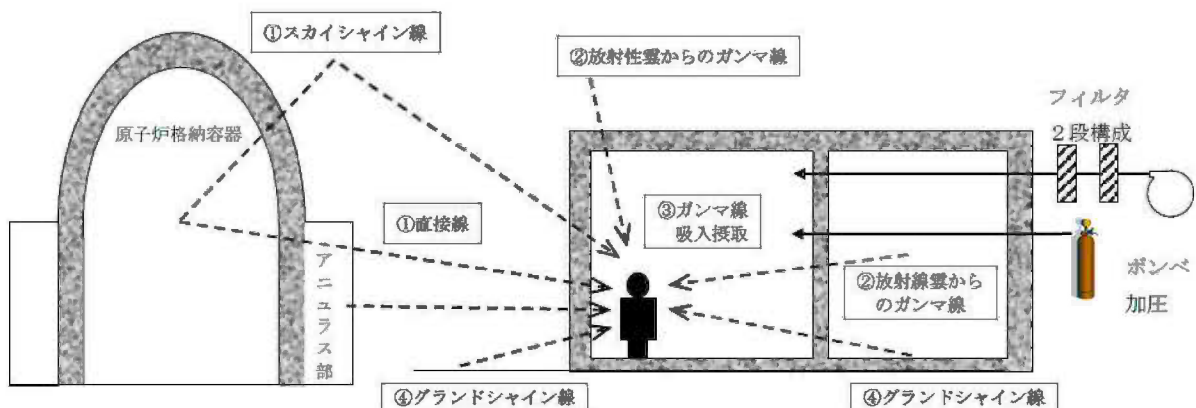
第4-1-1-1図 居住性に係る被ばく評価の手順





第4-1-1-2図 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の対策要員の被ばく経路

緊急時対策所（緊急時対策棟内）内での被ばく	①原子炉格納容器及びアニュラス部内の放射性物質からのガンマ線による緊急時対策所（緊急時対策棟内）内での被ばく（直接線及びスカイシャイン線による外部被ばく）
	②大気中へ放出された放射性雲中の放射性物質からのガンマ線による緊急時対策所（緊急時対策棟内）内での被ばく（放射性雲（プルーム）からのガンマ線による外部被ばく、緊急時対策所（緊急時対策棟内）以外のエリア内に浮遊している放射性物質による外部被ばく）
	③外気から取り込まれた放射性物質による緊急時対策所（緊急時対策棟内）内での被ばく（吸入摂取による内部被ばく、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内に浮遊している放射性物質による外部被ばく）
	④大気中へ放出され地表面等に沈着した放射性物質からのガンマ線による緊急時対策所（緊急時対策棟内）内での被ばく（グランドシャイン線による外部被ばく、緊急時対策所（緊急時対策棟内）以外のエリア内床面に沈着した放射性物質による外部被ばく）



注) 直接線・スカイシャイン線評価においては、保守的に放射性物質の大気への放出による線源の減少は考慮しない。

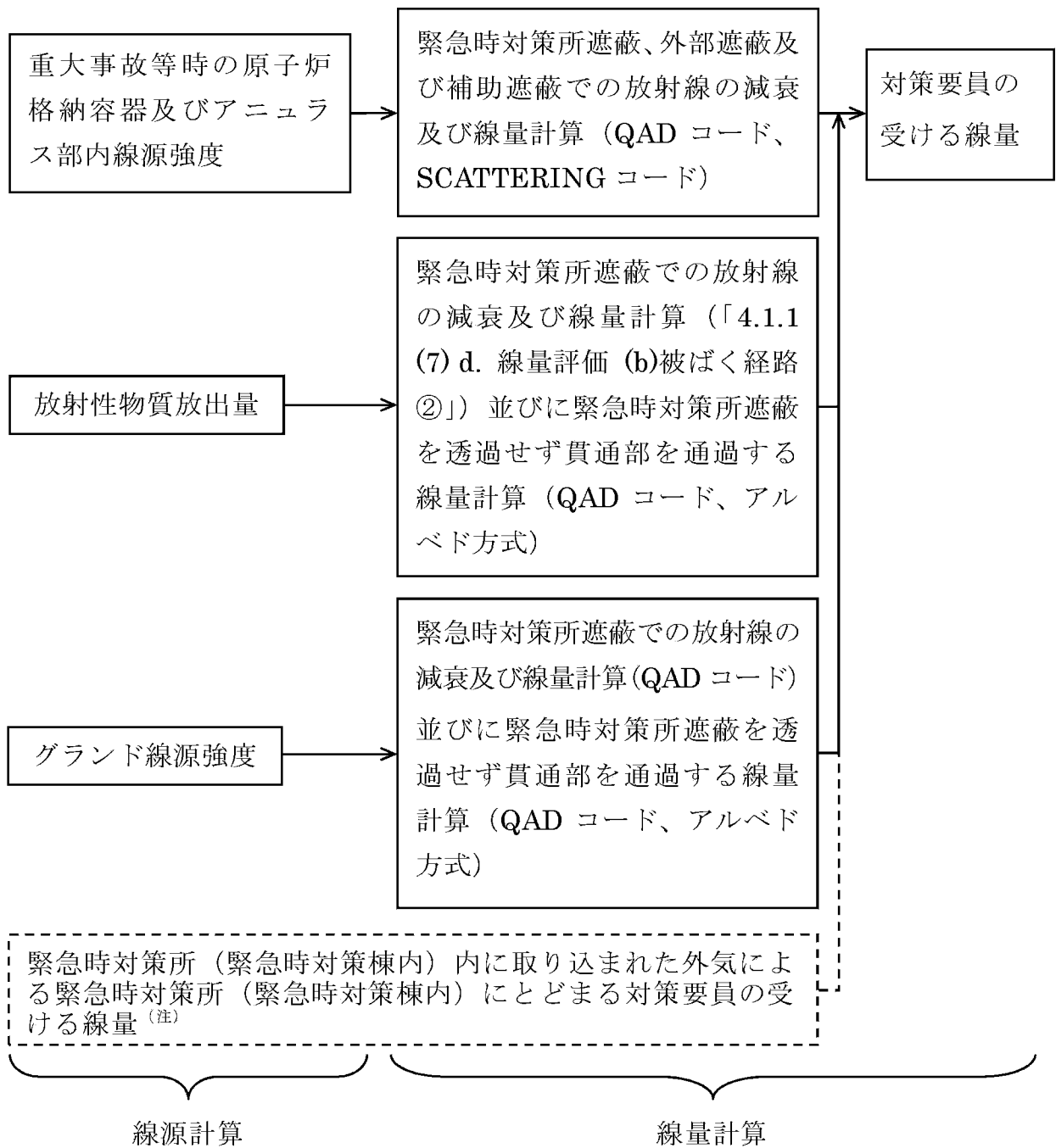
第4-1-1-3 図 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性に係る被ばく経路イメージ



第 4-1-1-4 図 評価対象とする風向<sup>(注 2)</sup>

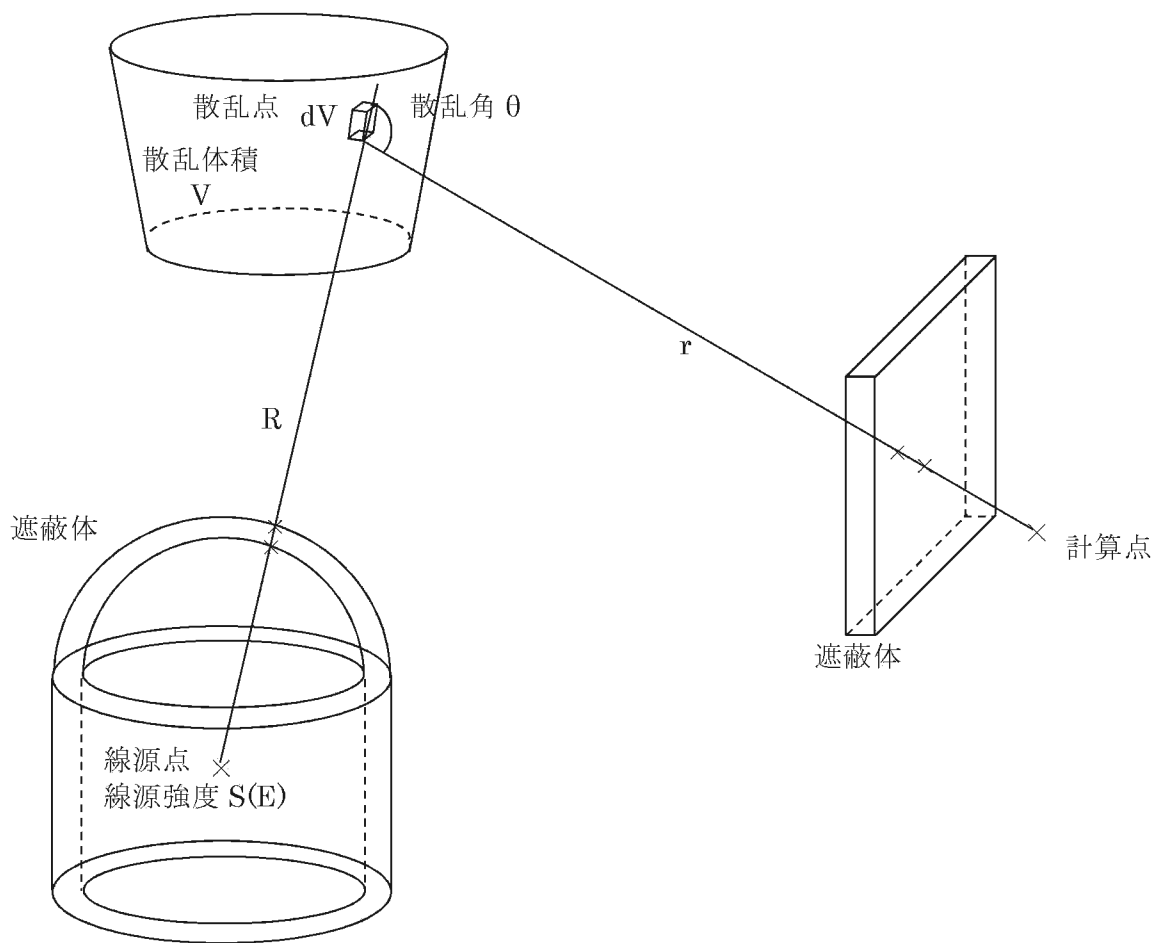
(放出源：3,4 号機／評価点：緊急時対策棟)

- (注 1) L は、巻き込みを生じる代表建屋（原子炉格納容器）の風向に垂直な面での幅とする。
- (注 2) ここでいう評価対象とする風向は、評価点からの放出点の方位を示している。一方、着目方位は、放出点からの評価点の方位であり、評価対象とする風向とは 180° 向きが異なる。

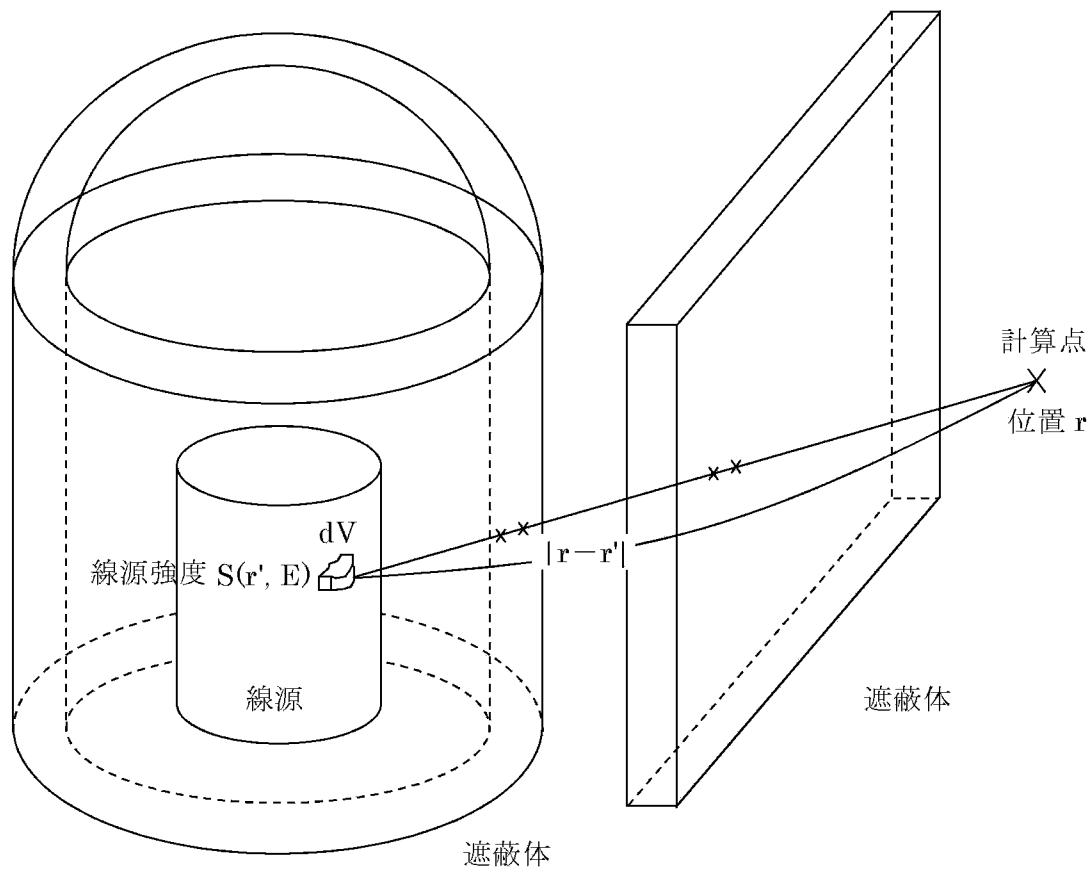


(注) 緊急時対策所遮蔽を透過する放射線による線量以外の線量

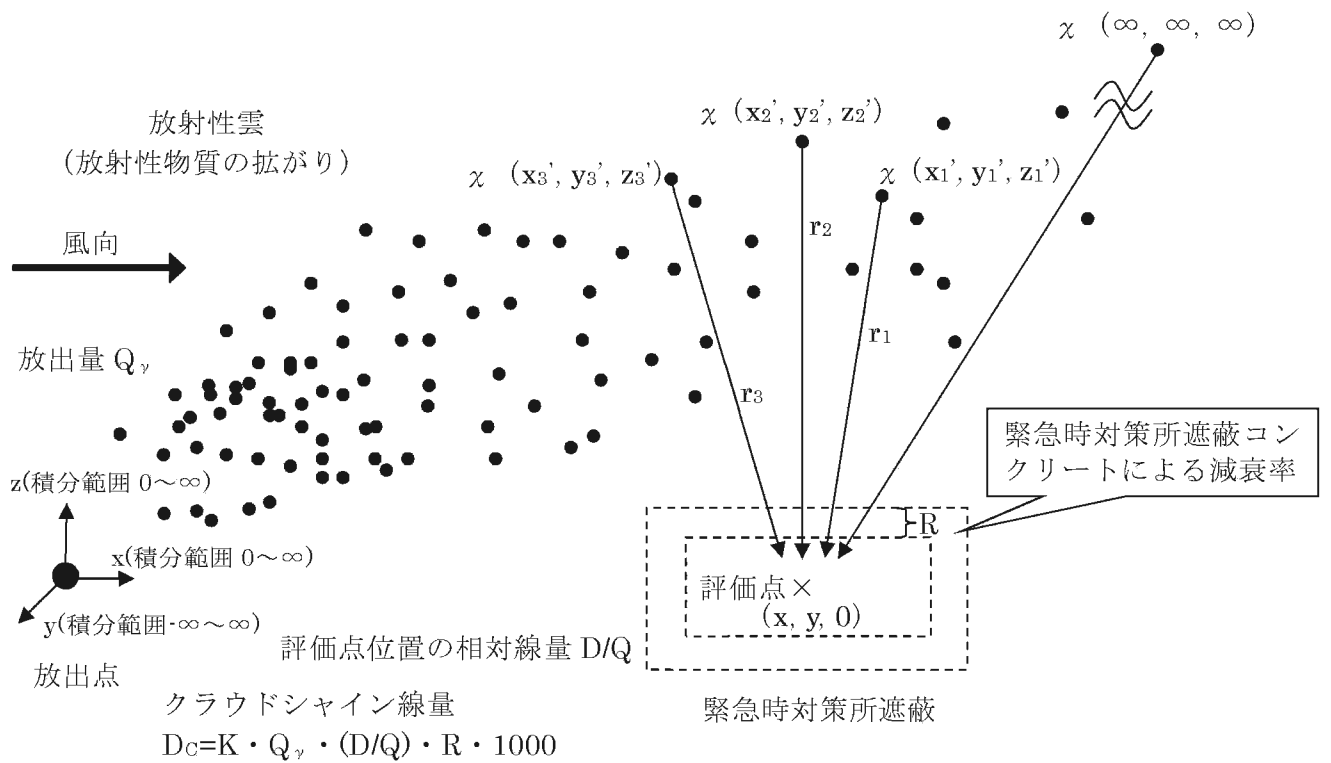
第 4-1-1-5 図 放射線の線源計算と線量計算の関係



第 4-1-1-6 図 SCATTERING コードの計算体系



第 4-1-1-7 図 QAD コードの計算体系



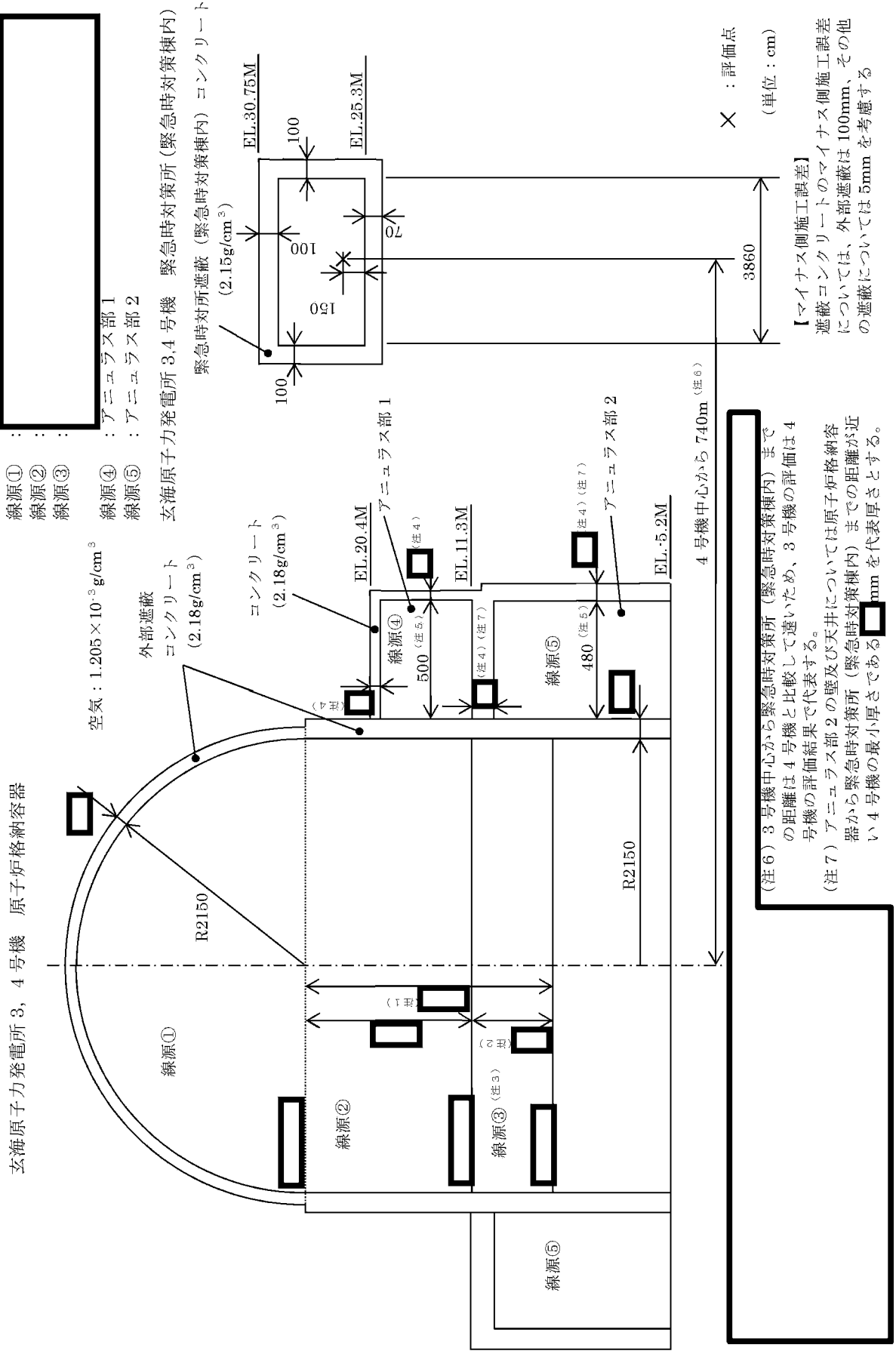
$\chi(x', y', z')$  は  $D/Q$  の計算式に示される  $(x', y', z')$  の濃度

$x, x'$  : 風下方向の距離

$y, y'$  : 風下方向と垂直な水平方向の距離

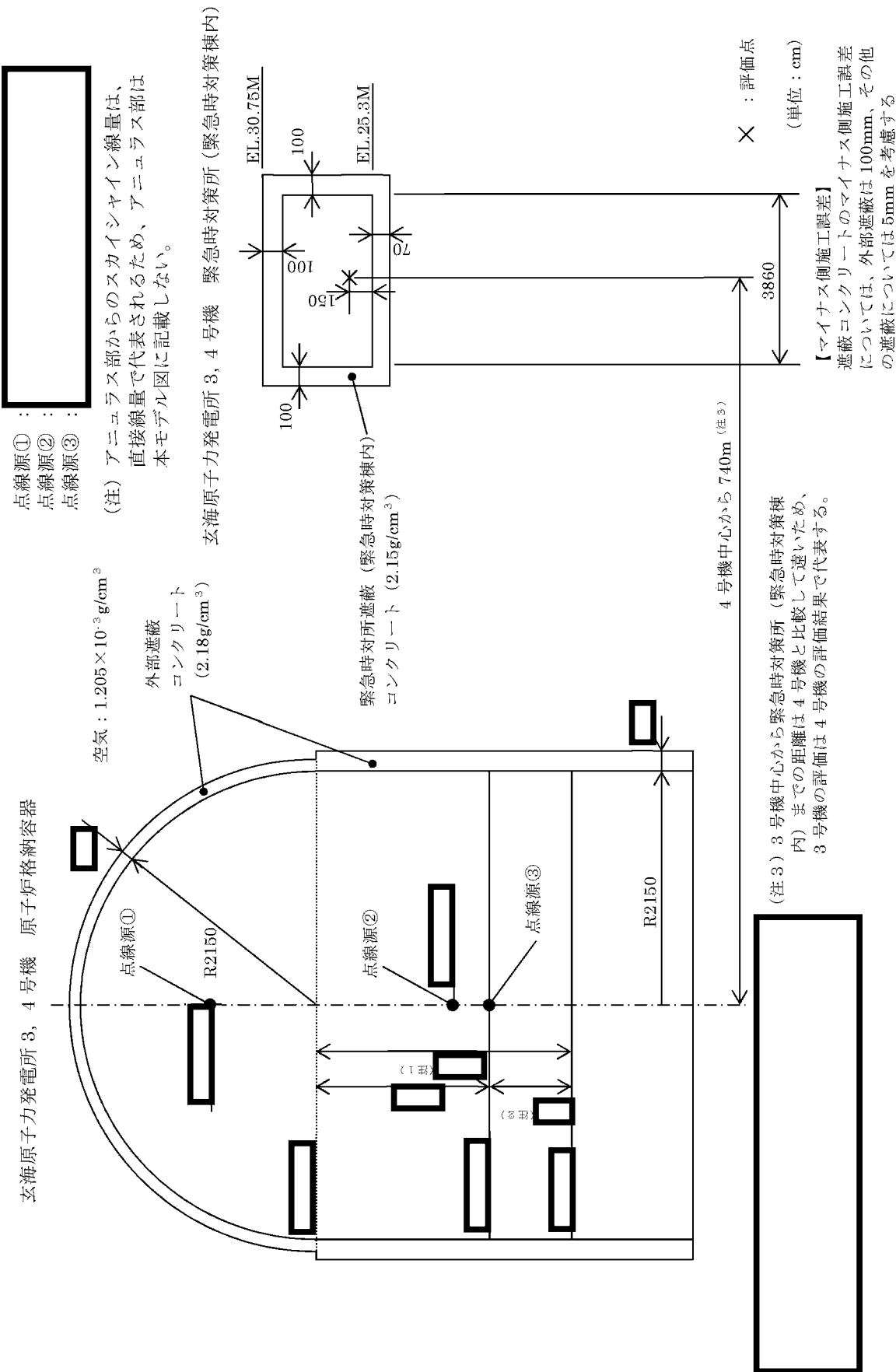
$z, z'$  : 鉛直方向の距離

第4-1-1-8図 クラウドシャイン線量計算の概要

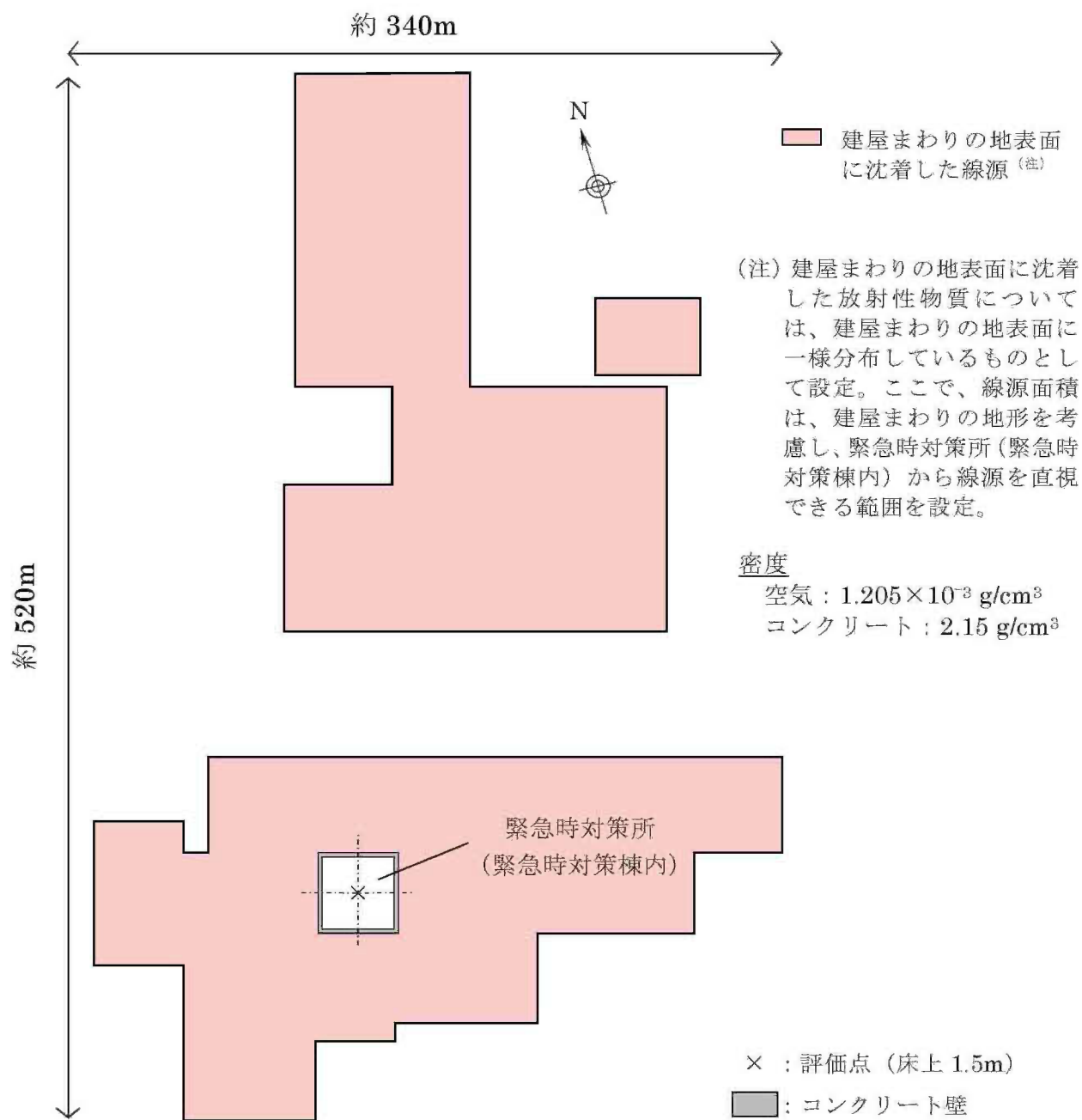


第 4-1-2-1 図 直接線量の計算モデル (緊急時対策棟内) (緊急時対策棟内)

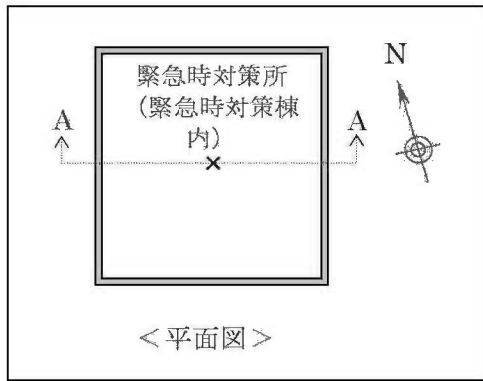






第4-1-2-2図 スカイシャイン線量の計算モデル (緊急時対策所 (緊急時対策棟内))

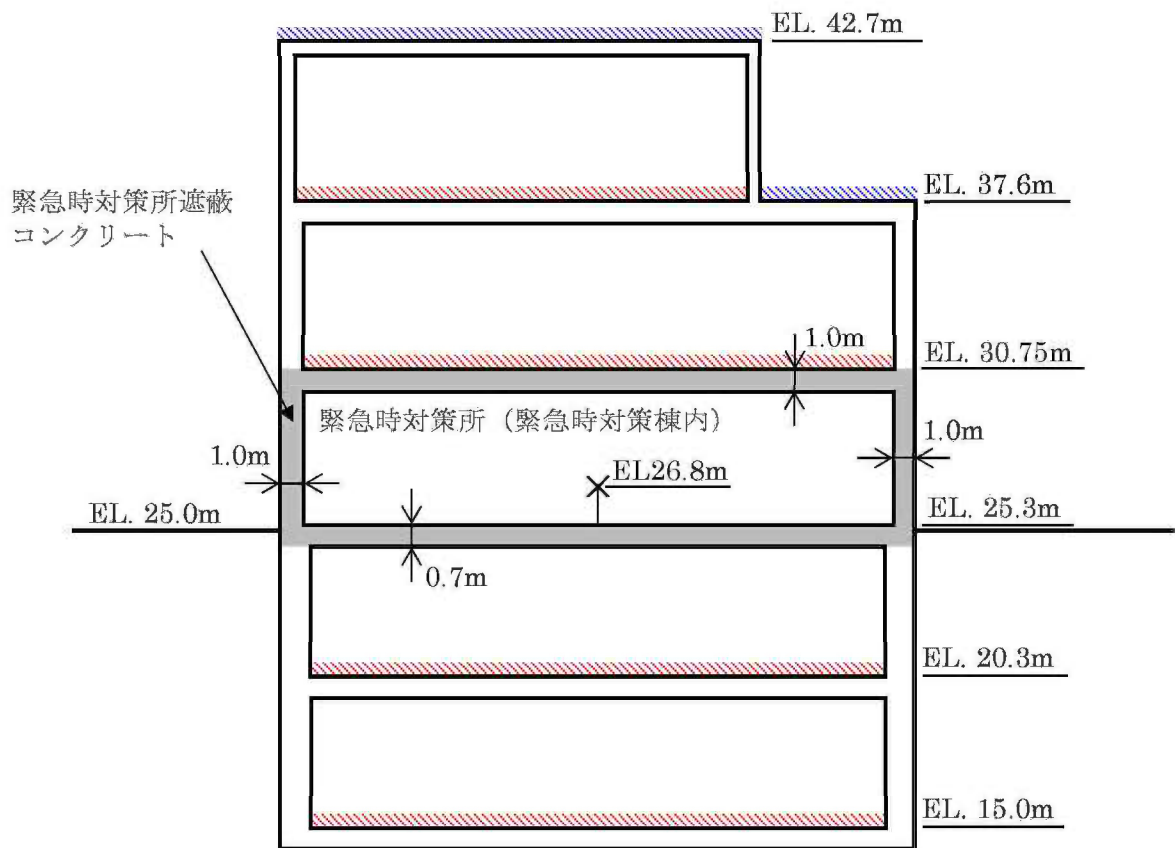


第 4-1-2-3 図 グランドシャイン線量計算モデル (1/5)




密度  
 空気： $1.205 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$   
 コンクリート： $2.15 \text{ g/cm}^3$

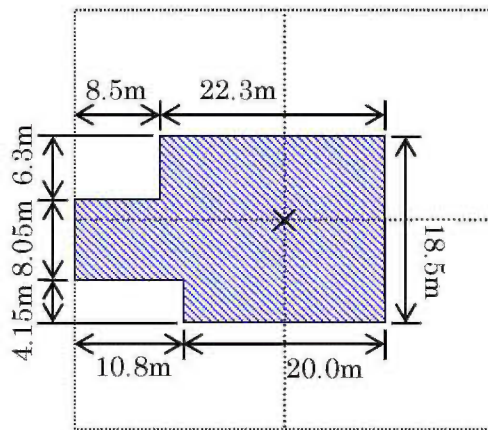
凡例  
：屋内に沈着した線源  
：屋外に沈着した線源



<A-A断面図>

×：評価点 (床上 1.5m)  
：コンクリート壁

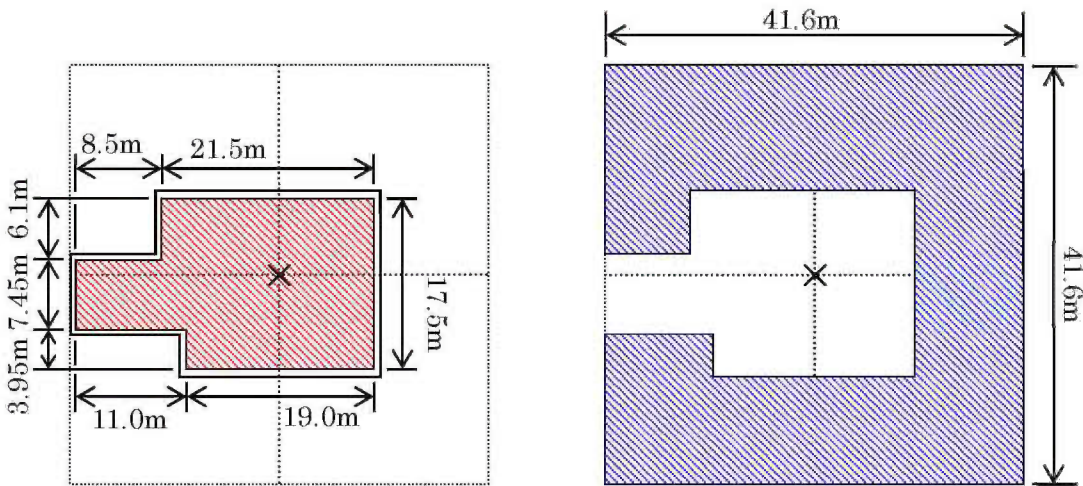
第4-1-2-3図 グランドシャイン線量計算モデル (2/5)



凡例

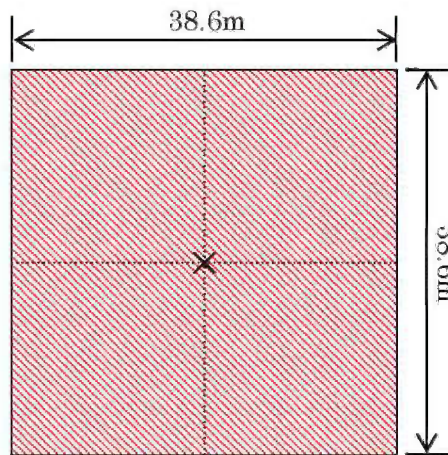
- : 屋内に沈着した線源
- : 屋外に沈着した線源

(緊急時対策棟 EL. 42.7m)



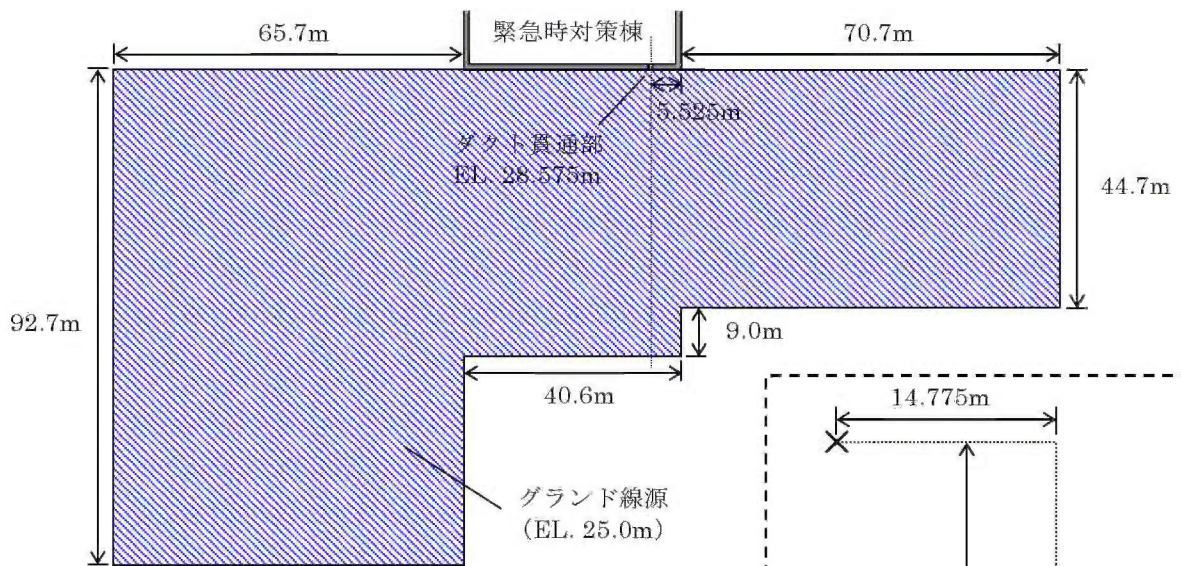
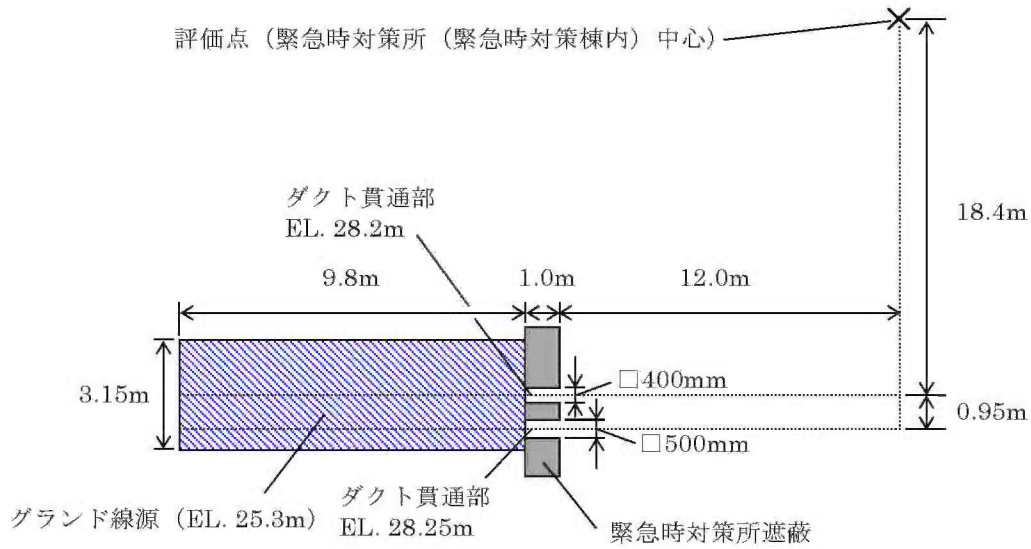
(緊急時対策棟 EL. 37.6m)

× : 評価点(EL26.8m)



(緊急時対策棟 EL. 30.75m)

第 4-1-2-3 図 グランドシャイン線量計算モデル(3/5)



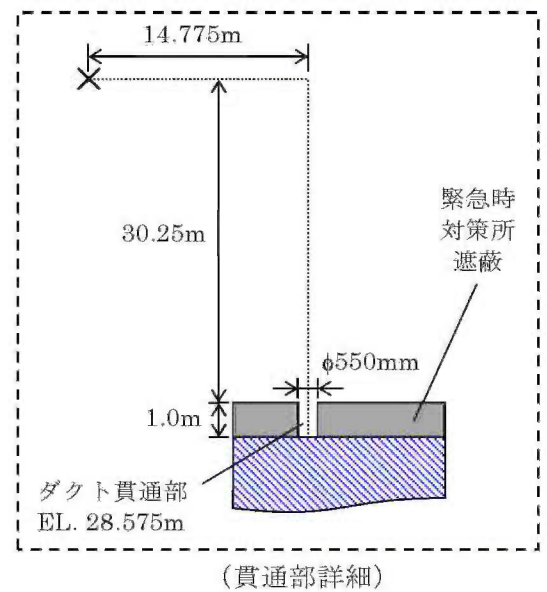
凡例

▨ : 屋外に沈着した線源

× : 評価点(EL. 26.8m)

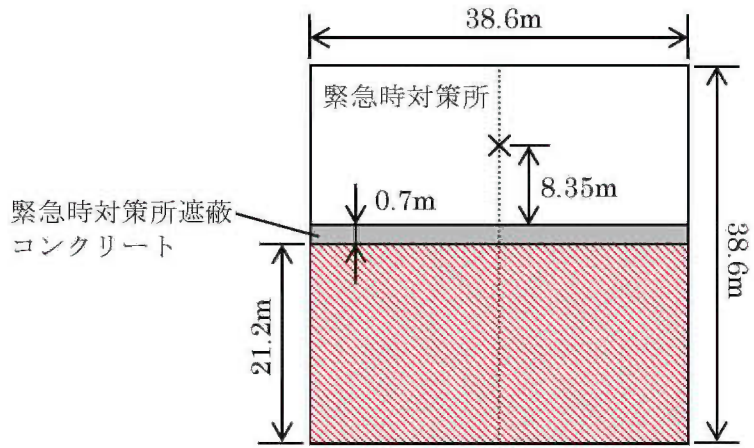
【マイナス側施工誤差】

遮蔽コンクリートのマイナス側施工誤差については、5mmを考慮する。

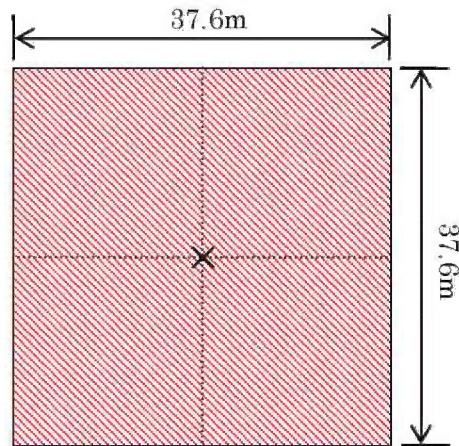


第4-1-2-3図 グランドシャイン線量計算モデル(4/5)

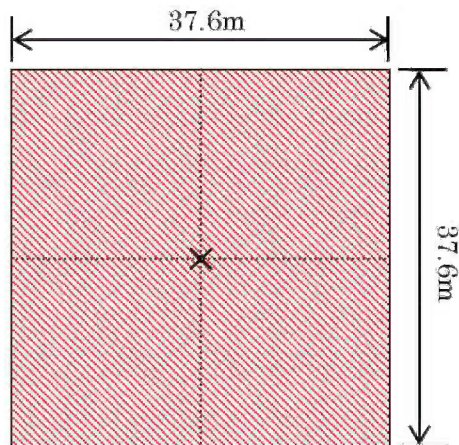




(緊急時対策棟 EL. 25.3m)



(緊急時対策棟 EL. 20.3m)



(緊急時対策棟 EL. 15.0m)

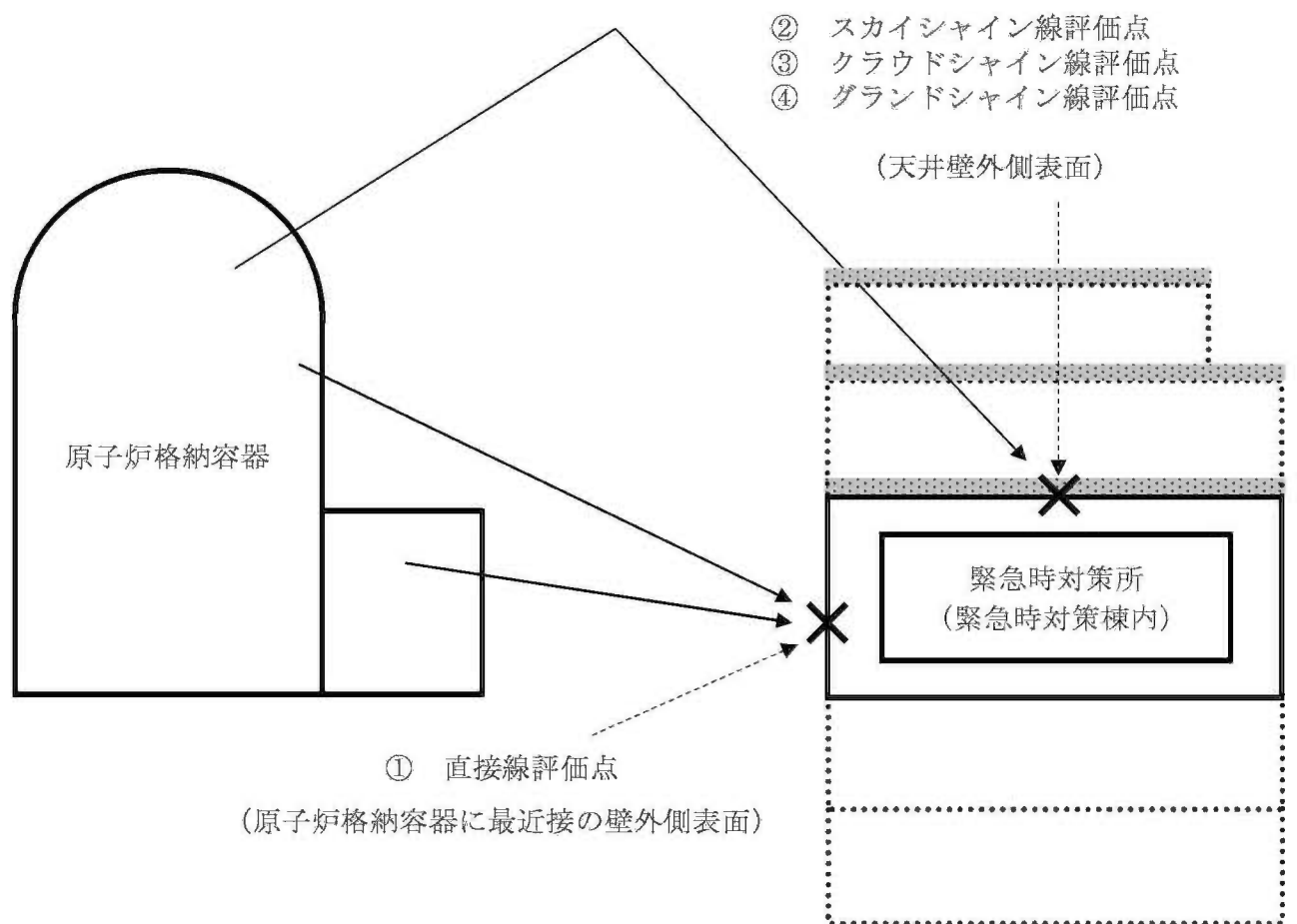
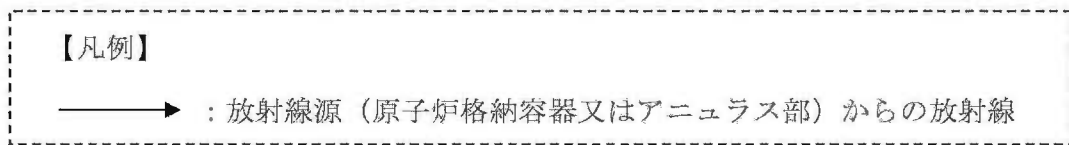
凡例

■ : 屋内に沈着した線源

× : 評価点(EL26.8m)

【マイナス側施工誤差】  
遮蔽コンクリートのマイナス側施工誤差については、5mmを考慮する。

第4-1-2-3図 グランドシャイン線量計算モデル(5/5)



第 4-2-1 図 緊急時対策所遮蔽の熱除去検討における温度上昇の評価点

## 計算機プログラム（解析コード）の概要



## 目 次

	頁
1. はじめに .....	15 (3) - 別紙 - 1
2. 解析コードの概要 .....	15 (3) - 別紙 - 2
(1) ORIGEN2 .....	15 (3) - 別紙 - 2
(2) SCATTERING .....	15 (3) - 別紙 - 4
(3) QAD .....	15 (3) - 別紙 - 6

## 1. はじめに

本資料は、添付資料 15「生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書」において使用した解析コードについて説明するものである。

## 2. 解析コードの概要

### (1) ORIGEN2

項目 \ コード名	ORIGEN2
開発機関	米国オークリッジ国立研究所 (ORNL)
開発時期	1980 年
使用したバージョン	2.1 (AUG 1, 1991)
使用目的	緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価
コードの概要	<p>本計算機コードは、使用済燃料等の核種生成量、崩壊熱量並びに中性子及びガンマ線の線源強度を評価するためにORNLで開発され公開された燃焼計算コードであり、原子力発電所施設、再処理施設、廃棄物処理施設等幅広く設計に利用されている。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>炉心内蓄積量について、ORIGEN2コードを使用して評価している。</p> <p><b>【検証 (Verification)】</b>            本解析コードの検証の内容は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 計算機能が適正であることは、コード配布時に同梱されたサンプル問題の再現により確認している。</li> <li>・ 本コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。</li> <li>・ ORIGEN2 コードは、燃焼計算によって得られた核種生成量から崩壊熱等を評価するコードであり、計算に必要な主な条件は燃料組成、照射条件、核データライブラリである。これら評価条件が与えられれば崩壊熱評価は可能であり、ORIGEN2 コードは重大事故等時における崩壊熱評価に適用可能である。</li> </ul>

### 【妥当性確認 (Validation)】

本解析コードの妥当性確認の内容は次のとおりである。

- ・ 米国原子力学会 (ANS) の Nuclear Technology vol.62 (1983 年 9 月) の「ORIGEN2 : A Versatile Computer Code for Calculating the Nuclide Compositions and Characteristics of Nuclear Materials」において、ANS 標準崩壊熱との比較、及び、使用済燃料中のウラン、プルトニウム、アメリシウムなどの組成の実測値との比較により妥当性の確認を行っている。
- ・ 日本原子力研究所シグマ委員会にて開発された ORLIBJ32 ライブラリについては、「JENDL-3.2 に基づく ORIGEN2 用ライブラリ : ORLIBJ32」 JAERI-Data/Code 99-003(1999.2)において、核種生成量について照射後試験結果と、ORIGEN2 コードによる計算値を比較することで妥当性の確認を行っている。
- ・ 今回の重大事故等時の炉心内蓄積量評価は上記妥当性確認内容と合致しており、ORIGEN2 コードの使用は妥当である。

(2) SCATTERING

コード名 項目	SCATTERING
開発機関	米国ロスアラモス国立研究所及び三菱重工業（株）
開発時期	1974年
使用したバージョン	Ver. 90m
使用目的	遮蔽計算 (緊急時対策所における事故時スカイシャイン線量計算)
コードの概要	点減衰核積分法を使用した1回散乱近似法によるスカイシャイン線量の解析コードであり、ガンマ線が空気中で散乱を受けた後、観測点に到達する散乱線量（スカイシャイン線量）を計算することができる。また、点減衰核積分法により、直接線も計算することができる。
検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation)	<p>重大事故等時の緊急時対策所における事故時スカイシャイン線量評価について、SCATTERINGコードを使用して実施している。</p> <p><b>【検証 (Verification)】</b></p> <p>本解析コードの検証の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 計算機能が適正であることは、後述する妥当性確認の中で確認している。</li> <li>・ 本コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。</li> <li>・ SCATTERINGコードは、線量率評価を実施するコードであり、計算に必要な主な条件は線源条件、遮蔽体条件である。これら評価条件が与えられれば線量率評価は可能であり、SCATTERINGコードは重大事故等時における線量評価に適用可能である。</li> </ul>

### 【妥当性確認 (Validation)】

本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。

- ・ スカイシャイン線について、米国 **Radiation Research Associates(RRA)** が1977年に米国カンザス州立大学において<sup>60</sup>Co線源を用いたベンチマーク試験を実施している。
- ・ このRRAでの実験値と計算値を比較した結果、概ね一致していることを確認している。
- ・ 詳細は、「SCATTERINGコードの概要」MAPI-1021改7（平成14年、三菱重工業株式会社）に示されていることを確認している。
- ・ 上記妥当性確認では、横壁よりも天井が薄い形状で、スカイシャイン線量が比較的多い体系での実験による測定値と、SCATTERINGコードによる計算値を比較している。
- ・ 今回の緊急時対策所における事故時スカイシャイン線量評価は、C/Vを線源とし、C/Vを囲む外部遮蔽円筒部（側壁）は十分な遮蔽があり、C/Vを囲む外部遮蔽ドーム部（天井）は遮蔽が側壁より薄い上記妥当性確認における実験体系と同様の体系である。
- ・ 今回の緊急時対策所における事故時スカイシャイン線量評価は、上記妥当性確認内容と合致している。
- ・ また、「原子力発電所放射線遮へい設計規程」(JEAC4615-2008)では、事故時の中央制御室遮蔽及び外部遮蔽のための点減衰核積分コード/散乱線計算コードとして、SPANコード、SCATTERINGコード、QADコードが、燃料移送遮蔽のための点減衰核積分コードとして、SPAN-SLABが挙げられている。

(3) QAD

項目	コード名
	<b>QAD-CGGP2R</b>
開発機関	米国ロスアラモス国立研究所 及び日本原子力研究開発機構
開発時期	1967年
使用したバージョン	Ver. 1.04
使用目的	遮蔽計算 (緊急時対策所における事故時直接線量計算)
コードの概要	<p>本計算機コードは、米国ロスアラモス国立研究所で開発されたガンマ線の物質透過を計算するための点減衰核積分法計算機コード「QAD」をベースとし、旧日本原子力研究所がICRP1990年勧告の国内関連法令・規則への取り入れに合わせて、実効線量率等を計算できるように改良したバージョンである。</p> <p>本計算機コードは、線源及び遮蔽体を直方体、円筒、球などの三次元形状で模擬した計算体系でガンマ線の実効線量率及び空気カーマ率等を点減衰核積分法により計算することができる。</p>
検証(Verification)及び 妥当性確認(Validation)	<p>緊急時対策所における事故時直接線量計算について、点減衰核積分法を用いたQADコードを使用して実施している。</p> <p><b>【検証 (Verification)】</b> 本解析コードの検証の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 計算機能が適正であることは、後述する妥当性確認の中で確認している。</li> <li>・ 本コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。</li> <li>・ QAD コードは、線量率評価を実施するコードであり、計算に必要な主な条件は線源条件、遮蔽体条件である。これら評価条件が与えられれば線量率評価は可能であり、QAD コードは重大事故等時における線量評価に適用可能である。</li> </ul>

### 【妥当性確認 (Validation)】

本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。

- ・ **JRR-4** 散乱実験室でのコンクリート透過実験の実験値（「原子力第1船遮蔽効果確認実験報告書」**JNS-4**（日本原子力船開発事業団、1967））と計算値を比較した。実験孔からのガンマ線を遮蔽体に入射させ、遮蔽体透過後のガンマ線の線量率の実験値と **QAD** コードによる計算値を比較している。
- ・ 実験値と計算値を比較した結果、概ね一致していることを確認している。
- ・ 上記妥当性確認では、実験孔からのガンマ線を遮蔽体に入射させ、遮蔽体透過後のガンマ線の線量率の実験値と **QAD** コードによる計算値を比較している。
- ・ 今回の緊急時対策所における事故時直接線量計算では、上記妥当性確認における実験体系と同様に、ガンマ線の緊急時対策所遮蔽等の遮蔽体透過後の線量率を計算する。
- ・ 今回の緊急時対策所における事故時直接線量計算は上記妥当性確認内容と合致している。
- ・ また、「原子力発電所放射線遮へい設計規程」(**JEAC4615-2008**)では、事故時の中央制御室遮蔽及び外部遮蔽のための点減衰核積分コード/散乱線計算コードとして、**SPAN** コード、**SCATTERING** コード、**QAD** コードが、燃料移送遮蔽のための点減衰核積分コードとして **SPAN-SLAB** が挙げられている。



# 非常用発電装置の出力の決定に関する説明書

設計及び工事計画認可申請添付資料16

玄海原子力発電所第3号機

# 目 次

	頁
1. 概 要 .....	16 (3) - 1
2. 基本方針 .....	16 (3) - 1
2.1 常設の非常用発電装置の設計方針 .....	16 (3) - 1
2.1.1 内燃機関 .....	16 (3) - 2
2.1.2 遮断器 .....	16 (3) - 2
2.1.3 その他電気設備 .....	16 (3) - 3
2.2 可搬型の非常用発電装置の出力に関する設計方針 .....	16 (3) - 3
2.2.1 可搬型の非常用発電装置 .....	16 (3) - 4
3. 施設の詳細設計方針 .....	16 (3) - 5
3.1 可搬型の非常用発電装置 .....	16 (3) - 5
3.1.1 緊急時対策所用発電機車 .....	16 (3) - 5
3.1.1.1 内燃機関 .....	16 (3) - 6
3.1.1.2 発電機 .....	16 (3) - 6

## 1. 概 要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属設備の技術基準に関する規則（以下「技術基準規則」という。）」第76条及び第77条並びにそれらの「実用発電用原子炉及びその附属設備の技術基準に関する規則の解釈に基づき設置する緊急時対策所用発電機車（3,4号機共用（以下同じ。））の出力の決定に関して説明するものである。

また、技術基準規則第78条に基づく「発電用火力設備に関する技術基準を定める省令（以下「火力省令」という。）」及び「原子力発電工作物に係る電気設備に関する技術基準を定める命令（以下「原子力発電工作物に係る電気設備の技術基準」という。）」の準用については、本資料にて非常用電源設備の内燃機関に対する火力省令の適合性、並びに非常用電源設備の遮断器及びその他電気設備に対する原子力発電工作物に係る電気設備の技術基準の適合性について説明するものである。

## 2. 基本方針

### 2.1 常設の非常用発電装置の設計方針

重大事故等対処設備のうち、常設の非常用電源装置である内燃機関は、火力省令第19～23条、第25～29条のうち関連する事項を準用する設計とし、内燃機関等の構造等について準用する設計とする。

なお、内燃機関における、火力省令第25条第3項に基づく強度評価の基本方針、強度評価方法及び強度評価結果は、添付資料11 別添3「発電用火力設備の技術基準による強度に関する説明書」に示す。

遮断器及びその他電気設備は、原子力発電工作物に係る電気設備の技術基準第4～16条、第19～28条、第30～35条の関連する事項を準用する設計とする。感電、火災等の防止として、電気設備における感電、火災等の防止、電路の絶縁、電線等の断線の防止、電線の接続、電気機械器具の熱的強度、高圧又は特別高圧の電気機械器具の危険の防止、電気設備の接地、電気設備の接地の方法及び発電所等への取扱者以外の者の立入の防止について各事項を準用する設計とする。異常の予防及び保護対策として、特別高圧電路等と結合する変圧器等の火災等の防止、過電流からの電線及び電気機械器具の保護対策について各事項を準用する設計とする。電氣的、磁氣的障害の防止として、電気設備の電氣的、磁氣的障害の防止について準用する設計とする。また、供給支障の防止として、遮断器及びその他電気設備の機械的強度及び常時監視をしない発電所等の施設について各事項を準用する設計とする。

### 2.1.1 内燃機関

内燃機関は、火力省令を準用し、以下の設計とする。

#### (1) 内燃機関等の構造等

耐圧部の構造は、最高使用圧力又は最高使用温度において発生する最大の応力に対し十分な強度を有した設計とする。

### 2.1.2 遮断器

遮断器は、原子力発電工作物に係る電気設備の技術基準を準用し、以下の設計とする。

#### (1) 感電、火災等の防止

遮断器は、感電の防止のため接地し、また、充電部分に容易に接触できない設計とする。電路は大地から絶縁する設計とし、絶縁抵抗測定等により異常のないことを確認する。電線の接続箇所は、端子台等により接続することで電気抵抗を増加させないとともに、絶縁性能の低下及び通常の使用状態において断線のおそれがない設計とする。遮断器は、JESC E7002に基づき、通常の使用状態において発生する熱に耐える設計とし、火災発生防止のため、閉鎖された金属製の外箱に収納し、隔離する設計とする。遮断器は適切な接地を施し、鉄台及び金属製の外箱には、A種接地工事（高圧設備）又はC種接地工事（低圧設備）を施す設計とする。取扱者以外の者の立入りを防止するため発電所には、人が容易に構内に立ち入るおそれがないようにさく、へい等を設ける設計とする。

#### (2) 異常の予防及び保護対策

異常の予防及び保護対策のため、高圧電路に施設する過電流遮断器は、施設する箇所を通過する短絡電流を遮断する能力を有し、その作動に伴いその開閉状態を表示する装置を有する設計としている。

#### (3) 電氣的、磁氣的障害の防止

遮断器は、閉鎖構造（金属製の筐体）及び接地の実施により、電氣的又は磁氣的な障害を与えない設計とする。

#### (4) 供給支障の防止

発電所構内には、遮断器の運転に必要な知識及び技能を有する者が常時駐在することにより、常時監視しない発電所は施設しない設計とする。

### 2.1.3 その他電気設備

その他の非常用電源設備は、原子力発電工作物に係る電気設備の技術基準を準用し、以下の設計とする。

#### (1) 感電、火災等の防止

電気設備は、感電の防止のため接地し、また、筐体やアクリルカバー等により充電部分に容易に接触できない設計とする。回路は大地から絶縁する設計とし、絶縁抵抗測定等により異常のないことを確認する。電気設備については接続板及び接続用ボルト・ナット等により接続することで電気抵抗を増加させない設計とし、絶縁性能の低下及び通常の使用状態において断線のおそれがない設計とする。電気設備は、熱的強度については、期待される使用状態において発生する熱に耐える設計とする。火災防止のため、可燃性の物から離して施設する設計とする。必要箇所には、異常時の電圧上昇等による影響を及ぼさないよう適切な接地を施す設計とする。取扱者以外の者の立入りを防止するため発電所には、人が容易に構内に立ち入るおそれがないようにさく、へい等を設ける設計とする。

#### (2) 異常の予防及び保護対策

高圧電路と結合する変圧器は、電気設備の損傷、感電又は火災のおそれがないよう、適切な接地を施す設計とする。過電流からの電線及び電気機械器具の保護対策のため、各補機には、過電流を検知できるよう保護継電器、過電流検知器及び配線用遮断器を設置し、過電流を検出した場合は、遮断器を開放する設計とする。

#### (3) 電氣的、磁氣的障害の防止

閉鎖構造（金属製の筐体）及び接地の実施により、電気設備その他の物件の機能に電氣的又は磁氣的な障害を与えない設計とする。

#### (4) 供給支障の防止

変圧器、母線及びそれを支持する碍子は、短絡電流により生ずる機械的衝撃に耐える設計としている。発電所構内には、電気設備の運転に必要な知識及び技能を有する者が常時駐在することにより、常時監視しない発電所は施設しない設計とする。

## 2.2 可搬型の非常用発電装置の出力に関する設計方針

重大事故等対処設備における可搬型の非常用発電装置のうち緊急時対策所用発電機車は、専用の負荷に電力を供給できる出力を有する設計とする。

非常用発電装置としての機能の重要性を考慮し、緊急時対策所用発電機車に

については、火力省令及び電気設備に関する技術基準を定める省令を引用している日本内燃力発電設備協会規格の「可搬型発電設備技術基準(NEGA C 331 : 2005) (以下「可搬型発電設備技術基準」という。)」を準用する設計とする。

可搬型の非常用発電装置の内燃機関は、流入する燃料を自動的に調整する调速装置並びに軸受が異常な摩耗、変形及び過熱が生じないように潤滑油装置を設ける設計とし、回転速度、潤滑油圧力、潤滑油温度等の運転状態を計測する装置を設ける設計とする。回転速度が著しく上昇した場合、冷却水温度が著しく上昇した場合等に自動的に停止する設計とする。また、過回転防止装置は定格回転速度の116%以下で動作する設計とする。

可搬型の非常用発電装置の発電機は、電氣的・機械的に十分な性能を持つ絶縁巻線を使用し、耐熱性及び耐湿性を考慮した絶縁処理を施す設計とする。電源電圧の著しく低下した場合、過電流が発生した場合等に自動的に停止する設計とする。

可搬型の非常用発電装置の強度については、完成品として一般産業品規格で規定される温度試験等を実施し、定格負荷状態において十分な強度を有する設計とする。

耐圧部分に対する強度については、可搬型発電設備技術基準に関連する事項がないため、「電気規格調査会標準規格 JEC-2130」で規定される温度試験による強度評価の基本方針、強度評価方法及び強度評価結果を添付資料15 別添3「非常用発電装置（可搬型）の強度に関する説明書」に示す。

### 2.2.1 可搬型の非常用発電装置

可搬型の非常用発電装置は、可搬型発電設備技術基準を準用し、以下の設計とする。

#### (1) 原動機

内燃機関に流入する燃料を自動的に調整する调速装置を設ける設計とする。

また、内燃機関の軸受は、運転中の荷重を安定に支持できるものであり、かつ、異常な摩耗、変形及び過熱が生じないように潤滑油装置を設ける設計とする。

#### (2) 発電機

通常の使用状態において発生する熱に耐える設計とし、発電機の耐熱クラスは、E種絶縁以上の設計とする。発電機の巻線は、非常停止速度や短絡電流に対して十分な電氣的・機械的強度及び絶縁性能を有する設計とする。

#### (3) 計測装置

回転速度等の運転状態を計測する装置を設ける設計とする。

(4) 保護装置

電圧低下、過速度、冷却水温度上昇及び潤滑油圧力低下時に、原動機を自動的に停止する設計とする。定格回転速度の116%以下で動作する非常調速装置を設ける設計とする。

また、発電機は、過電流が発生した場合に電路から自動的に遮断する保護装置を設ける設計とする。

(5) 運転性能

定格出力のもとで1時間運転し、安定した運転が維持される設計とする。

(6) 絶縁抵抗及び絶縁耐力

出力端子と大地間の絶縁抵抗値を測定し、出力端子と大地間に規定の交流電圧を印加したときこれに耐える設計とする。

### 3. 施設の詳細設計方針

#### 3.1 可搬型の非常用発電装置

##### 3.1.1 緊急時対策所用発電機車

緊急時対策所用発電機車は、緊急時対策棟専用電源として設置し、緊急時対策棟メタルクラッド開閉装置母線に接続する。全交流電源喪失時に緊急時対策棟の機能を維持するために必要な機器へ電力を供給できる設計とする。

全交流電源喪失時において、緊急時対策所用発電機車から電力供給を期待する緊急時対策棟の負荷を第1表に示す。第1表より、緊急時対策所用発電機車の所要負荷は327kWである。

発電機の出力は、所要負荷に供給できる容量を設定し、設定した発電機出力を発電機の効率で除すことにより、内燃機関の必要な出力を算出する。

所要負荷に基づき、内燃機関の必要な出力及び発電機の容量を以下の通りとする。

### 3.1.1.1 内燃機関

発電機の実出力は、所要負荷である327kWに対し、十分な余裕を有する1,460kWとする。発電機の実出力から内燃機関の実出力は、次式により1,540kWとする。

$$P_E \geq \frac{P}{\eta} = \frac{1,460}{\square} = \square$$

$P_E$  : 内燃機関の実出力(kW)

$P$  : 発電機の定格出力(kW) = 1,460

$\eta$  : 発電機の効率 =  $\square$

### 3.1.1.2 発電機

発電機の容量は、次式により1,825kVAとする。

$$Q = \frac{P}{\text{pf}} = \frac{1,460}{0.80} = 1,825$$

$Q$  : 発電機の容量(kVA)

$P$  : 発電機の定格出力(kW) = 1,460

$\text{pf}$  : 力率 = 0.80



第1表 緊急時対策所用発電機車の負荷リスト

負荷	台数	負荷容量(kW) (注1)
緊急時対策所非常用空気浄化ファン	1	13
緊急時対策所非常用空気浄化設備電気加熱 コイル	2	42
緊急時対策棟給気ファン	1	80
緊急時対策棟排気ファン	1	32
緊急時対策棟充電器盤	1	83
緊急時対策棟計装電源盤 <span style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</span> SPDS データ表示装置 衛星携帯電話設備のうち衛星携帯電話 (固定型) 統合原子力防災ネットワークに接続する 通信連絡設備等	1	29
緊急時対策所用発電機車用給油ポンプ	1	2
緊急時対策所用発電機車 100V 分電盤	2	5
緊急時対策所用発電機車補機盤	2	17
緊急時対策所非常用空気浄化フィルタ ユニットヒートトレース	2	6
緊急時対策棟空気浄化フィルタユニット ヒートトレース	1	6
緊急時対策棟用湧水サンプポンプ	2	9
共通電源等	1 式	3
合計		327

(注1) 電磁弁及び電動弁は、負荷容量が小さくかつ動作時間が短時間であり、負荷容量には含めない。

# 緊急時対策所の機能に関する説明書

設計及び工事計画認可申請添付資料17

玄海原子力発電所第3号機

# 目 次

	頁
1. 概 要 .....	17 (3) - 1
2. 基本方針 .....	17 (3) - 1
3. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の機能に係る詳細設計 .....	17 (3) - 4
3.1 居住性の確保 .....	17 (3) - 5
3.1.1 換気設備等 .....	17 (3) - 5
3.1.2 生体遮蔽装置 .....	17 (3) - 6
3.1.3 酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計 .....	17 (3) - 6
3.1.4 チェンジングエリア .....	17 (3) - 7
3.1.5 照明 .....	17 (3) - 7
3.2 情報の把握 .....	17 (3) - 7
3.3 通信連絡 .....	17 (3) - 8
3.3.1 通信設備 .....	17 (3) - 8
3.4 有毒ガスに対する防護措置 .....	17 (3) - 8
3.4.1 固定源に対する防護措置 .....	17 (3) - 9
3.4.2 可動源に対する防護措置 .....	17 (3) - 10
4. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の有毒ガス濃度評価 .....	17 (3) - 11
4.1 評価条件 .....	17 (3) - 11
4.1.1 評価の概要 .....	17 (3) - 11
4.1.2 評価事象の選定 .....	17 (3) - 11
4.1.3 有毒ガス到達経路の選定 .....	17 (3) - 11
4.1.4 有毒ガス放出率の計算 .....	17 (3) - 11
4.1.5 大気拡散の評価 .....	17 (3) - 13
4.1.6 有毒ガス濃度評価 .....	17 (3) - 16
4.1.7 有毒ガス防護判断基準値 .....	17 (3) - 16
4.1.8 有毒ガス防護判断基準値に対する割合 .....	17 (3) - 16

4.1.9	有毒ガス防護判断基準値に対する割合の合算及び 判断基準値との比較	17 (3) - 17
4.2	評価結果	17 (3) - 17
4.2.1	有毒ガス防護判断基準値に対する割合	17 (3) - 17
4.2.2	有毒ガス防護判断基準値に対する割合の合算	17 (3) - 17
4.3	有毒ガス濃度評価のまとめ	17 (3) - 17

## 1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（以下「技術基準規則」という。）」第 46 条及び第 76 条並びにそれらの「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈（以下「解釈」という。）」に基づき、緊急時対策所（緊急時対策棟内）（3,4 号機共用（以下同じ。））の機能について説明するものである。あわせて技術基準規則第 47 条第 4 項のうち通信連絡設備及び第 5 項、第 77 条並びにそれらの解釈に係る緊急時対策所の通信連絡設備について説明する。

## 2. 基本方針

2.1 緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、重大事故等が発生した場合においても当該事故等に対処するため以下の設計とする。

- (1) 基準地震動による地震力に対し、緊急時対策所機能を喪失しないようにするとともに、EL.約 25m に設置し、基準津波の影響を受けない設計とする。

耐震設計に関する詳細は、添付資料 12「耐震性に関する説明書」のうち添付資料 12-1「耐震設計の基本方針」及び添付資料 4「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」、自然現象への配慮等の詳細は、添付資料 2「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」に示す。

- (2) 緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、緊急時対策所機能に係る設備を含め中央制御室との共通要因により同時に機能喪失しないよう、中央制御室に対して独立性を有する設計とするとともに、中央制御室とは離れた位置に設ける設計とする。

位置的分散に関する詳細は、添付資料 4「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に示す。

- (3) 緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、代替交流電源からの給電を可能な設計とし、代替電源設備からの給電を可能とするよう非常用電源設備として、希ガス等の放射性物質の放出時に緊急時対策所（緊急時対策棟内）の外側で操作及び作業を行わないことを考慮しても 1 台で緊急時対策所（緊急時対策棟内）に給電するために必要な容量を有する緊急時対策所用発電機車（3,4 号機共用（以下同じ。））を予備も含めて設けることで、多重性を確保する設計とする。

緊急時対策所用発電機車の詳細は、添付資料 16「非常用発電装置の出力の決定に関する説明書」に示す。

- (4) 緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、事故対応において 3 号機及び 4 号機双

方のプラント状況を考慮した指揮命令を行う必要があるため、同一スペースを共用化し、必要な情報を共有・考慮しながら総合的な管理（事故処置を含む。）を行うことで、発電用原子炉施設の安全性を損なわない設計とするとともに、安全性の向上が図れることから、3号機及び4号機で共用する設計とする。

共用に関する詳細は、添付資料4「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に示す。

## 2.2 緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、以下の機能を有する設計とする。

### (1) 居住性の確保に関する機能

1次冷却系統に係る発電用原子炉施設の損壊その他の異常（以下「1次冷却材喪失事故等」という。）が発生した場合において、当該事故等に対処するために必要な指示を行うための緊急時対策本部要員（以下「対策要員」という。）を収容できるとともに、対策要員が必要な期間にわたり滞在でき、また、重大事故等が発生した場合においても、当該事故等に対処するために必要な数の対策要員を収容することができるとともに、放射線管理施設の換気設備（緊急時対策所換気設備（3,4号機共用（以下同じ。））、生体遮蔽装置（緊急時対策所遮蔽（3,4号機共用（以下同じ。））、外部遮蔽及び補助遮蔽の性能とあいまって、当該事故等に対処するために必要な指示を行う対策要員がとどまることができる。

重大事故等が発生した場合において、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内への希ガス等の放射性物質の侵入を低減又は防止するために必要な換気設備の操作に係る確実な判断ができるよう、放射線管理用計測装置による放射線量の監視、測定ができる。

また、1次冷却材喪失事故等及び重大事故等が発生した場合において、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度が事故対策のための活動に支障がない範囲にあることを正確に把握することができる。

### (2) 情報の把握に関する機能

1次冷却材喪失事故等が発生した場合において、中央制御室の運転員を介さずに事故状態等を正確かつ速やかに把握できるとともに、重大事故等が発生した場合においても、当該事故等に対処するために必要な情報を把握することができるよう、情報収集設備によりプラントパラメータ等の必要なデータを表示できる。

### (3) 通信連絡に関する機能

1 次冷却材喪失事故等及び重大事故等が発生した場合において、発電所内の関係要員への指示や発電所外関連箇所との通信連絡等、発電所内外の通信連絡をする必要のある場所と通信連絡を行うとともに、発電所内から発電所外の緊急時対策支援システム（ERSS）等へ必要なデータを伝送することができる。

### (4) 有毒ガスに対する防護措置

緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、有毒ガスが重大事故等に対処するために必要な指示を行う要員（以下「指示要員」という。）に及ぼす影響により、指示要員の対処能力が著しく低下し、安全施設の安全機能が損なわれることがないように、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内にとどまり必要な指示、操作を行うことができる設計とする。

敷地内外において貯蔵施設に保管されている有毒ガスを発生させるおそれのある有毒化学物質（以下「固定源」という。）に対しては、指示要員の吸気中の有毒ガス濃度の評価結果が、有毒ガス防護のための判断基準値を下回る設計とする。固定源の有毒ガス影響を軽減することを期待する防液堤等は、現場の設置状況を踏まえ、評価条件を設定する。

発電所構内において輸送手段の輸送容器に保管されている有毒ガスを発生させるおそれのある有毒化学物質（以下「可動源」という。）に対しては、緊急時対策所換気設備の隔離等の対策により指示要員を防護できる設計とする。

なお、有毒化学物質は、「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」（平成 29 年 4 月 5 日原規技発第 1704052 号原子力規制委員会決定）（以下「有毒ガス評価ガイド」という。）を参照して、有毒ガス防護に係る影響評価を実施し、有毒ガスが大気中に多量に放出されるかの観点から、有毒化学物質の性状、貯蔵状況等を踏まえ、固定源及び可動源を特定する。

## 2.3 適用基準、適用規格等

緊急時対策所（緊急時対策棟内）の機能に適用する基準及び規格等は、以下のとおりとする。

- ・ 解釈
- ・ 有毒ガス評価ガイド
- ・ 原子力発電所中央制御室の居住性に係る被ばく評価手法について（内規）  
（平成 21・07・27 原院第 1 号平成 21 年 8 月 12 日原子力安全・保安院制

定)

- ・発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針（昭和 57 年 1 月 28 日 原子力安全委員会決定）
- ・毒物及び劇物取締法（昭和 25 年 12 月 28 日法律第 303 号）
- ・消防法（昭和 23 年 7 月 24 日法律第 186 号）
- ・高圧ガス保安法（昭和 26 年 6 月 7 日法律第 204 号）

### 3. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の機能に係る詳細設計

緊急時対策所（緊急時対策棟内）の建物（緊急時対策所遮蔽含む）は、基準地震動による地震力に対し、緊急時対策所機能を喪失しないように設計する。緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性を確保するため、基準地震動による地震力に対する構造強度の確保に加え、生体遮蔽装置の遮蔽性及び緊急時対策所換気設備の性能とあいまった十分な気密性を維持する設計とする。緊急時対策所機能に係る設備についても、基準地震動による地震力に対し、機能を喪失しないよう、耐震設計を行う。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、第 1-1 図及び第 1-2 図に示すとおり、発電所への津波（T.P.+3.93m（取水ピット前面））の影響を受けないよう、中央制御室から離れた場所の高台（EL.約 25m）に設置する。また、緊急時対策所機能に係る設備は、第 2 図に示すとおり、中央制御室に対して独立性を有した設計とするとともに、予備も含め中央制御室とは離れた位置に設置又は保管する。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、常設電源に加えて、非常用電源設備のうち専用であって可搬型の緊急時対策所用発電機車により、代替電源設備からの給電を可能とする。

緊急時対策所用発電機車は、1 台で緊急時対策所（緊急時対策棟内）に給電するために必要な容量を有するものを予備も含めて 3 台保管することで、多重性を有する設計とする。また、緊急時対策所用発電機車は、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の運用に必要となる電源容量 409kVA に対して定格容量 1825kVA であり、第 1 表に示す 75%負荷時の燃料消費量から、燃料補給がなくとも居住性に係る線量評価における放射性物質の放出継続時間（10 時間）を上回る 238 時間以上の連続運転が可能である。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、事故対応において 3 号機及び 4 号機双方のプラント状況を考慮した指揮命令を行う必要があるため、同一スペースを共用化し、必要な情報（相互のプラント状況、運転員の対応状況等）を共有・考慮しながら、総合的な管理（事故処置を含む。）を行うことで、発電用原子炉施設の安全性を損なわない設計とするとともに、安全性の向上が図れることから、3 号機及び 4 号機で共



用する設計とする。

また、共用により悪影響を及ぼさないよう、号機の区分けなく使用でき、更にプラットフォームパラメータは、号機ごとに表示・監視できる設計とする。

### 3.1 居住性の確保

緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、1次冷却材喪失事故等が発生した場合において、当該事故等に対処するために必要な指示を行うための対策要員が収容でき、また、重大事故等が発生した場合においても、重大事故等に対処するために必要な指示を行う対策要員に加え、少なくとも原子炉格納容器の破損等による発電所外への放射性物質の拡散を抑制するための対策に対処するために必要な対策要員を含めた重大事故等に対処するために必要な数の対策要員を収容することができる設計とする。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、第3図に示すとおり、3区画（合計約820m<sup>2</sup>）で構成する。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、災害時（プルーム通過時以外）、約50名の対策要員が活動することを想定しており、第4図に示すとおり、対策要員の活動に必要な各作業班用の机、設備等を配置しても、活動に必要な広さを確保する。プルーム通過中においても、重大事故等に対処するために必要な指示を行う対策要員及び原子炉格納容器の破損等による発電所外への放射性物質の拡散を抑制するための対策に対処するために必要な対策要員を含め、最大100名を収容するために必要な広さを確保する設計とする。なお、机等の配置にあたっては、必要な指示を行う対策要員と現場作業を行う対策要員との輻輳を避けるレイアウトとなるよう考慮する。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、重大事故等時において、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の気密性並びに生体遮蔽装置及び緊急時対策所換気設備の性能とあいまって、居住性に係る被ばく評価の判断基準（緊急時対策所（緊急時対策棟内）にとどまる要員の実効線量が事故後7日間で100mSvを超えないこと（以下同じ。))を満足する設計とする。

#### 3.1.1 換気設備等

緊急時対策所換気設備は、基準地震動による地震力に対する耐震壁のせん断ひずみの許容限界を考慮しても、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の気密性とあいまって、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内を正圧に加圧でき、居住性に係る被ばく評価の判断基準を満足する設計とする。また、緊急時対策

所（緊急時対策棟内）内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度が設計基準事故及び重大事故等の対策のための活動に支障なく維持できる設計とする。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）内への希ガス等の放射性物質の侵入を低減又は防止するために必要な換気設備の操作に係る確実な判断ができるよう、放射線管理施設の放射線管理用計測装置（緊急時対策所エリアモニタ（3,4号機共用（以下同じ。））及び可搬型エリアモニタ（3,4号機共用（以下同じ。）））により、大気中に放出された放射性物質による放射線量を監視、測定する。

緊急時対策所換気設備の機能については、添付資料 18「緊急時対策所の居住性に関する説明書」、放射線管理計測装置の仕様等は、添付資料 13「放射線管理用計測装置の構成に関する説明書並びに計測範囲及び警報動作範囲に関する説明書」に示す。

### 3.1.2 生体遮蔽装置

生体遮蔽装置は、居住性に係る被ばく評価の判断基準を満足する設計とする。

生体遮蔽装置の詳細は、添付資料 15「生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書」に示す。

### 3.1.3 酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計

設計基準事故時及び重大事故等時の対応として、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度が事故対策のための活動に支障がない範囲にあることを正確に把握できるよう、乾電池又は充電電池等を電源とした可搬型の酸素濃度計（3,4号機共用、3号機に保管（以下同じ。））及び二酸化炭素濃度計（3,4号機共用、3号機に保管（以下同じ。））を、使用する1セット1個と故障時及び保守点検時のバックアップ用として2個を含めて合計3個保管する。また、酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計は、汎用品を用いる等容易かつ確実に操作ができるものとする。

酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計の仕様を第2表に示す。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）内酸素濃度及び二酸化炭素濃度評価については、添付資料 18「緊急時対策所の居住性に関する説明書」に示す。

### 3.1.4 チェンジングエリア

重大事故等が発生し、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の外側が放射性物質により汚染したような状況下において、重大事故等に対処するための対策要員が緊急時対策所（緊急時対策棟内）の外側から室内に放射性物質による汚染の持ち込みを防止できるよう、身体サーベイ及び作業服の着替え等を行うための区画（以下「チェンジングエリア」という。）を設置する設計とする。

チェンジングエリアの詳細は、添付資料 14「管理区域の出入管理設備及び環境試料分析装置に関する説明書」に示す。

### 3.1.5 照明

緊急時対策所（緊急時対策棟内）等（チェンジングエリア含む。）の通常照明が使用できない場合において、設計基準事故及び重大事故等の対策のための活動に支障がないよう、可搬型照明を配備する。

## 3.2 情報の把握

緊急時対策所（緊急時対策棟内）において、1次冷却材喪失事故等に対処するために必要な情報及び重大事故等に対処するために必要な指示ができるよう重大事故等に対処するために必要な情報（炉心冷却や原子炉格納容器の状態）を、中央制御室内の運転員を介さずに正確かつ速やかに把握できるよう、プラントパラメータ等の必要なデータを収集及び表示するための情報収集設備（「3,4号機共用、3号機に設置」、「4号機設備、3,4号機共用、4号機に設置」（以下同じ。））を設置する。

情報収集設備として、事故状態等の必要な情報を把握するために必要なパラメータ等を収集し、緊急時対策所（緊急時対策棟内）で表示できるよう、緊急時運転パラメータ伝送システム（SPDS）を原子炉補助建屋及び4号機原子炉周辺建屋に設置し、SPDSデータ表示装置を緊急時対策棟に設置する。

SPDSデータ表示装置は、プラントの状態確認に必要な主要なプラントパラメータ及び主要な補機の作動状態を確認することができるようにする。また、緊急時運転パラメータ伝送システム（SPDS）へのデータ入力については、安全保護系ラック、NIS盤、RMS盤等からプラントパラメータを直接収集することができるバックアップラインを設け、主要プラントパラメータをバックアップすることができるようにする。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）で確認できる主要なプラントパラメータ及び主要な補機の作動状態の詳細は、添付資料 8「通信連絡設備に関する説明書」に示す。

なお、緊急時運転パラメータ伝送システム（SPDS）及び SPDS データ表示装置は、計測制御系統施設の通信連絡設備を緊急時対策所の設備として兼用する。

### 3.3 通信連絡

#### 3.3.1 通信設備

緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、1 次冷却材喪失事故等が発生した場合において、当該事故等に対処するため、計測制御系統施設のうち発電所内の関係要員への指示を行うために必要な通信設備（発電所内）（「3,4 号機共用、3 号機に設置」、「3,4 号機共用、3 号機に保管」（以下同じ。））及び発電所外関連箇所と専用であって有線系、無線系又は衛星系回線による通信方式の多様性を備えた通信回線にて連絡できる通信設備（発電所外）（「3,4 号機共用、3 号機に設置」、「3,4 号機共用、3 号機に保管」（以下同じ。））により、発電所内外の通信連絡をする必要のある場所と通信連絡できるようにする。

また、重大事故等が発生した場合においても、計測制御系統施設のうち緊急時対策所（緊急時対策棟内）から中央制御室、屋内外の作業場所、本店、国、地方公共団体、その他関係機関の発電所の内外の通信連絡をする必要のある場所と通信連絡を行う通信設備（発電所内）及び通信設備（発電所外）により、発電所の内外の通信連絡をする必要のある場所との通信連絡ができるようにする。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）の通信設備として、携帯型通話設備、衛星携帯電話設備、無線連絡設備、統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備、運転指令設備、電力保安通信用電話設備、テレビ会議システム（社内）及び加入電話設備を設置又は保管する。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）の通信設備（発電所内）及び通信設備（発電所外）の詳細は、添付資料 8「通信連絡設備に関する説明書」に示す。

#### 3.4 有毒ガスに対する防護措置

緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、有毒ガスが緊急時対策所（緊急時対策棟内）の指示要員に及ぼす影響により、指示要員の対処能力が著しく低下し、安全施設の安全機能が損なわれることがないように、緊急時対策所（緊急時対策棟内）

内にとどまり、必要な指示、操作を行うことができる設計とする。

固定源に対しては、貯蔵容器すべてが損傷し、有毒化学物質の全量流出によって発生した有毒ガスが大気中に放出される事象を想定し、指示要員の吸気中の有毒ガス濃度の評価結果が、有毒ガス防護のための判断基準値を下回る設計とする。

可動源に対しては、通信連絡設備による連絡、緊急時対策所換気設備の隔離、防護具の着用等により指示要員を防護できる設計とする。

なお、有毒化学物質は、有毒ガス評価ガイドを参照して、有毒ガス防護に係る影響評価を実施し、有毒ガスが大気中に多量に放出されるかの観点から、有毒化学物質の揮発性等の性状、貯蔵量、建屋内保管、換気等の貯蔵状況等を踏まえ、敷地内及び中央制御室等から半径 **10km** 以内にある敷地外の固定源並びに可動源を特定し、特定した有毒化学物質に対して有毒ガス防護判断基準値を設定する。固定源及び可動源の特定並びに有毒ガス防護判断基準値の設定については、令和 **2年3月30日** 付け原規規発第 **20033012** 号にて認可された工事計画の添付資料 **3**「中央制御室の機能に関する説明書」の別添「固定源及び可動源の特定について」による。

#### 3.4.1 固定源に対する防護措置

固定源に対しては、貯蔵容器すべてが損傷し、有毒化学物質の全量流出によって発生した有毒ガスが大気中に放出される事象を想定し、指示要員の吸気中の有毒ガス濃度の評価結果が、有毒ガス防護のための判断基準値を下回することで、技術基準規則別記-9に規定される「有毒ガスの発生」はなく、同規則に基づく有毒ガスの発生を検出するための装置について有毒ガスの発生源の近傍及び緊急時対策所（緊急時対策棟内）近傍への設置及び当該装置が有毒ガスの発生を検出した場合に自動的に警報するための装置について緊急時対策所（緊急時対策棟内）への設置は不要とする設計とする。

固定源の有毒ガス影響を軽減することを期待する防液堤等について、毒物及び劇物取締法の要求に基づき設置する防液堤及び有毒化学物質が漏えいした場合に有毒ガスの発生を抑制するために設置する覆いは、それぞれ設計上の配慮により構造上更地となるような壊れ方はしないことから、現場の設置状況を踏まえ、評価条件を設定する。

なお、有毒化学物質が漏えいした場合でも、毒物及び劇物取締法の要求に基づき設置する中和槽等により有毒化学物質が貯蔵場所外に流出することはない。

指示要員の吸気中の有毒ガス濃度が、有毒ガス防護のための判断基準値を

下回ることの評価については、「4. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の有毒ガス濃度評価」に示す。

### 3.4.2 可動源に対する防護措置

可動源に対しては、立会人の随行、通信連絡設備による連絡、緊急時対策所換気設備の隔離、防護具の着用等により指示要員を防護することで、技術基準規則別記-9 に基づく有毒ガスの発生を検出するための装置及び当該装置が有毒ガスの発生を検出した場合に自動的に警報するための装置の設置を不要とする設計とする。

また、可動源から有毒ガスが発生した場合においては、漏えいに対する希釈等の終息活動により有毒ガスの発生を低減するための活動を実施する。

#### (1) 立会人の随行

発電所構内に可動源が入構する場合には、立会人を随行させることで、可動源から有毒ガスが発生した場合に認知可能な体制を整備する。

#### (2) 通信連絡

可動源から有毒ガスが発生した場合において、発電所内の通信連絡を必要のある場所との通信設備（発電所内）による連絡体制を整備する。

具体的な通信設備（発電所内）については、添付資料 8「通信連絡設備に関する説明書」に示す。

#### (3) 換気設備

可動源から発生した有毒ガスに対して、緊急時対策所換気設備の外気取入れを手動で遮断し、外部雰囲気から隔離できる設計とする。

具体的な、換気設備の機能については、添付資料 18「緊急時対策所の居住性に関する説明書」に示す。

#### (4) 防護具の着用

可動源から発生した有毒ガスから指示要員を防護するため、防毒マスクを配備する。防毒マスクの配備場所を第 5 図に示す。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）に緊急時対策本部が設置される場合において、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の指示要員は、可動源から有毒ガスの発生による異常の連絡を受け、緊急時対策所（緊急時対策棟内）において臭気等により異常を認知した場合は、防毒マスクを着用する。

## 4. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の有毒ガス濃度評価

### 4.1 評価条件

緊急時対策所（緊急時対策棟内）の有毒ガス濃度評価に当たって、評価手順及び評価条件を本項において示す。

#### 4.1.1 評価の概要

固定源から放出される有毒ガスにより、緊急時対策所（緊急時対策棟内）にとどまる指示要員の吸気中の有毒ガス濃度が、有毒ガス防護のための判断基準値を下回ることを評価する。

評価に当たっては、受動的に機能を発揮する設備として、固定源の有毒ガス影響を軽減することを期待する防液堤及び覆いを評価上考慮する。

具体的な手順は以下のとおり。

- (1) 評価事象は、評価対象となる固定源から有毒化学物質が漏えいし、有毒ガスが発生することを想定する。なお、固定源について、緊急時対策所（緊急時対策棟内）にとどまる指示要員の吸気中の有毒ガス濃度の評価結果が厳しくなるよう評価条件を選定する。
- (2) 評価事象に対して、固定源から発生した有毒ガスが、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の換気設備の外気取入口に到達する経路を選定する。
- (3) 発電所敷地内の気象データを用いて、有毒ガスの放出源から大気中への蒸発率及び大気拡散を計算し、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の換気設備の外気取入口における有毒ガス濃度を計算する。

#### 4.1.2 評価事象の選定

評価対象とする貯蔵容器から防液堤内に有毒化学物質の全量が漏えいし、有毒ガスが発生することを想定する。

#### 4.1.3 有毒ガス到達経路の選定

固定源から発生した有毒ガスについては、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の換気設備の外気取入口に到達する経路を選定する。

有毒ガス到達経路を第6図に示す。

#### 4.1.4 有毒ガス放出率の計算

評価対象とする貯蔵容器すべてが損傷し、貯蔵されている有毒化学物質が全量防液堤内に流出することによって発生した有毒ガスが大気中に放出さ

れることを想定し、大気中への有毒ガスの放出率を評価する。この際、指示要員の吸気中の有毒ガス濃度への影響を考慮して、固定源の物性、保管状態、放出形態及び気象データ等の評価条件を適切に設定する。

また、液体の有毒化学物質の単位時間当たりの大気中への放出率の評価は、文献「Modeling Hydrochloric Acid Evaporation in ALOHA」に従って、「(2) 有毒ガス放出率評価式」により計算する。

固定源の評価条件を第 3 表、有毒化学物質に係る評価条件を第 4 表及び第 7 図にそれぞれ示す。

(1) 事象発生直前の状態

事象発生直前まで貯蔵容器に有毒化学物質が貯蔵されていたものとする。

(2) 有毒ガス放出率評価式

a. 蒸発率 E

$$E = A \times K_M \times \left( \frac{M_{Wm} \times P_v}{R \times T} \right)$$

b. 物質移動係数  $K_M$

$$K_M = 0.0048 \times U^{\frac{7}{9}} \times Z^{-\frac{1}{9}} \times S_c^{-\frac{2}{3}}$$

$$S_c = \frac{v}{D_M}$$

$$D_M = D_{H_2O} \times \sqrt{\frac{M_{WH_2O}}{M_{Wm}}}$$

$$D_{H_2O} = D_0 \times \left( \frac{T}{273.15} \right)^{1.75}$$

c. 蒸発率補正  $E_C$

$$E_C = - \left( \frac{P_a}{P_v} \right) \ln \left( 1 - \frac{P_v}{P_a} \right) \times E$$

ここで、

E : 蒸発率 (kg/s)

$E_C$  : 補正蒸発率 (kg/s)

A : 開口部面積 (m<sup>2</sup>)

$K_M$  : 化学物質の物質移動係数 (m/s)

$M_{Wm}$  : 化学物質の分子量 (kg/kmol)

$P_a$  : 大気圧 (Pa)



$P_v$	: 化学物質の分圧 (Pa)
$R$	: ガス定数 (J/kmol · K)
$T$	: 温度 (K)
$U$	: 風速 (m/s)
$Z$	: 開口部面積の等価直径(m) ( $=\sqrt{4A/\pi}$ )
$S_C$	: 化学物質のシュミット数
$\nu$	: 動粘性係数 (m <sup>2</sup> /s)
$D_M$	: 化学物質の分子拡散係数 (m <sup>2</sup> /s)
$D_{H_2O}$	: 温度 $T$ (K)、圧力 $P_v$ (Pa) における水の分子拡散係数 (m <sup>2</sup> /s)
$M_{WH_2O}$	: 水の分子量 (kg/kmol)
$D_0$	: 水の拡散係数 ( $=2.2 \times 10^{-5} \text{m}^2/\text{s}$ )

### (3) 評価の対象とする固定源

有毒ガス評価ガイドに従って選定した敷地内における固定源を対象とする。なお、同一防液堤内に固定源がある場合、有毒ガス防護判断基準値に対する割合が最大になる値を使用する。評価の対象とする敷地内の固定源を第 8 図に示す。

## 4.1.5 大気拡散の評価

発電所敷地内の気象データを用いて、大気拡散を計算して相対濃度を計算する。固定源の大気拡散計算の評価条件を第 5 表に示す。

### (1) 大気拡散評価モデル

固定源から放出された有毒ガスが、大気を拡散して評価点に到達するまでの計算は、ガウスプルームモデルを適用する。

相対濃度は、毎時刻の気象項目と実効的な放出継続時間をもとに、評価点ごとに次式のとおり計算する。

$$\chi/Q = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T (\chi/Q)_i \cdot d\delta_i$$

(建屋影響を考慮しない場合)

$$(\chi/Q)_i = \frac{1}{\pi \cdot \sigma_{yi} \cdot \sigma_{zi} \cdot U_i} \cdot \exp\left(-\frac{H^2}{2\sigma_{zi}^2}\right)$$

(建屋影響を考慮する場合)

$$(\chi/Q)_i = \frac{1}{\pi \cdot \Sigma_{yi} \cdot \Sigma_{zi} \cdot U_i} \cdot \exp\left(-\frac{H^2}{2\Sigma_{zi}^2}\right)$$

$\chi/Q$  : 実効放出継続時間中の相対濃度 (s/m<sup>3</sup>)

T : 実効放出継続時間 (h)

$(\chi/Q)_i$  : 時刻 i における相対濃度 (s/m<sup>3</sup>)

${}_d\delta_i$  : 時刻 i において風向が当該方位 d にあるとき  ${}_d\delta_i = 1$   
時刻 i において風向が当該方位 d がないとき  ${}_d\delta_i = 0$

$\sigma_{yi}$  : 時刻 i における濃度分布の y 方向の拡がりのパラメータ (m)

$\sigma_{zi}$  : 時刻 i における濃度分布の z 方向の拡がりのパラメータ (m)

$U_i$  : 時刻 i における風速 (m/s)

H : 放出源の有効高さ (m)

$$\Sigma_{yi} : \left(\sigma_{yi}^2 + \frac{cA}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\Sigma_{zi} : \left(\sigma_{zi}^2 + \frac{cA}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}}$$

A : 建屋等の風向方向の投影面積 (m<sup>2</sup>)

c : 形状係数

上記のうち、気象項目（風向、風速及び  $\sigma_{yi}$ 、 $\sigma_{zi}$  を求めるために必要な大気安定度）については「(2)気象データ」に示すデータを、建屋の投影面積については「(5)建屋投影面積」に示す値を、形状係数については「(6)形状係数」に示す値を用いることとする。

$\sigma_{yi}$  及び  $\sigma_{zi}$  については、「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」（昭和 57 年 1 月 28 日原子力安全委員会決定）における相関式を用いて計算する。

## (2) 気象データ

2011 年 1 月～2011 年 12 月の 1 年間における気象データを使用する。  
なお、当該データの使用に当たっては、風向風速データが不良標本の棄却

検定により、10年間（2007年1月～2017年12月、2011年1月～2011年12月を除く）の気象状態と比較して特に異常でないことを確認している。

(3) 相対濃度の評価点

相対濃度の評価点は、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の換気設備の外気取入口とする。

(4) 評価対象方位

固定源について、放出点から比較的近距离の場所では、建屋の風下側における風の巻き込みによる影響が顕著となると考えられる。巻き込みを生じる代表建屋としては、巻き込みの影響が最も大きいと考えられる一つの建屋を選定する。そのため、評価対象とする方位は、放出された有毒ガスが巻き込みを生じる代表建屋の影響を受けて拡散すること及び巻き込みを生じる代表建屋の影響を受けて拡散された有毒ガスが評価点に届くことの両方に該当する方位とする。具体的には、全16方位のうち以下のa.~c.の条件に該当する方位を選定し、すべての条件に該当する方位を評価対象とする。

- a. 放出点が評価点の風上にあること。
- b. 放出点から放出された有毒ガスが、巻き込みを生じる代表建屋の風下側に巻き込まれるような範囲に評価点が存在すること。
- c. 巻き込みを生じる代表建屋の風下側で巻き込まれた大気が評価点に到達すること。

評価対象とする方位は、巻き込みを生じる代表建屋の周辺に0.5L（L：建屋の風向に垂直な面での高さ又は幅の小さい方）だけ幅を広げた部分を見込む方位を仮定する。

以上により、固定源が選定条件a.~c.にすべて該当する方位を評価対象方位と設定する。具体的な固定源の評価対象方位は、第9図に示す。

(5) 建屋投影面積

建屋投影面積は小さい方が厳しい結果となるため、巻き込みを生じる代表建屋の建屋投影面積を保守的に設定するものとする。

## (6) 形状係数

建屋の形状係数は  $1/2$  <sup>(注)</sup> とする。

(注)「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」昭和 57 年 1 月 28 日原子力安全委員会決定

### 4.1.6 有毒ガス濃度評価

有毒ガス濃度評価においては、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の換気設備の外気取入口における濃度を用いる。緊急時対策所（緊急時対策棟内）の換気設備の外気取入口に到達する有毒ガスの濃度は、「4.1.4 有毒ガス放出率の計算」及び「4.1.5 大気拡散の評価」の結果を用いて、次式を用いて算出する。

$$C_{ppm} = \frac{C}{M} \times 22.4 \times \frac{T}{273.15} \times 10^6$$

$$C = E \times \chi / Q \quad (\text{液体状有毒化学物質の評価})$$

$$C = q_{GW} \times \chi / Q \quad (\text{ガス状有毒化学物質の評価})$$

$C_{ppm}$  : 外気濃度 (ppm)

$C$  : 外気濃度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) = ( $\text{g}/\text{L}$ )

$M$  : 物質の分子量 ( $\text{g}/\text{mol}$ )

$T$  : 気温 (K)

$E$  : 蒸発率 ( $\text{kg}/\text{s}$ )

$q_{GW}$  : 質量放出率 ( $\text{kg}/\text{s}$ )

$\chi/Q$  : 相対濃度 ( $\text{s}/\text{m}^3$ )

### 4.1.7 有毒ガス防護判断基準値

有毒ガス防護判断基準値については、有毒ガス評価ガイドの考え方に従い、NIOSH（米国国立労働安全衛生研究所）で定められている IDLH 値（急性の毒性限度）及び日本産業衛生学会が定める最大許容濃度等を用いて、有毒化学物質毎に設定する。固定源の有毒ガス防護判断基準値を第 6 表に示す。

### 4.1.8 有毒ガス防護判断基準値に対する割合

固定源について、「4.1.6 有毒ガス濃度評価」の計算結果を「4.1.7 有毒ガス防護判断基準値」で除して求めた値について、毎時刻の濃度を年間につ

いて小さい方から順に並べた累積出現頻度 97%<sup>(注)</sup> に当たる値を用いる。

(注)「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」昭和 57 年 1 月 28 日  
原子力安全委員会決定

#### 4.1.9 有毒ガス防護判断基準値に対する割合の合算及び判断基準値との比較

固定源と評価点とを結んだラインが含まれる 1 方位及びその隣接方位に固定源が複数ある場合、隣接方位の固定源からの有毒ガス防護判断基準値に対する割合も合算し、合算値が 1 を超えないことを評価する。

$$\text{有毒ガス防護判断基準値に対する割合の合算} = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_i}{T_i} + \dots + \frac{C_n}{T_n}$$

$C_i$  : 有毒ガス  $i$  の濃度

$T_i$  : 有毒ガス  $i$  の有毒ガス防護判断基準値

## 4.2 評価結果

### 4.2.1 有毒ガス防護判断基準値に対する割合

緊急時対策所（緊急時対策棟内）の換気設備の外気取入口における、固定源から放出される有毒ガスによる有毒ガス防護判断基準値に対する割合の計算結果を第 7 表に示す。

### 4.2.2 有毒ガス防護判断基準値に対する割合の合算

緊急時対策所（緊急時対策棟内）の換気設備の外気取入口における、固定源から放出される有毒ガスによる有毒ガス防護判断基準値に対する割合を合算した結果を第 8 表に示す。有毒ガス防護判断基準値に対する割合を合算した最大値は 0.07 であり、有毒ガス防護のための判断基準値である 1 を下回る。

## 4.3 有毒ガス濃度評価のまとめ

固定源の有毒ガス影響を軽減することを期待する防液堤及び覆いを考慮して、指示要員の吸気中の有毒ガス濃度の評価を行い、その結果、固定源に対して有毒ガス防護のための判断基準値を下回ることを確認したことから、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の機能を確保できると評価する。

第1表 緊急時対策所用発電機車の燃料消費量及び連続運転時間

負荷率	燃料消費量 (ℓ/h)	連続運転時間*
100%	□	約182時間
75%	□	約238時間
50%	□	約324時間

※緊急時対策所用発電機車用燃料油貯蔵タンク(ℓ)／燃料消費量(ℓ/h)にて算出

第2表 酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計 仕様

名称	仕様等
酸素濃度計	<ul style="list-style-type: none"> <li>・測定（使用）範囲：0～100%</li> <li>・測定精度：±0.5%（0.0～25.0%） ±3.0%（25.1%以上）【メーカー値】（JIS-T-8201準拠）</li> <li>・電 源：乾電池（交換等により容易に電源が確保できるもの）</li> <li>・個 数：1個（予備2個）</li> </ul>
二酸化炭素濃度計	<ul style="list-style-type: none"> <li>・測定（使用）範囲：0～2%</li> <li>・測定精度：±（測定範囲の1.5%＋指示値の2%）【メーカー値】</li> <li>・電 源：充電電池等（交換等により容易に電源が確保できるもの）</li> <li>・個 数：1個（予備2個）</li> </ul>

第3表 固定源の評価条件 (1/14)

項目	評価条件	選定理由	備考
固定源の種類 (設備名)	敷地内固定源 (3/4号機補給水 処理装置 H塔用 塩酸計量槽 (A))	有毒ガスを発生するおそれのある有毒化学物質である塩酸を貯蔵する施設であり、大気中に有毒ガスを多量に放出させるおそれがあることから選定	有毒ガス評価ガイド 3.1.(3) 調査対象としている固定源及び可動源に対して、次の項目を確認する。 -有毒化学物質の名称 -有毒化学物質の貯蔵量 -有毒化学物質の貯蔵方法 -原子炉制御室等及び重要操作地点と有毒ガスの発生源との位置関係(距離、高さ、方位を含む。) -防液堤の有無(防液堤がある場合は、防液堤までの最短距離、防液堤の内面積及び廃液処理槽の有無)(解説-5) -電源、人的操作等を必要とせず、有毒ガス発生抑制等の効果が見込める設備(例えば、防液堤内のフロート等)(解説-5)
有毒化学物質の種類 (濃度)	塩酸 (35%)	有毒化学物質濃度の運用値として設定	
有毒化学物質漏えい時の開口部面積	2.0m <sup>2</sup>	有毒化学物質の貯蔵施設が設置された防液堤に設置する有毒ガス発生抑制が見込める覆いの開口部面積に余裕を見込んだ値として設定	

第3表 固定源の評価条件 (2/14)

項目	評価条件	選定理由	備考
固定源の種類 (設備名)	敷地内固定源 (3/4号機補給水 処理装置 MBP 塔用塩酸計量槽 (A))	有毒ガスを発生するおそれのある有毒化学物質である塩酸を貯蔵する施設であり、大気中に有毒ガスを多量に放出させるおそれがあることから選定	有毒ガス評価ガイド 3.1.(3) 調査対象としている固定源及び可動源に対して、次の項目を確認する。 -有毒化学物質の名称 -有毒化学物質の貯蔵量 -有毒化学物質の貯蔵方法 -原子炉制御室等及び重要操作地点と有毒ガスの発生源との位置関係(距離、高さ、方位を含む。) -防液堤の有無(防液堤がある場合は、防液堤までの最短距離、防液堤の内面積及び廃液処理槽の有無)(解説-5) -電源、人的操作等を必要とせず、有毒ガス発生抑制等の効果が見込める設備(例えば、防液堤内のフロート等)(解説-5)
有毒化学物質の種類 (濃度)	塩酸 (35%)	有毒化学物質濃度の運用値として設定	
有毒化学物質漏えい時の開口部面積	2.0m <sup>2</sup>	有毒化学物質の貯蔵施設が設置された防液堤に設置する有毒ガス発生抑制が見込める覆いの開口部面積に余裕を見込んだ値として設定	

第3表 固定源の評価条件 (3/14)

項目	評価条件	選定理由	備考
固定源の種類 (設備名)	敷地内固定源 (3/4号機補給水 処理装置 H塔用 塩酸計量槽 (B))	有毒ガスを発生するおそれのある有毒化学物質である塩酸を貯蔵する施設であり、大気中に有毒ガスを多量に放出させるおそれがあることから選定	有毒ガス評価ガイド 3.1.(3) 調査対象としている固定源及び可動源に対して、次の項目を確認する。 -有毒化学物質の名称 -有毒化学物質の貯蔵量 -有毒化学物質の貯蔵方法 -原子炉制御室等及び重要操作地点と有毒ガスの発生源との位置関係(距離、高さ、方位を含む。)
有毒化学物質の種類 (濃度)	塩酸 (35%)	有毒化学物質濃度の運用値として設定	-防液堤の有無(防液堤がある場合は、防液堤までの最短距離、防液堤の内面積及び廃液処理槽の有無)(解説-5)
有毒化学物質漏えい時の開口部面積	7.2m <sup>2</sup>	有毒化学物質の貯蔵施設が設置された防液堤に設置する有毒ガス発生抑制が見込める覆いの開口部面積に余裕を見込んだ値として設定	-電源、人的操作等を必要とせず、有毒ガス発生抑制等の効果が見込める設備(例えば、防液堤内のフロート等)(解説-5)

第3表 固定源の評価条件 (4/14)

項目	評価条件	選定理由	備考
固定源の種類 (設備名)	敷地内固定源 (3/4号機補給水 処理装置 H塔用 塩酸計量槽 (C))	有毒ガスを発生するおそれのある有毒化学物質である塩酸を貯蔵する施設であり、大気中に有毒ガスを多量に放出させるおそれがあることから選定	有毒ガス評価ガイド 3.1.(3) 調査対象としている固定源及び可動源に対して、次の項目を確認する。 -有毒化学物質の名称 -有毒化学物質の貯蔵量 -有毒化学物質の貯蔵方法 -原子炉制御室等及び重要操作地点と有毒ガスの発生源との位置関係(距離、高さ、方位を含む。)
有毒化学物質の種類 (濃度)	塩酸 (35%)	有毒化学物質濃度の運用値として設定	-防液堤の有無(防液堤がある場合は、防液堤までの最短距離、防液堤の内面積及び廃液処理槽の有無)(解説-5)
有毒化学物質漏えい時の開口部面積	7.2m <sup>2</sup>	有毒化学物質の貯蔵施設が設置された防液堤に設置する有毒ガス発生抑制が見込める覆いの開口部面積に余裕を見込んだ値として設定	-電源、人的操作等を必要とせず、有毒ガス発生抑制等の効果が見込める設備(例えば、防液堤内のフロート等)(解説-5)



第3表 固定源の評価条件 (5/14)

項目	評価条件	選定理由	備考
固定源の種類 (設備名)	敷地内固定源 (3/4号機補給水 処理装置 MBP 塔用塩酸計量槽 (B))	有毒ガスを発生するおそれのある有毒化学物質である塩酸を貯蔵する施設であり、大気中に有毒ガスを多量に放出させるおそれがあることから選定	有毒ガス評価ガイド 3.1.(3) 調査対象としている固定源及び可動源に対して、次の項目を確認する。 -有毒化学物質の名称 -有毒化学物質の貯蔵量 -有毒化学物質の貯蔵方法 -原子炉制御室等及び重要操作地点と有毒ガスの発生源との位置関係(距離、高さ、方位を含む。)
有毒化学物質の種類 (濃度)	塩酸 (35%)	有毒化学物質濃度の運用値として設定	-防液堤の有無(防液堤がある場合は、防液堤までの最短距離、防液堤の内面積及び廃液処理槽の有無)(解説-5)
有毒化学物質漏えい時の開口部面積	7.2m <sup>2</sup>	有毒化学物質の貯蔵施設が設置された防液堤に設置する有毒ガス発生抑制が見込める覆いの開口部面積に余裕を見込んだ値として設定	-電源、人的操作等を必要とせず、有毒ガス発生抑制等の効果が見込める設備(例えば、防液堤内のフロート等)(解説-5)

第3表 固定源の評価条件 (6/14)

項目	評価条件	選定理由	備考
固定源の種類 (設備名)	敷地内固定源 (3/4号機補給水 処理装置 MBP 塔用塩酸計量槽 (C))	有毒ガスを発生するおそれのある有毒化学物質である塩酸を貯蔵する施設であり、大気中に有毒ガスを多量に放出させるおそれがあることから選定	有毒ガス評価ガイド 3.1.(3) 調査対象としている固定源及び可動源に対して、次の項目を確認する。 -有毒化学物質の名称 -有毒化学物質の貯蔵量 -有毒化学物質の貯蔵方法 -原子炉制御室等及び重要操作地点と有毒ガスの発生源との位置関係(距離、高さ、方位を含む。)
有毒化学物質の種類 (濃度)	塩酸 (35%)	有毒化学物質濃度の運用値として設定	-防液堤の有無(防液堤がある場合は、防液堤までの最短距離、防液堤の内面積及び廃液処理槽の有無)(解説-5)
有毒化学物質漏えい時の開口部面積	7.2m <sup>2</sup>	有毒化学物質の貯蔵施設が設置された防液堤に設置する有毒ガス発生抑制が見込める覆いの開口部面積に余裕を見込んだ値として設定	-電源、人的操作等を必要とせず、有毒ガス発生抑制等の効果が見込める設備(例えば、防液堤内のフロート等)(解説-5)

第3表 固定源の評価条件 (7/14)

項目	評価条件	選定理由	備考
固定源の種類 (設備名)	敷地内固定源 (3/4号機補給水 処理装置 塩酸貯 槽)	有毒ガスを発生するおそれ のある有毒化学物質である 塩酸を貯蔵する施設であ り、大気中に有毒ガスを多 量に放出させるおそれがあ ることから選定	有毒ガス評価ガイド 3.1.(3) 調査対象としている固定源及び 可動源に対して、次の項目を確 認する。 -有毒化学物質の名称 -有毒化学物質の貯蔵量 -有毒化学物質の貯蔵方法 -原子炉制御室等及び重要操作 地点と有毒ガスの発生源との 位置関係(距離、高さ、方位を 含む。) -防液堤の有無(防液堤がある 場合は、防液堤までの最短距 離、防液堤の内面積及び廃液 処理槽の有無)(解説-5) -電源、人的操作等を必要とせ ずに、有毒ガス発生抑制等 の効果が見込める設備(例え ば、防液堤内のフロート等) (解説-5)
有毒化学 物質の種類 (濃度)	塩酸 (35%)	有毒化学物質濃度の運用値 として設定	
有毒化学物質 漏えい時の 開口部面積	7.2m <sup>2</sup>	有毒化学物質の貯蔵施設が 設置された防液堤に設置す る有毒ガス発生抑制が見 込める覆いの開口部面積に 余裕を見込んだ値として設 定	

第3表 固定源の評価条件 (8/14)

項目	評価条件	選定理由	備考
固定源の種類 (設備名)	敷地内固定源 (3号機復水脱塩装 置 塩酸貯槽)	有毒ガスを発生するおそれ のある有毒化学物質である 塩酸を貯蔵する施設であ り、大気中に有毒ガスを多 量に放出させるおそれがあ ることから選定	有毒ガス評価ガイド 3.1.(3) 調査対象としている固定源及び 可動源に対して、次の項目を確 認する。 -有毒化学物質の名称 -有毒化学物質の貯蔵量 -有毒化学物質の貯蔵方法 -原子炉制御室等及び重要操作 地点と有毒ガスの発生源との 位置関係(距離、高さ、方位を 含む。) -防液堤の有無(防液堤がある 場合は、防液堤までの最短距 離、防液堤の内面積及び廃液 処理槽の有無)(解説-5) -電源、人的操作等を必要とせ ずに、有毒ガス発生抑制等 の効果が見込める設備(例え ば、防液堤内のフロート等) (解説-5)
有毒化学 物質の種類 (濃度)	塩酸 (35%)	有毒化学物質濃度の運用値 として設定	
有毒化学物質 漏えい時の 開口部面積	8.0m <sup>2</sup>	有毒化学物質の貯蔵施設が 設置された防液堤に設置す る有毒ガス発生抑制が見 込める覆いの開口部面積に 余裕を見込んだ値として設 定	

第3表 固定源の評価条件 (9/14)

項目	評価条件	選定理由	備考
固定源の種類 (設備名)	敷地内固定源 (3号機復水脱塩装置 塩酸計量槽)	有毒ガスを発生するおそれのある有毒化学物質である塩酸を貯蔵する施設であり、大気中に有毒ガスを多量に放出させるおそれがあることから選定	有毒ガス評価ガイド 3.1.(3) 調査対象としている固定源及び可動源に対して、次の項目を確認する。 -有毒化学物質の名称 -有毒化学物質の貯蔵量 -有毒化学物質の貯蔵方法 -原子炉制御室等及び重要操作地点と有毒ガスの発生源との位置関係(距離、高さ、方位を含む。) -防液堤の有無(防液堤がある場合は、防液堤までの最短距離、防液堤の内面積及び廃液処理槽の有無)(解説-5) -電源、人的操作等を必要とせずに、有毒ガス発生抑制等の効果が見込める設備(例えば、防液堤内のフロート等)(解説-5)
有毒化学物質の種類 (濃度)	塩酸 (35%)	有毒化学物質濃度の運用値として設定	
有毒化学物質漏えい時の開口部面積	8.0m <sup>2</sup>	有毒化学物質の貯蔵施設が設置された防液堤に設置する有毒ガス発生抑制が見込める覆いの開口部面積に余裕を見込んだ値として設定	

第3表 固定源の評価条件 (10/14)

項目	評価条件	選定理由	備考
固定源の種類 (設備名)	敷地内固定源 (3/4号機薬液注入装置 アンモニア原液タンク)	有毒ガスを発生するおそれのある有毒化学物質であるアンモニアを貯蔵する施設であり、大気中に有毒ガスを多量に放出させるおそれがあることから選定	有毒ガス評価ガイド 3.1.(3) 調査対象としている固定源及び可動源に対して、次の項目を確認する。 -有毒化学物質の名称 -有毒化学物質の貯蔵量 -有毒化学物質の貯蔵方法 -原子炉制御室等及び重要操作地点と有毒ガスの発生源との位置関係(距離、高さ、方位を含む。) -防液堤の有無(防液堤がある場合は、防液堤までの最短距離、防液堤の内面積及び廃液処理槽の有無)(解説-5) -電源、人的操作等を必要とせずに、有毒ガス発生抑制等の効果が見込める設備(例えば、防液堤内のフロート等)(解説-5)
有毒化学物質の種類 (濃度)	アンモニア (25%)	有毒化学物質濃度の運用値として設定	
有毒化学物質漏えい時の開口部面積	14.3m <sup>2</sup>	有毒化学物質の貯蔵施設が設置された防液堤の現場の設置状況を踏まえた開口部面積として設定	

第3表 固定源の評価条件 (11/14)

項目	評価条件	選定理由	備考
固定源の種類 (設備名)	敷地内固定源 (4号機復水脱塩装置 塩酸貯槽)	有毒ガスを発生するおそれのある有毒化学物質である塩酸を貯蔵する施設であり、大気中に有毒ガスを多量に放出させるおそれがあることから選定	有毒ガス評価ガイド 3.1.(3) 調査対象としている固定源及び可動源に対して、次の項目を確認する。 -有毒化学物質の名称 -有毒化学物質の貯蔵量 -有毒化学物質の貯蔵方法 -原子炉制御室等及び重要操作地点と有毒ガスの発生源との位置関係(距離、高さ、方位を含む。) -防液堤の有無(防液堤がある場合は、防液堤までの最短距離、防液堤の内面積及び廃液処理槽の有無)(解説-5) -電源、人的操作等を必要とせずに、有毒ガス発生抑制等の効果が見込める設備(例えば、防液堤内のフロート等)(解説-5)
有毒化学物質の種類 (濃度)	塩酸 (35%)	有毒化学物質濃度の運用値として設定	
有毒化学物質漏えい時の開口部面積	41.7m <sup>2</sup>	有毒化学物質の貯蔵施設が設置された防液堤の現場の設置状況を踏まえた開口部面積として設定	

第3表 固定源の評価条件 (12/14)

項目	評価条件	選定理由	備考
固定源の種類 (設備名)	敷地内固定源 (4号機復水脱塩装置 塩酸計量槽)	有毒ガスを発生するおそれのある有毒化学物質である塩酸を貯蔵する施設であり、大気中に有毒ガスを多量に放出させるおそれがあることから選定	有毒ガス評価ガイド 3.1.(3) 調査対象としている固定源及び可動源に対して、次の項目を確認する。 -有毒化学物質の名称 -有毒化学物質の貯蔵量 -有毒化学物質の貯蔵方法 -原子炉制御室等及び重要操作地点と有毒ガスの発生源との位置関係(距離、高さ、方位を含む。) -防液堤の有無(防液堤がある場合は、防液堤までの最短距離、防液堤の内面積及び廃液処理槽の有無)(解説-5) -電源、人的操作等を必要とせずに、有毒ガス発生抑制等の効果が見込める設備(例えば、防液堤内のフロート等)(解説-5)
有毒化学物質の種類 (濃度)	塩酸 (35%)	有毒化学物質濃度の運用値として設定	
有毒化学物質漏えい時の開口部面積	41.7m <sup>2</sup>	有毒化学物質の貯蔵施設が設置された防液堤の現場の設置状況を踏まえた開口部面積として設定	

第3表 固定源の評価条件 (13/14)

項目	評価条件	選定理由	備考
固定源の種類 (設備名)	敷地内固定源 (高塩系排水回収装置 塩酸貯槽)	有毒ガスを発生するおそれのある有毒化学物質である塩酸を貯蔵する施設であり、大気中に有毒ガスを多量に放出させるおそれがあることから選定	有毒ガス評価ガイド 3.1.(3) 調査対象としている固定源及び可動源に対して、次の項目を確認する。 -有毒化学物質の名称 -有毒化学物質の貯蔵量 -有毒化学物質の貯蔵方法 -原子炉制御室等及び重要操作地点と有毒ガスの発生源との位置関係(距離、高さ、方位を含む。) -防液堤の有無(防液堤がある場合は、防液堤までの最短距離、防液堤の内面積及び廃液処理槽の有無)(解説-5) -電源、人的操作等を必要とせずに、有毒ガス発生抑制等の効果が見込める設備(例えば、防液堤内のフロート等)(解説-5)
有毒化学物質の種類 (濃度)	塩酸 (35%)	有毒化学物質濃度の運用値として設定	
有毒化学物質漏えい時の開口部面積	19.0m <sup>2</sup>	有毒化学物質の貯蔵施設が設置された防液堤の現場の設置状況を踏まえた開口部面積として設定	

第3表 固定源の評価条件 (14/14)

項目	評価条件	選定理由	備考
固定源の種類 (設備名)	敷地内固定源 (3/4号機排水処理装置 塩酸貯槽)	有毒ガスを発生するおそれのある有毒化学物質である塩酸を貯蔵する施設であり、大気中に有毒ガスを多量に放出させるおそれがあることから選定	有毒ガス評価ガイド 3.1.(3) 調査対象としている固定源及び可動源に対して、次の項目を確認する。 -有毒化学物質の名称 -有毒化学物質の貯蔵量 -有毒化学物質の貯蔵方法 -原子炉制御室等及び重要操作地点と有毒ガスの発生源との位置関係(距離、高さ、方位を含む。) -防液堤の有無(防液堤がある場合は、防液堤までの最短距離、防液堤の内面積及び廃液処理槽の有無)(解説-5) -電源、人的操作等を必要とせずに、有毒ガス発生抑制等の効果が見込める設備(例えば、防液堤内のフロート等)(解説-5)
有毒化学物質の種類 (濃度)	塩酸 (35%)	有毒化学物質濃度の運用値として設定	
有毒化学物質漏えい時の開口部面積	6.2m <sup>2</sup>	有毒化学物質の貯蔵施設が設置された防液堤に設置する有毒ガス発生抑制が見込める覆いの開口部面積に余裕を見込んだ値として設定	

第4表 有毒化学物質に係る評価条件

項目		評価条件	選定理由	備考
動粘性係数		文献と気象資料(温度)に基づき設定	ENVIRONMENTAL CHEMODYNAMICS, Louis J. Thibodeaux	<p>有毒ガス評価ガイド 4.3 有毒ガスの放出の評価 3) 次の項目から判断して、有毒ガスの性状、放出形態に応じて、有毒ガスの放出量評価モデルが適切に用いられていること。                      - 有毒化学物質の漏えい量                      - 有毒化学物質及び有毒ガスの物性値(例えば、蒸気圧、密度等)                      - 有毒ガスの放出率                      (評価モデルの技術的妥当性を含む。)</p>
分子拡散係数		文献と気象資料(温度)に基づき設定	伝熱工学資料, 日本機械学会	
有毒ガス分圧 (注)	塩酸	文献と気象資料(温度)に基づき設定	Modeling Hydrochloric Acid Evaporation in ALOHA, Mary Evans (1993)	
	アンモニア	文献と気象資料(温度)に基づき設定	The Total and Partial Vapor Pressures of Aqueous of Anmonia Solutions, University of Illiniois, Thomas A. Wilson (1925)	
分子量		塩酸: 36.5g/mol アンモニア: 17.0g/mol	—	
気象資料		玄海原子力発電所における1年間の気象資料(2011.1~2011.12) ・地上風を代表する観測点(地上約10m)の気象データ ・露場の温度	風向風速データが不良標本の棄却検定により10年間(2007年1月~2017年12月、2011年1月~2011年12月を除く)の気象状態と比較して特に異常ではないことが確認された発電所において観測された1年間の気象資料を使用	

(注) 評価に用いた有毒ガス分圧の詳細については、第7図に示す。

第5表 大気拡散計算の評価条件 (1/7)

項目	評価条件	選定理由	備考
大気拡散評価モデル	ガウスプルームモデル	気象指針 <sup>(注)</sup> を参考として、有毒ガスは風下方向に直線的に流され、有毒ガスの軸のまわりに正規分布に拡がっていくと仮定するガウスプルームモデルを適用	有毒ガス評価ガイド 4.4.2 原子炉制御室等外評価点及び重要操作地点での濃度評価 2) 次の項目から判断して、有毒ガスの性状、放出形態に応じて、大気拡散モデルが適切に用いられていること。 －大気拡散の解析モデルは、検証されたものであり、かつ適用範囲内で用いられていること(選定した解析モデルの妥当性、不確かさ等が試験解析、ベンチマーク解析等により確認されていること。)
気象資料	玄海原子力発電所における1年間の気象資料(2011.1~2011.12) ・地上風を代表する観測点(地上約10m)の気象データ	風向風速データが不良標本の棄却検定により、10年間(2007年1月~2017年12月、2011年1月~2011年12月を除く)の気象状態と比較して特に異常ではないことが確認された発電所において観測された1年間の気象資料を使用	有毒ガス評価ガイド 4.4.2 原子炉制御室等外評価点及び重要操作地点での濃度評価 1) 次の項目から判断して、評価に用いる大気拡散条件(気象条件を含む。)が適切であること。 －気象データ(年間の風向、風速、大気安定度)は評価対象とする地理的範囲を代表していること。 －評価に用いた観測年が異常年でないという根拠が示されていること <sup>参6</sup> 。

(注) 発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針(昭和57年1月28日 原子力安全委員会決定)

第5表 大気拡散計算の評価条件 (2/7)

項目	評価条件	選定理由	備考
実効放出継続時間	1時間	保守的な結果が得られるように、実効放出継続時間を最短の1時間と設定	被ばく評価手法（内規） 解説 5.13(3) 実効放出継続時間(T)は、想定事故の種類によって放出率に変化があるので、放出モードを考慮して適切に定めなければならないが、事故期間中の放射性物質の全放出量を1時間当たりの最大放出量で除した値を用いることも一つの方法である。
累積出現頻度	小さい方から97%	気象指針を参考として、年間の有毒ガス防護判断基準値に対する割合を降順に並び替え、累積出現頻度が97%に当たる値を設定	有毒ガス評価ガイド 4.4.2 原子炉制御室等外評価点及び重要操作地点での濃度評価 6) 原子炉制御室等外評価点及び重要操作地点での濃度は、年間の気象条件を用いて計算したもののうち、厳しい値が評価に用いられていること（例えば、毎時刻の原子炉制御室等外評価点での濃度を年間について小さい方から累積した場合、その累積出現頻度が97%に当たる値が用いられていること等 <sup>6)</sup> 。）。  被ばく評価手法（内規） 5.2.1(2) 評価点の相対濃度は、毎時刻の相対濃度を年間について小さい方から累積した場合、その累積出現頻度が97%に当たる相対濃度とする。



第5表 大気拡散計算の評価条件 (3/7)

項目	評価条件	選定理由	備考
建屋影響	<p>(敷地内固定源)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・3/4号機補給水処理装置 MBP 塔用塩酸計量槽 (A) <sup>(注)</sup> : 考慮しない</li> <li>・3/4号機補給水処理装置塩酸貯槽 <sup>(注)</sup> : 考慮しない</li> <li>・3号機復水脱塩装置塩酸貯槽 <sup>(注)</sup> : 考慮する (3/4号タービン建屋)</li> <li>・3/4号機薬液注入装置アンモニア原液タンク : 考慮する (3/4号タービン建屋)</li> <li>・4号機復水脱塩装置塩酸貯槽 <sup>(注)</sup> : 考慮する (3/4号タービン建屋)</li> <li>・高塩系排水回収装置塩酸貯槽 : 考慮しない</li> <li>・3/4号機排水処理装置塩酸貯槽 : 考慮しない</li> </ul>	放出点から近距離の建屋の影響を受ける場合は、建屋による巻き込み現象を考慮	<p>有毒ガス評価ガイド</p> <p>4.4.2 原子炉制御室等外評価点及び重要操作地点での濃度評価</p> <p>3) 地形及び建屋等の影響を考慮する場合には、そのモデル化の妥当性が示されていること (例えば、三次元拡散シミュレーションモデルを用いる場合等)。</p> <p>被ばく評価手法 (内規)</p> <p>5.1.2(1)a) 中央制御室のように、事故時の放射性物質の放出点から比較的近距離の場所では、建屋の風下側における風の巻き込みによる影響が顕著となると考えられる。そのため、放出点と巻き込みを生じる建屋及び評価点との位置関係によっては、建屋の影響を考慮して大気拡散の計算をする必要がある。</p>

(注) 同じ種類の有毒化学物質が同一防液堤内に複数ある場合は1つの固定源とみなす。

第5表 大気拡散計算の評価条件 (4/7)

項目	評価条件	選定理由	備考															
巻き込みを生じる代表建屋	3/4号タービン建屋	<p>巻き込みの影響が最も大きいと考えられる1つの建屋として選定</p> <p>また、建屋投影面積が小さい方が保守的な結果を与えるため、単独建屋として設定</p>	<p>被ばく評価手法（内規） 5.1.2(3)a)3) 巻き込みを生じる代表的な建屋として、表 5.1 に示す建屋を選定することは適切である。</p> <p>表 5.1 放射性物質の巻き込みの対象とする代表建屋の選定例</p> <table border="1" data-bbox="959 730 1407 1155"> <thead> <tr> <th data-bbox="959 730 1074 779">原子炉施設</th> <th data-bbox="1074 730 1179 779">想定事故</th> <th data-bbox="1179 730 1407 779">建屋の種類</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="959 779 1074 904" rowspan="2">BWR型原子炉施設</td> <td data-bbox="1074 779 1179 831">原子炉冷却材喪失</td> <td data-bbox="1179 779 1407 831">原子炉建屋（建屋影響がある場合）</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1074 831 1179 904">主蒸気管破断</td> <td data-bbox="1179 831 1407 904">原子炉建屋又はタービン建屋（結果が厳しい方で代表）</td> </tr> <tr> <td data-bbox="959 904 1074 1028" rowspan="2">PWR型原子炉施設</td> <td data-bbox="1074 904 1179 1028" rowspan="2">原子炉冷却材喪失</td> <td data-bbox="1179 904 1407 956">原子炉格納容器（原子炉格納施設）</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1179 956 1407 1028">原子炉格納容器（原子炉格納施設）及び原子炉建屋</td> </tr> <tr> <td data-bbox="959 1028 1074 1155"></td> <td data-bbox="1074 1028 1179 1155">蒸気発生器伝熱管破損</td> <td data-bbox="1179 1028 1407 1155">原子炉格納容器（原子炉格納施設） 原子炉格納容器（原子炉格納施設）及び原子炉建屋</td> </tr> </tbody> </table>	原子炉施設	想定事故	建屋の種類	BWR型原子炉施設	原子炉冷却材喪失	原子炉建屋（建屋影響がある場合）	主蒸気管破断	原子炉建屋又はタービン建屋（結果が厳しい方で代表）	PWR型原子炉施設	原子炉冷却材喪失	原子炉格納容器（原子炉格納施設）	原子炉格納容器（原子炉格納施設）及び原子炉建屋		蒸気発生器伝熱管破損	原子炉格納容器（原子炉格納施設） 原子炉格納容器（原子炉格納施設）及び原子炉建屋
原子炉施設	想定事故	建屋の種類																
BWR型原子炉施設	原子炉冷却材喪失	原子炉建屋（建屋影響がある場合）																
	主蒸気管破断	原子炉建屋又はタービン建屋（結果が厳しい方で代表）																
PWR型原子炉施設	原子炉冷却材喪失	原子炉格納容器（原子炉格納施設）																
		原子炉格納容器（原子炉格納施設）及び原子炉建屋																
	蒸気発生器伝熱管破損	原子炉格納容器（原子炉格納施設） 原子炉格納容器（原子炉格納施設）及び原子炉建屋																

第5表 大気拡散計算の評価条件 (5/7)

項目	評価条件	選定理由	備考
評価点	緊急時対策所（緊急時対策棟内）の換気設備の外気取入口	評価対象は緊急時対策所（緊急時対策棟内）の指示要員の有毒ガス防護判断基準値に対する割合であるが、保守的に外気取入口の設置位置を評価点と設定	有毒ガス評価ガイド 4.4.1 原子炉制御室等外評価点 原子炉制御室等の外気取入口が設置されている位置を原子炉制御室等外評価点としていることを確認する。
発生源と評価点の距離	(敷地内固定源) <ul style="list-style-type: none"> <li>・3/4号機補給水処理装置 MBP 塔用塩酸計量槽 (注) : 850m</li> <li>・3/4号機補給水処理装置塩酸貯槽 (注) : 850m</li> <li>・3号機復水脱塩装置塩酸貯槽 (注) : 630m</li> <li>・3/4号機薬液注入装置アンモニア原液タンク : 620m</li> <li>・4号機復水脱塩装置塩酸貯槽 (注) : 620m</li> <li>・高塩系排水回収装置塩酸貯槽 : 900m</li> <li>・3/4号機排水処理装置塩酸貯槽 : 870m</li> </ul> <p>※評価点との高度差はないものとする。</p>	固定源と評価点の位置から保守的に設定	有毒ガス評価ガイド 3.1 固定源及び可動源の調査 (3) 調査対象としている固定源及び可動源に対して、次の項目を確認する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>－有毒化学物質の名称</li> <li>－有毒化学物質の貯蔵量</li> <li>－有毒化学物質の貯蔵方法</li> <li>－原子炉制御室等及び重要操作地点と有毒ガスの発生源との位置関係（距離、高さ、方位を含む。）</li> <li>－防液堤の有無（防液堤がある場合は、防液堤までの最短距離、防液堤の内面積及び廃液処理槽の有無）（解説－5）</li> <li>－電源、人的操作等を必要とせず、有毒ガス発生抑制等の効果が見込める設備（例えば、防液堤内のフロート等）（解説－5）</li> </ul>

(注) 同じ種類の有毒化学物質が同一防液堤内に複数ある場合は1つの固定源とみなす。

第5表 大気拡散計算の評価条件 (6/7)

項目	評価条件 <sup>(注1)</sup>	選定理由	備考
着目方位 <sup>(注2)</sup>	<p>(敷地内固定源)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・3/4号機補給水処理装置 MBP 塔用塩酸計量槽 (A)<sup>(注3)</sup> 1方位：<u>SE</u></li> <li>・3/4号機補給水処理装置塩酸貯槽<sup>(注3)</sup> 1方位：<u>SE</u></li> <li>・3号機復水脱塩装置塩酸貯槽<sup>(注3)</sup> 2方位：<u>SE,SSE</u></li> <li>・3/4号機薬液注入装置アンモニア原液タンク 2方位：<u>SE,SSE</u></li> <li>・4号機復水脱塩装置塩酸貯槽<sup>(注3)</sup> 2方位：<u>SE,SSE</u></li> <li>・高塩系排水回収装置塩酸貯槽 1方位：<u>SE</u></li> <li>・3/4号機排水処理装置塩酸貯槽 1方位：<u>SE</u></li> </ul>	<p>建屋風下側の巻き込みによる拡がりを考慮し、以下のi)～iii)の条件に該当する方位を選定し、建屋の後流側の拡がりの影響が評価点に及ぶ可能性のある複数の方位を選定</p> <p>i) 放出点の評価点の風上にあること</p> <p>ii) 放出点から放出された有毒ガスが、建屋の風下側に巻き込まれるような範囲に評価点が存在すること</p> <p>iii) 建屋の風下側で巻き込まれた大気が評価点に到達すること</p>	<p>被ばく評価手法 (内規)</p> <p>5.1.2(3)c)1) 中央制御室の被ばく評価の計算では、代表建屋の風下後流側での広範囲に及ぶ乱流混合域が顕著であることから、放射性物質濃度を計算する当該着目方位としては、放出源と評価点とを結ぶラインが含まれる1方位のみを対象とするのではなく、図5.4に示すように、代表建屋の後流側の拡がりの影響が評価点に及ぶ可能性のある複数の方位を対象とする。</p>

(注1) 固定源から評価点を見た方位 (主方位を下線にて示す)。

(注2) 着目方位は、固定源からの評価点の方位であり、評価対象とする風向とは180°向きが異なる。

(注3) 同じ種類の有毒化学物質が同一防液堤内に複数ある場合は1つの固定源とみなす。

第5表 大気拡散計算の評価条件 (7/7)

項目	評価条件	選定理由	備考
建屋投影面積	3/4号タービン建屋 SE : 6,200m <sup>2</sup> SSE : 6,000m <sup>2</sup>	保守的に巻き込みによる影響が最も大きいと考えられる1つの建屋を代表として、着目方位毎に垂直な投影面積を設定	被ばく評価手法(内規) 5.1.2(3)d)1) 風向に垂直な代表建屋の投影面積を求め、放射性物質の濃度を求めるために大気拡散式の入力とする。
形状係数	1/2	気象指針を参考として設定	被ばく評価手法(内規) 5.1.1(2)b) 形状係数の値は、特に根拠が示されるもののほかは原則として1/2を用いる。

第6表 有毒ガス防護判断基準値

項目	有毒ガス防護判断基準値	選定理由	備考
塩酸	50ppm	国際化学物質安全性カード(ICSC:0163、11月2016)に基づき設定	有毒ガス評価ガイド 3.2 有毒ガス防護判断基準値の設定 1)~6)の考えに基づき、発電用原子炉設置者が有毒ガス防護判断基準値を設定していることを確認する。
アンモニア	300ppm		

第7表 固定源による有毒ガス防護判断基準値に対する割合の計算結果

固定源	評価結果				
	有毒ガス防護判断基準値に対する割合 <sup>(注1)</sup> (-)	外気濃度 <sup>(注2)</sup> (ppm)	相対濃度 <sup>(注2)</sup> (s/m <sup>3</sup> )	放出率 <sup>(注2)</sup> (kg/s)	放出継続時間 <sup>(注2)</sup> (h)
敷地内固定源 (3/4号機補給水処理装置 MBP塔用塩酸計量槽 (A) <sup>(注3)</sup> )	0.01未満	約 $6.9 \times 10^{-2}$	約 $1.4 \times 10^{-4}$	約 $7.9 \times 10^{-4}$	約 $3.4 \times 10^2$
敷地内固定源 (3/4号機補給水処理装置 塩酸貯槽 <sup>(注3)</sup> )	0.01未満	約 $2.3 \times 10^{-1}$	約 $1.4 \times 10^{-4}$	約 $2.6 \times 10^{-3}$	約 $1.1 \times 10^3$
敷地内固定源 (3号機復水脱塩装置 塩酸貯槽 <sup>(注3)</sup> )	0.01未満	約 $2.5 \times 10^{-1}$	約 $6.3 \times 10^{-5}$	約 $6.2 \times 10^{-3}$	約 $6.0 \times 10^2$
敷地内固定源 (3/4号機薬液注入装置 アンモニア原液タンク)	0.01	約 $4.2 \times 10^0$	約 $1.4 \times 10^{-4}$	約 $2.2 \times 10^{-2}$	約 $7.0 \times 10^1$
敷地内固定源 (4号機復水脱塩装置 塩酸貯槽 <sup>(注3)</sup> )	0.02	約 $1.2 \times 10^0$	約 $1.0 \times 10^{-4}$	約 $1.9 \times 10^{-2}$	約 $1.9 \times 10^2$
敷地内固定源 (高塩系排水回収装置 塩酸貯槽)	0.01	約 $5.2 \times 10^{-1}$	約 $1.3 \times 10^{-4}$	約 $6.6 \times 10^{-3}$	約 $1.8 \times 10^2$
敷地内固定源 (3/4号機排水処理装置 塩酸貯槽)	0.01未満	約 $1.9 \times 10^{-1}$	約 $1.3 \times 10^{-4}$	約 $2.3 \times 10^{-3}$	約 $1.8 \times 10^3$

(注1) 小数点第3位を四捨五入した値。

(注2) 有効数字2桁で四捨五入した値。

(注3) 同じ種類の有毒化学物質が同一防液堤内に複数ある場合は、有毒ガス防護判断基準値に対する割合が最大となる敷地内固定源の結果を記載。

第8表 固定源による有毒ガス防護判断基準値に対する割合の合算結果

着目方位	発 生 源	有毒ガス防護 判断基準値 に対する 割合 <sup>(注1)</sup>	有毒ガス防護判断基準値 に対する割合の和 <sup>(注2)</sup>	
			同一 方位	隣接方位 を考慮
N	—	—	—	—
NNE	—	—	—	—
NE	—	—	—	—
ENE	—	—	—	—
E	—	—	—	—
ESE	—	—	—	—
SE	敷地内固定源（3/4号機補給水処理装置 MBP塔用塩酸計量槽 <sup>(注3)</sup> ）	0.01 未満	0.07	0.07
	敷地内固定源（3/4号機補給水処理装置 塩酸貯槽 <sup>(注3)</sup> ）	0.01 未満		
	敷地内固定源 （3号機復水脱塩装置 塩酸貯槽 <sup>(注3)</sup> ）	0.01 未満		
	敷地内固定源（3/4号機薬液注入装置 アンモニア原液タンク）	0.01		
	敷地内固定源 （4号機復水脱塩装置 塩酸貯槽 <sup>(注3)</sup> ）	0.02		
	敷地内固定源 （高塩系排水回収装置 塩酸貯槽）	0.01		
	敷地内固定源 （3/4号機排水処理装置 塩酸貯槽）	0.01 未満		
SSE	—	—	—	—
S	—	—	—	—
SSW	—	—	—	—
SW	—	—	—	—
WSW	—	—	—	—
W	—	—	—	—
WNW	—	—	—	—
NW	—	—	—	—
NNW	—	—	—	—

(注1) 小数点第3位を四捨五入した値。

(注2) 小数点第3位を切り上げた値。

(注3) 同じ種類の有毒化学物質が同一防液堤内に複数ある場合は、有毒ガス防護判断基準値に対する割合が最大となる敷地内固定源の結果を記載。

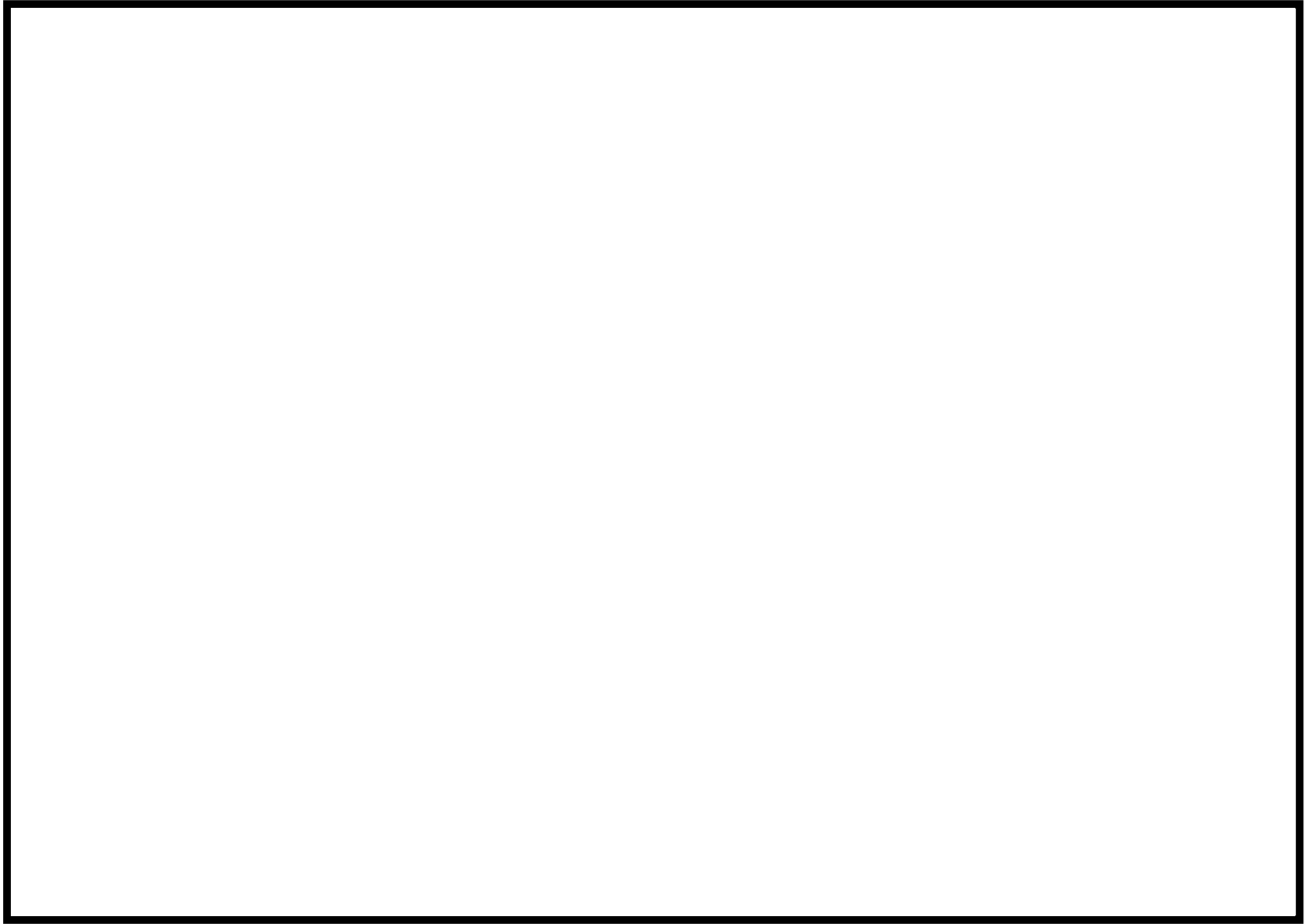


第 1-1 図 緊急時対策所（緊急時対策棟内） 配置図





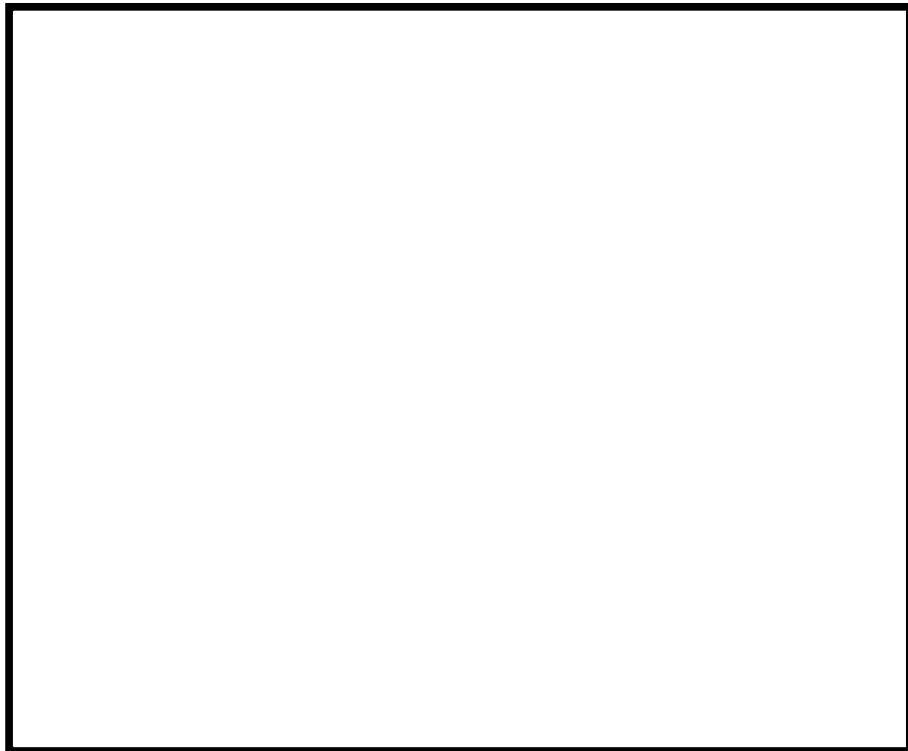
第 1-2 図 緊急時対策所（緊急時対策棟内） 周辺図



第 2 図 緊急時対策所（緊急時対策棟内）関連設備の配置図(1/3)



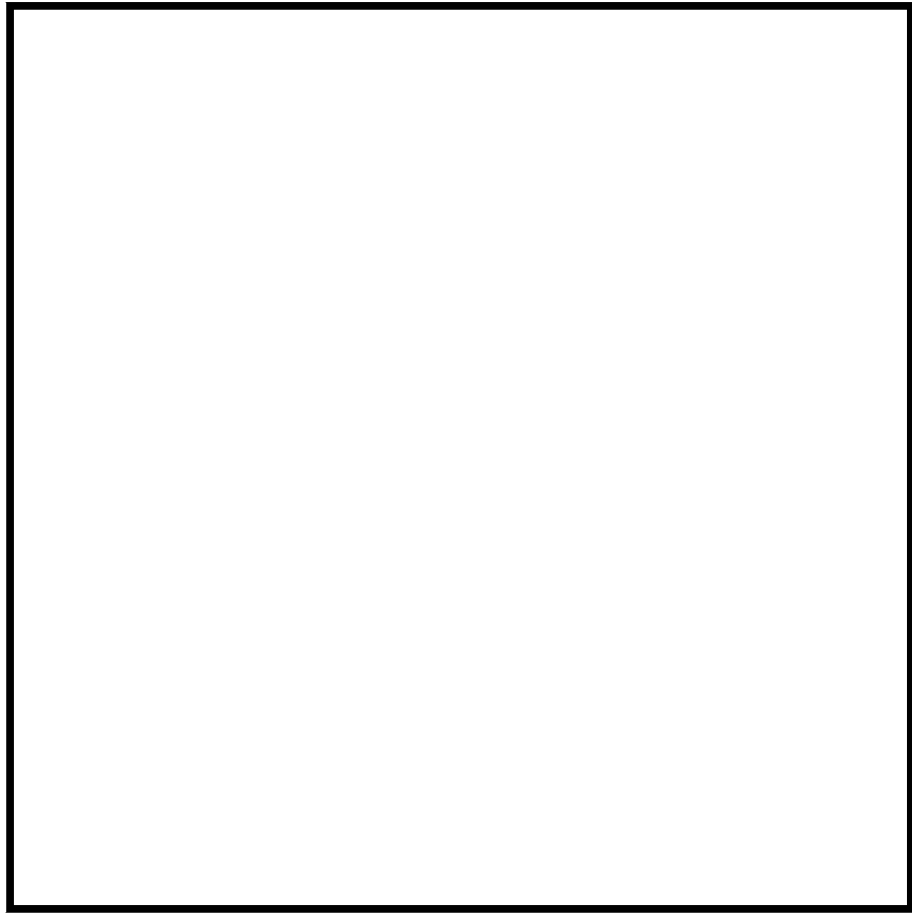
緊急時対策棟 地上 2 階(EL.30.75m)



緊急時対策棟 屋上(EL.37.6m)

(周辺図)

第 2 図 緊急時対策所（緊急時対策棟内）関連設備の配置図(2/3)

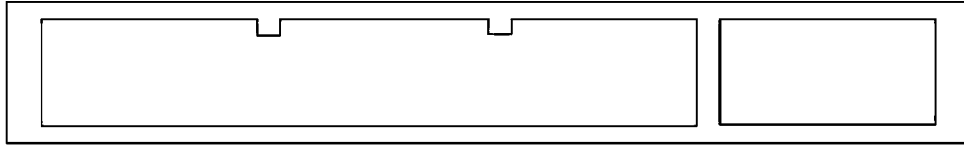


緊急時対策棟 地上1階(EL.25.3m)

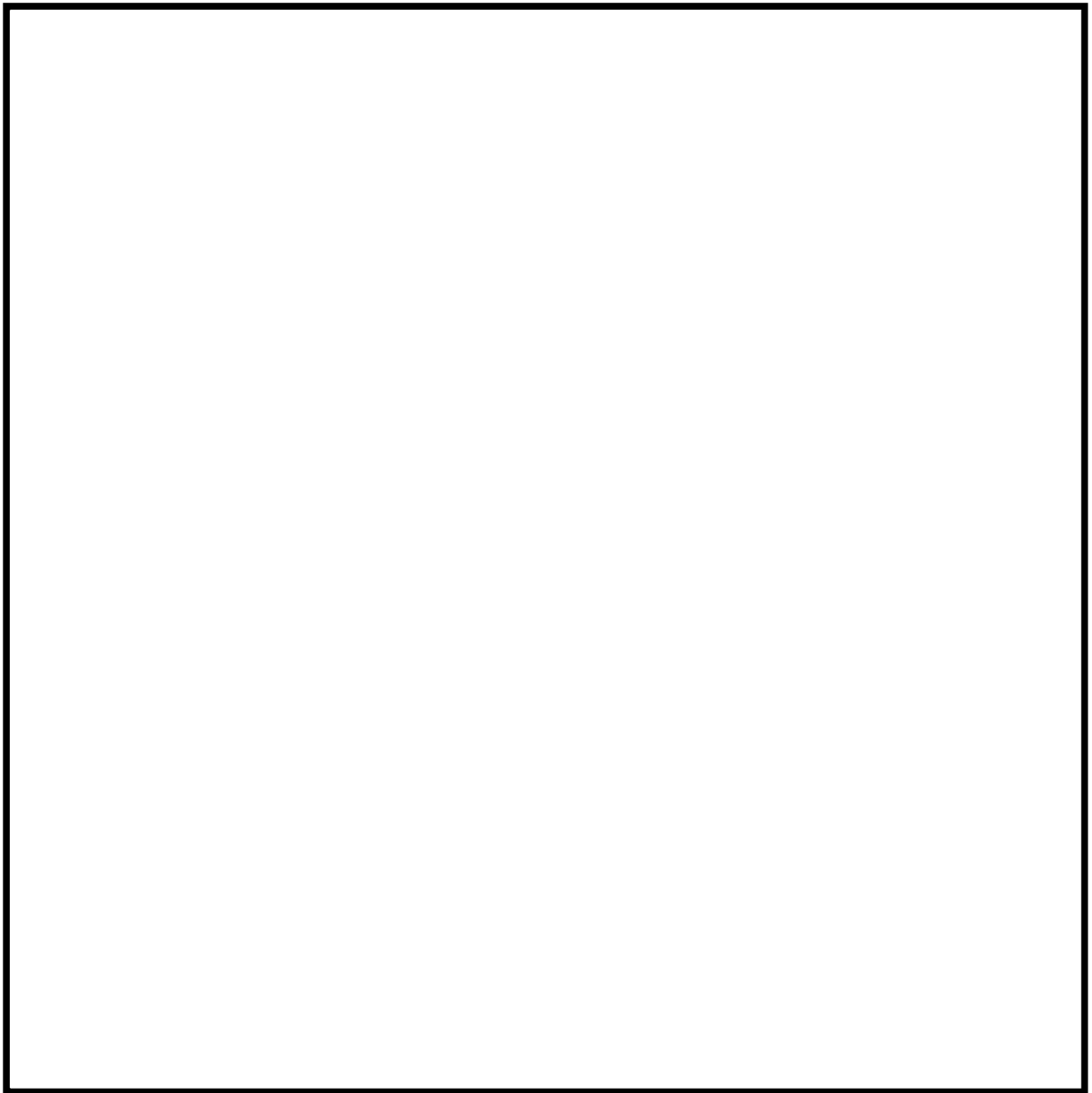


緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）地下1階、地下2階(EL.19.925m,15.0m)

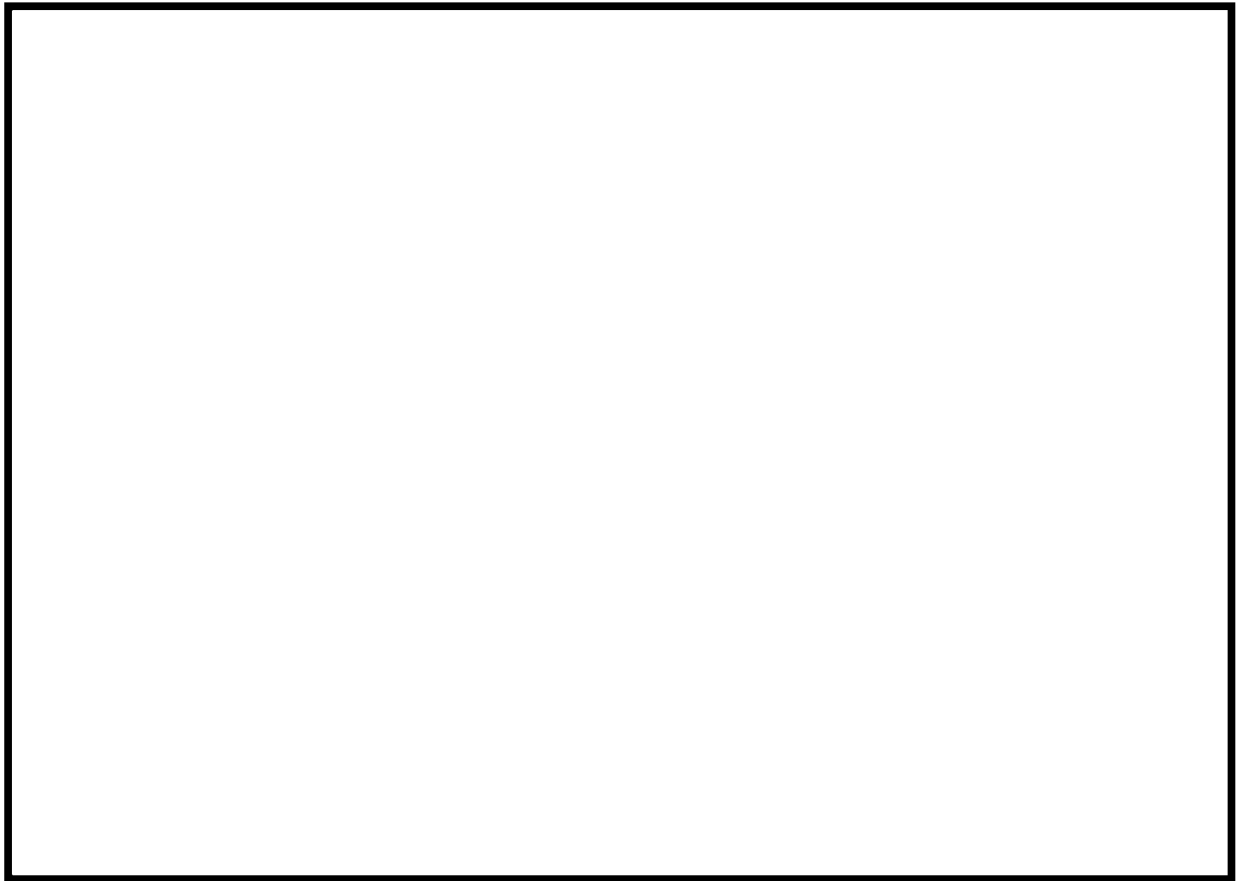
第2図 緊急時対策所（緊急時対策棟内）関連設備の配置図(3/3)



断面 A-A



第3図 緊急時対策所（緊急時対策棟内）構造概要



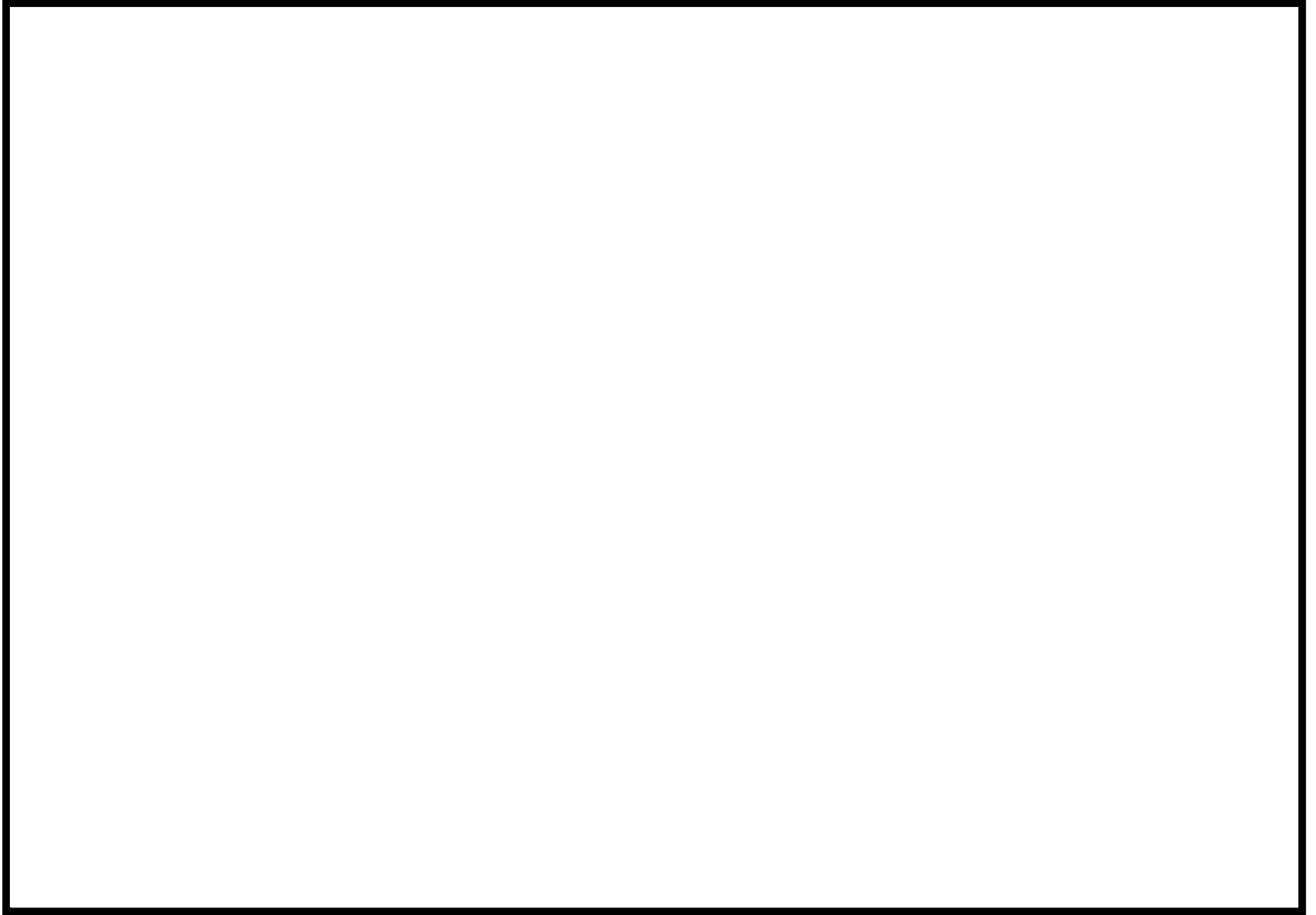
緊急時対策棟 地上1階(EL.25.3m)



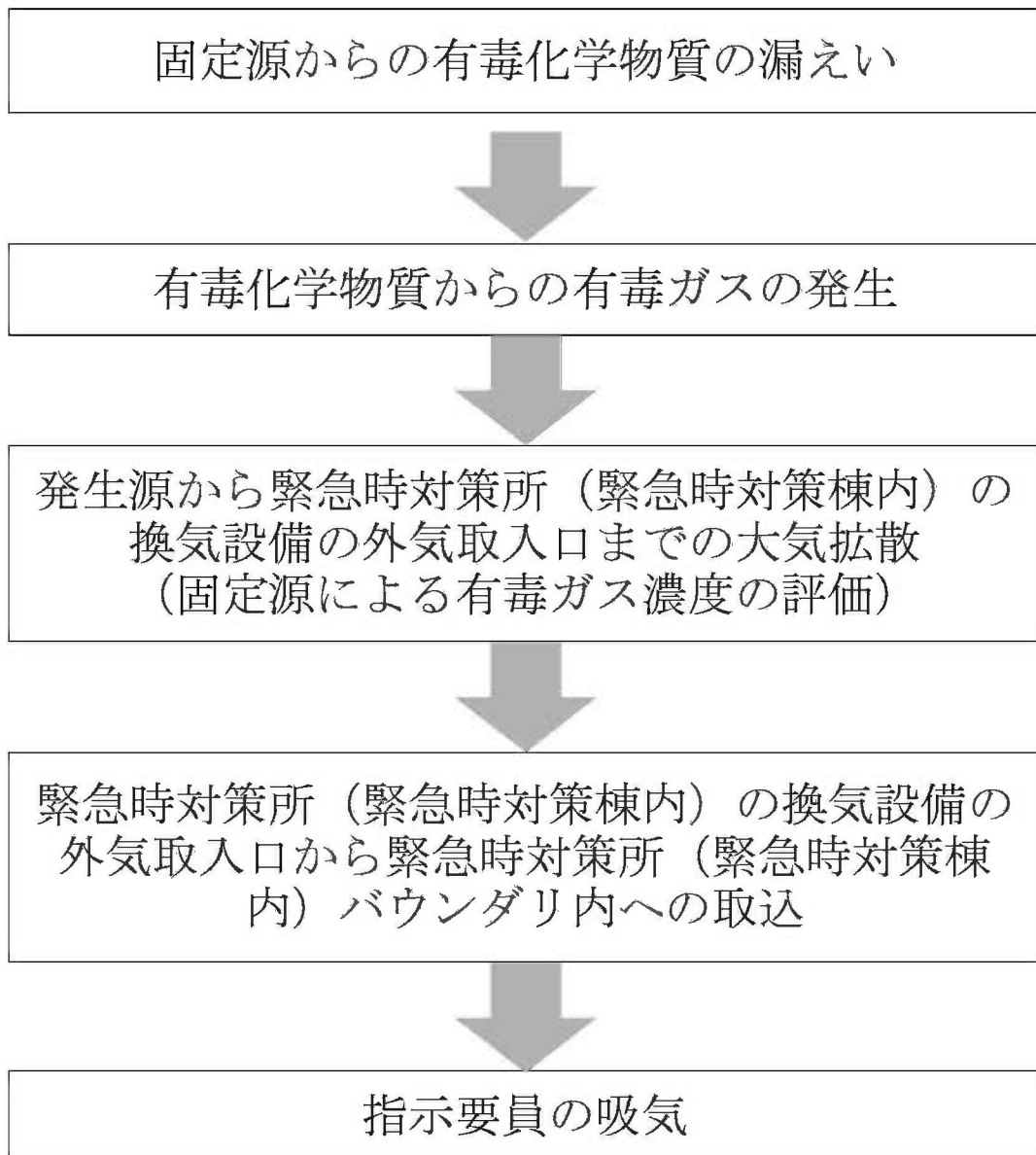
本部・執務エリア拡大図

(注) 本レイアウトについては、訓練結果等により変更となる可能性がある。

第4図 緊急時対策所（緊急時対策棟内）レイアウト

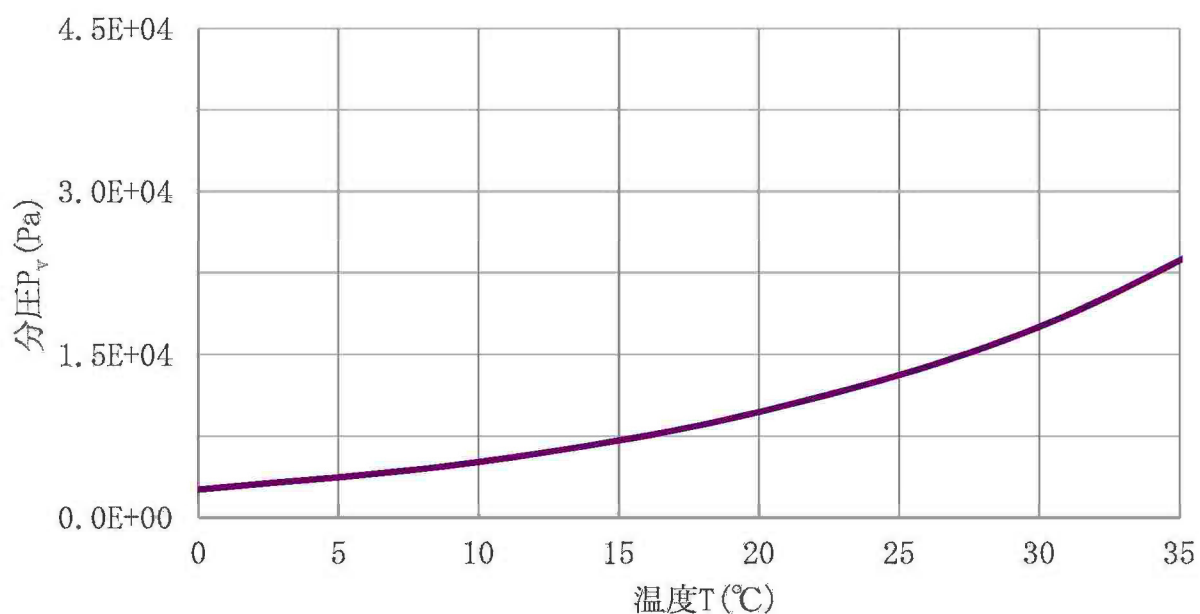


第5図 防毒マスクの配備場所



第6図 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の有毒ガスの到達経路

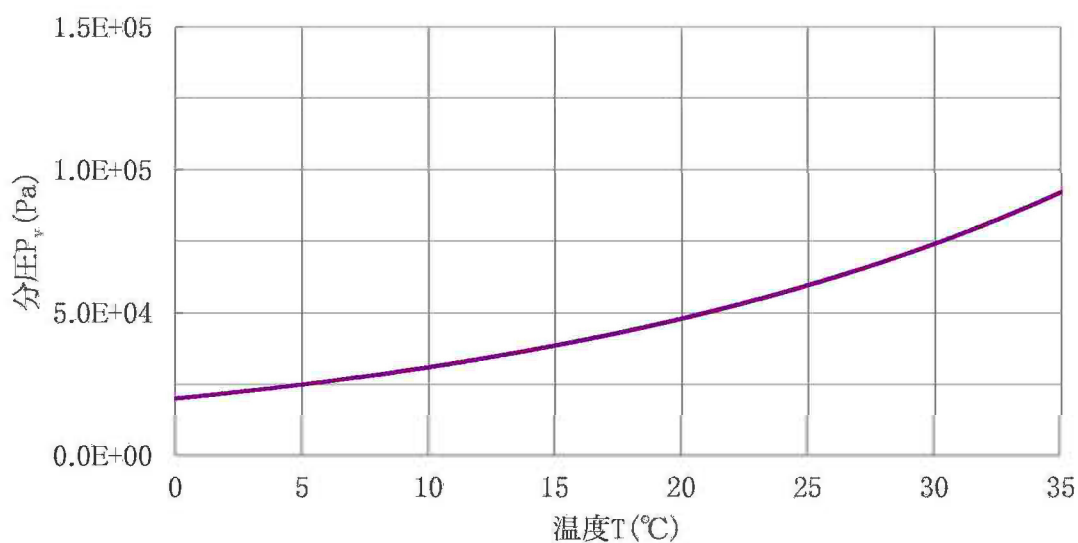




(塩酸 (35.0wt%) の分圧曲線) (注)

(注) 「Mary Evans, Modeling Hydrochloric Acid Evaporation in ALOHA, USDOC (1993)」を基に塩酸 (35.0wt%) の分圧 P<sub>v</sub> (Pa) を評価

第 7 図 有毒化学物質に係る評価条件 (有毒化学物質の分圧) (1/2)

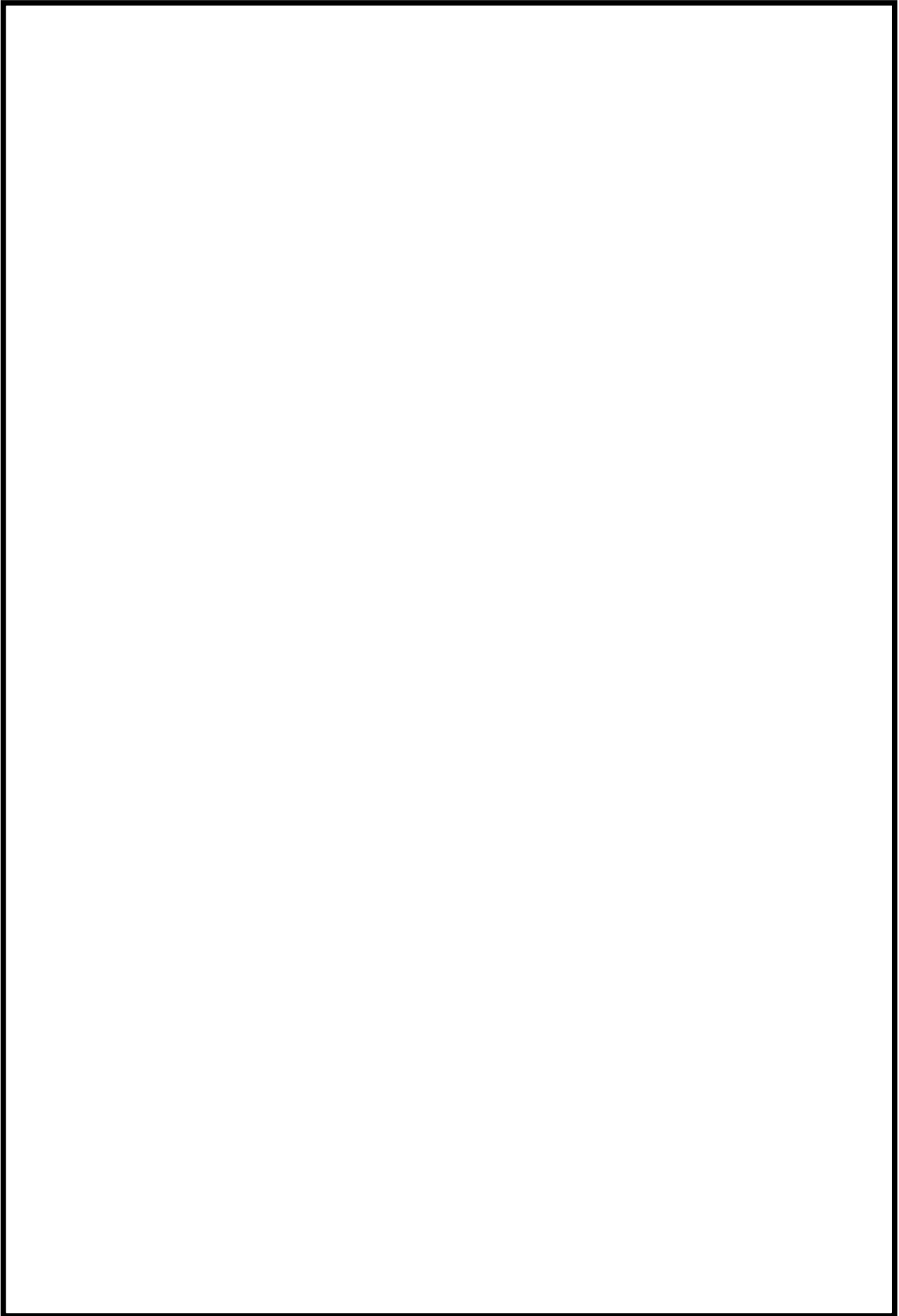


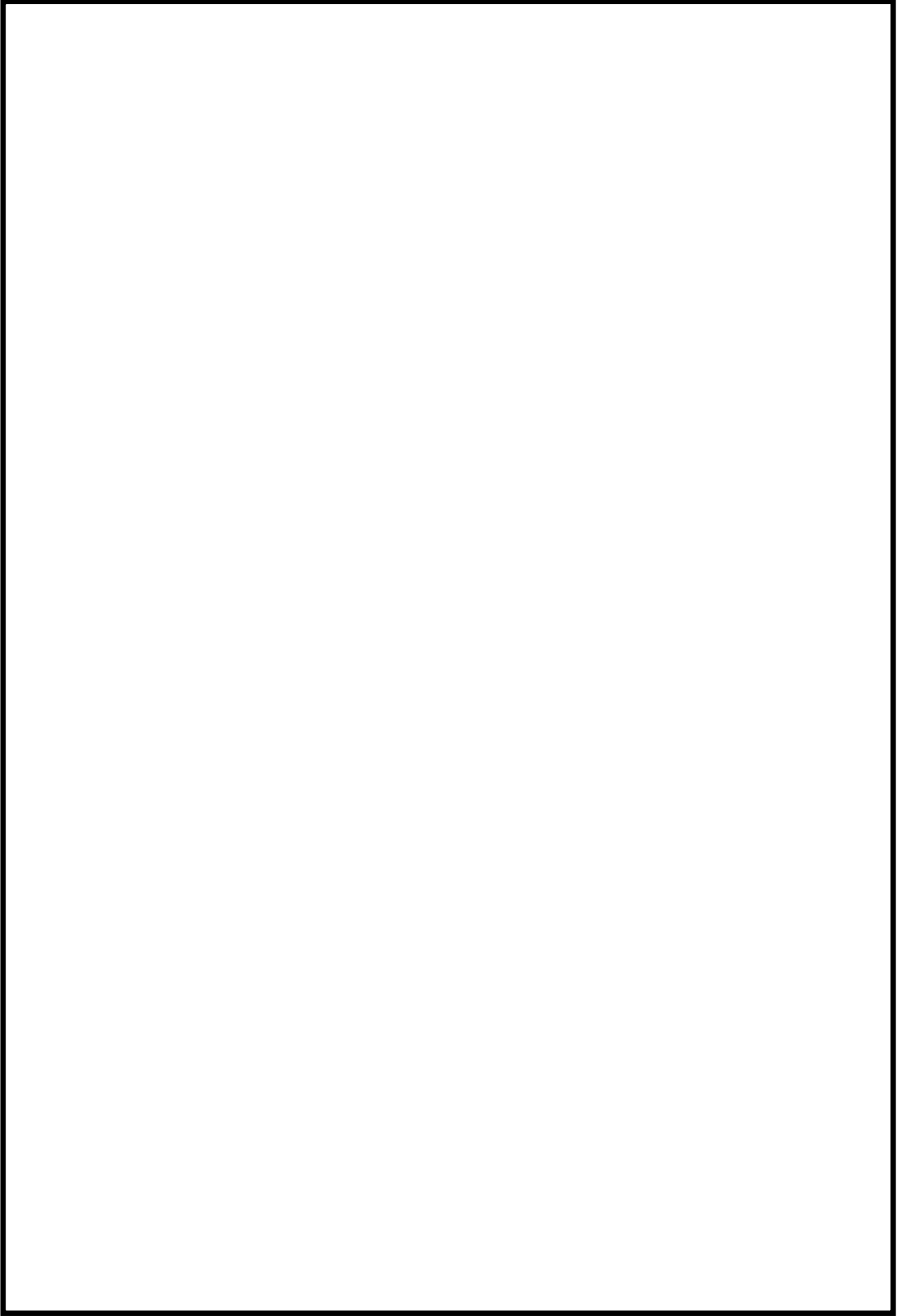
(アンモニア (25.0wt%) の分圧曲線) <sup>(注)</sup>

(注) 「Thomas A. Wilson, The Total and Partial Vapor Pressures of Aqueous Ammonia Solutions, University of Illinois, 1925」を基にアンモニア (25.0wt%) の分圧  $P_v$  (Pa) を評価

第7図 有毒化学物質に係る評価条件 (有毒化学物質の分圧) (2/2)

第8図 敷地内固定源





第9図 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の換気設備の外気取入口に対する着目方位（1/3）



第9図 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の換気設備の外気取入口に対する着目方位（2/3）



第9図 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の換気設備の外気取入口に対する着目方位（3/3）

## 緊急時対策所の居住性に関する説明書

設計及び工事計画認可申請添付資料18

玄海原子力発電所第3号機

# 目 次

	頁
1. 概 要 .....	18 (3) - 1
2. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性に関する基本方針・	18 (3) - 1
2.1 基本方針 .....	18 (3) - 1
2.2 適用基準、適用規格等 .....	18 (3) - 3
3. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性を確保するための 防護措置 .....	18 (3) - 4
3.1 換気設備等 .....	18 (3) - 4
3.2 生体遮蔽装置 .....	18 (3) - 8
3.3 酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計 .....	18 (3) - 9
3.4 資機材、要員の交代等 .....	18 (3) - 9
3.5 可搬型照明 .....	18 (3) - 9
3.6 代替電源設備 .....	18 (3) - 10
4. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性評価 .....	18 (3) - 11
4.1 線量評価 .....	18 (3) - 11
4.2 酸素濃度及び二酸化炭素濃度評価 .....	18 (3) - 24
4.3 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性評価のまとめ	18 (3) - 29
別添－1 緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットのフィルタ除去性能 の維持について	
別紙 計算機プログラム（解析コード）の概要	



## 1. 概 要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（以下「技術基準規則」という。）」第 46 条及び第 76 条並びにそれらの「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈（以下「解釈」という。）」に基づき、緊急時対策所（緊急時対策棟内）（3,4 号機共用（以下同じ。））の居住性について、居住性を確保するための基本方針、防護措置及びその有効性を示す評価等を含めて説明するものである。

## 2. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性に関する基本方針

### 2.1 基本方針

- (1) 緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、1 次冷却系統に係る発電用原子炉施設の損壊その他の異常（以下「1 次冷却材喪失事故等」という。）が発生した場合において、当該事故等に対処するために必要な指示を行うための緊急時対策本部要員（以下「対策要員」という。）を収容することができるとともに、対策要員が必要な期間にわたり滞在できる設計とする。
  
- (2) 緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、重大事故等が発生した場合においても当該事故等に対処するために必要な指示を行う対策要員に加え、原子炉格納容器の破損等による発電所外への放射性物質の拡散を抑制するための対策に対処するために必要な数の対策要員を含め、重大事故等に対処するために必要な数の対策要員を収容することができるとともに、当該事故等に対処するために必要な指示を行う対策要員がとどまることができるよう、適切な遮蔽設計及び換気設計を行い、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性を確保する。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、放射線管理施設の換気設備（緊急時対策所換気設備（3,4 号機共用（以下同じ。）））及び生体遮蔽装置（緊急時対策所遮蔽（3,4 号機共用（以下同じ。））、外部遮蔽及び補助遮蔽）により居住性を確保する。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性を確保するためには換気設備を適切に運転し、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内への希ガス等の放射性物質の侵入を低減又は防止する必要がある。このため、放射線管理施設の放射線管理用計測装置により、大気中に放出された放射性物質による放射線量を監視、測定し、換気設備の運転・切替の確実な判断を行う。

その他の居住性に係る設備として、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の酸素濃度が活動に支障がない範囲にあることを正確に把握するため、可搬型の酸素濃度計（3,4号機共用、3号機に保管（以下同じ。））を保管するとともに、二酸化炭素濃度も酸素濃度同様、居住性に関する重要な制限要素であることから、可搬型の二酸化炭素濃度計（3,4号機共用、3号機に保管（以下同じ。））を保管する。また、常設の照明が使用できなくなった場合において、必要な照明を確保するため可搬型照明を保管する。さらに、緊急時対策所非常用空気浄化ファン（3,4号機共用（以下同じ。））は、代替電源設備からの給電が可能な設計とする。

これら、居住性を確保するための設備及び防護具の配備、着用等運用面の対策を考慮して被ばく評価並びに酸素濃度及び二酸化炭素濃度評価を行い、その結果から、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性確保について評価する。

居住性評価のうち被ばく評価に当たっては、「実用発電用原子炉に係る重大事故時の制御室及び緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価に関する審査ガイド（平成25年6月19日原規技発第13061918号原子力規制委員会決定）（以下「審査ガイド」という。）」を参照して放射性物質等の評価条件及び評価手法を考慮し、居住性に係る被ばく評価の判断基準を満足できることを確認する。

また、居住性評価のうち緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度評価に当たっては、「労働安全衛生法（昭和47年法律第57号）事務所衛生基準規則」（昭和47年9月30日労働省令第43号、最終改正平成26年7月30日厚生労働省令第87号）（以下「事務所衛生基準規則」という。）、「労働安全衛生法（昭和47年法律第57号）酸素欠乏症等防止規則」（昭和47年9月30日労働省令第42号、最終改正平成15年12月19日厚生労働省令第175号）（以下「酸素欠乏症等防止規則」という。）及び「鉱山保安法（昭和24年法律第70号）鉱山保安法施行規則」（平成16年9月27日経済産業省令第96号、最終改正平成28年8月1日経済産業省令第86号）（以下「鉱山保安法施行規則」という。）の労働環境における酸素濃度及び二酸化炭素濃度の許容基準に準拠し、許容基準を満足できることを確認する。

## 2.2 適用基準、適用規格等

緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性に適用する基準及び規格等は、以下のとおりとする。

- ・ 解釈
- ・ 鉱山保安法施行規則
- ・ 酸素欠乏症等防止規則
- ・ 事務所衛生基準規則
- ・ 発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針（昭和 51 年 9 月 28 日 原子力委員会決定、平成 13 年 3 月 29 日一部改訂）
- ・ 発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針（平成 2 年 8 月 30 日 原子力安全委員会決定、平成 13 年 3 月 29 日一部改訂）
- ・ 発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針（昭和 57 年 1 月 28 日 原子力安全委員会決定、平成 13 年 3 月 29 日一部改訂）
- ・ 原子力発電所中央制御室運転員の事故時被ばくに関する規程（JEAC4622－2009）
- ・ 審査ガイド

### 3. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性を確保するための防護措置

緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、必要な対策要員を収容できるとともに、重大事故等時において、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の気密性並びに換気設備及び生体遮蔽装置の性能とあいまって、想定する放射性物質の放出量等を東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故と同等とし、かつ、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内でのマスクの着用、交代要員体制、安定よう素剤の服用及び仮設設備を考慮しない条件においても、4号機からの影響も考慮した緊急時対策所（緊急時対策棟内）にとどまる対策要員の実効線量が事故後7日間で100mSvを超えない設計とする。

居住性に係る被ばく評価では、放射性物質が大気中へ放出されている間は、緊急時対策所換気設備の使用により緊急時対策所（緊急時対策棟内）内を正圧に加圧し、フィルタを通らない空気流入は考慮しないこととしている。このため、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の建物（緊急時対策所遮蔽含む。）及び緊急時対策所換気設備の性能を維持・管理することで、被ばく評価条件を満足するようにする。また、被ばく評価条件並びに酸素濃度及び二酸化炭素濃度評価条件を満足するよう、緊急時対策所換気設備の機能・性能試験を実施する。

対策要員の収容に関する詳細は、添付資料17「緊急時対策所の機能に関する説明書」に示す。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性を確保するための設備及び防護具の配備、着用等運用面の対策を以下のとおり講じる。

#### 3.1 換気設備等

緊急時対策所換気設備（緊急時対策所非常用空気浄化ファン、緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット（3,4号機共用（以下同じ。））及び緊急時対策所加圧設備（3,4号機共用（以下同じ。）））は、重大事故等が発生した場合において、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内への希ガス等の放射性物質の侵入を低減又は防止し、「3. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性を確保するための防護措置」に示す居住性に係る被ばく評価の判断基準を満足する設計とするとともに、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度が設計基準事故対策及び重大事故等の対策のための活動に支障がない濃度を確保できる設計とする。

換気設計に当たっては、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の気密性に対

して十分な余裕を考慮した設計とするとともに、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内にとどまる対策要員は、収容する最大人数である 100 名として設計する。

重大事故等時に環境中に放出された放射性物質の状況に応じ、緊急時対策所換気設備の確実な運転・切替操作ができるよう、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内にて放射線量を監視できるようにする。

### 3.1.1 緊急時対策所換気設備

緊急時対策所換気設備（緊急時対策所非常用空気浄化ファン、緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット及び緊急時対策所加圧設備）は、重大事故等時に環境に放出された放射性物質による放射線被ばくから緊急時対策所（緊急時対策棟内）内にとどまる対策要員を防護するため、よう素フィルタ及び微粒子フィルタを通して外気を取り込むことが可能な設計とし、また、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内を正圧に加圧することにより、フィルタを通らない空気流入を防止する設計とする。

緊急時対策所換気設備の系統図を、第 3-1 図に示す。

緊急時対策所換気設備の強度に関する詳細は、添付資料 11「強度に関する説明書」に示す。

#### (1) 居住性確保のための換気設備運転

##### a. 事故時運転

緊急時対策所非常用空気浄化ファン及び緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットにより放射性物質を低減しながら外気を取り入れることができる。

また、緊急時対策所非常用空気浄化ファンを運転し、必要に応じて給排気ダンパを調整することにより緊急時対策所（緊急時対策棟内）内は加圧されるため、緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットを通らない空気流入はない。

##### b. 緊急時対策所加圧設備による加圧

緊急時対策所加圧設備により緊急時対策所（緊急時対策棟内）内は加圧されるため、プルーム通過中に緊急時対策所（緊急時対策棟内）内へ外気が侵入することはない。

## (2) 緊急時対策所非常用空気浄化ファン

緊急時対策所非常用空気浄化ファンは、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内にとどまる対策要員の線量を低減し、かつ、酸素濃度及び二酸化炭素濃度を活動に支障がない濃度に維持でき、1台で緊急時対策所（緊急時対策棟内）内を換気するために必要な容量を有する設計とする。容量の設計に当たっては、緊急時対策所（緊急時対策棟内）からのアウトリーク率を踏まえ、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の正圧維持並びに酸素濃度及び二酸化炭素濃度を維持・抑制するために必要な流量に余裕を考慮する。また、緊急時対策所非常用空気浄化ファンは、緊急時対策棟内に設置する設計とする。さらに、外気中の放射性物質の濃度に応じて緊急時対策所加圧設備との切り替えができるよう、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の操作スイッチによる操作が可能な設計とする。

## (3) 緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット

緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットは、緊急時対策所非常用空気浄化ファンと同様、1台で必要な容量を有する設計とするとともに、身体サーベイ、作業服の着替え等を行うための区画（以下「チェンジングエリア」という。）を含め、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内に対し、放射線による悪影響を及ぼさないよう、十分な放射性物質の除去効率及び吸着能力を確保するため、微粒子フィルタとよう素フィルタを直列 2 段に配列することで、除去効率を高める設計とする。また、緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットは、緊急時対策棟の屋上に設置する設計とする。

緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットの除去効率を第 3-1 表に、緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットの概略図を第 3-2 図に示す。

### a. フィルタ除去効率

緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットの微粒子フィルタによるエアロゾルの除去効率は、**99.99%**以上（フィルタ直列 2 段構成）となるように設計し、よう素フィルタによる除去効率は、有機よう素 **99.75%**以上（フィルタ直列 2 段構成）及び無機よう素 **99.99%**以上（フィルタ直列 2 段構成）となるように設計する。

b. フィルタ除去性能の維持等

- (a) 除去性能(効率)については、以下の性能検査を定期的実施し、確認する。
- ・微粒子/よう素除去効率検査
  - ・漏えい率検査及び総合除去効率検査
- (b) フィルタ仕様(使用環境条件)の範囲内の場所で使用する必要があることから、温度や湿度が通常時に比べて大きく変わることがないように、原子炉格納容器から離れた屋外の適切な場所にて使用する。
- (c) 原子炉格納容器破損による放射性物質の想定放出量のうち緊急時対策所(緊急時対策棟内)への影響量(フィルタ捕集量)に対し、緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットは十分な保持容量及び吸着容量を有する設計とする。
- (d) 原子炉格納容器から放出され、緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットのフィルタに付着する放射性物質の崩壊熱によりその性能(除去効率)が低下しない設計とする。
- (e) 緊急時対策所非常用空気浄化ファンの入口に「前置フィルタ」を設置することで、粉塵などの影響により、緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットが目詰まりし、フィルタの差圧が過度に上昇しない設計とする。
- 緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットのフィルタ除去性能の維持については、別添-1「緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットのフィルタ除去性能の維持について」に示す。

(4) 緊急時対策所加圧設備

放射性物質放出時、緊急時対策所(緊急時対策棟内)内に希ガス等の放射性物質が流入することを防ぐため、放射線管理施設の緊急時対策所加圧設備により緊急時対策所(緊急時対策棟内)内を加圧し、緊急時対策所(緊急時対策棟内)内にとどまる対策要員の被ばく低減を図る。

緊急時対策所加圧設備の空気ポンベは、線量評価における放射性物質の放出継続時間が10時間であることを踏まえ、緊急時対策所(緊急時対策棟内)のアウトリーク率(0.13回/h)を考慮しても正圧に加圧でき、かつ、酸素濃度及び二酸化炭素濃度を活動に支障がない濃度に維持するために必要な容量を確保するだけでなく、予測困難なブルーム

の通過に対して十分な余裕を持つ容量として 1,000 本（予備 100 本）（1 本あたりの空気容量が 7Nm<sup>3</sup>のもの）配備するものとする。また、緊急時対策所加圧設備は、速やかに系統構成できるよう、緊急時対策所（緊急時対策棟内）付近に配備するとともに、容易に交換ができる設計とする。

また、系統に作用する圧力の過度の上昇を適切に防止するため、空気ポンペの下流に安全弁を設ける設計とする。

### 3.1.2 放射線管理用計測装置

緊急時対策所（緊急時対策棟内）内への希ガス等の放射性物質の侵入を低減又は防止するために必要な換気設備の操作に係る確実な判断ができるよう放射線管理施設の放射線管理用計測装置（緊急時対策所エリアモニタ（3,4 号機共用（以下同じ。））及び可搬型エリアモニタ（3,4 号機共用（以下同じ。）））により、大気中に放出された放射性物質による放射線量を監視、測定する。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）内に緊急時対策所エリアモニタを、原子炉格納容器と緊急時対策所（緊急時対策棟内）の中間位置に可搬型エリアモニタを設置し、各々監視することにより、プルーム通過前における換気設備の操作（緊急時対策所加圧設備による緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の加圧等）を実施する。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）では、可搬型エリアモニタの表示を第 3-3 図のとおり表示でき、迅速かつ確実に指示値を監視することができる。

放射線管理用計測装置の仕様の詳細は、添付資料 13「放射線管理用計測装置の構成に関する説明書並びに計測範囲及び警報動作範囲に関する説明書」に示す。

なお、可搬型エリアモニタについては、放射線管理施設の放射線管理用計測装置を緊急時対策所の設備として兼用する。

## 3.2 生体遮蔽装置

緊急時対策所遮蔽、外部遮蔽及び補助遮蔽は、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内にとどまる対策要員を放射線から防護するための十分な遮蔽厚さを有する設計とし、「3. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性を確保するための防護措置」に示す居住性に係る被ばく評価の判断基準を満足



する設計とする。

緊急時対策所遮蔽、外部遮蔽及び補助遮蔽の放射線の遮蔽及び熱除去の評価については、添付資料 15「生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書」に示す。

### 3.3 酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計

緊急時対策所（緊急時対策棟内）には、室内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度が設計基準事故対策及び重大事故等の対策のための活動に支障がない範囲にあることを正確に把握できるよう酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計を保管する。

酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計の詳細については、添付資料 17「緊急時対策所の機能に関する説明書」に示す。

### 3.4 資機材、要員の交代等

緊急時対策所（緊急時対策棟内）にとどまる対策要員やプルーム通過後に屋外作業を行う対策要員の被ばく低減措置を行う場合に備えたマスク等の防護具類や安定よう素剤、チェン징ングエリアを設営・運営するために必要な資機材を配備する。

重大事故等が発生し、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の外側が放射性物質により汚染したような状況下において、状況に応じて交代する対策要員や屋外作業を行った対策要員が緊急時対策所（緊急時対策棟内）内へ汚染を持ち込まないように、チェン징ングエリアにて汚染管理を行う。

チェン징ングエリアは、原子力災害対策特別措置法第 10 条特定事象が発生した場合、設営し、運用する。

資機材の保管、チェン징ングエリアの詳細については、添付資料 14「管理区域の出入管理設備及び環境試料分析装置に関する説明書」に示す。

### 3.5 可搬型照明

緊急時対策所（緊急時対策棟内）には、常設の照明が使用できなくなった場合においても、緊急時対策所（緊急時対策棟内）等（チェン징ングエリア含む。）における活動に支障がないよう、可搬型照明を配備する。

可搬型照明の管理等については、添付資料 17「緊急時対策所の機能に関する説明書」に示す。

### 3.6 代替電源設備

緊急時対策所非常用空気浄化ファンは、全交流動力電源喪失時においても代替電源設備である緊急時対策所用発電機車(3,4号機共用(以下同じ。))から給電できる設計とする。

緊急時対策所用発電機車の詳細については、添付資料 16「非常用発電装置の出力の決定に関する説明書」及び添付資料 17「緊急時対策所の機能に関する説明書」に示す。

## 4. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性評価

### 4.1 線量評価

#### 4.1.1 評価方針

##### (1) 評価の概要

重大事故等時の評価事象を選定し、そのソースタームの設定により、被ばく経路ごとに緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性を確保するための設備及び運用面の対策を考慮した線量評価を行い、緊急時対策所（緊急時対策棟内）にとどまる対策要員の実効線量の計算結果を、居住性に係る被ばく評価の判断基準と比較する。また、緊急時対策所（緊急時対策棟内）は3,4号機共用であるため、被ばく評価上は、設計値又は結果が厳しくなるように設計値に余裕を見込んだ値等の3,4号機を包絡する条件設定とする。このため、3,4号機の放射性物質の炉心内蓄積量及び大気中への放出量並びに居住性を確保するための防護措置等の評価条件は3,4号機共通である。

具体的な手順は以下のとおり。居住性に係る被ばく評価の手順を第4-1図に示す。

- a. 評価事象は、重大事故等時について緊急時対策所（緊急時対策棟内）の対策要員の線量結果が厳しくなるよう選定する。
- b. 評価事象に対して、原子炉施設に滞留する又は放出される放射性物質によって、緊急時対策所（緊急時対策棟内）にとどまる対策要員の放射線被ばくをもたらす経路を選定する。
- c. 評価事象に対して、原子炉格納容器及びアニュラス部内の放射性物質の存在量分布並びに大気中への放出量を計算する。
- d. 原子炉格納容器及びアニュラス部内の放射性物質の存在量分布から線源強度を計算する。
- e. 発電所敷地内の気象データを用いて、大気拡散を計算して相対濃度及び相対線量を計算する。
- f. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）内での対策要員の被ばく線量を計算する。

被ばく経路ごとに評価期間中の積算線量を計算する。

- (a) 前項 d.の結果を用いて、原子炉格納容器及びアニュラス部内の放射性物質からのガンマ線による被ばくを、緊急時対策所遮蔽、外部遮蔽及び補助遮蔽による遮蔽効果を考慮して計算する。
- (b) 前項 c.及び e.の結果を用いて、大気中へ放出された放射性物質

からのガンマ線による被ばくを、緊急時対策所遮蔽による遮蔽効果を考慮して計算する。また、必要に応じて、緊急時対策所遮蔽を透過せずに配管その他の貫通部を通過するガンマ線による被ばくを計算する。

(c) 前項 c.及び e.の結果を用いて、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内に外気から取り込まれた放射性物質の濃度を、緊急時対策所換気設備及び空気ポンペ加圧による室内放射性物質の低減効果を考慮して計算し、放射性物質による被ばく（ガンマ線による外部被ばく及び吸入摂取による内部被ばく）を計算する。

(d) 前項 c.及び e.の結果を用いて、地表面等に沈着した放射性物質による被ばくを、緊急時対策所遮蔽による遮蔽効果を考慮して計算する。また、必要に応じて、緊急時対策所遮蔽を透過せずに配管その他の貫通部を通過するガンマ線による被ばくを計算する。

g. 前項 f.の被ばく経路ごとの線量を合算し、判断基準と比較する。各計算条件が 3,4 号機共通の場合、当該被ばく経路の 3,4 号機の線量は共通のものを用いる。

## (2) 評価事象

放射性物質の大気中への放出量等は東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故と同等と仮定した事故とし、評価期間は解釈に従い、事故後 7 日間とする。

また、敷地内に 3,4 号機が存在するため、3,4 号機同時に事故が発生するものとする。

評価事象に係る条件を第 4-1 表に示す。

## (3) 被ばく経路

重大事故等時においては、対策要員は、当該事故に対処するために必要な指示等を行う。この時、大気中に放出された放射性物質が、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内に取り込まれることなどにより、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内に滞在している対策要員は被ばくする。

また、重大事故等が発生し、大気中に放射性物質が放出された場合、緊急時対策所（緊急時対策棟内）にとどまる対策要員の被ばく低減の観点から、状況に応じてマスクの着用、交代要員体制の整備、安定よう素

剤の服用等の被ばく低減措置を行う場合もあるが、本評価においては、保守的な評価となるよう被ばく低減措置としてのマスクの着用、交代要員体制、安定よう素剤の服用及び仮設設備の使用は考慮しないこととする。

以上より、対策要員の被ばく経路は、以下の被ばく経路①～④を考慮する。

対策要員の被ばく経路及び緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性に係る被ばく経路イメージを第4-2図及び第4-3図に示す。

- a. 被ばく経路① 原子炉格納容器及びアニュラス部内の放射性物質からのガンマ線による被ばく

原子炉冷却材喪失等の放射性物質の原子炉格納容器内放出事故において、原子炉格納容器内に放出された放射性物質から直接的に施設周辺に到達してくるガンマ線（以下「直接線」という。）及び空气中で散乱されて施設周辺に到達してくるガンマ線（以下「スカイシャイン線」という。）が、緊急時対策所遮蔽、外部遮蔽及び補助遮蔽を透過して緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の対策要員に与える線量。また、原子炉格納容器からの設計漏えいによりアニュラス部へ移行する放射性物質からの直接線及びスカイシャイン線が、緊急時対策所遮蔽、外部遮蔽及び補助遮蔽を透過して緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の対策要員に与える線量。

- b. 被ばく経路② 大気中へ放出された放射性物質からのガンマ線による被ばく

大気中へ放出された放射性物質が大気中を拡散して生ずる放射性雲からのガンマ線（以下「クラウドシャイン線」という。）が、緊急時対策所遮蔽を透過及び緊急時対策所遮蔽の配管その他の貫通部を通過して緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の対策要員に与える線量。

- c. 被ばく経路③ 外気から室内に取り込まれた放射性物質による被ばく

大気中へ放出された放射性物質が、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内に取り込まれて緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の対策要員に与える線量（ガンマ線による外部被ばく及び吸入摂取による内部被ばく）。

- d. 被ばく経路④ 大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線による被ばく

大気中へ放出され、地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線（以下「グランドシャイン線」という。）が、緊急時対策所遮蔽を透過及び緊急時対策所遮蔽の配管その他の貫通部を通過して緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の対策要員に与える線量。

(4) 原子炉格納容器及びアニュラス部内の放射性物質の存在量分布並びに大気中への放出量の計算

原子炉格納容器及びアニュラス部内の放射性物質の存在量分布並びに大気中への放出量の計算に当たっては、被ばく経路ごとに結果が厳しくなるように条件を設定する。具体的には、原子炉格納容器内の放射性物質からのガンマ線による被ばくについては、原子炉格納容器からの漏えいによる放射性物質の減少を保守的に無視し、大気中へ放出された放射性物質による被ばくについては、原子炉格納容器からの放出による大気中への放射性物質の放出を考慮することとする。アニュラス部内の放射性物質からのガンマ線による被ばくについては、原子炉格納容器内の圧力に応じて放射性物質がアニュラス部内に漏えいすることを想定し、また、保守的にアニュラス部内から大気中への漏えいによる減少を無視することで放射性物質が滞留し続けることを考慮する。

原子炉格納容器及びアニュラス部内の放射性物質の存在量分布については、審査ガイドを参照し、同じ事故事象を対象として評価している添付資料 15「生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書」の結果を用いる。

大気中への放出量の計算は、放射性物質の大気中への放出割合が東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故と同等と仮定し、適切に設定する。

a. 事故発生直前の状態

事故発生直前まで、原子炉は定格出力の 102%で長期間にわたって運転されていたものとする。その運転時間は、燃料を 1/3 ずつ取り替えていく場合の平衡炉心を考えて、最高 30,000 時間とする。また、炉心内蓄積量は、ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料装荷炉心（炉心の 3/4 にウラン燃料、1/4 にウラン・プルトニウム混合酸化物燃料を装荷した炉心）を条件に ORIGEN2 コードにより算出する。炉心内蓄積量計算条件を第 4-2 表に、事故発生直前の炉心内蓄積量を第 4-3 表に示す。

また、ORIGEN2 コードについては、「JENDL-3.2 に基づく ORIGEN2 用ライブラリ：ORLIBJ32」(JAERI-Data/Code 99-003 (1999年2月))及び「JENDL-3.2 に基づく ORIGEN2 用ライブラリ：軽水炉 MOX 燃料用 ORIGEN2 ライブラリ」(JAERI-Data/Code 2000-036 (2000年11月))において、核種生成量について照射後試験結果と、ORIGEN2 による計算値の比較を実施している。

なお、評価に用いる解析コード ORIGEN2 の検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

b. 評価の対象とする放射性核種及び大気中への放出割合

炉心損傷を想定していることを踏まえた粒子状放射性物質も含めた放射性核種を対象とする。炉心内蓄積量に対する放射性物質の大気中への放出割合は、原子炉格納容器が破損したと考えられる東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故と同等の事故と仮定して設定する。

c. よう素の形態

大気中に放出されたよう素は、粒子状よう素、無機よう素及び有機よう素を考慮し、その割合は、粒子状よう素が 95%、無機よう素が 4.85%、有機よう素が 0.15%とする。

d. 放射性物質の大気中への放出開始時刻

放射性物質の大気中への放出開始時刻は、東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故で最初に放出した 1号機の放出開始時刻を参考に、事象発生 24時間後とする。

e. 放射性物質の大気中への放出継続時間

放射性物質の大気中への放出継続時間は、短時間で放出する気体の希ガスと、よう素及びその他核種の放出挙動の違いを考慮し、保守的な結果となるように希ガス 1時間、その他 10時間とする。

大気中への放出放射エネルギー評価条件の詳細について、第 4-4 表に示す。また、上記条件により評価した結果を第 4-5 表に示す。

(5) 原子炉格納容器及びアニュラス部内の線源強度の計算

原子炉格納容器及びアニュラス部内の放射性物質の存在量分布から計算する線源強度並びにその計算結果を用いた被ばく経路①の計算に

については、審査ガイドを参照し、同じ事象を対象として評価している添付資料 15「生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書」の結果を用いる。

## (6) 大気拡散の計算

発電所敷地内の気象データを用いて、大気拡散を計算して相対濃度 ( $\chi/Q$ ) 及び相対線量 ( $D/Q$ ) を計算する。

### a. 大気拡散評価モデル

放出点から放出された放射性物質が、大気中を拡散して評価点に到達するまでの計算は、ガウスプルームモデルを適用する。

#### (a) 相対濃度

相対濃度は、毎時刻の気象項目と実効的な放出継続時間をもとに、評価点ごとに次式のとおり計算する。

$$\chi/Q = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T (\chi/Q)_i \delta_i^d$$

ここで、

$\chi/Q$  : 実効放出継続時間中の相対濃度 ( $\text{s/m}^3$ )

$T$  : 実効放出継続時間 ( $\text{h}$ )

$(\chi/Q)_i$  : 時刻  $i$  の相対濃度 ( $\text{s/m}^3$ )

$\delta_i^d$  : 時刻  $i$  で、風向が評価対象  $d$  の場合 ( $\delta_i^d = 1$ )

時刻  $i$  で、風向が評価対象外の場合 ( $\delta_i^d = 0$ )

$$(\chi/Q)_i = \frac{1}{\pi \Sigma_{yi} \cdot \Sigma_{zi} U_i}$$

$$\Sigma_{yi} = \sqrt{\sigma_{yi}^2 + \frac{cA}{\pi}}, \quad \Sigma_{zi} = \sqrt{\sigma_{zi}^2 + \frac{cA}{\pi}}$$

ここで、

$U_i$  : 時刻  $i$  の放出源を代表する風速 ( $\text{m/s}$ )

$\Sigma_{yi}$  : 時刻  $i$  の建屋の影響を加算した  
濃度の  $y$  方向の拡がりのパラメータ ( $\text{m}$ )

$\Sigma_{zi}$  : 時刻  $i$  の建屋の影響を加算した  
濃度の  $z$  方向の拡がりのパラメータ ( $\text{m}$ )

$\sigma_{yi}$  : 時刻  $i$  の濃度の  $y$  方向の拡がりパラメータ ( $\text{m}$ )



- $\sigma_{zi}$  : 時刻*i*の濃度の*z*方向の拡がりパラメータ(m)  
**A** : 建屋などの風向方向の投影面積(m<sup>2</sup>)  
**c** : 形状係数(-)

上記のうち、気象項目（風向、風速及び $\sigma_{yi}$ 、 $\sigma_{zi}$ を求めるために必要な大気安定度）については「b.気象データ」に示すデータを、実効放出継続時間は、「c.実効放出継続時間」に示す値を、建屋の投影面積については「g.建屋投影面積」に示す値を、形状係数については「h.形状係数」に示す値を用いることとする。

$\sigma_{yi}$  及び  $\sigma_{zi}$  については、「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」（昭和 57 年 1 月 28 日 原子力安全委員会決定、平成 13 年 3 月 29 日一部改訂）における相関式を用いて計算する。

(b) 相対線量

クラウドシャイン線量を計算するために、空気カーマを用いた相対線量を毎時刻の気象項目と実効的な放出継続時間をもとに、評価点ごとに次式のとおり計算する。

$$D/Q = (K_I/Q)E \mu_a \int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty \frac{e^{-\mu r}}{4\pi r^2} B(\mu r) \chi(x', y', z') dx' dy' dz'$$

ここで、

- D/Q** : 評価点(x,y,0)における相対線量( $\mu$  Gy/Bq)  
**(K<sub>I</sub>/Q)** : 単位放出率当たりの空気カーマ率への換算係数<sup>(注)</sup>  

$$\left( \frac{\text{dis} \cdot \text{m}^3 \cdot \mu\text{Gy}}{\text{MeV} \cdot \text{Bq}^2} \right)$$
  
**E** : ガンマ線の実効エネルギー(MeV/dis)  
 $\mu_a$  : 空気に対するガンマ線の線エネルギー吸収係数<sup>(注)</sup> (1/m)  
 $\mu$  : 空気に対するガンマ線の線減衰係数<sup>(注)</sup> (1/m)  
**r** : (x',y',z')から(x,y,0)までの距離(m)  
**B( $\mu r$ )** : 空気に対するガンマ線の再生係数<sup>(注)</sup> (-)  
 $\chi(x', y', z')$  : (x',y',z')の濃度(Bq/m<sup>3</sup>)

(注) 発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針(昭和 51 年 9 月 28 日 原子力委員会決定、平成 13 年 3 月 29 日一部改訂)

b. 気象データ

2011年1月～2011年12月の1年間における気象データを使用する。なお、当該データの使用に当たっては、風向風速データが不良標本の棄却検定により、10年間（2007年1月～2010年12月、2012年1月～2017年12月）の気象状態と比較して特に異常でないことを確認している。

c. 実効放出継続時間

実効放出継続時間は、評価結果が厳しくなるよう、全核種1時間とする。

d. 放出源高さ

全ての放射性物質は、保守的に地上放出されるものとする。また、放出エネルギーは、保守的な結果となるように考慮しないと仮定する。

e. 相対濃度及び相対線量の評価点

プルームが通過する事故後24時間から25時間は、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内を緊急時対策所加圧設備により加圧するため、給気口から外気を取入れることはないが、事故後25時間以降は給気口から外気を取入れることを前提とするため、相対濃度及び相対線量の評価点としては、原子炉格納容器から緊急時対策棟への最近接点を代表点とする。

f. 評価対象方位

事故時の放射性物質の放出点から比較的近距離の場所では、建屋の風下側における風の巻き込みによる影響が顕著となると考えられる。巻き込みを生じる代表建屋としては、放出源から最も近く、影響が最も大きいと考えられる、原子炉格納容器を選定する。そのため、評価対象とする方位は、放出された放射性物質が原子炉格納容器の影響を受けて拡散すること及び原子炉格納容器の影響を受けて拡散された放射性物質が評価点に届くことの両方に該当する方位とする。具体的には、全16方位のうち以下の(a)～(c)の条件に該当する方位を選定し、全ての条件に該当する方位を評価対象とする。

(a) 放出点の評価点の風上にあること。

(b) 放出点から放出された放射性物質が、原子炉格納容器の風下側に巻き込まれるような範囲に評価点が存在すること。

(c) 原子炉格納容器の風下側で巻き込まれた大気が評価点に到達すること。

評価対象とする方位は、原子炉格納容器を見込む方位の範囲の両端が、それぞれの方角に垂直な投影形状の左右に  $0.5L$  ( $L$  は原子炉格納容器の風向に垂直な面での幅とする) だけ幅を広げた部分を見込む方位を仮定する。

上記選定条件(b)の条件に該当する風向の方角の選定には、放出点が評価点の風上となる範囲が対象となるが、放出点は原子炉格納容器に近接し、 $0.5L$  の拡散領域の内部にあるため、放出点が風上となる  $180^\circ$  を対象とする。その上で、選定条件(c)の条件に該当する風向の方角の選定として、評価点から原子炉格納容器 +  $0.5L$  を含む方位を選択する。

以上により、選定条件(a)～(c)の条件に全て該当する方位は、3,4号機ともに1方位(NW)となる。評価対象とする風向を第4-4図に示す。

#### g. 建屋投影面積

建屋投影面積は小さい方が厳しい結果となるため、保守的に巻き込みによる影響が最も大きいと考えられる1つの建屋を代表として、原子炉格納容器の風向に対して垂直な建屋投影面積を厳しめに  $2,000\text{m}^2$  とする。

#### h. 形状係数

建屋の形状係数は  $1/2$  <sup>(注)</sup> とする。

(注) 発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針(昭和57年1月28日  
原子力安全委員会決定、平成13年3月29日一部改訂)

#### i. 累積出現頻度

緊急時対策所(緊急時対策棟内)の居住性に係る被ばく評価に用いる相対濃度と相対線量は、3,4号機同時に事故が発生し放射性物質が放出したものとして、大気拡散の評価に従い実効放出継続時間を基に計算した値を年間について小さい方から順に並べた累積出現頻度  $97\%$  <sup>(注)</sup> に当たる値を用いる。

(注) 発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針(昭和57年1月28日  
原子力安全委員会決定、平成13年3月29日一部改訂)

大気拡散評価条件の詳細について、第4-6表に示す。

また、これらの条件による相対濃度及び相対線量の評価結果を第4-7表に示す。

## (7) 線量計算

線量計算に当たっては、被ばく経路ごとに評価期間中の積算線量を算出し、実効線量を評価する。

### a. 被ばく経路①

本被ばく経路の線量計算は、審査ガイドを参照し、同じ事故事象を対象として評価している添付資料 15「生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書」の結果を用いる。

### b. 被ばく経路②

本被ばく経路の線量計算は、審査ガイドを参照し、同じ事故事象を対象として評価している添付資料 15「生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書」の結果を用いる。

### c. 被ばく経路③

#### (a) 放射性物質濃度計算

##### イ. 計算式

緊急時対策所（緊急時対策棟内）の放射性物質濃度の計算に当たっては、以下の式を用いて、緊急時対策所換気設備等を考慮した評価を実施する。

$$\frac{dM^k(t)}{dt} = -\lambda^k M^k(t) - \frac{\alpha}{V} M^k(t) + (1 - E^k) \alpha S^k(t)$$

ここで、

$M^k(t)$  : 時刻  $t$  における緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の放射性物質  $k$  の量 (Bq)

$V$  : 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の体積 ( $m^3$ )

$E^k$  : 緊急時対策所換気設備のフィルタ除去効率 (—)

$\lambda^k$  : 放射性物質  $k$  の崩壊定数 (1/s)

$\alpha$  : 外気取入口から緊急時対策所（緊急時対策棟内）に取り込む体積流量 ( $m^3/s$ )

$S^k(t)$  : 時刻  $t$  における外気取入口での放射性物質  $k$  の濃度 (Bq/ $m^3$ )

##### ロ. 事故時運転

プルームが通過する事故後 24 時間から 25 時間は、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内を緊急時対策所加圧設備により加圧するため、外気の流入を防止する効果を考慮する。緊急時対策

所加圧設備による加圧は 10 時間可能であるが、プルーム通過中の加圧時間は、短い方が被ばく評価上厳しい結果となる。

#### ハ. 事故時における外気取り込み

事故後 25 時間以降は、外気取入を行う。緊急時対策所非常用空気浄化ファン及び緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットは、放射性物質をフィルタにより低減しながら緊急時対策所（緊急時対策棟内）内に外気を取り込み、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内を加圧しフィルタを通らない外気の流入を防止する運転であるため、フィルタを通らない空気流入はないものとする。

#### ニ. 緊急時対策所（緊急時対策棟内）バウンダリ体積

緊急時対策所（緊急時対策棟内）バウンダリ体積は、緊急時対策所換気設備の処理対象となる区画の体積を保守的に  $5,000\text{m}^3$  とする。緊急時対策所（緊急時対策棟内）のバウンダリ体積を第 4-5 図に示す。

#### ホ. フィルタ除去効率

緊急時対策所換気設備よう素フィルタ及び微粒子フィルタは、設計上期待できる値として、除去効率 95%（有機よう素）、99%（無機よう素）、99%（エアロゾル）のフィルタを直列に 2 段構成とする。

#### ヘ. 緊急時対策所非常用空気浄化ファン流量

設計上期待できる値を基に、事故後 25 時間以降 34 時間までは  $\square\text{m}^3/\text{min}$ 、34 時間以降 168 時間までは  $\square\text{m}^3/\text{min}$  の緊急時対策所非常用空気浄化ファンの運転を想定する。

#### ト. 空気流入量

緊急時対策所加圧設備又は緊急時対策所非常用空気浄化ファン及び緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットによって緊急時対策所（緊急時対策棟内）内を加圧するため、フィルタを通らない空気流入はないものとする。

緊急時対策所（緊急時対策棟内）内放射性物質濃度評価条件を第 4-8 表に示す。

(b) 線量計算

緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の放射性物質濃度により、以下の式を用いて外部被ばく及び内部被ばく線量を計算する。

イ．緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の放射性物質による外部被ばく

$$I_{D\gamma} = \int_0^T \frac{1}{2} \cdot \frac{K}{\mu} \left[ \frac{A}{1+\alpha_1} \left\{ 1 - \exp\left(-\left(1+\alpha_1\right) \cdot \mu \cdot R_0\right) \right\} + \frac{1-A}{1+\alpha_2} \left\{ 1 - \exp\left(-\left(1+\alpha_2\right) \cdot \mu \cdot R_0\right) \right\} \right]$$

$$\frac{E_Y \cdot A_{CT}(t)}{0.5} dt$$

ここで、

$I_{D\gamma}$  : 時刻 T までのガンマ線による線量(mSv)

K : 線量率換算係数 ((mSv/s)/(γ/cm<sup>2</sup>/s))

A, α<sub>1</sub>, α<sub>2</sub> : テーラー型ビルドアップ係数(-)  
(空气中 0.5 MeV ガンマ線) (注)

μ : 線減衰係数(cm<sup>-1</sup>) (空气中 0.5 MeV ガンマ線)

R<sub>0</sub> : 半球の半径

$$R_0 = \left( \frac{3}{2} \cdot \frac{V}{\pi} \right)^{1/3} \times 100 \quad (\text{cm})$$

V : 外部ガンマ線による全身に対する線量評価時の自由体積(m<sup>3</sup>)

E<sub>Y</sub> : ガンマ線実効エネルギー(MeV/dis)

A<sub>CT</sub>(t) : 緊急時対策所（緊急時対策棟内）内放射能濃度(Bq/cm<sup>3</sup>)

上記のうち、K については、「Fundamental Aspects of Reactor Shielding」(H. Goldstein, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., U.S.A., 1959)に基づくガンマ線束から照射線量率への換算係数((R/h)/(MeV/(cm<sup>2</sup>・s)))に照射線量から空気カーマへの換算係数(Gy/R) 及び「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」(平成 2 年 8 月 30 日 原子力安全委員会決定、平成 13 年 3 月 29 日一部改訂)に基づく空気カーマから実効線量への換算係数(mSv/Gy)を乗じることで算出され単位換算した値を、μ については、「X-ray Attenuation Coefficients From 10

kev to 100 Mev] (G.W.Grodstein, NBS-583, April 1957)に基づく質量減衰係数( $\text{cm}^2/\text{g}$ )に空気の比重( $\text{g}/\text{cm}^3$ )を乗じることで算出される値を用いる。

(注) SPAN-3: A Shield Design Program for the PHILCO-2000 Computer (W.H.Guilinger, N.D.Cook and P.A.Gillis, WAPD-TM-235, February 1962)

ロ. 緊急時対策所 (緊急時対策棟内) の放射性物質の吸入摂取による内部被ばく

$$I_{DI} = \int_0^T H_{\infty} \cdot B \cdot E_I \cdot A_{CT}(t) \cdot 1.0 \times 10^6 dt$$

$$= H_{\infty} \cdot B \cdot \int_0^T A_{CTI}(t) \cdot 1.0 \times 10^6 dt$$

ここで、

$I_{DI}$  : 時刻 T までの吸入摂取による内部被ばく線量 (mSv)

$H_{\infty}$  : I-131 の吸入摂取による線量換算係数 (mSv/Bq) (注1)

$E_I$  : I-131 等価量への換算係数(-) (注1)

$B$  : 呼吸率( $\text{m}^3/\text{s}$ ) (注2)

$A_{CT}(t)$  : 緊急時対策所 (緊急時対策棟内) 内放射能濃度 ( $\text{Bq}/\text{cm}^3$ )

$A_{CTI}(t)$  : 緊急時対策所 (緊急時対策棟内) 内放射能濃度 (I-131 等価量) ( $\text{Bq}/\text{cm}^3$ )

線量換算係数及び呼吸率を第 4-9 表に示す。

(注 1) ICRP Publication 71, 72

(注 2) 発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針 (平成 2 年 8 月 30 日 原子力安全委員会決定、平成 13 年 3 月 29 日一部改訂)

#### d. 被ばく経路④

本被ばく経路の線量計算は、審査ガイドを参照し、同じ事故事象を対象として評価している添付資料 15「生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書」の結果を用いる。

### (8) 線量の合算及び判断基準との比較

被ばく経路ごとの線量を合算し、居住性に係る被ばく評価の判断基

準 100mSv と比較する。

ここで、緊急時対策所（緊急時対策棟内）は 3,4 号機共用であり、被ばく評価上は、設計値又は結果が厳しくなるように設計値に余裕を見込んだ値等の 3,4 号機を包絡する条件設定とするため、3,4 号機の放射性物質の炉心内蓄積量及び大気中への放出量並びに居住性を確保するための防護措置に係る評価条件は 3,4 号機共通である。

これを踏まえ、被ばく経路①については、原子炉格納容器から緊急時対策所（緊急時対策棟内）までの距離に近い 4 号機の線量を 3,4 号機共通の線量とし、その線量を 2 倍する。被ばく経路②、③及び④については、大気拡散の効果を考慮して、3,4 号機で同時に事故が発生し、放射性物質が同時に放出されたものとして線量を計算する。

#### 4.1.2 評価結果

重大事故等時における緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性に係る被ばく評価結果を第 4-10 表に示す。評価結果は、実効線量で約 25mSv であり、居住性に係る被ばく評価の判断基準 100mSv を満足する。

## 4.2 酸素濃度及び二酸化炭素濃度評価

### 4.2.1 評価方針

#### (1) 評価の概要

緊急時対策所非常用空気浄化ファンを使用した場合及び緊急時対策所加圧設備による加圧を実施した場合において、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度が活動に支障がない濃度であることを確認する。

本評価における滞在人数、体積、評価期間等は、被ばく評価条件を基に、保守的な結果となるよう設定する。また、酸素消費量、二酸化炭素吐出し量等は、換気設備の使用時における緊急時対策所（緊急時対策棟内）内にとどまる対策要員の活動状況等を想定し、設定する。

#### (2) 酸素及び二酸化炭素許容濃度の設定

酸素及び二酸化炭素許容濃度は、第 4-11 表に示すとおり、換気設備使用時の環境に応じた、適切な労働環境における酸素濃度及び二酸化炭素濃度の許容基準に準拠する。



「原子力発電所中央制御室運転員の事故時被ばくに関する規程（JEAC4622-2009）」（以下「JEAC4622-2009」という。）では、中央制御室居住性評価に係る二酸化炭素許容濃度は、「事務所衛生基準規則」に定める事務室内の二酸化炭素濃度である100万分の5,000(0.5%)に準拠することとしている。緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の環境は、JEAC4622-2009における中央制御室内の環境と同等と考えられることから、二酸化炭素許容濃度は上記濃度（0.5%以下）に準拠する。また、二酸化炭素許容濃度を事務室内という一般的な環境下を想定して設定することに鑑み、緊急時対策所（緊急時対策棟内）非常用空気浄化ファン使用時の酸素許容濃度は、「酸素欠乏症等防止規則」に定める濃度（18%以上）に準拠する。

緊急時対策所加圧設備による加圧は、希ガス等の放射性物質を含む外気が緊急時対策所（緊急時対策棟内）内に侵入しないように実施する防護措置であり、加圧時は、緊急時対策棟の出入口扉を閉め、室内を密閉するという限られた環境である。このため、同様に限られた環境下における労働環境を規定している「鉱山保安法施行規則」に定める酸素濃度及び二酸化炭素濃度許容基準（19%以上及び1%以下）に準拠する。

### (3) 酸素濃度維持及び二酸化炭素濃度抑制に必要な流量の計算

緊急時対策所（緊急時対策棟内）内を加圧し、その圧力を維持するために必要な流量並びに緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の酸素濃度維持及び二酸化炭素濃度抑制に必要な流量を計算し、その結果から酸素濃度及び二酸化炭素濃度の評価を行う。緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度の評価条件を第4-12表に示す。なお、計算に使用する、呼吸量、初期酸素濃度、酸素消費量等は「空気調和・衛生工学便覧」から引用する。

#### a. 緊急時対策所非常用空気浄化ファンを使用する場合

緊急時対策所非常用空気浄化ファンは設計基準事故発生後、プルーム（希ガス）通過時を除いて恒常的に使用する設備であるため、平衡状態において緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の圧力維持並びに酸素濃度及び二酸化炭素濃度を維持・抑制するための条件を満足する必要がある。

#### (a) 緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の正圧維持について

##### イ. 目標圧力の設定

緊急時対策所（緊急時対策棟内）の動圧を以下の式により計算する。

$$P = 0.5 \times \rho \times U^2$$

ここで、

P：動圧（Pa）

$\rho$ ：質量密度（空気密度の1.2を使用）

U：想定風速（10m/s）

計算の結果、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の動圧は60Pa程度であるが、余裕を見込み、目標圧力は100Pa [gage] に設定する。

#### ロ．必要最低換気流量

緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の圧力（100Pa [gage]）を維持するために必要な最低換気流量を以下の式により計算する。

$$\text{最低換気流量 (m}^3\text{/min)} = \text{アウトリーク率} \times \text{建屋体積} \div 60$$

ここで、

アウトリーク率：0.13（回/h）

建屋体積：4,100（m<sup>3</sup>）

- (b) 緊急時対策所（緊急時対策棟内）内酸素濃度維持について  
酸素濃度を維持するために必要な最低換気流量を以下の式により計算する。

$$Q = \frac{k}{P_1 - P_0}$$

ここで、

Q：必要換気流量（m<sup>3</sup>/h）

k：酸素消費量（m<sup>3</sup>/h）

P<sub>1</sub>：初期酸素濃度（－）

P<sub>0</sub>：酸素許容濃度（－）

- (c) 緊急時対策所（緊急時対策棟内）内二酸化炭素濃度抑制について  
二酸化炭素濃度の抑制に必要な最低換気流量を以下の式により  
計算する。

$$L = \frac{M}{C - C_0}$$

ここで、

- L : 必要換気流量 (m<sup>3</sup>/h)  
M : 二酸化炭素発生量 (m<sup>3</sup>/h)  
C : 二酸化炭素許容濃度 (—)  
C<sub>0</sub> : 外部空気二酸化炭素濃度 (—)

- b. 緊急時対策所加圧設備を 10 時間使用する場合

被ばく評価上の緊急時対策所加圧設備の空気ポンベによる加圧時間は希ガス放出継続時間（1 時間）としているが、希ガス放出のタイミングに応じた運用が可能となるよう、実運用上は放射性物質の放出継続時間（10 時間）の空気ポンベによる加圧を考慮する。

10 時間連続で空気ポンベにより加圧した場合における換気流量と酸素濃度及び二酸化炭素濃度との関係は以下のとおりである。

- (a) 緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の正圧維持について

緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の目標圧力は、「a. 緊急時対策所非常用空気浄化ファンを使用する場合」と同様に 100Pa [gage] とし、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の圧力（100Pa [gage]）を維持するために必要な最低換気流量を以下の式により計算する。

$$\text{最低換気流量 (m}^3\text{/min)} = \text{アウトリーク率} \times \text{建屋体積} \div 60$$

ここで、

アウトリーク率 : 0.13 (回/h)

建屋体積 : 4,100 (m<sup>3</sup>)

- (b) 緊急時対策所（緊急時対策棟内）内酸素濃度維持及び二酸化炭素濃度抑制について  
緊急時対策所（緊急時対策棟内）内空気の酸素濃度及び二酸化炭

素濃度は下記の基礎式①を展開した式②により計算する。

$$\begin{aligned} V \frac{dC}{dt} &= C_0 \cdot N \cdot V + M - C \cdot N \cdot V \cdots \text{基礎式①} \\ &= (C_0 - C) N \cdot V + M \\ &= (C_0 - C) L + M \end{aligned}$$

$$C = - \left( C_0 - C' + \frac{M}{L} \right) e^{-\frac{L}{V} t'} + C_0 + \frac{M}{L} \cdots \text{式②}$$

ここで、

M：室内酸素消費量若しくは二酸化炭素発生量 (m<sup>3</sup>/h)

V：室内体積 (m<sup>3</sup>)

C：室内空気酸素濃度若しくは二酸化炭素濃度 (－)

C<sub>0</sub>：外気又は空気ポンベの酸素濃度若しくは二酸化炭素濃度 (－)

C'：空気ポンベに切り替えた際の酸素濃度若しくは二酸化炭素濃度 (－)

N：空気流入率 (回/h)

L：換気流量 (= N × V) (m<sup>3</sup>/h)

t：時間 (h)

t'：空気ポンベ切替以降の時間 (h)

また、Mは室内酸素消費量の場合、負の値となる。

#### 4.2.2 評価結果

##### (1) 酸素濃度維持及び二酸化炭素濃度抑制に必要な流量

###### a. 緊急時対策所非常用空気浄化ファンを使用する場合

緊急時対策所(緊急時対策棟内)内の正圧維持に必要な最低換気流量は  m<sup>3</sup>/min である。また、酸素濃度を維持するために必要な最低換気流量は  m<sup>3</sup>/min、二酸化炭素濃度の抑制に必要な最低換気流量は  m<sup>3</sup>/min である。

緊急時対策所非常用空気浄化ファンの流量はこれらから余裕を見

て  $\square \text{m}^3/\text{min}$  とすれば、被ばく評価上の使用期間における平衡時の酸素濃度は 20.6%、二酸化炭素濃度は 0.23% となり、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の正圧維持並びに酸素濃度及び二酸化炭素濃度を維持・抑制するための条件（一般的な事務所等の労働環境における酸素濃度及び二酸化炭素濃度の許容濃度である 18% 以上及び 0.5% 以下）を満足することができる。

b. 緊急時対策所加圧設備の空気ポンペを 10 時間使用する場合

緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の正圧維持に必要な最低換気流量は  $\square \text{m}^3/\text{min}$  である。また、酸素濃度維持及び二酸化炭素濃度抑制に必要な最低換気流量は  $\square \text{m}^3/\text{min}$  である。

空気ポンペの流量を  $\square \text{m}^3/\text{min}$  とすれば、空気ポンペによる加圧 10 時間後の酸素濃度は 20.59%、二酸化炭素濃度は 0.38% となり、被ばく評価上の放出継続時間である 10 時間においても、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の正圧維持並びに酸素濃度及び二酸化炭素濃度を維持・抑制するための条件（限られた労働環境における酸素濃度及び二酸化炭素濃度の許容濃度である 19% 以上及び 1% 以下）を満足することができる。

緊急時対策所換気設備を運転した場合における緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度の推移として、緊急時対策所加圧設備の空気ポンペを 1 時間使用した場合を第 4-6 図に、10 時間使用した場合を第 4-7 図に示す。

(2) 必要空気ポンペ本数

「4.2.2 評価結果(1)b. 緊急時対策所加圧設備の空気ポンペを 10 時間使用する場合」より、必要な空気ポンペ本数は、1 本あたりの空気容量が  $7\text{Nm}^3$  のもので、使用量を  $\square \text{Nm}^3/\text{本}$  とした場合、1,000 本となる。なお、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内を加圧するために必要な容量を確保するだけでなく、予測困難なプルームの通過に対して十分な余裕を持つ容量を保管する。

4.3 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性評価のまとめ

緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性を確保するための設備を考慮して被ばく評価並びに酸素濃度及び二酸化炭素濃度評価を行い、その結果、それぞれ判断基準を満足していることを確認したことから、緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性を確保できると評価する。

第 3-1 表 緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットの除去効率一覧

名 称		緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット		
種 類		—	微粒子フィルタ	よう素フィルタ
効 率	単体除去効率	%	99.97 以上 (0.15 $\mu\text{m}$ 粒子)	95 以上 (有機よう素) 99 以上 (無機よう素)
	総合除去効率	%	99.99 以上 <sup>(注)</sup> (0.7 $\mu\text{m}$ 粒子)	99.75 以上 (有機よう素) <sup>(注)</sup> 99.99 以上 (無機よう素) <sup>(注)</sup>

(注) フィルタを直列 2 段構成となるように配置

第4-1表 評価事象に係る条件 (3,4号機共通)

項目	評価条件	選定理由	備考
事故の評価期間	事故後7日間	解釈に基づき設定	解釈 第76条 1 e) ④ 判断基準は、対策要員の実効線量が7日間で100mSvを超えないこと。
評価事象	放射性物質の大気中への放出量等は東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故と同等と仮定した事故	解釈に基づき設定	解釈 第76条 1 e) ① 想定する放射性物質の放出量等は東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故と同等とすること。

第4-2表 炉心内蓄積量計算条件 (3,4号機共通)

項目	評価条件	選定理由	備考
炉心熱出力	100% (3,411MWt) ×1.02	定格値に定常誤差(+2%)を考慮した値を設定	審査ガイド 4.1(2)a. 緊急時制御室又は緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価では、放射性物質の大気中への放出割合が東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故と同等と仮定した事故に対して、放射性物質の大気中への放出割合及び炉心内蔵量から大気中への放射性物質放出量を計算する。
原子炉運転時間	最高30,000時間	燃料を1/3ずつ取り替えていく場合の平衡炉心を考慮し、最高時間を設定 評価対象炉心は、被ばく評価において厳しいMOX燃料装荷炉心を設定 <sup>(注)</sup>	
サイクル数 (バッチ数)	3 (装荷比率) 3/4：ウラン燃料 1/4：MOX燃料	同上	

(注) 玄海4号機は玄海3号機の炉心で代表

第4-3表 炉心内蓄積量 (3,4号機共通)

核種グループ	炉心内蓄積量 (Bq)
希ガス類	約 $3.9 \times 10^{19}$
よう素類	約 $4.0 \times 10^{19}$
Cs類	約 $1.5 \times 10^{19}$
Te類	約 $2.5 \times 10^{19}$
Ba類	約 $2.3 \times 10^{19}$
Ru類	約 $4.7 \times 10^{19}$
Ce類	約 $8.5 \times 10^{19}$
La類	約 $8.5 \times 10^{19}$



第4-4表 大気中への放出放射エネルギー評価条件 (3,4号機共通) (1/2)

項目	評価条件	選定理由	備考
放射性物質の大気中への放出割合	炉心内蓄積量に対して 希ガス類：97% ヨウ素類：2.78% Cs類：2.13% Te類：1.47% Ba類：0.0264% Ru類： $7.53 \times 10^{-8}\%$ Ce類： $1.51 \times 10^{-4}\%$ La類： $3.87 \times 10^{-5}\%$	解釈に基づき東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故と同等の事故と仮定して設定	解釈 第76条 1 e) ① 想定する放射性物質の放出量は東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故と同等とすること。  審査ガイド 4.4(1)a. 事故直前の炉心内蔵量に対する放射性物質の大気中への放出割合は、原子炉格納容器が破損したと考えられる福島第一原子力発電所事故並みを想定する。 希ガス類：97% ヨウ素類：2.78% (CsI：95%、無機ヨウ素：4.85%、有機ヨウ素：0.15%) (NUREG-1465を参考に設定) Cs類：2.13% Te類：1.47% Ba類：0.0264% Ru類： $7.53 \times 10^{-8}\%$ Ce類： $1.51 \times 10^{-4}\%$ La類： $3.87 \times 10^{-5}\%$
ヨウ素の形態	粒子状ヨウ素：95% 無機ヨウ素：4.85% 有機ヨウ素：0.15%	NUREG-1465 <sup>(注)</sup> を参考に設定	同上

(注) Accident Source Terms for Light-Water Nuclear Power Plants(L.Soffer, et al., NUREG-1465, February 1995)

第4-4表 大気中への放出量評価条件 (3,4号機共通) (2/2)

項 目	評 価 条 件	選 定 理 由	備 考
放出開始時刻	24時間後	<p>解釈に基づき東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故と同等の事故と仮定して設定</p>	<p>解釈 第76条 1 e) ① 想定する放射性物質の放出量等は東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故と同等とすること。</p> <p>審査ガイド 4.4(4)a. 放射性物質の大気中への放出開始時刻は、事故(原子炉スクラム)発生24時間後と仮定する。(福島第一原子力発電所事故で最初に放出した1号炉の放出開始時刻を参考に設定)</p>
放出継続時間	<p>希ガス：1時間 その他：10時間</p>	<p>解釈に基づき東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故と同等の事故と仮定して設定 短時間で放出する気体の希ガスと、よう素及びその他核種の放出挙動の違いを考慮</p>	<p>解釈 第76条 1 e) ① 想定する放射性物質の放出量等は東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故と同等とすること。</p> <p>審査ガイド 4.4(4)a. 放射性物質の大気中への放出継続時間は、保守的な結果となるように10時間と仮定する。(福島第一原子力発電所2号炉の放出継続時間を参考に設定)</p>

第4-5表 大気中への放出量評価結果（事故後7日間積算）（gross値）（3,4号機共通）

核種グループ	放出放射能量 (Bq)
希ガス類	約 $8.7 \times 10^{18}$
よう素類	約 $3.1 \times 10^{17}$
Cs類	約 $2.3 \times 10^{16}$
Te類	約 $7.9 \times 10^{16}$
Ba類	約 $2.5 \times 10^{15}$
Ru類	約 $2.1 \times 10^{10}$
Ce類	約 $9.6 \times 10^{13}$
La類	約 $1.7 \times 10^{13}$

第4-6表 大気拡散評価条件 (3,4号機共通) (1/3)

項目	評価条件	選定理由	備考
大気拡散評価モデル	ガウスプルームモデル	気象指針 <sup>(注)</sup> を参考として、放射性雲は風下方向に直線的に流され、放射性雲の軸のまわりに正規分布に拡がっていくと仮定するガウスプルームモデルを適用	審査ガイド 4.2(2)a.放射性物質の空气中濃度は、放出源高さ及び気象条件に応じて、空間濃度分布が水平方向及び鉛直方向ともに正規分布になると仮定したガウスプルームモデルを適用して計算する。
気象資料	玄海原子力発電所における1年間の気象資料 (2011.1~2011.12) (地上風を代表する観測点(地上約10m)の気象データ)	建屋影響を受ける大気拡散評価を行うため保守的に地上風(地上約10m)の気象データを使用 風向風速データが不良標本の棄却検定により、10年間の気象状態と比較して特に異常ではないことが確認された発電所において観測された1年間の気象資料を使用	審査ガイド 4.2(2)a.風向、風速、大気安定度及び降雨の観測項目を、現地において少なくとも1年間観測して得られた気象資料を大気拡散式に用いる。
実効放出継続時間	全核種：1時間	保守的に最も短い実効放出継続時間を設定	審査ガイド 4.2(2)c.相対濃度は、短時間放出又は長時間放出に応じて、毎時刻の気象項目と実効的な放出継続時間を基に評価点ごとに計算する。
放出源高さ	地上放出	保守的に地上放出を設定	審査ガイド 4.4(4)b.放出源高さは、地上放出を仮定する。 放出エネルギーは、保守的な結果となるように考慮しないと仮定する。
累積出現頻度	小さい方から97%	気象指針を参考として、年間の相対濃度又は相対線量を降順に並び替え、累積出現頻度が97%に当たる値を設定	審査ガイド 4.2(2)c 評価点の相対濃度又は相対線量は、毎時刻の相対濃度又は相対線量を年間について小さい方から累積した場合、その累積出現頻度が97%に当たる値とする。

(注) 発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針 (原子力安全委員会)

第4-6表 大気拡散評価条件 (3,4号機共通) (2/3)

項 目	評 価 条 件	選 定 理 由	備 考
建屋の影響	考慮する	放出点から近距離の建屋の影響を受けるため、建屋による巻き込み現象を考慮	<p>審査ガイド 4.2(2)a 原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所の居住性評価で特徴的な放出点から近距離の建屋の影響を受ける場合には、建屋による巻き込み現象を考慮した大気拡散による拡散パラメータを用いる。</p>
巻き込みを生じる代表建屋	原子炉格納容器	<p>放出源から最も近く、巻き込みの影響が最も大きいと考えられる1つの建屋として選定 また、建屋投影面積が小さい方が保守的な結果を与えるため、単独建屋として設定</p>	<p>審査ガイド 4.2(2)b 巻き込みを生じる建屋として、原子炉格納容器、原子炉建屋、原子炉補助建屋、タービン建屋、コントロール建屋及び燃料取り扱い建屋等、原則として放出源の近隣に存在するすべての建屋が対象となるが、巻き込みの影響が最も大きいと考えられる1つの建屋を代表建屋とすることは、保守的な結果を与える。</p>
放射性物質濃度の評価点	原子炉格納容器から緊急時対策棟への最近接点	<p>プルームが通過する事故後24時間から25時間は、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内を緊急時対策所加圧設備により加圧するため、給気口から外気を取入れることはないが、事故後25時間以降は給気口から外気を取入れることを前提とするため、相対濃度及び相対線量の評価点としては、原子炉格納容器から緊急時対策棟への最近接点を設定</p>	<p>審査ガイド 4.2(2)b. 評価期間中も給気口から外気を取入れることを前提とする場合は、給気口が設置されている原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所が属する建屋の表面とする。</p>

第4-6表 大気拡散評価条件 (3,4号機共通) (3/3)

項目	評価条件	選定理由	備考
着目方位	3,4号機ともに 評価対象は1方位	建屋風下側の巻き込みによる拡がりを考慮し、以下のi)～iii)の条件に該当する方位を選定し、建屋の後流側の拡がりの影響が評価点に及ぶ可能性のある複数の方位を選定 i) 放出点が評価点の風上にあること ii) 放出点から放出された放射性物質が、建屋の風下側に巻き込まれるような範囲に評価点が存在すること iii) 建屋の風下側で巻き込まれた大気が評価点に到達すること	審査ガイド 4.2(2)a.原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価では、建屋の風下後流側での広範囲に及ぶ乱流混合域が顕著であることから、放射性物質濃度を計算する当該着目方位としては、放出源と評価点とを結ぶラインが含まれる1方位のみを対象とするのではなく、図5に示すように、建屋の後流側の拡がりの影響が評価点に及ぶ可能性のある複数の方位を対象とする。
被ばく線量の 重ね合わせ	3,4号機の 同時事故発生を考慮	同時に事故が発生し放射性物質が放出したものと、相対濃度及び相対線量を各時刻の風向に応じて3,4号機の合算した値の小さい方から97%を使用	審査ガイド 4.2(3)h.同じ敷地内に複数の原子炉施設が設置されている場合、全原子炉施設について同時に事故が起きたと想定して評価を行うが、各原子炉施設から被ばく経路別に個別に評価を実施して、その結果を合算することは保守的な結果を与える。原子炉施設敷地内の地形や、原子炉施設と評価対象位置の関係等を考慮した、より現実的な被ばく線量の重ね合わせ評価を実施する場合はその妥当性を説明した資料の提出を求める。
建屋投影面積	2,000m <sup>2</sup>	保守的に巻き込みによる影響が最も大きいと考えられる1つの建屋を代表として原子炉格納容器の垂直な投影面積を設定	審査ガイド 4.2(2)b.風向に垂直な代表建屋の投影面積を求め、放射性物質の濃度を求めるために大気拡散式の入力とする。
形状係数	1/2	気象指針を参考として設定	—

第4-7表 相対濃度及び相対線量の評価結果

評価対象	評価点 (対象建屋)	相対濃度 <sup>(注)</sup> $\chi/Q$ (s/m <sup>3</sup> )	相対線量 <sup>(注)</sup> D/Q (Gy/Bq)
緊急時対策所 (緊急時対策棟内)	緊急時対策棟	約 $2.0 \times 10^{-4}$	約 $1.5 \times 10^{-18}$

(注) 3,4号機同時被災時の $\chi/Q$ 、D/Qの重ね合せ結果

第4-8表 緊急時対策所（緊急時対策棟内）内放射性物質濃度評価条件（1/2）

項目	評価条件	設定理由	備考
緊急時対策所換気設備運転	事故後25時間以降：放射性物質をフィルタにより低減しながら建屋内に外気を取り入れる運転	事故後24時間から25時間は、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内を緊急時対策所加圧設備により加圧し、事故後25時間以降は、外気取入を行う。緊急時対策所加圧設備による加圧は10時間可能であるが、プルーム通過中の緊急時対策所加圧設備による加圧時間は、短い方が被ばく評価上厳しい結果となる。	審査ガイド 4.2(2)e.原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内への外気取入による放射性物質の取り込みについては、非常用換気空調設備の設計及び運転条件に従って計算する。 4.4(3)a.緊急時制御室又は緊急時対策所の非常用換気空調設備は、上記(2)の非常用電源によって作動すると仮定する。
事故時におけるフィルタを通した外気取り込み	緊急時対策所（緊急時対策棟内）内：考慮 緊急時対策所（緊急時対策棟内）以外のエリア内：フィルタによる低減効果は考慮せず放射性物質濃度は外気と同じとする	緊急時対策所加圧設備により加圧を行う時以外は、フィルタを通した外気取り込みを行う。	審査ガイド 4.2(2)e.原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所の建屋の表面空気中から、次の2つの経路で放射性物質が外気から取り込まれることを仮定する。 一 原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所の非常用換気空調設備によって室内に取り入れること（外気取入）
緊急時対策所（緊急時対策棟内）バウンダリ体積（容積）	5,000m <sup>3</sup>	緊急時対策所換気設備の処理対象となる区画の体積（約4,111m <sup>3</sup> ）を保守的に大きめに設定	審査ガイド 4.2(2)e.原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内に取り込まれる放射性物質の空気流入量は、空気流入率及び原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所バウンダリ体積（容積）を用いて計算する。
外部ガンマ線による全身に対する線量評価時の自由体積	緊急時対策所（緊急時対策棟内）内：5,000m <sup>3</sup> 緊急時対策所（緊急時対策棟内）以外のエリア内：30,000m <sup>3</sup>	各区画の体積（緊急時対策所（緊急時対策棟内）内：約4,111m <sup>3</sup> 、緊急時対策所（緊急時対策棟内）以外のエリア内：約29,062m <sup>3</sup> ）を保守的に大きめに設定	同上



第4-8表 緊急時対策所（緊急時対策棟内）内放射性物質濃度評価条件（2/2）

項目	評価条件	設定理由	備考
緊急時対策所換気設備のよう素フィルタ、微粒子フィルタによる除去効率	事故後25時間以降： 有機よう素：95% 無機よう素：99% エアロゾル：99% 上記フィルタを直列に2段構成とする	設計上期待できる値を設定（第3-1表参照） なお、フィルタは直列に2段構成 エアロゾルの除去効率は、単体除去効率の99.97%より保守的な値を設定	審査ガイド 4.2(1)a.よう素類及びエアロゾルのフィルタ効率は、使用条件での設計値を基に設定する。 なお、フィルタ効率の設定に際し、よう素類の性状を適切に考慮する。
緊急時対策所換気設備のよう素フィルタ、微粒子フィルタによる総合除去効率	事故後25時間以降： 有機よう素：99.75% 無機よう素：99.99% エアロゾル：99.99%	直列2段構成とした場合に設計上期待できる値を設定 （第3-1表参照）	同上
緊急時対策所非常用空気浄化ファン流量	24～25時間 ：0 m <sup>3</sup> /min 25～34時間 ：□ m <sup>3</sup> /min 34～168時間 ：□ m <sup>3</sup> /min	設計上期待できる値を設定	審査ガイド 4.2(2)e.原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内への外気取入による放射性物質の取り込みについては、非常用換気空調設備の設計及び運転条件に従って計算する。
緊急時対策所（緊急時対策棟内）の空気流入率	0回/h	緊急時対策所加圧設備による緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の加圧又は緊急時対策所非常用空気浄化ファン及び緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットによる外気取入れに伴い、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内は加圧されるため、フィルタを通らない空気流入はないものとする。	審査ガイド 4.2(1)b.新設の場合では、空気流入率は、設計値を基に設定する。（なお、原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所設置後、設定値の妥当性を空気流入率測定試験によって確認する。）

第4-9表 線量換算係数及び呼吸率の条件

項目	評価条件	選定理由	審査ガイドでの記載
線量換算係数	成人実効線量換算係数を使用 (主な核種を以下に示す) I-131 : $2.0 \times 10^{-8}$ Sv/Bq I-132 : $3.1 \times 10^{-10}$ Sv/Bq I-133 : $4.0 \times 10^{-9}$ Sv/Bq I-134 : $1.5 \times 10^{-10}$ Sv/Bq I-135 : $9.2 \times 10^{-10}$ Sv/Bq Cs-134 : $2.0 \times 10^{-8}$ Sv/Bq Cs-136 : $2.8 \times 10^{-9}$ Sv/Bq Cs-137 : $3.9 \times 10^{-8}$ Sv/Bq 上記以外の核種は ICRP Pub.71, 72に基づく	ICRP Publication 71, 72に基づく	—
呼吸率	1.2m <sup>3</sup> /h	成人活動時の呼吸率を 設定 安全評価審査指針 <sup>(注)</sup> に 基づく	—

(注) 発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針(原子力安全委員会)

第4-10表 緊急時対策所(緊急時対策棟内)の居住性に係る被ばく評価結果

被ばく経路		緊急時対策所(緊急時対策棟内) 実効線量 (mSv)
室内作業時	①原子炉格納容器及びアニュラス部内の放射性物質からのガンマ線による被ばく	約 $4.4 \times 10^{-5}$
	②大気中へ放出された放射性物質からのガンマ線による被ばく	約 $1.7 \times 10^{-1}$
	③外気から室内に取り込まれた放射性物質による被ばく	約 $2.0 \times 10^1$
	(内訳) 内部被ばく 外部被ばく	(約 $2.0 \times 10^1$ ) (約 $2.5 \times 10^{-2}$ )
	④大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線による被ばく	約 $4.6 \times 10^0$
合計 (①+②+③+④)		約25 <sup>(注)</sup>

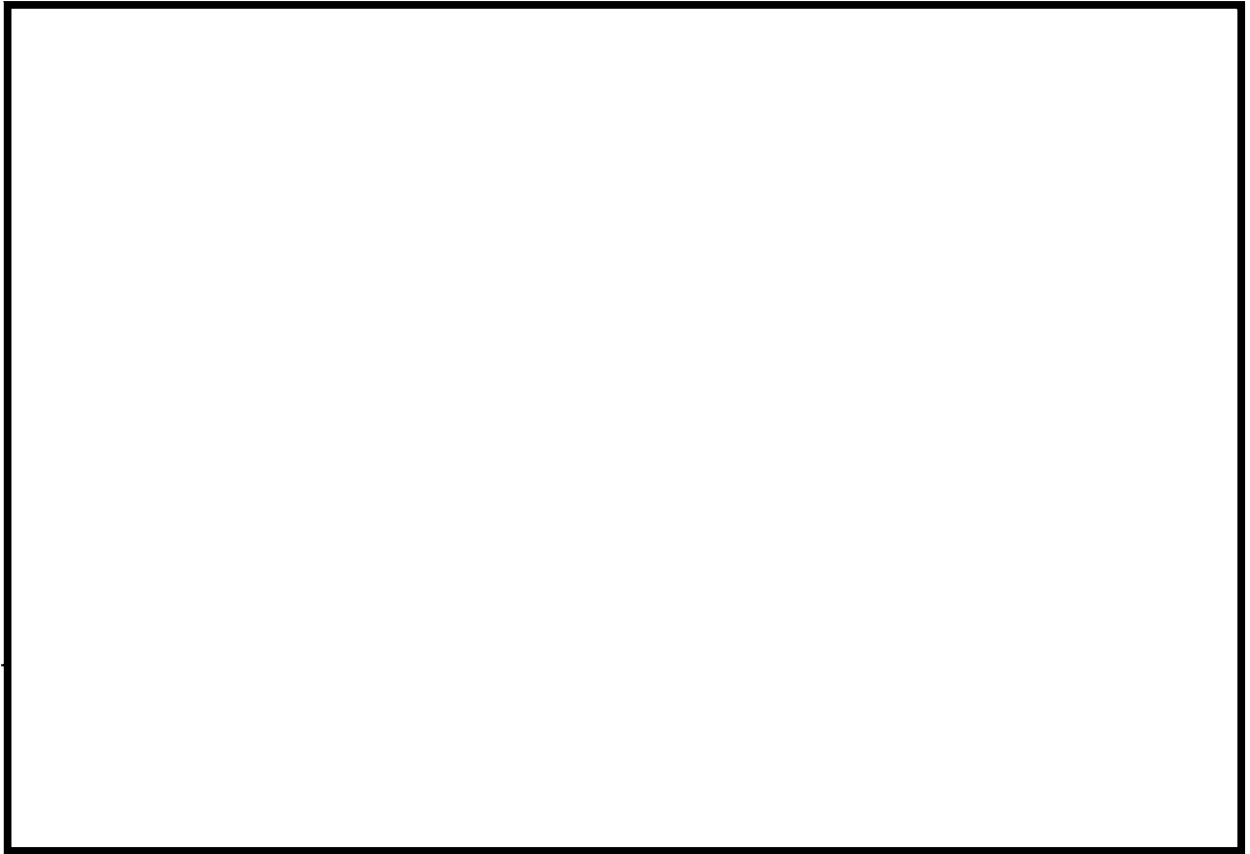
(注) 有効数字2桁で切り上げた値

第4-11表 酸素及び二酸化炭素許容濃度

項 目	許 容 濃 度	備 考
酸素濃度 (緊急時対策所非常用空気 浄化ファン使用時)	18%以上	「酸素欠乏症等防止規則」に準拠 (酸素欠乏危険作業に労働者を従事させる場合 は、当該濃度以上の換気を要求)
二酸化炭素濃度 (緊急時対策所非常用空気 浄化ファン使用時)	0.5%以下	「事務所衛生基準規則」に準拠 (労働者を常時就業させる室において、当該濃度 以下とする換気を要求)
酸素濃度 (緊急時対策所加圧設備の 空気ポンベ使用時)	19%以上	「鉱山保安法施行規則」に準拠 (鉱山労働者が作業し、又は通行する坑内は、当 該濃度以上とする通気の確保を要求)
二酸化炭素濃度 (緊急時対策所加圧設備の 空気ポンベ使用時)	1%以下	「鉱山保安法施行規則」に準拠 (鉱山労働者が作業し、又は通行する坑内は、当 該濃度以下とする通気の確保を要求)

第4-12表 緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度評価条件

項目	計算条件	設定理由	備考
人数	100人	緊急時対策所（緊急時対策棟内）にとどまることができる対策要員の最大人数	—
体積	4,100 m <sup>3</sup>	緊急時対策所（緊急時対策棟内）バウンダリ内体積 緊急時対策所換気設備の処理対象となる区画の体積（約4,111m <sup>3</sup> ）を保守的に小さめに設定	第4-5図参照
評価期間	10時間	プルーム通過時における空気ポンベによる加圧時間を考慮	—
空気流入	なし	保守的な評価となるため考慮しない	—
アウトリーク率	0.13回/h	緊急時対策所非常用空気浄化ファン運転時の条件として、中央制御室の空気流入率と同等の値を設定	—
	0.13回/h	緊急時対策所加圧設備の空気ポンベ使用時の条件として、中央制御室の空気流入率と同等の値を設定	
想定風速	10 m/s	被ばく評価側で用いる気象条件における風速に対する動圧に抗する建屋内圧力に十分な余裕を見込むものとして設定	—
初期酸素濃度	20.95 %	「空気調和・衛生工学便覧」の成人呼吸気より引用	—
初期二酸化炭素濃度	0.03 %	「原子力発電所中央制御室運転員の事故時被ばくに関する規程（JEAC4622-2009）」より引用	—
酸素消費量 （緊急時対策所非常用空気浄化ファン使用時）	65.52 l/h	「空気調和・衛生工学便覧」より現場作業に係る対応が考えられるため「歩行」より引用	1人当りの消費量
酸素消費量 （緊急時対策所加圧設備の空気ポンベ使用時）	21.84 l/h	「空気調和・衛生工学便覧」より準備を含む現場作業対応がないため「静座」より引用	1人当りの消費量
二酸化炭素吐出し量 （緊急時対策所非常用空気浄化ファン使用時）	46 l/h	「空気調和・衛生工学便覧」より現場作業に係る対応が考えられるため「中等作業」より引用	1人当りの吐出し量
二酸化炭素吐出し量 （緊急時対策所加圧設備の空気ポンベ使用時）	22 l/h	「空気調和・衛生工学便覧」より準備を含む現場作業対応がないため「極軽作業」より引用	1人当りの吐出し量

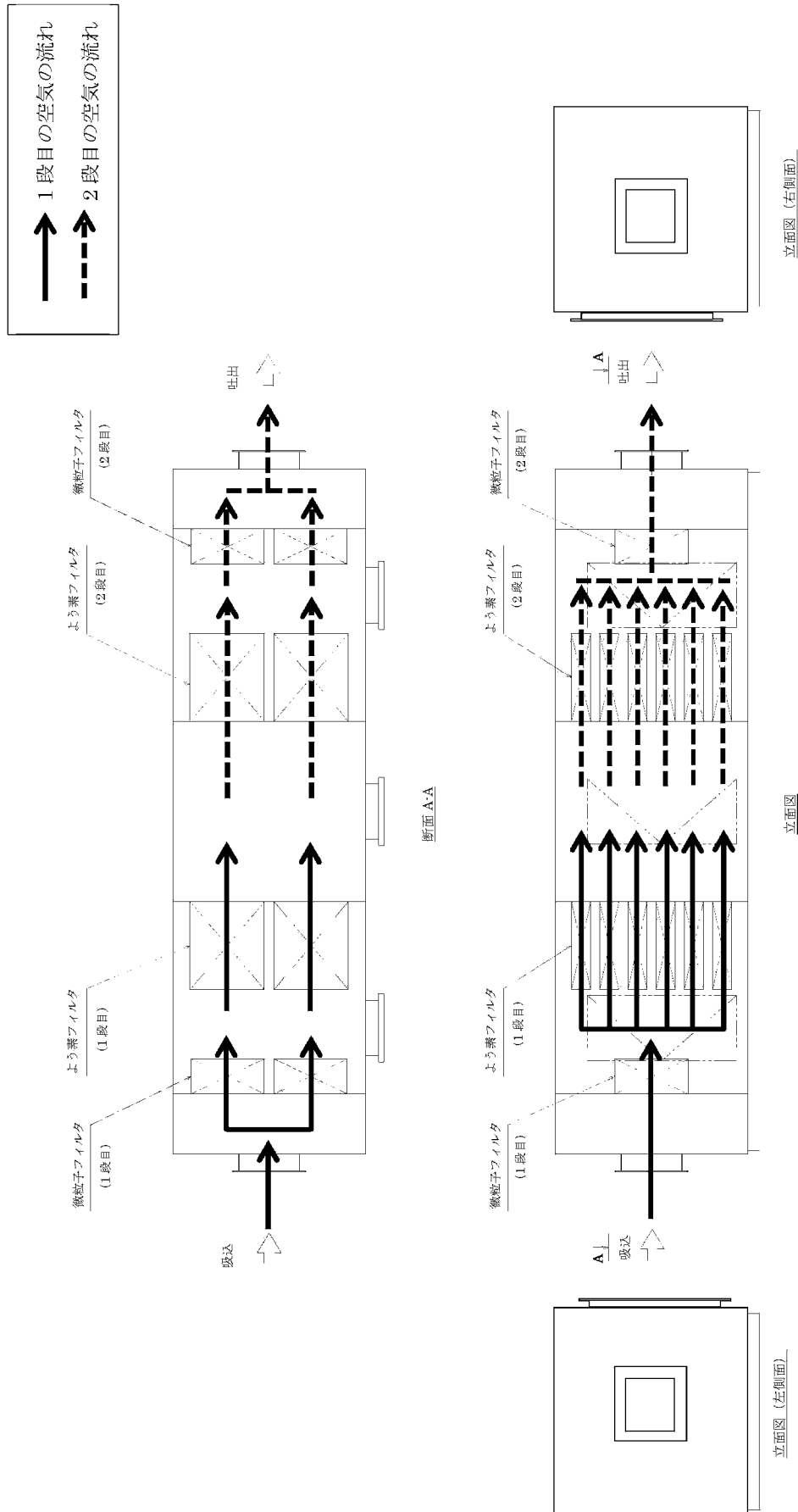


緊急時対策所非常用空気浄化ファン及びフィルタユニット

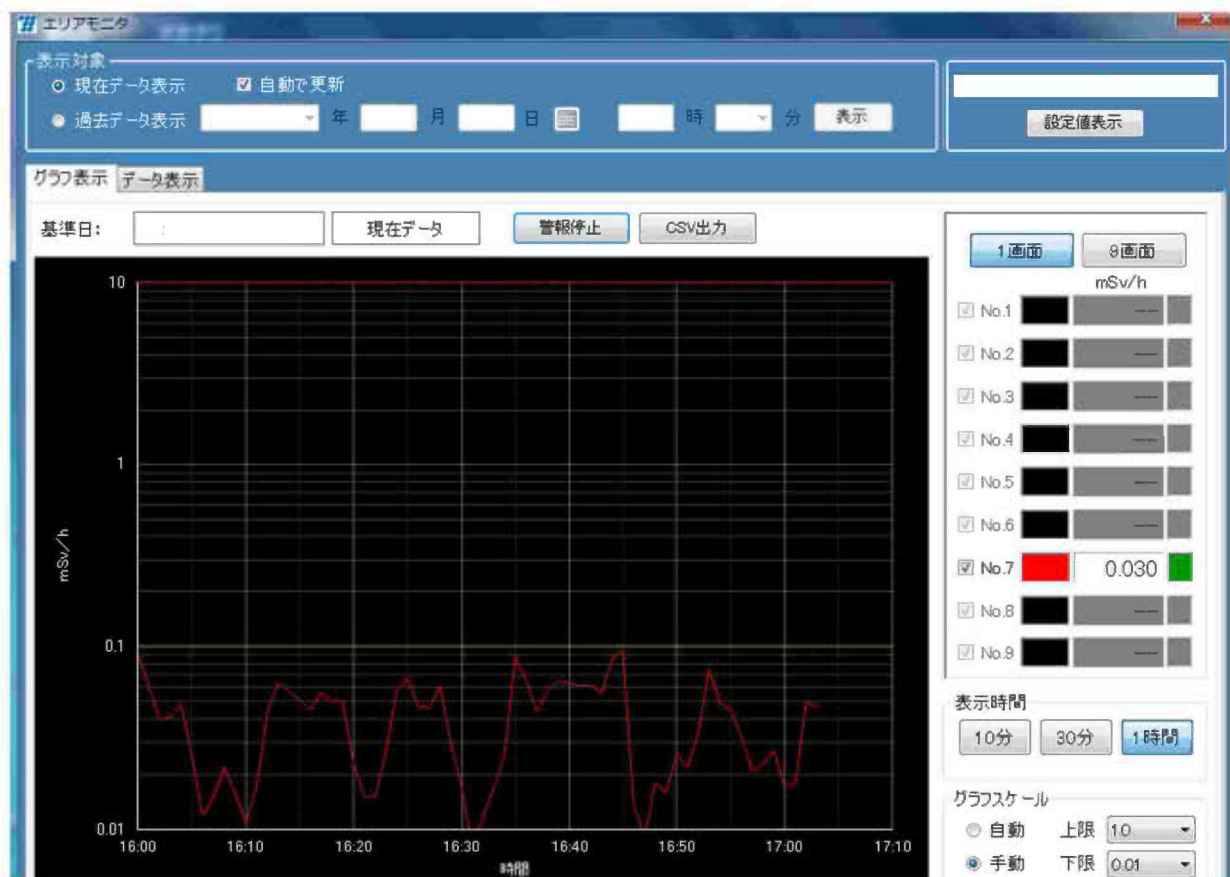


緊急時対策所加圧設備

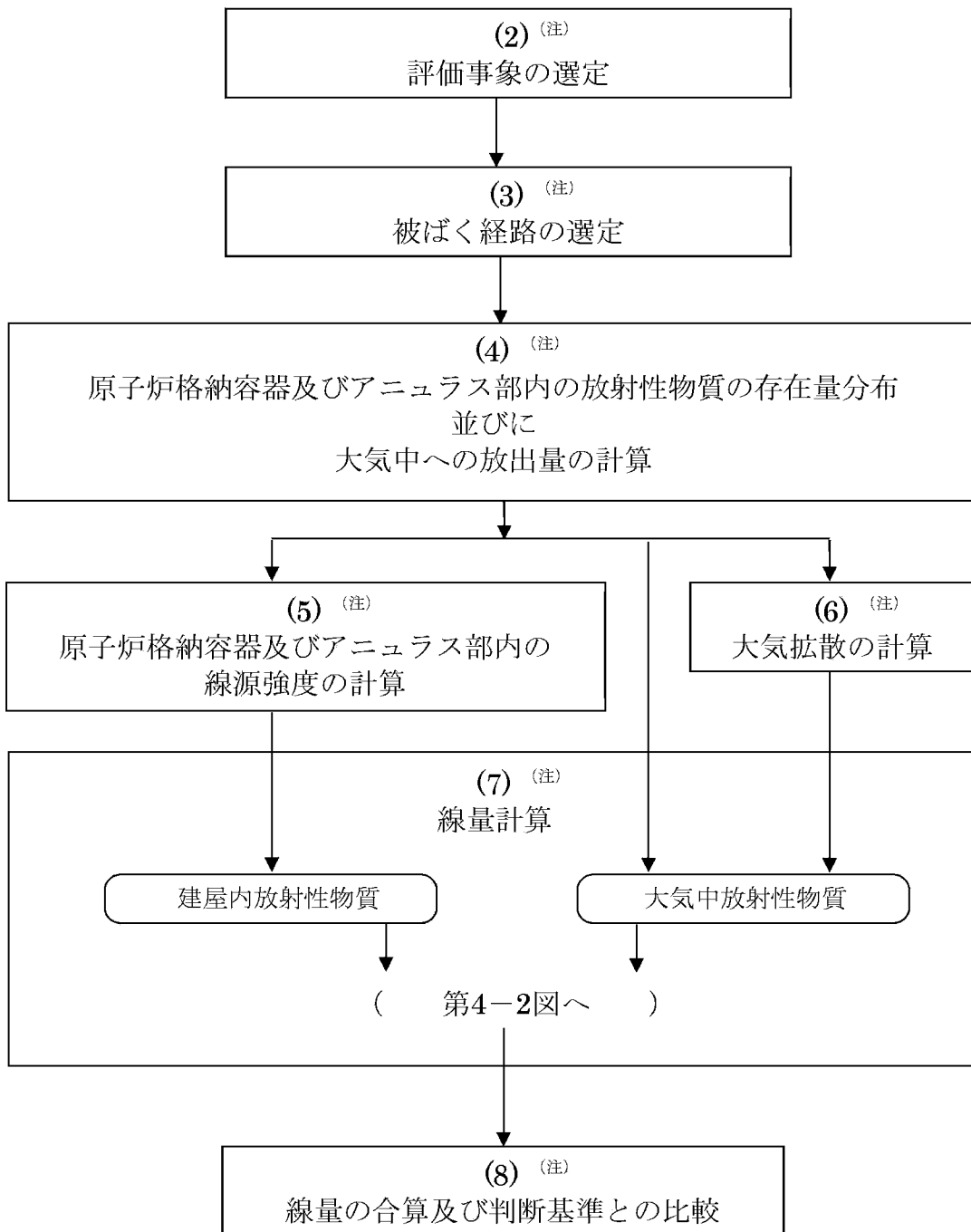
第 3-1 図 緊急時対策所換気設備の系統図



第3-2図 緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットの概略図



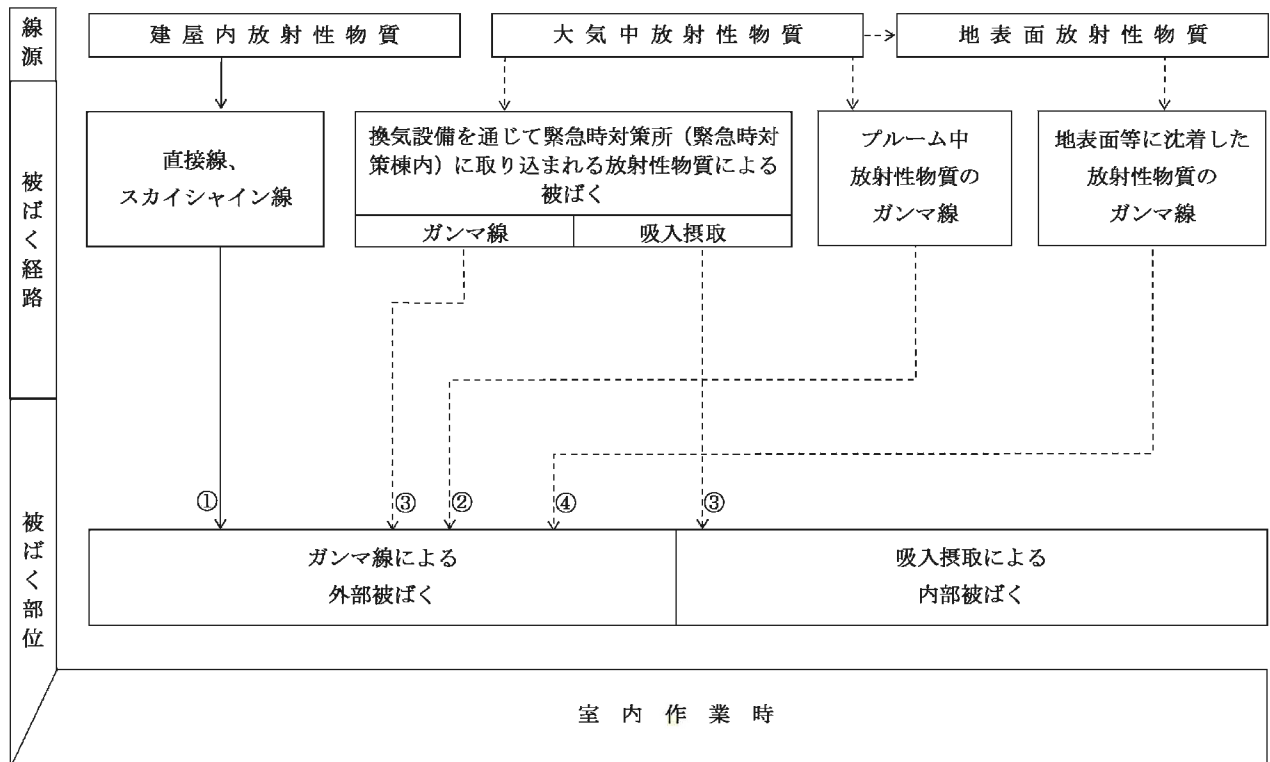
第3-3図 可搬型エリアモニタ指示値の表示例



(注)「4.1.1 評価方針」の項番号を示す。

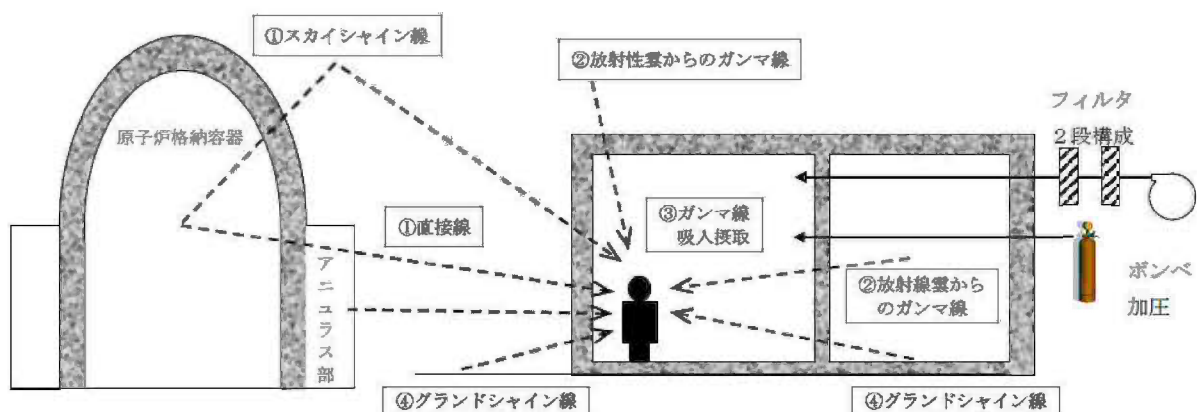
第4-1図 居住性に係る被ばく評価の手順





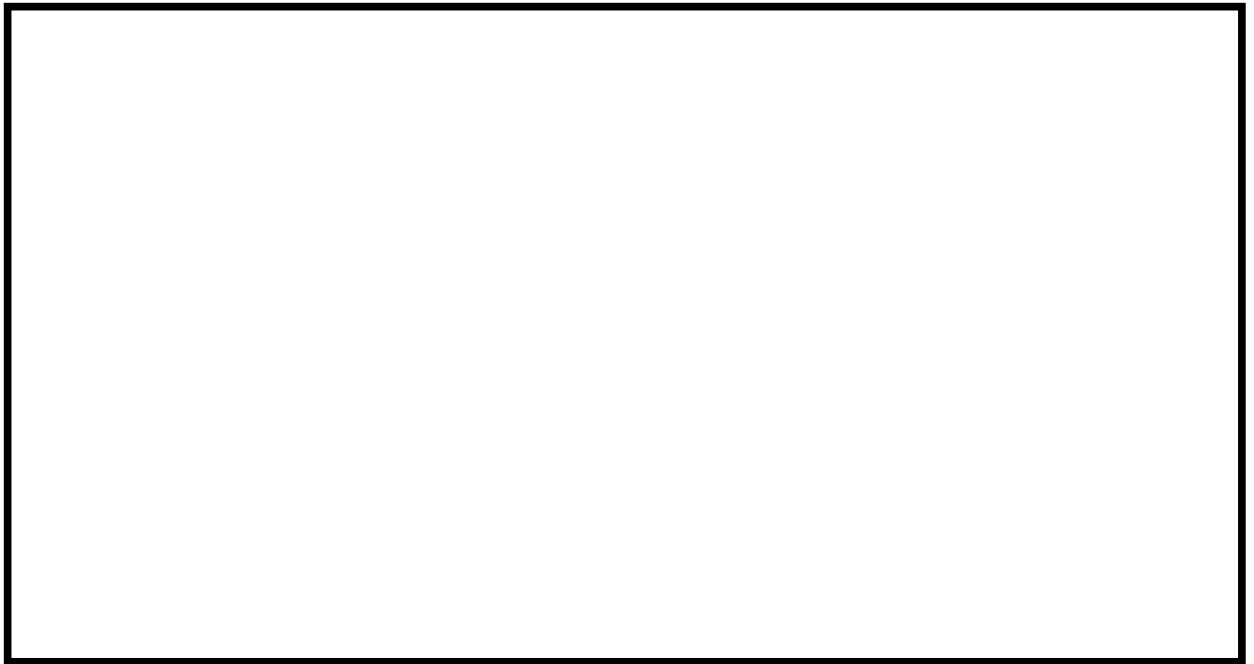
第4-2図 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の対策要員の被ばく経路

緊急時対策所（緊急時対策棟内）内での被ばく	①原子炉格納容器及びアニュラス部内の放射性物質からのガンマ線による緊急時対策所（緊急時対策棟内）内での被ばく（直接線及びスカイシャイン線による外部被ばく）
	②大気中へ放出された放射性雲中の放射性物質からのガンマ線による緊急時対策所（緊急時対策棟内）内での被ばく（放射性雲（プルーム）からのガンマ線による外部被ばく、緊急時対策所（緊急時対策棟内）以外のエリア内に浮遊している放射性物質による外部被ばく）
	③外気から取り込まれた放射性物質による緊急時対策所（緊急時対策棟内）内での被ばく（吸入摂取による内部被ばく、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内に浮遊している放射性物質による外部被ばく）
	④大気中へ放出され地表面等に沈着した放射性物質からのガンマ線による緊急時対策所（緊急時対策棟内）内での被ばく（グランドシャイン線による外部被ばく、緊急時対策所（緊急時対策棟内）以外のエリア内床面に沈着した放射性物質による外部被ばく）



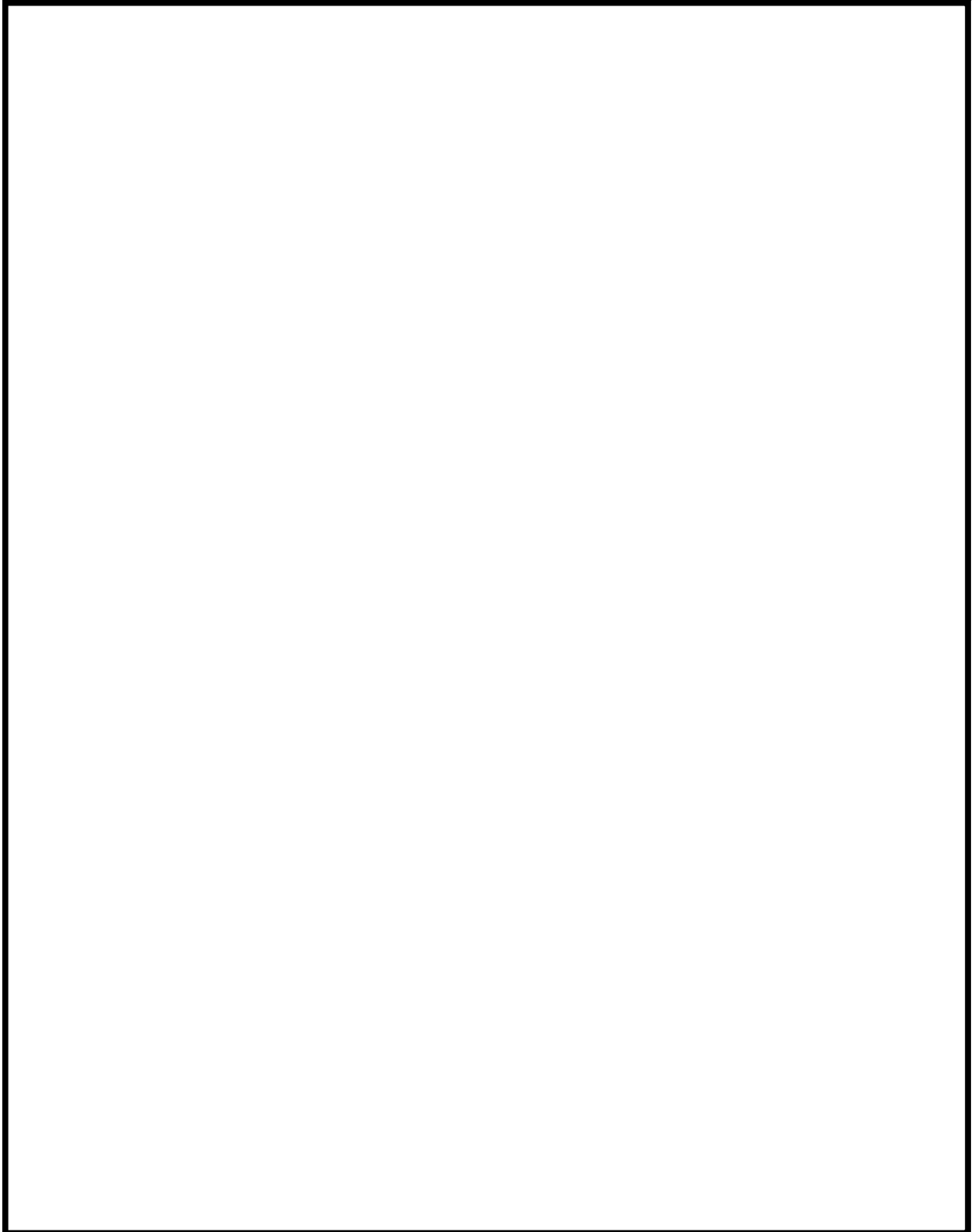
注) 直接線・スカイシャイン線評価においては、保守的に放射性物質の大気への放出による線源の減少は考慮しない。

第4-3図 緊急時対策所（緊急時対策棟内）の居住性に係る被ばく経路イメージ



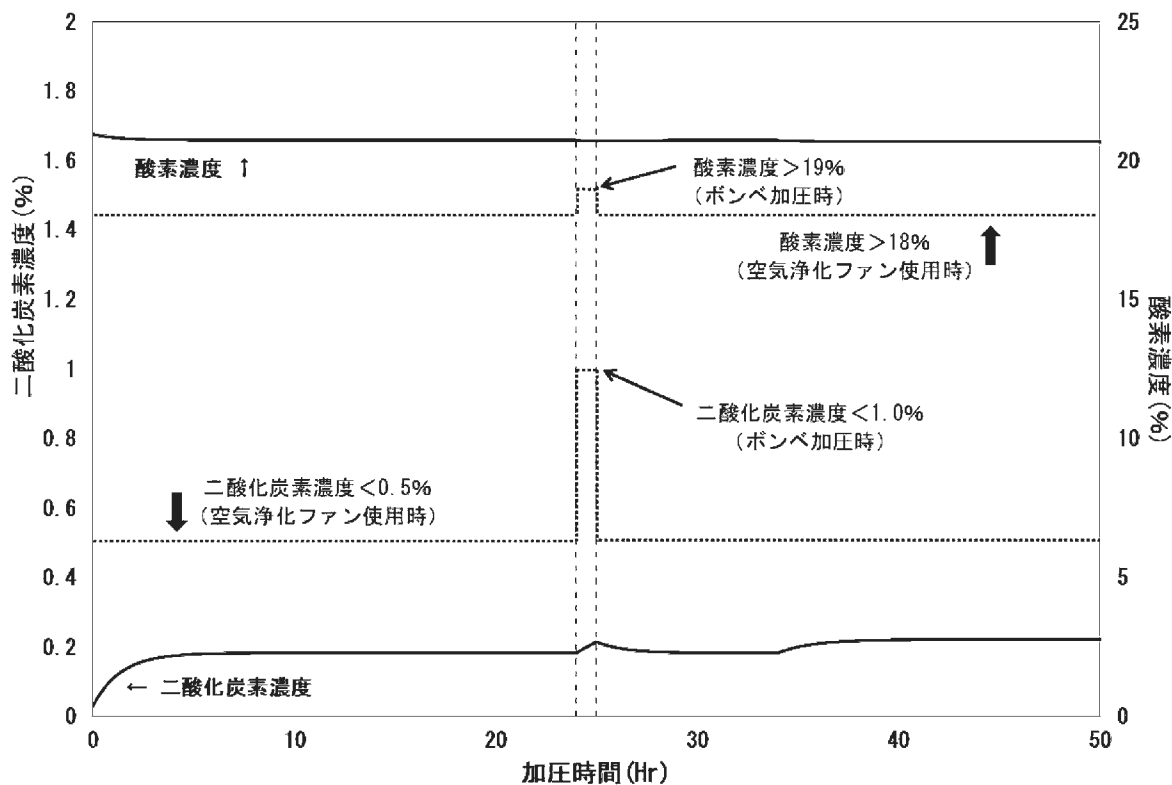
第4-4図 評価対象とする風向<sup>(注2)</sup>  
(放出源：3, 4号機／評価点：緊急時対策棟)

- (注 1) L は、巻き込みを生じる代表建屋（原子炉格納容器）の風向に垂直な面での幅とする。
- (注 2) ここでいう評価対象とする風向は、評価点からの放出点の方位を示している。一方、着目方位は、放出点からの評価点の方位であり、評価対象とする風向とは  $180^\circ$  向きが異なる。



第 4-5 図 緊急時対策所（緊急時対策棟内）のバウンダリ体積

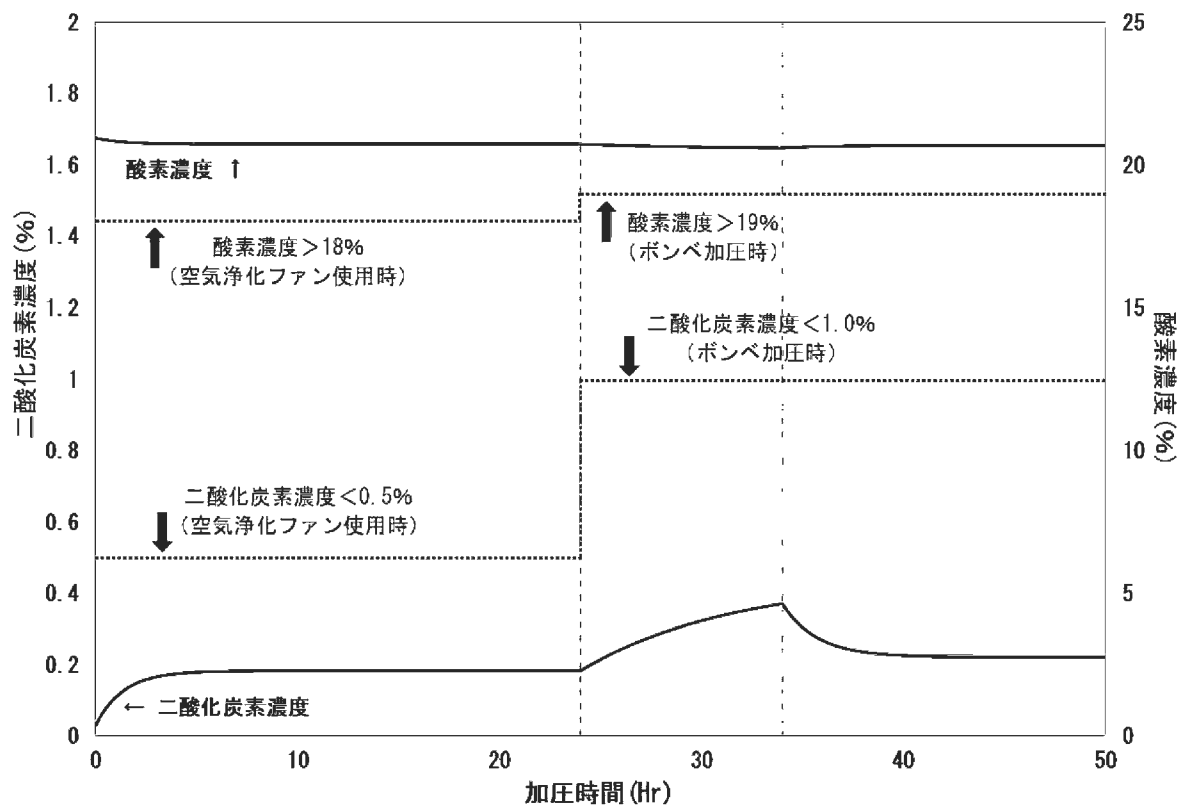
加圧方法	使用期間及び流量		
ファン	■ m <sup>3</sup> /min	■ m <sup>3</sup> /min	■ m <sup>3</sup> /min(注)
ポンベ	□ m <sup>3</sup> /min	□	



(注) プルーフ放出完了後（事故後34時間以降）、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の放射性物質は、残留すること（緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の空気の入換えが少ないこと）が被ばく評価上保守的であるため、最小流量とした場合の空気濃度を評価した。

第4-6図 緊急時対策所（緊急時対策棟内）内酸素濃度及び二酸化炭素濃度推移（プルーフ通過中、1時間緊急時対策所加圧設備に切り替える場合）

加圧方法	使用期間及び流量	
ファン	$\square$ m <sup>3</sup> /min	$\square$ m <sup>3</sup> /min(注)
ポンベ	$\square$ m <sup>3</sup> /min	$\square$



(注) プルूम放出完了後（事故後34時間以降）、緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の放射性物質は、残留すること（緊急時対策所（緊急時対策棟内）内の空気の入換えが少ないこと）が被ばく評価上保守的であるため、最小流量とした場合の空気濃度を評価した。

第4-7図 緊急時対策所（緊急時対策棟内）内酸素濃度及び二酸化炭素濃度推移（プルーム通過中、10時間緊急時対策所加圧設備に切り替える場合）

## 緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットのフィルタ除去性能の維持について

緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットは、除去効率（性能）を維持するよう、十分な保持容量及び吸着容量を有する設計とするとともに、フィルタに付着する放射性物質の崩壊熱により性能が低下しない設計とする。

### 1. フィルタ捕集量

緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットは、3号機の炉心（原子炉格納容器中心）から約720m、4号機の炉心（原子炉格納容器中心）から約710m離れた緊急時対策棟に設置し、使用する。配置図を第1-1図に示す。

使用場所における緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットのフィルタ捕集量は、第1-1表に示す炉心内蓄積質量及び第1-2図に示す過程による評価の結果、微粒子（エアロゾル）量は約2.8g、よう素量は約200mgである。

よう素吸着能力は、米国R.G.1.52より活性炭1g当たり2.5mgであり、緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットには1段当たり約200kgの活性炭を充てんするため、よう素フィルタの吸着容量は500g/段（2.5mg/g×200kg）となる。

このため、微粒子フィルタの保持容量及びよう素フィルタの吸着容量は、各々2,000g/段及び500g/段であることから、緊急時対策棟に浮遊してきたエアロゾル及びよう素を十分に捕集できる。

緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットの捕集量並びに保持容量及び吸着容量を第1-2表に示す。

### 2. フィルタに付着した放射性物質崩壊熱による温度上昇

#### (1) フィルタに付着した放射性物質崩壊熱による発熱量

フィルタの発熱量 $Q_F(W)$ は、線量評価における割合で原子炉格納容器から大気に放出された放射性物質の総発熱量（希ガス除く） $Q_{CV}(=約240kW)$ を用いて、以下の式により計算する。

$$Q_F = Q_{CV} / T_R \times \chi / Q \times L_F \times T_F$$

ここで、

$T_R$  : 放射性物質の放出時間 36,000(s)

$\chi / Q$  : 緊急時対策棟における相対濃度  $2.0 \times 10^{-4}$  (s/m<sup>3</sup>)

$L_F$  : ファン稼働中の風量 6,000(m<sup>3</sup>/h)

$T_F$  : ファン稼働時間 10 (h)

以上から  $Q_F = 80$ (W)となり、保守的に85(W)として温度評価を行う。

(2) フィルタに付着した放射性物質崩壊熱による温度上昇

崩壊熱による発熱量 ( $Q_F = 85$ W) と、フィルタユニット (ケーシング) から屋外への放熱量  $q$ (W)がバランスするときの温度上昇を求める。

ケーシングからの放熱量  $q$  は一般的に以下の式により求められる。

$$q = K \times A \times \Delta T$$

ここで、

$\Delta T$  : ケーシングの上昇温度(°C)

$K$  : 熱貫流率 6.5(W/(m<sup>2</sup>・°C))

( $K = 1 / (1 / \alpha_i + d / \lambda + 1 / \alpha_o)$ )

$\alpha_i$  : 表面熱伝達率 (内側) 9(W/(m<sup>2</sup>・°C))

$\alpha_o$  : 表面熱伝達率 (外側) 23(W/(m<sup>2</sup>・°C))

$d$  : ケーシング板厚 0.004(m)

$\lambda$  : ケーシング熱伝達率 10(W/(m・°C))

$A$  : ケーシング伝熱面積 40(m<sup>2</sup>)

この式と、発熱量と放熱量のバランス( $Q_F = q$ )より、 $\Delta T \cong 0.4$ °Cとなる。

緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットのフィルタに付着する放射性物質の量は、「1.フィルタ捕集量」より約2.8gであり、この放射性物質の発熱量とフィルタユニット (ケーシング) から屋外への放熱量とのバランスを考慮すると、放射性物質による温度上昇は約0.4°Cとなる。

緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットの使用可能温度は設計



上50℃であることから、環境温度（約40℃）に放射性物質による温度上昇を考慮しても、性能（除去効率）が低下することはない。

第 1-1 表 炉心内蓄積質量  
炉心内蓄積質量（安定核種を含む）

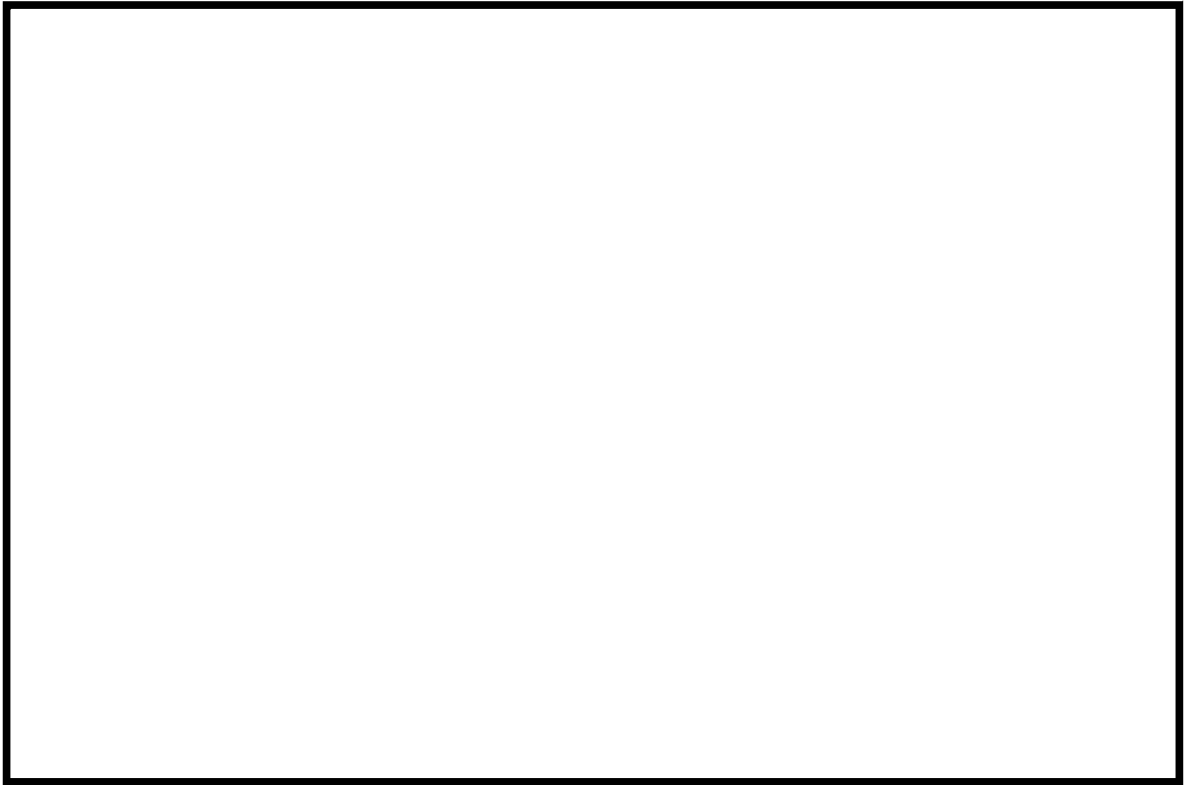
核種グループ	炉心内蓄積質量 (kg)
よう素類 (よう素)	約 $2.4 \times 10^1$ (約 $2.2 \times 10^1$ )
Cs 類	約 $3.3 \times 10^2$
Te 類	約 $5.9 \times 10^1$
Ba 類	約 $2.2 \times 10^2$
Ru 類	約 $9.1 \times 10^2$
Ce 類	約 $1.0 \times 10^3$
La 類	約 $1.2 \times 10^3$
合計	約 $3.8 \times 10^3$

第 1-2 表 緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットの捕集量並びに保持容量及び吸着容量（1段当たり）

	捕集量 <sup>(注1)</sup>	保持容量／吸着容量 <sup>(注2)</sup>
微粒子	約 <b>2.8g</b> (< <b>3g</b> )	<b>2,000g</b>
よう素	約 <b>0.20g</b> (< <b>0.3g</b> )	<b>500g</b>

(注1) 原子炉格納容器破損による放射性物質の想定放出量のうち緊急時対策棟へ到達し、フィルタに捕集される量

(注2) 緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニットの保持容量（微粒子）及び吸着容量（よう素）



(敷地図)

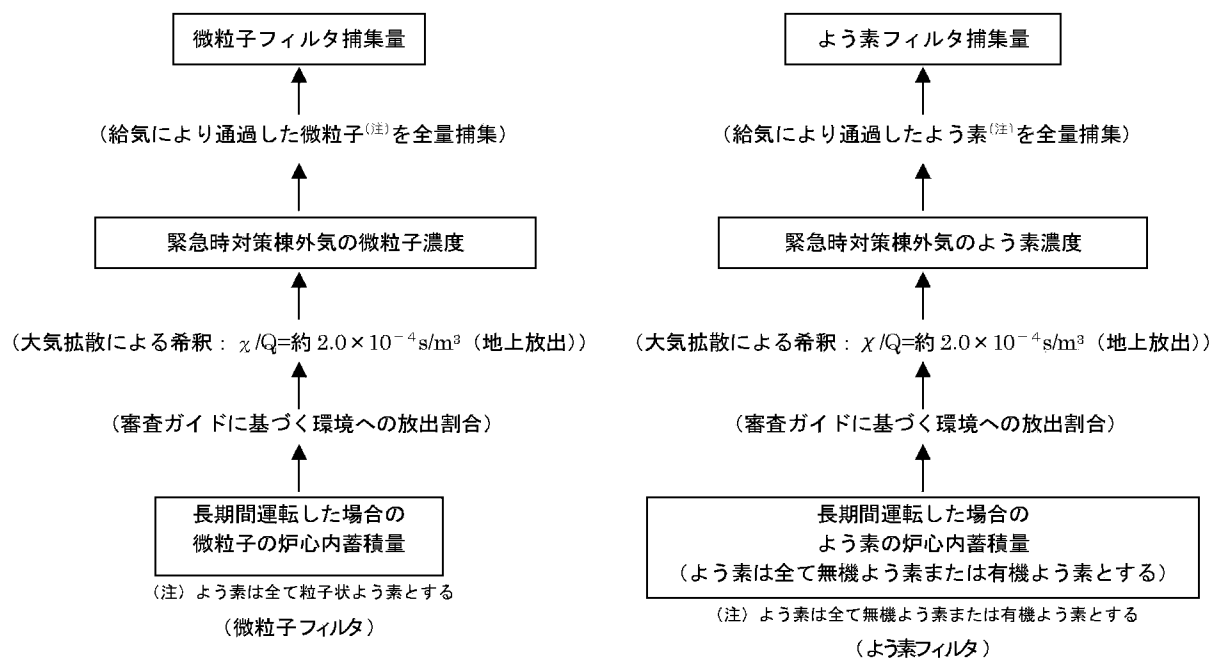


(緊急時対策棟 EL.30.75m)

(緊急時対策棟 EL.37.6m)

(建屋内図)

第 1-1 図 緊急時対策所非常用空気浄化ファン及びフィルタユニット配置図



第 1-2 図 緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット (微粒子・よう素フィルタ) 捕集量評価の過程

## 計算機プログラム（解析コード）の概要

## 目 次

	頁
1. はじめに .....	18 (3) - 別紙 - 1
2. 解析コードの概要 .....	18 (3) - 別紙 - 1
(1) ORIGEN2 .....	18 (3) - 別紙 - 1

## 1. はじめに

本資料は、「緊急時対策所の居住性に関する説明書」において使用した解析コードについて説明するものである。

## 2. 解析コードの概要

### (1) ORIGEN2

同解析コードの概要については、添付資料 15 「生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書」の別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

設計及び工事に係る品質マネジメントシステム  
に関する説明書

設計及び工事計画認可申請添付資料 19

玄海原子力発電所第3号機



## 設計及び工事に係る品質マネジメントシステム

設計及び工事計画認可申請添付資料 19-1

玄海原子力発電所第3号機

## 目 次

	頁
1. 概 要 .....	19 (3) - 1 - 1
2. 基本方針 .....	19 (3) - 1 - 2
3. 設計及び工事の計画における設計、工事及び検査に係る 品質管理の方法等 .....	19 (3) - 1 - 5
3.1 設計、工事及び検査に係る組織 (組織内外の部門間の相互関係及び情報伝達を含む。) .....	19 (3) - 1 - 5
3.2 設工認における設計、工事及び検査の各段階とその審査 .....	19 (3) - 1 - 7
3.3 設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績に係る計画 ..	19 (3) - 1 - 12
3.4 工事に係る品質管理の方法 .....	19 (3) - 1 - 23
3.5 使用前事業者検査 .....	19 (3) - 1 - 25
3.6 設工認における調達管理の方法 .....	19 (3) - 1 - 34
3.7 記録、識別管理、トレーサビリティ .....	19 (3) - 1 - 39
3.8 不適合管理 .....	19 (3) - 1 - 44
4. 適合性確認対象設備の保守管理 .....	19 (3) - 1 - 45
5. 様 式 .....	19 (3) - 1 - 47

## 1. 概 要

本資料は、設計及び工事の計画（以下「設工認」という。）の「設計及び工事に係る品質マネジメントシステム」（以下「設工認品管計画」という。）及び原子炉施設保安規定（以下「保安規定」という。）に基づき、設工認の技術基準規則等に対する適合性の確保に必要な設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績又は行おうとしている管理の計画、並びに、工事及び検査に係る品質管理の方法、組織等についての具体的な計画を記載する。

## 2. 基本方針

本資料では、設工認における、「設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績又は行おうとしている管理の計画」及び「工事及び検査に係る品質管理の方法、組織等についての具体的な計画」を、以下のとおり説明する。

### (1) 設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績又は行おうとしている管理の計画

「設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績又は行おうとしている管理の計画」として、以下に示す 2 つの段階を経て実施した設計の管理の方法を「3. 設計及び工事の計画における設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等」に記載する。

具体的には、組織について「3.1 設計、工事及び検査に係る組織（組織内外の部門間の相互関係及び情報伝達を含む。）」に、実施する各段階について「3.2 設工認における設計、工事及び検査の各段階とその審査」に、品質管理の方法について「3.3 設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績に係る計画」に、調達管理の方法について「3.6 設工認における調達管理の方法」に、文書管理、識別管理、トレーサビリティについて「3.7 記録、識別管理、トレーサビリティ」に、不適合管理の方法について「3.8 不適合管理」に記載する。

これらの方法で行った管理の具体的な実績を、様式-1「本設計及び工事の計画に係る設計の実績、工事及び検査の計画（例）」（以下「様式-1」という。）を用いて資料 19-2 に示す。

- a. 実用炉規則別表第二対象設備のうち、設工認対象設備に対する技術基準規則の条文ごとの基本設計方針の作成
- b. 「a.」で作成した条文ごとの基本設計方針を基に、実用炉規則の別表第二に示された事項に対して必要な設計を含む技術基準規則等への適合に必要な設備の設計

これらの設計に係る記載事項には、設計の要求事項として明確にしている事項及びその審査に関する事項、設計の体制として組織内外の部門間の相互関係、設計開発の各段階における審査等に関する事項並びに組織の外部の者との情報伝達に関する事項等を含めて記載する。

(2) 工事及び検査に係る品質管理の方法、組織等についての具体的な計画

「工事及び検査に係る品質管理の方法、組織等についての具体的な計画」として、設工認対象設備（該当する場合には、設工認申請（届出）時点で設置されている設備を含む。）の工事及び検査に係る品質管理の方法を「3. 設計及び工事の計画における設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等」に記載する。

具体的には、組織について「3.1 設計、工事及び検査に係る組織（組織内外の部門間の相互関係及び情報伝達を含む。）」に、実施する各段階について「3.2 設工認における設計、工事及び検査の各段階とその審査」に、品質管理の方法について「3.4 工事に係る品質管理の方法」及び「3.5 使用前事業者検査」に、調達管理の方法について「3.6 設工認における調達管理の方法」に、文書管理、識別管理、トレーサビリティについて「3.7 記録、識別管理、トレーサビリティ」に、不適合管理の方法について「3.8 不適合管理」に記載する。

これらの工事及び検査に係る品質管理の方法、組織等についての具体的な計画を、様式-1 を用いて資料 19-2 に示す。

工事及び検査に係る記載事項には、工事及び検査に係る要求事項として明確にする事項及びその審査に関する事項、工事及び検査の体制として組織内外の部門間の相互関係（使用前事業者検査等の独立性、資源管理及び物品の状態保持に関する事項を含む。）、工事及び検査に必要なプロセスを踏まえた全体の工程及び各段階における監視測定、妥当性確認及び検査等に関する事項（記録、識別管理、トレーサビリティ等に関する事項を含む。）並びに組織の外部の者との情報伝達に関する事項等を含めて記載する。

(3) 設工認対象設備の保守管理

適合性確認対象設備（該当する場合には、設工認申請（届出）時点で設置されている設備を含む。）は、必要な機能・性能を発揮できる状態に維持されていることが不可欠であり、その維持の管理の方法について「4. 適合性確認対象設備の保守管理」で記載する。

(4) 設工認で記載する設計、工事及び検査以外の品質保証活動

設工認に必要な設計、工事及び検査は、設工認品管計画に基づく管理の下で実施するため、(1)～(3)に関する事項以外の事項については、保安規定の品質マネジメントシステム計画（以下「品質マネジメントシステム計画」という。）に従った管理を実施する。具体的には、責任と権限（品質マネジメントシステム計画「5.5 責任、権限及び情報の伝達」）、原子力の安全の確保の重視（品質マネジメントシ

システム計画「5.2 原子力の安全の確保の重視」)、必要な要員の力量管理を含む資源の管理(品質マネジメントシステム計画「6 資源の管理」)及び評価及び改善(品質マネジメントシステム計画「8 評価及び改善」)等の必要な管理を実施する。

また、当社の品質保証活動は、健全な安全文化を育成し維持するための活動と一体となった活動を実施している。

設工認申請(届出)時点で設置されている設備に対して適合性確認を行う場合でも、対象設備の中には、現在のような健全な安全文化を育成し維持するための活動を意識したものとなっていなかった時期に導入している設備もあるが、それらの設備についても現在の安全文化につながる様々な品質保証活動を行っている。(添付-1「建設時からの品質保証体制」 第1表参照)

### 3. 設計及び工事の計画における設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等

設工認における設計、工事及び検査に係る品質管理は、品質マネジメントシステムに基づき実施する。

以下に、設計、工事及び検査、調達管理等のプロセスを示す。

#### 3.1 設計、工事及び検査に係る組織（組織内外の部門間の相互関係及び情報伝達を含む。）

設工認に基づく設計、工事及び検査は、品質マネジメントシステム計画の「5.5.1 責任及び権限」に従い、本店組織及び発電所組織に係る体制で実施する。

設計（「3.3 設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績に係る計画」、工事（「3.4 工事に係る品質管理の方法」、検査（「3.5 使用前事業者検査」）並びに調達（「3.6 設工認における調達管理の方法」）の各プロセスにおける主管組織を第 3.1-1 表に示す。第 3.1-1 表に示す各主管組織の長は、担当する設備に関する設計、工事及び検査並びに調達について、責任と権限を持つ。

各主任技術者は、それぞれの職務に応じた監督を行うとともに、相互の職務について適宜情報提供を行い、意思疎通を図る。

設計から工事及び検査への設計結果の伝達、当社から供給者への情報伝達等、

組織内外の部門間や組織間の情報伝達については、設工認に従い確実に実施する。

### 3.1.1 設計に係る組織

設工認に基づく設計は、第 3.1-1 表に示す主管組織のうち、「3.3 設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績に係る計画」に係る組織が設計を主管する組織として実施する。この設計は、設計を主管する組織を統括する部長（所長）の責任の下で実施する。

設工認に基づき実施した設計の具体的な体制については、設工認に示す設計の段階ごとに様式-1 を用いて資料 19-2 に示す。

### 3.1.2 工事及び検査に係る組織

設工認に基づく工事は、第 3.1-1 表に示す主管組織のうち、「3.4 工事に係る品質管理の方法」に係る組織が工事を主管する組織として実施する。

設工認に基づく検査は、第 3.1-1 表に示す主管組織のうち、「3.5 使用前事業者検査」に係る箇所が検査を主管する組織として実施する。

設工認に基づき実施した工事及び検査の具体的な体制については、設工認に示す工事及び検査の段階ごとに様式-1 を用いて資料 19-2 に示す。

第 3.1-1 表 設計及び工事の実施の体制

項番号	プロセス	主管組織
3.3	設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績に係る計画	原子力建設部門 原子力機械グループ 原子力建設部門 原子力電気計装グループ 原子力建設部門 安全設計グループ 原子力管理部門 放射線安全グループ 原子力管理部門 原子力防災グループ 安全・品質保証部門 リスク管理・解析グループ 原子力土木建築部門 設計・解析グループ
3.4	工事に係る品質管理の方法	原子力土木建築部門 調査・計画グループ 保守第二課 防災課 技術第二課 安全管理第二課 土木建築課



項番号	プロセス	主管組織
3.5	使用前事業者検査	原子力建設部門 原子力機械グループ 原子力建設部門 原子力電気計装グループ 原子力建設部門 安全設計グループ 原子力管理部門 放射線安全グループ 原子力管理部門 原子力防災グループ 安全・品質保証部門 リスク管理・解析グループ 原子力土木建築部門 設計・解析グループ 保修第二課 防災課 技術第二課 安全管理第二課 土木建築課 安全品質保証統括室
3.6	設工認における調達管理の方法	原子力建設部門 原子力機械グループ 原子力建設部門 原子力電気計装グループ 原子力建設部門 安全設計グループ 原子力土木建築部門 設計・解析グループ 原子力土木建築部門 調査・計画グループ 保修第二課 防災課 技術第二課 安全管理第二課 土木建築課

### 3.2 設工認における設計、工事及び検査の各段階とその審査

#### 3.2.1 設計及び工事のグレード分けの適用

設工認における設計は、設工認対象設備（該当する場合には設工認申請（届出）時点で設置されている設備を含む。）に対し、第 3.2-1 表に示す「設工認における設計等、工事及び検査の各段階」に従って技術基準規則等の要求事項への適合性を確保するために実施する工事に係る設計である。

この設計は、設工認品管計画「3.2.1 設計及び工事のグレード分けの適用」に示すグレード（添付-2「当社におけるグレード分けの考え方」第 1 表参照）に従い、「設計・調達管理基準」に基づき管理する。

### 3.2.2 設計、工事及び検査の各段階とその審査

設工認として必要な設計、工事及び検査の基本的な流れを第 3.2-1 図及び第 3.2-2 図に示す。また、設工認における設計、設工認申請（届出）手続き、工事及び検査の各段階と品質マネジメントシステム計画との関係を第 3.2-1 表に示す。

品質マネジメントシステム計画「7.3.4 設計開発レビュー」に基づき設計の結果が要求事項を満たせるかどうかを評価し、問題を明確にし、必要な処置を提案する設計の各段階におけるレビューは、適切な段階において設計を主管する組織が実施するとともに、「保安活動に関する文書及び記録の管理基準」に基づき記録を管理する。設計におけるレビューの対象となる段階を第 3.2-1 表に「※」で示す。

このレビューについては、第 3.1-1 表に示す設計又は工事を主管する組織で当該設備の設計に関する力量を有する専門家を含めて実施する。

#### (1) 実用炉規則別表第二対象設備に対する管理

設工認のうち、実用炉規則別表第二対象設備における適合性確認に必要な作業と検査の繋がりを第 3.2-1 図に示す。

なお、実用炉規則別表第二対象設備のうち、設工認申請（届出）が不要な工事を行う場合は、設工認品管計画のうち、必要な事項を適用して設計、工事及び検査を実施し、工事が設工認のとおりであること及び技術基準規則に適合していることを確認する。

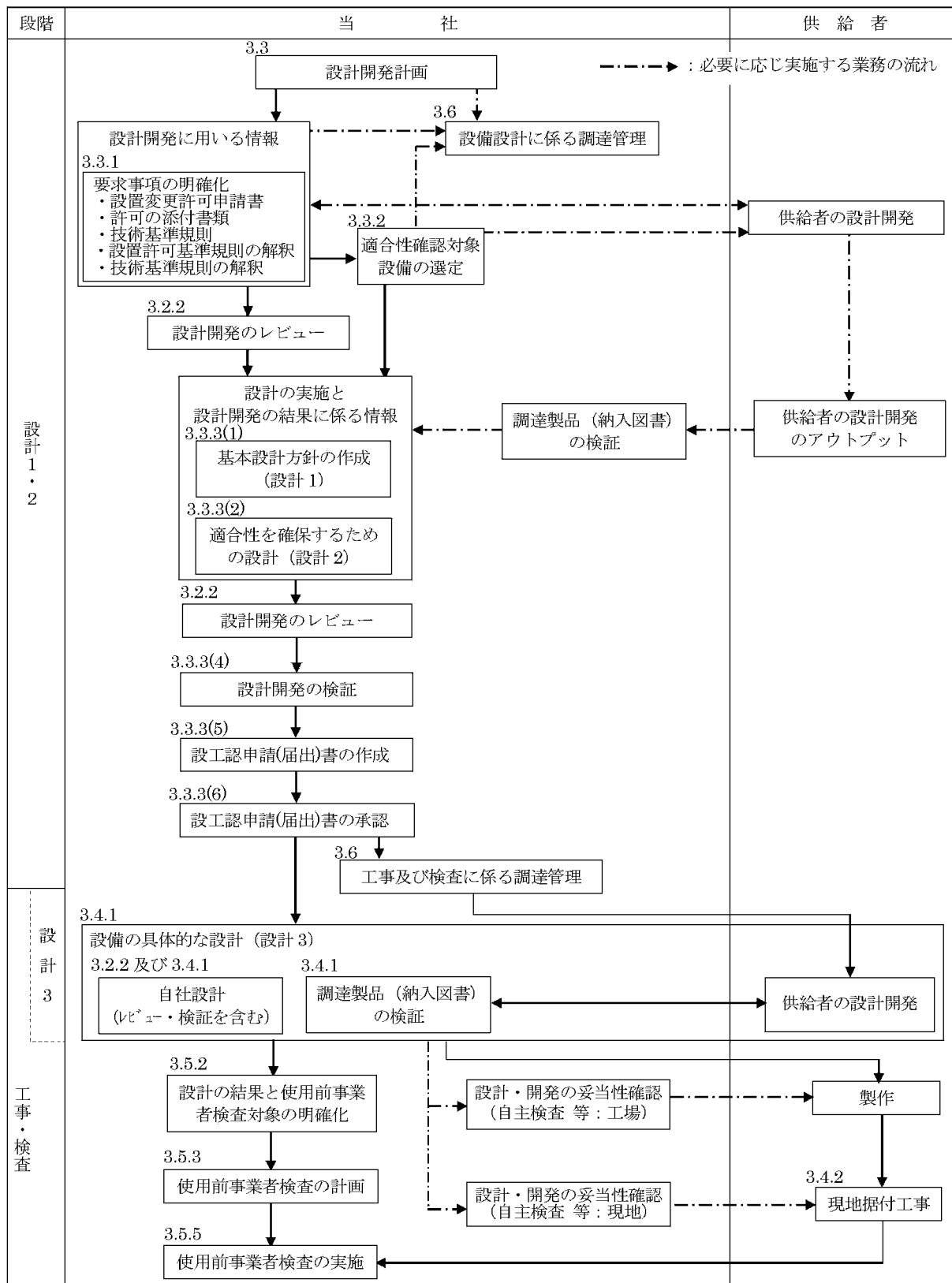
#### (2) 主要な耐圧部の溶接部に対する管理

設工認のうち、主要な耐圧部の溶接部に対する必要な設計、工事及び検査の管理は、「3.4 工事に係る品質管理の方法」、「3.5 使用前事業者検査」及び「3.6 設工認における調達管理の方法」に示す事項（第 3.2-1 表における「3.4.1 設工認に基づく設備の具体的な設計の実施（設計 3）」～「3.6 設工認における調達管理の方法」）のうち、必要な事項を適用して設計、工事及び検査を実施し、工事が設工認のとおりであること及び技術基準に適合していることを確認する。

第 3.2-1 表 設工認における設計等、工事及び検査の各段階

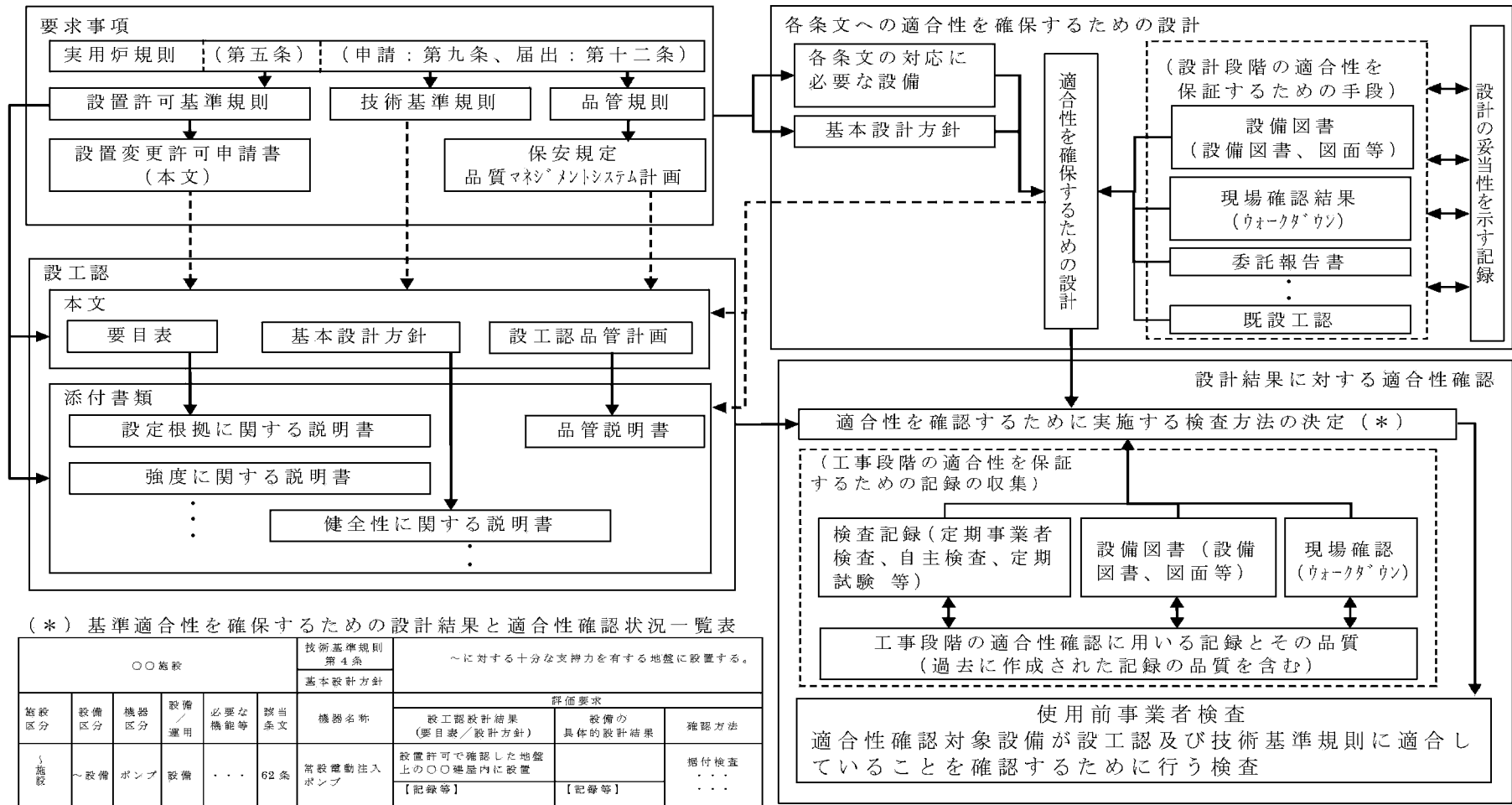
各段階		品質マネジメントシステム計画の対応項目	概要
設計	3.3	設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績に係る計画	7.3.1 設計開発計画 適合性を確保するために必要な設計を実施するための計画
	3.3.1※	適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化	7.3.2 設計開発に用いる情報 設計に必要な新規制基準の要求事項の明確化
	3.3.2	各条文の対応に必要な適合性確認対象設備の選定	— 要求事項に対応するための設備・運用の抽出
	3.3.3(1)※	基本設計方針の作成 (設計 1)	7.3.3 設計開発の結果に係る情報 要求事項を満足する基本設計方針の作成
	3.3.3(2)※	適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計 (設計 2)	7.3.3 設計開発の結果に係る情報 適合性確認対象設備に必要な設計の実施
	3.3.3(4)	設計開発の結果に係る情報に対する検証	7.3.5 設計開発の検証 基準適合性を確保するための設計の妥当性のチェック
	3.3.3(5)	設工認申請 (届出) 書の作成	— 実用炉規則 第九条に従った申請書又は実用炉規則 第十二条に従った届出書の作成
	3.3.3(6)	設工認申請 (届出) 書の承認	— 作成した設工認申請 (届出) 書の承認
	3.3.4※	設計における変更	7.3.7 設計開発の変更の管理 設計対象の追加や変更時の対応
工事及び検査	3.4.1※	設工認に基づく設備の具体的な設計の実施 (設計 3)	7.3.3 設計開発の結果に係る情報 7.3.5 設計開発の検証 設工認を実現するための具体的な設計
	3.4.2	設備の具体的な設計に基づく工事の実施	— 適合性確認対象設備の工事の実施
	3.5.1	使用前事業者検査の確認事項	— 使用前事業者検査における確認すべき事項の整理
	3.5.2	設計の結果と使用前事業者検査対象の繋がり の明確化	— 検査に先立ち設計の結果と使用前事業者検査の対象との繋がりを整理
	3.5.3	使用前事業者検査の計画	— 適合性確認対象設備が、設工認への適合性を確認する計画と方法の決定
	3.5.4	検査計画の管理	— 使用前事業者検査の工程等の管理
	3.5.5	主要な耐圧部の溶接部に係る使用前事業者検査の管理	— 溶接が特殊工程であることを踏まえた使用前事業者検査の管理
	3.5.6	使用前事業者検査の実施	7.3.6 設計開発の妥当性確認 8.2.4 機器等の検査等 認可された設工認どおり、要求事項に対する適合性が確保されていることを確認
調達	3.6	設工認における調達管理の方法	7.4 調達 設工認に必要な、設計、工事及び検査に係る調達管理

※: 「3.2.2 設計、工事及び検査の各段階とその審査」でいう、品質マネジメントシステム計画の「7.3.4 設計開発レビュー」対応項目



\*1: バックフィットにおける「設計」は、要求事項を満足した設備とするための基本設計方針を作成(設計1)し、その結果を要求事項として、既に設置されている適合性確認対象設備の現状を念頭に置きながら各要求事項に適合させるための詳細設計(設計2)を行う行為をいう。

第 3.2-1 図 適合性を確保するために必要な当社の活動 (基本フロー)



第 3.2-2 図 適合性確認に必要な作業と検査の繋がり

### 3.3 設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績に係る計画

設計を主管する組織の長は、設工認における技術基準規則等への適合性を確保するための設計を、「設計・調達管理基準」に基づき、要求事項の明確化、適合性確認対象設備の選定、基本設計方針の作成及び適合性を確保するための設計の段階を設計開発計画に明確化し、この計画に従い実施する。

以下に設計開発計画で明確化した各段階における活動内容を示す。

#### 3.3.1 適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化

設工認における設計に必要な要求事項は、以下のとおりとする。

- ・ 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成 25 年 6 月 28 日原子力規制委員会規則第 5 号）」（以下「設置許可基準規則」という。）に適合しているとして許可された設置変更許可申請書
- ・ 技術基準規則

また、必要に応じて以下を参照する。

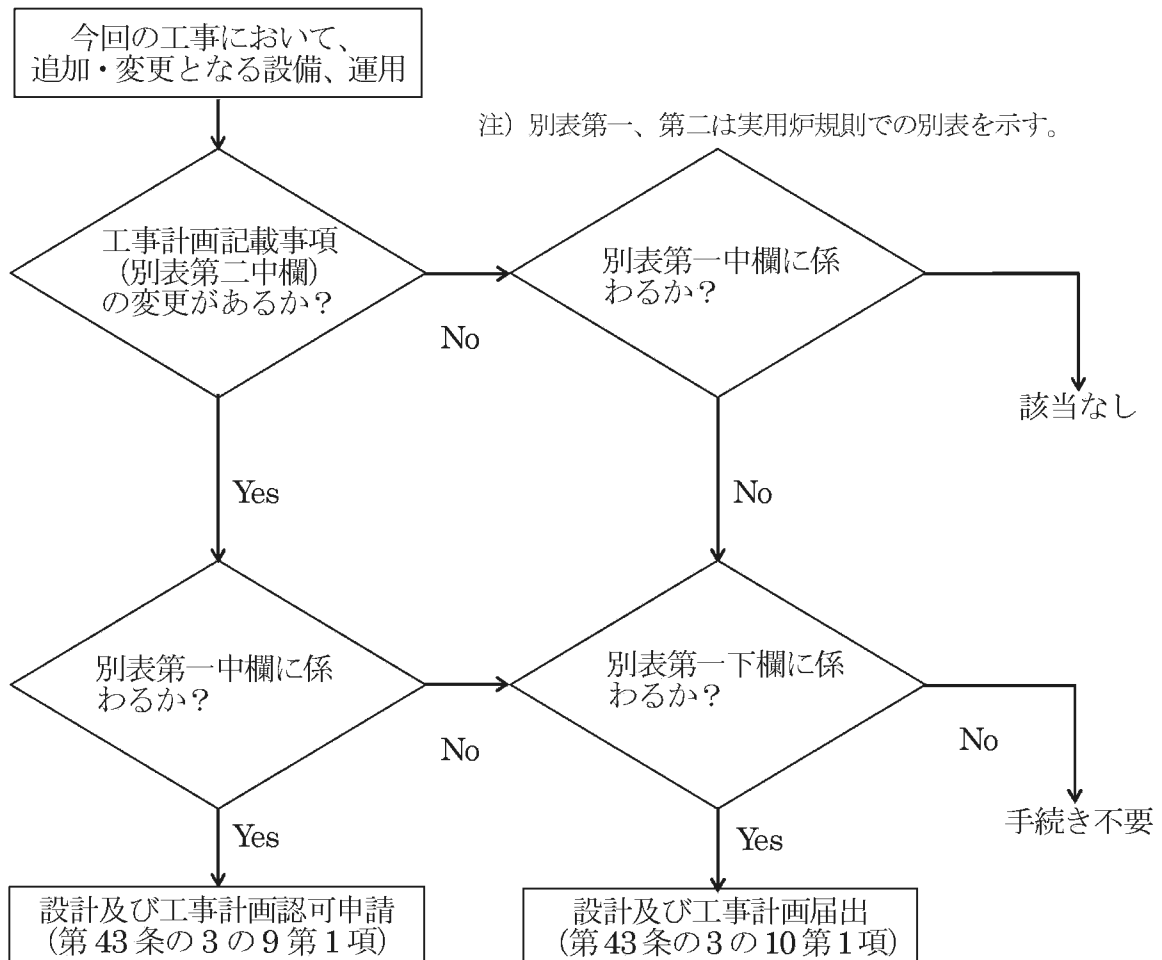
- ・ 許可された設置変更許可申請書の添付書類
- ・ 設置許可基準規則の解釈
- ・ 技術基準規則の解釈

#### 3.3.2 各条文の対応に必要な適合性確認対象設備の選定

適合性確認対象設備に対する要求事項への適合性を確保するため、設置変更許可申請書に記載されている設備及び技術基準規則への対応に必要な設備（運用を含む。）を、実際に使用する際の系統・構成で必要となる設備を含めた適合性確認対象設備として、以下に従って抽出する。

適合性確認対象設備を明確にするため、設工認に関連する工事において追加・変更となる設備・運用のうち設工認の対象となる設備・運用を、要求事項への適合性を確保するために実際に使用する際の系統・構成で必要となる設備・運用を考慮しつつ第 3.3-1 図に示すフローに基づき抽出する。

抽出した結果を様式-2「設備リスト（例）」（以下「様式-2」という。）の該当する条文の設備等欄に整理するとともに、設備／運用、既設／新設、追加要求事項に対して必須の設備・運用の有無、実用炉規則 別表第二の記載対象設備に該当の有無、既設工認での記載の有無、実用炉規則 別表第二に関連する施設区分／設備区分及び設置変更許可申請書添付八主要設備記載の有無等の必要な要件を明確にする。



第3.3-1図 適合性確認対象設備の抽出について

### 3.3.3 設工認における設計及び設計開発の結果に係る情報に対する検証

適合性確認対象設備の技術基準規則等への適合性を確保するために、「設計1」、「設計2」を以下のとおり実施する。

#### (1) 基本設計方針の作成（設計1）

様式-2で整理した適合性確認対象設備の要求事項に対する適合性確保に必要な詳細設計を「設計2」で実施するに先立ち、適合性確認対象設備に必要な要求事項のうち、設置変更許可申請書及び技術基準規則に対する設計を漏れなく実施するために、以下により、適合性確認対象設備ごとに適用される技術基準規則の条項号を明確にするとともに、技術基準規則の条文ごとに関連する要求事項を含めて設計すべき事項を明確にした基本設計方針を作成する。

a. 適合性確認対象設備と適用条文の整理

適合性確認対象設備の技術基準規則への適合に必要な設計を確実に実施するため、以下により、適合性確認対象設備ごとに適用される技術基準規則を条項号単位で明確にする。

- (a) 技術基準規則の条文ごとに実用炉規則 別表第二の発電用原子炉施設の種類に示された各施設区分との関係を明確にし、明確にした結果とその理由を、様式-3「技術基準規則の各条文と各施設における適用要否の考え方(例)」(以下「様式-3」という。)の「適用要否判断」欄と「理由」欄に取りまとめる。
- (b) 様式-3に取りまとめた結果を、様式-4「施設と条文の対比一覧表(例)」(以下「様式-4」という。)の該当箇所を星取りにて取りまとめ、施設ごとに適用される技術基準規則の条文を明確にする。
- (c) 適合性確認対象設備ごとに適用される技術基準規則の各条文の関係を様式-3及び様式-4に代え整理することが可能な場合には、様式-3及び様式-4に代えることができる。
- (d) 様式-2で明確にした適合性確認対象設備を、実用炉規則 別表第二の発電用原子炉施設の種類に示された施設区分ごとに、様式-5-1「技術基準規則と設工認書類との関連性を示す星取表(例)」(以下「様式-5-1」という。)及び様式-5-2「設工認添付書類星取表(例)」(以下「様式-5-2」という。)に反映する。様式-4でまとめた結果を用いて、設備ごとに適用される技術基準規則の条項号を明確にし、各条文と設工認との関連性を含めて様式-5-1で整理する。

b. 技術基準規則条文ごとの基本設計方針の作成

適合性確認対象設備に必要な要求事項を具体化し、漏れなく適用していくための基本設計方針を、設工認の適合性確認対象設備に適用される技術基準規則の条文ごとに作成する。

基本設計方針の作成にあたっては、基本設計方針の作成を統一的に実施するための考え方を定めた「工事計画業務要領」に従い、これに基づき技術基準規則の条文ごとに作成する。この基本設計方針の作成に当たっての統一的な考え方の概要を添付-3の「技術基準規則ごとの基本設計方針の作成に当たっての基本的な考え方」に示す。

具体的には、様式-7「要求事項との対比表(例)」(以下「様式-7」という。)に、基本設計方針の作成に必要な情報として、技術基準規則の各条



文とその解釈、関係する設置変更許可申請書本文とその添付書類に記載されている内容を引用し、その内容を確認しながら、設計すべき項目を漏れなく作成する。

基本設計方針の作成に併せて、基本設計方針として記載する事項とそれらの技術基準規則への適合性の考え方、基本設計方針として記載しない場合の考え方及び詳細な検討が必要な事項として含めるべき実用炉規則 別表第二に示された添付書類との関係を明確にし、それらを様式-6「各条文の設計の考え方（例）」（以下「様式-6」という。）に取りまとめる。

作成した基本設計方針をもとに、抽出した適合性確認対象設備に対する耐震重要度分類、機器クラス、兼用する際の登録の考え方及び当該適合性確認対象設備に必要な設工認書類との関連性を様式-5-2 に明確にする。なお、過去に作成した基本設計方針が適用できる場合には、「3.3.2 各条文の対応に必要な適合性確認対象設備の選定」で作成する様式-2 に項目をおこして明確にすることができる。

## (2) 適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計（設計 2）

様式-2 で整理した適合性確認対象設備に対し、今回新たに設計が必要な基本設計方針への適合性を確保するための詳細設計を、「設計 1」の結果を用いて実施する。

具体的には、適合性確認対象設備に係る設計すべき事項を明確化した様式-5-1、様式-5-2 及び様式-7 等の「設計 1」の結果（適合性確認対象設備、技術基準規則、作成が必要な設工認本文・添付資料の項目、基本設計方針との関係）を踏まえ、適合性確認対象設備を技術基準規則に適合させるための必要となる詳細設計（対象設備の仕様の決定を含む。）を実施し、設備の具体的設計の方針を決定する。詳細設計に関しては、基本設計方針の要求種別に応じて第 3.3-1 表に示す要求種別ごとの「主な設計事項」に示す内容について実施する。具体的には、「3.7.1 文書及び記録の管理」で管理されている設備図書等の品質記録や「3.6 設工認における調達管理の方法」に従った調達からの委託報告書をインプットとして、基本設計方針に対し、適合性確認対象設備が技術基準規則等の必要な設計要求事項への適合性を確保するための設計の方針（要求機能、性能目標、防護方針等を含む。）を定めるための設計を実施する。

設工認申請（届出）時点で設置されている設備に対して適合性確認を行う場合は、その設備が定められた設計の方針を満たす機能・性能を有している

ことを確認した上で、設工認申請（届出）に必要な設備の仕様等を決定する。

この詳細設計は、様式-6 で明確にした詳細な検討を必要とした事項を含めて実施するとともに、以下に該当する場合は、その内容に従った設計を実施する。

a. 評価（解析を含む）を行う場合

詳細設計として評価を実施する場合は、基本設計方針を基に詳細な評価方針及び評価方法を定め、評価を実施する。また、評価の実施において、解析を行う場合は、「3.3.3(3) 詳細設計の品質を確保する上で重要な活動の管理」に基づく管理を行うことにより信頼性を確保する。

b. 複数の機能を兼用する設備の設計を行う場合

複数の機能（施設間を含む。）を兼用する設備の設計を行う場合は、兼用する全ての機能を踏まえた設計を確実に実施するため、組織間の情報伝達を確実にし、兼用する機能ごとの系統構成を把握し、兼用する機能を集約したうえで、兼用する全ての機能を満たすよう設計を実施する。この場合の具体的な設計の流れを第 3.3-2 図に示す。

c. 設備設計を他設備の設計に含めて設計を行う場合

設備設計を他設備の設計に含めて設計を行う場合は、設計が確実に行われるようにするために、組織間の情報伝達を確実にし、設計をまとめて実施する側で複数の対象を考慮した設計を実施したのち、設計を委ねている側においても、その設計結果を確認する。

d. 他号機と共用する設備の設計を行う場合

様式-2 をもとに他号機と共用する設備の設計を行う場合は、設計が確実に行われることを確実にするため、組織間の情報伝達を確実にし、号機ごとの設計範囲を明確にし、必要な設計が確実に行われるよう管理する。

上記 4 つの場合において、設計の妥当性を検証し、設計の方針を満たすことを確認するために検査を実施しなければならない場合は、検査の条件及び方法を定め、実施する。

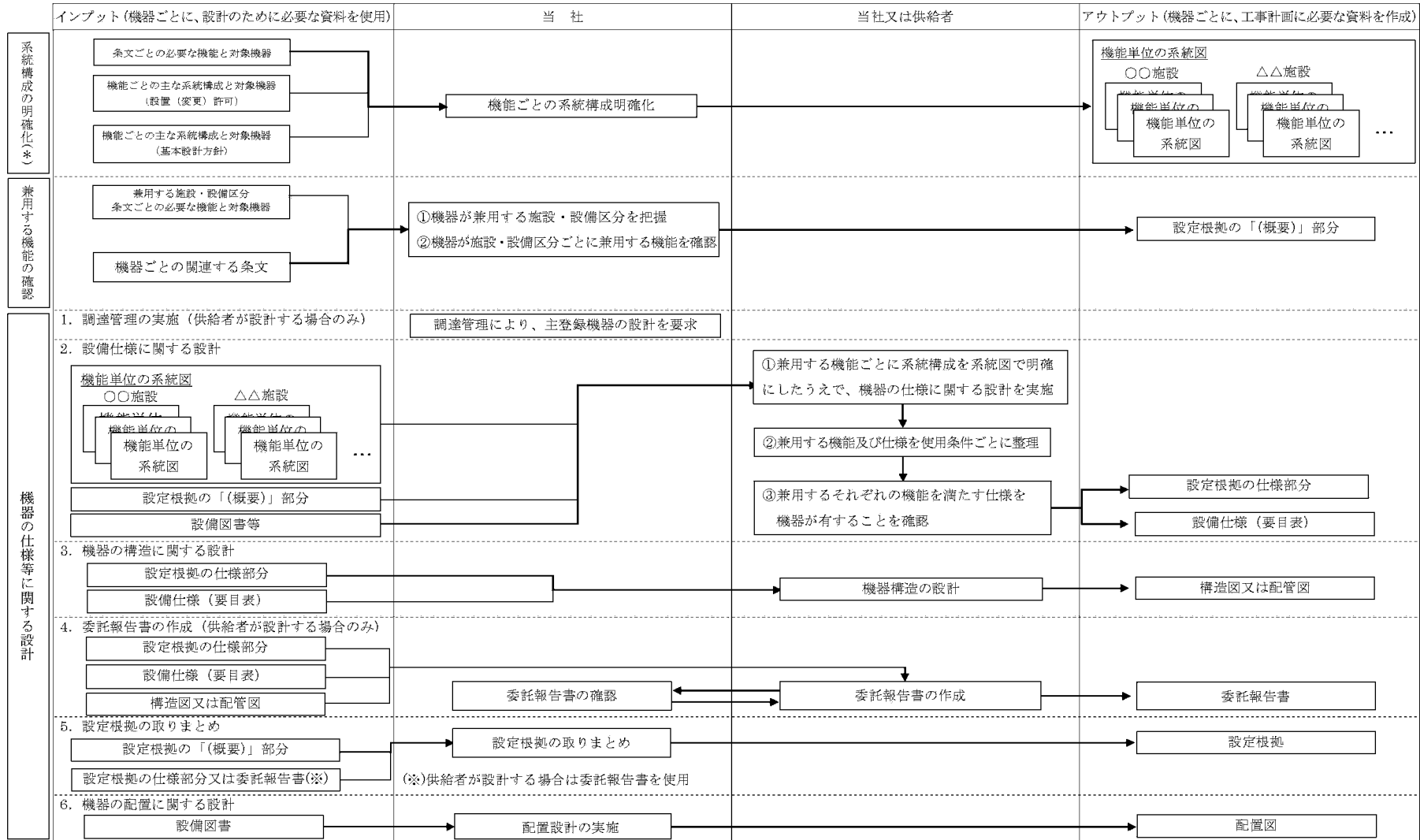
これらの設計として実施したプロセスの実績を様式-1 で明確にする。

第 3.3-1 表に示す要求種別のうち「運用要求」に分類された基本設計方針については、本店組織の保安規定を取りまとめる組織にて、保安規定として必要な対応を実施する。

第 3.3-1 表 要求種別ごとの適合性の確保に必要となる主な設計事項とその妥当性を示すための記録との関係

要求種別		主な設計事項	設計方針の妥当性を示す記録	
設備	設置要求	必要となる機能を有する設備の選定	設置変更許可申請書に記載した機能を持つために必要な設備等の選定 ・社内決定文書 等	
	設計要求	系統構成	目的とする機能を実際に発揮させるために必要な具体的な系統構成・設備構成	設置変更許可申請書の記載を基にした、実際に使用する系統構成・設備構成の決定 ・社内決定文書 ・有効性評価結果(設置変更許可申請書での安全解析の結果を含む) ・系統図 ・設備図書(図面、構造図、仕様書) 等
		機能要求	目的とする機能を実際に発揮させるために必要な設備の具体的な仕様	仕様設計 構造設計 強度設計(クラスに応じて) 耐震設計(クラスに応じて) 耐環境設計 配置設計 ・社内決定文書 ・設備図書(図面、構造図、仕様書) ・インターロック線図 ・算出根拠(計算式等) ・カタログ 等
		評価要求	対象設備が目的とする能力を持つことを示すための方法とそれに基づく評価	仕様決定のための解析 基準適合性確認のための解析 条件設定のための解析 実証試験 ・社内決定文書 ・解析計画(解析方針) ・委託報告書(解析結果) ・手計算結果 等
運用	運用要求	運用方法について保安規定に基づき計画	維持・運用のための計画の作成 —	

第 3.3-2 図 主要な設備の設計



(\*) 系統設計を伴う場合

### (3) 詳細設計の品質を確保する上で重要な活動の管理

詳細設計の品質を確保する上で重要な活動となる、「調達による解析」及び「手計算による自社解析」について、信頼性を確保するため以下の管理を実施する。

#### a. 調達による解析の管理

基本設計方針に基づく詳細設計で解析を実施する場合は、解析結果の信頼性を確保するため、設工認品管計画に基づく品質保証活動を行う上で、特に以下の点に配慮した活動を実施し、品質を確保する。

##### (a) 調達による解析

調達により解析を実施する場合は、解析の信頼性を確保するために、供給者に対し、次に示す管理を確実にするための品質保証要求事項や解析業務に関する要求事項等の調達要求事項を調達仕様書により要求し、それに従った品質保証体制の下で解析を実施させるよう「3.6 設工認における調達管理の方法」に従った調達管理を実施する。解析の調達管理に関する具体的な流れを添付－4「設工認における解析管理について」（以下「添付－4」という。）第1表に示す。

#### イ. 解析を実施する要員の力量管理（品質マネジメントシステム計画「6 資源の管理」）

- ・ 解析対象業務の経験等により、当該解析に関する力量を有しているとされた要員による解析の実施

#### ロ. 解析業務に関する業務の計画（解析業務計画書）の作成とそれに基づく業務の実施（品質マネジメントシステム計画「7 個別業務に関する計画の策定及び個別業務の実施」）

- ・ 解析業務着手時に、従事する要員に対して、実施する解析の重要性を意識付けするための教育の実施
- ・ 使用するコードが正しい値を出力できることを確実にするためのコードの検証（「(b) 計算機プログラム（解析コード）の管理」参照）
- ・ 適切な入力情報の使用（「(c) 解析業務で用いる入力情報の伝達」参照）と、それに基づく入力根拠の作成（「(d) 入力根拠の作成」参照）
- ・ 作成した入力データのコードへの正しい入力

- ・得られた解析結果の検証
- ・解析結果を基にした報告書の作成 等

ハ. 当該業務に関する不適合管理及び是正処置（品質マネジメントシステム計画「8 評価及び改善」）

(b) 計算機プログラム（解析コード）の管理

計算機プログラムは、評価目的に応じた解析結果を保証するための重要な役割を持っていることから、使用実績や使用目的に応じ、解析コードが適正なものであることを以下のような方法等により検証し、使用する。

- ・簡易的なモデルによる解析解の検算
- ・標準計算事例を用いた解析による検証
- ・実験、ベンチマーク試験結果との比較
- ・他の計算機プログラムによる計算結果との比較

(c) 解析業務で用いる入力情報の伝達

設工認に関する解析に係る供給者との情報伝達について以下に示す。

設工認に必要な解析業務が、設備や土木建築構造物を設置した供給者と同一の供給者が主体となっている場合、解析を実施する供給者が所有する図面とそれを基に作成され納入されている当社所有の設備図書は、同じ最新性が確保されている。

当社は供給者に対し調達管理に基づく品質保証上の要求事項として、**JISQ9001** の要求事項を踏まえた文書及び記録の管理の実施を要求し、適切な版を管理することを要求している。

また、設備を設置した供給者以外で実施する解析の場合、当社で管理している図面を提供し、供給者は、最新性の確保された図面で解析を行っている。

(d) 入力根拠の作成

供給者に、解析業務計画書等に基づき解析ごとの入力根拠書を作成させ、また計算機プログラムへの入力間違いがないか確認させることで、入力根拠の妥当性及び入力データが正しく入力されたことの品質を確保する。

この入力根拠の作成に際し、解析の品質管理を強化する必要がある場合には、異なる 2 名の者が入力根拠から作成し、入力根拠と入力結果を同時にチェックする「入力クロスチェック」(添付-4 第 1 図参照)を行わせる。

b. 手計算による自社解析の管理

自社で実施する解析(手計算)は、評価を実施するために必要な計算方法及び入力データを明確にし、当該業務の力量を持つ要員が実施する。

実施した解析結果に間違いがないようにするために、入力根拠、入力結果及び解析結果について、解析を実施した者以外の者によるダブルチェックを実施し、解析結果の信頼性を確保する。

自社で実施した解析ごとの具体的な管理方法を添付-4 第 2 表に示す。

(4) 設計開発の結果に係る情報に対する検証

「3.3.3 設工認における設計及び設計開発の結果に係る情報に対する検証」の設計 1 及び設計 2 で取りまとめた様式-3~7 及び適合性確認対象設備を技術基準規則に適合させるための必要となる詳細設計の結果について、当該業務を直接実施した原設計者以外の者に検証を実施させる。

(5) 設工認申請(届出)書の作成

様式-2 に取りまとめた適合性確認対象設備について、設工認の設計として実施した「3.3.3 設工認における設計及び設計開発の結果に係る情報に対する検証」の(1)~(4)からの結果を基に、「工事計画業務要領」に従って、設工認に必要な書類等を以下のとおり取りまとめる。

a. 「要目表」の作成

「3.3.3 (2) 適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計(設計 2)」からの結果に係る情報となる詳細設計結果(図面等の設計資料)を基に、実用炉規則 別表第二の「設備別記載事項」の要求に従って、必要な事項(種類、主要寸法、材料、個数等)を設備ごとに表(要目表)や図面等に取りまとめる。

b. 「基本設計方針」、「適用基準及び適用規格」及び「工事の方法」の作成

「3.3.3(1) 基本設計方針の作成（設計 1）」の「b. 技術基準規則条文ごとの基本設計方針の作成」で作成した条文ごとの基本設計方針を整理した様式-7、基本設計方針作成時の考え方を整理した様式-6 及び各施設に適用される技術基準規則の条文を明確にした様式-4 を用いて、実用炉規則 別表第二に示された発電用原子炉施設の施設ごとの基本設計方針としてまとめ直すことにより、設工認として必要な基本設計方針を作成する。

また、技術基準規則に規定される機能・性能を満足させるための基本的な規格及び基準を「適用基準及び適用規格」に、実用炉規則別表第二に基づき、工事及び使用前事業者検査を適切に実施するための基本事項を「工事の方法」として取りまとめる。

c. 各添付書類の作成

「3.3.3 (2) 適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計（設計 2）」からの結果に係る情報となる詳細設計結果を基に、基本設計方針に対して詳細な設計結果や設計の妥当性に関する説明が必要な事項を取りまとめた様式-6 及び様式-7 を用いて、設工認と実用炉規則 別表第二の関係を整理した様式-5-2 に示された添付書類を作成する。

実用炉規則 別表第二に示された添付書類において、解析コードを使用している場合には、当該添付書類の別紙として、使用した解析コードに関する内容を記載した「計算機プログラム（解析コード）の概要」を作成する。

d. 設工認申請（届出）書案のチェック

本店組織の設工認の取りまとめを主管する組織の長は、作成した「設工認申請（届出）書」の案について、「工事計画業務要領」に基づき、以下の要領で本店及び発電所の関係組織のチェックを受ける。

- (a) 本店及び発電所の関係組織のチェック分担を明確にする。
- (b) 本店及び発電所の関係組織からチェックの結果が返却された際に、コメントが付されている場合には、その反映要否を検討し、必要であれば資料を修正のうえ、再度、チェックを依頼する。
- (c) 必要に応じ、これらを繰り返し、設工認申請（届出）書案のチェックを完了する。



#### (6) 設工認申請（届出）書の承認

「(4) 設計開発の結果に係る情報に対する検証」及び「(5) d. 設工認申請（届出）書案のチェック」が終了した後、設工認申請（届出）書を原子力発電安全委員会へ付議し、審議・了承を得た後、原子力建設部長の承認を得る。

#### 3.3.4 設計における変更

設計対象の追加や変更が必要となった場合、「3.3.1 適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化」～「3.3.3 設工認における設計及び設計開発の結果に係る情報に対する検証」の各設計結果のうち、影響を受けるものについて必要な設計を実施し、影響を受けた段階以降の設計結果を必要に応じ修正する。

#### 3.4 工事に係る品質管理の方法

工事を主管する組織の長は、第 3.2-1 表及び第 3.2-1 図に示す工事段階において、設工認に基づく設備の具体的な設計（設計 3）を「設計・調達管理基準」、その結果を反映した設備を導入するために必要な工事を「保修基準」、「土木建築基準」及び「設計・調達管理基準」に基づき実施する。

なお、実用炉規則別表第二対象設備外の設備の主要な耐圧部の溶接部においては、設計 3 の実施に先立ち該当設備の抽出を「設計・調達管理基準」に基づき実施する。

また、これらの活動を調達する場合は、「3.6 設工認における調達管理の方法」を適用して実施する。

具体的な管理の方法を以下に示す。

##### 3.4.1 設工認に基づく設備の具体的な設計の実施（設計 3）

設工認に基づく製品実現のための設備の具体的な設計（設計 3）（主要な耐圧部の溶接部については溶接部に係る設計が設工認対象となる。）を、以下のいずれかの方法で実施する。

##### (1) 自社で設計する場合

設計を主管する組織の長が設計 3 を実施し、適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計（設計 2）との照合を行う。また、設計開発の検証として「(2) 設計 3 を本店組織の設計を主管する組織の長が調達管理として管理する場合」と同等の対応を行う。設計の妥当性確認については使用前事業者検査にて行う。

- (2) 設計 3 を本店組織の設計を主管する組織の長が調達管理として管理する場合  
本店組織の設計を主管する組織の長が「3.6 設工認における調達管理の方法」に従った調達により設計 3 を実施する。  
本店組織の設計を主管する組織の長は、その調達の中で供給者が実施する設計 3 の管理を、調達管理として行う設計の検証及び設計の妥当性確認を行うことにより管理する。
- (3) 設計 3 を発電所組織の工事を主管する組織の長が工事の調達に含めて調達し、本店組織の設計を主管する組織が管理する場合  
発電所組織の工事を主管する組織の長が「3.6 設工認における調達管理の方法」に従って実施する工事の調達の中で、設計 3 を含めて調達する。  
本店組織の設計を主管する組織の長は、その調達の中で供給者が実施する設計 3 の管理を、調達管理として行う設備の具体的な設計の検証及び設計の妥当性確認を行うことにより管理する。
- (4) 設計 3 を発電所組織の工事を主管する組織の長が調達管理として管理する場合  
発電所組織の工事を主管する組織の長が「3.6 設工認における調達管理の方法」に従って実施する工事の調達の中で、設計 3 を含めて調達する。  
発電所組織の工事を主管する組織の長は、その調達の中で供給者が実施する設計 3 の管理を、調達管理として行う設計の検証及び設計の妥当性確認を行うことにより管理する。

#### 3.4.2 設備の具体的な設計に基づく工事の実施

設工認に基づく設備を設置するための工事を「3.6 設工認における調達管理の方法」に従い実施する。

設工認に基づく設備のうち、設工認申請（届出）時点で設置されて新たな工事を伴わない範囲の適合性確認対象設備がある場合については、「3.5 使用前事業者検査」以降の検査段階から実施する。

### 3.5 使用前事業者検査

検査を主管する組織の長は、適合性確認対象設備が設工認のとおりに行われていること、技術基準規則に適合していることを確認するため、設計を主管する組織の長及び工事を主管する組織の長とともに保安規定に基づく使用前事業者検査を計画し、「試験・検査基準」に従い、工事を主管する組織のうち、「3.4.2 設備の具体的な設計に基づく工事の実施」を実施する組織からの独立性を確保した検査体制のもと実施する。

#### 3.5.1 使用前事業者検査での確認事項

使用前事業者検査は、以下の項目について実施する。

I 実設備の仕様の適合性確認

II 実施した工事が、「3.4.1 設工認に基づく設備の具体的な設計の実施（設計 3）」及び「3.4.2 設備の具体的な設計に基づく工事の実施」に記載したプロセス並びに「工事の方法」のとおり行われていること。

これらの項目のうち、I を設工認品管計画の第 3.5-1 表に示す検査として、II を品質管理の方法等に関する使用前事業者検査（以下「QA 検査」という。）として実施する。

II については工事全般に対して実施するものであるが、「3.5.5 主要な耐圧部の溶接部に係る使用前事業者検査の管理」を実施する場合は、工事を主管する組織が実施する溶接に関するプロセス管理が適切に行われていることの確認を QA 検査に追加する。

また、QA 検査では上記 II に加え、上記 I のうち工事を主管する組織（供給者含む。）が検査記録を採取する場合（工事を主管する組織が採取した記録・ミルシートや検査における自動計測等）には記録の信頼性の確認（記録確認検査や抜取検査の信頼性確保）を行い、設工認に基づく工事の信頼性を確保する。

なお、主要な耐圧部の溶接部に係る使用前事業者検査では、供給者が作成する検査項目毎の記録（溶接作業検査、熱処理検査、放射線透過試験等）を用いるが、検査を主管する組織（供給者含む。）が「3.5.5 主要な耐圧部の溶接部に係る使用前事業者検査の管理」に基づく管理を行うため工事を主管する組織（供給者含む。）が実施する検査項目毎の信頼性は確保済みであるため、この範囲は QA 検査の対象外とする。

#### 3.5.2 設計の結果と使用前事業者検査対象の繋がり の明確化

設計 1～3 の結果と適合性確認対象の繋がりを明確化するために様式-8「基準適合性を確保するための設計結果と適合性確認状況一覧表（例）」（以下「様

式-8」という。)を以下のとおり使用前事業者検査に先立ちとりまとめる。

#### (1) 基本設計方針の整理

基本設計方針(「3.3.3(1) 基本設計方針の作成(設計1)」の「b. 技術基準規則条文ごとの基本設計方針の作成」参照)に基づく設計の結果を踏まえた適合性の確認を漏れなく実施するため、基本設計方針の内容を以下に従い分類し、適合性の確認が必要な要求事項を整理する。

- ・ 条文ごとに作成した基本設計方針を設計項目となるまとまりごとに整理
- ・ 整理した設計方針进行分类するためのキーワードを抽出
- ・ 抽出したキーワードをもとに要求事項を第 3.3-1 表に示す要求種別に分類

整理した結果は、設計項目となるまとまりごとに、様式-8 の「基本設計方針」欄に反映する。

また、設工認の設計に不要な以下の基本設計方針を、様式-8 の該当する基本設計方針に「網掛け」することにより区別し、設計が必要な要求事項に変更があった条文に対応した基本設計方針を明確にする。

- ・ 「定義」: 基本設計方針で使用されている用語の説明
- ・ 「冒頭宣言」: 設計項目となるまとまりごとの概要を示し、「冒頭宣言」以降の基本設計方針で具体的な設計項目が示されているもの
- ・ 「規制要求に変更のない既設設備に適用される基本設計方針」: 既設設備のうち、過去に当該要求事項に対応するための設計が行われており、様式-4 及び様式-5-1 で従来の技術基準規則から変更がないとした条文に対応した基本設計方針
- ・ 「適合性確認対象設備に適用されない基本設計方針」: 当該適合性確認対象設備に適用されず、設計が不要となる基本設計方針

#### (2) 設計結果の反映

設計 2(「3.3.3(2) 適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計(設計2)」参照)で実施した詳細設計結果及び「3.3.3(5) 設工認申請(届出)書の作成」で作成した設工認申請(届出)書の本文、添付資料のうち「(1) 基本設計方針の整理」で整理した基本設計方針に対応する設計結果を、様式-8 の「設工認設計結果(要目表/設計方針)」欄に整理する。

設計 3(「3.4.1 設工認に基づく設備の具体的な設計の実施(設計3)」参照)で実施した設備の具体的な設計結果の結果を様式-8 の「設備の具体的な設計結果」欄に取りまとめる。

なお、設工認に基づく設備の設置において、設工認申請（届出）時点で設置されている設備がある場合は、既に実施された具体的な設計の結果が設工認に適合していることを確認し、設計 2 の結果を満たす具体的な設計の結果を様式-8 の「設備の具体的な設計結果」欄に取りまとめる。

### 3.5.3 使用前事業者検査の計画

技術基準規則に適合するよう実施した設計結果を取りまとめた様式-8 の「設工認設計結果（要目表／設計方針）」欄ごとに設計の妥当性確認を含む使用前事業者検査を計画する。

使用前事業者検査は、「工事の方法」に記載された使用前事業者検査の項目及び第 3.3-1 表の要求種別ごとに定めた設工認品管計画第 3.5-1 表に示す確認項目、確認視点及び主な検査項目をもとに計画を策定する。

適合性確認対象設備のうち、技術基準規則上の措置（運用）に必要な設備についても、使用前事業者検査を計画する。

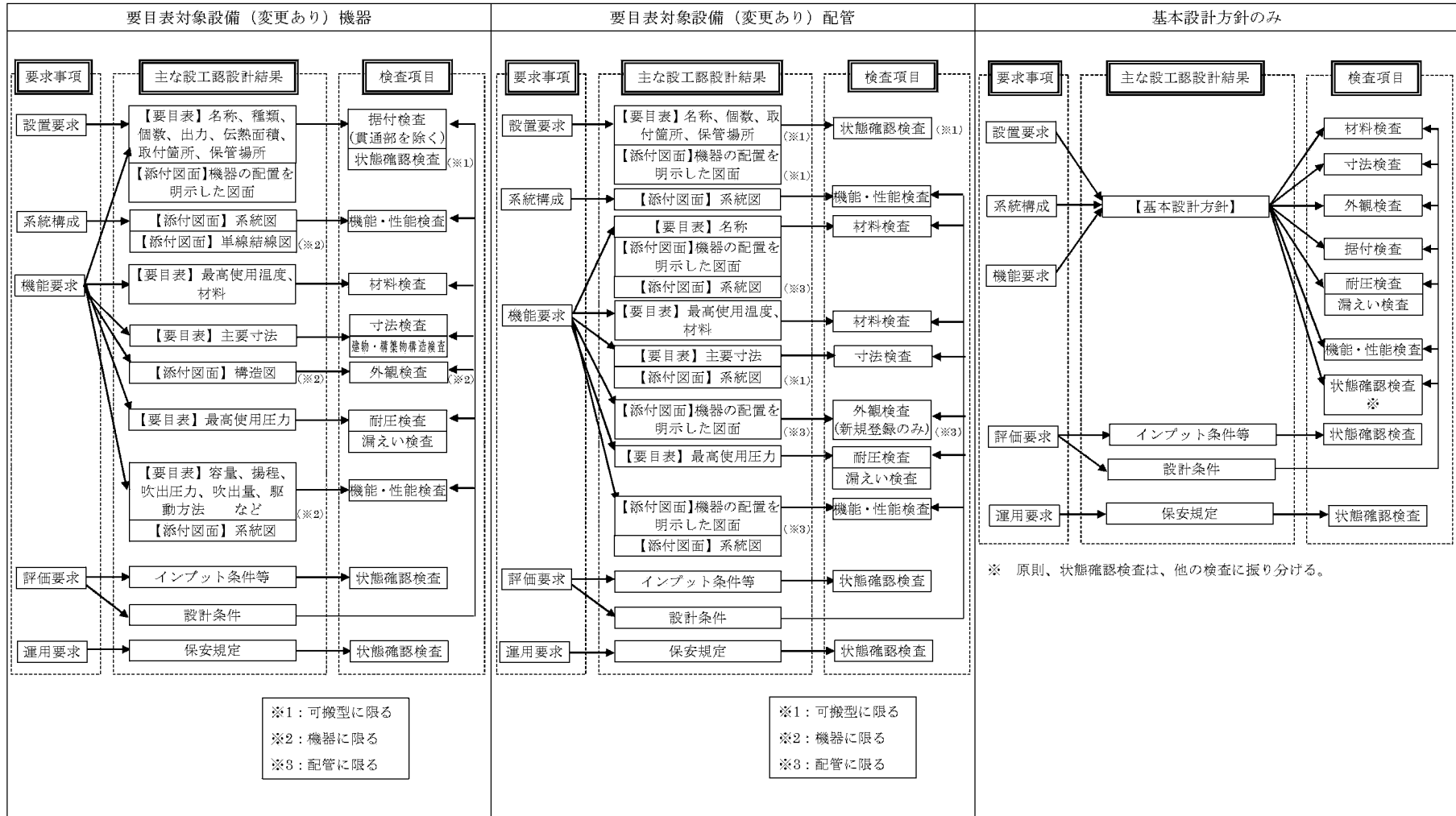
個々に実施する使用前事業者検査に加えてプラント運転に影響を及ぼしていないことを総合的に確認するため、特定の条文・様式-8 に示された「設工認設計結果（要目表／設計方針）」によらず、定格熱出力一定運転時の主要パラメータを確認することによる使用前事業者検査（負荷検査）の計画を必要に応じて策定する。

#### (1) 使用前事業者検査の方法の決定

使用前事業者検査の実施に先立ち、「工事の方法」に記載された使用前事業者検査の項目及び第 3.3-1 表の要求種別ごとに定めた設工認品管計画第 3.5-1 表に示す確認項目、確認視点、主な検査項目、第 3.5-1 表に示す検査項目の分類の考え方を使って、確認項目ごとに設計結果に関する具体的な検査概要及び判定基準を以下の手順により使用前事業者検査の方法として明確にする。設工認品管計画第 3.5-1 表の検査項目ごとの概要及び判定基準の考え方を第 3.5-2 表に示す。

- a. 様式-8 の「設工認設計結果（要目表／設計方針）」及び「設備の具体的な設計結果」欄に記載された内容と該当する要求種別を基に、設工認品管計画第 3.5-1 表、第 3.5-1 表を用いて検査項目を決定する。
- b. 決定された検査項目より、第 3.5-2 表に示す「検査項目、概要、判定基準の考え方について（代表例）」を参照し適切な検査方法を決定する。
- c. 決定した各設備に対する「検査項目」及び「検査方法」の内容を、様式-8 の「確認方法」欄に取りまとめる。

第 3.5-1 表 主な設工認設計結果に対する検査項目



第 3.5-2 表 検査項目、概要、判定基準の考え方について（代表例）

検査項目	検査概要	判定基準の考え方
材料検査	使用されている材料が設計結果のとおりであること、関係規格 <sup>※1</sup> <sup>※2</sup> 等に適合することを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。	使用されている材料が設計結果のとおりであり、関係法令及び規格等に適合すること。
寸法検査	主要寸法が設計結果のとおりであり、許容範囲内であることを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。	主要寸法が設計結果の数値に対して許容範囲内にあること。
外観検査	有害な欠陥のないことを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。	機能・性能に影響を及ぼす有害な欠陥のないこと。
組立て及び据付け状態を確認する検査（据付検査）	常設設備の組立て状態、据付け位置及び状態が設計結果のとおりであることを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。	設計結果のとおりに設置されていること。
耐圧検査	技術基準規則の規定に基づく検査圧力で所定時間保持し、検査圧力に耐え、異常のないことを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。	検査圧力に耐え、異常のないこと。
漏えい検査	耐圧検査終了後、技術基準規則の規定に基づく検査圧力により漏えいの有無を適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。	検査圧力により著しい漏えいのないこと。
建物・構築物構造検査	建物・構築物が設計結果のとおり製作され、組立てられていること、関係法令及び規格 <sup>※2</sup> 等に適合することを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。	主要寸法が設計結果の数値に対して許容範囲内にあり、関係法令及び規格等に適合すること。
機能・性能検査 特性検査	<ul style="list-style-type: none"> <li>・系統構成確認検査<sup>※3</sup> 実際に使用する系統構成及び可搬型設備等の接続が可能なことを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実際に使用する系統構成になっていること。</li> <li>・可搬型設備等の接続が可能なこと。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・運転性能検査、通水検査、系統運転検査、容量確認検査 設計で要求される機能・性能について、実際に使用する系統状態、模擬環境により試運転等を行い、機器単体又は系統の機能・性能を適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実際に使用する系統構成になっていること。</li> <li>・目的とする機能・性能が発揮できること。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・絶縁耐力検査 電気設備と大地との間に、試験電圧を連続して規定時間加えたとき、絶縁性能を有することを適合性確認対象設備の状態を示す記録（工場での試験記録等を含む。）又は目視により確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・目的とする絶縁性能を有すること。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ロジック回路動作検査、警報検査、インターロック検査 電気設備又は計測制御設備についてロジック、インターロック確認及び警報確認等により機能・性能又は特性を適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ロジック、インターロック及び警報が正常に動作すること。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・外観検査 建物、構築物、非常用電源設備等の完成状態を適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・機能・性能に影響を及ぼす有害な欠陥のないこと。</li> <li>・設計結果のとおりに設置されていること。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測範囲確認検査、設定値確認検査 計測制御設備の計測範囲又は設定値を適合性確認対象設備の状態を示す記録（工場での校正記録等を含む。）又は目視により確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測範囲又は設定値が許容範囲内であること。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・接続確認検査 電源の接続が設計結果のとおりであること、受電状態で機器が正常に動作することを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・設計結果のとおりに接続されていること。</li> <li>・受電状態で機器が正常に動作すること。</li> </ul>
状態確認検査 <sup>※4</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・設置要求及び機能要求における機器保管状態、設置状態、接近性、分散配置及び員数が設計結果のとおりであることを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。</li> <li>・評価要求に対するインプット条件（耐震サポート等）との整合性確認を適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。</li> <li>・運用可能な手順が設計結果のとおりであることを確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・機器保管状態、設置状態、接近性、分散配置及び員数が適切であること。</li> <li>・評価条件を満足していること。</li> <li>・運用可能な手順が設計結果のとおり定められ、利用できる状態となっていることが確認できること。</li> </ul>

※1 消防法及び JIS

※2 設計の時に採用した適用基準、規格

※3 通水検査を分割して検査を実施する等、使用時の系統での通水ができない場合に実施。（通水検査と同系統である場合には、検査時に系統構成を確認するため不要）

※4 検査対象機器の動作確認は、機能・性能検査を主とするが、技術基準規則第 54 条の検査として、適用可能な手順を用いて動作できることの確認を行う場合は、その操作が可能な構造であることを状態確認検査で確認する。

### 3.5.4 検査計画の管理

使用前事業者検査を適切な時期で実施するため、本店及び発電所の関係組織と調整のうえ、発電所全体の主要工程、「工事の方法」に示す検査時期を踏まえた使用前事業者検査の検査計画を立案する。また、使用前事業者検査の実施時期及び使用前事業者検査が確実に行われることを以下のとおり管理する。

- ・ 検査の管理は、使用前事業者検査実施要領書単位で行い計画及び実績を、別途、発電所内にて作成する使用前事業者検査計画表で管理する。
- ・ 使用前事業者検査の進捗状況に応じ、検査計画又は主要工程の変更を伴う場合は、速やかに関係組織と調整を行うとともに、検査工程を変更する。

### 3.5.5 主要な耐圧部の溶接部に係る使用前事業者検査の管理

溶接が特殊工程であることを踏まえ、工程管理等の計画を策定し、溶接施工工場におけるプロセスの適切性の確認及び監視を行う。また、溶接継手に対する要求事項は、溶接部詳細一覧表（溶接方法、溶接材料、溶接施工法、熱処理条件、検査項目等）により管理し、これに係る関連図書を含め、業務の実施に当たって必要な図書を溶接施工工場に提出させ、それを審査、確認し、必要な管理を実施する。

### 3.5.6 使用前事業者検査の実施

使用前事業者検査は、「試験・検査基準」に基づき、以下のとおり実施する。

#### (1) 使用前事業者検査の検査要領書の作成

適合性確認対象設備が設工認に適合していることを確認するため「3.5.3 (1) 使用前事業者検査の方法の決定」で決定し、様式-8の「確認方法」欄で明確にした確認方法を基に、使用前事業者検査を実施するための検査要領書を作成する。

検査要領書は、工事を主管する組織の長が、検査目的、検査対象範囲、検査項目、検査方法、判定基準、検査体制、不適合管理、検査手順及び検査成績書の事項を記載した検査要領書を作成し、品質保証担当の審査を経て検査実施責任者が制定する。検査要領書では、検査の確認対象範囲として含まれる技術基準規則の条文を明確にする。

実施する検査が代替検査となる場合は、「(2) 代替検査の確認方法の決定」に従い、代替による使用前事業者検査の方法を決定する。



## (2) 代替検査の確認方法の決定

### a. 代替検査の決定

使用前事業者検査の実施にあたり、以下の条件に該当する場合には代替検査の評価を行い、その結果を当該の検査要領書に添付する。

### b. 代替検査の条件

代替検査とは、通常の方法で検査ができない場合に用いる手法であり、以下の場合をいう。

- (a) 当該検査対象の品質記録（要求事項を満足する記録）がない場合（プロセス評価を実施し検査の成立性を証明する必要がある場合）※
- (b) 構造上外観が確認できない場合
- (c) 耐圧検査で圧力を加えることができない場合
- (d) 系統に実注入ができない場合
- (e) 電路に通電できない場合 等

※：「当該検査対象の品質記録（要求事項を満足する記録）がない場合（プロセス評価を実施し検査の成立性を証明する必要がある場合）」とは、以下の場合をいう。

- ・材料検査で材料検査証明書（ミルシート）がない場合
- ・寸法検査記録がなく、実測不可の場合

### c. 代替検査の評価

代替検査を用いる場合、代替検査として用いる方法が本来の検査目的に対する代替性を有していることの評価を実施する。その結果は、「(1) 使用前事業者検査の検査要領書の作成」で作成する検査要領書の一部として添付し、検査実施責任者の承認を得て適用する。

検査目的に代替性の評価にあたっては、以下の内容を明確にする。

- (a) 設備名称
- (b) 検査項目
- (c) 検査目的
- (d) 通常の方法で検査ができない理由※<sup>1</sup>
- (e) 代替検査の手法、判定基準※<sup>2</sup>
- (f) 検査目的に対する代替性の評価※<sup>2</sup>

※1：記載にあたって考慮すべき事項

- ・既存の原子炉施設に悪影響を及ぼすことによる困難性
- ・現状の設備構成上の困難性
- ・作業環境における困難性 等

※2：記録の代替検査の手法、評価については「3.7.1 文書及び記録の管理」に従い、記録の成立性を評価する。

### (3) 使用前事業者検査の体制

使用前事業者検査実施要領書で明確にする使用前事業者検査の体制を、第3.5-1 図に示す当該検査における力量を有する者等で構成される体制とする。

#### a. 統括責任者

保安に関する業務を統括するとともに、その業務遂行に係る品質保証活動を統括する。

#### b. 主任技術者

検査の指導・監督を行う。

検査成績書の内容を確認する。

検査の指導・監督を行うに当たり、以下に示す主任技術者と検査内容に応じた所掌の調整等を実施することで情報の共有を図る。

- 原子炉主任技術者は、主に原子炉の核的特性や性能に係る事項等、原子炉の運転に関する保安の監督を行う。
- ボイラー・タービン主任技術者は、主に機械設備の構造及び機能・性能に係る事項等、原子力設備の工事、維持及び運用（電気設備に係るものを除く。）に関する保安の監督を行う。
- 電気主任技術者は、主に電気設備の構造及び機能・性能に係る事項等、電気工作物の工事、維持及び運用に関する保安の監督を行う。

#### c. 品質保証担当

品質保証の観点から、検査対象範囲、検査方法等の妥当性の確認を実施するとともに、検査要領書の制定・改訂が適切に行われていることを審査する。