

# 放射性物質分析・研究施設第2棟に係る 実施計画の変更認可申請について (耐震性評価について)

2020年7月2日

東京電力ホールディングス株式会社  
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構



# 1. 耐震性評価の基本方針

---

## ◆耐震性評価の基本方針

- 第2棟の建屋及び設備の耐震設計は、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針(平成18年9月19日)」(以下「耐震指針」という。)に従った設計とする。
- 耐震性の評価は、具体的な評価方法が示されている「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」等に基づき実施する。

## 2. 耐震重要度分類の考え方(1/3)

### ◆設備の重要度による耐震クラス別分類

第2棟の建屋及び設備の耐震重要度分類は、耐震指針に基づき行う。

#### 【耐震Sクラス】

耐震重要度分類及び定義	クラス別分類
Sクラス  自ら放射性物質を内蔵しているか又は内蔵している施設に直接関係しており、その機能喪失により放射性物質を外部に放散する可能性のあるもの、及びこれらの事態を防止するために必要なもの、並びにこれらの事故発生の際に外部に放散される放射性物質による影響を低減させるために必要なものであって、その影響の大きいもの	i) 「原子炉冷却材圧力バウンダリ」を構成する配管・機器系
	ii) 使用済燃料を貯蔵するための施設
	iii) 原子炉の緊急停止のために急激に負の反応度を付加するための施設、及び原子炉の停止状態を維持するための施設
	iv) 原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設
	v) 原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故後、炉心から崩壊熱を除去するための施設
	vi) 原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故の際、圧力障壁となり放射性物質の放散を直接防ぐための施設
	vii) 放射性物質の放出を伴うような事故の際に、その外部放散を抑制するための設備で上記vi以外の施設



指針では、上記のように原子炉冷却材バウンダリ、使用済燃料の貯蔵施設、原子炉の緊急停止のための施設等をSクラスの施設としており、**第2棟には、Sクラスの施設に該当する設備はない。**

## 2. 耐震重要度分類の考え方(2/3)

### 【耐震Bクラス】

耐震重要度分類及び定義	クラス別分類
Bクラス  Sクラスの定義において、影響が比較的小さいもの	i) 原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていて、一次冷却材を内蔵しているか又は内蔵しうる施設
	ii) 放射性廃棄物を内蔵している施設。 ただし、内蔵量が少ないか又は貯蔵方式により、その破損によって公衆に与える放射線の影響が周辺監視区域外における年間の線量限度に比べ十分小さいものは除く。
	iii) 放射性廃棄物以外の放射性物質に関連した施設で、その破損により、公衆及び従業員に過大な放射線被ばくを与える可能性のある施設
	iv) 使用済燃料を冷却するための施設
	v) 放射性物質の放出を伴うような場合に、その外部放散を抑制するための施設で、Sクラスに属さない施設



第2棟は、Bクラスの施設のiii)に該当する設備を有している。  
したがって、第2棟は、その破損により公衆に影響を与える可能性の大きいものはBクラスで設計し、これ以外のものはCクラスで設計する。

## 2. 耐震重要度分類の考え方(3/3)

### ◆第2棟 建屋及び設備の耐震重要度分類

		耐震Bクラス	耐震Cクラス
建屋		・第2棟建屋(コンクリートセル含む)	・電気設備棟 ・消火用ガスボンベ庫
主要設備	(1)分析設備	・鉄セル ・グローブボックス	・フード
	(2)液体廃棄物 一時貯留設備	—	・分析廃液受槽A, B ・設備管理廃液受槽A, B ・分析廃液移送ポンプ ・分析廃液回収ポンプ ・設備管理廃液移送ポンプ ・設備管理廃液回収ポンプ ・主要配管*2(鋼管)
	(3)換気空調設備	・セル・グローブボックス用排風機A, B ・セル・グローブボックス用排気フィルタユニットA, B, C, D ・主要排気管*1(鋼管、ダクト)	・フード用排風機 ・管理区域用排風機 ・管理区域用送風機 ・フード用排気フィルタユニット ・管理区域用排気フィルタユニット

\*1 ・コンクリートセル排気口から排気母管まで  
 ・鉄セル排気口から排気母管まで  
 ・グローブボックス排気口から排気母管まで  
 ・排気母管  
 ・排気母管からセル・グローブボックス用排気フィルタユニット入口まで  
 ・セル・グローブボックス用排気フィルタユニット出口から第2棟の排気口入口まで

\*2 ・分析廃液受槽出口から分析廃液移送ポンプ入口まで  
 ・分析廃液移送ポンプ出口から分析廃液払出口まで  
 ・分析廃液受槽出口から分析廃液回収ポンプ入口まで  
 ・分析廃液回収ポンプ出口から分析廃液払出口まで  
 ・設備管理廃液受槽出口から設備管理廃液移送ポンプ入口まで  
 ・設備管理廃液移送ポンプ出口から設備管理廃液払出口まで  
 ・設備管理廃液受槽出口から設備管理廃液回収ポンプ入口まで  
 ・設備管理廃液回収ポンプ出口から設備管理廃液払出口まで

# 放射性物質分析・研究施設第2棟に係る 実施計画の変更認可申請について (建屋の構造強度及び耐震性に関する検討結果)

2020年7月2日

東京電力ホールディングス株式会社  
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構



# 建屋の構造強度及び耐震性評価の基本方針

## ◆ 構造強度及び耐震性

### ➤ 構造強度の基本方針

第2棟の建屋の構造強度は「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」(日本建築学会 平成25年8月)に従った設計とする。

### ➤ 耐震性評価の基本方針

第2棟の建屋の耐震設計は、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(平成18年9月19日)に従い設計するものとする。

また、その耐震性を評価するに当たっては、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を準用する。

# 建屋の構造等(1)

## ◆ 第2棟建屋の構造等

- 鉄筋コンクリート造, 地上2階, 地下1階, 平面寸法35.0m (EW方向) × 28.0m (NS方向), 地上高さ17.3m
- 基礎は直接基礎で人工岩盤を介して富岡層に支持
- 人工岩盤はコンクリート ( $F_c=18\text{N/mm}^2$ ), 平面寸法約40.0m (EW方向) × 約37.6m (NS方向), 厚さ約5.4m

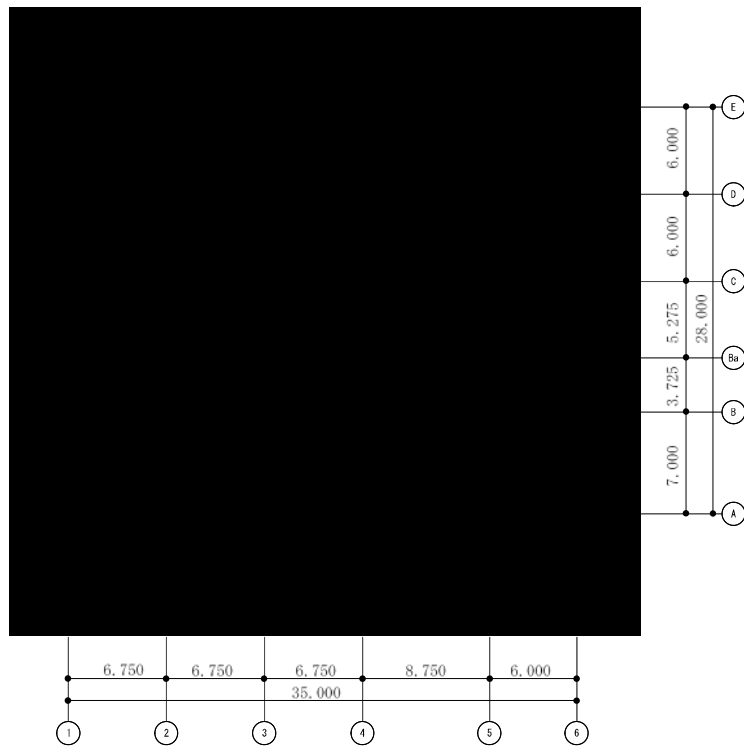


図-1 地下1階平面図  
(G.L.-7.2) (単位:m)

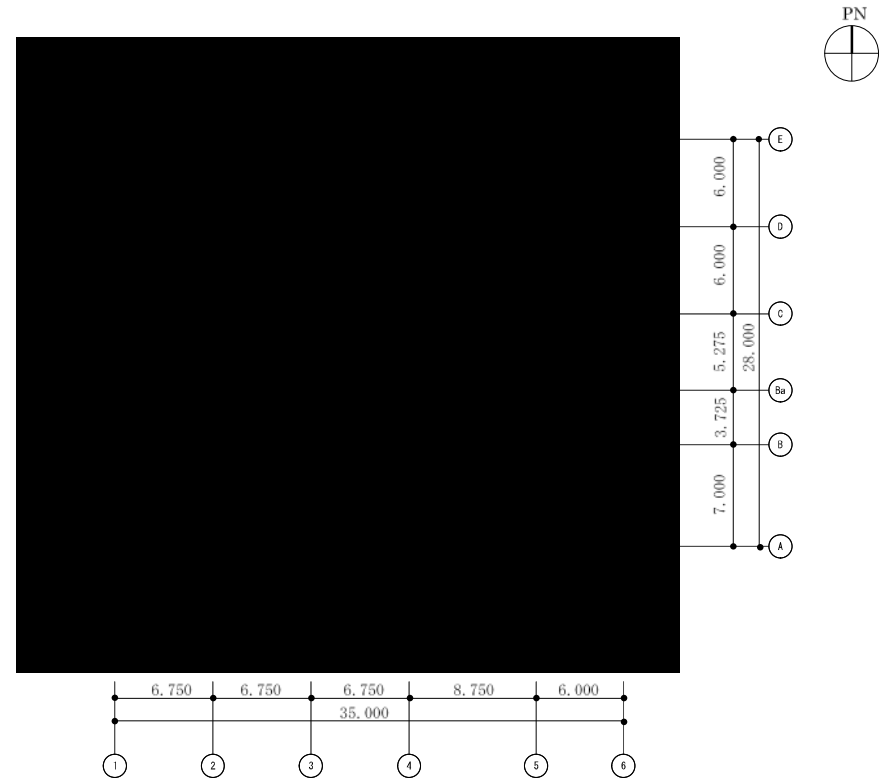


図-2 1階平面図  
(G.L.+0.3) (単位:m)



# 建屋の構造等(2)

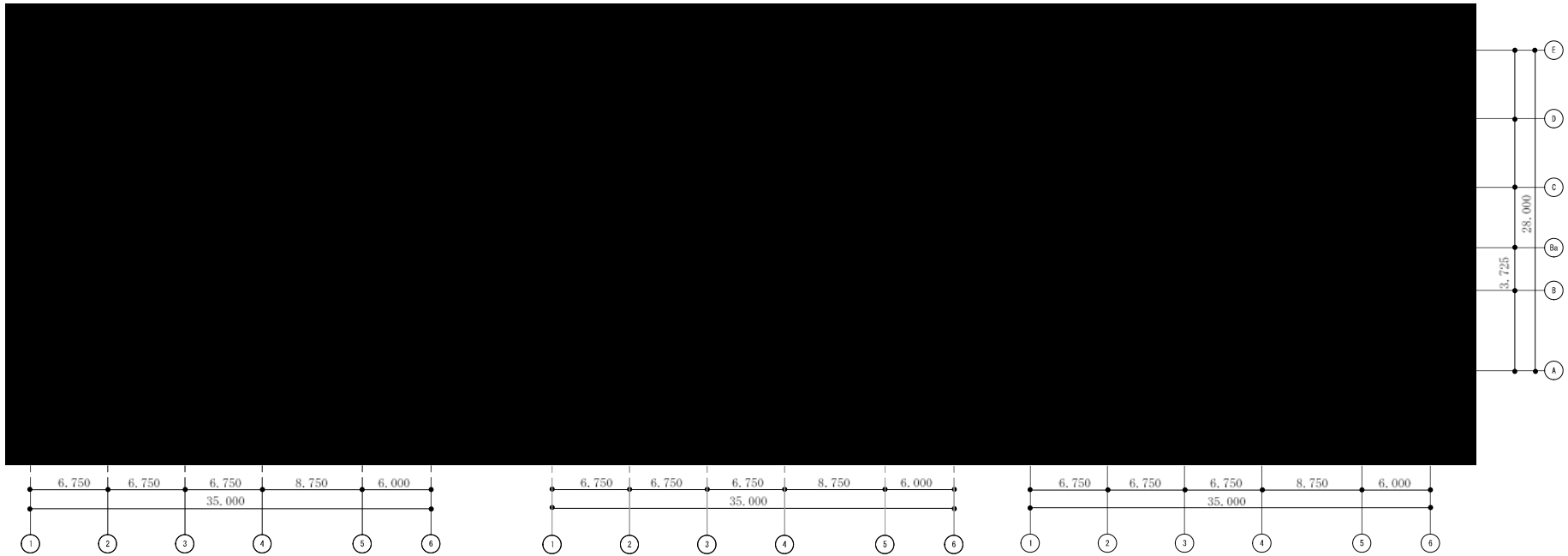


図-3 2階平面図  
(G.L.+7.3)(単位:m)

図-4 屋上階平面図  
(G.L.+13.3, +14.8)(単位:m)

図-5 屋根平面図  
(G.L.+17.3)(単位:m)

# 建屋の構造等(3)

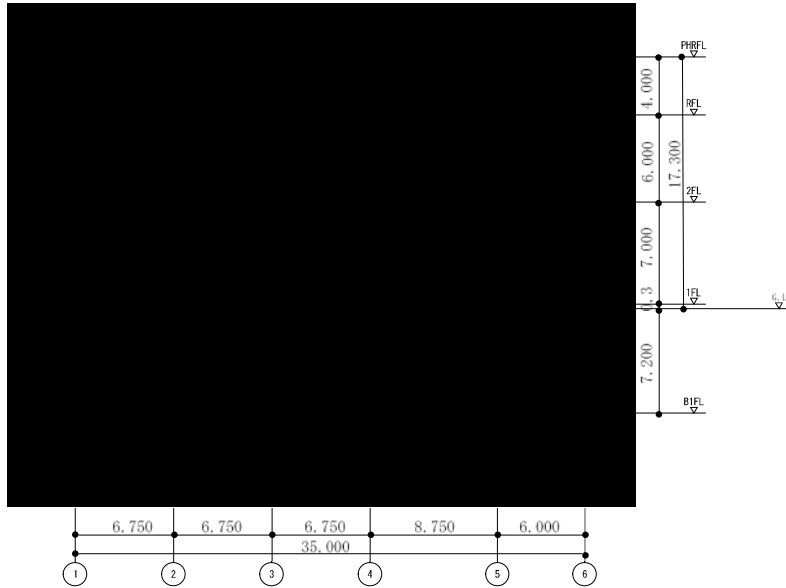


図-6 A-A断面図  
(EW方向)(単位:m)

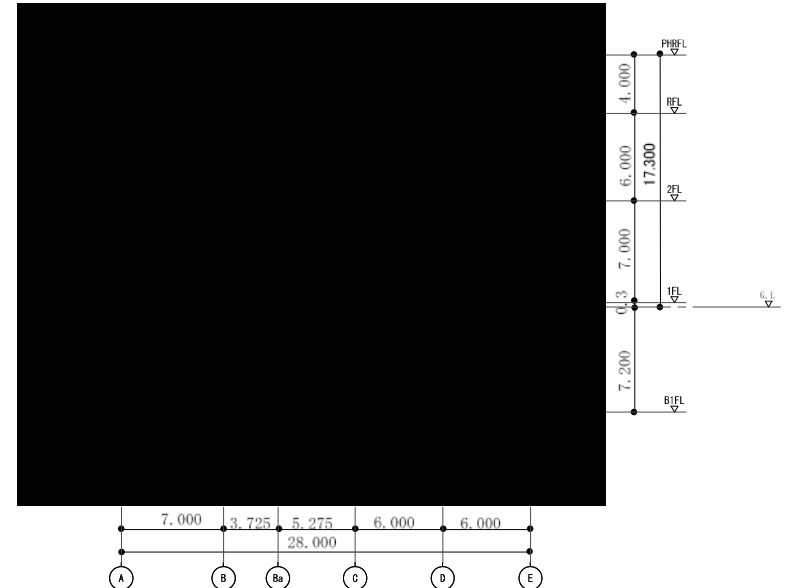
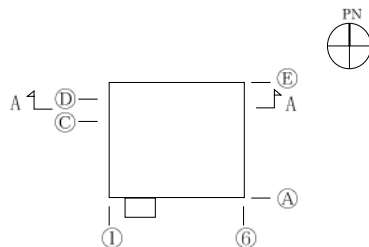
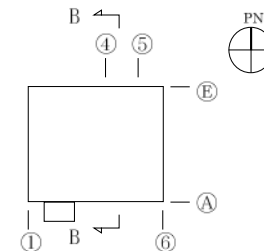


図-7 B-B断面図  
(NS方向)(単位:m)



# 建屋の耐震設計について(1)

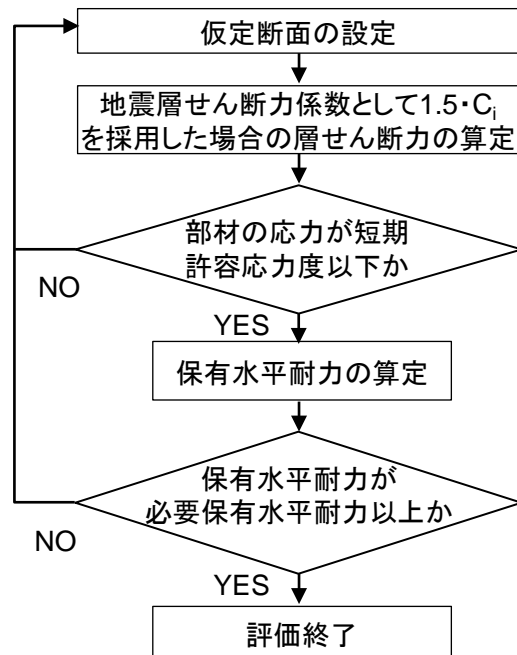
## ◆ 建屋の耐震設計について

○ 第2棟建屋は、耐震設計審査指針上の「Bクラス」の建物としての評価を実施する。

- 水平地震力は、地震層せん断力係数( $C_i$ )に、耐震重要度分類に応じた係数『1.5』を乗じ、当該層以上の部分の重量を乗じて算定するものとする。  
なお $C_i$ は、標準せん断力係数( $C_0$ )を0.2とし、建物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求められる値とする。
- 地震時の水平力は、主に外周部及び建物内部に設けた耐震壁にて負担するものとする。

## ◆ 建屋の耐震性評価について

○ Bクラス施設としての建屋の耐震安全性評価



→ 第2棟建屋の構造耐力上主要な部分の検定比が最大となる部位について、作用応力が許容応力以下であることを確認する。

→ 第2棟建屋の各層の保有水平耐力が必要保有水平耐力以上を有していることを確認する。

## 建屋の耐震設計について(2)

### ◆ 第2棟建屋に用いる材料

- コンクリートは普通コンクリートを用い、コンクリートの設計基準強度 $F_c$ は $36 \text{ N/mm}^2$ (現場打ちコンクリート)、 $60 \text{ N/mm}^2$ (プレキャストコンクリート)とする。
- 鉄筋はSD295A(D16以下)、SD345(D19~D25)及びSD390(D29~D38)とする。
- 各使用材料の許容応力度は、「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」(日本建築学会 平成25年8月)による。

### ◆ 荷重及び荷重の組合せ

- 鉛直荷重(VL)  
固定荷重, 積載荷重(機器荷重を含む。)及び仕上荷重(配管荷重を含む。)とする。
- 積雪荷重(SNL)  
建築基準法施行令第86条及び福島県建築基準法施行細則第19条に準拠し以下の条件とする。
  - ・積雪量: 30cm
  - ・単位荷重:  $20 \text{ N/m}^2/\text{cm}$
- 風荷重(WL)  
建築基準法施行令第87条, 建設省告示第1454号に基づく速度圧及び風力係数を用いて算定する。
  - ・基準風速: 30m/s
  - ・地表面粗度区分: III

荷重の組合せ

荷重状態	荷重ケース	荷重の組合せ	許容応力度
常時	A	VL	長期
積雪時	B	VL+SNL	短期
地震時	C1	VL+SEL(W→E方向)	
	C2	VL+SEL(E→W方向)	
	C3	VL+SEL(S→N方向)	
	C4	VL+SEL(N→S方向)	
暴風時	D1	VL+WL(W→E方向)	
	D2	VL+WL(E→W方向)	
	D3	VL+WL(S→N方向)	
	D4	VL+WL(N→S方向)	

# 建屋の耐震設計について(3)

## ◆ 荷重及び荷重の組合せ

### ➤ 地震荷重(SEL)

地震力を算定する際の基準面は、地上面として、建屋の高さに応じた当該部分に作用する全体の地震力を算定する。水平地震力は下式により算定する。

$$Q_i = n \cdot C_i \cdot W_i$$

$$C_i = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_0$$

$Q_i$  : 水平地震力 (kN)

$n$  : 施設の重要度分類に応じた係数 ( $n=1.5$ )

$C_i$  : 地震層せん断力係数

$W_i$  : 当該層以上の重量 (kN)

$Z$  : 地震地域係数 ( $Z=1.0$ )

$R_t$  : 振動特性係数 ( $R_t=1.0$ )

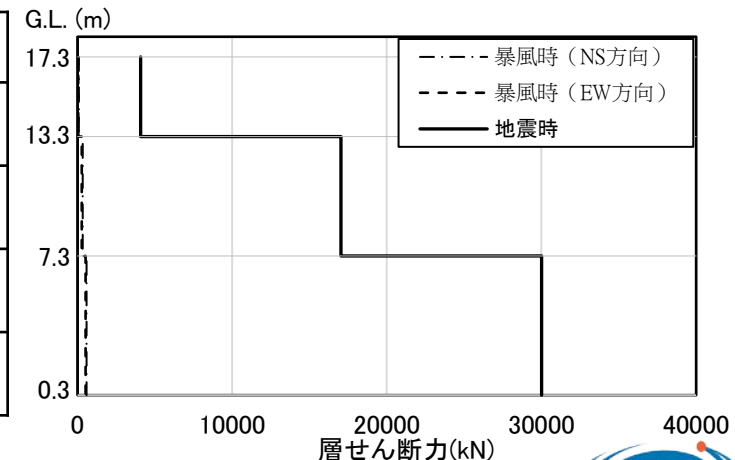
$A_i$  : 地震層せん断力係数の高さ方向の分布係数

$C_0$  : 標準せん断力係数 ( $C_0=0.2$ )

### < 水平地震力の算定結果 >

G.L. (m)	当該層以上の重量 $W_i$ (kN)	地震層せん断力係数 $1.5 \cdot C_i$	設計用地震力(層せん断力) (kN)
+17.30	5660	0.723	4089
+13.30	35104	0.418	17043
+7.30	59280	0.300	30013
+0.30	84932	0.300	55493
-7.20			

### < 暴風時と地震時の層せん断力の比較結果 >



# 建屋の構造強度及び耐震性評価結果(1)

## ◆ 評価

上部構造の応力解析は、大はり及び柱を線材置換したフレームに、耐震壁を壁エレメント置換して組み込んだ立体ラーメンモデルにより行う。基礎スラブの応力解析は、フラットスラブとして板材を線材置換して評価する。

## ◆ 耐震壁の評価結果

検討により求められた耐震壁への作用応力を許容応力と比較し、検定比が最大となる部位の耐震壁への作用応力は、許容応力以下であることを確認した。

部位	断面	荷重 ケース	作用応力 (kN)	許容応力 (kN)	検定比
B1階6通り C~D通り間	壁厚1100mm ( $F_c=36$ ) タテ筋 D25@200 ダブル ヨコ筋 D25@200 ダブル	地震時 C3	5231.1	8731.7	$0.60 \leq 1.0$

# 建屋の構造強度及び耐震性評価結果(2)

## ◆ 大ばりの評価結果

検討により求められた大ばりへの作用応力を許容応力と比較し、検定比が最大となる部位の大ばりへの作用応力は、許容応力以下であることを確認した。

検討箇所	断面	荷重ケース	応力	作用応力 〔曲げモーメント:kN・m せん断力:kN〕	許容応力 〔曲げモーメント:kN・m せん断力:kN〕	検定比
R階 3通り +2200 A~B 通り間	B×D =1000×1000 ( $F_c=36$ ) 上端筋7-D35 下端筋5-D35 あばら筋 3-D13@150 (端部)	常時 A	曲げモーメント	790.7	842.9	$0.94 \leq 1.0$
			せん断力	427.6	765.2	$0.56 \leq 1.0$
1階 5通り Ba~C 通り間	B×D =1000×1200 ( $F_c=36$ ) 上端筋8-D38 下端筋6-D38 あばら筋 4-D13@200 (端部)	地震時 C4	曲げモーメント	1978.5	2843.3	$0.66 \leq 1.0$
			せん断力	1286.9	1585.0	$0.81 \leq 1.0$

# 建屋の構造強度及び耐震性評価結果(3)

## ◆ 柱の評価結果

検討により求められた柱への作用応力を許容応力と比較し、検定比が最大となる部位の柱への作用応力は、許容応力以下であることを確認した。

検討箇所	断面	荷重ケース	応力	作用応力 〔曲げモーメント:kN・m〕 せん断力:kN〕	許容応力 〔曲げモーメント:kN・m〕 せん断力:kN〕	検定比
B1階 C/2通り	B×D =1000×1000 ( $F_c=60$ ) 主筋8-D38 帯筋 3-3-D13@100 (柱頭)	常時 A	曲げモーメント	31.9	85.4 (軸力 5763.6 kN 作用時注)	$0.37 \leq 1.0$
			せん断力	69.1	842.3	$0.08 \leq 1.0$
1階 A/6通り	B×D =1000×1000 ( $F_c=60$ ) 主筋8-D38 帯筋 2-2-D13@100 (柱頭)	地震時 C2	曲げモーメント	755.0	1298.3 (軸力 548.9kN 作用時注)	$0.58 \leq 1.0$
			せん断力	323.3	1327.1	$0.24 \leq 1.0$

注:圧縮を正とする。



# 建屋の構造強度及び耐震性評価結果(4)

## ◆ 基礎スラブの評価結果

検討により求められた基礎スラブへの作用応力を許容応力と比較し、検定比が最大となる部位の基礎スラブへの作用応力は、許容応力以下であることを確認した。

検討箇所	断面	荷重 ケース	応力	作用応力 〔曲げモーメント:kN・m せん断力:kN〕	許容応力 〔曲げモーメント:kN・m せん断力:kN〕	検定比
A~B/4~5 通り間	基礎スラブ厚 2000mm ( $F_c=36$ ) 上端筋 D32@200 下端筋 D32@200	常時 A	曲げモーメント	800.8	1239.4	$0.65 \leq 1.0$
			せん断力	950.1	1360.8	$0.70 \leq 1.0$
E/4~5 通り間	基礎スラブ厚 2000mm ( $F_c=36$ ) 上端筋 D32@200 下端筋 D32@200	地震時 C3	曲げモーメント	2715.0	4790.4	$0.57 \leq 1.0$
			せん断力	1392.3	1964.6	$0.71 \leq 1.0$

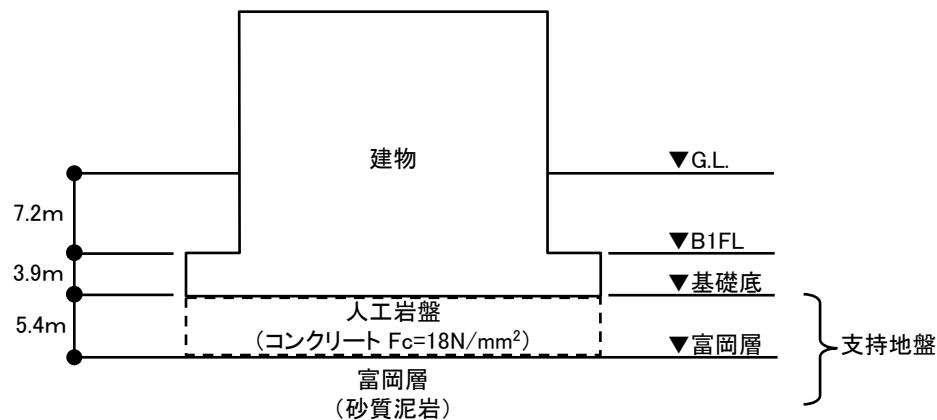
# 建屋の構造強度及び耐震性評価結果(5)

## ◆ 地盤の評価結果

検討により求められた地盤への接地圧を許容応力度と比較し、検定比が最大となる部位の地盤への接地圧は、許容応力度以下であることを確認した。

検討位置	荷重 ケース	接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )	許容応力度 (kN/m <sup>2</sup> )	検定比
A/2通り	常時	443	1000	$0.44 \leq 1.0$
A/2通り	地震時	588	2000	$0.29 \leq 1.0$

< 支持地盤イメージ図 >



# 建屋の構造強度及び耐震性評価結果(6)

## ◆ 保有水平耐力の評価結果

- 保有水平耐力( $Q_u$ )が必要保有水平耐力( $Q_{un}$ )以上であることを確認する。
- 各層の保有水平耐力は、建築基準法施行令第82条の3及び平成19年国土交通省告示第594号に基づき算出する。

⇒ 各層の必要保有水平耐力と保有水平耐力の算定結果、第2棟建屋は必要保有水平耐力以上(3.45倍以上)の保有水平耐力を有していることを確認した。

### < 必要保有水平耐力と保有水平耐力の比較 >

#### (1) EW 方向(長辺)

G.L. (m)	必要保有水平耐力 $Q_{un}$ (kN)	保有水平耐力 $Q_u$ (kN)	$\frac{Q_u}{Q_{un}}$
+13.30 ~ +17.30	7497	27262	3.64
+7.30 ~ +13.30	31245	113617	3.64
+0.30 ~ +7.30	55024	200089	3.64
-7.20 ~ +0.30	101737	369953	3.64

#### (2) NS 方向(短辺)

G.L. (m)	必要保有水平耐力 $Q_{un}$ (kN)	保有水平耐力 $Q_u$ (kN)	$\frac{Q_u}{Q_{un}}$
+13.30 ~ +17.30	7497	25899	3.45
+7.30 ~ +13.30	31245	107936	3.45
+0.30 ~ +7.30	55024	190084	3.45
-7.20 ~ +0.30	101737	351456	3.45

以上のことから、第2棟建屋の耐震安全性は確保されているものと評価した。

# 放射性物質分析・研究施設第2棟に係る 実施計画の変更認可申請について (設備の構造強度に関する検討結果)

2020年7月2日

東京電力ホールディングス株式会社  
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構



# 1. 強度評価の方針

## (適用基準、クラス3機器・配管の対象設備)(1/2)

- 設備(機器、配管等)のうち、「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」において、クラス3に位置付けられる機器、配管等については、「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(以下「設計・建設規格」という。)に従った設計とする。
- クラス3に該当しない機器、配管等については、必要に応じて日本産業規格や製品規格に従った設計とする。
- 第2棟の機器・配管等のうち、以下をクラス3とする。

### 【クラス3機器】

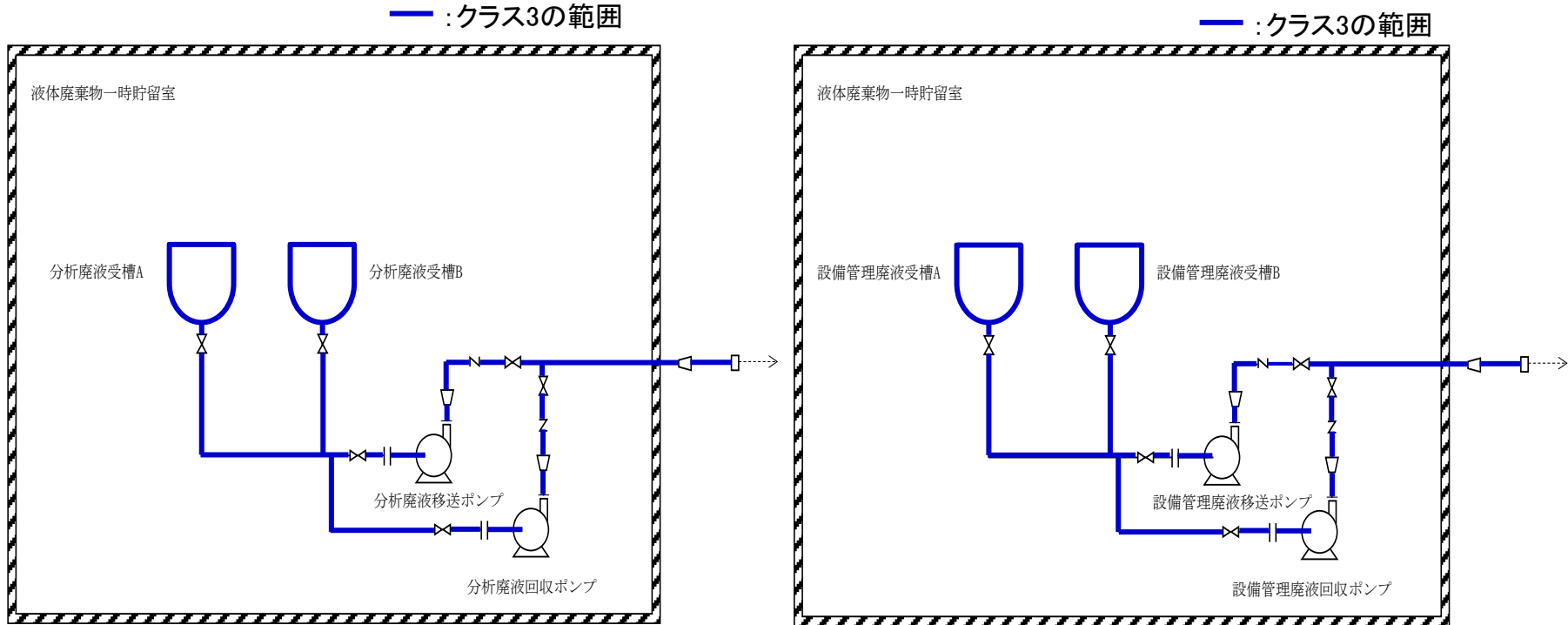
- ・分析廃液受槽A, B
- ・設備管理廃液受槽A, B

### 【クラス3配管】

- ・分析廃液受槽出口から分析廃液移送ポンプ入口まで
- ・分析廃液移送ポンプ出口から分析廃液払出口まで
- ・分析廃液受槽出口から分析廃液回収ポンプ入口まで
- ・分析廃液回収ポンプ出口から分析廃液払出口まで
- ・設備管理廃液受槽出口から設備管理廃液移送ポンプ入口まで
- ・設備管理廃液移送ポンプ出口から設備管理廃液払出口まで
- ・設備管理廃液受槽出口から設備管理廃液回収ポンプ入口まで
- ・設備管理廃液回収ポンプ出口から設備管理廃液払出口まで

# 1. 強度評価の方針 (適用基準、クラス3機器・配管の対象設備)(2/2)

## ◆液体廃棄物一時貯留設備 クラス3の範囲



## 2. 評価方法(1/3)

### ◆評価方法:受槽

分析廃液受槽A, B及び設備管理廃液受槽A, Bについては、設計・建設規格に基づき評価を行う。

#### (1) 胴の厚さの評価(設計・建設規格 PVC-3920)

胴に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

##### 1) 胴の規格上必要な最小厚さ: $t_1$

炭素鋼鋼板又は低合金鋼鋼板で作られたもの場合は3mm、その他の材料で作られたもの場合は1.5mmとする。

##### 2) 胴の計算上必要な厚さ: $t_2$

$$t_2 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

$D_i$  : 胴の内径(mm)  
 $H$  : 水頭(mm)  
 $\rho$  : 液体の比重(-)

$S$  : 許容引張応力(MPa)  
 $\eta$  : 継手効率(-)

#### (2) 底板の厚さの評価(設計・建設規格 PVC-3122、3221)

底板に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

##### 1) 鏡板のフランジ部の計算上必要な厚さ: $t_1$

$$t_1 = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot S \cdot \eta - 1.2 \cdot P}$$

$P$  : 最高使用圧力(MPa)  
 $D_i$  : 胴の内径(mm)  
 $S$  : 許容引張応力(MPa)  
 $\eta$  : 継手効率(-)

##### 2) 鏡板の計算上必要な厚さ: $t_2$

$$t_2 = \frac{P \cdot R \cdot W}{2 \cdot S \cdot \eta - 0.2 \cdot P}$$

$R$  : 鏡板の中央部における内面の半径(mm)  
 $W$  : さら形鏡板の形状による係数(-)  
 $r$  : さら形鏡板のすみの丸みの内半径(mm)

$$\text{ただし、} W = \frac{1}{4} \left( 3 + \sqrt{\frac{R}{r}} \right)$$

## 2. 評価方法(2/3)

### (3)管台の厚さの評価(①, ②) (設計・建設規格 PVC-3920)

管台に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

- 1) 管台の計算上必要な厚さ: $t_1$

$$t_1 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

$D_i$  : 管台の内径 (mm)  
 $H$  : 水頭 (mm)  
 $\rho$  : 液体の比重 (-)  
 $S$  : 許容引張応力 (MPa)  
 $\eta$  : 継手効率 (-)

- 2) 管台の規格上必要な最小厚さ: $t_2$

管台の外径に応じ、設計・建設規格 表PVC-3980-1により求めた管台の厚さとする。

表PVC-3980-1 管台の必要厚さ

管台の外径 (mm)	管台の厚さ (mm)
25未満	1.4
25以上38未満	1.7
38以上45未満	1.9
45以上57未満	2.2
57以上64未満	2.4
64以上82未満	2.7
82以上	3.5

### (4)開放タンクの穴の補強計算(①, ②) (設計・建設規格 PVD-3512、3212)

管台の内径(穴の径)の設計条件を以下表に示す。

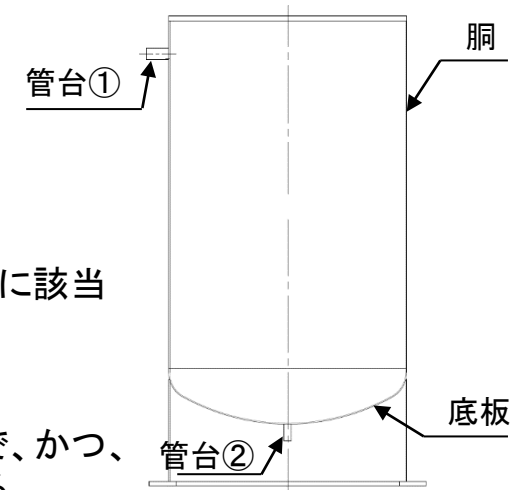
	分析廃液受槽	設備管理廃液受槽
管台①の内径(胴)	53.5mm	78.1mm
管台②の内径(底板)	42.6mm	53.5mm

- 1) 胴の穴の補強計算

設計・建設規格の規定により、補強を要しない条件(穴の径が85mm以下)に該当するため補強計算は不要である。

- 2) 鏡板の穴の補強計算

設計・建設規格の規定により、補強を要しない条件(穴の径が64mm以下で、かつ、鏡板のフランジ部の内径の1/4以下)に該当するため補強計算は不要である。





## 2. 評価方法(3/3)

### ◆評価方法: 主要配管(鋼管)

主要配管(鋼管)については、設計・建設規格に基づき評価を行う。

#### (1) 管の厚さの評価(設計・建設規格 PPD-3411)

管の必要な厚さは、次に掲げる値以上とする。

##### 1) 内面に圧力を受ける管の計算上必要な厚さ:t

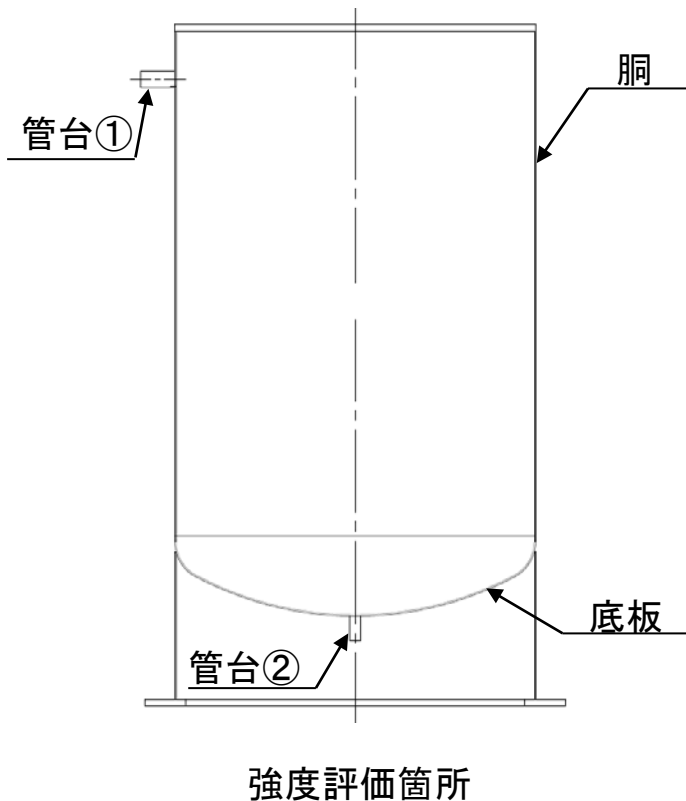
$$t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

P : 最高使用圧力 (MPa)  
D<sub>o</sub> : 管の外径 (mm)  
S : 許容引張応力 (MPa)  
η : 継手効率 (-)

### 3. 評価結果(1/4)

#### ◆評価結果

##### (1)分析廃液受槽A, B



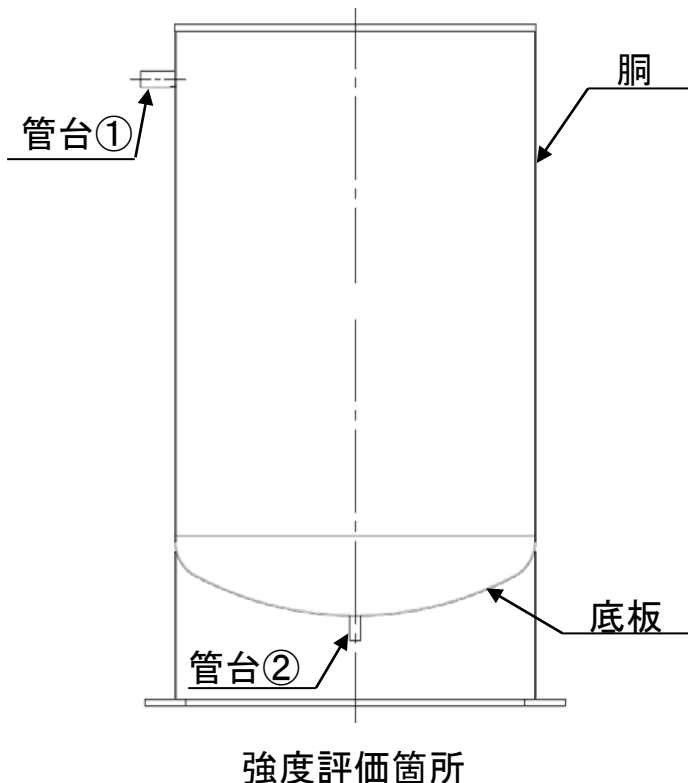
機器名称	評価部位	必要厚さ(mm)		最小厚さ(mm)
		$T_1$	$T_2$	
分析廃液受槽 A, B	胴の厚さ	$T_1=1.50$	1.50	4.60
		$T_2=0.23$		
	底板の厚さ	$T_1=0.16$	0.25	4.60
		$T_2=0.25$		
	管台①の厚さ	$T_1=0.01$	2.40	3.00
		$T_2=2.40$		
	管台②の厚さ	$T_1=0.01$	2.20	2.50
		$T_2=2.20$		

⇒ 施工時の「最小厚さ」が設計上の「必要厚さ」の条件を満足しており、十分な構造強度を有していることを確認した。

### 3. 評価結果(2/4)

#### ◆評価結果

##### (2) 設備管理廃液受槽A, B



機器名称	評価部位	必要厚さ(mm)		最小厚さ(mm)
		$T_1$	$T_2$	
設備管理廃液受槽A, B	胴の厚さ	$T_1=1.50$	1.50	4.60
		$T_2=0.30$		
	底板の厚さ	$T_1=0.21$	0.32	4.60
		$T_2=0.32$		
	管台①の厚さ	$T_1=0.01$	3.50	4.81
		$T_2=3.50$		
	管台②の厚さ	$T_1=0.01$	2.40	3.00
		$T_2=2.40$		

⇒ 施工時の「最小厚さ」が設計上の「必要厚さ」の条件を満足しており、十分な構造強度を有していることを確認した。

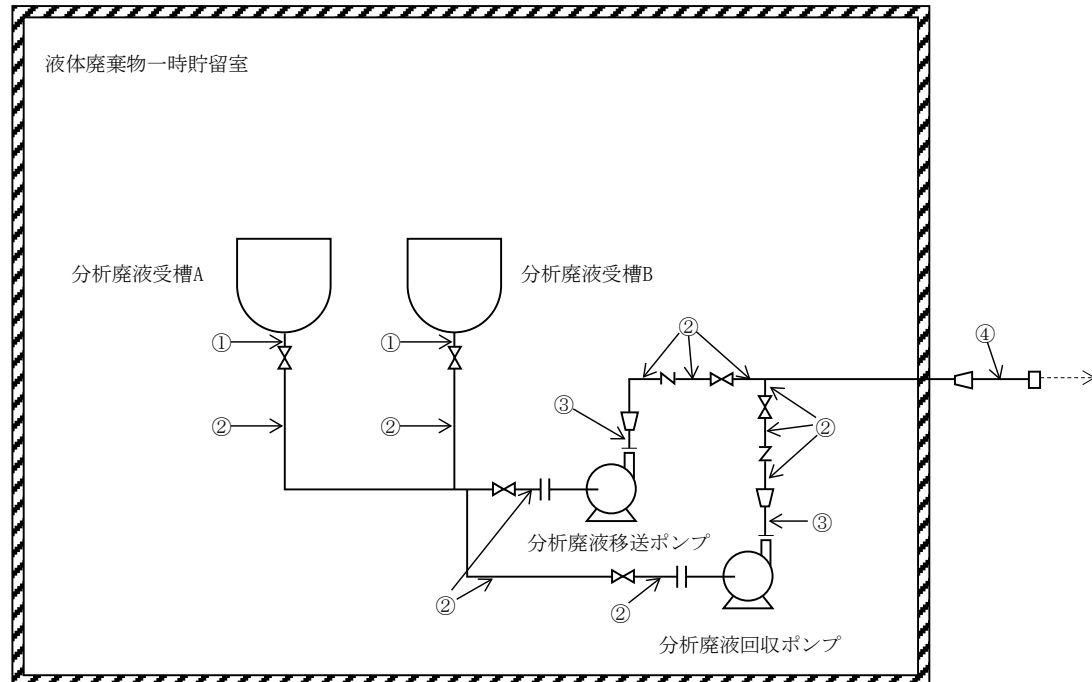
### 3. 評価結果(3/4)

#### (3) 主要配管(鋼管) [①~④: 分析廃液関係]

No.	外径D。 (mm)	公称厚さ (mm)	材料	最高使用圧力P (MPa)	最高使用温度 (°C)	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
①	48.6	3.0	SUS316L	静水頭	60	—*	2.50
②	48.6	3.0	SUS316L	0.4	60	0.09	2.50
③	34.0	3.0	SUS316L	0.4	60	0.07	2.50
④	60.5	3.5	SUS316L	0.4	60	0.12	3.00

\* : 最高使用圧力が「静水頭」であることから、必要厚さは算出していません。

⇒ 施工時の「最小厚さ」が設計上の「必要厚さ」の条件を満足しており、十分な構造強度を有していることを確認した。



液体廃棄物一時貯留設備 主要配管(鋼管)強度評価箇所

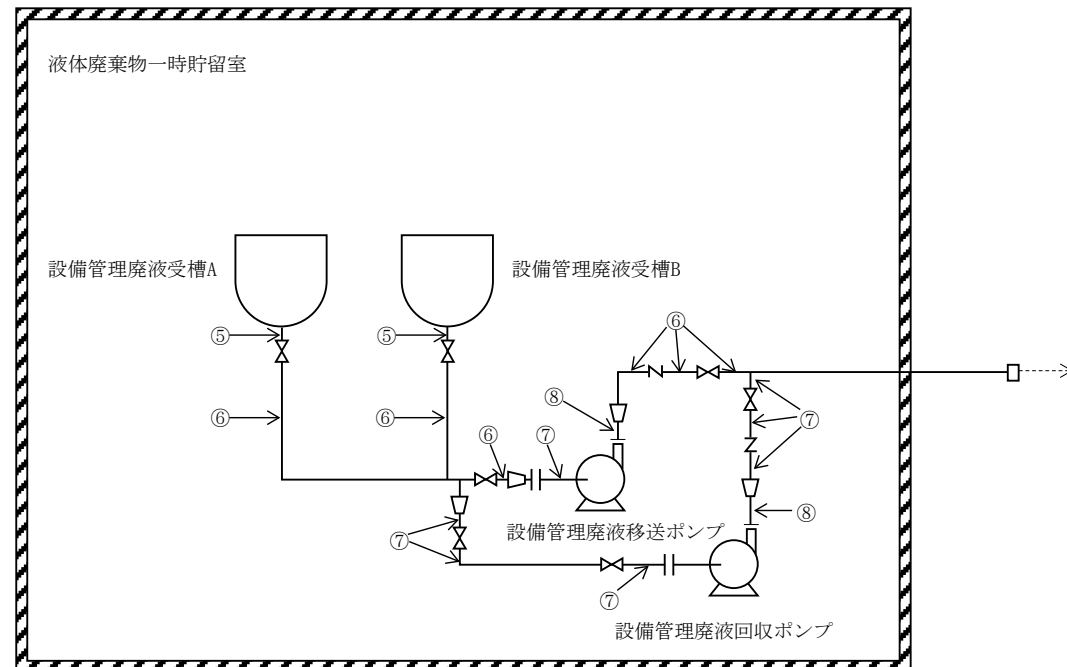
### 3. 評価結果(4/4)

#### (4) 主要配管(鋼管) [⑤~⑧]: 設備管理廃液関係]

No.	外径D。 (mm)	公称厚さ (mm)	材料	最高使用圧力P (MPa)	最高使用温度 (°C)	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
⑤	60.5	3.5	SUS304	静水頭	60	—*	3.00
⑥	60.5	3.5	SUS304	0.5	60	0.12	3.00
⑦	48.6	3.0	SUS304	0.5	60	0.10	2.50
⑧	34.0	3.0	SUS304	0.5	60	0.07	2.50

\* : 最高使用圧力が「静水頭」であることから、必要厚さは算出していません。

⇒ 施工時の「最小厚さ」が設計上の「必要厚さ」の条件を満足しており、十分な構造強度を有していることを確認した。



液体廃棄物一時貯留設備 主要配管(鋼管)強度評価箇所

# 放射性物質分析・研究施設第2棟に係る 実施計画の変更認可申請について (設備の耐震性に関する検討結果)

2020年7月2日

東京電力ホールディングス株式会社  
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構



# 1. 耐震性評価条件

## ◆基本方針

各設備は、剛構造(固有周期:0.05s以下\*)となるよう設計する。

\*:JEAC4601-2008「第4章 4.1.4 用語と略称」において、「固有振動数が20Hz以上(固有周期:0.05s以下)の場合は剛構造と見なして差し支えない」と記載されている。

## ◆評価部位

地震力による応力が集中する「基礎ボルト」を評価対象とする。

## ◆設計用地震力

各設備は剛構造であり、建屋との共振のおそれがないことから、設計用地震力は静的震度を考慮する。

項目	耐震クラス	運用する地震動等		設計用地震力
		水平	鉛直	
機器・配管系	B	静的震度 $1.8 \cdot C_i^*$	—	設計用地震力は静的地震力とする。

\*:  $C_i$ は、標準せん断力係数を0.2とし、建屋の振動特性、地盤の種類等を考慮して求められる値とする。



設計用震度 : $1.8C_i$	
水平方向	0.36
鉛直方向	—

## 2. 評価方法及び評価結果(1/18)

### (1) 鉄セル(遮へい体、インナーボックス)

#### 1) 評価方法

算出応力と許容応力の比較により、基礎ボルトを評価する。

○応力計算モデルは1質点系とし、重心位置に地震荷重が作用する。

→ 遮へい体、インナーボックス各々を別の応答計算モデルとする。

○基礎ボルトに対する引張力は、片側の列のボルトを支点とする転倒を考え、これを他方の列のボルトで受けるものとして計算する。

○基礎ボルトに対するせん断力は、基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

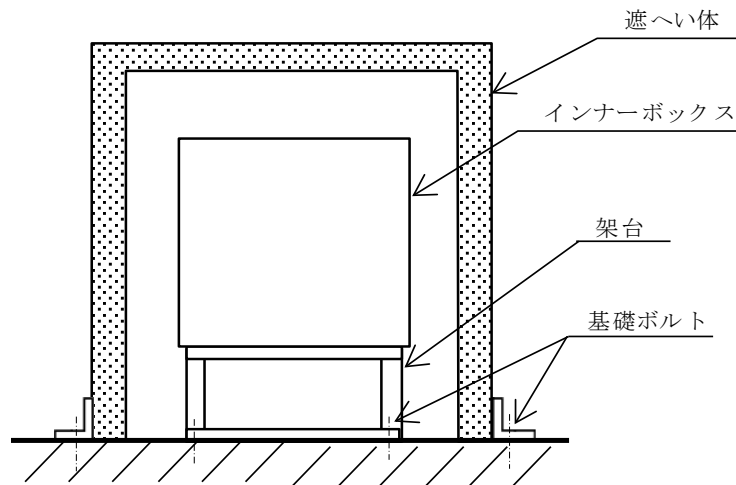


図-1 概略構造図

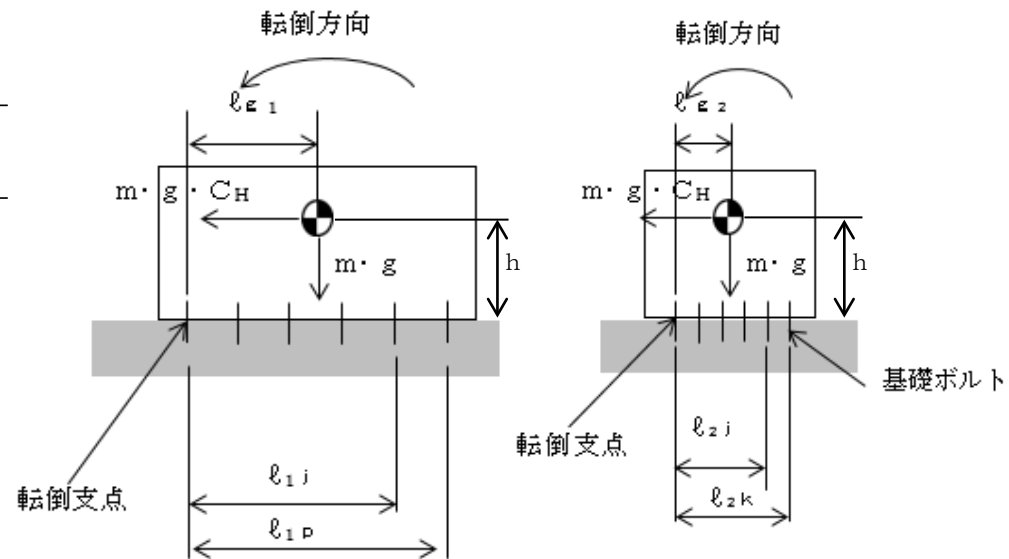


図-2 応力計算モデル



## 2. 評価方法及び評価結果(2/18)

### 2) 評価式

#### a. 引張応力

##### ① 引張力

$$F_{b1} = \frac{\{m \cdot g \cdot C_H \cdot h - m \cdot g \cdot \ell_{g1}\} \cdot \ell_{1p}}{\sum_{i=1}^p n_{f1i} \cdot \ell_{1i}^2}$$

$$F_{b2} = \frac{\{m \cdot g \cdot C_H \cdot h - m \cdot g \cdot \ell_{g2}\} \cdot \ell_{2k}}{\sum_{j=1}^k n_{f2j} \cdot \ell_{2j}^2}$$

$$F_b = \max(F_{b1}, F_{b2})$$

##### ② 引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \quad \text{[ボルトの断面積]}$$

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

#### b. せん断応力

##### ① せん断力

$$Q_b = m \cdot g \cdot C_H$$

##### ② せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b \cdot n}$$

記号	記号の説明	単位
$A_b$	基礎ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$d$	基礎ボルトの呼び径	Mm
$F$	設計・建設規格 SSB-3133に定める値	MPa
$F_b$	基礎ボルトに作用する引張力(1本当たり)	N
$F_{b1}$	基礎ボルトに作用する引張力(1本当たり)(長辺方向)	N
$F_{b2}$	基礎ボルトに作用する引張力(1本当たり)(短辺方向)	N
$f_{sb}$	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
$f_{to}$	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
$f_{ts}$	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
$g$	重力加速度(=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
$h$	据付面から重心までの距離	mm
$\ell_{g1}$	重心と転倒支点間の距離(長辺方向)	mm
$\ell_{g2}$	重心と転倒支点間の距離(短辺方向)	mm
$\ell_{1j}$	転倒支点と各基礎ボルトとの距離(長辺方向)	mm
$\ell_{2j}$	転倒支点と各基礎ボルトとの距離(短辺方向)	mm
$\ell_{1p}$	支点としている基礎ボルトより最大引張応力がかかる基礎ボルトまでの距離(長辺方向)	mm
$\ell_{2k}$	支点としている基礎ボルトより最大引張応力がかかる基礎ボルトまでの距離(短辺方向)	mm
$m$	機器の質量	kg
$n$	基礎ボルトの全本数	—
$n_{f1j}$	転倒支点から $\ell_{1j}$ の距離にある基礎ボルトの本数(長辺方向)	—
$n_{f2j}$	転倒支点から $\ell_{2j}$ の距離にある基礎ボルトの本数(短辺方向)	—
$Q_b$	基礎ボルトに作用するせん断力	N
$\pi$	円周率	—
$\sigma_b$	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_b$	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

## 2. 評価方法及び評価結果(3/18)

### 3) 基礎ボルトの応力評価

基礎ボルトの引張応力 $\sigma_b$ は、次式より求めた許容引張応力 $f_{ts}$ 以下であること。ただし、 $f_{to}$ は右表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \tau_b, f_{to}]$$

せん断応力 $\tau_b$ は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 $f_{sb}$ 以下であること。ただし、 $f_{sb}$ は右表による。

	許容引張応力 $f_{to}$	許容せん断応力 $f_{sb}$
計算式	$\left[ \frac{F}{2} \right] 1.5$	$\left[ \frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right] 1.5$

### 4) 評価条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	固有周期(s)		据付場所	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
		水平方向	鉛直方向			
鉄セル (遮へい体・インナーボックス)	B	0.048	—	地上 1階	$C_H=0.36$	—

⇒ 固有周期は0.05s以下であり、遮へい体、インナーボックスとも剛構造である。

### 5) 評価結果

(単位:MPa)

	部材	材料	応力	算出応力	許容応力
遮へい体	基礎ボルト	SS400	引張	$\sigma_b = \text{—注}$	$f_{ts} = 175$
			せん断	$\tau_b = 86$	$f_{sb} = 135$
インナーボックス	基礎ボルト	SS400	引張	$\sigma_b = \text{—注}$	$f_{ts} = 183$
			せん断	$\tau_b = 5$	$f_{sb} = 141$

注: 引張応力は作用しない。

⇒ すべての算出応力が許容応力以下であり、十分な構造強度を有していることを確認した。

## 2. 評価方法及び評価結果(4/18)

### (2) グローブボックス(GB-No.1, 2, 3, 4)

#### 1) 評価方法

算出応力と許容応力の比較により、基礎ボルトを評価する。

- 応力計算モデルは1質点系とし、グローブボックスの重心位置に地震荷重が作用する。
- 基礎ボルトに対する引張力は、片側の列のボルトを支点とする転倒を考え、これを他方の列のボルトで受けるものとして計算する。
- 基礎ボルトに対するせん断力は、基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

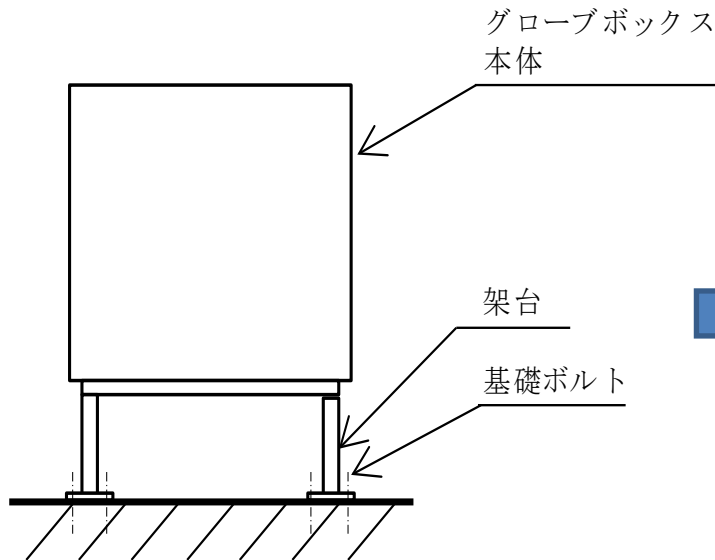


図-3 概略構造図

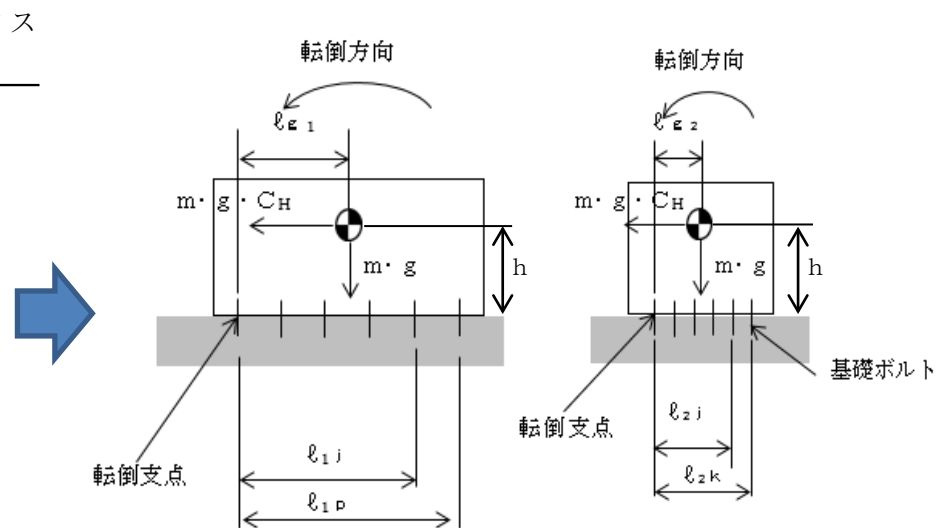


図-4 応力計算モデル

## 2. 評価方法及び評価結果(5/18)

### 2) 評価式

#### a. 引張応力

##### ① 引張力

$$F_{b1} = \frac{\{m \cdot g \cdot C_H \cdot h - m \cdot g \cdot \ell_{g1}\} \cdot \ell_{1p}}{\sum_{j=1}^p n_{f1j} \cdot \ell_{1j}^2}$$

$$F_{b2} = \frac{\{m \cdot g \cdot C_H \cdot h - m \cdot g \cdot \ell_{g2}\} \cdot \ell_{2k}}{\sum_{j=1}^k n_{f2j} \cdot \ell_{2j}^2}$$

$$F_b = \max(F_{b1}, F_{b2})$$

##### ② 引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b}$$

[ボルトの断面積]

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

#### b. せん断応力

##### ① せん断力

$$Q_b = m \cdot g \cdot C_H$$

##### ② せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b \cdot n}$$

記号	記号の説明	単位
$A_b$	基礎ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$d$	基礎ボルトの呼び径	mm
$F$	設計・建設規格 SSB-3133に定める値	MPa
$F_b$	基礎ボルトに作用する引張力(1本当たり)	N
$F_{b1}$	基礎ボルトに作用する引張力(1本当たり)(長辺方向)	N
$F_{b2}$	基礎ボルトに作用する引張力(1本当たり)(短辺方向)	N
$f_{sb}$	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
$f_{to}$	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
$f_{ts}$	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
$g$	重力加速度(=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
$h$	据付面から重心までの距離	mm
$\ell_{g1}$	重心と転倒支点間の距離(長辺方向)	mm
$\ell_{g2}$	重心と転倒支点間の距離(短辺方向)	mm
$\ell_{1j}$	転倒支点と各基礎ボルトとの距離(長辺方向)	mm
$\ell_{2j}$	転倒支点と各基礎ボルトとの距離(短辺方向)	mm
$\ell_{1p}$	支点としている基礎ボルトより最大引張応力がかかる基礎ボルトまでの距離(長辺方向)	mm
$\ell_{2k}$	支点としている基礎ボルトより最大引張応力がかかる基礎ボルトまでの距離(短辺方向)	mm
$m$	機器の質量	kg
$n$	基礎ボルトの全本数	—
$n_{f1j}$	転倒支点から $\ell_{1j}$ の距離にある基礎ボルトの本数(長辺方向)	—
$n_{f2j}$	転倒支点から $\ell_{2j}$ の距離にある基礎ボルトの本数(短辺方向)	—
$Q_b$	ボルトに作用するせん断力	N
$\pi$	円周率	—
$\sigma_b$	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_b$	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

## 2. 評価方法及び評価結果(6/18)

### 3) 基礎ボルトの応力評価

基礎ボルトの引張応力 $\sigma_b$ は、次式より求めた許容引張応力 $f_{ts}$ 以下であること。ただし、 $f_{to}$ は右表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \tau_b, f_{to}]$$

せん断応力 $\tau_b$ は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 $f_{sb}$ 以下であること。ただし、 $f_{sb}$ は右表による。

	許容引張応力 $f_{to}$	許容せん断応力 $f_{sb}$
計算式	$\left[ \frac{F}{Z} \right] 1.5$	$\left[ \frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right] 1.5$

### 4) 評価条件

機器名称		耐震設計上の重要度分類	固有周期(s)		据付場所	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
			水平方向	鉛直方向			
グローブボックス	GB-No.1, 2, 4	B	0.046	—	地上 1階	$C_H=0.36$	—
	GB-No.3	B	0.048				

⇒ 固有周期は0.05s以下であり、グローブボックスは剛構造である。

### 5) 評価結果

(単位: MPa)

機器名称	部材	材料	応力	算出応力	許容応力
グローブボックス (GB-No.1, 2, 4)	基礎ボルト	SS400	引張	$\sigma_b = \text{—注}$	$f_{ts} = 183$
			せん断	$\tau_b = 1$	$f_{sb} = 141$
グローブボックス (GB-No.3)	基礎ボルト	SS400	引張	$\sigma_b = \text{—注}$	$f_{ts} = 183$
			せん断	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 141$

注: 引張応力は作用しない。

⇒ すべての算出応力が許容応力以下であり、十分な構造強度を有していることを確認した。

## 2. 評価方法及び評価結果(7/18)

### (3)セル・グローブボックス用排風機

#### 1) 評価方法

算出応力と許容応力の比較により、基礎ボルトを評価する。

- ブローア及び内容物の質量は重心に集中するものとする。なお、全体的に一つの剛体とみなす。
- ボルトの応力は地震による震度、ブローア振動による震度及びブローア回転により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。
- ボルトに対する引張力は最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。
- ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

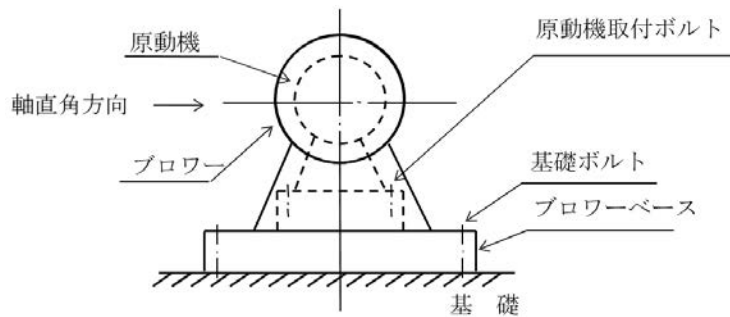


図-5 概略構造図

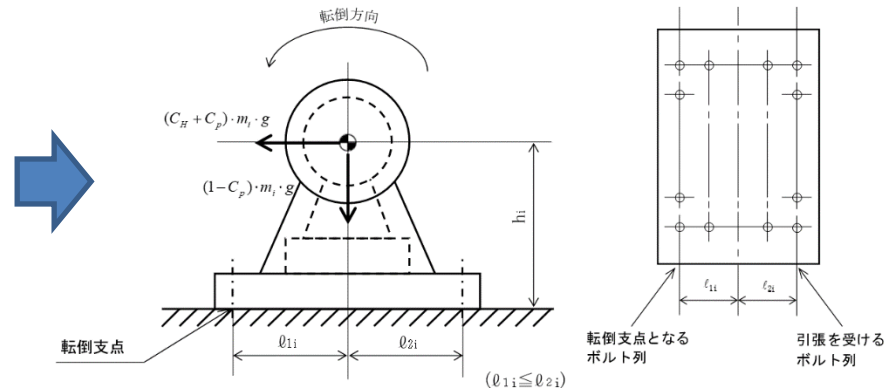


図-6 応力計算モデル

## 2. 評価方法及び評価結果(8/18)

### 2) 評価式

#### a. 引張応力

##### ① 引張力

$$F_{bi} = \frac{(C_H + C_p) \cdot m_i \cdot g \cdot h_i + M_p - (1 - C_p) \cdot m_i \cdot g \cdot l_{1i}}{n_{fi} \cdot (l_{1i} + l_{2i})}$$

・ブロー回転により作用するモーメント  $C_p = \frac{1}{2} \frac{H_p}{1000} \cdot \left( 2 \cdot \pi \cdot \frac{N_p}{60} \right)^2$

・ブロー振動による震度  $M_p = \left( \frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N_p} \right) \cdot 10^6 \cdot P$

##### ② 引張応力

$$\sigma_{bi} = \frac{F_{bi}}{A_{bi}} \quad [\text{ボルトの断面積}]$$

$$A_{bi} = \frac{\pi \cdot d_i^2}{4}$$

#### b. せん断応力

##### ① せん断力

$$Q_{bi} = (C_H + C_p) \cdot m_i \cdot g$$

##### ② せん断応力

$$\tau_{bi} = \frac{Q_{bi}}{n_i \cdot A_{bi}}$$

記号	記号の説明	単位
$A_{bi}$	ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_p$	ブロー振動による震度	—
$d_i$	ボルトの呼び径	mm
$F_i$	設計・建設規格 SSB-3131 に定める値	MPa
$F_{bi}$	ボルトに作用する引張力(1本あたり)	N
$f_{sbi}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
$f_{toi}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
$f_{tsi}$	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
$g$	重力加速度(=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
$H_p$	ブロー予想最大両振幅	μm
$h_i$	据付面又は取付面から重心までの距離	mm
$l_{1i}$	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
$l_{2i}$	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
$M_p$	ブロー回転により作用するモーメント	N・mm
$m_i$	運転時質量	kg
$N_p$	ブロー回転速度	min <sup>-1</sup>
$n_i$	ボルトの本数	—
$n_{fi}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—
$P$	原動機出力	kW
$Q_{bi}$	ボルトに作用するせん断力	N
$\pi$	円周率	—
$\sigma_{bi}$	ボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_{bi}$	ボルトに生じるせん断応力	MPa

## 2. 評価方法及び評価結果(9/18)

### 3) 基礎ボルトの応力評価

基礎ボルトの引張応力 $\sigma_{b1}$ は、次式より求めた許容引張応力 $f_{ts1}$ 以下であること。ただし、 $f_{toi}$ は右表による。

$$f_{ts1} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \tau_{b1}, f_{toi}]$$

せん断応力 $\tau_{b1}$ は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 $f_{sb1}$ 以下であること。ただし、 $f_{sb1}$ は右表による。

	許容引張応力 $f_{toi}$	許容せん断応力 $f_{sb1}$
計算式	$\left[ \frac{F1}{2} \right] 1.5$	$\left[ \frac{F1}{1.5\sqrt{3}} \right] 1.5$

### 4) 評価条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	固有周期(s)		据付場所	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
		水平方向	鉛直方向			
グローブボックス用排風機	B	—	—	地下 1階	$C_H=0.36$	—

⇒ 排風機(ブロー含む)の本体は、十分に剛であるため固有周期の算定は省略できる。  
(JEAG4601-1987に基づく)

### 5) 評価結果

(単位:MPa)

部材	材料	応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	$\sigma_{b1} = \text{—注}$	$f_{ts1} = 170$
		せん断	$\tau_{b1} = 4$	$f_{sb1} = 131$

注:引張応力は作用しない。

⇒ すべての算出応力が許容応力以下であり、十分な構造強度を有していることを確認した。



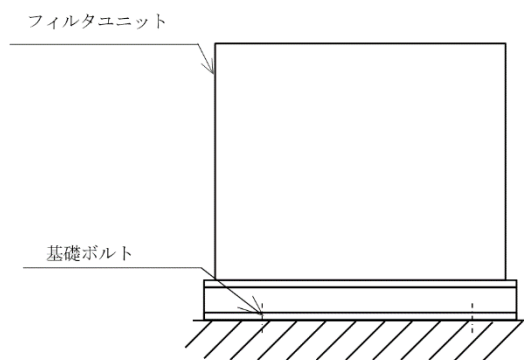
## 2. 評価方法及び評価結果(10/18)

### (4)セル・グローブボックス用排気フィルタユニットA, B, C, D

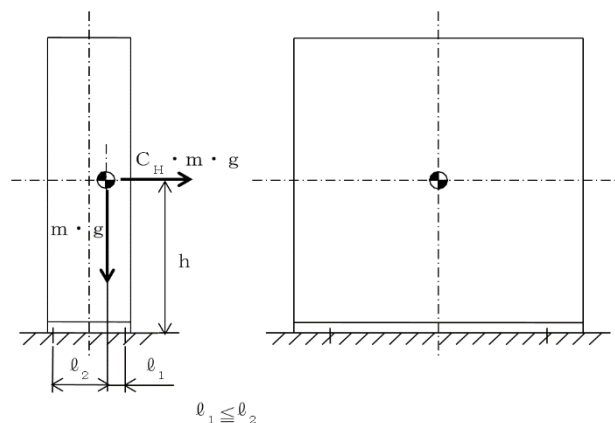
#### 1) 評価方法

算出応力と許容応力の比較により、基礎ボルトを評価する。

- セル・グローブボックス用排気フィルタユニット及び内容物の質量は重心に集中するものとする。
- 基礎ボルトに対する引張力は、基礎ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。
- 基礎ボルトに対するせん断力は、基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。



図一7 概略構造図



図一8 応力計算モデル

## 2. 評価方法及び評価結果(11/18)

### 2) 評価式

#### a. 引張応力

##### ① 引張力

$$F_b = \frac{mg C_H h - mg \ell_1}{n_t (\ell_1 + \ell_2)}$$

##### ② 引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \quad \text{[ボルトの断面積]}$$

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

#### b. せん断応力

##### ① せん断力

$$Q_b = m \cdot C_H \cdot g$$

##### ② せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b n}$$

記号	表示内容	単位
$A_b$	基礎ボルト軸断面積	$\text{mm}^2$
$C_H$	水平方向設計震度	—
$d$	基礎ボルトの呼び径	mm
$F$	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
$F_b$	基礎ボルトに作用する引張力(1本当たり)	N
$f_{sb}$	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
$f_{to}$	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
$f_{ts}$	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
$g$	重力加速度(=9.80665)	$\text{m/s}^2$
$h$	据付面から重心までの距離	mm
$\ell_1$	重心と転倒支点間の距離	mm
$\ell_2$	重心と転倒支点間の距離( $\ell_1 \leq \ell_2$ )	mm
$n$	基礎ボルトの本数	—
$n_t$	引張力を受ける側の基礎ボルトの評価本数	—
$Q_b$	基礎ボルトに作用するせん断力	N
$m$	機器の質量	kg
$\pi$	円周率	—
$\sigma_b$	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_b$	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

## 2. 評価方法及び評価結果(12/18)

### 3) 基礎ボルトの応力評価

基礎ボルトの引張応力 $\sigma_b$ は、次式より求めた許容引張応力 $f_{ts}$ 以下であること。ただし、 $f_{to}$ は右表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \tau_b, f_{to}]$$

せん断応力 $\tau_b$ は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 $f_{sb}$ 以下であること。ただし、 $f_{sb}$ は右表による。

	許容引張応力 $f_{to}$	許容せん断応力 $f_{sb}$
計算式	$\left[ \frac{F}{Z} \right] 1.5$	$\left[ \frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right] 1.5$

### 4) 評価条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	固有周期(s)		据付場所	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
		水平方向	鉛直方向			
セル・グローブボックス用排気フィルタユニット	A, B	B	0.014	地下 1階	$C_H=0.36$	—
	C, D	B	0.013			

⇒ 固有周期は0.05s以下であり、セル・グローブボックス用排気フィルタユニットは剛構造である。

### 5) 評価結果

(単位:MPa)

機器名称	部材	材料	応力	算出応力	許容応力
セル・グローブボックス用排気フィルタユニットA, B	基礎ボルト	SS400	引張	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=170$
			せん断	$\tau_b=6$	$f_{sb}=131$
セル・グローブボックス用排気フィルタユニットC, D	基礎ボルト	SS400	引張	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=170$
			せん断	$\tau_b=6$	$f_{sb}=131$

⇒ すべての算出応力が許容応力以下であり、十分な構造強度を有していることを確認した。

## 2. 評価方法及び評価結果(13/18)

### (5) 主要排気管(鋼管)

#### 1) 計算条件

主要排気管(鋼管)の耐震性評価はJEAC4601-2008に基づき、配管標準支持間隔評価(定ピッチスパン法)により評価する。

定ピッチスパン法は、配管/排気管の設計において、固有振動数がある一定の値以上になるようにサポートの間隔(配管支持間隔)を定める方法である。主要排気管においては、建屋との共振を避けるため20Hz以上(剛構造)になるよう設計している。

この方法においては、排気管(鋼管)に対する軸直角2方向拘束サポートにて支持される「等分布荷重両端単純支持はりモデル」において、機械力学に基づくはりの振動方程式より排気管の支持間隔を求める。

主要排気管(鋼管)の応力評価については、排気管(鋼管)に対して、定ピッチスパン法により求めた支持間隔とした場合の内圧、自重、地震による発生応力を求める。内圧、自重、地震による発生応力が、JEAC4601-2008に基づく供用状態Csにおける一次応力許容値を超えないことを確認する。

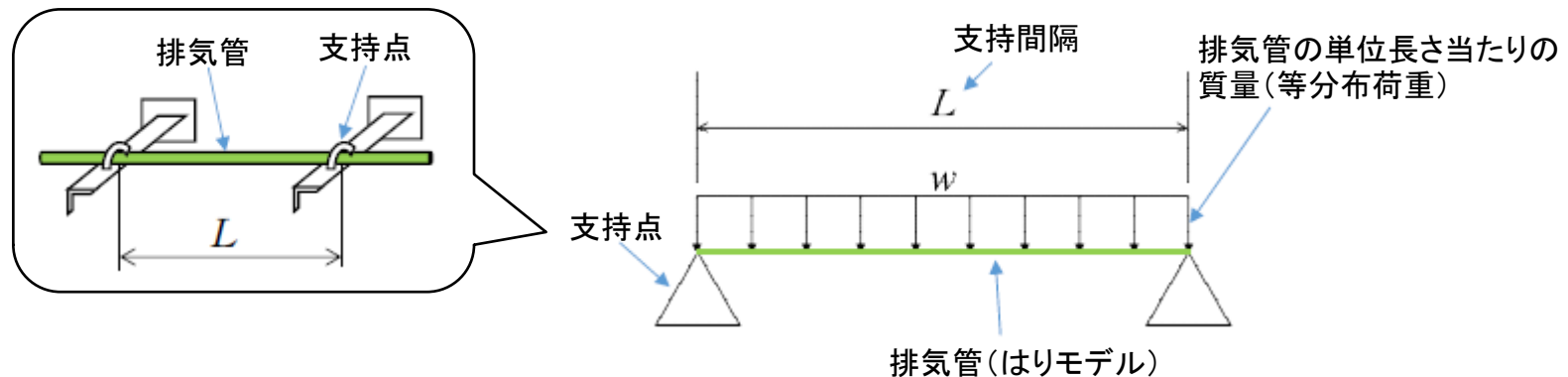


図-9 等分布荷重 両端単純支持はりモデル

## 2. 評価方法及び評価結果(14/18)

### 2) Bクラス主要排気管(鋼管)の支持間隔

主要排気管(鋼管)支持間隔は下式にて計算する。

$$L = \sqrt{\frac{\pi}{2 \cdot f_d} \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot 10000}{w}}}$$

L : 支持間隔 [mm]

f<sub>d</sub> : 固有振動数 [Hz]

E : 縦弾性係数 [N/mm<sup>2</sup>]

I : 断面2次モーメント [mm<sup>4</sup>]

w : 主要排気管(鋼管)の単位長さ当たりの質量 [kg/mm]

π : 円周率

表-1 主要排気管(鋼管)の各種条件及び支持間隔の計算結果

配管分類	主要排気管(鋼管)							
耐震クラス	Bクラス							
設計温度 [°C]	60							
配管材料	SUS304							
配管口径	100A	125A	150A	200A	250A	350A	450A	600A
Sch	10S					40		
設計圧力 [MPa]	0.0095							
配管支持間隔 [m]	3.9	4.3	4.7	5.3	6.0	6.8	7.7	8.9

## 2. 評価方法及び評価結果(15/18)

### 3) 評価方法

対象の主要排気管(鋼管)は、クラス4配管の規定を準用する。

応力算定式については下式で表される。

また、許容制限についてはJEAC4601-2008より、クラス4配管は「地震時に機能が保たれるよう支持間隔を確保することとする」とあるため、弾性範囲の設計として許容応力を $1.0S_y$ ( $S_y$ :降伏応力)にて算出する。

$$S = \frac{PD_0}{4t} + \frac{M_a + M_b}{Z}$$

$$M_a : \text{自重によるモーメント} \quad M_a = \frac{w \cdot g \cdot L^2}{8}$$

$$M_b : \text{地震によるモーメント} \quad M_b = \frac{C_h \cdot w \cdot g \cdot L^2}{8}$$

S : 発生応力 [MPa]

P : 設計圧力 [MPa]

$D_0$ : 外径 [mm]

t : 板厚 [mm]

Z : 断面係数 [mm<sup>3</sup>]

$C_h$ : 水平震度 -

L : 支持間隔 [mm]

w : 主要排気管(鋼管)の単位長さ当たりの質量 [kg/mm]

g : 重力加速度(=9.80665) [m/s<sup>2</sup>]

### 4) 評価結果

表-2 主要排気管(鋼管)の応力評価結果

配管分類	主要排気管(鋼管)							
配管材料	SUS304							
配管口径	100A	125A	150A	200A	250A	350A	450A	600A
Sch	10S					40		
設計圧力 [MPa]	0.0095							
内圧, 自重, 地震による発生応力 S [MPa]	8	8	8	8	8	8	8	8
供用状態 $C_s$ における一次応力 許容値 [MPa]	1.0 $S_y$ =153							

⇒ 各配管口径での発生応力が許容値以下であり、十分な構造強度を有していることを確認した。

## 2. 評価方法及び評価結果(16/18)

### (6) 主要排気管(ダクト)

主要排気管(ダクト)の耐震性評価はJEAC4601-2008に基づき、固有振動数又は許容座屈限界モーメントから定まる支持間隔を算定する。

支持間隔は、以下のいずれか小さい方の値以下として算定する。

- ①ダクト系の固有振動数が20Hz以上として定まる支持間隔
- ②地震時の座屈による大変形を防ぐため、ダクトに生じる曲げモーメントを許容座屈曲げモーメント以下とする支持間隔(許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔)

#### 1) 計算条件

- ・ダクトの計算モデルは、両端単純支持はりモデルとする。
- ・ダクトの重量は、フランジ重量も含めて等分布荷重として扱う。
- ・丸ダクトについては、矩形ダクトと比べて十分な剛性を有していることから評価は矩形ダクトで代表する。

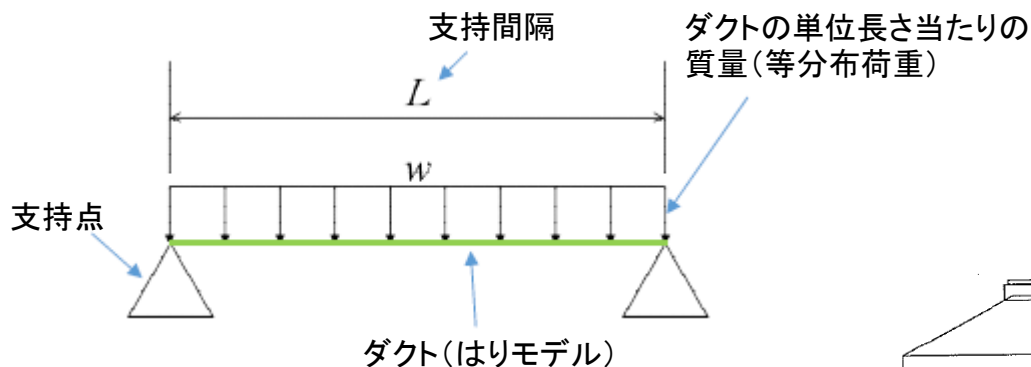


図-10 等分布荷重 両端単純支持はりモデル

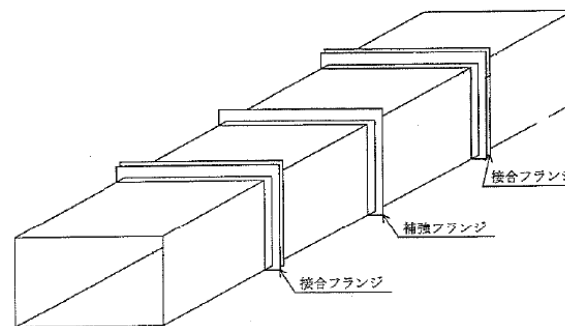


図-11 ダクト構造例: JEAC4601-2008より

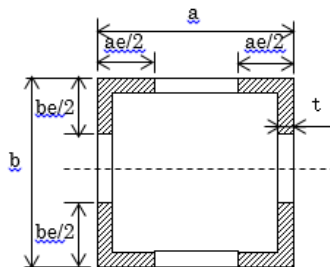
## 2. 評価方法及び評価結果(17/18)

### 2) 評価式

①ダクトの固有振動数から定まる支持間隔 :  $L_{R1}$

$$L_{R1} = \sqrt{\frac{\pi}{2 \cdot f d}} \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot 1000}{w}}$$

$$I = \beta \cdot \left( \frac{t \cdot b e^3}{6} + a e \cdot t \cdot \frac{b e^2}{2} \right)$$



$f d$	: 固有振動数	(Hz)
$\pi$	: 円周率	(-)
$L_{R1}$	: 両端単純支持間隔	(mm)
$E$	: 縦弾性係数	(N/mm <sup>2</sup> )
$I$	: 断面二次モーメント	(mm <sup>4</sup> )
$w$	: ダクト単位長さ質量	(kg/mm)
$\beta$	: 断面二次モーメントの安全係数	0.6

$a$	: ダクト長辺寸法	(mm)
$b$	: ダクト短辺寸法	(mm)
$ae$	: ダクトフランジの有効幅	(mm)
$be$	: ダクトウェブの有効幅	(mm)
$t$	: ダクト板厚	(mm)

②許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔 :  $L_{R2}$

$$L_{R2} = \sqrt{\frac{8 \cdot M}{w \cdot g \cdot \alpha}}$$

○許容座屈曲げモーメント :  $M$

$$M = S \cdot M_t$$

$$M_t = \lambda \cdot \frac{\pi \cdot t \cdot I}{\sqrt{1 - \nu^2} \cdot b^2} \cdot \sqrt{E \cdot \sigma_y \cdot \gamma}$$

$$I = \frac{t \cdot b^3}{6} + a e \cdot t \cdot \frac{b^2}{2}$$

$L_{R2}$	: 許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔	(mm)
$M$	: 許容座屈曲げモーメント	(N・mm)
$w$	: ダクト単位長さ質量	(kg/mm)
$g$	: 重力加速度 (=9.80665)	(m/s <sup>2</sup> )
$\alpha$	: 設計震度	(-)
$S$	: 許容座屈曲げモーメントの安全係数	0.7
$M_t$	: 座屈限界曲げモーメント	(N・mm)
$\lambda$	: 座屈限界曲げモーメントの補正係数	(-)
$\pi$	: 円周率	(-)
$t$	: ダクト板厚	(mm)
$b$	: ダクト短辺寸法	(mm)
$I$	: 断面二次モーメント	(mm <sup>4</sup> )
$E$	: 縦弾性係数	(N/mm <sup>2</sup> )
$ae$	: ダクトフランジの有効幅	(mm)
$\gamma$	: 座屈限界曲げモーメントの安全係数	0.6
$\nu$	: ポアソン比	0.3
$\sigma_y$	: 降伏点	(N/mm <sup>2</sup> )



## 2. 評価方法及び評価結果(18/18)

### 3) 評価結果

表-3 主要排気管(ダクト)における各種条件及び支持間隔の計算結果

評価部材	主要排気管(ダクト)		
耐震クラス	Bクラス		
材料	SS400		
設計温度[°C]	60		
寸法[mm]	559.0×559.0	659.0×659.0	706.4*
板厚[mm]	4.5	4.5	3.2
①ダクトの固有振動数より定まる支持間隔[m]	6.6	7.1	7.0
②許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔[m]	57.8	55.3	42.2
耐震支持間隔(=Min[①, ②])[m]	6.6	7.1	7.0

\* : 寸法706.4mm×706.4mm、板厚3.2mmの矩形ダクトとして代表した支持間隔を示す。

⇒ 耐震Bクラスの条件を満足する主要排気管(ダクト)の耐震支持間隔を算出した。

放射性物質分析・研究施設第2棟に係る  
実施計画の変更認可申請について  
(保安体制について)

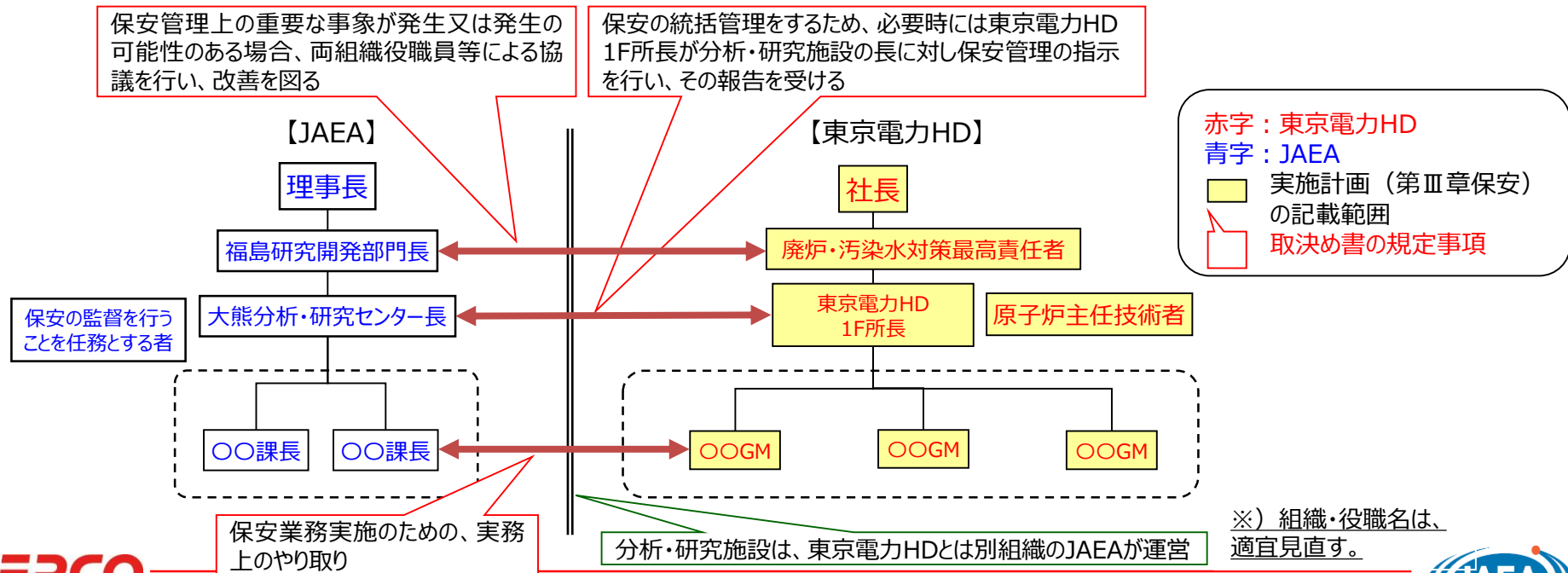
2020年7月2日

東京電力ホールディングス株式会社  
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

# 1. 放射性物質分析・研究施設の保安体制(1/3)

JAEAと東京電力HDは本施設の安全性並びに効率性を相互協力により確保するため覚書を交わし、放射性物質分析・研究施設に係る両者の基本的な役割分担、権利義務を以下の通り定めている。

- 放射性物質分析・研究施設は、1Fにおける特定原子力施設の一部として、**東京電力HDが保安に関する統括管理を行う**。
- 放射性物質分析・研究施設の**施設所有・運営**は、十分な技術力を有する**JAEAを主体**とすることで、本施設の有効活用を図る。
- 分析結果の第三者性を踏まえ、JAEAの運営組織は東京電力HDと別組織とする。
- 本施設についての保安管理を確実に実施するため、**両者の関係を取決め書**で規定する。
- 保安管理上の重要な事象が発生又は発生のある可能性がある場合は、両組織の役員による協議を行い、改善を図る。



# 1. 放射性物質分析・研究施設の保安体制(2/3)

JAEAと東京電力HDは組織及びQMSが別々となるが、東京電力HDが保安の統括管理を実施できるよう、以下の基本的考え方のもと東京電力HDとJAEAの間で保安管理に関する取決め書を締結する。

- 実施計画（第Ⅲ章保安）の内容は、特定原子力施設への要求事項であり、東京電力HDはJAEAとともに、分析・研究施設についても他の実施計画の施設と同等の保安管理・保安活動を実施する。
- 東京電力HDは特定原子力施設の指定を受けた特定原子力事業者等として、分析・研究施設の保安管理を行う。JAEAは分析・研究施設の所有・運営を行う事業主体として、東京電力HDの保安管理の下、保安活動を実施する。
- 東京電力HDは所長、原子炉主任技術者、分析評価GM他各担当GMが保安に関する職務に応じて保安活動を管理・監督する。JAEAは大熊分析・研究センター長、保安の監督を行うことを任務とする者、各担当課長が保安に関する職務に応じて保安活動を行う。
- JAEAは保安の実施内容について東京電力HDへの報告および承認や確認を得るものとする。

廃止措置等に関する連携協力についての協定書【H25.5.15】（JAEA理事長－東京電力HD社長※）

設置及び運営に関する基本的な協力覚書【H28.3.14】

JAEA福島研究開発部門長－東京電力福島第一廃炉推進カンパニープレジデント※）

現場作業の安全確保及び円滑推進に係る取決め書【H28.4.21】

（JAEA福島研究基盤創生センター所長※－東京電力HD1F所長）

分析・研究施設第1棟の建設・運転保守における保安管理に関する取決め書

【H29.1.19】（JAEA福島研究基盤創生センター所長※－東京電力HD1F所長）

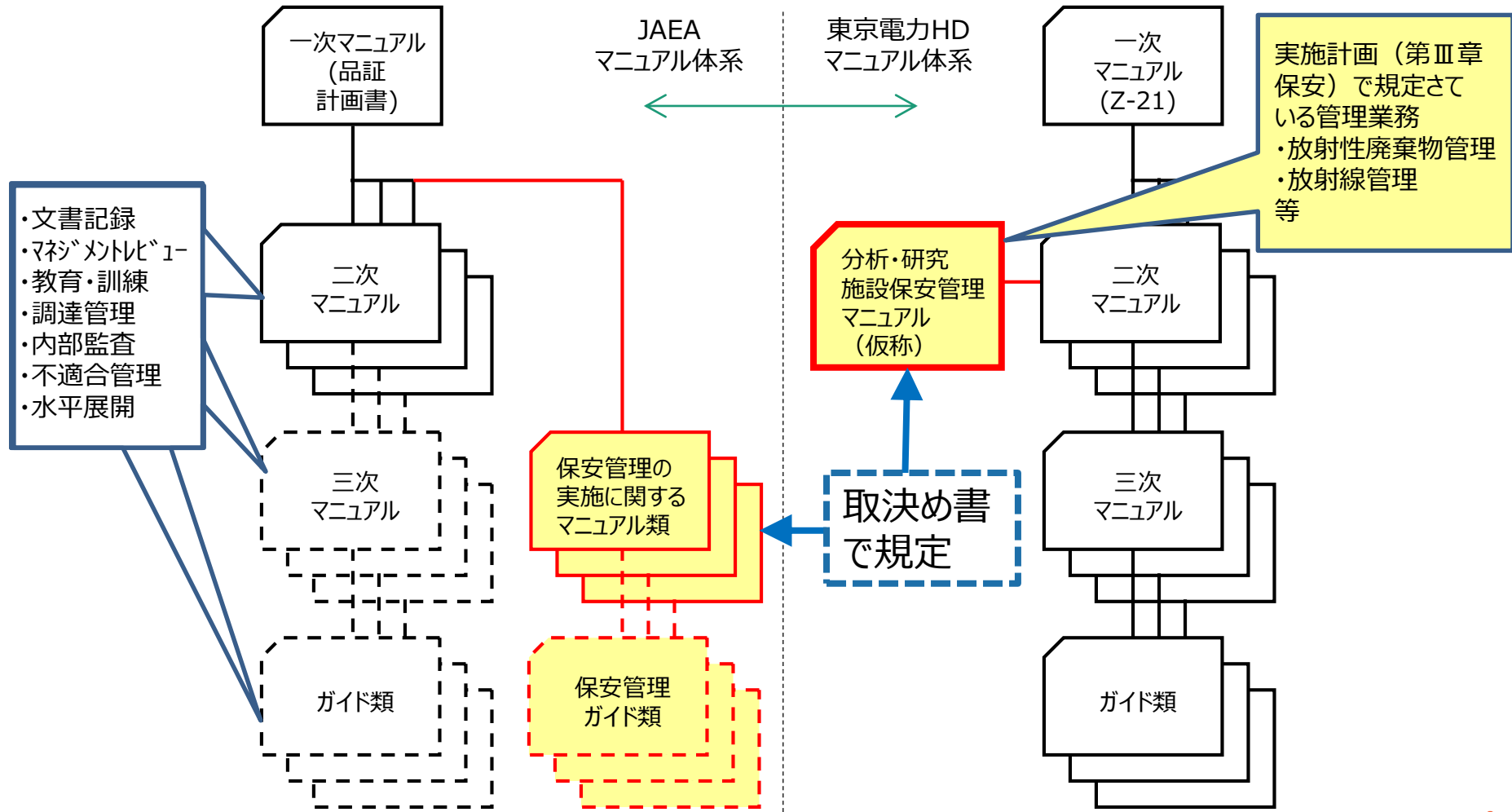
分析・研究施設第2棟の建設・運転保守における保安管理に関する取決め書

（今後、細部調整）

※）現組織では、東京電力⇒東京電力HD、福島研究基盤創生センター所長⇒大熊分析・研究センター長にそれぞれ対応

# 1. 放射性物質分析・研究施設の保安体制(3/3)

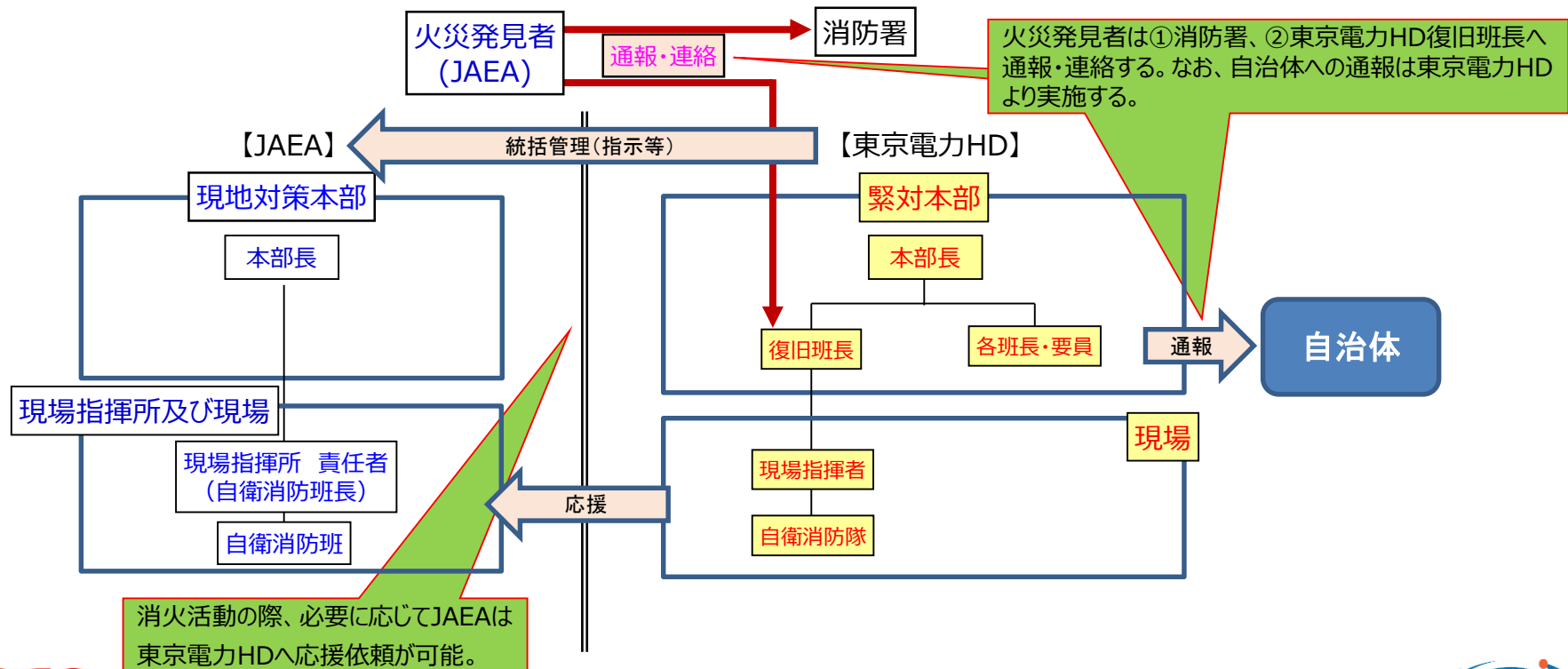
保安管理を確実に実施するため、取決め書には、東京電力HDはマニュアルに「保安管理上の要求事項」を定め、JAEAは「その要求事項に従い具体的な手順等」を定めることを規定。



## 2. 具体例(火災発生時の対応)

JAEAと東京電力HDは、火災時の対応について以下の通り定めている。

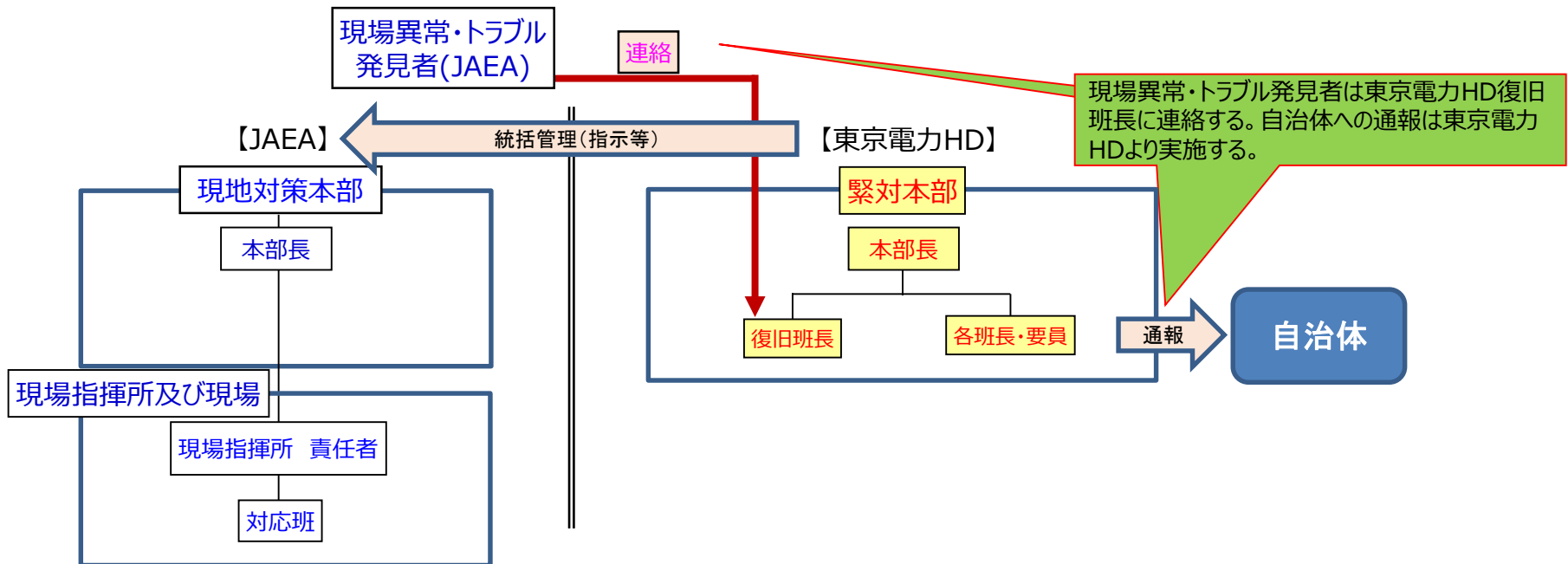
- 通報・連絡についてはJAEAが主体となり、消防署、東京電力HD復旧班長、警察署への通報・連絡を行う。但し、自治体への通報は東京電力HDの通報基準に基づき東京電力HDが行う。
- 消火活動はJAEAが主体となり実施する。東京電力HDはJAEAからの要請に応じ自衛消防隊の派遣、資材の提供を行う。
- 原因究明及び再発防止対策についてはJAEAが実施し、結果を東京電力HDへ報告する。



## 2. 具体例(現場異常・トラブル時の対応)

JAEAと東京電力HDは、現場異常・トラブル時の対応について以下の通り定めている。

- 設備故障・トラブル発生時は、JAEA関係箇所にて現場対応を実施する。但し、実施計画に記載の安全機能に関わる設備の故障については、東京電力HDの統括管理の下、現場対応を実施する。
- 通報・連絡については自治体へは東京電力HDが行う。



## 2. 具体例 (JAEA職員等に傷病が発生した時の対応)

JAEAと東京電力HDは、JAEA職員等に傷病が発生した時の対応について以下の通り定めている。

- 通報・連絡についてはJAEAが主体となり、東京電力HD救急医療室、東京電力HD復旧班長、警察署、労基署への通報・連絡を行う。但し、自治体への通報は東京電力HDの通報基準に基づき東京電力HDが行う。
- 緊急医療については病院への緊急搬送の判断を含め、東京電力HDが主体となり実施する。
- 緊急搬送が必要な場合、原子力災害現地対策本部の定める要領に基づき、東京電力HD実施保安班員が同行する。

