

本資料のうち、枠囲みの内容は、営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所工事計画審査資料	
資料番号	工認-369 改5
提出年月日	平成30年9月14日

V-2-別添1-2 火災感知器の耐震計算書

## 目次

1.	概要	1
2.	一般事項	1
2.1	構造計画	1
3.	固有周期	9
3.1	解析方法	9
3.2	固有値解析結果	9
3.3	設計用地震力	10
4.	構造強度評価	10
4.1	構造強度評価方法	10
4.2	荷重の組合せ及び許容応力	10
5.	機能維持評価	13
5.1	電氣的機能維持評価方法	13
6.	評価結果	14

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-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、火災感知器が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有しており、火災を早期に感知する機能を保持することを確認するものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

火災感知器の構造計画を表2-1に示す。

また、火災感知器における基礎ボルトの構造強度評価モデルの諸元を表2-2に示す。

なお、火災感知器は、火災区域又は火災区画における放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流等の環境条件及び炎が生じる前に発煙する等の予想される火災の性質を考慮して選定された種類の火災感知器を発電所全体にわたって広範囲に設置する。

表2-1 構造計画(1/3)

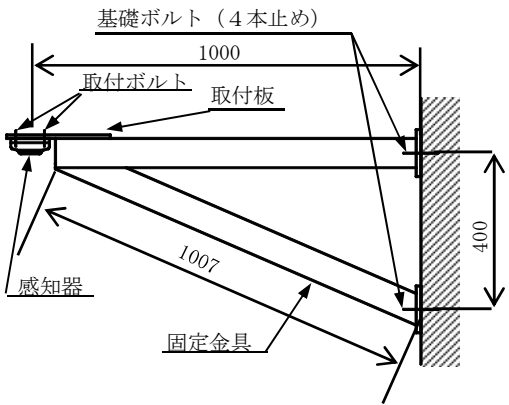
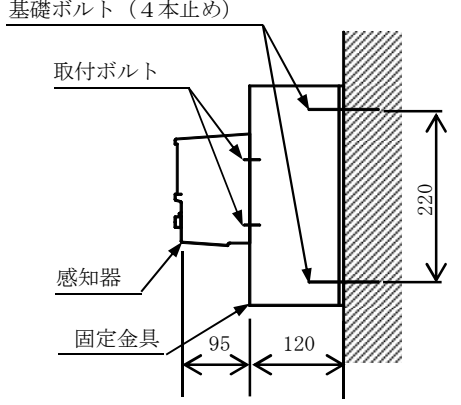
機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
熱感知器 煙感知器①	各火災感知器は、固定金具に溶接により接続されている取付板に取付ボルトにて取り付ける。また、固定金具は基礎ボルトにより、建屋壁等の躯体に据え付ける。	熱感知器 煙感知器 (壁掛型)	 <p>(単位：mm)</p> <p>基礎ボルトの評価上最も厳しい条件として、感知器の設置レベルが最も高く、最長の固定金具となるケースを代表とする。</p>
光電分離式 煙感知器	光電分離式煙感知器は、取付ボルトにて固定金具に取り付け、固定金具を基礎ボルトにより、建屋壁等の躯体に据え付ける。	光電分離式 煙感知器 (壁掛型)	 <p>(単位：mm)</p>

表2-1 構造計画(2/3)

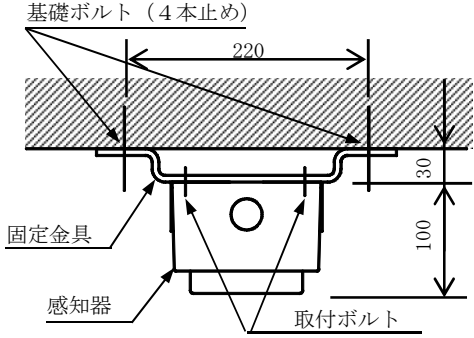
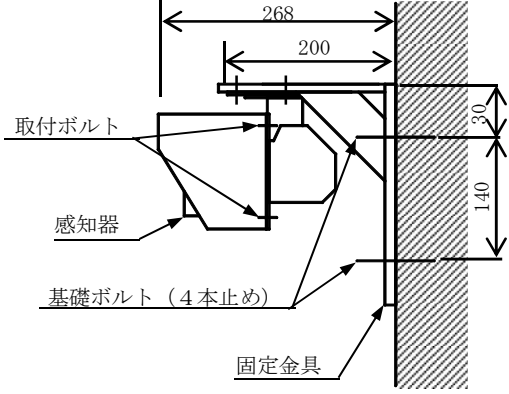
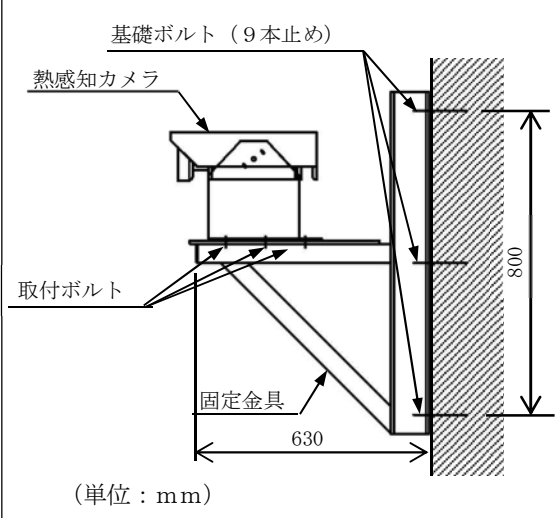
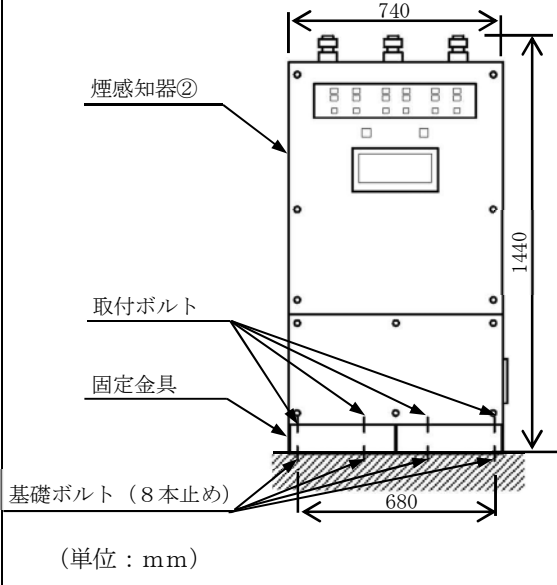
機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
煙感知器 (防爆) 熱感知器 (防爆)	各火災感知器は、取付ボルトにて固定金具に取り付け、固定金具を基礎ボルトにより、建屋天井等の躯体に据え付ける。	煙感知器 (防爆) 熱感知器 (防爆)	 <p>(単位: mm)</p>
屋外仕様 炎感知器	炎感知器は、取付ボルトにて固定金具に取り付け、固定金具を基礎ボルトにより、建屋壁等の躯体に据え付ける。	炎感知器 (壁掛型)	 <p>(単位: mm)</p>

表2-1 構造計画(3/3)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
熱感知カメラ	熱感知カメラは、取付ボルトにて固定金具に取り付け、固定金具を基礎ボルトにより、建屋壁の躯体に据え付ける。	熱感知カメラ (壁掛型)	 <p>(単位: mm)</p>
煙感知器②	煙感知器②は、取付ボルトにて固定金具に取り付け、固定金具を基礎ボルトにより、建屋床の躯体に据え付ける。	煙感知器 (垂直自立型)	 <p>(単位: mm)</p>

NT2 補② V-2-別添1-2 R5

表2-2 熱感知器の構造強度評価モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値	
ボルトの軸断面積	$A_b$	$\text{mm}^2$		
ボルトの呼び径	$d$	$\text{mm}$		
重力加速度	$g$	$\text{m/s}^2$		
取付面から重心までの距離	$h_1$	$\text{mm}$		
重心と下側ボルト間の距離	$l_1$	$\text{mm}$		
左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離	$l_a$	$\text{mm}$		
上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離	$l_b$	$\text{mm}$		
機器の質量	$m$	$\text{kg}$		
ボルトの本数	$n$	—		4
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（水平方向）	$n_{fH}$	—		2
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（鉛直方向）	$n_{fV}$	—	2	

表2-3 煙感知器①の構造強度評価モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値	
ボルトの軸断面積	$A_b$	$\text{mm}^2$		
ボルトの呼び径	$d$	$\text{mm}$		
重力加速度	$g$	$\text{m/s}^2$		
取付面から重心までの距離	$h_1$	$\text{mm}$		
重心と下側ボルト間の距離	$l_1$	$\text{mm}$		
左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離	$l_a$	$\text{mm}$		
上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離	$l_b$	$\text{mm}$		
機器の質量	$m$	$\text{kg}$		
ボルトの本数	$n$	—		4
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（水平方向）	$n_{fH}$	—		2
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（鉛直方向）	$n_{fV}$	—	2	

表2-4 光電分離式煙感知器の構造強度評価モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
ボルトの軸断面積	$A_b$	$\text{mm}^2$	
ボルトの呼び径	$d$	$\text{mm}$	
重力加速度	$g$	$\text{m/s}^2$	
取付面から重心までの距離	$h_1$	$\text{mm}$	
重心と下側ボルト間の距離	$l_1$	$\text{mm}$	
左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離	$l_a$	$\text{mm}$	
上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離	$l_b$	$\text{mm}$	
機器の質量	$m$	$\text{kg}$	
ボルトの本数	$n$	—	4
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（水平方向）	$n_{fH}$	—	2
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（鉛直方向）	$n_{fV}$	—	2

表2-5 煙感知器（防爆）の構造強度評価モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
ボルトの軸断面積	$A_b$	$\text{mm}^2$	
ボルトの呼び径	$d$	$\text{mm}$	
重力加速度	$g$	$\text{m/s}^2$	
取付面から重心までの距離	$h_2$	$\text{mm}$	
重心とボルト間の水平方向距離	$l_2$	$\text{mm}$	
重心とボルト間の水平方向距離	$l_3$	$\text{mm}$	
機器の質量	$m$	$\text{kg}$	
ボルトの本数	$n$	—	
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	$n_f$	—	2



表2-6 熱感知器（防爆）の構造強度評価モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
ボルトの軸断面積	$A_b$	$\text{mm}^2$	
ボルトの呼び径	$d$	$\text{mm}$	
重力加速度	$g$	$\text{m/s}^2$	
取付面から重心までの距離	$h_2$	$\text{mm}$	
重心とボルト間の水平方向距離	$\ell_2$	$\text{mm}$	
重心とボルト間の水平方向距離	$\ell_3$	$\text{mm}$	
機器の質量	$m$	$\text{kg}$	
ボルトの本数	$n$	—	4
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	$n_f$	—	2

表2-7 屋外仕様炎感知器の構造強度評価モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
ボルトの軸断面積	$A_b$	$\text{mm}^2$	
ボルトの呼び径	$d$	$\text{mm}$	
重力加速度	$g$	$\text{m/s}^2$	
取付面から重心までの距離	$h_1$	$\text{mm}$	
重心と下側ボルト間の距離	$\ell_1$	$\text{mm}$	
左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離	$\ell_a$	$\text{mm}$	
上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離	$\ell_b$	$\text{mm}$	
機器の質量	$m$	$\text{kg}$	
ボルトの本数	$n$	—	4
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（水平方向）	$n_{fH}$	—	2
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（鉛直方向）	$n_{fV}$	—	2

表2-8 熱感知カメラの構造強度評価モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
ボルトの軸断面積	$A_b$	$\text{mm}^2$	
ボルトの呼び径	$d$	mm	
重力加速度	$g$	$\text{m/s}^2$	
取付面から重心までの距離	$h_1$	mm	
重心と下側ボルト間の距離	$\ell_1$	mm	
左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離	$\ell_a$	mm	
上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離	$\ell_b$	mm	
機器の質量	$m$	kg	
ボルトの本数	$n$	—	
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（水平方向）	$n_{fH}$	—	3
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（鉛直方向）	$n_{fV}$	—	3

表2-10 煙感知器②の構造強度評価モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
ボルトの軸断面積	$A_b$	$\text{mm}^2$	
ボルトの呼び径	$d$	mm	
重力加速度	$g$	$\text{m/s}^2$	
取付面から重心までの距離	$h_2$	mm	
重心とボルト間の水平方向距離（短辺方向）	$\ell_2$	mm	
重心とボルト間の水平方向距離（短辺方向）	$\ell_3$	mm	
重心とボルト間の水平方向距離（長辺方向）	$\ell_2$	mm	
重心とボルト間の水平方向距離（長辺方向）	$\ell_3$	mm	
機器の質量	$m$	kg	
ボルトの本数	$n$	—	8
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（短辺方向）	$n_f$	—	4
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（長辺方向）	$n_f$	—	2

3. 固有周期

3.1 基本方針

火災感知器の固有周期は、添付書類「別添1-1 4. 固有周期」に示す評価方針に従い、「3.2 解析方法」に基づき、正弦波掃引試験により評価する。

3.2 固有値解析結果

火災感知器の固有値解析結果を表3-1に示す。

表3-1により、火災感知器の固有周期は、であり剛であることを確認した。

表3-1 固有値解析結果 (単位：s)

機器名称		方向	固有周期	
火災感知器	熱感知器	水平		
		鉛直		
	煙感知器①	水平		
		鉛直		
	光電分離式 煙感知器	水平		
		鉛直		
	煙感知器 (防爆)	水平		
		鉛直		
	熱感知器 (防爆)	水平		
		鉛直		
	屋外仕様炎感知器	水平		
		鉛直		
	熱感知カメラ	水平		
		鉛直		
	煙感知器②	水平		
		鉛直		

### 3.3 設計用地震力

火災感知器の耐震計算に用いる設計用地震力については、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

## 4. 構造強度評価

### 4.1 構造強度評価方法

火災感知器は、添付書類「別添1-1 5.2 構造強度評価」に示す評価方針に従い、構造強度評価を実施する。

### 4.2 荷重の組合せ及び許容応力

構造強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、添付書類「別添1-1 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使用する。

#### 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

構造強度評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態は、火災感知器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表4-1に示す。

#### 4.2.2 許容応力及び許容応力評価条件

火災感知器の基礎ボルトにおける許容応力は添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表4-2に示す。

火災感知器における基礎ボルトの許容応力評価条件を表4-3に示す。

表4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の 重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	火災防護 設備	熱感知器	C	—*	$D + S_s$	$IV_A S$
		煙感知器①	C	—*	$D + S_s$	$IV_A S$
		光電分離式煙感知器	C	—*	$D + S_s$	$IV_A S$
		煙感知器（防爆）	C	—*	$D + S_s$	$IV_A S$
		熱感知器（防爆）	C	—*	$D + S_s$	$IV_A S$
		屋外仕様炎感知器	C	—*	$D + S_s$	$IV_A S$
		熱感知カメラ	C	—*	$D + S_s$	$IV_A S$
		煙感知器②	C	—*	$D + S_s$	$IV_A S$

注記 \*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表4-2 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界（ボルト等） *1, *2	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記 \*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。

\*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表4-3 許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価対象 部位	材料	温度条件 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	SS400 (径 ≤ 16 mm)	40 (雰囲気温度)	245	400	280

## 5. 機能維持評価

### 5.1 電氣的機能維持評価方法

火災感知器は、添付書類「別添1-1 5.3 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。

なお、機能確認済加速度には、対象機器の加振試験において電氣的機能の健全性を確認した最大加速度を適用する。

## 6. 評価結果

火災感知器の構造強度評価結果及び機能維持評価結果を以下に示す。なお、発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。



【火災感知器の耐震性についての計算結果】

6.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据え付け場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 $S_s$		周辺環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
熱感知器	C	原子炉建屋 EL. 46.5* <sup>1</sup>			1.74	1.52	40
煙感知器①	C	原子炉建屋 EL. 46.5* <sup>1</sup>			1.74	1.52	40
光電分離式煙感知器	C	原子炉建屋 EL. 63.65* <sup>1</sup>			2.45	1.88	40
煙感知器 (防爆)	C	原子炉建屋 EL. 14.0* <sup>1</sup>			1.13	0.99	40
熱感知器 (防爆)	C	原子炉建屋 EL. 14.0* <sup>1</sup>			1.13	0.99	40
屋外仕様炎感知器	C	原子炉建屋 EL. 63.65* <sup>1</sup>			2.45	1.88	40
熱感知カメラ	C	海水ポンプ室 EL. 0.3			1.10	1.03	40
煙感知器②	C	原子炉建屋 EL. 14.0			1.13	0.99	40

注記 \* 1 : 建屋天井等に固定しているため、設置フロア上階の設備評価用床応答曲線を用いる。

\* 2 : 固有値解析より 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

6.2 機器要目

機器名称	部材	m (kg)	$h_i$ (mm)	$l_1$ (mm)	$l_2$ (mm)	$l_3$ (mm)	$l_a$ (mm)	$l_b$ (mm)	$A_b$	n	$n_f$
熱感知器	基礎ボルト									4	2
煙感知器①	基礎ボルト									4	2
光電分離式煙感知器	基礎ボルト									4	2
煙感知器(防爆)	基礎ボルト									4	2
熱感知器(防爆)	基礎ボルト									4	2
屋外仕様炎感知器	基礎ボルト									4	2
熱感知カメラ	基礎ボルト									9	3
煙感知器②	基礎ボルト(短辺方向)									8	4
	基礎ボルト(長辺方向)									8	2

部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	$F^*$ (MPa)
基礎ボルト	245	400	280

6.3 計算数値

(1) ボルトに作用する力

(単位：N)

機器名称	部材	F <sub>b</sub>	Q <sub>b</sub>
熱感知器	基礎ボルト		
煙感知器①	基礎ボルト		
光電分離式煙感知器	基礎ボルト		
煙感知器 (防爆)	基礎ボルト		
熱感知器 (防爆)	基礎ボルト		
屋外仕様炎感知器	基礎ボルト		
熱感知カメラ	基礎ボルト		
煙感知器②	基礎ボルト		

## 6.4 構造強度評価結果

## 6.4.1 構造強度評価結果

(単位：MPa)

機器名称	評価部位	材料	応力分類	発生応力	許容応力
熱感知器	基礎ボルト	SS400	引張応力	$\sigma_b = 20$	$f_{ts} = 168^*$
			せん断応力	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 128$
煙感知器①	基礎ボルト	SS400	引張応力	$\sigma_b = 20$	$f_{ts} = 168^*$
			せん断応力	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 128$
光電分離式煙感知器	基礎ボルト	SS400	引張応力	$\sigma_b = 2$	$f_{ts} = 168^*$
			せん断応力	$\tau_b = 1$	$f_{sb} = 128$
煙感知器 (防爆)	基礎ボルト	SS400	引張応力	$\sigma_b = 1$	$f_{ts} = 168^*$
			せん断応力	$\tau_b = 1$	$f_{sb} = 128$
熱感知器 (防爆)	基礎ボルト	SS400	引張応力	$\sigma_b = 1$	$f_{ts} = 168^*$
			せん断応力	$\tau_b = 1$	$f_{sb} = 128$
屋外仕様炎感知器	基礎ボルト	SS400	引張応力	$\sigma_b = 9$	$f_{ts} = 168^*$
			せん断応力	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 128$
熱感知カメラ	基礎ボルト	SS400	引張応力	$\sigma_b = 15$	$f_{ts} = 168^*$
			せん断応力	$\tau_b = 5$	$f_{sb} = 128$
煙感知器②	基礎ボルト	SS400	引張応力	$\sigma_b = 11$	$f_{ts} = 168^*$
			せん断応力	$\tau_b = 3$	$f_{sb} = 128$

注記 \*  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{to}]$ より算出  
発生応力はすべて許容応力以下である。

## 6.4.2 電氣的機能維持評価結果

( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

機器名称	据え付け場所及び 床面高さ(m)	機能確認済加速度との比較			
		水平		鉛直	
		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
熱感知器	原子炉建屋 EL. 46.5*	1.46	5.27	1.26	3.31
煙感知器①	原子炉建屋 EL. 46.5*	1.46	5.27	1.26	3.31
光電分離式煙感知器	原子炉建屋 EL. 63.65*	2.04	5.27	1.56	3.31
煙感知器 (防爆)	原子炉建屋 EL. 14.0*	0.95	3.31	0.83	3.32
熱感知器 (防爆)	原子炉建屋 EL. 14.0*	0.95	3.31	0.83	3.32
屋外仕様炎感知器	原子炉建屋 EL. 63.65*	2.04	3.19	1.56	3.30
熱感知カメラ	海水ポンプ室 EL. 0.3	0.91	10.12	0.86	4.55
煙感知器②	原子炉建屋 EL. 14.0	0.95	6.36	0.83	4.19

注記 \* : 建屋天井等に固定しているため、設置フロア上階の設備評価用床応答曲線を用いる。

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。