

美浜 3 号機、高浜 1, 2, 3, 4 号機及び大飯 3, 4 号機  
設計及び工事計画に係る補足説明資料

大山生竹テフラ噴出規模見直しに係る対応  
(抜粋)

2021年10月  
関西電力株式会社

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

## 補足説明資料目次

- 補足 2 構造強度の設計における除灰要員荷重の影響確認について
- 補足 3 降下火砕物等堆積時における鉛直荷重に対する建物・構築物の評価手法について
- 補足 4 緊急時対策所建屋（美浜発電所 3 号機、高浜発電所 1・2・3・4 号機）の腐食設計について
- 補足 5 設置許可との整合性について
- 補足 6 各影響因子の整理について
- 補足 7 火山対応の運用等に対する設工認上の扱いについて
- 補足 9 評価部位の網羅性について

## 構造強度の設計における除灰要員荷重の影響確認について

## 1. 概要

降下火砕物より防護すべき施設を内包する建屋及び屋外に設置している防護対象施設の構造強度の設計では、30 日を目処に速やかに降下火砕物の除去を行うこと、また降灰時には除雪も合わせて実施することを保安規定に定め、降下火砕物、積雪及び風による荷重を組み合わせる短期荷重として評価している。

一方で、設置変更許可での審査会合<sup>\*1</sup>では、以下の指摘があったため、考え得る最大除灰要員荷重を追加しても、降下火砕物より防護すべき建屋・施設が健全であることを説明する。

「除灰時にはこれらの荷重に加えて、除灰要員の荷重が施設に作用するため、建屋及び屋外タンクのうち、裕度が小さいものについては、設工認での詳細設計の際に除灰作業による荷重を積載荷重として考慮する必要がある。」

※1 第 930 回 原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合（2020 年 12 月 15 日）

## 2. 評価対象施設

評価対象施設は美浜 3 号機、高浜 1, 2 号機、高浜 3, 4 号機及び大飯 3, 4 号機の防護対象施設の中で最弱部の評価結果の裕度が最も低い設備及び建屋を代表施設として選定する。代表施設及び最弱部の評価結果を表 1 に示す。

表 1. 代表施設の評価結果

## (a) 設備

代表施設（部位）	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度 (-)
高浜 1 号機 燃料取替用水タンク（屋根板）	248	307	1.23

## (b) 建屋

代表施設（部位）	必要鉄筋量 (mm <sup>2</sup> /m)	配筋量 (mm <sup>2</sup> /m)	裕度 (-)
高浜 1 号機 ディーゼル建屋（屋根スラブ）	571	619	1.08

### 3. 評価方法

「強度に関する説明書」に記載の手順で評価を行う。施設に作用する荷重には降下火砕物、積雪及び風※に加えて、除灰要員の荷重を考慮するものとし、除灰要員の荷重は $1,000\text{ N/m}^2$ とする。これは、約 $100\text{ kg}$ の除灰要員が $1\text{ m}^2$ 毎に配置されているのと同様な荷重状態となる。除灰要員を含めた荷重条件を表2に示す。

※ 風荷重については、基本的には風速 $32\text{ m/s}$ を考慮しているが、燃料取替用水タンクの屋根板及び建屋の屋根スラブについては、水平方向の風荷重が作用すると、鉛直上向きの荷重が働き、鉛直下向き荷重が低減されるため、保守的に風荷重は鉛直方向の荷重としては考慮しない。詳細を別紙1に示す。

表2. 除灰要員を含めた荷重条件

発電所名	荷重（雪+火山灰+除灰要員） ( $\text{N/m}^2$ )	【参考】荷重（雪+火山灰） ( $\text{N/m}^2$ )
高浜発電所	8,050	7,050

### 4. 荷重条件の保守性及び実運用について

除灰要員を含めた荷重条件は、実運用と比較して保守的な評価となっている。高浜1号機のディーゼル建屋の場合、建屋上部の面積は約 $500\text{ m}^2$ であり、考慮する除灰要員荷重は、除灰要員500人分の荷重に相当する。設置許可の審査における建屋の除灰成立性の説明資料では、ディーゼル建屋の除灰は6人を前提として成立性確認を行っている（令和3年3月18日に提出した高浜1,2号機のまとめ資料「高浜発電所1,2号炉新知見への適合状況説明資料（DNPに対する防護）」115ページ）。なお、高浜1号機の燃料取替用水タンク上部の面積は約 $95\text{ m}^2$ であり、考慮する除灰要員荷重は、除灰要員95人分の荷重に相当するが、建屋よりも面積は小さく、それを超える人数※で除灰作業を行うことはない。

なお、実際に除灰を行う場合は、以下の流れで作業を行うことになる。

①階段等で屋根近傍までアクセスし、屋根に乗る前に屋根近傍から屋根面の除雪・除灰を行い、足場を確保する。

②その上で屋根全体の除雪、除灰を進めていく。

したがって、堆積した雪及び火山灰の上に除灰要員が乗ることはなく、これらが重畳することはないが、念のため代表施設を選定し、影響確認を行うものである。

※ ディーゼル建屋の場合、屋根（ $500\text{ m}^2$ ）の除灰を6人で行うが、燃料取替用水タンクの屋根（ $95\text{ m}^2$ ）はディーゼル建屋より面積が小さいため、6人を超える人数で除灰することはない。

## 5. 評価結果

代表施設に除灰要員の荷重を含めて強度評価を行った結果、裕度 1 を下回る施設はなかった。評価結果を表 3 に示す。したがって、雪及び火山灰が施設に堆積後、除灰要員が除灰を行ったとしても施設の健全性は保たれる。

表 3. 除灰要員の荷重を含めた評価結果

### (a) 設備

代表施設 (部位)	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度 (-)
高浜 1 号機 燃料取替用水タンク (屋根板)	279	307	1.10

### (b) 建屋

代表施設 (部位)	必要鉄筋量 (mm <sup>2</sup> /m)	配筋量 (mm <sup>2</sup> /m)	裕度 (-)
高浜 1 号機 ディーゼル建屋 (屋根スラブ)	613	619	1.01 <sup>*</sup>

※: 強度計算書と同様に保守的な評価基準値 (短期許容引張応力度) から算出した値。

本来の許容限界である終局耐力から算出した場合は、1.11 となる。

## 風荷重の考え方

屋外タンクにおいて、水平方向の風がタンクに作用した場合、胴板上部に作用した風の一部は屋根板側に流れ込むことになる。そのため、屋根面上部では、屋根面上部を流れる風に加えて胴板から流入した風も加わることから流速が上がる。屋根面上部の流速が上がることで、屋根面上部では動圧が上昇し、静圧は減少することから、屋根部には上向きの荷重が作用する。

建築物荷重指針では、風力係数を用いて風荷重の算出を行っているが、今回のようなタンク形状の場合、風力係数はマイナスとなり、風荷重は鉛直上向きの荷重となることが示されている。建築物荷重指針の抜粋を別添 1 に示す。

また、建屋の平屋根についても同様の考え方であり、建設省告示第 1454 号において、屋根面の風力係数はマイナスとなるため、風荷重は鉛直上向きの荷重となることが示されている。建設省告示第 1454 号の抜粋を別添 2 に示す。

したがって、水平方向の風荷重が作用すると、鉛直上向きの荷重が働き、鉛直下向き荷重が低減されるため、保守的に風荷重は考慮していない。

【「建築物荷重指針・同解説」(社) 日本建築学会(2004)】(抜粋)

- 36 - 建築物荷重指針

**A6.2.3 構造骨組用の内圧係数**

構造骨組用の内圧係数は、開口部の大きさや位置に応じて適切に定めなければならない。ただし、閉鎖型建築物の内圧係数は、表 A6.11 により定める。

表 A6.11 閉鎖型建築物の内圧係数  $C_{pi}$

$C_{pi}$
0 または -0.4

**A6.2.4 構造骨組用の風力係数**

(1) 円形平面をもつ建築物の風力係数  $C_D$

円形平面をもつ建築物の風力係数は、表 A6.12 により定める。ただし、 $DU_H \geq 6(m^2/s)$  で、アスペクト比  $H/D$  が 8 以下の建築物にのみ適用する。

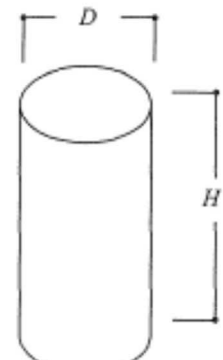
表 A6.12 円形平面をもつ建築物の風力係数  $C_D$

$C_D = 1.2k_1k_2k_z$

ここで、

- $k_1$  : アスペクト比の影響を表す係数
- $k_2$  : 表面粗さの影響を表す係数
- $k_z$  : 高さ方向分布係数で、表 A6.8 により定める。  
ただし、 $0.8H < Z_b$  のときは  $k_z = 0.8^{2\alpha}$  とする。

$k_1$	
$H/D < 1$	$1 \leq H/D \leq 8$
0.6	$0.6(H/D)^{0.14}$



$k_2$	
滑らかな表面 (金属, コンクリート表面, 平坦なカーテンウォール等)	0.75
粗な表面 (外径の 1% 程度の凹凸のあるカーテンウォール等)	0.9
非常に粗な表面 (外径の 5% 程度の凹凸)	1

$D$  : 建築物の外径 (m)  
 $H$  : 基準高さ (m)  
 $Z_b$  : 表 A6.3 に定める高さ (m)  
 $\alpha$  : 表 A6.3 に定めるパラメータ

圧の変動性状には、建築物内部の容積に対する隙間や開口の相対的な大きさが関係する。本項では、強風時の内圧に最も大きな影響を及ぼすと考えられる a) および b) の要因を考慮し、系統的なシミュレーションの結果に基づき、閉鎖型建築物の内圧係数を規定した。すなわち、外壁面に隙間や開口が一樣に分布し、それらの隙間や開口から外圧が建築物内部に伝達され内圧が形成されるという仮定のもとに、種々の形状の建築物について内圧の時間平均値を算定し<sup>35)</sup>、それらに基づき内圧係数の指針値を与えた。

ほかの要因の影響も大きいと考えられる場合には、それらの影響も考慮した検討が必要である。例えば、建築物内部が気密な間仕切り等により分割されている場合には、内圧は建築物全体で一樣にはならず、d) の影響を考慮する必要がある。容量の大きな空調機械を運転した場合には e) の影響が大きくなり、膜構造のように屋根や外壁が柔な構造物では f) の影響が大きい。また、h) に関しては、強風時に飛来物により風上壁面の窓ガラス等が破壊すると、そこから風が吹き込んで内圧が急激に上昇することが屋根の飛散等の原因になることが多く、注意が必要である。

#### A6.2.4 構造骨組用の風力係数

##### (1) 円形平面をもつ建築物の風力係数 $C_D$

円形平面をもつ建築物の風力係数は、レイノルズ数、気流条件、アスペクト比  $H/D$  や表面粗さの影響を受ける。

図 A6.2.2<sup>36)</sup> は、表面が極めて滑らかな二次元円柱の一樣流中での抗力係数  $C_D$  のレイノルズ数による変化を示す。ここで、レイノルズ数は  $Re = UD/\nu$  で定義されている。ただし、 $U$ 、 $D$ 、 $\nu$  は、それぞれ流速、円柱の外径、流体の動粘性係数である。なお、流速  $U$  を (m/s)、外径  $D$  を (m) の単位とすると、空気中でのレイノルズ数は、 $Re \approx 7UD \times 10^4$  と計算される。図 A6.2.2 によれば、 $Re = 2 \times 10^5 \sim 5 \times 10^6$  の範囲で  $C_D$  は大きく変化する。円柱まわりの流れは、通常図 A6.2.2 に示すように、「亜臨界域」、「臨界域」、「超臨界域」、および、「極超臨界域」の4領域に分けて考えられる。強風を対象とした場合、建築物のレイノルズ数は極超臨界域にあるので、本項ではこの領域を対象に風力係数  $C_D$  を定めた。

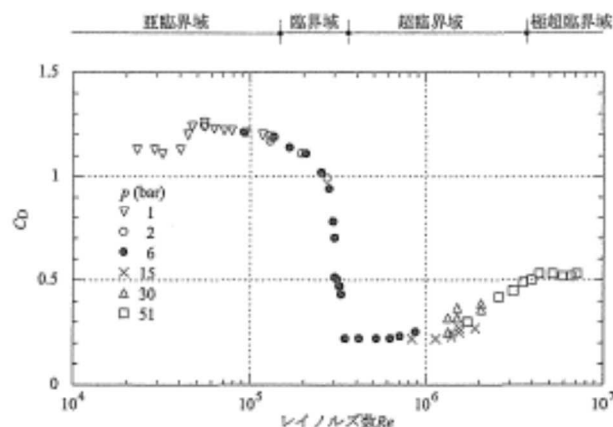


図 A6.2.2 表面が極めて滑らかな二次元円柱の一樣流での抗力係数  $C_D$  とレイノルズ数  $Re$  の関係<sup>36)</sup>



円柱のアスペクト比や表面粗さは風力係数  $C_D$  に大きな影響を及ぼす。特に、表面粗さは極超臨界域での  $C_D$  を大きく変化させる。本項では、アスペクト比  $H/D$  の影響を係数  $k_1$  で、極超臨界域での表面粗さの影響を係数  $k_2$  で考慮した<sup>37)</sup>。

屋根の外圧係数は、表 A6.10 に示すドーム屋根の外圧係数のうち、 $f/D=0$  かつ  $h/D=1$  に対する値とすることができる。

### (2) 長方形平面をもつ独立上屋の風力係数 $C_R$

独立上屋の場合、屋根の下にも風が流れ、屋根の上面だけでなく下面にも大きな変動風圧が作用する。屋根に作用する風力は上下面に作用する風圧の差であり、独立上屋の場合には閉鎖型建築物に比べて両者の相関が高く、それぞれ切り離して扱うことはできないので、風力係数を直接与えた。なお、本項に示す風力係数は、基準高さが概ね 10m 以下の屋根を対象とした風洞実験結果に基づいているため、簡便法の適用できる小規模な建築物に利用を限定している。

表 A6.13 に示す風力係数は、切妻屋根(屋根勾配  $\theta > 0^\circ$ ) や翼型屋根(屋根勾配  $\theta < 0^\circ$ ) の風上ならびに風下部分に作用する最大および最小ピーク風力係数に関する風洞実験結果と諸外国の基規準を参考にして定めたものである<sup>38)</sup>。既往の実験結果のほとんどが屋根勾配  $\pm 30^\circ$  までの範囲を対象としているため、本項の規定もこの範囲に利用を限定した。また、表の風力係数は、屋根の下に流れを遮るような大きな遮蔽物がない状態を想定したものである。閉塞率が 50% を超えるような大きな遮蔽物が屋根の下に置かれると、屋根下面の風圧が上昇して大きな吹き上げ力が作用することが多い。このような場合には、風洞実験等により適切に風力係数を定める必要がある。

### (3) ラチス型塔状構造物の風力係数 $C_D$

一般にラチス型塔状構造物では、個々の部材はその幅が構面の寸法に比べて十分に小さく対称に配置されるので、構面全体に働く風力は、平均的には風方向の抗力のみとみなすことができる。構面全体の抗力は部材等各要素の抗力の和をとることで得られる。部材まわりの流れはその場所の流れの特性のみに支配されるので、各部材の抗力は直接作用する当該高さの速度圧に比例する。このような考え方にに基づき、ラチス型塔状構造物の風力の算定法には、構面の充実率  $\varphi$  に対応した風力係数に構面の正対投影面積を乗じて算定する方法、および、個々の部材等の風力係数と見付面積を乗じたものを合計して算定する方法<sup>39)</sup>(一般に「部材集計法」と呼ばれる)とが採用されている。いずれの場合も、充実率が小さいことが前提となっており、本項では前者の方法を採用し、充実率  $\varphi$  が 0.6 以下の場合について風力係数  $C_D$  を示した。

風力係数  $C_D$  は、充実率  $\varphi$ 、構造物の平面形状、部材の断面形状により表 A6.14 で与えられる。ここでの充実率  $\varphi$  は、一構面の部材やプレートによる正対投影面積  $A_F$  を外郭面積  $A_0 (= Bh)$  で除したものであり、風向が構面に正対する場合の風上面について節間毎に求める。同じ高さであれば各構面の充実率  $\varphi$  は等しいと考え、充実率  $\varphi$  の算定には風下側のトラスやトラス以外の付属材は考慮していない。付属材に作用する風力は、表 A6.16 に示す部材の風力係数や風洞実験等によって求め、本項で求めたラチス型塔状構造物全体に作用する風力に加算する必要がある。

構造物の平面形状として 4 脚の正方形平面と 3 脚の正三角形平面、部材の断面形状として山形鋼と円形鋼管のラチス型塔状構造物の風力係数を与えた。3 脚の正三角形平面の風力係数は、表 A6.14 の図に示す 2 種類の風向に対して同じ値である。部材が円形鋼管の場合にはレイノル

(3) 円形平面のドーム屋根の外圧係数  $C_{pe}$

円形平面のドーム屋根の外圧係数は表 A6.10 により定める。

表 A6.10 円形平面のドーム屋根の外圧係数  $C_{pe}$

$f/D$	$R_a$ 部 (正の係数)			$R_a$ 部 (負の係数)		
	$h/D = 0$	$h/D = 0.25$	$h/D = 1$	$h/D = 0$	$h/D = 0.25$	$h/D = 1$
0	検討不要			-0.6	-1.4	-1.2
0.05	0.3	0	0	0	-1.0	-1.6
0.1	0.4	0	0	0	-0.6	-1.2
0.2	0.5	0	0	0	0	-0.4
0.5	0.7	0.6	0.6	検討不要		

$f/D$	$R_b$ 部			$R_c$ 部			$R_d$ 部		
	$h/D = 0$	$h/D = 0.25$	$h/D = 1$	$h/D = 0$	$h/D = 0.25$	$h/D = 1$	$h/D = 0$	$h/D = 0.25$	$h/D = 1$
0	0	-0.8	-1.2	0	-0.1	-0.4	0	-0.1	-0.3
0.05	0	-0.4	-0.8	-0.2	-0.4	-0.4	-0.1	-0.3	-0.3
0.1	0	-0.4	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.2	-0.4	-0.4
0.2	0	-0.4	-0.6	-0.6	-0.8	-1.0	-0.2	-0.4	-0.4
0.5	0	-0.3	-0.4	-1.1	-1.2	-1.3	-0.2	-0.4	-0.4

注) 表に掲げる  $f/D$  および  $h/D$  の数値の中間値については、それぞれについて直線補間した値とする。

$D$  : 建築物の外径 (m)

$H$  : 基準高さ (m)

$h$  : 軒高 (m)

$f$  : ライズ (m)

【建設省告示第 1454 号（2015 年版 建築物の構造関係技術基準解説書（国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所）より）】（抜粋）

図 1 閉鎖型の建築物（張り間方向に風を受ける場合。表 1 から表 5 までを用いるものとする。）

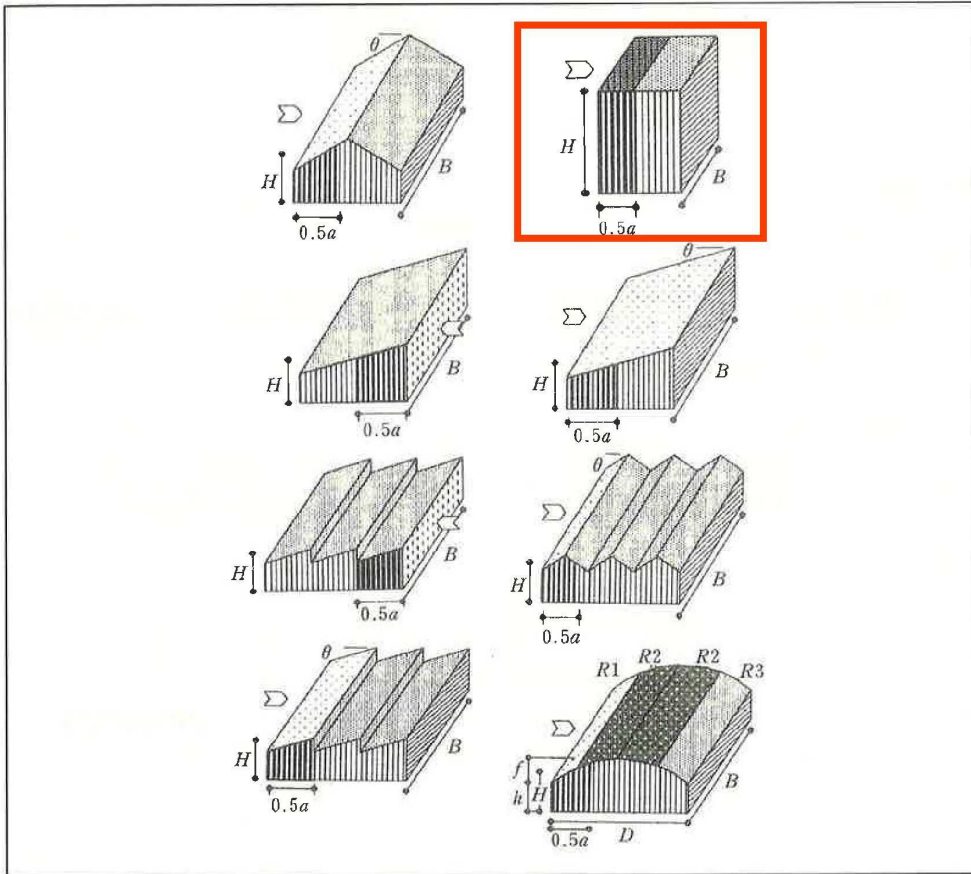


図2 閉鎖型の建築物（けた行方向に風を受ける場合。表1、表2及び表5を用いるものとする。）

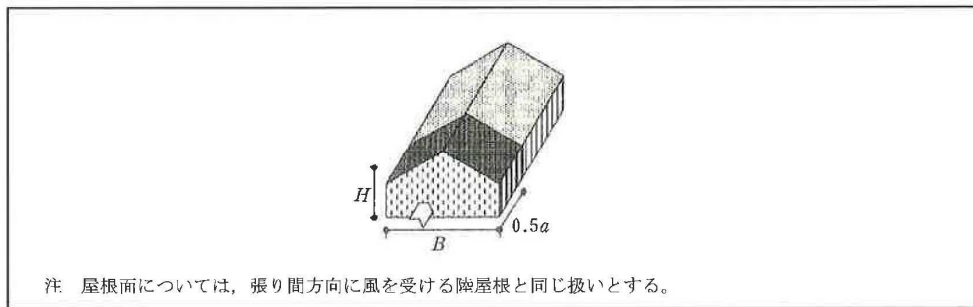


図3 開放型の建築物（表1、表3及び表5を用いるものとする。）

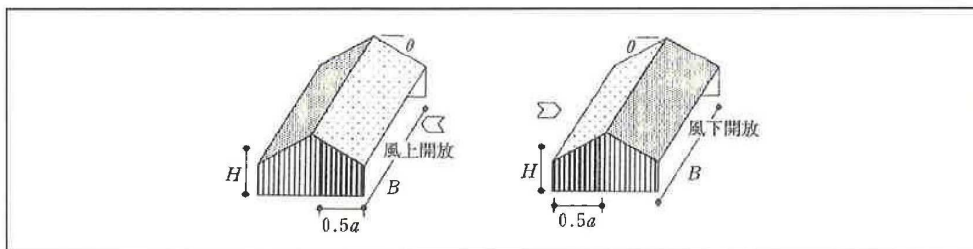


表1 壁面の  $C_{pe}$

部位	風上壁面	側壁面		風下壁面
		風上端部より0.5aの領域	左に掲げる領域以外の領域	
$C_{pe}$	0.8kz	-0.7	-0.4	-0.4

表2 陸屋根面の  $C_{pe}$

部位	風上端部より0.5aの領域	左に掲げる領域以外の領域
$C_{pe}$	-1.0	-0.5

表3 切妻屋根面、片流れ屋根面及びのこぎり屋根面の  $C_{pe}$

$\theta$	部位	風上面		風下面
		正の係数	負の係数	
10度未満		-	-1.0	
10度		0	-1.0	
30度		0.2	-0.3	
45度		0.4	0	
90度		0.8	-	

この表に掲げる $\theta$ の数値以外の $\theta$ に応じた $C_{pe}$ は、表に掲げる数値をそれぞれ直線的に補間した数値とする。ただし、 $\theta$ が10度未満の場合にあっては正の係数を、 $\theta$ が45度を超える場合にあっては負の係数を用いた計算は省略することができる。

## 降下火砕物等堆積時における鉛直荷重に対する建物・構築物の評価手法について

## 1. 概要

本資料は、大山生竹テフラの噴出規模の見直しに伴い実施する降下火砕物等堆積時における鉛直荷重に対する建物・構築物（建屋）の強度評価（以下、今回設工認での評価）において、層厚変更による荷重の増加に伴い、簡易な既認可の評価手法では保守的に設定される基準値を超える場合があることから、至近の審査実績（平成 30 年 10 月 18 日付け原規規発第 1810181 号にて認可された東海第二発電所工事計画の資料 V-3-別添 2-1-7「建屋の強度計算書」）を踏まえて、**評価対象施設である全ての建屋について**既認可から評価手法の変更を行うため、評価手法間の比較及び今回設工認での評価手法の説明をするものである。

## 2. 既認可の評価手法と今回設工認での評価手法の比較

### (1) 既認可の評価手法について

既認可の評価手法の概要図を図1に示す。既認可の評価では、建設時に設計条件とした②設計時長期荷重  $P_A$  が①長期許容応力度に達する荷重を下回ること及び鋼材の長期許容応力度に対する短期許容応力度の比が1.5（④短期許容応力度に達する荷重が①の1.5倍）であることから、②設計時長期荷重  $P_A$  に対する、⑥常時作用する荷重及び降下火砕物等堆積による鉛直荷重の和  $P_B$  の比  $P_C$  が、1.5を超えないこと（⑥が⑤ $1.5P_A$ を超えないこと）を確認することで、間接的に常時作用する荷重及び降下火砕物堆積等による鉛直荷重により部材に発生する応力が短期許容応力度を下回ることを確認した。

なお、既認可の評価手法は以下の2点において大きな保守性を有する評価手法である。

- 許容限界について、降下火砕物堆積時における建屋への要求機能より設定すれば③終局耐力<sup>\*</sup>に達する荷重であるところ、保守的に④短期許容応力度に達する荷重を**評価基準値**と設定したこと。  
※機能維持限界に対し妥当な安全余裕を有する耐力
- 評価部材の種類や諸元によらず荷重のみで評価できる簡易評価を実施するために、部材が④短期許容応力度に達する荷重を下回る⑤ $1.5P_A$ をさらに保守性を考慮した**基準値**としたこと。

以上により、既認可の評価手法は大きな保守性を有するものである。

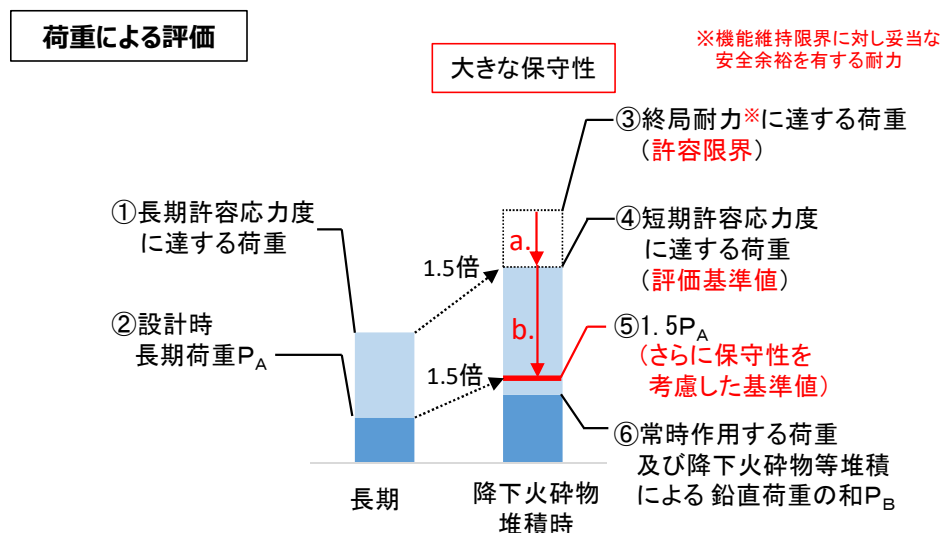


図1 既認可の評価手法の概要図

(2) 今回設工認での評価手法について

今回設工認での評価手法の概要図を図2に示す。今回設工認での評価では、降下火砕物による荷重が増加することから、大きな保守性を有する既認可の評価手法では、降下火砕物堆積時に建屋が機能を維持できることを確認できない場合がある。(別紙1を参照)

そのため、今回設工認での評価手法においては、至近の審査実績を踏まえて、**評価対象施設である全ての建屋について、部材ごとに⑥' 常時作用する荷重及び降下火砕物等堆積による鉛直荷重の和  $P_B$  により発生する応力が許容限界を超えないことを直接確認する。**

ここで、今回設工認での評価手法は以下の点において保守性を有する評価手法である。

- a. 許容限界について、降下火砕物堆積時における建屋への要求機能より設定すれば③' 終局耐力<sup>\*</sup>であるところ、既認可の評価の考え方を踏襲し、保守的に④' 短期許容応力度を評価基準値と設定すること。

※機能維持限界に対し妥当な安全余裕を有する耐力

なお、令和2年5月14日付け原規規発第2005141号にて認可された大飯発電所3号機の設計及び工事の計画において、評価対象施設に大飯3・4号機の緊急時対策所建屋を追加したことを踏まえ、今回設工認の評価対象施設として美浜3号機及び高浜発電所1・2・3・4号機の緊急時対策所建屋を新たに追加している。大飯3・4号機の緊急時対策所建屋も、既認可での評価手法から上記手法に変更しており、新たに追加した美浜3号機及び高浜発電所1・2・3・4号機の緊急時対策所建屋の評価手法についても、他の建屋と同等の構造であることから、上記の手法と同様とする。

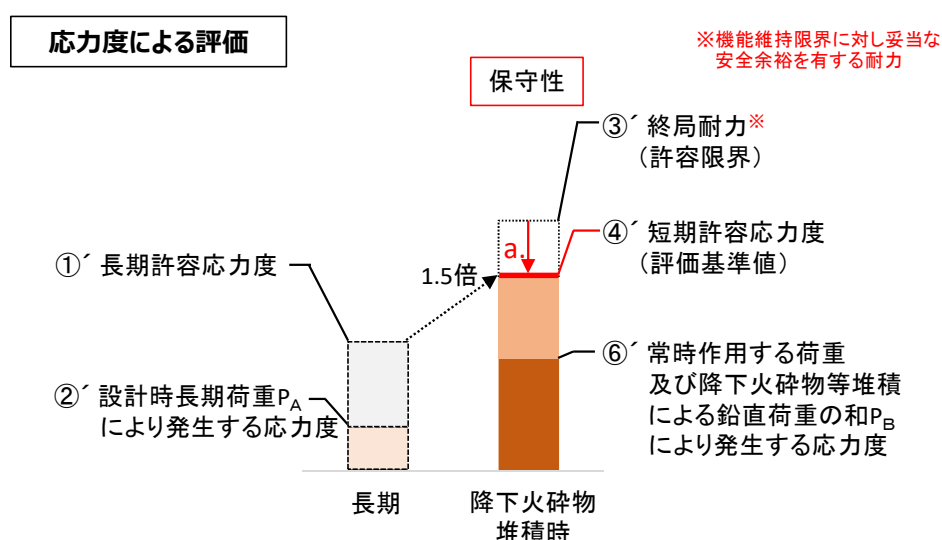


図2 今回設工認での評価手法の概要図

### (3) 評価方法の比較

今回設工認での評価手法は既認可の評価手法と比較すると計算過程は異なるが、常時作用する荷重及び降下火砕物等（降下火砕物及び雪）堆積による鉛直荷重により部材に発生する応力等が短期許容応力度を超えないことを確認するという点では同じである。

既認可の評価手法と今回設工認での評価手法の比較を表 1 に示す。

表 1 評価手法の比較

比較項目		既認可の評価手法	今回設工認での評価手法
評価手法		荷重による評価 (荷重を比較し、間接的に許容値を超えないことを確認する手法)	応力度による評価 (部材に発生する応力等と許容値を直接比較する手法)
許容値	許容限界	終局耐力 <sup>※2</sup> に達する荷重 (図 1 の③)	終局耐力 <sup>※2</sup> (図 2 の③')
	評価基準値	短期許容応力度に達する荷重 (図 1 の④)	短期許容応力度 (図 2 の④')
	さらに保守性を考慮した基準値 <sup>※1</sup>	設計時長期荷重の 1.5 倍 (図 1 の⑤)	—

※1：評価部材の種類や諸元によらず、荷重のみで評価できる簡易評価を実施するために設定した値

※2：機能維持限界に対し妥当な安全余裕を有する耐力

### 3. 今回設工認での評価手法の使用実績

今回設工認での評価手法は、RC-N 規準等に基づく評価手法並びに既認可の耐震計算で使用実績のある FEM モデルを用いた評価手法を用いる。評価手法の既認可使用実績を表 2 に示す。

表 2 評価手法の既認可使用実績

屋根形状	評価手法	既認可実績の例 <sup>※</sup>
屋根スラブ	RC-N 規準	平成 27 年 8 月 4 日付け原規規発第 1508041 号にて認可された高浜発電所第 3 号機工事計画の資料 13-17-06-08 「中央制御室遮蔽の耐震計算書」のスラブ
ドーム部	FEM モデル	平成 27 年 8 月 4 日付け原規規発第 1508041 号にて認可された高浜発電所第 3 号機工事計画の資料 13-17-7-5 「外部しゃへい建屋の耐震計算書」のドーム部

※別紙 2 に既認可の評価手法を詳細に示す。



#### 4. 今回設工認での評価手法の適用性

今回設工認での評価手法は、部材の構造健全性を評価する手法として、部材に発生する応力等と評価基準値を比較する標準的な手法である。本章では、降下火砕物堆積時に対する評価に対する今回設工認での評価手法の適用性を確認する。

降下火砕物堆積荷重に対して、安全機能を有する構築物、系統及び機器の健全性を維持するために、防護すべき施設を内包する建屋は、降下火砕物に対して内包する降下火砕物より防護すべき施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持することが要求される。したがって、建屋は降下火砕物堆積による荷重に対して構造健全性を維持する必要がある。

部材に発生する応力の算出方法は、「3. 今回設工認での評価手法の使用実績」で示す通り、安全機能の維持を確認する観点で同様の基準地震動による耐震評価においても採用されている方法であるため、降下火砕物堆積時に対する評価においても適用できる。

評価基準値は、安全機能の維持を確認する観点で、「2. 既認可の評価手法と今回設工認での評価手法の比較」で示す通り保守的に、建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度として「RC-N 基準」等に基づき設定している。

したがって、今回設工認での評価手法は降下火砕物堆積時に対する評価に適用できる。

#### 5. まとめ

今回設工認での評価手法は既認可の評価手法と比較すると計算過程は異なるが、常時作用する荷重及び降下火砕物等堆積による鉛直荷重により部材に発生する応力等が短期許容応力度を超えないことを確認するという点では同じである。また、今回設工認での評価手法は規準に基づく手法もしくは既認可の耐震計算で使用実績がある手法であり、降下火砕物堆積時の建物・構築物の評価に適用できる。

以 上

## 今回設工認の荷重条件における既工認での評価手法による評価結果

層厚変更による荷重の増加に伴い、大きな保守性を有する既認可の評価手法（以下、「荷重による評価」という。）では、降下火砕物堆積時に建屋が機能を維持できることを確認できない場合がある。

今回設工認の荷重条件において、簡易な荷重による評価では保守的に設定される基準値を超える建屋及び今回設工認での評価手法を下表に示す。なお、特重施設の建屋は、全て荷重による評価により降下火砕物堆積時に機能を維持できることを確認できるものの、今回設工認では応力度による評価を実施している。

また、評価対象の建屋の選定については、別添「評価対象とする建屋の選定について」に示す。

表 荷重による評価結果及び今回設工認での評価手法

プラント	建屋	荷重による評価結果*1	今回設工認での評価方法
美浜 3 号機	外部しゃへい建屋	○	応力度による評価
	補助建屋	▲	応力度による評価
	燃料取扱建屋	▲	応力度による評価
	中間建屋	○	応力度による評価
	ディーゼル建屋	▲	応力度による評価
	制御建屋	▲	応力度による評価
	緊急時対策所建屋	○	応力度による評価
高浜 1 号機	外部しゃへい建屋	○	応力度による評価
	補助建屋	▲	応力度による評価
	燃料取扱建屋	▲	応力度による評価
	中間建屋	○	応力度による評価
	ディーゼル建屋	▲	応力度による評価
	制御建屋	▲	応力度による評価
	緊急時対策所建屋	○	応力度による評価
高浜 2 号機	外部しゃへい建屋	○	応力度による評価
	補助建屋	▲	応力度による評価
	燃料取扱建屋	▲	応力度による評価
	中間建屋	○	応力度による評価
	ディーゼル建屋	▲	応力度による評価
高浜 3, 4 号機	外部しゃへい建屋	○	応力度による評価
	外周建屋	▲	応力度による評価
	燃料取扱建屋	▲	応力度による評価
	原子炉補助建屋	▲	応力度による評価
	中間建屋	○	応力度による評価
	燃料取替用水タンク建屋	▲	応力度による評価
	ディーゼル発電機建屋	○	応力度による評価
大飯 3, 4 号機	原子炉格納容器	○	応力度による評価
	原子炉周辺建屋	○	応力度による評価
	制御建屋	○	応力度による評価
	廃棄物処理建屋	○	応力度による評価
	緊急時対策所建屋	○	応力度による評価

※1：凡例は下記の通り。

「○」 荷重による評価でも、降下火砕物堆積時に機能を維持できることを確認できる。

「▲」 荷重による評価では、降下火砕物堆積時に機能を維持できることを確認できない。

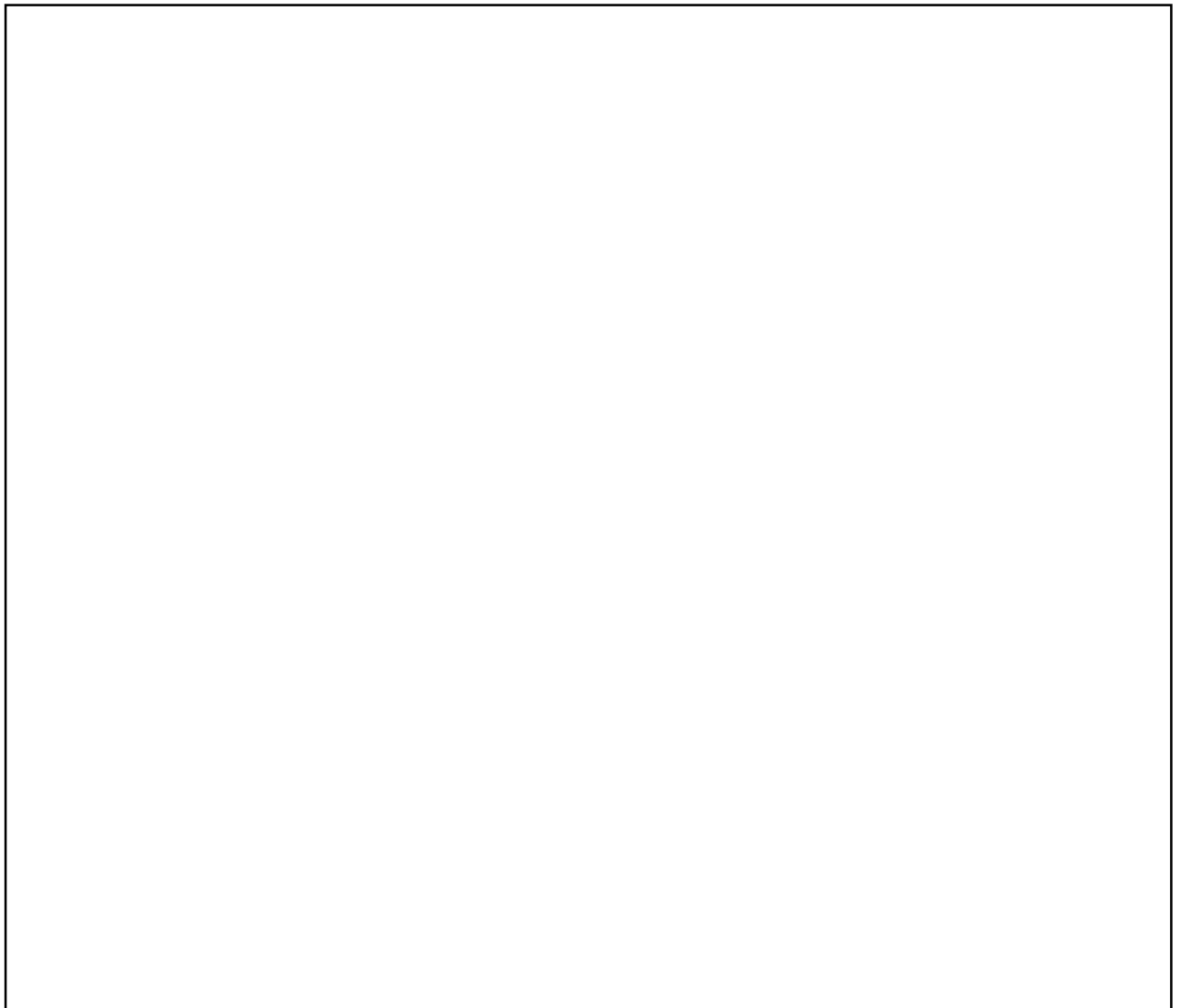
評価手法の既認可実績の例

1. 屋根スラブ

(1) 既認可実績

平成 27 年 8 月 4 日付け原規規発第 1508041 号にて認可された高浜発電所第 3 号機工事計画の資料 13-17-06-08「中央制御室遮蔽の耐震計算書」より抜粋して示す。

(2) 解析モデル※



※ここで示すモデル化範囲は屋根スラブではないが、降下火砕物に対する屋根スラブの評価と同様に、鉛直荷重に対する評価を実施したスラブである。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

### (3) 応力の解析方法

#### (1) 応力解析方法

##### a. 荷重ケース

作用荷重のうち地震荷重は、固定荷重及び積載荷重と同じ下向きに作用する場合に生じる応力が最大となるため、地震荷重は鉛直下向きの場合のみ考慮する。

##### b. 入力荷重の算出方法

長期荷重時の端部モーメント、中央モーメント及びせん断力を鉛直震度により係数倍することで入力荷重を算出する。なお、長期荷重時の端部モーメント、中央モーメント及びせん断力は「RC 規準」に準拠して算出する。長期荷重時の端部モーメント、中央モーメント及びせん断力を第 4-23 表、鉛直震度より算出した端部モーメント、中央モーメント及びせん断力を第 4-24 表に示す。

- ・ 短辺の端部モーメント ( $M_{x1}$ )

$$M_{x1} = -\frac{1}{12} w_x \cdot l_x^2$$

- ・ 短辺の中央モーメント ( $M_{x2}$ )

$$M_{x2} = \frac{1}{18} w_x \cdot l_x^2$$

- ・ 短辺のせん断力 ( $Q_{x1}$ )

$$Q_{x1} = 0.52 \cdot w \cdot l_x$$

- ・ 長辺の端部モーメント ( $M_{y1}$ )

$$M_{y1} = -\frac{1}{24} w \cdot l_x^2$$

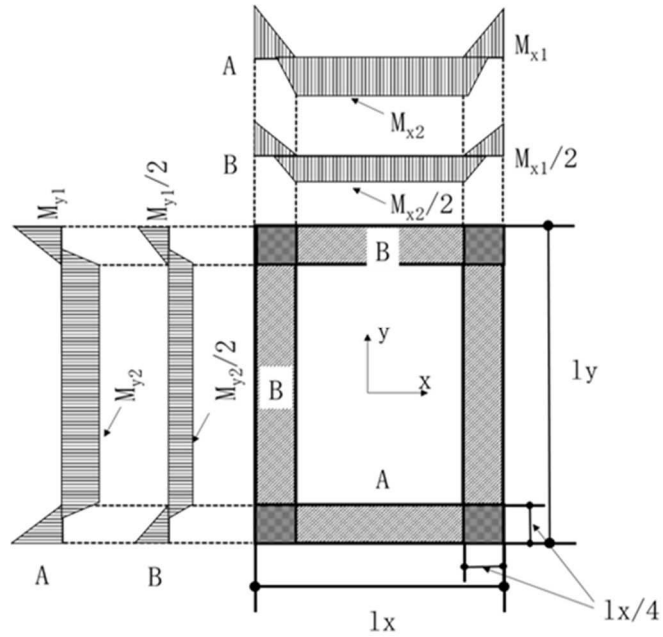
- ・ 長辺の中央モーメント ( $M_{y2}$ )

$$M_{y2} = \frac{1}{36} w \cdot l_x^2$$

- ・ 短辺のせん断力 ( $Q_{y1}$ )

$$Q_{y1} = 0.46 w l_x$$

(注) RC 規準に基づく応力の算出方法を別図 1 に示す。



別図1 RC規準に基づく応力の算出方法

(4) 断面の評価方法

(2) 断面の評価方法

床スラブの断面の評価に用いる応力は、地盤剛性の不確かさを考慮した地震応答解析による応答値を地震荷重とした応力解析により算出する。

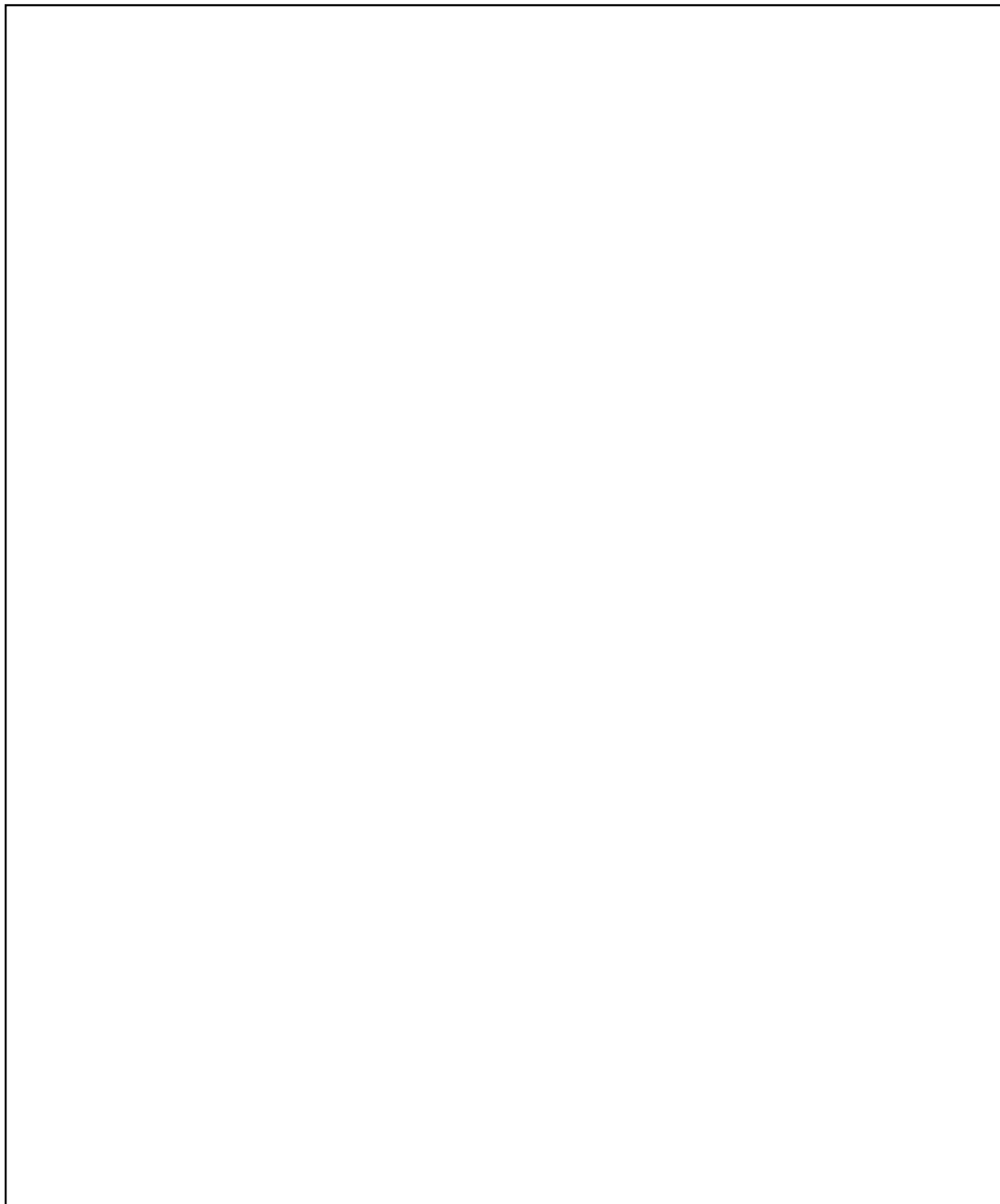
Ss地震時について、曲げモーメントに対しては、「RC-N規準」に基づいて算定した必要鉄筋量が配筋量を超えないことを確認する。面外せん断力については、「RC-N規準」に基づいて求めた許容せん断力を超えないことを確認する。

## 2. ドーム部

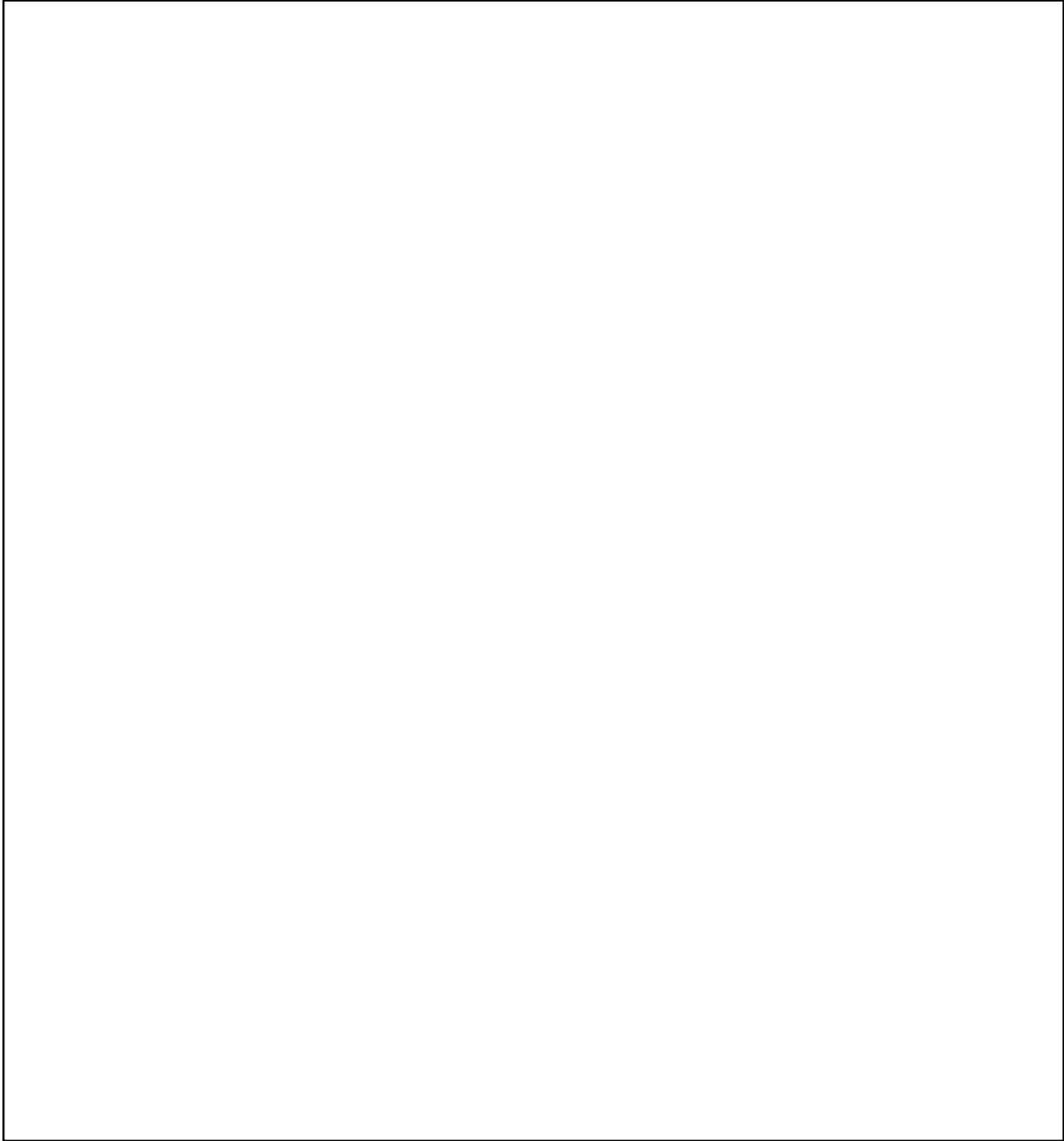
### (1) 既認可実績

平成 27 年 8 月 4 日付け原規規発第 1508041 号にて認可された高浜発電所第 3 号機工事計画の資料 13-17-7-5「外部しゃへい建屋の耐震計算書」より抜粋して示す。

### (2) 解析モデル



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

### (3) 応力の評価方法

#### (1) Sd 地震時に対する評価

Sd 地震時に対する評価は、ドーム部及びシリンダー部について 3 次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析によることとし、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力が、「RC-N 規準」等を参考に設定した許容限界を超えないことを確認する。

### (4) 断面の評価方法

#### (1) Sd 地震時及び Sd 地震時+温度

軸力、曲げモーメント及び面内せん断力については、必要鉄筋量が配筋量を超えないことを確認する。必要鉄筋量(A)は、「RC-N 規準」に基づき、各要素の縦方向と横方向の軸力と曲げモーメントに対して必要となる片側鉄筋量 (At) を柱の許容応力度設計式を用いて算定し、これと面内せん断力に対して必要となる全鉄筋量 (As) (面内せん断力はすべて鉄筋で負担) より、下式によって算定する。

$$A = (2At + As) / 2$$

面外せん断力については、「RC-N 規準」に基づいて求めた短期許容せん断力を超えないことを確認する。



## 評価対象とする建屋の選定について

## 1. はじめに

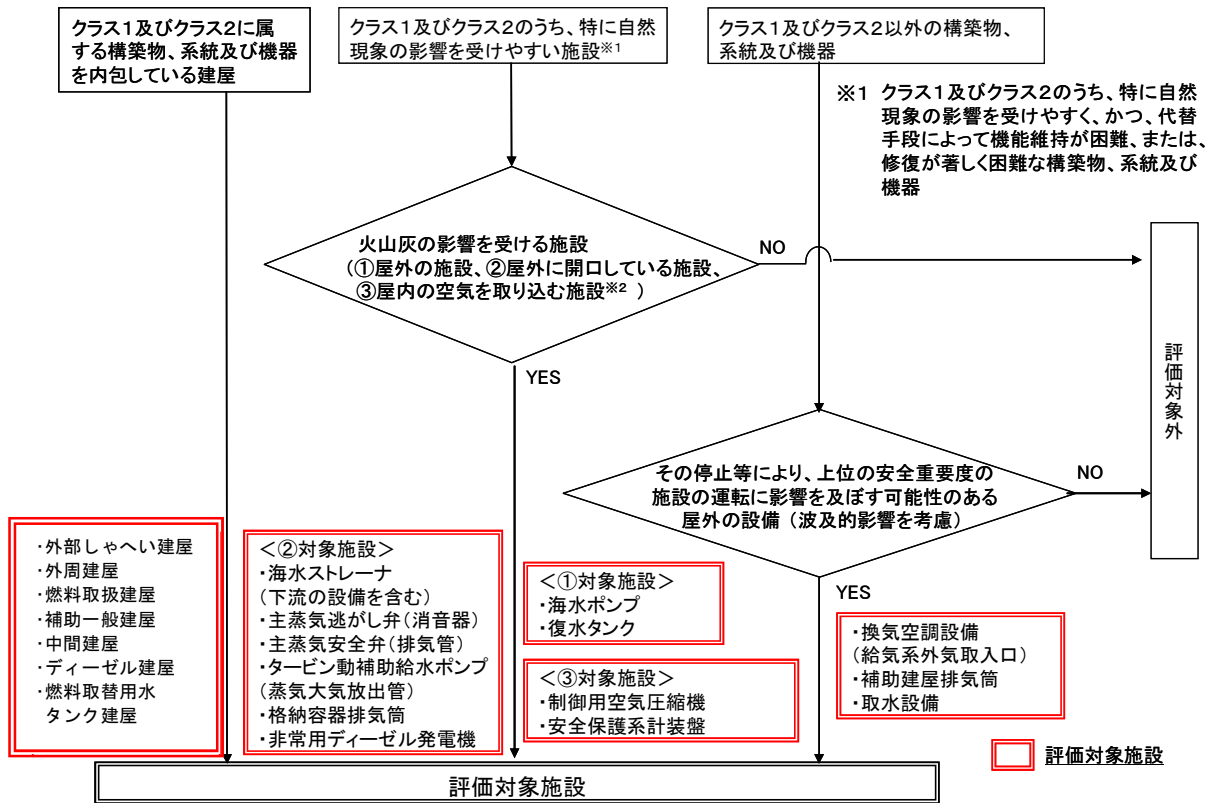
- ・建屋の降下火砕物に対する設計としては、評価対象とする建屋を選定した上で各影響因子に対する設計を行っている。
- ・本資料では、評価対象とする建屋の選定について説明する。

## 2. 防護対象の選定方法

## (1) 防護対象施設の選定方法

火山の降下火砕物に対する防護対象施設はクラス1及び2に属する施設としている。その上で、降下火砕物の影響を考慮する施設は、その設置状況や構造等を考慮して、以下のとおり選定している。(選定フローは図1参照)

- ・屋外に設置している防護対象施設は、降下火砕物が堆積し影響を受ける可能性のあるものについては、降下火砕物の影響を考慮する施設として選定する。
- ・屋内に設置している防護対象施設は、建屋にて防護されており直接降下火砕物による影響を受けないため、防護対象施設の代わりに防護対象施設を内包する建屋を降下火砕物の影響を考慮する施設として選定する。ただし、降下火砕物を取り込むことで影響を受ける可能性がある屋内の防護対象施設については、降下火砕物の影響を考慮する施設として選定する。
- ・また、降下火砕物の影響による機能的な波及的影響を考慮し、防護対象施設が、降下火砕物の影響を受けたクラス3に属する施設及びその他の施設により機能的な波及的影響を受ける可能性がある場合は、それらの施設を降下火砕物の影響を考慮する施設として選定する。



※2 火山灰を含む外気・室内空気を機器内に取り込む機構を有しない施設又は取り込んだ場合でも、その影響が非常に小さいと考えられる施設(ポンプ、モータ、弁、盤内に換気ファンを有しない制御盤、計器等)については、評価対象外とする。

図1 選定フロー(高浜3・4号 DNP 設置許可まとめ資料より抜粋)

## (2) 評価対象とする建屋の選定

- ・評価対象とする建屋としては、図1の選定フローにおける「クラス1及びクラス2に属する構築物、系統及び機器を内包している建屋」及び、「クラス1及びクラス2以外の構築物、系統及び機器」から選定されることになる。(選定結果は表1参照)
- ・「クラス1及びクラス2に属する構築物、系統及び機器を内包している建屋」については、表1のとおり選定しており、全て、設工認対象としている。
- ・また、「クラス1及びクラス2以外の構築物、系統及び機器」については、図1に示す通り、換気空調設備(給気系外気取入口)、補助建屋排気筒、取水設備が挙げられるものの、追加で対象となる建屋はないことを確認している。
- ・また、図1はDB施設を対象としたフローであるが、SA施設に係る建屋として、緊急時対策所建屋を設工認対象として選定しており、また、特重施設についても同様の考え方で選定を行っている。(選定結果は表2参照)

表1 DB建屋の選定結果(1/2)

プラント	建屋名	防護対象施設の有無
高浜3・4号機	<ul style="list-style-type: none"> <li>・外部しゃへい建屋</li> <li>・外周建屋</li> <li>・燃料取扱建屋</li> <li>・原子炉補助建屋</li> <li>・中間建屋</li> <li>・ディーゼル発電機建屋</li> <li>・燃料取替用水タンク建屋</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・クラス1、クラス2施設：有</li> <li>・クラス3やその他の施設による波及影響を与える施設：有</li> </ul> ⇒選定対象※
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・タービン建屋</li> <li>・廃棄物処理建屋、他</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・クラス1、クラス2施設：無</li> <li>・クラス3やその他の施設による波及影響を与える施設：無</li> </ul> ⇒選定対象外
高浜1・2号機	<ul style="list-style-type: none"> <li>・外部しゃへい建屋</li> <li>・補助建屋</li> <li>・燃料取扱建屋</li> <li>・中間建屋</li> <li>・ディーゼル建屋</li> <li>・制御建屋</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・クラス1、クラス2施設：有</li> <li>・クラス3やその他の施設による波及影響を与える施設：有</li> </ul> ⇒選定対象※
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・タービン建屋</li> <li>・固体廃棄物処理建屋、他</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・クラス1、クラス2施設：無</li> <li>・クラス3やその他の施設による波及影響を与える施設：無</li> </ul> ⇒選定対象外

※：今回設工認では、部材に発生する応力等と許容値を直接比較する応力度による評価を実施。

表1 DB 建屋の選定結果 (2 / 2)

プラント	建屋名	理由
美浜3号機	<ul style="list-style-type: none"> <li>外部しゃへい建屋</li> <li>補助建屋</li> <li>燃料取扱建屋</li> <li>中間建屋</li> <li>ディーゼル建屋</li> <li>制御建屋</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>クラス1、クラス2施設：有</li> <li>クラス3やその他の施設による波及影響を与える施設：有</li> </ul> ⇒選定対象 <sup>※</sup>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>タービン建屋</li> <li>固体廃棄物処理建屋、他</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>クラス1、クラス2施設：無</li> <li>クラス3やその他の施設による波及影響を与える施設：無</li> </ul> ⇒選定対象外
大飯3・4号機	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉格納容器</li> <li>原子炉周辺建屋</li> <li>制御建屋</li> <li>廃棄物処理建屋</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>クラス1、クラス2施設：有</li> <li>クラス3やその他の施設による波及影響を与える施設：有</li> </ul> ⇒選定対象 <sup>※</sup>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>タービン建屋、他</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>クラス1、クラス2施設：無</li> <li>クラス3やその他の施設による波及影響を与える施設：無</li> </ul> ⇒選定対象外

※：今回設工認では、部材に発生する応力等と許容値を直接比較する応力度による評価を実施。

表2 SA 建屋の選定結果

プラント	建屋名 <sup>※1</sup>	防護対象施設の有無
高浜3・4号機	<ul style="list-style-type: none"> <li>緊急時対策所建屋</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SA施設：有</li> </ul> ⇒選定対象 <sup>※2</sup>
高浜1・2号機		
美浜3号機		
大飯3・4号機		

※1：特重施設の建屋についても同様に選定。

※2：今回設工認では、部材に発生する応力等と許容値を直接比較する応力度による評価を実施。

緊急時対策所建屋（美浜発電所 3 号機、高浜発電所 1・2・3・4 号機）の腐食設計について

今回設工認においては、降下火砕物の層厚変更に伴う影響を受ける対象として、影響因子のうち「構造物への荷重」を選定し、建屋の強度評価を行っている。今回設工認において新たに強度評価を追加した緊急時対策所建屋（美浜発電所 3 号機、高浜発電所 1・2・3・4 号機）の腐食に対する設計については、その他の防護すべき施設を内包する建屋と同様に、次のとおりとする。

（緊急時対策所建屋の腐食に対する設計）

緊急時対策所建屋（美浜発電所 3 号機、高浜発電所 1・2・3・4 号機）は、想定する降下火砕物による腐食に対し、塗装等により降下火砕物と施設を接触させないこと又は運用等により、建屋が降下火砕物より防護すべき施設を内包し、建屋によって内包する防護すべき施設に降下火砕物を接触させない機能を維持するため、外装の塗装を実施することで短期的な腐食が発生しない設計としている。

また、降灰時の点検、並びに日常保守管理について保安規定に定めることで長期的な腐食が進展しない設計としている。

以上

別紙 緊急時対策所建屋の扱いについて

## 緊急時対策所建屋の扱いについて

## 1. はじめに

- ・緊急時対策所建屋は、新規制基準対応工認では、降下火砕物への影響確認を不要としているが、大飯3・4号機の緊急時対策所工認では、添付資料で降下火砕物への影響確認を行っている。
- ・今回のDNP設工認では、当社として最新の大飯3・4号機の緊急時対策所工認を踏襲し、降下火砕物への影響確認を行っているが、本資料では、設工認上の扱いの変遷について整理する。

## 2. 新規制基準対応工認での緊急時対策所建屋の扱い

- ・屋外のSA設備は、降下火砕物の影響を確認することとしており、その具体的な設計内容として、除灰運用を行うことを保安規定に定めることで、降下火砕物による影響を受けないとして、降下火砕物への影響確認を不要としている。
- ・緊急時対策所建屋は、SA施設と同様に、降下火砕物を除去することを保安規定に定めることにより、降下火砕物への影響確認を不要としていた。なお、降下火砕物の荷重に対して問題ないことも確認している。(設工認上の評価対象としていない扱いは、先行の川内1・2号機の新規制基準対応工認と同様である。)

## 3. 大飯3・4号機 緊急時対策所設工認での緊急時対策所建屋の扱い

- ・大飯3・4号機の緊急時対策所設工認では、他の建屋との整合性も踏まえ<sup>\*</sup>、設工認の添付資料で降下火砕物の影響確認(構造設計・腐食設計)を行う方針に変更した。

※：DB施設に係る建屋(原子炉補助建屋やディーゼル建屋等)については、工認にて降下火砕物の影響確認(構造設計・腐食設計)を実施していることから、SA施設に係る緊急時対策所建屋についても、同様に降下火砕物の影響確認(構造設計・腐食設計)を実施することで整合性を図るもの。

## 4. DNP設工認での扱い

- ・DNP設工認では、当社として最新の大飯3・4号機の緊急時対策所工認の考え方に倣って、降下火砕物への影響確認を行っている。
- ・ただし、緊急時対策所建屋に対する影響確認の項目としては、構造設計・腐食設計があるが、DNP設工認の申請範囲は、「降下火砕物の層厚変更」であり、それに対する設工認の申請範囲は荷重に対する構造設計としているため、腐食設計については、補足説明資料で説明することとしている。

新規制基準工認における緊急時対策所建屋の扱い

	緊急時対策所の場所	降下火砕物に対する影響評価
高浜 3・4号機	1・2号 原子炉補助建屋	なし
美浜 3号機	緊急時対策所建屋	なし
高浜 1・2号機	緊急時対策所建屋	なし
大飯 3・4号機	1・2号 原子炉補助建屋	なし

緊急時対策所設工認における緊急時対策所建屋の扱い

	緊急時対策所の場所	降下火砕物に対する影響評価
大飯 3・4号機	緊急時対策所建屋	あり（構造設計・腐食設計）

DNP設工認における緊急時対策所建屋の扱い

	緊急時対策所の場所	降下火砕物に対する影響評価
美浜 3号機	緊急時対策所建屋	あり（構造設計）※
高浜 1～4号機	緊急時対策所建屋	あり（構造設計）※
大飯 3・4号機	緊急時対策所建屋	あり（構造設計）※

※：腐食設計については、補足説明資料にてご説明。

以上

別添 緊急時対策所建屋の降下火砕物に対する影響確認追加に伴う申請書上の追加状況について

	名称	追加の有無	関連する記載
本文	I. 氏名又は名称及び住所並びに法人にあっては、その代表者の氏名	無	降下火砕物に対する影響確認との関連性なし。
	II. 工事計画	無	火山に係る基本設計方針に個別の建屋名称は記載されていないことから記載変更なし。
	III. 工事工程表	無	降下火砕物に対する影響確認との関連性なし。
	IV. 設計及び工事に係る品質マネジメントシステム	無	降下火砕物に対する影響確認との関連性なし。
	V. 変更の理由	無	降下火砕物に対する影響確認との関連性なし。
	VI. 添付書類	無	降下火砕物に対する影響確認との関連性なし。
添付資料	資料1 発電用原子炉の設置の許可との整合性に関する説明書	無	個別の建屋名称は記載されていないことから記載変更なし。
	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	無	目次であり、今回の追加を踏まえても追加資料はないことから、記載の変更なし。
	資料2-1 耐震設計上重要な設備を設置する施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書	無	目次であり、今回の追加を踏まえても追加資料はないことから、記載の変更なし。
	資料2-1-1 耐震設計上重要な設備を設置する施設に対する自然現象等への配慮に関する説明書	無	目次であり、今回の追加を踏まえても追加資料はないことから、記載の変更なし。
	資料2-1-1-1 耐震設計上重要な設備を設置する施設に対する自然現象等への配慮に関する基本方針	無	個別の建屋名称は記載されていないことから記載変更なし。
	資料2-1-2 火山への配慮に関する説明書	無	目次であり、今回の追加を踏まえても追加資料はないことから、記載の変更はない。
	資料2-1-2-1 火山への配慮に関する基本方針	無	個別の建屋名称は記載されていないことから記載変更なし。
	資料2-1-2-2 降下火砕物の影響を考慮する施設の選定	有	荷重に対する評価対象施設として、緊急時対策所建屋を追加した。
資料2-1-2-3 降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針	有	荷重に対する設計方針として、緊急時対策所建屋に係る方針を追加した。	



名称		追加の有無	関連する記載
添付資料	資料 2-2 特定重大事故等対処施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書	無	特物重大事故等対処施設に関する資料であり、今回の追加を踏まえても記載変更なし。
	資料 3 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	無	個別の建屋名称は記載されていないことから記載変更なし。
	資料 4 強度に関する説明書	無	目次であり、今回の追加を踏まえても追加資料はないことから、記載の変更なし。
	資料 4-1 強度計算の基本方針の概要	無	個別の建屋名称は記載されていないことから記載変更なし。
	別添 1 火山への配慮が必要な施設の強度に関する説明書	無	目次であり、今回の追加を踏まえても追加資料はないことから、記載の変更なし。
	別添 1-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針	有	荷重に対する設計方針として、緊急時対策所建屋に係る方針を追加した。
	別添 1-2 海水ポンプの強度計算書	無	個別の建屋名称は記載されていないことから記載変更なし。
	別添 1-3 復水タンクの強度計算書	無	個別の建屋名称は記載されていないことから記載変更なし。
	別添 1-4 建屋の強度計算書	有	緊急時対策所建屋の強度計算の内容及び結果を追加した。
	別添 2 火山への配慮が必要な特定重大事故等対処施設の強度に関する説明書	無	特物重大事故等対処施設に関する資料であり、今回の追加を踏まえても記載変更なし。
	別紙 計算機プログラム（解析コード）の概要	無	緊急時対策所建屋に用いる解析コードはないため記載変更なし。
	資料 5 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	無	降下火砕物に対する影響確認との関連性なし。

## 設置許可との整合性について

## 1. 概要

本資料は、自然現象（火山）に対して本設工認の基本設計方針とDNP設置許可との整合性について説明するものである。

## 2. DNP設置許可との整合性

DNP設置許可では層厚変更に伴い設置許可の変更箇所を網羅的に確認した結果<sup>※1</sup>、層厚以外の記載は変更不要と整理している。したがって、設工認においても層厚変更に伴い変更が必要となる箇所は層厚のみとなる。

設置許可と設工認の基本設計方針の対比表を別紙1に示す。

なお、設置許可と設工認の記載が同等の箇所には、実線のアンダーラインで明示する。表記等が異なる場合には破線のアンダーラインを引くとともに、設置許可と設工認が整合していることを明示している。

別紙1の対比表に示す通り、許可を受けた内容が設工認の基本設計方針に反映され、設置許可と設工認の基本設計方針が整合していることを確認した。

※1：高浜発電所3，4号炉 新知見への適合状況説明資料（DNPに対する防護）P63～91

設置変更許可申請書 (本文)	設置変更許可申請書 (添付書類八) 該当事項	工事の計画 該当事項	整合性	備考
<p>(3) その他の主要な構造</p> <p>(i) 本原子炉施設は、(1) 耐震構造、(2) 耐津波構造に加え、以下の基本的方針のもとに安全設計を行う。</p> <p>a. 設計基準対象施設</p> <p>(a) 外部からの衝撃による損傷の防止</p> <p>①安全施設は、発電所敷地で想定される③洪水、風 (台風)、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災、高潮の自然現象 (地震及び津波を除く。) 又はその組合せに遭遇した場合において、自然現象そのものもたらす環境条件及びその結果として施設で生じ得る環境条件においても、②安全機能を損なうことのない設計とする。</p> <div data-bbox="201 779 789 1079" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>③なお、発電所敷地で想定される自然現象のうち、洪水については、立地的要因により設計上考慮する必要はない。</p> <p>【新規基準設置許可まとめ資料の記載 (T34)】 高浜発電所周辺地域における河川としては、高浜発電所敷地西側境界に接して溪流 (才谷川) があるが、高浜発電所は才谷川とは山を挟んだ反対側に立地している。敷地の地形及び表流水の状況から判断して、敷地が洪水による被害を受けることはない。</p> </div> <p>また、自然現象の組合せにおいては、④風 (台風)、積雪、火山及び地滑りによる荷重の組合せを設計上考慮する。</p>	<p>1. 安全設計</p> <p>1.1 安全設計の方針</p> <p>1.1.1 安全設計の基本方針</p> <p>1.1.1.4 外部からの衝撃</p> <p>安全施設は、発電所敷地で想定される洪水、風 (台風)、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災、高潮の自然現象 (地震及び津波を除く。) 又はその組合せに遭遇した場合において、自然現象そのものもたらす環境条件及びその結果として施設で生じ得る環境条件においても、安全機能を損なうことのない設計とする。</p> <div data-bbox="902 779 1489 940" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>なお、発電所敷地で想定される自然現象のうち、洪水については、立地的要因により設計上考慮する必要はない。</p> </div> <p>また、自然現象の組合せにおいては、風 (台風)、積雪、火山及び地滑りによる荷重の組合せを設計上考慮する。</p>	<p>【原子炉冷却系統施設】</p> <p>(基本設計方針) 「共通項目」</p> <p>2. 自然現象</p> <p>2. 3 外部からの衝撃による損傷の防止</p> <p>2. 3. 1 設計基準対象施設及び重大事故等対処施設</p> <p>①設計基準対象施設は、外部からの衝撃のうち自然現象による損傷の防止において、発電所敷地で想定される風 (台風)、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山、生物学的事象、森林火災、高潮の自然現象 (地震及び津波を除く。) 又は地震、津波を含む組合せに遭遇した場合において、自然現象そのものもたらす環境条件及びその結果として施設で生じ得る環境条件について②その安全性を損なうおそれがある場合は、防護措置、基礎地盤の改良その他、供用中における運転管理等の運用上の適切な措置を講じる。</p> <p>地震及び津波を含む自然現象の組合せにおいて、④火山については積雪と風 (台風)、地震 (Ss) については積雪、基準津波については地震 (Sd) と積雪の荷重を、施設の形状、配置に応じて考慮する。</p> <p>地震、津波と風 (台風) の組合せについても、風荷重の影響が大きいと考えられるような構造や形状の施設については、組合せを考慮する。</p> <p>また、地滑りの影響を受ける固体廃棄物貯蔵庫においては、④風 (台風)、積雪及び地滑りによる荷重の組合せを施設の形状、配置に応じて考慮する。</p> <p>組み合わせる積雪深、風速の大きさはそれぞれ建築基準法を準用して垂直積雪量 100cm、基準風速 32m/s とし、地震及び津波と組み合わせる積雪深については、建築基準法に定められた平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮する。</p> <p style="text-align: center;">&lt;中略&gt;</p> <p>2. 3. 1. 1 外部からの衝撃より防護すべき施設</p> <p>設計基準対象施設が外部からの衝撃によりその安全性を損なうことがないよう、外部からの衝撃より防護すべき施設は、設計基準対象施設のうち、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」で規</p>	<p>①工事の計画の「設計基準対象施設」は、設置変更許可申請書 (本文) の「安全施設」を含んでおり整合している。</p> <p>②工事の計画では、安全性を損なうおそれがある場合、措置を講じることで安全機能を損なわない設計としている。</p> <p>③設置変更許可申請書 (本文) の「洪水」は、設置変更許可申請書 (本文) で設計上の考慮は不要としている。</p> <p>④工事の計画では、地震及び津波を含めて自然現象の組合せを網羅的に検討し組み合わせを決定しており、設置変更許可申請書 (本文) の内容を含んでおり整合している。</p>	

設置変更許可申請書（本文）	設置変更許可申請書（添付書類八）該当事項	工事の計画 該当事項	整合性	備考
<p>上記に加え、①重要安全施設は、科学的技術的知見を踏まえ、当該①重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該①重要安全施設に作用する②衝撃及び設計基準事故時に生じる応力を、それぞれの因果関係及び時間的变化を考慮して、適切に組み合わせる。</p> <p style="text-align: center;">＜中略＞</p>	<p>上記に加え、重要安全施設は、科学的技術的知見を踏まえ、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生じる応力を、それぞれの因果関係及び時間的变化を考慮して、適切に組み合わせる。</p> <p style="text-align: center;">＜中略＞</p>	<p>定されているクラス1及びクラス2に該当する構築物、系統及び機器（以下「防護対象施設」という。）とする。</p> <p>また、防護対象施設の防護設計については、外部からの衝撃により防護対象施設に波及的影響を及ぼすおそれのある防護対象施設以外の施設についても考慮する。さらに、重大事故等対処設備についても、外部からの衝撃より防護すべき施設に含める。</p> <p>2. 3. 1. 2 設計基準事故時及び重大事故等時に生じる応力との組合せ</p> <p>科学的技術的知見を踏まえ、①防護対象施設及び屋内の重大事故等対処設備のうち、特に自然現象（地震及び津波を除く。）の影響を受けやすく、かつ、代替手段によってその機能の維持が困難であるか、又はその修復が著しく困難な構築物、系統及び機器に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象（地震及び津波を除く。）により作用する②衝撃は設計基準事故時及び重大事故等時に生じる応力と重なり合わない設計とする。</p>	<p>①クラス1及びクラス2に該当する構築物、系統及び機器を防護対象施設としており、重要安全施設を包含しているため整合している。</p> <p>②自然現象による衝撃と設計基準事故時に生じる応力が重ならないことを確認しており、整合している。</p>	

設置変更許可申請書 (本文)	設置変更許可申請書 (添付書類八) 該当事項	工事の計画 該当事項	整合性	備考
<p>(a-2) ①安全施設は、発電所の運用期間中において発電所の②安全機能に影響を及ぼし得る火山事象として設定した最大層厚 27cm、粒径 1mm 以下、密度 0.7g/cm<sup>3</sup> (乾燥状態) ~1.5g/cm<sup>3</sup> (湿潤状態) の降下火砕物に対し、</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 20px;"> <p>(3) その他の主要な構造 b. 重大事故等対処施設 (c-3-1) 環境条件 荷重としては重大事故等が発生した場合における環境圧力を踏まえた圧力、温度、機械的荷重に加えて自然現象 (地震、風 (台風)、竜巻、積雪、火山の影響) による荷重を考慮する。</p> </div>	<p>1.9 火山防護に関する基本方針 1.9.1 設計方針 1.9.1.1 概要</p> <p>安全施設は、火山事象に対して、原子炉施設の安全性を確保するために必要な機能 (以下「安全機能」という。) を損なうことのない設計とする。このため、「添付書類六 8. 火山」で評価し抽出された発電所に影響を及ぼし得る火山事象である降下火砕物による直接的影響及び間接的影響について評価を行うとともに、降下火砕物により安全施設が安全機能を損なうことのない設計とする。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 20px;"> <p>1.1.7 重大事故等対処設備に関する基本方針 1.1.7.3 環境条件等 (1) 環境条件 荷重としては重大事故等が発生した場合における環境圧力を踏まえた圧力、温度、機械的荷重に加えて自然現象 (地震、風 (台風)、竜巻、積雪、火山の影響) による荷重を考慮する。</p> </div>	<p>【原子炉冷却系統施設】 (基本設計方針) 「共通項目」 2. 自然現象 2.3 外部からの衝撃による損傷の防止 2.3.1 設計基準対象施設及び重大事故等対処施設 2.3.1.3 設計方針 (1) 自然現象 b. 火山</p> <p>①防護対象施設は、発電所の運用期間中において②安全性に影響を及ぼし得る火山事象として設置 (変更) 許可を受けた降下火砕物の特性を設定し、その降下火砕物が発生した場合においても、防護対象施設が安全機能を損なうおそれがない設計とする。</p> <p>重大事故等対処設備は、「5.1.1.5 環境条件等」を考慮した設計とする。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 20px;"> <p>5.1.1.5 環境条件等 荷重としては重大事故等が発生した場合における環境圧力を踏まえた圧力、温度、機械的荷重に加えて自然現象 (地震、風 (台風)、竜巻、積雪、火山の影響) による荷重を考慮する。</p> </div> <p>なお、定期的に新知見の確認を行い、新知見が得られた場合に評価することを保安規定に定める。</p>	<p>①安全施設を含む設計基準対象施設のうちクラス 1 及び 2 に該当する構築物、系統及び機器を、安全性を損なわないために外部からの衝撃より防護する「防護対象施設」とし、対象施設を設置変更許可申請書 (本文) より具体的に記載しており整合している。</p> <p>②工事の計画では、安全性を損なわないための措置を講じることで、安全機能を損なわない設計としている。</p>	<p>重大事故等対処設備も設計基準対象施設と同様の設計としている。</p>

設置変更許可申請書（本文）	設置変更許可申請書（添付書類八）該当事項	工事の計画 該当事項	整合性	備考
<p>(3) その他の主要な構造</p> <p>c. 特定重大事故等対処施設</p> <p>(b-3-1) 環境条件</p> <p>荷重としては原子炉補助建屋等への故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムによる重大事故等が発生した場合における環境圧力を踏まえた圧力、温度及び機械的荷重に加えて自然現象（地震、風（台風）、竜巻、積雪及び火山の影響）による荷重を考慮する。</p>	<p>1.1.8 特定重大事故等対処施設に関する基本方針</p> <p>1.1.8.3 環境条件等</p> <p>(1) 環境条件</p> <p>荷重としては原子炉補助建屋等への故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムによる重大事故等が発生した場合における環境圧力を踏まえた圧力、温度及び機械的荷重に加えて自然現象（地震、風（台風）、竜巻、積雪及び火山の影響）による荷重を考慮する。</p>	<p>(a) 防護設計における降下火砕物の特性の設定</p> <p>設計に用いる降下火砕物は、設置（変更）許可を受けた最大層厚27cm、粒径1mm以下、密度0.7g/cm<sup>3</sup>（乾燥状態）～1.5g/cm<sup>3</sup>（湿潤状態）と設定する。</p> <p>(b) 降下火砕物に対する防護対策</p> <p>降下火砕物の影響を考慮する施設は、降下火砕物による「直接的影響」及び「間接的影響」に対して、以下の適切な防護措置を講じることで安全機能を損なうおそれがない設計とする。</p> <p style="text-align: center;">＜中略＞</p> <p>2.3.2 特定重大事故等対処施設</p> <p>特定重大事故等対処施設は、外部からの衝撃による損傷の防止において、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）及び人為事象に対して、「5.1.2.2 多様性、位置的分散等」、「5.1.2.3 悪影響防止等」及び「5.1.2.5 環境条件等」の基本設計方針に基づき、必要な機能が損なわれないよう、防護措置その他の適切な措置を講じる。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>5.1.2.5 環境条件等</p> <p>荷重としては原子炉補助建屋等への故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムによる重大事故等が発生した場合における環境圧力を踏まえた圧力、温度及び機械的荷重に加えて自然現象（地震、風（台風）、竜巻、積雪及び火山の影響）による荷重を考慮する。</p> </div>		<p>特定重大事故等対処施設も設計基準対象施設と同様の設計としている。</p>

設置変更許可申請書 (本文)	設置変更許可申請書 (添付書類八) 該当事項	工事の計画 該当事項	整合性	備考
<p>その直接的影響である①構造物への②静的負荷に対して安全裕度を有する設計とすること、</p>	<p>1.9.1.6 設計対象施設の設計</p> <p>1.9.1.6.1 直接的影響に対する設計方針</p> <p>直接的影響については、設計対象施設の構造や設置状況等(形状、機能、外気吸入や海水通水の有無等)を考慮し、想定される各影響因子に対して、影響を受ける各設計対象施設が安全機能を損なうことのない設計とする。</p> <p>(1) 荷重</p> <p>a. 構造物への静的負荷</p> <p>設計対象施設のうち、構造物への静的負荷を考慮すべき施設は、以下に示すとおり、降下火砕物が堆積しやすい屋根構造を有する建屋及び屋外施設である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・外部しゃへい建屋、外周建屋、燃料取扱建屋、原子炉補助建屋、中間建屋、ディーゼル発電機建屋、燃料取替用水タンク建屋</li> <li>・復水タンク、海水ポンプ</li> </ul> <p>当該施設の許容荷重が、降下火砕物による荷重に対して安全裕度を有することにより、構造健全性を失わず安全機能を損なうことのない設計とする。</p> <p style="text-align: center;">&lt; 中略 &gt;</p> <p>1.9.1.5.1 直接的影響因子</p> <p style="text-align: center;">&lt; 中略 &gt;</p> <p>c. その他の自然現象の影響を考慮した荷重の組合せ</p> <p>降下火砕物と火山以外の自然現象の組合せについては、荷重の影響において、降下火砕物、風(台風)及び積雪による組合せを考慮する。</p>	<p>【原子炉冷却系統施設】</p> <p>(基本設計方針) 「共通項目」</p> <p>2. 自然現象</p> <p>2. 3 外部からの衝撃による損傷の防止</p> <p>2. 3. 1 設計基準対象施設及び重大事故等対処施設</p> <p>2. 3. 1. 3 設計方針</p> <p>(1) 自然現象</p> <p>b. 火山</p> <p>イ. 直接的影響に対する設計方針</p> <p>(イ) 構造物への②荷重</p> <p>①防護対象施設及び防護対象施設に影響を及ぼす可能性のあるクラス3(発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類)に属する施設(以下「クラス3に属する施設」という。)のうち、屋外に設置されている施設、並びに防護対象施設を内包し降下火砕物からその施設を防護する建屋で、降下火砕物が堆積しやすい屋根構造を有する施設については、降下火砕物を除去することにより、短期的な荷重に対して安全機能を損なうおそれがないよう②許容荷重が降下火砕物、風(台風)及び積雪による組合せを考慮した荷重に対して安全裕度を有する設計とする。</p> <p>なお、荷重により構造健全性を失わないよう、降灰時には当該施設に堆積する降下火砕物を除去することを保安規定に定める。</p> <p>屋内の重大事故等対処設備については、環境条件を考慮して降下火砕物による短期的な荷重により機能を損なわないように、降下火砕物による組合せを考慮した荷重に対し安全裕度を有する建屋内に設置する設計とする。</p> <p>屋外の重大事故等対処設備については、環境条件を考慮して降下火砕物による荷重により機能を損なわないように、降下火砕物を除去することにより、重大事故等対処設備の重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがない設計とする。</p> <p>なお、必要な機能が損なわれるおそれがないよう、降灰時には屋外の重大事故等対処設備に堆積する降下火砕物を除去することを保安規定に定める。</p>	<p>①工事の計画の①は、設置変更許可申請書(本文)の「構造物」を具体的に記載しており整合している。</p> <p>②工事の計画の②は、設置変更許可申請書(本文)の「静的負荷」に加え、風(台風)による荷重も考慮していることから整合している。</p>	

設置変更許可申請書 (本文)	設置変更許可申請書 (添付書類八) 該当事項	工事の計画 該当事項	整合性	備考
<p><u>水循環系の閉塞に対して狭隘部等が閉塞しない設計とすること、</u></p> <p><u>換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響(閉塞)に対して①降下火砕物が侵入しにくい設計とすること、</u></p>	<p>(2) 閉塞</p> <p>a. <u>水循環系の閉塞</u></p> <p style="text-align: center;">&lt;中略&gt;</p> <p>降下火砕物は粘土質ではないことから水中で固まり閉塞することはないが、当該施設は、降下火砕物の粒径(最大1mm)に対し十分大きな流水部を設けることにより、流路及びポンプ軸受部の<u>狭隘部等が閉塞しない設計とする。</u></p> <p>b. <u>換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響(閉塞)</u></p> <p style="text-align: center;">&lt;中略&gt;</p> <p>各施設の構造上の対応として、海水ポンプ(海水ポンプモータ)は開口部を全閉構造とすること、ディーゼル発電機機関、ディーゼル発電機消音器及び換気空調設備は開口部を下向きの構造とすること、また主蒸気逃がし弁消音器、主蒸気安全弁排気管等のその他の施設については開口部や配管の形状等により、降下火砕物が流路に侵入した場合でも閉塞しない設計とする。</p> <p>また、設備対応として、外気を取り入れる換気空調設備及びディーゼル発電機消音器にそれぞれフィルタを設置することにより、フィルタより大きな<u>降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とし、さらに降下火砕物がフィルタに付着した場合でも取替えが可能な構造とすること</u>で、降下火砕物により閉塞しない設計とする。</p> <p>主蒸気逃がし弁又は主蒸気安全弁は、開口部に降下火砕物が侵入した場合でも消音器や配管の形状により閉塞しにくい設計とし、また仮に弁出口配管内に降下火砕物が侵入し堆積した場合でも、弁の吹き出しにより流路を確保し閉塞しない設計とする。</p> <p>ディーゼル発電機機関は、フィルタを通過した小さな粒径の降下火砕物が侵入した場合でも、降下火砕物により閉塞しない設計とする。</p> <p>格納容器排気筒及び補助建屋排気筒は、排気により<u>降下火砕物が侵入しにくい設計とし、降下火砕物が侵入した場合でも、排気筒の構造から排気流路が閉塞しない設計とする。</u>また、降下火砕物が侵入した場合でも、排気筒内部の点検、並びに状況に応じて除去等の対応が可能な設計とする。</p>	<p>(ロ) 閉塞</p> <p>i. <u>水循環系の閉塞</u></p> <p>防護対象施設及び防護対象施設に影響を及ぼす可能性のあるクラス3に属する施設のうち、屋外に開口しており降下火砕物を含む海水の流路となる施設について、降下火砕物の粒径より大きな流水部を設けることにより、<u>水循環系の狭隘部が閉塞しない設計とする。</u></p> <p>なお、降下火砕物により水循環系が閉塞しないよう、降灰時には点検を行い、状況に応じてストレーナを洗浄することを保安規定に定める。</p> <p>ii. <u>換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響(閉塞)</u></p> <p>防護対象施設、防護対象施設に影響を及ぼす可能性のあるクラス3に属する施設及びその他の施設のうち、屋外に開口しており降下火砕物を含む空気の流路となる換気空調系(外気取入口)については、①<u>開口部を下向きの構造とすること、またフィルタを設置することにより降下火砕物が侵入しにくい構造とし、降下火砕物により閉塞しない設計とする。</u></p> <p><u>換気空調系以外の降下火砕物を含む空気の流路となる施設についても、①降下火砕物が侵入しにくい構造、又は降下火砕物が侵入した場合でも、降下火砕物により流路が閉塞しない設計とする。</u></p> <p>なお、降下火砕物により閉塞しないよう、降灰時には点検を行い、状況に応じて換気空調系のフィルタの清掃や取替えの実施について保安規定に定める。</p>	<p>①工事の計画の①は設置変更許可申請書(本文)の①を具体的に記載しており整合している。</p>	



設置変更許可申請書 (本文)	設置変更許可申請書 (添付書類八) 該当事項	工事の計画 該当事項	整合性	備考
<p><u>水循環系の内部における磨耗及び換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響 (磨耗) に対して磨耗しにくい設計とすること、</u></p> <p><u>構造物の化学的影響 (腐食)、水循環系の化学的影響 (腐食) 及び換気系、電気系及び計装制御系に対する化学的影響 (腐食) に対して短期での腐食が発生しない設計とすること、</u></p>	<p>(3) 磨耗</p> <p>a. <u>水循環系の内部における磨耗</u></p> <p style="text-align: center;">&lt;中略&gt;</p> <p><u>降下火砕物は砂よりも硬度が低くもろいことから磨耗による影響は小さい。また当該施設については、降灰時の特別点検、その後の日常保守管理により、状況に応じて補修が可能であり、磨耗により安全機能を損なうことのない設計とする。</u></p> <p>b. <u>換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響 (磨耗)</u></p> <p style="text-align: center;">&lt;中略&gt;</p> <p><u>降下火砕物は砂よりも硬度が低くもろいことから、磨耗の影響は小さい。</u></p> <p><u>構造上の対応として、開口部を下向きとすることにより侵入しにくい構造とし、仮に当該施設の内部に降下火砕物が侵入した場合でも耐磨耗性のある材料を使用することにより、磨耗により安全機能を損なうことのない設計とする。</u></p> <p><u>設備対応として、外気を取り入れる換気空調設備及びディーゼル発電機消音器にそれぞれフィルタを設置することにより、フィルタより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とし、また換気空調設備においては、前述のフィルタの設置、さらに外気取入ダンパの閉止、換気空調設備の停止又は閉回路循環運転により、建屋内への降下火砕物の侵入を防止することが可能な設計とする</u></p> <p>(4) 腐食</p> <p>a. <u>構造物の化学的影響 (腐食)</u></p> <p style="text-align: center;">&lt;中略&gt;</p> <p><u>金属腐食研究の結果より、降下火砕物によって直ちに金属腐食を生じないが、外装の塗装等によって短期での腐食により安全機能を損なうことのない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする</u></p>	<p>(ハ) 磨耗</p> <p>i. <u>水循環系、換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響 (磨耗)</u></p> <p>防護対象施設及び防護対象施設に影響を及ぼす可能性のあるクラス3に属する施設のうち、屋外に開口しており降下火砕物を含む海水の流路となる施設、並びに屋外に開口又は屋内の空気を機器内に取り込む機構を有し、かつ摺動部を有する換気系、電気系及び計装制御系の施設については、降下火砕物に対し機能を損なうおそれがないよう、降下火砕物が侵入しにくい構造とすること又は磨耗しにくい材料を使用することにより、<u>磨耗しにくい設計とする。</u></p> <p>なお、磨耗が進まないよう、降灰時には水循環系、換気空調系のフィルタの点検を行ない、状況に応じて清掃、取替え、並びに閉回路循環運転等の実施について保安規定に定める。</p> <p>(ニ) 腐食</p> <p>i. <u>構造物の化学的影響 (腐食)</u></p> <p>防護対象施設及び防護対象施設に影響を及ぼす可能性のあるクラス3に属する施設のうち、屋外に設置している施設並びに防護対象施設を内包し降下火砕物からその施設を防護する建屋については、耐食性のある塗装を実施することにより、<u>降下火砕物により短期的に腐食が発生しない設計とする。</u></p> <p>なお、長期的な腐食の影響が生じないよう、降灰時には日常保守管理における点検並びに状況に応じた塗装の実施について保安規定に定める。</p> <p>屋内の重大事故等対処設備については、降下火砕物による短期的な腐食により機能を損なわないように、耐食性のある塗装を実施した建屋内に設置する設計とする。</p> <p>屋外の重大事故等対処設備については、降下火砕物を除去することにより、降下火砕物による腐食に対して重大事故等対処設備の重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがない設計とする。</p>		

設置変更許可申請書（本文）	設置変更許可申請書（添付書類八）該当事項	工事の計画 該当事項	整合性	備考
<p>発電所周辺の大気汚染に対して中央制御室の換気空調系は降下火砕物が侵入しにくく、さらに外気を遮断できる設計とすること、</p>	<p>b. <u>水循環系の化学的影響（腐食）</u>                      &lt;中略&gt;  <u>金属腐食研究の結果より、降下火砕物によって直ちに金属腐食を生じないが、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、腐食により安全機能を損なうことのない設計とする。</u>なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。</p> <p>c. <u>換気系、電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）</u>                      &lt;中略&gt;  <u>金属腐食研究の結果より、降下火砕物によって直ちに金属腐食を生じないが、塗装の実施等によって、腐食により安全機能を損なうことのない設計とする。</u>なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。</p> <p>(5) 大気汚染                      a. <u>発電所周辺の大気汚染</u>  <u>降下火砕物により汚染された発電所周辺の大気が、中央制御室空調装置の外気取入口を通じて中央制御室に侵入しないよう、外気取入口のガラリを downward の構造とし、さらに平型フィルタを設置することにより、降下火砕物が外気取入口に到達した場合であってもフィルタより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とする。</u>                      これに加えて下流側にさらに細かな粒子を捕集可能な粗フィルタを設置していることから、降下火砕物の侵入に対して他の換気空調設備に比べて高い防護性能を有しているが、仮に室内に侵入した場合でも降下火砕物は微量であり、粒径は極めて細かな粒子である。                      また、中央制御室空調装置については、外気取入ダンパの閉止及び閉回路循環運転を可能とすることにより、中央制御室内への降下火砕物の侵入を防止すること、さらに外気取入遮断時において室内の居住性を確保するため、酸素濃度及び二酸化炭素濃度の影響評価を実施することにより、安全機能を損なうことのない設</p>	<p>なお、長期的な腐食の影響が生じないよう、降灰時には屋外の重大事故等対処設備に堆積する降下火砕物を除去することを保安規定に定める。</p> <p>ii. <u>水循環系の化学的影響（腐食）</u>                      防護対象施設及び防護対象施設に影響を及ぼす可能性のあるクラス3に属する施設のうち、屋外に開口しており降下火砕物を含む海水の流路となる施設については、耐食性のある材料の使用や塗装を実施することにより、<u>降下火砕物により短期的に腐食が発生しない設計とする。</u>                      なお、長期的な腐食の影響が生じないよう、降灰時には日常保守管理における点検並びに状況に応じた塗装の実施について保安規定に定める。</p> <p>iii. <u>換気系、電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）</u>                      防護対象施設及び防護対象施設に影響を及ぼす可能性のあるクラス3に属する施設のうち、屋外に開口しており降下火砕物を含む空気の流れとなる施設については、耐食性のある塗装を実施することにより、<u>降下火砕物により短期的に腐食が発生しない設計とする。</u>                      なお、長期的な腐食の影響が生じないよう、降灰時には日常保守管理における点検並びに状況に応じた塗装の実施について保安規定に定める。</p> <p>(ホ) <u>発電所周辺の大気汚染</u>                      防護対象施設、防護対象施設に影響を及ぼす可能性のあるクラス3に属する施設及びその他の施設のうち、<u>中央制御室換気空調系については、降下火砕物が侵入しにくい構造とし、さらにフィルタを設置することにより、降下火砕物が中央制御室に侵入しにくい設計とする。</u>                      なお、<u>外気を遮断し降下火砕物の侵入による中央制御室の大気汚染を防止するため、降灰時には閉回路循環運転の実施について保安規定に定める。</u></p> <p>【放射線管理施設】                      （基本設計方針）                      2. 換気装置、生体遮蔽装置                      2. 2 換気設備                      &lt;中略&gt;  <u>中央制御室空調装置は、重大事故等時を含む事故時において、微粒子フィルタ及びよう素フィルタを内蔵した中央制御室非常用循環フィルタユニット並びに中央制御室非常用循環ファンからなる非常用ラインを設け、外気と</u></p>		

設置変更許可申請書 (本文)	設置変更許可申請書 (添付書類八) 該当事項	工事の計画 該当事項	整合性	備考
<p><u>計装盤の絶縁低下に対して空気を取り込む機構を有する計装盤の設置場所の換気空調系は降下火砕物が侵入しにくく、さらに①外気を遮断できる設計とすることにより、</u></p>	<p>計とする。</p> <p>(6) 絶縁低下</p> <p>a. <u>計装盤の絶縁低下</u></p> <p>計装盤のうち、空気を取り込む機構を有する安全保護系計装盤については、屋内に侵入した降下火砕物を取り込むことによる影響を考慮する。</p> <p>当該機器の設置場所は安全補機開閉器室空調装置にて空調管理されており、本換気空調設備の外気取入口には平型フィルタを設置し、これに加えて下流側にさらに細かな粒子を捕集可能な粗フィルタを設置していることから、<u>降下火砕物の侵入に対して他の換気空調設備に比べて高い防護性能を有しているが、仮に室内に侵入した場合でも降下火砕物は微量であり、粒径は極めて細かな粒子である。</u></p> <p>また、本換気空調設備については、<u>外気取入ダンパの閉止及び閉回路循環運転を可能とすることにより、安全補機開閉器室内への降下火砕物の侵入を防止することが可能である。</u></p> <p>これらフィルタの設置により侵入に対する高い防護性能を有すること、また外気取入ダンパの閉止及び閉回路循環運転による侵入防止が可能な設計とすることにより、降下火砕物の付着による絶縁低下による影響を防止し、安全保護系計装盤の安全機能を損なうことのない設計とする。</p>	<p><u>の連絡口を遮断し、中央制御室非常用循環フィルタユニットを通る閉回路循環方式を構成することにより、運転員を被ばくから防護する設計とする。</u></p> <p>【原子炉冷却系統施設】 (基本設計方針) 「共通項目」</p> <p>2. 自然現象</p> <p>2. 3 外部からの衝撃による損傷の防止</p> <p>2. 3. 1 設計基準対象施設及び重大事故等対処施設</p> <p>2. 3. 1. 3 設計方針</p> <p>(1) 自然現象</p> <p>b. 火山</p> <p>イ. 直接的影響に対する設計方針</p> <p>(へ) 絶縁低下</p> <p>防護対象施設、防護対象施設に影響を及ぼす可能性のあるクラス3に属する施設及びその他の施設のうち、<u>空気を取り込む機構を有する計装盤については、設置場所の換気空調系の屋外開口部を下向きの構造とすること、またフィルタを設置することにより、降下火砕物が侵入しにくい設計とする。</u></p> <p>なお、<u>外気を遮断し</u>降下火砕物による計装盤の絶縁低下を防止するため、降灰時には外気取入ダンパの閉止及び閉回路循環運転の実施について保安規定に定める。</p>	<p>①設置場所の空調系である安全補機開閉器室空調系は、外気の遮断が可能であることから、設置変更許可申請書(本文)と整合している。</p>	

設置変更許可申請書 (本文)	設置変更許可申請書 (添付書類八) 該当事項	工事の計画 該当事項	整合性	備考
<p>①安全機能を損なうことのない設計とする。</p>	<p>1.9.1.2 火山事象に対する設計の基本方針</p> <p>(1) <u>降下火砕物による直接的な影響 (荷重、閉塞、磨耗、腐食等) に対して、安全機能を損なうことのない設計とする。</u></p> <p>(2) <u>発電所内の構造物、系統及び機器における降下火砕物の除去等の対応が可能な設計とする。</u></p>	<p><b>【原子炉冷却系統施設】</b></p> <p>(基本設計方針) 「共通項目」</p> <p>2. 自然現象</p> <p>2. 3 外部からの衝撃による損傷の防止</p> <p>2. 3. 1 設計基準対象施設及び重大事故等対処施設</p> <p>2. 3. 1. 3 設計方針</p> <p>(1) 自然現象</p> <p>b. 火山</p> <p>防護対象施設は、発電所の運用期間中において安全性に影響を及ぼし得る火山事象として設置 (変更) 許可を受けた降下火砕物の特性を設定し、その降下火砕物が発生した場合においても、防護対象施設が①安全機能を損なうおそれがない設計とする。</p> <p style="text-align: center;">&lt;中略&gt;</p> <p>(b) 降下火砕物に対する防護対策</p> <p>イ. 直接的影響に対する設計方針</p> <p>(イ) 構造物への荷重</p> <p>防護対象施設及び防護対象施設に影響を及ぼす可能性のあるクラス3 (発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類) に属する施設 (以下「クラス3に属する施設」という。) のうち、屋外に設置している施設、並びに防護対象施設を内包し降下火砕物からその施設を防護する建屋で、降下火砕物が堆積しやすい屋根構造を有する施設については、降下火砕物を除去することにより、短期的な荷重に対して安全機能を損なうおそれがないよう許容荷重が降下火砕物、風 (台風) 及び積雪による組合せを考慮した荷重に対して安全裕度を有する設計とする。</p> <p>なお、①荷重により構造健全性を失わないよう、降灰時には当該施設に堆積する降下火砕物を除去することを保安規定に定める。</p> <p style="text-align: center;">&lt;中略&gt;</p> <p>(ロ) 閉塞</p> <p>i. 水循環系の閉塞</p> <p>防護対象施設及び防護対象施設に影響を及ぼす可能性のあるクラス3に属する施設のうち、屋外に開口しており降下火砕物を含む海水の流路となる施設について、降下火砕物の粒径より大きな流水部を設けることにより、水循環系の狭隘部が閉塞しない設計とする。</p> <p>なお、①降下火砕物により水循環系が閉塞しないよう、降灰時には点検を行い、状況に応じてストレーナを洗浄することを保安規定に定める。</p>	<p>①工事の計画の「安全機能を損なうおそれがない設計」は、設置変更許可申請書 (本文) の「安全機能を損なうことのない設計」と同義であり、整合している。</p> <p>①工事の計画では、構造健全性を失わないよう措置を講じることで、安全機能を損なわない設計としている。</p> <p>①工事の計画では、水循環系が閉塞しないよう措置を講じることで、安全機能を損なわない設計としている。</p>	

設置変更許可申請書 (本文)	設置変更許可申請書 (添付書類八) 該当事項	工事の計画 該当事項	整合性	備考
		<p>ii. 換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響 (閉塞)</p> <p>防護対象施設、防護対象施設に影響を及ぼす可能性のあるクラス3に属する施設及びその他の施設のうち、屋外に開口しており降下火砕物を含む空気の流路となる換気空調系 (外気取入口) については、開口部を下向き構造とすること、またフィルタを設置することにより降下火砕物が侵入しにくい構造とし、降下火砕物により閉塞しない設計とする。</p> <p>換気空調系以外の降下火砕物を含む空気の流路となる施設についても、降下火砕物が侵入しにくい構造、又は降下火砕物が侵入した場合でも、降下火砕物により流路が閉塞しない設計とする。</p> <p>なお、①降下火砕物により閉塞しないよう、降灰時には点検を行い、状況に応じて換気空調系のフィルタの清掃や取替えの実施について保安規定に定める。</p> <p>(ハ) 磨耗</p> <p>i. 水循環系、換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響 (磨耗)</p> <p>防護対象施設及び防護対象施設に影響を及ぼす可能性のあるクラス3に属する施設のうち、屋外に開口しており降下火砕物を含む海水の流路となる施設、並びに屋外に開口又は屋内の空気を機器内に取り込む機構を有し、かつ摺動部を有する換気系、電気系及び計装制御系の施設については、降下火砕物に対し、機能を損なうおそれがないよう、降下火砕物が侵入しにくい構造とすること又は磨耗しにくい材料を使用することにより、磨耗しにくい設計とする。</p> <p>なお、①磨耗が進展しないよう、降灰時には水循環系、換気空調系のフィルタの点検を行ない、状況に応じて清掃、取替え、並びに閉回路循環運転等の実施について保安規定に定める。</p> <p>(ニ) 腐食</p> <p>i. 構造物の化学的影響 (腐食)</p> <p>防護対象施設及び防護対象施設に影響を及ぼす可能性のあるクラス3に属する施設のうち、屋外に設置している施設並びに防護対象施設を内包し降下火砕物からその施設を防護する建屋については、耐食性のある塗装を実施することにより、降下火砕物により短期的に腐食が発生しない設計とする。</p> <p>なお、①長期的な腐食の影響が生じないよう、降灰時には日常保守管理における点検並びに状況に応じた塗装の実施について保安規定に定める。</p> <p>屋内の重大事故等対処設備については、降下火砕物による短期的な腐食により機能を損なわないように、耐食性のある塗装を実施した建屋内に設</p>	<p>①工事の計画では、閉塞しないよう措置を講じることで、安全機能を損なわない設計としている。</p> <p>①工事の計画では、磨耗が進展しないよう措置を講じることで、安全機能を損なわない設計としている。</p> <p>①工事の計画では、長期的な腐食の影響が生じないよう措置を講じることで、安全機能を損なわない設計としている。</p>	

設置変更許可申請書 (本文)	設置変更許可申請書 (添付書類八) 該当事項	工事の計画 該当事項	整合性	備考
		<p>置する設計とする。</p> <p>屋外の重大事故等対処設備については、降下火砕物を除去することにより、降下火砕物による腐食に対して重大事故等対処設備の重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがない設計とする。</p> <p>なお、①<u>長期的な腐食の影響が生じないよう、降灰時には屋外の重大事故等対処設備に堆積する降下火砕物を除去することを保安規定に定める。</u></p> <p>ii. 水循環系の化学的影響 (腐食)</p> <p>防護対象施設及び防護対象施設に影響を及ぼす可能性のあるクラス3に属する施設のうち、屋外に開口しており降下火砕物を含む海水の流路となる施設については、耐食性のある材料の使用や塗装を実施することにより、降下火砕物により短期的に腐食が発生しない設計とする。</p> <p>なお、①<u>長期的な腐食の影響が生じないよう、降灰時には日常保守管理における点検並びに状況に応じた塗装の実施について保安規定に定める。</u></p> <p>iii. 換気系、電気系及び計装制御系に対する化学的影響 (腐食)</p> <p>防護対象施設及び防護対象施設に影響を及ぼす可能性のあるクラス3に属する施設のうち、屋外に開口しており降下火砕物を含む空気の流路となる施設については、耐食性のある塗装を実施することにより、降下火砕物により短期的に腐食が発生しない設計とする。</p> <p>なお、①<u>長期的な腐食の影響が生じないよう、降灰時には日常保守管理における点検並びに状況に応じた塗装の実施について保安規定に定める。</u></p> <p>(ホ) 発電所周辺の大気汚染</p> <p>防護対象施設、防護対象施設に影響を及ぼす可能性のあるクラス3に属する施設及びその他の施設のうち、中央制御室換気空調系については、降下火砕物が侵入しにくい構造とし、さらにフィルタを設置することにより、降下火砕物が中央制御室に侵入しにくい設計とする。</p> <p>なお、①<u>外気を遮断し降下火砕物の侵入による中央制御室の大気汚染を防止するため、降灰時には閉回路循環運転の実施について保安規定に定める。</u></p> <p>(ヘ) 絶縁低下</p> <p>防護対象施設、防護対象施設に影響を及ぼす可能性のあるクラス3に属する施設及びその他の施設のうち、空気を取り込む機構を有する計装盤については、設置場所の換気空調系の屋外開口部を下向きの構造とすること、またフィルタを設置することにより、降下火砕物が侵入しにくい設計とする。</p>	<p>①工事の計画では、長期的な腐食の影響が生じないよう措置を講じることで、安全機能を損なわない設計としている。</p> <p>①工事の計画では、長期的な腐食の影響が生じないよう措置を講じることで、安全機能を損なわない設計としている。</p> <p>①工事の計画では、長期的な腐食の影響が生じないよう措置を講じることで、安全機能を損なわない設計としている。</p> <p>①工事の計画では、中央制御室の大気汚染を防止するための措置を講じることで、安全機能を損なわない設計としている。</p> <p>①工事の計画では、計装盤の絶縁低下を防止するための措置を講じることで、安全機能を損なわない設計としている。</p>	

設置変更許可申請書 (本文)	設置変更許可申請書 (添付書類八) 該当事項	工事の計画 該当事項	整合性	備考
<p>また、降下火砕物の間接的影響である7日間の外部電源喪失、発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象に対し、①発電所の安全性を維持するために②必要となる電源の供給が継続でき、安全機能を損なうことのない設計とする。</p>	<p>(3) <u>降下火砕物による発電所外での間接的な影響(7日間の外部電源の喪失、交通の途絶によるアクセス制限事象)を考慮し、ディーゼル発電機の燃料油の貯蔵設備等により、原子炉及び使用済燃料ピットの安全性を損なうことのない設計とする。</u></p> <p>1.9.1.6.2 間接的影響に対する設計方針</p> <p><u>降下火砕物による間接的影響には、広範囲にわたる送電網の損傷による7日間の外部電源喪失、発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象に対し、原子炉の停止、並びに停止後の原子炉及び使用済燃料ピットの冷却に係る機能を担うために必要となる電源の供給が燃料油貯油そう及びディーゼル発電機により継続でき、安全機能を損なうことのない設計とする。</u></p>	<p>なお、①外気を遮断し降下火砕物による計装盤の絶縁低下を防止するため、降灰時には外気取入ダンパの閉止及び閉回路循環運転の実施について保安規定に定める。</p> <p>ロ. 間接的影響に対する設計方針</p> <p><u>降下火砕物による間接的影響である7日間の外部電源喪失、発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象に対し、①原子炉及び使用済燃料ピットの安全性を維持するために②必要となる電源の供給がディーゼル発電機燃料油貯油そうからの燃料供給により継続でき、非常用電源施設から受電できる設計とする。</u></p> <p>【非常用電源設備】 (基本設計方針)</p> <p>4. 燃料設備</p> <p>4. 1 ディーゼル発電機の燃料設備</p> <p><u>設計基準対象施設である②ディーゼル発電機については、7日間の外部電源喪失を仮定しても、②連続運転により必要とする電力を供給できるよう、7日間分の容量以上の燃料を敷地内の燃料油貯油そうに貯蔵する設計とする。</u></p>	<p>①工事の計画の①「原子炉及び使用済燃料ピットの安全性を維持」することで、設置変更許可申請書(本文)の①「発電所の安全性を維持」するため、整合している。</p> <p>②工事の計画の②は設置変更許可申請書(本文)の②を具体的に記載したものであり整合している。</p>	

## 各影響因子の整理について

## 1. 概要

本資料は火山灰の各影響因子に対して設置許可審査での整理を示し、本設工認申請にて適合性確認対象とした経緯について説明する。

## 2. 層厚変更に影響がある影響因子

火山灰が施設に与える影響については、設置許可のまとめ資料に整理しており、層厚変更により評価結果が変わる影響因子は荷重及び閉塞である。DNP設置許可で行った個別評価の結果の概要を別紙1に示す。また、許可時の防護対象施設の選定の考え方及び個別評価を別添1及び別添2に示す。

## 3. 設工認で評価を実施する施設の選定

層厚変更により評価結果が変わる影響因子は荷重及び閉塞<sup>\*</sup>であるが、閉塞については、DNP設置許可で評価を行っており、設工認では評価結果を示していない。これは主蒸気逃がし弁（消音器）及び主蒸気安全弁（排気管）の閉塞評価は、設備の詳細設計を踏まえ、DNPの層厚に対して消音器及び排気管への火山灰の侵入により機器の機能に影響がないことを設置許可段階で確認していることから、設工認では申請対象としていないものである。なお、この整理は新規規制基準対応の設置許可及び工認から変更していない。

したがって、設工認の添付資料及び補足説明資料は、層厚変更に伴い、閉塞に係る記載に変更が生じないため申請対象とはしていない。一方、荷重については、新規規制基準工認の添付資料に構造強度評価の結果を示していることから、本設工認申請にて評価結果を示している。

設工認対象とした施設のフローを図1に示す。

<sup>\*</sup>主蒸気逃がし弁（消音器）及び主蒸気安全弁（排気管）に対する閉塞

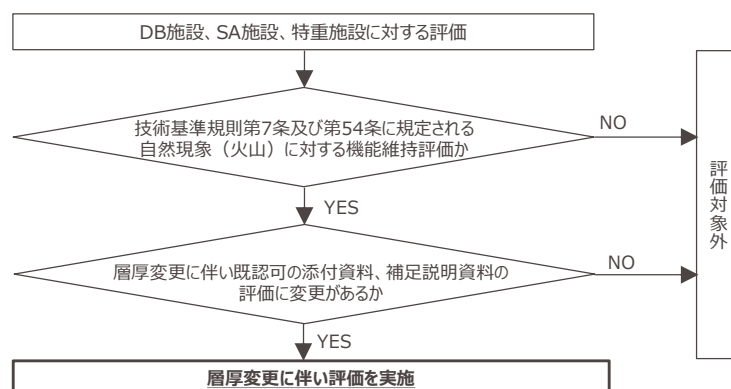


図1 設工認で評価を実施する施設の選定



影響因子 評価対象施設	構造物への静的荷重 (降雨等の影響を含む)	構造物の化学的影響(腐食)	水循環系の閉塞	水循環系の化学的影響(腐食)
外部しゃへい建屋、 外周建屋、 補助一般建屋、 中間建屋、 燃料取扱建屋、 ディーゼル建屋、 燃料取替用水タンク建屋	●※ 新規制基準適合時に、堆積荷重の条件を示し、成立性の確認を行い、工認で構造強度評価を実施するとしている。 ⇒DNP設置許可段階では、堆積荷重が変更となるため、成立性の確認を行い、工認で構造強度評価を実施するとしている。	○ 新規制基準適合時に、外装塗装が施され火山灰による化学的腐食により直ちに機能に影響を及ぼすことはないとして評価している。 ⇒DNP設置許可段階では、当該施設の構造は変わらないため、評価結果に影響を及ぼさないとしている。	③	③
復水タンク	●※ 新規制基準適合時に、堆積荷重の条件を示し、工認で構造強度評価を実施するとしている。 ⇒DNP設置許可段階では、堆積荷重が変更となるため、成立性の確認を行い、工認で構造強度評価を実施するとしている。	○ 新規制基準適合時に、外装塗装が施され火山灰による化学的腐食により直ちに機能に影響を及ぼすことはないとして評価している。 ⇒DNP設置許可段階では、当該施設の構造は変わらないため、評価結果に影響を及ぼさないとしている。	③	③
海水ポンプ	●※ 新規制基準適合時に、堆積荷重の条件を示し、工認で構造強度評価を実施するとしている。 ⇒DNP設置許可段階では、堆積荷重が変更となるため、成立性の確認を行い、工認で構造強度評価を実施するとしている。	○ 新規制基準適合時に、外装塗装が施され火山灰による化学的腐食により直ちに機能に影響を及ぼすことはないとして評価している。 ⇒DNP設置許可段階では、当該施設の構造は変わらないため、評価結果に影響を及ぼさないとしている。	○(ポンプ) 新規制基準適合時に、想定する火山灰の粒径は、1mm以下であり、ほとんどの火山灰は軸受潤滑水ストレーナを通過することになり、また、ポンプ軸受には、異物逃がし溝を設けており、火山灰による軸固着等には至らないと評価している。 ⇒DNP設置許可段階では、当該施設の構造並びに火山灰の粒径は変わらないため、評価結果に影響を及ぼさないとしている。	○(ポンプ) 新規制基準適合時に、防汚塗装等の対応を実施しており、海水と金属が直接接することはないため、腐食により海水ポンプの機能に影響を及ぼすことはないとして評価している。 ⇒DNP設置許可段階では、当該施設の構造は変わらないため、評価結果に影響を及ぼさないとしている。
主蒸気逃がし弁(消音器)	①	③	③	③
主蒸気安全弁(排気管)	①	③	③	③
タービン動補助給水ポンプ (蒸気大気放出口)	①	③	③	③
非常用ディーゼル発電機 (機関、消音器)	①	②	③	③
換気空調設備 (給気系外気取入口)	①	②	③	③
格納容器排気筒 補助建屋排気筒	①	②	③	③
取水設備	①	②	○ 新規制基準適合時に、火山灰の粒径は十分小さく、除塵装置を閉塞することはないと評価している。 ⇒DNP設置許可段階では、火山灰の粒径は変わらないため、評価結果に影響を及ぼさないとしている。	○ 新規制基準適合時に、海水系の化学的影響については、海水中の火山灰濃度は非常に希薄であること、除塵装置は防汚塗装等の対応を実施しており、海水と金属が直接接することはないと評価している。 ⇒DNP設置許可段階では、当該施設の構造は変わらないため、評価結果に影響を及ぼさないとしている。
海水ストレーナ	①	②	○(水循環系機能の一部であり下流の設備を含む) 新規制基準適合時に、火山灰の粒径は、ストレーナのメッシュサイズよりも小さく、閉塞することはないとしており、ストレーナのメッシュを通過した火山灰粒子は、下流の機器に対して閉塞等の影響を与えることはないとして評価している。 ⇒DNP設置許可段階では、火山灰の粒径は変わらないため、評価結果に影響を及ぼさないとしている。	○(水循環系機能の一部であり下流の設備を含む) 新規制基準適合時に、外装塗装が施されていることから、直ちに腐食により機能喪失することはないと評価している。 ⇒DNP設置許可段階では、当該施設の構造は変わらないため、評価結果に影響を及ぼさないとしている。
制御用空気圧縮機	①(屋内)	③	③	③
安全保護系計装盤	①(屋内)	③	③	③
緊急時対策所建屋	●※ 新規制基準適合時に、除灰運用を保安規定に定めることで機能に影響を及ぼすことはないとしている。 ⇒DNP設置許可段階では、成立性の確認を行い、工認で構造強度評価を実施するとしている。	○ 新規制基準適合時に、除灰運用を保安規定に定めることで機能に影響を及ぼすことはないとしている。 ⇒DNP設置許可段階では、当該施設の運用は変わらないため、評価結果に影響を及ぼさないとしている。(詳細は補足4参照。)	③	③

①: 影響因子に対する個別評価を実施、●: 最大層厚見直しに伴い評価結果に影響がある、○: 最大層厚見直しに伴い評価結果に影響がない、※: 既許可で工認にて評価結果を示すと整理した項目、-: 影響因子として確認が不要とする理由

① 静的荷重の影響を受けにくい構造(堆積しにくい、堆積しても機能に有意な影響を受けにくい)、② 腐食があっても、機能に有意な影響を受けにくい、③ 影響因子と直接関連しない

影響因子 評価対象施設	換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響 (降雨等の影響を含む)	換気系、電気系及び計装制御系に対する化学的影響 (降雨等の影響を含む)	発電所周辺の大気汚染	絶縁低下
外部しゃへい建屋、 外周建屋、 補助一般建屋、 中間建屋、 燃料取扱建屋、 ディーゼル建屋、 燃料取替用水タンク建屋	③	③	③	③
復水タンク	③	③	③	③
海水ポンプ	○(モータ) 新規制基準適合時に、海水ポンプモータは全閉外扇型の冷却方式であり火山灰の侵入はないため、機械的影響はないと評価している。 ⇒DNP設置許可段階では、当該施設の構造は変わらないため、評価結果に影響を及ぼさないとしている。	○(モータ) 新規制基準適合時に、海水ポンプモータは全閉外扇型の冷却方式であり火山灰の侵入はないため、化学的影響はないと評価している。 ⇒DNP設置許可段階では、当該施設の構造は変わらないため、評価結果に影響を及ぼさないとしている。	③	③
主蒸気逃がし弁(消音器)	● 新規制基準適合時に、大気開放部には消音器が設置され、配管形状および消音器の構造から火山灰が直接配管内に侵入しにくい構造であり、仮に直接配管内に侵入し配管を閉塞させた場合でも、火山灰の荷重より主蒸気逃がし弁の噴出力が大きいことから、機能に影響を及ぼすことはないと評価している。 ⇒DNP設置許可段階では、当該施設の構造は変わらないが、層厚見直しにより堆積荷重が変更となることから、再評価を実施し、機能に影響を及ぼすことはないと評価している。	②	③	③
主蒸気安全弁(排気管)	● 新規制基準適合時に、主蒸気安全弁排気管は、配管形状より火山灰が直接配管内に侵入しにくい構造であり、仮に直接配管内に侵入し配管を閉塞させた場合でも、火山灰の荷重より主蒸気安全弁の噴出力が大きいことから、機能に影響を及ぼすことはないと評価している。 ⇒DNP設置許可段階では、当該施設の構造は変わらないが、層厚見直しにより堆積荷重が変更となることから、再評価を実施し、機能に影響を及ぼすことはないと評価している。	②	③	③
タービン動補助給水ポンプ (蒸気大気放出口)	○ 新規制基準適合時に、タービン動補助給水ポンプの蒸気大気放出口は、火山灰が侵入しにくい構造であり、仮に一部侵入しても構造から閉塞することはないと評価している。 ⇒DNP設置許可段階では、当該施設の構造は変わらないため、評価結果に影響を及ぼさないとしている。	②	③	③
非常用ディーゼル発電機 (機関、消音器)	○ 新規制基準適合時に、機関の吸入空気の流れは火山灰が侵入しにくい構造であり、また、層状フィルタにより火山灰が捕集されること、及び侵入した場合でも火山灰の硬度が低く破砕しやすいことから、機能に影響を及ぼすことはないと評価している。 ⇒DNP設置許可段階では、当該施設の構造並びに火山灰の粒径及び硬度は変わらないため、評価結果に影響を及ぼさないとしている。なお、炉規則83条の高濃度火山灰による対応の層厚見直しによる再評価は保安規定で確認する。	②	③	③
換気空調設備 (給気系外気取入口)	○ 新規制基準適合時に、換気空調設備の給気系外気取入口は火山灰が侵入しにくい構造であり、各外気取入口には平型フィルタを設置しているため、火山灰が外気取入口に到達した場合であっても、一定以上の粒径の火山灰については、侵入を防止することが可能であるとしている。また、フィルタよりも小さな火山灰が室内に侵入する可能性が考えられるが、閉回路循環運転および換気空調設備の停止により火山灰の侵入を阻止することができるためと評価している。 ⇒DNP設置許可段階では、当該施設の構造及び運用並びに火山灰の粒径は変わらないため、評価結果に影響を及ぼさないとしている。	②	○ 新規制基準適合時に、中央制御室空調系については、外気取入ダンパを閉止し、外気隔離運転することにより、中央制御室の居住性が維持されると評価している。 ⇒DNP設置許可段階では、当該施設の運用は変わらないため、評価結果に影響を及ぼさないとしている。	③
格納容器排気筒 補助建屋排気筒	○ 新規制基準適合時に、格納容器排気筒及び補助建屋排気筒の排気速度は、火山灰の降下速度を上回っており、火山灰により閉塞することはないと評価している。また、仮に火山灰が侵入した場合でも、排気筒の構造から火山灰により流路を閉塞することはないと評価している。 ⇒DNP設置許可段階では、当該施設の構造並びに火山灰の降下速度は変わらないため、評価結果に影響を及ぼさないとしている。	○ 新規制基準適合時に、外装塗装等による対応にて、直ちに腐食により格納容器排気筒及び補助建屋排気筒の機能に影響を及ぼすことはないと評価している。 ⇒DNP設置許可段階では、当該施設の構造は変わらないため、評価結果に影響を及ぼさないとしている。	③	③
取水設備	③	③	③	③
海水ストレータ	③	③	③	③
制御用空気圧縮機	○ 新規制基準適合時に、制御用空気圧縮機が設置された部屋は、中間建屋空調系にて空調管理されており、本空調系の外気取入口には、平型フィルタが設置されているが、これに加えて下流にさらに細かな粒子を捕集可能な粗フィルタが設置されているため、他の空調系に比べて火山灰に対する高い防護性能を有しており、侵入する火山灰は微細なものに限られ、また火山灰は硬度が低くろいことから、摺動部に侵入した火山灰により磨耗が発生することはなく、磨耗により摺動部への影響はないことから、制御用空気圧縮機の機能に影響を及ぼすことはないと評価している。 ⇒DNP設置許可段階では、当該施設の構造並びに火山灰の粒径及び硬度は変わらないため、評価結果に影響を及ぼさないとしている。	②	③	③
安全保護系計装盤	②	②	③	○ 新規制基準適合時に、安全保護系計装盤が設置された部屋は、安全補機開閉器室空調系にて空調管理されており、本空調系の外気取入口には平型フィルタが設置されているが、これに加えて下流にさらに細かな粒子を捕集可能な粗フィルタが設置されているため、他の空調系に比べて火山灰に対する高い防護性能を有しており、侵入する火山灰は微細なものに限られ、建屋内に侵入する火山灰による影響は小さく、その付着等により短絡等が発生させる可能性はないことから、安全保護系計装盤の機能に影響を及ぼすことはないと評価している。 ⇒DNP設置許可段階では、火山灰の粒径は変わらないため、評価結果に影響を及ぼさないとしている。また、当該施設の構造は変わらないため、評価結果に影響を及ぼさないとしている。
緊急時対策所建屋	③	③	③	③

○: 影響因子に対する個別評価を実施、●: 最大層厚見直しに伴い評価結果に影響がある、○: 最大層厚見直しに伴い評価結果に影響がない、※: 既許可で設工認にて評価結果を示すと整理した項目、-: 影響因子として確認が不要(不要とする理由)

① 静的荷重の影響を受けにくい構造(堆積しにくい、堆積しても機能に有意な影響を受けにくい等)、② 腐食があっても、機能に有意な影響を受けにくい、③ 影響因子と直接関連しない

：提出した資料に補足説明を追加した箇所

### 2.3 評価対象施設の抽出

「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五号）」第6条において、「安全施設は、想定される自然現象が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。」とされている。

また、「発電用軽水炉型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」（平成22年8月30日原子力安全委員会決定）において安全機能を有する構築物、系統及び機器に対する設計上の考慮として、「クラス1では、合理的に達成し得る最高度の信頼性を確保し、かつ、維持すること。クラス2では、高度の信頼性を確保し、かつ、維持すること。クラス3では、一般産業施設と同等以上の安全性を確保し、かつ、維持すること。」が定められている。

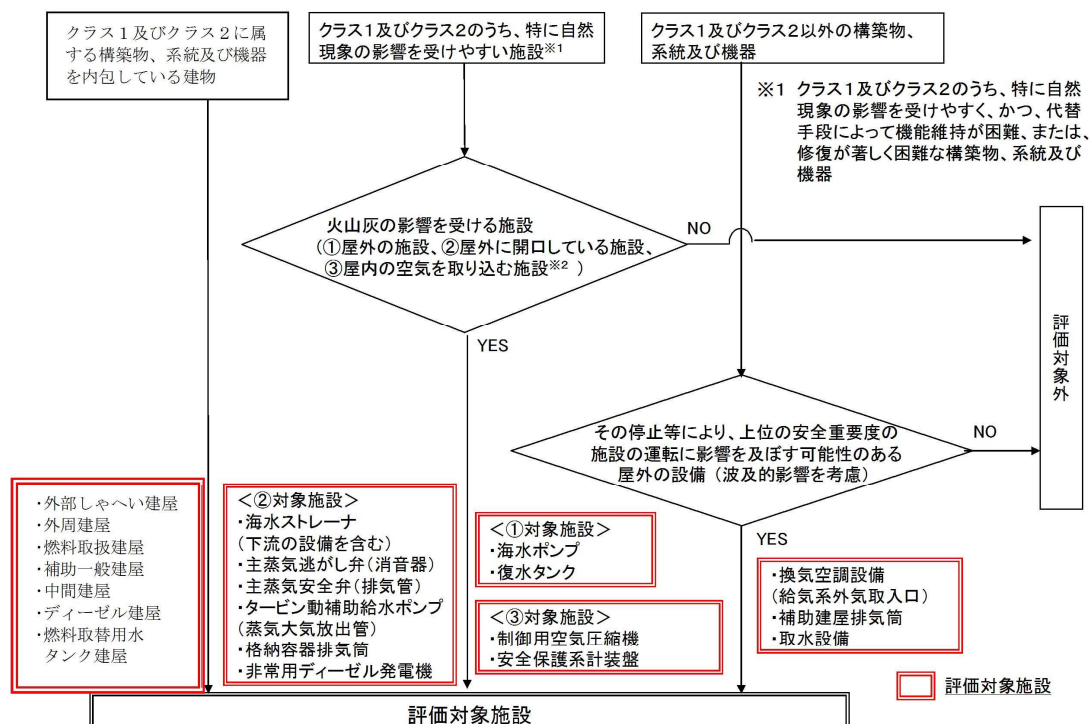
以上のことから、図1.2の抽出フローより、一般産業施設を超える機能維持を要求しているクラス1及びクラス2に属する構築物、系統及び機器のうち火山灰の影響により、安全機能を損なうおそれがある施設を抽出する。

また、クラス1及びクラス2に属する構築物、系統及び機器を内包している建物についても評価対象施設として抽出するとともに、安全重要度の低い構築物、系統及び機器であっても、火山灰の影響を受けやすく、当該施設の停止等により、上位の安全重要度の施設の運転に影響を及ぼす可能性がある場合は評価対象施設として抽出する。

なお、その他のクラス3に属する施設については、火山灰による影響を受ける場合を考慮して、代替設備により必要な機能を確保できること、又は安全上支障が生じない期間に除灰あるいは修復等による対応も可能である。

評価対象施設の抽出結果を表1.2に示すとともに、評価対象施設の設置場所を図1.3に示す。

なお、上記の内容については、既提出資料から変更がないため、既提出資料のうち「1.3 評価対象施設の抽出」に同じ。



※2 火山灰を含む外気・室内空気を機器内に取り込む機構を有しない施設又は取り込んだ場合でも、その影響が非常に小さいと考えられる施設（ポンプ、モータ、弁、盤内に換気ファンを有しない制御盤、計器等）については、評価対象外とする。

図 1.2 評価対象施設の選定フロー

## 建物・構築物に係る影響評価

火山灰による建物・構築物への影響について以下のとおり評価する。

## (1) 評価項目および内容

## ① 構造物への静的負荷（降雨等の影響を含む）

火山灰の堆積荷重により外部しゃへい建屋、外周建屋、燃料取扱建屋、補助一般建屋、中間建屋、ディーゼル建屋及び燃料取替用水タンク建屋の健全性に影響がないことを評価する。なお、堆積荷重には、降雨及び降雪の影響も考慮し、火山灰（湿潤状態）と積雪の組合せについても評価する。

## ② 構造物の化学的影響（腐食）

火山灰の構造物への付着や堆積による化学的腐食により構造物への影響がないことを評価する。

## (2) 評価条件

## ① 構造物への静的負荷

## A) 火山灰条件

- a. 密度： $1.5\text{g/cm}^3$ （湿潤状態）（火山灰の単位荷重は堆積量 1cm 当たり  $150\text{N/m}^2$ ）
- b. 降灰層厚：27cm

## B) 積雪条件

- a. 密度： $0.3\text{g/cm}^3$ （積雪の単位荷重は積雪量 1cm 当たり  $30\text{N/m}^2$ ）※<sup>1</sup>
- b. 積雪量：100cm※<sup>2</sup>

※<sup>1</sup>： 福井県 建築基準法施行細則に基づく積雪の単位荷重を用いる。

※<sup>2</sup>： 火山事象と積雪事象は独立の関係にある。組み合わせる積雪量については、建築基準法に基づき特定行政庁（各自治体）が各地域の気象（積雪）状況に応じた垂直積雪量を定めており、発電所が立地する地域の気象条件により即した、設計に用いられる積雪量であることから、福井県建築基準法施行細則の垂直積雪量「100cm」（以下、「設計積雪」という。）を用いる。

## (3) 評価結果

## ① 構造物への静的負荷の成立性確認

建物・構築物について想定される火山灰の降灰層厚が許容層厚を超えないことを確認する。

火山灰による荷重については、30日を目処に速やかに火山灰を除去することから、建築基準法の積雪の考え方に基づき、短期の荷重として扱う。許容層厚は以下いずれかの手法により算出する。

a. 荷重による評価

鋼材の長期許容応力度に対する短期許容応力度の比が 1.5 であることから、常時作用する荷重及び降下火砕物等堆積による鉛直荷重の和が設計時長期荷重の 1.5 倍に等しくなる層厚

b. 応力度による評価

常時作用する荷重及び降下火砕物等堆積による鉛直荷重の和により発生する応力等が短期許容応力度等と等しくなる層厚

表－1 に建物・構築物の許容層厚と火山灰の降灰層厚の比較を示す。

建物・構築物について、想定される火山灰の降灰層厚が許容層厚を超えないことから、火山灰による建物・構築物への静的負荷（降雨等の影響を含む）が安全機能及び必要な機能に影響を及ぼすことはない。

表－1 建物・構築物の許容層厚と火山灰の降灰層厚の比較

建屋	許容層厚 (cm) ※	降灰層厚 (cm)
外部しゃへい建屋	100 以上	27
外周建屋	54	
燃料取扱建屋	46	
原子炉補助建屋	100 以上	
中間建屋	100 以上	
ディーゼル建屋	63	
燃料取替用水タンク建屋	100 以上	

※：応力度による評価

また、表－2 に建物・構築物の見直し後の層厚（27cm）での応力等の発生値を換算した結果と許容値の比較を示す。

建物・構築物について、想定される火山灰の降灰層厚での発生値が許容値を超えないことから、火山灰による建物・構築物への静的負荷（降雨等の影響を含む）が安全機能及び必要な機能に影響を及ぼすことはない。（図－1 参照）

表-2 建物・構築物の降灰層厚での発生値と許容値の比較

建屋	発生値※	許容値※	裕度
外部しゃへい建屋	軸力 243kN/m	許容軸力 3,030kN/m	12.5
外周建屋	曲げモーメント 364kN・m	許容曲げモーメント 449kN・m	1.23
燃料取扱建屋	曲げモーメント 294kN・m	許容曲げモーメント 350kN・m	1.19
原子炉補助建屋	曲げモーメント 12.5kN・m/m	許容曲げモーメント 23.0kN・m/m	1.84
中間建屋	せん断力 253kN	許容せん断力 427kN	1.69
ディーゼル建屋	曲げモーメント 409kN・m	許容曲げモーメント 533kN・m	1.30
燃料取替用水タンク建屋	曲げモーメント 383kN・m	許容曲げモーメント 668kN・m	1.74

※：許容値に対して発生値の割合が最も大きくなる評価項目について計算している。

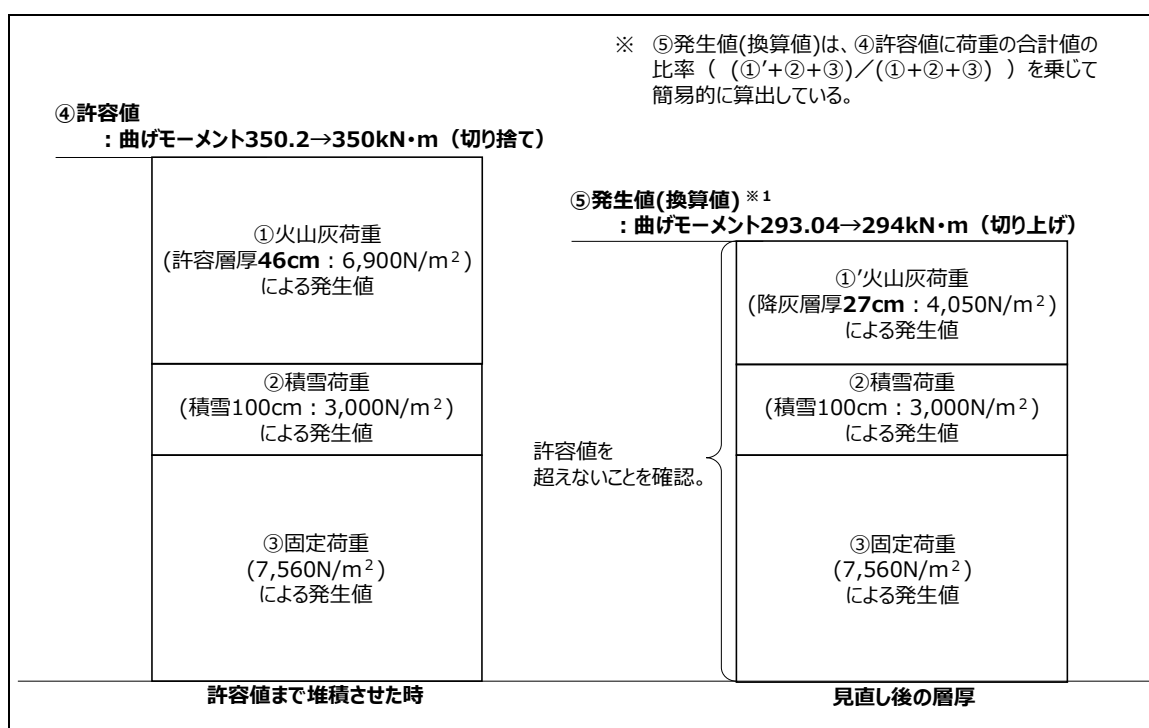


図-1 発生値の換算方法の概要図 (燃料取扱建屋の例)

## ②構造物への化学的影響（腐食）

化学的影響については、外装塗装が施されていることから、火山灰による化学的腐食により直ちに機能に影響を及ぼすことはない。

なお、長期的な影響については堆積した火山灰を除去し、除去後の点検等において、必要に応じて補修作業を実施する。

以 上

## 復水タンクに係る影響評価

火山灰による復水タンクへの影響について、以下のとおり評価する。

## (1) 評価項目及び内容

## ① 構造物への静的負荷（降雨等の影響を含む）

火山灰の堆積荷重により復水タンクの機能に影響を及ぼすことがないことを評価する。なお、堆積荷重には、降雪の影響も考慮し、火山灰と積雪の組み合わせも考慮する。火山灰と積雪の荷重条件、並びに荷重評価の考え方は以下のとおりとする。

## ② 構造物の化学的影響（腐食）

火山灰の復水タンクへの付着や堆積による化学的腐食により復水タンクの機能への影響がないことを評価する。

## (2) 評価条件

## ① 構造物への静的負荷

## A) 火山灰条件

- a. 密度： $1.5\text{g/cm}^3$ （湿潤状態）（火山灰の層厚 1cm 当たり  $150\text{N/m}^2$ ）
- b. 堆積量：27cm

## B) 積雪条件

- a. 密度： $0.3\text{g/cm}^3$ （積雪の単位荷重は 1cm 当たり  $30\text{N/m}^2$ ）<sup>※1</sup>
- b. 堆積量：100cm<sup>※2</sup>

※1： 福井県 建築基準法施行細則に基づく積雪の単位荷重を用いる。

※2： 火山事象と積雪事象は独立の関係にあることから、組み合わせる積雪量については同建築基準法の設計積雪「100cm」を用いる。

## C) 火山灰と積雪の荷重条件

- a. 火山灰荷重  $= 150 (\text{N/m}^2 \cdot \text{cm}) \times 27 (\text{cm}) = 4,050 (\text{N/m}^2)$
- b. 積雪荷重  $= 30 (\text{N/m}^2 \cdot \text{cm}) \times 100 (\text{cm}) = 3,000 (\text{N/m}^2)$
- c. 火山灰と積雪による堆積荷重：7,050 ( $\text{N/m}^2$ )

## D) 評価部位及び評価方法

- a. 復水タンクのタンク胴板及び屋根板\*を評価対象部位とし、火山灰と積雪による荷重に対して、応力評価を行う。評価モデルは胴板及び屋根板を FEM によりモデル化する。

復水タンクの FEM 解析に用いた解析条件を以下に示す。

(1) 解析コード MSC/NASTRAN Ver.2004.5.0

(2) 解析モデル

屋根、胴、支柱及びブラケット等の板部材を板要素で、ラフター及びラチスを梁要素モデル化する。

\*：屋根板溶接部の脚長を屋根板の厚さに合わせている。（図 1 参照）

- b. 許容応力は、JEAG4601-1987 に規定されるクラス 2，3 容器の許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S の許容応力に基づき評価する。



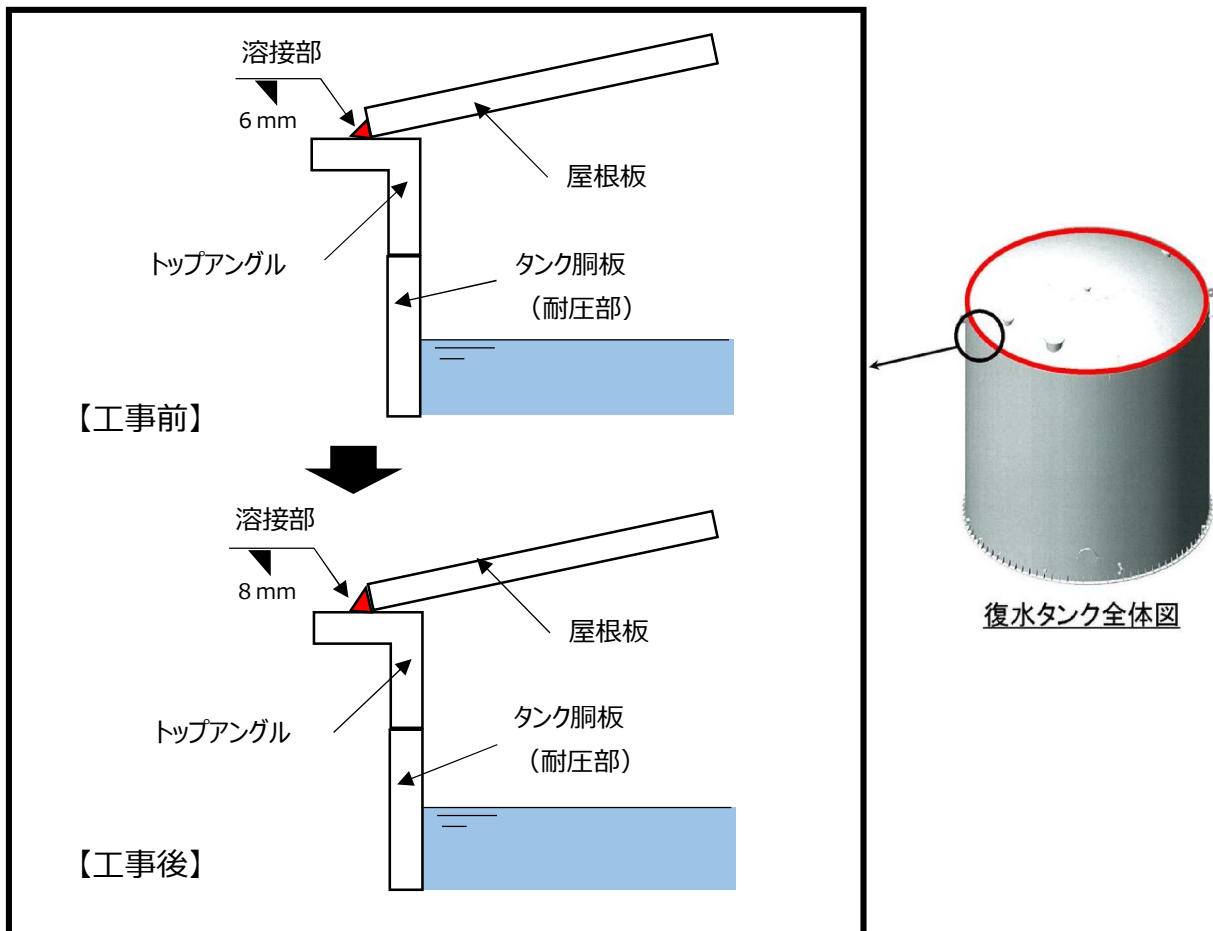


図1 復水タンク屋根板溶接補強の概要図

【補足】

- ・タンク屋根板の溶接部は、タンクの耐圧部ではなく、工認本文（要目表、基本設計方針）の記載事項でもない。よって、タンク屋根板の溶接については、実用炉規則の別表第一に該当する改造及び修理ではなく、工事認可及び事前届出を要する工事ではないため、自主工事にて溶接補強を実施している。

(3) 評価結果

① 構造物への静的負荷に対する成立性の確認

申請時の層厚（25cm）でのFEM解析による発生応力と許容応力から許容層厚を算出した結果、火山灰による構造物への静的荷重（降雨等の影響を含む）が機能に影響を及ぼすことはない。（図-2参照）

降灰層厚 (cm)	許容層厚 (cm)
27	40.7

また、申請時の層厚（25cm）でのFEM解析による発生応力から、見直し後の層厚（27cm）での発生応力を概算した結果、許容応力を下回っていることから、火山灰による構造物への静的荷重（降雨等の影響を含む）が機能に影響を及ぼすことはない。（図－3参照）

発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度
278	360	1.29

## ②構造物の化学的影響（腐食）

化学的影響については、外装塗装が施されていることから、火山灰による化学的腐食により直ちに機能に影響を及ぼすことはない。

また、長期的な影響については堆積した火山灰を除去し、除去後の点検等において、必要に応じて補修作業を実施する。

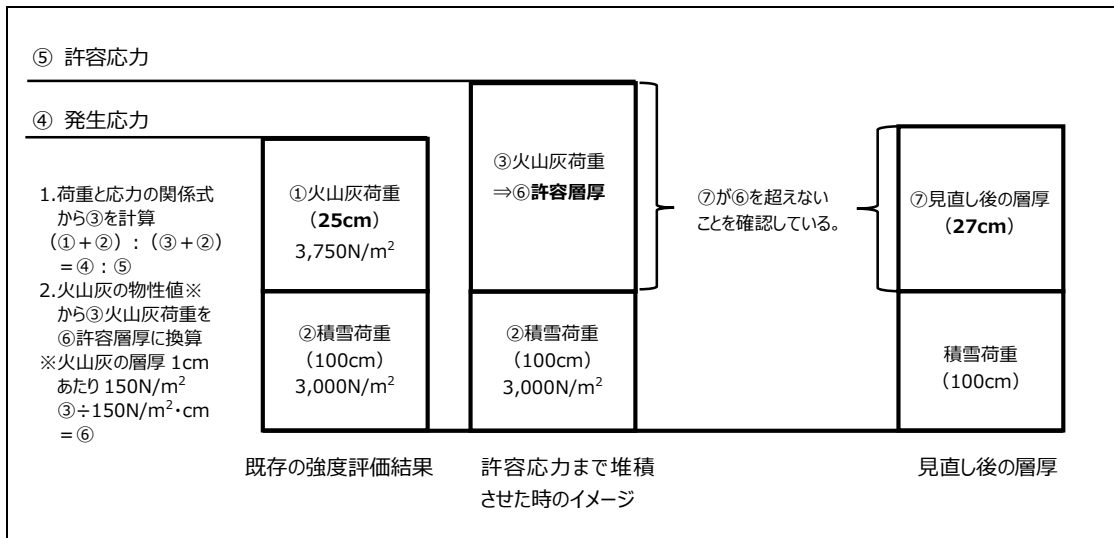
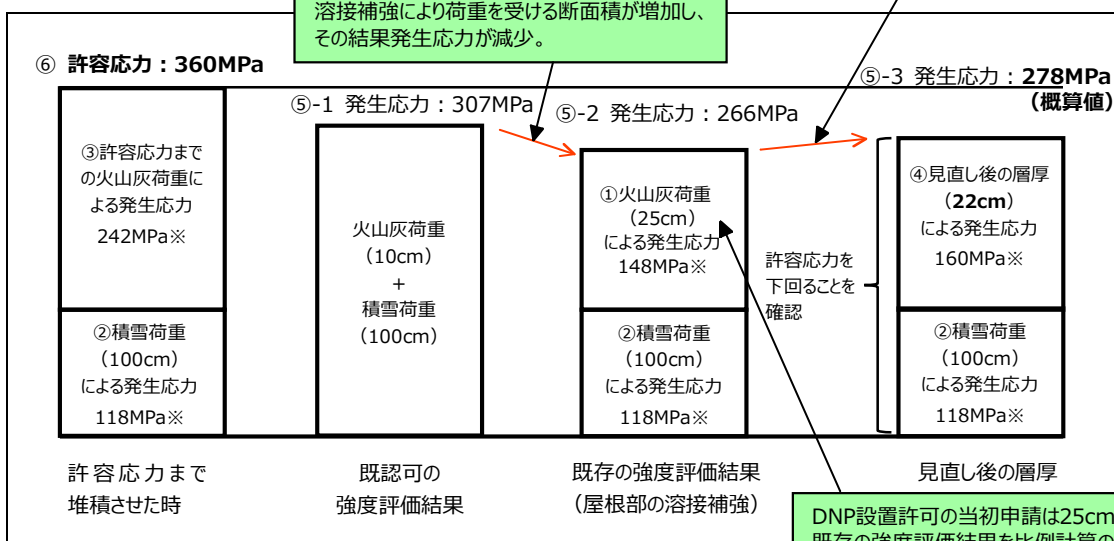


図2 成立性確認の概要図（許容層厚）

25cmでの発生応力から見直し後の層厚27cmでの発生応力を比例計算で算出。  
 (注) 22cmは誤記。正しくは27cm。



※ 既存の強度評価結果（申請時の層厚）による発生応力から比例計算した仮定の応力値である。

図3 成立性確認の概要図（応力換算）

#### (4) 関連設備への影響

復水タンクの関連設備として、現場水位計と開口部であるベント管がある。

復水タンク水位計は、図4に示す通り火山灰の堆積荷重を受けにくく、火山灰が侵入しにくい構造であり、機能に影響を及ぼすことはない。

また、屋根部に設置されているベント管は、図5に示す通り下向きで火山灰が侵入しにくい構造となっており、火山灰の侵入による影響はない。



図4 復水タンク水位計



図5 復水タンクベント管

復水タンクには図6に示すように、階段及び手すり等が設置されており、火山灰が堆積した場合には、屋根へ上がり除灰作業を行うことができる構造となっている。



図6 復水タンク外観写真 (左 側面部、右 屋根部)

以上

## 海水ポンプに係る影響評価

火山灰による海水ポンプへの影響について以下のとおり評価する。

## (1) 評価項目及び内容

## ① 構造物への静的負荷（降雨等の影響を含む）

火山灰が堆積した場合に堆積荷重が厳しい条件となる海水ポンプモーターフレームについて健全性に影響がないことを評価する。なお、堆積荷重には、降雪の影響も考慮し、火山灰と積雪の組み合わせも考慮する。

## ② 構造物の化学的影響（腐食）

火山灰の海水ポンプへの付着や堆積による化学的腐食により海水ポンプの機能への影響がないことを評価する。

## ③ 水循環系の閉塞による影響

火山灰が混入した海水を海水ポンプにより取水した場合に、流水部、軸受部が閉塞し、機器の機能に影響がないことを評価する。

## ④ 水循環系の化学的影響（腐食）

火山灰が混入した海水を海水ポンプにて取水することによる、内部構造物の化学的影響（腐食）により機器の機能に影響がないことを評価する。

## ⑤ 電気系及び計装制御系に対する機械的影響（降雨等の影響を含む）

火山灰の電動機冷却空気への侵入による地絡・短絡、及び空気冷却器冷却管への侵入による閉塞等、機器の機能に影響がないことを評価する。

## ⑥ 電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）

火山灰の電動機冷却空気への侵入による、内部構造物の化学的影響（腐食）により機器の機能に影響がないことを評価する。

## (2) 評価条件

## ① 火山灰条件

- a. 密度：1.5g/cm<sup>3</sup>（湿潤状態）（火山灰の層厚 1cm 当たり 150N/m<sup>2</sup>）
- b. 堆積量：27cm
- c. 粒径：1mm 以下

## ② 積雪条件

- a. 密度：0.3g/cm<sup>3</sup>（積雪の単位荷重は 1cm 当たり 30N/m<sup>2</sup>）※<sup>1</sup>
- b. 堆積量：100cm※<sup>2</sup>

※<sup>1</sup>： 福井県 建築基準法施行細則に基づく積雪の単位荷重を用いる。

※<sup>2</sup>： 火山事象と積雪事象は独立の関係にあることから、組み合わせる積雪量については同建築基準法の設計積雪「100cm」を用いる。

## ③ 評価部位及び評価内容

火山灰堆積荷重の影響に係る評価部位は、荷重の影響を受けやすいモー

タフレームとする。

モータフレームに生じる応力は、電動機上面の投影面積の最も大きい外扇カバー全面に均等に火山灰が堆積した場合を想定し、その上で運転時荷重（ポンプスラスト荷重）が加わる状態で荷重評価の導出を行う。（ここでは、想定堆積荷重として、火山灰と積雪を組み合わせた荷重で算出する。）

### (3) 評価結果

#### ① 構造物への静的負荷（降雨等の影響を含む）

火山灰と積雪による堆積荷重に対する海水ポンプモータフレームについての荷重評価を以下に示す。

##### a. 火山灰と積雪による堆積荷重

火山灰と積雪による堆積荷重は外扇カバー全面に均等にかかるが、評価モデルは外扇カバー重心位置への集中荷重とする。

火山灰と積雪の単位堆積荷重：

$$(150 \text{ N/m}^2 \times 27 \text{ cm}) + (30 \text{ N/m}^2 \times 100 \text{ cm}) = 7,050 \text{ N/m}^2$$

$$\text{モータ上面面積} : 2.752 \text{ m} \times 1.204 \text{ m} = 3.32 \text{ m}^2$$

モータ上面の火山灰と積雪による堆積荷重  $F_v$  は次のとおりとなる。

$$F_v = 7050 \times 3.32 = 2.35 \times 10^4 \text{ (N)}$$

##### b. モータフレームに常時作用する荷重

モータ自重と運転時荷重であるポンプスラスト軸方向荷重をモータフレームに常時作用する荷重として算出する。

$$\text{モータ自重 } F_d : 10,800 \text{ kg} \times 9.80665 \text{ m/s}^2 = 1.06 \times 10^5 \text{ (N)}$$

ポンプスラスト軸方向荷重（運転時荷重）

$$F_p : 8,500 \text{ kg} \times 9.80665 \text{ m/s}^2 = 8.34 \times 10^4 \text{ (N)}$$

モータフレームに常時作用する荷重  $H$  は次のとおりとなる。

$$H = F_d + F_p = 1.90 \times 10^5 \text{ (N)}$$

##### c. モータフレームに作用する曲げモーメント

$F_v$  及び  $H$  はモータフレーム枠内に作用する力であり、モータの中心（軸中心上）を支点として、最も保守的なモーメントを考慮するために、中心からモータフレーム外枠までの距離を作用点として曲げモーメントを算出する。

$$\begin{aligned} M &= (F_v + H) \times \frac{D}{2} = (2.35 \times 10^4 + 1.90 \times 10^5) \times \frac{1400}{2} \\ &= 1.50 \times 10^8 \text{ (N} \cdot \text{mm)} \end{aligned}$$

##### d. モータフレームに生じる曲げ応力

断面係数  $Z$  は次のように表すことができるので、

$$Z = \frac{1}{6} \left( \frac{D^4 - d^4}{D} \right) = \frac{1}{6} \times \left( \frac{1400^4 - 1382^4}{1400} \right) = 2.31 \times 10^7 \text{ (mm}^3\text{)}$$

モータフレームに生じる曲げ応力  $\sigma_b$  は次のとおりとなる。

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} = \frac{1.50 \times 10^8}{2.31 \times 10^7} = 6.5 = 7(\text{MPa})$$

e. モータフレームに生じる圧縮応力

フレームの断面積 S は次のように表され、

$$S = D^2 - d^2 = 1400^2 - 1382^2 = 5.01 \times 10^4 (\text{mm}^2)$$

モータフレームに生じる圧縮応力  $\sigma_c$  は以下のとおりとなる。

$$\sigma_c = \frac{F_V + H}{S} = \frac{2.35 \times 10^4 + 1.90 \times 10^5}{5.01 \times 10^4} = 4.3 = 5(\text{MPa})$$

f. 結論

火山灰（積雪）が堆積した場合に上部に位置し荷重の影響や運転状態でのポンプの軸方向荷重の影響も受けるモータフレームにおいて、湿潤状態の火山灰（厚さ 27cm、密度 1.5g/cm<sup>3</sup>）と建築基準法における設計積雪（厚さ 100cm、密度 0.3g/cm<sup>3</sup>）の組み合わせによる堆積荷重 7,050N/m<sup>2</sup>により発生する応力に対し、JEAG4601-1987 の「その他支持構造物」におけるⅢ<sub>A</sub>S に基づく許容応力と比較し、いずれも十分な裕度を有しており、機能に影響を及ぼすことはない。

表 1 海水ポンプモータに対する火山灰の堆積荷重による応力評価

モータフレームに生じる応力	算定応力(MPa) (火山灰+積雪)	許容応力※ (MPa)	裕度 (火山灰+積雪)	結果
曲げ応力	7	282	40	○
圧縮応力	5	244	48	○

※：JEAG4601-1987 の「その他の支持構造物」におけるⅢ<sub>A</sub>S の許容応力

表 2 モータの仕様

項目	条件
モータ全質量m	10,800kg
ポンプスラスト（常用）P	下向 8.5ton
フレーム外寸	1,400mm
フレーム内寸	1,382mm

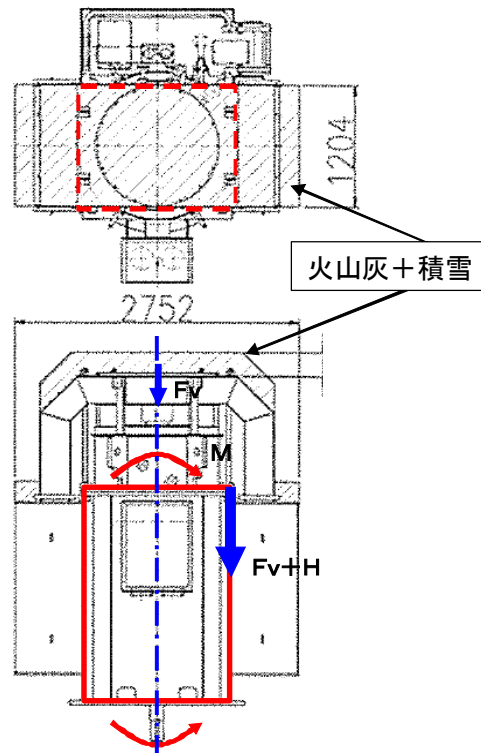


図1 海水ポンプモータフレーム構造

②構造物の化学的影響（降雨等の影響を含む）

外装塗装が施されていることから、火山灰による化学的腐食により直ちに機能に影響を及ぼすことはない。

また、長期的な影響については堆積した火山灰を除去し、除去後の点検において、必要に応じて補修作業を実施する。

③水循環系の閉塞による影響

海水ポンプ軸受潤滑水は、海水ポンプ出口配管から分岐し、ストレーナ（メッシュ間隔：約 1mm）を介して保護管から各軸受に注入される。ストレーナは 2 系統設置しており、海水ポンプ運転中に必要に応じて通水ラインを切り替えることができ、清掃を実施することも可能である。

ストレーナは、ストレーナ以降の設備に影響を与えるものを除去できるように設計されており、ストレーナを通過するものは、以降の設備に影響を与えることはない。

想定する火山灰の粒径は、1mm 以下であり、ほとんどの火山灰はストレーナを通過することになり、閉塞には至らない。また、軸受部には、異物逃がし溝（上部・中間軸受：約 7.5mm 以上（FF 軸受けタイプでは約 4mm 以上）、下部軸受：約 5.5mm 以上）が設けられており、閉塞には至らない。



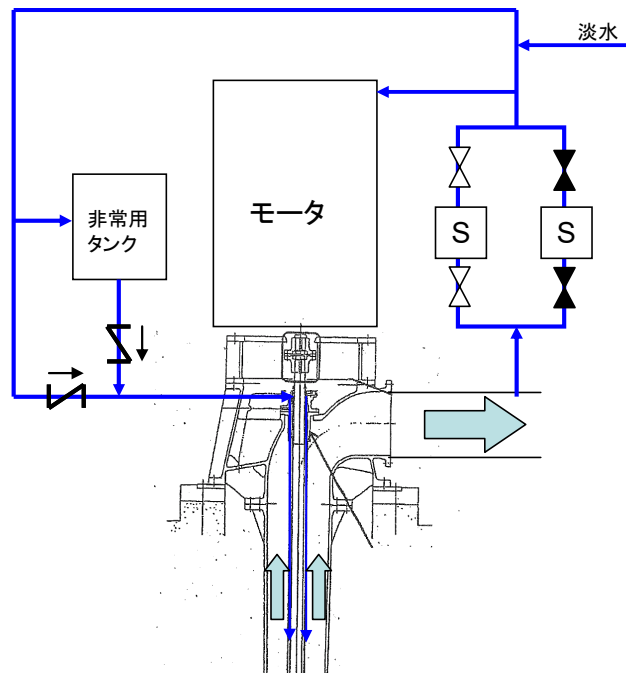


図2 海水ポンプ軸受潤滑水系統概略図

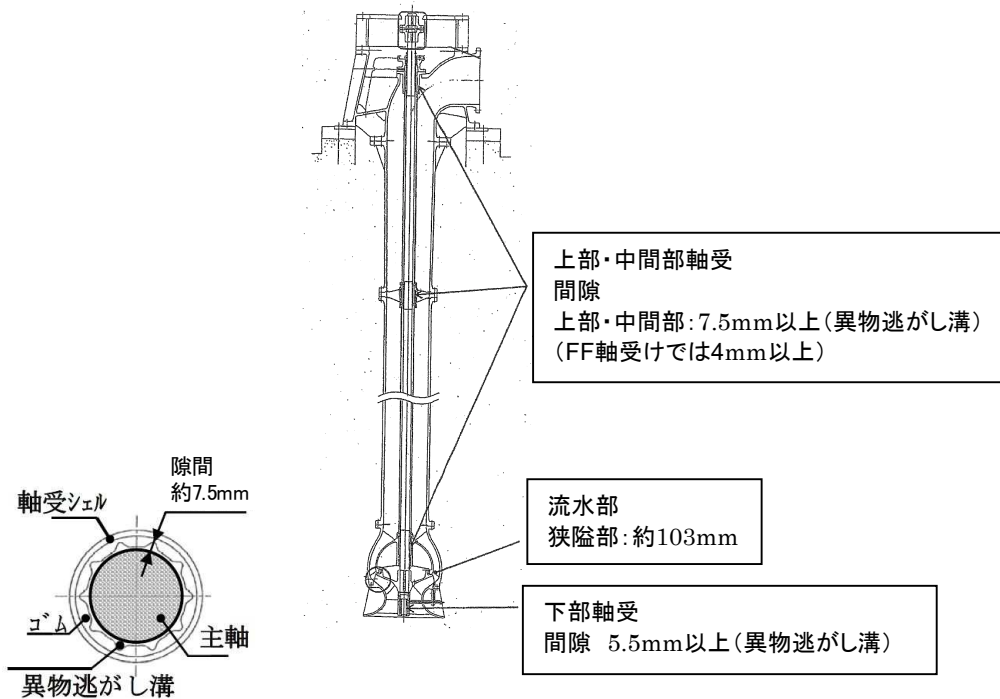


図3 海水ポンプ軸受構造図

④水循環系の化学的影響（腐食）

海水系の化学的影響については、海水ポンプは防汚塗装等の対応を実施しており、海水と金属が直接接することはないため、腐食により海水ポンプの機能に影響を及ぼすことはない。

⑤電気系及び計装制御系に対する機械的影響（降雨等の影響を含む）

海水ポンプモータは、電動機本体を全閉構造とし、空冷式空気冷却器を電動機の側面に設置して外気を直接電動機内部に取り込まない全閉外扇形の冷却方式であり火山灰の侵入による影響はない。

立形モータの軸受構造上、軸受油槽内部への異物混入経路として考慮されるのは軸受貫通部であるが、当該部は内部にグリース封入した軸受端カバーでシールされており、火山灰が軸受槽内部に侵入することはない。

また、外気は下方向から取り込まれる構造のため、火山灰が侵入しにくい構造であり、仮に侵入しても冷却管（約 19mm）に対して火山灰の粒径（1mm 以下）が十分小さく、運転中はファンからの通風により外部に排出されることから、冷却管が閉塞することはない。

なお、海水ポンプモータは温度監視を実施しており、万一火山灰の影響によりモータ温度の上昇が検知されれば、ポンプの切替え、冷却管の点検、清掃を行う。

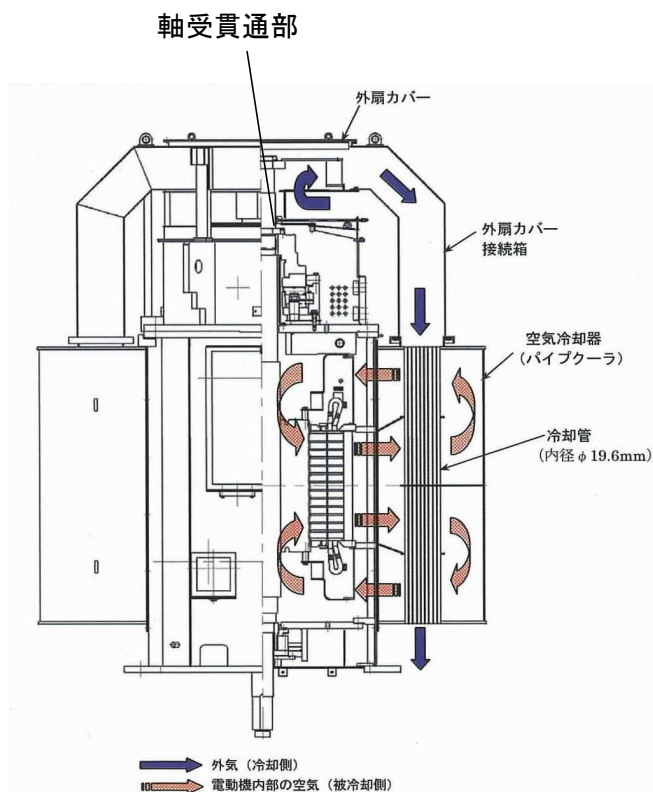


図 4 海水ポンプモータの冷却方式

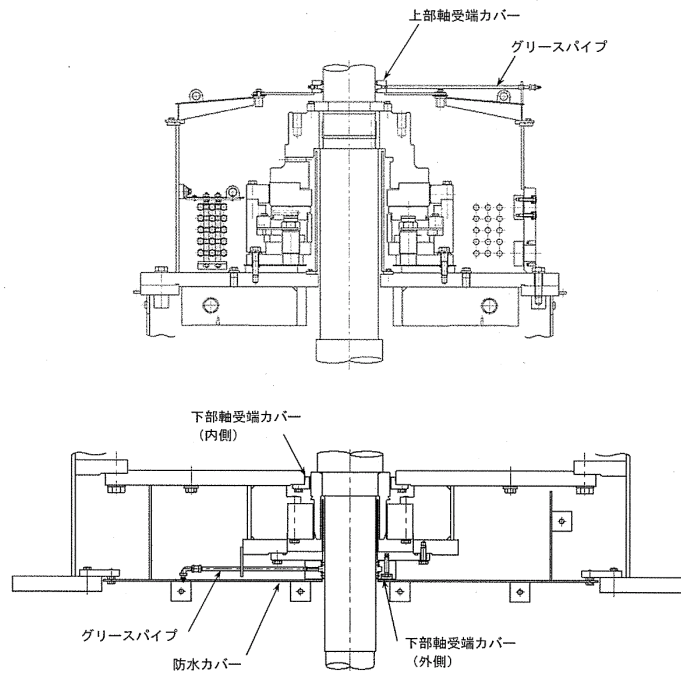


図5 海水ポンプモータの軸受シール方式

⑥電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）

海水ポンプモータは、上述のとおり電動機本体を全閉構造とし、空冷式空気冷却器を電動機の側面に設置して外気を直接電動機内部に取り込まない全閉外扇形の冷却方式であり、火山灰の侵入はないため、化学的な影響はない。

以上

## 主蒸気逃がし弁（消音器）に係る影響評価

火山灰による主蒸気逃がし弁（消音器）への影響について以下のとおり評価する。

## (1) 評価項目及び内容

## ① 換気系に対する機械的影響（降雨等の影響を含む）

火山灰の主蒸気逃がし弁消音器への侵入により、機器の機能に影響がないことを評価する。具体的には、主蒸気逃がし弁は、火山灰が主蒸気逃がし弁出口配管に侵入しにくい構造であることと、及び主蒸気逃がし弁の噴出力が火山灰の重量よりも大きいことを確認する。

## (2) 評価条件

## ① 火山灰条件

- a. 密度：1.5g/cm<sup>3</sup>（湿潤状態）（火山灰の層厚 1cm 当たり 150N/m<sup>2</sup>）
- b. 堆積量：27cm

## ② 積雪条件

- a. 密度：0.3g/cm<sup>3</sup>（積雪の単位荷重は 1cm 当たり 30N/m<sup>2</sup>）<sup>※1</sup>
- b. 堆積量：100cm<sup>※2</sup>

※1：福井県 建築基準法施行細則に基づく積雪の単位荷重を用いる。

※2：火山事象と積雪事象は独立の関係にあることから、組み合わせる積雪量については同建築基準法の設計積雪「100cm」を用いる。

## (3) 評価結果

## ① 換気系に対する機械的影響（降雨等の影響を含む）

消音器の構造は図 1 の通りパンチ穴が空いたディフューザーと吸音材が入った多孔板で構成されている。

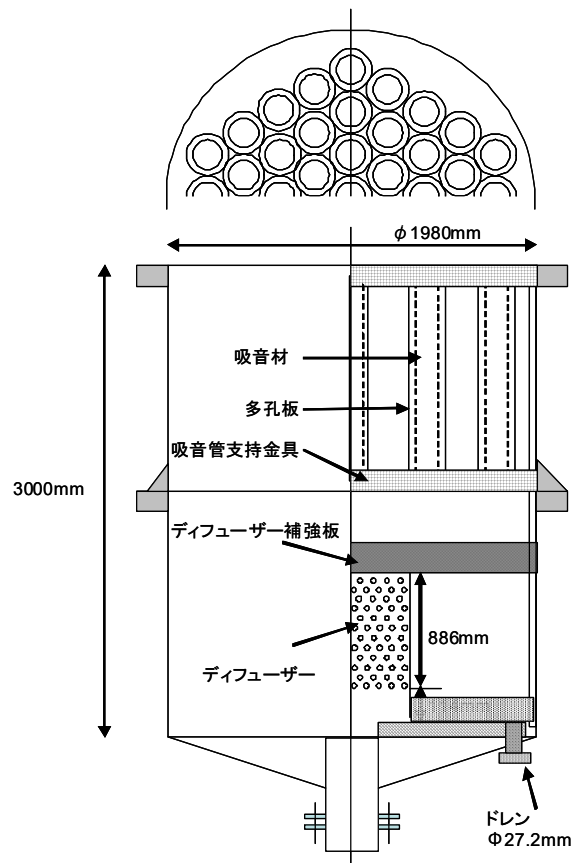


図1 主蒸気逃がし弁消音器の構造図

なお、仮に火山灰が主蒸気逃がし弁出口配管内に侵入し、配管を閉塞させた場合についても以下のとおり評価する。

主蒸気逃がし弁の噴出力の評価においては、想定堆積荷重である湿潤状態の火山灰（厚さ 27cm、密度 1.5g/cm<sup>3</sup>）と建築基準法における設計積雪（厚さ 100cm、密度 0.3g/cm<sup>3</sup>）の組み合わせ荷重が加わるとして確認する。

主蒸気逃がし弁の出口配管外径 φ16.52cm であることから、火山灰の堆積荷重は以下のとおりである。

$$\pi \times \left(\frac{16.52}{2}\right)^2 \times (27 \times 1.5 + 100 \times 0.3) \div 15,112 = 16(\text{kg})$$

主蒸気逃がし弁の噴出力は、クールダウン末期の 177℃の飽和圧力である 8.5kg/cm<sup>2</sup> と、弁出口側の流体通過断面積が約 180cm<sup>2</sup> より、以下のとおりである。

$$8.5 \times 180 = 1530(\text{kg})$$

以上より、火山灰が直接配管内に侵入し、仮に配管を閉塞させた場合でも、火山灰（湿潤状態）と積雪の組み合わせ荷重よりも主蒸気逃がし弁の噴出力が十分大きいことから、主蒸気逃がし弁の機能に影響を及ぼすことはない。

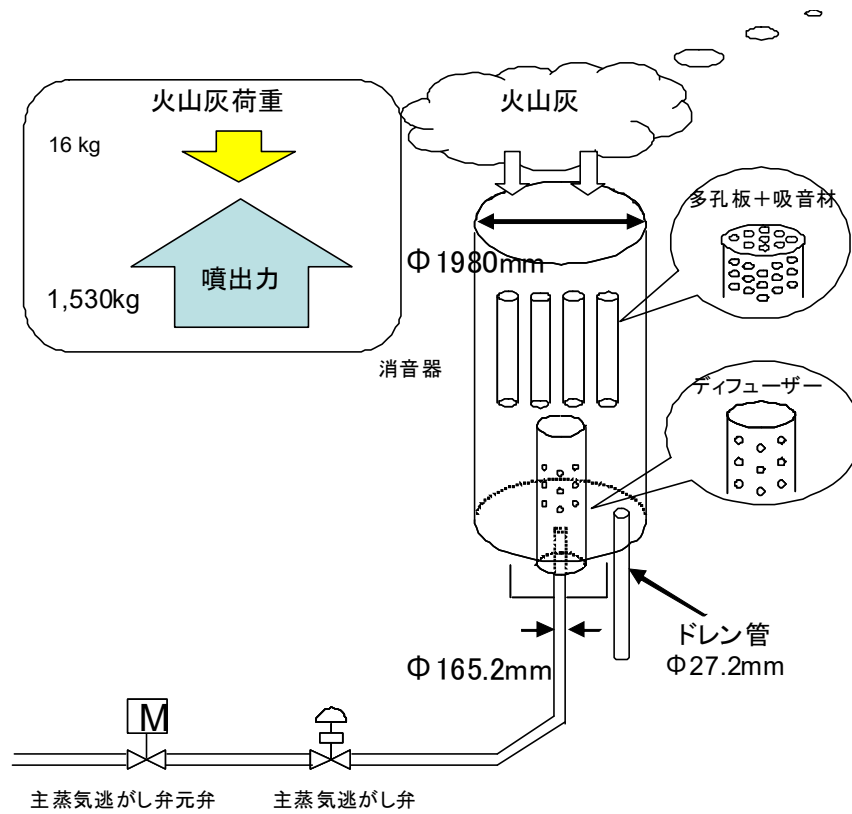


図2 主蒸気逃がし弁出口配管形状および消音器の構造

また、各主蒸気逃がし弁消音器の設置状況より、火山灰の周辺の構築物からの落下による侵入等は考えにくい。



図3 主蒸気逃がし弁消音器の設置状況（左3号炉、右4号炉（各3系統））

以上

## 主蒸気安全弁排気管に係る影響評価

火山灰による主蒸気安全弁排気管への影響について以下のとおり評価する。

## (1) 評価項目及び内容

## ①換気系に対する機械的影響（降雨等の影響を含む）

火山灰の主蒸気安全弁排気管への侵入により、機器の機能に影響がないことを評価する。具体的には、主蒸気安全弁は、火山灰が侵入しにくい構造であることと、及び主蒸気安全弁の噴出力が火山灰の重量よりも大きいことを確認する。

## (2) 評価条件

## ①火山灰条件

- a. 密度：1.5g/cm<sup>3</sup>（湿潤状態）（火山灰の層厚 1cm 当たり 150N/m<sup>2</sup>）
- b. 堆積量：27cm

## ②積雪条件

- a. 密度：0.3g/cm<sup>3</sup>（積雪の単位荷重は 1cm 当たり 30N/m<sup>2</sup>）※<sup>1</sup>
- b. 堆積量：100cm※<sup>2</sup>

※<sup>1</sup>： 福井県 建築基準法施行細則に基づく積雪の単位荷重を用いる。

※<sup>2</sup>： 火山事象と積雪事象は独立の関係にあることから、組み合わせる積雪量については同建築基準法の設計積雪「100cm」を用いる。

## (3) 評価結果

## ①換気系に対する機械的影響（降雨等の影響を含む）

主蒸気安全弁の排気管は図 1 のように斜めに配管が接続される構造となっている。

仮に火山灰が主蒸気安全弁排気管内部に侵入したと仮定すると、大部分はドレン受皿に溜まり、一部主蒸気安全弁の弁出口管に侵入するが、火山灰により出口配管を閉塞させることはないと考えられるため、主蒸気安全弁の蒸気放出機能に影響を与えることはない。

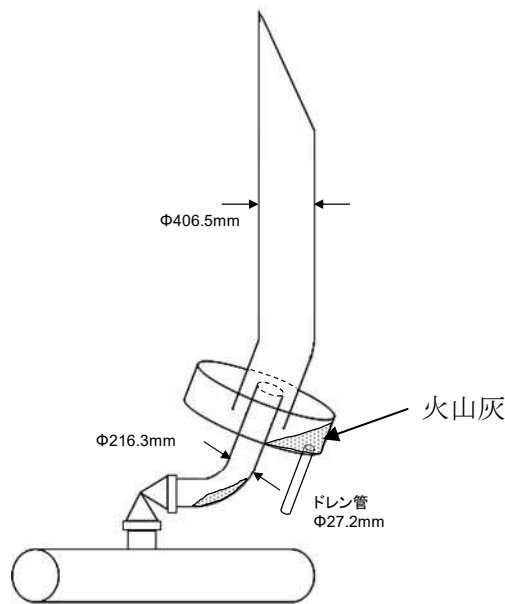


図1 主蒸気安全弁排気管の構造図

なお、仮に火山灰が主蒸気安全弁出口配管内に侵入し、配管を閉塞させた場合についても以下のとおり評価する。

主蒸気安全弁の噴出力の評価においては、想定堆積荷重である湿潤状態の火山灰（厚さ 27cm、密度 1.5g/cm<sup>3</sup>）と建築基準法における設計積雪（厚さ 100cm、密度 0.3g/cm<sup>3</sup>）の組み合わせ荷重により評価する。

主蒸気安全弁の出口配管外径 φ21.63cm であることから、火山灰の堆積荷重は以下のとおりである。

$$\pi \times \left(\frac{21.63}{2}\right)^2 \times (27 \times 1.5 + 100 \times 0.3) \div 25905 = 26(\text{kg})$$

主蒸気安全弁の噴出力は、弁の噴出圧力 76.3kg/cm<sup>2</sup> と、弁出口側の流体通過断面積が約 323cm<sup>2</sup> であることから、以下のとおりである。

$$76.3 \times 323 = 24644(\text{kg})$$

以上より、火山灰が直接配管内に侵入し、仮に配管を閉塞させた場合でも、火山灰（湿潤状態）と積雪の組み合わせ荷重よりも主蒸気安全弁の噴出力が十分大きいことから、主蒸気安全弁の機能に影響を及ぼすことはない。



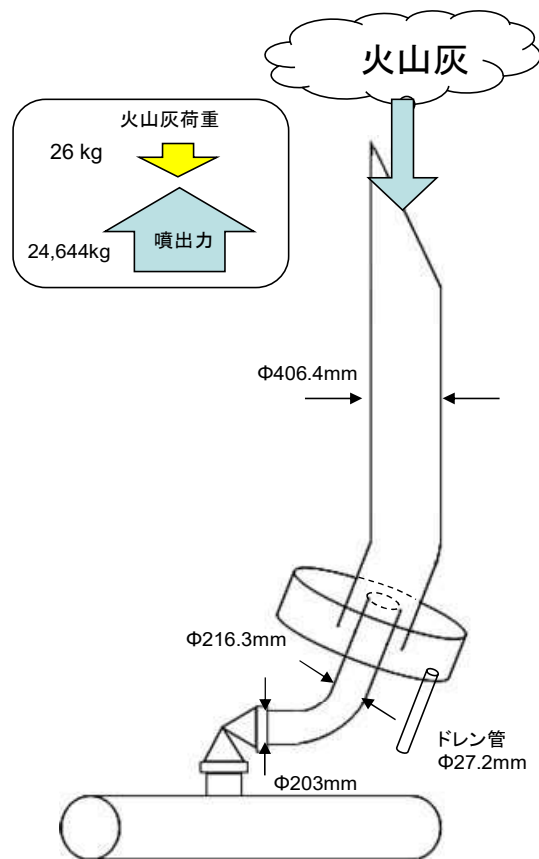


図 2 主蒸気安全弁出口配管および排気管の構造



図 3 主蒸気安全弁（排気管）の設置状況（3号炉）

以 上

タービン動補助給水ポンプ蒸気大気放出管に係る影響評価

火山灰によるタービン動補助給水ポンプ蒸気大気放出管への影響について以下のとおり評価する。

(1) 評価項目及び内容

①換気系に対する機械的影響（降雨等の影響を含む）

火山灰のタービン動補助給水ポンプ蒸気大気放出管への侵入により、機器の機能に影響がないことを評価する。具体的には、タービン動補助給水ポンプ蒸気大気放出管は、火山灰が侵入しにくい構造であることを確認する。

(2) 評価条件

①火山灰条件

- a. 密度：1.5g/cm<sup>3</sup>（湿潤状態）（火山灰の層厚 1cm 当たり 150N/m<sup>2</sup>）
- b. 堆積量：27cm

(3) 評価結果

①換気系に対する機械的影響（降雨等の影響を含む）

タービン動補助給水ポンプの蒸気大気放出管は、火山灰が直接侵入しにくい構造であり、仮に一部火山灰が侵入した場合でも、配管の構造等から閉塞することなく機能に影響を及ぼすことはない。

タービン動補助給水ポンプの蒸気大気放出管の設置状況を図 1 に、蒸気大気放出管の構造を図 2 に各々示す。

配管内部は十分に広いことや、下流のドレン管から火山灰は排出されることから閉塞することなく機能に影響を及ぼすことはない。



図 1 タービン動補助給水ポンプ蒸気大気放出管の設置状況

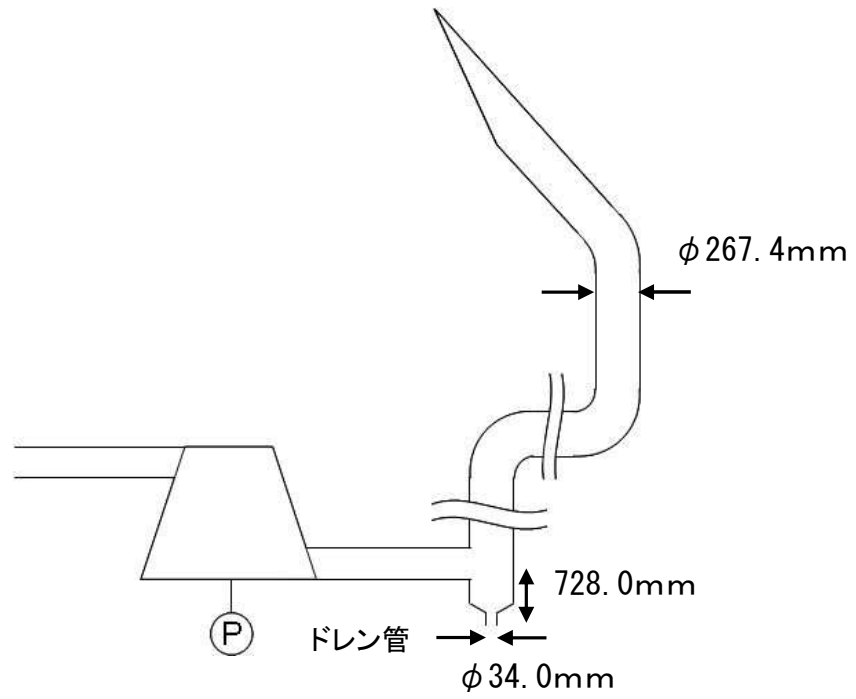


図2 タービン動補助給水ポンプ蒸気大気放出管の構造

以上

## 非常用ディーゼル発電機に係る影響評価

火山灰による非常用ディーゼル発電機への影響について以下のとおり評価する。

## (1) 評価項目及び内容

- ①換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（降雨等の影響を含む）  
火山灰の非常用ディーゼル発電機への侵入等により、機器の機能に影響がないことを評価する。

## (2) 評価条件

## ①火山灰条件

- a. 密度：1.5g/cm<sup>3</sup>（湿潤状態）（火山灰の層厚 1cm 当たり 150N/m<sup>2</sup>）  
b. 堆積量：27cm  
c. 粒径：1mm 以下

## (3) 評価結果

## ①換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（降雨等の影響を含む）

図 1 に示すとおり、非常用ディーゼル機関の吸入空気の流れは下から吸い上げる構造となっており、火山灰が侵入しにくい構造であり、水分を含んだ火山灰は密度が増し、更に侵入する可能性は小さくなる。更に、フィルタにより粒径 0.18mm 以上のものは 90%以上捕集できる。

仮に過給機に火山灰が侵入しても、過給機における狭隘部はコンプレッサホイールとケーシングの間隙（0.37mm）であり、想定する火山灰は侵入する可能性があるが火山灰は破碎しやすく、硬度が低いことから過給機を磨耗させることはない。

また、機関吸気に火山灰等の固形物が混入した場合でも、シリンダライナー及びピストンリングは磨耗に強い鋳鉄（ブリネル硬さ<sup>※1</sup> 230 程度（SUS180 程度））であること、火山灰は砂と比較して破碎しやすく<sup>※2</sup> 硬度が低く<sup>※3</sup>、定期検査ごとに行なうシリンダライナー及びピストンリングの点検においても砂等による有意な磨耗影響は確認されていない。長期的な影響についても、シリンダライナー及びピストンの間隙内へ侵入した火山灰は、シリンダとピストン双方の摺動運動が繰り返されるごとに、更に細かな粒子に破碎され、破碎された粒子はシリンダライナー及びピストンリング間隙に付着している潤滑油により機関外へ除去されること、また火山灰が燃焼室内に一時的に滞留したとしても、排気ガスと共に大気へ放出されることから、火山灰粒子による長期的な影響も小さいと考えられる。

なお、吸気消音器及び空気冷却器（空気側）についても、狭隘部等はなく、火山灰により、機能に影響を及ぼすことはない。

※1 ブリネル硬さとは、一般的に金属等の工業材料に用いられる硬さの単位

※2 武若耕司(2004):シラスコンクリートの特徴とその実用化の現状、コンクリート工学、vol.42、No.3、p.38-47

※3 恒松修二・井上耕三・松田忠作(1976):シラスを主原料とする結晶化ガラス、窯業協会誌 84[6]、p.32-40

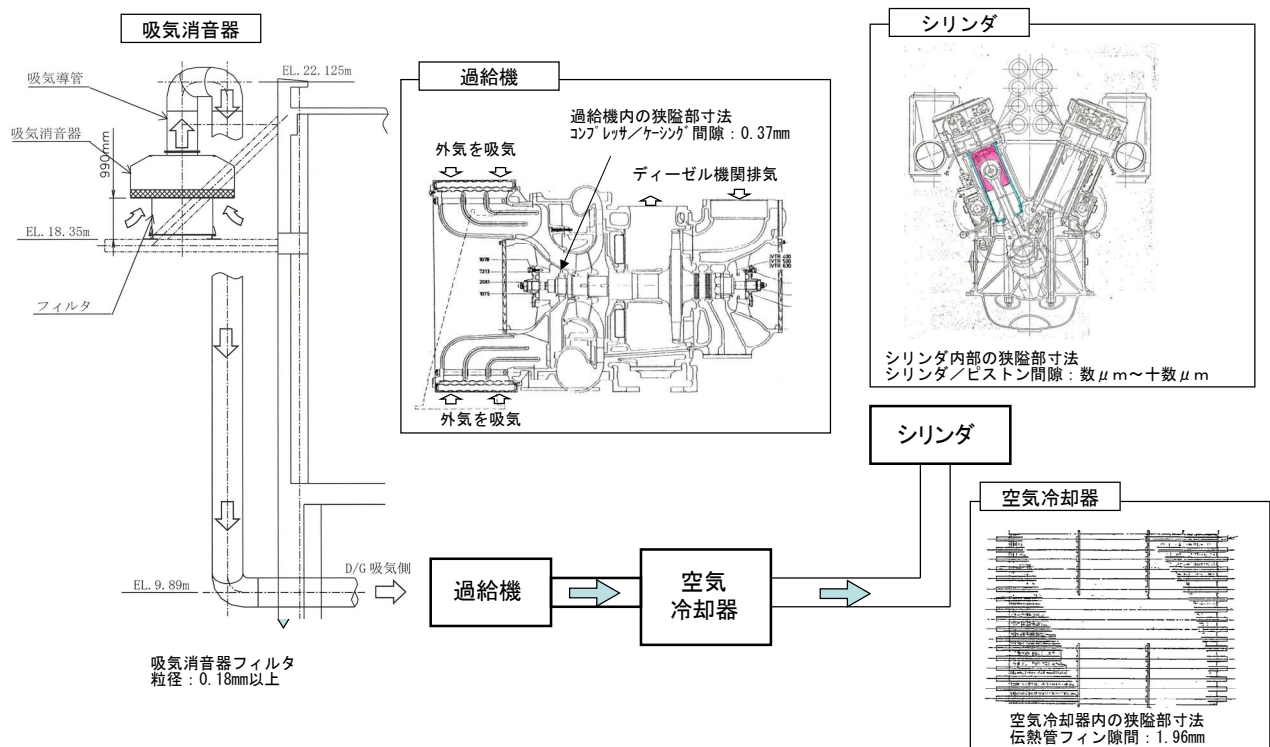


図1 非常用ディーゼル機関の吸入空気の流れ

#### (4) 関連設備への影響

非常用ディーゼル発電機の関連設備として、非常用ディーゼル発電機燃料油貯油そうがある。

非常用ディーゼル発電機燃料油貯油そうは地下タンクであり、火山灰による直接的影響を受けないが、ベント管については屋外にあることから影響について確認する。

非常用ディーゼル発電機燃料油貯油そうのベント管は、図2に示すとおり開口部が下向きとなっており、火山灰が侵入しにくい構造となっている。また、地表面から約11.5mの位置にベント管の開口部があり、火山灰の吹き上がりによる侵入の影響も考えにくい。

更に、ディーゼル機関の燃料油系統には燃料油こし器\*があり、運転に影響がある大きさの異物は除去される。

なお、燃料油フィルタはストレーナが2台ずつ設置されており、切替えも可能である。

(※) 燃料油こし器の網目：120メッシュ、200メッシュ



図2 燃料油貯油そうベント管の外観写真（右は拡大写真）

以 上

## 換気空調設備（給気系外気取入口）に係る影響評価

火山灰による換気空調設備（給気系外気取入口）への影響について以下のとおり評価する。

## (1) 評価項目及び内容

- ①換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（降雨等の影響を含む）  
火山灰の換気空調設備（給気系外気取入口）への侵入等により、機器の機能に影響がないことを評価する。

## &lt;評価対象設備&gt;

- ・換気空調設備（給気系外気取入口）  
[中央制御室空調装置、安全補機開閉器室空調装置、ディーゼル発電機室換気空調設備、補助給水ポンプ室換気空調設備、中間建屋換気空調設備、主蒸気配管室換気空調設備、格納容器換気空調設備、燃料取扱室空調装置、補助建屋換気空調設備、主給水配管室換気空調設備、放射線管理室空調装置]

## ②発電所周辺の大気汚染

火山灰により汚染された発電所周辺の大気が換気空調設備を経て運転員が常駐している中央制御室の居住性に影響がないことを評価する。

中央制御室換気空調装置は、火山灰が降灰した際に閉回路循環運転により外気の取り込みを一時的に停止することが可能であるが、その場合の中央制御室内の居住性について、中央制御室内に滞在する運転員の操作環境の劣化を防ぐために、酸素濃度及び炭酸ガス濃度の評価を行う。

## (2) 評価条件

## ①火山灰条件

- a. 密度：1.5g/cm<sup>3</sup>（湿潤状態）（火山灰の層厚 1cm 当たり 150N/m<sup>2</sup>）
- b. 堆積量：27cm
- c. 粒径：1mm 以下

## (3) 評価結果

## ①換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（降雨等の影響を含む）

図 1 に示すとおり、各換気空調設備の給気系外気取入口は、火山灰が侵入しにくい構造であり、水分を含んだ火山灰は密度が増し、更に侵入する可能性は小さくなる。

また、各外気取入口には平型フィルタが設置されており、火山灰が外気取入口に侵入した場合であっても、平型フィルタは、数  $\mu\text{m}$  オーダーの粒子に対し除塵効率が 9 割程度あり、フィルタより大きな火山灰が除去されることから、給気を供給する系統及び機器に対して火山灰が与える影響は小さいと考えられる。図 2 に示すとおり、各フィルタについては、各建屋等からの

アクセス性がよく、必要に応じて清掃及び交換することにより除灰ができることも確認している。

屋内への火山灰の侵入について、外気を取り入れしている空調系統として、中央制御室空調装置、安全補機開閉器室空調装置、ディーゼル発電機室換気空調設備、補助給水ポンプ室換気空調設備、中間建屋換気空調設備、主蒸気配管室換気空調設備、格納容器換気空調設備、燃料取扱室空調装置、補助建屋換気空調設備、主給水配管室換気空調設備、放射線管理室空調装置がある。

各外気取入口には平型フィルタ（主として粒径が $5\mu\text{m}$ より大きい粒子を捕集可能）を設置しているため、火山灰が外気取入口に到達した場合であっても、一定以上の粒径の火山灰については、平型フィルタにより侵入を阻止することが可能である。

また、フィルタよりも小さな火山灰が室内へ侵入する可能性が考えられるが、上記の系統のうち、外気取入用ダンパが設置されており閉回路循環運転が可能である中央制御室、安全補機開閉器室の空調系については、火山灰の侵入が想定される場合には、外気取入ダンパを閉止し、閉回路循環運転を行うことにより、火山灰の侵入を阻止することが可能である。その他の系統については、換気空調設備を停止することにより、火山灰の侵入を阻止することが可能である。

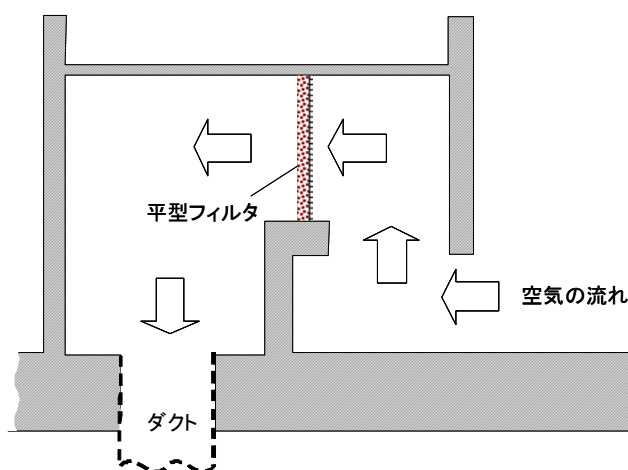


図1 中央制御室外気取入口の空気の流れ



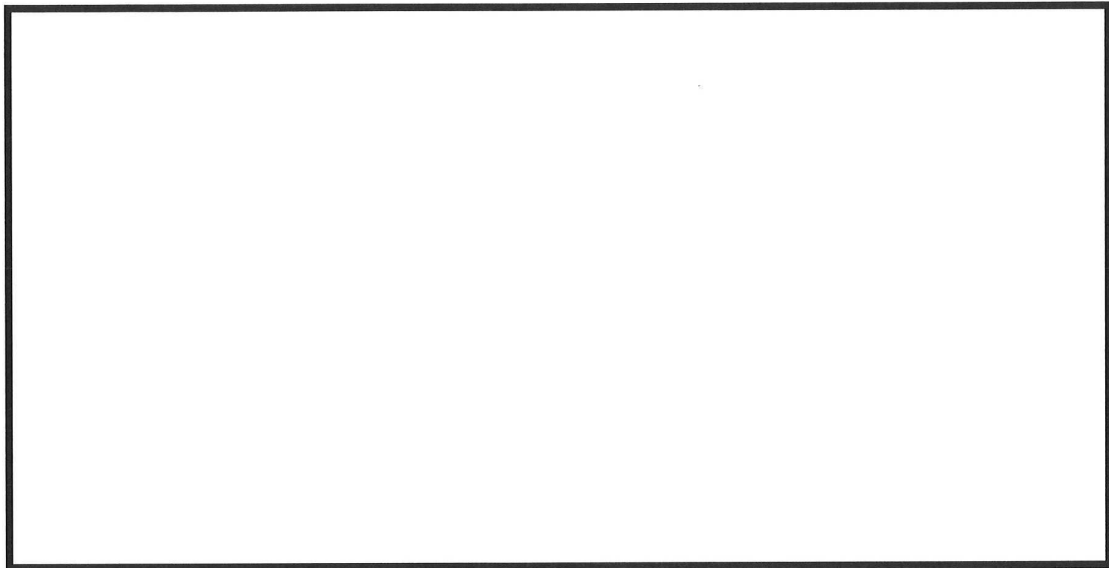


図2 換気空調設備の外気取入口へのアクセス例

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

②発電所周辺の大気汚染

中央制御室空調系については、外気取入ダンパを閉止し、外気隔離運転することも可能であり、その場合でも中央制御室の居住性が維持されることを確認している。(図3参照)

a. 酸素濃度

「空気調和・衛生工学便覧 空調設備篇」に基づき、酸素濃度は表1のとおり93時間外気取入を遮断したままでも、中央制御室内に滞在する運転員の操作環境に影響を与えないことを確認した。

表1 中央制御室の酸素濃度評価結果

時間	12時間	24時間	36時間	93時間
酸素濃度	20.69 %	20.44 %	20.19 %	19.00 %

(評価条件)

- ・ 在室人員 15名
- ・ 中央制御室バウンダリ内体積 4,700m<sup>3</sup>
- ・ 空気流入はないものとして評価する。
- ・ 初期酸素濃度 20.95 %
- ・ 1人当たりの呼吸量は、事故時の運転操作を想定し、歩行時の呼吸量を適用して、24 l/min とする。
- ・ 1人当たりの酸素消費量は、呼気の酸素濃度：16.40 %として、65.52 l/h とする。
- ・ 許容酸素濃度 19 %以上 (鉦山保安法施行規則から)

b. 炭酸ガス濃度

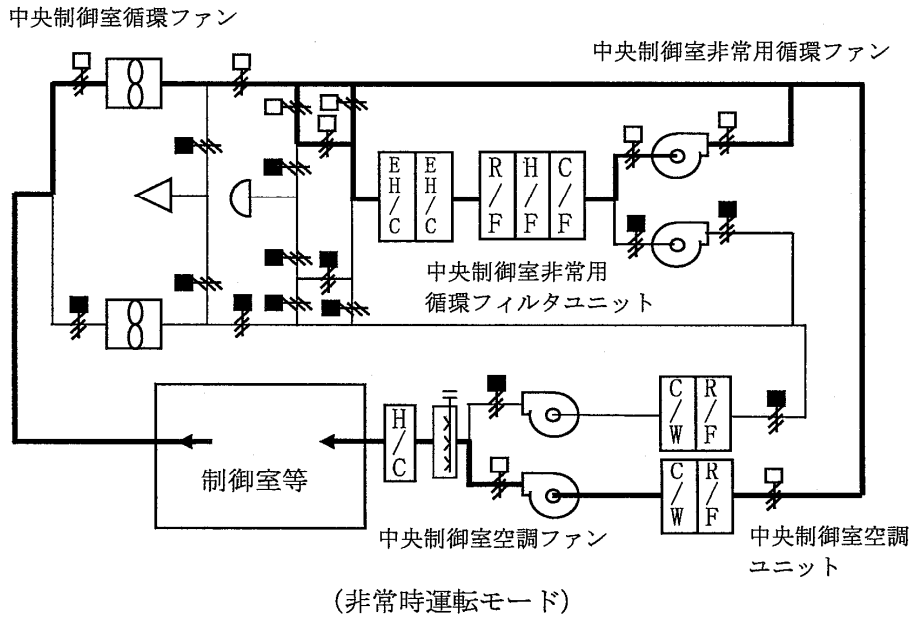
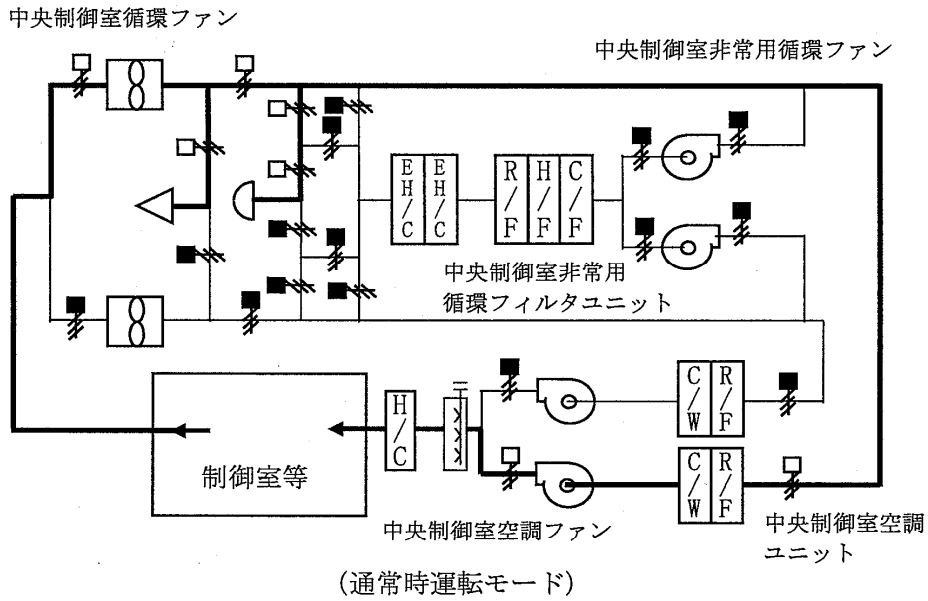
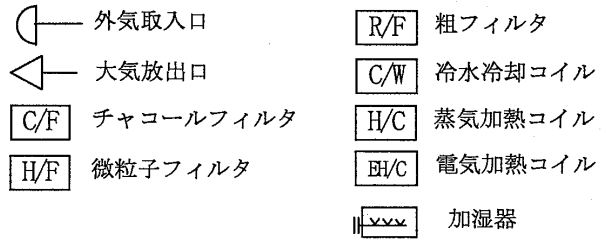
「空気調和・衛生工学便覧 空調設備篇」に基づき、炭酸ガス濃度は表 2 のとおり 66 時間外気取入れを遮断したままでも、中央制御室内に滞在する運転員の操作環境に影響を与えないことを確認した。

表 2 中央制御室の炭酸ガス濃度評価結果

時間	12 時間	24 時間	36 時間	66 時間
炭酸ガス濃度	0.207 %	0.383 %	0.559 %	0.999 %

(評価条件)

- ・在室人員 15 名
- ・中央制御室バウンダリ内体積 4,700m<sup>3</sup>
- ・空気流入はないものとして評価する。
- ・初期炭酸ガス濃度 0.03 %
- ・1 人当たりの炭酸ガス吐出量は、事故時の運転操作を想定し、中等作業時の吐出量を適用して、0.046 m<sup>3</sup>/h とする。
- ・許容炭酸ガス濃度 1.0%以下（鉱山保安法施行規則から）



(注)上記は3号炉の制御室換気空調設備の概要図を示す。4号炉も同じ。

図3 中央制御室空調装置 概略系統図

以上

## 排気筒に係る影響評価

火山灰による排気筒（格納容器排気筒、補助建屋排気筒）への影響について以下のとおり評価する。

## (1) 評価項目及び内容

## ①換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（降雨等の影響を含む）

火山灰の排気筒への侵入により、排気筒への機能に影響がないことを評価する。具体的には、排気筒の排気速度が火山灰の降下速度よりも大きく、火山灰が排気筒へ侵入しないことを確認する。また、火山灰が侵入したとしても流路が閉塞しないことを確認する。

## ②換気系に対する化学的影響（腐食）

火山灰の付着に伴う構造物の腐食により、排気筒の機能に影響がないことを評価する。

## (2) 評価条件

## ①火山灰条件

- a. 密度：1.5g/cm<sup>3</sup>（湿潤状態）（火山灰の層厚 1cm 当たり 150N/m<sup>2</sup>）
- b. 堆積量：27cm
- c. 粒径：1mm 以下

## (3) 評価結果

## ①換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（降雨等の影響を含む）

火山灰の降下速度と排気筒の排気速度の評価について以下に示す。

## a. 火山灰の降下速度

火山灰粒子の降下速度を単粒子の自由降下\*と考えるとモデル化し、以下のとおり導出する。

降下速度  $W_f$  (m/s) は次式で表される。

$$W_f = \sqrt{\frac{4}{3} \times \frac{g}{C_w} \times \frac{\rho_k - \rho_L}{\rho_L} \times d_k}$$

重力加速度  $g = 9.80665(\text{m/s}^2)$

抵抗係数  $C_w = 0.44$

粒子密度  $\rho_k = 1500(\text{kg/m}^3)$

空気密度  $\rho_L = 1.1(\text{kg/m}^3)$

粒子径  $d_k$  (m)

本評価では排気筒の排気速度（吹き出し風速）との比較を行うことから、降下速度が大きいほど保守的となるため、上式より粒子密度と粒子径はいずれも大きい方が降下速度も大きくなる。

そのため、本評価では想定される火山灰の特性として設定された、湿潤密度  $1,500\text{kg/m}^3$  ( $1.5\text{g/cm}^3$ )、粒子径  $0.001\text{m}$  ( $1\text{mm}$ ) の火山灰粒子を用いて降下速度を算出すると以下となる。

$$W_f = \sqrt{\frac{4}{3} \times \frac{9.80665}{0.44} \times \frac{1500 - 1.1}{1.1} \times 0.001} = 6.36 \Rightarrow 6.4(\text{m/s})$$

(※) 単粒子が静止した気体中を自由落下し、粒子の流体抵抗、重力及び浮力の間に釣り合いの状態が生じたときの粒子の速度

【参考文献】「流体-固体二相流-空気輸送と水力輸送-」日刊工業新聞社 森川敬信 著

#### b. 各排気筒の排気速度

高浜 3、4 号炉の格納容器排気筒及び補助建屋排気筒は、常時排気があり、格納容器排気筒及び補助建屋排気筒に接続されている排気量及び排気筒サイズは表のとおりである。

表 1 高浜 3、4 号炉の各排気筒に接続されている系統の排気量

	高浜 3 号炉 格納容器排気筒	高浜 3 号炉 補助建屋排気筒	高浜 4 号炉 格納容器排気筒	高浜 4 号炉 補助建屋排気筒
アニュラス空気浄化系統	—		—	
安全補機室空気浄化系統	( $56\text{m}^3/\text{min} \times 1$ 台) ※		( $56\text{m}^3/\text{min} \times 1$ 台) ※	
格納容器排気系統	—		—	
燃料取扱室排気系統	$1,400\text{m}^3/\text{min} \times 1$ 台		$1,400\text{m}^3/\text{min} \times 1$ 台	
放射線管理室排気系統	$800\text{m}^3/\text{min} \times 1$ 台			
補助建屋排気系統		$2,000\text{m}^3/\text{min} \times 2$ 台		$2,070\text{m}^3/\text{min} \times 2$ 台
合計排気量	$2,200\text{m}^3/\text{min}$	$4,000\text{m}^3/\text{min}$	$1,400\text{m}^3/\text{min}$	$4,140\text{m}^3/\text{min}$
排気筒サイズ	$2,200\text{mm} \times 1,500\text{mm}$	$2,200\text{mm} \times 1,500\text{mm}$	$1,900\text{mm} \times 1,500\text{mm}$	$2,300\text{mm} \times 1,500\text{mm}$

(※) 連続運転ではないので、保守的に吹き出し風速算出に考慮しない

各排気筒の排気量より、排気速度 (吹き出し速度) は下式で求められる。

$$V = \frac{Q}{A} \quad \begin{array}{l} \text{排気筒吹き出し速度} \quad V(\text{m/s}) \\ \text{合計排気量} \quad Q(\text{m}^3/\text{s}) \\ \text{排気筒断面積} \quad A(\text{m}^2) \end{array}$$

表 2 高浜 3、4 号炉の各排気筒の排気速度

	高浜 3 号炉 格納容器排気筒	高浜 3 号炉 補助建屋排気筒	高浜 4 号炉 格納容器排気筒	高浜 4 号炉 補助建屋排気筒
排気速度	11.1m/s	20.2m/s	8.1m/s	20.0m/s

以上より、各排気筒の排気速度（吹き出し速度）は火山灰の降下速度 6.4m/s を上回ることから、火山灰が排気筒内へ侵入することはない。

仮に、火山灰が直接格納容器排気筒及び補助建屋排気筒内に侵入した場合でも、排気筒の構造から火山灰により流路を閉塞することはない、ドレンから排出することも可能であり、機能に影響を及ぼすことはない。

(図 1 参照)

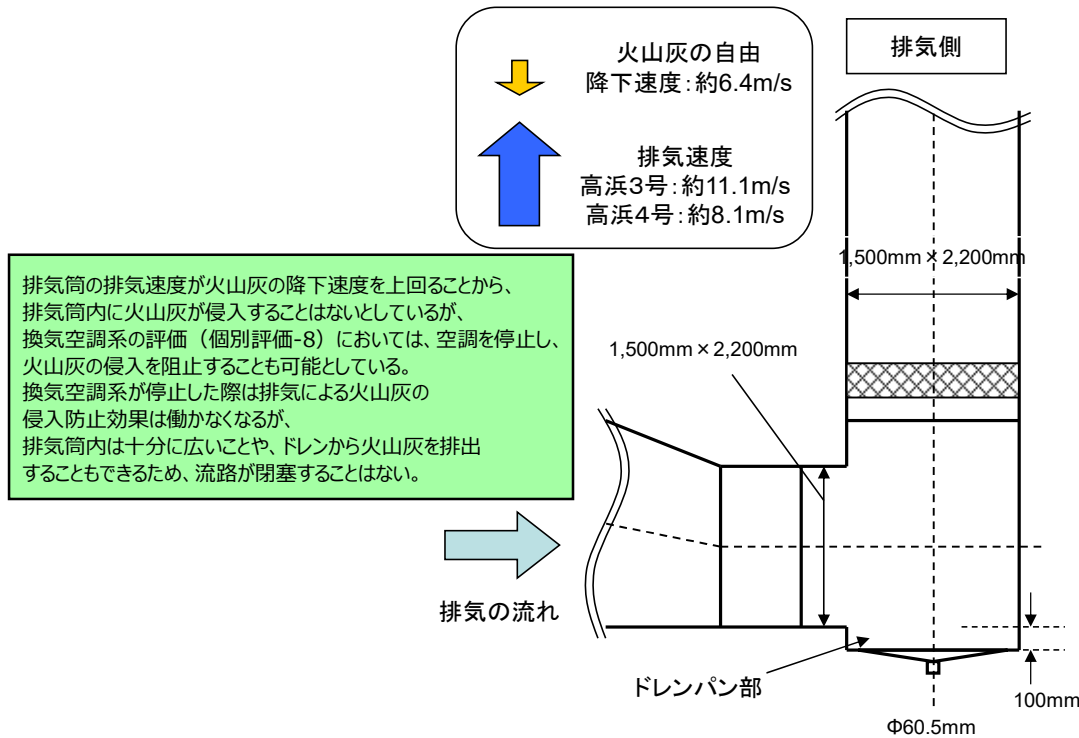


図 1 格納容器排気筒曲がり部の構造（高浜 3 号炉）

## ②換気系に対する化学的影響（腐食）

火山灰による化学的腐食を想定しても、屋外設備である排気筒は外面塗装等による対応を行っていることから、直ちに腐食により排気筒の機能に影響を及ぼすことはない。

なお、長期的な影響については、火山灰が排気筒に侵入した場合でも、内部の点検や除去が可能であり、その状況に応じて補修作業を行う。

以上

海水取水設備に係る影響評価

火山灰による海水取水設備への影響について以下のとおり評価する。

(1) 評価項目及び内容

①水循環系の閉塞

火山灰が混入した海水を取水することにより、海水取水設備が閉塞しないことを評価する。

②水循環系の化学的影響（腐食）

火山灰が混入した海水を取水することによる構造物内部の腐食により機器の機能に影響がないことを評価する。

(2) 評価条件

①火山灰条件

a. 粒径：1mm 以下

(3) 評価結果

①水循環系の閉塞

取水設備は図 1 に示すとおり、順にくらげ防止網、レーキ付バースクリーン、ロータリースクリーンとの構成になっており、海水中の大きな塵芥の除去を実施している。表 1 には取水設備のメッシュの間隔を示す。

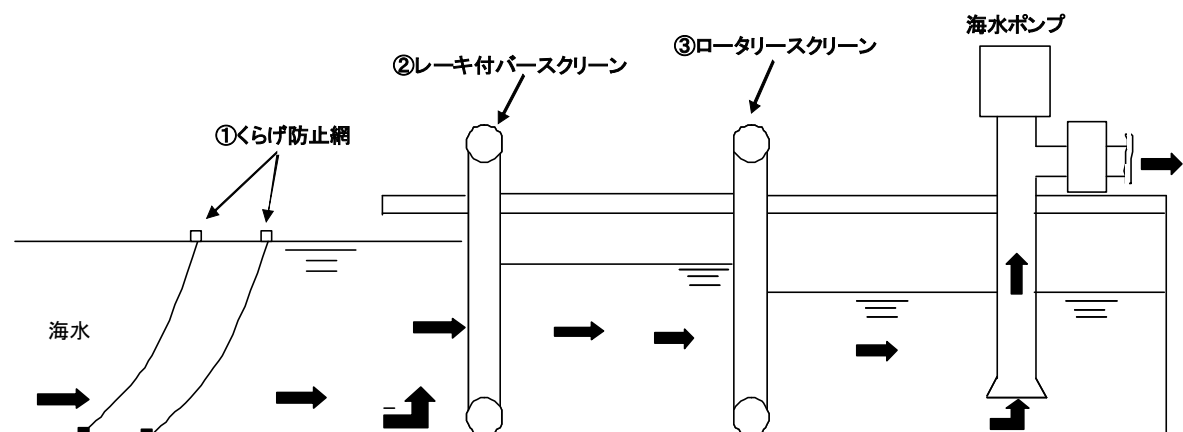


図 1 取水設備の構成

表 1 取水設備のメッシュ間隔

	①くらげ防止網	②レーキ付バースクリーン	③ロータリースクリーン
メッシュ間隔	メッシュ：45mm	バーピッチ：49mm	メッシュ：6mm

以上より、取水設備のメッシュ間隔に対して、想定する火山灰の粒径は十分小さく、また、粘性を生じさせる粘土鉱物等は含まれていないことから除塵装置が閉塞することはない。

②水循環系の化学的影響（腐食）

海水系の化学的影響については、海水中の火山灰濃度は非常に希薄であること、除塵装置は防汚塗装等の対応を実施しており、海水と金属が直接接することはなく、直ちに腐食により機能に影響を及ぼすことはない。

なお、上記の内容については、既提出資料から変更がないため、既提出資料のうち「個別評価－10」に同じ。

以 上



## 海水ストレーナに係る影響評価

火山灰による海水ストレーナ（下流設備を含む）への影響について以下のとおり評価する。

## (1) 評価項目及び内容

## ①水循環系の閉塞

火山灰が混入した海水を取水することにより、海水ストレーナ（下流設備を含む）が閉塞しないことを評価する。

## ②水循環系の化学的影響（腐食）

火山灰が混入した海水を取水することによる構造物内部の腐食により機器の機能に影響がないことを評価する。

## (2) 評価条件

## ①火山灰条件

a. 粒径：1mm 以下

## (3) 評価結果

## ①水循環系の閉塞

火山灰の粒径は、海水ストレーナのエレメントのメッシュサイズ（直径8mm）より小さく、海水ストレーナが閉塞することはない、機能に影響を及ぼすことはない。

海水ストレーナのメッシュを通過した火山灰の粒子は、下流の冷却器の冷却管（表1参照）に対して粒子が十分小さく、冷却管の閉塞により、下流の機器に影響を及ぼすことはない。また、各冷却器に通水される海水の流量は大きいことから、火山灰が冷却管内で堆積し閉塞することは考えにくい。

表1 冷却器の冷却管の内径及び海水流量

機器名		冷却管内径	海水流量
非常用ディーゼル 発電機	清水冷却器	約 13mm	約 297 m <sup>3</sup> /h
	潤滑油冷却器	約 13mm	
	燃料弁冷却水冷却器	約 13mm	
	空気冷却器	約 10mm	
空調用冷凍機		約 14mm	約 229 m <sup>3</sup> /h
原子炉補機冷却水冷却器		約 16mm	約 2000 m <sup>3</sup> /h

## ②水循環系の化学的影響（腐食）

化学的影響については、海水ストレーナ下流の機器の冷却器（細管）についても、耐食性のある材料を用いていること、並びに連続通水状態であり著しい腐食環境にはならないことから、腐食により下流の機器に影響を及ぼすことはない。

なお、上記の内容については、既提出資料から変更がないため、既提出資料のうち「個別評価－ 1 1」に同じ。

以 上

## 制御用空気圧縮機に係る影響評価

火山灰による制御用空気圧縮機への影響について以下のとおり評価する。

## (1) 評価項目及び内容

## ①換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（磨耗）

火山灰が制御用空気圧縮機の摺動部に侵入する可能性を考慮し、侵入した場合の影響について評価する。

## (2) 評価条件

## ①火山灰条件

a. 粒 径：1 mm 以下

## (3) 評価結果

制御用空気圧縮機が設置されているエリアは、中間建屋空調設備にて空調管理されている。

制御用空気圧縮機は、室内の空気を吸入して圧縮空気を供給しているため、火山灰の降灰の際に、機器内に火山灰が侵入する可能性があるが、中間建屋換気空調設備の外気取入口には、平型フィルタ（粒径がおよそ $5\mu\text{m}$ より大きい粒子を除去）が設置されており、これに加えて下流側にさらに細かな粒子を捕集可能な粗フィルタ（粒径がおよそ $2\mu\text{m}$ より大きな粒子を除去）が設置されている。このため、他の空調設備に比べて、火山灰に対して高い防護性能を有しており、室内に侵入した火山灰の粒径はほぼ $2\mu\text{m}$ 以下の細かな粒子であると推定される。

なお、微細な粒子であっても、制御用空気圧縮機のシリンダライナ内面とピストンリングは直接、接触摺動している状態であり、機器内に吸入された火山灰がシリンダライナ内面とピストンリングの間に侵入した場合には摩耗発生が懸念される。

しかしながら、シリンダライナはハードクロムメッキ処理、ピストンリングはカーボングラファイトであり、火山灰は硬度が低くもろいことから、摺動部に侵入した火山灰により磨耗が発生し、摺動部に損傷を発生させることはない。さらに、火山灰の降灰時には、外気取入ダンパを閉止することにより侵入を阻止することが可能であることから、制御用空気圧縮機の機能に影響を及ぼすことはない。

なお、上記の内容については、既提出資料から変更がないため、既提出資料のうち「個別評価－ 1 2」に同じ。

以 上

## 安全保護系計装盤に係る影響評価

火山灰による安全保護系計装盤への影響について以下のとおり評価する。

## (1) 評価項目及び内容

## ① 絶縁低下

火山灰が盤内に侵入する可能性及び侵入した場合の影響について評価する。

## (2) 評価条件

## ① 火山灰条件

a. 粒 径：1 mm 以下

## (3) 評価結果

安全保護系の計装盤が設置されているエリアは、安全補機開閉器室空調装置にて空調管理されている。

安全保護系の計装盤には、その発生熱量に応じて盤内に換気ファンを設置している場合があるため、換気に伴い火山灰が計装盤内に侵入する可能性が考えられるが、安全補機開閉器室空調系の外気取入口には平型フィルタ（粒径がおよそ $5\mu\text{m}$ より大きい粒子を除去）が設置されており、これに加えて下流側にさらに細かな粒子を捕集可能な粗フィルタ（粒径がおよそ $2\mu\text{m}$ より大きな粒子を除去）が設置されている。

このため、他の空調系に比べて火山灰に対する高い防護性能を有しており、室内に侵入した火山灰の粒径はほぼ $2\mu\text{m}$ 以下の細かな粒子であると推定される。

なお、微細な粒子であっても、火山灰が盤内に侵入した場合には、その付着等により短絡等を発生することが懸念されるが、計装盤において数 $\mu\text{m}$ 程度の線間距離となるのは、集積回路（ICなど）の内部であり、これら部品はモールド（樹脂）で保護されているため、火山灰が侵入することはない。また、端子台等の充電部が露出している箇所については、端子間の距離が数mm程度あることから、火山灰の付着等により短絡等を発生させる可能性はない。さらに、火山灰の降灰時には、外気取入ダンパを閉止し閉回路循環運転を行うことにより侵入を阻止することが可能であることから、安全保護系計装盤の機能に影響を及ぼすことはない。

なお、上記の内容については、既提出資料から変更がないため、既提出資料のうち「個別評価－ 1 3」に同じ。

以 上

### 3. 海水ポンプ及び海水ストレーナに対する気中降下火砕物濃度の影響について

#### 1. 概要

海水ポンプ及び海水ストレーナに対する降下火砕物の影響として、新規制基準適合性審査時において荷重、閉塞、腐食、磨耗による影響評価を実施しているが、実用炉規則の改正を踏まえ気中降下火砕物濃度を考慮した影響評価を実施する。

#### 2. 気中降下火砕物濃度に対して評価が必要な影響因子

海水ポンプ及び海水ストレーナに対する降下火砕物による影響因子（荷重、閉塞、腐食、磨耗）について、新規制基準適合性審査時の評価結果を踏まえ、気中降下火砕物濃度を考慮した評価を行う。

##### (1) 海水ポンプ

###### ① 荷重

###### 【新規制基準適合性審査時における評価】

設置許可において設定した層厚「27cm」に積雪及び風を考慮して荷重評価を行い、問題ないことを評価している。

###### 【気中降下火砕物濃度を考慮した評価】

想定する降下火砕物の層厚「27cm」は変わらないことから、荷重に対する評価に影響はない。

###### ② 閉塞

###### 【新規制基準適合性審査時における評価】

設置許可において設定した降下火砕物の粒径「1mm以下」に対し、流水部、軸受の間隙（異物逃がし溝）が降下火砕物の粒径より大きいこと、及び電動機が全閉型であることから、閉塞するおそれはないと評価している。

###### 【気中降下火砕物濃度を考慮した評価】

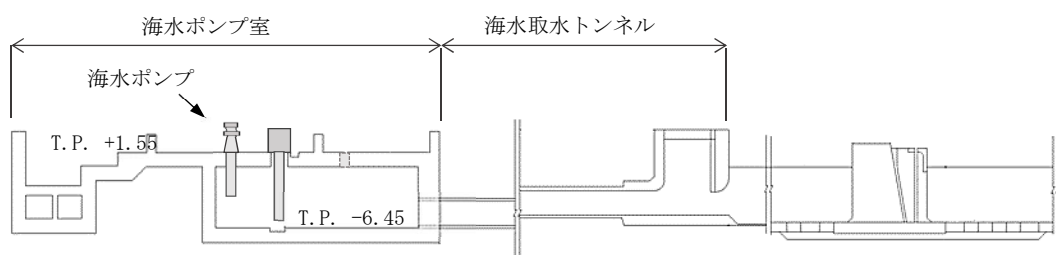
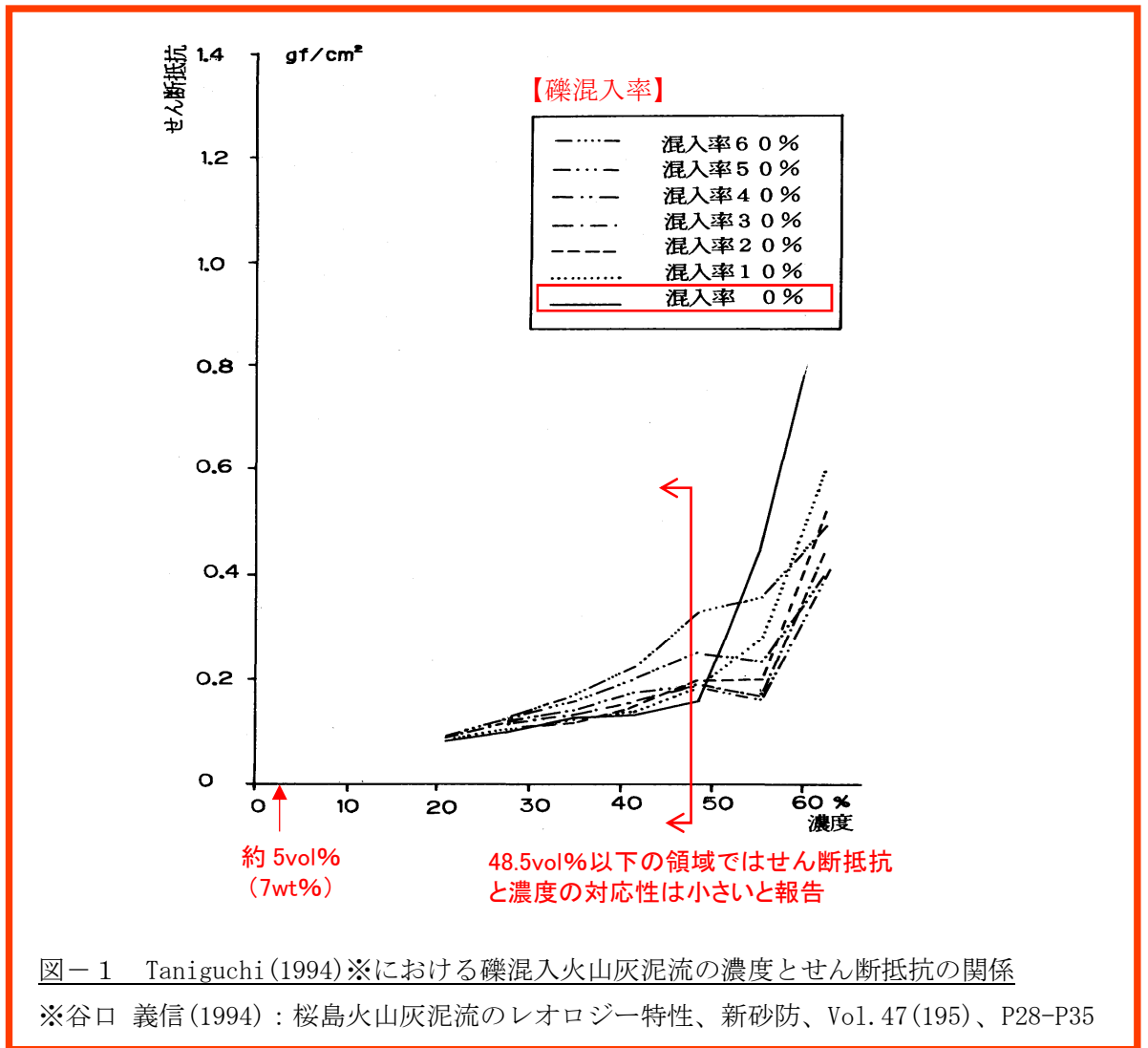
想定する降下火砕物の粒径「1mm以下」は変わらないことから、閉塞に対する評価に影響はない。

なお、気中降下火砕物濃度を考慮すると、短期間で降下火砕物が海面に降ることにより、海水中の降下火砕物濃度が上昇する可能性が懸念されるが、以下の理由により閉塞に対する評価に影響はない。

- ・ 降下火砕物は、粒径分布に関わらず、海水との密度差により海水面に浮くか又は短時間で海底に沈むため、海水中の降下火砕物濃度が極めて高くなることは考えにくい。
- ・ 海水中の降下火砕物の性質（沈むものの割合、沈降速度等）は粒径により変化するものと考えられるが、想定する層厚「27cm」に対して海水ポンプ室底面は十分な深さ（6.45m）があり、仮に降下火砕物が海水中に均一に分散したとしても、濃度は 7wt%程度である。（表－1 参照）
- ・ 層厚増加に伴い濃度が 4wt%程度から 7wt%程度に増加するが、図－1 で示す火山灰の容積濃度とせん断抵抗の関係図では、火山灰濃度が 7wt%程度の領域で、せん断応力の著しい増加はないことから、火山灰層厚の増加に伴う海水の著しい粘性増加は起こらない。したがって、火山灰層厚の増加が海水ポンプの運転に影響を及ぼすことはない。
- ・ 海水ポンプ室へ入る降下火砕物は、取水口から海水取水トンネルを通して海水ポンプ室へ流入するものが想定されるが、海水取水トンネルの形状により、海水ポンプ室外の海面へ降った降下火砕物が海水ポンプ室へ多量流入する可能性は低い。（海水ポンプ室及び海水取水トンネルの形状を図－2に示す。）
- ・ 海水ポンプ吸い込み口は海水ポンプ室底面より 1m 以上高いレベルにある。したがって、降下火砕物が海水ポンプ室底面に堆積しても海水ポンプの取水に影響を及ぼすことはない。

表－1 層厚と海水中の濃度

プラント	見直し後の層厚	海水ポンプ底面の深さ	濃度	【参考】層厚見直し前の濃度
高浜 3, 4 号炉	27 c m	6.45m	7wt%	4wt%



### ③ 腐食

#### 【新規制基準適合性審査時における評価】

海水ポンプは防汚塗装を施しており、海水と金属が接することはない。海水ポンプモータは、全閉構造であることから、火山灰の侵入による影響はない。

#### 【気中降下火砕物濃度を考慮した評価】

気中降下火砕物濃度を考慮しても、腐食に対する評価に影響はない。

### ④ 磨耗

#### 【新規制基準適合性審査時における評価】

海水ポンプモータが全閉構造であることから、磨耗への影響はないことを確認している。

#### 【気中降下火砕物濃度を考慮した評価】

気中降下火砕物濃度を考慮しても、磨耗に対する評価に影響はない。

なお、気中降下火砕物濃度を考慮すると、短期間で降下火砕物が海面に降ることにより、海水中の降下火砕物濃度が上昇する可能性が懸念されるが、以下の理由により磨耗に対する評価に影響はない。

- ・海水ポンプは通常運転時においても磨耗を引き起こす要因となりうる砂を含む海水を通水しながら運転しており、特に台風等の強風時は海底の砂を多量に含んだ海水を通水しているが、海水ポンプの磨耗によるトラブルは発生していない。
- ・降下火砕物は海水との密度差により海水面に浮くか又は短時間で海底に沈むため、海水中の降下火砕物濃度が極めて高くなることは考えにくい。したがって、短期(24時間)でポンプの運転に支障をきたすような磨耗が発生することは考えにくい。

## (2) 海水ストレーナ

### ① 閉塞

#### 【新規制基準適合性審査時における評価】

設置許可において設定した降下火砕物の粒径「1mm以下」に対し、海水ストレーナメッシュが大きいことから、閉塞するおそれはないと評価している。また、下流設備である非常用ディーゼル機関の冷却器、空調用冷凍機、原子炉補機冷却水冷却器においても閉塞することはないと評価している。

#### 【気中降下火砕物濃度を考慮した評価】

想定する降下火砕物の粒径「1mm以下」は変わらないことから、閉塞に対する評価に影響はない。

なお、気中降下火砕物濃度を考慮すると、短期間で降下火砕物が海面に降ることにより、海水中の降下火砕物濃度が上昇する可能性が懸念されるが、以下の理由により閉塞に対する評価に影響はない。

- ・ 降下火砕物は、粒径分布に関わらず、海水との密度差により海水面に浮くか又は短時間で海底に沈むため、海水中の降下火砕物濃度が極めて高くなることは考えにくい。
- ・ 海水中の降下火砕物の性質（沈むものの割合、沈降速度等）は粒径により変化するものと考えられるが、想定する層厚「27cm」に対して海水ポンプ室底面は十分な深さ（6.45m）があり、仮に降下火砕物が海水中に均一に分散したとしても、濃度は 7wt%程度である。（表－1 参照）
- ・ 層厚増加に伴い濃度が 4wt%程度から 7wt%程度に増加するが、図－1 で示す火山灰の容積濃度とせん断抵抗の関係図では、火山灰濃度が 7wt%程度の領域で、せん断応力の著しい増加はないことから、火山灰層厚の増加に伴う海水の著しい粘性増加は起こらない。したがって、火山灰層厚の増加が海水ポンプの運転に影響を及ぼすことはない。
- ・ 海水ポンプ室へ入る降下火砕物は、取水口から海水取水トンネルを通して海水ポンプ室へ流入するものが想定されるが、海水取水トンネルの形状により、海水ポンプ室外の海面へ降った降下火砕物が海水ポンプ室へ多量流入する可能性は低い。（海水ポンプ室及び海水取水トンネルの形状を図－2に示す。）

## ② 腐食

### 【新規制基準適合性審査時における評価】

海水ストレーナは外装塗装が施されていることから、直ちに腐食により機能を喪失することはない。

### 【気中降下火砕物濃度を考慮した評価】

気中降下火砕物濃度を考慮しても、腐食に対する評価に影響はない。

## 3. まとめ

海水ポンプ及び海水ストレーナに対する降下火砕物の影響は、荷重、閉塞、腐食、磨耗が想定されるが、各影響因子に対して気中降下火砕物濃度を考慮した影響評価を実施した結果、健全性に問題がないことを確認した。

以 上



## 火山対応の運用等に対する設工認上の扱いについて

## 1. 概要

本資料は、想定される自然現象（火山）に対する手順上、必要な運用や施設について従来の既許認可からの整理を行うものである。

## 2. 除灰関係の整理

DNP設置許可で確認した除灰関係の確認事項は表1のとおりである。一部の施設については、除灰の成立性もしくは灰置場の確保に対して定量的な確認は行っていないが、定性的に手順の成立性は可能と判断している。

表1. DNP設置許可における除灰手順の整理

施設名	除灰に要する時間	灰置場の容量	主な資機材*1	備考
DB施設	建屋に対する除灰時間を確認。 ⇒建屋以外の施設は火山灰が堆積する面積が小さいため除灰は可能。	建屋及び屋外タンクに堆積する灰に対して確認。 ⇒上記以外の施設は火山灰が堆積する量が少ないため灰置場までの運搬を考えていない。	スコップ スノーダンプ マスク ゴーグル ヘッドライト	運用及び資機材の変更なし。
SA施設	建屋に対する除灰時間を確認。 ⇒建屋以外の施設は火山灰が堆積する面積が小さいため除灰は可能。	建屋に堆積する灰に対して確認。 ⇒上記以外の施設は火山灰が堆積する量が少ないため灰置場までの運搬を考えていない。	スコップ スノーダンプ マスク ゴーグル ヘッドライト	運用及び資機材の変更なし。
アクセスルート (SA)	確認対象外。 ⇒火山事象とSA事象は重畳しないため、除灰を完了させるまでの時間的な制約がないため確認対象外。	確認不要。 ⇒道路脇に除けるため、確認不要。	ブルドーザー マスク ゴーグル ヘッドライト	運用及び資機材の変更なし。 (降灰収束後の運用。)
燃料油輸送ルート (大飯固有)	燃料油輸送ルートに対する除灰時間を確認。	確認不要。 ⇒道路脇に除けるため、確認不要。	ブルドーザー マスク ゴーグル ヘッドライト	運用及び資機材の変更なし。 (炉規則第83条の対応では使用しない。)

※1 社内マニュアルに使用する資機材を整理している。

## 2. 1. 除灰に要する時間及び灰置場の確保 (DB、SA)

DB、SA施設に係る除灰に要する時間及び灰置場の確保については、DNP設置許可で確認をしている。DNP設置許可で実施した除灰に要する時間及び灰置場の確保の確認結果を別紙1に示す。

## 2. 2. 屋外のSA設備の除灰及びアクセスルートの確保

屋外のSA設備の除灰及びアクセスルートの確保については、新規制基準工認から基本設計方針に「降灰時の除灰運用を保安規定に定める」旨を記載し、保安規定には、「降下火砕物および積雪の除去作業については、降灰および降雪の状況を踏まえ、設備に悪影響を及ぼさないよう実施する。」と記載している。また、社内マニュアルにおいても除灰運用を定めており、屋外のSA設備については悪影響を及ぼさないよう除灰を実施し、アクセスルートの確保については、降灰の堆積状況に応じて適宜除灰を実施することとしている。**なお、火山事象が重大事故等の起因とならないこと、並びに重大事故当時に火山事象が発生していることは考えにくく、設備を使用しない保管時を考慮するため、重大事故等と火山事象の重畳を考慮する必要はない。**(別紙2参照)

したがって、屋外のSA設備の除灰及びアクセスルートの確保に関する設工認上の扱いとしては、除灰運用を保安規定に定めることを基本設計方針に記載することとしている。

高浜3、4号機における基本設計方針の当該箇所を別紙3に、保安規定の当該箇所を別紙4に、社内マニュアルの当該箇所を別紙5に示す。

## 2. 3. タンクローリーによる非常用ディーゼル発電機の燃料油輸送ルートの除灰 (大飯固有)

降下火砕物による間接的な影響として、7日間の外部電源喪失を想定しており、7日間の非常用ディーゼル発電機の連続運転が必要となるが、燃料油貯蔵タンクの容量では7日間の連続運転ができないため、タンクローリーを使って重油タンクから燃料油貯蔵タンクへ輸送することとしている。

新規制基準適合の設置許可では、アクセスルートの復旧に要する時間評価において、燃料の移送が必要となる時間(起動後3日)までに復旧できることの確認を行っているが、この評価結果は層厚変更の影響を受けるため、大山生竹テフラ噴出規模見直しに伴う設置変更許可申請のまとめ資料において再評価を行った。(別紙6参照)

また、設工認では、復旧のための除灰運用を保安規定に定めることを基本設計方針に記載している。(別紙7参照)

大飯3、4号機以外のプラントでは、燃料の移送を行わずとも7日間の非常用ディーゼル発電機の運転が可能であることから本件は大飯固有となっている。

なお、燃料移送に用いるタンクローリーは資機材と整理しており、新規制基準

適合の設置許可では、まとめ資料にて構造強度評価の確認を行い、工認設計対象外としていた。

大山生竹テフラ噴出規模見直しに伴う設置許可においても、本評価は層厚変更の影響を受けることから、まとめ資料において再評価を行い、設工認設計対象外としている。(別紙8参照)

更に、タンクローリーを資機材とする扱いは保安規定の第18条の4において規定されている。(別紙9参照)

### 3. 炉規則83条の対応で用いる設備の扱い

炉規則83条の対応のみで用いる設備のうち、影響因子に荷重、閉塞を含んでいるものとしては、消火水バックアップタンクがあるため、本設備の設工認上の扱いを示す。

#### 3. 1. 消火水バックアップタンク

消火水バックアップタンクは防護対象施設に分類されないことから設工認では火山に対する影響確認を行っていないが、炉規則83条の対応で使用する設備であることから、保安規定で評価を行っている。下記に設工認及び保安規定上の扱いについて詳細に説明する。

設工認での扱いとしては、消火水バックアップタンクは、クラス3設備であり、防護対象設備でないことから設工認申請対象外としている。防護対象施設の分類は設置許可のまとめ資料で示している。具体的には、クラス1及びクラス2に属する構築物、系統及び機器のうち火山灰の影響により、安全機能を損なうおそれがある施設、及びクラス1及びクラス2に属する構築物、系統及び機器を内包している建物を防護対象施設として抽出している。(別紙10参照)

保安規定での扱いとしては、炉規則83条の対応において復水タンクの水源として使用することから、降下火砕物に対する影響確認を行っている。(別紙11参照)

【高浜発電所 3, 4号炉 新知見への適合状況説明資料 (DNP に対する防護) 2021 年 3 月 18 日提出】

(抜粋)

：提出した資料に補足説明を追加した箇所  
補足資料－6

#### 6. 火山灰の除灰に要する時間について

火山灰の除灰に要する概算時間について、土木工事の人力作業<sup>\*</sup>を参考に試算した結果を以下に示す。

表 除灰に要する概算時間

項 目		評価諸元
① 堆積面積 (m <sup>2</sup> )	外部しゃへい建屋 (3, 4号炉)	約 3,400m <sup>2</sup>
	外周建屋 (3, 4号炉)	約 2,500m <sup>2</sup>
	原子炉補助建屋 (共用)	約 4,500m <sup>2</sup>
	中間建屋 (3, 4号炉)	約 2,700m <sup>2</sup>
	燃料取扱建屋 (3, 4号炉)	約 3,000m <sup>2</sup>
	燃料取替用水タンク建屋 (3, 4号炉)	約 500m <sup>2</sup>
	ディーゼル発電機建屋 (3, 4号炉)	約 1,000m <sup>2</sup>
	合計	約 17,600m <sup>2</sup>
② 堆積厚さ (m)		0.27m
③ 堆積量=①×② (m <sup>3</sup> )		約 4,752m <sup>3</sup>
④ 1 m <sup>3</sup> 当たりの作業人工 <sup>*</sup> (人日/m <sup>3</sup> )		0.39 人日/m <sup>3</sup>

#### 1. 作業量 (上記のとおり)

$$0.39 \text{ 人日/m}^3 \times 4,752 \text{ m}^3 = \text{約 } 1,854 \text{ 人日}$$

#### 2. 作業日数 (試算例)

(1) 作業人数：78 人 (6 人/組×13 組)

【内訳】 外部しゃへい建屋 (2 組)、外周建屋 (2 組)、原子炉補助建屋 (3 組)、  
中間建屋 (2 組)、燃料取扱建屋 (2 組)、燃料取替用水タンク建屋 (1 組)、  
ディーゼル発電機建屋 (1 組) [計 13 組]

(2) 所要日数：約 24 日

(※)「国土交通省土木工事積算基準 (H 2 4)」における人力掘削での人工を保守的に採用

なお、屋外タンクの堆積面積は、約 500m<sup>2</sup>と建屋の堆積面積に対して十分小さいことから、30 日に除灰することが可能である。

以 上

7. 灰置場の場所及び容量について

灰置場として、積み上げた火山灰が崩れるなど、発電所の重要安全施設やSA時に必要となるアクセスルートに影響を及ぼすことがないように、それらから離れ、かつ、低い場所にある放水口近傍のエリアを選定しており、除去した火山灰が灰置場に現実的に集積可能かどうか試算を行った。

図に示す範囲に高さ1.4mで集積した場合、その容量は約11,480m<sup>3</sup>となる。ここで、層厚27cmの火山灰を想定した場合、表のとおり火山灰の除去が必要となる施設の屋根部に堆積する火山灰の量は約4,887m<sup>3</sup>であり、1,2号炉の火山灰の除去が必要となる施設の屋根部に堆積する火山灰の量3,543m<sup>3</sup>と合わせても約8,430m<sup>3</sup>であることから、灰置場として容量があると考えられる。

表 火山灰の除去が必要な施設の屋根部に堆積する火山灰の量

項目	建屋	屋外タンク	合計
対象施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・外部しゃへい建屋 (3, 4号炉)</li> <li>・外周建屋 (3, 4号炉)</li> <li>・原子炉補助建屋 (共用)</li> <li>・中間建屋 (3, 4号炉)</li> <li>・燃料取扱建屋 (3, 4号炉)</li> <li>・燃料取替用水タンク建屋 (3, 4号炉)</li> <li>・ディーゼル発電機建屋 (3, 4号炉)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・復水タンク (3, 4号炉)</li> </ul>	—
面積	約17,600m <sup>2</sup>	約500m <sup>2</sup>	約18,100m <sup>2</sup>
降灰量 (層厚27cm)	約4,752m <sup>3</sup>	約135m <sup>3</sup>	約4,887m <sup>3</sup>

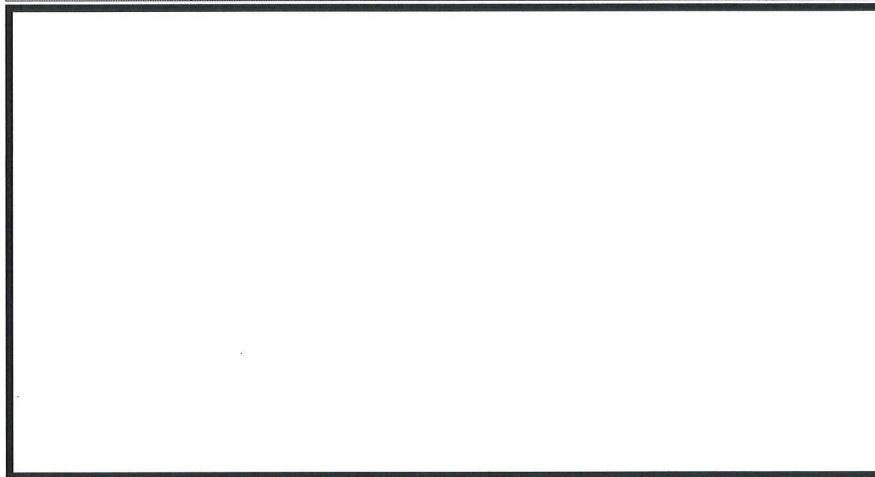


図 高浜原子力発電所の平面図

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

以上

灰置場はクラス1,2には該当しないことから、設工認設計対象外である。一部の灰置場の下部には放水口が設けられているが放水口もクラス1,2には該当しない。詳細は別添1参照。

### 3. 火山灰の除灰に要する時間について

火山灰の除灰に要する概算時間について、土木工事の人力作業\*を参考に試算した結果を以下に示す。

表 除灰に要する概算時間

項 目		評価諸元
①堆積面積 (m <sup>2</sup> )	緊急時対策所建屋	約 500m <sup>2</sup>
	特重施設の建屋 (1,2 号炉)	
	特重施設の建屋 (3,4 号炉)	
	合計	
②堆積厚さ (m)		0.27m
③堆積量=①×② (m <sup>3</sup> )		
④ 1 m <sup>3</sup> 当たりの作業人工* (人日/m <sup>3</sup> )		0.39 人日/m <sup>3</sup>

1. 作業量 (上記のとおり)

0.39 人日/m<sup>3</sup> ×

2. 作業日数 (試算例)

(1) 作業人数:

【内訳】、緊急時対策所建屋 (1 組)、特重施設の建屋 1,2 号炉 、  
特重施設の建屋 3,4 号炉

(2) 所要日数: 約 16 日

(※) 「国土交通省土木工事積算基準 (H24)」における人力掘削での人工を保守的に採用

以 上

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

#### 4. 灰置場の場所及び容量について

灰置場として、積み上げた火山灰が崩れるなど、発電所の重要安全施設やSA時に必要となるアクセスルートに影響を及ぼすことがないように、それらから離れ、かつ、低い場所にある放水口近傍のエリアを選定しており、除去した火山灰が灰置場に現実的に集積可能かどうか試算を行った。

図に示す範囲に高さ約1.4mで集積した場合、その容量は約11,480m<sup>3</sup>となる。ここで、層厚27cmの火山灰を想定した場合、表のとおり火山灰の除去が必要となる施設の屋根部に堆積する火山灰の量は [ ] であり、火山灰の除去が必要となる設計基準対象施設の屋根部に堆積する火山灰の量約8,430m<sup>3</sup>（1,2号炉約3,543m<sup>3</sup>、3,4号炉約4,887m<sup>3</sup>）と合わせても約 [ ] であることから、灰置場として容量があると考えられる。

表 火山灰の除去が必要な施設の屋根部に堆積する火山灰の量

項目	建屋
対象施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・緊急時対策所建屋</li> <li>・特重施設の建屋（1,2号炉）</li> <li>・特重施設の建屋（3,4号炉）</li> </ul>
面積	[ ]
降灰量（層厚27cm）	[ ]

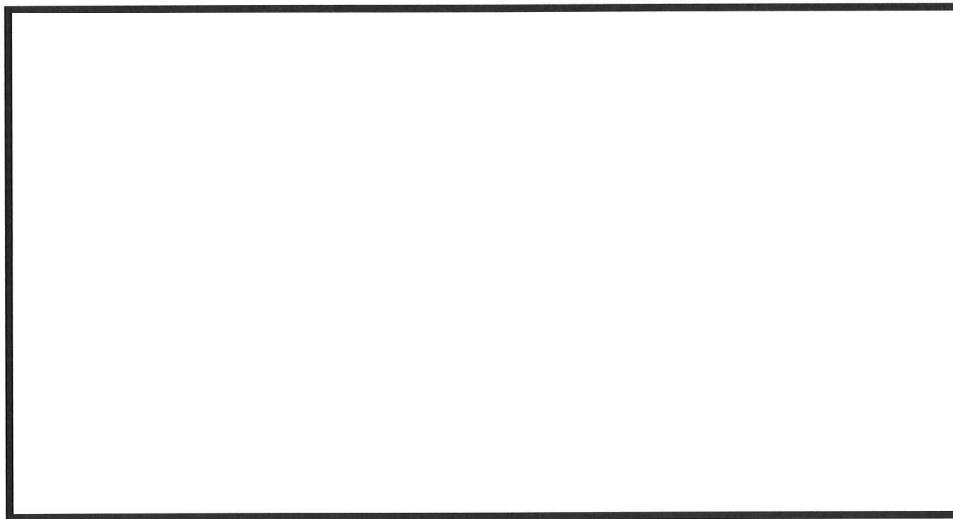


図 高浜発電所の平面図

以上

[ ] 枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

## 【高浜 3 号機 原規規発第 1508041 号 平成 27 年 8 月 4 日認可（資料 2-4-3）】

## 添付 2-4-3-3～添 2-4-3-4

## 3.1 降下火砕物の影響を考慮する施設と影響因子との関連

設計に考慮すべき直接的影響因子については、降下火砕物の特徴から以下のものが考えられる。

降下火砕物はマグマ噴出時に粉碎、急冷したガラス片、鉱物結晶片からなる粒子であり、堆積による構造物への荷重、並びに施設への取り込みによる閉塞及び磨耗が考えられる。また、降下火砕物には亜硫酸ガス、硫化水素及びフッ化水素等の火山ガス成分が付着しているため、施設への接触による腐食、並びに施設への取り込みによる大気汚染が考えられる。さらに、降下火砕物は水に濡れると酸性を呈し導電性を生じるため、絶縁低下が考えられる。

防護対象施設及び防護対象施設に影響を及ぼす可能性のあるクラス3（発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類）に属する施設（以下「クラス3に属する施設」という）のうち、屋外に設置している施設、防護対象施設を内包し降下火砕物からその施設を防護する施設について、降下火砕物が堆積しやすい構造を有する場合には荷重による影響を受ける可能性があるため、構造物への荷重を影響因子として設定する。

防護対象施設及び防護対象施設に影響を及ぼす可能性のあるクラス3に属する施設のうち、降下火砕物を含む海水の流路となる水循環系の施設への閉塞による影響を受ける可能性があるため、水循環系の閉塞を影響因子として設定する。

防護対象施設及び防護対象施設に影響を及ぼす可能性のあるクラス3に属する施設及びその他施設のうち、降下火砕物を含む空気の流れとなる換気系、電気系及び計装制御系の施設への閉塞による影響を受ける可能性があるため、換気系、電気系及び計装制御系における閉塞を影響因子として設定する。

防護対象施設及び防護対象施設に影響を及ぼす可能性のあるクラス3に属する施設のうち、降下火砕物を含む海水の流路となる水循環系の施設、並びに空気を取り込みかつ摺動部を有する換気系の施設への磨耗による影響を受ける可能性があるため、水循環系、換気系、電気系及び計装制御系における磨耗を影響因子として設定する。

防護対象施設及び防護対象施設に影響を及ぼす可能性のあるクラス3に属する施設のうち、屋外に設置している施設、降下火砕物を含む海水の流路となる水循環系の施設、並びに降下火砕物を含む空気の流れとなる換気系、電気系及び計装制御系の施設や、防護対象施設を内包する施設について、腐食により防護対象施設の安全機能に有意な影響が発生する場合には、腐食による影響を受ける可能性があるため、構造物、水循環系、換気系、電気系及び計装制御系における腐食を影響因子として設定する。

中央制御室への大気汚染による影響を受ける可能性があるため、発電所周辺の大気汚染を影響因子として設定する。

防護対象施設のうち、空気を取り込む機構を有する計装盤への絶縁低下による影響を受ける可能性があるため、絶縁低下を影響因子として設定する。

設定した各影響因子と降下火砕物の直接的影響を考慮する施設との組合せについて整理し、降下火砕物の影響を考慮する各施設の特性を踏まえて、降下火砕物による直接的な影響に対する必要な設計項目を選定した結果を第3-1表に示す。

また、屋外に設置している重大事故等対処設備については、火山事象が重大事故等の起因とならないこと、並びに重大事故等時に火山事象が発生していることは考えにくいいため、設備を使用していない保管時を考慮することとする。このため、閉塞、磨耗、大気汚染及び絶縁低下については、降下火砕物の影響を受けず、影響を受ける可能性がある荷重、腐食については、降下火砕物を除去することを保安規定に定めることにより、降下火砕物による影響を受けない設計とする。



変更前	変更後
<p>原子炉格納容器内の安全施設は、設計基準事故等時に想定される圧力、温度等の格納容器スプレイ水による影響を考慮して、その機能を発揮できる設計とする。</p> <p>安全施設における主たる流路及びその流路に影響を与える範囲の健全性は、主たる流路とその主たる流路に又は同等の規格で設計することにより、流路としての機能を維持する設計とする。</p> <p>(2) 海水を通水する系統への影響 海水を通水する系統への影響に対しては、常時海水を通水する、海に設置する又は海で使用する安全施設及び重大事故等対処設備は耐</p>	<p>時間を確保するために、固縛装置の数を可能な限り少なくする設計とする。固縛装置の設計は、風荷重による浮き上がり及び横滑りの荷重並びに保管場所を踏まえて固縛の要否を決定し、固縛が必要な場合は、発生する風荷重に耐える設計とする。</p> <p>なお、固縛が必要とされた重大事故等対処設備のうち車両型の設備については、耐震設計に影響を与えないよう、固縛装置に余長を持たせた設計とする。</p> <p>積雪及び火山の影響については、必要により除雪及び除灰等の措置を講じる。この運用について、保安規定に定める。</p> <p>屋外の重大事故等対処設備は、重大事故等時において、方が一、使用中に機能を喪失した場合であっても、可搬型重大事故等対処設備によるバックアップが可能となるように位置的分散を考慮して可搬型重大事故等対処設備を複数保管する設計とする。</p> <p>原子炉格納容器内の安全施設及び重大事故等対処設備は、設計基準事故等及び重大事故等時に想定される圧力、温度等の格納容器スプレイ水による影響を考慮して、その機能を発揮できる設計とする。</p> <p>安全施設及び重大事故等対処設備における主たる流路及びその流路に影響を与える範囲の健全性は、主たる流路とその主たる流路に影響を与える範囲を同一又は同等の規格で設計することにより、流路としての機能を維持する設計とする。</p> <p>(2) 海水を通水する系統への影響 海水を通水する系統への影響に対しては、常時海水を通水する、海に設置する又は海で使用する安全施設及び重大事故等対処設備は耐</p>

【高浜発電所原子炉施設保安規定 2021年6月4日改正】(抜粋)

a. 降下火砕物の侵入防止

当直課長は、外気取入口に設置している平型フィルタの差圧確認、外気取入ダンプの閉止、換気空調設備の停止または閉回路循環運転による建屋内への降下火砕物の侵入防止を実施する。

b. 降下火砕物および積雪の除去作業

(a) 各課(室)長は、降灰が確認された場合は、施設の機能に影響が及ばないよう、換気空調設備のフィルタの清掃や取替え、水循環系のストレーナ洗浄作業、開閉所設備の碍子洗浄作業を実施する。

(b) 各課(室)長は、降下火砕物の堆積が確認された場合は、降下火砕物より防護すべき屋外の施設、ならびに降下火砕物より防護すべき施設を内包する建屋について、長期的な堆積により施設に悪影響を及ぼさないよう降下火砕物を除去する。

また、上記以外の重大事故等対処設備に対する降下火砕物および積雪の除去作業については、降灰および降雪の状況を踏まえ、設備に悪影響を及ぼさないよう実施する。

c. 地滑り防護対策の堰堤の健全性確保

土木建築課長は、地滑りが確認された場合は、施設の機能に影響が及ばないよう、堰堤の堆積制限位以下になるよう土砂撤去作業を実施する。

d. 地滑り発生後の撤去作業が困難と判断された場合の対応

土木建築課長は、地滑り発生後の土砂撤去作業において、7日以内に堆積制限位以下にできないと判断した場合は当直課長に連絡するとともに、土砂撤去作業を継続する。連絡を受けた当直課長は、地滑りが確認された後、7日以内に原子炉を停止(モード5まで)する。

e. ディーゼル発電機の機能を維持するための対策

火山影響等発生時において、ディーゼル発電機の機能を維持するため、ディーゼル発電機への改良型フィルタの取付およびフィルタの取替・清掃を実施する。

(a) ディーゼル発電機への改良型フィルタ取付他

各課(室)長は、フィルタの取替・清掃が容易な改良型フィルタを取り付ける。また、1号炉および2号炉については、海水ポンプ除塵フィルタを取り外す。

ア. 手順着手の判断基準

気象庁が発表する降灰予報(「速報」または「詳細」)により高浜町への「多量」の降灰が予想された場合、気象庁が発表する噴火に関する火山観測報において、地理的領域(発電所敷地から半径160km)内の活火山に20km以上の噴煙が観測されたが噴火後10分以内に降灰予報が発表されない場合または降下火砕物による発電所への重大な影響が予想された場合

(b) ディーゼル発電機改良型フィルタのフィルタ取替・清掃

各課(室)長は、ディーゼル発電機が起動した場合において、フィルタの閉塞を防止するため、フィルタの取替・清掃を実施する。

## 1. 2 アクセスルートの確保、復旧作業および支援に係る事項

### (1) アクセスルートの確保

ア 安全・防災室長は、発電所内の道路および通路が確保できるよう、以下の実効性のある運用管理を実施することを社内標準に定める。

(ア) 屋外および屋内において、想定される重大事故等の対処に必要な可搬型重大事故等対処設備の保管場所から設置場所および接続場所まで運搬するため、または他の設備の被害状況を把握するための経路（以下、「アクセスルート」という。）は、自然現象、外部人為事象、溢水および火災を想定しても、運搬、移動に支障をきたすことのないよう、迂回路も考慮して複数のアクセスルートを確保する。

(イ) 屋外および屋内アクセスルートは、自然現象に対して地震、津波、洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地すべり、火山の影響、生物学的事象、高潮および森林火災を考慮し、外部人為事象に対して、近隣の産業施設の火災および爆発（飛来物含む。）、航空機墜落による火災、火災の二次的影響（ばい煙および有毒ガス）、輸送車両の発火、漂流船舶の衝突、飛来物（航空機落下）、ダムの崩壊、電磁的障害ならびに重大事故等時の高線量下を考慮し確保する。

a 発電所敷地で想定される自然現象のうち、洪水に対しては敷地付近に河川がないこと、高潮に対しては津波に包絡されることから影響を受けないため考慮しない。

また、外部人為事象のうち、近隣の産業施設の火災および爆発（飛来物含む。）に対しては該当する施設がないこと、ダムの崩壊に対しては近傍にダムがないため考慮しない。

b 電磁的障害に対しては道路および通路が直接影響を受けることはないことから、屋外および屋内アクセスルートへの影響はないため考慮しない。

c 生物学的事象に対しては容易に排除可能なことから影響を受けないため考慮しない。

d 万一、これらの影響を受けないとしている現象について、対応が必要となった場合においても、洪水、高潮およびダムの崩壊に対しては、津波と同様に対応が可能であり、近隣の産業施設の火災および爆発（飛来物含む。）に対しては、森林火災と同様に対応が可能である。

(ウ) 可搬型重大事故等対処設備の保管場所については、設計基準事故対処設備の配置も含めて常設重大事故等対処設備と位置的分散を図り保管し、屋外の可搬型重大事故等対処設備は複数箇所に分散して保管する。なお、同じ機能を有する重大事故等対処設備が他にない設備については、予備も含めて分散させる。

(エ) 障害物を除去可能なブルドーザおよび油圧ショベルを保管、使用し、それらを運転できる緊急安全対策要員を確保する。

(オ) 被ばくを考慮した放射線防護具の配備およびアクセスルート近傍の化学物質を貯蔵しているタンクからの漏えいを考慮した薬品保護具の配備ならびに停電時および夜間時に確実に運搬、移動ができるように、可搬型照明を配備する。

### イ 屋外アクセスルートの確保

安全・防災室長は、屋外のアクセスルートの確保にあたって、以下の運用管理を実施することを社内標準に定める。

(ア) 屋外の可搬型重大事故等対処設備の保管場所から使用場所まで運搬するアクセ

スルートの状況確認、海水等の取水ポイントの状況確認、ホース敷設ルートの状態確認を行い、あわせて燃料油貯油そう、空冷式非常用発電装置、その他の屋外設備の被害状況の把握を行う。

- (イ) 屋外アクセスルートに対する地震による影響、その他自然現象による影響を想定し、複数のアクセスルートの中から早期に復旧可能なアクセスルートを確保するため、障害物を除去可能なブルドーザ4台（1号および2号炉共用2台、3号および4号炉共用2台）（予備1台）および油圧ショベル2台（1号および2号炉共用1台、3号および4号炉共用1台）（予備1台）を保管、使用する。
- (ロ) 地震による屋外タンクからの溢水ならびに降水に対して、道路上の自然流下も考慮した上で、通行への影響を受けない箇所にアクセスルートを確保する。
- (ハ) 防潮堤の中に早期に復旧可能なアクセスルートを確保する。想定を上回る万一のガレキ発生に対してはブルドーザおよび油圧ショベルにより速やかに撤去することにより対処する。
- (ニ) 考慮すべき自然現象のうち凍結および森林火災、外部人為事象のうち航空機落下による火災、火災の二次的影響（ばい煙および有毒ガス）、飛来物（航空機落下）、輸送車両の発火および漂流船舶の衝突に対して、迂回路も考慮した複数のアクセスルートを確保する。
- (ホ) 周辺構造物、周辺機器の倒壊による障害物については、ブルドーザおよび油圧ショベルによる撤去あるいは転倒による閉塞がないルートを通行する。
- (ヘ) 基準地震動に対して耐震裕度の低い周辺斜面の崩壊に対しては、崩壊土砂が広範囲に到達することを想定した上で、ブルドーザおよび油圧ショベルによる崩壊箇所の復旧を行う。
- (ヘ) 耐震裕度の低い地盤にアクセスルートを設定する場合は、道路面のすべりによる崩壊土砂が広範囲に到達することを想定した上で、ブルドーザおよび油圧ショベルによる崩壊箇所の復旧を行い、通行性を確保する。
- (ケ) 不等沈下等による段差の発生が想定される箇所においては、段差緩和対策を講じる設計とするとともに、段差が発生した場合には、ブルドーザおよび油圧ショベルによる段差発生箇所の復旧を行う。さらに地下構造物の損壊が想定される箇所については、陥没対策を講じる。想定を上回る段差が発生した場合は、予備ルートの復旧および油圧ショベルによる段差解消対策により対処する。
- (コ) アクセスルート上の台風および竜巻による飛来物、降雪、降灰については、ブルドーザおよび油圧ショベルによる撤去を行う。想定を上回る降雪、降灰が発生した場合は、除雪、除灰の頻度を増加させることにより対処する。また、凍結、除雪を考慮し、車両については、オールシーズンタイヤを配備する。

#### ウ 屋内アクセスルートの確保

安全・防災室長は、屋内のアクセスルートの確保に当たって、以下の運用管理を実施することを社内標準に定める。

- (7) 屋内の可搬型重大事故等対処設備の保管場所へ運転員（当直員）、緊急時対策本部要員および緊急安全対策要員が移動するアクセスルートの状況確認を行い、あわせて恒設代替低圧注水ポンプ、その他の屋内設備の被害状況の把握を行う。
- (イ) 地震、津波、その他自然現象による影響および外部人為事象に対して、外部か

【高浜発電所 一般防災業務所達】 (抜粋)

別表 19 (4 / 5)

事象 (時系列)	実施箇所・内容	
	発電班	総務班 関係各班
火山灰の堆積が認められた場合	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本部の長は、関係各課 (室) へ対策の実施を指示する。</li> <li>・各課 (室) 長等は、建屋、屋外設備 (屋外 SA 設備、特重施設含む)、アークセサルト等の状況確認を行うとともに、長期的な堆積により施設に悪影響を及ぼさないよう資機材等を用いて 30 日を目安に速やかに降下火砕物を除去する。また、重大事故防止対策設備に対する降下火砕物除去作業については、降灰の状況を踏まえ、設備に悪影響を及ぼさないよう実施する。</li> <li>・各課 (室) 長等は、荷重の影響を低減するため降灰時に積雪があれば除雪も合わせて実施する。なお、アークセサルトについては、降灰の堆積状況に応じて適宜除灰を実施し、結果を対策本部へ報告する。</li> </ul>
降灰後における中長期の対応	<ul style="list-style-type: none"> <li>・発電室長 (※3) は、発電室業務所則に基づき、設備の日常巡視点検を行う。異常が確認されれば、各課 (室) 長等へ対応を依頼し、処置結果を対策本部へ報告する。</li> <li>・当直課長は、対策本部から降灰対策復旧の指示があれば事故時操作所則および特定重大事故等対処施設事故時操作所則に基づき復旧操作を指示する。</li> <li>・当直課長は、降灰対策復旧の結果を発電室長 (※3) へ報告する。</li> <li>・発電室長 (※3) は、復旧結果を対策本部へ報告する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・各課 (室) 長等は火山灰による腐食等の中長期影響を防止するため、保修業務所則、土木建築業務所則に基づき、屋外設備ならびに建屋の維持管理を行う。</li> </ul>
予報解除	<ul style="list-style-type: none"> <li>・安全・防災室課長 (SA / D B) (※1) は、設備他の被災状況を確認する。また、原子力事業本部の本部 (※2) へ被災状況を連絡する。</li> <li>・安全・防災室課長 (SA / D B) (※1) は、対策本部の閉鎖または警戒準備体制の解除を行うとともに、原子力事業本部総務 G r (※2) へ連絡する。</li> <li>・安全・防災室課長 (SA / D B) (※1) は、本部の閉鎖または警戒準備体制の解除を行うとともにメールにて情報発信する。</li> </ul>	-

【大飯発電所3，4号炉 新見への適合状況説明資料（DNPに対する防護）2021年3月18日提出】  
 (抜粋)

補足資料－9

### 9. アクセスルートの復旧への影響について

火山灰の降灰により外部電源喪失が考えられることから、火山影響評価として、降灰時におけるタンクローリーによる燃料輸送機能に影響が生じないことを確認するため、アクセスルートの復旧に要する概算時間について評価する。

ここでは保守的に降灰と積雪時におけるアクセスルートへの火山灰等の堆積状況を想定し、要員1名にてブルドーザーを操作するとし、ディーゼル発電機の燃料油輸送ルートの復旧時間が、燃料油の移送が必要となるディーゼル発電機の起動後3日（保安電源において評価）に対し、復旧時間が概算291分（5時間程度）であり、3日以内に十分な余裕を確保して実施できることを確認した。

#### 1. ブルドーザ仕様（50t）

- ・一回の押し出し可能量 23.3t
- ・ブレードの全幅 4.300m
- ・走行速度 前進：1速 60m/min  
後進：1速 78m/min

#### 2. 降灰及び降雪への対応について

(1) 降灰については、降灰予報の情報を受けた際に要員を確保する。降灰が確認された場合はアクセスルートの除灰を行うことにより対処が可能である。積雪については、通常時から、気象予報、積雪状況に応じて構内道路の除雪作業を行うこととしており、SA対策時においても車両等の積雪時の走行性能を勘案した上で、必要に応じて除雪作業を行うことにより対処が可能である。

#### (2) 降灰及び降雪除去速度の算出

##### 1) 降灰条件

- ・厚さ：0.25m
- ・単位堆積重量：1.5t/m<sup>3</sup>（湿潤状態）

##### 2) 降雪条件

- ・厚さ：1m（福井県建築基準法施行細則）
- ・単位堆積重量：0.3t/m<sup>3</sup>（福井県建築基準法施行細則）

### (3) 除去方法

- ・アクセスルート上に降り積もった火山灰及び雪を、ブルドーザで道路脇へ押し出し除去する。
- ・一回の押し出し可能量を23.3tとし、23.3tの火山灰及び雪を集積し、道路脇へ押し出す作業を1サイクルとして繰り返す。
- ・一回の集積で進める距離X  

$$= 23.3t \div ((\text{雪厚さ}1m \times 0.3t/m^3 + \text{火山灰厚さ}0.25m \times 1.5t/m^3) \times 4.300m)$$

$$= 8.02m \approx 8.0m$$
- ・1サイクル当りの作業時間は、1速の走行速度（60 m/min）で作業を実施すると仮定する。

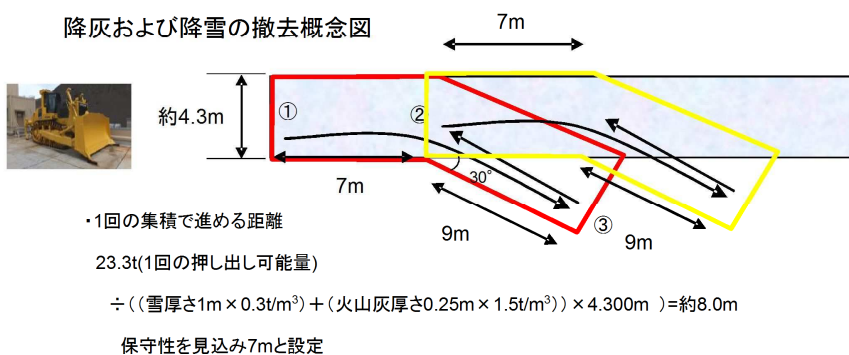
A：押し出し（①→②→③）： $(7m+9m) \div 60m/min = 0.267min \approx 0.27min$

B：ギア切り替え：0.1min

C：後進（③→②）： $9m \div 78m/min = 0.115 \approx 0.12min$

1サイクル当りの作業時間（A+B+C+B）= $0.27min+0.1min+0.12min+0.1min$   
 $= 0.59min$

降灰および降雪の撤去概念図



### (4) 降灰及び降雪除去速度

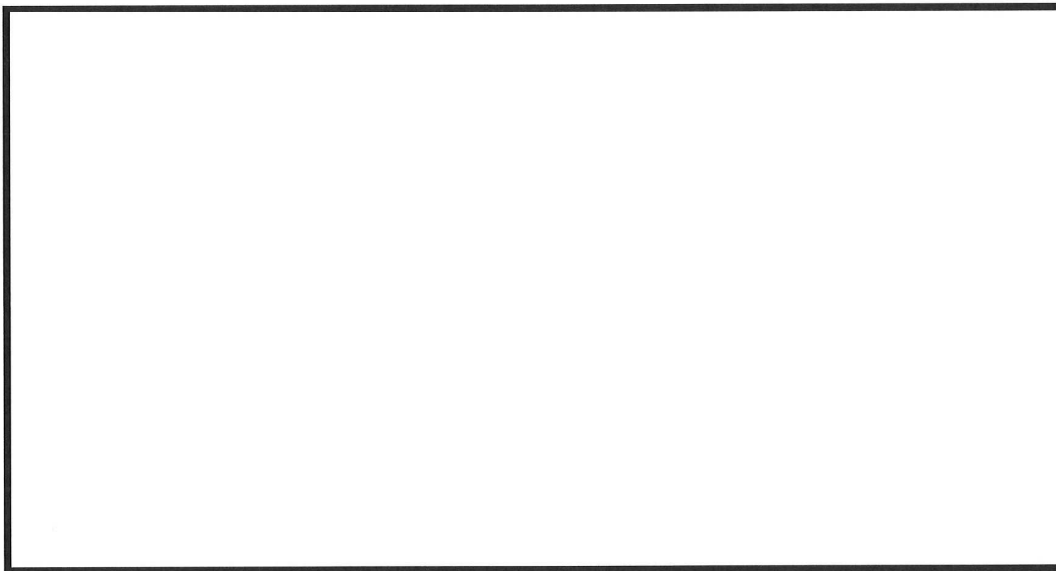
1サイクル当りの除去延長 ÷ 1サイクル当りの除去時間  
 $= 7m \div 0.59min = 0.711km/h \approx 0.7km/h$

### 3. 復旧時間について

下図のアクセスルートについて上記の速度を用いて復旧することを想定する。ブルドーザは配置場所よりスタートし、0.7km/hにて復旧を開始する。なお、一度復旧が終わったルートについては2km/hで移動可能とする。

想定時間については下表のとおりとなり、約5時間程度で復旧が可能である。

ルート番号	総距離(m)	0.7km/hにて復旧する距離(m)	2km/hにて復旧する距離(m)	時間(分)	合計時間(分)
①→②	665	665	0	57	57
②→③	379	297	82	28	85
③→④	695	553	142	51	136
④→⑤	684	404	280	44	180
⑤→⑥	449	366	83	34	214
⑥→①	1051	812	239	77	291



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

以上



【大飯 3 号機 関原発第 197 号 2021 年 7 月 1 日申請（基本設計方針）】（抜粋）

変更前	変更後
<p>なお、長期的な腐食の影響が生じないよう、降灰時には日常保守管理における点検並びに状況に応じた塗装の実施について保安規定に定める。</p> <p>(ホ) 発電所周辺の大気汚染 防護対象施設、防護対象施設に影響を及ぼす可能性のあるクラス 3 に属する施設及びその他の施設のうち、中央制御室換気空調系については、フィルタを設置することにより、降下火砕物が中央制御室に侵入しにくい設計とする。</p> <p>なお、外気を遮断し降下火砕物の侵入による中央制御室の大気汚染を防止するため、降灰時には閉回路循環運転の実施について保安規定に定める。</p> <p>(ヘ) 絶縁低下 防護対象施設、防護対象施設に影響を及ぼす可能性のあるクラス 3 に属する施設及びその他の施設のうち、空気を取り込む機構を有する計装盤については、設置場所の換気空調系にフィルタを設置することにより、降下火砕物が侵入しにくい設計とする。</p> <p>なお、外気を遮断し降下火砕物による計装盤の絶縁低下を防止するため、降灰時には外気取入ダンプの閉止及び閉回路循環運転の実施について保安規定に定める。</p>	<p>変更なし</p>
<p>ロ、間接的影響に対する設計方針 降下火砕物による間接的影響である 7 日間の外部電源喪失、発電</p>	

変更前	変更後
<p>所外での交通の途絶によるアクセス制限事象に対し、原子炉及び使用済燃料ピットの安全性を維持するために必要となる電源の供給が燃料油貯蔵タンク及び重油タンクからディーゼル発電機への燃料供給（タンクローリーによる重油タンクから燃料油貯蔵タンクへの燃料供給を含む。）により継続でき、非常用電源設備から受電できる設計とする。</p> <p>なお、タンクローリーによる重油タンクから燃料油貯蔵タンクへの燃料供給に用いるアクセスルートについて、降下火砕物の堆積状況に応じて除去することを保安規定に定める。</p> <p>c. 外部火災</p> <p>想定される外部火災において、火災源を発電所敷地内及び敷地外に設定し防護対象施設に係る温度や距離を算出し、それらによる影響評価を行い、最も厳しい火災が発生した場合においても安全機能を損なうことのない設計とする。</p> <p>防護対象施設は、防火帯（3・4号機共用、1号機に設置（以下同じ。））の設置、建屋による防護、離隔距離の確保による防護を行う設計とする。</p> <p>重大事故等対処設備は、「5. 1. 2 多様性、位置的分散等」のうち、建屋による防護、位置的分散を考慮した設計とする。</p> <p>外部火災の影響については、定期的に評価を実施する運用とする。</p> <p>(a) 防火帯幅の設定に対する設計方針</p>	<p>c. 外部火災</p> <p>変更なし</p>

【大飯発電所 3, 4 号炉 新知見への適合状況説明資料 (DNP に対する防護) 2021 年 3 月 18 日提出】  
(抜粋)

補足資料- 8

## 8. タンクローリーへの荷重による影響について

火山灰によるタンクローリーへの荷重影響について以下に示す。

タンクローリーについては、屋根部に堆積した火山灰と積雪を除去することも可能であるが、上部に火山灰と積雪が堆積した状態で、タンク室の支持されている最も面積が大きい防護枠に囲まれた範囲に対する荷重の影響を確認する。

ここではタンク室を平板と仮定し、等分布荷重が作用する 4 辺支持平板とする。また、モデル化範囲は中間部に間仕切板があるため、鏡板と間仕切板を支点と考え、図の色塗り範囲とする。

## (1) 荷重条件

- ・火山灰と積雪の想定堆積荷重 :  $6,750 \text{ (N/m}^2\text{)} = 6.75 \times 10^{-3} \text{ (N/mm}^2\text{)}$
  - ・平板の自重 :  $7.85 \times 10^{-6} \text{ (kg/mm}^3\text{)} \times 3.2 \text{ (mm)} = 2.46 \times 10^{-4} \text{ (N/mm}^2\text{)}$
  - ・評価荷重 :  $6.75 \times 10^{-3} \text{ (N/mm}^2\text{)} + 2.46 \times 10^{-4} \text{ (N/mm}^2\text{)} = 7.00 \times 10^{-3} \text{ (N/mm}^2\text{)}$
- (※) JIS G 3101 「一般構造用圧延鋼材」に基づく

## (2) 評価結果

等分布荷重の 4 辺支持条件の最大曲げ応力は以下の式となる。

$$\sigma_{\max} = \beta_1 \frac{pa^2}{h^2} \quad (\text{機械工学便覧より})$$

$\beta_1$  : 長方形板の最大応力の係数 (機械工学便覧より = 0.61)

p : 等分布荷重 (=  $7.00 \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2$ )

a : 短辺の長さ (防護枠の幅 = 835mm)

h : 板厚 (= 3.2mm)

評価部位における算出応力と許容応力を下表に示す。

表 代表部位に対する評価結果

評価部位	材料	応力の種類	算出応力 (MPa)	許容応力 <sup>※</sup> (MPa)	裕度	結果
タンク室	SS400	曲げ応力	291	360	1.23	○

(※) JEAG4601-1984 補に規定されるクラス 2, 3 容器の許容応力状態 III<sub>A</sub>S の一次膜応力 + 一次曲げ応力の許容応力に基づく

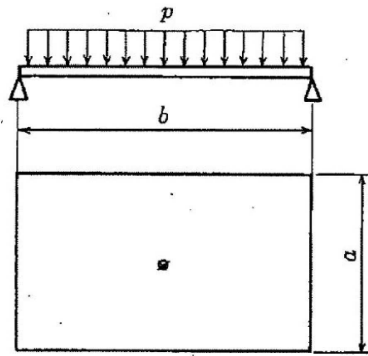


図 4 辺支持平板の評価モデル

 : 評価範囲

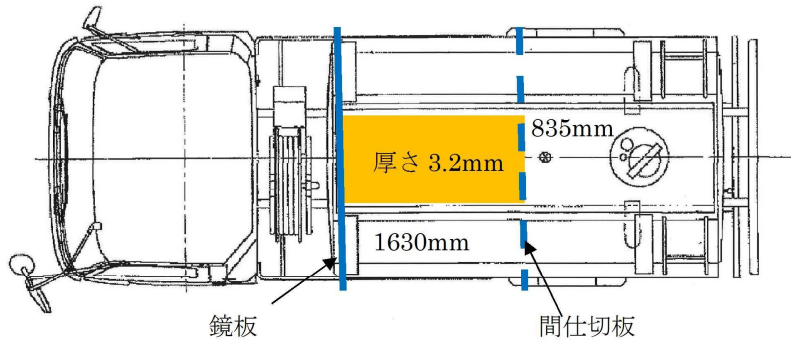


図 評価対象範囲

以 上

## 【大飯発電所原子炉施設保安規定 2021 年 9 月 16 日改正】(抜粋)

(資機材等の整備)

第 18 条の 4 各課(室)長は、次の各号の資機材等を整備する。

- (1) 所長室長および電気保修課長は、設計基準事故が発生した場合に用いる標識を設置した安全避難通路ならびに避難用および事故対策用照明を整備するとともに、作業用照明設置箇所以外で現場作業が必要になった場合等に使用する可搬型照明を配備する。
- (2) 所長室長、発電室長、電気保修課長および放射線管理課長は、設計基準事故が発生した場合に用いる警報装置および通信連絡設備を整備し、警報装置および通信連絡設備の操作に関する手順ならびに専用通信回線およびデータ伝送設備の異常時の対応に関する手順を定める。
- (3) 機械保修課長は、設計基準事故が発生した場合に用いるディーゼル発電機を 7 日間連続運転させるために、位置的分散を考慮して、タンクローリー 4 台以上を配備する。また、安全・防災室長および発電室長は、タンクローリーによる燃料の輸送に関する以下の手順を定める。
  - (a) タンクローリーの燃料輸送に関する手順
  - (b) タンクローリーの輸送ルート確保に関する手順
  - (c) 竜巻の襲来が予想される場合にタンクローリー 4 台を鯨谷トンネルに退避するための手順
  - (d) タンクローリーの退避ルートの確保に関する手順

### 2.3 評価対象施設の抽出

「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五号）」第 6 条において、「安全施設は、想定される自然現象が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。」とされている。

また、「発電用軽水炉型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」（平成 2 年 8 月 30 日原子力安全委員会決定）において安全機能を有する構築物、系統及び機器に対する設計上の考慮として、「クラス 1 では、合理的に達成し得る最高度の信頼性を確保し、かつ、維持すること。クラス 2 では、高度の信頼性を確保し、かつ、維持すること。クラス 3 では、一般産業施設と同等以上の安全性を確保し、かつ、維持すること。」が定められている。

以上のことから、図 1.2 の抽出フローより、一般産業施設を超える機能維持を要求しているクラス 1 及びクラス 2 に属する構築物、系統及び機器のうち火山灰の影響により、安全機能を損なうおそれがある施設を抽出する。

また、クラス 1 及びクラス 2 に属する構築物、系統及び機器を内包している建物についても評価対象施設として抽出するとともに、安全重要度の低い構築物、系統及び機器であっても、火山灰の影響を受けやすく、当該施設の停止等により、上位の安全重要度の施設の運転に影響を及ぼす可能性がある場合は評価対象施設として抽出する。

なお、その他のクラス 3 に属する施設については、火山灰による影響を受ける場合を考慮して、代替設備により必要な機能を確保できること、又は安全上支障が生じない期間に除灰あるいは修復等による対応も可能である。

評価対象施設の抽出結果を表 1.2 に示すとともに、評価対象施設の設置場所を図 1.3 に示す。

なお、上記の内容については、既提出資料から変更がないため、既提出資料のうち「1.3 評価対象施設の抽出」に同じ。

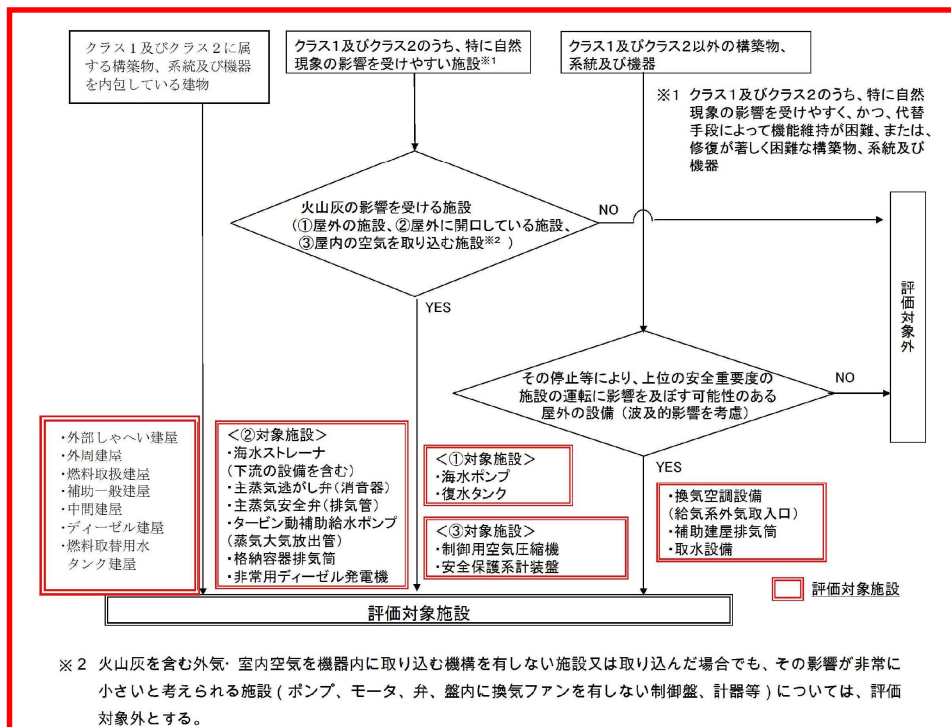


図 1.2 評価対象施設の選定フロー

【高浜発電所 降下火砕物に対して評価すべき施設の抽出 平成 30 年 12 月 7 日提出】(抜粋)

別紙 6

## 消火水バックアップタンクの降下火砕物荷重の影響評価について

## 1. 概 要

本資料は、消火水バックアップタンクが降下火砕物等堆積時においても、主要な構造部材が構造健全性を有することを確認する。

## 2. 構造概要

高浜 3, 4 号機の消火水バックアップタンクは横置き円筒タンクであり、上面が曲面となっていることから、タンク上面に降下火砕物が堆積しにくい構造であるため、影響は軽微と考えられる。

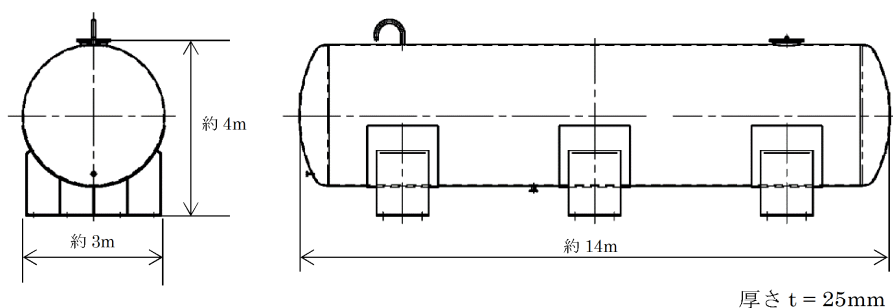


図 1 消火水バックアップタンクの構造

## 3. 強度評価

本資料では、保守的な想定としてタンク上面に、積雪 100cm、火山灰 10cm を堆積させた条件で、消火水バックアップタンクの胴板ならびに支持脚の評価を行う。

消火水バックアップタンクは、「工事計画認可申請書 資料 13 別添 1 火災防護設備の耐震性に関する説明書」にて耐震評価を実施している。具体的には、基準地震動  $S_s$  設計用加速度 (水平  $8.59\text{m/s}^2$  (=約 0.88G)、鉛直  $5.88\text{m/s}^2$  (=約 0.60G)) に対して、胴板の裕度は 2.4 以上、支持脚の裕度は 10.3 以上であることを確認している。

タンク上面への堆積を想定した火山灰及び積雪の質量は 20,190kg であり、消火水バックアップタンクの質量 147,000kg の約 14% に相当する。

つまり、タンク上面に積雪および火山灰を堆積させた状態は、胴板および支持脚に対して、タンク単体の自重による荷重に鉛直加速度 0.14G を加えた状態と等価である。

一方で、耐震評価では、タンク単体の自重に鉛直加速度 0.60G を加えた状態で応力評価を行っており、その結果、十分な裕度を有していることを確認している。

以上のことから、耐震評価は、火山灰及び積雪を堆積させた強度評価を包含しているものと考えられる。

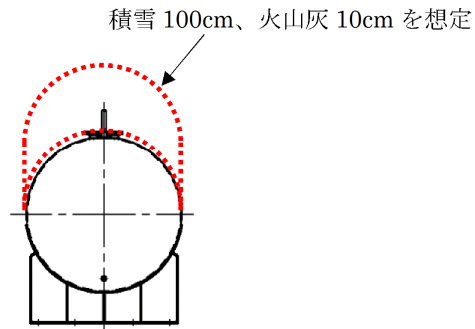
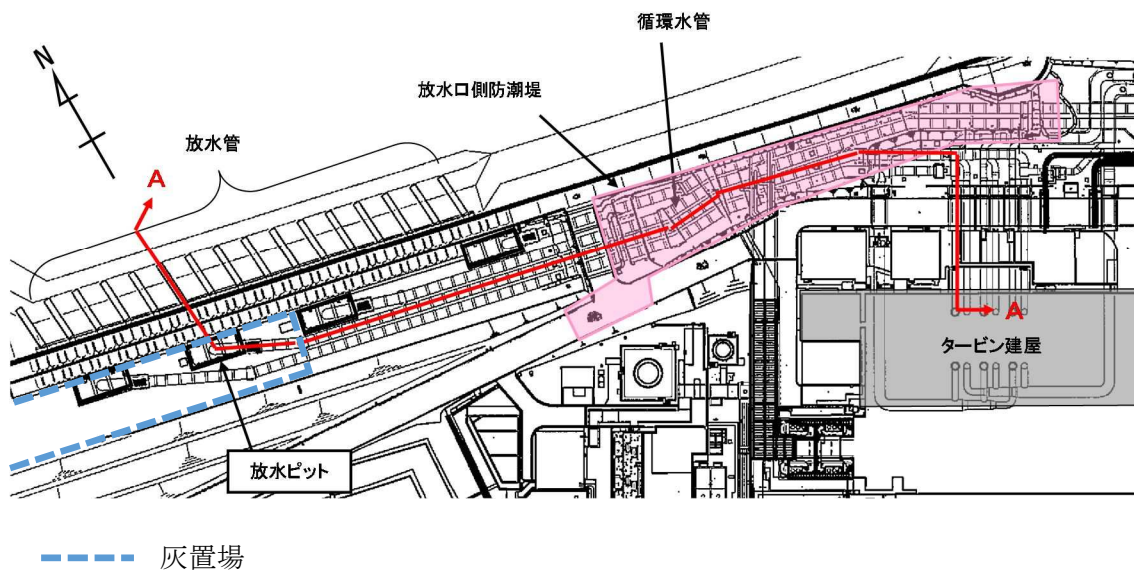


図2 強度評価における積雪・火山灰の想定

表1 消火水バックアップタンクの耐震評価結果

評価部位	材料	応力	基準地震動 $S_s$ による応力		裕度
			評価応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	
胴板	SS400	一次一般膜	17	240	14.11
		一次	60	360	6.00
		一次+二次	97	235	2.42
支持脚	SS400	組合せ	27	279	10.33
		座屈	0.06	1	16.66





## 評価部位の網羅性について

### 1. 概要

本資料は、防護対象施設及び防護すべき施設を内包する建屋の評価部位の網羅性について詳細に説明を行うものである。

### 2. 評価部位及び構造強度評価対象部位について

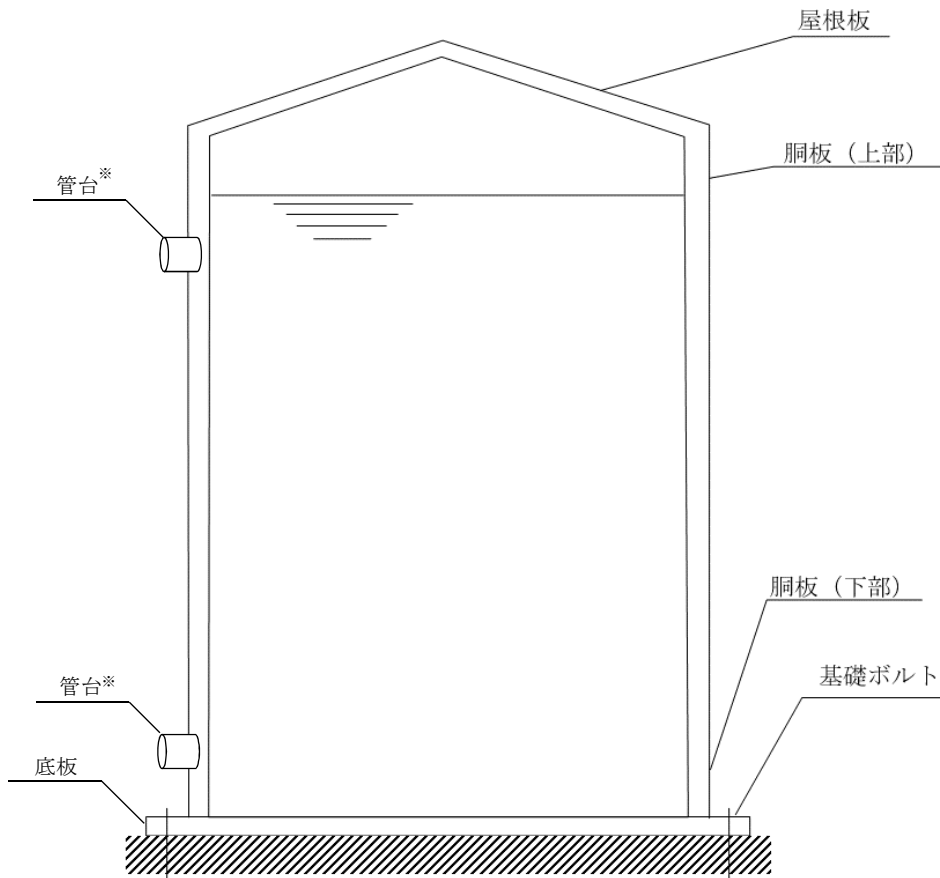
降下火砕物等堆積時における構造強度設計では、施設毎に評価部位を網羅的に抽出している。

下表に設備毎の評価部位を網羅的に抽出した結果及び評価対象部位の選定の考え方について整理し、下図に概略図を示す。なお、評価対象部位は、既工認から変更はない。

防護すべき施設を内包する建屋の評価部位の網羅性及び代表性については、別紙に示す。

表1. 屋外タンク

評価部位	評価対象部位の選定の考え方
屋根板	構造強度評価を実施。
胴板	構造強度評価を実施。
基礎ボルト	構造強度評価を実施。
管台	火山灰及び雪が堆積しにくい円筒形状であることから、堆積物により有意な影響を受けないため評価対象外。
底板	底板は基礎ボルトと比べて荷重を負担する面積が大きいことから基礎ボルトの評価に包絡される。



※ 補助給水、補給水、スピルオーバー等の管台

図1 屋外タンクの概略図

表 2. 海水ポンプ

評価部位 <sup>※3</sup>	評価対象部位の選定の考え方
電動機フレーム <sup>※1</sup>	構造強度評価を実施。
外扇カバー	海水ポンプは耐震設計上重要な機器であることから、十分な構造強度を有した機器であり、降下火砕物に対しても十分な構造強度を有している。代表部位としては作用荷重 <sup>※2</sup> に比べて小さな受圧面積を持つ電動機フレームを評価対象部位としている。
電動機支え台	
吐出しエルボ	

※ 1 美浜 3 号機及び高浜 1, 2 号機の場合、代表部位は下部ブラケットになるが、基本的な考え方は高浜 3, 4 号機及び大飯 3, 4 号機の電動機フレームと同じである。

※ 2 電動機フレームには降下火砕物、積雪、風、自重に加えてポンプスラスト荷重が作用する。

※ 3 海水ポンプが設置される海水ポンプ室は、降下火砕物に対する防護対象施設であるクラス 1、クラス 2 に該当しない。なお、海水ポンプ室は地震荷重に対する健全性を確認していることから、降下火砕物堆積時の構造健全性は確保できると考えられる。

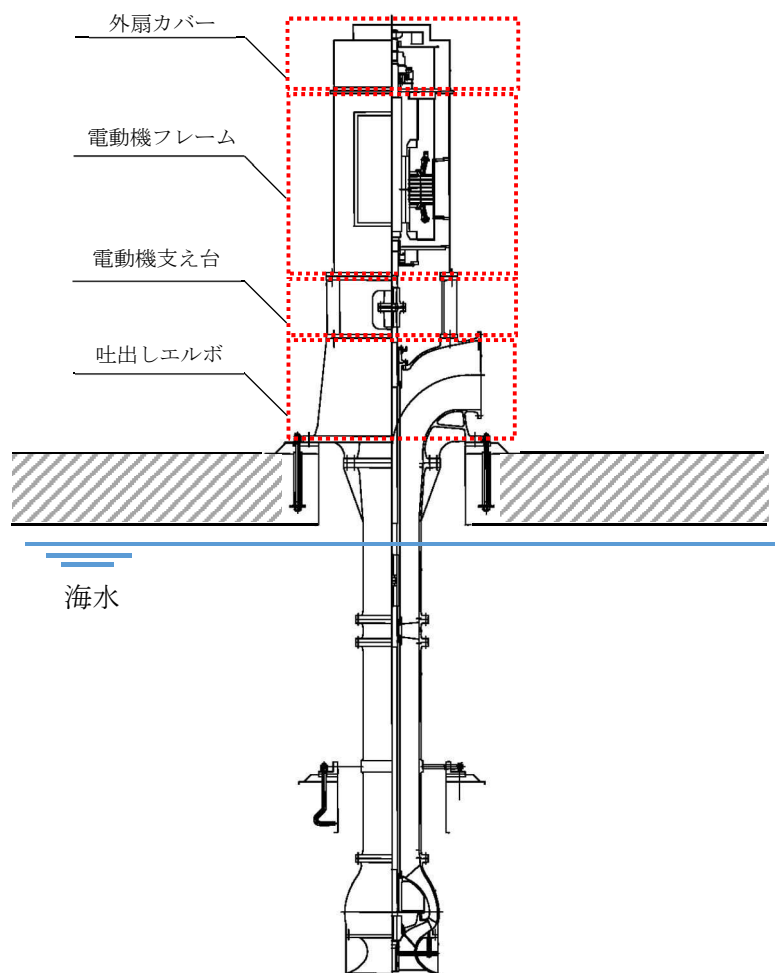


図 2 海水ポンプの概略図

(参考) 頂版に作用する降下火砕物による荷重について

海水ポンプ室は基準地震動  $S_s$  に対して耐震安全性を有することを確認している。降下火砕物による荷重は、常時における荷重として考慮する必要がある。

ここでは、海水ポンプ室頂版に作用する降下火砕物による荷重の影響を確認するため、「降下火砕物を考慮した際の常時の鉛直荷重」と「地震時の鉛直荷重」との比較を行う。比較する際の地震動は、耐震評価において海水ポンプ室頂版の照査値が最大となる地震動を対象とする。

表-1に「降下火砕物を考慮した際の常時の鉛直荷重」と「地震時の鉛直荷重」との比較を示す。

表-1 「降下火砕物を考慮した際の常時荷重」と「地震時の鉛直荷重」の比較

サイト	地震動	地震時の鉛直荷重 (頂版自重+地震時の雪荷重 +地震時慣性力)	常時の鉛直荷重 (頂版自重+降下火砕物重量 +常時の雪荷重)
美浜3号機	Ss-11	24,694 (N/m <sup>2</sup> )	20,400 (N/m <sup>2</sup> )
大飯3, 4号機	Ss-1	55,566 (N/m <sup>2</sup> )	43,500 (N/m <sup>2</sup> )
高浜1, 2号機	Ss-1	18,944 (N/m <sup>2</sup> )	18,800 (N/m <sup>2</sup> )
高浜3, 4号機	Ss-7	44,649 (N/m <sup>2</sup> )	42,300 (N/m <sup>2</sup> )

※高浜1, 2号機は耐震評価の照査値が大きい高浜2号機を代表に示す。

表-1から、「降下火砕物を考慮した際の常時の鉛直荷重」は「地震時の鉛直荷重」よりも小さいことを確認した。表-1及び海水ポンプ室は基準地震動  $S_s$  に対して耐震安全性を有することから、降下火砕物は海水ポンプ室の健全性に影響を与えないことを確認した。

## 別紙 防護すべき施設を内包する建屋の評価対象部位の網羅性及び代表性について

### 1. 概要

本資料は、降下火砕物に対して防護すべき施設を内包する建屋の評価対象部位の網羅性及び代表性について説明する。

なお、本資料は以下の資料の補足説明をするものである。また、特重施設の建屋についても同様である。

関原発第 192 号（美浜 3 号機）

- ・ 資料 4 別添 1-4 建屋の強度計算書

関原発第 193 号（高浜 1 号機）

- ・ 資料 14 別添 2-4 建屋の強度計算書

関原発第 194 号（高浜 2 号機）

- ・ 資料 14-別添 2-4 建屋の強度計算書

関原発第 195 号（高浜 3 号機）

- ・ 資料 4 別添 1-4 建屋の強度計算書

関原発第 196 号（高浜 4 号機）

- ・ 資料 4 別添 1-4 建屋の強度計算書

関原発第 197 号（大飯 3 号機）

- ・ 資料 4 別添 1-3 建屋の強度計算書

関原発第 198 号（大飯 4 号機）

- ・ 資料 4 別添 1-3 建屋の強度計算書

## 2. 評価対象部位の抽出

### 2.1 降下火砕物堆積による影響がある部位及び評価対象部位の抽出の考え方

降下火砕物堆積時には、防護すべき施設を内包する建屋が、防護すべき施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持する必要がある。降下火砕物は屋根に堆積することから、防護すべき施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持するためには、屋根が崩壊しないことが求められる。屋根を構成する部位は以下のとおりである。

- a. 屋根スラブ（ドーム部を含む。）
- b. 二次部材の梁

また、屋根に作用する鉛直荷重は、屋根を支持する架構や基礎を介して地盤まで伝えられる。屋根から力が伝達される部位は以下のとおりである。

- c. 基礎
- d. 耐震壁
- e. 柱
- f. トラス・一次部材の梁※

※ トラス及び一次部材の梁については、柱及び耐震壁と共に主架構を形成していることから、屋根でなく屋根から力が伝達される部位に分類した。

屋根は鉛直荷重のみを受ける部位であり、鉛直荷重に対する設計を行っている。また、屋根から力が伝達される部位は耐震要素であり、屋根を支えると同時に、地震時においても建屋の健全性を担保する必要があることから、屋根部も含めた重量などの鉛直荷重も組み合わせた上で、地震荷重に対する検討も行っている部位であり、鉛直荷重単独に対しては余裕がある。

したがって、降下火砕物に対して防護すべき施設を内包する建屋では、屋根を構成する部位を評価対象とし、屋根から力が伝達される部位は評価対象としない。

なお、接合部は母材より接合部の破断が先行しないよう設計される部位であることから、降下火砕物堆積時の母材の健全性を確認することで、接合部の健全性も確認できる。

- g. 接合部

次節以降では、降下火砕物堆積による鉛直荷重の影響を受ける部位について、部材毎の構造的特徴を踏まえて、評価対象部位の代表性を説明する。

## 2.2 評価対象部位の代表性

2.1 節で抽出した a. ～g. の各部位のうち、屋根スラブ及び二次部材の梁を降下火砕物堆積時において鉛直荷重に抵抗する評価対象部位として代表する理由を以下に示す。

### a. 屋根スラブ

屋根スラブは屋根を構成する部位であり、降下火砕物堆積による鉛直荷重を直接負担する部位であるため、降下火砕物堆積時の評価を実施する。

### b. 二次部材の梁

二次部材の梁は、屋根を構成する部位であり、降下火砕物堆積による鉛直荷重を直接負担する屋根スラブと同様に二次部材であるため、降下火砕物堆積時の評価を実施する。

### c. 基礎

基礎は、建屋全重量を負担しており、降下火砕物堆積による荷重の増加は建屋全重量に対して軽微であるとともに、地震時の上部建屋からの荷重を地盤に伝達するために平面的に広く、大きい断面を有する鉄筋コンクリートで構成されることから、圧縮力に対して大きな余裕がある部位である。したがって、降下火砕物堆積時の構造健全性は確保できる。参考に、降下火砕物等堆積時の検討結果を参考資料 1 に示す。

なお、接地圧に対する地盤の支持力の確認についても同様である。

### d. 耐震壁

耐震壁は主にせん断力に対して設計されている部位であり、層として負担する地震時のせん断力の影響により軸断面が十分に大きい鉄筋コンクリートで構成されることから、圧縮力単独に対しては大きな余裕がある部位である。したがって、降下火砕物堆積時の構造健全性は確保できる。参考に、降下火砕物等堆積時の検討結果を参考資料 1 に示す。

### e. 柱

柱は主に曲げモーメント及び軸力に対して設計されている部位であり、地震時の曲げモーメントの影響により軸断面が十分に大きくなることから、圧縮力単独に対しては大きな余裕がある部位である。したがって、降下火砕物堆積時の構造健全性は確保できる。参考に、降下火砕物等堆積時の検討結果を参考資料 2 に示す。



f. トラス・一次部材の梁

トラス及び一次部材の梁は、柱・耐震壁等と共に主架構を形成する部材である。

主架構は耐震評価を実施しており、屋根を支えるとともに、地震時においても建屋の健全性を維持する必要があることから、屋根部も含めた重量などの鉛直荷重も組み合わせた上で、地震荷重に対する検討も行っている。したがって、鉛直荷重単独に対しては余裕があることから、降下火砕物堆積時の構造健全性は確保できる。

なお、トラス及び一次部材の梁の中でも、降下火砕物堆積時に鉛直荷重によって影響が大きい可能性がある大スパンのトラス及び一次部材の梁について、参考に降下火砕物等堆積時及び地震時の鉛直荷重の比較を参考資料 3 に示す。また、参考に降下火砕物堆積時の検討結果を参考資料 3 に合わせて示す。

g. 接合部

接合部は鉄骨架構の脆性的な破壊を防ぐため、母材より接合部の破断が先行しないよう設計される部位であり、降下火砕物堆積時の母材の構造健全性を確認していることから、接合部の構造健全性も確保できる。参考に、降下火砕物等堆積時の検討結果を参考資料 4 に示す。

3. まとめ

本設工認において、降下火砕物に対して、防護すべき施設を内包する建屋の評価対象部位は、屋根スラブ及び二次部材の梁とする。

## 参考資料 1 降下火砕物堆積時の基礎及び耐震壁の検討

評価対象部位として選定しない部位のうち基礎及び耐震壁について、降下火砕物堆積時の検討結果を参考に示す。

基礎においては基礎直上の耐震壁と接続する箇所において伝達される圧縮応力が大きくなること及び耐震壁においては上部建屋の全重量を基礎直上の部材で負担することから、基礎及び耐震壁を合わせて、基礎直上の耐震壁について検討する。

基礎直上の耐震壁の検討は、参 1-1 式により算定される圧縮応力度が、「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))」に基づく短期許容圧縮応力度を超えないことを確認する。ここで、基礎直上の耐震壁が負担する重量及び軸断面積は地震応答解析モデルの諸元に基づき設定する。基礎直上の耐震壁が負担する重量には、部材上部の質点重量に加え、積雪荷重<sup>※1</sup>及び降下火砕物堆積による鉛直荷重の増分を考慮する。

基礎直上の耐震壁の軸断面積に対する堆積面積の比が大きい高浜 2 号機原子炉補助建屋（中間建屋・ディーゼル建屋）について、検討結果を参 1-1 表に示す。

$$\sigma_{wc} = W_w / A_w \quad (\text{参 1-1 式})$$

ここで、

$\sigma_{wc}$  : 圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$W_w$  : 基礎直上の耐震壁が負担する重量<sup>※1</sup> (N)

※1: 積雪荷重は、質点重量が地震時の積雪荷重 (1,050N/m<sup>2</sup>) を考慮して設定していることから、降下火砕物堆積時の積雪荷重 (3,000N/m<sup>2</sup>) を考慮するため、差分 (1,950N/m<sup>2</sup>) を加える。

$A_w$  : 基礎直上の耐震壁の軸断面積 (mm<sup>2</sup>)

参 1-1 表 基礎、耐震壁の検討結果

部位	プラント	建屋	①発生値	②許容値	①/②
基礎 耐震壁	高浜 2 号機	原子炉補助建屋 (I/B・DG/B) <sup>※2</sup>	圧縮応力度 0.982N/mm <sup>2</sup>	短期許容圧縮応力度 11.8N/mm <sup>2</sup>	0.0832

※2: 中間建屋及びディーゼル建屋の基礎直上の耐震壁は、構造的に一体であり、一つの部材でモデル化している。

参考資料 2 降下火砕物堆積時の柱の検討

評価対象部位として選定しない部位のうち柱について、降下火砕物堆積時の検討結果を参考に示す。

柱の検討は、参 2-1 式により算定される圧縮応力度が、「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（社）日本建築学会（2005）」に基づく短期圧縮許容応力度を超えないことを確認する。ここで、柱が負担する重量は、強度計算書に示している常時作用する荷重 $F_d$ 、積雪荷重 $F_s$ 及び降下火砕物堆積 $F_p$ による鉛直荷重に柱が負担する一次部材の梁の自重を加えて算定する。

柱の断面積に対する負担面積の比が大きい高浜 1 号機制御建屋について、検討結果を参 2-1 表に示す。

$$\sigma_{sc} = W_s/A_s \quad (\text{参 2-1 式})$$

ここで、

$\sigma_{sc}$  : 圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$W_s$  : 柱が負担する重量 (N)

$A_s$  : 柱の断面積 (mm<sup>2</sup>)

参 2-1 表 柱の検討結果

部位	プラント	建屋	①発生値	②許容値	①/②
柱	高浜 1 号機	制御建屋	圧縮応力度 122N/mm <sup>2</sup>	短期許容圧縮応力度 196N/mm <sup>2</sup>	0.622

### 参考資料 3 降下火砕物堆積時のトラス及び一次部材の梁の検討

評価対象部位として選定しない部位のうちトラス及び一次部材の梁について、降下火砕物堆積時の検討結果を参考に示す。

トラス及び一次部材の梁の検討は、主架構を構成する部位のうち、鉛直荷重の影響が大きく、耐震評価で断面の評価を実施している大スパンのトラス及び一次部材の梁について、地震時に作用する鉛直荷重が降下火砕物等堆積時に作用する鉛直荷重を上回ることを確認する。

大スパンのトラス及び一次部材の梁に作用する降下火砕物等堆積時及び地震時の鉛直荷重を参 3-1 表に示す。

また、参 3-1 表で降下火砕物等堆積時及び地震時の鉛直荷重の差が小さい高浜 1 号機燃料取扱建屋のトラスについて、参考に鉛直荷重単独に対する検討を行う。トラスの検討は、参 3-1 式により算出される圧縮応力度が、「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—((社)日本建築学会(2005))」に基づく短期許容圧縮応力度を超えないことを確認する。

降下火砕物等堆積時及び地震時の鉛直荷重の差が小さい高浜 1 号機燃料取扱建屋のトラスについて、検討結果を参 3-2 表に示す。

$$\sigma_n = \sigma_{n0} \cdot W_v / W_0 \quad (\text{参 3-1 式})$$

ここで、

$\sigma_n$  : 圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_{n0}$  : 設計時長期荷重により生じる圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$W_v$  : 降下火砕物堆積時における鉛直荷重 (N/m<sup>2</sup>)

$W_0$  : 設計時長期荷重 (N/m<sup>2</sup>)

参 3-1 表 大スパンのトラス及び一次部材の梁に作用する  
降下火砕物等堆積時及び地震時の鉛直荷重

プラント 建屋	部位		常時作用 する荷重 (N/m <sup>2</sup> )	積雪荷重 (N/m <sup>2</sup> )	降下火砕物堆 積による荷重 (N/m <sup>2</sup> )	鉛直加速度 (m/s <sup>2</sup> )	鉛直荷重 の和 <sup>※7</sup> (N/m <sup>2</sup> )
美浜 3 号機 燃料取扱建屋 <sup>※1</sup>	トラス	降下火砕物 等堆積時	5,880	3,000	3,300	—	12,200
		地震時		1,050	—	19.8	20,900
高浜 1 号機 燃料取扱建屋 <sup>※2</sup>	トラス	降下火砕物 等堆積時	6,300	3,000	4,050	—	13,400
		地震時		1,050	—	15.8	19,100
高浜 2 号機 燃料取扱建屋 <sup>※3</sup>	トラス	降下火砕物 等堆積時	6,700	3,000	4,050	—	13,800
		地震時		1,050	—	29.2	30,800
高浜 3, 4 号機 原子炉補助建屋 <sup>※4</sup>	トラス	降下火砕物 等堆積時	33,200	3,000	4,050	—	40,300
		地震時		1,050	—	9.39	67,100
高浜 3, 4 号機 燃料取扱建屋 <sup>※5</sup>	一次部材 の梁	降下火砕物 等堆積時	7,360	3,000	4,050	—	14,500
		地震時		1,050	—	28.5	32,800
大飯 3, 4 号機 原子炉周辺建屋 <sup>※6</sup>	一次部材 の梁	降下火砕物 等堆積時	8,510	3,000	3,750	—	15,300
		地震時		1,050	—	29.4	38,200

※1：降下火砕物堆積時の鉛直荷重は  $F_d + S_1 + F_V$ 、地震時の鉛直荷重は  $(F_d + S_k) \times (a + g) / g$  として算出。ここで、 $F_d$ ：常時作用する荷重  $F_V$ ：降下火砕物堆積による鉛直荷重

$S_1$ ：積雪荷重（降下火砕物堆積時）

$a$ ：地震による鉛直加速度

$S_k$ ：積雪荷重（地震時）

$g$ ：重力加速度

※2：平成 28 年 10 月 26 日付け原規規発第 1610261 号で認可された美浜 3 号機工事計画の資料 13-16-4「原子炉補助建屋の地震応答解析」を参照。

※3：平成 28 年 6 月 10 日付け原規規発第 1606104 号で認可された高浜 1 号機工事計画の資料 13-16-4「原子炉補助建屋の地震応答解析」を参照。

※4：平成 28 年 6 月 10 日付け原規規発第 1606105 号で認可された高浜 2 号機工事計画の資料 13-16-4「原子炉補助建屋の地震応答解析」を参照。

※5：平成 27 年 8 月 4 日付け原規規発第 1508041 号高浜 3 号機工事計画の資料 13-16-6「補助一般建屋の地震応答解析」及び資料 13-17-6-8「中央制御室遮蔽の耐震計算書」を参照。

※6：平成 27 年 8 月 4 日付け原規規発第 1508041 号高浜 3 号機工事計画の資料 13-17-7-2「原子炉格納施設の地震応答解析」を参照。

※7：平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708254 号で認可された大飯 3 号機工事計画の資料 13-17-7-2「原子炉格納施設の地震応答解析」を参照。

参 3-2 表 トラスの検討結果

部位	プラント	建屋	①発生値	②許容値	①/②
トラス	高浜 1 号機	燃料取扱建屋	圧縮応力度 180N/mm <sup>2</sup>	短期許容圧縮応力度 226N/mm <sup>2</sup>	0.796

参考資料 4 降下火砕物堆積時の接合部の検討

評価対象部位として選定しない部位のうち接合部について、降下火砕物堆積時の検討結果を参考に示す。

接合部の検討は、強度計算書において評価対象部材の梁に生じるせん断力が、「2015年版 建築物の構造関係技術規準解説書(国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所)」及び「鋼構造接合部設計指針((社)日本建築学会(2012))」に基づく接合部の短期許容せん断力を超えないことを確認する。ここで、接合部の短期許容せん断力は、接合部を構成する部材(高力ボルト及びプレート)において、参 4-1 式及び参 4-2 式により算定される短期許容せん断力のうち小さい値とする。

評価対象部位の梁のうち、検定比が大きい高浜 1 号機制御建屋(母材検定比:0.881)の接合部について検討結果を参 4-1 表に示す。

$$Q_B = 0.45 \times T_0 \times A_B \times n \quad (\text{参 4-1 式})$$

$$Q_P = A_P \times f_s \quad (\text{参 4-2 式})$$

ここで、

$Q_B$  : 高力ボルトの短期許容せん断力(N)

$T_0$  : 高力ボルトの基準張力(N/mm<sup>2</sup>)

$A_B$  : 高力ボルトの軸断面積(mm<sup>2</sup>)

$n$  : せん断面数

$Q_P$  : プレートの短期許容せん断力(N)

$A_P$  : プレートの正味断面積(mm<sup>2</sup>)

$f_s$  : プレートの短期許容せん断応力度(N/mm<sup>2</sup>)

参 4-1 表 接合部の検討結果

部位	プラント	建屋	①発生値	②許容値	①/②
接合部	高浜 1 号機	制御建屋	せん断力 112kN	短期許容せん断力 314kN	0.357