

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11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 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 8 構造強度の設計における保守性の担保について

補足 9 評価部位の網羅性について

補足 10 最新の気象データについて

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^{*1}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 ² /m)	配筋量 (mm ² /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 100kg の除灰要員が 1m^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 32m/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） (N/m^2)	【参考】荷重（雪+火山灰） (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 500m^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 95m^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（ 500m^2 ）の除灰を6人で行うが、燃料取替用水タンクの屋根（ 95m^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 ² /m)	配筋量 (mm ² /m)	裕度 (-)
高浜 1 号機 ディーゼル建屋 (屋根スラブ)	613	619	1.01 [*]

※: 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)

α : 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³⁵⁾、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 A6.2.2³⁶⁾ 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 、 ν 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。

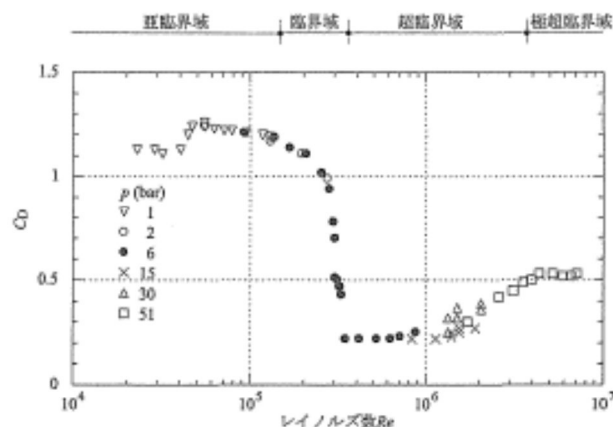


図 A6.2.2 表面が極めて滑らかな二次元円柱の一樣流での抗力係数 C_D とレイノルズ数 Re の関係³⁶⁾

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³⁷⁾。

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³⁸⁾。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 φ 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³⁹⁾(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 φ 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 φ 、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 φ 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 φ は等しいと考え、充実率 φ 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。）

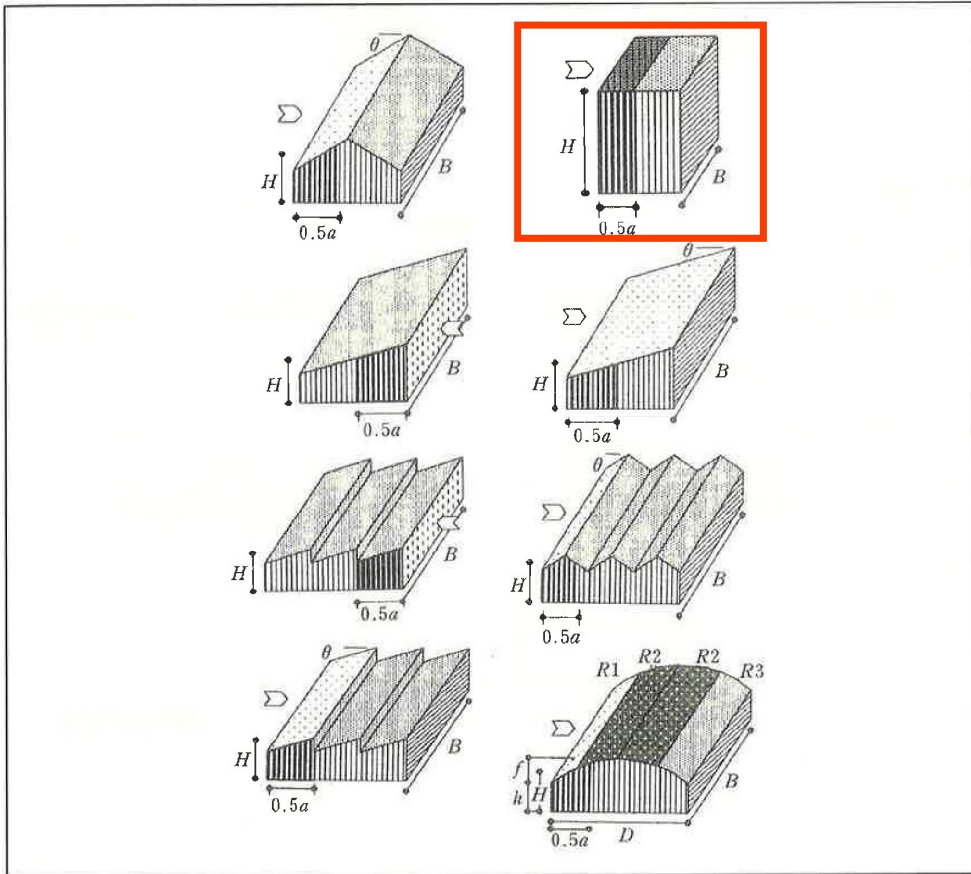


図2 閉鎖型の建築物（けた行方向に風を受ける場合。表1、表2及び表5を用いるものとする。）

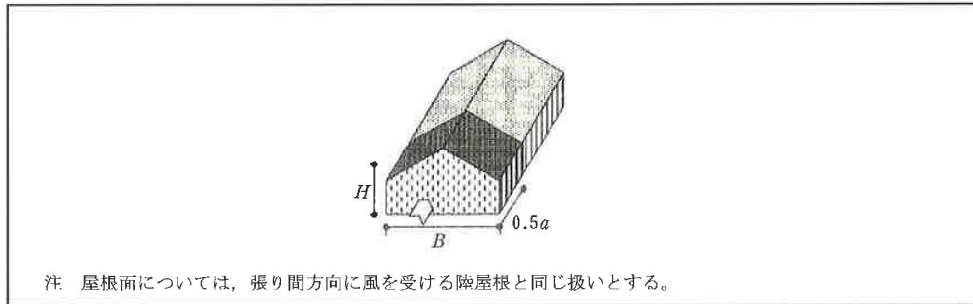


図3 開放型の建築物（表1、表3及び表5を用いるものとする。）

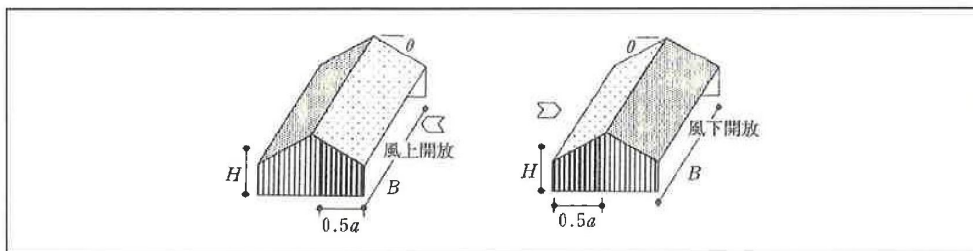


表1 壁面の C_{pe}

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}

θ	部位	風上面		風下面
		正の係数	負の係数	
10度未満		-	-1.0	-0.5
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 θ の数値以外の θ 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、 θ が10度未満の場合にあっては正の係数を、 θ 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。

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^{*}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。

^{*}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

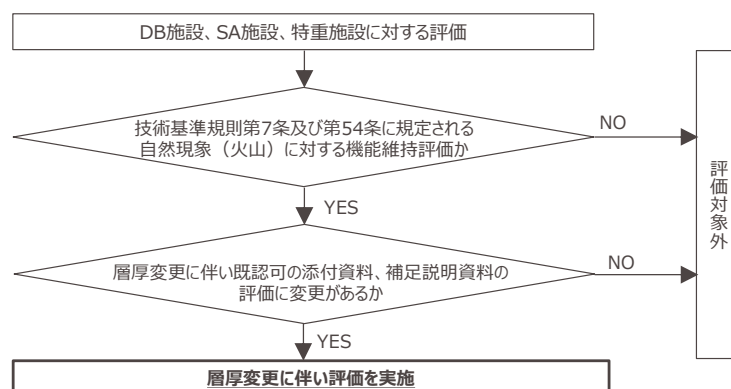


図1 設工認で評価を実施する施設の選定

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 (蒸気大気放出管)	— 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を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	—(屋内) ①	— ③	— ③	— ③
安全保護系計装盤	—(屋内) ①	— 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
基本設計方針	(イ)構造物への荷重 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。	(ロ)腐食 i. 構造物の化学的影響(腐食) 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。	(ロ)閉塞 i. 水循環系の閉塞 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。	(二)腐食 ii. 水循環系の化学的影響(腐食) 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。

○: 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(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

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して評価している。	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して評価している。	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して評価している。 ⇒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条の高温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、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、閉回路循環運転により火山灰の侵入を阻止することができる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。	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して評価している。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
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もろいことから、摺動部に侵入した火山灰により腐食が発生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、安全補機閉閉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。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
基本設計方針	(ロ)閉塞 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) 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れとなる換気空調系(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。 換気空調系以外の降下火砕物を含む空気の流れ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。 (ハ)腐食 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(腐食) 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れとなる施設、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腐食しにくい材料を使用することにより、腐食しにくい設計とする。	(二)腐食 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) 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、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。	(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、更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。	(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の屋外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設計とする。

○: 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。

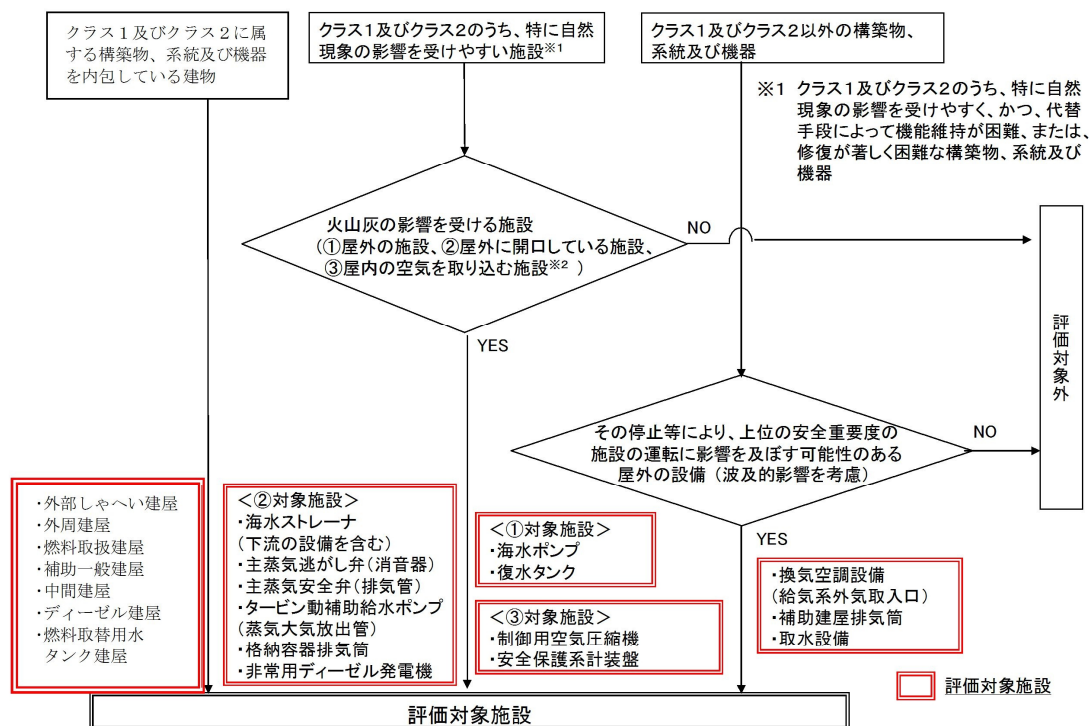
以上のことから、図1.2の抽出フローより、一般産業施設を超える機能維持を要求しているクラス1及びクラス2に属する構築物、系統及び機器のうち火山灰の影響により、安全機能を損なうおそれがある施設を抽出する。

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

B) 積雪条件

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

※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。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。

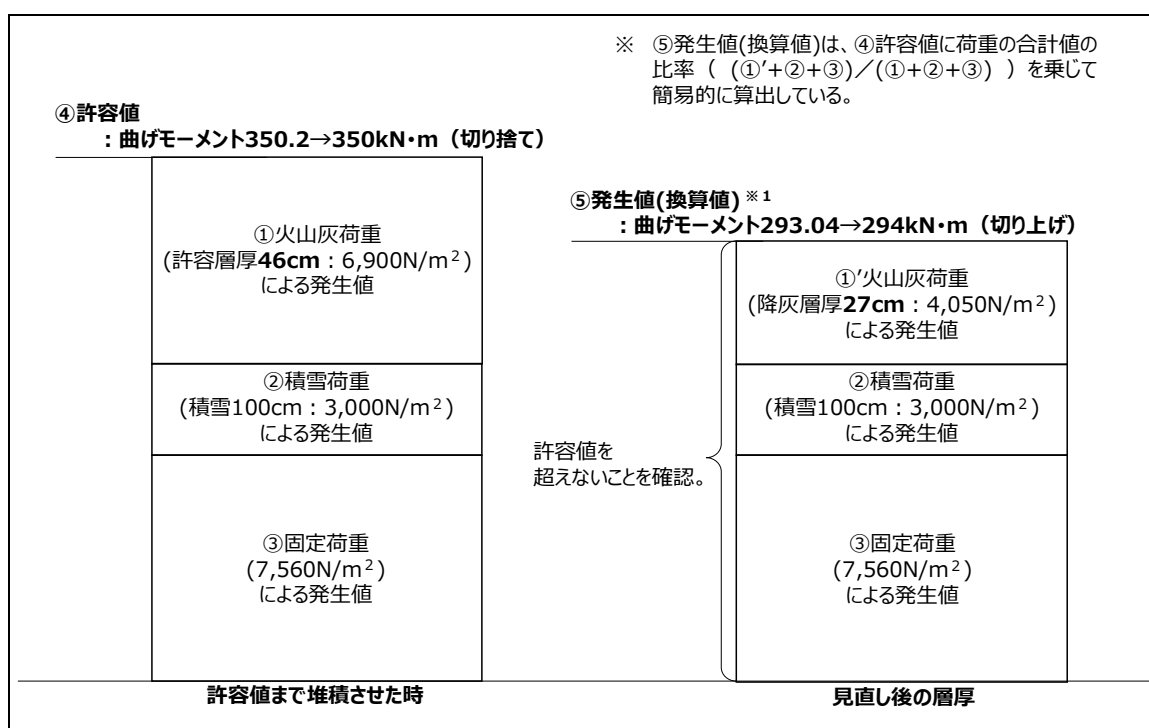


図-1 発生値の換算方法の概要図 (燃料取扱建屋の例)

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

B) 積雪条件

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

※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 (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_AS の許容応力に基づき評価する。

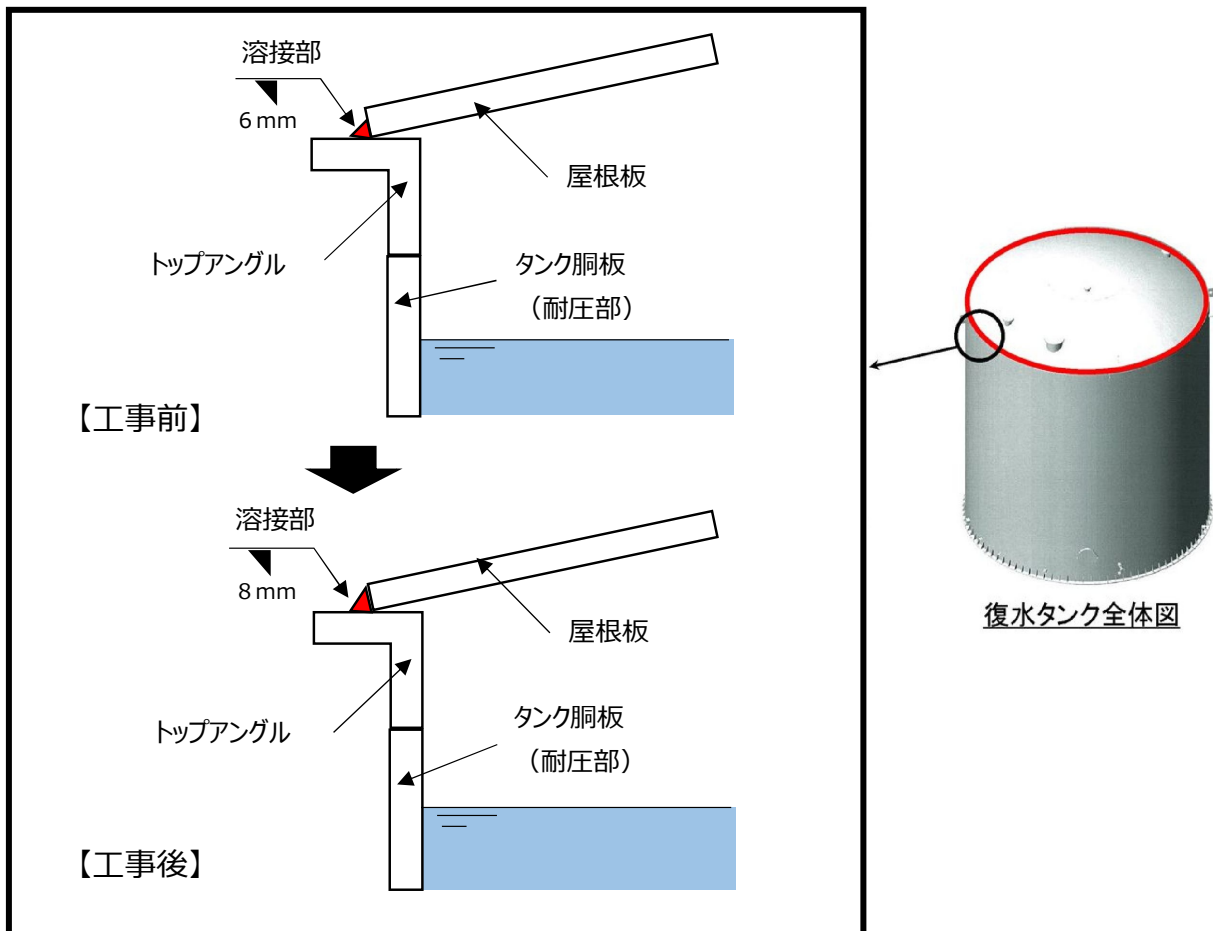


図1 復水タンク屋根板溶接補強の概要図

【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。

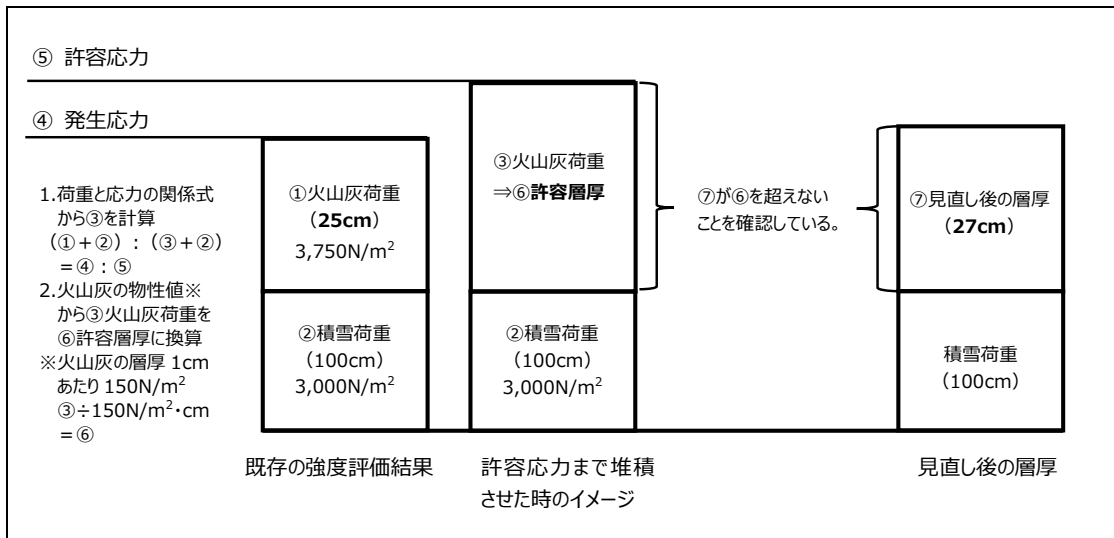
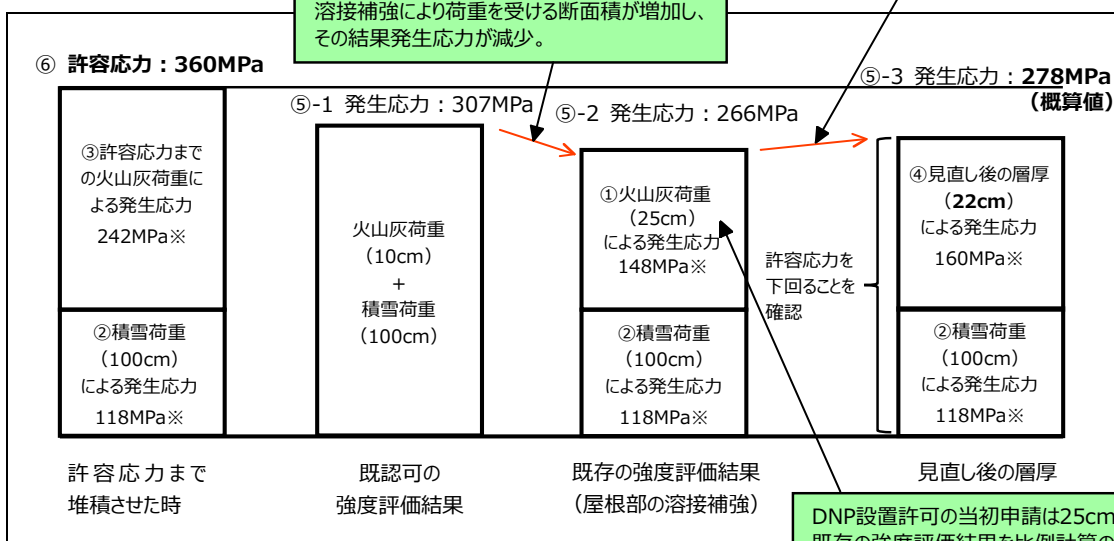


図2 成立性確認の概要図（許容層厚）

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/cm³（湿潤状態）（火山灰の層厚 1cm 当たり 150N/m²）
- b. 堆積量：27cm
- c. 粒径：1mm 以下

② 積雪条件

- a. 密度：0.3g/cm³（積雪の単位荷重は 1cm 当たり 30N/m²）※¹
- b. 堆積量：100cm※²

※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 σ_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 σ_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/cm³）と建築基準法における設計積雪（厚さ 100cm、密度 0.3g/cm³）の組み合わせによる堆積荷重 7,050N/m² 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_AS 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_AS 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

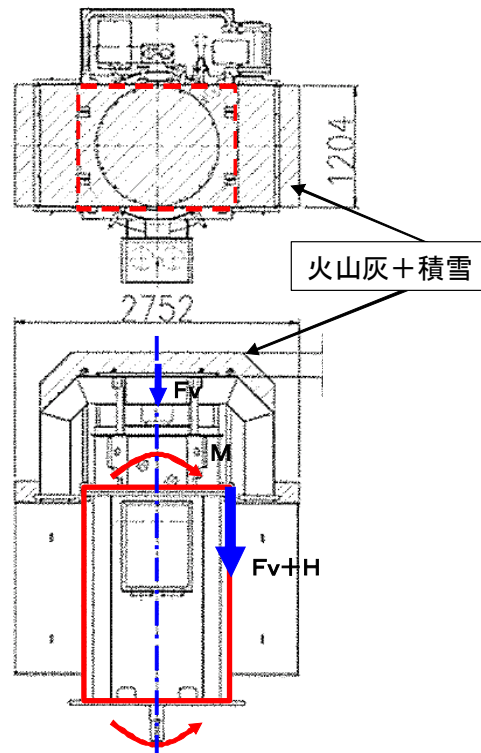


図1 海水ポンプモータフレーム構造

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。

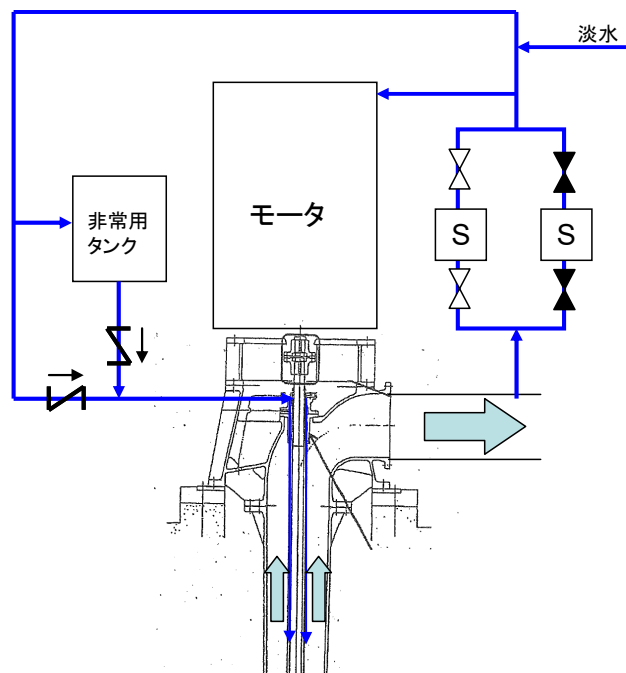


図2 海水ポンプ軸受潤滑水系統概略図

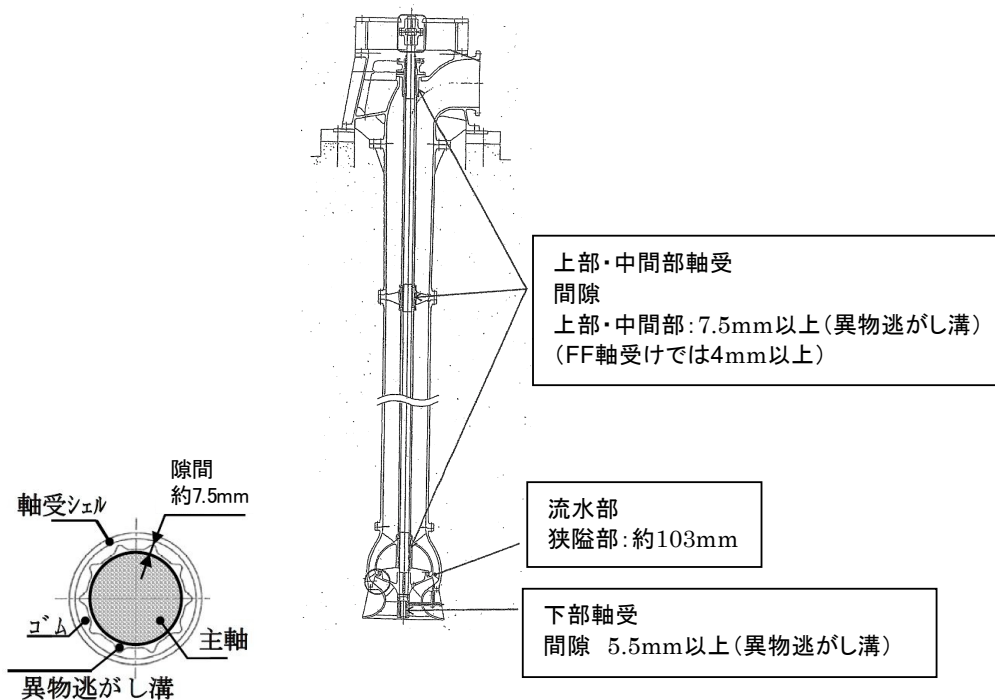


図3 海水ポンプ軸受構造図

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。

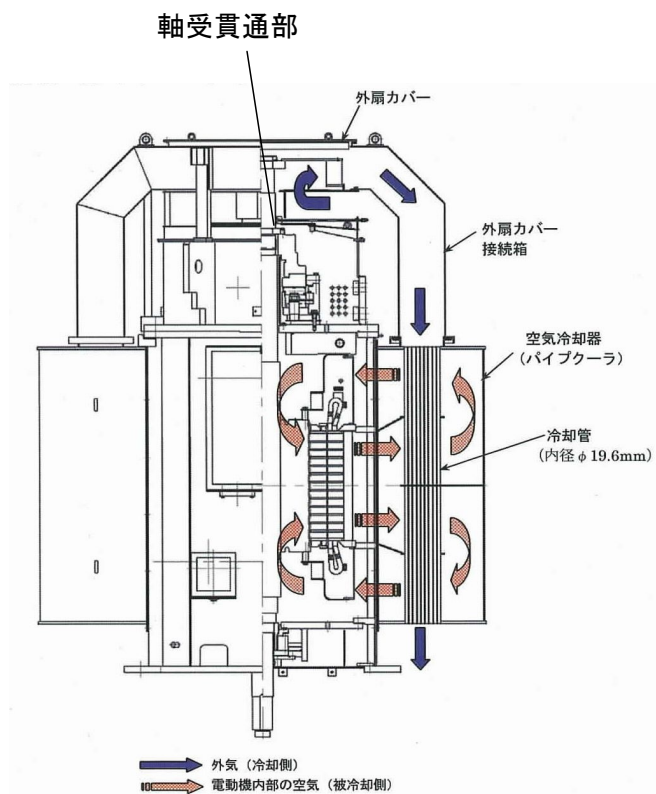


図 4 海水ポンプモータの冷却方式

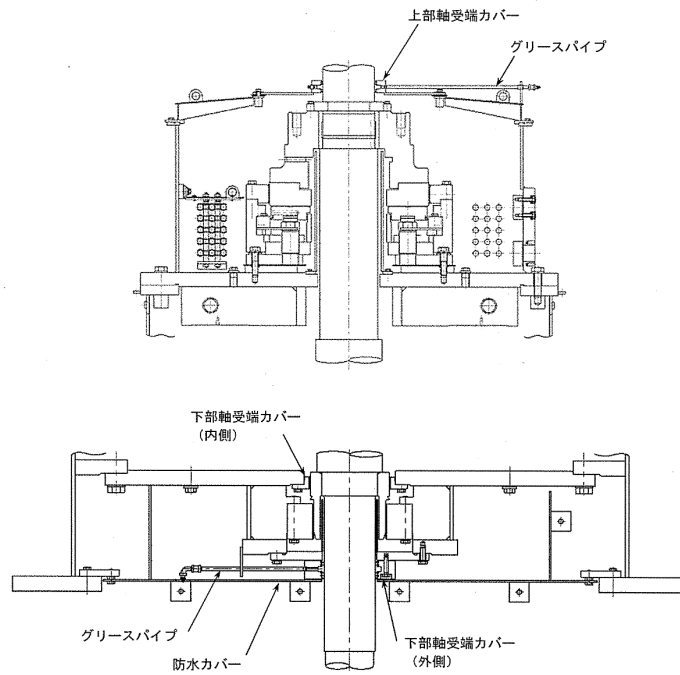


図5 海水ポンプモータの軸受シール方式

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/cm³（湿潤状態）（火山灰の層厚 1cm 当たり 150N/m²）
- b. 堆積量：27cm

② 積雪条件

- a. 密度：0.3g/cm³（積雪の単位荷重は 1cm 当たり 30N/m²）^{※1}
- b. 堆積量：100cm^{※2}

※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。

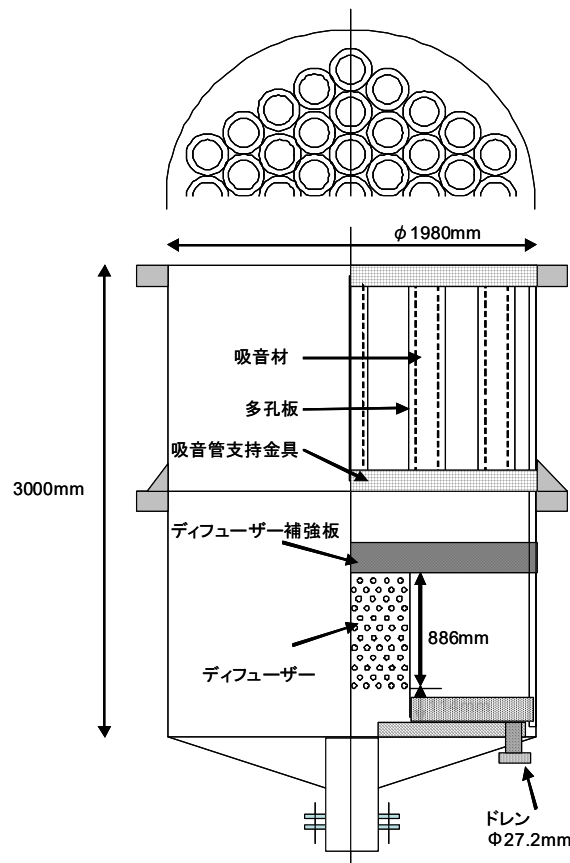


図1 主蒸気逃がし弁消音器の構造図

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/cm³）と建築基準法における設計積雪（厚さ 100cm、密度 0.3g/cm³）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。

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

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/cm² と、弁出口側の流体通過断面積が約 180cm² 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。

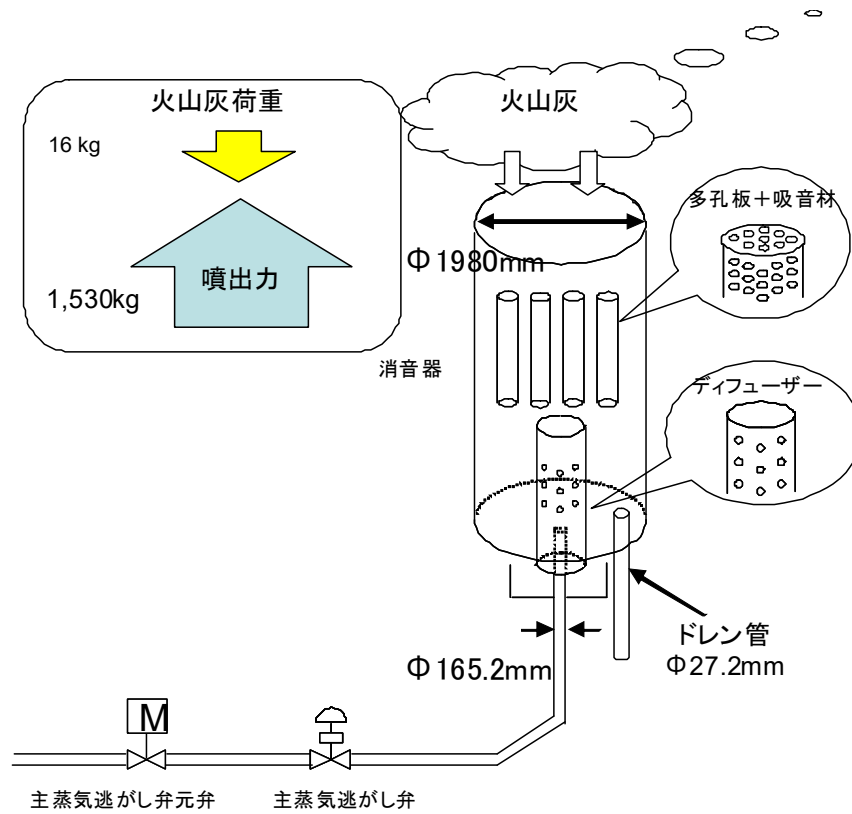


図2 主蒸気逃がし弁出口配管形状および消音器の構造

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。

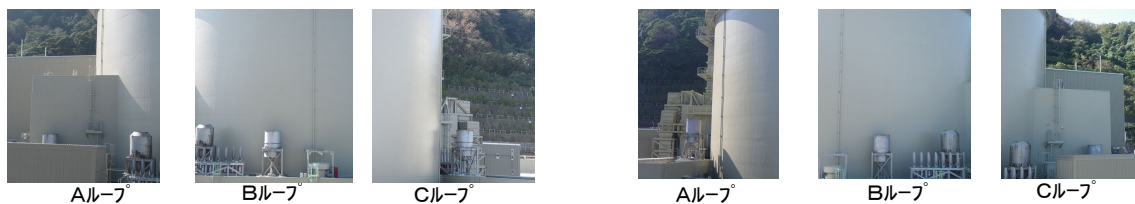


図3 主蒸気逃がし弁消音器の設置状況（左3号炉、右4号炉（各3系統））

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/cm³（湿潤状態）（火山灰の層厚 1cm 当たり 150N/m²）
- b. 堆積量：27cm

②積雪条件

- a. 密度：0.3g/cm³（積雪の単位荷重は 1cm 当たり 30N/m²）※¹
- b. 堆積量：100cm※²

※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）

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。

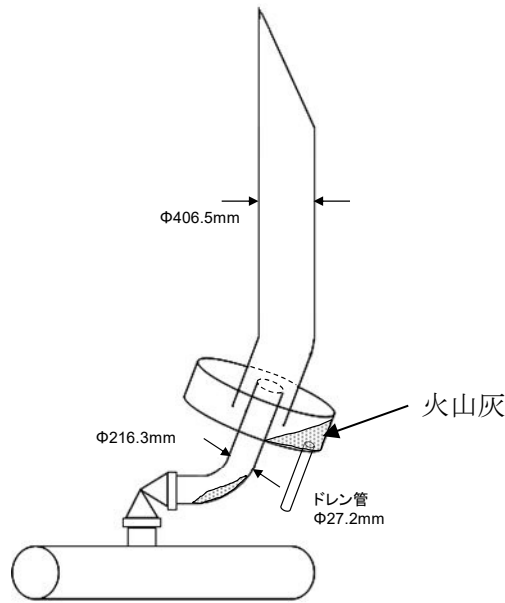


図1 主蒸気安全弁排気管の構造図

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/cm³）と建築基準法における設計積雪（厚さ 100cm、密度 0.3g/cm³）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/cm² と、弁出口側の流体通過断面積が約 323cm² 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。

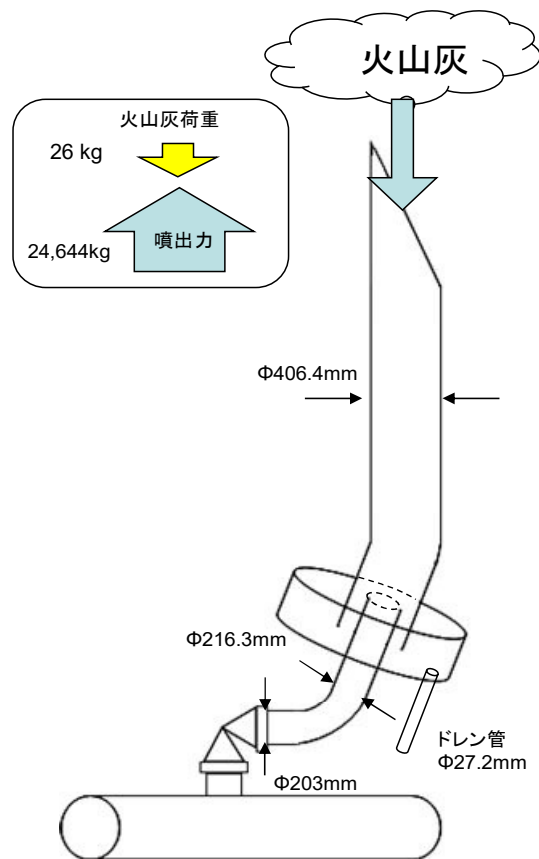


図 2 主蒸気安全弁出口配管および排気管の構造



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^3 （湿潤状態）（火山灰の層厚 1cm 当たり 150N/m^2 ）
- 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

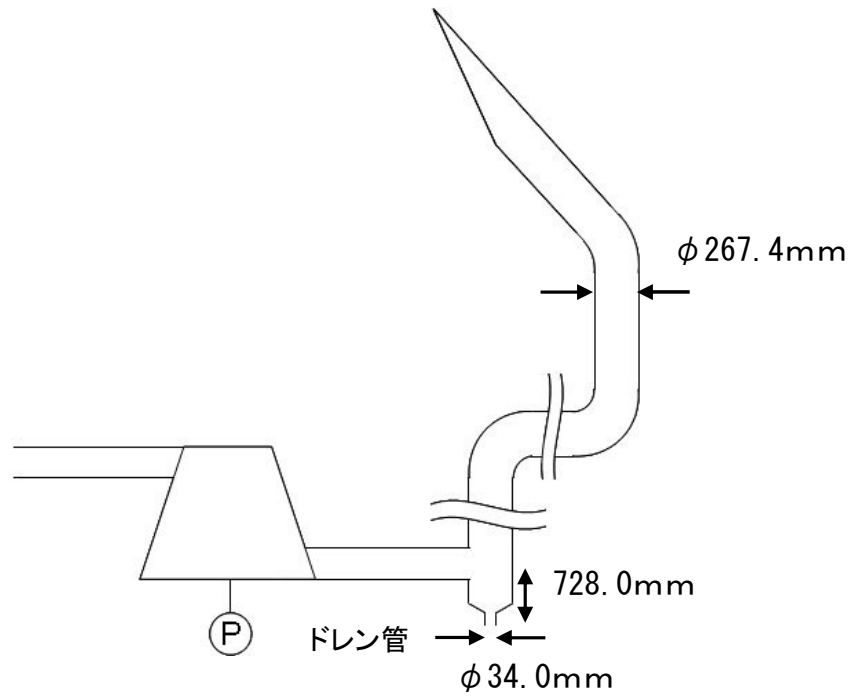


図2 タービン動補助給水ポンプ蒸気大気放出管の構造

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/cm³（湿潤状態）（火山灰の層厚 1cm 当たり 150N/m²）
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^{※1} 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^{※2} 硬度が低く^{※3}、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

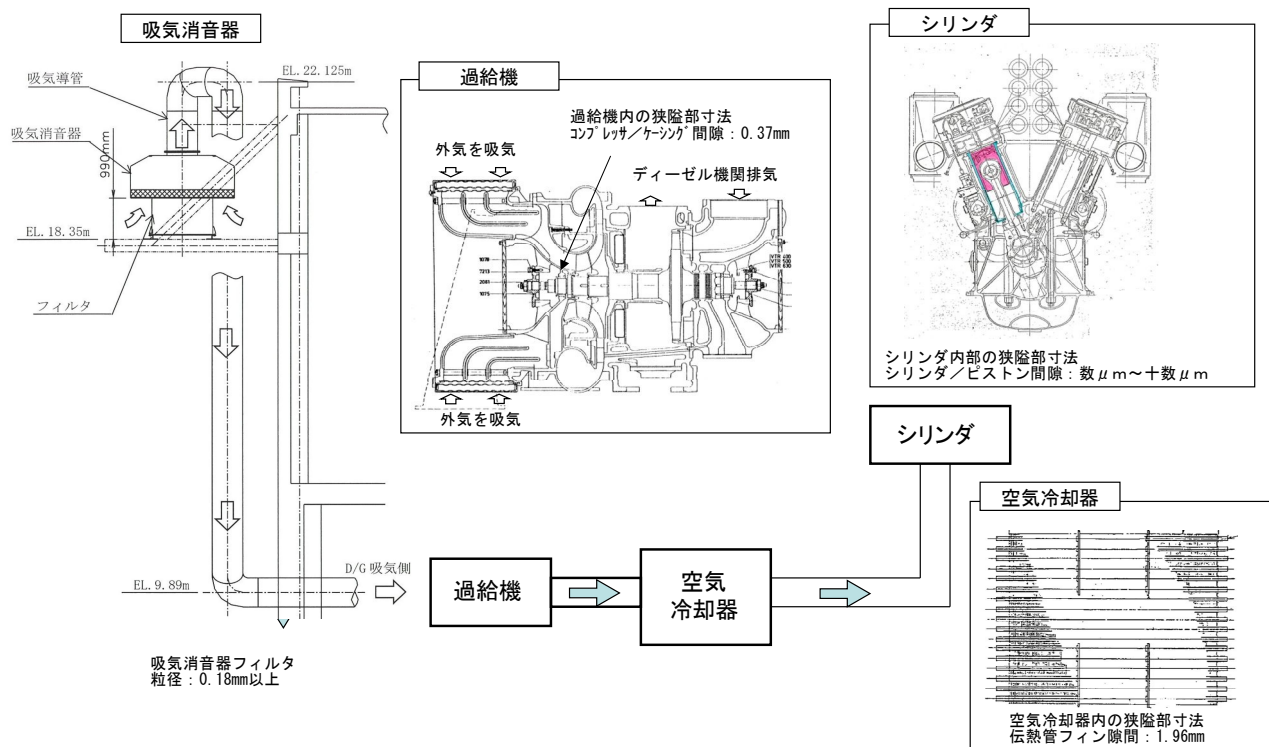


図1 非常用ディーゼル機関の吸入空気の流れ

(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

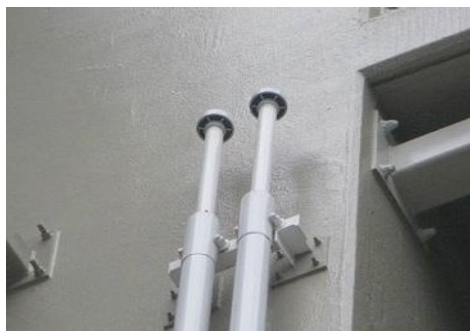


図2 燃料油貯油そうベント管の外観写真（右は拡大写真）

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。

< 評価対象設備 >

- ・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/cm³（湿潤状態）（火山灰の層厚 1cm 当たり 150N/m²）
- 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 μm 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。

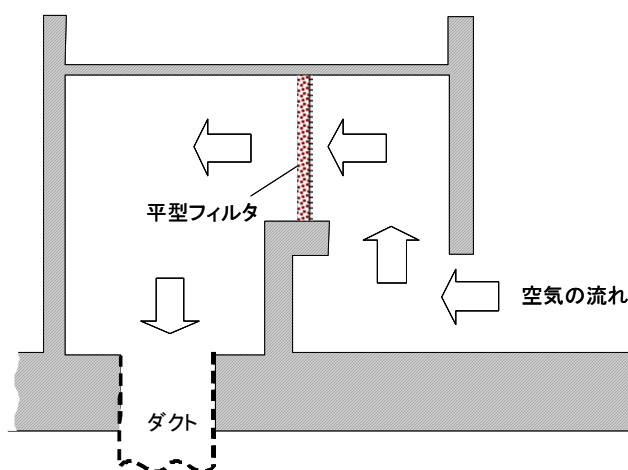


図1 中央制御室外気取入口の空気の流れ

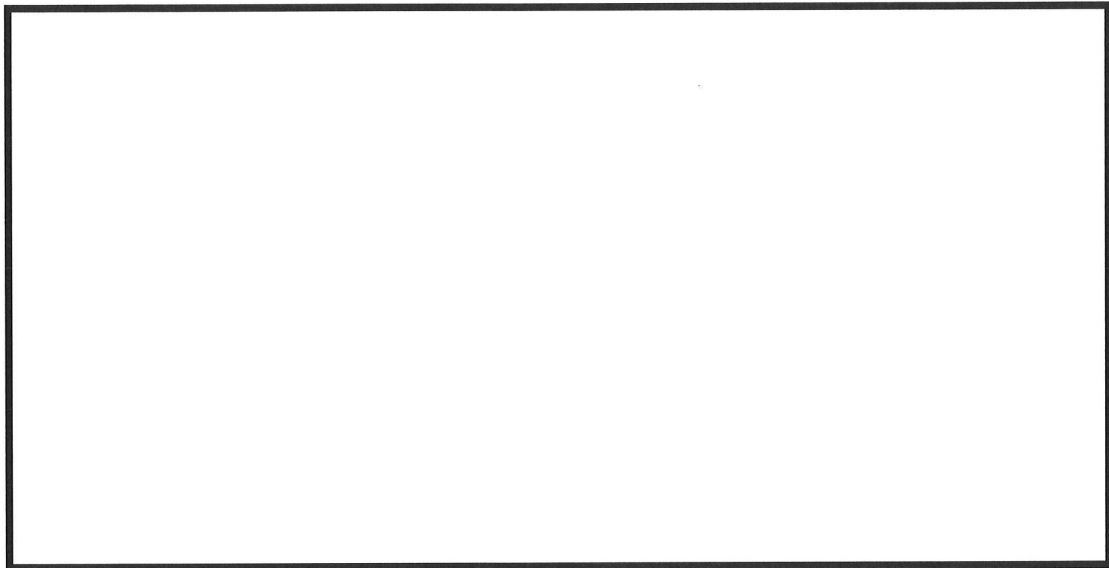


図 2 換気空調設備の外気取入口へのアクセス例

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 4,700m³
- ・ 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

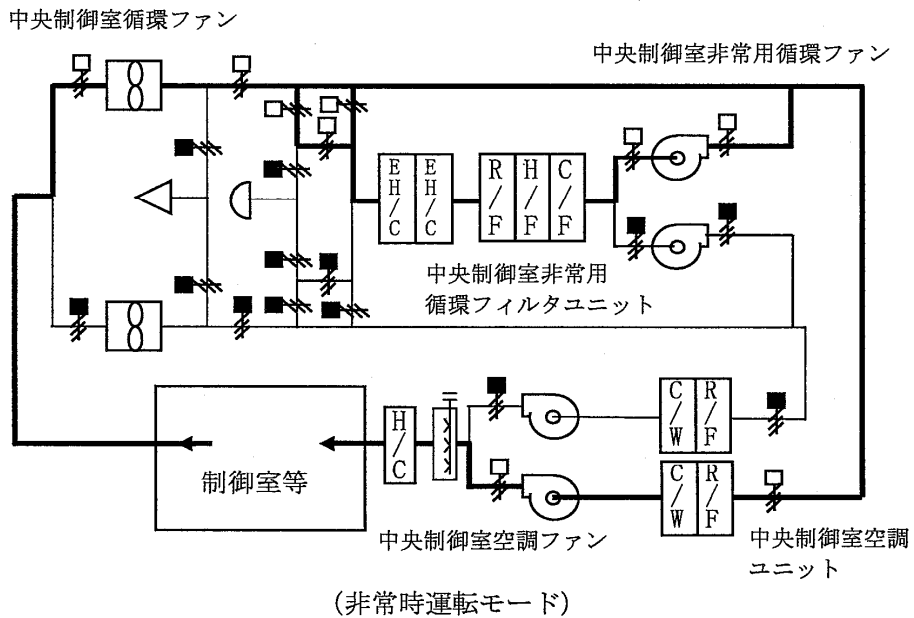
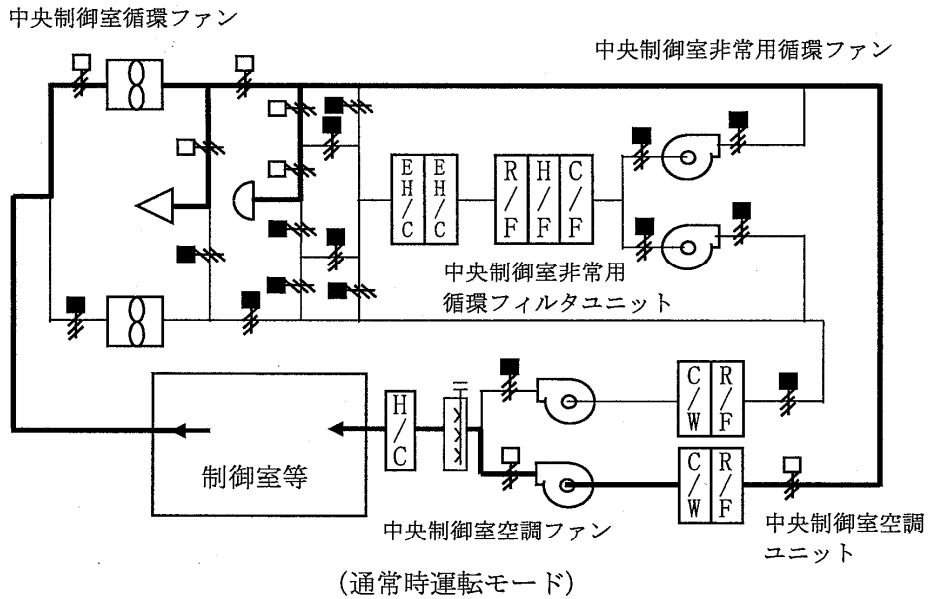
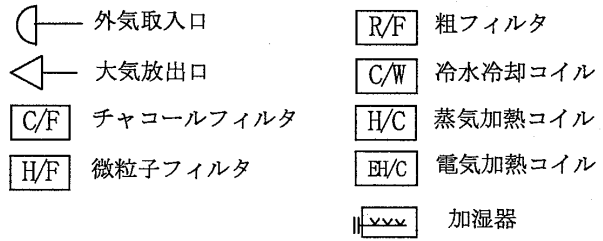
「空気調和・衛生工学便覧 空調設備篇」に基づき、炭酸ガス濃度は表 2 のとおり 66 時間外気取入れを遮断したままでも、中央制御室内に滞在する運転員の操作環境に影響を与えないことを確認した。

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 4,700m³
- ・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 m³/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/cm³（湿潤状態）（火山灰の層厚 1cm 当たり 150N/m²）
- 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*と考慮してモデル化し、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 $1,500\text{kg/m}^3$ (1.5g/cm^3)、粒子径 0.001m (1mm) 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。

$$V = \frac{Q}{A}$$

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

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)

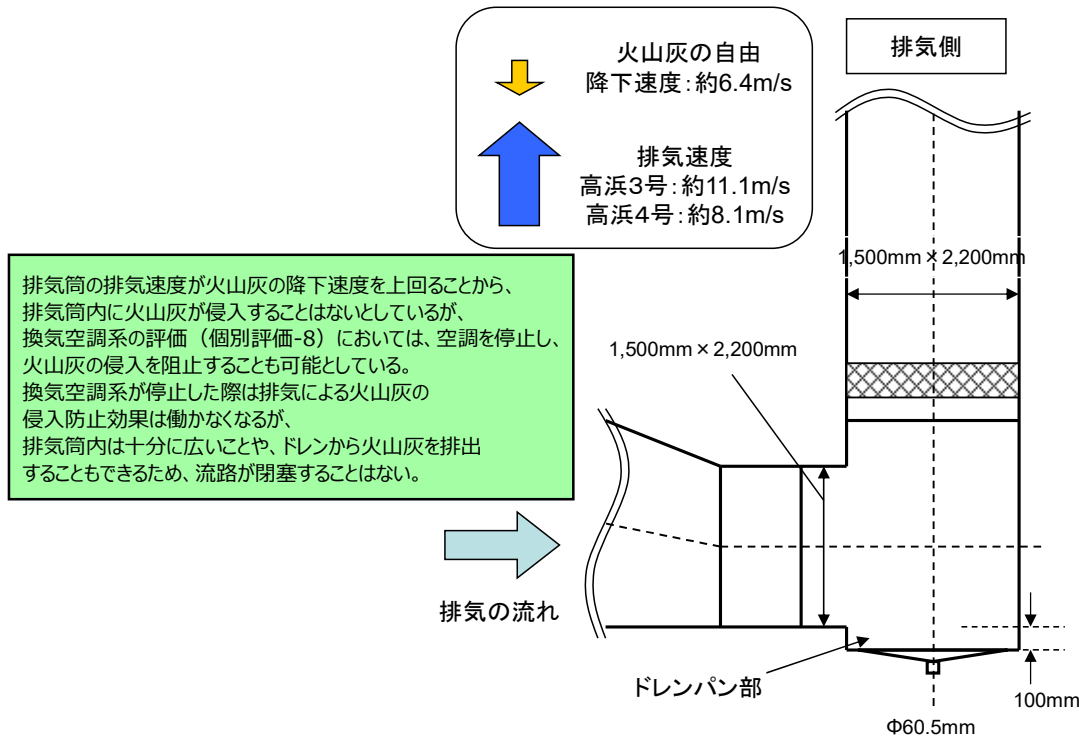


図 1 格納容器排気筒曲がり部の構造（高浜 3 号炉）

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。

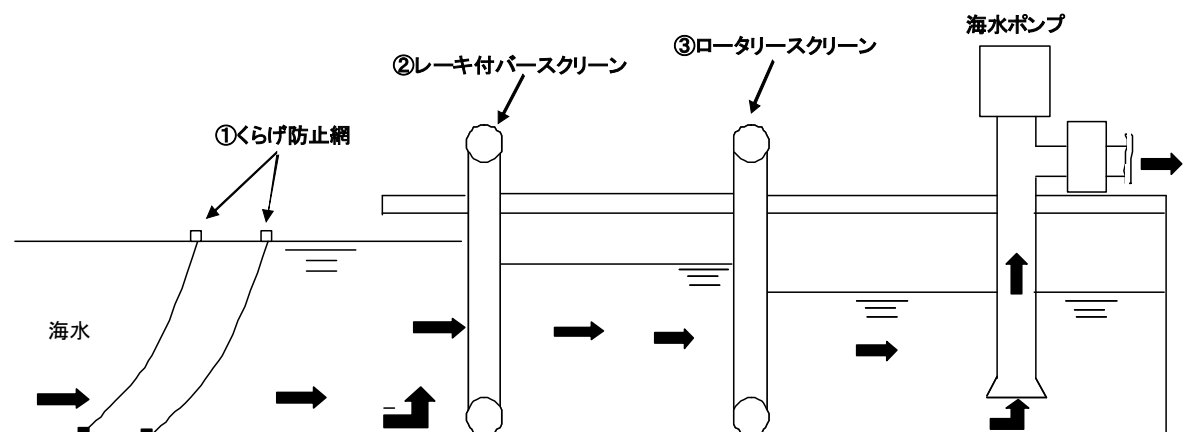


図 1 取水設備の構成

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 ³ /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 ³ /h
原子炉補機冷却水冷却器		約 16mm	約 2000 m ³ /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 μm 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】

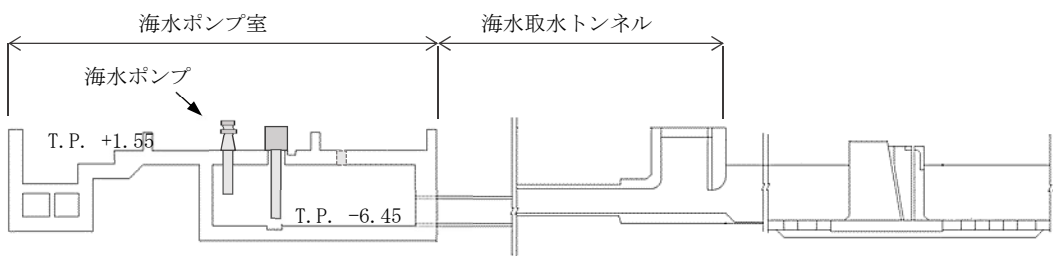
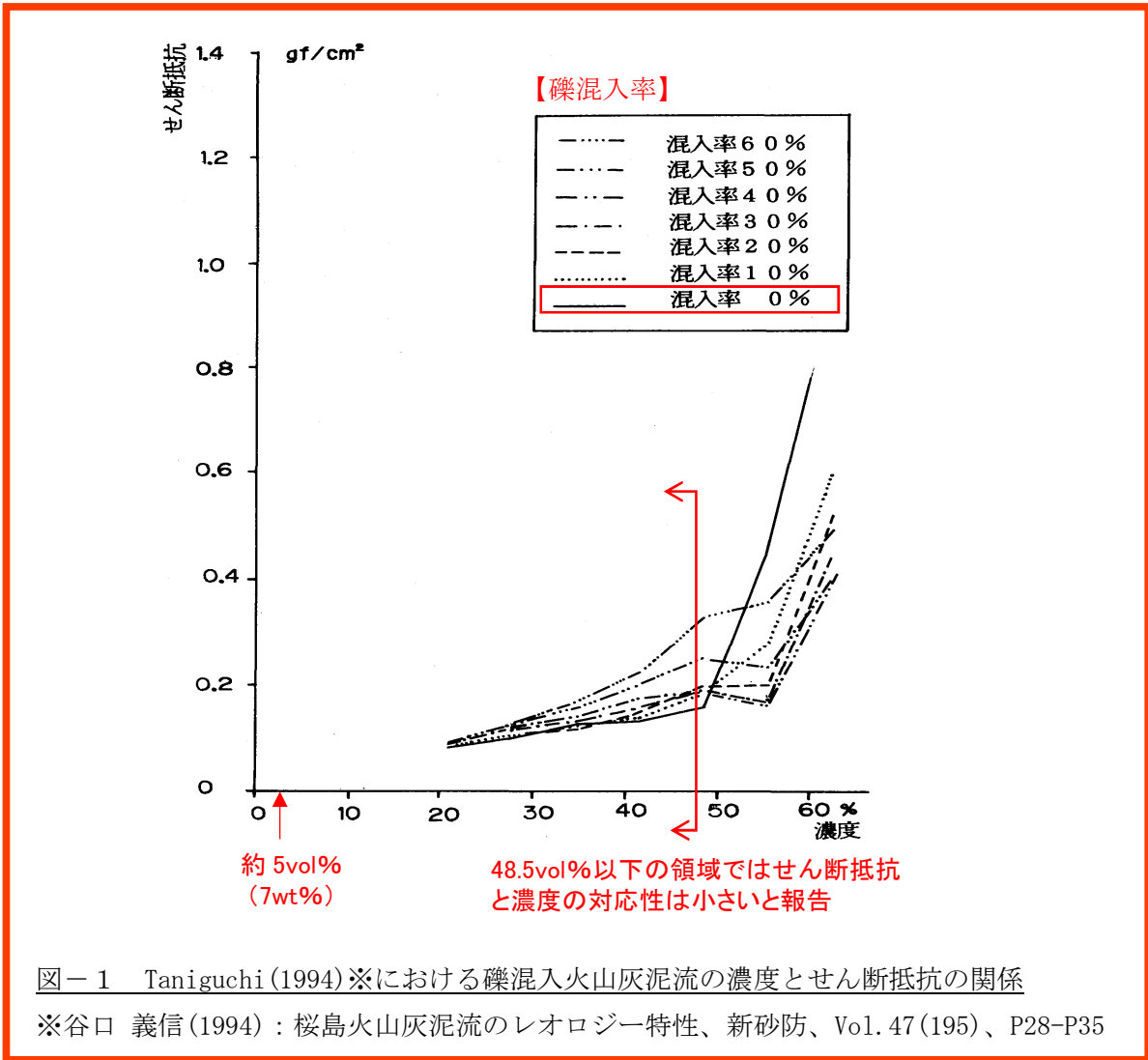
想定する降下火砕物の粒径「1mm以下」は変わらないことから、閉塞に対する評価に影響はない。

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

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 500m²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11,480m³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4,887m³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3,543m³と合わせても約8,430m³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"> ・外部しゃへい建屋 (3, 4号炉) ・外周建屋 (3, 4号炉) ・原子炉補助建屋 (共用) ・中間建屋 (3, 4号炉) ・燃料取扱建屋 (3, 4号炉) ・燃料取替用水タンク建屋 (3, 4号炉) ・ディーゼル発電機建屋 (3, 4号炉) 	<ul style="list-style-type: none"> ・復水タンク (3, 4号炉) 	—
面積	約17,600m ²	約500m ²	約18,100m ²
降灰量 (層厚27cm)	約4,752m ³	約135m ³	約4,887m ³

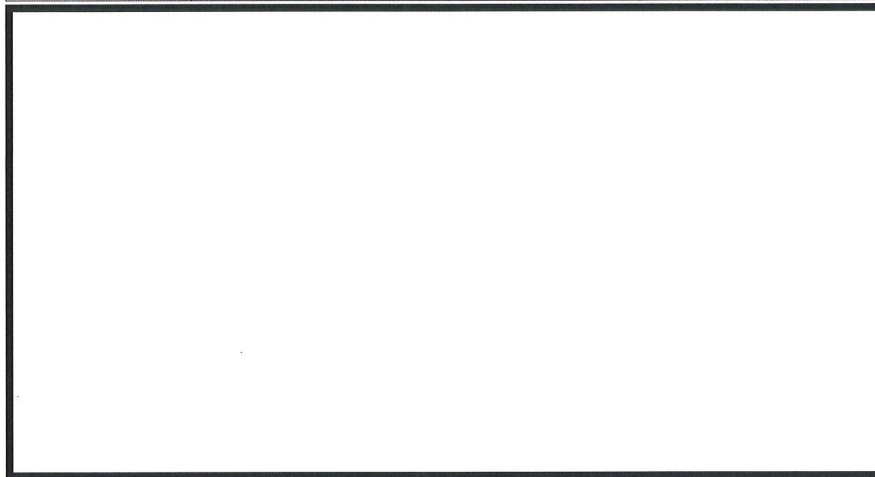


図 高浜原子力発電所の平面図

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 ²)	緊急時対策所建屋	約 500m ²
	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 ³)		
④ 1 m ³ 当たりの作業人工* (人日/m ³)		0.39 人日/m ³

1. 作業量 (上記のとおり)

0.39 人日/m³ × []

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11,480m³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8,430m³（1,2号炉約3,543m³、3,4号炉約4,887m³）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"> ・緊急時対策所建屋 ・特重施設の建屋（1,2号炉） ・特重施設の建屋（3,4号炉）
面積	[]
降灰量（層厚27cm）	[]

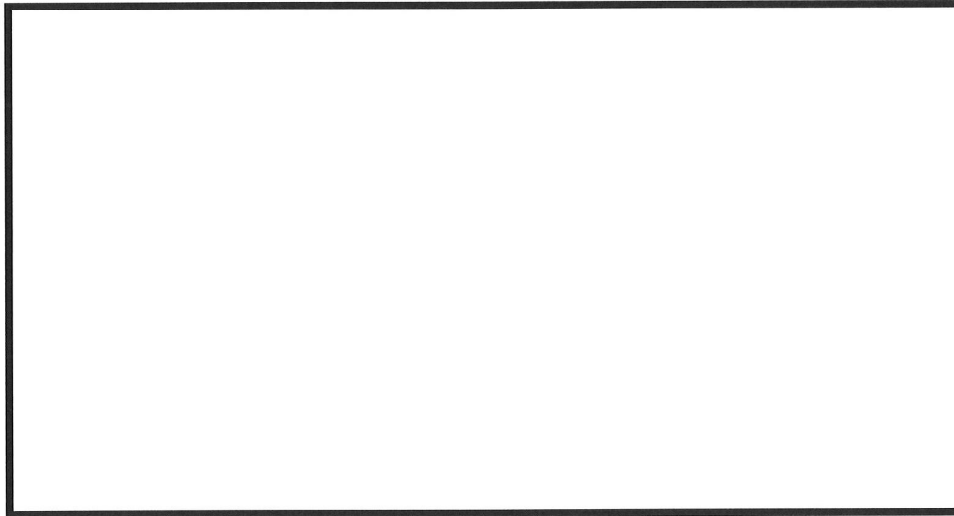


図 高浜発電所の平面図

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、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面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"> ・本部の長は、関係各課 (室) へ対策の実施を指示する。 ・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。 ・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。
降灰後における中長期の対応	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 ・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。 ・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。 ・発電室長 (※3) は、復旧結果を対策本部へ報告する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・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、食等の中長期影響を防止するための、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。
予報解除	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 ・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。 ・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。 	-

【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日以内に充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（50 t）

- ・一回の押し出し可能量 23.3 t
- ・ブレードの全幅 4.300 m
- ・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/m³（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/m³（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

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

$$= 8.02m \div 8.0m$$
- ・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。

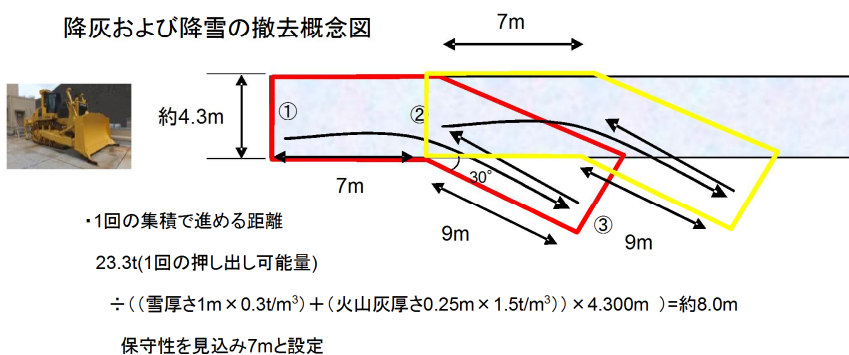
A : 押し出し (①→②→③) : $(7m+9m) \div 60m/min = 0.267min \div 0.27min$

B : ギア切り替え : 0.1min

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

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

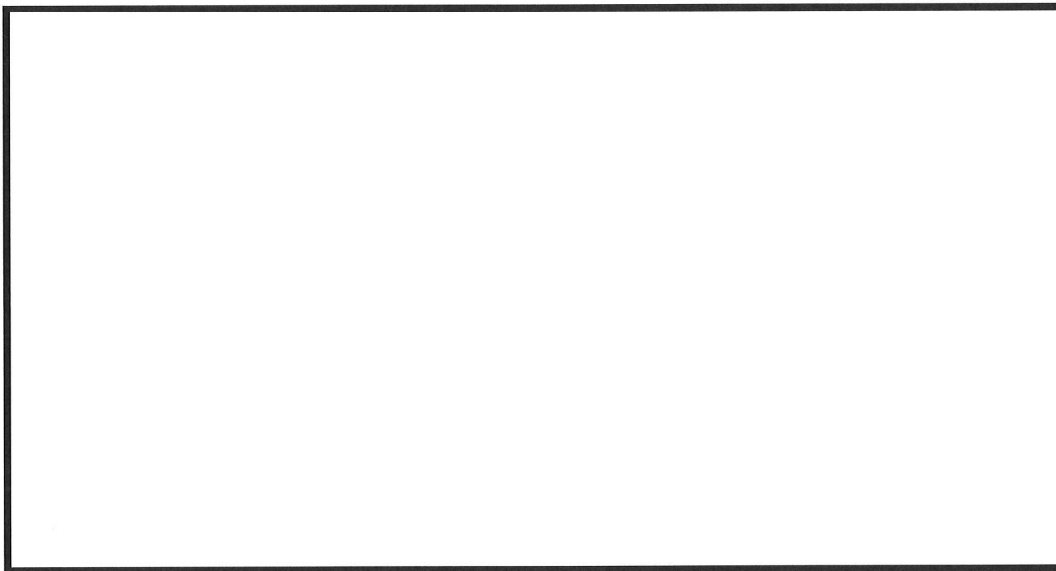
1サイクル当りの除去延長 ÷ 1サイクル当りの除去時間
 $= 7m \div 0.59min = 0.711km/h \div 0.7km/h$

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 新発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。

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

β_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 [※] (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_AS の一次膜応力+一次曲げ応力の許容応力に基づく

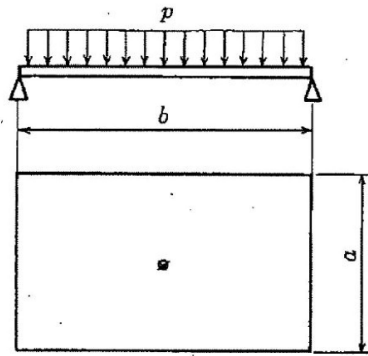


図 4 辺支持平板の評価モデル

 : 評価範囲

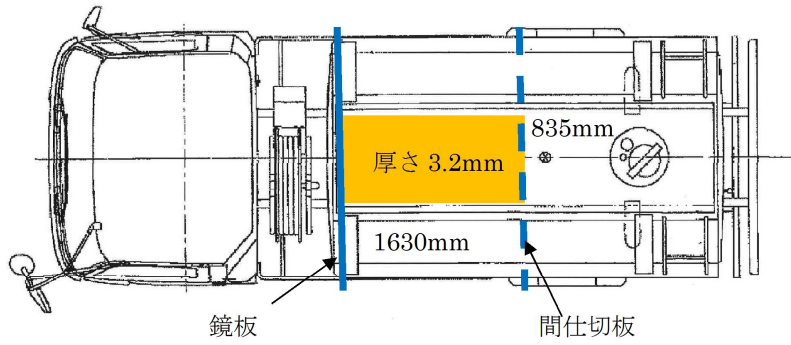


図 評価対象範囲

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。

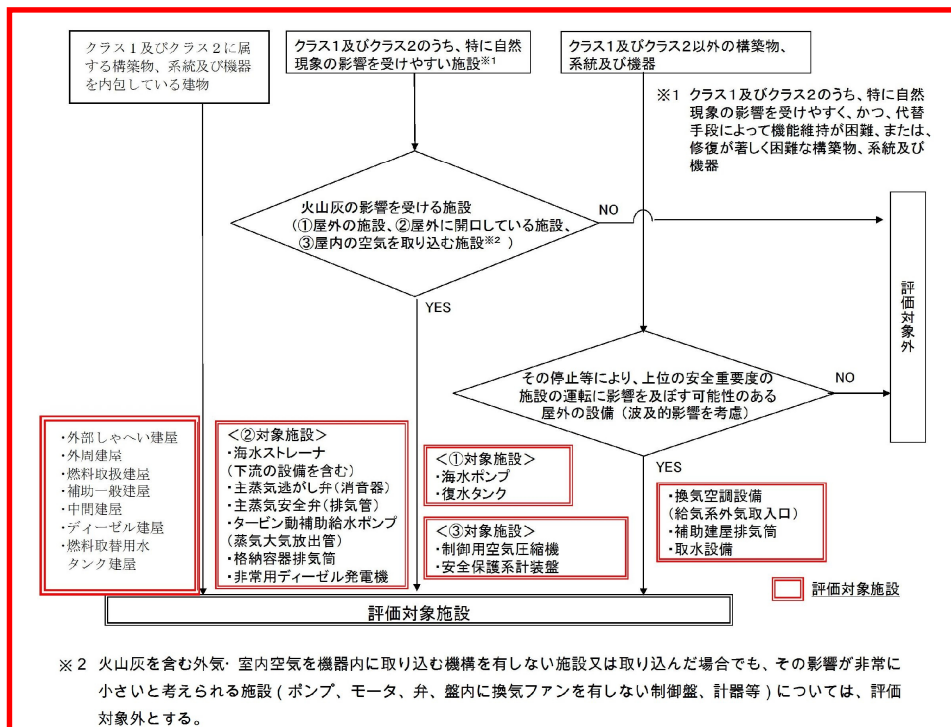


図 1.2 評価対象施設の選定フロー

【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。

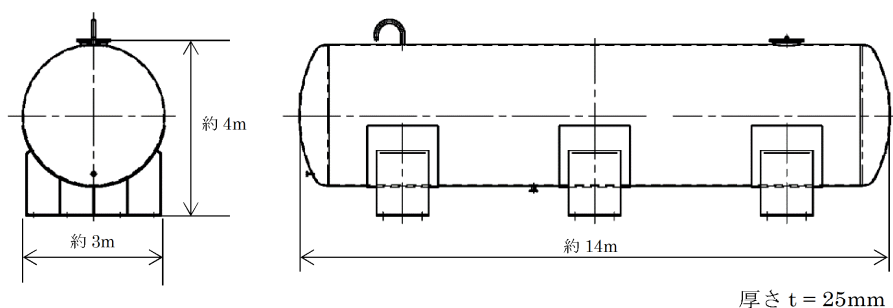


図 1 消火水バックアップタンクの構造

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 8.59m/s^2 (=約 0.88G)、鉛直 5.88m/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。

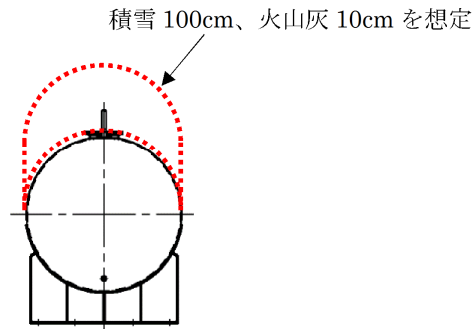
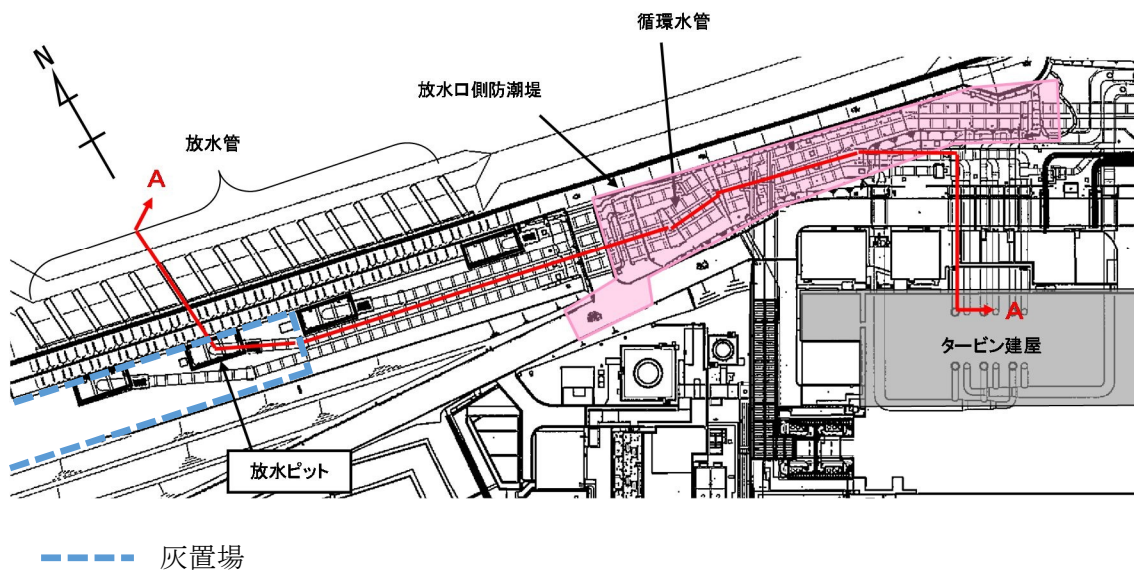


図2 強度評価における積雪・火山灰の想定

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



構造強度の設計における保守性の担保について

1. 概要

本資料は、降下火砕物等堆積時における構造強度設計において変更を伴った評価手法及び評価条件に対する保守性の担保について説明をするものである。なお、防護すべき施設を内包する建屋（建物・構築物）の評価手法の変更に対する保守性の担保については、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」に示す。

2. 屋外タンクの屋根板の評価温度

屋外タンクの屋根板の評価温度は表 1 のとおり今回変更している。屋根板の評価温度は、従来は屋外タンクの最高使用温度^{*}を使用していたが、積雪を考慮していることから雪との接触及び冬季の外気温を踏まえると**屋根板の評価温度**は実態の温度とかけ離れていることから、より実態に近い周囲環境温度に設定する方が妥当と考えたため今回条件を変更することとした。評価結果に対する変更前後比較を表 2 に示す。

屋外タンクの屋根板上部には、降下火砕物に加えて雪も堆積させて評価を行っているため、周囲環境温度 40℃を用いて評価することは、積雪との接触及び冬季の外気温を踏まえても保守的な設定となっている。また、夏場では直射日光でタンクの屋根板温度が上昇する可能性があるが、その一方で積雪はないため荷重条件の厳しい積雪を考慮した冬季を想定して評価する方が保守的であることを説明する。

冬季と夏季での評価結果の比較として、屋根板の評価温度の変更による許容応力及び積雪を除いた場合の発生応力を別紙 1 に示す。

別紙 1 より、荷重条件の厳しい積雪を考慮した冬季を想定して評価する方が保守的な評価となることを確認した。この要因は、冬季と夏季を比較すると、夏季では発生応力は 40%程度低下するが、許容応力は最大でも 20%程度しか低下しないことにより、冬季の条件が厳しくなっているものである。なお、許容応力は「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME」によるものとしており、当該箇所を別紙 2 に示す。

屋外タンクの評価では、火山灰に加えて積雪も考慮した条件で評価を行っている。この評価条件においては、屋根板は外気もしくは雪と接触していることから、屋根板の外表面は 40℃を超えることはない。一方、屋根板内面は、タンク内部の液体と直接接触しておらず、タンク水面からの距離も 1m 程度離れており、タンク内部の液体温度の影響を受けにくく、積雪を考慮した条件で 40℃を超えることはない。

※ 美浜3号機の復水タンクの最高使用温度は、スピルオーバー管（最高使用温度 80℃）と接続されているため、80℃と設定している。なお、スピルオーバー管の最高使用温度は、復水管（最高使用温度 80℃）と接続されているため、80℃と設定している。

美浜3号機の燃料取替用水タンクの最高使用温度と高浜1，2号機の燃料取替用水タンクの最高使用温度は、充てん／高圧注入系統配管等（最高使用温度 95℃）と接続されているため、95℃と設定している。

なお、美浜3号機の復水タンクに接続されるスピルオーバー管の内部流体は、100%出力運転時のヒートバランス温度が約 34℃である。燃料取替用水タンクは、ほう酸水を含有しており、27℃～37℃で温度管理されている。

表1. 屋根板の温度条件の新規制基準工認からの変更点

サイト	復水タンク	燃料取替用水タンク
美浜3号機	80℃ ⇒ 40℃	95℃ ⇒ 40℃
高浜1, 2号機	変更なし (40℃)	95℃ ⇒ 40℃
高浜3, 4号機	変更なし (40℃)	屋内設置で評価対象外
大飯3, 4号機	屋内設置で評価対象外	屋内設置で評価対象外

表2. 評価条件を変更した屋外タンクの評価結果

施設	項目	変更前	変更後
		(DNP 層厚+最高使用温度)	(DNP 層厚+40℃)
美浜3号機 復水タンク	評価温度	80℃	40℃
	荷重	6,762N/m ²	同左
	発生応力	283MPa	同左
	許容応力	340MPa	360MPa
	評価結果	○	○
美浜3号機 燃料取替用水 タンク	評価温度	95℃	40℃
	荷重	6,922N/m ²	同左
	発生応力	247MPa	同左
	許容応力	259MPa	307MPa
	評価結果	○	○
高浜1, 2号機 燃料取替用水 タンク	評価温度	95℃	40℃
	荷重	7,672N/m ²	同左
	発生応力	248MPa	同左
	許容応力	259MPa	307MPa
	評価結果	○	○

①: 荷重が同じであるため発生応力も同じ。

②: 評価温度が変わるため許容応力も変わる。

別表 1. 冬季夏季の応力条件

施設名	想定する季節	荷重	発生応力	許容応力	結果
美浜 3 号機 復水タンク	冬季 (40℃)	6,762N/m ²	283MPa	360MPa	○
	夏季 (80℃)	3,762N/m ² (▼44%)	157MPa ^{※1} (▼44%)	340MPa (▼6%)	○
美浜 3 号機 燃料取替用水タンク	冬季 (40℃)	6,922N/m ²	247MPa	307MPa	○
	夏季 (95℃)	3,922N/m ² (▼43%)	140MPa ^{※1} (▼43%)	259MPa (▼16%)	○
高浜 1, 2 号機 燃料取替用水タンク	冬季 (40℃)	7,672N/m ²	248MPa	307MPa	○
	夏季 (95℃)	4,672N/m ² (▼39%)	151MPa ^{※1} (▼39%)	259MPa (▼16%)	○

※1：夏季の発生応力は、冬季の発生応力からの比例計算

$$(\text{夏季の発生応力}) = (\text{冬季の発生応力}) \times (\text{夏季に考慮する荷重}) / (\text{冬季に考慮する荷重})$$

別表 2. 冬季夏季の荷重の内訳

施設名	季節	荷重 (N/m ²)			
		火山灰 ^{※1}	積雪 ^{※1}	自重	合計
美浜 3 号機 復水タンク	冬季	3,300	3,000	462	6,762
	夏季	3,300	0	462	3,762
美浜 3 号機 燃料取替用水タンク	冬季	3,300	3,000	622	6,922
	夏季	3,300	0	622	3,922
高浜 1, 2 号機 燃料取替用水タンク	冬季	4,050	3,000	622	7,672
	夏季	4,050	0	622	4,672

※1：火山灰の単位荷重は 1cm 当たり 150N/m²、積雪の単位荷重は 1cm 当たり 30N/m²

【補足】

許容応力は原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG4601) に定められており下表のとおりである。また下表における S_y , S_u 値は発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (以下、「JSME」という。) によって定められている。

今回タンク屋根板の評価温度を見直しているが、評価温度の変更に伴い、許容応力は異なる値となる。

屋根板の評価結果の内、裕度が最も低い高浜 1 号機の燃料取替用水タンクの「一次膜応力＋一次曲げ応力」に JSME の S_y , S_u 値を当てはめた場合、評価温度が 40℃、95℃の場合の許容応力はそれぞれ 307MPa、259MPa になる。

これは応力状態に対する許容応力は温度によって異なる値を示すことによるものであり、各材質に対する物性値は JSME に定められている。

状態	評価温度	一次一般膜応力	一次膜応力＋一次曲げ応力
許容応力 状態ⅢAS	—	S_y と $0.6S_u$ の小さい方。 ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については上記値と $1.2S$ との大きい方。	左欄の 1.5 倍
	40℃	$S_y = 205\text{MPa}$ $S_u = 520\text{MPa}$, $0.6S_u = 312\text{MPa}$ $0.6S_u : 312\text{MPa} > \underline{S_y : 205\text{MPa}}$	$S_y \times 1.5$ $= 205\text{MPa} \times 1.5$ $= \underline{307\text{MPa}}$
	95℃	$S_y = 173\text{MPa}$ $S_u = 446\text{MPa}$, $0.6S_u = 267\text{MPa}$ $0.6S_u : 267\text{MPa} > \underline{S_y : 173\text{MPa}}$ 【参考】 $S_y(75^\circ\text{C}, 100^\circ\text{C}) = 183\text{MPa}, 171\text{MPa}$ を用いて、JSME に定められる比例法によって 95℃での S_y 値を算出する。 $S_y(95^\circ\text{C}) = 173\text{MPa}$ $S_u(75^\circ\text{C}, 100^\circ\text{C}) = 466\text{MPa}, 441\text{MPa}$ を用いて、JSME に定められる比例法によって 95℃での S_u 値を算出する。 $S_u = 446\text{MPa}$	$S_y \times 1.5$ $= 173\text{MPa} \times 1.5$ $= \underline{259\text{MPa}}$

<燃料取替用水タンクの例>

40℃の評価に用いる物性値

95℃の評価に用いる物性値

05 2005 設計・建設規格 第I編 付録図表 Part 5

付録材料図表 Part 5 表 8 材料の各温度における設計降伏点 S_y (MPa)

種類	種別	記号	最小引張強さ (MPa)	最小降伏点 (MPa)	温度 (℃)															
					-30	-40	75	100	150	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	
ボイラ及び圧力容器用クロム モリブデン鋼鋼板 JIS G 4109(2003)		SCMV1	380	225	216	209	200	192	189	188	183	180	179	175	172	168	165			
			480	315	282	267	253	249	246	243	238	231	226	220	213	210	204			
			380	225	216	209	200	192	189	186	183	180	178	175	172	168	165			
			450	275	262	253	242	233	229	226	222	219	215	212	208	204	199			
			410	235	228	222	212	204	201	197	194	191	188	185	181	178	174			
			520	315	294	284	272	262	258	253	249	246	242	238	233	229	224			
			410	205	205	197	191	186	185	184	184	184	184	184	184	184	184			
			520	315	293	283	270	265	261	258	255	253	250	247	245	241	236			
			410	205	205	197	191	186	185	185	185	185	185	185	185	185	184			
			520	315	293	283	270	265	261	258	255	253	250	247	245	241	236			
			410	205	205	193	188	178	178	177	176	175	173	171	169	164	160			
			520	315	290	279	271	267	266	265	264	262	260	256	252	246	239			
			ステンレス鋼種 JIS G 4303(1998)		SUS304	520	205	183	171	155	144	139	135	131	127	125	124	122	119	116
						480	175	155	145	131	122	118	114	111	109	106	104	103	101	99
						520	205	187	176	161	149	144	139	135	131	128	127	125	123	122
						480	175	154	143	130	120	116	111	108	105	103	100	98	96	94
520	205	185				173	156	143	138	133	130	127	125	123	121	120	119			
520	205	195				188	177	166	161	157	153	150	147	144	142	141	140			
590	360	287				262	254	246	243	240	237	233	230	228	227	226	223			
540	345	267				262	254	246	243	240	237	233	230	228	227	226	223			
1000	860	818				793	763	739	729	718	709	701	692	685	678	668	655			
930	725	687				666	640	621	612	603	595	588	582	575	568	559	550			
熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼棒 JIS G 4304(1998)		SUS304	520	205	183	171	155	144	139	135	131	127	125	124	122	119	116			
			480	175	155	145	131	122	118	114	111	109	106	104	103	101	99			
			520	205	187	176	161	149	144	139	135	131	128	127	125	123	122			
			480	175	154	143	130	120	116	111	108	105	103	100	98	96	94			
			520	205	185	173	156	143	138	133	130	127	125	123	121	120	119			
520	205	195	188	177	166	161	157	153	150	147	144	142	141	140						

I-付録図表-78

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

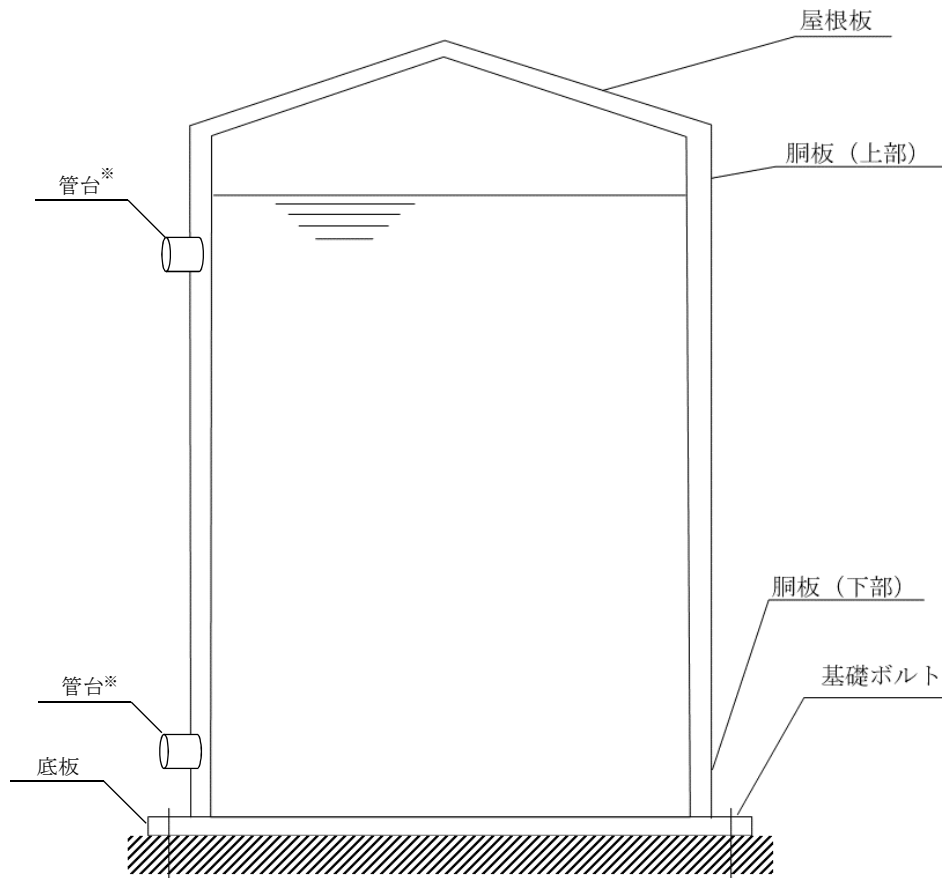
降下火砕物等堆積時における構造強度設計では、施設毎に評価部位を網羅的に抽出している。

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 ^{※3}	評価対象部位の選定の考え方
電動機フレーム ^{※1}	構造強度評価を実施。
外扇カバー ^{※4}	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 ^{※2} に比べて小さな断面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 ^{※5}	
吐出しエルボ ^{※6}	

※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。

※4 外扇カバーには降下火砕物、積雪、風、自重が作用するが、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ため、電動機フレームの方が厳しい傾向の評価結果となる。

※5 電動機支え台の断面は、電動機フレームの断面と比べて大きくなるように設計しており、荷重を負担する面積が広いいため、電動機フレームの方が厳しい傾向の評価結果となる。

※6 吐出しエルボの断面は、電動機フレームの断面と比べて大きくなるように設計しており、荷重を負担する面積が広いいため、電動機フレームの方が厳しい傾向の評価結果となる。

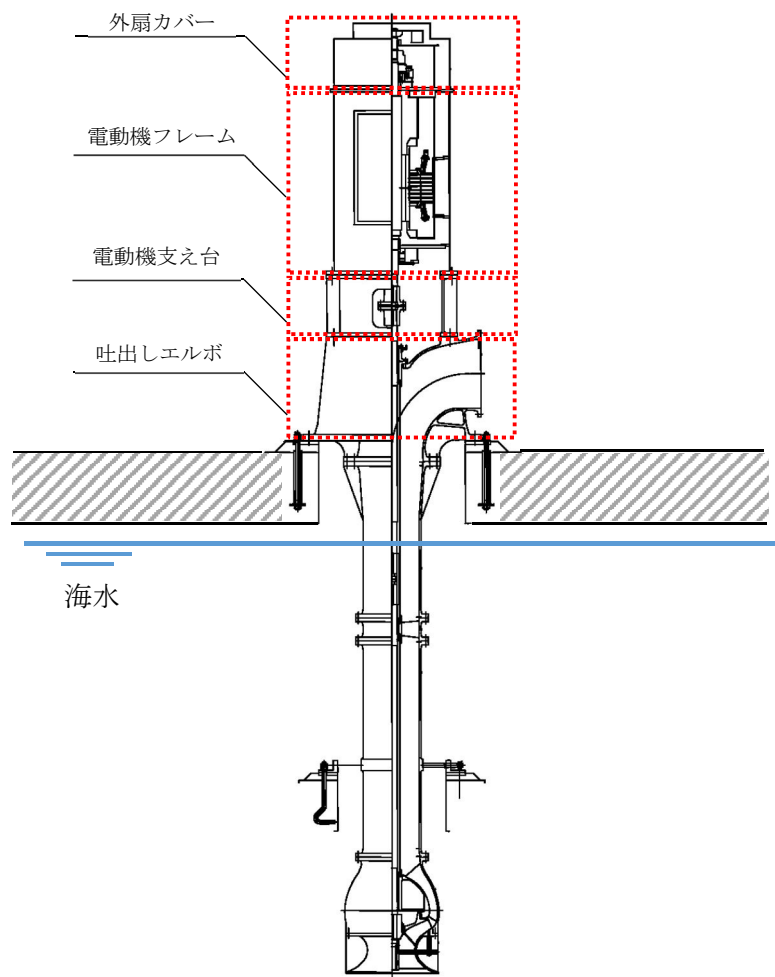


図2 海水ポンプの概略図

(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 ²)	20,400 (N/m ²)
大飯3, 4号機	Ss-1	55,566 (N/m ²)	43,500 (N/m ²)
高浜1, 2号機	Ss-1	18,944 (N/m ²)	18,800 (N/m ²)
高浜3, 4号機	Ss-7	44,649 (N/m ²)	42,300 (N/m ²)

※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^{※1}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、

σ_{wc} : 圧縮応力度 (N/mm²)

W_w : 基礎直上の耐震壁が負担する重量^{※1} (N)

※1: 積雪荷重は、質点重量が地震時の積雪荷重(1,050N/m²)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/m²)を考慮するため、差分(1,950N/m²)を加える。

A_w : 基礎直上の耐震壁の軸断面積(mm²)

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) ^{※2}	圧縮応力度 0.982N/mm ²	短期許容圧縮応力度 11.8N/mm ²	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、

σ_{sc} : 圧縮応力度 (N/mm²)

W_s : 柱が負担する重量 (N)

A_s : 柱の断面積 (mm²)

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 ²	短期許容圧縮応力度 196N/mm ²	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、

σ_n : 圧縮応力度 (N/mm²)

σ_{n0} : 設計時長期荷重により生じる圧縮応力度 (N/mm²)

W_v : 降下火砕物堆積時における鉛直荷重 (N/m²)

W_0 : 設計時長期荷重 (N/m²)

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 ²)	積雪荷重 (N/m ²)	降下火砕物堆 積による荷重 (N/m ²)	鉛直加速度 (m/s ²)	鉛直荷重 の和 ^{※7} (N/m ²)
美浜 3 号機 燃料取扱建屋 ^{※1}	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 ^{※2}	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 ^{※3}	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 ^{※4}	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 ^{※5}	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 ^{※6}	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 ²	短期許容圧縮応力度 226N/mm ²	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/mm²)

A_B : 高力ボルトの軸断面積(mm²)

n : せん断面数

Q_P : プレーートの短期許容せん断力(N)

A_P : プレーートの正味断面積(mm²)

f_s : プレーートの短期許容せん断応力度(N/mm²)

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

最新の気象データについて

1. はじめに

- ・今回のDNP設工認では、降下火砕物に対する荷重に対する構造強度評価を行っているが、その際、火山事象以外の事象（積雪・風）による荷重を組み合わせた評価を行っている。この際、想定する気象条件としては、新規制適合時の設置許可で設定した条件を用いている。
- ・本資料では、新規制適合時の設置許可で設定した条件が、最新の気象データを踏まえても問題ないことを説明する。

2. 最新の気象データ

- ・当社では、設置許可段階で、申請時の最新の気象データを確認した上で、設計で考慮する条件を設定し、許可を頂いている。
- ・設工認段階では、設置許可で設定した条件に対して詳細設計を行い、各自然現象に耐えられる設計を行うこととしている。
- ・なお、安全性向上評価の届出(至近の例：高浜発電所3号機 第3回 安全性向上評価届出 (2021.10.6 届出))の中で、最新の気象データを確認し、新規制適合時の設置許可で設定した条件が問題ないことを確認することとしており、実際に、別紙1に示すとおり、新規制適合時の設置許可で設定した条件を超えるような気象条件は確認されておらず、今回のDNP設工認では、新規制適合時の設置許可で設定した条件を用いて評価を行うことで問題ない。

【高浜発電所3号機 第3回 安全性向上評価届出（2021.10.6届出）】（抜粋）

うこととしている。

(3) 確認結果

評価の実施時点において、(1)項の規格・基準に新たに反映すべき知見はなく、(2)項のとおり、溢水評価への影響の確認及び溢水評価上の管理値について更新管理を行っていることから、安全評価の前提となっている内部溢水に係る設置変更許可の内容を見直しする必要はない。

3.1.1.3.2 外部事象に係る評価

3.1.1.3.2.1 自然現象

(1) 地震

「2.2.2.2(1) f. 国際機関及び国内外の学会等の情報（自然現象に関する情報）」に示すとおり、評価期間において、自然現象に関する反映が必要な新知見情報には、地震に関するものではなく、設計上考慮している地震について見直しをする必要がないことを確認した。

(2) 津波

「2.2.2.2(1) f. 国際機関及び国内外の学会等の情報（自然現象に関する情報）」に示すとおり、評価期間において、自然現象に関する反映が必要な新知見情報には、津波に関するものはないが、評価期間中に津波警報等が発表されない可能性のある津波への対応として、第1.1.1.2表に示すとおり、隠岐トラフ海底地すべりを波源とする津波を基準津波として追加し、安全施設はこれに対し、津波防護施設や浸水防止設備等により安全機能を損なわない設計とすることで設置変更許可をいただいた。

(3) 風（台風）

最寄の気象官署（舞鶴特別地域気象観測所）の観測記録により、評価期間における最大瞬間風速は、設置変更許可申請書に記載の51.9m/s（2004年10月20日）を越えていないことを確認した。

(4) 竜巻

「2.2.2.2(1) f. 国際機関及び国内外の学会等の情報（自然現象に関する情報）」に示すとおり、評価期間において、自然現象に関する反映が必要な新知見情報には、竜巻に関するものはなく、設計上考慮している竜巻について見直しをする必要がないことを確認した。

(5) 凍結

最寄の気象官署（舞鶴特別地域気象観測所）の観測記録により、評価期間における最低気温は、設置変更許可申請書に記載の -8.8°C （1977年2月16日）を下まわらないことを確認した。

(6) 降水

最寄の気象官署（舞鶴特別地域気象観測所）の観測記録により、評価期間における日最大1時間降水量は、設置変更許可申請書に記載の80.2mm（1957年7月16日）を超えていないことを確認した。

(7) 積雪

最寄の気象官署（舞鶴特別地域気象観測所）の観測記録により、評価期間における積雪深さの月最大値は、設置変更許可申請書に記載の87cm（2012年2月2日）を超えていないことを確認した。

(8) 地滑り

想定される地滑りの設定根拠となっている文献を以下に示す。これらについては、変更がなく、設置変更許可の内容を変更する必要がないことを確認した。

- a. 地すべり地形分布図（独立行政法人防災科学技術研究所発行）
- b. 土砂災害危険箇所図（国土交通省国土政策局発行）

(9) 火山の影響

「2.2.2.2(1) f. 国際機関及び国内外の学会等の情報（自然現象に関する情報）」に示すとおり、評価期間において、自然現象に

関する反映が必要な新知見情報には、火山に関するものはないが、評価期間中に大山火山の大山生竹テフラの噴出規模見直しへの対応として発電所の敷地において考慮する最大層厚を変更し、防護すべき安全施設が降下火砕物により安全機能を損なわない設計とする設置変更許可を申請中である。

(10) 生物学的事象

評価期間において、発電所の運転や安全性に影響を与えるような事象はなく、海生生物の来襲の想定に変更がないことから、設計上考慮している生物学的事象について、評価条件及び評価方針等の見直しをする必要がないことを確認した。

(11) 森林火災

防火帯外周の植生調査の結果、評価期間において、森林火災の解析に必要な入力データに変更がないことを確認した。

(12) 高潮

最寄の検潮所（舞鶴検潮所）の観測記録により、評価期間における最高潮位は、最新の設置変更許可申請書添付六に記載の T.P.（東京湾平均海面）+0.93m（1998年9月22日）を超えていないことを確認した。なお、舞鶴検潮所の過去最高潮位については、3分間平均値を用いた見直しが実施されたことにより、T.P.+1.02m（1998年9月22日）に変更されているが、安全施設は、敷地高さ（T.P.+3.5m以上）に設置し、津波防護施設や浸水防止設備等により安全機能を損なわない設計としているため、設計上考慮している内容を見直す必要がないことを確認した。

(13) 安全解析に使用する気象条件

安全解析は、敷地において観測した2006年1月から2006年12月までの1年間の気象資料を用いて実施していることから、安全解析に使用した気象資料が最近の気象状態と比較して特に異常でないかどうかの検討を行った。

風向出現頻度及び風速出現頻度について、敷地内観測点Aの

標高約 81m における 10 年間（2010 年 1 月～2019 年 12 月）の資料により検定を行った。検定法は、不良標本の棄却に関する F 分布検定の手順に従った。

その結果、有意水準 5%で棄却された項目は 27 項目中 5 項目であり、安全解析に使用した気象資料は最近の気象状態と比較して同等と判断できない。

そこで、最近の気象状態と比較して同等と判断された最新の 2019 年 1 月～2019 年 12 月の気象資料を用いて、設計基準事故時の被ばく線量評価を実施した結果を以下に示す。全ての事象において、判断基準の 5mSv を下回ることを確認した。

表 設計基準事故時の被ばく線量評価結果

設計基準事故名	実効線量(mSv)	
	2006 年気象	2019 年気象
放射性気体廃棄物処理施設の破損	約 1.4	約 1.5
蒸気発生器伝熱管破損	約 2.8	約 3.1
燃料集合体の落下	約 0.030	約 0.038
原子炉冷却材喪失	約 0.27	約 0.28
制御棒飛び出し	約 0.079	約 0.084

一方、平常運転時の線量目標値との比較を行った線量評価地点における気体廃棄物の希ガスの γ 線からの外部被ばくによる実効線量、液体廃棄物中の放射性物質（よう素を除く）の摂取に伴う内部被ばくによる実効線量及びよう素の摂取に伴う内部被ばくによる実効線量は、それぞれ約 $11 \mu\text{Sv/y}$ 、約 $2.1 \mu\text{Sv/y}$ 、約 $1.5 \mu\text{Sv/y}$ で、合計は約 $14 \mu\text{Sv/y}$ であり、線量目標値 $50 \mu\text{Sv/y}$ を下回ることを確認した。

なお、設置許可申請書の添付書類六に記載の気象資料の更新については、添付書類九、添付書類十に記載の被ばく評価（設計基準事故時・平常運転時）の内容の見直しを伴う設置変更許

可申請案件があった際に実施する。

3.1.1.3.2.2 外部人為事象

(1) 飛来物（航空機落下）

「航空路誌」（2020年10月8日国土交通省航空局）、「航空機落下事故に関するデータ」（2021年2月原子力規制委員会）及び「航空輸送統計年報」（2020年6月国土交通省総合政策局）を確認した結果、評価時点において、航空機落下確率評価の前提となっている航空路、航空機落下事故データ及び飛行距離データのうち、航空路に係る航空交通量、航空機落下事故データ及び飛行距離データを更新した。航空機落下確率を再評価した結果、別紙 3.1.1.3.2.2-1 のとおり既評価及び判断基準値を下回ることを確認した。

(2) 爆発

発電所敷地外 10km 以内の範囲において、石油コンビナート施設及び石油コンビナート施設に相当する産業施設が建設されていないことから、評価期間において、防護対象施設への影響を再評価する必要がないことを確認した。

(3) 近隣工場等の火災

a. 石油コンビナート等の施設の火災

発電所敷地外 10km 以内の範囲において、石油コンビナート施設及び石油コンビナート施設に相当する産業施設が建設されていないことから、評価期間において、防護対象施設への影響を再評価する必要がないことを確認した。

b. 発電所敷地内に存在する危険物タンクの火災

発電所敷地内に存在する危険物タンクの新設、仕様変更及び移設がなかったことから、評価期間において、防護対象施設への影響を再評価する必要がないことを確認した。

c. 航空機墜落による火災

「航空機落下事故に関するデータ」及び対象となる航空路