

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 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 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

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工認では、他の建屋との整合性も踏まえ、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。

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。

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。既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、既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、既認可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

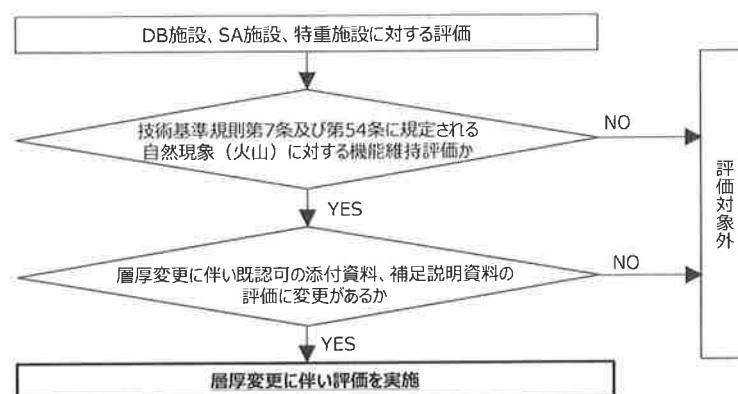


図 1 設工認で評価を実施する施設の選定

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、設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、設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、設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、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、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、直ちに腐食により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。
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	①(屋内)	③	③	③
安全保護系計装盤	①(屋内)	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
 ①: 影響因子として確認が不要(不要とする理由)
 ②: 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)
 ③: 腐食があっても、機能に有意な影響を受けにくい
 ④: 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、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、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、火山灰の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されている。また、フィルタより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防止できると評価している。 ⇒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。	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詰り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
海水ストレーナ	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い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いと評価している。 ⇒DNP設置許可段階では、火山灰の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、安全補機閉塞系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い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。

○: 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
※: 既許可で竣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

及び附属設備への影響評価を行う。

なお、上記の内容については、平成27年2月12日付け原規規発第1502121号をもって設置変更許可を受けた高浜3,4号炉の新規制基準適合性審査にて平成27年2月2日に提出した「高浜3,4号炉設置許可基準規則等への適合性について（設計基準対象施設等）」のうち「第6条：外部からの衝撃による損傷の防止（火山）」（以下、既提出資料という。）から変更がないため、既提出資料のうち「1.1 概要」に同じ。

2.2 評価条件の設定

影響評価に用いる条件は、敷地周辺の地質調査結果に文献調査結果も参考にして、表1.1のとおり、堆積厚さ27cm、粒径1mm以下、密度0.7g/cm³（乾燥状態）～1.5g/cm³（湿潤状態）として、火山灰の特性を設定した。

表 1.1 火山灰の特性

項目	条件	設定根拠
堆積厚さ	27cm	文献調査、地質調査及び降下火砕物シミュレーション結果を踏まえ、給源から越畑地点及び各発電所までの距離をもとに設定
粒径	1mm 以下	津波堆積物調査で得られた火山灰の粒度試験結果から設定
密度	乾燥状態 湿潤状態 0.7g/cm ³ ～ 1.5g/cm ³	津波堆積物調査結果、文献調査結果から設定

なお、火山灰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、火山灰、風（台風）及び積雪による組合せを考慮する。

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。

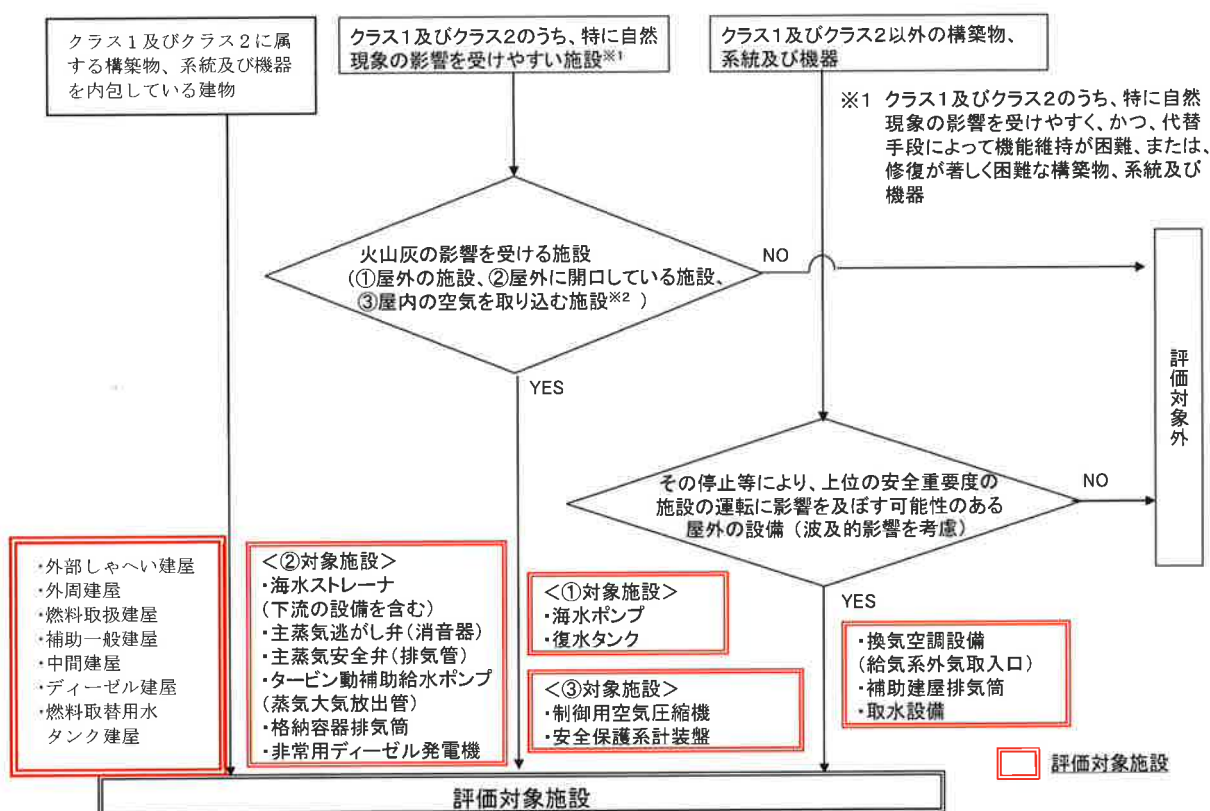
また、クラス1及びクラス2に属する構築物、系統及び機器を内包してい

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。



※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。

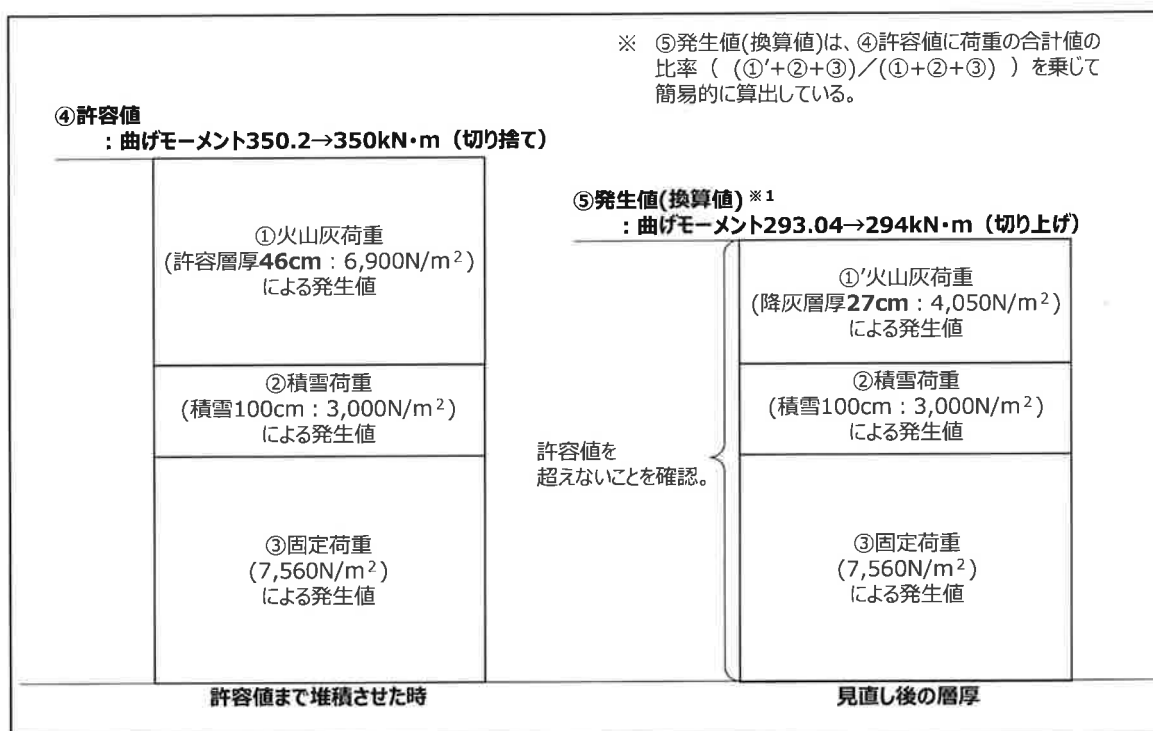


図-1 発生値の換算方法の概要図 (燃料取扱建屋の例)

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。

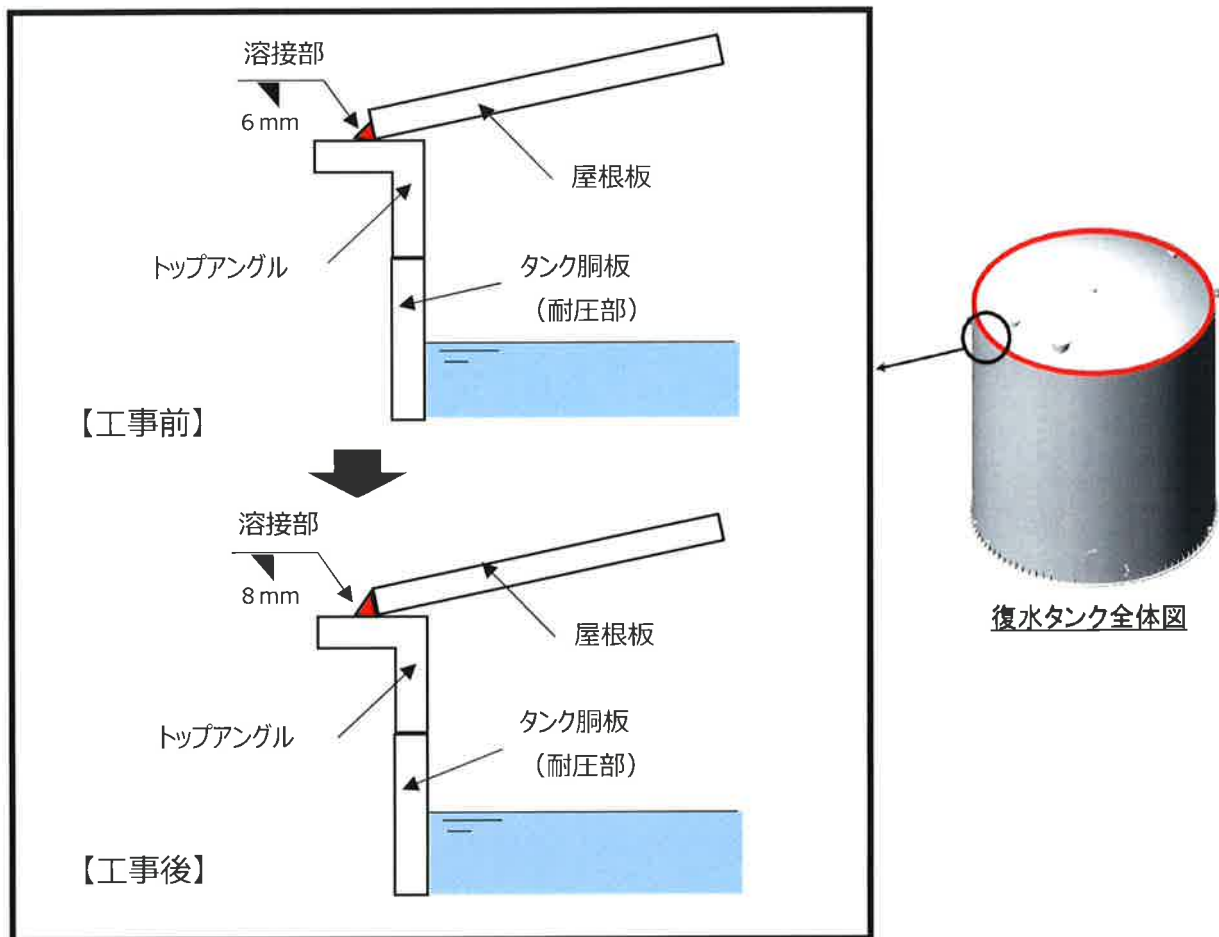


図1 復水タンク屋根板溶接補強の概要図

【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。

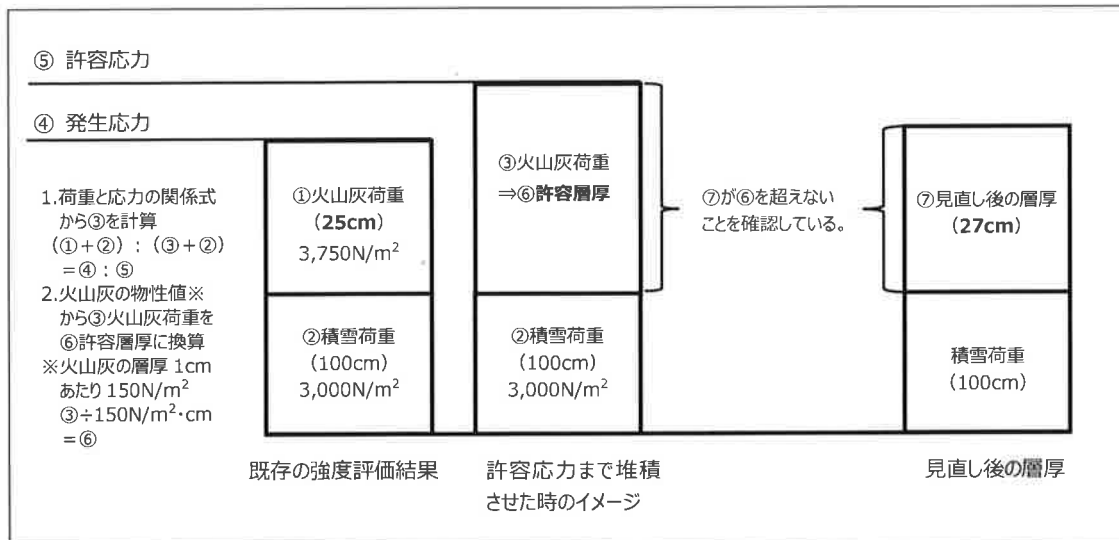
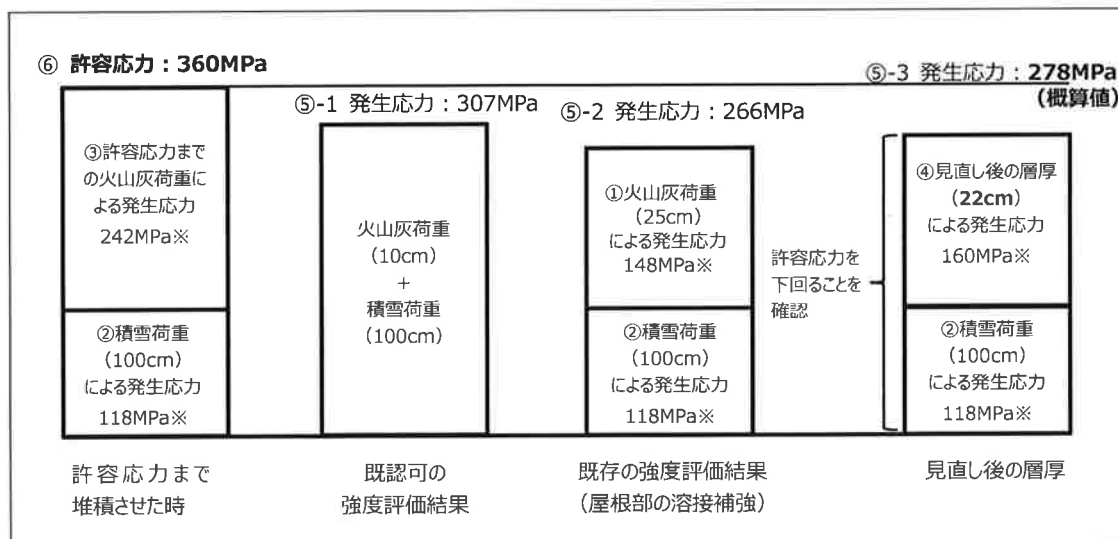


図2 成立性確認の概要図（許容層厚）



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

② 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。

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

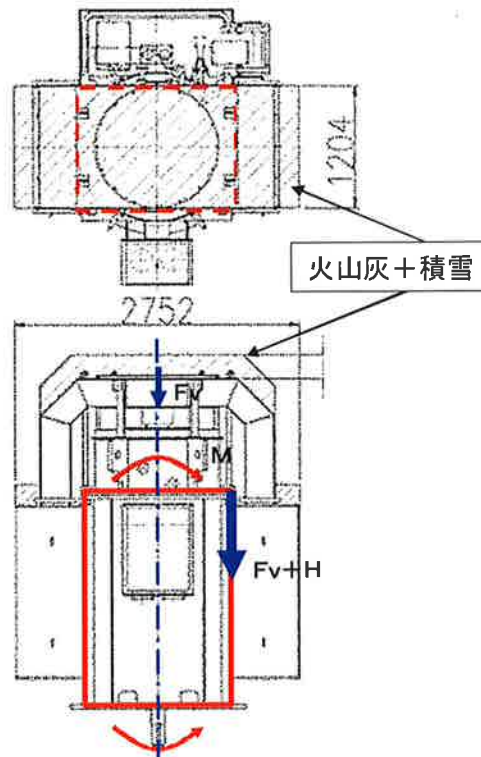


図1 海水ポンプモータフレーム構造

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。

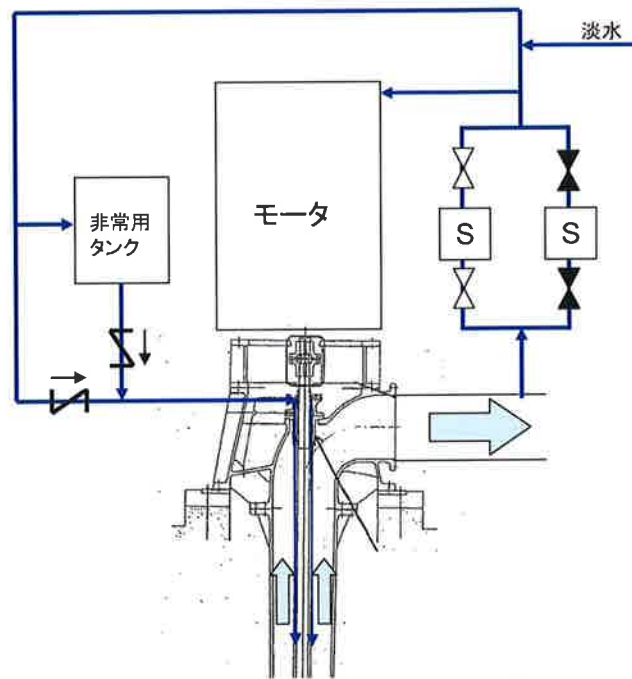


図2 海水ポンプ軸受潤滑水系統概略図

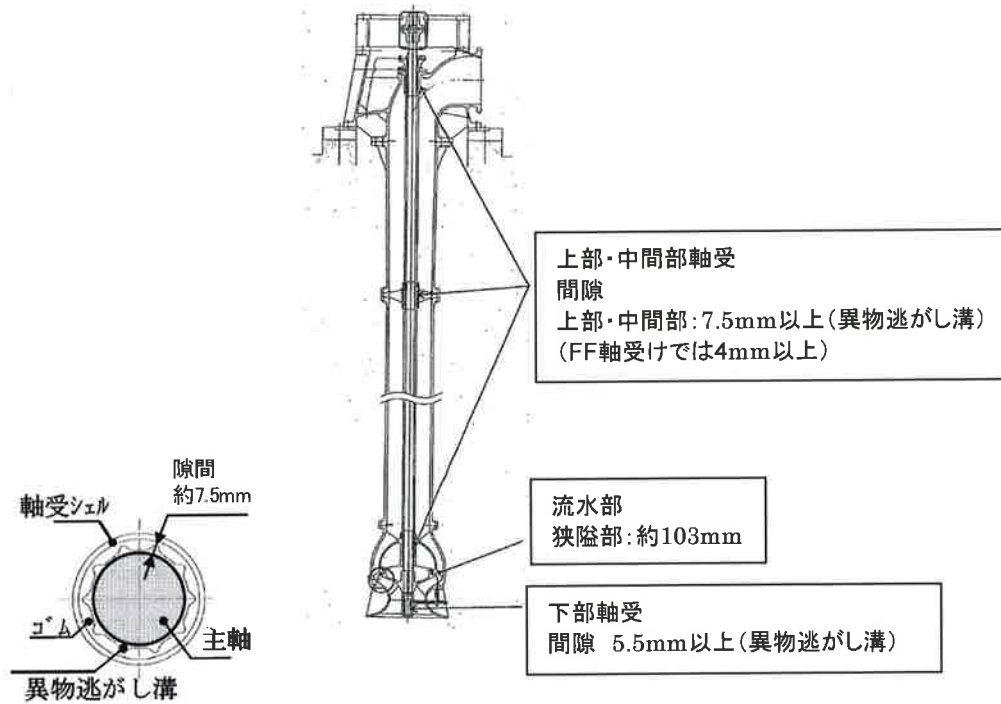


図3 海水ポンプ軸受構造図

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。

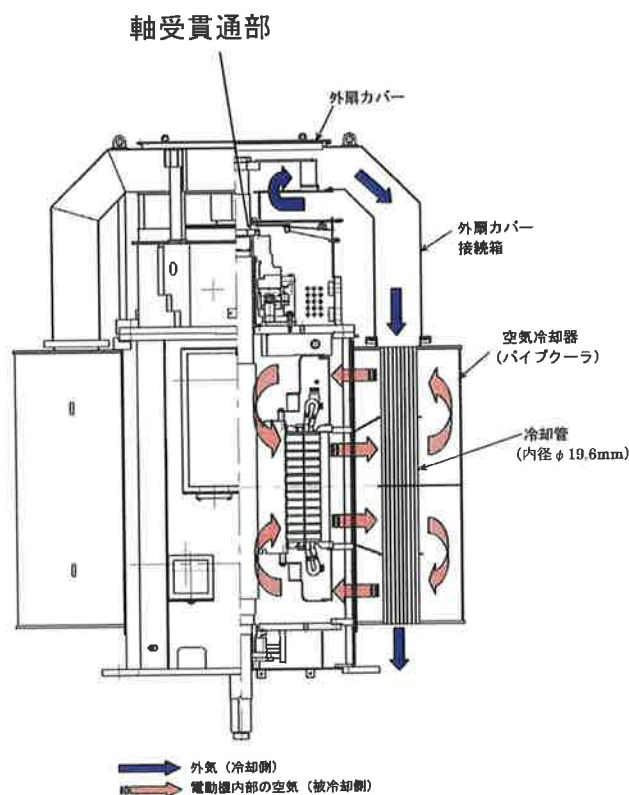


図4 海水ポンプモータの冷却方式

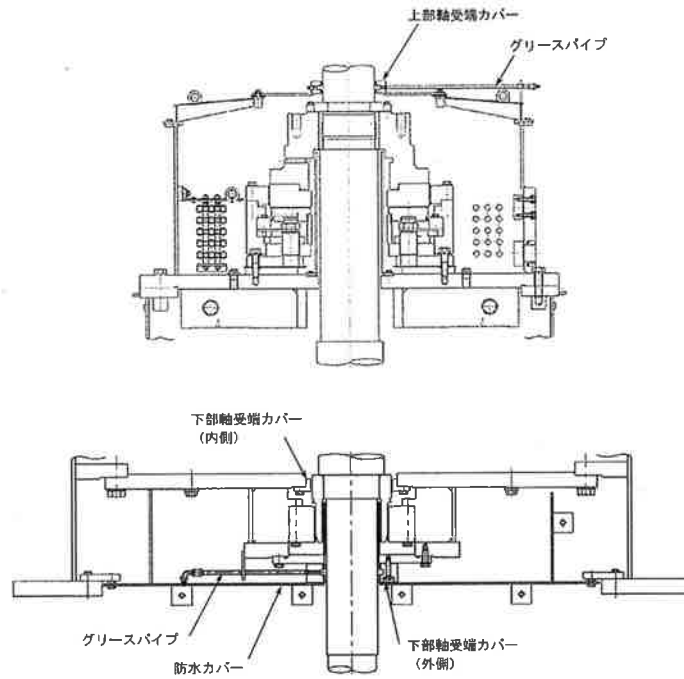


図5 海水ポンプモータの軸受シール方式

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

② 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。

(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。

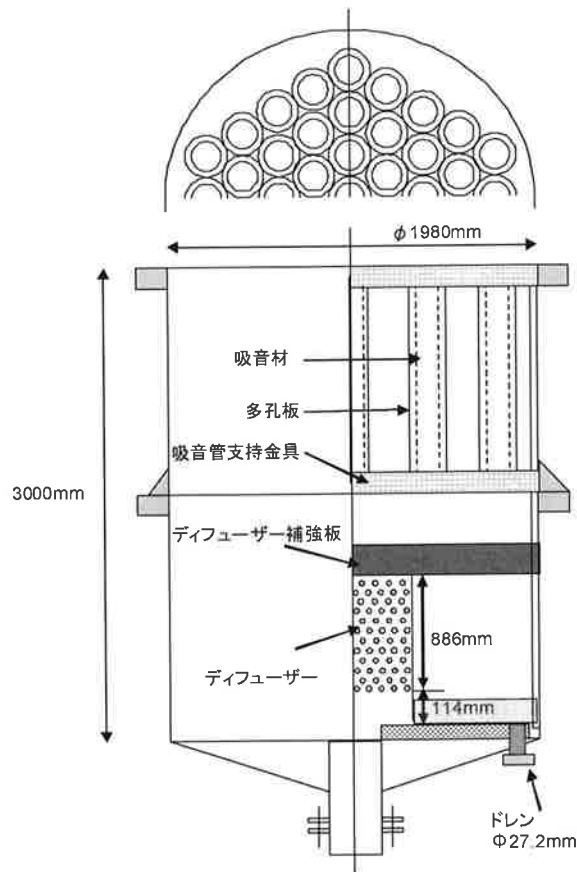


図1 主蒸気逃がし弁消音器の構造図

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。

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

主蒸気逃がし弁の噴出力は、クールダウン末期の 177°C 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。

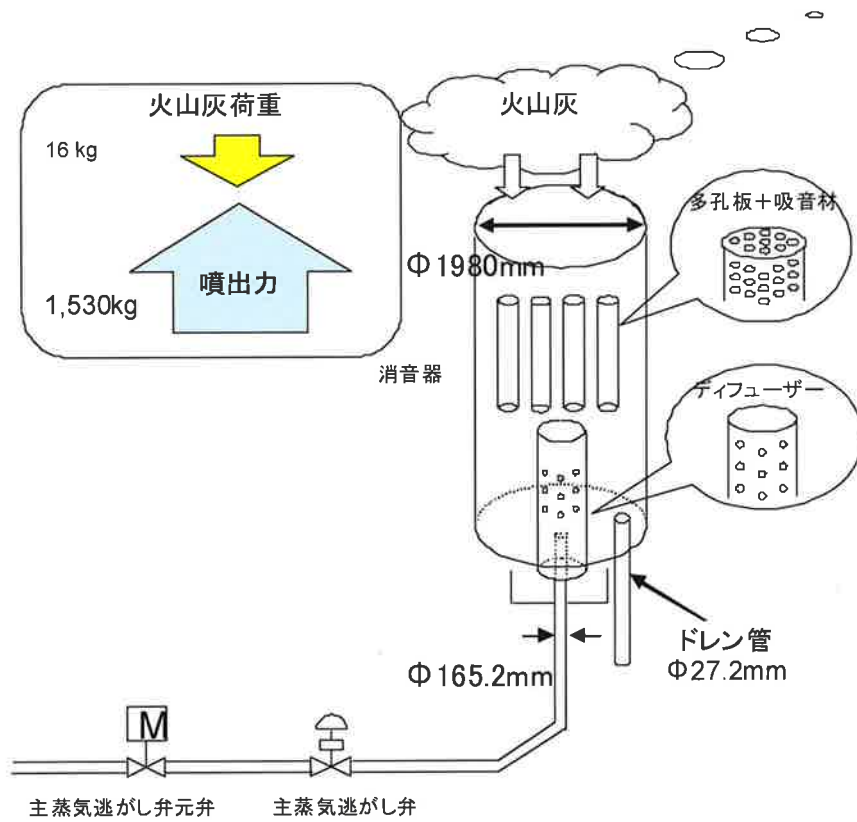


図2 主蒸気逃がし弁出口配管形状および消音器の構造

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。

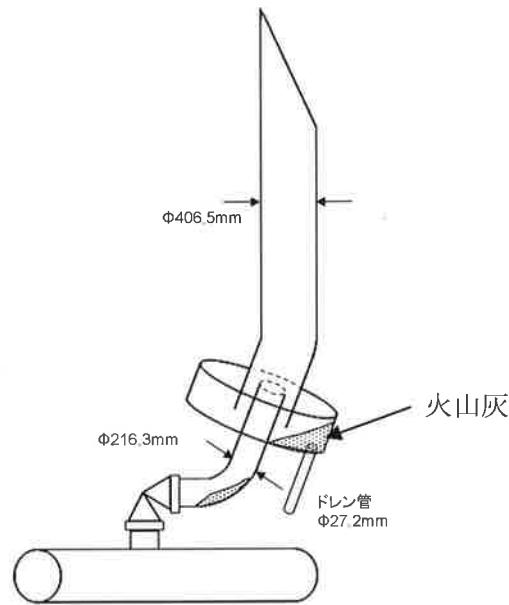


図1 主蒸気安全弁排気管の構造図

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。

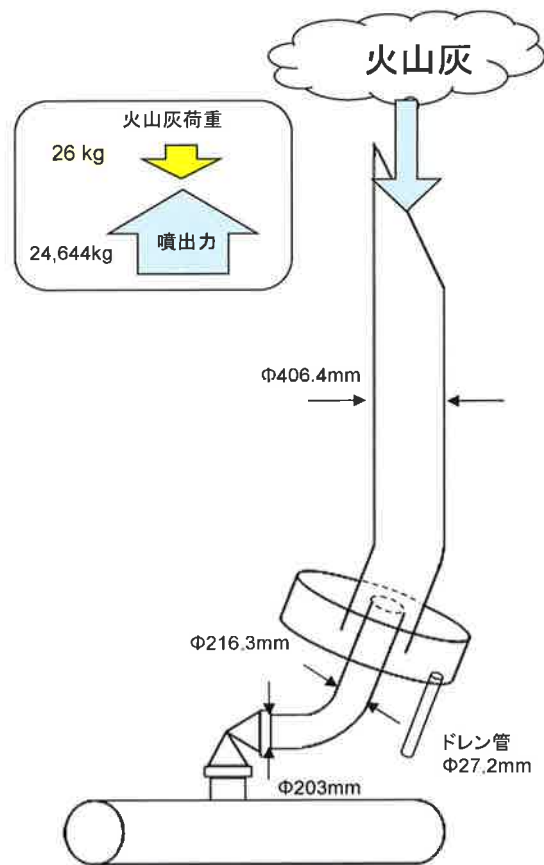


図2 主蒸気安全弁出口配管および排気管の構造



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。



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

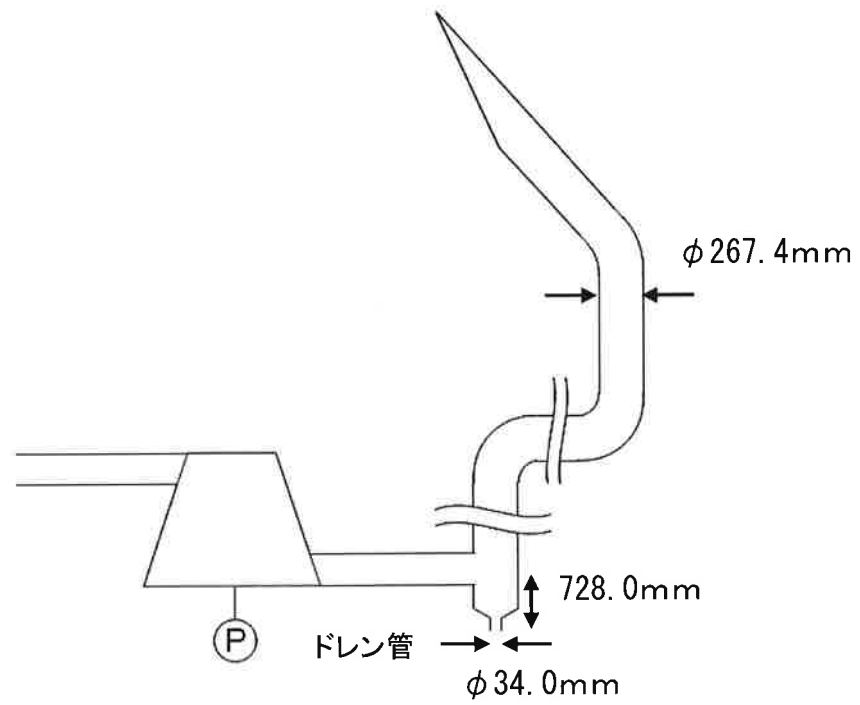


図2 タービン動補助給水ポンプ蒸気大気放出管の構造

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

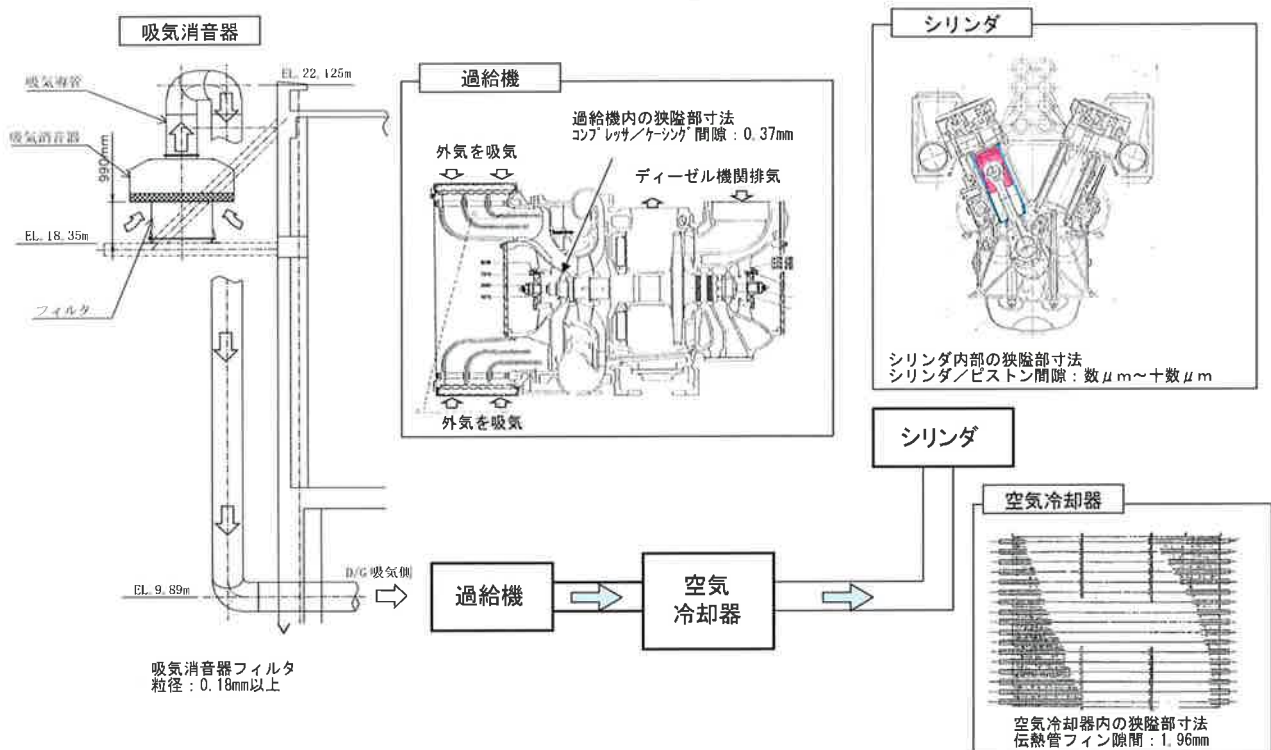


図1 非常用ディーゼル機関の吸入空気の流れ

(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、地上面から約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。

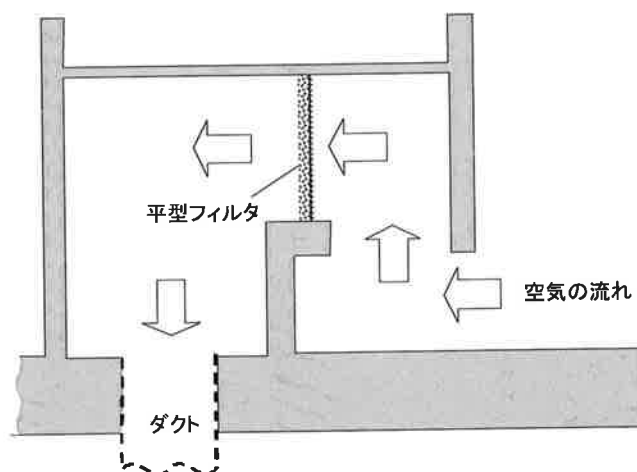


図1 中央制御室外気取入口の空気の流れ

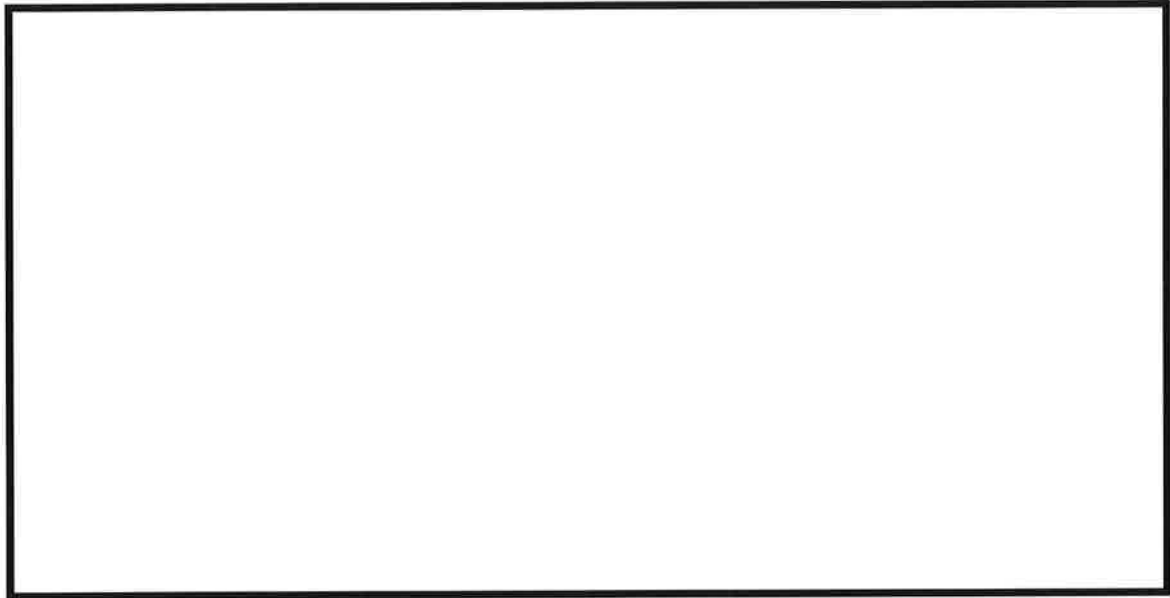


図2 換気空調設備の外気取入口へのアクセス例

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

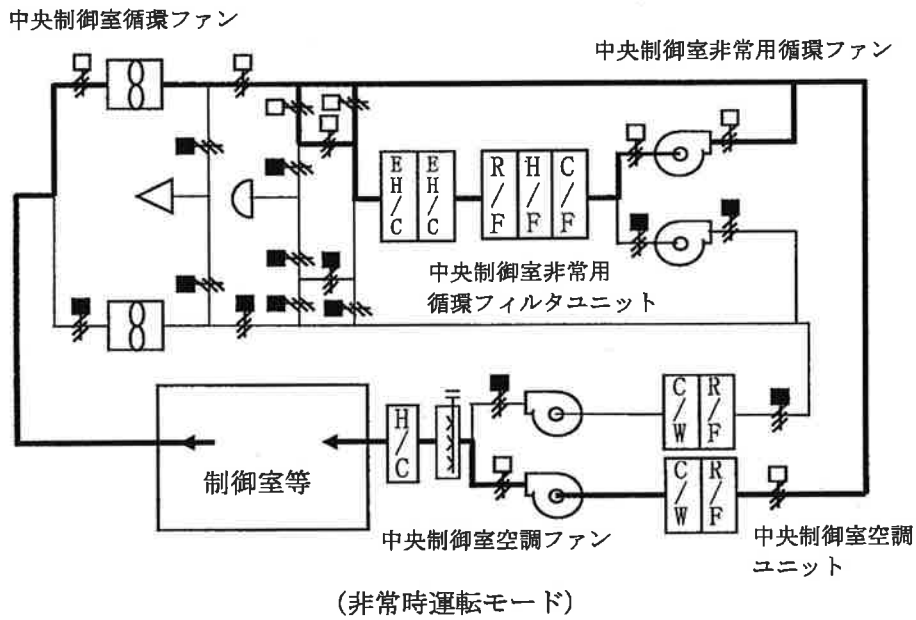
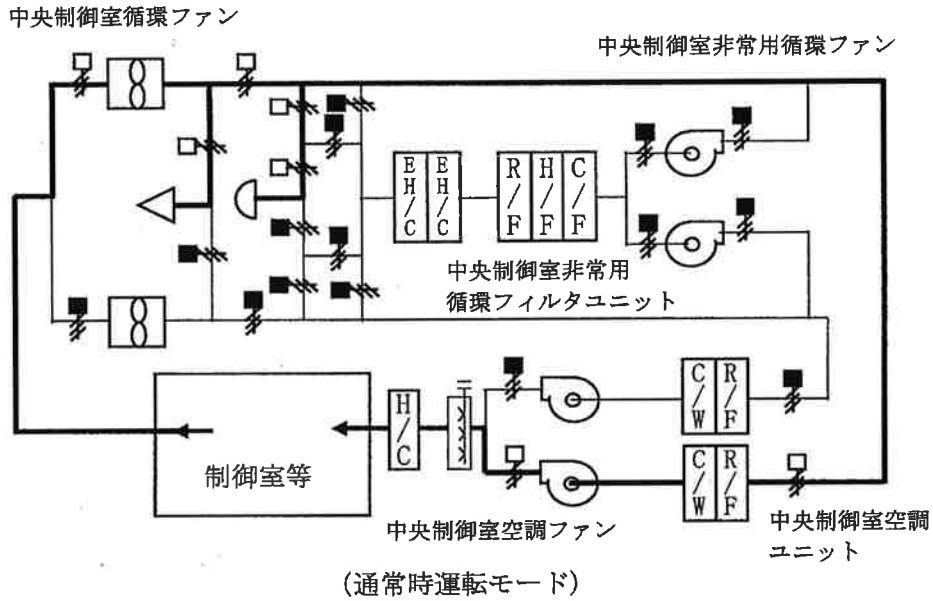
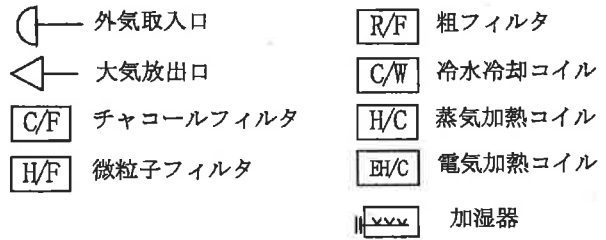
「空気調和・衛生工学便覧 空調設備篇」に基づき、炭酸ガス濃度は表2のとおり 66 時間外気取入れを遮断したままでも、中央制御室内に滞在する運転員の操作環境に影響を与えないことを確認した。

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 $1,500\text{kg/m}^3$ (1.5g/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)

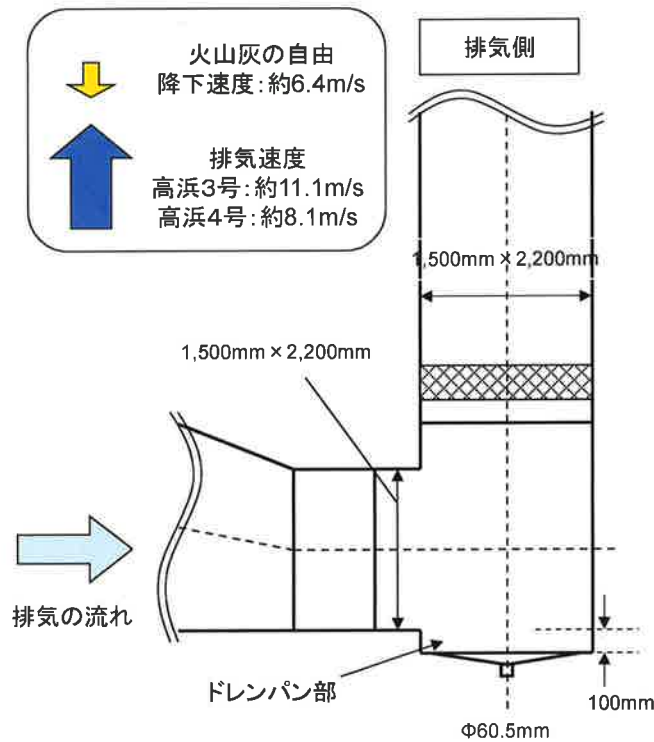


図1 格納容器排気筒曲がり部の構造（高浜3号炉）

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。

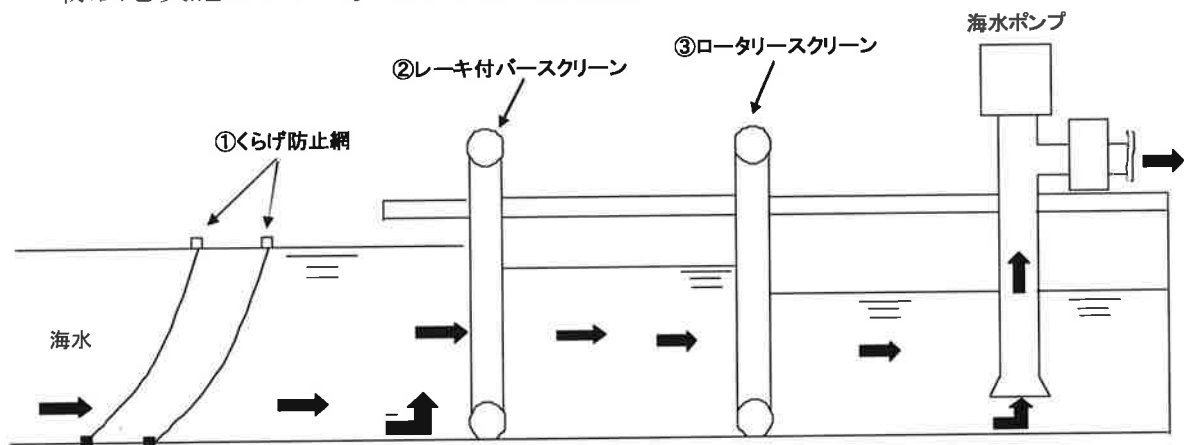


図 1 取水設備の構成

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：1mm 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 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－13」に同じ。

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

既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。既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、既認可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はない。**

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2に、保安規定の当該箇所を別紙3に、社内マニュアルの当該箇所を別紙4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5参照)

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6参照)

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7参照)

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8参照)

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9参照)

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10参照)

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 (H24)」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

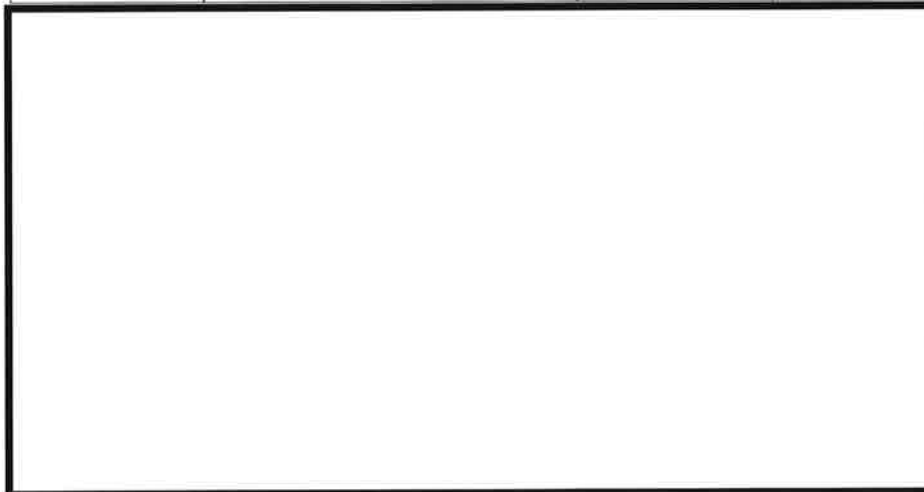


図 高浜原子力発電所の平面図

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

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</p> <p>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、万が一、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</p> <p>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>

【平成 27 年 8 月 4 日認可 原規規発第 1508041 号】

- 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、外気取入ダンパの閉止、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。
- (7) 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。
- (4) 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。
- (7) 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。
- (I) 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。

- (7) 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況確認を行い、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認するため、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認する。
- (ハ) 防潮堤の中に早期に復旧可能なアクセスルートを確認する。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認する。
- (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。

- (ア) 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

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)、アクセスルー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日を目処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、アクセスルートについては、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。 	—	<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、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"> ・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"> ・安全・防災室課長(SA/DB)(※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/DB)(※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Gr(※2)へ連絡する。 ・安全・防災室課長(SA/DB)(※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。 	—

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（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

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

$$= 8.02\text{m} \approx 8.0\text{m}$$

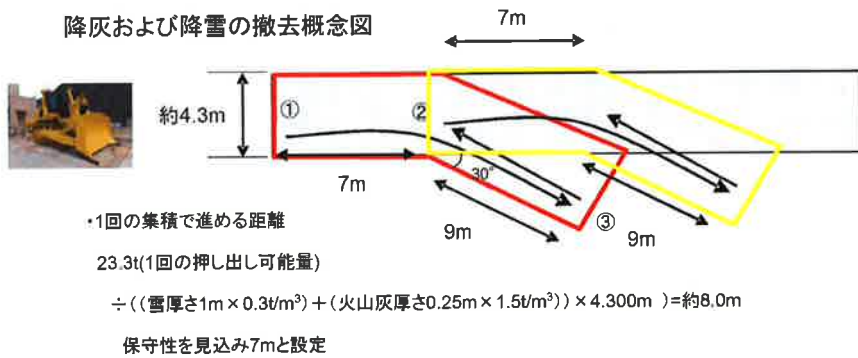
- ・1サイクル当りの作業時間は、1速の走行速度（60 m/min）で作業を実施すると仮定する。

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

B : ギア切り替え : 0.1min

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

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



(4) 降灰及び降雪除去速度

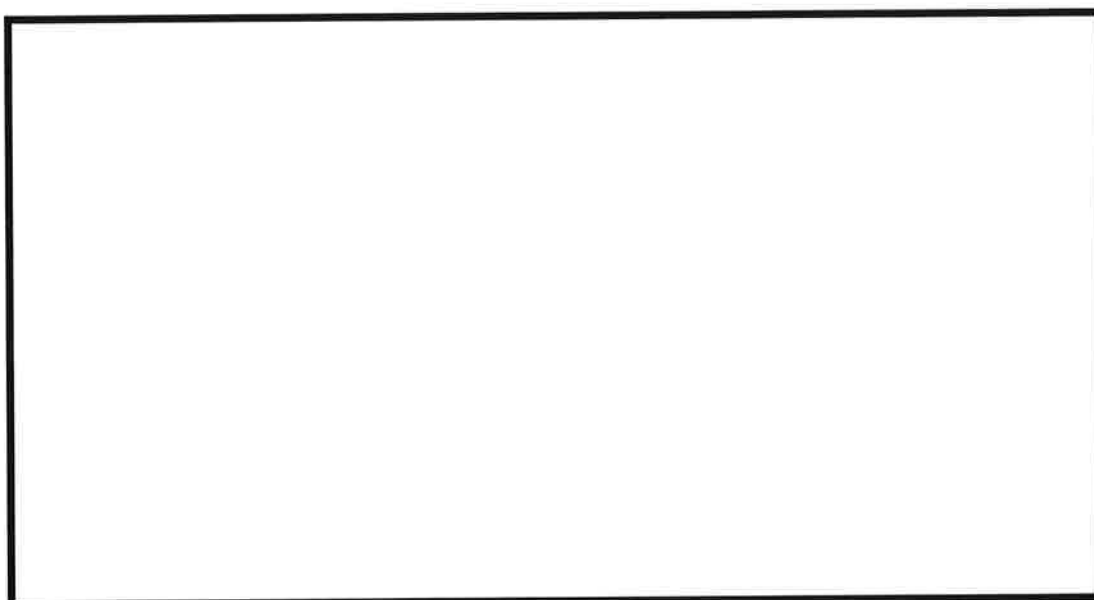
1サイクル当りの除去延長 ÷ 1サイクル当りの除去時間
 $= 7\text{m} \div 0.59\text{min} = 0.711\text{km/h} \approx 0.7\text{km/h}$

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

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>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 変更なし</p>

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

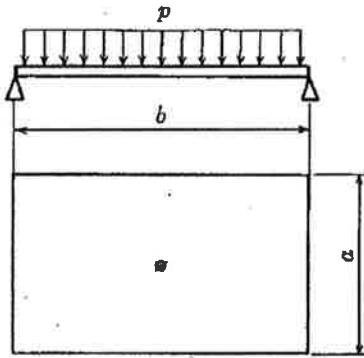


図 4 辺支持平板の評価モデル

 : 評価範囲

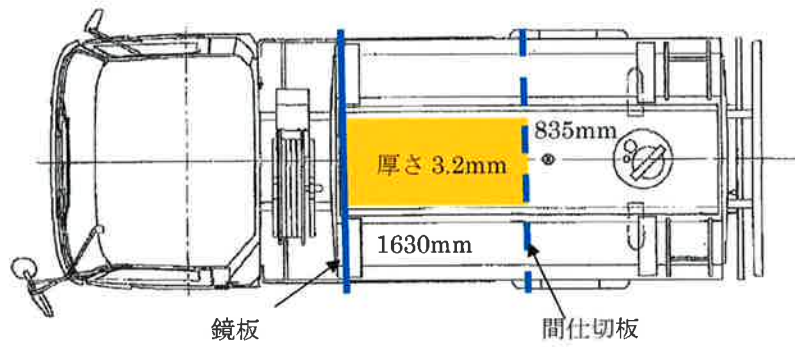


図 評価対象範囲

以上

(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係課長は、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、電気係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) 機械係課長は、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

及び附属設備への影響評価を行う。

なお、上記の内容については、平成 27 年 2 月 12 日付け原規規発第 1502121 号をもって設置変更許可を受けた高浜 3, 4 号炉の新規制基準適合性審査にて平成 27 年 2 月 2 日に提出した「高浜 3, 4 号炉設置許可基準規則等への適合性について（設計基準対象施設等）」のうち「第 6 条：外部からの衝撃による損傷の防止（火山）」（以下、既提出資料という。）から変更がないため、既提出資料のうち「1.1 概要」に同じ。

2.2 評価条件の設定

影響評価に用いる条件は、敷地周辺の地質調査結果に文献調査結果も参考にして、表 1.1 のとおり、堆積厚さ 27cm、粒径 1mm 以下、密度 0.7g/cm³（乾燥状態）～1.5g/cm³（湿潤状態）として、火山灰の特性を設定した。

表 1.1 火山灰の特性

項目	条件	設定根拠
堆積厚さ	27cm	文献調査、地質調査及び降下火砕物シミュレーション結果を踏まえ、給源から越畑地点及び各発電所までの距離をもとに設定
粒径	1mm 以下	津波堆積物調査で得られた火山灰の粒度試験結果から設定
密度	乾燥状態 湿潤状態 0.7g/cm ³ ～ 1.5g/cm ³	津波堆積物調査結果、文献調査結果から設定

なお、火山灰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、火山灰、風（台風）及び積雪による組合せを考慮する。

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。

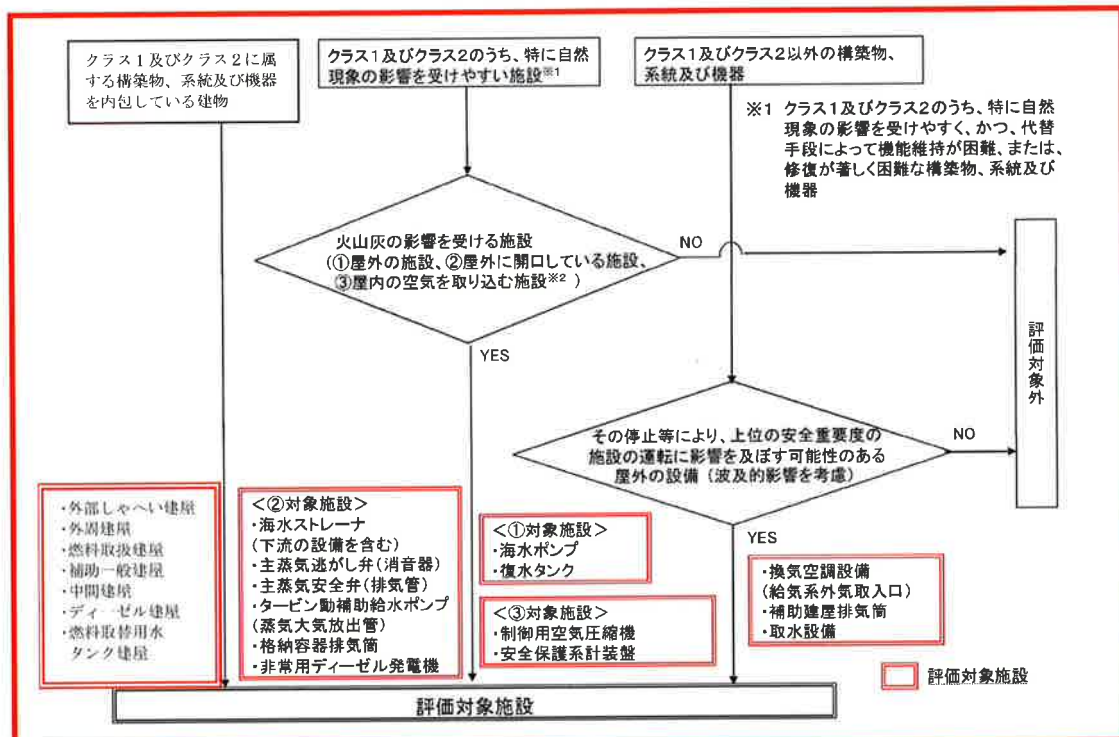
また、クラス 1 及びクラス 2 に属する構築物、系統及び機器を内包してい

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。



※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

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。

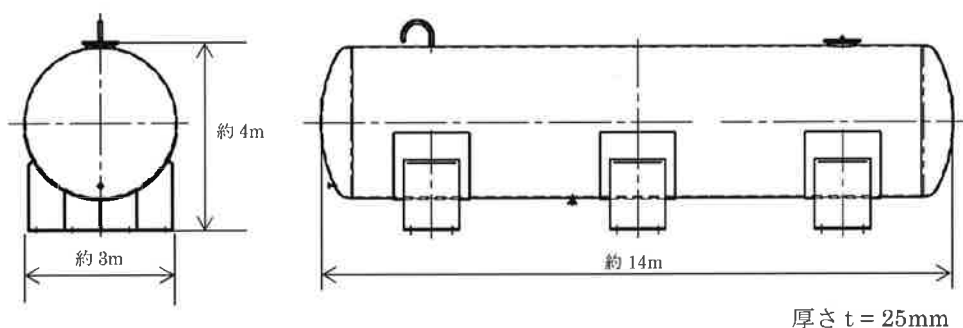


図1 消火水バックアップタンクの構造

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_a 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。

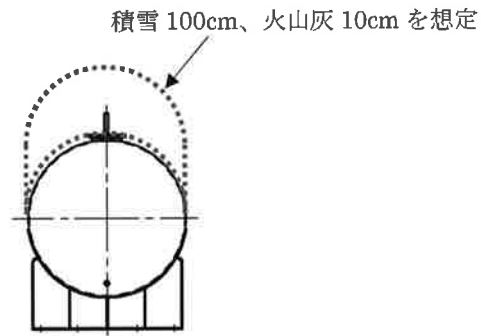


図2 強度評価における積雪・火山灰の想定

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