

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-018-04
提出年月日	2021年11月29日

火山への配慮に関する説明書に係る補足説明資料

2021年11月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

## 補足説明資料目次

### I. はじめに

1. 降下火砕物の影響を考慮する施設の選定について
2. 降下火砕物の凝集による閉塞の影響について
3. 降下火砕物の影響を考慮する施設の影響評価について

## I. はじめに

本補足説明資料は、以下の説明書についての内容を補足するものである。

本補足説明資料と添付書類との関連を表1に示す。

- ・ VI-1-1-3 「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうち、  
VI-1-1-3-4 「火山への配慮に関する説明書」

表 1 補足説明資料と添付書類との関連

工事計画添付書類に係る補足説明資料(火山)	該当添付書類
資料 4 工事計画に係る説明資料 (火山への配慮に関する説明書)	VI-1-1-3-4 火山への配慮に関する説明書
1. 降下火砕物の影響を考慮する施設の選定について	VI-1-1-3-4-1 火山への配慮に関する基本方針 VI-1-1-3-4-2 降下火砕物の影響を考慮する施設の選定
2. 降下火砕物の凝集による閉塞の影響について	VI-1-1-3-4-3 降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針
3. 降下火砕物の影響を考慮する施設の影響評価について	

1. 降下火砕物の影響を考慮する施設の選定について

## 1. 降下火砕物の影響を考慮する施設の選定について

降下火砕物より防護すべき施設は、発電用原子炉施設の安全性を確保するため、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」で規定されている安全重要度分類のクラス1, クラス2及びクラス3に属する構築物, 系統及び機器並びに重大事故等対処設備のうち, 安全重要度分類のクラス1, クラス2及び安全評価上その機能に期待するクラス3に属する構築物, 系統及び機器に加え, それらを内包する建物(以下「外部事象防護対象施設」という。)並びに重大事故等対処設備とする。

降下火砕物より防護する施設のうち, 外部事象防護対象施設は図1-1のフローに従い選定する。

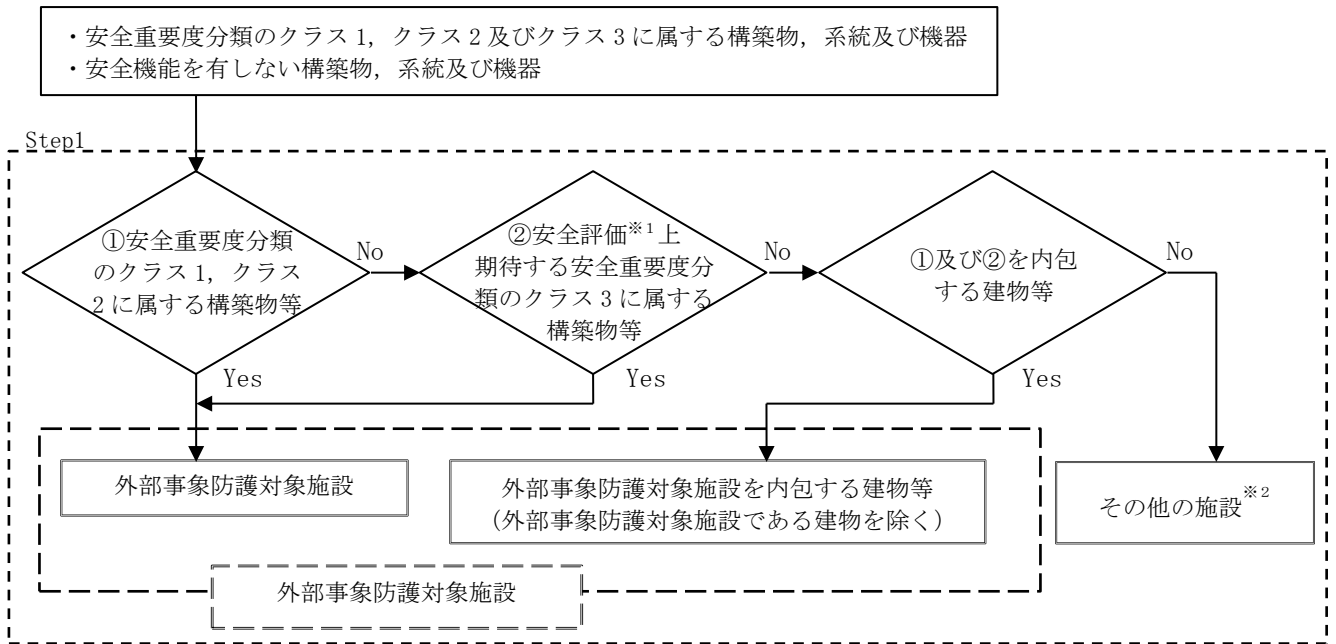
降下火砕物の影響について評価を行う施設(以下「降下火砕物の影響を考慮する施設」という。)は, 降下火砕物より防護すべき施設の中から, その設置状況や構造等を考慮して選定する。

外部事象防護対象施設に係る降下火砕物の影響を考慮する施設を図1-2のフローに従い選定し, 選定結果を表1-1に示す。なお, 降下火砕物の影響を考慮する施設には, 外部事象防護対象施設を内包する建物及び波及的影響を及ぼし得る施設を含めている。

重大事故等対処設備に係る降下火砕物の影響を考慮する施設は, 直接降下火砕物の影響を受ける可能性がある屋外に設置している重大事故等対処設備を選定する。屋内に設置している重大事故等対処設備は, 建物にて防護されることから, 重大事故等対処設備の代わりに重大事故等対処設備を内包する建物を降下火砕物の影響を考慮する施設として選定する。

以上の内容を踏まえて降下火砕物の影響を考慮する施設を選定した結果を表1-2に示す。

また, 降下火砕物の間接的影響を考慮し, 発電用原子炉の停止及び停止後の発電用原子炉の冷却, 並びに燃料プールの冷却に係る機能を達成するために必要となる設備を選定した結果, 上記の機能を達成するために必要な設備は, 表1-1の外部事象防護対象施設に含まれていることを確認した。



注記※1 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故解析

※2 その他の施設のうち安全施設は降下火砕物に対して機能を維持すること若しくは降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での除灰、修復等の対応が可能であることを確認する。

図1-1 外部事象防護対象施設評価フロー

Step2 (各項目全てを確認)

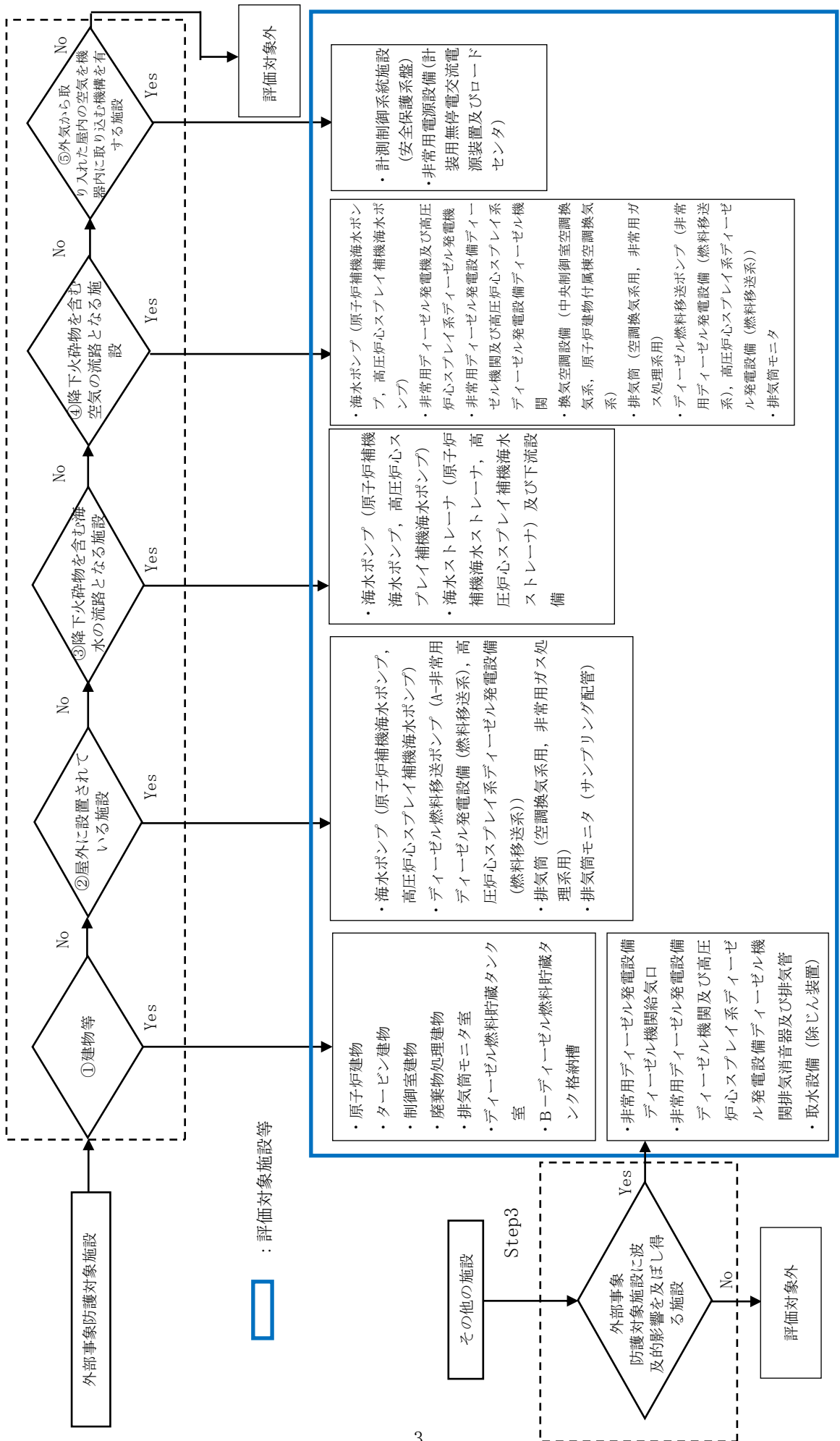


図 1-2 評価対象施設等の抽出フロー







表 1-1 外部事象防護対象施設に係る降下火砕物の影響を考慮する施設の選定結果 (3 / 11)

○ : Yes, × : No, - : 該当せず

分類	機能	構築物、系統又は機器	設置 場所 <sup>①</sup>	Step1		Step2			Step3		降下火砕物の影響を考慮する施設			
				降下火砕物に対して機能維持する、又は降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応可能	①建物等	②屋外に設置されている施設	③降下火砕物を含む海水の流れとなる施設	④降下火砕物を含む空気の流れとなる施設	⑤外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設	降下火砕物の影響を受ける施設であって、その停止等により、上位の安全重要度の施設の運転に影響を及ぼす可能性のある屋外施設				
MS-1	炉心冷却機能	非常用炉心冷却系 (低圧炉心スプレイス系、低圧炉心スプレイス系、高圧炉心スプレイス系、自動減圧系)	低圧炉心スプレイス系 (ポンプ、サブプレッション・プール、サブプレッション・プールからスプレイス先までの配管・弁、スプレイスバース・ポンプ、ミニマムフロロワイヤ配管・弁、サブプレッション・プール・スプレーザ)	R/B	○	×	×	×	×	×	-	-		
			自動減圧系 (減圧シアン)		○	×	×	×	×	×	×	-	-	
			原炉圧力容器から送給し安全弁までの主蒸気配管		○	×	×	×	×	×	×	×	-	-
			自動減圧系 (ミニマムフロロワイヤ配管・弁、サブプレッション・プール)	R/B	○	×	×	×	×	×	×	×	-	-
			シエツトポンプ (事故時の炉心再冷却水維持機能)		○	×	×	×	×	×	×	×	-	-
			原子炉格納容器 (格納容器本体、貫通部 (ベネトレック・シジョン)、所長用エアロツク、機器格納入ハッチ)		○	×	×	×	×	×	×	×	-	-
			原子炉格納容器 (ベント管)	R/B	○	×	×	×	×	×	×	×	-	-
			原子炉格納容器 (スプレイス)		○	×	×	×	×	×	×	×	-	-
			原子炉格納容器 (真空破断弁)		○	×	×	×	×	×	×	×	-	-
			原子炉格納容器 (送給し安全弁排気管のクエンチヤ)		○	×	×	×	×	×	×	×	-	-
放射線物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能	原子炉格納容器、原子炉格納容器隔離弁、原子炉格納容器スプレイス弁、原子炉建屋、非常用炉心冷却系、非常用炉心冷却系処理系、非常用炉心冷却系処理系、非常用炉心冷却系処理系、非常用炉心冷却系処理系	原子炉建屋 (原子炉建屋、原子炉建屋燃料貯蔵室、原子炉建屋燃料貯蔵室)	屋外	○	○	×	×	×	×	×	-	-		
		原子炉格納容器隔離弁及び格納容器バウンダリ配管		○	×	×	×	×	×	×	-	-		
		原子炉格納容器隔離弁		○	×	×	×	×	×	×	×	-	-	
		主蒸気隔離弁 (ミニマムフロロワイヤ配管・弁)		○	×	×	×	×	×	×	×	-	-	
		主蒸気量制限器		○	×	×	×	×	×	×	×	-	-	
		残留熱除去系 (格納容器冷却モード) (ポンプ、熱交換器、サブプレッション・プール、サブプレッション・プールからスプレイス先 (ドライウエル及びサブプレッション・プール) までの配管・弁、格納容器スプレイス・ポンプ、格納容器スプレイス・ポンプ (ドライウエル)、ポンプミニマムフロロワイヤ配管・弁、サブプレッション・プール・スプレーザ)	R/B	○	×	×	×	×	×	×	×	-	-	
		非常用ガス処理系 (排気ファン、フィルタ装置、原子炉建屋原子炉棟吸込口からタービン建屋壁面までの配管・弁、乾燥装置 (乾燥機能部分))	R/B, T/B	○	×	×	×	×	×	×	×	-	-	
		非常用ガス処理系 (タービン建屋壁面から排気筒頂部までの配管)	屋外	○	×	○	×	×	×	×	×	-	-	

注記※ 1 R/B : 原子炉建屋、C/B : 制御室建屋、T/B : タービン建屋、Rw/B : 廃棄物処理建屋、屋内 : R/B, C/B, T/B, Rw/B/B内、屋外 : R/B, C/B, T/B, Rw/B/B外







表 1-1 外部事象防護対象施設に係る降下火砕物の影響を考慮する施設の選定結果 (7/11)

○ : Yes, × : No, - : 該当せず

分類	機能	建築物、系統又は機器	設置場所 <sup>注1)</sup>	外部事象防護対象施設	Step1 降下火砕物に対して機能維持する、又は降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応可能	Step2			Step3			降下火砕物の影響を考慮する施設																																																																																																								
						①建物等	②屋外に設置されている施設	③降下火砕物を含む海水の流路となる施設	④降下火砕物を含む空気の流路となる施設	⑤外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設	降下火砕物の影響を受ける施設であって、その停止等により、上位の安全重要度の施設の運転に影響を及ぼす可能性のある屋外施設																																																																																																									
MS-2	放射能物質放出の防止機能	燃料集合体落下事故時放射能放出を低減する系	屋外	○	-	○	×	×	×	-	-	-	-																																																																																																							
														○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-																																																																																												
																									○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-																																																																																	
																																				○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-																																																																						
																																															○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																										
																																																											○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																														
																																																																							○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																		
																																																																																			○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																						
																																																																																															○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-										
																																																																																																											○	-	○	×	×	-	-	-	-	-
○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																									
												○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																																																													
																								○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																																																	
																																				○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-																																																																						
																																															○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																										
																																																											○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																														
																																																																							○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																		
																																																																																			○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																						
																																																																																															○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-										
																																																																																																											○	-	○	×	×	-	-	-	-	-
○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																									
												○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																																																													
																								○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																																																	
																																				○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-																																																																						
																																															○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																										
																																																											○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																														
																																																																							○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																		
																																																																																			○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																						
																																																																																															○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-										
																																																																																																											○	-	○	×	×	-	-	-	-	-
○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																									
												○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																																																													
																								○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																																																	
																																				○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-																																																																						
																																															○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																										
																																																											○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																														
																																																																							○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																		
																																																																																			○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																						
																																																																																															○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-										
																																																																																																											○	-	○	×	×	-	-	-	-	-
○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																									
												○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																																																													
																								○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																																																	
																																				○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-																																																																						
																																															○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																										
																																																											○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																														
																																																																							○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																		
																																																																																			○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																						
																																																																																															○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-										
																																																																																																											○	-	○	×	×	-	-	-	-	-
○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																									
												○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																																																													
																								○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																																																	
																																				○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-																																																																						
																																															○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																										
																																																											○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																														
																																																																							○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																		
																																																																																			○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																						
																																																																																															○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-										
																																																																																																											○	-	○	×	×	-	-	-	-	-
○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																									
												○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																																																													
																								○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																																																	
																																				○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-																																																																						
																																															○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																										
																																																											○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																														
																																																																							○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																		
																																																																																			○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																						
																																																																																															○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-										
																																																																																																											○	-	○	×	×	-	-	-	-	-
○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																									
												○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																																																													
																								○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																																																	
																																				○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-																																																																						
																																															○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																										
																																																											○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																														
																																																																							○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																		
																																																																																			○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																						
																																																																																															○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-										
																																																																																																											○	-	○	×	×	-	-	-	-	-
○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																									
												○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																																																													
																								○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																																																	
																																				○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-																																																																						
																																															○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																																										
																																																											○	-	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-																																														
																																																																							○	-	○	×	×	-	-																																							





表 1-1 外部事象防護対象施設に係る降下火砕物の影響を考慮する施設の選定結果 (9 / 11)

○ : Yes, x : No, - : 該当せず

分類	機能	構築物、系統又は機器	設置場所	外部事象防護対象施設	Step1		Step2				Step3		
					降下火砕物に対して機能維持する、又は降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修繕等の対応可能	①建物等	②屋外に設置されている施設	③降下火砕物を含む海水の流路となる施設	④降下火砕物を含む空気の流れとなる施設	⑤外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機器を有する施設	降下火砕物の影響を受ける施設であって、その停止等により、上位の安全重要度の施設の運転に影響を及ぼす可能性のある屋外施設	降下火砕物の影響を考慮する施設	
PS-3	電源供給機能(非専用を除く。)	タービン、発電機及びその励磁装置、復水系(復水塔を含む。)	屋外	×	○ (補修を実施)	-	-	-	-	-	x	-	
		循環水系(循環水ポンプ、配管・弁)	屋外	×	○ (閉塞等に対して、影響のないことを確認)	-	-	-	-	-	-	○	取水設備(除じん装置)
		常用炉内電源系(除塵機又は外部電源から炉内負荷までの配線設備及び電路(AS-1閉鎖以外))	屋外	×	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-	-	-	-	x	-
		直流電源系(蓄電池、蓄電池から常用計測用装置までの配電設備及び電路(AS-1閉鎖以外))、充電器	屋内	×	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-	-	-	-	x	-
		許容制御電源系(電源装置から常用計測用装置までの配電設備及び電路(AS-1閉鎖以外))	屋内	×	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-	-	-	-	x	-
		送電線		×	○ (代替設備(非常用ディーゼル発電機)により機能維持可能)	-	-	-	-	-	-	x	-
		変圧器(炉内変圧器、起動変圧器、予備変圧器、電路)		×	○ (代替設備(非常用ディーゼル発電機)により機能維持可能)	-	-	-	-	-	-	x	-
		変圧器		×	○ (代替設備(非常用ディーゼル発電機)により機能維持可能)	-	-	-	-	-	-	x	-
		油劣化防止装置		×	○ (代替設備(非常用ディーゼル発電機)により機能維持可能)	-	-	-	-	-	-	x	-
		冷却装置		×	○ (代替設備(非常用ディーゼル発電機)により機能維持可能)	-	-	-	-	-	-	x	-
		開閉所(送線、運断器、断路器、電路)		×	○ (代替設備(非常用ディーゼル発電機)により機能維持可能)	-	-	-	-	-	-	x	-
		原子炉制御系統(制御棒価値ミニマイザを含む)		×	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-	-	-	-	x	-
		原子炉保護計装の一部		×	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-	-	-	-	x	-
		原子炉ブランドプロセス計装の一部		×	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-	-	-	-	x	-
		プラント運転補助機能		プラント運転補助機能(安全保護機能を除く。)	屋内	×	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-	-	-	x
プラント運転補助機能		炉内ボイラ設備(炉内ボイラ、給水タンク、給水ポンプ、配管・弁)、炉内蒸気系(配管・弁)、重油ポンプ、配管・弁)	屋外	×	○ (補修を実施)	-	-	-	-	-	x	-	
プラント運転補助機能		計装用空気系(空圧圧縮機、配管・弁、中間冷却器、後部冷却器、気水分離器、空気貯槽)	屋外	×	○ (補修を実施)	-	-	-	-	-	x	-	
プラント運転補助機能		原子炉補機冷却系(AS-1閉鎖以外)(配管・弁)	屋内	×	○ (補修を実施)	-	-	-	-	-	x	-	
プラント運転補助機能		タービン補機冷却系(ポンプ、蒸気加熱器、配管・弁、サージタンク)	屋内	×	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-	-	-	x	-	
プラント運転補助機能		タービン補機排水系(ポンプ、配管・弁、ストレナ)	屋外	×	○ (補修を実施)	-	-	-	-	-	x	-	
プラント運転補助機能		復水輸送系(ポンプ、配管・弁)	屋内	×	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	-	-	-	-	x	-	

注記※ 1 R/B : 原子炉建物, C/B : 制御室建物, T/B : タービン建物, R w/B : 廃棄物処理建物, 屋内 : R/B, C/B, T/B, R w/B, 屋外 : R/B, C/B, T/B, R w/B 外

○ : Yes, × : No, - : 該当せず

表 1-1 外部事象防護対象施設に係る降下火砕物の影響を考慮する施設の選定結果 (10/11)

分類	機能	構築物、系統又は機器	設置場所	Step1		Step2			Step3			
				降下火砕物に対して機能維持する、又は降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応可能	①建物等	②屋外に設置されている施設	③降下火砕物を含む海水の流路となる施設	④降下火砕物を含む空気の流路となる施設	⑤外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設	降下火砕物の影響を受ける施設であって、その停止等により、上位の安全重要度の施設の運転に影響を及ぼす可能性のある屋外施設	降下火砕物の影響を考慮する施設	
IS-3	プラント運転補助機能 最終生成物の原形防止 燃料貯蔵タンク	所内ボイラ、非使用圧縮空気系	屋外	×	○	-	-	-	-	-	×	-
		燃料配管 燃料配管、上/下部端栓、タイロッド	屋内	×	○	-	-	-	-	-	-	-
IS-3	原子炉冷却材の浄化機能	原子炉冷却材浄化系	屋内	×	○	-	-	-	-	-	-	-
		原子炉冷却材浄化系	屋内	×	○	-	-	-	-	-	-	-
IS-3	原子炉圧力の上昇の緩和機能	原子炉圧力調整系	屋内	○	-	○	×	×	×	×	-	-
		原子炉圧力調整系	屋内	×	○	-	-	-	-	-	×	-
IS-3	出力上昇の抑制機能	原子炉再循環系	屋内	○	-	○	×	×	×	×	-	-
		原子炉再循環系	屋内	○	-	○	×	×	×	×	-	-
IS-3	原子炉冷却材の補給機能	原子炉冷却材補給系	屋内	×	○	-	-	-	-	-	-	-
		原子炉冷却材補給系	屋内	×	○	-	-	-	-	-	-	-
IS-3	原子炉冷却材の補給機能	原子炉冷却材補給系	屋内	×	○	-	-	-	-	-	-	-
		原子炉冷却材補給系	屋内	×	○	-	-	-	-	-	-	-
IS-3	原子炉冷却材の補給機能	原子炉冷却材補給系	屋内	×	○	-	-	-	-	-	-	-
		原子炉冷却材補給系	屋内	×	○	-	-	-	-	-	-	-

注記※1 R/B: 原子炉建物, C/B: 制御室建物, T/B: タービン建物, R w/B: 廃棄物処理建物, 屋内: R/B, C/B, T/B, R w/B, C/B, T/B, R w/B, C/B, T/B, R w/B



表 1-2 降下火砕物の影響を考慮する施設の選定結果

	設備区分	評価対象施設等
外部事象防護対象施設	建物等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉建物</li> <li>・タービン建物</li> <li>・制御室建物</li> <li>・廃棄物処理建物</li> <li>・排気筒モニタ室</li> <li>・ディーゼル燃料貯蔵タンク室， B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽</li> </ul>
	屋外に設置されている施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉補機海水ポンプ， 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ</li> <li>・ディーゼル燃料移送ポンプ（A-非常用ディーゼル発電設備（燃料移送系）， 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備（燃料移送系））</li> <li>・排気筒（空調換気系用， 非常用ガス処理系用）</li> <li>・排気筒モニタ</li> </ul>
	降下火砕物を含む海水の流路となる施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉補機海水ポンプ， 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ</li> <li>・原子炉補機海水ストレーナ， 高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ（下流設備含む）</li> </ul>
	降下火砕物を含む空気の流路となる施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉補機海水ポンプ， 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ</li> <li>・非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル機関</li> <li>・換気空調設備（中央制御室空調換気系， 原子炉建物付属棟空調換気系）</li> <li>・排気筒（空調換気系用， 非常用ガス処理系用）</li> <li>・ディーゼル燃料移送ポンプ（非常用ディーゼル発電設備（燃料移送系）， 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備（燃料移送系））</li> <li>・排気筒モニタ</li> </ul>
	外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測制御系統施設（安全保護系盤）</li> <li>・非常用電源設備（計装用無停電交流電源装置及びロードセンタ）</li> </ul>
外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼし得る施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関給気口</li> <li>・非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル機関排気消音器及び排気管</li> <li>・取水設備（除じん装置）</li> </ul>	
重大事故等対処設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・屋外に設置している重大事故対処設備</li> </ul>	

## 2. 降下火砕物の凝集による閉塞の影響について

## 2.1 概要

降下火砕物は、水分を含んで湿ることによって粒子が集合し凝集する場合がある。そのため、降下火砕物の凝集によって閉塞への影響が発生しないことを以下のとおり確認した。

## 2.2 水循環系の閉塞への影響

降下火砕物は水中等過剰な水分がある場合は凝集しないため、閉塞への影響はない。

なお、水循環系における狭隘部は(1)、(2)及び(3)に示すとおり、降下火砕物の粒径に対し十分な流水部及び流速があり、仮に凝集を考慮しても閉塞することはない。

### (1) 原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの狭隘部

#### a. 流水部の閉塞

原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ(以下、「海水ポンプ」という。)の流水部の最も狭い箇所は高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ流水部の約30 mmであり、想定する降下火砕物の最大粒径4.0 mmより大きいため、閉塞には至らない。原子炉補機海水ポンプの概略図(狭隘部)を図2-1、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの概略図(狭隘部)を図2-2に示す。

#### b. 軸受部の閉塞

海水ポンプの軸受の隙間は、約1.38mm~1.58 mmの許容値で管理されている。一部の降下火砕物は、軸受の隙間より軸受内部に入り込む可能性があるが、異物逃がし溝(約3.5mm~5.5 mm程度)が設けられており、軸受部の閉塞には至らない。また、異物逃がし溝より粒径の大きい降下火砕物は軸受隙間に入り込まずにポンプ揚水とともに吐出口へ流されるため閉塞することはない。原子炉補機海水ポンプの軸受拡大図(異物逃がし溝)を図2-1、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの軸受拡大図(異物逃がし溝)を図2-2に示す。

・原子炉補機海水ポンプ

軸受部（異物逃がし溝）：

軸受①：3.5mm

軸受②，③，⑤：4.5mm

軸受④：5.5mm

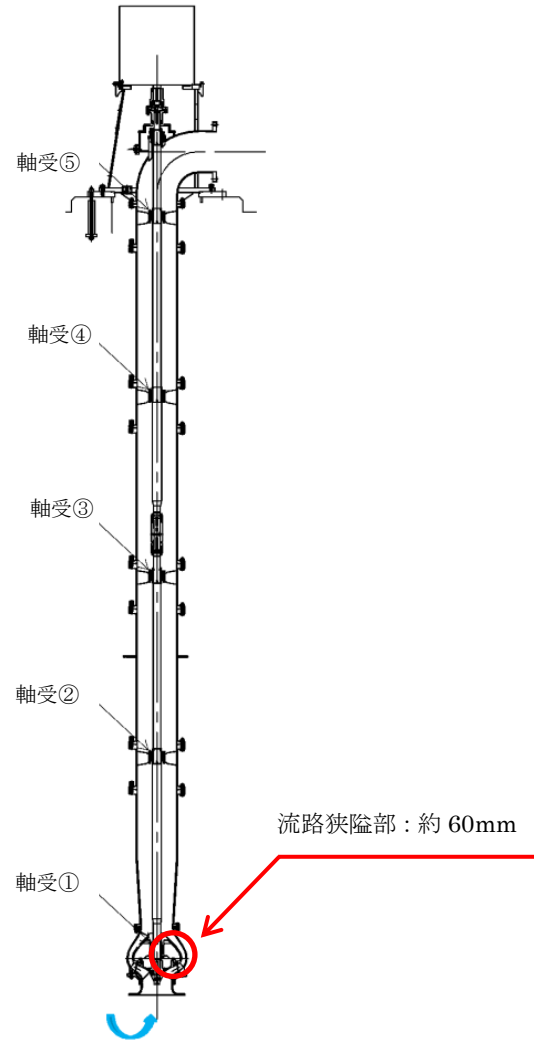
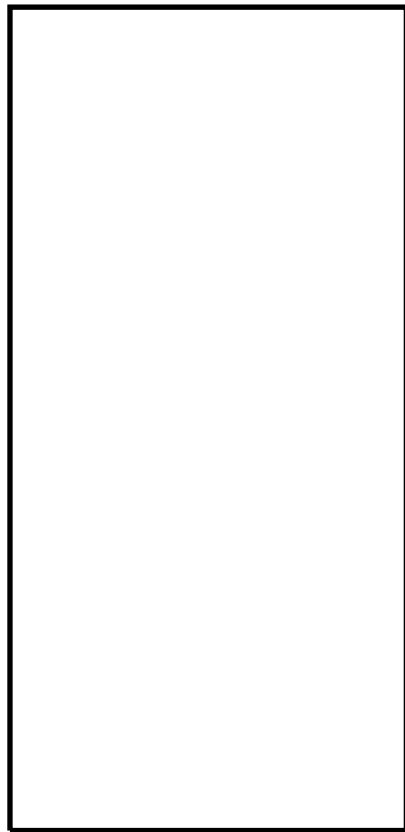


図 2-1 原子炉補機海水ポンプの概略図（狭隘部）及び軸受拡大図（異物逃がし溝）

・ 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ

軸受部（異物逃がし溝）：

軸受①～⑤：3.5mm

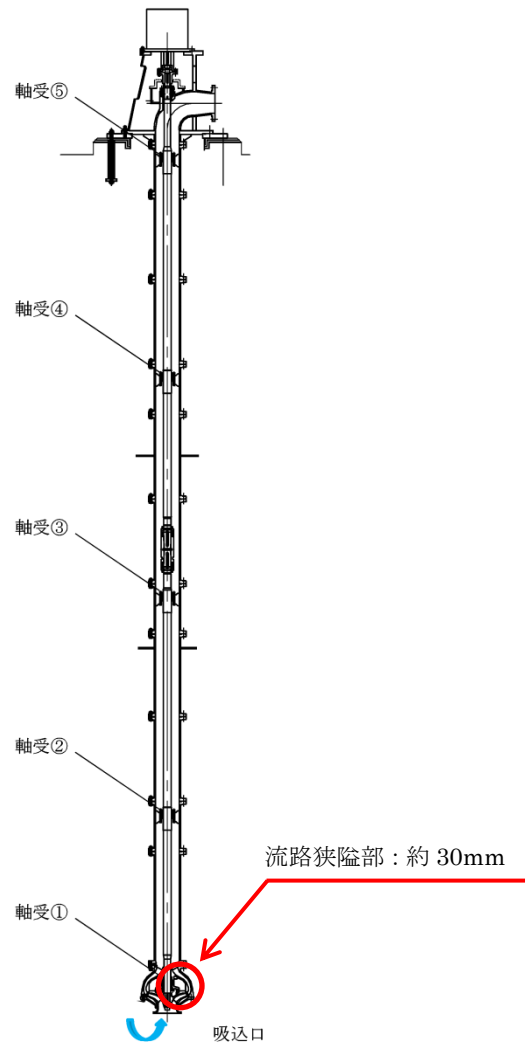


図 2-2 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの概略図（狭隘部）及び  
軸受拡大図（異物逃がし溝）



(2) 原子炉補機海水ストレーナ及び高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナの狭隘部

原子炉補機海水ストレーナ及び高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ（以下、「海水ストレーナ」という。）のフィルタ穴径は7mmである。想定する降下火砕物の粒径は最大で4.0mmであり、粘性を生じさせる粘土鉱物等は含まれていないこと、また、フィルタが閉塞することがないように差圧管理されており、一定の差圧（原子炉補機海水系：0.13MPa、高圧炉心スプレイ補機海水系：0.05MPa）になると切り替えて清掃を行うことから、海水ストレーナが閉塞することはない。

海水ストレーナより下流設備の熱交換器の伝熱管の内径（原子炉補機冷却系約20mm、高圧炉心スプレイ補機冷却系約17mm）は、想定する降下火砕物の最大粒径4.0mmより大きいため、閉塞することはない。

また 原子炉補機海水ポンプの定格流量（2台運転時）は「約4080m<sup>3</sup>/h」、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの定格流量は「約336m<sup>3</sup>/h」と大きいことから、降下火砕物がストレーナ内で堆積し閉塞する可能性は低い。

(3) 取水設備（除じん装置）の狭隘部

取水設備（除じん装置）の目開きの間隔は10mm（ロータリースクリーン）であり、想定する降下火砕物の最大粒径4.0mmより大きく、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、取水設備（除じん装置）が閉塞することはない。

## 2.3 換気系, 電気系及び計測制御系の機械的影響(閉塞)

### (1) 原子炉補機海水ポンプ (原動機)

#### a. 原動機への冷却空気侵入による地絡・短絡

原動機は図 2-3 に示すとおり原動機本体を全閉構造とし, 空気冷却器を原動機側面に設置して外気を直接原動機内部に取り込まない全閉屋外形の冷却方式であり, 降下火砕物が原動機内部に侵入することはない。

#### b. 空気冷却器冷却管への侵入による閉塞

図 2-3 に示すとおり, 冷却管の内径 (約 22.2 mm) は想定する降下火砕物の最大粒径 4.0mm より大きいため, 降下火砕物が侵入したとしても冷却管が閉塞することはない。機能は損なうことはない。

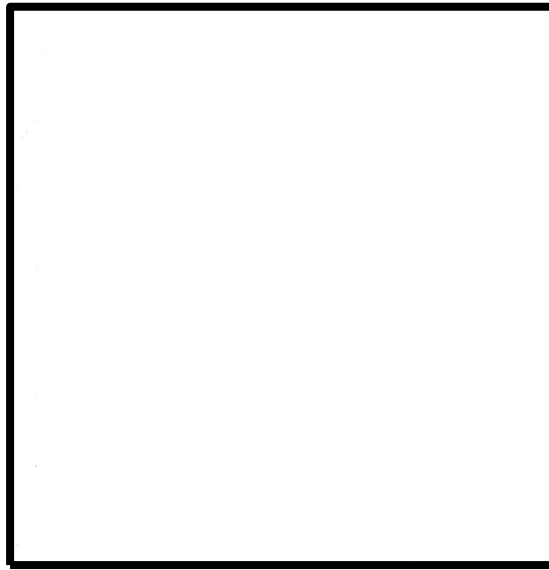


図 2-3 原子炉補機海水ポンプ原動機冷却方式

### (2) 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ (原動機)

#### a. 原動機冷却空気への侵入による地絡・短絡

高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ原動機は図 2-4 に示すとおり原動機本体を全閉構造とし, 原動機上端ファン (外扇) によりハウジングを冷却する構造のため外気を直接原動機内部に取り込まない全閉外扇屋外形であり, 降下火砕物が原動機内部に侵入することはない。

#### b. 冷却流路への侵入による閉塞

図 2-4 に示すとおり原動機上端ファン (外扇) にはキャップが取り付けられており降下火砕物が侵入しにくい構造となっている。

降下火砕物が侵入したとしても, 冷却流路の出口径 (約 31mm) は想定する降下火砕物の最大粒径 4.0mm より大きいため, 冷却流路が閉塞することはない。機能は損なうことはない。

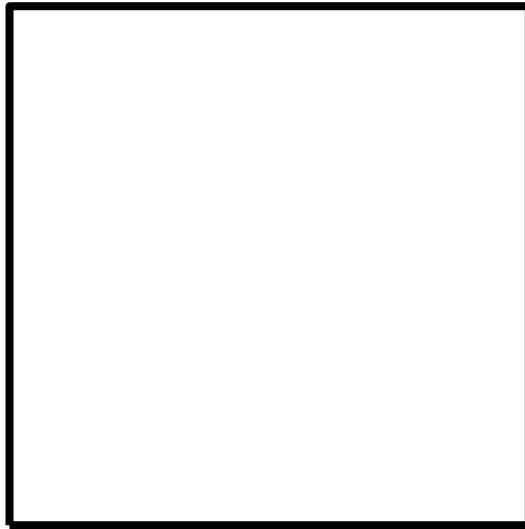


図 2-4 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ原動機冷却方式

(3) 非常用ディーゼル発電設備ディーゼル燃料移送ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料移送ポンプ

a. 軸貫通部の閉塞

ポンプ本体への異物混入経路としては軸貫通部があるが、当該部はメカニカルシーリングを用いて潤滑剤や内部流体の漏えいのないよう適切に管理されていることから、降下火砕物がポンプ本体へ侵入することはなく、閉塞することはない。ディーゼル燃料移送ポンプの概略構造図を図 2-5 に示す。

b. 原動機の閉塞

動力源となる原動機については全閉外扇屋外形であり、ケーシングの放熱フィン等に堆積した降下火砕物若しくは浮遊中の降下火砕物が冷却ファン側から吸入された場合でも、原動機内部に降下火砕物が侵入することはない。ディーゼル燃料移送ポンプ原動機の概略構造図を図 2-5 に示す。

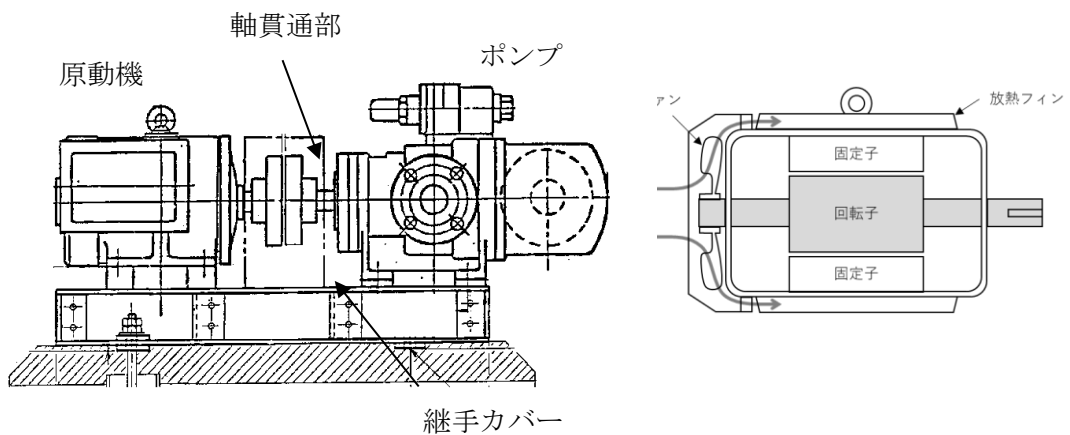


図 2-5 ディーゼル燃料移送ポンプ及び原動機の概略構造図

(4) 空調換気設備

空気中の水分が混ざり凝集する可能性が考えられるが、フィルタを通過し侵入する降下火砕物はごく一部の微細な粒子に限られること、また、フィルタやダクト等の空気の流れには細管等の狭阻部がないことから閉塞することはない。

(5) 非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル機関（ディーゼル機関給気口、排気消音器及び排気管含む）

a. ディーゼル発電機（機関）への影響評価

ディーゼル機関の吸入空気は図 2-6 のとおり、下に向けた外気取入口を介して吸い込む流れとなっており、降下火砕物が侵入しにくい構造である。

機関給気系の給気消音器にはフィルタ（粒径 1～5  $\mu\text{m}$  以上の降下火砕物は 80%以上捕集）が設置されており、降下火砕物の侵入を防止している。

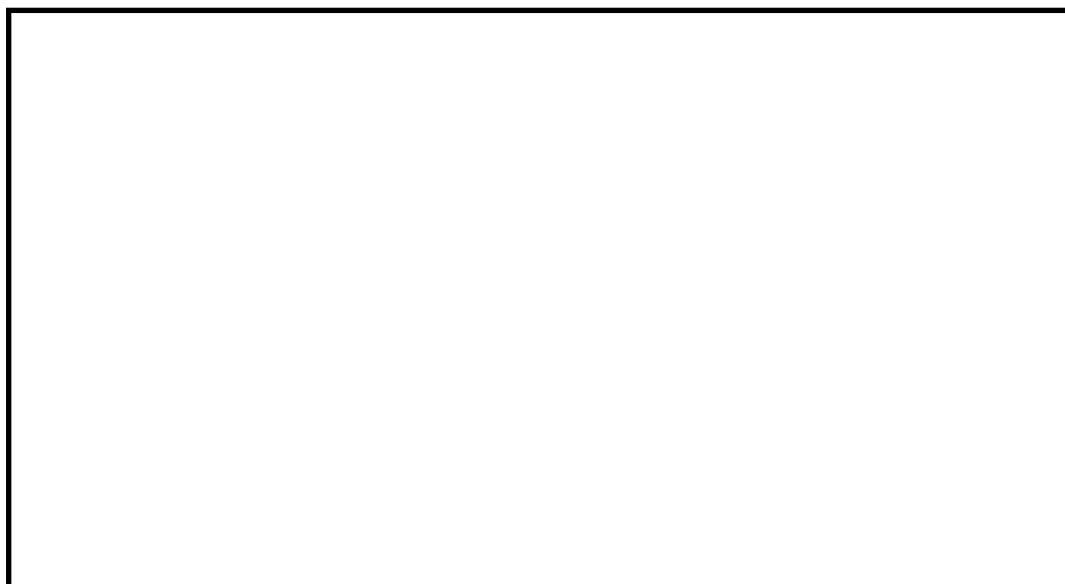


図 2-6 ディーゼル機関の給気空気の流れ

内部に侵入した降下火砕物は、空気中の水分が混ざり凝集する可能性が考えられるが、給気フィルタを通過し侵入する降下火砕物は一部の微細な粒子に限られること、また、運転時のディーゼル機関は吸入空気の温度（外気温度）より常に高い状態で運転するため、内部の空気は乾燥している。このため、ディーゼル機関の内部において、降下火砕物の凝集は発生せず、閉塞することはない。

なお、粒径が 1～5  $\mu\text{m}$  程度のものについては、図 2-7 に示すように過給機、空気冷却器（空気側）に侵入する可能性はあるが、機器の間隙は十分大きく閉塞に至らない。

また、機関シリンダ内に降下火砕物が侵入した場合、シリンダライナとピストンリング間隙（油膜厚さ相当：数  $\mu\text{m}$ ～十数  $\mu\text{m}$ ）と同程度のものは、当該間隙内への侵入が懸念されるが、主要な降下火砕物は砂と比較しても、破碎しやすく<sup>\*1</sup>、硬度が低い<sup>\*2</sup>ことから、シリンダとピストン双方の往復（摺動）運動が繰り返されるごとに、更に細かい粒子に破碎され、破碎された粒子はシリンダライナと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から、閉塞することはない。また、潤滑油系には、フィルタが設置されているが、メッシュ寸法が(30 $\mu$ m)と取り込んだ降下火砕物によって閉塞することはないと長期的な影響も少ないと考えられる。加えて、潤滑油に降下火砕物が混入した場合の影響については、吸気により侵入する降下火砕物はフィルタを通過する際に大部分が捕集され、その後は排気により機関外へ排出されるため、潤滑油に混入する降下火砕物は微細なものに限られ、なおかつ少量であることから閉塞することはない。

注記※1：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, pp. 38-47.

※2：恒松修二・井上耕三・松田応作(1976) シラスを主原料とする結晶化ガラス, 窯業協会誌 84 [6], pp. 32-40.



図 2-7 ディーゼル機関の吸入空気の流れ

b. 空気冷却器への影響評価

降下火砕物が混入した吸入空気が空気冷却器を通過する際に、仮に冷却器内が結露していた場合、伝熱管に降下火砕物が付着し冷却機能へ影響を及ぼす可能性があるが、空気冷却器出口温度は、吸入空気の温度（外気温度）より常に高い状態で運転されるため冷却器は結露することはない、降下火砕物の付着による冷却機能への影響はない。

c. 排気消音器及び排気管への影響評価

排気消音器及び排気管は図 2-8 に示すとおり、横方向を向いており降下火砕物が侵入しにくい構造となっている。また、運転中は排気していること、待機中であっても外気を吸い込む構造ではないため、降下火砕物が侵入することはない。



図 2-8 ディーゼル発電機排気消音器及び排気管

(6) 排気筒（空調換気系用，非常用ガス処理系用）

空調換気系用排気筒については、排気速度が降下火砕物の降下速度よりも大きく、降下火砕物が排気筒へ侵入しないことから、排気筒が閉塞することはない。

非常用ガス処理系排気筒については、屋外に開口しているが、開口部は水平方向であり、降下火砕物が侵入しにくい構造となっている。なお、非常用ガス処理系運転中においては、非常用ガス処理系排気筒から排気されていることから降下火砕物が侵入することはない。

排気筒（空調換気系用，非常用ガス処理系用）の概要図を図 2-9 に示す。



非常用ガス処理系用排気筒  
端部状況

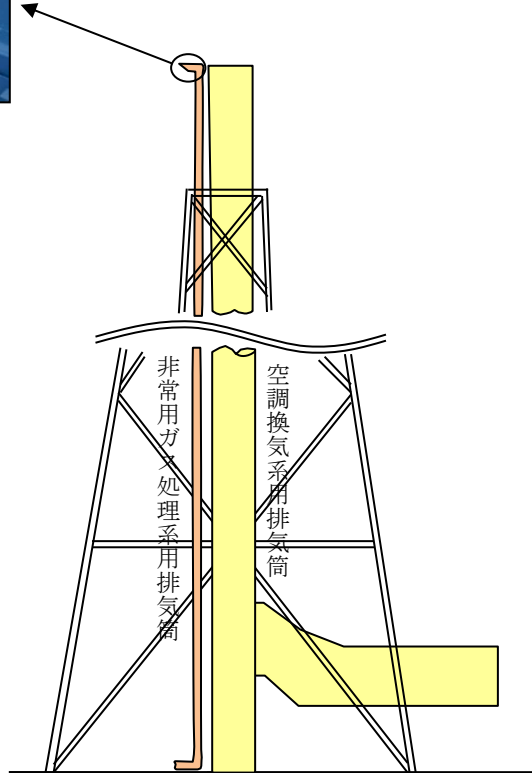


図 2-9 排気筒（空調換気系用，非常用ガス処理系用）概要図

(7) 排気筒モニタ

排気筒モニタについては、排気筒モニタのサンプリング配管の計測口は、図 2-10 に示すとおり下方から吸い込む構造であること、また空調換気系用排気筒内部に設置することにより、降下火砕物が侵入しないことから、機器の機能に影響を及ぼすことはない。

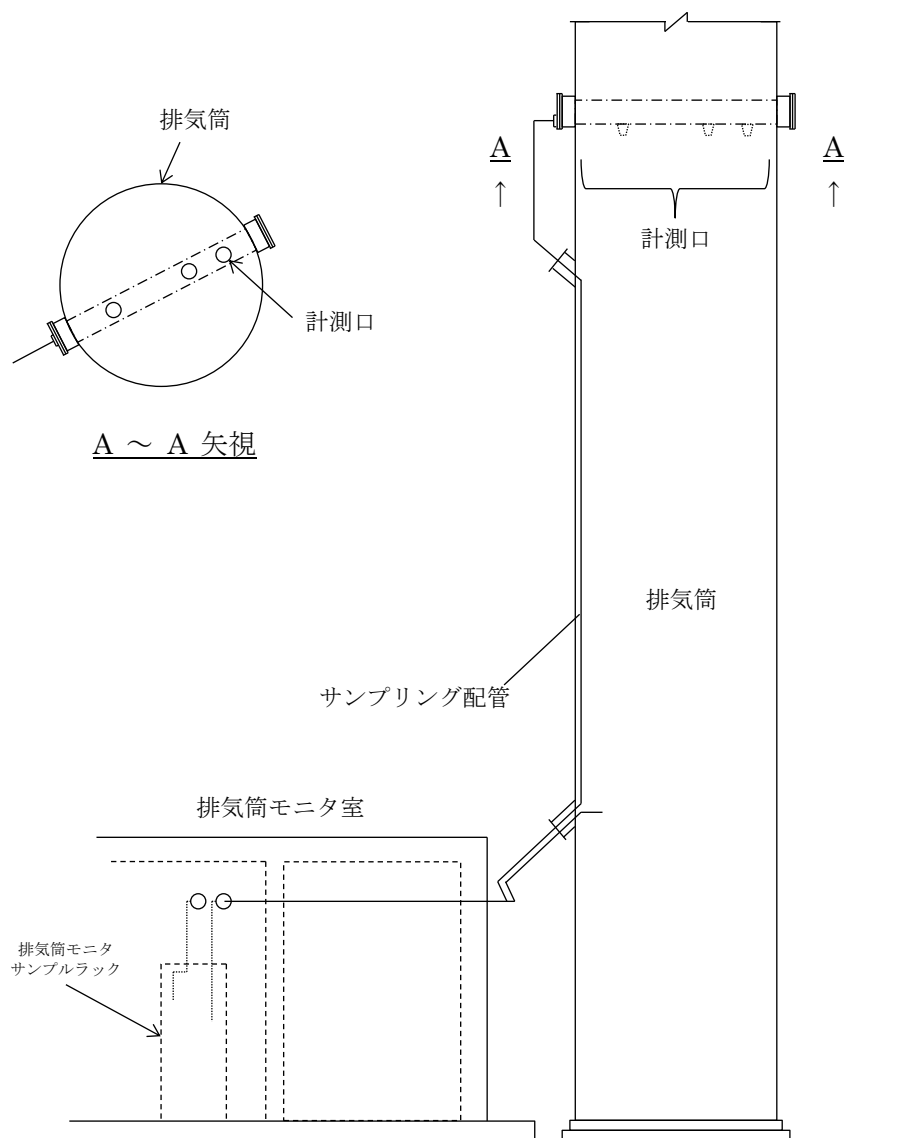


図 2-10 排気筒モニタ概要図



### 3. 降下火砕物の影響を考慮する施設の影響評価について

### 3. 降下火砕物の影響を考慮する施設の影響評価について

#### 3.1 概要

本資料は、VI-1-1-3-4-2「降下火砕物の影響を考慮する施設の選定」及びVI-1-1-3-4-3「降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」に示す降下火砕物の影響を考慮する施設について、影響因子を考慮した施設分類ごとに、影響評価結果を示すものである。

#### 3.2 影響因子を考慮した施設分類

影響因子を考慮した施設分類を(1)～(8)に示す。降下火砕物の影響を考慮する施設(屋外の重大事故等対処設備及び間接的影響を考慮する施設を除く。)と影響因子の組合せ及び評価結果を表3-1及び別紙-1～別紙-10に示す。また、間接的影響の評価結果を別紙-11に示す。

##### (1) 構造物への荷重を考慮する施設

- a. 原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ
- b. 非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関給気口
- c. 非常用ディーゼル発電ディーゼル機関及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル機関排気消音器及び排気管
- d. 原子炉建物
- e. タービン建物
- f. 制御室建物
- g. 廃棄物処理建物
- h. 排気筒モニタ室
- i. ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽

これらの施設に対する構造物への荷重に対する評価については、VI-3「強度に関する説明書」のうちVI-3-別添2「火山への配慮が必要な施設の強度計算書」に示す。

なお、非常用ディーゼル発電ディーゼル機関及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル機関排気消音器及び排気管は、降下火砕物が堆積しにくい構造とすることで、荷重の影響を受け難い設計とすることから強度評価は行わない。

##### (2) 水循環系の閉塞を考慮する施設

- a. 原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ
- b. 原子炉補機海水ストレーナ及び高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ(下流設備含む)
- c. 取水設備(除じん装置)

##### (3) 換気系、電気系及び計測制御系における閉塞を考慮する施設

- a. 原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ
- b. 非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル機関
- c. 非常用ディーゼル発電設備ディーゼル燃料移送ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料移送ポンプ
- d. 換気空調設備(中央制御室空調換気系, 原子炉建物附属棟空調換気系)(外気取入

- ロ)
- e. 排気筒（空調換気系用，非常用ガス処理系用）
- f. 排気筒モニタ
- (4) 水循環系, 換気系, 電気系及び計測制御系における摩耗を考慮する施設
  - a. 原子炉補機海水ポンプ及び高压炉心スプレイ補機海水ポンプ
  - b. 原子炉補機海水ストレーナ及び高压炉心スプレイ補機海水ストレーナ(下流設備含む)
  - c. 非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関及び高压炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル機関
  - d. 非常用ディーゼル発電設備ディーゼル燃料移送ポンプ及び高压炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料移送ポンプ
  - e. 換気空調設備（中央制御室空調換気系，原子炉建物付属棟空調換気系）（外気取入口）
  - f. 取水設備（除じん装置）
- (5) 構造物, 水循環系, 換気系, 電気系及び計測制御系における腐食を考慮する施設
  - a. 原子炉補機海水ポンプ及び高压炉心スプレイ補機海水ポンプ
  - b. 原子炉補機海水ストレーナ及び高压炉心スプレイ補機海水ストレーナ(下流設備含む)
  - c. 非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関及び高压炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル機関
  - d. 非常用ディーゼル発電設備ディーゼル燃料移送ポンプ及び高压炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料移送ポンプ
  - e. 換気空調設備（中央制御室空調換気系，原子炉建物付属棟空調換気系）（外気取入口）
  - f. 計測制御系統施設（安全保護系盤）及び非常用電源設備（計装用無停電交流電源装置及びロードセンタ）
  - g. 排気筒（空調換気系用，非常用ガス処理系用）
  - h. 排気筒モニタ
  - i. 原子炉建物
  - j. 制御室建物
  - k. タービン建物
  - l. 廃棄物処理建物
  - m. 排気筒モニタ室
  - n. ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽
  - o. 非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関及び高压炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル機関排気消音器及び排気管
  - p. 取水設備（除じん装置）
- (6) 発電所周辺の大気汚染を考慮する施設
  - a. 換気空調設備（中央制御室空調換気系）

(7) 絶縁低下を考慮する施設

- a. 計測制御系統施設（安全保護系盤）及び非常用電源設備（計装用無停電交流電源装置及びロードセンタ）

(8) 間接的影響を考慮する施設

- a. 非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル機関
- b. 非常用ディーゼル発電設備ディーゼル燃料貯蔵タンク及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料貯蔵タンク
- c. 非常用ディーゼル発電設備ディーゼル燃料移送ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料移送ポンプ

表3-1 降下火砕物の影響を考慮する施設（屋外の重大事故等対処設備及び間接的影響を考慮する施設を除く。）と影響因子の組合せ(1/2)

影響因子 評価対象施設等	構造物への 荷重	水循環系の 閉塞	換気系、電気系及び 計測制御系における 閉塞	水循環系、換気系、電気系 及び計測制御系における 摩耗	構造物、水循環系、換 気系、電気系及び計測 制御系における腐食	発電所周辺の 大気汚染	絶縁低下
原子炉補機海水ポンプ、 高圧炉心スプレイ補機海水 ポンプ	● ※	● (別紙-1)	● (別紙-1)	● (別紙-1)	● (別紙-1)	- (②)	- (②)
原子炉補機海水ストレーナ、 高圧炉心スプレイ補機海水 ストレーナ	- (①)	● (別紙-2)	- (②)	● (別紙-2)	● (別紙-2)	- (②)	- (②)
原子炉補機冷却系熱交換器、 高圧炉心スプレイ補機冷却 系熱交換器	- (①)	● (別紙-2)	- (②)	● (別紙-2)	● (別紙-2)	- (②)	- (②)
非常用ディーゼル発電設備 ディーゼル機関、高圧炉心ス プレイ系ディーゼル発電設 備ディーゼル機関	● ※	- (②)	● (別紙-3)	● (別紙-3)	● (別紙-3)	- (②)	- (②)
非常用ディーゼル発電設備ダイ ーゼル燃料移送ポンプ、高圧炉 心スプレイ系ディーゼル発電設 備ディーゼル燃料移送ポンプ	- (①)	- (②)	● (別紙-4)	● (別紙-4)	● (別紙-4)	- (②)	- (②)

●：影響因子に対する個別評価を実施（ ）内は評価結果を示す別紙番号

-：影響因子に対する個別評価不要

※：VI-3「強度に関する説明書」のうちVI-3-別添2「火山への配慮が必要な施設の強度計算書」に示す。

●：影響因子に対する個別評価を実施（ ）内は評価結果を示す別紙番号

-：影響因子に対する個別評価不要

※：VI-3「強度に関する説明書」のうちVI-3-別添2「火山への配慮が必要な施設の強度計算書」に示す。

個別評価を実施しない理由：①荷重の影響を受けにくい構造（屋内設備の場合含む。）

②影響因子と直接関連しない

表3-1 降下火砕物の影響を考慮する施設（屋外の重大事故等対処設備及び間接的影響を考慮する施設を除く。）と影響因子の組合せ（2/2）

影響因子 評価対象施設等	構造物への 荷重	水循環系の 閉塞	換気系、電気系及び 計測制御系における 閉塞	水循環系、換気系、電気系 及び計測制御系における 摩耗	構造物、水循環系、換 気系、電気系及び計測 制御系における腐食	発電所周辺 の大気汚染	絶縁低下
換気空調設備（中央制御室空 調換気系、原子炉建物付属棟 空調換気系）	— (①)	— (②)	● (別紙-5)	● (別紙-5)	● (別紙-5)	● (別紙-5)	— (②)
計測制御系統施設（安全保護 系盤）及び非常用電源設備 （計装用無停電交流電源装 置及びロードセンタ）	— (①)	— (②)	— (②)	— (②)	● (別紙-6)	— (②)	● (別紙-6)
排気筒（空調換気系用、非常 用ガス処理系用）	— (①)	— (②)	● (別紙-7)	— (②)	● (別紙-7)	— (②)	— (②)
排気筒モニタ	— (①)	— (②)	● (別紙-8)	— (②)	● (別紙-8)	— (②)	— (②)
原子炉建物、制御室建物、ター ビン建物、廃棄物処理建物、排 気筒モニタ室、ディーゼル燃料 貯蔵タンク室、B-ディーゼル 燃料貯蔵タンク格納槽	● **	— (②)	— (②)	— (②)	● (別紙-9)	— (②)	— (②)
非常用ディーゼル発電設備ダイ ーゼル機関及び高圧炉心スプレ イ系ディーゼル発電設備ダイ ーゼル機関排気消音器、排気管	● (別紙-3)	— (②)	— (②)	— (②)	● (別紙-3)	— (②)	— (②)
取水設備（除じん装置）	— (②)	● (別紙-10)	— (②)	● (別紙-10)	● (別紙-10)	— (②)	— (②)

●：影響因子に対する個別評価を実施（ ）内は評価結果を示す別紙番号

●：影響因子に対する個別評価を実施（ ）内は評価結果を示す別紙番号  
 個別評価を実施しない理由：①荷重の影響を受けにくい構造（屋内設備の場合含む。）  
 ②影響因子と直接関連しない

—：影響因子に対する個別評価不要

※：VI-3「強度に関する説明書」のうちVI-3-別添2「火山への配慮が必要な施設の強度計算書」に示す。

## 原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプに係る影響評価

降下火砕物による原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ（以下「海水ポンプ」という。）への影響について以下のとおり評価した。

## 1. 評価項目及び内容

## (1) 構造物への静的負荷

降下火砕物の堆積荷重により海水ポンプの健全性に影響がないことを評価する。

## (2) 構造物への化学的影響（腐食）

降下火砕物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影響がないことを評価する。

## (3) 水循環系の閉塞

降下火砕物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、軸受部等が閉塞し、機器の機能に影響がないことを評価する。

## (4) 水循環系の内部における摩耗

降下火砕物が混入した海水を海水ポンプにより取水した場合に、摩耗による機器の機能に影響がないことを評価する。

## (5) 水循環系の化学的影響（腐食）

降下火砕物が混入した海水を海水ポンプにて取水した場合に、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。

## (6) 換気系、電気系及び計測制御系に対する機械的影響（閉塞）

降下火砕物の原動機冷却空気への侵入により、空気冷却器冷却管等への閉塞等、機器の機能に影響がないことを評価する。

## (7) 換気系、電気系及び計測制御系に対する化学的影響（腐食）

降下火砕物の原動機冷却空気への侵入により、化学的影響（腐食）によって、機器の機能に影響がないことを評価する。

## 2. 評価条件

## (1) 降下火砕物条件

- a. 堆積量 : 56 cm
- b. 密度 : 1.5 g/cm<sup>3</sup> (湿潤状態)

## (2) 積雪条件

- a. 積雪量 : 35.0 cm (建築基準法の考え方を参考とし設計基準積雪深 (100cm) に係数 0.35 を考慮した値)
- b. 単位荷重 : 堆積量 1 cm あたり 20 N/m<sup>2</sup> (松江市建築基準法施行細則に基づく積雪の単位荷重)

上記条件より降下火砕物及び積雪の重畳を考慮した評価荷重を「8938(N/m<sup>2</sup>)」として評価する。

### 3. 評価結果

#### (1) 構造物への静的負荷

評価内容については、VI-3-別添 2 「火山への配慮が必要な施設の強度計算書」に示す。

#### (2) 構造物への化学的影響（腐食）

海水ポンプは、外装塗装を実施していることから、降下火砕物による短期での腐食により機能に影響を及ぼすことはない。

#### (3) 水循環系の閉塞

評価内容については、「2. 降下火砕物の凝縮による閉塞の影響について」に示す。

#### (4) 水循環系の内部における摩耗

降下火砕物は砂等に比べて破碎し易く、硬度が低い<sup>※1, ※2</sup>。これまで砂等を原因とした摩耗の影響によって、海水系ポンプの機能が喪失した事例はなく、砂より硬度が低い降下火砕物が設備に影響を与える可能性は小さい。

注記※1：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, No3, P38-47

※2：恒松修二ほか(1976)：シラスを主原料とする結晶化ガラス，窯業協会誌，84[6]，P32-40

#### (5) 水循環系の化学的影響（腐食）

海水ポンプの接液部は、耐食性のあるステンレス製，または、ライニングや塗装を実施した炭素鋼であることから、降下火砕物による短期での腐食により機能に影響を及ぼすことはない。なお、長期的な腐食の影響については、降灰後の点検において、必要に応じて補修作業を実施する。

#### (6) 換気系，電気系及び計測制御系に対する機械的影響（閉塞）

評価内容については、「2. 降下火砕物の凝縮による閉塞の影響について」に示す。

#### (7) 換気系，電気系及び計測制御系に対する化学的影響（腐食）

海水ポンプ原動機は外気を直接原動機内部に取り込まない冷却方式であり、原動機内部に降下火砕物が侵入することはない。

また、屋外設備である海水ポンプ原動機については、外装塗装を実施しており、降下火砕物と金属が直接接触することはない。降下火砕物による短期での腐食により機能に影響を及ぼすことはない。なお、長期的な腐食の影響については、降灰後の点検において、必要に応じて補修作業を実施する。



原子炉補機海水ストレーナ及び高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ（下流設備含む）に係る影響評価

降下火砕物による原子炉補機海水ストレーナ及び高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ（以下「海水ストレーナ」という。）（下流設備含む）への影響について以下のとおり評価した。

1. 評価項目及び内容

(1) 水循環系の閉塞

降下火砕物が混入した海水を取水した場合でも、海水ストレーナ（下流設備含む。）が閉塞せず、機器の機能に影響がないことを評価する。

(2) 水循環系の内部における摩耗

降下火砕物が混入した海水を取水した場合でも、降下火砕物と構造物との摩耗により、機器の機能に影響がないことを評価する。

(3) 水循環系の化学的影響（腐食）

降下火砕物が混入した海水を取水したことによる構造物内部の化学的影響（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) 降下火砕物条件

a. 粒 径：4.0mm 以下

3. 評価結果

(1) 水循環系の閉塞

評価内容については、「2. 降下火砕物の凝縮による閉塞の影響について」に示す。

(2) 水循環系の内部における摩耗

降下火砕物は砂等に比べて破碎し易く、硬度が低い<sup>※1, ※2</sup>。これまで砂等を原因とした摩耗の影響によって、海水系ストレーナ及び下流設備の機能が喪失した事例はなく、砂より硬度が低い降下火砕物が設備に影響を与える可能性は小さい。

注記※1：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, No3, P38-47

※2：恒松修二ほか(1976)：シラスを主原料とする結晶化ガラス，窯業協会誌，84[6]，P32-40

(3) 水循環系の化学的影響（腐食）

海水ストレーナはステンレス製で内面に防汚塗装が施工されていることから、降下火砕物による短期での腐食により機能に影響を及ぼすことはない。

また、海水ストレーナの下流設備の熱交換器（伝熱管）は耐食性に優れた材料（アルミニウム黄銅管）を用いていること及び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、降下火砕物による短期での腐食により下流設備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、堆積した降下火砕物を除去し、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。

## 非常用ディーゼル発電設備及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備（吸気系、排気消音器及び排気管含む）に係る影響評価

降下火砕物による非常用ディーゼル発電設備及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備に係る影響について以下のとおり評価した。

### 1. 評価項目及び内容

#### (1) 構造物への静的負荷

降下火砕物の堆積荷重により非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関給気口の健全性に影響がないことを評価する。なお、堆積荷重は積雪との重畳を考慮する。

また、排気消音器及び排気管は、降下火砕物が堆積しにくい形状をしているため、荷重の影響を受けることはない。

#### (2) 換気系、電気系及び計測制御系に対する機械的影響（閉塞、摩耗）

降下火砕物のディーゼル機関への侵入等により、機器の機能に影響がないことを評価する。

#### (3) 換気系、電気系及び計測制御系に対する化学的影響（腐食）

降下火砕物の付着及び堆積による化学的影響（腐食）によって、機能に影響がないことを評価する。

#### (4) 構造物への化学的影響（腐食）

降下火砕物の給気口、排気消音器及び排気管への付着による化学的影響（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) 降下火砕物条件

- a. 堆積量 : 56 cm
- b. 密度 : 1.5 g/cm<sup>3</sup> (湿潤状態)

#### (2) 積雪条件

- a. 積雪量 : 35.0 cm (建築基準法の考え方を参考とし設計基準積雪深 (100cm) に係数 0.35 を考慮した値)
- b. 単位荷重 : 堆積量 1 cm あたり 20 N/m<sup>2</sup> (松江市建築基準法施行細則に基づく積雪の単位荷重)

上記条件より降下火砕物及び積雪の重畳を考慮した評価荷重を「8938(N/m<sup>2</sup>)」として評価する。

### 3. 評価結果

#### (1) 構造物への静的負荷

非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関給気口の評価内容については、VI-3-別添2「火山への配慮が必要な施設の強度計算書」に示す。

(2) 換気系，電気系及び計測制御系に対する機械的影響（閉塞，摩耗）

a. ディーゼル機関への影響評価

閉塞における評価内容については、「2. 降下火砕物の凝縮による閉塞の影響について」に示す。

機関シリンダ内に降下火砕物が侵入した場合，シリンダライナとピストンリング間隙（油膜厚さ相当：数 $\mu\text{m}$ ～十数 $\mu\text{m}$ ）と同程度のものは，当該間隙内に侵入し，摩耗の発生が懸念されるが，主要な降下火砕物は砂と比較しても，破碎しやすく<sup>※1</sup>，硬度が低い<sup>※2</sup>こと並びにシリンダライナ及びピストンリングはブリネル硬さで210～225程度の耐摩耗性を有する鋳鉄材であり，これまでの点検において有意な摩耗は確認されていないことから，降下火砕物による摩耗が設備に影響を与える可能性は小さい。長期的な影響についても，シリンダライナ及びピストンの間隙内に侵入した降下火砕物は，シリンダとピストン双方の往復（摺動）運動が繰り返されるごとに，更に細かい粒子に破碎され，破碎された粒子はシリンダライナと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。

注記※1：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, pp. 38-47.

※2：恒松修二・井上耕三・松田応作（1976）シラスを主原料とする結晶化ガラス，窯業協会誌 84 [6]，pp. 32-40.

b. 排気消音器及び排気管への影響評価

評価内容については、「2. 降下火砕物の凝縮による閉塞の影響について」に示す。

(3) 換気系，電気系及び計測制御系に対する化学的影響（腐食）

金属腐食研究の結果より，降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないことから，金属材料を用いることで降下火砕物による短期での腐食により非常用ディーゼル発電設備及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備の機能に影響を与えにくい。なお，降灰後の長期的な腐食の影響については，日常の保守管理等により，状況に応じて補修が可能な設計とする。

(4) 構造物への化学的影響（腐食）

非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関給気口，排気消音器及び排気管は，外面塗装を実施しており，降下火砕物による短期での腐食により，機器の機能に影響を及ぼすことはない。

### 降下火砕物による非常用ディーゼル発電設備の給気フィルタへの影響について

非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関の吸気は、給気消音器のフィルタ（粒径約1～5  $\mu\text{m}$  に対して80%以上を捕獲する性能）を介して吸入しているため、降下火砕物の侵入による非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関への影響は小さいと考えられる。

なお、非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関の給気口は、図1のとおり下方から吸気する構造となっており、降下火砕物により容易に閉塞しないものと考えられるが、万一閉塞した場合の影響について、以下のとおり評価する。

評価にあたっては、非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関の吸入空気は下に向けた給気口を介して給気することにより降下火砕物を吸い込みにくい構造としている点を考慮せず、かつ、火砕物の粒径にかかわらず、大気中濃度のまま全て吸い込まれてフィルタに捕集されることを前提とした計算を行う。

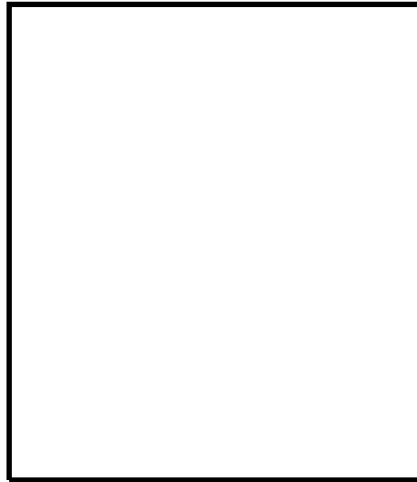


図1 非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関の給気空気の流れ

#### 1. 閉塞までに要する時間について

以下の想定における非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関の給気フィルタの閉塞までの時間を試算した。降下火砕物の大気中濃度には、比較的噴火規模が大きく、地表レベルでの観測データがあるアイスランド南部エイヤヒャトラ氷河で発生した火山噴火の際のヘイマランド地区の濃度値（ $3241 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）を用いるが、米国セントヘレンズ火山噴火の際の濃度値（ $33400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）を用いた場合についても試算した。

また、非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関の給気フィルタの灰捕集容量については、降下火砕物によるフィルタへの影響を直接確認した試験結果（試験内容等は4.参照）に基づく保持容量を用いて試算した。

なお、島根原子力発電所で想定する降下火砕物の給源となる火山については、大山等いずれも発電所から40km以遠にある（第四紀火山のうち発電所から最も近い火山は約53km離れた大山である）ことから、参照したアイスランド火山の観測データは噴火口からより近距離の観測データである。

(1) アイスランドの火山噴火データを用いた試算

表1より、非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関の給気フィルタの閉塞時間を試算した結果、「約72時間」となった。

表1 給気フィルタ閉塞までの時間

① 非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関の給気フィルタの捕集容量 (g) ※1	5075
② 非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関の給気流量 (m <sup>3</sup> /h)	21672
③ 降下火砕物の大気中濃度 (μg/m <sup>3</sup> ) ※2	3241
④ 閉塞までの時間 (h) =①/②/③	72.25

注記※1：降下火砕物による試験結果に基づく捕集容量

$$\text{捕集重量} \square / \text{試験フィルタ面積} \square \times \text{給気フィルタ面積} \square = 5075\text{g}$$

※2：アイスランド南部エイヤヒャトラ氷河で発生（H22年4月）した火山噴火地点から約40km離れたハイマランド地区における大気中の降下火砕物濃度値（24時間観測ピーク値）を参照した。

(2) セントヘレンズの火山噴火データを用いた試算

表2より、非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関の給気フィルタの閉塞時間を試算した結果、「約7時間」となった。

表2 給気フィルタ閉塞までの時間

① 非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関の給気フィルタの捕集容量 (g)	5075
② 非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関の給気流量 (m <sup>3</sup> /h)	21672
③ 降下火砕物の大気中濃度 (μg/m <sup>3</sup> ) ※	33400
④ 閉塞までの時間 (h) =①/②/③	7.01

注記※：米国セントヘレンズ火山で発生（1980年5月）した火山噴火地点から約135km離れた場所における大気中の降下火砕物濃度値（1日平均値）を参照した。

## 2. フィルタ取替え、清掃に必要な時間等について

非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関の給気フィルタは、1基あたり16枚設置されており、フィルタ取替え又は清掃には複雑な作業が必要なく、1基あたりに要する時間は、要員4名で2時間程度を見込んでいる。一方、給気フィルタが閉塞するまでの時間は、1.(2)のとおり約7時間程度であることから、フィルタが閉塞するまでに取替え又は清掃することが可能である。非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関のフィルタの写真を図2に示す。



図2 非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関の給気フィルタ

## 3. その他

ディーゼル発電設備は、1ユニットあたり3系統設置されており、フィルタが詰まった場合においても、フィルタの取替え又は清掃を行うことが可能である。

## 4. 降下火砕物によるフィルタ閉塞試験の概要

降下火砕物を用いて、想定する濃度等より保守的な条件にて、非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関に使用しているものと同様のフィルタへの影響について、以下のモックアップ試験により確認した。

### (1) フィルタの詰まり試験

#### a. 試験条件及び試験方法

##### (a) 降下火砕物

##### ・濃度

想定される降下火砕物の大気中濃度は、1.の通りアイスランドの火山噴火データ(3241  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )であるが、本試験においては保守的に降下火砕物の濃度を約 とした。

なお、本試験における降下火砕物の濃度は、米国セントヘレンズの火山噴火データ (33400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) も包含する。

- ・粒径

モックアップ装置にて噴霧する降下火砕物の粒径分布は、表3のとおり、想定する粒径分布と同様となるような粒径分布の試料を作成した。

表3 モックアップ装置にて噴霧する降下火砕物の粒径

--

(b) モックアップ装置

- ・装置の構成

図3に示すとおり、粉塵発生装置により噴霧させた試料を試験体（フィルタ）に吸着させ、フィルタ前後の差圧及び捕集重量を測定した。

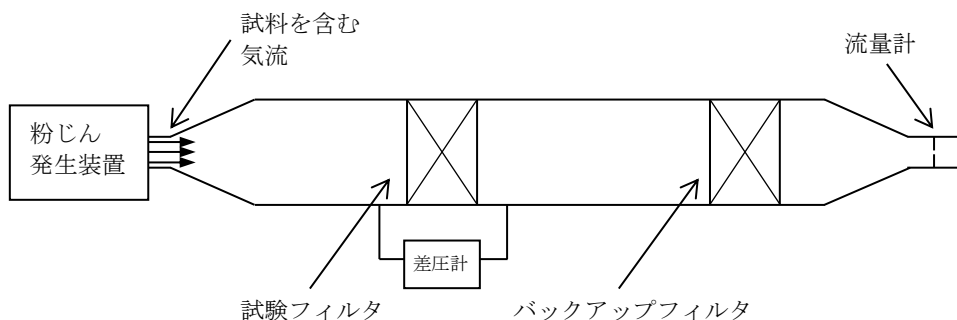


図3 モックアップ装置の構成

- ・風量

非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関の給気流量から換算した試験フィルタの風量 2749 $\text{m}^3/\text{h}$  と同等となるよう、粉塵発生装置から発せられる風量は  とした。



b. 判定基準

試験フィルタ差圧の判定基準は、フィルタ交換目安である [ ] とした。

c. 試験結果

試験フィルタの差圧と捕集量の関係を図 6-4 に示す。

図 4 より、フィルタの差圧は、捕集重量に比例して増加していることが分かり、本試験における最大の捕集重量 [ ] においても試験フィルタの差圧は [ ] であるため、判定基準 [ ] を満足していることを確認した。

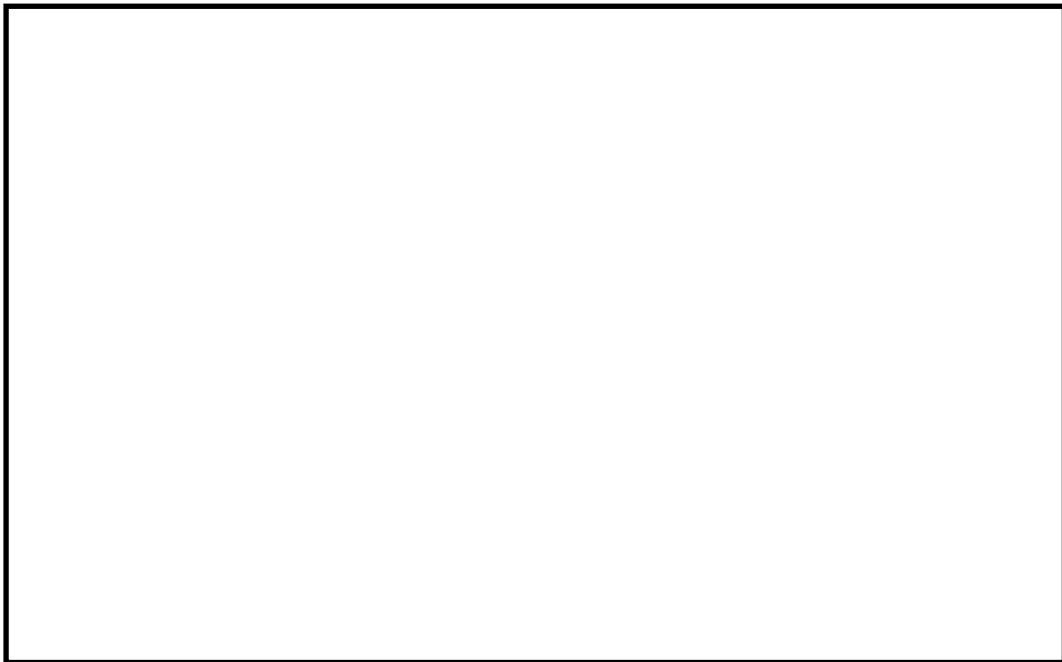


図 4 フィルタの詰まり試験結果

## ディーゼル燃料移送ポンプに係る影響評価

降下火砕物によるディーゼル燃料移送ポンプに係る影響について以下のとおり評価した。

## 1. 評価項目及び内容

## (1) 構造物への化学的影響（腐食）

降下火砕物のディーゼル燃料移送ポンプへの付着や堆積による化学的腐食により、機能への影響がないことを評価する。

## (2) 換気系，電気系及び計測制御系に対する機械的影響（閉塞・摩耗）

降下火砕物のディーゼル燃料移送ポンプへの侵入等により，機器の機能に影響がないことを評価する。

## (3) 換気系，電気系及び計測制御系に対する化学的影響（腐食）

降下火砕物のディーゼル燃料移送ポンプ原動機への侵入により，化学的影響(腐食)によって，機器の機能に影響がないことを評価する。

## 2. 評価条件

## (1) 降下火砕物条件

- a. 粒 径：4.0mm 以下

## 3. 評価結果

## (1) 構造物への化学的影響（腐食）

ディーゼル燃料移送ポンプ（A-非常用ディーゼル発電設備（燃料移送系）及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備（燃料移送系））の化学的腐食については，外面塗装が施されており，当該ポンプ周りに燃料移送ポンプエリア竜巻防護対策設備を設置することで，降下火砕物がディーゼル燃料移送ポンプと直接接触する可能性は低いことから，降下火砕物による短期での腐食により機能に影響を及ぼすことはない。

また，B-非常用ディーゼル発電設備（燃料移送系）についてはB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽に設置することとしており，地上部に設置している外気取入口は下方から吸い込む構造であること，また自然対流による換気であり降下火砕物が侵入しにくくディーゼル燃料移送ポンプと直接接触する可能性は低いことから，降下火砕物による短期での腐食により機能に影響を及ぼすことはない。

## (2) 換気系，電機系および計測制御系に対する機械的影響（閉塞・摩耗）

## a. 軸貫通部

ポンプ本体への異物混入経路としては，軸貫通部があるが，当該部はメカニカルシールを用いて潤滑剤や内部流体の漏えいのないよう適切に管理されていることから，降下火砕物がポンプ本体へ侵入することはなく，閉塞及び摩耗による影響はない。

b. 原動機

動力源となる原動機については、「全閉屋外外扇型」であり、ケーシングの放熱フィン等に堆積した降下火砕物若しくは浮遊中の降下火砕物が冷却ファン側から吸入された場合でも、原動機内部に降下火砕物が侵入することはなく、閉塞及び摩耗による影響はない。

(3) 換気系，電機系および計測制御系に対する化学的影響（腐食）

上記のように、ディーゼル燃料移送ポンプ本体及び原動機内部に降下火砕物が侵入することはないため影響はない。

## 換気空調設備に係る影響評価

降下火砕物による換気空調設備（中央制御室空調換気系及び原子炉建物付属棟空調換気系（非常用電気室用，ディーゼル発電機室用））への影響について以下のとおり評価した。

## 1. 評価項目及び内容

## (1) 換気系，電気系及び計測制御系に対する機械的影響（閉塞・摩耗）

降下火砕物の換気空調設備（外気取入口）に対する，機器の機能に影響がないことを評価する。

## (2) 換気系，電気系及び計測制御系に対する化学的影響（腐食）

換気空調設備（外気取入口）に対する，化学的影響（内部腐食）によって，機能に影響がないことを評価する。

## (3) 発電所周辺の大気汚染

降下火砕物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時居住している中央制御室へ侵入することがないことを評価する。

## 2. 評価条件

## (1) 降下火砕物条件

a. 粒径：4.0mm 以下

## 3. 評価結果

## (1) 換気系，電気系及び計測制御系に対する機械的影響（閉塞・摩耗）

各評価対象施設の外気取入口には，図1に示すとおりルーバが取り付けられており，下方から吸い込む構造となっていることから，降下火砕物が侵入しにくい構造となっている。

また，非常用電気室の外気取入口にはラフフィルタ（JIS Z 8901 試験用粉体 11 種に対して 76%以上の捕集効率）とバグフィルタ（JIS Z 8901 試験用粉体 11 種に対して 80%以上の捕集効率），ディーゼル発電機室の外気取入口にはラフフィルタ（JIS Z 8901 試験用粉体 11 種に対して 60%以上の捕集効率）及び中央制御室空調換気系の外気取入口にはバグフィルタ（JIS Z 8901 試験用粉体 11 種に対して 80%以上の捕集効率）が設置されており，想定する降下火砕物は十分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降下火砕物が与える影響は小さい。

なお，フィルタには差圧計が設置されており，必要に応じて取替え又は清掃をすることが可能である。

換気空調設備の外気取入口は，地上面又は直下にある平面部から 56cm 以上の高さを確保していることから，堆積によって外気取入口が閉塞に至ることはない。

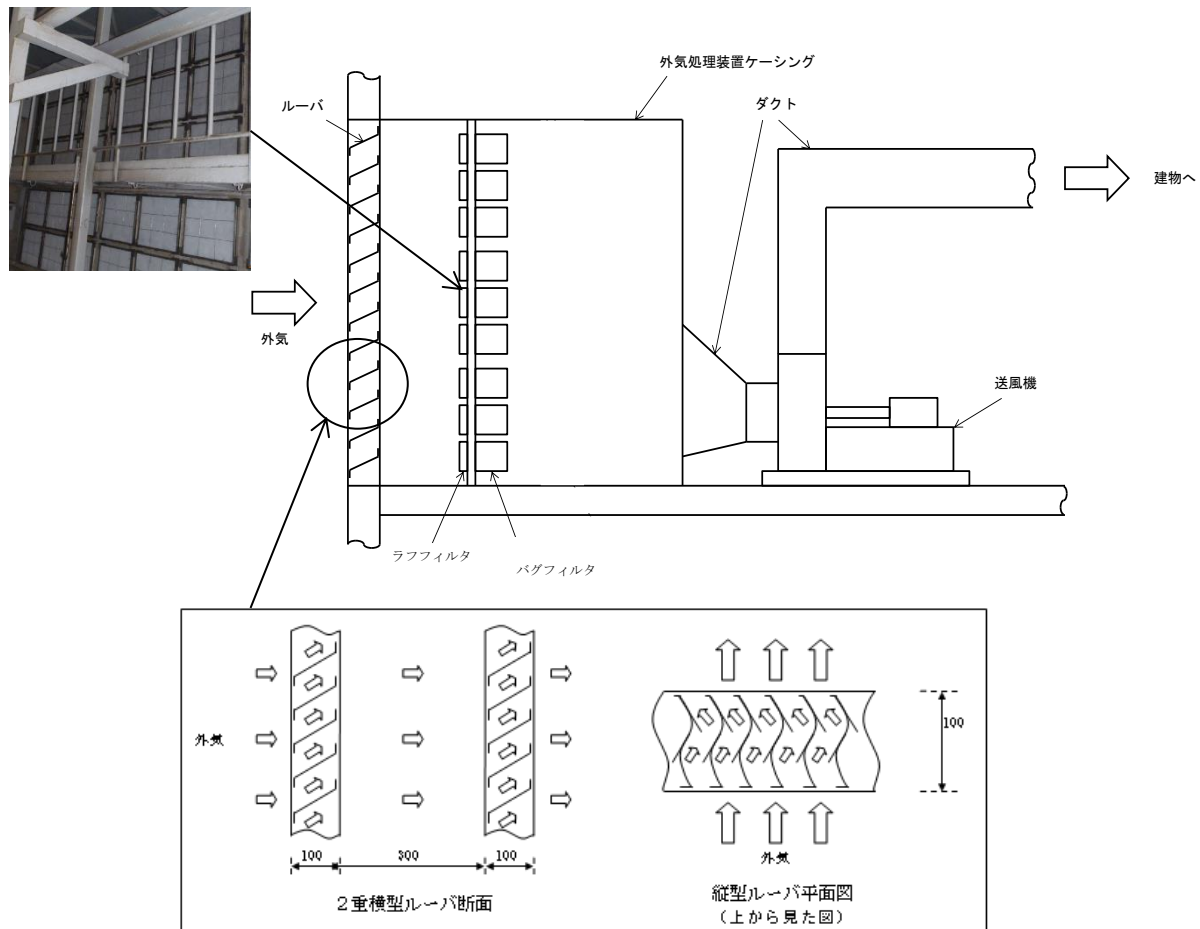


図1 外気取入口の空気の流れ概要

(2) 換気系、電気系及び計測制御系に対する化学的影響（腐食）

金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないことから、金属材料を用いることで、降下火砕物による短期での腐食により換気空調設備（外気取入口）の機能に影響を与えにくい。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常の保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

(3) 発電所周辺の大気汚染

運転員が常駐している中央制御室は、中央制御室空調換気系によって空調管理されており、他の換気空調設備と同様、外気取入口には、ルーバが取り付けられており、下方から吸い込む構造となっていることから、降下火砕物が侵入しにくい構造となっている。また、外気取入口には、バグフィルタ（JIS Z 8901 試験用粉体 11 種に対して 80%以上の捕集効率）が設置されており、想定する降下火砕物は十分除去されることから、降下火砕物を与える影響は少ない。中央制御室空調換気系の外気取入口の写真を図2に示す。

なお、大気汚染による人に対する居住性の観点から、運転員が常駐する中央制御室については、中央制御室排風機の停止及び給気隔離弁の閉止を行い、系統隔離運転モードとすることにより、中央制御室の居住環境を維持できる。中央制御室空調換気系

の系統概略図を図3に示す。

以下に、給気隔離弁を閉止した状態の酸素濃度及び二酸化炭素濃度について評価した結果を示す。



図2 中央制御室空調換気系の外気取入口

a. 酸素濃度

「空気調和・衛生工学便覧 空気調和設備編」に基づき、酸素濃度について評価した。

(a) 評価条件

- ・在室人員 10名
- ・中央制御室バウンダリ内体積  m<sup>3</sup>
- ・空気流入はないものとする。
- ・初期酸素濃度 20.95%
- ・1人あたりの呼吸量は、事故時の運転操作を想定し、歩行時の呼吸量を適用して、240/minとする。
- ・1人あたりの酸素消費量は、呼気の酸素濃度:16.40%として、65.520/hとする。
- ・許容酸素濃度 19%以上（鉱山保安法施行規則）

(b) 評価結果

表1 中央制御室系統隔離運転モードにおける酸素濃度の時間変化

時間	12時間	24時間	36時間	505時間
酸素濃度	20.9%	20.8%	20.8%	19.0%

b. 二酸化炭素濃度

「空気調和・衛生工学便覧 空気調和設備編」に基づき、二酸化炭素濃度について評価した。

(a) 評価条件

- ・在室人員 10名
- ・中央制御室バウンダリ内体積  m<sup>3</sup>
- ・空気流入はないものとする。

- ・初期二酸化炭素濃度 0.03%
- ・1人あたりの二酸化炭素吐出量は、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、 $0.046\text{m}^3/\text{h}$ とする。
- ・許容二酸化炭素濃度 1.0%以下（鉱山保安法施行規則）

(b) 評価結果

表2 中央制御室系統隔離運転モードにおける二酸化炭素濃度の時間変化

時間	12時間	24時間	36時間	358時間
二酸化炭素濃度	0.07%	0.10%	0.13%	1.00%

以上の結果から、358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。なお、噴火継続時間に関する最近の観測記録と比較し、十分な裕度が確保できている。

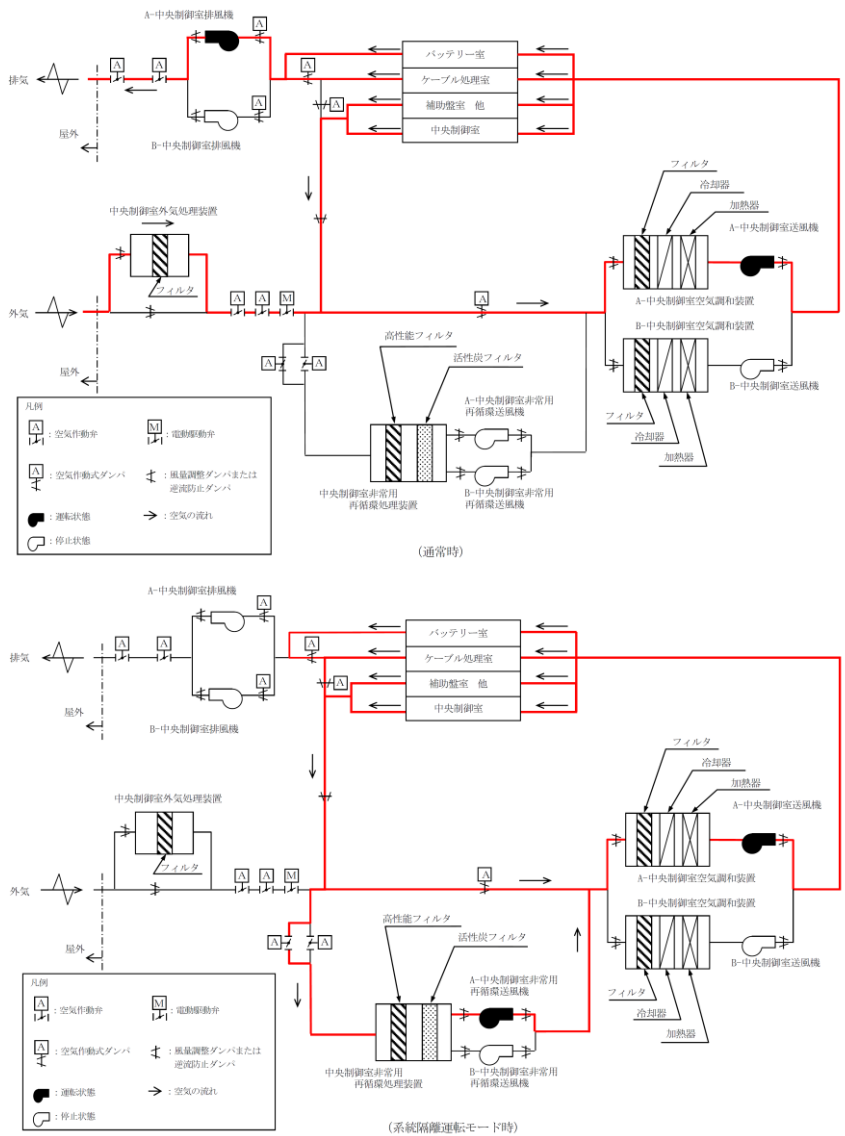


図3 中央制御室空調換気系の系統概略図

計測制御系統施設（安全保護系盤）及び非常用電源設備（計装用無停電交流電源装置及びロードセンタ）に係る影響評価

降下火砕物により、屋内の空気を取込む機構を有する計測制御系統施設（安全保護系盤）及び非常用電源設備（計装用無停電交流電源装置及びロードセンタ）（以下「安全保護系盤等」という。）への影響について以下のとおり評価した。

1. 評価項目及び内容

(1) 換気系，電気系及び計測制御系に対する化学的影響（腐食）

降下火砕物が盤内に侵入する可能性及び侵入した場合の安全保護系盤等の化学的影響（腐食）により，機器の機能に影響がないことを評価する。

(2) 絶縁低下

降下火砕物が盤内に侵入する可能性及び侵入した場合の安全保護系盤等の絶縁低下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) 降下火砕物条件

a. 粒 径：4.0mm 以下

3. 評価結果

(1) 換気系，電気系及び計測制御系に対する化学的影響（腐食）

安全保護系盤等については，その発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，換気に伴い降下火砕物が盤内に侵入する可能性がある。

安全保護系盤等が設置されているエリアは，原子炉棟空調換気系，原子炉建物附属棟空調換気系，中央制御室空調換気系にて空調管理されており，原子炉棟空調換気系及び原子炉建物附属棟空調換気系の外気取入口には，ラフフィルタ（J I S Z 8 9 0 1 試験用粉体 11 種に対して 76%以上の捕集効率）とバグフィルタ（J I S Z 8 9 0 1 試験用粉体 11 種に対して 80%以上の捕集効率），中央制御室空調換気系の外気取入口にはバグフィルタ（J I S Z 8 9 0 1 試験用粉体 11 種に対して 80%以上の捕集効率）が設置されているため，室内に侵入する降下火砕物は微量で，微細な粒子と推定される。

このため，仮に室内に侵入する場合でも降下火砕物は微細なものに限られ，大量に盤内に侵入する可能性は小さいことから，降下火砕物による短期での腐食により機能に影響を及ぼすことはない。なお，中央制御室空調換気系については，給気隔離弁を閉止し系統隔離運転モードを行うことにより降下火砕物の侵入を阻止することも可能である。



(2) 絶縁低下

安全保護系盤等については、その発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、降下火砕物が盤内に侵入する可能性がある。

安全保護系盤等が設置されているエリアは、原子炉棟空調換気系、原子炉建物付属棟空調換気系、中央制御室空調換気系にて空調管理されており、原子炉棟空調換気系及び原子炉建物付属棟空調換気系の外気取入口には、ラフフィルタ（J I S Z 8 9 0 1 試験用粉体 11 種に対して 76%以上の捕集効率）とバグフィルタ（J I S Z 8 9 0 1 試験用粉体 11 種に対して 80%以上の捕集効率）、中央制御室空調換気系の外気取入口にはバグフィルタ（J I S Z 8 9 0 1 試験用粉体 11 種に対して 80%以上の捕集効率）を介した換気空気を吸入している。したがって、降下火砕物が大量に盤内に侵入する可能性は低く、その付着により短絡を発生させる可能性はないため、安全保護系盤等の安全機能が損なわれることはない。

電気系および計測制御系の盤のうち空気を取り込む機構を有する盤について

1. 外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する盤

屋内の空気を機器内に取り込む機構とは換気ファンのことである。電気系及び計測制御系の盤のうち一部の計測制御系統施設（安全保護系盤）及び非常用電源設備（計装用無停電交流電源装置及びロードセンタ）（以下「安全保護系盤等」という。）については、その発生熱量に応じて盤内に換気ファンを設置しており、強制的に盤内に室内空気を取り込むことから、仮に、降下火砕物が侵入することを考慮し、以下のとおり検討した。

(1) 侵入する降下火砕物の粒径

原子炉棟空調換気系，原子炉建物付属棟空調換気系，中央制御室空調換気系の外気取入口には、主として粒径が $2\mu\text{m}$ より大きい粒子を除去するフィルタが設置されている。

このため、仮に室内に侵入したとしても、降下火砕物の粒径はおおむね $2\mu\text{m}$ 以下の細かな粒子であると推定される。

(2) 安全保護系盤等に対する降下火砕物の影響

安全保護系盤等については、細かな粒子であっても、降下火砕物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、安全保護系盤等において数 $\mu\text{m}$ 程度の線間距離となるのは、集積回路（IC等）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、降下火砕物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、端子間の距離は数 $\text{mm}$ 程度あることから、降下火砕物が付着しても、直ちに短絡等を発生させることはない。したがって、万が一、細かな粒子の降下火砕物が盤内に侵入した場合においても、降下火砕物の付着等により短絡等を発生させる可能性はない。

## 排気筒（空調換気系用，非常用ガス処理系用）に係る影響評価

降下火砕物による排気筒（空調換気系用，非常用ガス処理系）への影響について以下のとおり評価した。

## 1. 評価項目及び内容

## (1) 換気系，電気系及び計測制御系に対する機械的影響（閉塞）

降下火砕物の排気筒（空調換気系用，非常用ガス処理系用）への侵入により，その機能に影響がないことを評価する。具体的には，空調換気系用排気筒については，排気速度が降下火砕物の降下速度よりも大きく，降下火砕物が排気筒へ侵入しないことを確認する。また，非常用ガス処理系用排気筒については，降下火砕物が侵入しにくい構造となっていることを確認する。

## (2) 構造物への化学的影響（腐食）

降下火砕物の付着に伴う構造物の腐食により，排気筒（空調換気系用，非常用ガス処理系用）の機能に影響がないことを評価する。

## 2. 評価条件

## (1) 降下火砕物条件

- a. 密度：1.5g/cm<sup>3</sup>（湿潤状態）
- b. 粒径：4.0mm 以下

## 3. 評価結果

## (1) 換気系，電気系及び計測制御系に対する機械的影響（閉塞）

## a. 空調換気系用排気筒

降下火砕物の降下速度と空調換気系用排気筒の排気速度の評価について以下に示す。

## (a) 降下火砕物の降下速度

降下火砕物の粒子の沈降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。

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

ここで，

重力加速度： $g = 9.80665$  (m/s<sup>2</sup>)

抵抗係数： $C_w = 0.44$

粒子密度： $\rho_k = 1500$  (kg/m<sup>3</sup>)

空気密度： $\rho_L = 1.1$  (kg/m<sup>3</sup>)

粒子径： $d_k = 0.004$  (m)

本評価では空調換気系用排気筒の排気速度（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降下火砕物の特性として設定された、湿潤密度  $1,500\text{kg/m}^3$  ( $1.5\text{g/cm}^3$ )、粒子径  $0.004\text{m}$  ( $4\text{mm}$ ) の降下火砕物条件を用いて降下速度を算出すると以下のとおりとなる。

$$Wf = \sqrt{\frac{4}{3} \times \frac{9.80665}{0.44} \times \frac{1500 - 1.1}{1.1} \times 0.004} = 12.72 \Rightarrow 12.8 \text{ (m/s)}$$

※：単粒子が静止した気体中を自由落下し、粒子の流体抵抗、重力及び浮力の間で釣り合いの状態が生じたときの粒子の速度 【参考文献】「紛体工学便覧（第2版）」日刊工業新聞社

(b) 空調換気系用排気筒の排気速度

空調換気系用排気筒からの排気速度について、以下のとおり導出する。

排気速度  $W$  (m/s) は、次式で表される。

$$W = \frac{F/3600}{\pi \times (D/2)^2}$$

ここで、

空調換気系用排気筒からの合計排気風量※ :  $F = 810,000 \text{ (m}^3/\text{h)}$

$$\left( \begin{array}{l} \text{原子炉建物排気量 : } 225,000\text{m}^3/\text{h} \\ \text{タービン建物排気量 : } 400,000\text{m}^3/\text{h} \\ \text{廃棄物処理建物排気量 : } 185,000\text{m}^3/\text{h} \end{array} \right)$$

※：気体廃棄物処理系の排気風量は除く

排気筒直径 :  $D = 3.3 \text{ (m)}$

$$W = \frac{810000/3600}{\pi \times (3.3/2)^2} = 26.31 \Rightarrow 26.3 \text{ (m/s)}$$

以上より、空調換気系用排気筒からの排気速度は「 $26.3\text{m/s}$ 」であり、降下火砕物の降下速度「 $12.8\text{m/s}$ 」より大きく、降下火砕物が侵入することはない。

b. 非常用ガス処理系用排気筒

非常用ガス処理系用排気筒については、屋外に開口しているが、図1に示すとおり開口部は水平方向であり、降下火砕物が侵入しにくい構造となっている。なお、非常用ガス処理系運転中においては、排気管から排気されていることから降下火砕物が侵入することはない。

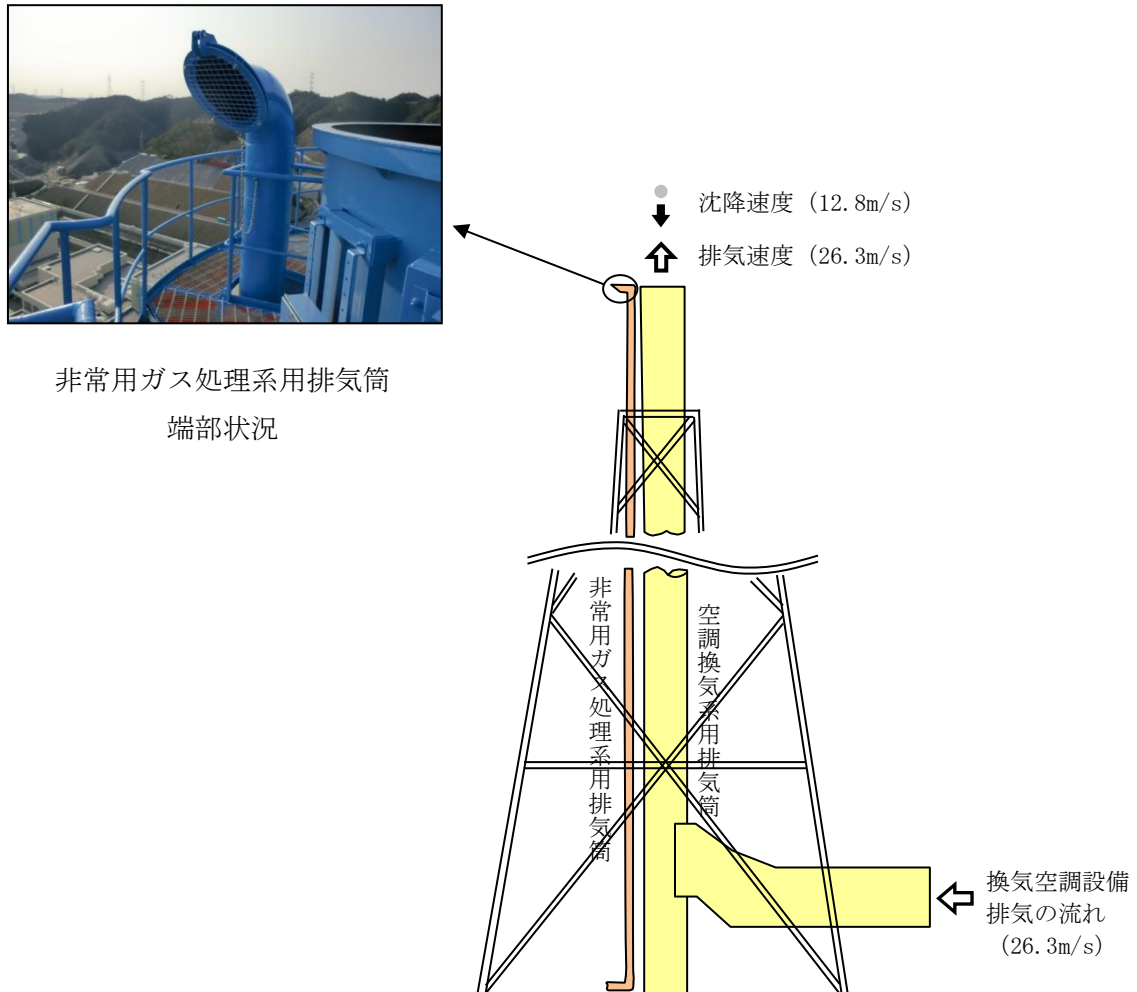


図1 排気筒（空調換気系用，非常用ガス処理系用）概要図

(2) 構造物への化学的影響（腐食）

排気筒（空調換気系用，非常用ガス処理系用）は，外装塗装を実施していることから，降下火砕物による短期での腐食により機能に影響を及ぼすことはない。

なお，降灰後の長期的な腐食の影響については，日常の保守管理等により，状況に応じて補修が可能な設計とする。

## 排気筒モニタに係る影響評価

降下火砕物による排気筒モニタに係る影響について以下のとおり評価した。

## 1. 評価項目及び内容

## (1) 構造物への化学的影響（腐食）

降下火砕物のサンプリング配管への付着や堆積による化学的腐食により、機器の機能に影響がないことを評価する。

## (2) 換気系、電気系及び計測制御系に対する機械的影響（閉塞・摩耗）

降下火砕物のサンプリング配管への侵入等により、機器の機能に影響がないことを評価する。

また、排気筒モニタ（屋外サンプリング配管除く）は排気筒モニタ室内に設置されているが、排気筒モニタ室の通気口にフィルタを設置し、降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とするため、排気筒モニタ（屋外サンプリング配管除く）への影響はない。

## 2. 評価条件

## (1) 降下火砕物条件

- a. 粒 径：4.0mm 以下

## 3. 評価結果

## (1) 構造物への化学的影響（腐食）

排気筒モニタのサンプリング配管は、耐食性のあるステンレス製であることから、降下火砕物による短期での腐食により、機器の機能に影響を及ぼすことはない。

## (2) 換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞・摩耗）

排気筒モニタのサンプリング配管の計測口は、図1に示すとおり下方から吸い込む構造であること、また空調換気系用排気筒内部に設置することにより、降下火砕物が侵入しない※ことから、機器の機能に影響を及ぼすことはない。

注記※：排気筒の排気速度が降下火砕物の降下速度よりも大きいことから、降下火砕物が排気筒へ侵入しないことを別紙ー7にて確認している。

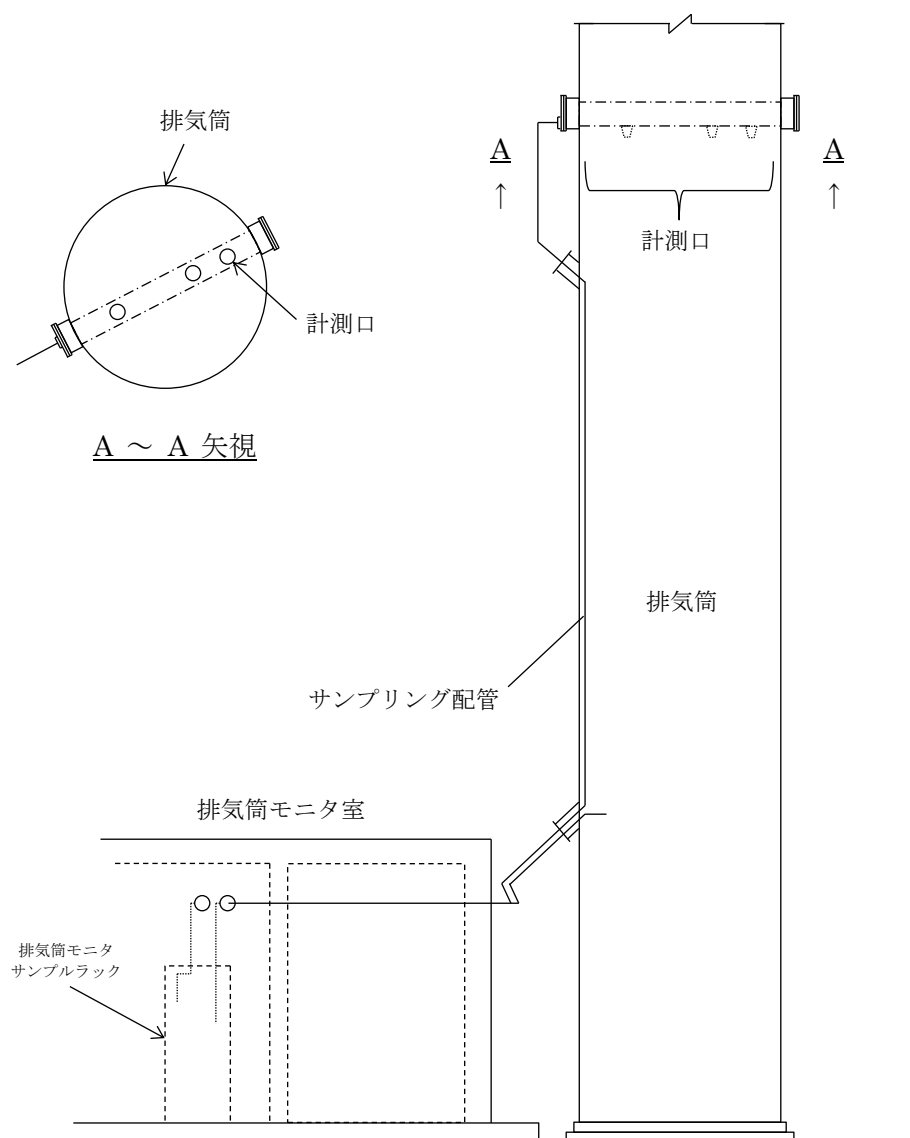


図1 排気筒モニタ概要図

## 建物等に係る影響評価

降下火砕物による原子炉建物，タービン建物，制御室建物，廃棄物処理建物，排気筒モニタ室，ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽への影響について，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

降下火砕物の堆積荷重により原子炉建物，タービン建物，制御室建物，廃棄物処理建物，排気筒モニタ室，ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の健全性に影響がないことを評価する。なお，評価は降下火砕物，積雪及び風（台風）による荷重を考慮する。

## (2) 構造物への化学的影響（腐食）

降下火砕物の構造物への付着や堆積による化学的腐食により，構造物へ影響がないことを評価する。

## 2. 評価条件

## (1) 降下火砕物条件

- a. 堆積量 : 56 cm
- b. 密度 : 1.5 g/cm<sup>3</sup> (湿潤状態)

## (2) 積雪条件

- a. 積雪量 : 35.0 cm (建築基準法の考え方を参考とし設計基準積雪深 (100cm) に係数 0.35 を考慮した値)
- b. 単位荷重 : 堆積量 1 cm あたり 20 N/m<sup>2</sup> (松江市建築基準法施行細則に基づく積雪の単位荷重)

上記条件より降下火砕物及び積雪の重畳を考慮した評価荷重を「8938 (N/m<sup>2</sup>)」として評価する。

## (3) 積載荷重

「建築構造設計規準の資料 (国土交通省 平成 30 年版)」における「屋上 (通常人が使用しない場合)」の床版計算用積載荷重を参考として，除灰時の人員荷重として 981N/m<sup>2</sup> とする。

## 3. 評価結果

## (1) 構造物への静的負荷

評価結果については，VI-3-別添 2 「火山への配慮が必要な施設の強度計算書」に示す。



(2) 構造物への化学的影響（腐食）

原子炉建物，タービン建物，制御室建物，廃棄物処理建物及び排気筒モニタ室は外壁に塗装を施していること，ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽は塗装を実施していること又はコンクリート構造物であることから，降下火砕物による化学的腐食により短期的に影響を及ぼすことはない。

また，降下火砕物堆積後の長期的な腐食の影響については，堆積した降下火砕物を除去し，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。

## 取水設備（除じん装置）に係る影響評価

降下火砕物による取水設備（除じん装置）への影響について以下のとおり評価した。

## 1. 評価項目及び内容

## (1) 水循環系の閉塞

降下火砕物が混入した海水を取水することにより、取水設備が閉塞しないことを評価する。

## (2) 水循環系の内部における摩耗

降下火砕物が混入した海水を取水ことに伴う、取水設備の摩耗により、機器の機能に影響がないことを評価する。

## (3) 水循環系の化学的影響（腐食）

降下火砕物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) 降下火砕物条件

- a. 粒 径：4.0mm 以下

## 3. 評価結果

## (1) 水循環系の閉塞

図1に示すとおり、原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ前面には、ロータリースクリーンを設置しており、海水中の大きな塵芥の除去を実施している。取水設備への降下火砕物を想定しても、想定する降下火砕物の粒径は、表1に示す取水設備の目開きの間隔(10mm)よりも小さく、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、取水設備（除じん装置）が閉塞することはない。

## (2) 水循環系の内部における摩耗

降下火砕物は砂等に比べて破碎し易く、硬度が低い<sup>※1, ※2</sup>。これまで砂等を原因とした摩耗の影響によって、取水設備（除じん装置）の機能が喪失した事例はなく、砂より硬度が低い降下火砕物が設備に影響を与える可能性は小さい。

注記※1：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, No3, P38-47

※2：恒松修二ほか(1976)：シラスを主原料とする結晶化ガラス，窯業協会誌，84[6]，P32-40

## (3) 水循環系の化学的影響（腐食）

取水設備（除じん装置）は防汚塗装等を実施しており、海水と金属が直接接することはないことから、降下火砕物による短期での腐食により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、堆積した降下火砕物を除去し、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。

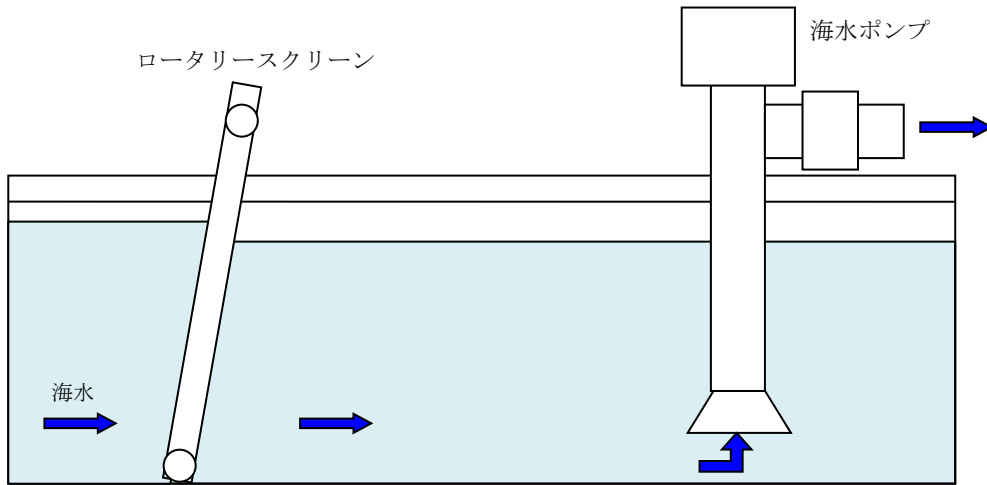


図1 取水設備（除じん装置）の構成

表1 取水設備（除じん装置）の目開間隔

名称	ロータリースクリーン
目開間隔	10mm

## 間接的影響評価の評価結果

間接的影響について、以下のとおり評価する。

## 1. 評価項目及び内容

降下火砕物の間接的影響は、広範囲にわたる送電網の損傷による7日間の外部電源喪失及び発電所外の交通の途絶によるアクセス制限に対する評価を行う。

## 2. 評価結果

島根原子力発電所2号機の非常用所内交流電源設備は、非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関(2台)及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル機関(1台)とそれぞれに必要な燃料デイトンク(2基;16m<sup>3</sup>/基, 1基;9m<sup>3</sup>/基)〔Sクラス〕を有している。さらに、燃料貯蔵タンク(A-非常用ディーゼル発電設備(燃料移送系)(2基;170kL/基), 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備(燃料移送系)(1基;170kL/基))及び(B-非常用ディーゼル発電設備(燃料移送系)(3基;100kL/基))〔Sクラス〕を有している。

燃料貯蔵タンク及び燃料移送ポンプは屋外設備であるが、ディーゼル燃料貯蔵タンク室又はB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽に内包されていること及び燃料移送ポンプエリア竜巻防護対策設備で覆われていることから、降下火砕物の静的荷重等に対してその機能に影響はない。また、燃料移送ポンプエリアのA-非常用ディーゼル発電設備及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備燃料移送系の配管は、屋外に設置されているが、コンクリート蓋等を有するピット内にあることから、降下火砕物によって機能喪失することはない。B-非常用ディーゼル発電設備燃料移送系の配管は、燃料貯蔵タンク格納槽の取り出し口から屋外配管ダクトを介して、原子炉建物に接続されていることから、降下火砕物によって機能喪失することはない。

これらにより、7日間の外部電源喪失に対して、また、原子力発電所外での影響(長期間の外部電源の喪失及び交通の途絶)を考慮した場合においても、発電用原子炉の停止及び停止後の発電用原子炉の冷却、並びに燃料プールの冷却に係る機能を担うために必要となる電源の供給が継続できる設計とする。

塗装による降下火砕物の化学的影響（腐食）について

降下火砕物による「構造物への化学的影響（腐食）」については、評価対象施設等が塗装されていることで直ちに機能に影響を及ぼすことはないとは評価している。その詳細について以下に示す。

原子力発電所では炭素鋼、低合金鋼及びステンレス鋼の機器、配管、制御盤及びダクト等の外表面に対する塗装基準が定められており、耐放射線性、耐水性、除染性、耐熱性、耐油性等を考慮した塗料に係る基準が規定されている。

屋外設備については、海塩粒子等の腐食性有害物質が付着しやすく、最も厳しい腐食環境にさらされるため、エポキシ樹脂系、ウレタン樹脂系、アクリル系等の塗料が複数層で塗布されており、水に濡れると硫酸イオン等が流出する等の特徴を持つ降下火砕物が堆積したとしても、直ちに金属表面等の腐食が進むことはない。

また、海水ポンプ、海水管等の海水に直接接触する部分については、ウレタン樹脂、ビニル樹脂等の耐食性塗料（樹脂ライニング含む）が施工されている。

よって、降下火砕物が外表面に堆積及び混入した海水を取水したとしても、直ちに金属表面の腐食が進むことはない。

なお、定期的に外観の点検を行い、塗装の状態についても確認を行っている。

島根原子力発電所2号機における塗装の例を表1に示す。

表1 島根原子力発電所2号機における塗装の例

	下塗り	中塗り	上塗り
原子炉建物 制御室建物 タービン建物 廃棄物処理建物 排気筒モニタ室	エポキシ樹脂	アクリルゴム	アクリルシリコン樹脂 アクリルウレタン樹脂
海水ポンプ (原子炉補機海水ポンプ、 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ)	ウレタン樹脂	—	ビニル樹脂
取水設備 (除じん装置)	ウレタン樹脂	—	ビニル樹脂

## 降下火砕物の金属腐食研究について

桜島降下火砕物による金属腐食研究結果を島根原子力発電所における降下火砕物による金属腐食の影響評価に適用する考え方について以下に示す。

### 1. 適用の考え方

降下火砕物による金属腐食については、主として火山ガス ( $\text{SO}_2$ ) が付着した降下火砕物の影響によるものである。

降下火砕物による腐食影響において引用した研究文献「火山環境における金属材料の腐食」では、実火山灰である桜島の降下火砕物を用いて、実際の火山環境に近い状態を模擬するため、高濃度の亜硫酸ガス ( $\text{SO}_2$ ) 雰囲気を保った状態で金属腐食試験を行ったものであり、降下火砕物の腐食成分濃度を高濃度で模擬した腐食試験結果であることから、島根原子力発電所で考慮する火山についても本研究結果が十分適用可能である。

### 2. 研究文献「火山環境における金属材料の腐食」の概要

#### (1) 試験概要

「火山環境における金属材料の腐食（出雲茂人、末吉秀一ほか），防食技術 Vol. 39, P247-253, 1990」によると、降下火砕物を水で洗浄し、可溶性の成分を除去した後、金属試験片に堆積させ、高濃度の  $\text{SO}_2$  ガス雰囲気（150～200ppm）で、加熱（温度 40℃、湿度 95%を 4 時間）、冷却（温度 20℃、湿度 80%を 2 時間）を最大 18 回繰り返すことにより、結露、蒸発を繰り返し金属試験片の腐食を観察している。

#### (2) 試験結果

図 1 に示すとおり、降下火砕物の堆積量が多い場合は、降下火砕物の堆積なし又は堆積量が少ない場合と比較して、金属試験片の腐食が促進されるが、腐食量は表面厚さにして十数～数十  $\mu\text{m}$  程度との結果が得られ、降下火砕物層では結露しやすいこと、並びに保水効果が大きいことにより腐食が促進されると結論づけられている。

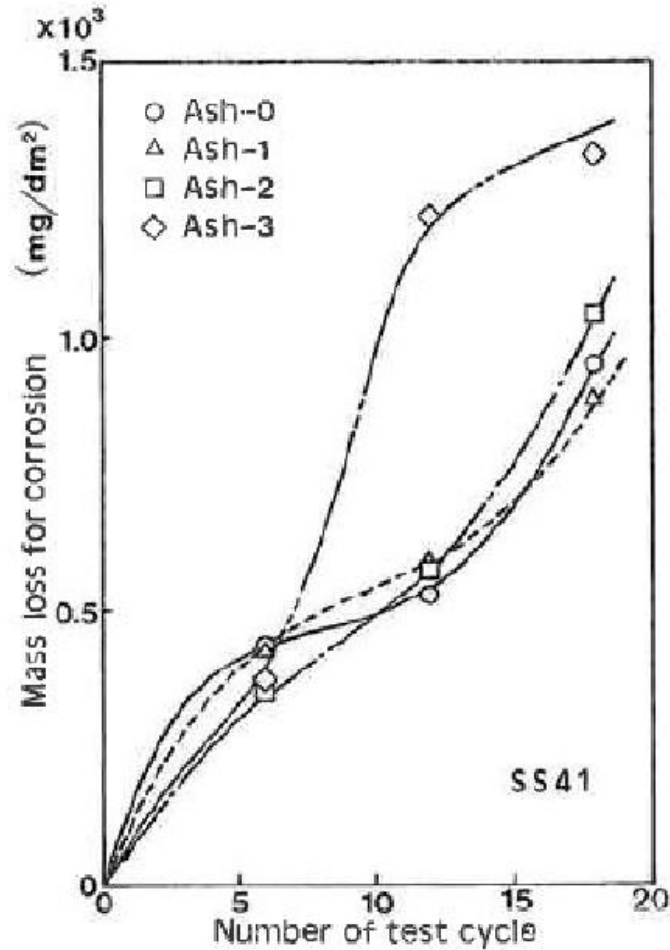
#### (3) 試験結果からの考察

降下火砕物による腐食については、主として火山ガスが付着した降下火砕物の影響によるものであり、本研究においては、金属試験片の表面に降下火砕物を置き、実際の火山環境を模擬して高濃度の  $\text{SO}_2$  雰囲気中で曝露し、腐食実験を行っているものである。

腐食の要因となる火山ガスを高濃度の雰囲気を常に保った状態で行っている試験であり、自然環境に存在する降下火砕物よりも高い腐食条件<sup>\*</sup>で金属腐食量を求めており、島根原子力発電所で考慮する降下火砕物についても十分適用可能である。

【※参考】

- ・三宅島火山の噴火口付近の観測記録：20～30ppm  
（「三宅島火山ガスに関する検討会報告書」より）
- ・桜島火山上空の噴煙中火山ガスの観測記録：17～68ppm  
（「京大防災研究所年報」より）



- Ash-0：降下火砕物のない状態
- Ash-1：表面が見える程度に積もった状態
- Ash-2：表面が見えなくなる程度に積もった状態
- Ash-3：約0.8mmの厚さに積もった状態

図1 SS41の腐食による質量変化