

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7補足-019-4 改3
提出年月日	2020年 4月21日

資料4

火山への配慮に関する説明書に係る補足説明資料

2020年 4月

東京電力ホールディングス株式会社

## 補足説明資料目次

### I. はじめに

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

- ・ V-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、  
V-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)	V-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	V-1-1-3-4-1 火山への配慮に関する基本方針 V-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	V-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、外部からの衝撃より防護すべき施設（「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、発電用原子炉を停止するため、また、停止状態にある場合は引き続きその状態を維持するために必要な異常の発生防止の機能、又は異常の影響緩和の機能を有する構築物、系統及び機器、並びに、使用済燃料貯蔵プールの冷却機能及び給水機能を維持するために必要な異常の発生防止の機能、又は異常の影響緩和の機能を有する構築物、系統及び機器として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屋（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。

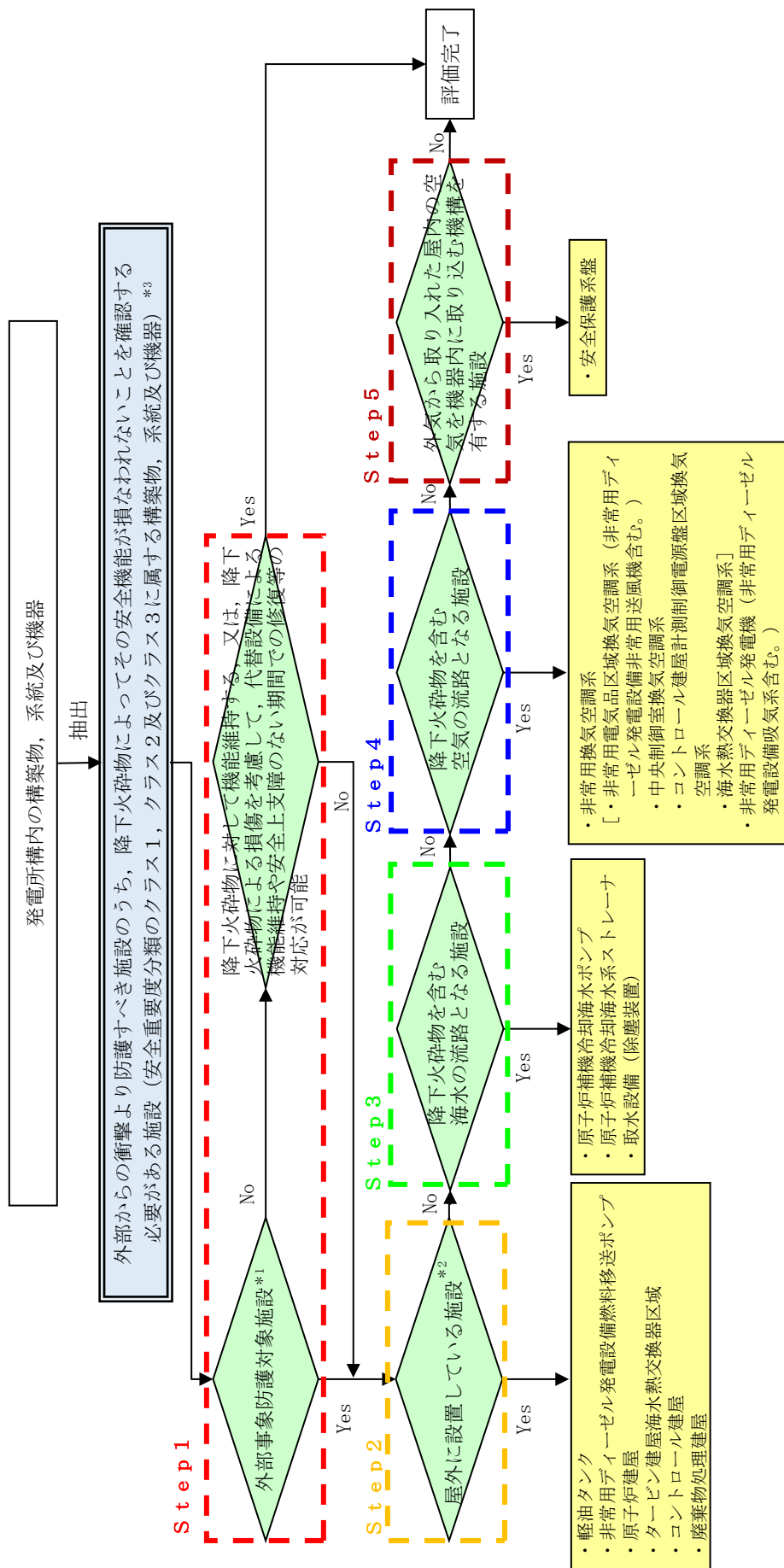
外部事象防護対象施設に係る降下火砕物の影響を考慮する施設を図1-1のフローに従い選定し、選定結果を表1-1に示す。

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の安全性を損なわないために防護措置として設置する防護対策施設を含める。防護対策施設に係る降下火砕物の影響を考慮する施設は、降下火砕物が堆積し影響を受ける可能性のある屋外に設置している防護対策施設を選定する。

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、建屋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屋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、原子炉の高温停止、冷温停止に必要な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 : 外部事象に対し必要な構築物、系統及び機器並びにそれらを内包する建屋

\*2 : 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は、外部事象防護対象施設が安全機能を損なわないこと及び重大事故等対処設備が外部事象防護対象施設の安全機能と同時にその機能を損なわないことを確認する観点で選定する。

\*3 : 重大事故等対処設備は本フローとは別途に影響を考慮する施設として選定する。

図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フロー

表 1-1-1 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 (1/5)

評価対象施設  
 ○：YES X：No —：該当せず又は評価完了

分類	機能	構築物、系統又は機器	配置場所	STEP1		STEP2	STEP3	STEP4	STEP5	評価上の留意点	
				外部事象防護対象施設	機能維持する。又は、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が可能						
PS-1	原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	・原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系	R/B	○	—	○	—	—	—	—	
	過剰反応度の印加防止機能	・制御棒カップリング ・制御棒駆動機構	R/B	○	—	○	—	—	—	—	
	炉心形状の維持機能	・炉心支持構造物 ・燃料集合体	R/B	○	—	○	—	—	—	—	
	原子炉の緊急停止機能	・原子炉停止系の制御棒による系 (制御棒、制御棒駆動系)	R/B	○	—	○	—	—	—	—	
	未臨界維持機能	・原子炉停止系 (制御棒による系、ほう酸水注入系)	R/B	○	—	○	—	—	—	—	
	原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能	・主蒸気速がし安全弁 (安全弁としての開機能) ・残留熱を除去する系統 (残留熱除去系 (原子炉停止時冷却モード)、原子炉隔離時冷却系、高圧炉心注水系、主蒸気速がし安全弁 (手動速がし機能)、自動減圧系 (手動速がし機能)) ・サブプレッションプール	R/B	○	—	○	—	—	—	—	
	原子炉停止後の除熱機能	・復水補給水系 (復水貯蔵槽) ・非常用炉心冷却系 (残留熱除去系 (低圧注水系、原子炉隔離時冷却系、高圧炉心注水系、自動減圧系 (主蒸気速がし安全弁)) ・サブプレッションプール	R/B	○	—	○	—	—	—	—	
	炉心冷却機能	・復水補給水系 (復水貯蔵槽) ・原子炉格納容器 ・原子炉格納容器隔離弁及び原子炉格納容器バウンダリ配管 ・主蒸気流量制限器 ・残留熱除去系 (格納容器スプレッド冷却モード) ・原子炉建屋原子炉区域 (プロアーアクトパネル付き)	Rw/B	○	—	○	—	—	—	—	
	放射線物質の閉じ込め機能、放射線の遮蔽及び放出低減機能	・非常用ガス処理系 ・可燃性ガス濃度制御系	R/B	○	—	○	—	—	—	—	—
		・主排気筒 (非常用ガス処理系排気管の支持機能) ・遮蔽設備 (原子炉遮蔽壁、一次遮蔽壁) ・遮蔽設備 (二次遮蔽壁)	R/B	X	○	—	—	—	—	—	—
工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能	・安全保護系	R/B、C/B	○	—	○	—	X	—	—	—	
	安全保護系	R/B、C/B	○	—	○	—	X	—	—	—	

注記\*：当該施設は原子炉建屋の一部を指すことから、外部事象防護対象施設を内包する施設の原子炉建屋として選定する。



表 1-1-1 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 (2/5)

評価対象施設  
 ○：YES X：No ー：該当せず又は評価完了

分類	機能	配置場所	STEP1		STEP2		STEP3	STEP4	STEP5	評価上の留意点		
			外部事象防護対象施設	機能維持する。又は、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が可能	屋外設備	外部事象防護対象施設を内包する施設 (原子炉建屋、タービン建屋、海水熱交換器区域、コントロール建屋、廃棄物処理建屋)						
MS-1	安全上特に重要な関連機能	構築物、系統又は機器 ・非常用交流電源系 (発電機から非常用負荷までの配電設備及び電路) ・非常用ディーゼル発電機 (非常用ディーゼル発電設備吸気系含む。) ・軽油タンク ・非常用ディーゼル発電設備燃料移送系 ・中央制御室及び遮蔽 ・中央制御室換気空調系	R/B, T/B, C/B	○	X	○	ー	ー	ー	ー	ー	
			R/B	○	○	○	○	X	非常用ディーゼル発電機 (非常用ディーゼル発電設備吸気系含む。)	ー	ー	非常用ディーゼル発電設備排気消音器については、降下火砕物に対して影響なし。
			屋外	○	ー	軽油タンク	ー	ー	ー	ー	ー	ー
			屋外	○	ー	非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ	ー	ー	ー	ー	ー	非常用ディーゼル発電設備燃料移送系への降下火砕物による構造物への荷重の影響を考慮し、防護対策に対する影響を評価する。
			C/B	○	ー	X	○	X	中央制御室換気空調系	ー	ー	ー
			R/B, T/B, C/B	○	ー	X	○	○	原子炉補機冷却海水系 原子炉補機冷却海水系	ー	ー	ー
			R/B, C/B	○	ー	X	○	ー	ー	ー	ー	ー
			R/B	X	○	ー	ー	ー	原子炉補機冷却海水系ポンプ、原子炉補機冷却海水系ストレーナー、取水設備 (除塵装置)	ー	ー	屋内設備のため影響なし。
			R/B	○	○	X	○	ー	ー	ー	ー	ー
			R/B	○	○	X	○	ー	ー	ー	ー	ー
PS-2	原子炉冷却材を内蔵する機能 (ただし、原子炉冷却材圧力バウンダリから除外されている計装等の小口圧のもの及びバウンダリに直接接続されていないものは除く。)	R/B	○	ー	ー	ー	ー	ー	ー	ー	ー	
			X	○	○	○	○	ー	ー	ー	ー	ー
PS-2	原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていないものであって、放射性物質を貯蔵する機能	T/B	X	○	ー	ー	ー	ー	ー	ー	ー	
			○	○	X	○	○	ー	ー	ー	ー	ー

表 1-1-1 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 (3/5)

評価対象施設  
 : YES  : No — : 該当せず又は評価完了

分類	機能	配置場所	STEP1		STEP2		STEP3	STEP4	STEP5	評価上の留意点
			外部事象防護対象施設	機能維持する、又は、損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上の支障のない期間での修復等の対応が可能	屋外設備	外部事象防護対象施設を内包する施設 (原子炉建屋、タービン建屋、海水熱交換器区域、コントロール建屋、廃棄物処理建屋)				
PS-2	燃料を安全に取り扱う機能	構造物、系統又は機器 ・燃料取扱機 ・原子炉建屋クレーン ・原子炉ウエル	X	○	—	—	—	—	—	—
	安全弁及び逆がし弁の吹き止まり機能	・主蒸気逆がし安全弁 (吹き止まり機能に関連する部分)	○	—	X	○	—	—	—	—
MS-2	安全上特に重要な関連機能の間接関連系	・非常用交流電源系空調 (非常用電気品区域換気空調系 (非常用ディーゼル発電設備非常用送風機含む。)、コントロール建屋計測制御電源器区域換気空調系、海水熱交換器区域換気空調系)	○	—	X	○	X	非常用電気品区域換気空調系 (非常用ディーゼル発電設備非常用送風機含む。)、コントロール建屋計測制御電源器区域換気空調系、海水熱交換器区域換気空調系	—	—
	使用済燃料貯蔵プール水の補給機能	・残留熱除去系 (使用済燃料貯蔵プール水の補給) ・サブレンジンポンプ	○	—	X	○	—	—	—	—
	放射状放射性物質放出の防止機能	・燃料プール冷却浄化系の燃料プール入口逆止弁	○	—	X	○	—	—	—	—
		・原子炉建屋原子炉区域 (プローアウトパネル付き) ・気体廃棄物処理系 (OG系) 隔離弁	○	—	○*	○*	—	—	—	—
		・主排気筒 (非常用ガス処理系排気管の支持機能以外の部分) ・非常用ガス処理系	X	○	—	—	—	—	—	屋内設備のため影響なし。
	事故時のプラント状態の把握機能	・事故時監視計器の一部 (格納容器エリアモニター)	X	○	—	○	X	—	—	降下火砕物による影響なし。
	制御室外からの安全停止機能	・制御室外原子炉停止装置 (安全停止に関連するもの)	○	—	X	○	—	—	—	屋内設備のため影響なし。

注記\* : 当該施設は原子炉建屋の一部を指すことから、外部事象防護対象施設を内包する施設の原子炉建屋として選定する。

表 1-1-1 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 (4/5)

評価対象施設  
 : YES  : No ー : 該当せず又は評価完了

分類	機能	構築物、系統又は機器	配置場所	STEP1		STEP2		STEP3	STEP4	STEP5	評価上の留意点
				外部事象防護対象施設	機能維持する、又は、損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上の支障のない期間での修復等の対応が可能	屋外設備	外部事象防護対象施設を内包する施設 (原子炉建屋、タービン建屋、海水熱交換器区域、コンタロール建屋、廃棄物処理建屋)				
PS-3	原子炉冷却材保持機能 (PS-1、PS-2以外のもの) 原子炉冷却材の循環機能	・原子炉冷却材圧力バウンダリから除外される計装等の小口径配管、弁	R/B	×	○	—	—	—	—	—	屋内設備のため影響なし。
		・原子炉冷却材再循環系 (圧力抑制室プール水排水系)	R/B	×	○	—	—	—	—	—	屋内設備のため影響なし。
	放射性物質の貯蔵機能	・圧力抑制室プール水排水系	屋外	×	○	—	—	—	—	—	損傷した場合、補修を実施。
		・復水貯蔵槽	Rw/B	×	○	—	—	—	—	—	屋内設備のため影響なし。
		・液体廃棄物処理系	屋外 (建屋)	×	○	—	—	—	—	—	損傷した場合、補修を実施。
		・固体廃棄物貯蔵庫	屋外 (建屋)	×	○	—	—	—	—	—	損傷した場合、補修を実施。
	電源供給機能 (非常用を除く)	・固体廃棄物処理建屋	屋外 (建屋)	×	○	—	—	—	—	—	損傷した場合、補修を実施。
		・蒸気貯蔵庫	屋外 (建屋)	×	○	—	—	—	—	—	損傷した場合、補修を実施。
		・新燃料貯蔵設備	R/B	×	○	—	—	—	—	—	屋内設備のため影響なし。
		・新燃料貯蔵ラック	R/B (建屋)	×	○	—	—	—	—	—	損傷した場合、補修を実施。
プラント計測・制御機能 (安全保護機能を除く)	・タービン	T/B	×	○	—	—	—	—	—	屋内設備のため影響なし。	
	・発電機及び励磁装置	T/B	×	○	—	—	—	—	—	屋内設備のため影響なし。	
	・復水系 (復水器を含む)	屋外	×	○	—	—	—	—	—	代替設備 (非常用ディーゼル発電機) により機能維持可能。	
	・給水系	屋外	×	○	—	—	—	—	—	代替設備 (非常用ディーゼル発電機) により機能維持可能。	
プラント運転補助機能	・循環水	屋外	×	○	—	—	—	—	—	屋内設備のため影響なし。	
	・送電線	屋外	×	○	—	—	—	—	—	損傷した場合、補修を実施。	
	・変圧器	屋外	×	○	—	—	—	—	—	屋内設備のため影響なし。	
	・開閉所	C/B	×	○	—	—	—	—	—	損傷した場合、補修を実施。	
核分裂生成物の原子炉冷却材中の放射防止機能	・原子炉制御系 (制御棒価値ミニマイザ含む)	補助ボイラ建屋	補助ボイラ建屋	×	○	—	—	—	—	損傷した場合、補修を実施。	
	・原子炉移行計装系の一部	R/B、T/B、Rw/B	R/B、T/B、Rw/B	×	○	—	—	—	—	屋内設備のため影響なし。	
	・原子炉プラントプロセス計装の一部	R/B、T/B、C/B	R/B、T/B、C/B	×	○	—	—	—	—	屋内設備のため影響なし。	
	・所内ボイラ設備	R/B、T/B、Rw/B	R/B、T/B、Rw/B	×	○	—	—	—	—	屋内設備のため影響なし。	
原子炉冷却材の浄化機能	・所内蒸気系及びびり系	T/B	T/B	×	○	—	—	—	—	損傷した場合、補修を実施。	
	・計装用圧縮空気系	Rw/B	Rw/B	×	○	—	—	—	—	屋内設備のため影響なし。	
	・原子炉補機冷却水系 (MS-1 関連以外) (配管/弁)	R/B、T/B、Rw/B	R/B、T/B、Rw/B	×	○	—	—	—	—	損傷した場合、補修を実施。	
	・タービン補機冷却水系	R/B	R/B	×	○	—	—	—	—	屋内設備のため影響なし。	
		・タービン補機冷却海水系	R/B	×	○	—	—	—	—	—	屋内設備のため影響なし。
		・復水補給水系 (復水貯蔵槽)	R/B	×	○	—	—	—	—	—	屋内設備のため影響なし。
		・燃料被覆管	R/B	×	○	—	—	—	—	—	屋内設備のため影響なし。
		・原子炉冷却材浄化水系	T/B	×	○	—	—	—	—	—	屋内設備のため影響なし。
		・復水浄化系	T/B	×	○	—	—	—	—	—	屋内設備のため影響なし。

評価対象施設  
 ○：YES ×：No ー：該当せず又は評価完了

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 (5/5)

分類	機能	構築物、系統又は機器	配置場所	STEP1		STEP2	STEP3	STEP4	STEP5	評価上の留意点		
				外部事象防護対象施設	機能維持する、又は、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が可能							
緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能	原子炉圧力上昇の緩和機能	・主蒸気逃がし安全弁 (逃がし弁機能) ・タービンバイパス弁	R/B T/B	×	○	外部事象防護対象施設を内包する施設 (原子炉建屋、タービン建屋、海水熱交換器区域、コントロール建屋、廃棄物処理建屋)	降下火砕物を含む海水の流路となる施設	降下火砕物を含む空気の流れとなる施設	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	屋内設備のため影響なし。 屋内設備のため影響なし。		
	出力上昇の抑制機能	・原子炉冷却材再循環流量制御系 (再循環ポンプトリップ機能) ・制御棒引抜監視装置	R/B	×	○	屋外設備	—	—	—	屋内設備のため影響なし。		
	原子炉冷却材の補給機能	・制御棒駆動水圧系 ・原子炉隔離時冷却系	R/B	×	○	—	—	—	—	屋内設備のため影響なし。		
	原子炉冷却材の再循環流量低下の緩和機能	・原子炉冷却材再循環ポンプMGセット	Rw/B	×	○	—	—	—	—	屋内設備のため影響なし。		
	・5号機原子炉建屋内緊急時対策所 ・燃料採取系		・所外通信 ・有線系	R/B (5号機)	×	○	—	—	—	—	設計荷重に対して影響ないことを確認。 屋内設備のため影響なし。	
				R/B 各建屋 (地下設備含む)	×	○	—	—	—	—	屋内設備のため影響なし。	
				送電鉄塔	×	○	—	—	—	—	—	代替設備 (衛星系) により機能維持可能。 屋内設備のため影響なし。
				各建屋 (地下設備含む) 屋外	×	○	—	—	—	—	—	損傷した場合、補修を実施。 代替設備 (可搬型モニタリング設備) により機能維持可能。
	・放射線監視設備 ・モニタリングポスト ・移动式モニタリング設備		・有線系 ・有線系	可搬型 SA 設備 備保管場所	×	○	—	—	—	—	代替設備 (可搬型モニタリング設備) により機能維持可能。 代替設備 (移動式モニタリング設備) により機能維持可能。	
				R/B, T/B, C/B, Rw/B	×	○	—	—	—	—	—	屋内設備のため影響なし。
気象観測設備				×	○	—	—	—	—	—	代替設備 (可搬型気象観測設備) により機能維持可能。	
・津波監視カメラ		R/B, 屋外 (主排気筒)	—	×	○	—	—	—	—	設計荷重に対して影響ないことを確認。 損傷した場合、補修を実施。		
			給水建屋 水処理建屋	×	○	—	—	—	—	—	損傷した場合、補修を実施。	
・消火系		ろ過水タンク (屋外配管含む)	—	×	○	—	—	—	—	損傷した場合、補修を実施。		
			—	×	○	—	—	—	—	—	損傷した場合、補修を実施。	
・安全避難通路 ・非常用照明		—	泡消火設備	×	○	—	—	—	—	損傷した場合、補修を実施。		
			各建屋内	×	○	—	—	—	—	—	屋内設備のため影響なし。	

MS-3

表 1-2 降下火砕物の影響を考慮する施設の選定結果

分類		降下火砕物の影響を考慮する施設
外部 事象 防護 対象 施設	屋外に設置している施設（建屋を除く。）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・軽油タンク</li> <li>・非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ</li> </ul>
	降下火砕物より防護すべき施設を内包する建屋	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉建屋</li> <li>・タービン建屋海水熱交換器区域</li> <li>・コントロール建屋</li> <li>・廃棄物処理建屋</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>・原子炉補機冷却海水ポンプ</li> <li>・原子炉補機冷却海水系ストレーナ</li> <li>・取水設備（除塵装置）</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>・非常用換気空調系</li> <li>[・非常用電気品区域換気空調系（非常用ディーゼル発電設備非常用送風機含む。）</li> <li>・中央制御室換気空調系</li> <li>・コントロール建屋計測制御電源盤区域換気空調系</li> <li>・海水熱交換器区域換気空調系]</li> <li>・非常用ディーゼル発電機（非常用ディーゼル発電設備吸気系含む。）</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>・安全保護系盤</li> </ul>
防護対策施設		<ul style="list-style-type: none"> <li>・非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板</li> <li>・非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板</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等対処設備</li> </ul>

## 2. 降下火砕物の凝集による閉塞の影響について

## 2. 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) 原子炉補機冷却海水ポンプの狭隘部

##### a. 流水部の閉塞

原子炉補機冷却海水ポンプ流水部の最も狭い箇所は約 60mm であり、想定する降下火砕物の最大粒径 8.0mm より大きいため、閉塞には至らない。原子炉補機冷却海水ポンプの概略図（狭隘部）を図 2-1 に示す。

##### b. 軸受部の閉塞

原子炉補機冷却海水ポンプの軸受の隙間は、約 1~4mm 程度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 5mm 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。原子炉補機冷却海水ポンプの軸受拡大図（異物逃がし溝）を図 2-1 に示す。

注記\*：安藤雅孝ほか（1996）：新版地学教育講座② 地震と火山，東海大学出版会，p. 94-95

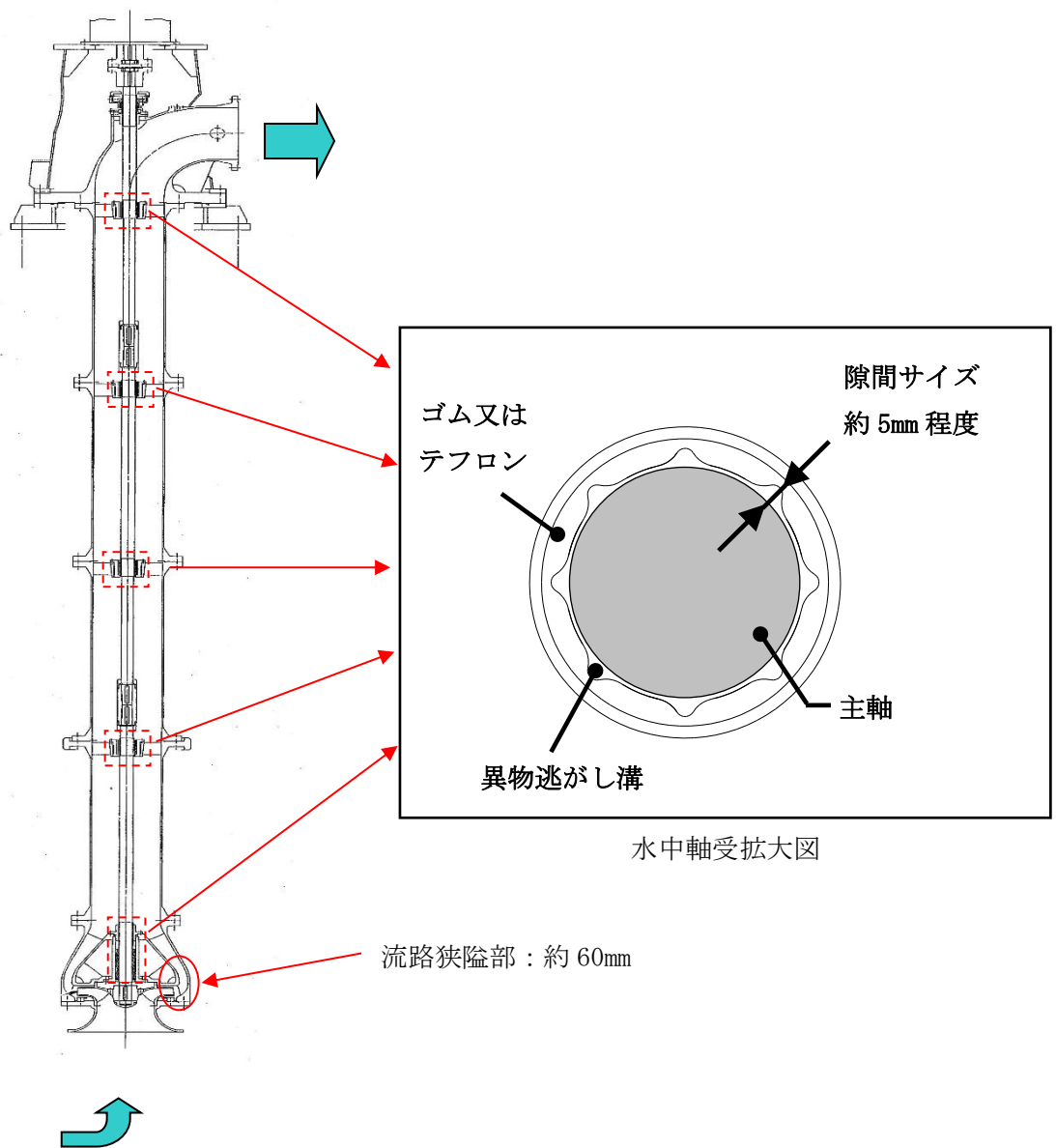


図 2-1 原子炉補機冷却海水ポンプの概略図（狭隘部）及び軸受拡大図（異物逃がし溝）



(2) 原子炉補機冷却海水系ストレーナの狭隘部

原子炉補機冷却海水系ストレーナのフィルタ穴径は7mmであり、想定する降下火砕物の粒径は最大で8.0mmであるが、7mm以上の粒径割合は、およそ4%程度であり、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差圧管理されており、一定の差圧（約30%目詰まり時の差圧：17.65kPa）で自動洗浄されることから、原子炉補機冷却海水系ストレーナが閉塞することはない。

原子炉補機冷却海水系ストレーナより下流設備の原子炉補機冷却水系熱交換器の伝熱管の穴径は16.6mmであり、想定する降下火砕物の最大粒径8.0mmより大きいため、閉塞することはない。

また、原子炉補機冷却海水ポンプの定格流量は1台あたり約1800m<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（除塵装置）の狭隘部

取水設備（除塵装置）のメッシュサイズは9mm（トラベリングスクリーン）であり、想定する降下火砕物の最大粒径8.0mm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（除塵装置）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）への影響

### (1) 軽油タンク

軽油タンクのベント管は、開口部が下向きに取り付けられており、また、雪害対策として開口部がタンク屋根外側で地上から約10mの高さとしていることから、想定する降下火砕物堆積量により閉塞することはない。軽油タンクの概略構造図を図2-2に示す。

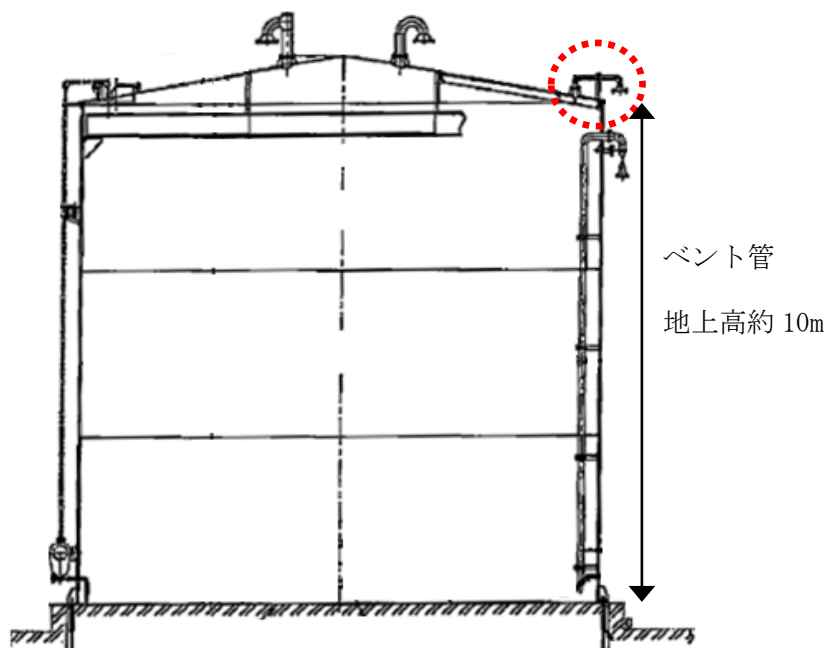


図2-2 軽油タンクの概略構造図

### (2) 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ

#### 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ルを用いて潤滑剤や内部流体の漏洩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い。非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプの概略構造図を図2-3に示す。

#### b. 電動機の閉塞

動力源となる電動機については、「全閉外扇屋外型」であり、外気を直接電動機内部に取り込まない冷却方式のため、降下火砕物が電動機内部に侵入することはない。非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ電動機の概略構造図を図2-3に示す。

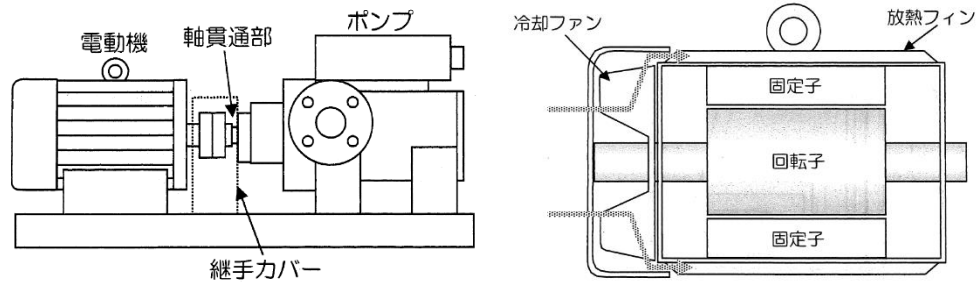


図 2-3 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ及び電動機の概略構造図

(3) 非常用換気空調系

空気中の水分が混ざり凝集する可能性が考えられるが、バグフィルタ（粒径  $2\mu\text{m}$  に対して 80%以上を捕獲する性能）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、バグフィルタやダクト等の空気の流路には細管等の狭隘部がないことから閉塞することはない。

(4) 非常用ディーゼル発電機（非常用ディーゼル発電設備吸気系含む。）

非常用ディーゼル発電設備吸気系は、非常用ディーゼル発電設備非常用送風機より上流側に非常用換気空調系のルーバ及びバグフィルタ（粒径  $2\mu\text{m}$  に対して 80%以上を捕獲する性能）が設置されており、降下火砕物の侵入を防止している。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、バグ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、運転時の非常用ディーゼル発電機の吸入空気の温度（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、非常用ディーゼル発電機の内部において、降下火砕物の凝集は発生せず、閉塞することはない。非常用ディーゼル発電設備吸気系の系統概要図及び構造図を図 2-4 に示す。

なお、非常用ディーゼル発電機の内部に侵入する降下火砕物は、非常用ディーゼル発電設備吸気系の上流側に設置しているバグフィルタにより、粒径  $2\mu\text{m}$  ( $0.002\text{mm}$ ) 以上のものはほとんど除去されるため、その下流の狭隘部であるコンプレッサ／ケーシング間隙（約  $0.5\text{mm}$ ）やシリンダライナ／ピストンリング間隙（数  $\mu\text{m}$  ～数十  $\mu\text{m}$ ）が閉塞することはない。また、シリンダライナとピストンの間には数  $\mu\text{m}$  ～数十  $\mu\text{m}$  の間隙があるが、主要な降下火砕物は砂と同等又は砂より硬度が低くもろいことから\*1、\*2、侵入した降下火砕物はシリンダとピストン双方の往復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ため、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，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

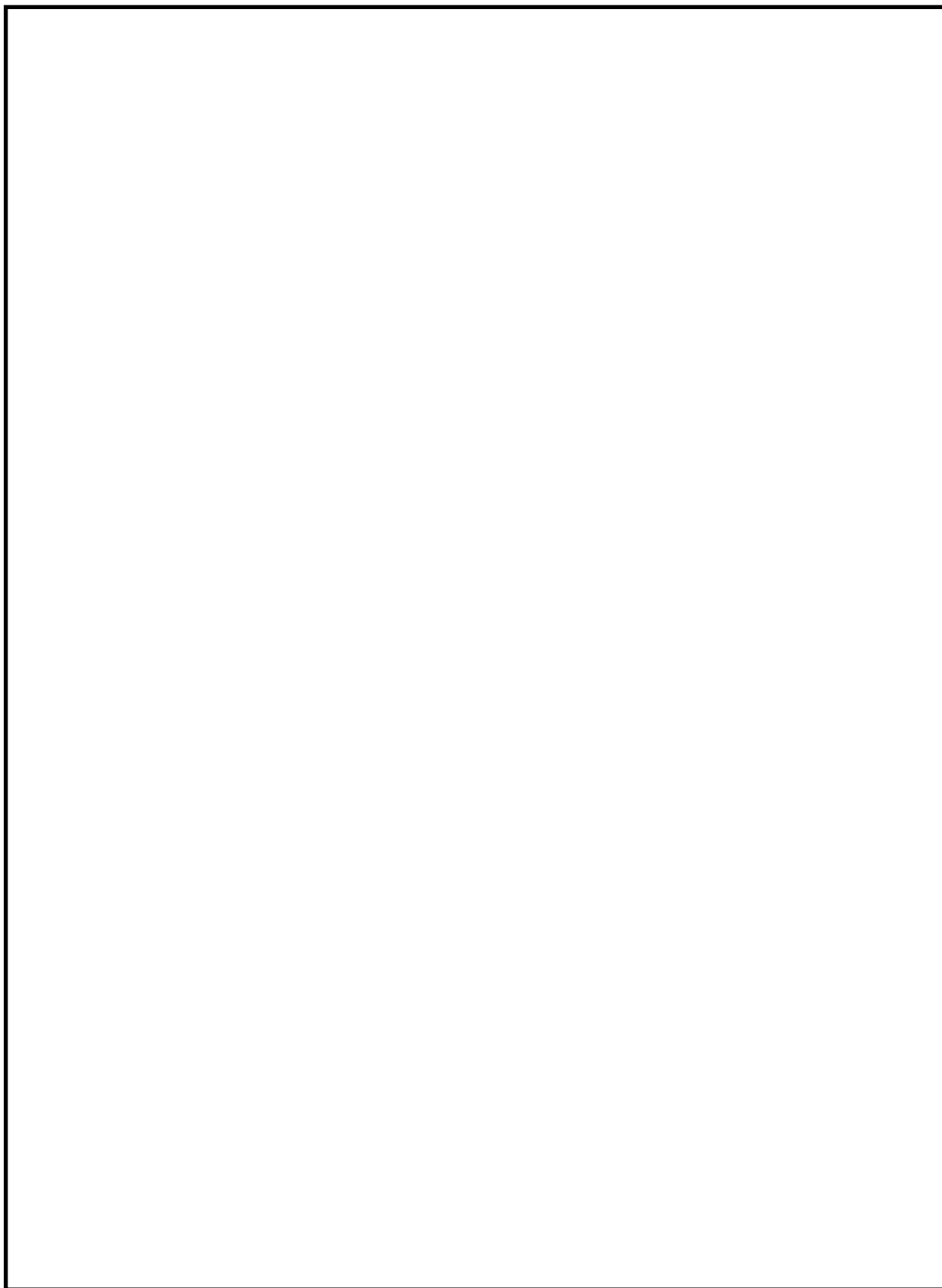


図 2-4 非常用ディーゼル発電設備吸気系の系統概要図及び構造図

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、V-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V-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. 軽油タンク
- b. 原子炉建屋
- c. タービン建屋海水熱交換器区域
- d. コントロール建屋
- e. 廃棄物処理建屋
- f. 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板
- g. 非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板

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

##### (2) 水循環系の閉塞を考慮する施設

- a. 原子炉補機冷却海水ポンプ
- b. 原子炉補機冷却海水系ストレーナ
- c. 取水設備（除塵装置）

##### (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. 軽油タンク
- b. 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ
- c. 非常用換気空調系
  - ・非常用電気品区域換気空調系（非常用ディーゼル発電設備非常用送風機含む。）
  - ・中央制御室換気空調系
  - ・コントロール建屋計測制御電源盤区域換気空調系
  - ・海水熱交換器区域換気空調系
- d. 非常用ディーゼル発電機（非常用ディーゼル発電設備吸気系含む。）

- (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. 軽油タンク
  - b. 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ
  - c. 原子炉補機冷却海水ポンプ
  - d. 原子炉補機冷却海水系ストレーナ
  - e. 取水設備（除塵装置）
  - f. 非常用換気空調系
    - ・非常用電気品区域換気空調系（非常用ディーゼル発電設備非常用送風機含む。）
    - ・中央制御室換気空調系
    - ・コントロール建屋計測制御電源盤区域換気空調系
    - ・海水熱交換器区域換気空調系
  - g. 非常用ディーゼル発電機（非常用ディーゼル発電設備吸気系含む。）
- (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. 軽油タンク
  - b. 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ
  - c. 原子炉建屋
  - d. タービン建屋海水熱交換器区域
  - e. コントロール建屋
  - f. 廃棄物処理建屋
  - g. 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板
  - h. 非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板
  - i. 原子炉補機冷却海水ポンプ
  - j. 原子炉補機冷却海水系ストレーナ
  - k. 取水設備（除塵装置）
  - l. 非常用換気空調系
    - ・非常用電気品区域換気空調系（非常用ディーゼル発電設備非常用送風機含む。）
    - ・中央制御室換気空調系
    - ・コントロール建屋計測制御電源盤区域換気空調系
    - ・海水熱交換器区域換気空調系
  - m. 非常用ディーゼル発電機（非常用ディーゼル発電設備吸気系含む。）
- (6) 発電所周辺の大気汚染を考慮する施設
- a. 非常用換気空調系
    - ・中央制御室換気空調系

(7) 絶縁低下を考慮する施設

- a. 安全保護系盤

(8) 間接的影響を考慮する施設

- a. 非常用ディーゼル発電機
- b. 軽油タンク
- c. 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ



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及び評価結果

影響因子 降下火砕物の影響を考慮する施設	直接的影響因子の要因							絶縁 低下
	構造物への 荷重	水循環系の 閉塞	換気系、電気系 及び消制御系 における閉塞	水循環系、換気系、 電気系及び消制御 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		
軽油タンク	○*	— ②	○ (別紙-1)	○ (別紙-1)	○ (別紙-1)	— ②	— ②	
非常用ディーゼル発電設備燃料 移送ポンプ	— ①	— ②	○ (電動機) (別紙-2)	○ (別紙-2)	○ (別紙-2)	— ②	— ②	
原子炉建屋 タービン建屋海水熱交換器区域 コントロール建屋 廃棄物処理建屋	○*	— ②	— ②	— ②	○ (別紙-3)	— ②	— ②	
非常用ディーゼル発電設備燃料移 送ポンプ防護板 非常用ディーゼル発電設備燃料移 送配管防護板	○*	— ②	— ②	— ②	○ (別紙-10)	— ②	— ②	
原子炉補機冷却海水ポンプ	— ①	○ (ポンプ) (別紙-4)	— ②	○ (ポンプ) (別紙-4)	○ (ポンプ) (別紙-4)	— ②	— ②	
原子炉補機冷却海水系ストレーナ	— ①	○ (別紙-5)	— ②	○ (別紙-5)	○ (別紙-5)	— ②	— ②	
取水設備 (除塵装置)	— ②	○ (別紙-6)	— ②	○ (別紙-6)	○ (別紙-6)	— ②	— ②	
非常用換気空調系	— ①	— ②	○ (別紙-7)	○ (別紙-7)	○ (別紙-7)	○ (別紙-7)	— ②	
非常用ディーゼル発電機 (非常用ディーゼル発電設備吸気 系含む。)	— ①	— ②	○ (別紙-8)	○ (別紙-8)	○ (別紙-8)	— ②	— ②	
安全保護系盤	— ①	— ②	— ②	— ②	— ②	— ②	○ (別紙-9)	

○：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)

—：影響因子に対する個別評価不要

①：荷重の影響を受けにくい構造

②：影響因子と直接関連しない

注記\*： V-3 「強度に関する説明書」のうち V-3-別添 2 「火山への配慮が必要な施設の強度に関する説明書」に示す。

## 軽油タンクに係る影響評価

降下火砕物による軽油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 構造物への荷重

降下火砕物の堆積荷重（降雨の影響含む）により軽油タンク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。

## ② 構造物の化学的影響（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、構造物への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の機械的影響（閉塞・摩耗）

降下火砕物の軽油タンクへの侵入により、機器の機能に影響がないことを評価する。

## (2) 評価条件

## ① 降下火砕物条件

- a. 堆積量 : 35cm
- b. 密度 : 1.5g/cm<sup>3</sup>（湿潤状態）
- c. 堆積荷重 : 5149N/m<sup>2</sup>

## ② 積雪条件

- a. 積雪量（従荷重） : 115.4cm  
 （積雪量（従荷重）＝1日あたりの積雪量の年超過確率 $10^{-2}$ /年の値（84.3cm）  
 ＋日最深積雪量の平均値（31.1cm）＝115.4cm）
- b. 単位荷重：積雪量1cmあたり29.4N/m<sup>2</sup>（建築基準法より）
- c. 積雪荷重：3393N/m<sup>2</sup>

## (3) 評価結果

## ① 構造物への荷重

評価結果については、V-3「強度に関する説明書」のうちV-3-別添2「火山への配慮が必要な施設の強度に関する説明書」に示す。

② 構造物の化学的影響（腐食）

軽油タンクは外装塗装がなされていることから，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。

（参考資料－1：原子力発電所で使用する塗料について）

（参考資料－2：降下火砕物の金属腐食研究について）

なお，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，除去後の点検において，必要に応じて補修作業を実施する。

③ 換気系，電気系及び計測制御系の機械的影響（閉塞・摩耗）

軽油タンクのベント管は，開口部が下向きに取付けられており，また，雪害対策として開口部がタンク屋根外側で地上から約 10m の高さとしていることから，想定する降下火砕物堆積量により，開口部の閉塞及び摩耗による影響はない。

## 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプに係る影響評価

降下火砕物による非常用ディーゼル発電設備燃料移送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 換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（閉塞・摩耗）

降下火砕物の非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプへの侵入により、機器の機能に影響がないことを評価する。

## ② 換気系、電気系及び計測制御系の化学的影響（腐食）

降下火砕物の付着による構造物の化学的腐食により、機器の機能に影響がないことを評価する。

## (2) 評価条件

## ① 降下火砕物条件

a. 粒径：8.0mm 以下

## (3) 評価結果

## ① 換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（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洩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. 電動機

動力源となる電動機については、「全閉外扇屋外型」であり、外気を直接電動機内部に取り込まない冷却方式のため、降下火砕物が電動機内部に侵入することはなく、閉塞及び摩耗による影響はない。

## ② 換気系、電気系及び計測制御系の化学的影響（腐食）

上記①のとおり、ポンプ及び電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。

## 建屋に係る影響評価

降下火砕物による原子炉建屋，タービン建屋海水熱交換器区域，コントロール建屋及び廃棄物処理建屋への影響について，以下のとおり評価する。

## (1) 評価項目及び内容

## ① 構造物への荷重

降下火砕物の堆積荷重（降雨の影響含む）により原子炉建屋，タービン建屋海水熱交換器区域，コントロール建屋及び廃棄物処理建屋の健全性に影響がないことを評価する。なお，堆積荷重は積雪との重畳を考慮する。

## ② 構造物の化学的影響（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，構造物への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 : 35cm
- b. 密度 : 1.5g/cm<sup>3</sup>（湿潤状態）
- c. 堆積荷重 : 5149N/m<sup>2</sup>

## ② 積雪条件

- a. 積雪量（従荷重） : 115.4cm  
 （積雪量（従荷重）＝1日あたりの積雪量の年超過確率 $10^{-2}$ /年の値（84.3cm）  
 ＋日最深積雪量の平均値（31.1cm）＝115.4cm）
- b. 単位荷重：積雪量1cmあたり29.4N/m<sup>2</sup>（建築基準法より）
- c. 積雪荷重：3393N/m<sup>2</sup>

## (3) 評価結果

## ① 構造物への荷重

評価結果については，V-3「強度に関する説明書」のうちV-3-別添2「火山への配慮が必要な施設の強度に関する説明書」に示す。

## ② 構造物の化学的影響（腐食）

原子炉建屋，タービン建屋海水熱交換器区域，コントロール建屋及び廃棄物処理建屋は外面塗装及び屋上防水がなされていることから，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。

なお，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，除去後の点検において，必要に応じて補修作業を実施する。

## 原子炉補機冷却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冷却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 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、流水部、軸受部等が閉塞せず、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：8.0mm 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. 降下火砕物の凝集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

主要な降下火砕物は砂と同等又は砂より硬度が低くもろい\*1、\*2。これまで砂を原因とした摩耗によるトラブルはなく、設備材料は砂に対して耐性を有するといえることから、砂より硬度が低い降下火砕物による摩耗が機器に与える影響は小さい。なお、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。

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）

原子炉補機冷却海水ポンプは、ステンレス製で内部に防食亜鉛を設けていること、また、防汚塗装の対応を実施していることから、化学的腐食により短期的に機器の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。



## 原子炉補機冷却海水系ストレーナに係る影響評価

降下火砕物による原子炉補機冷却海水系ストレーナへの影響について、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

降下火砕物が混入した海水を取水した場合でも、原子炉補機冷却海水系ストレーナ（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：8.0mm 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. 降下火砕物の凝集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

主要な降下火砕物は砂と同等又は砂より硬度が低くもろい\*1、\*2。これまで砂を原因とした摩耗によるトラブルはなく、設備材料は砂に対して耐性を有するといえることから、砂より硬度が低い降下火砕物による摩耗が機器に与える影響は小さい。なお、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。

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）

原子炉補機冷却海水系ストレーナは、ステンレス製で内部に防食亜鉛を設けていること、また、ライニング等の対応を実施していることから、化学的腐食により短期的に機器の機能に影響を及ぼすことはない。

また、原子炉補機冷却海水系ストレーナの下流設備の原子炉補機冷却水系熱交換器（伝熱管）には、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、著しい腐食環境にならないことから、化学的腐食により短期的に下流設備の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。

## 取水設備（除塵装置）に係る影響評価

降下火砕物による取水設備（除塵装置）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

降下火砕物が混入した海水を取水した場合でも、取水設備（除塵装置）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：8.0mm 以下

## (3) 評価結果

## ① 水循環系の閉塞

原子炉補機冷却海水ポンプ前面には、固定式バースクリーン、バー回転式スクリーン、トラベリングスクリーンからなる取水設備（除塵装置）を設置している。

固定式バースクリーンには、目開：100～150mm のバー枠、バー回転式スクリーンには、目開：66mm のバーラックを持つバスケット、トラベリングスクリーンには、目開：9mm の金網を持つバスケットが設置されている。

これらの寸法は想定する降下火砕物の最大粒径 8.0mm より大きいため、取水設備（除塵装置）が閉塞することはない。取水設備（除塵装置）の概略図を図 6-1 に示す。

## ② 水循環系の内部における摩耗

主要な降下火砕物は砂と同等又は砂より硬度が低くもろい\*1、\*2。これまで砂を原因とした摩耗によるトラブルはなく、設備材料は砂に対して耐性を有するといえることから、砂より硬度が低い降下火砕物による摩耗が機器に与える影響は小さい。なお、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。

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 (除塵装置) は防汚塗装を実施しており, 化学的腐食により短期的に機器の機能に影響を及ぼすことはない。また, 電気, 計測設備等の付帯設備については端子箱等に収納されており, 降下火砕物の直接的影響は受けない。

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。

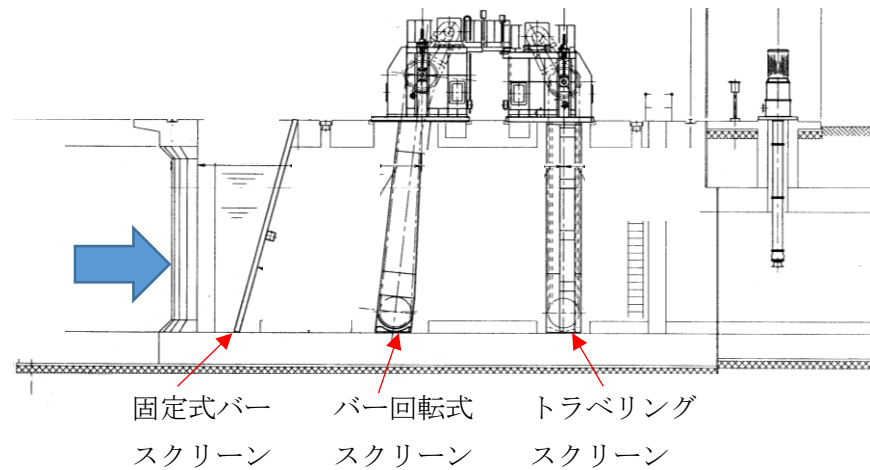


図 6-1 取水設備 (除塵装置) の概略図

## 非常用換気空調系に係る影響評価

降下火砕物による非常用換気空調系（非常用電気品区域換気空調系（非常用ディーゼル発電設備非常用送風機含む。）、中央制御室換気空調系、コントロール建屋計測制御電源盤区域換気空調系、海水熱交換器区域換気空調系）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、電気系及び計測制御系の機械的影響（閉塞・摩耗）

降下火砕物の非常用換気空調系への侵入により、機器の機能に影響がないことを評価する。

## ② 換気系、電気系及び計測制御系の化学的影響（腐食）

降下火砕物の付着による構造物の化学的腐食により、機器の機能に影響がないことを評価する。

## 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駐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：8.0mm 以下

## (3) 評価結果

## ① 換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（閉塞・摩耗）

非常用換気空調系の外気取入口にはルーバが取り付けられており、上方より降下してくる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（粒径 $2\mu\text{m}$ に対して80%以上捕獲する性能）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、バグフィルタには差圧計を設置し、必要に応じて取替え又は清掃を実施することが可能である。非常用換気空調系の外気取入口のイメージ図を図7-1に、非常用換気空調系の外気取入口の一例を図7-2に示す。

② 換気系、電気系及び計測制御系の化学的影響（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、化学的腐食により短期的に機器の機能に影響を与えにくい。

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。

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、中央制御室換気空調系によって空調管理されており、外気取入口にはルーバが取付けられている。これにより上方より降下してくる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（粒径 $2\mu\text{m}$ に対して80%以上捕獲する性能）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、降下火砕物が与える影響は小さい。中央制御室換気空調系の外気取入口を図7-3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、外気取入ダンパを閉止し、再循環運転を実施することにより、中央制御室の居住環境を維持できる。中央制御室換気空調系の系統概略図を図7-4に示す。

外気取入ダンパを閉止した場合の中央制御室の酸素濃度及び二酸化炭素濃度の評価を以下に示す。

a. 酸素濃度評価

「空気調和・衛生工学便覧 空調設備編」に基づき、酸素濃度を評価する。

(a) 評価条件

- ・在室人数：18人（運転員定数）
- ・中央制御室バウンダリ内体積： $17128\text{m}^3$
- ・評価結果が保守的になるよう空気流入はないものとする。
- ・初期酸素濃度：20.95%（成人呼吸器の酸素量）
- ・1人あたりの呼吸量： $1.44\text{m}^3/\text{h}$ （事故時の運転操作を想定し、歩行時の呼吸量を適用）
- ・1人あたりの酸素消費量： $0.066\text{m}^3/\text{h}$ （歩行（中等作業相当）での $\text{O}_2$ 消費量）
- ・許容酸素濃度：18%以上（労働安全衛生規則）

(b) 評価結果

上記評価条件から求めた酸素濃度の時間変化は、表7-1のとおりであり、24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作業環境に影響を与えない。

表7-1 酸素濃度の時間変化

時間	12時間	24時間	36時間	428時間	許容濃度
酸素濃度(%)	20.8	20.7	20.7	18.0	18%以上

b. 二酸化炭素濃度評価

「空気調和・衛生工学便覧 空調設備編」に基づき、二酸化炭素濃度を評価する。

(a) 評価条件

- ・在室人数：18人（運転員定数）
- ・中央制御室バウンダリ内体積：17128m<sup>3</sup>
- ・評価結果が保守的になるよう空気流入はないものとする。
- ・初期二酸化炭素濃度：0.030%（原子力発電所中央制御室運転員の事故時被ばくに関する規程（J E A C 4 6 2 2-2009））
- ・1人あたりの二酸化炭素吐出量：0.046m<sup>3</sup>/h（事故時の運転操作を想定し、中等作業での吐出量を適用）
- ・許容二酸化炭素濃度：0.5%以下（労働安全衛生規則）

(b) 評価結果

上記評価条件から求めた二酸化炭素濃度の時間変化は、表7-2のとおりであり、24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作業環境に影響を与えない。

表7-2 二酸化炭素濃度の時間変化

時間	12時間	24時間	36時間	97時間	許容濃度
二酸化炭素濃度(%)	0.09	0.15	0.21	0.50	0.5%以下

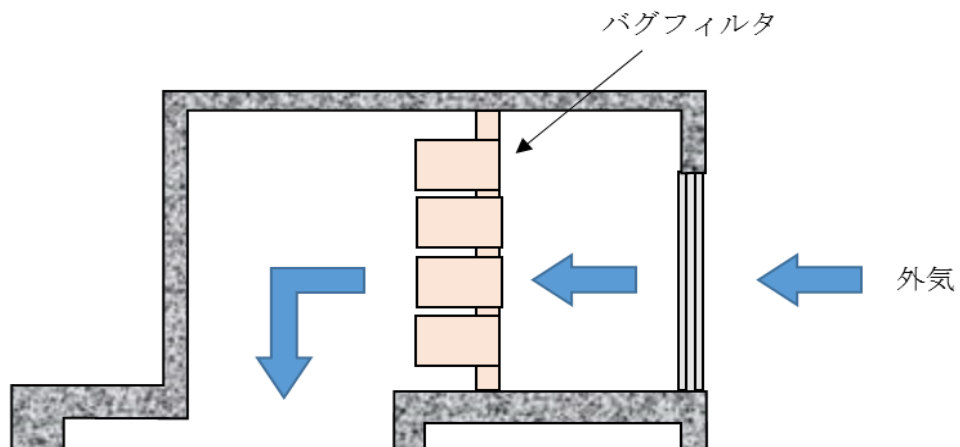


図7-1 非常用換気空調系の外気取入口のイメージ図

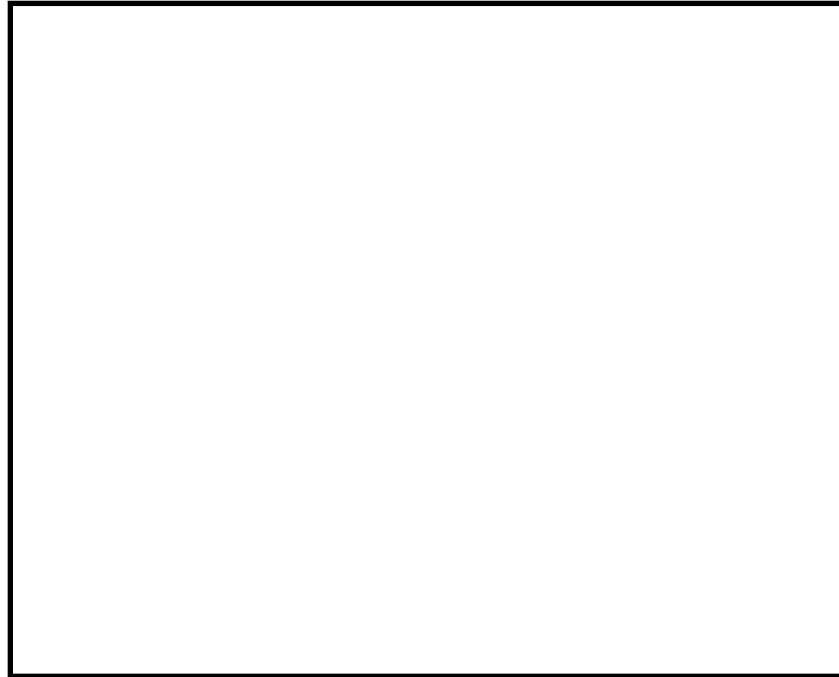


図 7-2 非常用換気空調系の外気取入口の一例



図 7-3 中央制御室換気空調系の外気取入口



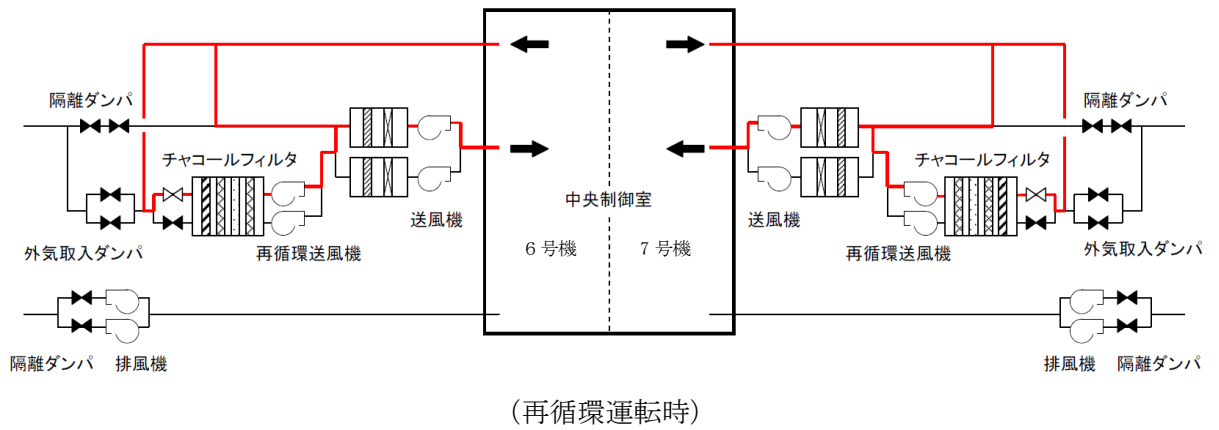
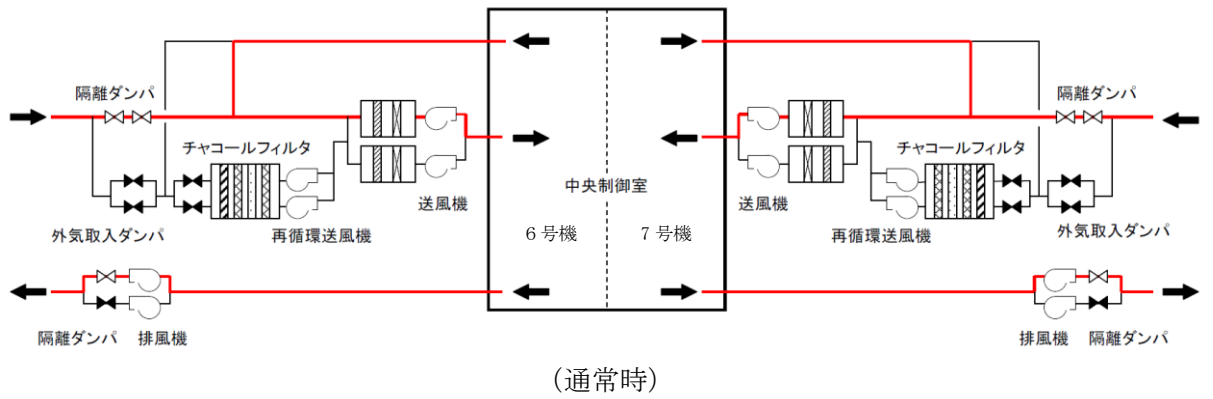


図 7-4 中央制御室換気空調系の系統概略図

## 非常用ディーゼル発電機（非常用ディーゼル発電設備吸気系含む。）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機（非常用ディーゼル発電設備吸気系含む。）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 換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（閉塞・摩耗）

降下火砕物の非常用ディーゼル発電機（非常用ディーゼル発電設備吸気系含む。）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。

## ② 換気系、電気系及び計測制御系の化学的影響（腐食）

降下火砕物の付着による構造物の化学的腐食により、機器の機能に影響がないことを評価する。

## (2) 評価条件

## ① 降下火砕物条件

a. 粒径：8.0mm 以下

## (3) 評価結果

## ① 換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（閉塞・摩耗）

## a. 非常用ディーゼル発電機機関への影響評価

非常用ディーゼル発電設備吸気系の外気取入口には図 8-1 に示すようにルーバが取り付けられており、上方から降下してくる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（粒径  $2\mu\text{m}$  に対して 80%以上捕獲する性能）が設置されており、降下火砕物の侵入を防止している。想定する降下火砕物の粒径は 8.0mm 以下であり、粒径が  $2\mu\text{m}$  程度のものについては、図 8-2 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、機器の間隙は降下火砕物の粒径に比べて十分大きいことから閉塞することはない。

また、機関シリンダ内に降下火砕物が侵入した場合、粒径がシリンダライナ／ピストンリング間隙（数  $\mu\text{m}$  ～数十  $\mu\text{m}$ ）と同程度のものは、当該間隙内に侵入し、摩耗発生が懸念されるが、主要な降下火砕物は砂と同等又は砂より硬度が低くもろいこと<sup>\*1, \*2</sup>、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低い。長期的な影響についても、シリンダライナとピストンリング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。また、潤滑油系には機関付きフィルタが設置されているが、メッシュ寸法が  $30\mu\text{m}$  であり、取り込んだ降下火砕

物によって閉塞することはなく、長期的な影響も少ないと考えられる。加えて、非常用換気空調系のバグフィルタを通過した降下火砕物の潤滑油への混入を想定し、潤滑油に降下火砕物を混入させた状態における潤滑油の成分分析を実施した結果、潤滑油の性状に影響がないことを確認している。

また、シリンダから排出される排気ガスの温度は、約 500°Cであることから、融点が約 1000°Cである降下火砕物の溶融による影響はない。

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, 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

#### 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、冷却器伝熱管に降下火砕物が付着し、冷却機能に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、降下火砕物による空気冷却器への影響はない。

#### c. 非常用ディーゼル発電設備排気消音器への影響評価

排気消音器の開口部は横方向であり、降下火砕物が侵入しにくい構造となっている。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。非常用ディーゼル発電設備排気消音器の構造概要図を図 8-3 に示す。

以上のことから、非常用ディーゼル発電機（非常用ディーゼル発電設備吸気系含む。）に降下火砕物が侵入した場合においても、運転を阻害するに至らない。なお、降下火砕物が確認された場合は、必要に応じて点検を行い、健全性を確認する。

#### ② 換気系、電気系及び計測制御系の化学的影響（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、化学的腐食により短期的に機器の機能に影響を与えにくい。

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。



図 8-1 非常用ディーゼル発電設備吸気系の外気取入口

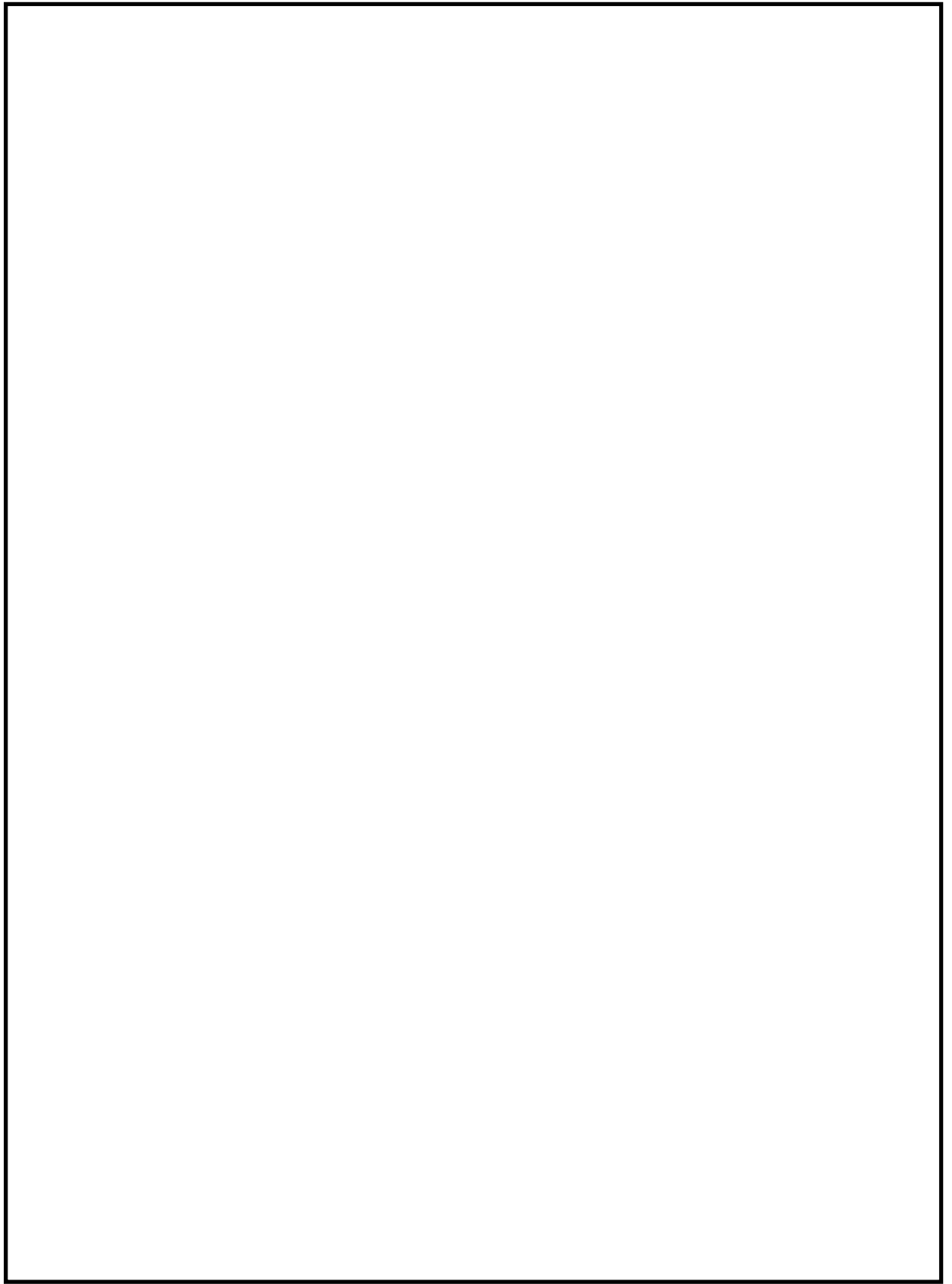


図 8-2 非常用ディーゼル発電設備吸気系の系統概要図及び構造図

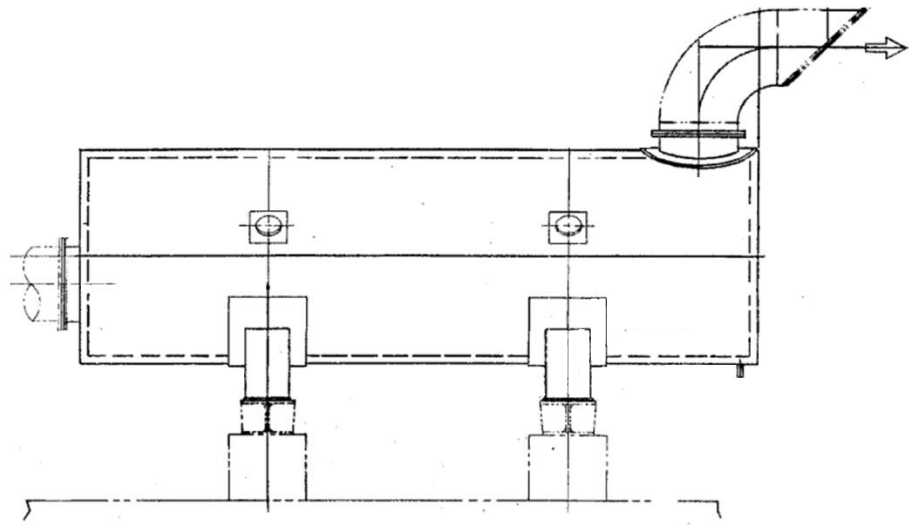


図 8-3 非常用ディーゼル発電設備排気消音器の構造概要図

## 降下火砕物による非常用ディーゼル発電機の吸気に係るバグフィルタの影響評価

非常用ディーゼル発電機の吸気は非常用換気空調系のバグフィルタ（粒径約 $2\mu\text{m}$ に対して80%以上を捕獲する性能）を介した換気空気を吸入しているため、降下火砕物の侵入による非常用ディーゼル発電機への影響は小さいと考えられる。なお、バグフィルタの手前には、外気取入口に下向き羽根のついたルーバが設置されており、降下火砕物により容易に閉塞しないと考えられるが、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。

## 1. 閉塞する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機の吸気バグ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吸気バグフィルタの灰捕集容量については、粉塵保持容量を用いた場合と、降下火砕物によるバグ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「3. 降下火砕物によるバグフィルタ閉塞試験について」参照）に基づく保持容量を用いた場合のそれぞれで試算した。

## (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、吸気バグフィルタの閉塞時間を試算した結果、約619時間となった。

表1 吸気バグフィルタ閉塞までの時間

	粉塵保持容量*1	降下火砕物による試験結果に基づく保持容量
①非常用ディーゼル発電設備吸気バグフィルタ灰捕集容量(g/枚)	800	8540
②フィルタ1枚当たりの定格風量( $\text{m}^3/\text{h}$ )	4250	
③降下火砕物の大気中濃度( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )*2	3241	
④閉塞までの時間(h) =①/②/③	58	619

注記\*1：定格風量で最終圧力損失に達した時点においてバグフィルタが保持している粉塵量の設計値。（試験用粉体は換気用エアフィルタユニットの性能試験方法（JIS B 9908）で用いられる、JIS Z 8901の試験粉体1の15種を使用）

\*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離れたヘ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、吸気バグフィルタの閉塞時間を試算した結果、約60時間となった。

表2 吸気バグフィルタ閉塞までの時間

	粉塵保持容量	降下火砕物による試験結果に基づく保持容量
①非常用ディーゼル発電設備吸気バグフィルタ灰捕集容量(g/枚)	800	8540
②フィルタ1枚当たりの定格風量(m <sup>3</sup> /h)	4250	
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	5.6	60

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. バグフィルタの取替え又は清掃に必要な時間及び成立性について

非常用ディーゼル発電機のバグフィルタは、1系統当たり46枚設置されており、バグフィルタの取替え又は清掃には複雑な作業が必要なく、1プラント1系統当たりバグフィルタの取替え又は清掃に要する時間は、要員4名で4時間程度を見込んでいる。一方、吸気バグフィルタが閉塞するまでの時間は、「1.(2) セントヘレンズの火山噴火データを用いた試算」のとおり約60時間程度であることから、バグ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。

3. 降下火砕物によるバグフィルタ閉塞試験について

評価対象火山の一つである妙高山より採取した降下火砕物について、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機に使用しているものと同様のバグフィルタへの影響について、図1に示すモックアップ試験により確認した。

バグフィルタは、袋が膨らむことにより、袋全体で風を通過させる(面積を稼ぐ)構造であるが、過度な荷重がかかると下方に引き伸ばされ、バック(袋)が膨らまなくなり、通過面積が減少し差圧が上昇することや、荷重により破損することが想定される。そのため、降下火砕物による「バグフィルタの詰まり試験」及び「バグフィルタの耐荷重試験」について実施した。



図1 バグフィルタの耐荷重試験の様子



(1) バグ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. 閉塞するまでに要する時間について」のとお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  と  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、想定する粒径分布に対し、より保守的となるような粒径分布の試料を作成した。具体的には、バグフィルタをより閉塞させやすくする観点から、試料の粒径分布を想定する粒径分布より全体的に小さくした。

表3 モックアップ装置にて噴霧する降下火砕物の粒径分布



注記\*：「富士火山 1707 年火砕物の降下に及ぼした風の影響，火山，第 2 集 第 29 巻 第 1 号」における富士山の降下火砕物の粒径分布図より算出

(b) モックアップ装置

・装置の構成

図2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（バグフィルタ）に吸着させ、バグフィルタ前後の差圧及び捕集重量を測定した。

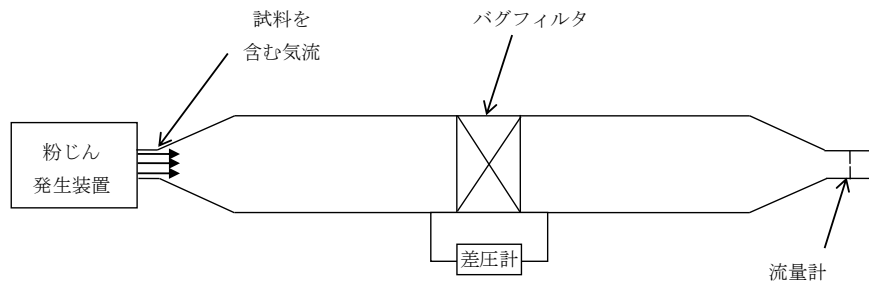


図2 モックアップ装置の構成

・風量

1枚当たりのバグフィルタの定格風量(4250m<sup>3</sup>/h)に対し、バグフィルタにより試料が吸着しやすくなるよう、粉塵発生装置から発せられる風量は  とした。

b. 判定基準

バグフィルタ差圧の判定基準は、設計値（系統要求値）の 245Pa とした。

c. 試験結果

バグフィルタの差圧と捕集重量の関係を図3に示す。

図3より、バグフィルタの差圧は、捕集重量に比例し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(8540g)においてもバグフィルタの差圧は202Paであるため、判定基準(245Pa)を満足していることを確認した。

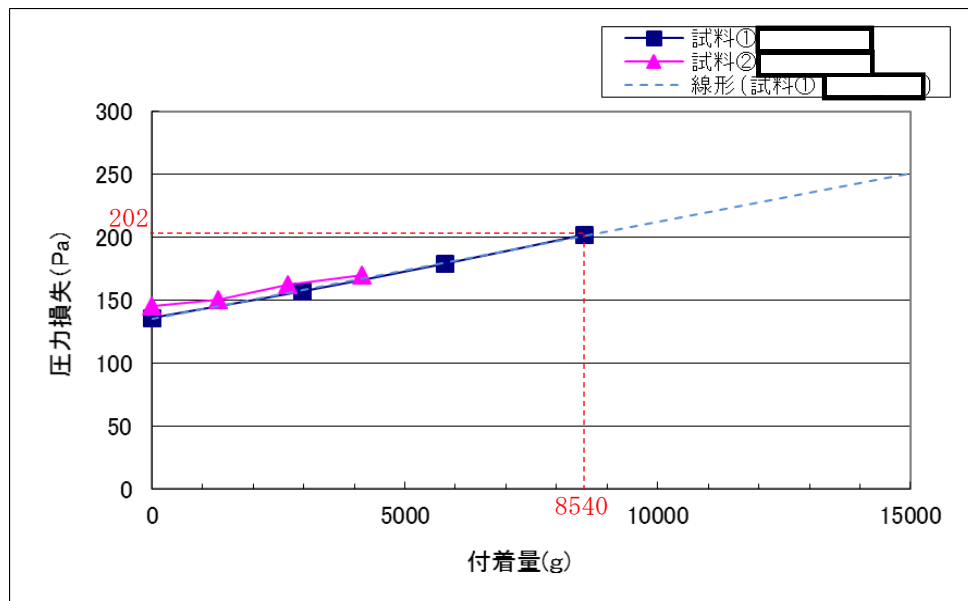


図3 バグフィルタの詰まり試験結果

(2) バグフィルタの耐荷重試験

a. 試験条件及び試験方法

本試験においては、バグフィルタの袋に試料が溜まった際の荷重の影響を確認することが目的であり、試料の粒径や性状に結果が依存するような試験ではないことから、試料には砂を用い実施した。

バグフィルタの袋の底部に試料を入れて荷重を模擬した場合（試料①）とバグフィルタの袋全体に均等に試料を入れて荷重を模擬した場合（試料②）のそれぞれにおいて、試料の重量を変化させた場合におけるバグフィルタ前後の差圧を測定した。

b. 判定基準

バグフィルタ差圧の判定基準は、設計値（系統要求値）の 245Pa とした。

c. 試験結果

バグフィルタの差圧と試料重量の関係を図 4、耐荷重試験におけるバグフィルタの外観を図 5 に示す。

図 4 より、バグフィルタの袋の底部に試料を入れて荷重を模擬した場合（試料①）では、試料重量 10000g 迄は、バグフィルタの差圧が判定基準（245Pa）を満足し、12000g にてバグフィルタの差圧が 250Pa となり、判定基準を上回る結果となった。

また、バグフィルタの袋全体に均等に試料を入れて荷重を模擬した場合（試料②）においても、試料重量 20000g において、バグフィルタの差圧が 270Pa となり、判定基準を上回る結果となった。

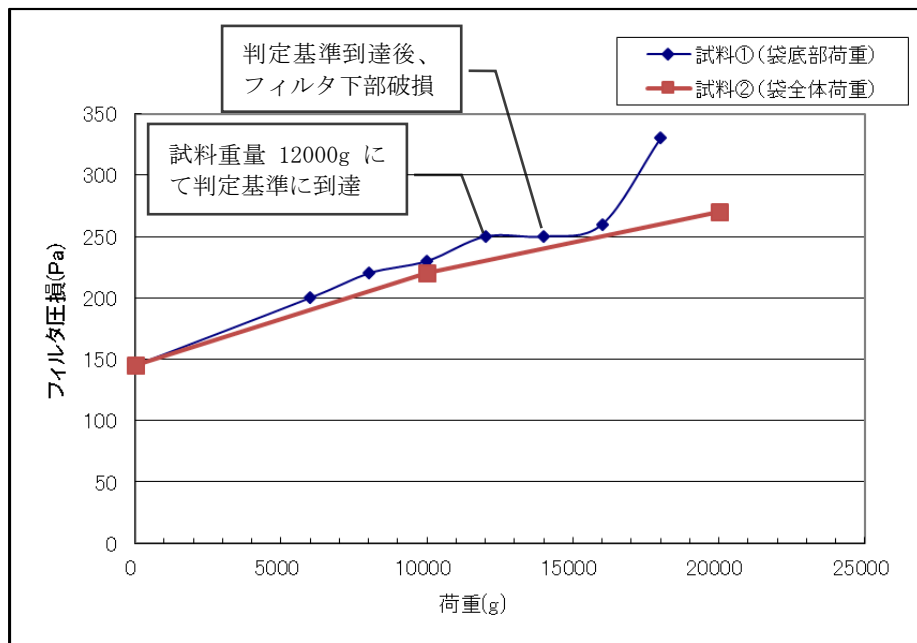


図4 バグフィルタの耐荷重試験結果



初期状態 (0g 荷重)



6000g 荷重



12000g 荷重



18000g 荷重

図5 耐荷重試験におけるバグフィルタの外観

(3) まとめ

「(1) バグフィルタの詰まり試験」及び「(2) バグフィルタの耐荷重試験」の結果をまとめると、以下のとおり。

- (1)の試験では、最大捕集容量(8540g)でも、バグフィルタの差圧は202Paであり、判定基準(245Pa)を満足した。
- (2)の試験では、試料重量10000g迄は、バグフィルタの差圧が判定基準を満足し、試料重量12000gにて、バグフィルタの差圧が250Paとなり、判定基準を上回った。

以上より、バグフィルタの閉塞時間評価に用いる灰捕集容量には、より厳しい値である8540gを用いることとする。

## 安全保護系盤に係る影響評価

降下火砕物による安全保護系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

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影響について評価する。

## (2) 評価条件

## ① 降下火砕物条件

- a. 粒径：8.0mm 以下

## (3) 評価結果

## ① 絶縁低下

安全保護系盤については、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。

当該盤が設置されているエリアは、非常用電気品区域換気空調系（非常用ディーゼル発電設備非常用送風機含む）及び中央制御室換気空調系にて空調管理されており、外気取入口に設置されているバグフィルタ（粒径 $2\mu\text{m}$ に対して80%以上を捕獲する性能）を介した換気空気を吸入している。従って、降下火砕物が大量に盤内に侵入する可能性は低く、その付着による短絡を発生させる可能性はないため、安全保護系盤の安全機能が損なわれることはない。

電気系及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

電気系及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の考え方を以下に示す。

○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。安全保護系盤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いる盤があり、盤内に強制的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た場合の影響について以下のとおり検討する。

① 侵入する降下火砕物の粒径

非常用電気品区域換気空調系（非常用ディーゼル発電設備非常用送風機含む。）及び中央制御室換気空調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バグ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 計測制御系の盤に対する降下火砕物の影響

計測制御系の盤等において、数 $\mu\text{m}$ 程度の線間距離となるのは集積回路（IC）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 $10^{-1}\text{m}$ 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。従って、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、降下火砕物の付着により短絡等を発生させる可能性はない。

降下火砕物の影響を考慮する施設のうち防護対策施設（非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板及び非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板）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燃料移送ポンプ防護板及び非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板への影響について、以下のとおり評価する。

(1) 評価項目及び内容

① 構造物への荷重

降下火砕物の堆積荷重（降雨の影響含む）により非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板及び非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板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。

② 構造物の化学的影響（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、構造物への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 : 35cm
- b. 密度 : 1.5g/cm<sup>3</sup>（湿潤状態）
- c. 堆積荷重 : 5149N/m<sup>2</sup>

② 積雪条件

- a. 積雪量（従荷重） : 115.4cm  
 （積雪量（従荷重）＝1日あたりの積雪量の年超過確率 10<sup>-2</sup>/年の値（84.3cm）  
 ＋日最深積雪量の平均値（31.1cm）＝115.4cm）
- b. 単位荷重 : 積雪量 1cmあたり 29.4N/m<sup>2</sup>（建築基準法より）
- c. 積雪荷重 : 3393N/m<sup>2</sup>

(3) 評価結果

① 構造物への荷重

評価結果については、V-3「強度に関する説明書」のうちV-3-別添2「火山への配慮が必要な施設の強度に関する説明書」に示す。

② 構造物の化学的影響（腐食）

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板及び非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板は外面塗装がなされていることから、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。

なお、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、除去後の点検において、必要に応じて補修作業を実施する。

## 間接的影響の評価結果

間接的影響を考慮する施設の非常用ディーゼル発電機,燃料ディタンク,軽油タンク等について,以下のとおり評価する。

## (1) 評価項目及び内容

降下火砕物による間接的影響には,広範囲にわたる送電網の損傷による7日間の外部電源喪失及び発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象に対する評価を行う。

## (2) 評価結果

柏崎刈羽原子力発電所7号機の非常用電源設備は,非常用ディーゼル発電機(3台)と燃料については,燃料ディタンク(13.8kL以上\*×3基〔耐震Sクラス〕)及び軽油タンク(529kL以上\*×2基〔耐震Sクラス〕)を有している。

軽油タンク及び非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプは屋外設備であるが,降下火砕物の直接的影響に対してその機能に影響がない設計としている。また,非常用ディーゼル発電設備燃料移送系の配管は,軽油タンクの取り出し口から非常用ディーゼル発電設備燃料移送系配管トレンチまでは屋外に設置されているが,その形状は管状であり,その口径は65A以下と降下火砕物が堆積しにくい形状であることから,降下火砕物によって機能喪失することはない。

これらにより,7日間の外部電源喪失及び発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象に対して,発電用原子炉の停止及び停止後の発電用原子炉の冷却,並びに使用済燃料貯蔵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ことから影響はない。

注記\*: 備蓄量は運用管理の値

## 降下火砕物の影響を考慮する施設以外の施設への影響について

降下火砕物の影響を受ける可能性のある、主排気筒（非常用ガス処理系）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 機械的影響（閉塞・摩耗）

降下火砕物の主排気筒への侵入により、機器の機能に影響がないことを評価する。

## ② 化学的影響（腐食）

降下火砕物の構造物への付着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) 評価結果

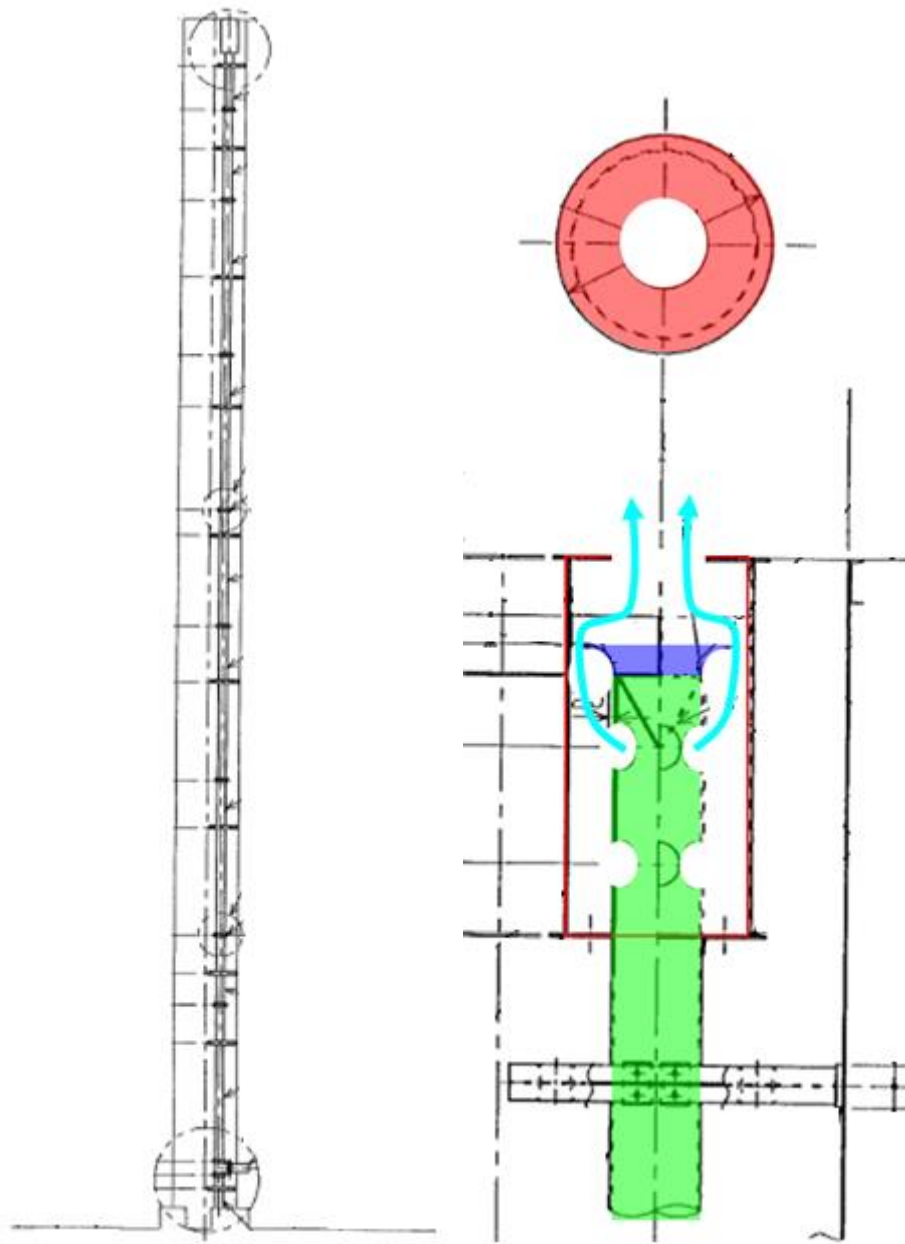
## ① 機械的影響（閉塞・摩耗）

主排気筒内に設置されている非常用ガス処理系の配管内には降下火砕物が侵入する可能性があるが、配管頂部は閉止されており、また、当該系統からの空気は、配管頂部付近にある配管側面に設けられた開口より放出する構造となっていることから、降下火砕物は配管内に侵入しにくく、閉塞する可能性は低い。主排気筒及び主排気筒内非常用ガス処理系配管外形図を図 12-1 に示す。

## ② 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、金属材料を用いていること、また、外装塗装がなされていることから、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。

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。



頂部付近拡大図

図 12-1 主排気筒及び主排気筒内非常用ガス処理系配管外形図

原子力発電所で使用する塗料について

降下火砕物による化学的影響（腐食）については、評価対象施設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、ダクト等の外表面に対する塗装基準が定められており、耐水性、耐熱性、耐油性等を考慮した塗料を使用している。

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、厳しい腐食環境にさらされるため、アクリル樹脂系、エポキシ樹脂系等の塗料が複数層で塗布されている。アクリル樹脂系及びエポキシ樹脂系は、耐薬品性が強く、酸性物質を帯びた降下火砕物が付着、堆積したとしても、直ちに金属表面の腐食が進むことはない。

また、原子炉補機冷却海水ポンプ、海水配管等の海水と直接接する系統については、エポキシ樹脂系、シリコン樹脂系等の耐食性塗料（樹脂ライニング含む）が施されている。

従って、降下火砕物の屋外設備への付着や堆積及び海水系統への混入により、直ちに金属表面の腐食が進むことはない。柏崎刈羽原子力発電所第7号機における使用塗料の例を表1に示す。

表1 柏崎刈羽原子力発電所第7号機における使用塗料の例

設備名称	塗料の種類		
	下塗り	中塗り	上塗り
原子炉建屋 タービン建屋 コントロール建屋 廃棄物処理建屋	アクリルゴム系	アクリルシリコン樹脂系	アクリルシリコン樹脂系
軽油タンク	鉛・クロムフリーさび止めペイント	長油性フタル酸樹脂系	長油性フタル酸樹脂系 アルキド樹脂系
原子炉補機冷却海水ポンプ	エポキシ樹脂系	シリコン樹脂系	シリコン樹脂系
取水設備（除塵装置）	変性エポキシ樹脂	エポキシ樹脂系	ポリウレタン樹脂系 エポキシ樹脂系 シリコン樹脂系 変性エポキシ樹脂系

## 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（SO<sub>2</sub>）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、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（SO<sub>2</sub>）雰囲気を保った状態で金属腐食試験を行なったものであり、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、柏崎刈羽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, pp. 247-253, 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 SO<sub>2</sub> 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 μm 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

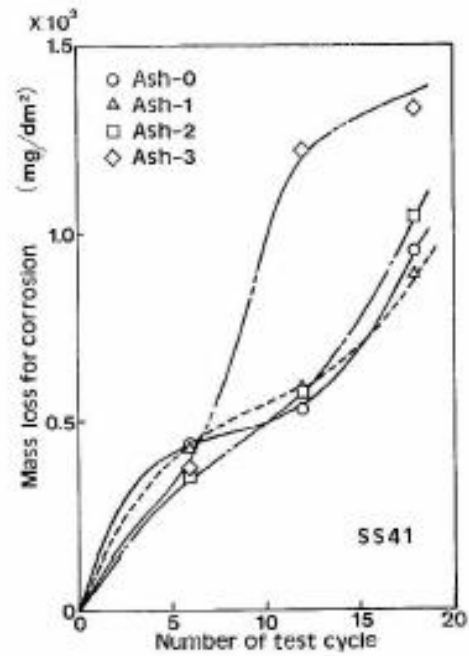
降下火砕物による腐食については、主として火山ガスが付着した降下火砕物の影響によるものであり、本研究においては、金属試験片の表面に降下火砕物を置き、実際の火山環境を模擬して高濃度の SO<sub>2</sub> 雰囲気中で暴露し、腐食実験を行っている。

腐食の要因となる火山ガスを常に高濃度の雰囲気を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>1</sup>、\*<sup>2</sup> で金属腐食量を求めており、柏崎刈羽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。

注記\*1 : 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)

\*2 : 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