

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-018-05 改 04
提出年月日	2022年10月19日

外部火災への配慮に関する説明書に係る補足説明資料

2022年10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

1. 外部火災の影響を考慮する施設の選定について
2. 発電所敷地内の火災について
3. 発電所敷地外の火災・爆発について
4. ばい煙及び有毒ガスの影響評価について

別紙 1 航空機落下事故に関するデータの最新データについて

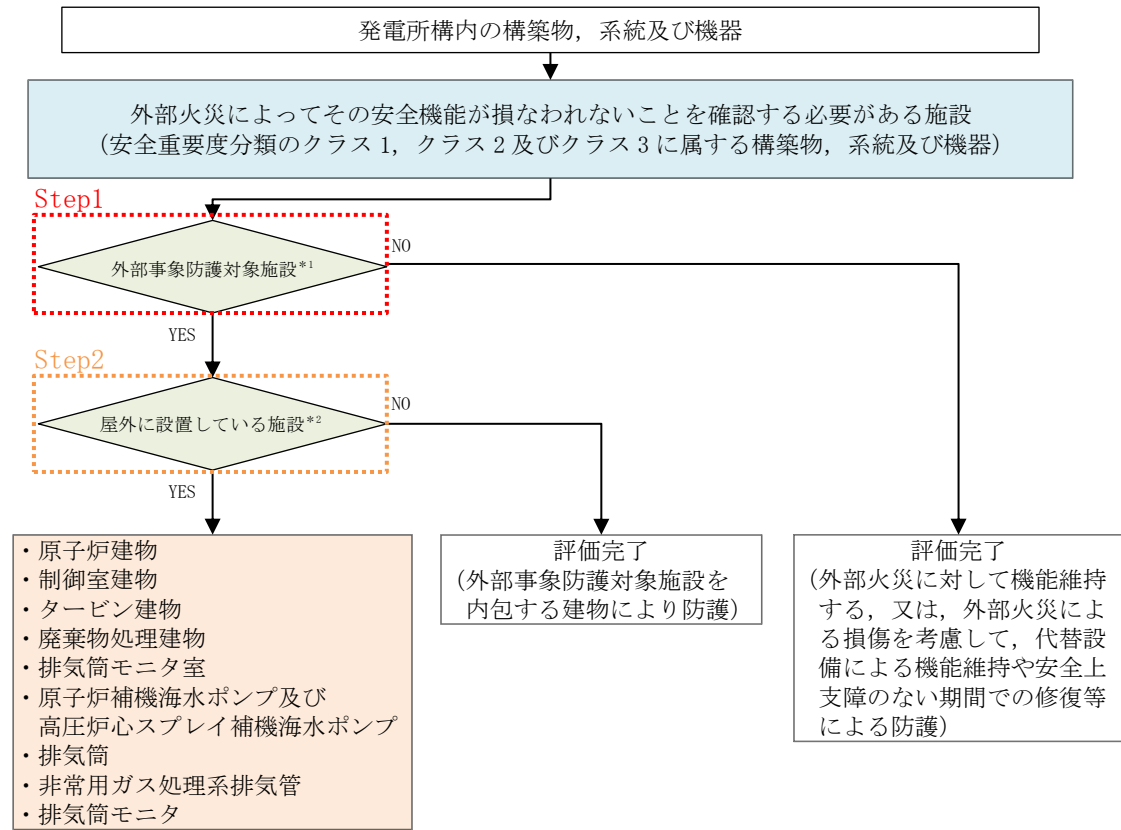
## 1. 外部火災の影響を考慮する施設の選定について

外部火災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。

外部火災の影響について評価を行う施設（以下「外部火災の影響を考慮する施設」という。）は外部火災より防護すべき施設の中から、施設の設置場所、構造を考慮して選定する。

外部事象防護対象施設に係る外部火災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及び表1-2に示す。

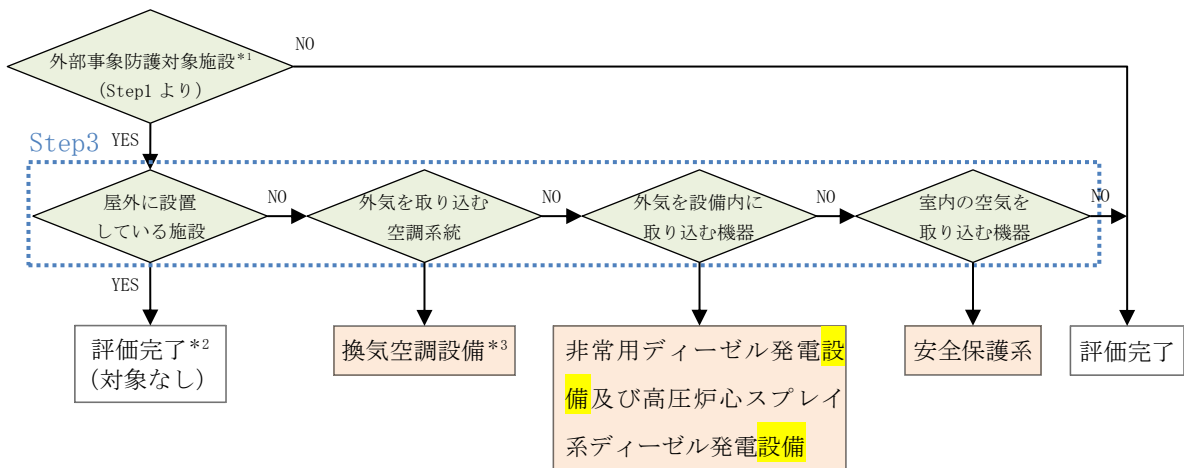
また、外部火災による二次的影響（ばい煙）を考慮し、外部事象防護対象施設に係る二次的影響（ばい煙）を考慮する施設を図1-2のフローに従い選定し、選定結果を表1-1及び表1-3に示す。



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物

\*2：外部事象防護対象施設を内包する建物については，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設計基準事故対処設備等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。

図 1-1 外部事象防護対象施設に係る外部火災の影響を考慮する施設の選定フロー



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物

\*2：ばい煙により機能に影響を受ける屋外の外部事象防護対象施設はない。

\*3：中央制御室空調換気系以外の換気空調設備については，空調ファンを停止することでばい煙の侵入を阻止する設計とする。

図 1-2 外部事象防護対象施設に係る二次的影響（ばい煙）を考慮する施設の選定フロー

表 1-1 外部事象防護対象施設に係る外部火災の影響及び二次的影響（ばい煙）を考慮する施設の選定結果（1/16）

分類	定義	重要度分類指針		島根原子力発電所第2号機		Step1 外部事象 防護対象施設	Step2 屋外施設 (評価対象)	Step3 二次的影響 評価対象施設		
		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					
PS-1	その損傷又は故障により発生する事象によつて、(a)炉心の著しい損傷、又は(b)燃料の大量の破損を引き起こすおそれのある構築物、系統及び機器	1) 原子炉冷却材圧力バウダリ機能	原子炉冷却材圧力バウダリを構成する機器・配管系（計装等の小口径配管・機器は除く。）	原子炉圧力容器	R/B	○				
			原子炉再循環ポンプ	○						
			配管・弁	○						
			隔離弁	○						
			制御棒駆動機構ハウジング	○						
			中性子束計装管ハウジング	○						
		2) 過剰反応度の印加防止機能	制御棒カップリング	制御棒カップリング	R/B	○				
			制御棒駆動機構カップリング	制御棒駆動機構カップリング	R/B	○				
			炉心形状の維持機能	炉心支持構造物(炉心シユラウド、シユラウドサポート、上部格子板、炉心サポート、上部格子板、炉心支持板、制御棒案内管)、燃料集合体(ただし、燃料を除く。)	炉心シユラウド シユラウドサポート 上部格子板 炉心支持板 燃料支持金具 制御棒案内管 制御棒駆動機構ハウジング	R/B	○			
				燃料集合体(上部タイプレート、下部タイプレート、スペーサ、チャンネルボックス)	燃料集合体(上部タイプレート、下部タイプレート、スペーサ、チャンネルボックス)					

表 1-1 外部事象防護対象施設に係る外部火災の影響及び二次的影響 (ばい煙) を考慮する施設の選定結果 (2/16)

分類	重要度分類指針			島根原子力発電所第2号機			Step1 外部事象 防護対象施設	Step2 屋外施設 (評価対象)	Step3 二次的影響 評価対象施設
	定義	機能	原子炉停止 系の制御棒 による系 (制御棒及 び制御棒駆 動系 (スク ラム機能))	建築物, 系統又は機器 設置 場所*	制御棒 制御棒案内管 制御棒駆動機構 水圧制御ユニット (スクラムパイロット弁, スクラム弁, ア キユムレータ, 窒素容器, 配管・弁)	制御棒 制御棒カププリング 制御棒駆動機構カププリング 制御棒駆動機構ハウジング 制御棒駆動機構 ほう酸水注入系 (ほう酸水注入ポンプ, 注入弁, タンク出口弁, ほう酸水貯蔵タンク, ポンプ吸込配管・弁, 注入配管・弁)			
MS-1	1) 異常状態 発生時に原 子炉を緊急 に停止し, 残 留熱を除去 し, 原子炉冷 却材圧力バ ウンダリの 過圧を防止 し, 敷地周辺 公衆への過 度の放射線 の影響を防 止する構築 物, 系統及び 機器	1) 原子炉の緊 急停止機能	原子炉停止 系の制御棒 による系 (制御棒及 び制御棒駆 動系 (スク ラム機能))	制御棒 制御棒案内管 制御棒駆動機構	R/B	○ ○ ○	×	×	
		2) 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)	制御棒 制御棒カププリング 制御棒駆動機構カププリング 制御棒駆動機構ハウジング 制御棒駆動機構	R/B	○ ○ ○ ○ ○	×	×	
		3) 原子炉冷却 材圧力バウン ダリの過圧防 止機能	逃がし安全 弁 (安全弁と しての開機 能)	逃がし安全 弁 (安全弁と しての開機 能)	逃がし安全弁 (安全弁開機能)	R/B	○	×	×

表 1-1-1 外部事象防護対象施設に係る外部火災の影響及び二次的影響 (ばい煙) を考慮する施設の選定結果 (3/16)

分類	重要度分類指針		島根原子力発電所第 2 号機		Step1 外部事象 防護対象施設	Step2 屋外施設 (評価対象)	Step3 二次的影響 評価対象施設
	定義	機能	設置 場所*	構築物、系統又は機器			
MS-1	1) 異常状態発生時に原子炉を緊急に停止し、残留熱を除去し、原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧を防止し、敷地周辺公衆への過度の放射線の影響を防止する構築物、系統及び機器	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 (ポンプ、サブプレッション・プール、タービン、サブプレッション・プールから注水先までの配管・弁、ポンプミニマムフローライン配管・弁、サブプレッション・プールストレナ)、タービンへの蒸気供給配管・弁、潤滑油冷却器及びその冷却水供給配管、高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先までの配管・弁、スプレイスバジーヤ、ポンプミニマムフローライン配管・弁、サブプレッション・プールストレナ))	残留熱除去系 (ポンプ、熱交換器、原子炉停止時冷却モードのルートとなる配管・弁、熱交換器バイパス配管・弁) 残留熱除去系 (サブプレッション・プール冷却モード) 原子炉隔離時冷却系 (ポンプ、サブプレッション・プール、タービン、サブプレッション・プールから注水先までの配管・弁、ポンプミニマムフローライン配管・弁、サブプレッション・プールストレナ) タービンへの蒸気供給配管・弁 潤滑油冷却器及びその冷却水供給配管 高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先までの配管・弁、スプレイスバジーヤ、ポンプミニマムフローライン配管・弁、サブプレッション・プールストレナ) 逃がし安全弁 (手動逃がし機能) 原子炉圧力容器から逃がし安全弁までの主蒸気配管 逃がし安全弁アキュムレータ、逃がし安全弁アキュムレータから逃がし安全弁までの配管・弁 自動減圧系弁 (手動逃がし機能) 原子炉圧力容器から逃がし安全弁までの主蒸気配管 逃がし安全弁 自動減圧系アキュムレータ、自動減圧系アキュムレータから逃がし安全弁までの配管・弁	R/B	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	× (建物で評価) × (建物で評価) × (建物で評価) × (建物で評価) × (建物で評価) × (建物で評価)	× × × × × × × × × ×

表 1-1-1 外部事象防護対象施設に係る外部火災の影響及び二次的影響 (ばい煙) を考慮する施設の選定結果 (4/16)

分類	重要度分類指針		島根原子力発電所第2号機		Step1 外部事象 防護対象施設	Step2 屋外施設 (評価対象)	Step3 二次的影響 評価対象施設
	定義	機能	炉心又は機器	設置 場所*			
MS-1	1) 異常状態発生時に原子炉を緊急に停止し、残留熱を除去し、原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧を防止し、敷地周辺公衆への過度の放射線の影響を防止する建築物、系統及び機器	5) 炉心冷却機能	非常用炉心冷却系 (低圧炉心スプレイス系, 低圧注水系, 高圧炉心スプレイス系, 自動減圧系)	残留熱除去系 (低圧注水モード) (ポンプ, サプレッション・プール, サプレッション・プールから注水先までの配管・弁 (熱交換器バイパスライン含む), ポンプミニマムフローライン配管・弁, サプレッション・プールのストレーナ)	R/B	×	×
				高圧炉心スプレイス系 (ポンプ, サプレッション・プール, サプレッション・プールからスプレイス先までの配管・弁, スプレイスパー ज्या, ポンプミニマムフローライン配管・弁, サプレッション・プールのストレーナ)	R/B	×	×
				低圧炉心スプレイス系 (ポンプ, サプレッション・プール, サプレッション・プールからスプレイス先までの配管・弁, スプレイスパー ज्या, ポンプミニマムフローライン配管・弁, サプレッション・プールのストレーナ)	R/B	×	×
				自動減圧系 (逃がし安全弁)			
			原子炉圧力容器から逃がし安全弁までの主蒸気配管			×	×
			自動減圧系アキュムレータ, 自動減圧系アキュムレータから逃がし安全弁までの配管・弁	R/B	×	×	×
			ジェットポンプ (事故時の炉心再冠水維持機能)				



表 1-1-1 外部事象防護対象施設に係る外部火災の影響及び二次的影響 (ばい煙) を考慮する施設の選定結果 (5/16)

重要度分類指針		島根原子力発電所第2号機			Step1	Step2	Step3							
分類	定義	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冷却系, 原子炉建屋, 非常用ガス処理系, 非常用再循環ガス処理系, 可燃性ガス濃度制御系	設置場所*	外部事象防護対象施設	屋外施設 (評価対象)	二次的影響評価対象施設							
MS-1	1) 異常状態発生時に原子炉を緊急に停止し, 残留熱を除去し, 原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧を防止し, 敷地周辺公衆への過度の放射線の影響を防止する構造物, 系統及び機器	6) 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 (格納容器本体, 貫通部 (ペネトレーション), 所員エアロック, 機器搬入ハッチ)	R/B	○	○	○	○						
			ベント管											
			スプレイ管											
			真空破壊弁											
			逃がし安全弁排気管のクエンチャ											
			原子炉建屋 (原子炉建屋燃料取替階ブローアウトパネルを含む。)						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											
			原子炉棟換気系隔離弁											
			主蒸気隔離弁アキユムレータ, 主蒸気隔離弁アキユムレータから主蒸気隔離弁までの配管・弁											
			主蒸気流量制限器											
			残留熱除去系 (格納容器冷却モード) (ポンプ, 熱交換器, サプレッション・プール, サプレッション・プールからスプレイ先 (ドライウエル及びサプレッション・プール気相部) までの配管・弁, 格納容器スプレイ・ヘッド (ドライウエル及びサプレッション・プール), ポンプミニマムフローライン配管・弁, サプレッション・プールのストレーナ)									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物壁面までの配管・弁, 乾燥装置 (乾燥機能部分))											
非常用ガス処理系 (タービン建物壁面から排気筒頂部までの配管)														
排気筒 (非常用ガス処理系排気管の支持機能)														
可燃性ガス濃度制御系 (再結合装置, 格納容器から再結合装置までの配管・弁, 再結合装置から格納容器までの配管・弁)														
残留熱除去系 (再結合装置への冷却水供給を司る部分)														
遮蔽設備 (原子炉遮蔽, 一次遮蔽, 二次遮蔽)														
○														
○														
○														
○														

表 1-1 外部事象防護対象施設に係る外部火災の影響及び二次的影響（ばい煙）を考慮する施設の選定結果（6/16）

重要度分類指針		島根原子力発電所第2号機		Step1	Step2	Step3		
分類	定義	機能	構築物、系統又は機器	外部事象 防護対象施設	屋外施設 (評価対象)	二次的影響 評価対象施設		
MS-1	2) 安全上の必要なその他の構築物、系統及び機器	1) 工学的な安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能 2) 安全上特に重要な関連機能	安全保護系  非常用所内電源系、制御室及びその遮へい・非常用換気空調系、非常用補機冷却水系、直流電源系（いずれも、MS-1 関連のもの）	原子炉保護系	R/B T/B	○  × (建物で評価)	○  ○	
				工学的な安全施設作動系	Rw/B C/B			
				非常用所内電源系（ディーゼル機関、発電機、ディーゼル発電機から非常用負荷までの配電設備及び電路）	R/B	○  ○  ○		
				始動用空気系（始動用空気だめ（自動供給）からディーゼル機関まで）				
				冷却水系				
				燃料移送系（非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンクからディーゼル機関まで）	R/B T/B	○  ○  × (建物で評価)	○  ○	
				燃料移送系（非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク、非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ）	屋外			
				非常用ディーゼル室送風機	R/B	○  ○		
				吸気系				
				高圧炉心スプレイ電源系（ディーゼル機関、発電機、ディーゼル発電機から非常用負荷までの配電設備及び電路）	R/B	○  ○  ○		
				始動用空気系（始動用空気だめ（自動供給）からディーゼル機関まで）				
				冷却水系				
				燃料移送系（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料貯蔵タンクからディーゼル機関まで）	R/B T/B	○  ○  × (建物で評価)	○  ○	
				燃料移送系（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ）	屋外			
				高圧炉心スプレイ系ディーゼル室送風機	R/B	○  ○		
吸気系	R/B							
中央制御室及び中央制御室遮蔽	C/B	○	○	○	× (建物で評価)	×		
中央制御室換気系「放射線防護機能及び有毒ガス防護機能」（ブース・ファン、非常用チャコール・フィルタ・ユニット、空調ユニット、再循環用ファン、排気ファン、ダクト及びびダンパ）	C/B Rw/B	○	○	○	× (建物で評価)	○		

表 1-1-1 外部事象防護対象施設に係る外部火災の影響及び二次的影響（ばい煙）を考慮する施設の選定結果（7/16）

重要度分類指針		島根原子力発電所第2号機			Step1	Step2	Step3
分類	定義	機能	構造物，系統又は機器	設置場所*	外部事象防護対象施設	屋外施設（評価対象）	二次的影響評価対象施設
MS-1	2) 安全上必要なその他の構造物，系統及び機器	2) 安全上特に重要な関連機能	非常用所内電源系，制御室及びその遮へい・非常用換気空調系，非常用補機冷却水系，直流電源系（いづれも，MS-1関連のもの）	原子炉補機冷却系（ポンプ，熱交換器，非常用負荷冷却ライン配管・弁（MS-1 関連），サージタンク） 高圧炉心スプレイ補機冷却系（ポンプ，熱交換器，非常用負荷冷却ライン配管・弁（MS-1 関連），サージタンク） 原子炉補機海水系（ポンプ，配管・弁（MS-1 関連），ストレーナ（異物除去機能を司る部分）） 原子炉補機海水系（配管・弁（MS-1 関連）） 高圧炉心スプレイ補機海水系（ポンプ，配管・弁（MS-1 関連），ストレーナ（異物除去機能を司る部分）） 高圧炉心スプレイ補機海水系（配管・弁（MS-1 関連））	○	× （建物で評価）	×
				R/B Rw/B	○	× （建物で評価）	×
				R/B	○	× （建物で評価）	×
				屋外	○	○	×
				R/B T/B	○	× （建物で評価）	×
				屋外	○	○	×
				R/B T/B	○	× （建物で評価）	×
				屋外	○	× （建物で評価）	×
				R/B C/B Rw/B	○	× （建物で評価）	×
				屋外	○	× （建物で評価）	×
				取水路（屋外トレンチ含む）	○	× （建物で評価）	×
				直流電源系（蓄電池，蓄電池から非常用負荷までの配電設備及び配路（MS-1 関連））	○	× （建物で評価）	×
				計測制御電源系（蓄電池から非常用計測制御装置までの配電設備及び配路（MS-1 関連））	○	× （建物で評価）	×

表 1-1-1 外部事象防護対象施設に係る外部火災の影響及び二次的影響 (ばい煙) を考慮する施設の選定結果 (8/16)

分類	重要度分類指針			島根原子力発電所第2号機			Step1 外部事象 防護対象施設	Step2 屋外施設 (評価対象)	Step3 二次的影響 評価対象施設
	定義	機能	構造物、系統又は機器	設置 場所*					
PS-2	1) その損傷又は故障により発生する事象によって、炉心の著しい損傷又は燃料の大量の破損を直ちに引き起こすおそれはないが、敷地外への過度の放射性物質の放出のおそれのある構造物、系統及び機器	1) 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径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。) 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 3) 燃料を安全に取り扱う機能	主蒸気系、原子炉冷却材浄化系 (いずれも、格納容器隔離弁の外側のみ)	R/B T/B	○	×	×	×	
			原子炉浄化系 (原子炉冷却材圧力バウンダリから外れる部分) 原子炉隔離時冷却系タービン蒸気供給ライン (原子炉冷却材圧力バウンダリから外れる部分であって外側隔離弁下流からタービン止め弁まで) 排ガス処理系 (活性炭式希ガスホルドアップ装置) 燃料プール (使用済燃料貯蔵ラックを含む) 新燃料貯蔵庫「臨界を防止する機能」(新燃料貯蔵ラック) 燃料取替機 原子炉ウエル 原子炉建物天井クレーン	R/B	○	×			×
	2) 通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に作動を要求されるものであって、その故障により、炉心冷却が損なわれる可能性の高い構造物、系統及び機器	逃がし安全弁 (吹き止まり機能に 関連する部分)	逃がし安全弁 (吹き止まり機能に 関連する部分)	R/B	○	×	×	×	

表 1-1 外部事象防護対象施設に係る外部火災の影響及び二次的影響（ばい煙）を考慮する施設の選定結果（9/16）

重要度分類指針		島根原子力発電所第2号機			Step1	Step2	Step3
分類	定義	機能	設置場所*	外部事象 防護対象施設	屋外施設 (評価対象)	二次的影響 評価対象施設	
MS-2	1)PS-2の構 築物、系統 及び機器の 損傷又は故 障により、 敷地周辺公 衆に与える 放射線の影 響を十分小 さくするよ うにする構 築物、系統 及び機器	1)燃料プールの 補給機能	非常用補給 水系	構造物、系統又は機器 残留除去系（ポンプ、サブレーション・プール、サブレッ ション・プールから燃料プールまでの配管・弁、ポンプミニ マムフローライン配管・弁、サブレーション・プールのストレ ーナ）	○	×	×
		2)放射性物質放 出の防止機能	放射性気体 廃棄物処理 系の隔離弁、 排気筒（非常 用ガス処理 系排気管の 支持機能以 外）	排ガス処理系隔離弁	○	×	×
				屋外	○	×	
				R/B	○	×	
				屋外	○	×	
				R/B	○	×	
				屋外	○	×	
				R/B T/B	○	×	
				屋外	○	×	
				屋外	○	×	

表 1-1 外部事象防護対象施設に係る外部火災の影響及び二次的影響（ばい煙）を考慮する施設の選定結果（10/16）

重要度分類指針		島根原子力発電所第2号機			Step1	Step2	Step3
分類	定義	機能	事故時監視 計器の一部	設置 場所*	外部事象 防護対象施設	屋外施設 (評価対象)	二次的影響 評価対象施設
MS-2	2) 異常状態への対応上特に重要な構造物、系統及び機器	1) 事故時のプラント状態の把握機能	中性子束, 原子炉スクラム用電磁接触器の状態又は制御棒位置	R/B C/B Rw/B	○	× (建物で評価)	×
			原子炉水位 (広帯域, 燃料域), 原子炉圧力				
			原子炉格納容器圧力, 格納容器エリア放射線量率, サプレッション・プール水温				
			「低温停止への移行」				
			原子炉圧力, 原子炉水位 (広帯域)				
			「ドライウエルスブレイ」				
			原子炉水位 (広帯域, 燃料域), 格納容器圧力				
			「サブプレッション・プール冷却」				
			原子炉水位 (広帯域, 燃料域), サプレッション・プール水温				
			「可燃性ガス濃度制御系起動」				
			原子炉格納容器水素濃度, 原子炉格納容器酸素濃度				
		2) 異常状態の緩和機能	—	—	○	× (建物で評価)	×
		3) 制御室外からの安全停止機能	中央制御室外原子炉停止系	R/B	○	× (建物で評価)	×
			制御室外原子炉停止装置 (安全停止に関連するもの)				

表 1-1 外部事象防護対象施設に係る外部火災の影響及び二次的影響（ばい煙）を考慮する施設の選定結果（11/16）

重要度分類指針		島根原子力発電所第2号機				Step1	Step2	Step3			
分類	定義	機能	構造物、系統又は機器	設置場所*	外部事象 防護対象施設	屋外施設 (評価対象)	二次的影響 評価対象施設				
PS-3	1) 異常状態の起因事象となるものであって、PS-1 及び PS-2 以外の構造物、系統及び機器	1) 原子炉冷却材保持機能 (PS-1, PS-2 以外のもの)	計装配管、試料採取管	原子炉冷却材圧力バウンダリから除外される小口径配管・弁 計装配管・弁 試料採取系配管・弁 ドレン配管・弁 ベント配管・弁	屋内	×					
			2) 原子炉冷却材の循環機能					原子炉再循環ポンプ配管・弁 ライザ管 (炉内) ジェットポンプ	屋内	×	
			3) 放射性物質の貯蔵機能					復水貯蔵タンク 液体廃棄物処理系 (タンク) 固体廃棄物処理系 (タンク, 固体廃棄物貯蔵所 (ドラム缶))			
		4) 電源供給機能 (非常用を除く。)	タービン、発電機及びその励磁装置、復水系 (復水器を含む。), 給水系, 循環水系, 送電線, 変圧器, 開閉所	タービン、発電機及びその励磁装置	屋内	×					
				軸密封装置							
				発電機水素ガス冷却装置							
				固定子冷却装置							
				励磁電源系							
				蒸気タービン (主タービン, 主要弁, 配管)							
				主蒸気系 (主蒸気/駆動源)							
				タービン制御系							
				タービンブランプラント蒸気系							

表 1-1 外部事象防護対象施設に係る外部火災の影響及び二次的影響 (ばい煙) を考慮する施設の選定結果 (12/16)

分類	定義	重要度分類指針		島根原子力発電所第2号機		Step1 外部事象 防護対象施設	Step2 屋外施設 (評価対象)	Step3 二次的影響 評価対象施設
		機能	構築物, 系統又は機器	設置 場所*	設置 場所			
PS-3	1) 異常状態の起因事象となるものであって、PS-1 及び PS-2 以外の構築物, 系統及び機器	4) 電源供給機能 (非常用を除く。)	タービン, 発電機及びその励磁装置, 復水系 (復水器を含む。), 給水系, 循環水系, 送電線, 変圧器, 開閉所	タービンの潤滑油系 (配管・弁等)	屋内	×	-	-
				抽気系 (配管・弁等)		×		
				タービンヒータータンク系 (配管・弁)		×		
				タービンヒータータンク系 (配管・弁等)		×		
				補助蒸気系		×		
				復水系 (復水器, 復水ポンプ, 配管・弁)		×		
				抽出空気系 (配管・弁)		×		
				給水系 (電源駆動給水ポンプ, タービン駆動給水ポンプ, 給水加熱器, 配管・弁)		×		
				循環水系 (循環水ポンプ, 配管・弁)		×		
				取水設備 (屋外タンク含む)		×		
				常用所内電源系 (発電機又は外部電源から所内負荷までの配電設備及び電路 (MS-1 関連以外))		×		
				直流電源系 (蓄電池, 蓄電池から常用負荷までの配電設備及び電路 (MS-1 関連以外)), 充電器		×		
				計装制御電源系 (電源装置から常用計測制御装置までの配電設備及び電路 (MS-1 関連以外))		×		
				送電線		×		
				変圧器 (所内変圧器, 起動変圧器, 予備変圧器, 電路)		×		
変圧器	×							
油劣化防止装置	×							
冷却装置	×							
開閉所 (母線, 遮断器, 断路器, 電路)	×							
原子炉制御系 (制御棒価値)	原子炉制御系 (制御棒価値)	原子炉制御系 (制御棒価値)	屋内	×				
原子炉保護機能 (安全保護機能を除く。)	ミニマイザを含む。), 原子炉核計装, 原子炉プラントプロセス計装	原子炉核計装の一部	屋内	×				
		原子炉プラントプロセス計装の一部	屋内	×				



表 1-1 外部事象防護対象施設に係る外部火災の影響及び二次的影響（ばい煙）を考慮する施設の選定結果（13/16）

重要度分類指針		島根原子力発電所第2号機			Step1	Step2	Step3
分類	定義	機能	設置場所*	外部事象 防護対象施設	屋外施設 (評価対象)	二次的影響 評価対象施設	
PS-3	1) 異常状態の起因事象となるものであって、PS-1 及び PS-2 以外の構造物、系統及び機器	6) プラント運転補助機能	所内ボイラ、計装用圧縮空気系	構造物、系統又は機器	-		
				所内ボイラ設備 (所内ボイラ、給水タンク、給水ポンプ、配管・弁)			×
				油系統 (重油サービスタンク、重油ポンプ、配管・弁)			×
				所内蒸気系 (配管・弁)			×
				計装用空気系 (空気圧縮機、配管・弁、中間冷却器、後部冷却器、気水分離器、空気貯槽)			×
				原子炉補機冷却系 (MS-1 関連以外) (配管・弁)			×
				タービン補機冷却系 (ポンプ、熱交換器、配管・弁、サージータンク)			×
				タービン補機海水系 (ポンプ、配管・弁、ストレーナ)			×
				復水輸送系 (ポンプ、配管・弁)			×
				復水貯蔵タンク			×

表 1-1 外部事象防護対象施設に係る外部火災の影響及び二次的影響（ばい煙）を考慮する施設の選定結果（14/16）

重要度分類指針			島根原子力発電所第2号機			Step1	Step2	Step3
分類	定義	機能	燃料被覆管	建築物、系統又は機器	設置場所*	外部事象 防護対象施設	屋外施設 (評価対象)	二次的影響 評価対象施設
PS-3	2) 原子炉冷却材中放射線物質濃度を通常運転に支障のない程度に低く抑える構築物、系統及び機器	1) 核分裂生成物の原子炉冷却材中への放散防止機能	燃料被覆管	燃料被覆管, 上/下部端栓, タイロッド	屋内	×		
		2) 原子炉冷却材の浄化機能	原子炉冷却材浄化系, 復水浄化系	原子炉浄化系 (再生熱交換器, 非再生熱交換器, ポンプ, ろ過脱塩装置, 配管・弁) 復水浄化系 (復水ろ過装置, 復水脱塩装置, 配管・弁)		×		
MS-3	1) 運転時の異常な過渡変化があっても、MS-1、MS-2とあいまって、事象を緩和する構築物、系統及び機器	1) 原子炉圧力の上昇の緩和機能	逃がし安全弁 (逃がし弁機能), タービンバイパス弁	逃がし安全弁 (逃がし弁機能)	屋内	○	×	×
				タービン・バイパス弁		○	(建物で評価)	
				原子炉圧力容器から逃がし安全弁までの主蒸気配管		×		
				逃がし安全弁アキュムレータ, 逃がし安全弁アキュムレータから逃がし安全弁までの配管・弁		×		
	2) 出力上昇の抑制機能		原子炉冷却材再循環系 (再循環ポンプトリップ機能), 制御棒引抜監視装置	原子炉再循環系 (再循環ポンプトリップ機能)	屋内	○	×	×
				制御棒引抜監視装置		○	(建物で評価)	

表 1-1 外部事象防護対象施設に係る外部火災の影響及び二次的影響（ばい煙）を考慮する施設の選定結果（15/16）

重要度分類指針		島根原子力発電所第2号機			Step1	Step2	Step3								
分類	定義	機能	制御棒駆動 水圧系、原 子炉隔離時 冷却系	構築物、系統又は機器	設置 場所*	外部事象 防護対象施設	屋外施設 (評価対象)	二次的影響 評価対象施設							
MS-3	1) 運転時の異常な過渡変化があっても、MS-1、MS-2とあいまって、事象を緩和する構築物、系統及び機器 2) 異常状態への対応上必要な構築物、系統及び機器	3) 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	制御棒駆動水圧系（ポンプ、復水貯蔵タンクから制御棒駆動機構までの配管・弁、ポンプサクションフィルタ、ポンプミニマムフローライン配管・弁）	屋内	×									
				復水貯蔵タンク	屋外										
				原子炉隔離時冷却系（ポンプ、タービン、サブレッション・プール、サブレッション・プールから注水先までの配管・弁、ポンプミニマムフローライン配管・弁）	屋内										
				タービンへの蒸気供給配管・弁											
				潤滑油冷却器及びその冷却器までの冷却水供給配管											
					1) 緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能 2) 異常状態への対応上必要な構築物、系統及び機器				原子力発電所緊急時対策所、試料採取系、通信連絡設備、放射線監視設備、事故時監視器の一部、消火系、安全避難通路、非常用照明	原子力発電所緊急時対策所（緊急時対策所、情報収集設備、通信連絡設備、資料及び器材、遮蔽設備）	緊急時対策所（緊急時対策所、情報収集設備、通信連絡設備、資料及び器材、遮蔽設備）	屋外	×		
											試料採取系（異常時に必要な以下の機能を有するもの。原子炉冷却材放射物濃度サンプリング分析、格納容器雰囲気放射物濃度サンプリング分析）	屋内			
											通信連絡設備（1つの専用回路を含む複数の回路を有する通信連絡設備）	屋内 屋外			
											排気筒モニタ	屋外			
											放射能監視設備（排気筒モニタ以外）	屋外			
事故時監視器の一部	屋内 屋外														
						排気筒モニタ	屋外	○			○	×			
						放射能監視設備（排気筒モニタ以外）	屋外								
						事故時監視器の一部	屋内 屋外	×			-	-			

表 1-1 外部事象防護対象施設に係る外部火災の影響及び二次的影響（ばい煙）を考慮する施設の選定結果（16/16）

重要度分類指針		島根原子力発電所第2号機			Step1	Step2	Step3
分類	定義	機能	構造物、系統又は機器	設置場所*	外部事象 防護対象施設	屋外施設 (評価対象)	二次的影響 評価対象施設
MS-3	2) 異常状態への対応上必要な構造物、系統及び機器	1) 緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能	消火系 水消火設備(補助消火水槽, サイトバンク建物消火タンク, 4.4m盤消火タンク, 4.5m盤消火タンク, 5.0m盤消火タンク, ポンプ, 配管・弁等) 泡消火設備 固定式ガス消火設備 火災検出装置(受信機含む) 防火扉, 防火ダンパ, 耐火壁, 隔壁(消火設備の機能を維持・担保するために必要なもの) 安全避難通路 安全避難用扉 非常用照明	屋内 屋外 屋内 屋内	× × × × × × ×	—	—

注記\* : 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内, 屋外 : R/B, C/B, T/B, R w/B外

表 1-2 外部火災の影響を考慮する施設の選定結果

分類		外部火災の影響を考慮する施設
外部事象防護対象施設	外部事象防護対象施設を内包する建物	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉建物</li> <li>・制御室建物</li> <li>・タービン建物</li> <li>・廃棄物処理建物</li> <li>・排気筒モニタ室*1</li> </ul>
	屋外の外部事象防護対象施設（建物を除く。）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。）</li> <li>・排気筒</li> <li>・非常用ガス処理系排気管*2</li> <li>・排気筒モニタ*2</li> </ul>

注記\*1：排気筒モニタ室については、他の建物の評価で代表する。

\*2：非常用ガス処理系排気管及び排気筒モニタについては、排気筒の評価で代表する。

表 1-3 二次的影響（ばい煙）を考慮する施設の選定結果

分類	二次的影響（ばい煙）を考慮する施設
外気を取り込む空調系統	<ul style="list-style-type: none"> <li>・換気空調設備</li> </ul>
外気を設備内に取り込む機器	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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（以下「非常用ディーゼル発電設備」という。）</li> </ul>
室内の空気を取り込む機器	<ul style="list-style-type: none"> <li>・安全保護系</li> </ul>

2. 発電所敷地内の火災について

2.1 森林火災について

2.1.1 熱影響が最も厳しくなる最大火炎輻射発散度の算出

(1) 発火点

立地条件を考慮して設定した発火点のケース 1～5 の位置を図 2-1 に示す。



図 2-1 発火点の設定位置

(2) FARSITE 出力データ

FARSITE 出力データ及びその出力データを基に算出したデータを表 2-1 に示す。

表 2-1 FARSITE 出力データ及びその出力データを基に算出したデータ

項目	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5
火炎輻射発散度 (kW/m <sup>2</sup> )	118	99.5	46.9	49.3	52.4
火炎輻射強度 (kW/m <sup>2</sup> )	364	288	346	279	345
火線強度 (kW/m)	4154	3057	734	811	931
反応強度 (kW/m <sup>2</sup> )	980	776	917	739	930
火炎長 (m)	3.6	3.2	1.7	1.7	1.8
火炎到達幅 (m)	4870				
燃焼継続時間 (min)	23	21	82	81	77
燃焼半径 [m]	1.193	1.037	0.537	0.563	0.600
円筒火炎モデル数 [-]	2041	2349	4538	4323	4059

(3) 燃焼半径の算出

次の式から燃焼半径(R)を算出する。

$$R = \frac{H}{3}$$

R : 燃焼半径(m), H : 火炎長(m)

(4) 円筒火炎モデル数の算出

次の式から円筒火炎モデル数(F)を算出する。

$$F = \frac{W}{2R}$$

F : 円筒火炎モデル数(-), W : 火炎到達幅(m)

(5) 火炎輻射発散度の算出

火災で発生する発熱量から輻射熱に寄与する割合（輻射熱割合）を考慮し、その輻射熱は円筒火炎の側面及び上面から放射されると仮定し、円筒火炎の火炎輻射発散度  $Rf$  ( $\text{kW}/\text{m}^2$ ) を求める。発熱量が保存されるため、以下の式で表現できる。

$$\begin{aligned} & (\text{円筒火炎 1 個の側面積} + \text{上部面積} (\text{m}^2)) \times \text{円筒火炎個数} \times \text{火炎輻射発散度} (\text{kW}/\text{m}^2) \\ & = \text{火線強度} (\text{kW}/\text{m}) \times \text{火炎到達幅} (\text{m}) \times \text{輻射熱割合} (-) \end{aligned}$$

$$(2\pi RH + \pi R^2) \times F \times Rf = I_B \times W \times \chi$$

また、上記(3)(4)の式より、以下の式が求まる。

$$Rf = \frac{6\chi I_B}{7\pi H}$$

$Rf$  : 火炎輻射発散度 ( $\text{kW}/\text{m}^2$ )、 $I_B$  : 火線強度 ( $\text{kW}/\text{m}$ )、 $H$  : 火炎長 (m)

<火炎輻射発散度の算出方法>

火線強度 ( $I_B$ ) ( $\text{kW}/\text{m}$ ) は、図 2-2 に示すような火炎構造 (幅  $W$  (m)、奥行き  $D$  (m)、火炎長 :  $L_f$  (m)) において「火炎最前線での単位幅あたりの発熱速度」と定義でき、反応強度 :  $I_R$  ( $\text{kW}/\text{m}^2$ ) とは次の関係にある。

$$I_B = I_R \times D \quad (\text{式 1})$$

火炎輻射発散度を計算するための円筒火炎モデルでは、図 2-2 の有効火炎領域を、火炎の幅  $W$  (m) に沿って円筒火炎 (半径  $R$  (m)、高さ  $H$  (m)) を  $F$  個一列に並べて模擬する。ここで、有効火炎領域の発熱量のうち輻射熱割合  $\chi$  (-) を考慮し、円筒火炎の側面及び上面からの輻射熱として放射されるとして、発熱量が保存されるように火炎輻射発散度を求める。円筒火炎での火炎輻射発散度を  $Rf$  ( $\text{kW}/\text{m}^2$ ) とすると有効火炎領域の発熱量は保存されることから、以下の式で表現できる。

総発熱量 (側面、上面からの輻射) (kW)

= 火線強度 ( $\text{kW}/\text{m}$ )  $\times$  火炎到達幅 (m)  $\times$  輻射熱割合 (-) より

$$(2\pi RH + \pi R^2) \times F \times Rf = I_B \times W \times \chi (= I_R \times D \times W \times \chi) \quad (\text{式 2})$$

また、評価ガイドより、円筒火炎モデルは

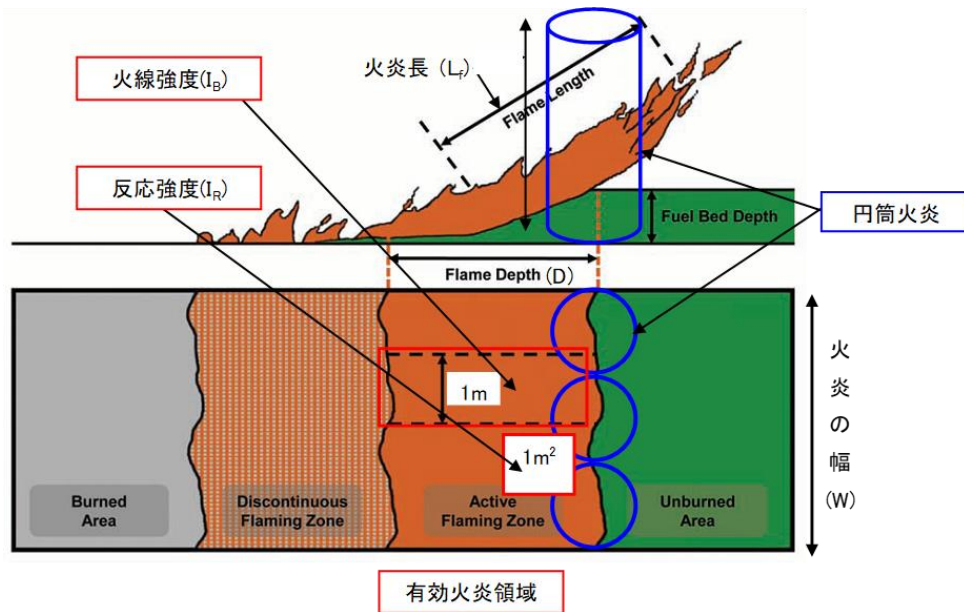
$$R = H/3 \quad (\text{式 3})$$

$$F = W/2R \quad (\text{式 4})$$

と定義されるので、式 3、式 4 を式 2 に代入することにより、次式が得られる。

$$Rf = \frac{6\chi I_B}{7\pi H} \quad (\text{式 5})$$





(出典：Andrews, P.L., et. al. (2011): How to Generate and Interpret Fire Characteristics Charts for Surface and Crown Fire Behavior. USDA Forest Service General Technical Report RMRS-GTR-253.)

図 2-2 火線強度及び円筒火炎モデルの考え方

(6) 熱影響が最も厳しくなる最大火炎輻射発散度の特定

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-1-1-3-5-5「外部火災防護における評価方針」に示す評価式を用いて原子炉建物について熱影響評価をした結果を表 2-2 に示す。評価結果のとおり，ケース 1 において熱影響が最も厳しくなることを確認した。

以上より，熱影響評価では，ケース 1 の火炎輻射発散度  $118 \text{ (kW/m}^2\text{)}$  を用いて評価を行う。

表 2-2 原子炉建物に対する発火点毎の熱影響評価

最大外壁面温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )					コンクリート 許容温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )
ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	
63	57	60	58	58	<200

## 2.1.2 森林火災における評価モデルの概要

### (1) 建物外壁の温度評価方法

火災の進展により原子炉建物外壁面が受ける輻射熱は、FARSITE による森林火災解析結果から、1メッシュ (10m×10m) ごとに火炎長、単位面積当たりの発熱量及び火炎到達時間が出力されるので、メッシュごとに円筒火炎モデルを並べ (円筒火炎の直径が 1m であれば、1メッシュに 10 個の円筒火炎を考慮)、各メッシュに火炎が到達してから燃え尽きるまでの間輻射に寄与するものとして受熱点の輻射強度を積算する。受熱点への輻射強度計算方法の概念を図 2-3 に示す。

外壁面の温度は、外壁面での対流熱伝達と輻射放熱を考慮し以下の式に示す一次元非定常熱伝導方程式を用いて評価を実施する (図 2-4)。

$$\frac{dT}{dt} = \kappa \frac{d^2T}{dx^2}$$

T : 温度 (°C), t : 時刻 (s), x : 建物壁内における外面からの距離 (m),  
 $\kappa$  : 熱拡散率 (m<sup>2</sup>/s)

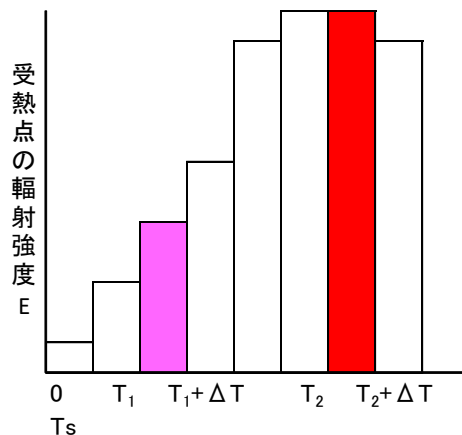
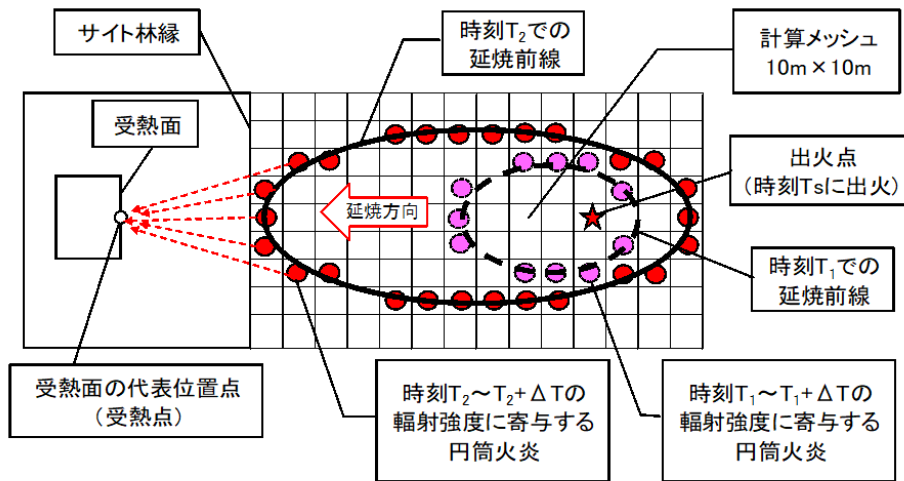


図 2-3 受熱点の輻射強度の計算モデル概念図

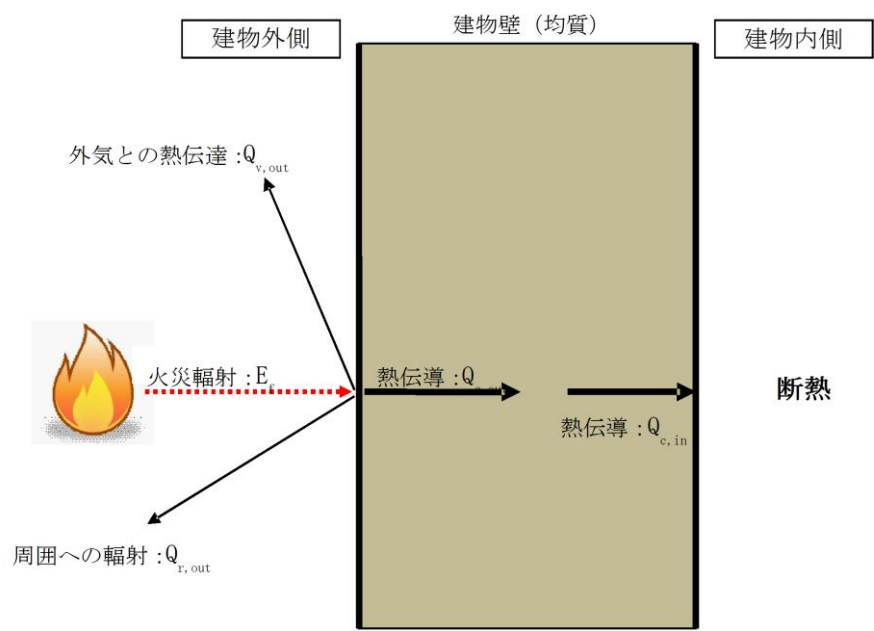


図 2-4 外壁面温度評価概念図

## (2) 危険距離の評価方法

最大の火炎輻射発散度のメッシュの火炎データをもった円筒火炎モデルを火炎到達幅と同じ長さの直線上に並べて、全円筒から同時かつ継続的に受熱面が受ける輻射強度が危険輻射強度となる距離を危険距離として算出する。

危険距離の評価方法として、直線上の火炎前線及び一様の火線強度による円筒火炎モデルを用いた。円筒火炎モデルによる危険距離評価の概要図を図 2-5 に示す。

危険距離の計算条件である火線強度、火炎長は表 2-1 に示すとおり、FARSITE の解析結果を用いた。

輻射熱割合は、針葉樹:0.377 及び落葉広葉樹:0.371 (米国防火技術者協会 (SFPE) が発行しているハンドブック (THE SFPE HANDBOOK of Fire Protection Engineering FOURTH EDITION) より算出) を発火点周辺の植生に合わせ、以下のとおり採用した。

ケース 1, 2, 5 : 0.371 (落葉広葉樹)

ケース 3, 4 : 0.377 (針葉樹)

なお、反応強度は炎から輻射として放出される熱エネルギー (火炎輻射強度) と火炎・煙として対流放熱される熱エネルギー (火炎対流発散度) の和により求められることから、針葉樹の輻射熱割合 (0.377) は、針葉樹代表種の火炎輻射強度:4.9[kJ/g] と反応強度:13.0[kJ/g]の比 (反応強度に対する火炎輻射強度の割合) から算出した。

同様に、落葉広葉樹の輻射熱割合 (0.371) は、落葉広葉樹代表種の火炎輻射強度:4.6[kJ/g] と反応強度:12.4[kJ/g]の比 (反応強度に対する火炎輻射強度の割合) から算出した。

### 【針葉樹】

火炎輻射強度 4.9[kJ/g] + 火炎対流発散度 8.1[kJ/g] = 反応強度 13.0[kJ/g]

輻射熱割合 (針葉樹) = 火炎輻射強度 4.9[kJ/g] / 反応強度 13.0[kJ/g]  
= 0.377

### 【落葉広葉樹】

火炎輻射強度 4.6[kJ/g] + 火炎対流発散度 7.8[kJ/g] = 反応強度 12.4[kJ/g]

輻射熱割合 (落葉広葉樹) = 火炎輻射強度 4.6[kJ/g] / 反応強度 12.4[kJ/g]  
= 0.371

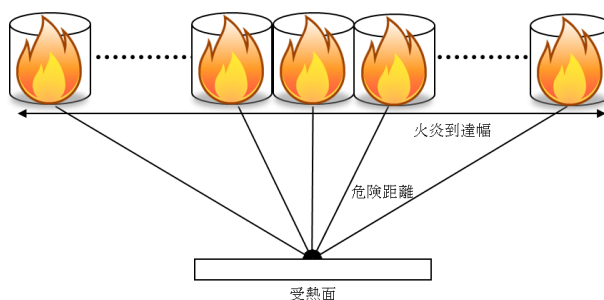


図 2-5 円筒火炎モデルによる危険距離評価の概要図

## 2.2 外部火災の影響を考慮する施設の許容温度について

### (1) 評価に用いるコンクリート許容温度 (200°C) について

コンクリートの圧縮強度は、200°C程度までは常温と殆ど変わらないかむしろ上昇するが、その後は徐々に低下して、500°Cで常温強度の2/3になるとしている。また、火災後（冷却後）の残存強度を確保する場合には450°Cが限界としている。図2-6にコンクリートの強度と温度の関係について示す。

よって、保守的に圧縮強度に変化がないとされる200°Cを許容温度とし、評価を実施する。

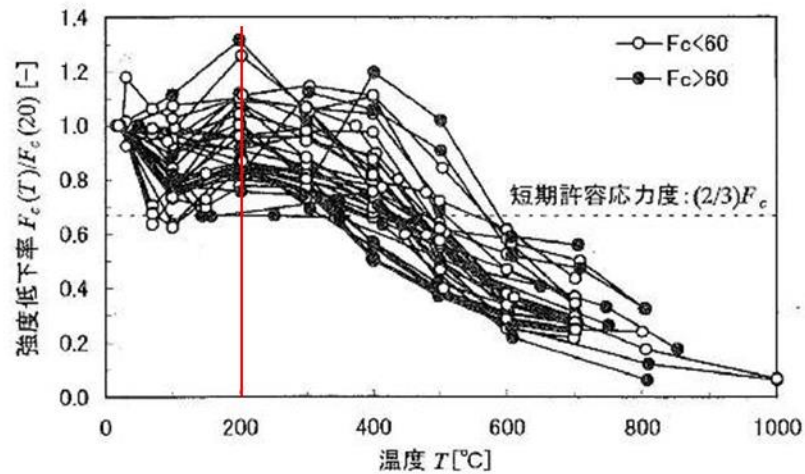


図14 コンクリートの高温時圧縮強度（常温強度に対する比）

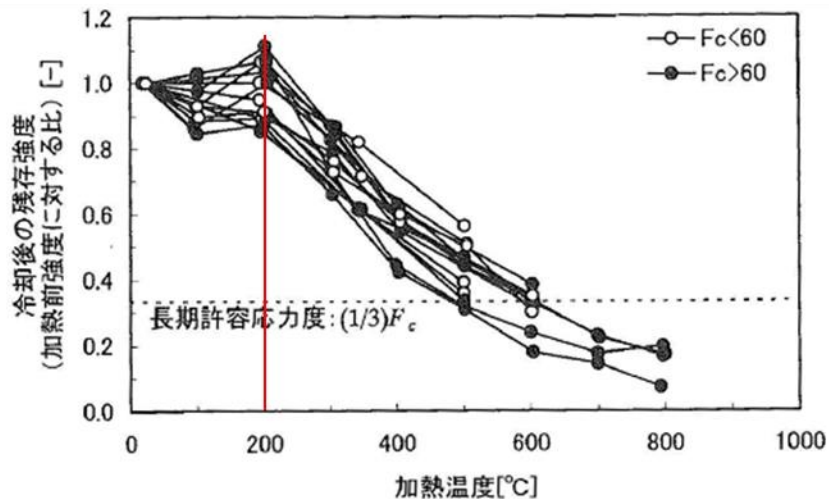


図15 加熱後のコンクリートの残存圧縮強度（加熱前強度に対する比）

図2-6 コンクリートの強度と温度の関係\*（一部加筆）

注記\*：原田和典「建築火災のメカニズムと火災安全設計」財団法人日本建築センター

(2) 評価に用いる海水ポンプの許容温度 (55°C) について

下部軸受の機能を維持するため耐熱性の良好なグリースを使用する場合の温度限度 95°C\*から冷却空気の初期温度 40°Cを差し引いた 55°Cを冷却空気の許容温度とし、評価を実施する。

注記\*：電気規格調査会標準規格 誘導機 (J E C 2 1 3 7 -2000)

(3) 評価に用いる排気筒の許容温度 (325°C) について

一般的に、鋼材は温度上昇に伴い強度が低下するが、その高温強度に対する公的規格は存在していない。一方、発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (一般社団法人 日本機械学会) では、鋼材の制限温度を 350°Cとしていること、また、文献\*1では、鋼材の温度上昇に伴う強度低下率  $\kappa(T)$  が示されており、一般的な鋼材において温度が 325°C以下であれば、その強度が常温時と変わらない ( $\kappa(T)=1$ ) \*2としている (図 2-7)。

よって、保守的に鋼材の強度が常温時と変わらないとされる 325°Cを許容温度とし、評価を実施する。

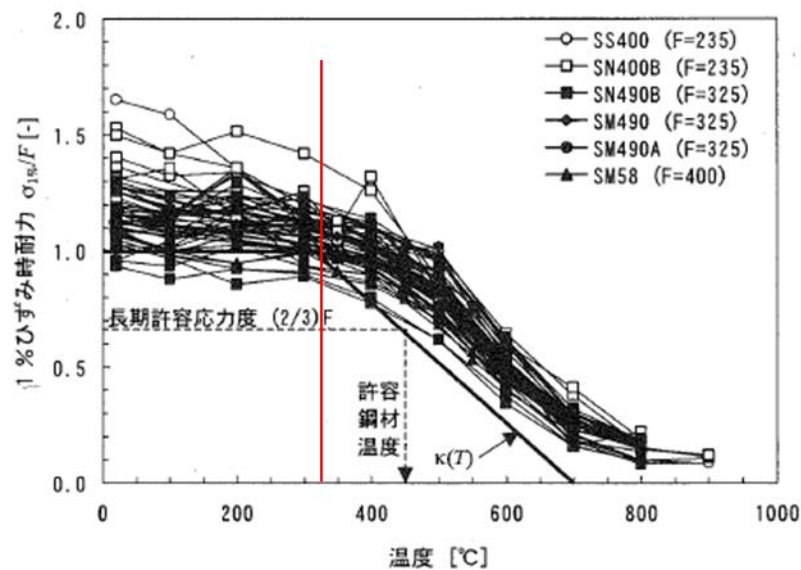


図 5 各種鋼材の高温時の 1%歪時耐力 (参考文献<sup>2)~6)</sup> のデータから作成)

図 2-7 鋼材の温度上昇に伴う強度低下率\*1 (一部加筆)

注記\*1：原田和典「建築火災のメカニズムと火災安全設計」財団法人日本建築センター

\*2：各温度における鋼材の 1%ひずみ時耐力の測定値を常温の基準強度 (F) で割ったものが強度低下率  $\kappa(T)$  であり、鋼材の強度が常温時と変わらない場合は、 $\kappa(T)=1$  となる。

### 2.3 外部火災の影響を考慮する施設の温度評価体系について

#### (1) 一定の輻射熱を受ける壁面（コンクリート）の温度評価体系

十分に厚い固体の表面が放射熱で加熱される場合の温度分布は、以下の一次元の熱伝導方程式により表すことができる。

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( k \frac{\partial T}{\partial x} \right)$$

これを表面（ $x=0$ ）における境界条件

$$\varepsilon q = h\{T(0,t) - T_0\} - k \left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=0}$$

の下で入射熱流束が時間的に一定であれば、次式が得られる。

$$T_s(t) = T_0 + \frac{\varepsilon q}{h} \left\{ 1 - \exp\left(\frac{h^2 t}{k\rho c}\right) \operatorname{erfc}\left(\sqrt{\frac{h^2 t}{k\rho c}}\right) \right\}$$

ただし、 $\operatorname{erfc}(z)$  は余誤差関数であり、 $T_s(t) = T(0, t)$  とおいた。

また、 $\varepsilon q / (h(T_s - T_0)) < 10$  の範囲では、以下のとおり近似できる。

$$\frac{\varepsilon q}{h(T_s - T_0)} = \frac{\sqrt{k\rho c}}{1.18h\sqrt{t}} + 1$$

$$T_s = T_0 + \frac{1}{\left(\frac{\sqrt{k\rho c}}{1.18h\sqrt{t}} + 1\right) \frac{h}{\varepsilon q}}$$

(出典：原田和典「建築火災のメカニズムと火災安全設計」財団法人  
日本建築センター)

使用する記号の説明を表 2-3 に示す。また、建物温度評価体系図を図 2-8 に示す。

表 2-3 記号の説明

記号	単位	定義
$T$	$^{\circ}\text{C}$	温度
$t$	s	燃焼継続時間
$x$	m	距離
$\text{erfc}(z)$	—	余誤差関数
$T_s$	K	表面温度
$\varepsilon$	—	表面の放射率
$k$	$\text{kW}/(\text{m}\cdot\text{K})$	熱伝導率
$h$	$\text{kW}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	熱伝達率
$\rho$	$\text{kg}/\text{m}^3$	密度
$c$	$\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	比熱
$q$	$\text{kW}/\text{m}^2$	入射熱流束
$T_0$	K	初期温度

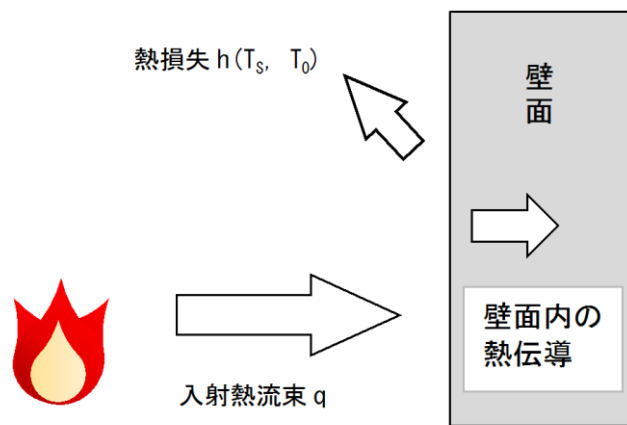


図 2-8 建物温度評価体系図



(2) 海水ポンプの温度評価体系

火災時の輻射熱が海水ポンプに入射し、冷却空気の温度上昇に寄与すると想定する。

海水ポンプ電動機の冷却空気が一定の輻射強度によって昇温されるものとして、比熱と熱容量の関係式より温度 T は以下の式となる。

$$T = T_0 + \frac{E \times A_T}{G \times C_p}$$

使用する記号の説明を表 2-4 に示す。また、海水ポンプ温度評価体系図を図 2-9 に示す。

表 2-4 記号の説明

記号	単位	定義
T	℃	温度
T <sub>0</sub>	℃	通常運転時の上昇温度
E	W/m <sup>2</sup>	輻射強度
A <sub>T</sub>	m <sup>2</sup>	受熱面積
G	kg/s	重量流量
C <sub>p</sub>	J/(kg・K)	空気比熱

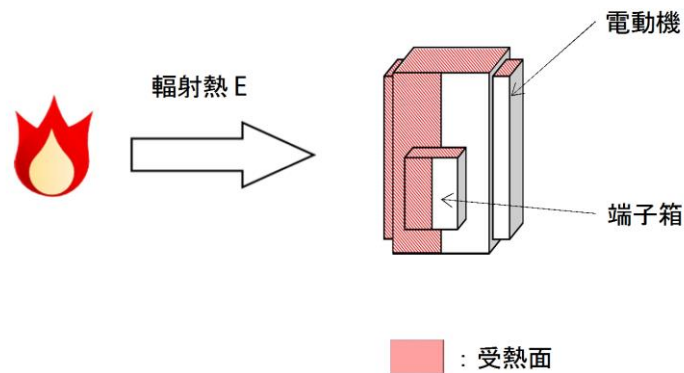


図 2-9 海水ポンプ温度評価体系図

(3) 排気筒の温度評価体系

火災時の輻射熱が排気筒に入射し、排気筒の温度上昇に寄与すると想定する。  
排気筒外表面からの放熱を考慮し以下の式を解く。

$$\rho CV \frac{dT}{dt} = \varepsilon E \frac{S}{2} - h(T - T_0)S$$

$t \rightarrow \infty$  の場合で最大温度となり、その温度は以下の式となる。

$$T = T_0 + \frac{\varepsilon E}{2h}$$

使用する記号の説明を表 2-5 に示す。また、排気筒温度評価体系図を図 2-10 に示す。

表 2-5 記号の説明

記号	単位	定義
C	J/kg/K	排気筒部材比熱
E	W/m <sup>2</sup>	輻射強度
h	W/m <sup>2</sup> /K	熱伝達係数
S	m <sup>2</sup>	排気筒単位長さあたりの外周面積
T	°C	排気筒表面温度
T <sub>0</sub>	°C	初期温度
V	m <sup>3</sup>	排気筒単位長さあたりの体積
ε	—	反射率
ρ	kg/m <sup>3</sup>	排気筒部材密度

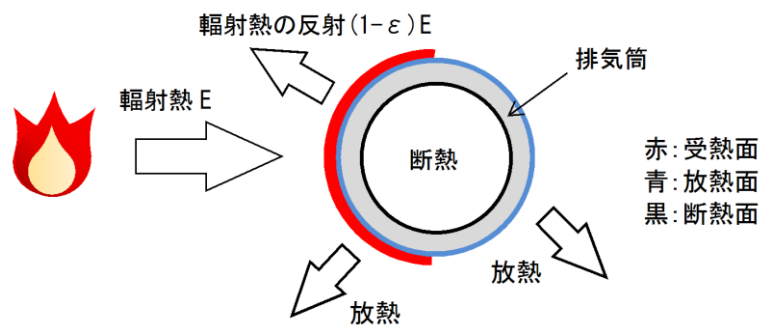


図 2-10 排気筒温度評価体系図

## 2.4 航空機墜落による火災について

### (1) 評価対象航空機の選定について

航空機落下確率評価では、評価手法及び対象航空機の大きさの違いを考慮して落下確率を求めている。また、評価に考慮している航空機落下事故については、民間航空機と軍用機（自衛隊機又は米軍機）では、その発生状況が必ずしも同一ではなく、軍用機の中でも、機種によって飛行形態が同一ではないと考えられる。したがって、航空機墜落による火災影響の評価においては、表2-6に示すカテゴリ毎に火災影響を評価する。また、評価対象航空機の選定結果を表2-7に示す。

表 2-6 落下事故のカテゴリの分類

落下事故カテゴリ		分類
計器飛行方式 民間航空機	飛行場での離着陸時*1	大型民間航空機 (離着陸時)
	航空路を巡航中*2	大型民間航空機
有視界飛行方式民間航空機		小型民間航空機
自衛隊機 又は米軍機	訓練空域外を飛行中*3	空中給油機等
		その他の機種
	基地-訓練空域間往復時	-*4

注記\*1：滑走路方向から±60°の範囲に発電所が位置する空港があり、各空港の最大離着陸距離が、発電所から各空港までの距離より大きいため、評価対象とする（図 2-11、図 2-12）。（発電所-出雲空港の距離：約 17km、出雲空港-最大離着陸地点の距離：約 28km、発電所-米子空港の距離：約 22km、米子空港-最大離着陸地点の距離：約 43km）

\*2：発電所周辺に存在する航空路と発電所との距離が、それぞれの航空路の幅より短い場合は、評価対象とする（表 2-8、図 2-13）。

\*3：発電所上空には自衛隊機又は米軍機の訓練空域はない。

\*4：発電所は基地-訓練空域間の往復想定範囲内に入らないため、評価対象外とする。

表 2-7 評価対象航空機の選定結果

分類	航空機	選定理由
大型民間航空機 (離着陸時)	B747-400	民間の大型航空機の中で燃料積載量が最大規模のものを選定
大型民間航空機	B747-400	民間の大型航空機の中で燃料積載量が最大規模のものを選定
小型民間航空機	Do228-200	民間の小型航空機の中で燃料積載量が最大規模のものを選定
空中給油機等	KC-767 (空中給油機)	空中給油機等の中で燃料積載量が最大規模のものを選定
その他の機種	F-15	その他の機種の中で燃料積載量が最大規模のものを選定

INSTRUMENT APPROACH CHART

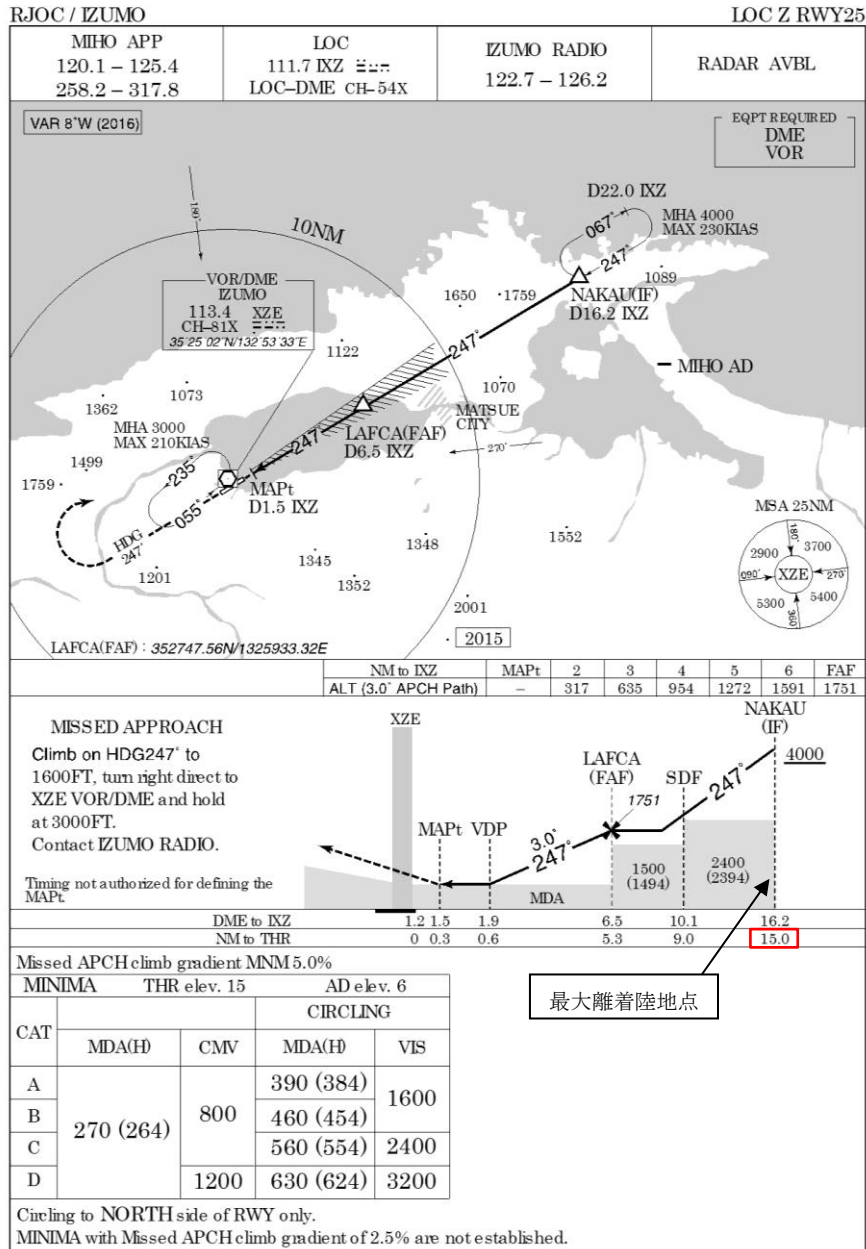
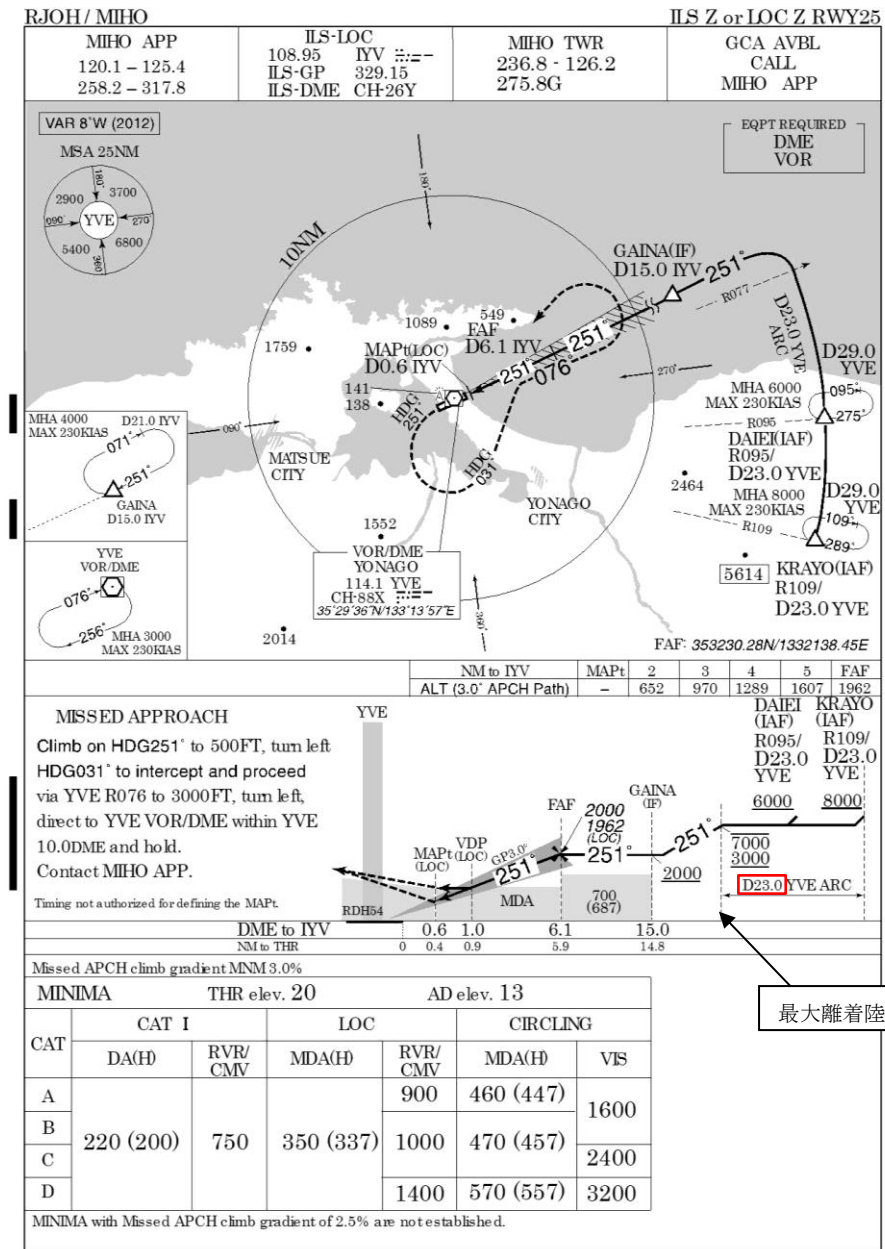


図 2-11 出雲空港の最大離着陸地点

INSTRUMENT APPROACH CHART



「AIP JAPAN」より抜粋

図 2-12 米子空港の最大離着陸地点

表 2-8 島根原子力発電所上空の評価対象航空路等

号機	周辺航空路名称	航空路の中心線と発電所間の距離*1	片側の航空路幅*2	判定	備考
2号機	航空路 V29 (IZUMO(XZE)-DOZEN)	約 3.1km	7 km	対象	図 2-13
	RNAV 経路 Z16 (MIHO(JET)-SPIDR)	約 8.7km	約 9.3km	対象	図 2-13
	RNAV 経路 Y14 (MIHO(JET)-DRIPS)	約 8.7km	約 9.3km	対象	図 2-13
	RNAV 経路 Y14 (MIHO(JET)-HALNA)	約 5.9km	約 9.3km	対象	図 2-13
	RNAV 経路 Y45 (MIHO(JET)-SAKYU)	約 8.7km	約 9.3km	対象	図 2-13
	RNAV 経路 Y45(MIHO(JET)-KYOKA)	約 8.0km	約 9.3km	対象	図 2-13
	RNAV 経路 Y22 (MIHO(JET)-TRUGA)	約 8.7km	約 9.3km	対象	図 2-13
	RNAV 経路 Y18 (MIHO(JET)-RAKDA)	約 8.7km	約 9.3km	対象	図 2-13
	RNAV 経路 Y38 (MIHO(JET)-TSUNO)	約 8.7km	約 9.3km	対象	図 2-13
	RNAV 経路 Y38 (MIHO(JET)-STAGE)	約 0.53km	約 9.3km	対象	図 2-13
	RNAV 経路 Y361 (MIHO(JET)-TONBI)	約 8.7km	約 9.3km	対象	図 2-13
	RNAV 経路 Y39 (MIHO(JET)-YUBAR)	約 8.7km	約 9.3km	対象	図 2-13
	RNAV 経路 Y287 (MIHO(JET)-SOUJA)	約 8.7km	約 9.3km	対象	図 2-13
	RNAV 経路 Y206 (MIHO(JET)-YAKMO)	約 1.7km	約 9.3km	対象	図 2-13
	RNAV 経路 Y597 (MIHO(JET)-PEPOS)	約 3.9km	約 9.3km	対象	図 2-13
RNAV 経路 Y332 (MIHO(JET)-KAPPA)	約 8.4km	約 9.3km	対象	図 2-13	

注記\*1：施設と空港の経度，緯度より計測した。

\*2：航空路については、「航空路の指定に関する告示」を参照。なお，RNAV 航路については、「飛行方式設定基準」に基づく航法精度を航空路の幅とみなして用いた。(1NM = 1.852km として換算)

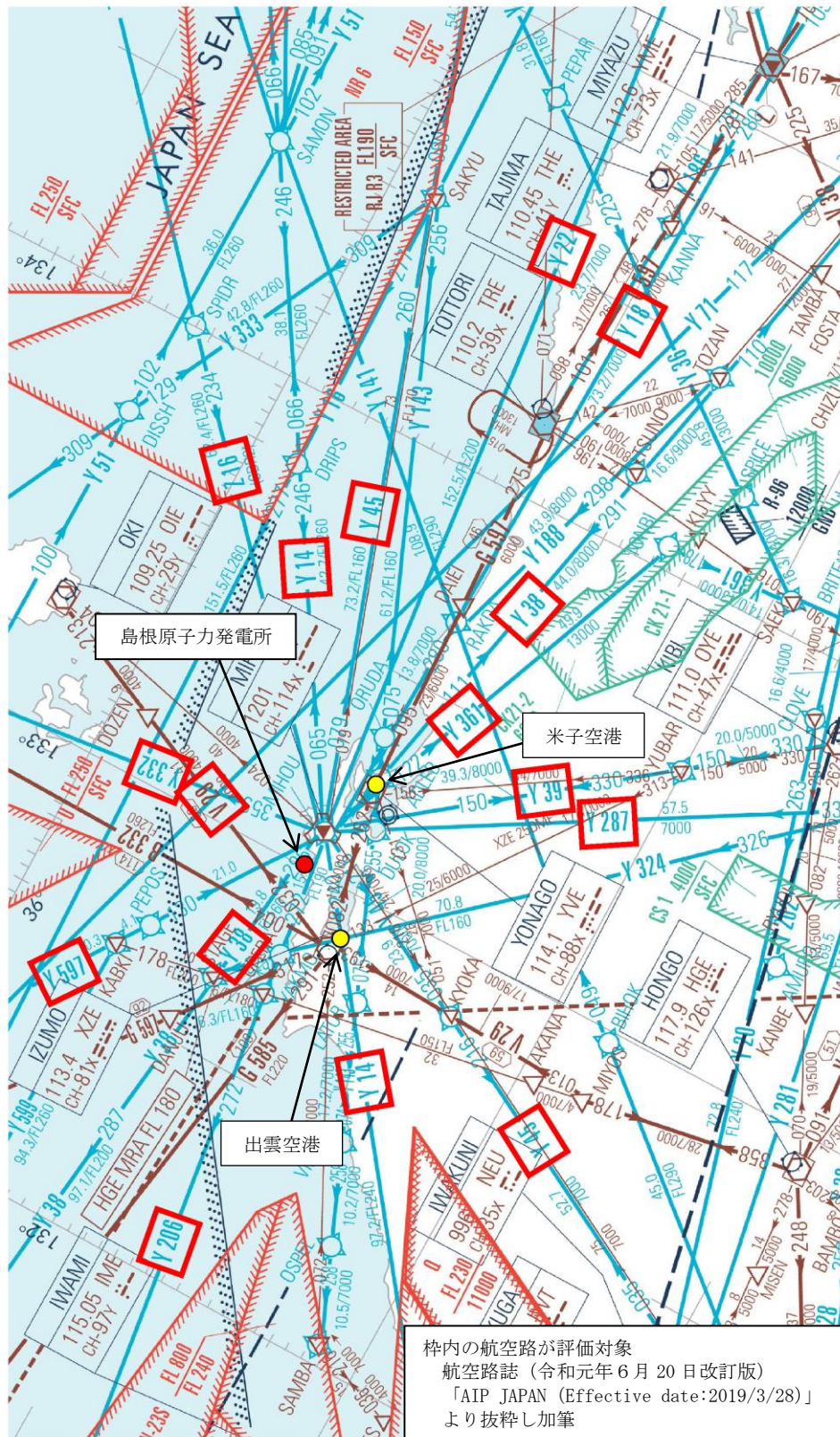


図 2-13 島根原子力発電所周辺の航空図



(2) カテゴリ別の航空機落下の離隔地点の評価

「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について(内規)」(平成 21・06・25 原院第 1 号)の航空機落下確率評価式に基づき、各カテゴリの航空機落下確率\*が、 $10^{-7}$  (回/炉・年)となる場合の標的面積を算出し、その標的面積に相当する離隔距離を求めた。

評価対象範囲は、発電所敷地内であって落下確率が  $10^{-7}$  (回/炉・年)以上になる範囲のうち、発電用原子炉施設への影響が最も厳しくなる区域とすることから、島根原子力発電所における航空機落下確率評価の対象航空機を、「大型民間航空機(離着陸時)」、「大型民間航空機」、「小型民間航空機」、「空中給油機等」、「その他の機種」に分類し、それぞれの機種の落下確率の合計が  $10^{-7}$  (回/炉・年)となる標的面積を算出し、その結果から発電用原子炉施設からの離隔距離を以下のとおり算出する。

注記\*：航空機落下確率は、「航空機落下事故に関するデータ(平成 11~30 年)」(令和 3 年 2 月 原子力規制庁)に基づき算定している。

なお、参考として最新のデータである「航空機落下事故に関するデータ(平成 12~令和元年)」(令和 4 年 3 月 原子力規制庁)に基づき航空機落下確率を算定した場合の影響を別紙 1 で確認する。

a. 標的面積

(a) 大型民間航空機（離着陸時）の標的面積の算出（表 2-9）

飛行場での離着陸時における落下事故

$$Pd, a = fd, a \cdot Nd, a \cdot A \cdot \phi d, a (r, \theta)$$

$Pd, a$  : 対象施設への離着陸時の航空機落下確率（回/年）

$Nd, a$  : 当該飛行場での対象航空機の年間離着陸回数（離着陸回/年）

$A$  : 発電用原子炉施設の標的面積

（落下時に原子炉施設が影響を受ける建物の面積）（ $\text{km}^2$ ）

$\phi d, a (r, \theta)$  : 離着陸時の事故における落下地点確率分布関数（/ $\text{km}^2$ ）

$fd, a = Dd, a / Ed, a$  : 対象航空機の国内での離着陸時事故率（回/離着陸回）

$Dd, a$  : 国内での離着陸時事故件数（回）

$Ed, a$  : 国内での離着陸回数（離着陸回）

表 2-9 計器飛行方式民間航空機の落下確率（飛行場での離着陸時）

パラメータ	2号機	
	出雲空港	米子空港
飛行場	出雲空港	米子空港
発電所からの距離	約17km	約22km
滑走路方向に対する角度	約26°	約42°
最大離着陸距離*1	約28km (約15NM)	約43km (約23NM)
$Nd, a^{*2}$	13, 672	6, 156
$A^{*3}$	0. 02459	
$\phi d, a (r, \theta)$	$7. 02 \times 10^{-4}$	$2. 63 \times 10^{-4}$
$fd, a^{*4}$	$2/37, 233, 228 = 5. 37 \times 10^{-8}$	
$Pd, a$	$1. 49 \times 10^{-8}$	

注記\*1 : A I P J A P A N のアプローチチャートにより求めた。

\*2 : 「令和元年（平成 31 年）空港管理状況調書」（国土交通省）にある飛行場別着陸回数を離着陸回数とし、その和を飛行場別離着陸回数とする。

\*3 : 離着陸時の標的面積は 2 号機の原子炉建物、制御室建物等の投影面積の合計値  $0. 02459\text{km}^2$  とする。

\*4 : 「航空機落下事故に関するデータ（平成 11～30 年）」（令和 3 年 2 月 原子力規制庁）の計器飛行方式民間航空機の離着陸時事故件数を用いて算出する。離着陸回数は、「航空機落下事故に関するデータ（平成 11～30 年）」（令和 3 年 2 月 原子力規制庁）の値。

以上より、大型民間航空機（離着陸時）の落下確率  $Pd, a$  が  $10^{-7}$  (回/炉・年) となる標的面積  $A_I$  を計算すると以下のとおりとなる。

$$A_I = 10^{-7} (\text{回/炉} \cdot \text{年}) / 1. 49 \times 10^{-8} / 0. 02459 = 0. 165 (\text{km}^2)$$

(b) 大型民間航空機及び小型民間航空機の標的面積の算出

イ. 大型民間航空機 (表2-10, 表2-11)

①航空路を巡航中の落下事故

$$P_c = f_c \cdot N_c \cdot A / W$$

$P_c$  : 対象施設への巡航中の航空機落下確率 (回/年)

$N_c$  : 評価対象とする航空路等の年間飛行回数 (飛行回/年)

$A$  : 原子炉施設の標的面積 ( $\text{km}^2$ )

$W$  : 航空路幅 (km)

$f_c = G_c / H_c$  : 単位飛行距離当たりの巡航中の落下事故率

(回 / (飛行回 · km))

$G_c$  : 巡航中事故件数 (回)

$H_c$  : 延べ飛行距離 (飛行回 · km)

表2-10 計器飛行方式大型民間航空機の落下確率 (航空路を巡航中)

号機 パラメータ	2号機	
対象航空路*1	V29	Z16, Y14, Y45, Y22, Y18, Y38, Y361, Y39, Y287, Y206, Y597, Y332
$N_c$ *2	365 (H30年データ)	186, 880 (H30年データ)
$A$ *3	0.01917	
$W$ *4	14	18.52
$f_c$ *5	0.5/11, 570, 450, 753 = $4.32 \times 10^{-11}$	
$P_c$	$8.39 \times 10^{-9}$	

注記\*1: A I P J A P A Nにより確認。

\*2: 国土交通省航空局への問い合わせ結果 (ピークデイの値) を 365 倍した値。

\*3: 標的面積は 2号機の原子炉建物, 制御室建物等の水平面積の合計値  $0.01917 \text{ km}^2$  とする。

\*4: 航空路については, 「航空路の指定に関する告示」を参照。なお, RNAV 航路については, 「飛行方式設定基準」に基づく航法精度を航空路の幅とみなして用いる。(1NM = 1.852km として換算)

\*5: 「航空機落下事故に関するデータ (平成 11~30 年)」(令和 3 年 2 月 原子力規制庁) の計器飛行方式民間航空機の巡航中事故件数を用いて算出する。巡航中事故件数は, 平成 10 年~平成 29 年の間で 0 件のため, 保守的に 0.5 件とする。延べ飛行距離は, 「航空機落下事故に関するデータ (平成 11~30 年)」(令和 3 年 2 月 原子力規制庁) の値。

②有視界飛行方式民間航空機の落下事故

$$P_V = (f_V / S_V) \cdot A \cdot \alpha$$

$P_V$  : 対象施設への航空機落下確率 (回/年)

$f_V$  : 単位年当たりの落下事故率 (回/年)

$S_V$  : 全国土面積 ( $\text{km}^2$ )

$A$  : 原子炉施設の標的面積 ( $\text{km}^2$ )

$\alpha$  : 対象航空機の種類による係数

表 2-11 有視界飛行方式民間航空機の落下確率

パラメータ	号機	
	2号機	
航空機種類	大型 固定翼機	大型 回転翼機
$f_V^{*1}$	0.5/20=0.025	2/20=0.1
$S_V^{*2}$	372,969	
$A^{*3}$	0.01917	
$\alpha^{*4}$	1	
$P_V$	$6.43 \times 10^{-9}$	

注記\*1:「航空機落下事故に関するデータ (平成 11~30 年)」(令和 3 年 2 月 原子力規制庁)の  
有視界飛行方式民間航空機の事故件数を用いて算出する。大型固定翼機は、平成 11  
年から平成 30 年の間で 0 件のため、保守的に 0.5 件とする。

\*2:「航空機落下事故に関するデータ (平成 11~30 年)」(令和 3 年 2 月 原子力規制庁)  
の値を用いる。

\*3: 標的面積は 2 号機の原子炉建物、制御室建物等の水平面積の合計値  $0.01917 \text{ km}^2$  とす  
る。

\*4:「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」の値を用いる。

以上より、大型民間航空機の落下確率  $P_C + P_V$  が  $10^{-7}$  (回/炉・年)となる標的  
面積  $A_2$  を計算すると以下のとおりとなる。

$$A_2 = 10^{-7} \text{ (回/炉・年)} / (8.39 \times 10^{-9} + 6.43 \times 10^{-9}) / 0.01917$$

$$= 0.129 \text{ (km}^2\text{)}$$

ロ. 小型民間航空機 (表2-12)

有視界飛行方式民間航空機の墜落事故

$$P_V = (f_V / S_V) \cdot A \cdot \alpha$$

$P_V$ : 単位年当たりの落下事故率 (回/年)

$f_V$ : 単位年当たりの落下事故率 (回/年)

$S_V$ : 全国土面積 ( $\text{km}^2$ )

$A$ : 原子炉施設の標的面積 ( $\text{km}^2$ )

$\alpha$ : 対象航空機の種類による係数

表 2-12 有視界飛行方式民間航空機の落下確率

パラメータ	号機	
	2号機	
航空機種類	小型 固定翼機	小型 回転翼機
$f_V^{*1}$	24/20=1.20	18/20=0.90
$S_V^{*2}$	372,969	
$A^{*3}$	0.01917	
$\alpha^{*4}$	0.1	
$P_V$	$1.08 \times 10^{-8}$	

注記\*1: 「航空機落下事故に関するデータ (平成 11~30 年)」(令和 3 年 2 月 原子力規制庁)の  
有視界飛行方式民間航空機の事故件数を用いて算出する。

\*2: 「航空機落下事故に関するデータ (平成 11~30 年)」(令和 3 年 2 月 原子力規制庁)  
による。

\*3: 標的面積は 2 号機の原子炉建物, 制御室建物等の水平面積の合計値  $0.01917 \text{ km}^2$  とす  
る。

\*4: 「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」の値を用いる。

以上より, 小型民間航空機の落下確率  $P_V$  が  $10^{-7}$  (回/炉・年) となる標的面積  
 $A_s$  を計算すると以下のとおりとなる。

$$A_s = 10^{-7} \text{ (回/炉・年)} / 1.08 \times 10^{-8} / 0.01917 = 0.177 \text{ (km}^2\text{)}$$

(c) 自衛隊機及び米軍機の標的面積の算出

イ. 空中給油機等 (表2-13)

島根原子力発電所上空には訓練空域がないため、自衛隊機又は米軍機の落下確率  $P_{so}$  を求める式は、以下のとおりとなる。

$$P_{so} = (f_{so} / S_o) \cdot A$$

$P_{so}$  : 訓練空域外での対象施設への航空機落下確率 (回/年)

$f_{so}$  : 単位年当たりの落下事故率 (回/年)

$S_o$  : 全国土面積から訓練空域の面積を除いた面積 ( $\text{km}^2$ )

$A$  : 原子炉施設の標的面積 ( $\text{km}^2$ )

表 2-13 自衛隊機及び米軍機の落下確率 (空中給油機等)

パラメータ	2号機	
	号機	
航空機種類	空中給油機等	
$f_{so}^{*1}$	自衛隊機 : 0.5/20=0.025	米軍機 : 1/20=0.05
$S_o^{*2}$	自衛隊機 : 294,881	米軍機 : 372,472
$A^{*3}$	0.01917	
$P_{so}$	$4.20 \times 10^{-9}$	

注記\*1: 「航空機落下事故に関するデータ (平成 11~30 年)」(令和 3 年 2 月 原子力規制庁) の自衛隊機又は米軍機の事故件数を用いて算出する。自衛隊機は、平成 11 年から平成 30 年の間で 0 件であるが、保守的に 0.5 件とする。

\*2: 「航空機落下事故に関するデータ (平成 11~30 年)」(令和 3 年 2 月 原子力規制庁) による。

\*3: 標的面積は 2 号機の原子炉建物、制御室建物等の水平面積の合計値  $0.01917 \text{ km}^2$  とする。

以上より、空中給油機等の落下確率  $P_{so}$  が  $10^{-7}$  (回/炉・年) となる標的面積  $A_4$  を計算すると以下のとおりとなる。

$$A_4 = 10^{-7} \text{ (回/炉・年)} / 4.20 \times 10^{-9} / 0.01917 = 0.456 \text{ (km}^2\text{)}$$

ロ. その他の機種 (表2-14)

島根原子力発電所上空には訓練空域がないため、自衛隊機又は米軍機の落下確率  $P_{so}$  を求める式は、以下のとおりとなる。

$$P_{so} = (f_{so} / S_o) \cdot A$$

$P_{so}$  : 訓練空域外での対象施設への航空機落下確率 (回/年)

$f_{so}$  : 単位年当たりの落下事故率 (回/年)

$S_o$  : 全国土面積から訓練空域の面積を除いた面積 ( $\text{km}^2$ )

$A$  : 原子炉施設の標的面積 ( $\text{km}^2$ )

表2-14 自衛隊機及び米軍機の落下確率 (その他の機種)

パラメータ	2号機	
航空機種類	その他の機種	
$f_{so}^{*1}$	自衛隊機 : 10/20=0.50	米軍機 : 3/20=0.15
$S_o^{*2}$	自衛隊機 : 294,881	米軍機 : 372,472
$A^{*3}$	0.01917	
$P_{so}$	$4.03 \times 10^{-8}$	

注記\*1: 「航空機落下事故に関するデータ (平成 11~30 年)」(令和 3 年 2 月 原子力規制庁)の自衛隊機又は米軍機の事故件数を用いて算出する。ただし、平成 30 年 2 月 5 日に目達原駐屯地から南に約 4km で発生した AH-64D 航空事故について、「航空機落下事故に関するデータ (平成 11~30 年)」(令和 3 年 2 月 原子力規制庁)では「基地-訓練空域間往復時」の落下事故として選定されているが、当該事故は定期整備後の整備試験飛行空域との往復時に発生した事故であるため、「訓練空域外を飛行中 (その他の機種)」の落下事故としてカウントした。

\*2: 「航空機落下事故に関するデータ (平成 11~30 年)」(令和 3 年 2 月 原子力規制庁)による。

\*3: 標的面積は 2 号機の原子炉建物、制御室建物等の水平面積の合計値  $0.01917 \text{ km}^2$  とする。

以上より、その他の機種の落下確率  $P_{so}$  が  $10^{-7}$  (回/炉・年) となる標的面積  $A_5$  を計算すると以下のとおりとなる。

$$A_5 = 10^{-7} \text{ (回/炉・年)} / 4.03 \times 10^{-8} / 0.01917 = 0.047 \text{ (km}^2\text{)}$$

b. 外部火災の影響を考慮する施設から航空機落下位置までの距離

「a. 標的面積」で求めたそれぞれの面積が、図 2-14 に示す範囲になるように算出した発電用原子炉施設（原子炉建物及び制御室建物等）外壁面から標的面積外周部までの距離  $L$  (m) とし、離隔距離  $L$  を算出した結果を表 2-15 に示す。

また、外部火災の影響を考慮する施設から航空機落下位置までの位置関係を図 2-15 に示す。

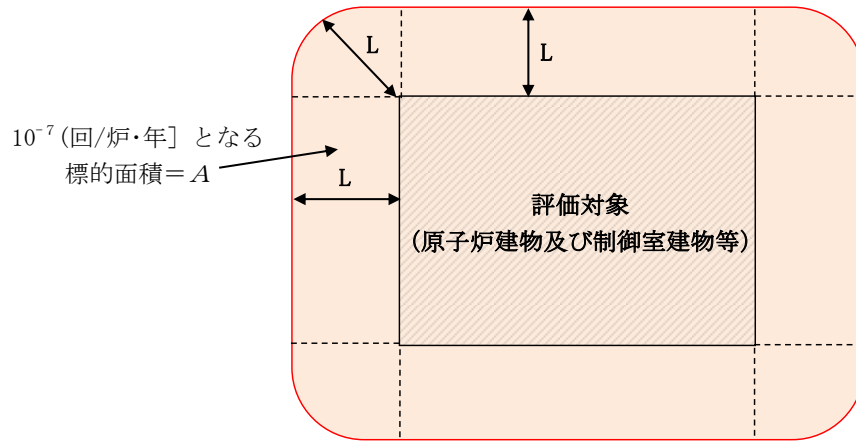


図 2-14 標的面積の考え方

表 2-15 外部火災の影響を考慮する施設から航空機落下位置までの距離

項目	大型 民間航空機 (離着陸時)	大型 民間航空機	小型 民間航空機	自衛隊機又は米軍機	
				空中給油機等	その他の機種
対象航空機	B747-400	B747-400	Do228-200	KC-767	F-15
離隔距離 $L$ [m]	134	108	142	284	32



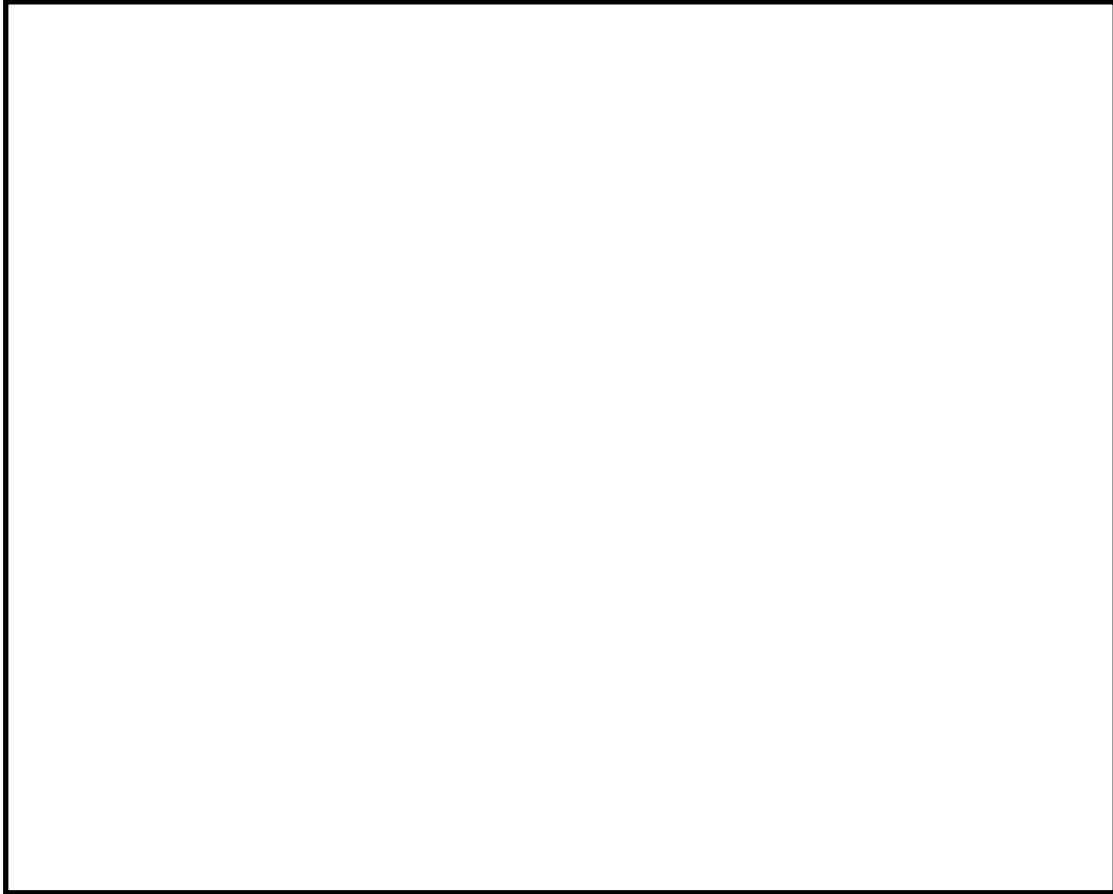


図 2-15 外部火災の影響を考慮する施設から航空機落下位置までの位置関係

2.5 発電所敷地内に設置する変圧器及び水素ガストレーラの配置について

発電所敷地内の屋外に設置する危険物タンク等のうち、法令に基づく届出対象施設ではない施設（変圧器及び水素ガストレーラ）の配置状況を図 2-16 に示す。

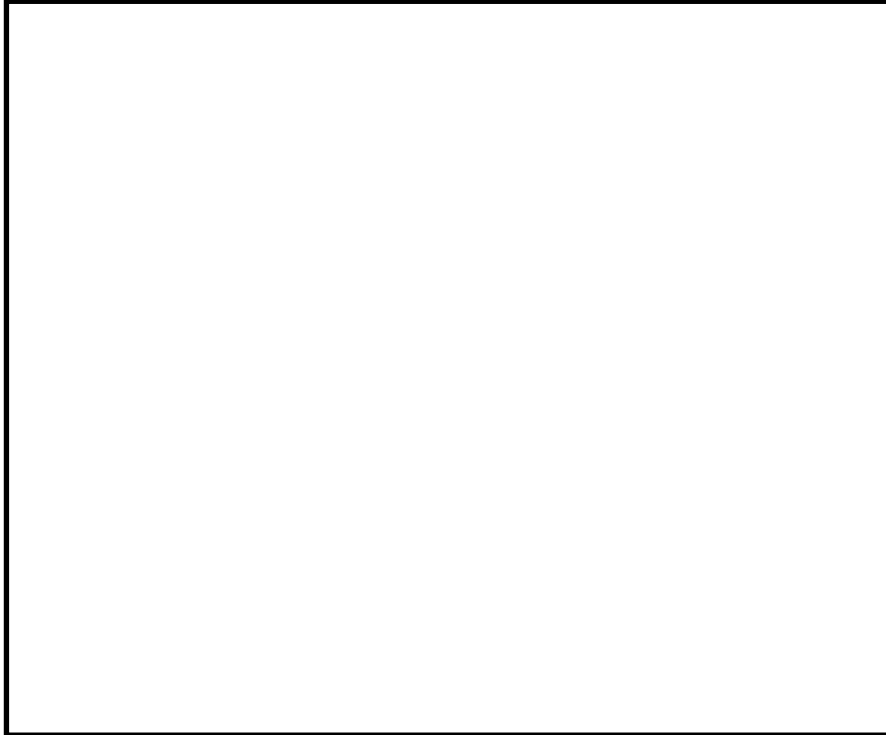


図 2-16 変圧器及び水素ガストレーラの配置図

### 3. 発電所敷地外の火災・爆発について

#### 3.1 石油コンビナート施設の火災・爆発について

石油コンビナート等災害防止法で規制される島根県内の特別防災区域は存在しない。また、島根原子力発電所から最寄の特別防災区域である「福山・笠岡地区」、「水島臨海地区」まではそれぞれ約 120km であり、いずれも島根原子力発電所から 10km 以遠である（図 3-1）。

以上より、評価対象範囲内に石油コンビナート等は存在せず、発電用原子炉施設に影響を及ぼすことはない。



注：図の位置はおおよその場所を示している。

図 3-1 最寄の特別防災区域の位置と島根原子力発電所までの距離

#### 4. ばい煙及び有毒ガスの影響評価について

##### 4.1 ばい煙による外部火災の影響を考慮する施設への影響

###### (1) 外気を取り込む空調系統（換気空調設備）

外気を取り入れている空調系統として、原子炉建物付属棟空調換気系、中央制御室空調換気系がある（図 4-1(a), (b)）。

これらの換気空調設備の外気取入経路には、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）を設置しているため、ばい煙が外気取入口に到達した場合であっても、一定以上の粒径のばい煙はバグフィルタにより侵入を阻止できる。

上記系統のうち、給気隔離弁及び排気隔離弁を設置し系統隔離運転モードへの切替えが可能である中央制御室空調換気系については、ばい煙の侵入が想定される場合には、給気隔離弁及び排気隔離弁を閉止し、系統隔離運転モードへの切替えを行うことにより、ばい煙の侵入を阻止できる（図 4-2）。

それ以外の換気空調設備については、空調ファンを停止することでばい煙の侵入を阻止できる。

###### (2) 外気を設備内に取り込む機器（非常用ディーゼル発電設備）

非常用ディーゼル発電設備は、換気空調設備で給気されるエリアに設置していることから、空調ファンを停止することでばい煙の侵入を阻止できる。

フィルタ（粒径  $1\mu\text{m}\sim 5\mu\text{m}$  に対して 80% 以上を捕獲する性能）の入口と出口間の差圧を検知できる差圧感知計を監視し、差圧が上昇しフィルタが目詰まりした場合はフィルタの交換が可能である。

なお、ディーゼル機関は吸気系統から外気を取り入れているため、機関内にばい煙が流入し、機関燃焼を阻止することが考えられるが、ディーゼル機関への外気取入経路にはフィルタを設置していることから、一定以上の粒径のばい煙粒子が捕獲され、フィルタにより捕集されなかったばい煙粒子が機関内へ送気される。フィルタでは、粒径が数  $\mu\text{m}$  程度の粒子が捕集され、それ以下のばい煙が機関内に送気されるが、シリンダまでの通気流路（過給機、空気冷却器等）の隙間より小さいことから閉塞に至ることはない。また、通常運転においても燃料油（軽油）の燃焼に伴うばい煙が発生していることから、機関に損傷を与えることや運転機能を阻害することはない（図 4-3）。

###### (3) 室内の空気を取り込む機器（安全保護系）

安全保護系盤は、原子炉建物付属棟空調換気系、中央制御室空調換気系で給気されるエリアに設置してある。外気取入口にはバグフィルタ（粒径  $2\mu\text{m}$  に対して 80% 以上を捕獲する性能）を設置していることから、一定以上の粒径のばい煙については、侵入を阻止することが可能である。バグフィルタにより捕集しきれなかったばい煙が侵入した場合においても、空調ファンを停止することでばい煙の侵入を阻止することが可能である。

また、バグフィルタにより捕集しきれなかったばい煙が中央制御室内に侵入する可能性がある場合、及び中央制御室内においてばい煙が侵入したことを煙や異臭で確認した

場合等は、当直長の指示により、系統隔離運転モードへ切り替えることにより、隔離が可能であり安全保護系設備に影響はない（図4-4）。

なお、中央制御室に侵入する可能性があるばい煙の粒径は、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が、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等）の内部であり、これらの部品はモールド（樹脂）で保護されているため、ばい煙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 $\text{mm}$ であることから、ばい煙が付着しても、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、細かな粒子のばい煙が盤内に侵入した場合においても、ばい煙の付着等により短絡等を発生させる可能性はない。

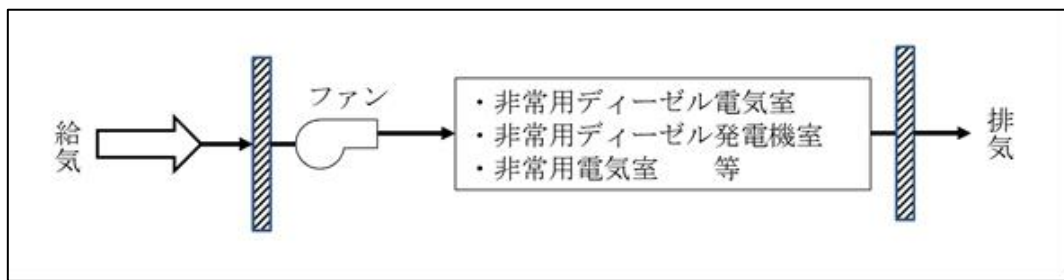


図4-1(a) 原子炉建物付属棟空調換気系

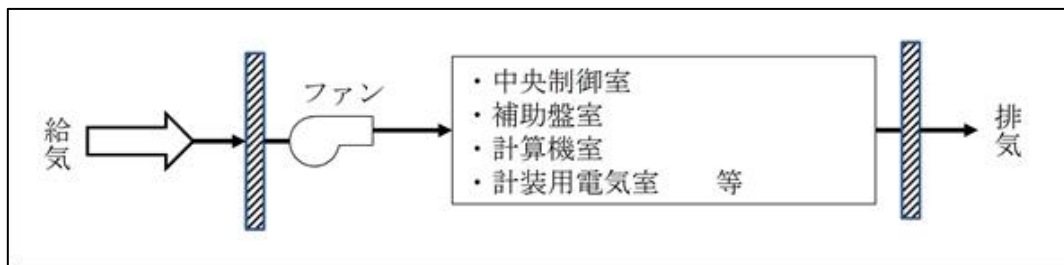
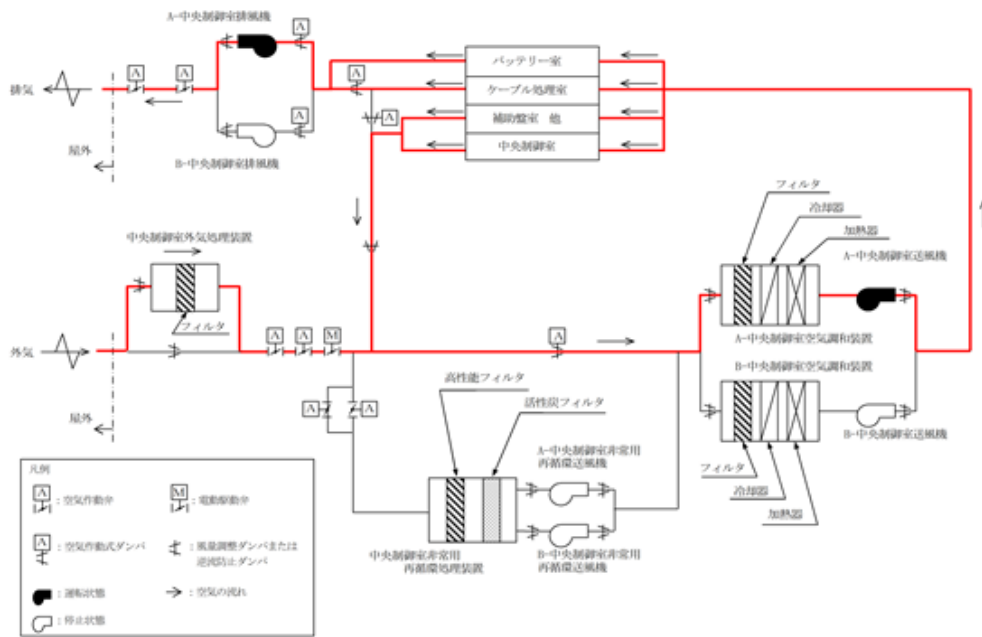
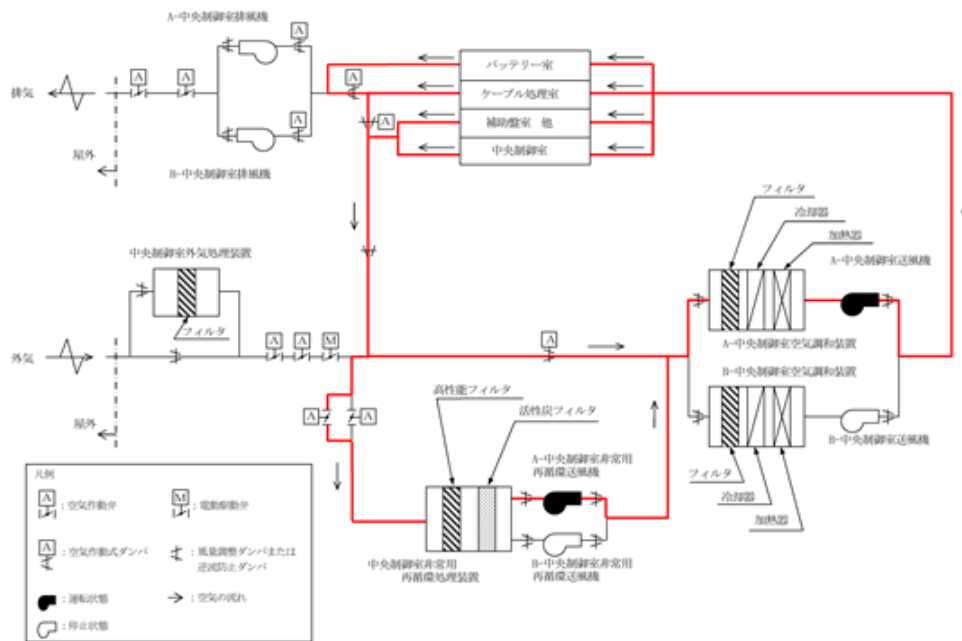


図4-1(b) 中央制御室空調換気系



(通常モード)



(系統隔離運転モード)

図 4-2 中央制御室空調換気系の系統概略図

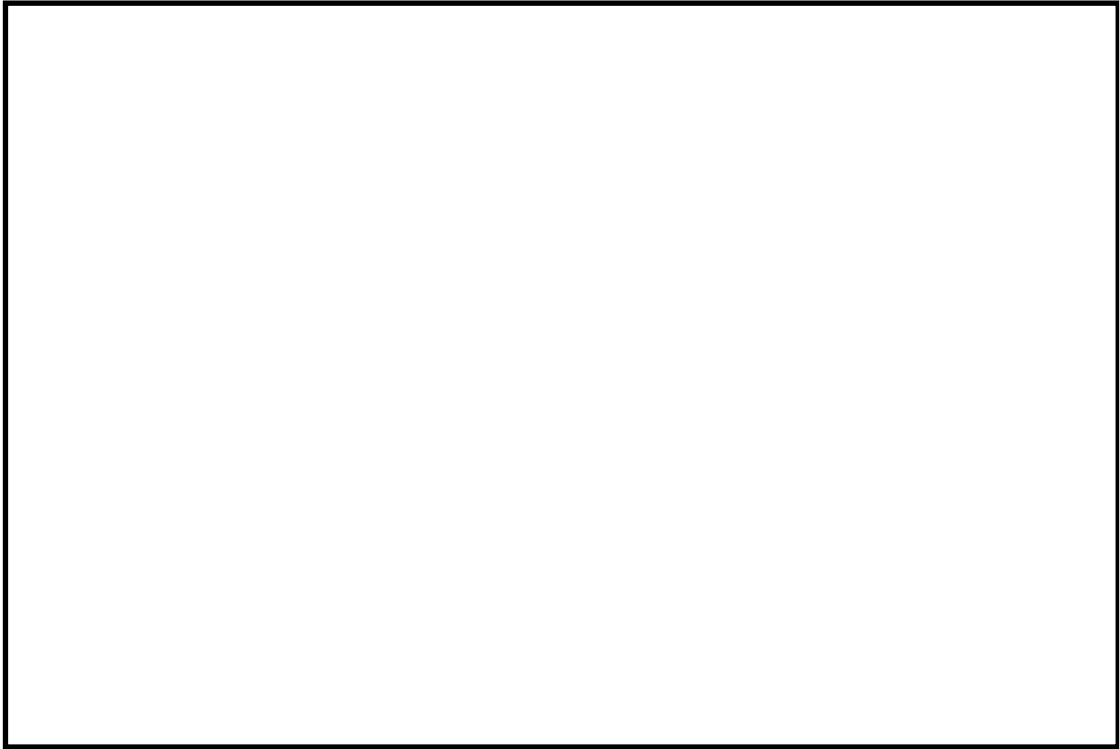


図 4-3 ディーゼル機関吸気概略図

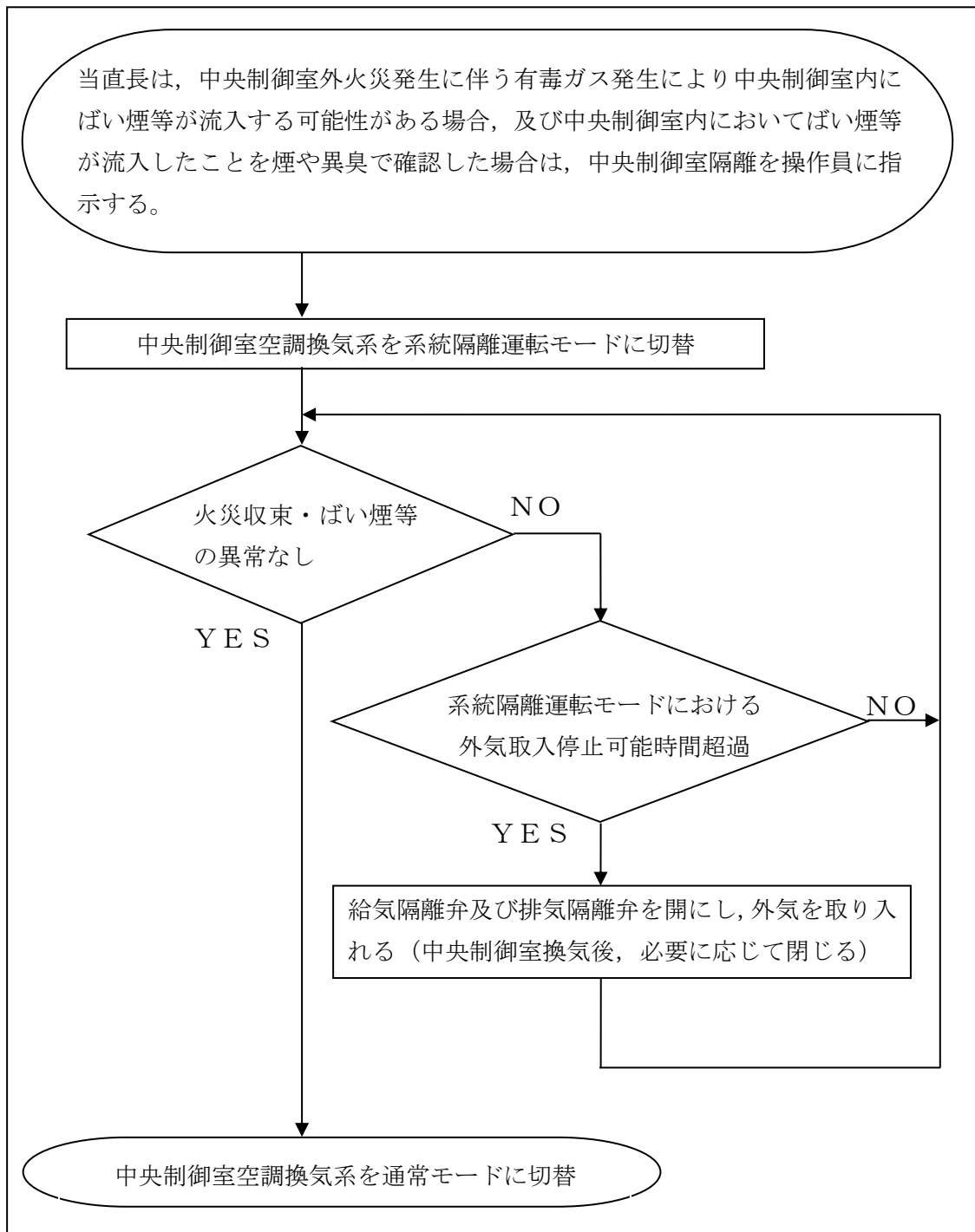


図 4-4 中央制御室外火災発生に伴う中央制御室隔離手順概要フロー



#### 4.2 有毒ガスによる中央制御室居住性への影響

中央制御室空調換気系は、外気を遮断し、再循環させる系統隔離運転モードに切り替えることができる。外気との遮断が長期にわたり室内の空気が悪くなった場合は、外気取入モードに切り替え、外気を取り入れることができる。また、外気からの空気取り込みを一時的に停止した場合に、活動に支障のない酸素濃度の範囲にあることを正確に把握するため、酸素濃度計を配備する。

外気取入遮断時の中央制御室に滞在する運転員の操作環境の悪化防止のため、酸素濃度及び二酸化炭素濃度について評価を行い、中央制御室の居住性に影響がないことを確認する。

##### 4.2.1 外気取入遮断時の中央制御室居住性評価

外部火災時の中央制御室の居住性の評価として、外気取入遮断時の中央制御室内に滞在する運転員の作業環境の劣化防止のため、二酸化炭素濃度及び酸素濃度について評価を行う。なお、中央制御室内には、燃焼による二酸化炭素の排出や酸素を消費する機器はないことから、中央制御室内に二酸化炭素が取り込まれることはないため、在室人員の呼吸のみを想定し評価を行う。

##### (1) 二酸化炭素濃度評価

###### a. 評価条件

- ・在室人員：10人\*<sup>1</sup>
- ・中央制御室バウンダリ内体積：17,000m<sup>3</sup>
- ・外気流入はないものとして評価する。
- ・初期二酸化炭素濃度：0.03%（空気調和・衛生工学便覧）
- ・許容二酸化炭素濃度：1.0%（鉱山保安法施行規則）
- ・一人あたりの二酸化炭素吐出量：0.030m<sup>3</sup>/h  
（空気調和・衛生工学便覧の軽作業の作業程度の吐出し量）
- ・評価期間は、各火災の燃焼継続時間を考慮し18時間\*<sup>2</sup>とする。

注記\*1：当直長（1人）、当直副長（1人）、2号機の運転員（5人）、

1号機の運転員（2人）の計9人に余裕を持って10人とする。

\*2：外部火災影響評価にて中央制御室近傍で長時間の影響をもたらす、変圧器火災を考慮し、火災の継続時間を18時間として評価を実施する。

###### 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4-1のとおりであり、18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 4-1 二酸化炭素濃度の時間変化

時間	5 時間	10 時間	18 時間	許容濃度
二酸化炭素濃度 (%)	0.04	0.05	0.07	1.0%以下

(2) 酸素濃度評価

a. 評価条件

- ・ 在室人員：10 人
- ・ 中央制御室バウンダリ内体積：17,000m<sup>3</sup>
- ・ 外気流入はないものとして評価する。
- ・ 初期酸素濃度：20.95%（空気調和・衛生工学便覧）
- ・ 一人あたりの酸素消費量：1.092L/min（空気調和・衛生工学便覧）
- ・ 許容酸素濃度：19%（鉱山保安法施行規則）
- ・ 評価期間は、各火災の燃焼継続時間を考慮し 18 時間とする。

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 4-2 のとおりであり、18 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 4-2 酸素濃度の時間変化

時間	5 時間	10 時間	18 時間	許容濃度
酸素濃度 (%)	20.94	20.92	20.89	19%以上

## 航空機落下事故に関するデータの最新データについて

### 1. はじめに

発電所敷地内への航空機墜落による火災の評価については、設置（変更）許可申請時及び工事計画認可申請時の最新データである「航空機落下事故に関するデータ（平成 11～30 年）」（令和 3 年 2 月 原子力規制庁）に基づく航空機の落下確率より評価対象からの離隔距離を算出し、熱影響評価を実施している。

今般、「航空機落下事故に関するデータ（平成 12～令和元年）」（令和 4 年 3 月 原子力規制庁）が取りまとめられたことを受け、その影響について確認することとする。

### 2. 航空機落下事故のデータ更新による影響

「航空機落下事故に関するデータ（平成 12～令和元年）」（令和 4 年 3 月 原子力規制庁）では、平成 12 年 1 月～令和元年 12 月までの航空機落下事故データ、運航実績データ及び訓練空域面積データが更新されている。このため、更新されたデータに基づき、各カテゴリの航空機落下確率について評価する。

なお、影響評価の手法は「2.4 航空機墜落による火災について」と考え方は同様である。

### 3. 航空機落下確率の算出

#### (1) 大型民間航空機（離着陸時）の航空機落下確率の算出

飛行場での離着陸時における落下事故

$$Pd, a = fd, a \cdot Nd, a \cdot A \cdot \phi d, a (r, \theta)$$

$Pd, a$  : 対象施設への離着陸時の航空機落下確率 (回/年)

$Nd, a$  : 当該飛行場での対象航空機の年間離着陸回数 (離着陸回/年)

$A$  : 発電用原子炉施設の標的面積

(落下時に原子炉施設が影響を受ける建物の面積) ( $\text{km}^2$ )

$\phi d, a (r, \theta)$  : 離着陸時の事故における落下地点確率分布関数 ( $/\text{km}^2$ )

$fd, a = Dd, a / Ed, a$  : 対象航空機の国内での離着陸時事故率 (回/離着陸回)

$Dd, a$  : 国内での離着陸時事故件数 (回)

$Ed, a$  : 国内での離着陸回数 (離着陸回)

表 1 計器飛行方式民間航空機の落下確率 (飛行場での離着陸時)

パラメータ	号機	
	2号機	
飛行場	出雲空港	米子空港
発電所からの距離	約17km	約22km
滑走路方向に対する角度	約26°	約42°
最大離着陸距離*1	約28km (約15NM)	約43km (約23NM)
$Nd, a^{*2}$	13,672	6,156
$A^{*3}$	0.02459	
$\phi d, a (r, \theta)$	$7.02 \times 10^{-4}$	$2.63 \times 10^{-4}$
$fd, a^{*4}$	$2/38,138,420 = 5.24 \times 10^{-8}$	
$Pd, a$	$1.45 \times 10^{-8}$	

注記\*1: A I P J A P A Nのアプローチチャートにより求めた。

\*2: 「令和元年 (平成 31 年) 空港管理状況調書」(国土交通省)にある飛行場別着陸回数を離着陸回数とし, その和を飛行場別離着陸回数とする。

\*3: 離着陸時の標的面積は2号機の原子炉建物, 制御室建物等の投影面積の合計値  $0.02459\text{km}^2$ とする。

\*4: 「航空機落下事故に関するデータ (平成 12~令和元年)」(令和 4 年 3 月 原子力規制庁)の計器飛行方式民間航空機の離着陸時事故件数を用いて算出する。離着陸回数は, 「航空機落下事故に関するデータ (平成 12~令和元年)」(令和 4 年 3 月 原子力規制庁)の値。

以上より, 大型民間航空機 (離着陸時) の落下確率は,  $1.45 \times 10^{-8}$  (回/炉・年)となる。

(2) 大型民間航空機及び小型民間航空機の航空機落下確率の算出

a. 大型民間航空機

①航空路を巡航中の落下事故

$$Pd, a = fd, a \cdot Nd, a \cdot A \cdot \phi d, a (r, \theta)$$

$Pd, a$  : 対象施設への離着陸時の航空機落下確率 (回/年)

$Nd, a$  : 当該飛行場での対象航空機の年間離着陸回数 (離着陸回/年)

$A$  : 発電用原子炉施設の標的面積

(落下時に原子炉施設が影響を受ける建物の面積) (km<sup>2</sup>)

$\phi d, a (r, \theta)$  : 離着陸時の事故における落下地点確率分布関数 (/km<sup>2</sup>)

$fd, a = Dd, a / Ed, a$  : 対象航空機の国内での離着陸時事故率 (回/離着陸回)

$Dd, a$  : 国内での離着陸時事故件数 (回)

$Ed, a$  : 国内での離着陸回数 (離着陸回)

表2 計器飛行方式大型民間航空機の落下確率 (航空路を巡航中)

号機 パラメータ	2号機	
対象航空路*1	V29	Z16, Y14, Y45, Y22, Y18, Y38, Y361, Y39, Y287, Y206, Y597, Y332
$Nc^{*2}$	365 (H30年データ)	186, 880 (H30年データ)
$A^{*3}$	0.01917	
$W^{*4}$	14	18.52
$fc^{*5}$	0.5/11,816,229,977 = 4.23 × 10 <sup>-11</sup>	
$Pc$	8.21 × 10 <sup>-9</sup>	

注記\*1: A I P J A P A Nにより確認。

\*2: 国土交通省航空局への問い合わせ結果 (ピークダイの値) を 365 倍した値。

\*3: 標的面積は2号機の原子炉建物, 制御室建物等の水平面積の合計値 0.01917 km<sup>2</sup>とする。

\*4: 航空路については, 「航空路の指定に関する告示」を参照。なお, RNAV 航路については, 「飛行方式設定基準」に基づく航法精度を航空路の幅とみなして用いる。(1NM= 1.852kmとして換算)

\*5: 「航空機落下事故に関するデータ (平成 12~令和元年)」(令和 4 年 3 月 原子力規制庁) の計器飛行方式民間航空機の巡航中事故件数を用いて算出する。巡航中事故件数は, 平成 12 年~令和元年の間で 0 件のため, 保守的に 0.5 件とする。延べ飛行距離は, 「航空機落下事故に関するデータ (平成 12~令和元年)」(令和 4 年 3 月 原子力規制庁) の値。

②有視界飛行方式民間航空機の落下事故

$$P_v = (f_v / S_v) \cdot A \cdot \alpha$$

$P_v$  : 対象施設への航空機落下確率 (回/年)

$f_v$  : 単位年当たりの落下事故率 (回/年)

$S_v$  : 全国土面積 (km<sup>2</sup>)

$A$  : 原子炉施設の標的面積 (km<sup>2</sup>)

$\alpha$  : 対象航空機の種類による係数

表3 有視界飛行方式民間航空機の落下確率

パラメータ	号機	
	2号機	
航空機種類	大型 固定翼機	大型 回転翼機
$f_v^{*1}$	0.5/20=0.025	2/20=0.1
$S_v^{*2}$	372,973	
$A^{*3}$	0.01917	
$\alpha^{*4}$	1	
$P_v$	$6.43 \times 10^{-9}$	

注記\*1:「航空機落下事故に関するデータ(平成12~令和元年)」(令和4年3月 原子力規制庁)の有視界飛行方式民間航空機の事故件数を用いて算出する。大型固定翼機は、平成12年から令和元年の間で0件のため、保守的に0.5件とする。

\*2:「航空機落下事故に関するデータ(平成12~令和元年)」(令和4年3月 原子力規制庁)の値を用いる。

\*3:標的面積は2号機の原子炉建物、制御室建物等の水平面積の合計値0.01917 km<sup>2</sup>とする。

\*4:「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」の値を用いる。

以上より、大型民間航空機の落下確率は、

$$8.21 \times 10^{-9} + 6.43 \times 10^{-9} = 1.47 \times 10^{-8} \text{ (回/炉・年) となる。}$$

b. 小型民間航空機

有視界飛行方式民間航空機の墜落事故

$$P_V = (f_V / S_V) \cdot A \cdot \alpha$$

$P_V$  : 単位年当たりの落下事故率 (回/年)

$f_V$  : 単位年当たりの落下事故率 (回/年)

$S_V$  : 全国土面積 (km<sup>2</sup>)

$A$  : 原子炉施設の標的面積 (km<sup>2</sup>)

$\alpha$  : 対象航空機の種類による係数

表 4 有視界飛行方式民間航空機の落下確率

パラメータ	号機	
	2号機	
航空機種類	小型 固定翼機	小型 回転翼機
$f_V^{*1}$	21/20=1.05	18/20=0.90
$S_V^{*2}$	372,973	
$A^{*3}$	0.01917	
$\alpha^{*4}$	0.1	
$P_V$	$1.01 \times 10^{-8}$	

注記\*1: 「航空機落下事故に関するデータ (平成 12~令和元年)」(令和 4 年 3 月 原子力規制庁) の有視界飛行方式民間航空機の事故件数を用いて算出する。

\*2: 「航空機落下事故に関するデータ (平成 12~令和元年)」(令和 4 年 3 月 原子力規制庁) による。

\*3: 標的面積は 2 号機の原子炉建物, 制御室建物等の水平面積の合計値 0.01917 km<sup>2</sup> とする。

\*4: 「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」の値を用いる。

以上より, 小型民間航空機の落下確率は,  $1.01 \times 10^{-8}$  (回/炉・年) となる。

(3) 自衛隊機及び米軍機の航空機落下確率の算出

a. 空中給油機等

島根原子力発電所上空には訓練空域がないため、自衛隊機又は米軍機の落下確率  $P_{so}$  を求める式は、以下のとおりとなる。

$$P_{so} = (f_{so} / S_o) \cdot A$$

$P_{so}$  : 訓練空域外での対象施設への航空機落下確率 (回/年)

$f_{so}$  : 単位年当たりの落下事故率 (回/年)

$S_o$  : 全国土面積から訓練空域の面積を除いた面積 (km<sup>2</sup>)

$A$  : 原子炉施設の標的面積 (km<sup>2</sup>)

表5 自衛隊機及び米軍機の落下確率 (空中給油機等)

パラメータ	2号機	
	航空機種類	
$f_{so}^{*1}$	自衛隊機 : 0.5/20=0.025	米軍機 : 1/20=0.05
$S_o^{*2}$	自衛隊機 : 294,779	米軍機 : 372,464
$A^{*3}$	0.01917	
$P_{so}$	$4.20 \times 10^{-9}$	

注記\*1: 「航空機落下事故に関するデータ (平成12～令和元年)」(令和4年3月 原子力規制庁) の自衛隊機又は米軍機の事故件数を用いて算出する。自衛隊機は、平成12年から令和元年の間で0件であるが、保守的に0.5件とする。

\*2: 「航空機落下事故に関するデータ (平成12～令和元年)」(令和4年3月 原子力規制庁) による。

\*3: 標的面積は2号機の原子炉建物、制御室建物等の水平面積の合計値0.01917 km<sup>2</sup>とする。

以上より、空中給油機等の落下確率は、 $4.20 \times 10^{-9}$ (回/炉・年)となる。



b. その他の機種

島根原子力発電所上空には訓練空域がないため、自衛隊機又は米軍機の落下確率  $P_{so}$  を求める式は、以下のとおりとなる。

$$P_{so} = (f_{so} / S_o) \cdot A$$

$P_{so}$  : 訓練空域外での対象施設への航空機落下確率 (回/年)

$f_{so}$  : 単位年当たりの落下事故率 (回/年)

$S_o$  : 全国土面積から訓練空域の面積を除いた面積 (km<sup>2</sup>)

$A$  : 原子炉施設の標的面積 (km<sup>2</sup>)

表6 自衛隊機及び米軍機の落下確率 (その他の機種)

パラメータ	2号機	
航空機種類	その他の機種	
$f_{so}^{*1}$	自衛隊機 : 10/20=0.50	米軍機 : 2/20=0.10
$S_o^{*2}$	自衛隊機 : 294,779	米軍機 : 372,464
$A^{*3}$	0.01917	
$P_{so}$	$3.77 \times 10^{-8}$	

注記\*1: 「航空機落下事故に関するデータ (平成 12~令和元年)」(令和 4 年 3 月 原子力規制庁) の自衛隊機又は米軍機の事故件数を用いて算出する。

\*2: 「航空機落下事故に関するデータ (平成 12~令和元年)」(令和 4 年 3 月 原子力規制庁) による。

\*3: 標的面積は 2 号機の原子炉建物, 制御室建物等の水平面積の合計値 0.01917 km<sup>2</sup> とする。

以上より, その他の機種の落下確率は,  $3.77 \times 10^{-8}$  (回/炉・年) となる。

(4) 各カテゴリにおける航空機落下確率の算出結果

(1)～(3)で求めた航空機落下確率の算出結果を以下に示す。

表7 各カテゴリにおける航空機落下確率の算出結果

カテゴリ		航空機落下確率	
		【最新データ】 (令和4年3月)	【工事計画認可 申請時データ】 (令和3年2月)
計器飛行方式 民間航空機	飛行場での離着陸時	$1.45 \times 10^{-8}$	$1.49 \times 10^{-8}$
	大型民間航空機	$1.47 \times 10^{-8}$	$1.49 \times 10^{-8}$
有視界飛行方式 民間航空機	小型民間航空機	$1.01 \times 10^{-8}$	$1.08 \times 10^{-8}$
自衛隊機 及び米軍機	空中給油機等	$4.20 \times 10^{-9}$	$4.20 \times 10^{-9}$
	その他の機種	$3.77 \times 10^{-8}$	$4.03 \times 10^{-8}$

全てのカテゴリにおいて、令和4年3月版データによる航空機落下確率は令和3年2月版データによる航空機落下確率と比べて同等以下であることから、令和4年3月版データによる熱影響評価は令和3年2月版データによる熱影響評価に包含されることを確認した。