

島根原子力発電所3号機に係る 新規制基準適合性審査の状況について (プラント関連)

2025年2月
中国電力株式会社

【議題】

1 <火山影響評価>

- ・降下火砕物に対する施設の防護について

2 <火災>

- ・(設計基準対象施設)内部火災防護について
- ・外部火災による影響評価について

3 <竜巻>

- ・竜巻対策について
- ・竜巻影響評価について

4 <内部溢水>

- ・内部溢水による施設への影響評価について

1 <火山影響評価>

- ・降下火砕物に対する施設の防護について

島根原子力発電所3号炉 火山影響評価の基本方針について

設置許可基準規則第6条及び他の関係条文の審査状況を踏まえ、火山影響評価の基本方針への反映が必要な項目が生じた場合は、資料へ反映する。

なお、島根3号炉の火山影響評価の基本方針は、島根2号炉で説明済みの火山影響評価方針を踏まえたものとしている。

■ 概要

「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第6条(外部からの衝撃による損傷の防止)において、想定される自然現象の一つとして、火山の影響が挙げられていることから、火山影響評価を行い、安全機能が維持されることを確認する。

■ 火山影響評価の流れ

影響評価では、火山の影響により発電用原子炉施設の安全性を損なわない設計であることを評価するために「原子力発電所の火山影響評価ガイド」を参照し、火山事象への設計対応及び運転対応の妥当性について、評価を行う。火山影響評価の基本フローを図1に示す。

島根原子力発電所3号炉 火山影響評価の基本方針

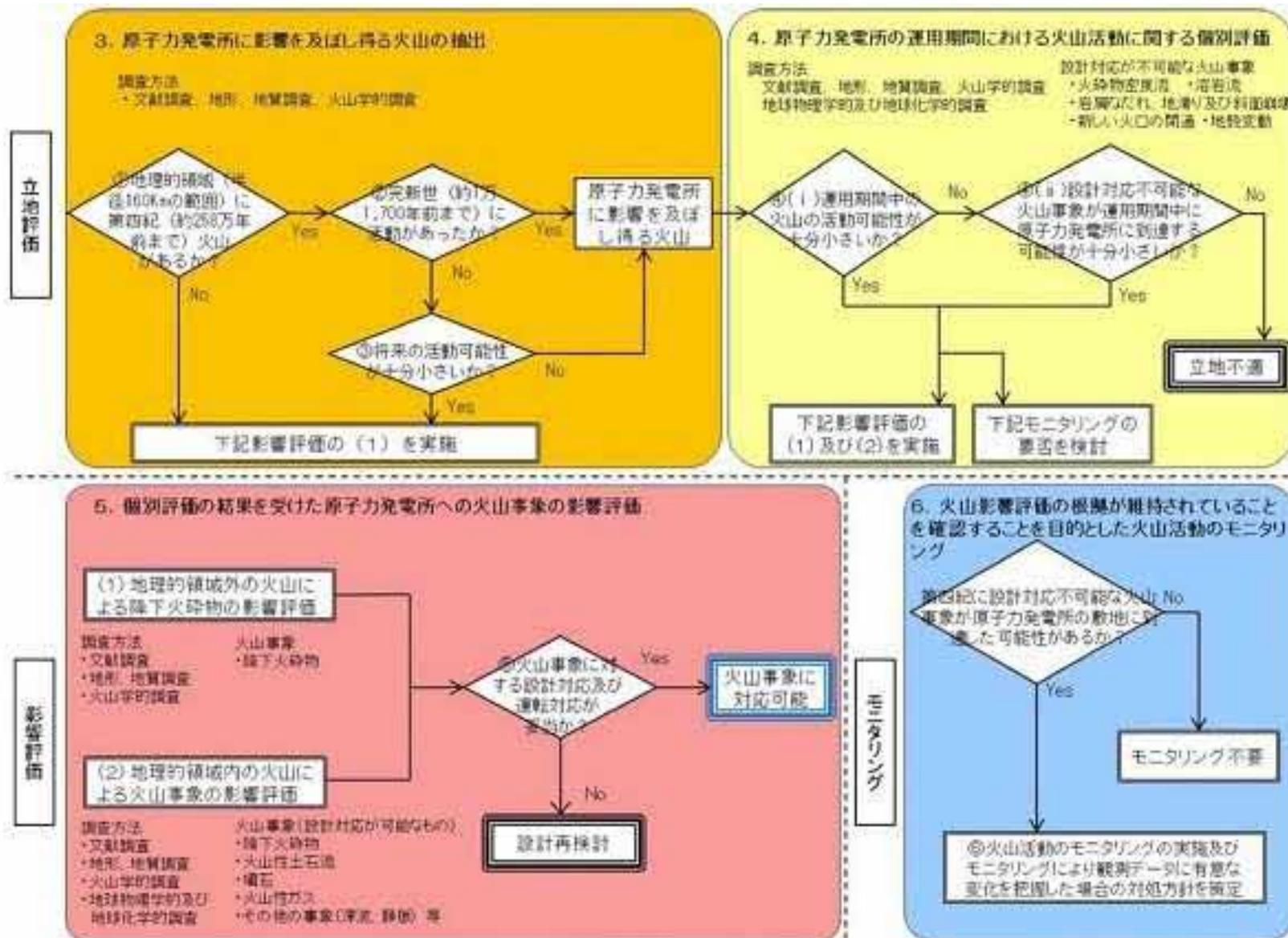


図1 火山影響評価の基本フロー

火山事象の影響評価

- 発電所の安全機能に影響を及ぼし得る火山事象として考慮が必要な「降下火砕物」について、影響評価を行う。
- 島根原子力発電所の降下火砕物による影響評価に用いる条件について、地質調査結果、文献調査結果、既往解析結果の知見及び降下火砕物シミュレーション結果を用い、設備の影響評価に必要な降下火砕物の特性を設定する。降下火砕物特性の設定結果を表1に示す。

表1 降下火砕物特性の設定結果

項目	設定	備考
層厚	56cm	鉛直荷重に対する健全性評価に使用。
密度	湿潤密度：1.5 g/cm ³ 乾燥密度：0.7g/cm ³	
荷重※1	8,938N/m ²	
粒径	4.0mm以下	水循環系の閉塞並びに換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響評価に使用。

※1：飽和状態の降下火砕物に積雪条件を踏まえた鉛直荷重

飽和状態の降下火砕物の荷重 + 積雪荷重

$$= (56\text{cm} \times 1,500\text{kg/m}^3 \times 9.80665\text{m/s}^2) + (35\text{cm}^{\ast 2} \times 20\text{N/ (m}^2 \cdot \text{cm)}) \ast 3)$$

$$= 8,938\text{N/m}^2 \text{ (小数点切り上げ)}$$

※2：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

※3：松江市建築基準法施行細則に基づく積雪の単位荷重（積雪量1cm当たり20N/m²）

火山事象(降下火砕物)に対する設計の基本方針

■島根原子力発電所の安全機能に影響を及ぼし得る火山事象は「降下火砕物」であることから、降下火砕物に対して防護すべき評価対象施設等（外部事象防護対象施設から抽出される評価対象施設及び外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼし得る施設）の安全機能を損なわない設計とする。以下に防護の基本方針を示す。

- ①降下火砕物による直接的な影響（荷重，閉塞，摩耗，腐食等）に対して安全機能を損なわない設計とする。
- ②発電所内の構築物，系統及び機器における降下火砕物の除去等の対応が可能な設計とする。
- ③降下火砕物による間接的な影響として考慮する，広範囲にわたる送電網の損傷による7日間の外部電源の喪失及び発電所外での交通の途絶によるアクセス制限に対し，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担うために必要となる電源の供給が非常用ディーゼル発電機により継続できる設計とすることにより，安全機能を損なわない設計とする。

■評価対象施設等の影響は図1に示すフローに基づき実施する。

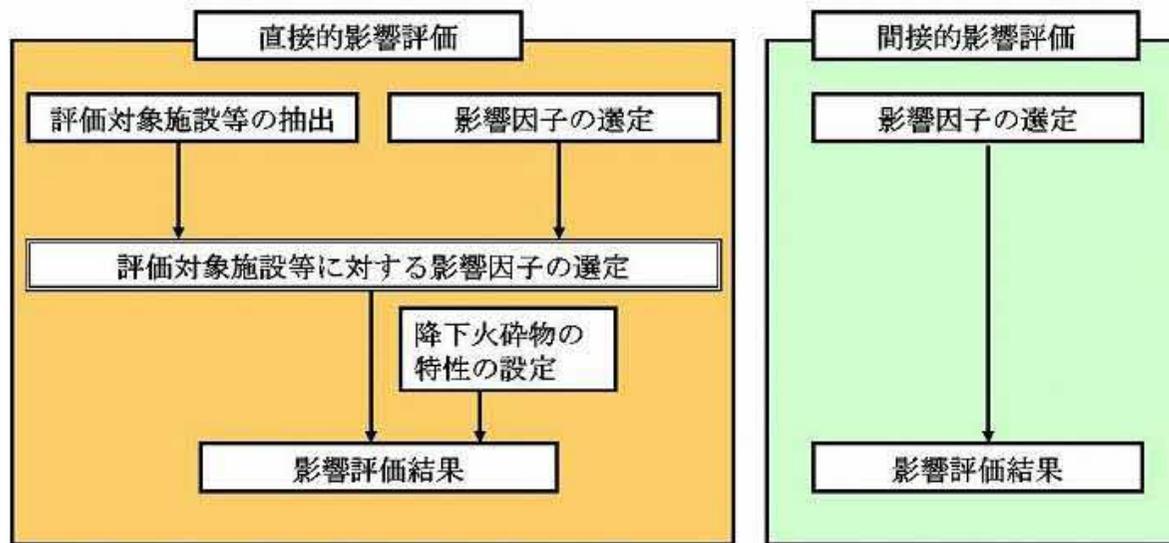
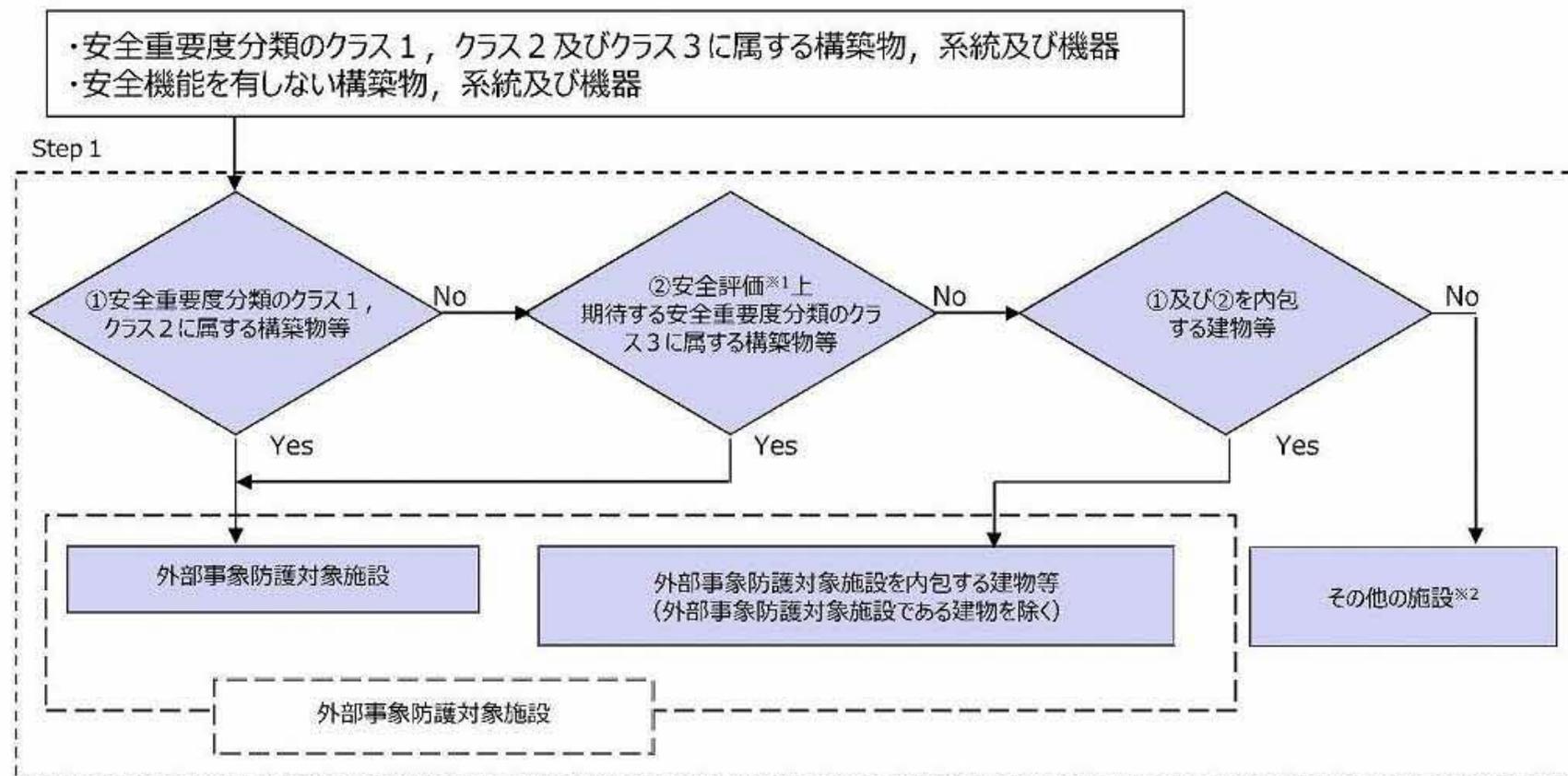


図1 影響評価のフロー

安全施設のうち評価対象施設等の抽出

■設置許可基準規則第6条の要求事項として、外部事象防護対象施設を抽出し、これらに対して降下火砕物発生時の要求事項を踏まえて、網羅的に防護施設を抽出した。外部事象防護対象施設評価フローを図1，評価対象施設等の抽出フローを図2に示す。



※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 外部事象防護対象施設評価フロー

安全施設のうち評価対象施設等の抽出

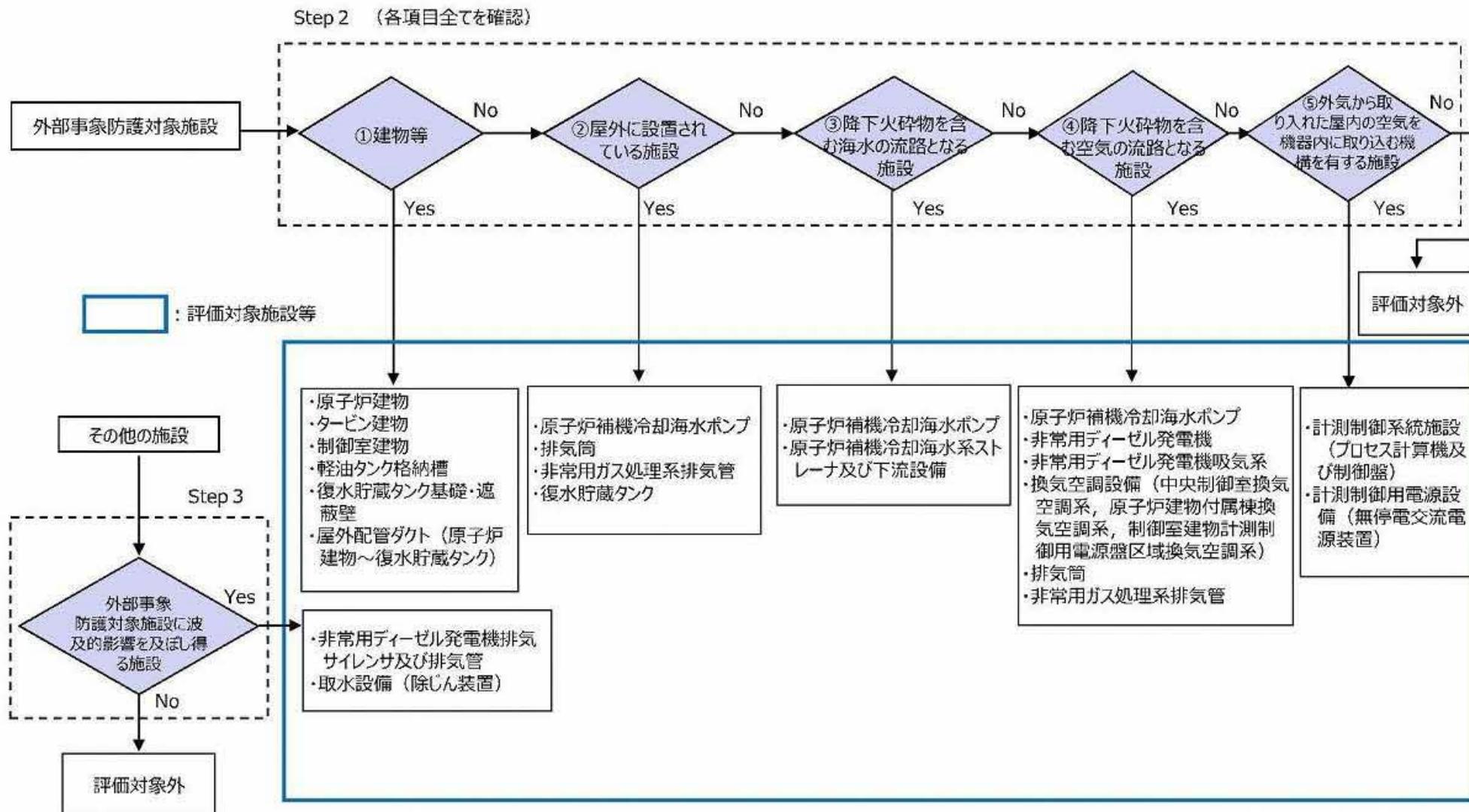


図2 評価対象施設等の抽出フロー

安全施設のうち評価対象施設等の抽出

■ 評価対象施設等の主な設置場所を以下に示す。

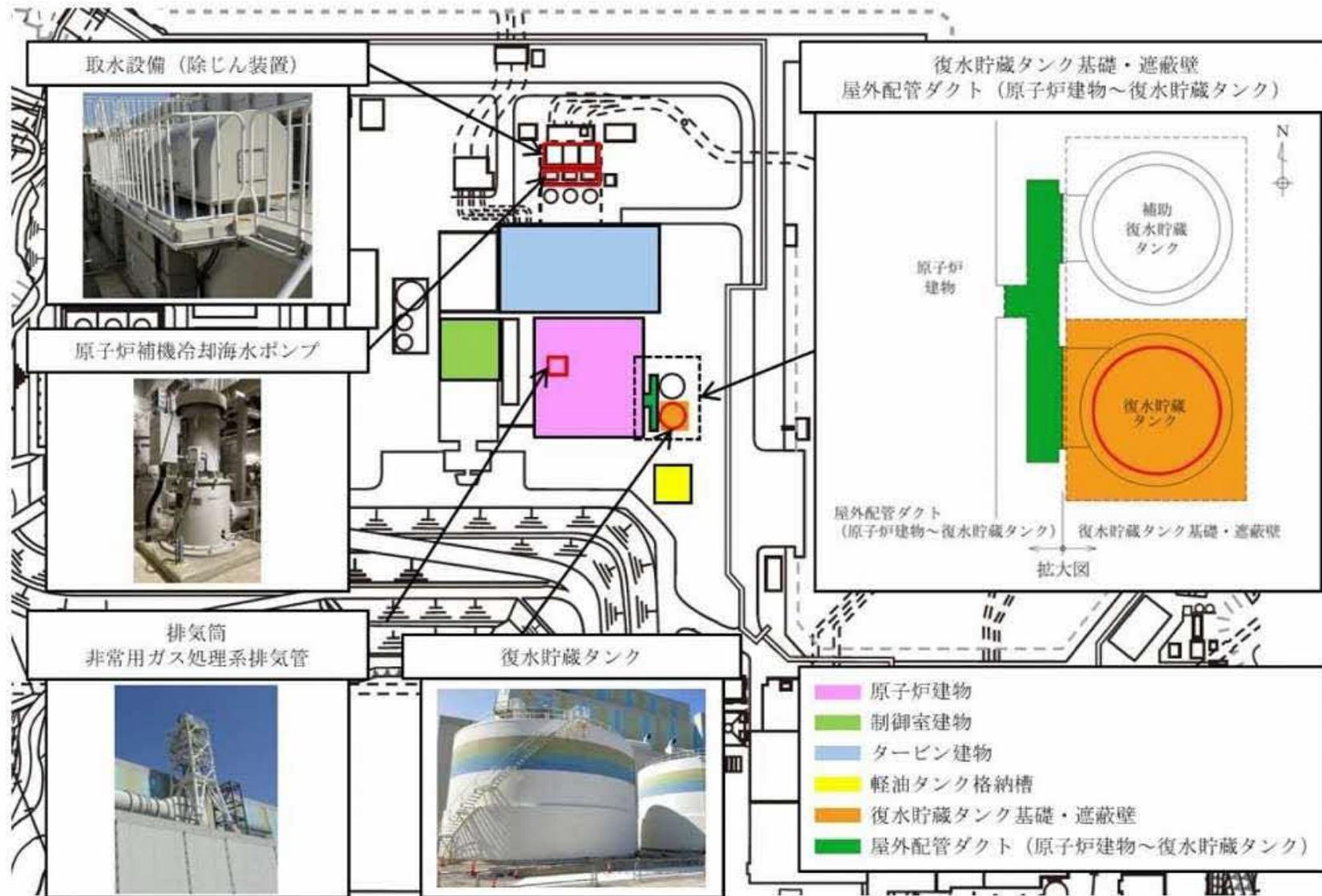


図3 評価対象施設等の主な設置場所

降下火砕物による影響の選定

- 降下火砕物の特徴及び評価対象施設等の構造や設置状況等を考慮して直接的影響となる要因を選定する。直接的影響因子の選定結果を表 1 に示す。

表 1 直接的影響因子の選定結果（1 / 2）

影響を与える可能性のある因子	選定結果	詳細検討すべきもの
構造物への静的負荷	屋外の構築物において降下火砕物堆積荷重による影響を評価する。なお、荷重条件は水を含んだ場合の負荷が大きくなるため、降雨条件及び積雪の重畳を考慮する。	○
構造物への化学的影響（腐食）	屋外設備は、外装塗装等によって影響がないことを評価する。	○
粒子の衝突	発電所に到達する降下火砕物は微小な粒子であり、「竜巻影響評価について」で設定している設計飛来物に包絡することを確認していることから、詳細検討は不要。	—
水循環系の閉塞	海水中に漂う降下火砕物の狭隘部等における閉塞の影響を評価する。また、必要に応じて、海水を供給している下流の設備への影響についても考慮する。	○
水循環系の内部における摩耗	海水中に漂う降下火砕物による設備内部における摩耗の影響を評価する。また、必要に応じて、海水を供給している下流の設備への影響についても考慮する。	○
水循環系の化学的影響（腐食）	耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、腐食による影響がないことを評価する。	○
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）	屋外設備等において影響を考慮すべき要因である。なお、必要に応じて、換気空調設備の給気を供給している範囲への影響についても考慮する。	○
換気系、電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）	屋外設備等において影響を考慮すべき要因である。なお、必要に応じて、換気空調設備の給気を供給している範囲への影響についても考慮する。	○

降下火砕物による影響の選定

表 1 直接的影響因子の選定結果（2 / 2）

影響を与える可能性のある因子	選定結果	詳細検討すべきもの
発電所周辺の大気汚染	運転員が常時滞在する中央制御室における居住性を評価する。	○
水質汚染	水質汚染によって、給水等に使用する渓流水が汚染する可能性があるが、給水処理設備により水処理した給水を使用しており、また水質管理を行っていることから、プラントの安全機能に影響しない。	—
絶縁低下	送電網より引き込む開閉所や変圧器周りで降下火砕物が確認された場合、碍子の洗浄をすることで事故の未然防止に努める。また、絶縁低下により外部電源が喪失に至った場合でも非常用ディーゼル発電機により電源の供給を実施する。なお、屋内の施設であっても、屋内の空気を取り込む機構を有する非常用電源盤及び制御盤については、影響がないことを評価する。	○

■降下火砕物により間接的影響を及ぼす因子を以下に示す。

- 湿った降下火砕物が送電線の碍子、開閉所の充電露出部等に付着し絶縁低下を生じさせることによる広範囲にわたる送電網の損傷に伴う「外部電源喪失」
- 降下火砕物が道路に堆積することによる交通の途絶に伴う「アクセス制限」

降下火砕物による影響の選定

■ 降下火砕物による影響の選定

●各評価対象施設等と評価すべき直接的影響の要因について整理し、評価対象施設等の特性を踏まえて必要な評価項目を選定した。降下火砕物が影響を与える評価対象施設等と影響因子の組合せを表2に示す。

表2 降下火砕物が影響を与える評価対象施設等と影響因子の組合せ（1 / 2）

影響因子 評価対象施設等	構造物への静的負荷	構造物への化学的影響(腐食)	水循環系の閉塞、摩耗	水循環系の化学的影響(腐食)	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)	換気系、電気系及び計装制御系に対する化学的影響(腐食)	発電所周辺の大気汚染	絶縁低下
原子炉建物、制御室建物、タービン建物、軽油タンク格納槽、復水貯蔵タンク基礎・遮蔽壁、屋外配管ダクト（原子炉建物～復水貯蔵タンク）	●	●	－ (③)	－ (③)	－ (③)	－ (③)	－ (③)	－ (③)
原子炉補機冷却海水ポンプ	●	●	● ポンプ	● ポンプ	● モータ	● モータ	－ (③)	－ (③)
復水貯蔵タンク	●	●	－ (③)	－ (③)	－ (③)	－ (③)	－ (③)	－ (③)
非常用ディーゼル発電設備（ディーゼル機関、吸気系、排気サイレンサ及び排気管）	●	●	－ (③)	－ (③)	●	●	－ (③)	－ (③)
換気空調設備（中央制御室換気空調系、原子炉建物付属棟換気空調系、制御室建物計測制御用電源盤区域換気空調系）	－ (①)	－ (②)	－ (③)	－ (③)	●	●	●	－ (③)

凡例 ●：詳細な評価が必要な設備
 ー：評価対象外 () 内数値は理由

【評価除外理由】
 ①：静的荷重等の影響を受けにくい構造（屋内設備の場合含む）
 ②：腐食があっても、機能に有意な影響を受けにくい
 ③：影響因子と直接関連しない

降下火砕物による影響の選定

表2 降下火砕物が影響を与える評価対象施設等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 静的負荷	構造物への 化学的影響 (腐食)	水循環系の 閉塞, 摩耗	水循環系の 化学的影響 (腐食)	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)	換気系, 電気系及び計 装制御系に対する化学 的影響 (腐食)	発電所周辺の 大気汚染	絶縁低下
排気筒及び非常用ガス処理系排 気管	- (①)	●	- (③)	- (③)	●	- (③)	- (③)	- (③)
原子炉補機冷却海水系ストレ ーナ	- (①) (屋内)	- (①)	● (下流設備 含む)	● (下流設備 含む)	- (③)	- (③)	- (③)	- (③)
取水設備 (除じん装置)	- (③)	- (②)	●	●	- (③)	- (③)	- (③)	- (③)
計測制御系統施設 (プロセス計 算機及び制御盤), 計測制御用 電源設備 (無停電交流電源装 置)	- (①) (屋内)	- (①)	- (③)	- (③)	- (③)	●	- (③)	●

凡例 ● : 詳細な評価が必要な設備
 - : 評価対象外 () 内数値は理由

【評価除外理由】
 ① : 静的荷重等の影響を受けにくい構造 (屋内設備の場合含む)
 ② : 腐食があっても, 機能に有意な影響を受けにくい
 ③ : 影響因子と直接関連しない

設計荷重の設定

- 評価対象施設等に常時作用する荷重，運転時荷重
自重等の常時作用する荷重，内圧等の運転時荷重を適切に組み合わせる。
- 設計基準事故時荷重
設計基準事故とは独立事象であること，また，設計基準事故時荷重が生じる屋外設備については，通常運転時の系統内圧力及び温度と変わらないことから，設計基準事故時荷重との組合せは考慮しない。
- その他の自然現象の影響を考慮した荷重の組合せ
風（台風）及び積雪の荷重を適切に組み合わせる。

■ 直接的影響に対する設計方針及び評価結果

(1) 評価対象施設等を内包する建物等（原子炉建物，制御室建物，タービン建物，軽油タンク格納槽，復水貯蔵タンク基礎・遮蔽壁及び屋外配管ダクト（原子炉建物～復水貯蔵タンク））の設計方針及び評価結果

- 設置許可における構造物への静的負荷の評価は、「a.設計時の構造計算結果に基づく評価※」を行うことを基本とするが、原子炉建物及びタービン建物の屋根トラス部については、補強工事を実施しており、設計時と各部材の寸法等の条件が異なるため、「b.補強内容を反映した条件に基づく評価」として設計時と同様の方法を用いた評価を行う。
- 設計及び工事計画認可においては、これらの評価のうち「a.設計時の構造計算結果に基づく評価※」を行った部材についても許容堆積荷重を用いる評価に代えて、詳細評価条件を用いた応力度に対する評価を行う。

※：設計時の長期荷重に対する部材裕度に対し、各構造部材の材料の短期許容応力度と長期許容応力度の比を考慮することにより、許容堆積荷重を算定する。

表1 建物等の設計方針及び評価結果

評価項目	設計方針	評価結果
構造物への静的負荷	a.設計時の構造計算結果に基づく評価 許容堆積荷重が降下火砕物による堆積荷重他に対して安全裕度を有することにより、構造健全性を失わず安全機能を損なわない設計とする。	許容堆積荷重は設計堆積荷重を上回っていることから、対象建物等の健全性への影響はない（表2参照）。
	b.補強内容を反映した条件に基づく評価 原子炉建物の屋根トラス部は三次元フレームモデル、タービン建物の屋根トラス部は二次元フレームモデルを用いた応力解析を行い、発生応力度が許容値を超えないことにより、構造健全性を失わず安全機能を損なわない設計とする。	降下火砕物の堆積時において、発生応力度が許容値を超えていないことから、対象建物の健全性への影響はない（表3参照）。
構造物への化学的影響（腐食）	腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、外装の塗装等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。	外壁塗装等を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。

降下火砕物に対する設計

下線：2号炉との評価方針の相違点（設備の相違は除く）

表2 評価対象建物等の堆積荷重評価結果（a.設計時の構造計算結果に基づく評価）

評価対象	評価部位※1	設計 堆積荷重※2 (N/m ²)	許容堆積荷重※3 (N/m ²)	評価 結果
原子炉建物	屋根スラブ	8,938	10,500	○
制御室建物	大梁		9,290	○
タービン建物	小梁		14,200	○
軽油タンク格納槽	頂版		96,100	○
復水貯蔵タンク基礎・遮蔽壁	頂版		34,700	○
屋外配管ダクト（原子炉建物～復水貯蔵タンク）	頂版		16,900	○

※1：評価対象建物等の全ての評価部位のうち最も裕度が小さい部位を記載（原子炉建物及びタービン建物の屋根トラス部を除く）。

※2：降下火砕物堆積量（56cm）に積雪量（35cm）を加えて設定した荷重。

※3：積載荷重として考慮する除灰時の人員荷重981N/m²を差し引いて設定した値。

表3 評価対象建物の堆積荷重評価結果※1, ※2（b.補強内容を反映した条件に基づく評価）

評価対象	評価部位※3	発生 応力	応力度 (N/mm ²)	許容値※4 (N/mm ²)	応力度比	評価 結果
原子炉建物	主トラス（斜材）	圧縮	96.0	195	0.50	○
	二次部材（母屋）	曲げ	208	357	0.59	○
タービン建物	主トラス（上弦材）	圧縮	218	357	0.80	○
		曲げ	63.5	357		
	二次部材（サブビーム）	曲げ	313	357	0.88	○

※1：降下火砕物堆積量（56cm）に積雪量（35cm）及び積載荷重として除灰時の人員荷重981N/m²を考慮した荷重を加えて設定した荷重による評価結果。

※2：風による水平荷重を建物フレームの構成部材として負担する屋根トラス部の主トラスについては、風荷重を考慮した評価結果。

※3：評価対象建物の屋根トラス部のうち最も裕度が小さい部位を記載。

※4：屋根トラス部は、構造強度の許容限界である終局耐力に対して、安全裕度を有する弾性限強度を採用。

降下火砕物に対する設計

(2)原子炉補機冷却海水ポンプ（電動機含む）の設計方針及び評価結果

設計方針及び評価結果について以下に示す。

表1 原子炉補機冷却海水ポンプ・電動機の設計方針及び評価結果

評価項目	設計方針	評価結果
構造物への静的負荷	許容荷重が降下火砕物による荷重に対して安全裕度を有することにより、構造健全性を失わず安全機能を損なわない設計とする。	許容応力は降下火砕物により発生する応力を上回っていることから、原子炉補機冷却海水ポンプの健全性への影響はない（表2参照）。
構造物への化学的影響（腐食）及び水循環系の化学的影響（腐食）	腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。	原子炉補機冷却海水ポンプ電動機は外装塗装を実施している。また、海水ポンプの接液部は耐食性のあるステンレス鋼を用いており、内面はライニングや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。

表2 原子炉補機冷却海水ポンプ電動機に対する評価結果

機器名称	評価部位	応力	発生応力 (MPa)	許容応力 ^{※2} (MPa)	結果
原子炉補機冷却海水ポンプ	ステータフレーム	曲げ応力	10	229	○
		圧縮応力	5	227	○
	上部カバー	曲げ応力	235	264	○

※2：JEAG4601-1987 その他支持構造物の許容応力状態Ⅲ_Sで評価する。

降下火砕物+積雪の堆積位置
(ステータフレーム評価時^{※1})

※1：ステータフレームにかかる荷重として、本来考慮が必要な範囲は、緑着色範囲であるが、保守的な評価を実施するため、青着色範囲に滞留したことを想定した評価を実施。

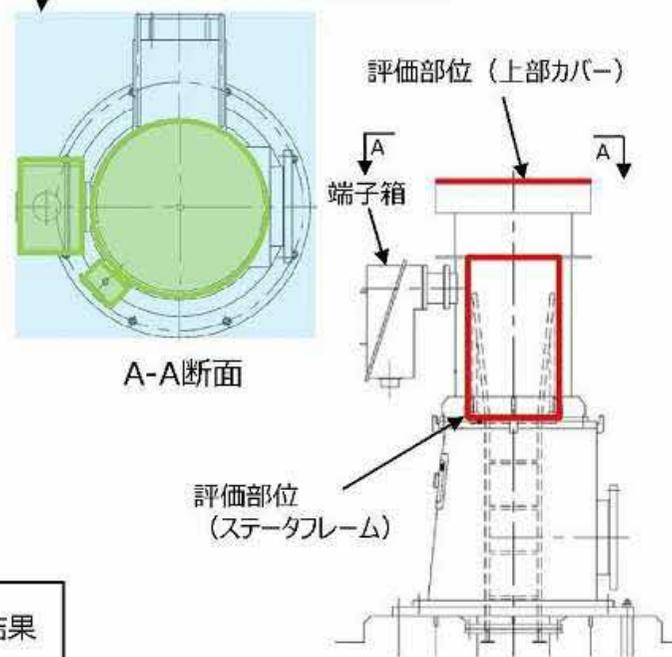


図1 原子炉補機冷却海水ポンプ電動機評価部位

降下火砕物に対する設計

表3 原子炉補機冷却海水ポンプの設計方針及び評価結果

評価項目	設計方針	評価結果
水循環系の閉塞	降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設けるとともに、ポンプ軸受部が閉塞しない設計とする。	流水部の狭隘部は降下火砕物の最大粒径4.0mmより大きいため、閉塞には至らない。軸受の隙間は約1.45～1.58mmであり、一部の降下火砕物は軸受内部に入る可能性があるが異物逃がし溝を設けているため、閉塞には至らない（図2及び表4参照）。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らないため、閉塞には至らない。
水循環系の摩耗	降下火砕物の摩耗により安全機能を損なわない設計とする。	降下火砕物は破碎し易く、硬度が小さいことから、設備に影響を与える可能性は小さい。

表4 原子炉補機冷却海水ポンプの流水部・軸受部隙間の概略寸法

機器名称	流水部※ (狭隘部) (mm)	軸受部 (異物逃がし溝)	
		軸受②③④ (mm)	軸受① (mm)
原子炉補機冷却海水ポンプ	60	4.5	3.5

※：隣接するインペラの隙間

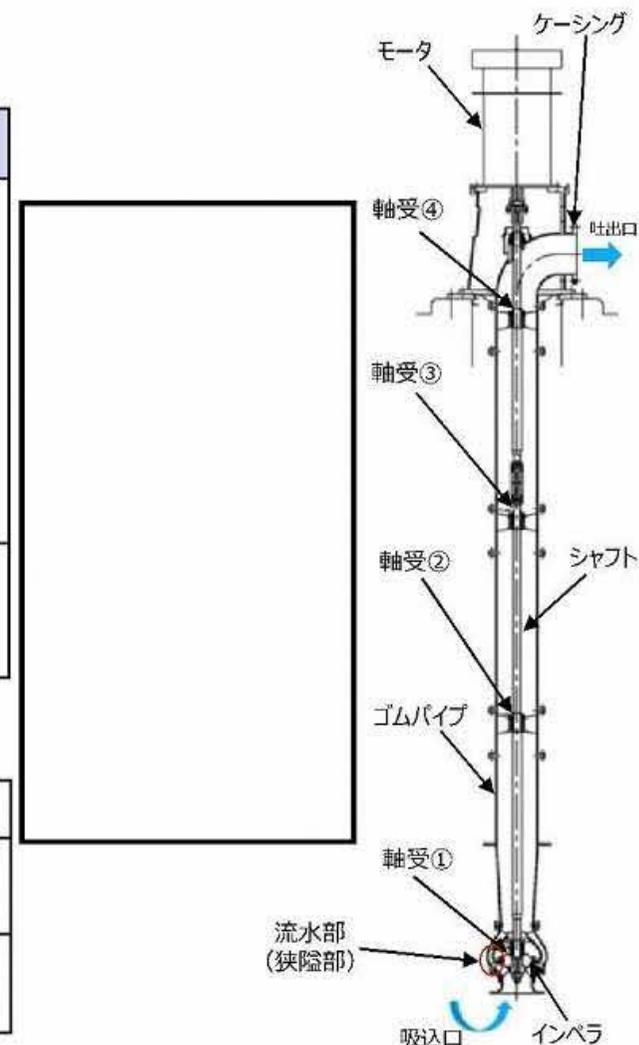


図2 原子炉補機冷却海水ポンプ 軸受構造

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。

降下火砕物に対する設計

表5 原子炉補機冷却海水ポンプ電動機的设计方針及び評価結果

評価項目	設計方針	評価結果
換気系, 電気系及び計装制御系に対する機械的影響 (閉塞)	原子炉補機冷却海水ポンプ電動機は外気と遮断された全閉構造とし, 外気と遮断された全閉構造の冷却方式とすることにより, 降下火砕物が侵入しにくく, 閉塞しない設計とする。	原子炉補機冷却海水ポンプ電動機は外気を直接内部に取り込まない冷却方式であること, また冷却流路の出口径 (約30mm) は降下火砕物の粒径 (4mm以下) より大きいことから, 冷却流路が閉塞することはない (図3参照)。
換気系, 電気系及び計装制御系に対する化学的影響 (腐食)	腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが, 塗装の実施等によって, 短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。	原子炉補機冷却海水ポンプ電動機は外気を直接内部に取込まない冷却方式であり, 電動機内部への降下火砕物の侵入はないこと及び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。

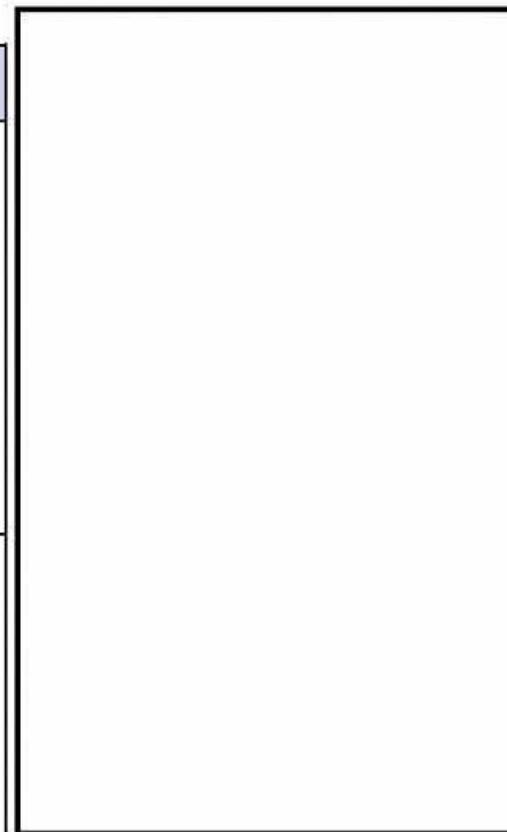


図3 原子炉補機冷却海水ポンプ電動機冷却方式

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。

降下火砕物に対する設計

(3) 復水貯蔵タンクの設計方針及び評価結果

設計方針及び評価結果について以下に示す。

表1 復水貯蔵タンクの設計方針及び評価結果

評価項目	設計方針	評価結果
構造物への静的負荷	許容荷重が降下火砕物による荷重に対して安全裕度を有することにより、構造健全性を失わず安全機能を損なわない設計とする。	評価の結果、復水貯蔵タンクの胴板及び屋根板に発生する応力は許容値に対して十分な裕度を有しており、健全性に影響を及ぼすことはない。
構造物への化学的影響(腐食)	腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、塗装の実施等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。	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。

表2 復水貯蔵タンクに対する降下火砕物の堆積による発生応力評価

機器名称	評価部位	応力	発生応力 (MPa)	許容応力※ (MPa)	結果
復水貯蔵タンク	胴板	一次一般膜	69	188	○
		一次一般膜+一次曲げ	192	282	○
	屋根板	一次一般膜	83	188	○
		一次一般膜+一次曲げ	189	282	○

※：JEAG4601-1987 その他支持構造物の許容応力状態Ⅲ_ASで評価する。

降下火砕物に対する設計

(4)非常用ディーゼル発電機（ディーゼル発電機吸気系、排気サイレンサ及び排気管含む）の設計方針及び評価結果

設計方針及び評価結果について以下に示す。

表1 非常用ディーゼル発電機の設計方針及び評価結果

評価項目	設計方針	評価結果
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）	<p>バグフィルタにより、フィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・フィルタを通過した小さな粒径の降下火砕物が侵入した場合でも、閉塞しない設計とする。 ・降下火砕物が侵入した場合でも、耐摩耗性のある材料を使用し摩耗により安全機能を損なわない設計とする。 	<p>機関給気口より上流側にバグフィルタ（粒径約 2 μm に対して80%以上を捕集する性能）により、降下火砕物の侵入を防止している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・粒径 2 μm程度のは過給機、空気冷却器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（図1参照）。 ・機関シリンダ内に降下火砕物が侵入しても、降下火砕物は破碎し易く、硬度が低い、また耐摩耗性のある材料を使用していることから、摩耗が設備に影響を与える可能性は小さい。 <p>また、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更に細かい粒子に粉碎され、粉碎された粒子は潤滑油により機関外へ除去される。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・降灰が確認された場合には、バグフィルタ差圧を確認するとともに、状況に応じて取替え又は清掃を実施する。



図1 非常用ディーゼル機関の吸入空気の流れ

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。

降下火砕物に対する設計

表2 非常用ディーゼル発電機の設計方針及び評価結果

評価項目	設計方針	評価結果
換気系、電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）	腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、金属材料を用いることで、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。	金属材料を用いていることから、降下火砕物による短期での腐食により機能に影響を与えない。
構造物への静的負荷	許容荷重が降下火砕物による荷重に対して安全裕度を有すること、若しくは、降下火砕物が直接堆積しない構造とすることで、構造健全性を失わず安全機能を損なわない設計とする。	非常用ディーゼル発電機排気サイレンサ及び排気管は降下火砕物が堆積しにくい形状（円筒型）をしているため、降下火砕物の堆積荷重の影響を受けることはない（図2参照）。
構造物への化学的影響（腐食）	腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、塗装の実施によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。	ディーゼル発電機排気サイレンサ及び排気管は外面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。



図2 非常用ディーゼル発電機排気サイレンサ及び排気管

降下火砕物に対する設計

(5)換気空調設備の設計方針及び評価結果

設計方針及び評価結果について以下に示す。

表1 換気空調設備の設計方針及び評価結果

評価項目	設計方針	評価結果
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）	外気取入口にルーバが取り付けられており，バグフィルタを設置することで，フィルタメッシュより大きな降下火砕物が流路に侵入しにくい設計とする。	バグフィルタ（粒径約2μmに対して80%以上を捕集する性能）を設置することで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少ない。
換気系，電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）	腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが，金属材料を用いることで，短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。	金属材料を用いていることから，降下火砕物による短期での腐食により機能に影響を与えにくい。
発電所周辺の大気汚染	中央制御室換気系の給気隔離弁の閉止及び系統隔離運転モードとすることにより，中央制御室内への降下火砕物の侵入を防止することで，室内の居住性を確保できる設計とする。	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ことを確認（表2，表3参照）。

表2 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	773時間
酸素濃度	20.9%	20.8%	20.8%	19.0%
許容酸素濃度	19.0%以上（鉱山保安法施行規則）			

表3 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	548時間
二酸化炭素濃度	0.06%	0.08%	0.10%	1.00%
許容二酸化炭素濃度	1.0%以下（鉱山保安法施行規則）			

降下火碎物に対する設計

(6)排気筒及び非常用ガス処理系用排気管の設計方針及び評価結果

設計方針及び評価結果について以下に示す。

表 1 排気筒及び非常用ガス処理系用排気管の設計方針及び評価結果

評価項目	設計方針	評価結果
構造物への化学的影響（腐食）	腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、塗装の実施等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。	外装塗装を実施していることから降下火碎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。
換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞）	①排気筒は降下火碎物の侵入により排気流路が閉塞しない設計とする。 ②非常用ガス処理系用排気管は、開口部の形状により降下火碎物が侵入しにくい設計とする。	①排気筒については、排気速度が降下火碎物の降下速度より大きく、降下火碎物が侵入することはない（図1参照）。 ②非常用ガス処理系用排気管については開口部が水平方向であり、降下火碎物が侵入しにくい構造であることを確認（図1参照）。

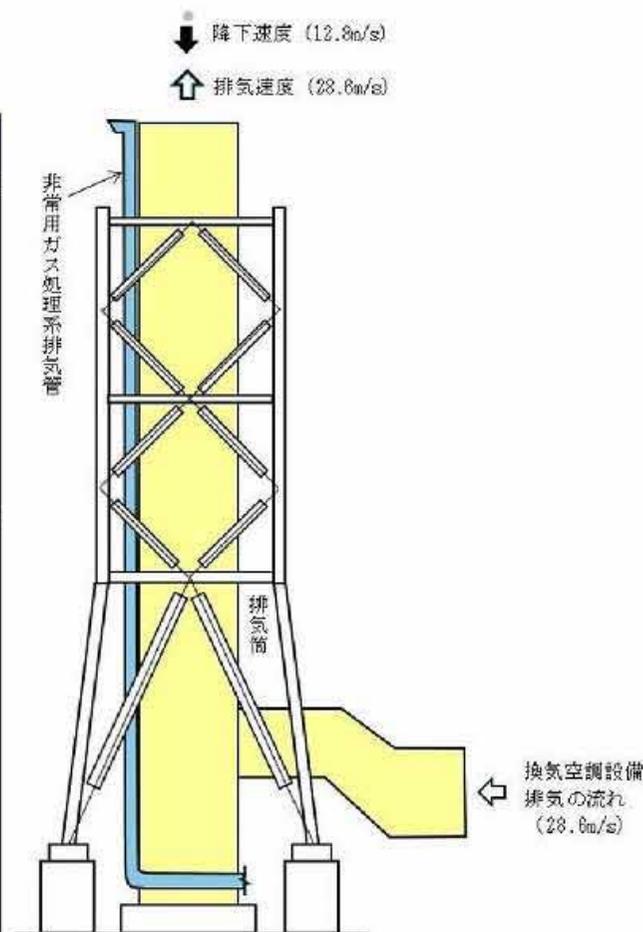


図 1 排気筒周辺の概要

降下火砕物に対する設計

(7)原子炉補機冷却海水系ストレーナ（下流設備含む）の設計方針及び評価結果

設計方針及び評価結果について以下に示す。

表1 原子炉補機冷却海水系ストレーナ（下流設備含む）の設計方針及び評価結果

評価項目	設計方針	評価結果
水循環系の閉塞	降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設けるとともに差圧の確認が可能な設計とする。	海水系ストレーナには、フィルタ（フィルタ穴径：2.5mm）が設置されている。降下火砕物の粒径は、最大で4mmであるが、2.5mm以上の粒径割合は、およそ10%程度であり、また、取水口からポンプ取水箇所までの距離が数十mあるため、海水系ストレーナは閉塞する可能性は低い。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、海水系ストレーナが閉塞することはない。なお、フィルタが閉塞することがないように差圧管理しており、一定の差圧（36.56kPa）で自動洗浄される。海水系ストレーナのフィルタを通過した降下火砕物の粒子は、下流設備の熱交換器の伝熱板の流路の大きさ（表2参照）に対して想定する降下火砕物の粒径は十分小さく伝熱板間の閉塞により、下流設備に影響を及ぼすことはない。
水循環系の摩耗	降下火砕物の摩耗により安全機能を損なわない設計とする。	降下火砕物は破碎し易く、硬度が小さいことから、設備に影響を与える可能性は小さい。
水循環系の化学的影響（腐食）	腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。	原子炉補機冷却海水系ストレーナはライニングが施工されていることを確認。又、下流設備である熱交換器の伝熱板は耐食性のある材料（表2参照）を使用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。

表2 原子炉補機冷却海水系ストレーナ下流設備の熱交換器

機器名称	伝熱板間の流路	材質
原子炉補機冷却水系熱交換器	Φ3.4mm	チタン

降下火砕物に対する設計

(8)取水設備（除じん装置）の設計方針及び評価結果

設計方針及び評価結果について以下に示す。

表1 取水設備(除じん装置)の設計方針及び評価結果

評価項目	設計方針	評価結果
水循環系の閉塞	降下火砕物の粒径に対し十分な大きさの流路を設ける設計とする。	降下火砕物の粒径（4.0mm以下）は取水設備のうちレイキ付バースクリーンのバーピッチ（スペース）（40mm）及びロータリースクリーンの目開きの間隔（10mm）よりも小さく、閉塞することはない。
水循環系の摩耗	降下火砕物の摩耗により安全機能を損なわない設計とする。	降下火砕物は破碎し易く、硬度が小さいことから、設備に影響を与える可能性は小さい。
水循環系の化学的影響（腐食）	腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。	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。

降下火砕物に対する設計

(9)計測制御系統施設（プロセス計算機及び制御盤）、計測制御用電源設備（無停電交流電源装置）の設計方針及び評価結果

設計方針及び評価結果について以下に示す。

表1 安全保護系盤及び非常用電源盤の設計方針及び評価結果

評価項目	設計方針	評価結果
換気系，電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）	外気取入口のバグフィルタにより，降下火砕物による腐食の影響を防止し，安全機能を損なわない設計とする。	外気取入口にバグフィルタ（粒径約 2 μm に対して 80%以上を捕集する性能）を設置しており，室内に侵入する降下火砕物は微量で微細な粒子である。このため，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。
絶縁低下	外気取入口のフィルタにより，降下火砕物による絶縁低下の影響を防止し，安全機能を損なわない設計とする。	外気取入口のバグフィルタ（粒径約 2 μm に対して 80%以上を捕集する性能）を介した換気空気を吸入していることから，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，安全機能が損なわれることはない。

※：フィルタ（主として粒径が 2 μm より大きい粒子を除去）を介した換気空気を吸入しているため，盤内に侵入する降下火砕物の粒径は 2 μm 以下と推定される非常用電源盤等において，数 μm 程度の線間距離となるのは，集積回路（IC など）の内部であり，これら部品はモールド（樹脂）で保護されているため，降下火砕物が侵入することはない。

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 mm 程度あることから，降下火砕物が付着しても，短絡等が発生させることはない。

降下火砕物に対する設計

■ 間接的影響に対する設計方針及び評価結果

設計方針及び評価結果について以下に示す。

表 1 間接的影響に対する設計方針及び評価結果

評価項目	設計方針	評価結果
外部電源喪失	7日間の外部電源喪失、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の電源供給が継続できる設計とする。	非常用ディーゼル発電機（3台）とそれぞれに必要な燃料デイトンク、軽油タンクを有しており、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の電源供給が可能である（図1参照）。
アクセス制限		

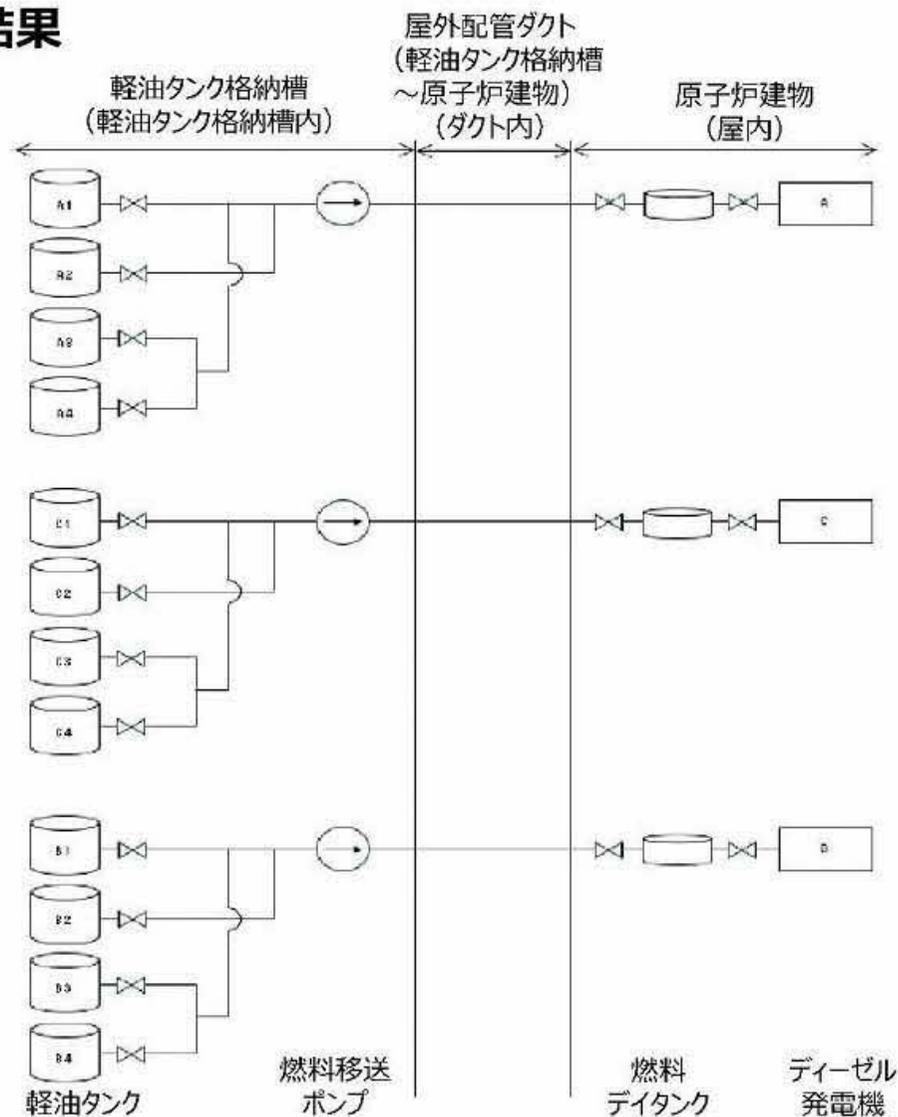


図 1 非常用ディーゼル発電機燃料油系の構成

降下火砕物に対する設計

- 降下火砕物が及ぼす影響に備えて、運用手順を定め、段階的に対応する。体制は保安規定に基づき整備し、その中で活動内容について明確にする。

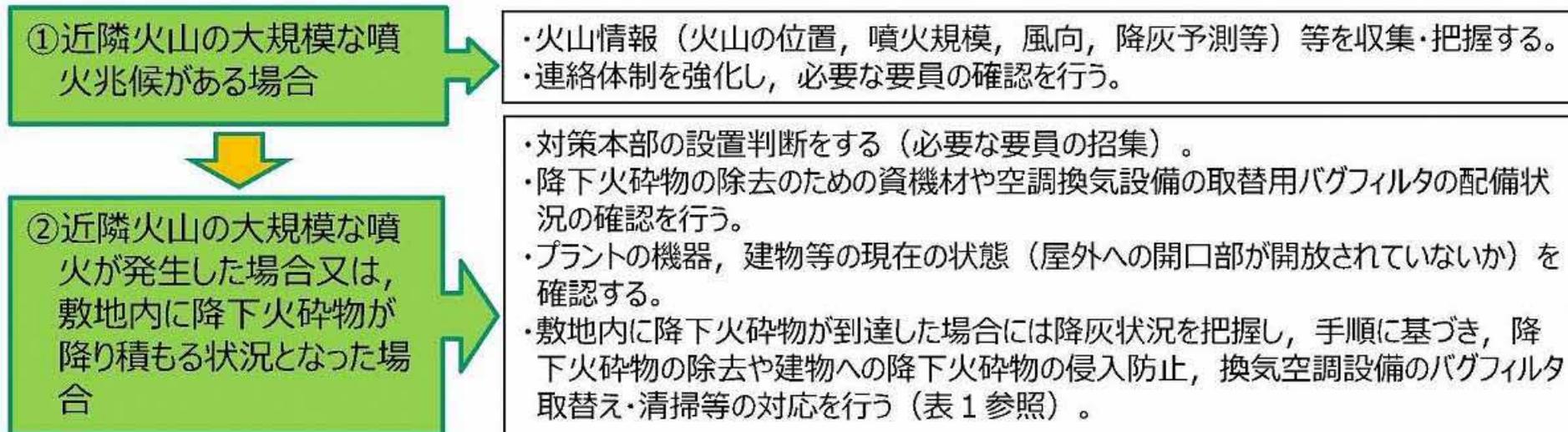


表1 降灰時の手順と目的

降灰時の手順	目的
設備等の除灰	<ul style="list-style-type: none"> ・建物等や屋外の設備等に降下火砕物の荷重が長期間に加わることを防ぐ。 ・降下火砕物の付着による腐食等が生じる状況を緩和する。
建物内への降下火砕物の侵入の防止	建物内への降下火砕物の侵入を防止するため，状況に応じて給気隔離弁の閉止，換気空調設備の停止又は系統隔離運転モードを実施する。
換気空調系バグフィルタ取替え・清掃	換気空調設備の外気取入口のバグフィルタについて，バグフィルタ差圧を確認するとともに，状況に応じて取替え又は清掃を実施する。