

島根原子力発電所 2 号炉 審査資料	
資料番号	EP-043 改 27
提出年月日	令和 3 年 1 月 12 日

島根原子力発電所 2 号炉

外部からの衝撃による損傷の防止 (火山)

令和 3 年 1 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。

※：本改訂（改 27）による変更箇所等の頁番号に r1 を付しています。

第6条：外部からの衝撃による損傷の防止

<目次>

1. 基本方針

1.1 要求事項の整理

2. 追加要求事項に対する適合方針

2.1 その他自然現象等

2.1.1 設計基準上考慮すべき事象の抽出及び当該事象に対する設計方針

2.1.1.1 自然現象

2.1.1.2 人為事象

2.1.2 自然現象の組み合わせ

2.1.3 大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象に対する重要安全施設への考慮

2.2 竜巻

2.2.1 竜巻に対する防護に関して、設計上対処すべき施設を抽出するための方針

2.2.2 発生を想定する竜巻の設定

2.2.2.1 竜巻検討地域の設定

2.2.2.2 基準竜巻の設定

2.2.2.3 設計竜巻の設定

2.2.3 設計荷重の設定

2.2.3.1 設計竜巻荷重

2.2.3.2 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重

2.2.4 評価対象施設の設計方針

2.2.4.1 設計方針

2.2.5 竜巻随伴事象に対する評価対象施設の設計方針

2.2.6 参考文献

2.3 火山

2.3.1 火山活動に対する防護に関して、評価対象施設を抽出するための方針

2.3.2 降下火砕物による影響の選定

2.3.3 設計荷重の設定

2.3.4 降下火砕物の直接的影響に対する設計方針

2.3.5 降下火砕物の間接的影響に対する設計方針

2.3.6 参考文献

- 2.4 外部火災
 - 2.4.1 外部火災に対して，設計上対処すべき施設を抽出するための方針
 - 2.4.2 考慮すべき外部火災
 - 2.4.3 外部火災に対する設計方針
 - 2.4.3.1 森林火災
 - 2.4.3.2 近隣の産業施設の火災・爆発
 - 2.4.3.3 発電所敷地内における航空機墜落による火災
 - 2.4.3.4 ばい煙及び有毒ガス

- 3. 外部からの衝撃による損傷の防止
 - 別添 1-1 外部事象の考慮について
 - 別添 2-1 竜巻影響評価について
 - 別添 2-2 竜巻影響評価におけるフジタモデルの適用について
 - 別添 3-1 火山影響評価について
 - 別添 4-1 外部火災影響評価について

- 4. 運用，手順能力説明資料
 - 別添 1-2 運用，手順能力説明資料（外部事象）
 - 別添 2-3 運用，手順能力説明資料（竜巻）
 - 別添 3-2 運用，手順能力説明資料（火山）
 - 別添 4-2 運用，手順能力説明資料（外部火災）

- 5. 現場確認のプロセス
 - 別添 4-3 森林火災評価に係る植生確認プロセスについて

下線は，今回の提出資料を示す。

2.3 火山

2.3.1 火山活動に対する防護に関して、評価対象施設を抽出するための方針

降下火砕物によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、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、系統及び機器とする。

外部事象防護対象施設のうち、屋内設備は外殻となる建物により防護する設計とし、評価対象施設を、建物、屋外に設置されている施設、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路となる施設、外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設に分類し、抽出する。また、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を評価対象施設等という。

なお、外部事象防護対象施設に含まれない構築物、系統及び機器は、降下火砕物により損傷した場合であっても、代替手段があること等により安全機能は損なわれない。

(1) 建物

- ・原子炉建物
- ・タービン建物
- ・制御室建物
- ・廃棄物処理建物
- ・排気筒モニタ室

(2) 屋外に設置されている施設

- ・海水ポンプ（原子炉補機海水ポンプ、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ）
- ・非常用ディーゼル発電機吸気系
- ・ディーゼル燃料移送ポンプ（A-非常用ディーゼル発電設備（燃料移送系）、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備（燃料移送系））
- ・排気筒
- ・非常用ガス処理系用排気筒
- ・排気筒モニタ

(3) 降下火砕物を含む海水の流路となる施設

- ・海水ポンプ（原子炉補機海水ポンプ、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ）
- ・海水ストレーナ（原子炉補機海水ストレーナ、高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ）及び下流設備

(4) 降下火砕物を含む空気の流路となる施設

- ・海水ポンプ（原子炉補機海水ポンプ、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ）
- ・非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機

- ・非常用ディーゼル発電機吸気系及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機吸気系
- ・空調換気設備（中央制御室換気系，原子炉建物付属棟換気系）
- ・排気筒
- ・非常用ガス処理系用排気筒
- ・ディーゼル燃料移送ポンプ（A，B－非常用ディーゼル発電設備（燃料移送系），高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備（燃料移送系））
- ・排気筒モニタ

(5) 外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設

- ・計測制御系統施設（安全保護系盤）
- ・計測制御用電源設備（計装用無停電電源設備）
- ・非常用所内電源設備（所内低圧系統）

(6) 降下火砕物の影響を受ける施設であって，その停止等により，外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼし得る施設

- ・非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機排気消音器及び排気管
- ・取水設備（除じん装置）

また，上記以外の安全施設については，降下火砕物に対して機能維持すること，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に除灰，修復等の対応，又は，それらを適切に組み合わせることで，その安全機能を損なわない設計とする。

2.3.2 降下火砕物による影響の選定

(1) 設計条件に用いる降下火砕物の物性値及び特徴

a. 降下火砕物の設計条件

発電所敷地からの位置関係，過去の噴火規模を考慮し設定した評価対象火山（三瓶山，大根島，シゲグリ，森田山，女亀山，北条八幡，川本，槇原，郡家，佐坊，大屋・轟，上佐野・目坂，和久羅山，大山，倉吉，隠岐島後，美方火山群，神鍋火山群，鬱陵島等）について，文献，既往解析結果の知見及び降下火砕物シミュレーションを用い検討した。

想定する降下火砕物堆積量は，敷地周辺の層厚等を考慮し，56cmと設定する。なお，鉛直荷重については，湿潤状態の降下火砕物に，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を考慮した値を踏まえ設定する。

粒径及び密度については，文献調査の結果を踏まえ，粒径4.0mm以下，密度0.7g/cm³（乾燥状態），1.5g/cm³（湿潤状態）と設定する。

以上の結果から、設計条件の設定として、発電所の運用期間中において発電所の安全機能に影響を及ぼし得る火山事象として、層厚56cm、粒径4.0mm以下、密度0.7～1.5g/cm³の降下火砕物を設定する。

b. 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、降下火砕物が直接及ぼす影響（以下「直接的影響」という。）とそれ以外の影響（以下「間接的影響」という。）として選定する。

c. 降下火砕物の特徴

各種文献の調査結果より、降下火砕物は以下の特徴を有する。

- ① 火山ガラス片、鉱物結晶片から成る⁽¹⁾。ただし、火山ガラス片は砂よりもろく硬度は低く⁽²⁾、主要な鉱物結晶片の硬度は砂同等またはそれ以下である⁽³⁾⁽⁴⁾。
- ② 硫酸等を含む腐食性のガス（以下「腐食性ガス」という。）が付着している⁽¹⁾。ただし、金属腐食研究の結果より、直ちに金属腐食を生じさせることはない⁽⁵⁾。
- ③ 水に濡れると導電性を生じる⁽¹⁾。
- ④ 湿った降下火砕物は乾燥すると固結する⁽¹⁾。
- ⑤ 降下火砕物粒子の融点は約1,000℃であり、一般的な砂に比べ低い⁽¹⁾。

(2) 評価対象施設等の安全機能に及ぼす影響

a. 直接的影響

降下火砕物の特徴から直接的影響の要因となる荷重、閉塞、摩耗、腐食、大気汚染、水質汚染及び絶縁低下を設定した上で、外気吸入の有無等の特徴を踏まえ、直接的影響の主な因子として、構造物への静的負荷及び粒子の衝突、化学的影響（腐食）、水循環系の閉塞、内部における摩耗及び化学的影響（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）、化学的影響（腐食）、発電所周辺の大気汚染並びに盤の絶縁低下を選定する。

① 荷重

「荷重」について考慮すべき影響因子は、屋外設備及び建物の上に堆積し静的な負荷を与える「構造物への静的負荷」、並びに屋外設備及び建物に対し降灰時に衝撃を与える「粒子の衝突」である。なお、粒子の衝突による影響については、「2.2 竜巻」の「2.2.3 設計荷重の設定」に包絡される。

② 閉塞

「閉塞」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物を含む海水が流路の狹隘部等を閉塞させる「水循環系の閉塞」、並びに降下火砕物を含む空気が機

器の狭隘部や換気系の流路を閉塞させる「換気系，電気系及び計装制御系の機械的影響（閉塞）」である。

③ 摩耗

「摩耗」について考慮すべき影響因子は，降下火砕物を含む海水が流路に接触することにより配管等を摩耗させる「水循環系の内部における摩耗」，並びに降下火砕物を含む空気が動的機器の摺動部に侵入し摩耗させる「換気系，電気系及び計装制御系の機械的影響（摩耗）」である。

④ 腐食

「腐食」について考慮すべき影響因子は，降下火砕物に付着した腐食性ガスにより屋外設備及び建物の外面を腐食させる「構造物への化学的影響（腐食）」，換気系，電気系及び計装制御系において降下火砕物を含む空気の流路等を腐食させる「換気系，電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）」，並びに海水に溶出した腐食性成分により海水管等を腐食させる「水循環系の化学的影響（腐食）」である。

⑤ 大気汚染

「大気汚染」について考慮すべき影響因子は，降下火砕物により汚染された発電所周辺の大気が運転員の常駐する中央制御室内に侵入することによる居住性の劣化，降下火砕物の除去，屋外設備の点検等，屋外における作業環境を劣化させる「発電所周辺の大気汚染」である。

⑥ 水質汚染

「水質汚染」については，給水等に使用する渓流水に降下火砕物が混入することによる汚染が考えられるが，島根原子力発電所では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。

補足資料-18において，島根原子力発電所2号炉で使用する淡水源は渓流水であるが，外部事象防護対象施設においては，降下火砕物襲来時に補給等が必要ないことを水源の概略系統図にて示す。

⑦ 絶縁低下

「絶縁低下」について考慮すべき影響因子は，湿った降下火砕物が，電気系及び計装制御系絶縁部に導電性を生じさせることによる盤の「絶縁低下」である。

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み合わせを検討した結果を第2.3.2-1表に示す。

第 2.3.2-1 表 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

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, 摩擦	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, 摩擦)	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, 廃棄物処理建 物, 排気筒モニタ室	●	●	— (③)	— (③)	— (③)	— (③)	— (③)	— (③)
海水ポンプ(原子炉補機海水 ポンプ, 高圧炉心スプレイ補 機海水ポンプ)	●	●	● ポンプ	● ポンプ	● モータ	● モータ	— (③)	— (③)
非常用ディーゼル発電機及び高 圧炉心スプレイ系ディーゼル発 電機(機関, 吸気系, 排気消音 器及び排気管)	●	●	— (③)	— (③)	●	●	— (③)	— (③)
ディーゼル燃料移送ポンプ	— (①)	●	— (③)	— (③)	●	●	— (③)	— (③)
空調換気設備	— (①)	— (②)	— (③)	— (③)	●	●	●	— (③)
排気筒及び非常用ガス処理 系用排気筒	— (①)	●	— (③)	— (③)	●	— (③)	— (③)	— (③)
海水ストレーナ(原子炉補機海 水ストレーナ, 高圧炉心スプレ イ補機海水ストレーナ)	— (①)	— (①)	● (下流設備 を含む)	● (下流設備 を含む)	— (③)	— (③)	— (③)	— (③)
取水設備(除じん装置)	— (③)	— (②)	●	●	— (③)	— (③)	— (③)	— (③)
計測制御系施設(安全保護系盤), 計測制御用電源設備(計装用無停電 電源設備)及び非常用所内電源設備 (所内低圧系統)	— (①)(屋内)	— (①)	— (③)	— (③)	— (③)	●	— (③)	●
排気筒モニタ	— (①)	●	— (③)	— (③)	●	— (③)	— (③)	— (③)

●：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

b. 間接的影響

降下火砕物によって島根原子力発電所に間接的な影響を及ぼす因子は、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」、並びに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」である。

2.3.3 設計荷重の設定

設計荷重は、以下のとおり設定する。

a. 評価対象施設等に常時作用する荷重、運転時荷重

評価対象施設等に作用する荷重として、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。

b. 設計基準事故時荷重

外部事象防護対象施設は、降下火砕物によって安全機能を損なわない設計とするため、設計基準事故とは独立事象である。

また、評価対象施設等のうち設計基準事故時荷重が生じる屋外設備としては、海水ポンプ（原子炉補機海水ポンプ、高圧炉心スプレー補機海水ポンプ）及びディーゼル燃料移送ポンプ（A-非常用ディーゼル発電設備（燃料移送系）、高圧炉心スプレー系ディーゼル発電設備（燃料移送系））が考えられるが、設計基準事故時においても、通常運転時の系統内圧力及び温度と変わらないため、設計基準事故により考慮すべき荷重はなく、設計基準事故時荷重と降下火砕物との組み合わせは考慮しない。

c. その他の自然現象の影響を考慮した荷重の組み合わせ

降下火砕物と組み合わせを考慮すべき火山以外の自然現象は、荷重の影響において風（台風）及び積雪であり、降下火砕物の荷重と適切に組み合わせる。

2.3.4 降下火砕物の直接的影響に対する設計方針

直接的影響については、評価対象施設等の構造や設置状況等（形状、機能、外気吸入や海水通水の有無等）を考慮し、想定される各影響因子に対して、影響を受ける各評価対象施設等が安全機能を損なわない以下の設計とする。

(1) 降下火砕物による荷重に対する設計

a. 構造物への静的負荷

評価対象施設等のうち、構造物への静的負荷を考慮すべき屋外設備及び建物は以下である。

(a) 建物

- ・原子炉建物
- ・タービン建物
- ・制御室建物

- ・廃棄物処理建物
 - ・排気筒モニタ室
- (b) 屋外に設置されている施設
- ・海水ポンプ（原子炉補機海水ポンプ， 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ）
 - ・非常用ディーゼル発電機吸気系
- (c) 降下火砕物の影響を受ける施設であって， その停止等により， 外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼし得る施設
- ・非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機排気消音器及び排気管

これら屋外設備及び建物は， 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。若しくは， 降下火砕物が堆積しにくい又は直接堆積しない構造とすることで， 外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

なお， 建物の評価は， 建築基準法における積雪の荷重の考え方に準拠し， 降下火砕物の除去を適切に行うことから， 降下火砕物の荷重を短期に生じる荷重とし， 建築基準法による短期許容応力度を許容限界とする。

また， 建物を除く評価対象施設等においては， 許容応力を「日本産業規格」， 「日本機械学会の基準・指針類」及び「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987（日本電気協会）」に準拠する。

【個別評価 - 1, 2, 3, 10】

b. 粒子の衝突

粒子の衝突による影響については， 「2.2 竜巻」の「2.2.3 設計荷重の設定」に包絡される。

(2) 外気取入口からの降下火砕物の侵入に対する設計

外気取入口からの降下火砕物の侵入に対して， 以下のとおり安全機能を損なわない設計とする。

a. 機械的影響（閉塞）

評価対象施設等のうち， 機械的影響（閉塞）を考慮すべき降下火砕物を含む空気の流路となる設備は以下である。また， これら設備は降下火砕物が侵入しにくい設計とする。

- (a) 降下火砕物を含む空気の流路となる施設
- ・ディーゼル燃料移送ポンプ
 - ・空調換気設備
 - ・非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機
 - ・非常用ディーゼル発電機吸気系及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機吸気系

- ・排気筒
- ・非常用ガス処理系用排気筒
- ・排気筒モニタ

ディーゼル燃料移送ポンプは、軸貫通部に対してメカニカルシール等を用いて潤滑剤や内部流体の漏えいがないよう適切に管理することで、降下火砕物が侵入しにくい設計とする。

空調換気設備（中央制御室換気系、原子炉建物付属棟換気系）は、外気取入口に、ルーバが取り付けられており、下方から吸い込む構造であること、また空気の流路に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。さらに降下火砕物がフィルタに付着した場合でも取替え又は清掃が可能な構造とすることで、降下火砕物により閉塞しない設計とする。

非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機は、給気フィルタの上流側の外気取入口には、フード又はルーバが取り付けられており、下方から吸い込む構造であること、給気消音器にフィルタ（粒径約1～5 μ mに対して80%以上を捕獲する性能）を設置することにより、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し、また、降下火砕物がフィルタに付着した場合でも取替え又は清掃が可能な構造とすることで、降下火砕物により閉塞しない設計とする。なお、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、降下火砕物により閉塞しない設計とする。

排気筒は、排気筒の排気速度から排気流路が閉塞しない設計とする。

非常用ガス処理系用排気筒は、開口部の配管形状を降下火砕物が侵入しにくい構造とすることにより、閉塞しない設計とする。

排気筒モニタのサンプリング配管の計測口は、排気筒内部に設置するとともに下方から吸い込む構造とすることにより、閉塞しない設計とする。

【個別評価 - 3, 4, 5, 6, 10】

b. 機械的影響（摩耗）

評価対象施設等のうち、機械的影響（摩耗）を考慮すべき降下火砕物を含む空気の流路となる設備は以下である。

(a) 降下火砕物を含む空気の流路となる施設

- ・ディーゼル燃料移送ポンプ
- ・空調換気設備
- ・非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機
- ・非常用ディーゼル発電機吸気系及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機吸気系

ディーゼル燃料移送ポンプは、軸貫通部に対してメカニカルシール等を用いて潤滑剤や内部流体の漏えいがないよう適切に管理することで、降下火砕物が侵入しにくい設計とする。

空調換気設備、非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機については、主要な降下火砕物は砂と同等または砂より硬度が低くもろいことから、摩耗の影響は小さく、かつ構造上の対応として、外気取入口には、フード又はルーバが取り付けられており、下方から吸い込む構造であること、また空気の流路にそれぞれ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し、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。仮に当該設備の内部に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することで、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。

【個別評価 - 3, 4, 5】

c. 化学的影響（腐食）

評価対象施設等のうち、化学的影響（腐食）を考慮すべき降下火砕物を含む空気の流路となる設備は以下である。

(a) 降下火砕物を含む空気の流路となる施設

- ・ディーゼル燃料移送ポンプ
- ・空調換気設備（外気取入口）
- ・非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機
- ・非常用ディーゼル発電機吸気系及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機吸気系

金属腐食研究の結果⁽⁵⁾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。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

【個別評価 - 3, 4, 5】

d. 大気汚染（発電所周辺の大気汚染）

大気汚染を考慮すべき中央制御室は、降下火砕物により汚染された発電所周辺の大気が、中央制御室換気系の外気取入口を通じて中央制御室に侵入しないようバグフィルタを設置することにより、降下火砕物が外気取入口に到達した場合であっても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。

また、中央制御室換気系については、給気隔離弁の閉止及び系統隔離運転モードを可能とすることにより、中央制御室内への降下火砕物の侵入を防止すること、さらに外気取入遮断時において室内の居住性を確保するため、酸素濃度及び二酸化炭素濃度の影響評価を実施することにより、安全機能を損なわない設計とする。

【個別評価 - 5】

e. 電気系及び計装制御系の絶縁低下及び化学的影響（腐食）

評価対象施設等のうち、絶縁低下及び化学的影響（腐食）を考慮すべき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設備は以下である。

(a) 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

- ・計測制御系統施設（安全保護系盤）
- ・計測制御用電源設備（計装用無停電電源設備）
- ・非常用所内電源設備（所内低圧系統）

当該機器の設置場所は、原子炉建物付属棟換気系、中央制御室換気系、原子炉棟換気系により、空調管理されており、本空調換気系の外気取入口には、フィルタを設置していることから、仮に室内に侵入した場合でも降下火砕物は微量であり、粒径は極めて細かな粒子である。

また、中央制御室換気系については、給気隔離弁を閉止し系統隔離運転モードを行うことにより侵入を阻止することも可能である。

バグフィルタの設置により降下火砕物の侵入に対する高い防護性能を有すること、また給気隔離弁の閉止による侵入防止が可能な設計とすることにより、降下火砕物の付着に伴う絶縁低下及び化学的影響（腐食）による影響を防止し、計測制御系統施設（安全保護系盤）、計測制御用電源設備（計装用無停電電源設備）、非常用所内電源設備（所内低圧系統）の安全機能を損なわない設計とする。

【個別評価 - 9】

(3) 屋外及び海水の流路となる評価対象施設等に関する降下火砕物が及ぼす影響に対する設計

a. 構造物への化学的影響（腐食）

評価対象施設等のうち、構造物への化学的影響（腐食）を考慮すべき屋外設備及び建物は以下である。

(a) 建物

- ・原子炉建物
- ・タービン建物
- ・制御室建物
- ・廃棄物処理建物
- ・排気筒モニタ室

(b) 屋外に設置されている施設

- ・海水ポンプ（原子炉補機海水ポンプ、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ）
- ・ディーゼル燃料移送ポンプ
- ・非常用ディーゼル発電機吸気系
- ・排気筒
- ・非常用ガス処理系用排気筒
- ・排気筒モニタ

(c) 降下火砕物の影響を受ける施設であって、その停止等により、外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼし得る施設

- ・非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機排気消音器及び排気管

金属腐食研究の結果⁽⁵⁾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。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

【個別評価 - 1, 2, 3, 4, 6, 10】

b. 水循環系の閉塞、内部における摩耗及び化学的影響（腐食）

(b-1) 水循環系の閉塞について

評価対象施設等のうち、水循環系の閉塞を考慮すべき降下火砕物を含む海水の流路となる設備は以下である。

i 降下火砕物を含む海水の流路となる施設

- ・海水ポンプ（原子炉補機海水ポンプ、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ）
- ・海水ストレーナ（原子炉補機海水ストレーナ、高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ）及び下流設備

ii 降下火砕物の影響を受ける施設であって、その停止等により、外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼし得る施設

- ・取水設備（除じん装置）

海水ポンプについては、降下火砕物は粘土質ではないことから水中で固まり閉塞することはないと、降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設ける設計とするとともに、ポンプ軸受部が閉塞しない設計とする。

海水ストレーナ及び下流設備並びに取水設備（除じん装置）については、降下火砕物は粘土質ではないことから水中で固まり閉塞することはないと、また、降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設ける又は差圧の確認が可能な設計とする。

【個別評価 - 2, 7, 8】

(b-2) 水循環系の内部における摩耗について

評価対象施設等のうち、水循環系の内部における摩耗を考慮すべき降下火砕物を含む海水の流路となる設備は以下である。

i 降下火砕物を含む海水の流路となる施設

- ・海水ポンプ（原子炉補機海水ポンプ、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ）
- ・海水ストレーナ（原子炉補機海水ストレーナ、高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ）及び下流設備

ii 降下火砕物の影響を受ける施設であって、その停止等により、外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼし得る施設

・取水設備（除じん装置）

主要な降下火砕物は砂と同等または砂より硬度が低くもろいことから、設備に与える影響は小さく、また、当該設備については、定期的な内部点検及び日常保守管理により、状況に応じて補修が可能であり、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。

また、水循環系において最も摩耗の影響を受けやすい箇所はライニングが施されていない各熱交換器の伝熱管と考えられるが、発電所の運用期間中において海水取水中に含まれる砂等の摩耗によるトラブルは発生していないこと、及び主要な降下火砕物は砂と同等または砂より硬度が低くもろいことから、降下火砕物による摩耗が設備に影響を与える可能性はない。

【個別評価 - 2, 7, 8】

(b-3) 水循環系の化学的影響（腐食）について

評価対象施設等のうち、水循環系の化学的影響（腐食）を考慮すべき降下火砕物を含む海水の流路となる設備は以下である。

i 降下火砕物を含む海水の流路となる施設

- ・海水ポンプ（原子炉補機海水ポンプ、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ）
- ・海水ストレーナ（原子炉補機海水ストレーナ、高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ）及び下流設備

ii 降下火砕物の影響を受ける施設であって、その停止等により、外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼし得る施設

- ・取水設備（除じん装置）

金属腐食研究の結果⁽⁵⁾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。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

【個別評価 - 2, 7, 8】

c. 電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞・摩耗）及び化学的影響（腐食）

評価対象施設等のうち、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞・摩耗）及び化学的影響（腐食）を考慮すべき設備は以下である。

(a) 降下火砕物を含む空気の流路となる施設

- ・ディーゼル燃料移送ポンプ（電動機）
- ・海水ポンプ（原子炉補機海水ポンプ、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ）（電動機）

ディーゼル燃料移送ポンプ（電動機）は、降下火砕物が侵入しにくい構造とすることで、降下火砕物による機械的影響（閉塞・摩耗）及び化学的影響（腐食）により安全機能を損なわない設計とする。

機械的影響（閉塞）については、海水ポンプ（電動機）本体は外気と遮断された全閉構造であり、空気冷却器冷却管の冷却管内径及び冷却流路は降下火砕物粒径以上の幅を設ける構造とすることで、閉塞しない設計とする。

化学的影響（腐食）については、金属腐食研究の結果⁽⁵⁾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。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

【個別評価 - 2, 4】

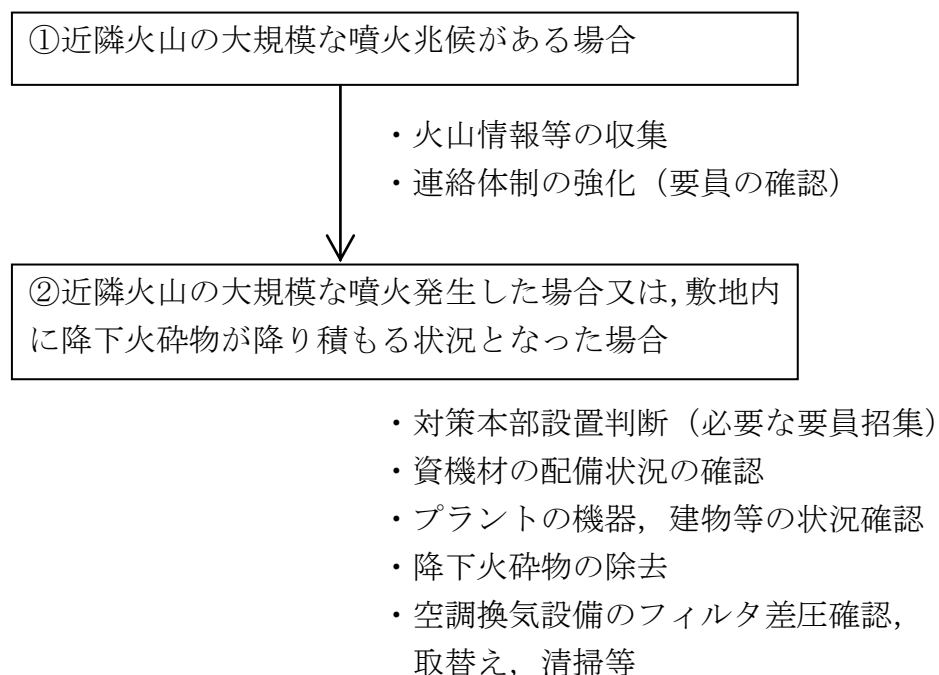
(4) 運用

評価対象施設等に、長期にわたり静的荷重がかかることや化学的影響（腐食）が発生することを避け、安全機能を維持するために、降下火砕物の降灰時の除灰等の対応を適切に実施する方針とする。

以下に降下火砕物の降灰時の除灰等の対応手順を示す。

- a. 降灰が確認された場合には、屋外設備や建物等に長期間降下火砕物の荷重をかけ続けられないこと、また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ために、評価対象施設等に堆積した降下火砕物の除灰を適切に実施する手順を定める。
- b. 降灰が確認された場合には、状況に応じて給気隔離弁の閉止、空調換気設備の停止又は系統隔離運転モードにより、建物内への降下火砕物の侵入を防止する手順を定める。
- c. 降灰が確認された場合には、空調換気設備の外気取入口のフィルタについて、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手順を定める。

また、降下火砕物に備え、手順を整備し、第2.3.4-1図のフローのとおり段階的に対応することとしている。



第2.3.4-1図 降下火砕物に対応するための運用管理フロー

2.3.5 降下火砕物による間接的影響に対する設計方針

降下火砕物による間接的影響として考慮する、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

が生じた場合については、降下火砕物に対して非常用ディーゼル発電機及び高压炉心スプレイ系ディーゼル発電機の安全機能を維持することで、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及び高压炉心スプレイ系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。

2.3.6 参考文献

- (1) (内閣府) 広域的な火山防災対策に係る検討会 (第3回) (資料2)
- (2) 「シラスコンクリートの特徴とその実用化の現状」武若耕司, コンクリート工学, vol. 42, 2004
- (3) 「新編火山灰アトラス[日本列島とその周辺]. 第2刷」町田洋ほか, 東京大学出版会, 2011
- (4) 「理科年表 (2017)」国立天文台編
- (5) 「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, 1990

島根原子力発電所 2 号炉

火山影響評価について

第六条 外部からの衝撃による損傷の防止（火山）

<目次>

1. 基本方針
 - 1.1 概要
 - 1.2 火山影響評価の流れ
 - 1.3 火山活動のモニタリングの流れ
2. 立地評価
 - 2.1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出
 - 2.2 運用期間における火山活動に関する個別評価
3. 火山活動のモニタリング
 - 3.1 火山影響評価の根拠が維持されていることの確認を目的とした火山活動のモニタリング
4. 影響評価
 - 4.1 火山事象の影響評価
 - 4.2 火山事象（降下火砕物）に対する設計の基本方針
 - 4.3 安全施設のうち評価対象施設の抽出
 - 4.4 降下火砕物による影響の選定
 - 4.5 設計荷重の設定
 - 4.6 降下火砕物に対する設計
 - 4.7 降下火砕物の除去等の対策
5. まとめ

補足資料

- 1：「原子力発電所の火山影響評価ガイド」との整合性について
- 2：降下火砕物の特徴及び影響モードと、影響モードから選定された影響因子に対し影響を受ける評価対象施設等の組合せについて
- 3：降下火砕物による摩耗について
- 4：塗装による降下火砕物の化学的影響（腐食）について
- 5：降下火砕物による送電鉄塔への影響について
- 6：降下火砕物による非常用ディーゼル発電機の給気フィルタへの影響について
- 7：アイスランド火山を用いる基本的考え方とセントヘレンズ火山による影響評価について
- 8：降下火砕物の侵入による非常用ディーゼル機関空気冷却器への影響について
- 9：降下火砕物の侵入による非常用ディーゼル発電機の潤滑油への影響について
- 10：降下火砕物のその他設備への影響評価について
- 11：降下火砕物の金属腐食研究について

- 12：計測制御系統施設（安全保護系盤），計測制御用電源設備（計装用無停電電源設備）及び非常用所内電源設備（所内低圧系統）への影響について
- 13：降下火砕物の除灰に要する時間について
- 14：降下火砕物降灰時のフィルタ取替等の手順について
- 15：観測された諸噴火の最盛期における噴出率と継続時間について
- 16：重大事故等対処設備への考慮について
- 17：燃料貯蔵タンクから燃料移送ラインについて
- 18：水質汚染に対する補給水等への影響について
- 19：主荷重と組み合わせる場合の積雪荷重の考え方について
- 20：原子炉建物の屋根トラス部材の健全性評価について
- 21：タービン建物の屋根トラス部材の健全性評価について
- 22：気中降下火砕物対策に係る検討について

1. 基本方針

1.1 概要

原子力規制委員会の定める「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成 25 年 6 月 28 日原子力規制委員会規則第五号）」第六条において、外部からの衝撃による損傷防止として、「安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。」としており、「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の解釈」第 6 条において、敷地の自然環境をもとに想定される自然現象の一つとして、火山の影響を挙げている。

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、火山影響評価を行い、発電用原子炉施設へ影響を与えないことを評価する。

1.2 火山影響評価の流れ

火山影響評価は、1.2(1)および(2)に示す立地評価と影響評価の 2 段階で行う。

また、火山影響評価のほか、評価時からの状態の変化の検知により評価の根拠が維持されていることを確認する目的として、1.3 のとおり評価を行う。

火山影響評価の基本フローを第 1.1 図に示す。

(1) 立地評価

立地評価では、まず原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出を行う。具体的には、原子力発電所の地理的領域において第四紀に活動した火山（以下「第四紀火山」という。）を抽出し（第 1.1 図①）、その中から、完新世に活動があった火山（第 1.1 図②）及び完新世に活動を行っていないものの将来の活動可能性が否定できない火山（第 1.1 図③）は、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として個別評価対象とする。

原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した火山について原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価を行い、設計対応が不可能な火山事象が原子力発電所に影響を及ぼす可能性が十分小さいと評価した場合は、原子力発電所に影響を与える可能性のある火山事象の抽出とその影響評価を行う。

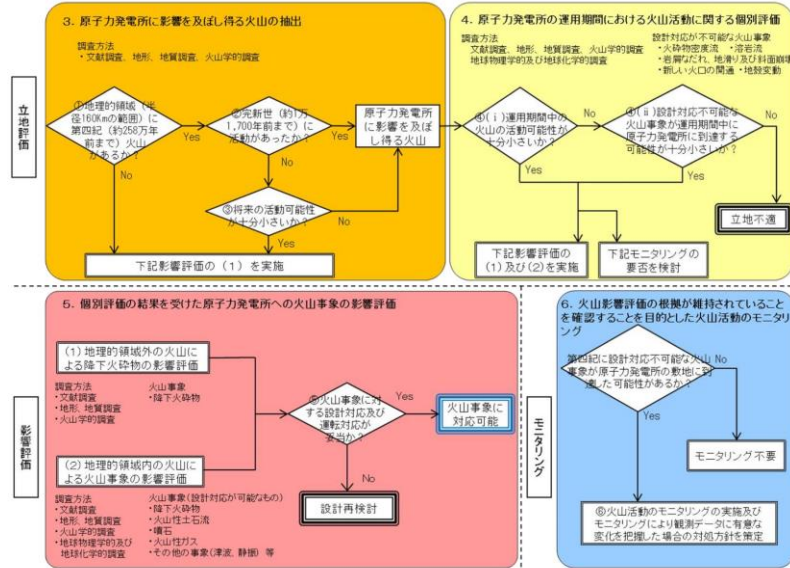
(2) 影響評価

立地評価として実施した個別評価において立地が不適とならない場合は、原子力発電所の安全性に影響を与える可能性のある火山事象を抽出し、各火山事象に対する設計対応及び運転対応の妥当性について評価を行う（第 1.1 図⑤）。

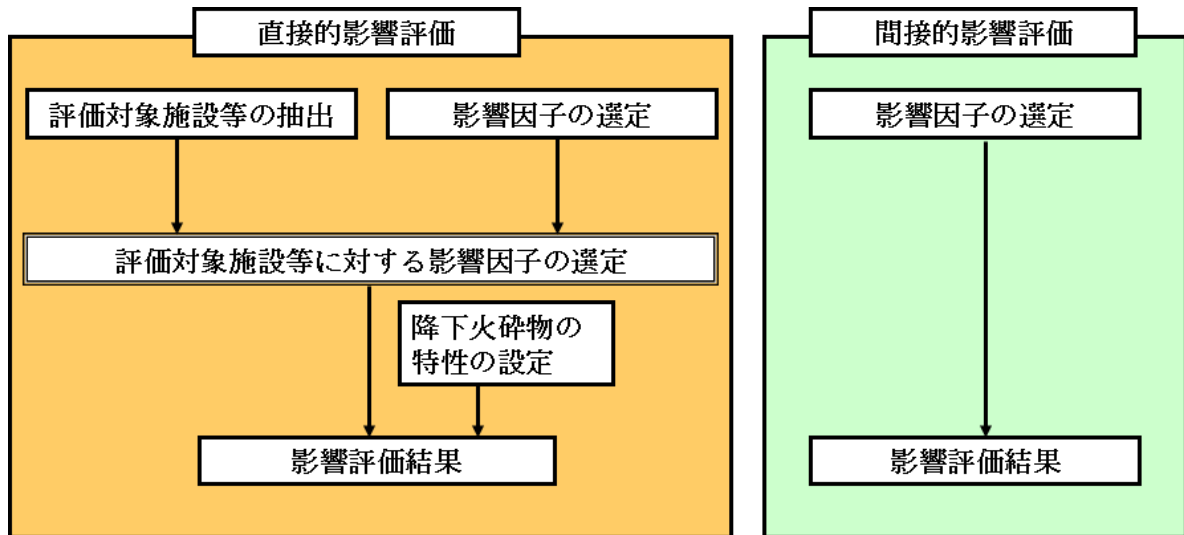
ただし、火山事象のうち降下火砕物に関しては、原子力発電所の敷地及びその周辺調査から求められる単位面積当たりの質量と同等の火砕物が降下する

ものとする。なお、敷地及び敷地周辺で確認された降下火砕物の噴出源である火山事象が同定でき、これと同様の火山事象が原子力発電所の運用期間中に発生する可能性が十分に小さい場合は考慮対象から除外する。

影響評価の詳細フローは第 1.2 図に示す。



第 1.1 図 火山影響評価の基本フロー
「原子力発電所の火山影響評価ガイド」から抜粋



第 1.2 図 影響評価のフロー

1.3 火山活動のモニタリングの流れ

立地評価において実施した個別評価により原子力発電所の運用期間中において設計対応が不可能な火山事象が原子力発電所に影響を及ぼす可能性が十分に小さいと評価した火山であっても、この評価とは別に、第四紀に設計対応不可能な火山事象が原子力発電所の敷地に到達した可能性が否定できない火山

に対しては、評価時からの状態の変化の検知により評価の根拠が維持されていることを確認することを目的として、運用期間中のモニタリングの実施方針及びモニタリングにより観測データの有意な変化を把握した場合の対処方針を策定する（第 1.1 図⑥）。

2. 立地評価

2.1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

地理的領域内に分布する第四紀火山（24 火山）について、完新世における活動の有無等を確認し、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山（以下、「検討対象火山」という。）を抽出した。

その結果、^{さんべさん}三瓶山、^{だいこんじま}大根島、^{もりたやま}シゲグリ、^{めんがめやま}森田山、^{ほうじょうはちまん}女亀山、^{かわもと}北条八幡、^{かのもと}川本、^{まきはら}榎原、^{こおげ}郡家、^{さぼう}佐坊、^{おおや}大屋・轟、^{とどろき}上佐野・目坂、^{かみさの}和久羅山、^{めさか}大山、^{わくらやま}倉吉、^{だいせん}隠岐島後、^{みかたかざんぐん}美方火山群及び^{かんなべかざんぐん}神鍋火山群の18火山を検討対象火山として評価した。

なお、降下火砕物（火山灰）（以下、「降下火砕物」という。）については、地理的領域外の火山も確認し、^{うつりょうとう}鬱陵島（韓国領）等について、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した。

2.2 運用期間における火山活動に関する個別評価

検討対象火山として評価した18火山を対象として、文献調査に基づき、運用期間における火山活動に関する設計対応不可能な火山事象（火砕物密度流、溶岩流、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊、新しい火口の開口、地殻変動）の個別評価を行った。

火砕物密度流については、地質調査の結果、敷地には、検討対象火山を起源とする火砕物堆積物は確認されていない。文献調査の結果、確認されている最大到達距離は、検討対象火山と敷地との距離よりも十分小さいことから、原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価した。

溶岩流、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊については、地質調査の結果、敷地には、検討対象火山を起源とする火山噴出物は確認されていない。また、文献調査の結果、確認されている溶岩・火砕物堆積物の最大到達距離は、検討対象火山と敷地との距離よりも十分小さいことから、原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価した。

新しい火口の開口については、文献調査の結果、敷地と活火山である三瓶山は約55kmと十分な距離があり、また、敷地近傍では熱水活動及び深部低周波地震が認められないことから、原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価した。

地殻変動については、文献調査の結果、新しい火口の開口による敷地への影響はないことから、原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価した。

以上の検討結果より，原子力発電所の運用期間に設計対応不可能な火山事象が，発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価した。

3. 火山活動のモニタリング

3.1 火山影響評価の根拠が維持されていることの確認を目的とした火山活動のモニタリング

第四紀に設計対応不可能な火山事象が原子力発電所の敷地に到達しておらず，モニタリング対象とする火山はない。

4. 影響評価

4.1 火山事象の影響評価

検討対象火山について，島根原子力発電所2号炉の運用期間中の噴火規模を考慮し，それが噴火した場合，原子力発電所の安全機能に影響を及ぼし得る火山事象を抽出した結果，降下火砕物のみが島根原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象であるという結果となった。

発電所運用期間中に，このような規模の降下火砕物が敷地周辺に生じる蓋然性を確認するため，文献，地質調査，降下火砕物シミュレーション及び敷地周辺の層厚を踏まえた検討を実施した。評価対象火山は，発電所敷地からの位置関係，過去の噴火規模を考慮して，大山及び三瓶山を対象火山として詳細評価を実施した。想定する降下火砕物堆積量は，敷地周辺の層厚等を考慮し，降下火砕物堆積量を56cmと設定する。

そのほか得られた降下火砕物の特性を第1.1表に示す。なお，鉛直荷重については，湿潤状態の降下火砕物に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を考慮した値を踏まえ設定する。

第1.1表 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：1.5g/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

$$= (56\text{cm} \times 1500\text{kg/m}^3 \times 9.80665\text{m/s}^2) + (35\text{cm}^{*\text{2}} \times 20\text{N}/(\text{m}^2 \cdot \text{cm})^{*\text{3}})$$

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

※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1 cm 当たり 20N/m²）

4.2 火山事象（降下火砕物）に対する設計の基本方針

検討対象火山について、島根原子力発電所2号炉の運用期間中の噴火規模を考慮し、それが噴火した場合、原子力発電所の安全機能に影響を及ぼし得る火山事象を抽出した結果、降下火砕物のみが島根原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象であるという結果となった。

降下火砕物の影響により安全機能を損なわないよう、降下火砕物の影響を設計に考慮すべき施設（以下「評価対象施設」という。）を抽出し、評価対象施設の安全機能を損なわない設計とする。以下に火山事象に対する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及び高圧炉心スプレイ系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。

4.3 安全施設のうち評価対象施設の抽出

「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成25年6月28日原子力規制委員会規則第五号）」第六条において、外部からの衝撃による損傷の防止として、「安全施設は、想定される自然現象が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。」とされている。

設置許可基準規則第六条における安全施設とは、「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に該当する構築物、系統及び機器（以下「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」という。）を指していることから、降下火砕物によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、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、系統及び機器とする。

また、以下の点を踏まえ、降下火砕物によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設のうち、外部事象防護対象施設は、外部事象に対し必要な構築物、系統及び機器（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、燃料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物とする。

- ・ 降下火砕物襲来時の設備損傷状況を踏まえ、必要に応じプラント停止の措置をとること
- ・ プラント停止後は、その状態を維持することが重要であること

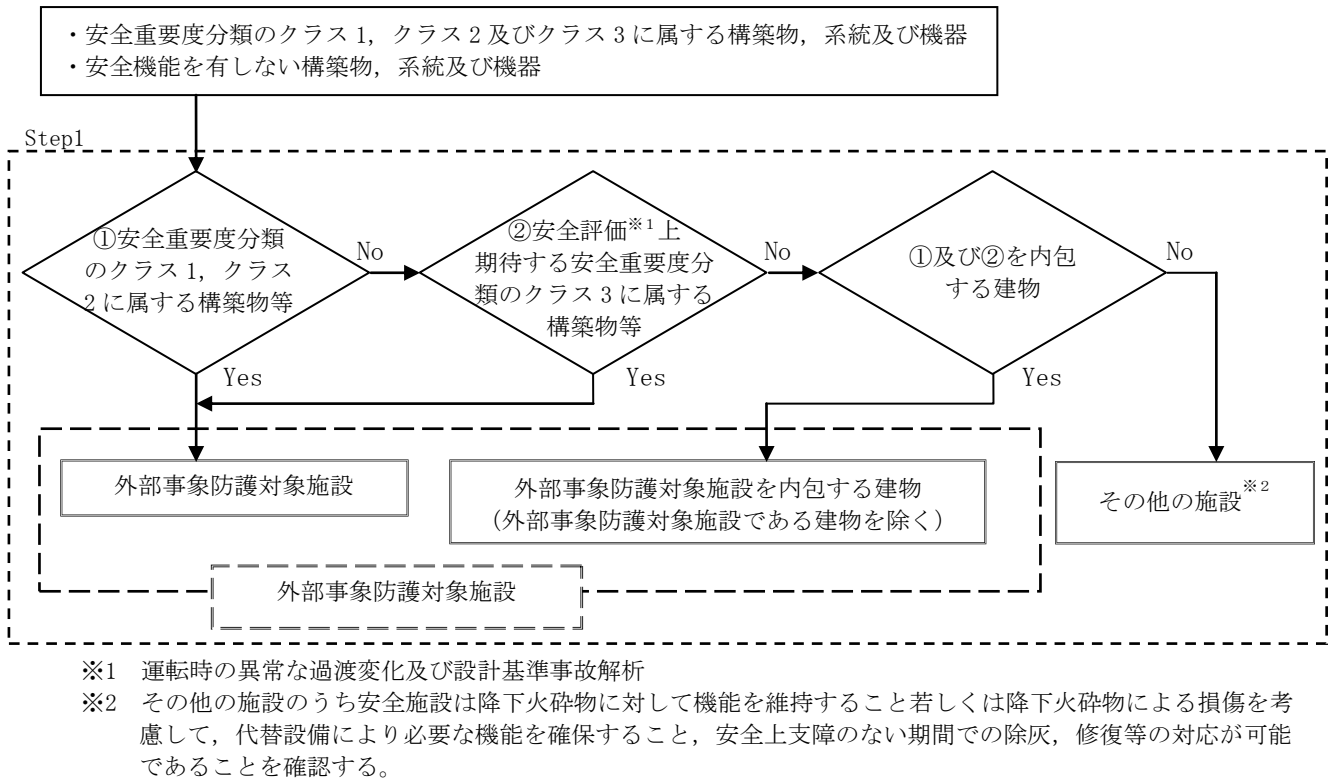
その上で、外部事象防護対象施設のうち、屋内設備は内包する建物により防護する設計とし、評価対象施設を、屋外設備、建物及び屋外との接続がある設備(屋外に開口している設備、海水の流路となる設備又は外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する設備)に分類し、抽出する。また、評価対象施設及び外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼし得る施設を評価対象施設等という。

なお、上記以外の安全施設については、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、又は、それらを適切に組み合わせることで、その安全機能を損なわない設計とする。

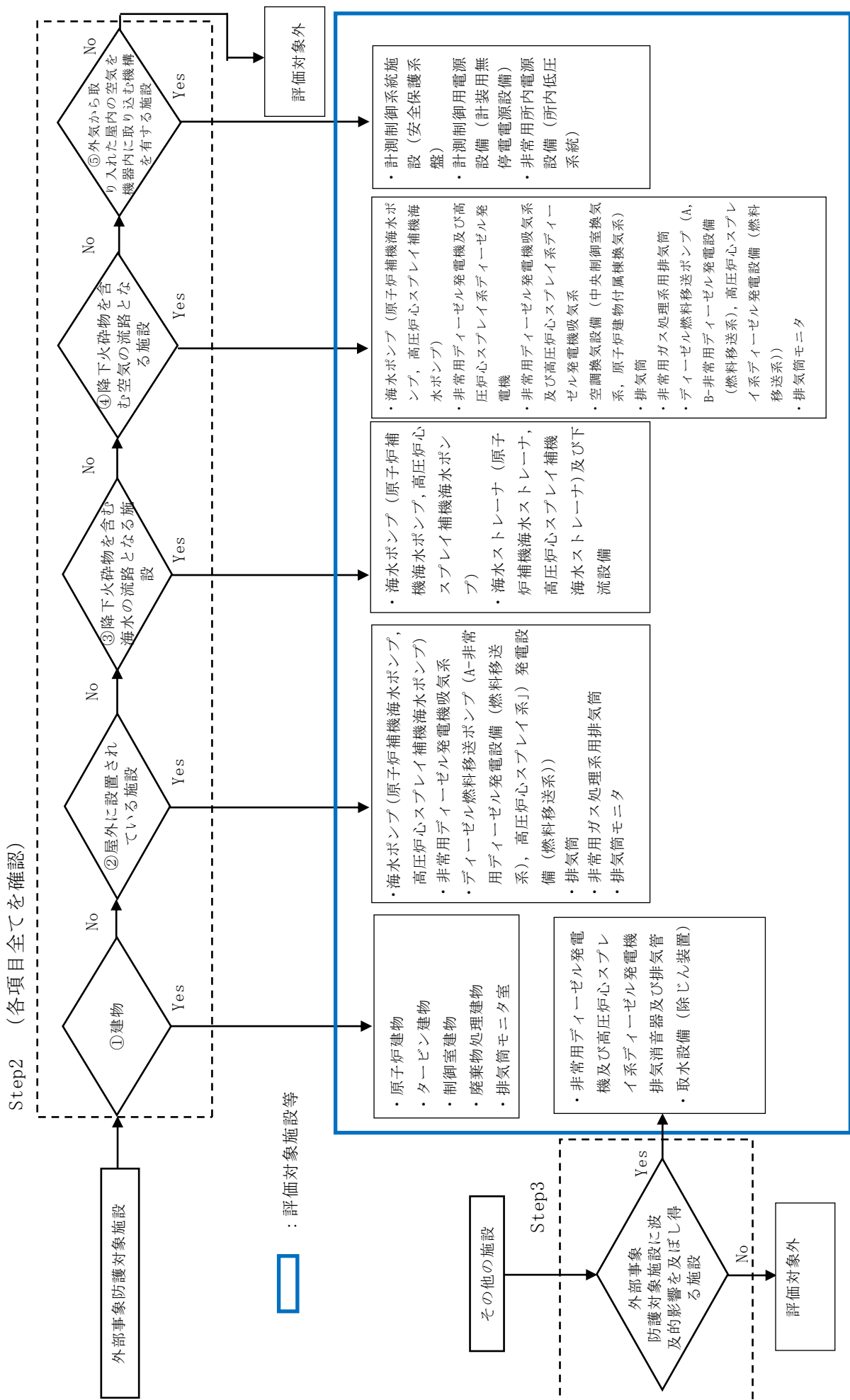
以上を踏まえた、評価フローを第1.3図に示す。評価フローに基づき抽出した評価対象施設等を第1.2表及び第1.3表に示すとともに、評価対象施設等の設置場所を第1.4図に示す。

また、設置許可基準規則第四十三条の要求を踏まえ、設計基準事象によって、設計基準事故対処設備の安全機能と重大事故等対処設備の機能が同時に損なわれることがないことを確認するとともに、重大事故等対処設備の機能が喪失した場合においても、外殻となる建物による防護に期待できる代替手段等により必要な機能を維持できることを確認する。(補足資料-16)

なお、降下火砕物に対する重大事故等対処設備の設計方針は、設置許可基準規則第四十三条(重大事故等対処設備)にて考慮する。



第 1.3-1 図 外部事象防護対象施設評価フロー



第 1.3-2 図 評価対象施設等の抽出フロー

第 1.2 表 評価対象施設等

	設備区分	評価対象施設等
外部事象防護対象施設	建物	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉建物 ・タービン建物 ・制御室建物 ・廃棄物処理建物 ・排気筒モニタ室
	屋外に設置されている施設	<ul style="list-style-type: none"> ・海水ポンプ（原子炉補機海水ポンプ， 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ） ・非常用ディーゼル発電機吸気系 ・ディーゼル燃料移送ポンプ（Aー非常用ディーゼル発電設備（燃料移送系）， 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備（燃料移送系）） ・排気筒 ・非常用ガス処理系用排気筒 ・排気筒モニタ
	降下火砕物を含む海水の流路となる施設	<ul style="list-style-type: none"> ・海水ポンプ（原子炉補機海水ポンプ， 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ） ・海水ストレーナ（原子炉補機海水ストレーナ， 高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ）及び下流設備
	降下火砕物を含む空気の流路となる施設	<ul style="list-style-type: none"> ・海水ポンプ（原子炉補機海水ポンプ， 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ） ・非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機 ・非常用ディーゼル発電機吸気系及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機吸気系 ・空調換気設備（中央制御室換気系， 原子炉建物付属棟換気系） ・排気筒 ・非常用ガス処理系用排気筒 ・ディーゼル燃料移送ポンプ（A， Bー非常用ディーゼル発電設備（燃料移送系）， 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備（燃料移送系）） ・排気筒モニタ
	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"> ・計測制御系統施設（安全保護系盤） ・計測制御用電源設備（計装用無停電電源設備） ・非常用所内電源設備（所内低圧系統）
外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼし得る施設		<ul style="list-style-type: none"> ・非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機排気消音器及び排気管 ・取水設備（除じん装置）

第 1.3 表 評価対象施設等の抽出

(1/13)

重要度分類指針			島根原子力発電所 2 号炉		設置場所※ 1	降下火砕物の影響を受ける設備（屋外の施設、屋外に開口している施設、海水の流路となる施設、屋内の空気を機器内に取り込む施設）
分類	定義	機能	構築物、系統又は機器			
PS-1	その損傷又は故障により発生する事象によって、 (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（計装等の小口径配管・機器は除く。）	原子炉圧力容器	R/B	—
				原子炉再循環系ポンプ	R/B	—
				配管・弁	R/B	—
				隔離弁	R/B	—
				制御棒駆動機構ハウジング	R/B	—
				中性子束計装管ハウジング	R/B	—
		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	R/B	—
		3) 炉心形状の維持機能	炉心支持構造物（炉心シュラウド、シュラウドサポート、上部格子板、炉心支持板、燃料支持金具、制御棒案内管）、燃料集合体（ただし、燃料を除く。）	炉心シュラウド	R/B	—
				シュラウドサポート	R/B	—
				上部格子板	R/B	—
				炉心支持板	R/B	—
				燃料支持金具	R/B	—
制御棒案内管	R/B			—		
制御棒駆動機構ハウジング	R/B			—		
燃料集合体（上部タイププレート、下部タイププレート、スパーサ、チャンネルボックス）	R/B	—				
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	R/B	—
				制御棒案内管	R/B	—
				制御棒駆動機構	R/B	—
				水圧制御ユニット（スクラムパイロット弁、スクラム弁、アキュムレータ、窒素容器、配管・弁）	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	R/B	—
				制御棒カップリング	R/B	—
				制御棒駆動機構カップリング	R/B	—
				制御棒駆動機構ハウジング	R/B	—
				制御棒駆動機構	R/B	—
		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）	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（安全弁開機能）	R/B	—

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

重要度分類指針			島根原子力発電所2号炉		設置場所 ^{※1}	降下火砕物の影響を受ける設備（屋外の施設、屋外に開口している施設、海水の流路となる施設、屋内の空気を機器内に取り込む施設）
分類	定義	機能	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	4) 原子炉停止後の除熱機能	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、高圧炉心スプレイ系、逃がし安全弁(手動逃がし機能)、自動減圧系(手動逃がし機能))	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)	R/B	—
				残留熱除去系(サブプレッショ ン・プール水冷却モード)	R/B	—
				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)	R/B	—
				タービンへの蒸気供給配管・弁	R/B	—
				潤滑油冷却器及びその冷却器 までの冷却水供給配管	R/B	—
				高圧炉心スプレイ系(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 スパージャ、ポンプミニマムフ ローライン配管・弁、サブレッ ション・プールストレナ)	R/B	—
				逃がし安全弁(手動逃がし機 能)	R/B	—
				原子炉圧力容器から逃がし安 全弁までの主蒸気配管	R/B	—
				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	R/B	—
				自動減圧系弁(手動逃がし機 能)	R/B	—
				原子炉圧力容器から逃がし安 全弁までの主蒸気配管	R/B	—
				逃がし安全弁	R/B	—
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	—				

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

重要度分類指針			島根原子力発電所2号炉		設置場所 ^{※1}	降下火砕物の影響を受ける設備（屋外の施設、屋外に開口している施設、海水の流路となる施設、屋内の空気を機器内に取り込む施設）
分類	定義	機能	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	5) 炉心冷却機能	非常用炉心冷却系(低圧炉心スプレィ系, 低圧注水系, 高圧炉心スプレィ系, 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・プールストレナ)	R/B	—
				高圧炉心スプレィ系（ポンプ, サプレッション・プール, サプレッション・プールからスプレィ先までの配管・弁, スプレィスパーージャ, ポンプミニマムフローライン配管・弁, サプレッション・プールストレナ)	R/B	—
				低圧炉心スプレィ系（ポンプ, サプレッション・プール, サプレッション・プールからスプレィ先までの配管・弁, スプレィスパーージャ, ポンプミニマムフローライン配管・弁, サプレッション・プールストレナ)	R/B	—
				自動減圧系（逃がし安全弁）	R/B	—
				原子炉圧力容器から逃がし安全弁までの主蒸気配管	R/B	—
				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）	R/B	—
				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ィ冷却系, 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	原子炉格納容器（格納容器本体, 貫通部（ベネトレーション）, 所員用エアロック, 機器搬入ハッチ）	R/B
		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	ベント管	R/B	—
				スプレィ管	R/B	—
				真空破壊弁	R/B	—
				逃がし安全弁排気管のクエンチャ	R/B	—
		原子炉建物（原子炉建物原子炉棟）	—	○		
原子炉格納容器隔離弁及び格納容器バウンダリ配管	R/B	—				
原子炉建物常用空調換気系隔離弁	R/B	—				

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

重要度分類指針			島根原子力発電所2号炉		設置場所 ^{※1}	降下火砕物の影響を受ける設備（屋外の施設、屋外に開口している施設、海水の流路となる施設、屋内の空気を機器内に取り込む施設）			
分類	定義	機能	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	6) 放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能	原子炉格納容器、原子炉格納容器隔離弁、原子炉格納容器スプレイ冷却系、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	主蒸気隔離弁アキュムレータ、主蒸気隔離弁アキュムレータから主蒸気隔離弁までの配管・弁	R/B	—			
				主蒸気流量制限器	R/B	—			
				残留熱除去系（格納容器冷却モード）（ポンプ、熱交換器、サブプレッション・プール、サブプレッション・プールからスプレイ先（ドライウェル及びサブプレッション・プール気層部）までの配管・弁、格納容器スプレイ・ヘッド（ドライウェル及びサブプレッション・プール）、ポンプミニマムフローライン配管・弁、サブプレッション・プールのトレーナ）	R/B	—			
				非常用ガス処理系（排風機、フィルタ装置、原子炉建物原子炉棟吸込口から排気筒頂部までの配管・弁、乾燥装置（乾燥機能部分））	R/B, T/B, 屋外	○			
				排気筒（非常用ガス処理系排気管の支持機能）	屋外	○			
				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）	R/B	—			
				残留熱除去系（再結合装置への冷却水供給を司る部分）	R/B	—			
				遮へい設備（原子炉遮へい壁、一次遮へい壁、二次遮へい壁）	R/B	—			
				2) 安全上必須なその他の構築物、系統及び機器	1) 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	原子炉保護系	R/B, T/B, Rw/B, C/B	—
							工学的安全施設作動系	R/B, T/B, Rw/B, C/B	—
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（いずれも、MS-1 関連のもの）	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		○				
		非常用ディーゼル室送風機	R/B		○				
		燃料移送系（ディーゼル燃料貯蔵タンクからディーゼル機関まで）	R/B, 屋外		—				
		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）	R/B		—				
		吸気系	R/B		○				
		冷却水系	R/B		—				

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

重要度分類指針			島根原子力発電所2号炉		設置場所 ^{※1}	降下火砕物の影響を受ける設備（屋外の施設、屋外に開口している施設、海水の流路となる施設、屋内の空気を機器内に取り込む施設）
分類	定義	機能	構築物、系統又は機器			
MS-1	2) 安全上必要なその他の構築物、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（いずれも、MS-1 関連のもの）	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	○
				高圧炉心スプレイ系ディーゼル室送風機	R/B	○
				燃料移送系（ディーゼル燃料貯蔵タンクからディーゼル機関まで）	R/B, 屋外	—
				始動用空気系（始動用空気ため（自動供給）からディーゼル機関まで）	R/B	—
				吸気系	R/B	○
				冷却水系	R/B	—
				中央制御室及び中央制御室遮へい	C/B	○
				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」（非常用再循環送風機、非常用再循環処理装置、空調ユニット、送風機、排風機、ダクト及びダンパ）	C/B, Rw/B	○
				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）	R/B, Rw/B	—
				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）	R/B	—
				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））	R/B, T/B, 屋外	○
				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））	R/B, T/B, 屋外	○
				取水路（屋外トレンチ含む）	屋外	—
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電路（MS-1 関連））	R/B, C/B, Rw/B	—				
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電路（MS-1 関連））	R/B, C/B, Rw/B	—				

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

重要度分類指針			島根原子力発電所2号炉		設置場所 ^{※1}	降下火砕物の影響を受ける設備（屋外の施設、屋外に開口している施設、海水の流路となる施設、屋内の空気を機器内に取り込む施設）
分類	定義	機能	構築物、系統又は機器			
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築物、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。）	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）	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）	R/B	—
				主蒸気系（格納容器隔離弁の外側）	R/B, T/B	—
				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）	R/B	—
		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	放射性廃棄物処理施設（放射能インベントリの大きいもの）、燃料プール（使用済燃料貯蔵ラックを含む。）	排ガス処理系（活性炭式希ガスホールドアップ装置）	Rw/B	—
				燃料プール（使用済燃料貯蔵ラックを含む）	R/B	—
				新燃料貯蔵庫「臨界を防止する機能」（新燃料貯蔵ラック）	R/B	—
		3) 燃料を安全に取り扱う機能	燃料取扱設備	燃料取替機	R/B	—
原子炉ウエル	R/B			—		
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築物、系統及び機器	1) 安全弁及び逃がし弁の吹き止まり機能	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	—	
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) 燃料プール水の補給機能	非常用補給水系	残留熱除去系（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、サブプレッション・プールのトレーナ）	R/B	—

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

重要度分類指針			島根原子力発電所2号炉		設置場所*1	降下火砕物の影響を受ける設備（屋外の施設、屋外に開口している施設、海水の流路となる施設、屋内の空気を機器内に取り込む施設）
分類	定義	機能	構築物、系統又は機器			
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小さくするようにする構築物、系統及び機器	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筒の支持機能以外）	排ガス処理系隔離弁	T/B	—
				排気筒（非常用ガス処理系排気筒の支持機能以外の部分）	屋外	○
				燃料プール冷却系の燃料プール入口逆止弁	R/B	—
				原子炉建物（原子炉建物原子炉棟）	—	○
				非常用ガス処理系（排風機、フィルタ装置、原子炉建物原子炉棟吸込口から排気筒頂部までの配管・弁、乾燥装置（乾燥機能部分））	R/B, T/B, 屋外	○
				排気筒（非常用ガス処理系排気筒の支持機能以外）	屋外	○
	2) 異常状態への対応上特に重要な構築物、系統及び機器	1) 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	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	—
				原子炉水位（広帯域、燃料域）、原子炉圧力	R/B, C/B, Rw/B	—
				原子炉格納容器圧力、格納容器エリア放射線量率（高レンジ）、サブプレッション・プール水温	R/B, C/B, Rw/B	—
				「低温停止への移行」 原子炉圧力、原子炉水位（広帯域） 「ドライウェルスプレイ」 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）、サブプレッション・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	R/B, C/B, Rw/B	—
2) 異常状態の緩和機能	3) 制御室外からの安全停止機能	BWRは対象外	—	—		
		制御室外原子炉停止装置（安全停止に関連するもの）	中央制御室外原子炉停止系	R/B	—	

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

重要度分類指針			島根原子力発電所2号炉		設置場所※1	降下火砕物の影響を受ける設備（屋外の施設、屋外に開口している施設、海水の流路となる施設、屋内の空気を機器内に取り込む施設）
分類	定義	機能	構築物、系統又は機器			
MS-2	3) 安全上必須な構築物、系統及び機器（当該系の信頼性上必要な機能を有する構築物、系統及び機器	3) 安全上特に重要な構築物、系統及び機器（当該系の間接関連系	残留熱を除去する系統	原子炉棟空調換気系（高圧炉心スプレイ系の間接関連系）	R/B	—
				原子炉棟空調換気系（残留熱除去系（原子炉停止時冷却モード）の間接関連系）	R/B	—
			非常用炉心冷却系	原子炉棟空調換気系（高圧炉心スプレイ系の間接関連系）	R/B	—
				原子炉棟空調換気系（低圧炉心スプレイ系の間接関連系）	R/B	—
				原子炉棟空調換気系（残留熱除去系（低圧スプレイモード）の間接関連系）	R/B	—
			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、原子炉建物、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	原子炉棟空調換気系（格納容器スプレイ系（格納容器スプレイ冷却モード）の間接関連系）	R/B	—
				非常用ガス処理系の間接関連系	R/B	—
				可燃性ガス濃度制御系の間接関連系	R/B	—
			非常用所内電源系、制御室及びその遮蔽・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）	原子炉建物付属棟空調換気系（非常用所内電源系の間接関連系）	R/B	○
				非常用所内電源系の間接関連系	ディーゼル燃料貯蔵タンク室、ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽、R/B、屋外	○

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

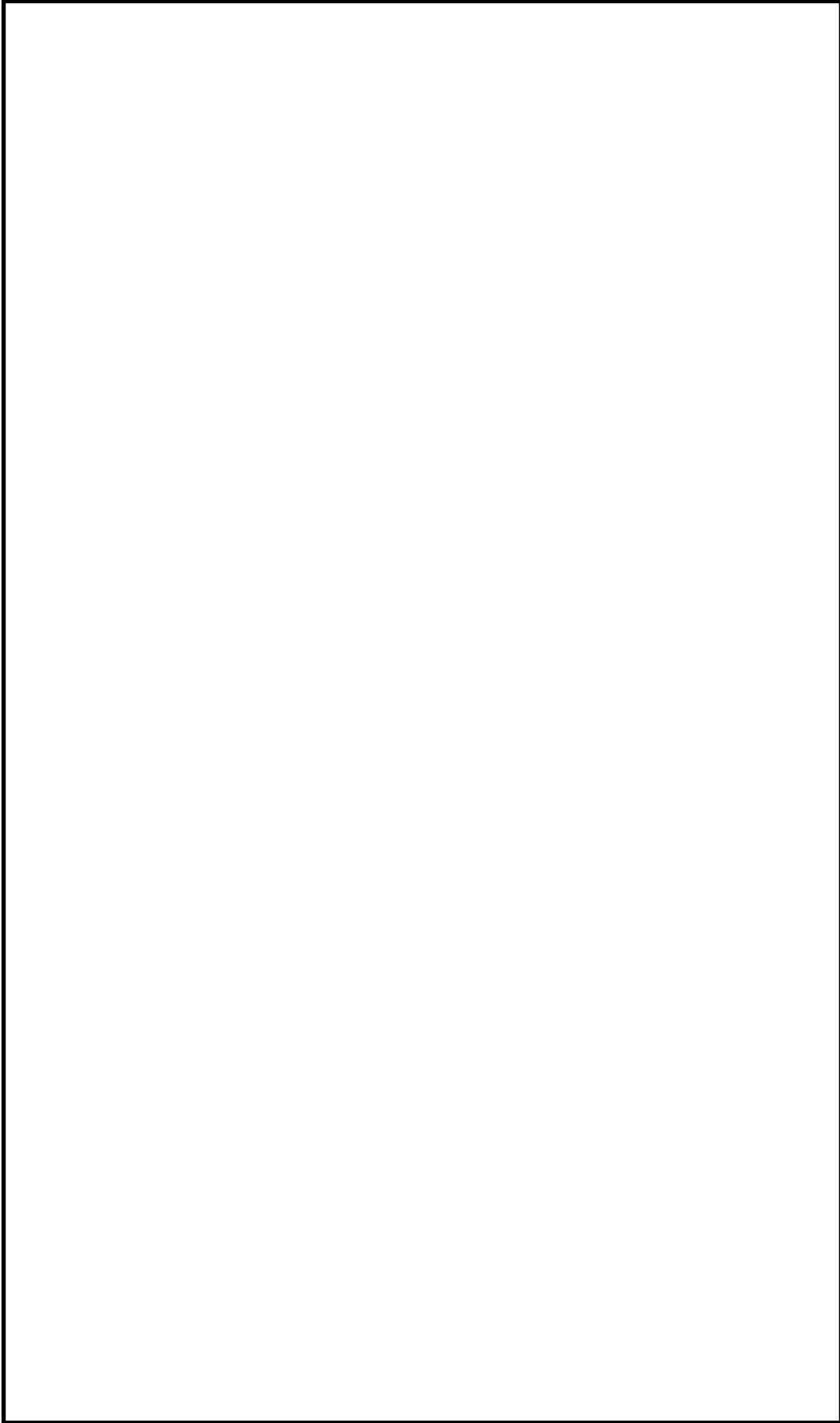
重要度分類指針			島根原子力発電所2号炉			設置場所	降下火砕物に対して機能維持する。若しくは、降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での補修等の対応可能	その停止等により上位の安全重要度の設備の運転に影響を及ぼす可能性のある屋外の施設	
分類	定義	機能	構築物、系統又は機器						
PS-3	1) 異常状態の起因事象となるものであって、PS-1及びPS-2以外の構造物、系統及び機器	1) 原子炉冷却材保持機能 (PS-1, PS-2 以外のもの)	計装配管, 試料採取管	原子炉冷却材圧力バウンダリから除外される小口径配管・弁	計装配管・弁	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	
					試料採取系配管・弁				
					ドレン配管・弁				
					ベント配管・弁				
		2) 原子炉冷却材の循環機能	原子炉冷却材再循環系	原子炉再循環系ポンプ			屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-
				配管・弁					
				ライザ管 (炉内) ジェットポンプ					
		3) 放射性物質の貯蔵機能	サブレーション・プール水排水系, 復水貯蔵タンク, 放射性廃棄物処理施設 (放射能インベントリの小さいもの)	復水貯蔵タンク			屋外	○ (適切な除灰対応により、機能維持可能)	-
				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))			屋内 屋外	○ (適切な除灰対応により、機能維持可能)	-
		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	発電機及びその励磁装置			屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-
				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									
タービングランド蒸気系									
タービン潤滑油系 (配管・弁等)									
抽気系 (配管・弁等)									
タービンヒータベント系 (配管・弁)									
タービンヒータドレン系 (配管・弁等)									
補助蒸気系									

重要度分類指針			島根原子力発電所2号炉		設置場所	降下火砕物に対して機能維持する。若しくは、降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での補修等の対応可能	その停止等により上位の安全重要度の設備の運転に影響を及ぼす可能性のある屋外の施設
分類	定義	機能	構築物、系統又は機器				
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	復水系(復水器, 復水ポンプ, 配管・弁)	屋内	○ (屋内設備のため, 影響なし)	-
				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)	屋外	○ (補修を実施)	-
				取水設備(屋外トレンチ含む)	屋外	○ (閉塞等に対して, 影響のないことを確認)	評価対象施設として抽出(除じん装置)
				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))	屋内	○ (屋内設備のため, 影響なし)	-
				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	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)	-
				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)	屋内	○ (屋内設備のため, 影響なし)	-		
原子炉制御系(制御棒価値ミニマイザを含む)							
原子炉核計装の一部							
原子炉核計装, 原子炉プラントプロセス計装	原子炉プラントプロセス計装の一部	屋内	○ (屋内設備のため, 影響なし)	-			
原子炉核計装, 原子炉プラントプロセス計装							
6) プラント運転補助機能	所内ボイラ, 計装用圧縮空気系	補助ボイラ設備(補助ボイラ, 給水タンク, 給水ポンプ, 配管・弁)	屋内	○ (補修を実施)	-		
		油系統(重油サービスタンク, 重油ポンプ, 配管・弁)	屋外				

重要度分類指針			島根原子力発電所2号炉		設置場所	降下火砕物に対して機能維持する、若しくは、降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での補修等の対応可能	その停止等により上位の安全重要度の設備の運転に影響を及ぼす可能性のある屋外の施設
分類	定義	機能	構築物、系統又は機器				
PS-3	1) 異常状態の起回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	6) プラント運転補助機能	所内ボイラ、計装用圧縮空気系	所内蒸気系（配管・弁）	屋内 屋外	○ (補修を実施)	—
				計装用圧縮空気設備（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）	屋内	○ (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）	屋内	タービン補機冷却水系（ポンプ、熱交換器、配管・弁、サージタンク）	○ (屋内設備のため、影響なし)	—
					タービン補機冷却海水系（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	屋外	○ (適切な除灰対応により、機能維持可能)	—
			2) 原子炉冷却材中放射性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射防止機能	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）			屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	—
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	○ (屋内設備のため、影響なし)	—
				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			
				タービンバイパス弁			
				原子炉圧力容器からタービンバイパス弁までの主蒸気配管			
				タービンバイパス弁アキュムレータ、タービンバイパス弁アキュムレータからタービンバイパス弁までの配管・弁			

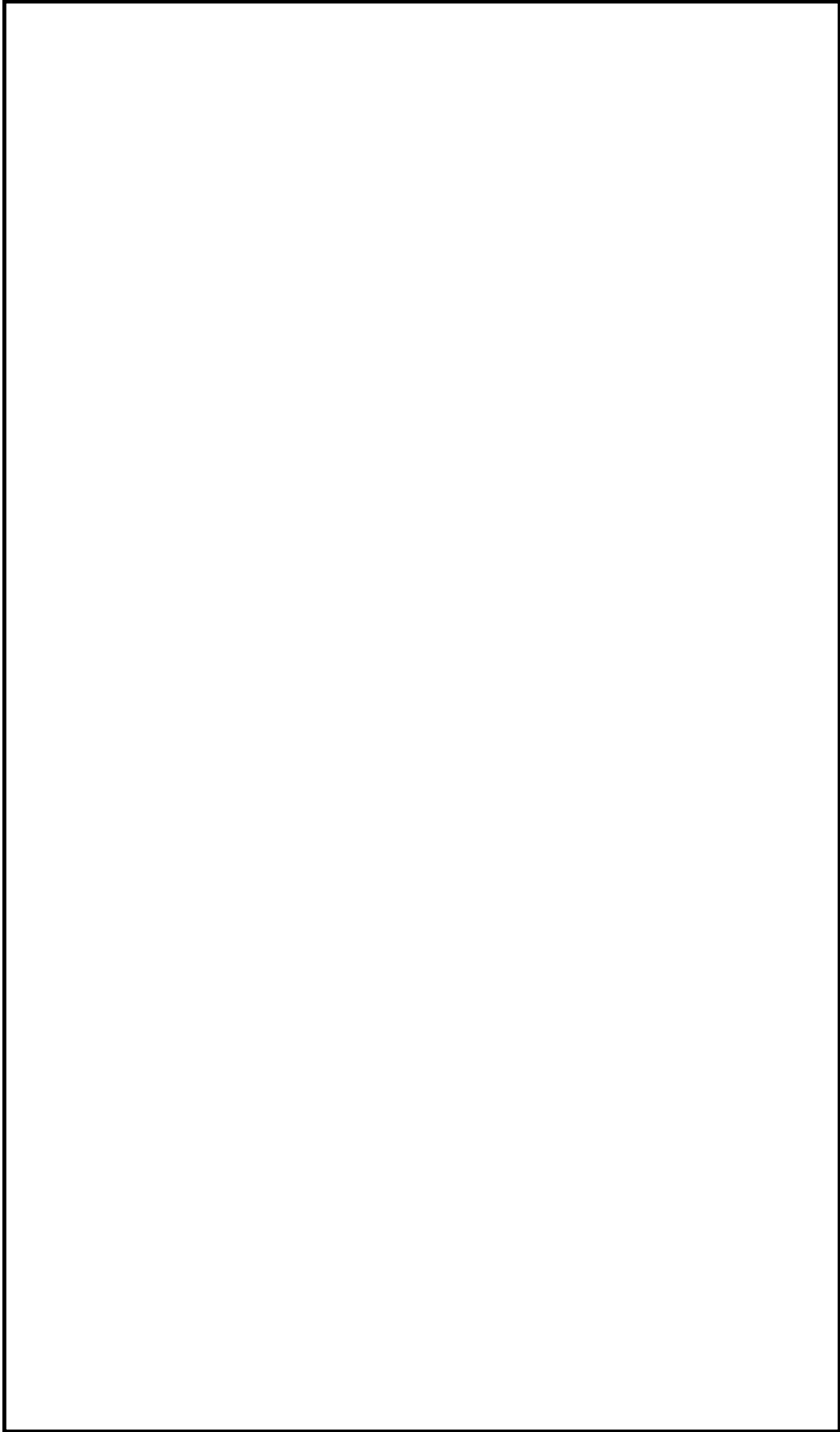
重要度分類指針				島根原子力発電所2号炉		設置場所	降下火砕物に対して機能維持する、若しくは、降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での補修等の対応可能	その停止等により上位の安全重要度の設備の運転に影響を及ぼす可能性のある屋外の施設
分類	定義	機能	構築物、系統又は機器					
MS-3	1) 運転時の異常な過渡変化があっても、MS-1、MS-2 とあわせて、事象を緩和する構築物、系統及び機器	2) 出力上昇の抑制機能	原子炉冷却材再循環系(再循環ポンプトリップ機能)	原子炉再循環系(再循環ポンプトリップ機能)	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	
			制御棒引抜監視装置	制御棒引抜監視装置				
		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、ポンプサクシオンフィルタ、ポンプミニマムフローライン配管・弁)		屋内 屋外(ダクト)	○ (屋内、ダクト内設備のため、影響なし)	-
				復水貯蔵タンク		屋外	○ (適切な除灰対応により、機能維持可能)	-
				原子炉隔離時冷却系(ポンプ、タービン、サブプレッション・プール、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)		屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-
				タービンへの蒸気供給配管・弁		屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-
				潤滑油冷却器及びその冷却器までの冷却水供給配管		屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-

重要度分類指針			島根原子力発電所2号炉		設置場所	降下火砕物に対して機能維持する、若しくは、降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での補修等の対応可能	その停止等により上位の安全重要度の設備の運転に影響を及ぼす可能性のある屋外の施設
分類	定義	機能	構築物、系統又は機器				
MS-3	2) 異常状態への対応上必要な構築物、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	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、事故時監視計器の一部、消火系、安全避難通路、非常用照明	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、遮へい設備）	屋内 屋外	○ (設計荷重等に対して影響ないことを確認)	—
				試料採取系（異常時に必要な以下の機能を有するもの。原子炉冷却材放射性物質濃度サンプリング分析、格納容器雰囲気放射性物質濃度サンプリング分析）	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	—
				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	○ (代替設備(衛星系等)により機能維持可能)	—
				排気筒モニタ	屋内 屋外	○ (設計荷重等に対して影響ないことを確認)	—
				放射能監視設備（排気筒モニタ以外）	屋外	○ (代替設備(可搬型モニタリング設備)により機能維持可能)	—
				事故時監視計器の一部	屋内 屋外	○ (補修を実施)	—
				消火系（配管・弁等、水消火設備、泡消火設備、二酸化炭素消火設備、ポンプ）	屋内 屋外	○ (代替設備(消防車等)により機能維持可能)	—
				補助消火水槽、サイトバンカ消火タンク、44m 盤消火タンク、44m 盤北側消火タンク、50m 盤消火タンク	屋外	○ (代替設備(ろ過水タンク)により機能維持可能)	—
				火災検出装置（受信機含む）	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	—
				防火扉、防火ダンバ、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）	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	—
				安全避難通路	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	—
安全避難用扉							
非常用照明							



第1.4-1 図 評価対象施設等の主な設置場所

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。



第1.4-2 図 評価対象施設等（外気取入口及び吸気口）の主な設置場所

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。

4.4 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、降下火砕物が直接及ぼす影響（以下「直接的影響」という。）とそれ以外の影響（以下「間接的影響」という。）として選定する。

4.4.1 降下火砕物の特徴

各種文献の調査結果より、降下火砕物は以下の特徴を有する。

- (1) 火山ガラス片，鉱物結晶片から成る。ただし，火山ガラス片は砂よりもろく硬度は低く，主要な鉱物結晶片の硬度は砂同等またはそれ以下である。
- (2) 硫酸等を含む腐食性のガス（以下「腐食性ガス」という。）が付着している。ただし，金属腐食研究の結果より，直ちに金属腐食を生じさせることはない。
- (3) 水に濡れると導電性を生じる。
- (4) 湿った降下火砕物は乾燥すると固結する。
- (5) 降下火砕物粒子の融点は約1,000℃であり，一般的な砂に比べ低い。

（補足資料－2）

4.4.2 直接的影響

降下火砕物の特徴から直接的影響の要因となる荷重，閉塞，摩耗，腐食，大気汚染，水質汚染及び絶縁低下を抽出し，評価対象施設等の構造や設置状況等を考慮して直接的な影響因子を以下のとおり選定する。なお，島根原子力発電所2号炉で想定される降下火砕物の条件を考慮し，第1.4表に示す項目について評価を実施する。

(1) 直接的影響の要因の選定と評価手法

a. 荷重

「荷重」について考慮すべき影響因子は，屋外設備及び建物の上に堆積し静的な負荷を与える「構造物への静的負荷」，並びに屋外設備及び建物に対し降灰時に衝撃を与える「粒子の衝突」である。粒子の衝突による影響については，「別添2-1 竜巻影響評価について」に包絡される。

なお，建物の評価は，建築基準法における積雪の荷重の考え方に準拠し，降下火砕物及び積雪の除去を適切に行うことから，短期許容応力度を許容限界とする。

また，建物を除く評価対象施設等においては，許容応力を「日本産業規格」，「日本機械学会の基準・指針類」及び「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987（日本電気協会）」に準拠する。

b. 閉塞

「閉塞」について考慮すべき影響因子は，降下火砕物を含む海水が流路の狭隘部等を閉塞させる「水循環系の閉塞」，並びに降下火砕物を含む空気が機器

の狭隘部や換気系の流路を閉塞させる「換気系、電気系及び計装制御系の機械的影響（閉塞）」である。

c. 摩耗

「摩耗」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物を含む海水が流路に接触することにより配管等を摩耗させる「水循環系の内部における摩耗」、並びに降下火砕物を含む空気が動的機器の摺動部に侵入し摩耗させる「換気系、電気系及び計装制御系の機械的影響（摩耗）」である。

d. 腐食

「腐食」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物に付着した腐食性ガスにより建物及び屋外施設の外面を腐食させる「構造物への化学的影響（腐食）」、換気系、電気系及び計装制御系において降下火砕物を含む空気の流路等を腐食させる「換気系、電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）」、並びに海水に溶出した腐食性成分により海水管等を腐食させる「水循環系の化学的影響（腐食）」である。

e. 大気汚染

「大気汚染」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物により汚染された発電所周辺の大気が運転員の常駐する中央制御室内に侵入することによる居住性の劣化、並びに降下火砕物の除去、屋外施設の点検等、屋外における作業環境を劣化させる「発電所周辺の大気汚染」である。

f. 水質汚染

「水質汚染」については、給水等に使用する渓流水に降下火砕物が混入することによる汚染が考えられるが、島根原子力発電所では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。

(補足資料-18)

g. 絶縁低下

「絶縁低下」について考慮すべき影響因子は、湿った降下火砕物が電気系及び計装制御系絶縁部に導電性を生じさせることによる盤の「絶縁低下」である。

第 1.4 表 直接的影響因子の選定結果

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量を考慮する。	○
構築物への化学的影響（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、空調換気系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、空調換気系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。	○
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、給水等に使用する溪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	送電網より引き込み開閉所や変圧器周りに碍子洗浄装置などがあり、降下火砕物が確認された場合、洗浄することが可能である。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御盤については、影響がないことを評価する。	○

4.4.3 間接的影響

降下火砕物によって島根原子力発電所に間接的な影響を及ぼす因子は、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」、並びに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」である。

4.4.4 各評価対象施設等に対する影響因子の選定

評価すべき直接的影響の要因については、その内容によりすべての評価対象施設等に対して評価する必要がない項目もあることから、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、評価対象施設の特性を踏まえて必要な評価項目を第1.5表のとおり選定した。

4.5 設計荷重の設定

設計荷重は、以下のとおり設定する。

(1) 評価対象施設等に常時作用する荷重，運転時荷重

評価対象施設等に作用する荷重として、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。

(2) 設計基準事故時荷重

外部事象防護対象施設は、降下火砕物によって安全機能を損なわない設計とするため、設計基準事故とは独立事象である。

また、評価対象施設等のうち設計基準事故時荷重が生じる屋外設備としては、海水ポンプ（原子炉補機海水ポンプ、高圧炉心スプレー補機海水ポンプ）及びディーゼル燃料移送ポンプ（A-非常用ディーゼル発電設備（燃料移送系）、高圧炉心スプレー系ディーゼル発電設備（燃料移送系））が考えられるが、設計基準事故時においても、通常運転時の系統内圧力及び温度と変わらないため、設計基準事故により考慮すべき荷重はなく、設計基準事故時荷重と降下火砕物との組み合わせは考慮しない。

(3) その他の自然現象の影響を考慮した荷重の組み合わせ

降下火砕物と組み合わせを考慮すべき火山以外の自然現象は、荷重の影響において風（台風）及び積雪であり、降下火砕物の荷重と適切に組み合わせる。

（補足資料－19）

4.6 降下火砕物に対する設計

4.6.1 直接的影響に対する設計

直接的影響については、評価対象施設等の構造や設置状況等（形状、機能、外気吸入や海水通水の有無等）を考慮し、想定される各影響因子に対して、影響を受ける各評価対象施設等が安全機能を損なわない以下の設計とする。

（個別評価－1～個別評価－10）

(1) 建物

原子炉建物、制御室建物、タービン建物、廃棄物処理建物及び排気筒モニタ室は、「構造物への静的負荷」について、当該施設の許容荷重が、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。

なお、建物の評価は、建築基準法における積雪の荷重の考え方に準拠し、降下火砕物の除去を適切に行うことから、降下火砕物の荷重を短期に生じる荷重とし、建築基準法による短期許容応力度を許容限界とする。

「腐食」については、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。なお、降灰後の長期的

な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

(2) 海水ポンプ

a. 原子炉補機海水ポンプ

「構造物への静的負荷」について、当該施設の許容荷重が、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。

「閉塞（水循環系）」については、降下火砕物は粘土質ではないことから水中で固まり閉塞することはないが、降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設ける設計とするとともに、ポンプ軸受部が閉塞しない設計とする。

「摩耗」については、主要な降下火砕物は砂と同等または砂より硬度が低くもろいことから、摩耗の影響は小さく、また、日常保守管理により、状況に応じて補修が可能であり、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。

「閉塞（機械的影響）」については、原子炉補機海水ポンプ（電動機）本体は外気と遮断された全閉構造の冷却方式に取替を行うことにより、降下火砕物が侵入しにくく、閉塞しない設計とする。

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

b. 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ

「構造物への静的負荷」について、当該施設の許容荷重が、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。

「閉塞（水循環系）」については、降下火砕物は粘土質ではないことから水中で固まり閉塞することはないが、降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設ける設計とするとともに、ポンプ軸受部が閉塞しない設計とする。

「閉塞（機械的影響）」については、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ（電動機）本体は外気と遮断された全閉構造であり、空気冷却器の冷却管内径及び冷却流路は降下火砕物粒径以上の幅を設ける構造とすることにより、閉塞しない設計とする。

「摩耗」については、主要な降下火砕物は砂と同等または砂より硬度が低くもろいことから、摩耗の影響は小さく、また、日常保守管理により、状況に応じて補修が可能であり、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。

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

(3) 非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機（吸気系、排気消音器及び排気管含む）

「構造物への静的負荷」については、当該施設の許容荷重が、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。若しくは、降下火砕物が堆積しにくい又は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。

「閉塞（機械的影響）」については、構造上の対応として、非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の給気フィルタの上流側の外気取入口には、フード又はルーバが取り付けられており、下方から吸い込む構造であること、給気消音器にフィルタ（粒径約1～5 μ mに対して80%以上を捕獲する性能）を設置することにより、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し、また、降下火砕物がフィルタに付着した場合でも取替え又は清掃が可能な構造とすることで、降下火砕物により閉塞しない設計とする。

なお、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、降下火砕物により閉塞しない設計とする。

「摩耗」については、主要な降下火砕物は砂と同等または砂より硬度が低くもろいことから、摩耗の影響は小さく、かつ構造上の対応として、給気フィルタの上流側の外気取入口には、フード又はルーバが取り付けられており、下方から吸い込む構造であること、また、給気消音器にフィルタを設置することで、降下火砕物が流路に侵入しにくい設計とし、仮に当該設備の内部に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することで、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。

「腐食」については、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が、金属材料を用いることや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。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常の保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

(4) ディーゼル燃料移送ポンプ

「閉塞（機械的影響）」及び「摩耗」については、ディーゼル燃料移送ポンプは、降下火砕物が侵入しにくい設計とする。

「腐食」については、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。なお、降灰後の長期的

な腐食の影響については、日常の保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

(5) 空調換気設備（中央制御室換気系及び原子炉建物付属棟換気系）

「閉塞（機械的影響）」及び「摩耗」については、外気取入口にルーバが取り付けられており、下方から吸い込む構造であること、また空気の流路にそれぞれ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。さらに降下火砕物がフィルタに付着した場合でも取替え又は清掃が可能な構造とすることで、降下火砕物により閉塞しない設計とする。

「腐食」については、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が、金属材料を用いることによって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

「大気汚染」については、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を可能とすることにより、中央制御室内への降下火砕物の侵入を防止すること、さらに外気取入遮断時において室内の居住性を確保できる設計とする。

(6) 排気筒及び非常用ガス処理系用排気筒

「閉塞（機械的影響）」については、排気筒は、排気筒の排気速度から排気流路が閉塞しない設計とし、非常用ガス処理系用排気筒は、開口部の配管の形状を降下火砕物が侵入しにくい構造に設計することにより閉塞しない設計とする。また、排気筒及び非常用ガス処理系用排気筒は、仮に降下火砕物が侵入した場合でも、内部の点検、並びに状況に応じて除去等の対応が可能な設計とする。

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

(7) 海水ストレーナ（原子炉補機海水ストレーナ、高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ）及び下流設備

「閉塞（水循環系）」については、降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設ける。また、差圧の確認が可能な設計とする。

「摩耗」については、主要な降下火砕物は砂と同等または砂より硬度が低くもろいことから、摩耗の影響は小さく、また、日常保守管理により、状況に応じて補修が可能であり、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。

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

(8) 取水設備（除じん装置）

「閉塞（水循環系）」については、降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設ける設計とする。

「摩耗」については、主要な降下火砕物は砂と同等または砂より硬度が低くもろいことから、摩耗の影響は小さく、また、日常保守管理により、状況に応じて補修が可能であり、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。

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

(9) 計測制御系統施設（安全保護系盤）、計測制御用電源設備（計装用無停電電源設備）及び非常用所内電源設備（所内低圧系統）

当該機器の設置場所は原子炉棟換気系、原子炉建物付属棟換気系、中央制御室換気系により、空調管理されており、外気取入口の空気流路には、それぞれフィルタを設置していることから、仮に室内に侵入した場合でも降下火砕物は微量であり、粒径は極めて細かな粒子である。

また、中央制御室換気系については、給気隔離弁を閉止し系統隔離運転モードを行うことにより侵入を阻止することも可能である。

バグフィルタの設置により降下火砕物の侵入に対する高い防護性能を有すること、また給気隔離弁の閉止による侵入防止が可能な設計とすることにより、降下火砕物の付着に伴う絶縁低下及び化学的影響（腐食）による影響を防止し、計測制御系統施設（安全保護系盤）、計測制御用電源設備（計装用無停電電源設備）、非常用所内電源設備（所内低圧系統）の安全機能を損なわない設計とする。

(10) 排気筒モニタ

「閉塞（機械的影響）」については、排気筒モニタのサンプリング配管の計測口は、排気筒内部に設置するとともに下方から吸い込む構造とすることにより、閉塞しない設計とする。

「腐食」については、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が、金属材料の使用等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常の保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

4.6.2 間接的影響に対する設計方針

島根原子力発電所2号炉の非常用所内交流電源設備は、非常用ディーゼル発電機（2台）及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機（1台）とそれぞれに必要な燃料ディタンク（2基；16m³/基，1基；9m³/基）〔耐震Sクラス〕を有している。さらに、燃料貯蔵タンク（A-非常用ディーゼル発電設備（燃料移送系）（2基；170kL/基），高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備（燃料移送系）（1基；170 kL/基））及び（B-非常用ディーゼル発電設備（燃料移送系）（3基；100 kL/基））〔耐震Sクラス〕を有している。

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

（補足資料-17）

第 1.5 表 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

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, 廃棄物処理建 物, 排気筒モニタ室	●	●	— (③)	— (③)	— (③)	— (③)	— (③)	— (③)
海水ポンプ(原子炉補機海水 ポンプ, 高圧炉心スプレイ補 機海水ポンプ)	●	●	● ポンプ	● ポンプ	● モータ	● モータ	— (③)	— (③)
非常用ディーゼル発電機及 び高圧炉心スプレイ系デイ ーゼル発電機(機関, 吸気系, 排気消音器及び排気管)	●	●	— (③)	— (③)	●	●	— (③)	— (③)
ディーゼル燃料移送ポンプ	— (①)	●	— (③)	— (③)	●	●	— (③)	— (③)
空調換気設備	— (①)	— (②)	— (③)	— (③)	●	●	●	— (③)
排気筒及び非常用ガス処理 系用排気筒	— (①)	●	— (③)	— (③)	●	— (③)	— (③)	— (③)
海水ストレーナ(原子炉補機 海水ストレーナ, 高圧炉心ス プレイ補機海水ストレーナ)	— (①)	— (①)	● (下流設備 を含む)	● (下流設備 を含む)	— (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(安全保護系器), 計測制御用電源設備(計装用無停電 電源設備)及び非常用所内電源設備 (所内低圧系統)	— (①)(屋内)	— (①)	— (③)	— (③)	— (③)	●	— (③)	●
排気筒モニタ	— (①)	●	— (③)	— (③)	●	— (③)	— (③)	— (③)

●: 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

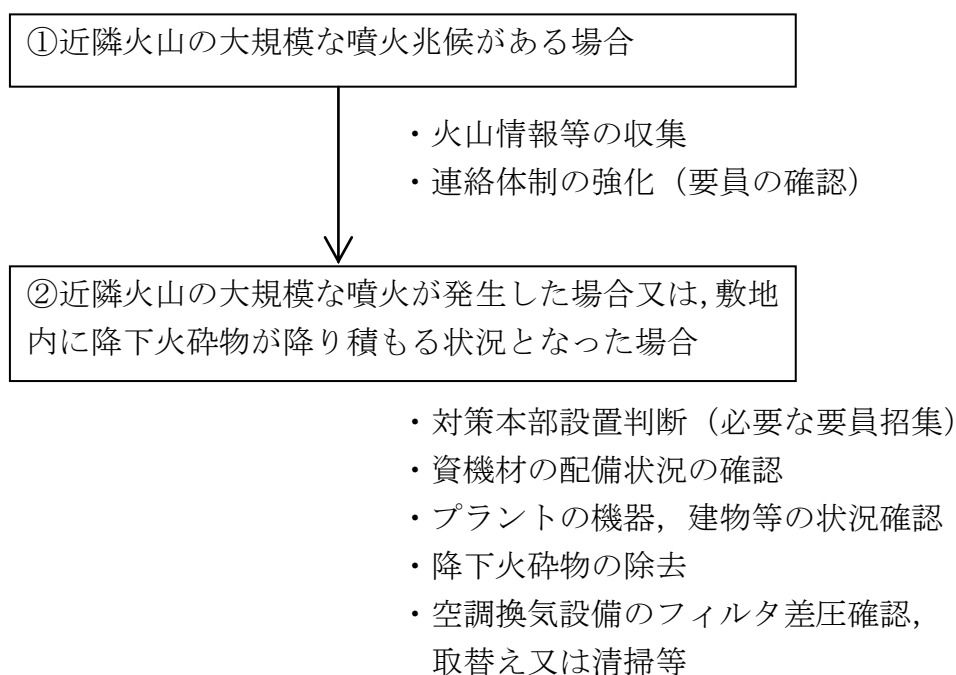
第 1.6 表 降下火砕物による直接的影響の評価結果

評価対象施設等	評価結果	個別評価
原子炉建物、制御室建物、タービン建物、廃棄物処理建物、排気筒モニタ室	<ul style="list-style-type: none"> 考慮する堆積荷重は「8,938N/m²」であり、建物の許容堆積荷重はそれ以上の設計とするため、安全性への影響はない。 外壁の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直ちに機能に影響を及ぼすことはない。 	1
海水ポンプ（原子炉補機海水系、高圧炉心スプレイ補機海水系）	<ul style="list-style-type: none"> 考慮する堆積荷重は「8,938N/m²」であり、発生する応力より、海水ポンプの許容応力はそれ以上の設計とするため、安全性への影響はない。 塗装がなされていることから、外面及び水循環系ともに降下火砕物による化学的腐食により直ちに機能に影響を及ぼすことはない。 ポンプの狭隘部は降下火砕物の粒径より大きく、降下火砕物による閉塞には至らない。軸受部には異物迷がし溝を設けており、降下火砕物による閉塞には至らない。 また、降下火砕物は、破砕し易く摩擦による影響は小さい。 海水ポンプ電動機は外気を直接電動機内部に取り込まない冷却方式であり、電動機の冷却回路は降下火砕物の粒径より大きいことから、機能に影響を及ぼすことはない。 	2
非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機（機関、吸気系、排気消音器及び排気管）	<ul style="list-style-type: none"> 考慮する堆積荷重は「8,938N/m²」であり、発生する応力より、吸気口の許容応力はそれ以上の設計とするため、安全性への影響はない。 吸気口、排気管は、降下火砕物が侵入しにくい構造であり、また、給気フィルタにより降下火砕物が捕集されること及び侵入した場合でも降下火砕物は硬度が低く、破砕しやすいことから、機能に影響を及ぼすことはない。 また、フィルタは、必要に応じて取替及び清掃することにより除灰ができる。 吸気口、排気消音器及び排気管は外装塗装を実施しており、降下火砕物による化学的腐食により直ちに機能に影響を及ぼすことはない。 	3
ディーゼル燃料移送ポンプ	<ul style="list-style-type: none"> 燃料移送ポンプ及び電動機は、その構造上から、降下火砕物が内部に侵入することはない。 燃料移送ポンプは竜巻防護対策設備又は燃料貯蔵タンク格納槽に設置することで降下火砕物に直接接触する可能性は低く、降下火砕物による化学的腐食により直ちに機能に影響を及ぼすことはない。 	4
空調換気設備	<ul style="list-style-type: none"> 空調換気設備の外気取入口にはルーバ及びフィルタが設置されていることから、給気を供給する設備に対して、降下火砕物が機能に影響を及ぼすことはない。 また、フィルタは必要に応じて取替及び清掃することにより除灰できる。 中央制御室換気系については、給気隔離弁を閉止し、系統隔離運転モードとすることにより、中央制御室の居住性が維持できることを確認する。 	5
排気筒及び非常用ガス処理系用排気筒	<ul style="list-style-type: none"> 排気筒については、排気筒の排気速度が降下火砕物の降下速度を上回っており、非常用ガス処理系用排気筒については、侵入しにくい構造となっていることから降下火砕物により閉塞することはない。 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直ちに機能に影響を及ぼすことはない。 	6
海水ストレーナ（原子炉補機海水ストレーナ、高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ）	<ul style="list-style-type: none"> 降下火砕物の粒径は、ストレーナのメッシュサイズより小さく、閉塞することはない。 また、ストレーナは差圧管理されており、一定の差圧になると切替えて、清掃を行うことから、閉塞することはない。 なお、ストレーナのメッシュを通過した降下火砕物の粒径は十分小さく、下流の機器（熱交換器）に対して閉塞等の影響を与えない。 また、降下火砕物は、破砕し易く摩擦による影響を及ぼすことはない。 ストレーナ及び下流の機器内面に防汚塗装等が施されており、降下火砕物による化学的腐食により直ちに機能に影響を及ぼすことはない。 	7
取水設備（除じん装置）	<ul style="list-style-type: none"> 降下火砕物の粒径は十分小さく、取水設備（除じん装置）が閉塞することはない。 取水設備（除じん装置）は塗装等の対応を実施しており、降下火砕物による化学的腐食により直ちに機能に影響を及ぼすことはない。 	8
計測制御系統施設（安全保護系統）計測制御用電源設備（計装用無停電電源設備）及び非常用所内電源設備（所内低圧系統）	<ul style="list-style-type: none"> 当該の盤が設置されている部屋は、原子炉棟換気系、原子炉建物付属棟換気系、中央制御室換気系にて空調管理されており、空調系の外気取入口には各種フィルタを設置していることから、降下火砕物に対する高い防護性能を有している。 また、侵入する降下火砕物は微細なものに限られ、またその可能性は低く、その付着等により化学的腐食や短絡等が発生させる可能性はないことから、計測制御系統施設（安全保護系統）、計測制御用電源設備（計装用無停電電源設備）及び非常用所内電源設備（所内低圧系統）の安全機能が損なわれることはない。 	9
排気筒モニタ	<ul style="list-style-type: none"> 排気筒モニタのサンプリング配管の計測口は、下方から吸い込む構造であること、また排気筒内部に設置することにより、降下火砕物が侵入しないことから、機器の機能に影響を及ぼすことはない。 排気筒モニタのサンプリング配管は、耐食性のあるステンレス製であることから、降下火砕物による短期での腐食により、機器の機能に影響を及ぼすことはない。 	10

4.7 降下火砕物の除去等の対策

4.7.1 降下火砕物に対応するための運用管理

降下火砕物に備え、手順を整備し、第 1.5 図のフローのとおり段階的に対応することとしている。その体制については、地震、津波、火山噴火等の自然災害に対し、保安規定に基づく保安管理体制として整備し、その中で体制の移行基準、活動内容についても明確にする。なお、多くの火山では、噴火前に、震源の浅い火山性地震の頻度が急増し、火山性微動の活動が始まるため、事前に対策準備が可能である。



第 1.5 図 降下火砕物に対応するための運用管理フロー

①通常時の対応

火山の噴火事象発生に備え、担当箇所は降下火砕物の除去等に使用する資機材等（ショベル、ゴーグル及び防護マスク等）については、定期的に配備状況を確認する。

②近隣火山の大規模な噴火兆候がある場合

発電所において災害の発生のおそれがあると判断される場合は、原子力防災管理者の指示のもと、担当箇所は、火山情報（火山の位置、規模、風向、降灰予測等）を把握し、連絡体制を強化する。

③近隣火山の大規模な噴火が発生した場合又は、敷地内に降下火砕物が降り積もる状況となった場合

担当箇所は、近隣火山において大規模な噴火が確認された場合、又は、発電所敷地内で降灰が確認された場合に、関係箇所と協議の上、対策本部の設置判断をする。

空調換気設備の取替用フィルタの配備状況を確認するとともに、アクセスルート・屋外廻りの機器・屋外タンク・建物等の降下火砕物の除去のため、発電所内に保管しているホイールローダ・ショベル・マスク等の資機材の配備状況の確認を行う。

プラントの機器、建物等の現在の状態（屋外への開口部が開放されていないか）を確認する。

敷地内に降下火砕物が到達した場合には、降灰状況を把握する。

プラント及び屋外廻りの監視を強化し、アクセスルート・屋外廻りの機器・屋外タンク・建物等の降下火砕物の除去を行うとともに、空調換気設備のフィルタ差圧を確認し、状況に応じてフィルタの取替え又は清掃を行う。

降下火砕物により安全機能を有する設備が損傷等により機能が確保できなくなった場合、必要に応じプラントを停止する。

4.7.2 手順

火山に対する防護については、降下火砕物に対する影響評価を行い、安全施設が安全機能を損なわないよう手順を定める。

降灰が確認された場合には、建物や屋外の設備等に長期間降下火砕物の荷重をかけ続けられないこと、また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ために、評価対象施設等に堆積した降下火砕物の除灰を適切に実施する手順を定める。

降灰が確認された場合には、状況に応じて給気隔離弁の閉止、空調換気設備の停止又は系統隔離運転モードにより、建物内への降下火砕物の侵入を防止する手順を定める。

降灰が確認された場合には、空調換気設備の外気取入口のフィルタについて、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手順を定める。

5. まとめ

降下火砕物による直接的影響及び間接的影響のすべての項目について評価した結果、降下火砕物による直接的及び間接的影響はなく、発電用原子炉施設の安全機能を損なうことはない。

降下火砕物の飛来のおそれがある場合は、火山噴火対策を行うための体制を構築し、プラント及び屋外廻りの監視の強化、降下火砕物の除去等を実施する。

建物に係る影響評価

降下火砕物による原子炉建物等への影響について以下のとおり評価した。

1. 評価項目及び内容

(1) 構造物への静的負荷

降下火砕物の堆積荷重（降雨の影響含む）による影響について，設置許可段階では，MS-1（放射性物質の閉じ込め機能，放射線の遮蔽及び放出低減機能）及びMS-2（放射性物質放出の防止機能）の機能を有する原子炉建物，MS-1（安全上特に重要な機能）の機能を有する制御室建物及び廃棄物処理建物，建物自身がクラス 1, 2 施設に該当しない建物のうちスパンが長く堆積荷重の影響が大きいタービン建物を代表として健全性に影響がないことを評価する。各建物に求められる機能設計上の性能目標を確保するため，堆積荷重が直接作用する屋根スラブに加え，これを支持する大梁・小梁及び屋根トラス部においては主トラス及び二次部材について，構造健全性を確認する。

また，排気筒モニタ室（鉄筋コンクリート造，平屋建，平面寸法（約 11.6m (NS) × 約 11.5m (EW) ），高さ約 4.1m）については，補強工事を行い，補強内容を反映した評価により，構造健全性に影響がないことを詳細設計段階で示す。

なお，堆積荷重は，積雪との重畳を考慮する。風荷重については，屋根スラブ等の部材では堆積荷重に対して逆向きの荷重となることから考慮しないこととするが，風による水平力を建物フレームの構成部材として負担する原子炉建物及びタービン建物の屋根トラス部の主トラスについては風荷重の重畳を考慮する。

(2) 構造物への化学的影響（腐食）

降下火砕物の構造物への付着や堆積による化学的腐食により構造物へ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：56cm
- b. 密度：1.5g/cm³（湿潤状態）

(2) 積雪条件

- a. 積雪量：35.0cm
（建築基準法の考え方を参考とし設計基準積雪深（100cm）に係数 0.35 を考慮した値）

b. 単位荷重：積雪量 1 cm あたり $20\text{N}/\text{m}^2$

(松江市建築基準法施行細則に基づく積雪の単位荷重)

(3) 固定荷重

各建物の評価対象部材の自重による荷重

(4) 積載荷重

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

3. 評価結果

(1) 構造物への静的負荷

評価は、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、補強工事を実施済みであり、設計時と各部材の寸法等の条件が異なるため、補強内容を反映した条件に基づき設計時と同様の方法を用いた評価を行う。

なお、評価に用いる許容限界については、材料の短期許容応力度に基づき設定することとし、屋根スラブに関しては、構造強度の確認に合わせて気密性能、遮蔽性能に対する機能維持の確認を行う。

a. 設計時の構造計算結果に基づく評価

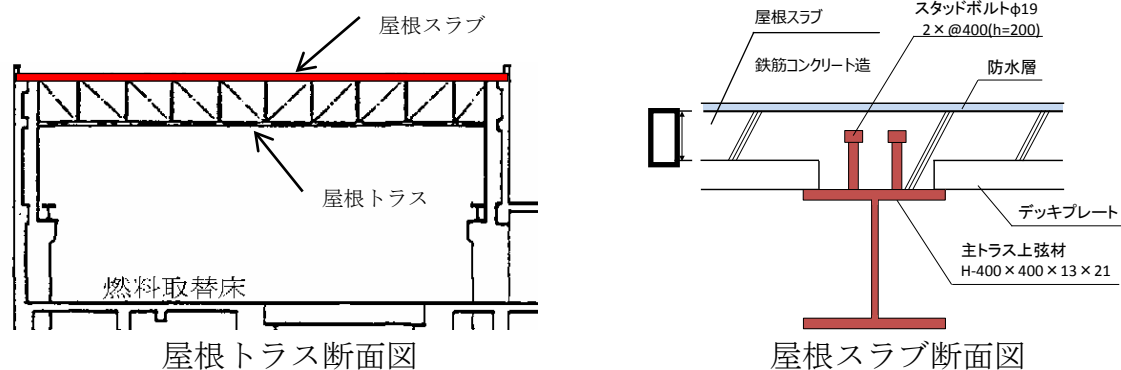
設計堆積荷重は、以下のとおり。

飽和状態の降下火砕物の荷重 ($56\text{cm} \times 1,500\text{kg}/\text{m}^3 \times 9.80665\text{m}/\text{s}^2$) + 積雪荷重 ($35\text{cm} \times 20\text{N}/\text{m}^2 \cdot \text{cm}$) = $8,938\text{N}/\text{m}^2$

第 1-1 表に、構造強度の確認として、各部位のうち建物ごとに裕度が最も小さい部位(補強工事を実施した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後述する。)の評価結果を示す。また、機能維持の確認を行う原子炉建物屋根トラス上部の屋根スラブの評価結果も合わせて示す。

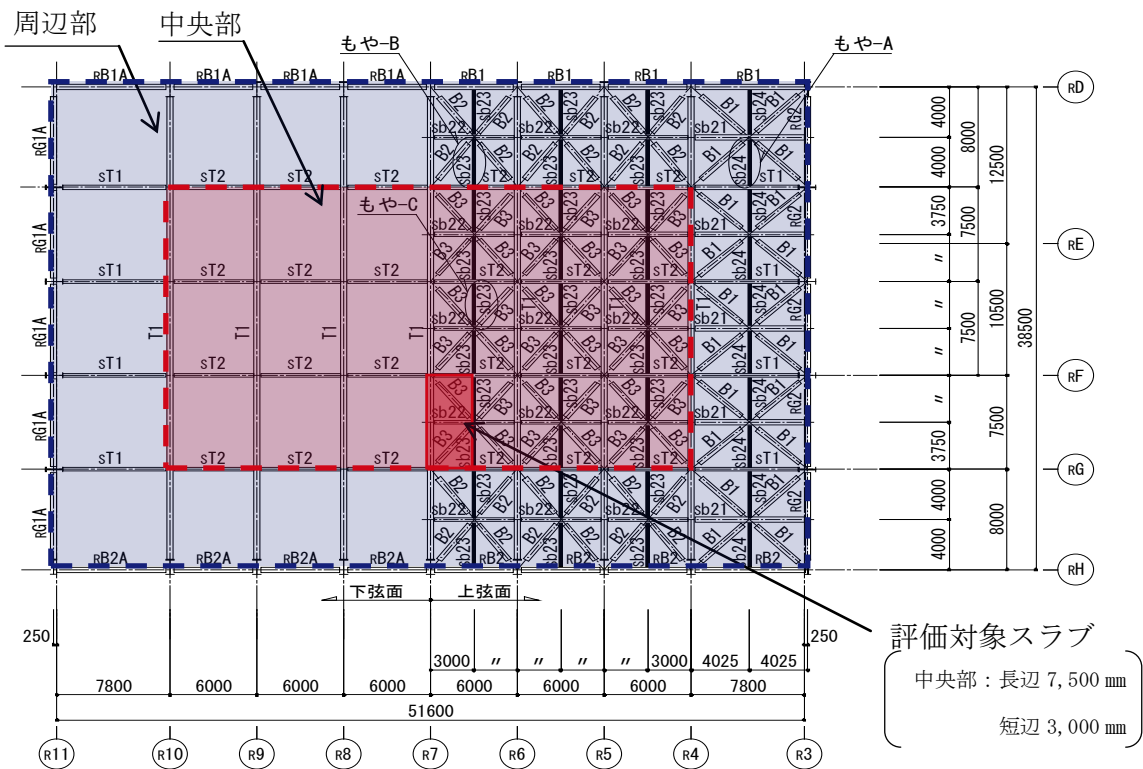
評価部位とした屋根スラブの概要を第 1-1 図、評価位置を第 1-2 図に示す。

評価の結果、全ての建物において、許容堆積荷重は降下火砕物堆積荷重を上回っていることから、対象建物の健全性への影響はない。



第 1-1 図 原子炉建物屋根スラブの概要

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。



第 1-2 図 原子炉建物屋根スラブ評価位置図

第 1-1 表 設計対象建物の堆積荷重概略評価結果

設計対象建物	評価部位	許容堆積荷重 ^{※1} (N/m ²)	設計堆積荷重 (N/m ²)	評価結果
原子炉建物	屋根スラブ (屋根トラス上部)	17,200 ^{※2}	8,938	○
	小梁	13,100		○
制御室建物	屋根スラブ	23,700		○
タービン建物	大梁	15,000		○
廃棄物処理建物	大梁	11,900		○

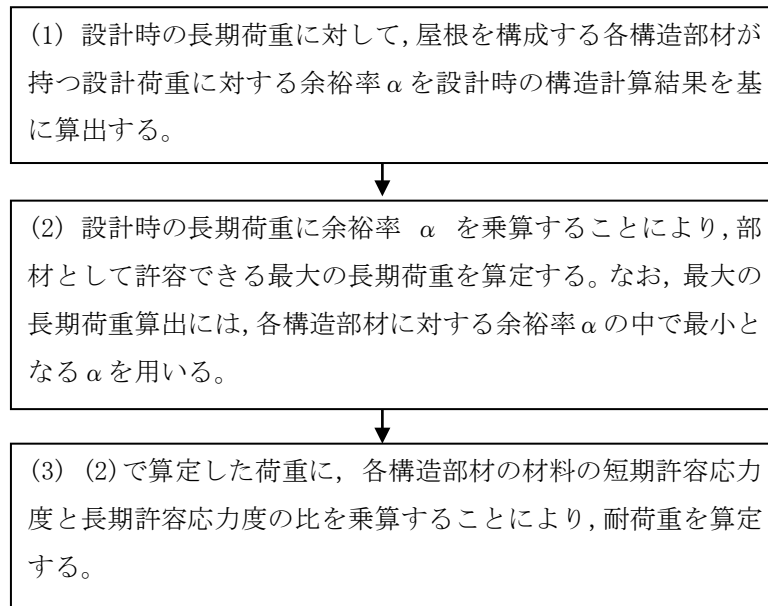
※ 1 : 許容堆積荷重は、以下の方法で算出した。

- ① 建物の屋根部を構成する構造部材の断面性能を元に、各構造部材で発生する応力が短期許容応力度となるような屋根部の鉛直荷重（以下、耐荷重という）を計算する。（耐荷重算定の詳細フローを第 1-3 図に示す）
- ② 屋根部に作用する荷重としては堆積物による荷重以外に、常時作用する荷重（固定荷重、積載荷重等）があるため、①で計算した耐荷重から常時作用する荷重の差し引いた値を許容堆積荷重として設定する（有効数字 3 桁で切り下げ）。

※ 2 : 許容堆積荷重の算定の詳細について、構造強度の確認に合わせ機能維持の確認を行う原子炉建物屋根トラス上部の屋根スラブ（厚さ：，配筋：上端・下端共 D13@200（SD345），長辺 7,500 mm×短辺 3,000mm）を代表として以下に示す。

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。

- ①設計時の長期荷重：7,700N/m²（長期検討用の積載荷重 60kgf/m²（588N/m²）を含む）
- ②余裕率 α ：2.07（min（曲げ（2.07：必要鉄筋量に対する設計鉄筋量の比），せん断（6.59：コンクリートの発生応力に対する許容応力の比）））
- ③許容できる最大の長期荷重（①×②）：15,939N/m²
- ④短期許容応力度と長期許容応力度の比：1.59
- ⑤耐荷重（③×④）：25,343N/m²
- ⑥許容堆積荷重（⑤－①－積載荷重 393N/m²（①に含まれる長期検討用の積載荷重 588N/m²と積載荷重として考慮する除灰時の人員荷重 981N/m²の差分））：17,200 N/m²



第 1-3 図 耐荷重算定フロー

b. 補強内容を反映した条件に基づく評価

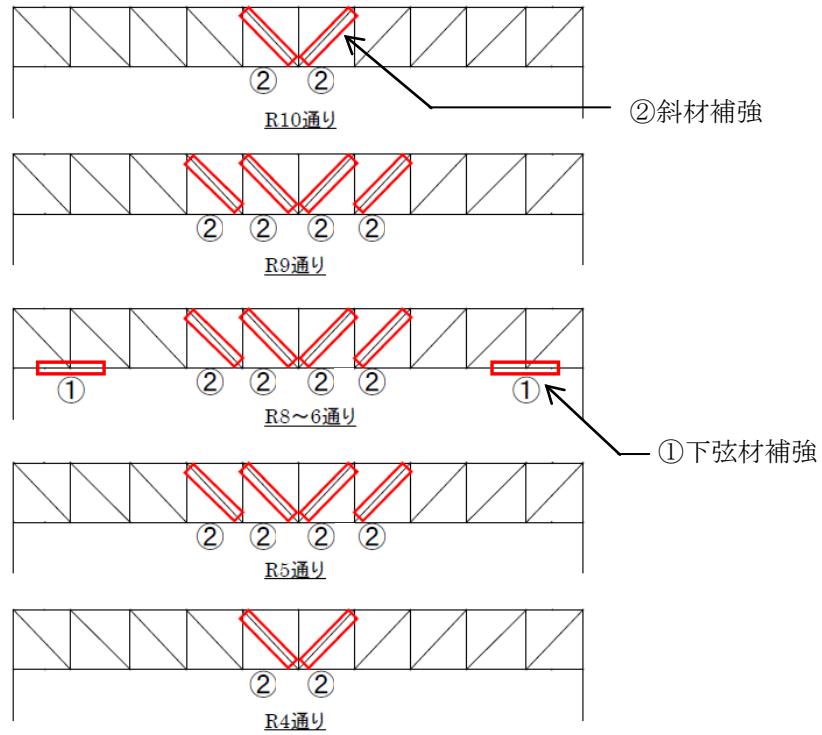
原子炉建物，タービン建物の屋根トラス部は，補強工事を実施済であるため，補強内容を反映した条件に基づき設計時と同様に二次元フレームモデルを用いた応力解析を行い，発生応力度が許容値を超えないことを確認する。

原子炉建物及びタービン建物の屋根トラス部の補強は，主トラスやサブトラスの余裕の少ない部材に対して補強材の追加等による強度向上を行っている。補強の内容について，原子炉建物屋根トラスを代表として，補強箇所を第 1-4 図に，補強部材の詳細を第 1-2 表に示す。

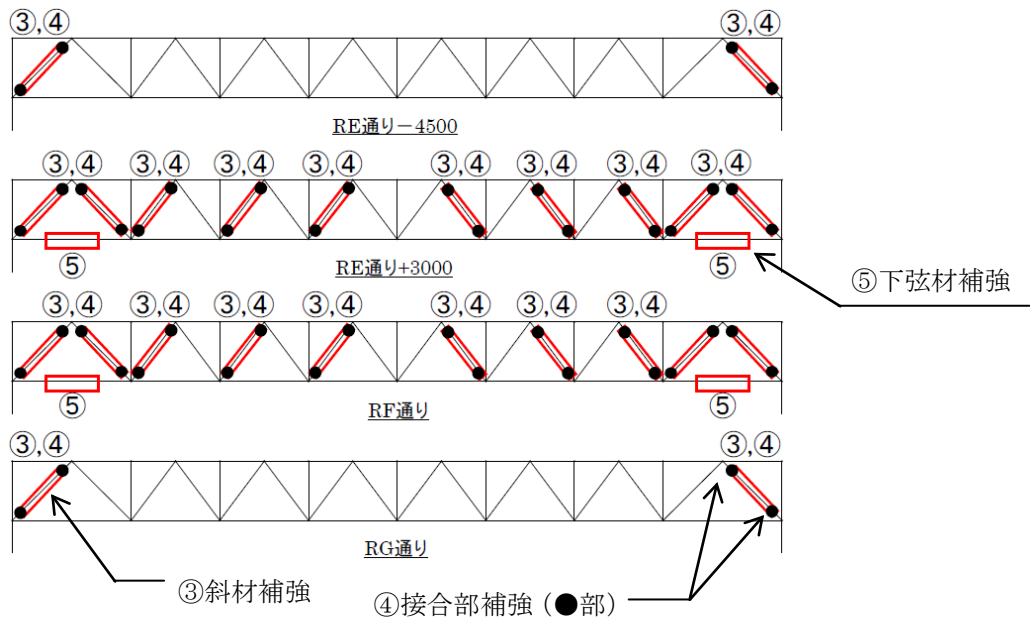
第 1-3 表，第 1-4 表に，建物ごとの主トラス部材の断面検討結果の内，最大応力度比となった部材を有する代表フレーム（R10 通り，T7 通り）の評価結果^{*3}を示す。

また，表 1-5 表，表 1-6 表に，建物ごとのトラス二次部材の断面検討結果の内，最大応力度比となった部材の評価結果を示す。評価の結果，全ての建物において，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ないことを確認した。

※3：フレーム解析において、積雪荷重・降下火砕物の堆積荷重に加え、風荷重（水平方向）を考慮した評価結果。




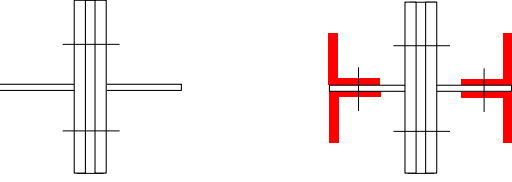
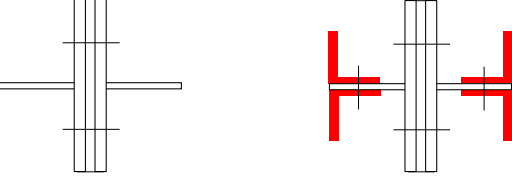
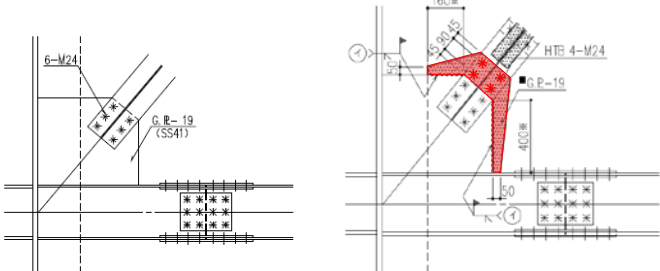
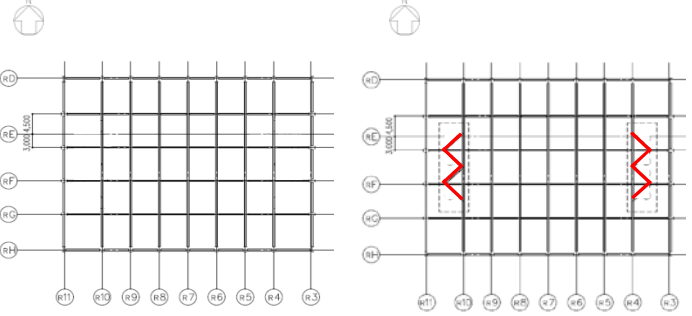
主トラス断面図



サブトラス断面図

第1-4図 原子炉建物屋根トラスの補強箇所

第 1-2 表 補強部材の詳細

No	箇所及び補強方法	
①	主トラス下弦材 補強材追加	 <p>補強材 PL-16</p> <p>補強前 補強後</p>
②	主トラス斜材 補強材追加	 <p>補強材 4Ls-90×90×10</p> <p>補強前 補強後</p>
③	サブトラス斜材 補強材追加	 <p>補強材 4Ls-65×65×6</p> <p>補強前 補強後</p>
④	サブトラス斜材 接合部補強	 <p>接合部補強 (PL-19, ボルト)</p> <p>補強前 補強後</p>
⑤	サブトラス下弦材 補強材追加	 <p>補強材 2Cs-150x75x9x12.5</p> <p>補強前 補強後</p>

第 1-3 表 原子炉建物の主トラス部材 評価結果

部位	発生 応力	応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	応力度 比	位置
上弦材 H-400×400×13×21	(圧縮)	125.7	290	0.48	TU05
	(曲げ)	13.4	316		TU06
下弦材 BH-400×400×19×35	(圧縮)	76.1	205	0.61	TL00
	(曲げ)	74.9	318		
斜材 2CT _s -175×350×12×19	(引張)	150.8	235	0.65	L01
束材 2CT _s -175×350×12×19	(圧縮)	95.1	176	0.55	V09

第 1-4 表 タービン建物の主トラス部材 評価結果

部位	発生 応力	応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	応力度 比	位置
上弦材 H-428×407×20×35	(圧縮)	127.7	223	0.73	TU76
	(曲げ)	35.8	231		TU77
下弦材 BH-428×407×32×40 +2BC _s -386×100×19×19*	(圧縮)	130.3	210	0.80	TL712
	(曲げ)	41.5	233		
斜材 2BCT _s -175×350×22×22 +2PL _s -16×250*	(引張)	208.4	235	0.89	LD712
束材 2CT _s -150×300×10×15	(圧縮)	134.0	154	0.88	LV77

※：補強工事で追加した部材。

第 1-5 表 原子炉建物のトラス二次部材 評価結果

部位	発生 応力	応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	応力度 比	位置
母屋 (sb23) H-244×175×7×11	(曲げ)	122.6	181	0.68	R6～R7 RD～RE
サブビーム (sb21) H-400×400×13×21	(曲げ)	173.6	220	0.79	R3～R4 RD～RE
繋ぎ梁 (ST1) 2CT _s -125×250×9×14 +4L _s -65×65×6*	(圧縮)	45.2	73	0.62	R3～R4 RG

※：補強工事で追加した部材。

第 1-6 表 タービン建物のトラス二次部材 評価結果

部位	発生 応力	応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	応力度 比	位置
母屋 (sb2④) H-400×200×8×13	(曲げ)	169.7	193	0.88	T10~T11 TB~TC
サブビーム (sb1①) BH-428×300×12×19	(曲げ)	201.1	232	0.87	T6~T7 TA~TB
繋ぎ梁 (ST1) 2CT _s -100×204×12×12	(圧縮)	64.8	86	0.76	T6~T7 TB

評価の詳細は、補足資料－ 2 0 「原子炉建物の屋根トラス部材の健全性評価について」及び補足資料－ 2 1 「タービン建物の屋根トラス部材の健全性評価について」に示す。

(2) 構造物への化学的影響（腐食）

原子炉建物，制御室建物，タービン建物，廃棄物処理建物及び排気筒モニタ室については，外壁の塗装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。

また，降下火砕物堆積後の長期的な腐食の影響については，堆積した降下火砕物を除去し，除去後の点検等において，必要に応じて補修作業を実施する。

(補足資料－ 4)

4. 構造物への静的負荷に対する詳細設計段階での評価方針

(1) 評価対象部位

原子炉建物，制御室建物，タービン建物，廃棄物処理建物及び排気筒モニタ室の各部位のうち，降下火砕物の堆積荷重が直接作用する各建物の屋根スラブに加え，大スパン空間を構成し堆積荷重による影響を受けやすい構造であるとともに，補強工事により原設計時から構成部材変更されている原子炉建物及びタービン建物の屋根トラス部（二次部材を含む）を評価対象とする。

(2) 評価条件

「2. 評価条件」と同じとする。

なお，風荷重については，屋根スラブでは堆積荷重に対して逆向きの荷重となることから考慮しないこととするが，風による水平力を建物フレームの構成部材として負担する原子炉建物及びタービン建物の屋根トラス部の主トラスについては風荷重の重畳を考慮することとし，風荷重の方向は主トラス方向とする。

(3) 評価方法

設置許可段階では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したが，詳細設計段階では，全ての評価対象部位に対し評価条件に基づく応力解析を行い各部位に生じる応力が許容値を超えないことを確認する。

許容値は各部位の構造種別に応じ，「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」（以下，「RC-N 規準」という。），「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」（以下，「S 規準」という。）等に従うとともに，短期許容応力度に基づくものとして設定する。

なお，原子炉建物の主トラスについては，設置許可段階では原設計時の設計方針を踏まえ二次元フレームモデルを用いた応力解析を行っているが，屋根トラスについては，当該トラス部が支える屋根スラブが原子炉棟を構成し，気密を確保する境界となることから，その重要性を踏まえ，詳細設計段階では，三次元立体モデルを用いた応力解析によりフレーム間の応力伝達を考慮した詳細な評価を行うこととする。

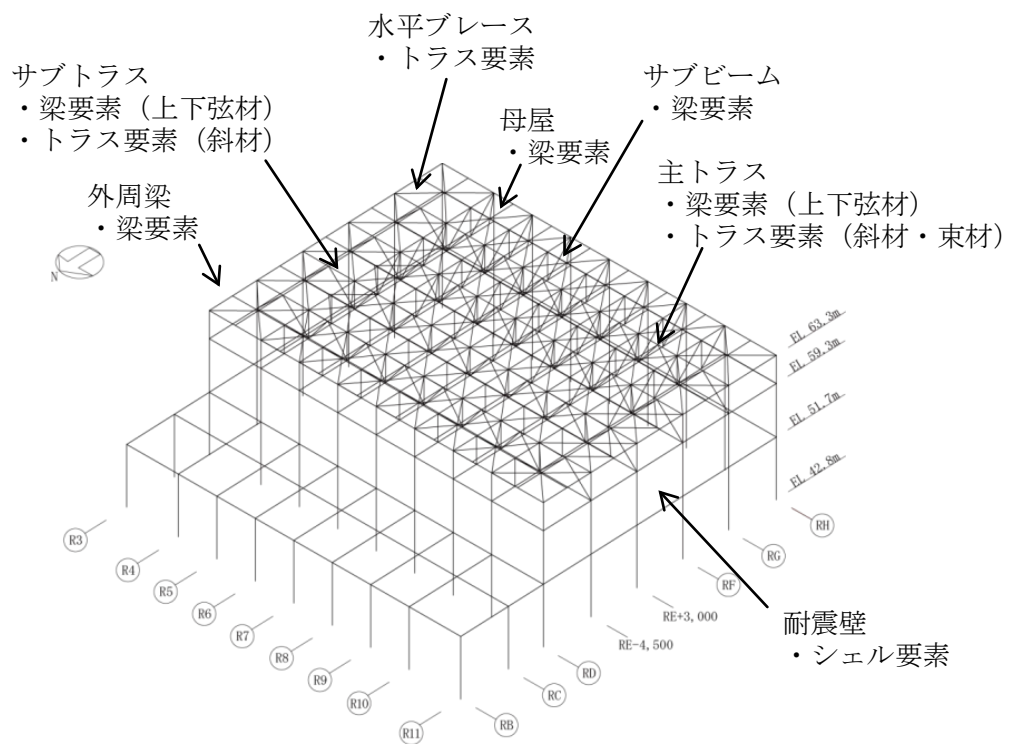
(4) 詳細設計段階で用いる原子炉建物主トラスの応力解析モデル概要

詳細設計段階において原子炉建物主トラスの応力解析に用いる三次元立体モデルの概念図を第 1-5 図に示す。

三次元立体モデルの作成方針は以下のとおり。

- ・屋根トラスの補強工事の内容を反映したモデルとする。
- ・燃料取替床より上部の構造を三次元の立体構造でモデル化する。
- ・主トラス弦材は，軸・曲げ・せん断剛性のある梁要素，斜材と束材は軸剛性のみ考慮されたトラス要素とし，部材長さは部材芯位置でモデル化する。

- また、二次部材については、梁要素又はトラス要素でモデル化する。
- 屋根スラブの自重等の屋根スラブにかかる荷重は主トラス上弦材に負荷する。その際、屋根スラブの剛性は保守的に考慮しない。
 - 材料の物性値については、鋼材はS規準、コンクリート材料はRC-N規準に基づき設定する。
 - 三次元立体モデルによる応力解析から得られる解析結果に基づき、主トラスの構造評価を行う。また、二次部材については個別に応力解析を行い構造評価を行う。



第 1-5 図 原子炉建物主トラスの応力解析に用いる三次元立体モデル (概念図)

海水ポンプ（電動機含む）に係る影響評価

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

なお，原子炉補機海水ポンプ電動機については，降下火砕物の影響に対し，全閉外扇形構造の電動機に取替を行うものとし，以下の評価項目を満足する設計とする。

1. 評価項目及び内容

(1) 構造物への静的負荷

降下火砕物の堆積荷重（降雨の影響含む）により海水ポンプの健全性に影響がないことを評価する。

評価対象部位は，降下火砕物が堆積した場合に堆積荷重の影響を受けるモータステータフレーム及び電動機のキャップを対象とする。

なお，堆積荷重は，積雪との重畳を考慮する。

(2) 構造物への化学的影響（腐食）

降下火砕物の海水ポンプへの付着や堆積による化学的腐食により海水ポンプの機能への影響がないことを評価する。

(3) 水循環系の閉塞

降下火砕物が混入した海水を海水ポンプにより取水した場合に，流水部，軸受部等が閉塞し，機器の機能に影響がないことを評価する。

(4) 水循環系の内部における摩耗

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

(5) 水循環系の化学的影響（腐食）

降下火砕物が混入した海水を海水ポンプにて取水した場合に，内部構造物の化学的影響（腐食）により，機器の機能に影響がないことを評価する。

(6) 換気系，電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞）

降下火砕物の電動機冷却空気への侵入により，地絡・短絡及び空気冷却器冷却管等への侵入による閉塞等，機器の機能に影響がないことを評価する。

(7) 換気系，電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）

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

2. 評価条件

(1) 降下火砕物条件

- a. 堆積量：56cm
- b. 密度：1.5g/cm³ (湿潤状態)
- c. 粒径：4.0mm 以下

(2) 積雪条件

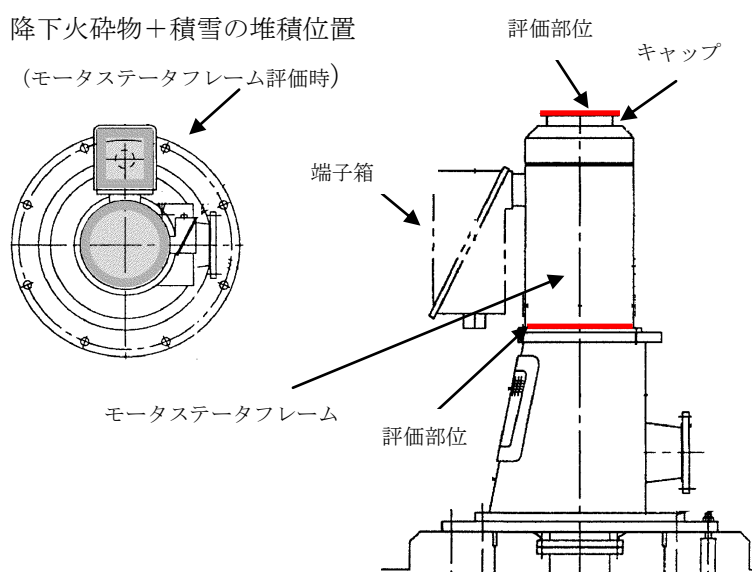
- a. 積雪量：35.0cm
(建築基準法の考え方を参考とし設計基準積雪深(100cm)に係数0.35を考慮した値)
- b. 単位荷重：積雪量1cmあたり20N/m²
(松江市建築基準法施行細則に基づく積雪の単位荷重)
上記条件より降下火砕物及び積雪の重畳を考慮した評価荷重を「8,938(N/m²)」として評価する。

(3) 評価部位及び評価方法

降下火砕物堆積荷重の影響に係る評価部位は、荷重の影響を受けるモータステータフレーム及び電動機のキャップとする。

モータステータフレームに生じる応力は、第2-1図のとおり、電動機上面の投影面積が最も大きい上部軸受ブラケットと端子箱の全面に降下火砕物が堆積した場合の荷重と運転時の荷重(ポンプスラスト荷重)がかかると想定し、モータステータフレームについて評価を実施する。

電動機のキャップに生じる応力は、キャップ全面に降下火砕物が堆積した場合を想定し、評価を実施する。



第2-1図 海水ポンプ電動機評価部位
(高圧炉心スプレー補機海水ポンプ電動機(例))

3. 評価結果

(1) 構造物への静的負荷

降下火砕物が堆積した場合のモータステータフレーム及びキャップにおける荷重評価を行った結果、第 2-1 表のとおり、降下火砕物により発生する応力に比べ許容応力が上回っているため、海水ポンプの健全性への影響はない。

第 2-1 表 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	算出応力 (MPa)	許容応力* (MPa)	結果
高圧炉心スプレイ 補機海水ポンプ	モータステータ フレーム	曲げ応力	4	337	○
		圧縮応力	2	196	○
	キャップ	曲げ応力	187	228	○

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

(2) 構造物への化学的影響（腐食）

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

(3) 水循環系の閉塞

a. 流水部の閉塞

海水ポンプ流水部の狭隘部（隣接するインペラの隙間）は、以下に示すとおりであり、想定する降下火砕物の粒径 4.0mm 以下より大きいため、閉塞には至らない。

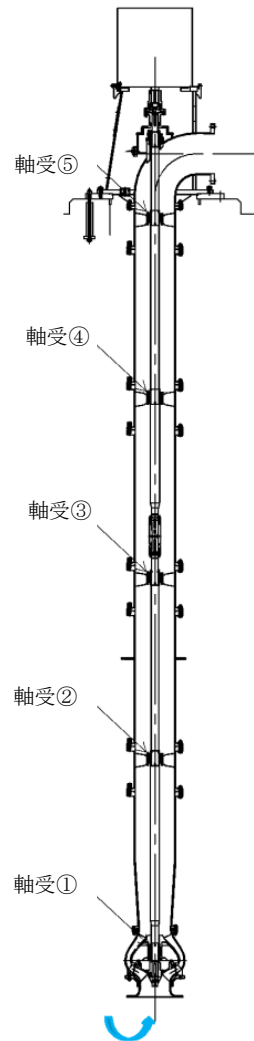
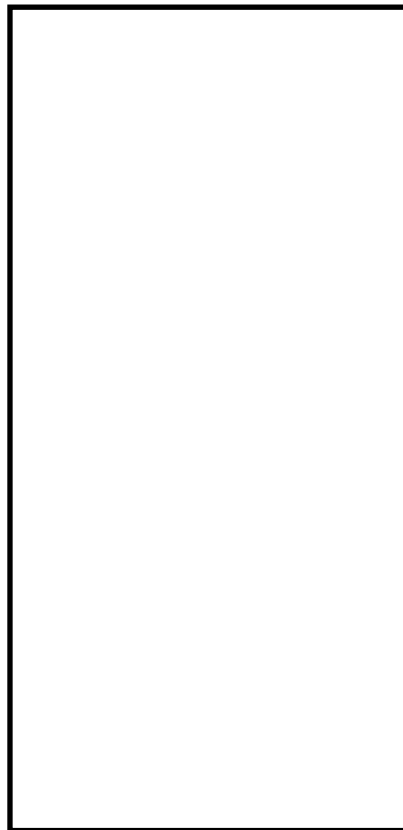
- ・原子炉補機海水ポンプ 約 60mm
- ・高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ 約 30mm

b. 軸受部の閉塞

海水ポンプの軸受の隙間は、約 1.38mm～1.58mm で管理している。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、第 2-2 図及び第 2-3 図のとおり、異物逃がし溝（約 3.5mm～5.5mm）が設けられており、軸受部の閉塞には至らない設計とする。

また、異物逃がし溝より粒径の大きい降下火砕物は軸受隙間に入り込まずにポンプ揚水とともに吐出口へ流されるため閉塞することはない。

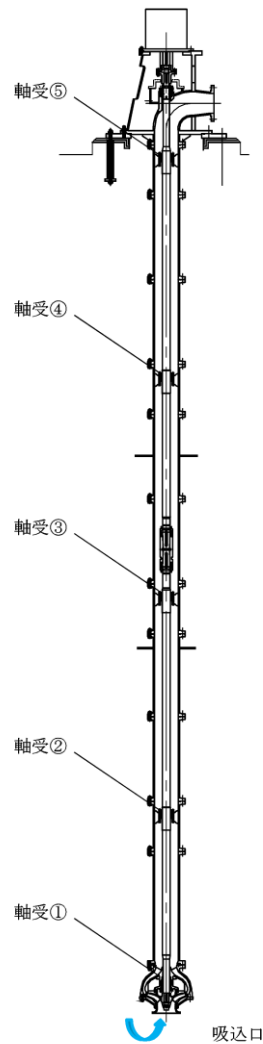
- 原子炉補機海水ポンプ
- 軸受部（異物逃がし溝）：
- 軸受①：3.5mm
 - 軸受②，③，⑤：4.5mm
 - 軸受④：5.5mm



第 2-2 図 原子炉補機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。

- ・ 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ
軸受部（異物逃がし溝）：
軸受①～⑤：3.5mm



第 2-3 図 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ軸受構造

(4) 水循環系の内部における摩耗

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

(補足資料－ 3)

(5) 水循環系の化学的影響（腐食）

海水ポンプの接液部は、耐食性のあるステンレス製、または、ライニングや塗装を実施した炭素鋼であることから、降下火砕物による短期での腐食により機能に影響を及ぼすことはない。

(補足資料－ 4)

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。

(6) 換気系，電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞）

a. 原子炉補機海水ポンプ電動機

原子炉補機海水ポンプ電動機は，全閉外扇形構造の電動機に取替を行うことにより，降下火砕物が侵入しにくい設計とする。

b. 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ電動機

(a) 電動機冷却空気への侵入による地絡・短絡

高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ電動機は第2-4図に示すとおり電動機本体を全閉構造とし，電動機上端ファン（外扇）によりハウジングを冷却する構造のため外気を直接電動機内部に取り込まない冷却方式であり，降下火砕物が電動機内部に侵入することはない。

(b) 冷却流路への侵入による閉塞

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

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



第2-4図 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ電動機冷却方式

(7) 換気系，電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）

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

また，屋外設備である海水ポンプ電動機については，外装塗装を実施しており，降下火砕物と金属が直接接触することなく，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。

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。

なお、長期的な影響については、堆積した降下火砕物を除去し、除去後の点検において、必要に応じて補修作業を実施する。

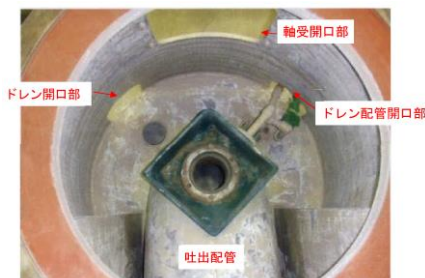
(8) 関連設備

降下火砕物が海水ポンプ基礎部に堆積し、ディスチャージケーシング開口部から降下火砕物が侵入、堆積し、軸封部に到達することにより、海水ポンプの運転を阻害する可能性について評価する。

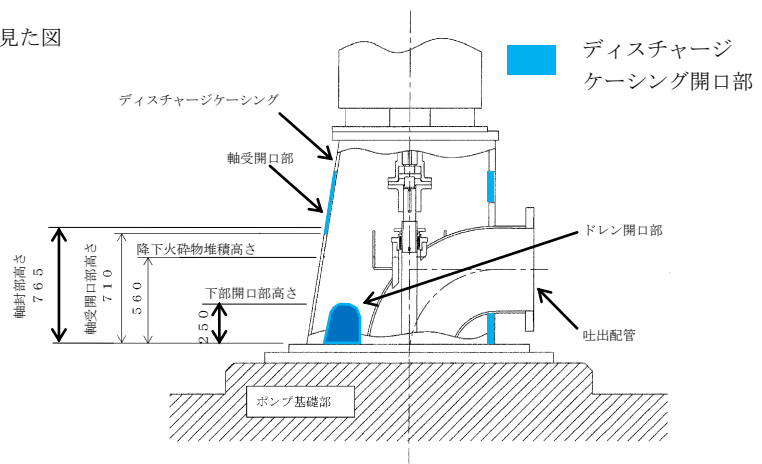
原子炉補機海水ポンプは、第2-5図に示すとおり、ディスチャージケーシングの軸受開口部までの高さが十分有るため、降下火砕物が軸封部に到達することはなく、海水ポンプの運転を阻害することはない。

高圧炉心スプレイ補機海水ポンプは、第2-6図に示すとおり、降下火砕物がディスチャージケーシングの軸受開口部まで達する可能性があるが、当該開口部に開閉可能な閉止蓋を取り付けることから、降下火砕物が軸封部に到達することはない、海水ポンプの運転を阻害することはない。

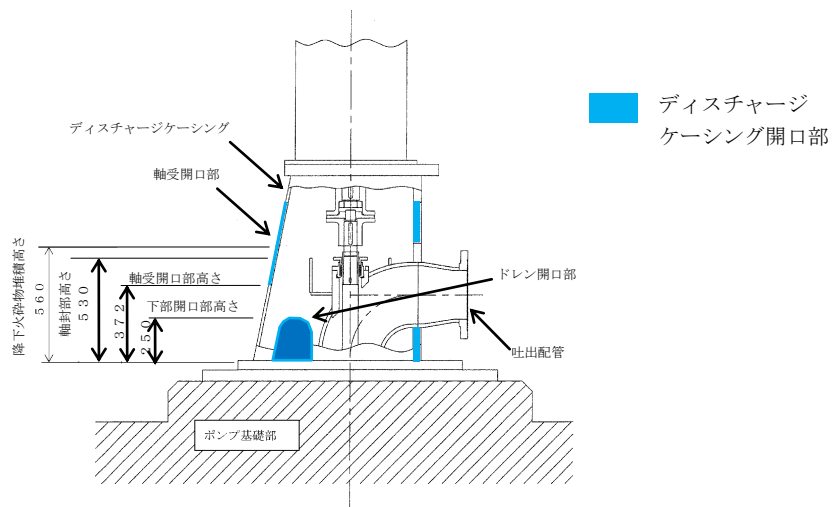
なお、当該開口部は軸受点検用であり、閉止蓋を取り付けても運転に支障は生じない。



ディスチャージケーシングを上から見た図



第2-5図 原子炉補機海水ポンプ 断面図



第 2-6 図 高圧炉心スプレィ補機海水ポンプ 断面図

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

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

1. 評価項目及び内容

(1) 構造物への静的負荷

降下火砕物の堆積荷重によりディーゼル発電機吸気口の健全性に影響がないことを評価する。なお、堆積荷重は積雪との重畳を考慮する。

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

(2) 換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞、摩耗）

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

(3) 換気系、電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）

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

(4) 構造物への化学的影響（腐食）

降下火砕物の吸気口、排気消音器及び排気管への付着による化学的影響（腐食）により、機器の機能に影響がないことを評価する。

2. 評価条件

(1) 降下火砕物条件

- a. 堆積量：56cm
- b. 密度：1.5g/cm³（湿潤状態）
- c. 粒径：4.0mm 以下

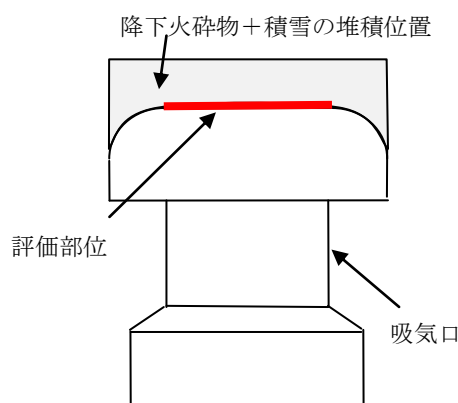
(2) 積雪条件

- a. 積雪量：35.0cm
（建築基準法の考え方を参考とし設計基準積雪深（100cm）に係数 0.35 を考慮した値）
- b. 単位荷重：積雪量 1 cm あたり 20N/m²
（松江市建築基準法施行細則に基づく積雪の単位荷重）
上記条件より降下火砕物及び積雪の重畳を考慮した評価荷重を「8,938 (N/m²)」として評価する。

(3) 評価部位及び評価方法

降下火砕物堆積荷重の影響に係る評価部位は、荷重の影響を受けやすい吸気口天板とする。

評価部位の詳細を第 3-1 図に示す。



第 3-1 図 非常用ディーゼル発電機吸気口評価部位

3. 評価結果

(1) 構造物への静的負荷

降下火砕物が堆積した場合の非常用ディーゼル発電機吸気口における荷重評価を行った結果、第 3-1 表のとおり、降下火砕物により発生する応力に比べ許容応力が上回っているため、吸気口の健全性への影響はない。

第 3-1 表 非常用ディーゼル発電機吸気口に対する評価結果

機器名称	評価部位	応力	算出応力 (MPa)	許容応力* (MPa)	結果
吸気口	天板	曲げ応力	113	278	○

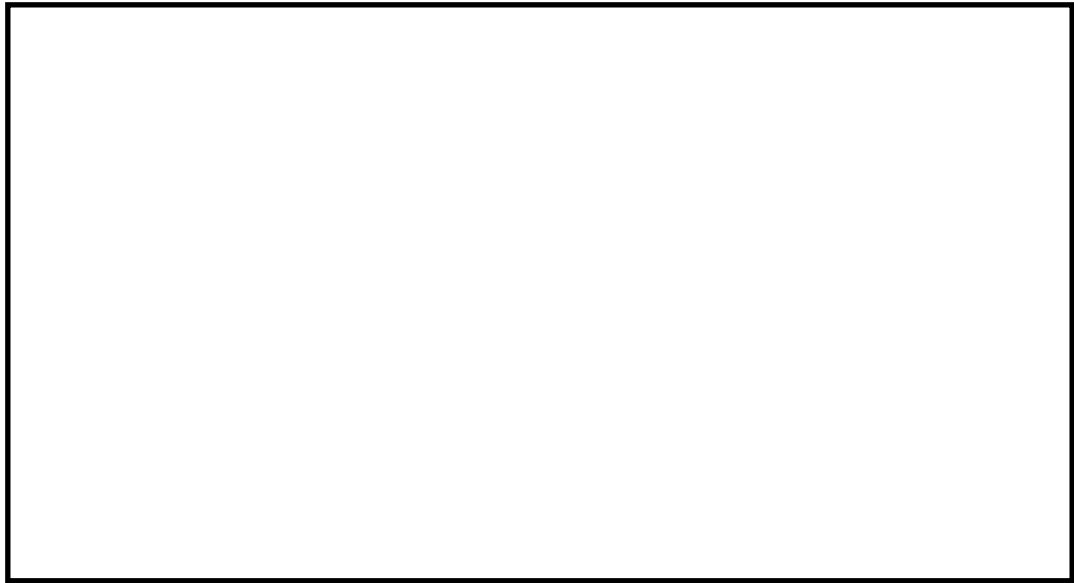
※JEAG4601-1987 その他支持構造物の許容応力状態Ⅲ_AS で評価する。

(2) 換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞、摩耗）

a. ディーゼル発電機（機関）への影響評価

ディーゼル機関の吸入空気は第 3-2 図のとおり、下に向けた外気取入口を介して吸込む流れとなっており、降下火砕物が侵入しにくい構造である。

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



第 3-2 図 ディーゼル機関の給気空気の流れ

粒径が 1～5 μm 程度のものについては，第 3-3 図に示すように過給機，空気冷却器（空気側）に侵入する可能性はあるが，機器の間隙は十分大きく閉塞に至らない。

また，機関シリンダ内に降下火砕物が侵入した場合，シリンダライナとピストンリング間隙（油膜厚さ相当：数 μm ～十数 μm ）と同程度のものは，当該間隙内に侵入し，摩耗の発生が懸念されるが，主要な降下火砕物は砂と比較しても，破碎しやすく^{*1}，硬度が低い^{*2}こと並びにシリンダライナ及びピストンリングはブリネル硬さで 210～225 程度の耐摩耗性を有する鋳鉄材であり，これまでの点検において有意な摩耗は確認されていないことから，降下火砕物による摩耗が設備に影響を与える可能性は小さい。長期的な影響についても，シリンダライナ及びピストンの間隙内に侵入した降下火砕物は，シリンダとピストン双方の往復（摺動）運動が繰り返されるごとに，更に細かい粒子に破碎され，破碎された粒子はシリンダライナとピストンリング間隙に付着している潤滑油により機関外へ除去される。また，潤滑油系には，フィルタが設置されているが，メッシュ寸法が（30 μm ）と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，潤滑油に降下火砕物が混入した場合の影響については，吸気により侵入する降下火砕物はフィルタを通過する際に大部分が捕集され，その後は排気により機関外へ排出されるため，潤滑油に混入する降下火砕物は微細なものに限られ，なおかつ少量であることから潤滑油への影響は小さいと考えられる。

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。

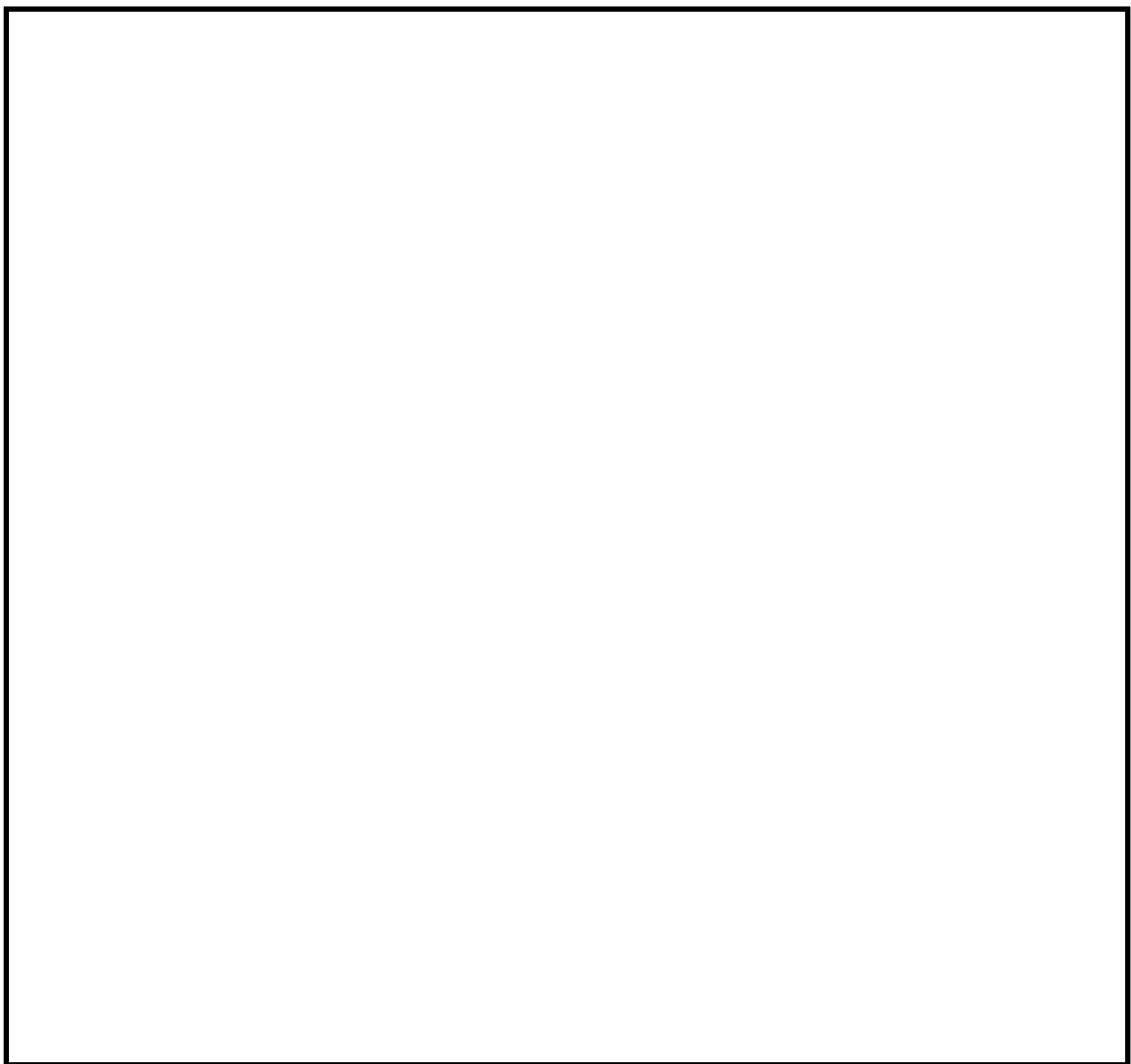
また、シリンダから排出される排気ガスの温度は、約 600℃であることから、融点が約 1,000℃である降下火砕物の溶融による影響はない。

以上のことから、ディーゼル機関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、必要に応じて点検等を行う。

(補足資料—3, 6, 8, 9)

※1: 武若耕司(2004) シラスコンクリートの特徴とその実用化の現状, コンクリート工学, vol. 42, No. 3, pp. 38-47.

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



第 3-3 図 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。

b. 排気消音器及び排気管への影響評価

排気消音器及び排気管は第3-4図に示すとおり、横方向を向いており降下火砕物が侵入しにくい構造となっている。また、運転中は排気していること、待機中であっても外気を吸い込む構造ではないため、降下火砕物が侵入することはない。



第3-4図 ディーゼル発電機排気消音器及び排気管

(3) 換気系，電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）

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

（補足資料－11）

(4) 構造物への化学的影響（腐食）

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

(5) 関連設備

燃料貯蔵タンクは地下埋設化することにより，降下火砕物の影響により健全性を損なわない設計とする。また，ディーゼル燃料移送ポンプについても同様に地下埋設化または燃料移送ポンプエリア竜巻防護対策設備により静的負荷の影響を受けにくい構造とし降下火砕物の影響により健全性を損なわない設計とする。

ベント管は開口部を下向きにする等の降下火砕物が侵入しにくい構造とすることにより降下火砕物の影響を受けない設計とする。

ディーゼル燃料移送ポンプに係る影響評価

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

1. 評価項目及び内容

(1) 構造物への化学的影響（腐食）

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

(2) 換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞・摩耗）

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

(3) 換気系、電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）

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

2. 評価条件

(1) 降下火砕物条件

- a. 粒 径：4.0mm 以下

3. 評価結果

(1) 構造物への化学的影響（腐食）

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

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

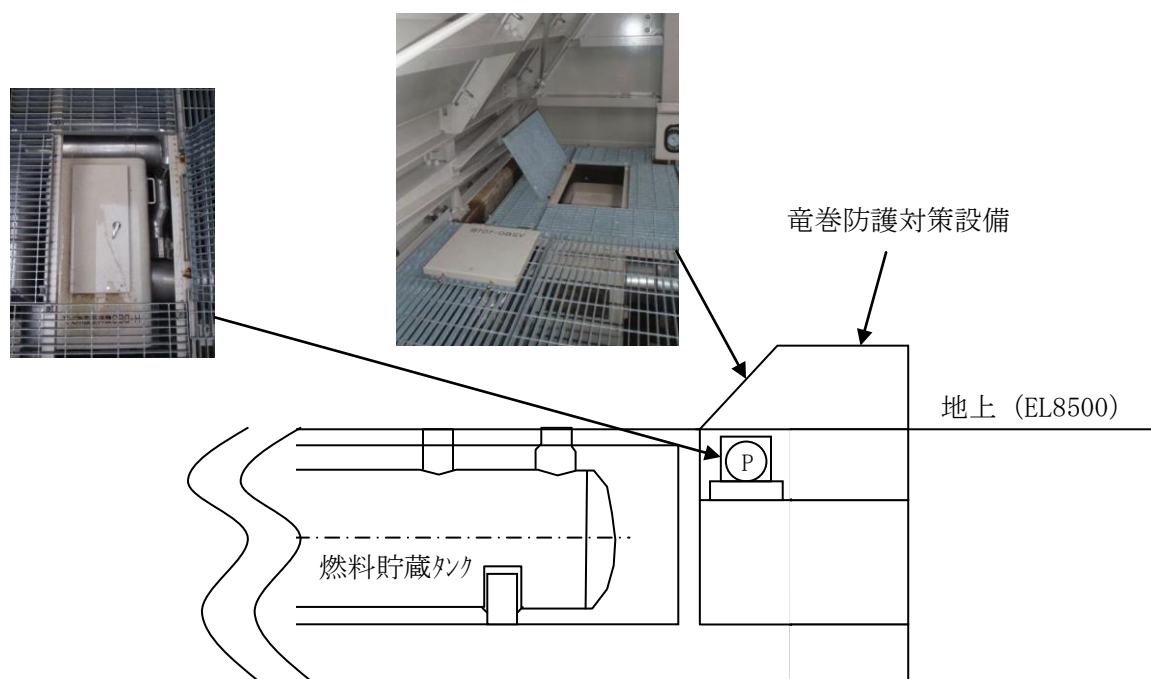
(2) 換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞・摩耗）

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等を用いて潤滑剤や内部流体の漏えいのないよう適切に管理され

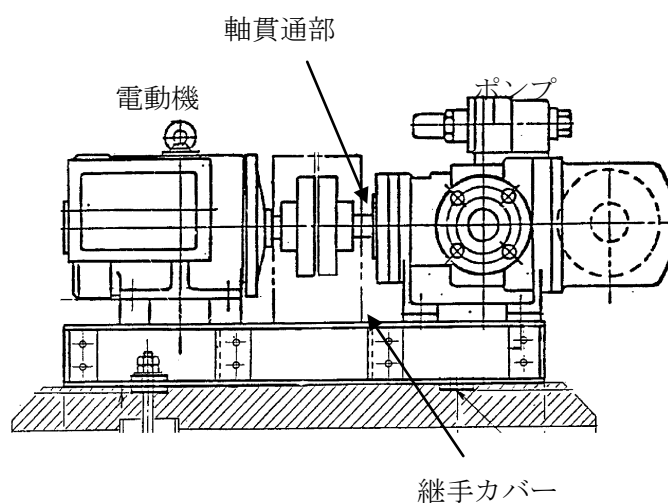
ていることから、降下火砕物がポンプ本体へ侵入することはなく閉塞や摩耗による影響はない。

ディーゼル燃料移送ポンプの概略構造図を第 4-2 図に示す。

動力源となる電動機 (A, B-非常用ディーゼル発電設備 (燃料移送系) 及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 (燃料移送系)) については「全閉屋外扇形」であり、ケーシングの放熱フィン等に堆積した降下火砕物若しくは浮遊中の降下火砕物が冷却ファン側から吸入された場合でも、電動機内部に降下火砕物が侵入することはない。



第 4-1 図 ディーゼル燃料移送ポンプ設置状況 (概略)



第 4-2 図 ディーゼル燃料移送ポンプ概略構造図

(3) 換気系，電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）

上記のように，ディーゼル燃料移送ポンプ本体及び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。

空調換気設備に係る影響評価

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

1. 評価項目及び内容

(1) 換気系，電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞・摩耗）

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

(2) 換気系，電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）

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

(3) 発電所周辺の大気汚染

降下火砕物により汚染された発電所周辺の大気が空調換気設備を経て運転員が常時居住している中央制御室へ侵入することがないことを評価する。

2. 評価条件

(1) 降下火砕物条件

a. 粒 径：4.0mm 以下

3. 評価結果

(1) 換気系，電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞・摩耗）

各評価対象施設の外気取入口には，第 5-1 図に示すとおりルーバが取り付けられており，下方から吸い込む構造となっていることから，降下火砕物が侵入しにくい構造となっている。

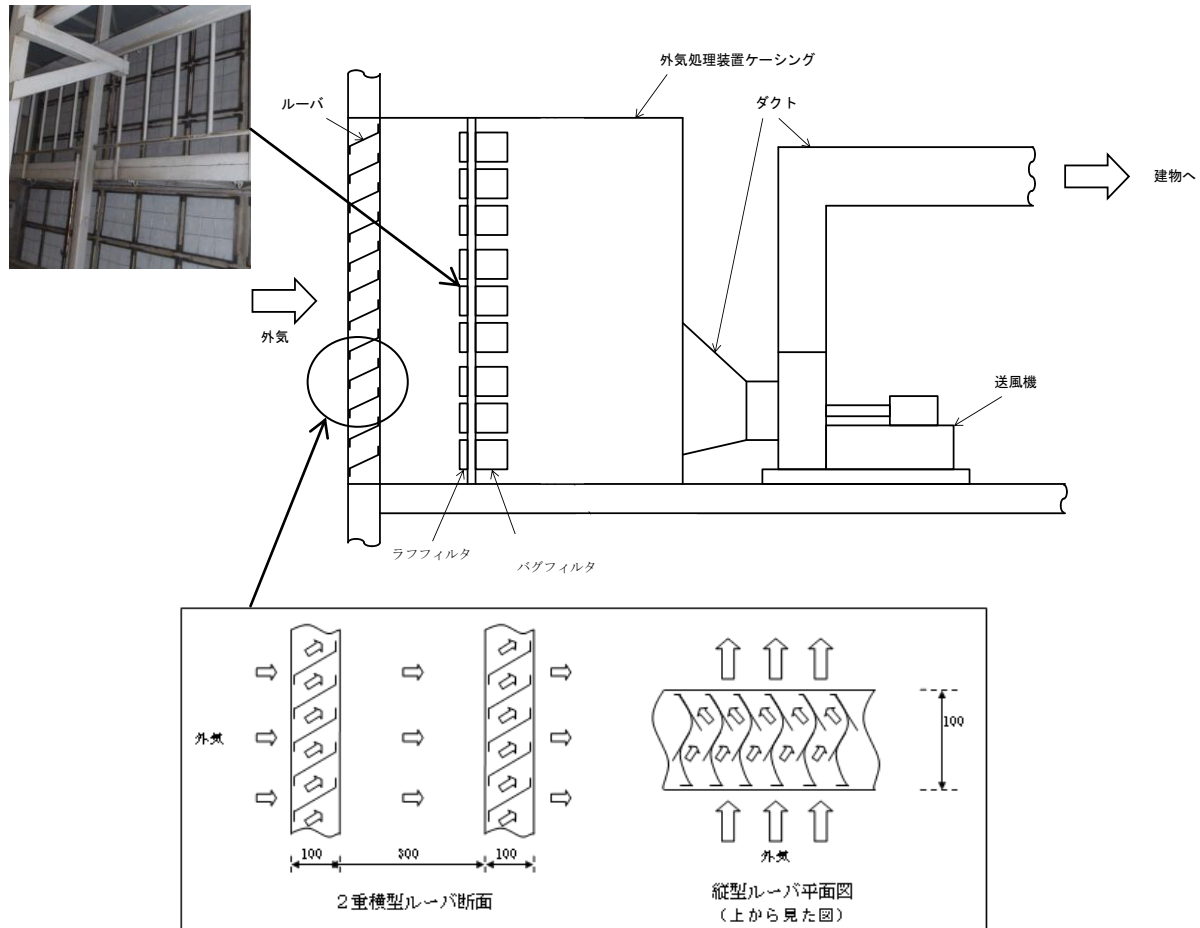
また，非常用電気室の外気取入口にはラフフィルタ（JIS Z 8901 試験用粉体 11 種に対して 76%以上の捕集効率）とバグフィルタ（JIS Z 8901 試験用粉体 11 種に対して 80%以上の捕集効率），ディーゼル発電機室の外気取入口にはラフフィルタ（JIS Z 8901 試験用粉体 11 種に対して 60%以上の捕集効率）及び中央制御室換気系の外気取入口にはバグフィルタ（JIS Z 8901 試験用粉体 11 種に対して 80%以上の捕集効率）が設置されており，想定する降下火砕物は十分除去されることから，給気を供給する系統及び機器に対して降下火砕物が与える影響は小さい。

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

空調換気設備の外気取入口は，地上面又は直下にある平面部から 56cm 以上

の高さを確保していることから、堆積によって外気取入口が閉塞に至ることはない。

(補足資料-14)



第 5-1 図 外気取入口の空気の流れ概要

(2) 換気系，電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）

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

(補足資料-11)

(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、中央制御室換気設備によって空調管理されており、他の空調換気設備と同様、外気取入口には、ルーバが取り付けられており、下方から吸い込む構造となっていることから、降下火砕物が侵入しにくい構造となっている。また、外気取入口には、バグフィルタ（JIS Z 8901

試験用粉体 11 種に対して 80%以上の捕集効率) が設置されており, 想定する降下火砕物は十分除去されることから, 降下火砕物が与える影響は少ない。中央制御室換気系の外気取入口の写真を第 5-2 図 に示す。

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

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



第 5-2 図 中央制御室換気系の外気取入口

a. 酸素濃度

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

(a) 評価条件

- ・ 在室人員 10 名
- ・ 中央制御室バウンダリ内体積 m³
- ・ 空気流入はないものとする。
- ・ 初期酸素濃度 20.95%
- ・ 1 人あたりの呼吸量は, 事故時の運転操作を想定し, 歩行時の呼吸量を適用して, 240/min とする。
- ・ 1 人あたりの酸素消費量は, 呼気の酸素濃度 : 16.40%として, 65.520/h とする。
- ・ 許容酸素濃度 19%以上 (鉱山保安法施行規則)

(b) 評価結果

第 5-1 表 中央制御室系統隔離運転モードにおける酸素濃度の時間変化

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

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。

b. 二酸化炭素濃度

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

(a) 評価条件

- ・ 在室人員 10 名
- ・ 中央制御室バウンダリ内体積 m³
- ・ 空気流入はないものとする。
- ・ 初期二酸化炭素濃度 0.03%
- ・ 1人あたりの二酸化炭素吐出量は、事故時の運転操作を想定し、中等作業時の吐出量を適用して、0.046m³/h とする。
- ・ 許容二酸化炭素濃度 1.0%以下（鉱山保安法施行規則）

(b) 評価結果

第 5-2 表 中央制御室系統隔離運転モードにおける二酸化炭素濃度の時間変化

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

以上の結果から、358 時間外気取入を遮断したままでも、中央制御室内に滞在する運転員の操作環境に影響を与えない。なお、噴火継続時間に関する最近の観測記録（補足資料-15）と比較し、十分な裕度が確保できている。

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。

排気筒及び非常用ガス処理系用排気筒に係る影響評価

降下火砕物による排気筒及び非常用ガス処理系用排気筒への影響について以下のとおり評価した。

1. 評価項目及び内容

(1) 換気系，電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞）

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

(2) 構造物への化学的影響（腐食）

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

2. 評価条件

(1) 降下火砕物条件

- a. 密度：1.5g/cm³（湿潤状態）
- b. 粒径：4.0mm 以下

3. 評価結果

(1) 換気系，電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞）

a. 排気筒

降下火砕物の降下速度と排気筒の排気速度の評価について以下に示す。

(a) 降下火砕物の降下速度

降下火砕物の粒子の沈降速度を単粒子の自由降下*と考慮してモデル化し，以下のとおり導出する。

降下速度Wf (m/s) は，次式で表される。

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

ここで，

重力加速度：g = 9.80665 (m/s²)

抵抗係数：C_w = 0.44

粒子密度：ρ_k = 1500 (kg/m³)

空気密度：ρ_L = 1.1 (kg/m³)

粒子径 : $d_k = 0.004$ (m)

本評価では排気筒の排気速度(吹き出し風速)との比較を行うことから、降下速度が大きいほど保守的となるため、上式より粒子密度と粒子径はいずれも大きい方が降下速度も大きくなる。

そのため、本評価では想定される降下火砕物の特性として設定された、湿潤密度 $1,500\text{kg/m}^3$ (1.5g/cm^3)、粒子径 0.004m (4mm) の降下火砕物条件を用いて降下速度を算出すると以下のとおりとなる。

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

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

(b) 排気筒の排気速度

排気筒からの排気速度について、以下のとおり導出する。

排気速度 W (m/s) は、次式で表される。

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

ここで、

排気筒からの合計排気風量※ : $F = 810,000$ (m^3/h)

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

※：気体廃棄物処理系の排気風量は除く

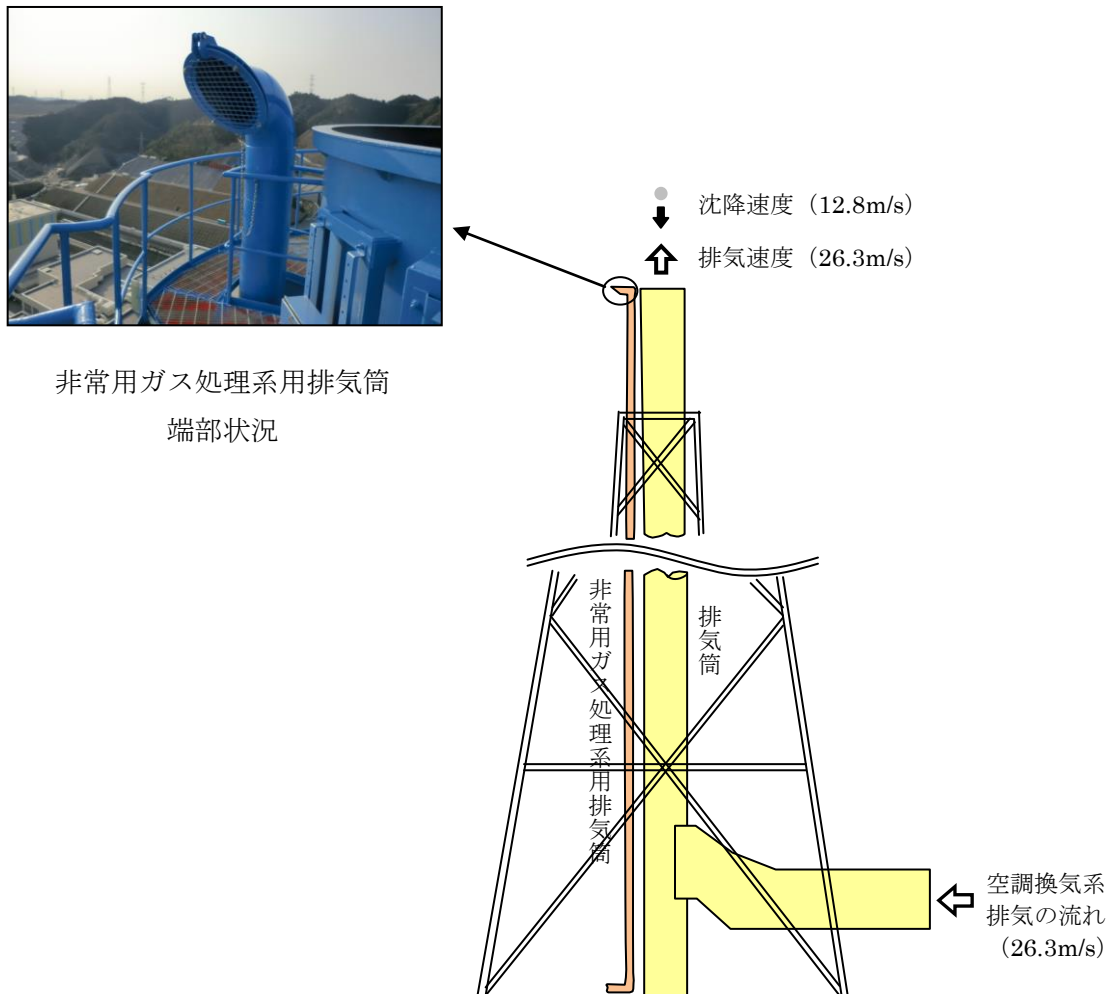
排気筒直径 : $D = 3.3$ (m)

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

以上より、排気筒からの排気速度は「 26.3m/s 」であり、降下火砕物の降下速度「 12.8m/s 」より大きく、降下火砕物が侵入することはない。

b. 非常用ガス処理系用排気筒

非常用ガス処理系用排気筒については、屋外に開口しているが、第6-1図に示すとおり開口部は水平方向であり、降下火砕物が侵入しにくい構造となっている。なお、非常用ガス処理系運転中においては、排気筒から排気されていることから降下火砕物が侵入することはない。



第 6-1 図 排気筒周辺の概要

(2) 構造物への化学的影響（腐食）

排気筒及び非常用ガス処理系用排気筒は、外装塗装を実施していることから、降下火砕物による短期での腐食により機能に影響を及ぼすことはない。

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

海水ストレーナ（下流設備含む）に係る影響評価

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

1. 評価項目及び内容

(1) 水循環系の閉塞

降下火砕物によって，海水ストレーナ（下流設備含む）の閉塞により，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

降下火砕物によって海水ストレーナ（下流設備含む）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）

降下火砕物によって海水ストレーナ（下流設備含む）の内部構造物の化学的影響（腐食）により，機器の機能に影響がないことを評価する。

2. 評価条件

(1) 降下火砕物条件

a. 粒 径：4.0mm 以下

3. 評価結果

(1) 水循環系の閉塞

各海水ストレーナのフィルタ穴径を示す。

	原子炉補機海水系	高圧炉心スプレイ補機海水系
フィルタ穴径	7 mm	7 mm

想定する降下火砕物の粒径は，最大で4 mm であり，海水ストレーナのフィルタ穴径より小さく，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，海水ストレーナが閉塞することはない。なお，海水ストレーナは2系統設けており，フィルタが閉塞することがないよう差圧管理しており，一定の差圧（原子炉補機海水系：0.13MPa，高圧炉心スプレイ補機海水系：0.05MPa）になると切替えて，清掃を行う。

海水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管の穴径（原子炉補機冷却系約 20mm，高圧炉心スプレイ補機冷却系約 17mm）に対して，想定する降下火砕物の粒径は十分小さく伝熱管等の閉

塞により、下流設備に影響を及ぼすことはない。

原子炉補機海水ポンプの定格流量（2台運転時）は「約 4,080m³/h」、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの定格流量は1台あたり「約 336m³/h」と大きく、熱交換器内で流れが一様になり、降下火砕物が熱交換器内で堆積し、閉塞する可能性は低い。

(2) 水循環系の内部における摩耗

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

(補足資料－3)

(3) 水循環系の化学的影響（腐食）

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

また、海水ストレーナ下流設備の熱交換器（伝熱管）は耐食性に優れた材料（アルミニウム黄銅管）を用いていること及び連続通水状態であり著しい腐食環境にはならないことから、降下火砕物による短期での腐食により下流設備に影響を及ぼすことはない。

なお、長期的な影響については、堆積した降下火砕物を除去し、除去後の点検において、必要に応じて補修作業を実施する。

取水設備（除じん装置）に係る影響評価

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

1. 評価項目及び内容

(1) 水循環系の閉塞

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

(2) 水循環系の内部における摩耗

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

(3) 水循環系の化学的影響（腐食）

降下火砕物が混入した海水を取水することによる構造物内部の腐食により機器の機能に影響がないことを評価する。

2. 評価条件

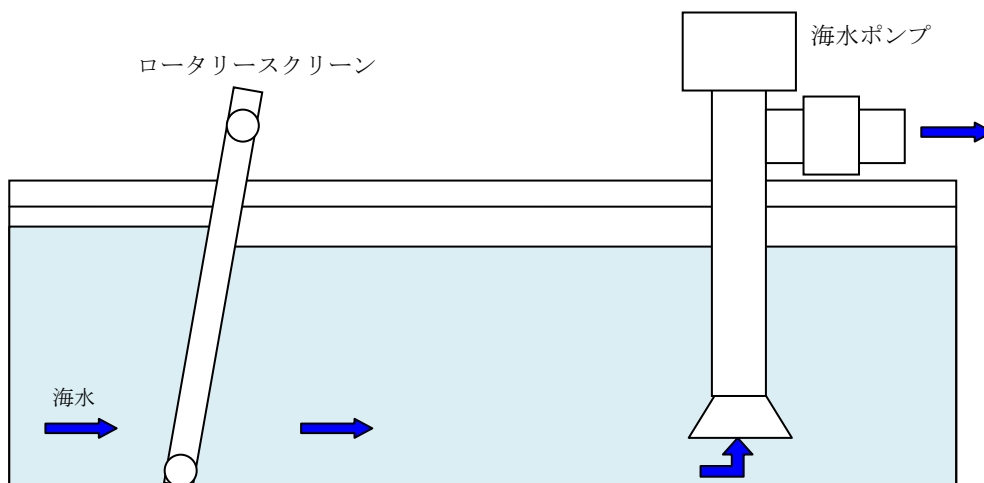
(1) 降下火砕物条件

- a. 粒 径：4.0mm 以下

3. 評価結果

(1) 水循環系の閉塞

取水設備（除じん装置）は第 8-1 図のとおり、ロータリースクリーンを設置しており、海水中の大きな塵芥の除去を実施している。取水設備への降下火砕物を想定しても、想定する降下火砕物の粒径は、第 8-1 表に示す取水設備の目開の間隔（10mm）よりも小さく、また、粘性を生じさせる粘土鉱物等は含まれていないことから、取水設備（除じん装置）が閉塞することはない。



第8-1図 取水設備（除じん装置）の構成

第8-1表 取水設備（除じん装置）の目開間隔

名称	ロータリースクリーン
目開間隔	10mm

(2) 水循環系の内部における摩耗

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

（補足資料－3）

(3) 水循環系の化学的影響（腐食）

取水設備（除じん装置）は防汚塗装等の対応を実施しており、海水と金属が直接接することはないことから、降下火砕物による短期での腐食により機能に影響を及ぼすことはない。

なお、長期的な影響については、堆積した降下火砕物を除去し、除去後の点検において、必要に応じて補修作業を実施する。

（補足資料－4）

計測制御系統施設（安全保護系盤），計測制御用電源設備（計装用無停電電源設備）
及び非常用所内電源設備（所内低圧系統）に係る影響評価

降下火砕物により，屋内の空気を取込む機構を有する計測制御系統施設（安全保護系盤），計測制御用電源設備（計装用無停電電源設備）及び非常用所内電源設備（所内低圧系統）（以下，安全保護系盤及び非常用電源盤と称す。）への影響について以下のとおり評価した。

1. 評価項目及び内容

(1) 換気系，電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）

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

(2) 絶縁低下

降下火砕物が盤内に侵入する可能性及び侵入した場合の安全保護系盤及び非常用電源盤の絶縁低下により機器の機能に影響がないことを評価する。

2. 評価条件

(1) 降下火砕物条件

a. 粒 径：4.0mm 以下

3. 評価結果

(1) 換気系，電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）

安全保護系盤及び非常用電源盤については，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。

安全保護系盤及び非常用電源盤が設置されているエリアは，原子炉棟換気系，原子炉建物付属棟換気系，中央制御室換気系にて空調管理されており，原子炉棟換気系及び原子炉建物付属棟換気系の外気取入口には，ラフフィルタ（JIS Z 8901 試験用粉体 11 種に対して 76%以上の捕集効率）とバグフィルタ（JIS Z 8901 試験用粉体 11 種に対して 80%以上の捕集効率），中央制御室換気系の外気取入口にはバグフィルタ（JIS Z 8901 試験用粉体 11 種に対して 80%以上の捕集効率）が設置されているため，室内に侵入する降下火砕物は微量で，微細な粒子と推定される。

このため，仮に室内に侵入する場合でも降下火砕物は微細なものに限られ，大量に盤内に侵入する可能性は小さいことから，降下火砕物による短期での腐食により機能に影響を及ぼすことはない。なお，中央制御室換気系については，

給気隔離弁を閉止し系統隔離運転モードを行うことにより降下火砕物の侵入を阻止することも可能である。

(2) 絶縁低下

安全保護系盤及び非常用電源盤については、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。

安全保護系盤及び非常用電源盤が設置されているエリアは、原子炉棟換気系、原子炉建物付属棟換気系、中央制御室換気系にて空調管理されており、原子炉棟換気系及び原子炉建物付属棟換気系の外気取入口には、ラフフィルタ（JIS Z 8901 試験用粉体 11 種に対して 76%以上の捕集効率）とバグフィルタ（JIS Z 8901 試験用粉体 11 種に対して 80%以上の捕集効率）、中央制御室換気系の外気取入口にはバグフィルタ（JIS Z 8901 試験用粉体 11 種に対して 80%以上の捕集効率）を介した換気空気を吸入している。したがって、降下火砕物が大量に盤内に侵入する可能性は低く、その付着により短絡を発生させる可能性はないため、安全保護系盤及び非常用電源盤の安全機能が損なわれることはない。

（補足資料—12）

排気筒モニタに係る影響評価

降下火砕物による排気筒モニタに係る影響について以下のとおり評価した。

1. 評価項目及び内容

(1) 構造物への化学的影響（腐食）

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

(2) 換気系，電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞・摩耗）

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

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

2. 評価条件

(1) 降下火砕物条件

- a. 粒 径：4.0mm 以下

3. 評価結果

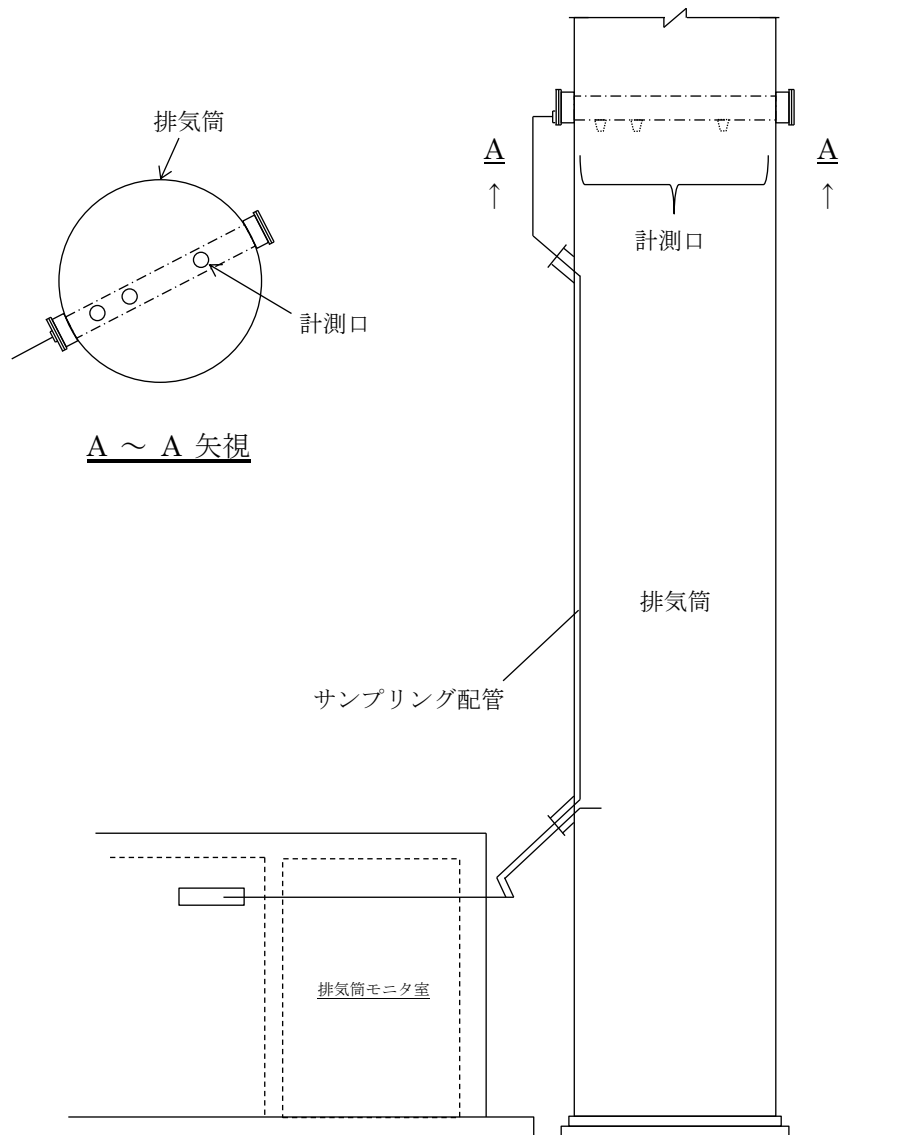
(1) 構造物への化学的影響（腐食）

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

(2) 換気系，電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞・摩耗）

排気筒モニタのサンプリング配管の計測口は、第10-1図に示すとおり下方から吸い込む構造であること、また排気筒内部に設置することにより、降下火砕物が侵入しない^{*}ことから、機器の機能に影響を及ぼすことはない。

※ 排気筒の排気速度が降下火砕物の降下速度よりも大きいことから、降下火砕物が排気筒へ侵入しないことを個別評価－6にて確認している。



第 10-1 図 排気筒モニタサンプリング配管概要図

「原子力発電所の火山影響評価ガイド」との整合性について

「原子力発電所の火山影響評価ガイド」と降下火砕物に対する設備影響の評価の整合性について，下表に示す。

原子力発電所の火山影響評価ガイド	降下火砕物（火山灰）に対する設備影響の評価
<p>1. 総則</p> <p>本評価ガイドは、原子力発電所への火山影響を適切に評価するため、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出、抽出された火山の火山活動に関する個別評価、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象の抽出及びその影響評価のための方法と確認事項をとりまとめたものである。</p> <p>1. 1 一般</p> <p>原子力規制委員会の定める「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条において、外部からの衝撃による損傷の防止として、安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全機能を損なわなければならない」とあり、「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の解釈」第6条において、敷地の自然環境を基に想定される自然現象の一つとして、火山の影響を挙げている。</p> <p>火山の影響評価としては、2009年に日本電気協会が「原子力発電所火山影響評価技術指針」(JEA4625-2009)を制定し、2012年にIAEAがSafety Standards “Volcanic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations” (No. SSG-21)を策定した。近年、火山学は基本的記述科学から、以前は不可能であった火山システムの観察と複雑な火山プロセスの数値モデルの使用に依存する定量的科学へと発展しつつあり、これらの知見を基に、原子力発電所への火山影響を適切に評価する一例を示すため、本評価ガイドを作成した。</p> <p>本評価ガイドは、新規制基準が求める火山の影響により原子炉施設の安全性を損なうことのない設計であることを評価方法の一例である。また、本評価ガイドは、火山影響評価の妥当性を審査官が判断する際に、参考とするものである。</p> <p>1. 2 適用範囲</p> <p>本評価ガイドは、実用発電用原子炉及びその附属施設に適用する。</p> <p>2. 本評価ガイドの概要</p> <p>火山影響評価は、2. 1に示す立地評価と影響評価の2段階で行う。また、火山影響評価のほか、評価時からの状態の変化の検知により評価の根拠が維持されていることを確認することを目的として、2. 2のとおり、火山活動のモニタリングの実施方針及びモニタリングにより観測データの有意な変化を把握した場合の対処方針を策定することとする。</p> <p>本評価ガイドの基本フローを図1に示す。</p>	<p>1. 基本方針</p> <p>1.1 概要</p> <p>原子力規制委員会の定める「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成25年6月28日原子力規制委員会規則第五号）」第6条において、外部からの衝撃による損傷防止として「安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全機能を損なわなければならない。」としており、「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の解釈」第6条において、敷地の自然環境を基に想定される自然現象の一つとして、火山の影響を挙げている。</p> <p>火山の影響により発電用原子炉施設の安全性を損なうことのない設計であることを評価するたため、火山影響評価を行い、発電用原子炉施設へ影響を与えないことを評価する。</p> <p>1.2 火山影響評価の流れ</p> <p>ガイドに従い評価</p>

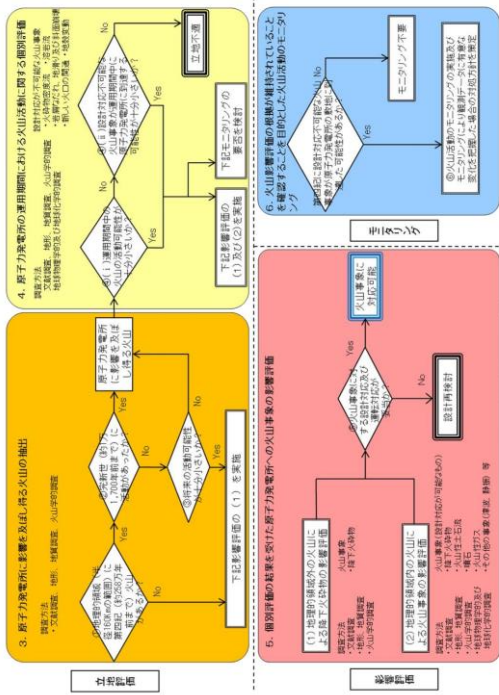


図1 本評価ガイドの基本フロー

2. 1 原子力発電所に影響を及ぼす火山影響評価の流れ

(1) 立地評価

まず、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出を行う。すなわち、原子力発電所の地理的領域において第四紀に活動した火山（以下「第四紀火山」という。）を抽出し（図1①）、その中から、完新世に活動があった火山（図1②）及び完新世に活動を行っていないものの将来の活動可能性が否定できない火山（図1③）は、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として4. の個別評価対象とする(解説-1)。具体的には、3. のとおりとする。

次に、3. で原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した火山について原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価を行う。すなわち、運用期間中の火山の活動可能性が十分小さいとは評価できず（図1④(i)）、かつ、設計対応不可能な火山事象が運用期間中に原子力発電所に到達する可能性が十分小さいとも評価できない場合（図1④(ii)）は、原子力発電所の運用期間において設計対応が不可能な火山事象が原子力発電所に影響を及ぼす可能性が十分小さいとはいえず、原子力発電所の立地は不適となる(解説-2、3)。具体的には、4. のとおりとする。

原子力発電所の火山影響評価ガイド	降下火砕物（火山灰）に対する設備影響の評価
<p>(2) 影響評価</p> <p>4. の個別評価において立地が不適とならない場合は、原子力発電所の安全性に影響を与える可能性のある火山事象を抽出し、各火山事象に対する設計対応及び運転対応の妥当性について評価を行う（図1⑤）。</p> <p>ただし、火山事象のうち降下火砕物に関しては、原子力発電所の敷地及びその周辺調査から求められる単位面積当たりの質量と同等の火砕物が降下するものとする。なお、敷地及び敷地周辺で確認された降下火砕物の噴出源である火山事象が同定でき、これと同様の火山事象が原子力発電所の運用期間中に発生する可能性が十分に小さい場合は考慮対象から除外する。</p> <p>具体的には、5. のとおりとする。</p> <p>解説-1. 本評価ガイドにおける「地理的領域」とは、火山影響評価が実施される原子力発電所周辺の領域をいい、原子力発電所から半径 160km の範囲の領域とする。</p> <p>解説-2. IAEA SSG-21 において、火砕物密度流、溶岩流、岩屑なだれ・地滑り及び斜面崩壊、新しい火口の開口及び地殻変動を設計対応が不可能な火山事象としており、本評価ガイドでも、これを適用する。</p> <p>解説-3. 「火山活動に関する個別評価」は、設計対応不可能な火山事象が発生する時期及びその規模を確に予測できることを前提とするものではなく、現在の火山学の知見に照らして現在の火山の状態を評価するものである。</p> <p>2. 2 火山活動のモニタリングの流れ</p> <p>4. の個別評価により原子力発電所の運用期間中において設計対応が不可能な火山事象が原子力発電所に影響を及ぼす可能性が十分小さいと評価した火山であっても、この評価とは別に、第四紀に設計対応不可能な火山事象が原子力発電所の敷地に到達した可能性が否定できない火山に対しては、評価時からの状態の変化の検知により評価の根拠が維持されていることを確認することを目的として、運用期間中のモニタリングの実施方針及びモニタリングにより観測データの有意な変化を把握した場合の対処方針を策定することとする（図1⑥）。</p> <p>具体的には、6. のとおりとする。</p>	

原子力発電所の火山影響評価ガイド	降下火砕物（火山灰）に対する設備影響の評価
<p>【立地評価】（項目のみ記載）</p> <p>3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出</p> <p>3. 1 文献調査</p> <p>3. 2 地形・地質調査及び火山学的調査</p> <p>3. 3 将来の火山活動可能性</p> <p>4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価</p> <p>4. 1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価</p> <p>4. 2 地球物理学的及び地球化学的調査</p> <p>6. 火山影響評価の根拠が維持されていることの確認を目的とした火山活動のモニタリング</p> <p>6. 1 監視対象火山</p> <p>6. 2 監視項目</p> <p>6. 3 定期的評価</p> <p>6. 4 観測データの有意な変化を把握した場合の対処</p>	<p>2. 立地評価（原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会にてご説明済み）</p> <p>2.1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出 地理的領域内に分布する第四紀火山（24火山）について、完新世における活動の有無等を確認し、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山（以下、「検討対象火山」という。）を抽出した。 <small>もりたやま めんかめやま ほうじょうはちまん かわもと その結果、三瓶山、大根島、シダグリ、森田山、女亀山、北条八幡、川本、まきはら こおげ さぼう おおや とどろき かみさの めさか わくらやま だいせんくらよし おきどうご 榎原、郡家、佐坊、大屋・蘆、上佐野・目坂、和久羅山、大山、倉吉、隠岐島後、みかたかざんぐん かんべんかざんぐん</small> 美方火山群及び神鍋火山群の18火山を検討対象火山として評価した。 なお、降下火砕物（火山灰）（以下、「降下火砕物」という。）については、地理的領域外の火山も確認し、鬱陵島（韓国領）等について、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した。</p> <p>2.2 運用期間における火山活動に関する個別評価 検討対象火山として評価した18火山を対象として、文献調査に基づき、運用期間における火山活動に関する設計対応不可能な火山事象（火砕物密度流、溶岩流、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊、新しい火口の開口、地殻変動）の個別評価を行った。 火砕物密度流については、地質調査の結果、敷地には、検討対象火山を起源とする火砕流堆積物は確認されない。文献調査の結果、確認されている最大到達距離は、検討対象火山と敷地との距離よりも十分小さいことから、原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価した。 溶岩流、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊については、地質調査の結果、敷地には、検討対象火山を起源とする火山噴出物は確認されていない。また、文献調査の結果、確認されている溶岩・火砕物堆積物の最大到達距離は、検討対象火山と敷地との距離よりも十分小さいことから、原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価した。 新しい火口の開口については、文献調査の結果、敷地と活火山である三瓶山は約55kmと十分な距離があり、また、敷地近傍では熱水活動及び深部低周波地震が認められないことから、原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価した。 地殻変動については、文献調査の結果、新しい火口の開口による敷地への影響はないことから、原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価した。 以上の検討結果より、原子力発電所の運用期間に設計対応不可能な火山事象が、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価した。</p> <p>3. 火山活動のモニタリング</p> <p>3.1 火山影響評価の根拠が維持されていることの確認を目的とした火山活動のモニタリング 第四紀に設計対応不可能な火山事象が原子力発電所の敷地に到達しておらず、モニタリング対象</p>

原子力発電所の火山影響評価ガイド

5. 個別評価の結果を受けた原子力発電所への火山事象の影響評価

4. 1 において原子力発電所の運用期間中に設計対応不可能な火山事象が原子力発電所の安
全性に影響を及ぼす可能性が十分小さいと評価された火山について、それが噴火した場合に原
子力発電所の安全性に影響を与える可能性のある火山事象を表1に従い抽出し、各火山事象に
対する設計対応及び運転対応の妥当性について評価を行う。

ただし、降下火砕物に関しては、原子力発電所の敷地及びその周辺調査から求められる単位
面積当たりの質量と同等の火砕物が降下するものとする。なお、敷地及び敷地周辺で確認され
た降下火砕物の噴出源である火山事象が同定でき、これと同様の火山事象が原子力発電所の運
用期間中に発生する可能性が十分に小さい場合は考慮対象から除外する。

また、降下火砕物は浸食等で厚さが小さく見積もられるケースがあるので、文献等も参考に
して、第四紀火山の噴火による降下火砕物の堆積量を評価すること。(解説-17) 抽出された火
山事象に対して、4. の個別評価を踏まえて、原子力発電所への影響評価を行うための、各事
象の特性と規模を設定する。(解説-18)

以下に、各火山事象の影響評価の方法を示す。

表1. 原子力発電所への火山影響評価に用いられる火山事象の抽出と評価

火山事象	抽出と評価の条件	降下火砕物の 抽出距離
1. 降下火砕物	降下火砕物の抽出は、原子力発電所の敷地及び敷地周辺に 確認された降下火砕物の抽出距離以内で行う。	1000m
2. 水噴射現象	降下火砕物の抽出は、降下火砕物の抽出距離以内で行う。 降下火砕物の抽出は、降下火砕物の抽出距離以内で行う。	500m
3. 溶岩流	降下火砕物の抽出は、降下火砕物の抽出距離以内で行う。 降下火砕物の抽出は、降下火砕物の抽出距離以内で行う。	1000m
4. 噴煙	降下火砕物の抽出は、降下火砕物の抽出距離以内で行う。 降下火砕物の抽出は、降下火砕物の抽出距離以内で行う。	1000m
5. 火山灰	降下火砕物の抽出は、降下火砕物の抽出距離以内で行う。 降下火砕物の抽出は、降下火砕物の抽出距離以内で行う。	1000m
6. 火山から飛出する火砕物 (噴火)	降下火砕物の抽出は、降下火砕物の抽出距離以内で行う。 降下火砕物の抽出は、降下火砕物の抽出距離以内で行う。	1000m
7. 火山から飛出する火砕物 (噴火)	降下火砕物の抽出は、降下火砕物の抽出距離以内で行う。 降下火砕物の抽出は、降下火砕物の抽出距離以内で行う。	1000m
8. 噴火	降下火砕物の抽出は、降下火砕物の抽出距離以内で行う。 降下火砕物の抽出は、降下火砕物の抽出距離以内で行う。	1000m
9. 噴火	降下火砕物の抽出は、降下火砕物の抽出距離以内で行う。 降下火砕物の抽出は、降下火砕物の抽出距離以内で行う。	1000m
10. 水噴射現象	降下火砕物の抽出は、降下火砕物の抽出距離以内で行う。 降下火砕物の抽出は、降下火砕物の抽出距離以内で行う。	500m
11. 噴煙	降下火砕物の抽出は、降下火砕物の抽出距離以内で行う。 降下火砕物の抽出は、降下火砕物の抽出距離以内で行う。	1000m
12. 火山灰	降下火砕物の抽出は、降下火砕物の抽出距離以内で行う。 降下火砕物の抽出は、降下火砕物の抽出距離以内で行う。	1000m
13. 噴火	降下火砕物の抽出は、降下火砕物の抽出距離以内で行う。 降下火砕物の抽出は、降下火砕物の抽出距離以内で行う。	1000m

注1：噴出中心と原子力発電所との距離が、表中の位置関係に記載の距離より短ければ、火山事象により原子力発電所へ影響を及ぼす可能性があるとする。
注2：降下火砕物の抽出は、原子力発電所の敷地及び敷地周辺に確認された降下火砕物の抽出距離以内で行う。抽出距離は、降下火砕物の抽出距離以内で行う。
注3：火山灰は、降下火砕物の抽出距離以内で行う。抽出距離は、降下火砕物の抽出距離以内で行う。

解説-17. 文献等には日本第四紀学会の「日本第四紀地図」を含む。

解説-18. 原子力発電所との位置関係について

表1に記載の距離は、原子力発電所火山影響評価技術指針 (JGAG625) から引用した、JGAG625 では、調査対象火山
事象と原子力発電所との距離は、おおよそ国における第四紀火山の火山噴出物の既在最大到達距離を参考に設定している。ま
た、噴出中心又は発生源の位置が不明な場合には、第四紀火山の火山噴出物等の既在最大到達距離と噴出物の分布を参考
にしてその位置を想定する。

例えば、噴出中心と原子力発電所との距離が、表中の位置関係に記載の距離より短ければ、火山事象により原子力発電所が影
響を受ける可能性があると考えられる。

降下火砕物 (火山灰) に対する設備影響の評価

とする火山はない。

4. 影響評価

4.1 火山事象の影響評価

検討対象火山について、島根原子力発電所2号炉の運用期間中の噴火規模を考慮し、それが噴火
した場合、原子力発電所の安全機能に影響を及ぼし得る火山事象を抽出した結果、降下火砕物のみ
が島根原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象であるという結果となった。

発電所運用期間中に、このような規模の降下火砕物が敷地周辺に生じる蓋然性を確認するため、
文献、地質調査、降下火砕物シミュレーション及び敷地周辺の層厚を踏まえた検討を実施した。評
価対象火山は、発電所敷地からの位置関係、過去の噴火規模を考慮して、大山及び三瓶山を対象火
山として詳細評価を実施した。想定する降下火砕物の堆積量は、敷地周辺の層厚等を考慮し、56cmと
設定する。そのほか得られた降下火砕物の特性を第1.1表に示す。

なお、鉛直荷重については、湿潤状態の降下火砕物に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 を考慮した値を踏まえ設定する。

第1.1表 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：1.5g/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

= (56cm × 1500kg/m³ × 9.80665m/s²) + (35cm^雪 × 20N/m² (m²・cm^雪)) = 8,938N/m² (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

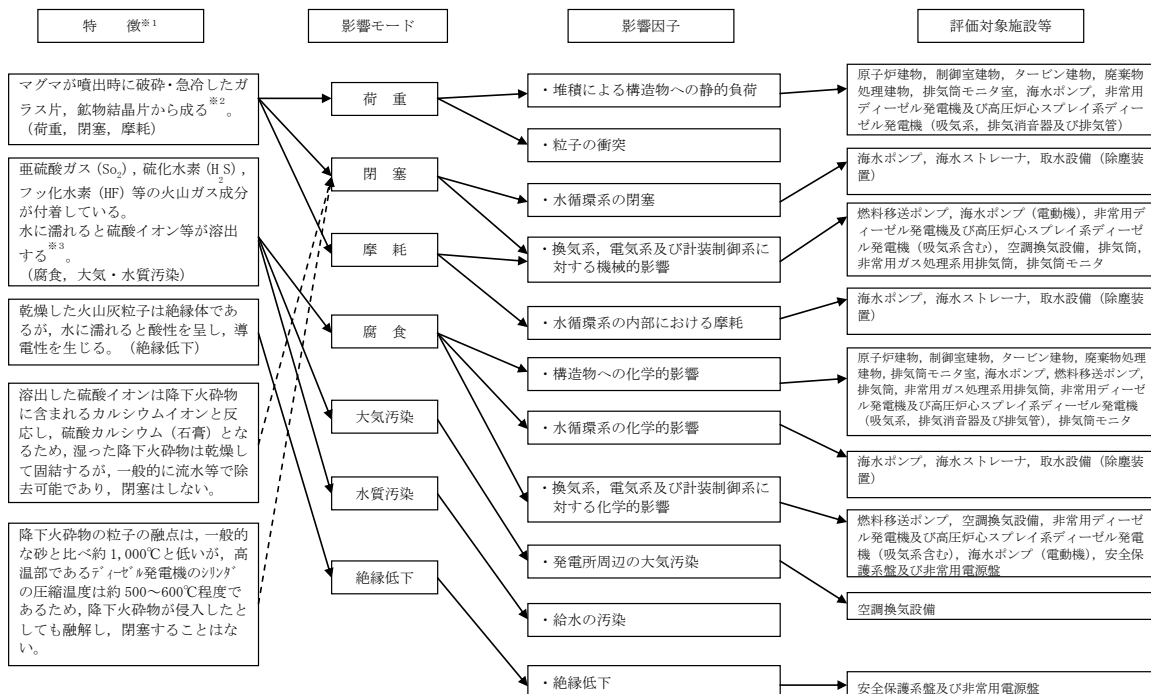
※3：松江市建築基準法施行細則に基づく積雪の単位荷重 (積雪量 1cm 当たり 20N/m²)

原子力発電所の火山影響評価ガイド	降下火砕物（火山灰）に対する設備影響の評価
<p>5. 1 降下火砕物</p> <p>(1) 降下火砕物の影響</p> <p>(a) 直接的影響</p> <p>降下火砕物は、最も広範囲に及ぶ火山事象で、ごくわずかな火山灰の堆積でも、原子力発電所の通常運転を妨げる可能性がある。降下火砕物により、原子力発電所の構造物への静的負荷、粒子の衝突、水循環系の閉塞及びその内部における磨耗、換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的及び化学的影響、並びに原子力発電所周辺の大気汚染等の影響が挙げられる。</p> <p>降雨・降雪などの自然現象は、火山灰等の堆積物の静的負荷を著しく増大させる可能性がある。火山灰粒子には、化学的腐食や給水の汚染を引き起こす成分（塩素イオン、フッ素イオン、硫化物イオン等）が含まれている。</p> <p>(b) 間接的影響</p> <p>前述のように、降下火砕物は広範囲に及ぶことから、原子力発電所周辺の社会インフラに影響を及ぼす。この中には、広範囲な送電網の損傷による長期の外部電源喪失や原子力発電所へのアクセス制限事象が発生しうることも考慮する必要がある。</p> <p>(2) 降下火砕物による原子力発電所への影響評価</p> <p>降下火砕物の影響評価では、降下火砕物の降灰量、堆積速度、堆積期間及び火山灰等の特性などの設定、並びに降雨等の同時期に想定される気象条件が火山灰等特性に及ぼす影響を考慮し、それらの発電用原子炉施設への影響を評価し、必要な場合には対策がとられ、求められている安全機能が担保されることを評価する。（解説-19、21）</p>	<p>4.4 降下火砕物による影響の選定</p> <p>4.4.2 直接的影響</p> <p>降下火砕物の特徴から直接的影響の要因となる荷重、閉塞、摩耗、腐食、大気汚染、水質汚染及び絶縁低下を抽出し、評価対象施設等の構造や設置状況等を考慮して、直接的な影響因子を以下のとおり選定する。なお、高根原子力発電所2号炉で想定される降下火砕物の条件を考慮し、第1.4表に示す項目について評価を実施する。</p> <p>4.4.3 間接的影響</p> <p>降下火砕物によって発電所に間接的な影響を及ぼす因子は、選った降下火砕物が送電線の断り、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」並びに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」である。</p> <p>4.3 評価対象施設の抽出（部分抜粋）</p> <p>設置許可基準規則第六条における安全施設とは、「発電用圧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に該当する構築物、系統及び機器（以下「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」という。）を指していることから、降下火砕物によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、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、系統及び機器とする。</p> <p>また、以下の点を踏まえ、降下火砕物によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設のうち、外部事象防護対象施設は、外部事象に対し必要な構築物、系統及び機器（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、燃料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、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とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・降下火砕物襲来時の設備損傷状況を踏まえ、必要に応じプラント停止の措置をとること ・プラント停止後は、その状態を維持することが重要であること <p>その上で、外部事象防護対象施設のうち、屋内設備は内包する建物により防護する設計とし、評価対象施設を、屋外設備、建物及び屋外との接続がある設備（屋外に開口している設備又は外気から取り入れた室内の空気を機器内に取り込む機構を有する設備）に分類し、抽出する。また、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を評価対象施設等という。</p> <p>なお、上記以外の安全施設については、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、又は、それらを適切に組み合わせて、その安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>以上を踏まえた、評価フローを第1.3図に示す。評価フローに基づき抽出した評価対象施設等を第1.2表及び第1.3表に示すとともに、評価対象施設等の設置場所を第1.4図に示す。</p>

原子力発電所の火山影響評価ガイド	降下火砕物（火山灰）に対する設備影響の評価
<p>(3) 確認事項</p> <p>(a) 直接的影響の確認事項</p> <p>① 降下火砕物堆積荷重に対して、安全機能を有する構築物、系統及び機器の健全性が維持されること。</p> <p>② 降下火砕物により、取水設備、原子炉補機冷却海水系統、格納容器ベント設備等の安全上重要な設備が閉塞等によりその機能を喪失しないこと。</p> <p>③ 外気取入口からの火山灰の侵入により、換気空調系統のフィルタの目詰まり、非常用ディーゼル発電機の損傷等による系統・機器の機能喪失がなく、加えて中央制御室における居住環境を維持すること。(解説-20)</p> <p>④ 必要に応じて、原子力発電所内の構築物、系統及び機器における降下火砕物の除去等の対応が取れること。</p> <p>(b) 間接的影響の確認事項</p> <p>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、燃料油等の備蓄又は外部からの支援等により、原子炉及び使用済燃料プールの安全性を損なわないように対応が取れること。</p> <p>解説-19. 原子力発電所内及びその周辺敷地において降下火砕物の堆積が観測されない場合は、次の方法により降灰量を設定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 類似する火山の降下火砕物堆積物の情報を基に求める。 ✓ 対象となる火山の総噴出量、噴煙柱高度、全直径分布、及びその領域における風速分布の変動を高度及び関連パラメータの間数として、原子力発電所における降下火砕物の数値シミュレーションを行うことより求める。数値シミュレーションに際しては、過去の噴火履歴等の関連パラメータ、及び類似の火山降下火砕物堆積物等の情報を参考とすることができるとする。 <p>解説-20. 堆積速度、堆積期間については、類似火山の事象やシミュレーション等に基づいて評価する。また、外気取入口から侵入する火山灰の想定に当たっては、添付1の「気中降下火砕物濃度の推定手法について」を参照して推定した気中降下火砕物濃度を用いる。堆積速度、堆積期間及び気中降下火砕物濃度は、原子力発電所への間接的な影響の評価にも用いる。</p> <p>解説-21. 火山灰の特性としては粒度分布、化学的特性等がある。</p> <p>(「5. 2 火砕物密度流」以降省略)</p>	<p>降下火砕物に対する設計</p> <p>4.6.1 直接的影響に対する設計</p> <p>直接的影響については、評価対象施設等の構造や設置状況等（形状、機能、外気吸入や海水通水の有無等）を考慮し、想定される各影響因子に対して、影響を受ける各評価対象施設等が安全機能を損なわない以下の設計とする。</p> <p>4.7 降下火砕物の除去等の対策</p> <p>4.7.1 降下火砕物に対応するための運用管理</p> <p>降下火砕物に備え、手順を整備し、第1.5図のプロールとおり段階的に対応することとしている。その体制については、地震、津波、火山噴火等の自然災害に対し、保安規定に基づく保安管理体制として整備し、その中で体制の移行基準、活動内容についても明確にする。なお、多くの火山では、噴火前に、震源の浅い火山性地震の頻度が急増し、火山性微動の活動が始まるため、事前に対策準備が可能である。</p> <p>4.6.2 間接的影響に対する設計方針</p> <p>島根原子力発電所2号炉の非常用所内交流電源設備は、非常用ディーゼル発電機（2台）及び高圧炉心スプレイスディーゼル発電機（1台）とそれぞれに必要な燃料デイトンク（2基；16m³/基、1基；9m³/基）〔耐震Sクラス〕を有している。更に、燃料貯蔵タンク（A-非常用ディーゼル発電機系（2基；170kl/基）、高圧炉心スプレイスディーゼル発電機系（1基；170 kl/基））及び（B-非常用ディーゼル発電機系（3基；100 kl/基））〔耐震Sクラス〕を有している。</p> <p>これらにより、7日間の外部電源喪失に対して、また、原子力発電所外での影響（長期間の外部電源の喪失及び交通の途絶）を考慮した場合においても、発電用原子炉の停止及び停止後の発電用原子炉の冷却並びに燃料プールの冷却に係る機能を担うために必要となる電源の供給が継続できる設計とする。</p> <p>以上</p>

降下火砕物の特徴及び影響モードと、影響モードから選定された影響因子に対し影響を受ける評価対象施設等の組合せについて

降下火砕物の特徴から抽出される影響モード、影響モードから選定される影響因子及び影響因子から影響を受ける評価対象施設等の組合せについて「第 1.5 表 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」にて、評価すべき組合せを検討した結果、第 2-1 図に示す結果となった。なお、選定された影響因子は、「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に示されたものと同じ項目となった。



第 2-1 図 降下火砕物の特徴と影響因子

※ 1：（参考文献）（内閣府）広域的な火山防災対策に係る検討会（第 3 回）（資料 2）

※ 2：粘性を生じさせる粘土鉱物等は含まれていない。

※ 3：「降下火砕物による金属腐食の研究報告の例」

4 種類の金属材料（Zn メッキ、Al、SS41、Cu）に対して、桜島降下火砕物による金属腐食の程度は、実際の自然条件より厳しい条件においても表面厚さに対して数 μm のオーダーの腐食。

< 試験条件：温度、湿度、保持時間

【①（40℃、95%、4h）～②（20℃、80%、2h）×18 サイクル】>

（【参考文献】出雲茂人，末吉秀一ほか，火山環境における金属材料の腐食，1990，防食技術 Vol. 39, pp. 247-257）

⇒設計時の腐食代（数mm オーダー）を考慮すると、構造健全性に影響を与えることはないと考えられる。

降水による降下火砕物の固結の影響について

降下火砕物は、湿ったのち乾燥することで固結する特徴をもっており^{※1}、影響モードとして開塞が考えられるが、一般的に流水等で除去可能である。

降下火砕物が固結した場合の評価対象施設等に対する影響モードとしては、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（閉塞）が考えられるが、水循環系においては、大量の海水が通水しているため、固結による影響はない。換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞）としては、空調換気系のフィルタの閉塞が考えられるが、空調換気系の外気取入口にはルーバが設置されており、下方から吸い込む構造となっていることから、平時に比べ雨が降っている場合の降下火砕物の侵入は減少すると考えられる。なお、侵入した降下火砕物は、空調換気系のフィルタによって除去されるが、湿った降下火砕物がフィルタに付着し固結した場合においても、フィルタの取替えが可能なることから、固結による影響はない。

一方、評価対象施設等に対して間接的な影響を与え得る事象としては、降下火砕物による排水路の閉塞時の降水事象が考えられる。ただし、評価対象施設等に有意な影響を及ぼし得る大雨に対しては、雨水が排水路に流れ込むことで、降下火砕物は除去されるため影響はない。なお、原子炉建物等に対しては、溢水対策として建物貫通部の止水処置等を実施する設計とすることから評価対象施設等への影響はない。

※1：（参考文献）（内閣府）広域的な火山防災対策に係る検討会（第3回）（資料2）

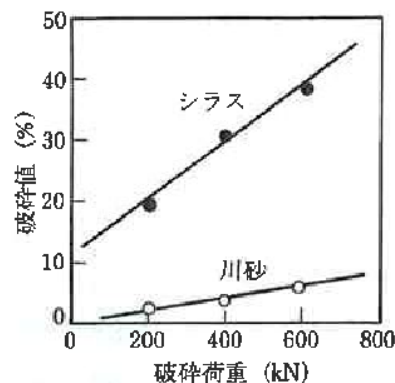
降下火砕物による摩耗について

水循環系において最も摩耗の影響を受けやすい箇所はライニングが施されていない各熱交換器の伝熱管と考えられるが、発電所の運用期間中において海水取水中に含まれる砂等の摩耗によるトラブルは発生していないこと、及び主要な降下火砕物は、砂等と比べて硬度が低くもろいことから、降下火砕物による摩耗が設備に影響を与える可能性は小さいと評価している。

1. 降下火砕物と砂の破碎しやすさの違いについて

降下火砕物と砂の破碎しやすさの違いについては、「武若耕司（2004）：シラスコンクリートの特徴とその実用化の現状，コンクリート工学，vol. 42，No. 3，P38-47」による調査報告があり，第3-1図に示すとおり，「シラス※は川砂などに比べて極めて脆弱な材料である」とされており，シラスと同様，火山ガラスを主成分とする降下火砕物は，砂と比較して破碎しやすいと考えられる。

※：シラスはカルデラから高温のマグマが多量のガスを含んで噴出する際に，火山ガラスを主とする熔融物質の破片及び粒子が熱い雲の状態となって流下し，堆積，熔融してできた発泡状の物質，いわゆる火砕流堆積物の一種。



第3-1図 シラスの破碎試験結果

2. 降下火砕物と砂及び設備材料の硬度の比較について

鉱物の硬度は掻傷硬度で表されており，ここではモース硬度による比較を行う。以下のとおり，主要な降下火砕物の硬度は砂より低いため，設備への影響は軽微と考える。

■ 降下火砕物の主成分は，火山ガラスであり，「恒松修二・井上耕三・松田応作（1976）：シラスを主原料とする結晶化ガラス，窯業協会誌 84[6]，P32-40」によると，火山ガラスのモース硬度は5と記載されている。

■ 砂の主成分は，石英であり，石英のモース硬度は7とされている。

また，発電所運用期間中において海水取水中に含まれる砂等による摩耗によるトラブルは経験していないことから，設備材料は砂に対して耐性を有すると考える。

塗装による降下火砕物の化学的影響（腐食）について

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

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

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

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

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

なお，定期的に外観の点検を行い，塗装の状態についても確認を行っている。島根 2 号炉における塗装の例を第 4-1 表に示す。

第 4-1 表 島根原子力発電所 2 号炉における塗装の例

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

降下火砕物による送電鉄塔への影響について

送電鉄塔に使用されている碍子は、降下火砕物が堆積しにくい構造となっており、静的荷重の影響は受けにくく機能への影響を及ぼすことはない。

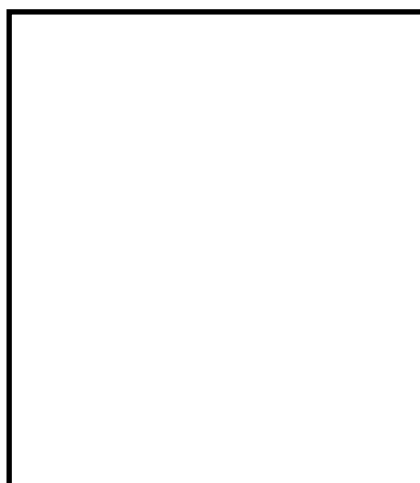
火山活動により大量の降下火砕物による影響が想定される場合には、開閉所の洗浄装置等で碍子の洗浄を実施する等、事故の未然防止に努める。

降下火砕物による非常用ディーゼル発電機の給気フィルタへの影響について

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

なお、非常用ディーゼル発電機の吸気口は、第6-1図のとおり下方から吸気する構造となっており、降下火砕物により容易に閉塞しないものであると考えられるが、万一閉塞した場合の影響について、以下のとおり評価する。

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



第6-1図 非常用ディーゼル機関の給気空気の流れ

1. 閉塞までに要する時間について

以下の想定における非常用ディーゼル発電機の給気フィルタの閉塞までの時間を試算した。降下火砕物の大気中濃度には、比較的噴火規模が大きく、地表レベルでの観測データがあるアイスランド南部エイヤヒャトラ氷河で発生した火山噴火の際のヘイマランド地区の濃度値（3,241 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）を用いるが、米国セントヘレンズ火山噴火の際の濃度値（33,400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）を用いた場合についても試算した。（補足資料-7 参照）

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

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。

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

(1) アイスランドの火山噴火データを用いた試算

第 6-1 表より、非常用ディーゼル発電機の給気フィルタの閉塞時間を試算した結果、「約 72 時間」となった。

第 6-1 表 給気フィルタ閉塞までの時間

① 非常用ディーゼル発電機給気フィルタの捕集容量 (g) ※1	5,075
② 非常用ディーゼル発電機給気流量 (m ³ /h)	21,672
③ 降下火砕物の大気中濃度 (μg/m ³) ※2	3,241
④ 閉塞までの時間 (h) =①/②/③	72.25

※1：降下火砕物による試験結果に基づく捕集容量

捕集重量 /試験フィルタ面積 ×給気フィルタ面積 = 5,075g

※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

第 6-2 表より、非常用ディーゼル発電機の給気フィルタの閉塞時間を試算した結果、「約 7 時間」となった。

第 6-2 表 給気フィルタ閉塞までの時間

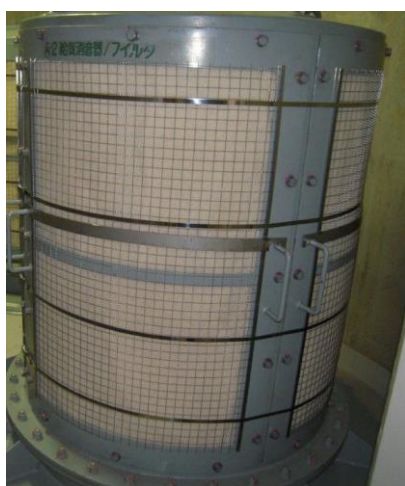
① 非常用ディーゼル発電機給気フィルタの捕集容量 (g)	5,075
② 非常用ディーゼル発電機給気流量 (m ³ /h)	21,672
③ 降下火砕物の大気中濃度 (μg/m ³) ※	33,400
④ 閉塞までの時間 (h) =①/②/③	7.01

※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。

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。

2. フィルタ取替, 清掃に必要な時間等について

非常用ディーゼル発電機の給気フィルタは, 1基あたり16枚設置されており, フィルタ取替え又は清掃には複雑な作業が必要なく, 1基あたりに要する時間は, 要員4名で2時間程度を見込んでいる。一方, 給気フィルタが閉塞するまでの時間は, 1. (2)のとおり約7時間程度であることから, フィルタが閉塞するまでに取替え又は清掃することが可能である。非常用ディーゼル発電機のフィルタの写真を第6-2図に示す。



第6-2図 非常用ディーゼル発電機給気フィルタ

3. その他

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

4. 降下火砕物によるフィルタ閉塞試験の概要

降下火砕物を用いて, 想定する濃度等より保守的な条件にて, 2号炉の非常用ディーゼル発電機に使用しているものと同様のフィルタへの影響について, 以下のモックアップ試験により確認した。

(1) フィルタの詰まり試験

①試験条件及び試験方法

a) 降下火砕物

・濃度

想定される降下火砕物の大気中濃度は, 1. の通りアイスランドの火山噴火データ ($3,241 \mu\text{g}/\text{m}^3$) であるが, 本試験においては保守的に降下火砕物の濃度を約 とした。

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。

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 ($33,400 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 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、第 6-3 表のとおり、想定する粒径分布と同様となるような粒径分布の試料を作成した。

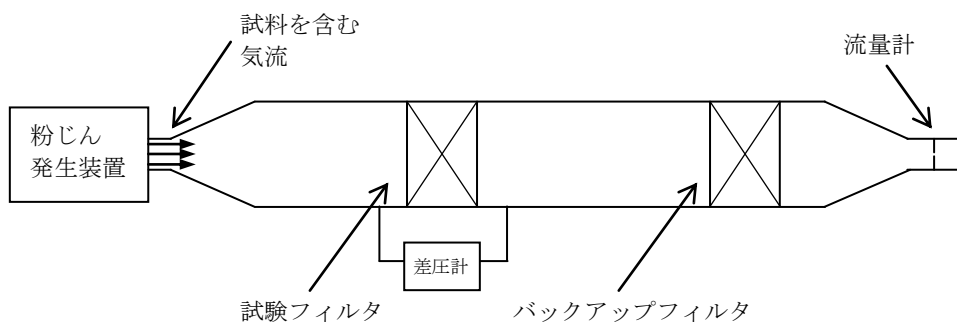
第 6-3 表 モックアップ装置にて噴霧する降下火砕物の粒径

--

b) モックアップ装置

・装置の構成

第 6-3 図に示すとおり、粉塵発生装置により噴霧させた試料を試験体（フィルタ）に吸着させ、フィルタ前後の差圧及び捕集重量を測定した。



第 6-3 図 モックアップ装置の構成

・風量

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

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。

②判定基準

試験フィルタ差圧の判定基準は、フィルタ交換目安である とした。

③試験結果

試験フィルタの差圧と捕集量の関係を図 6-4 に示す。

図 6-4 より、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 においても試験フィルタの差圧は であるため、判定基準 を満足していることを確認した。



図 6-4 フィルタの詰まり試験結果

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。

アイスランド火山を用いる基本的考え方とセントヘレンズ火山による影響評価について

1. アイスランド火山を用いる基本的考え方

島根原子力発電所2号炉において、フィルタ閉塞の評価対象となる施設は、非常用ディーゼル発電機給気消音器のフィルタ及び空調換気設備のフィルタ（外気取入口）が該当するが、各設備のフィルタについては、吸気口が下向き又は下向き羽根のついたルーバを介して外気を取入れるため、降下火砕物が内部に侵入しにくい構造となっている。また、中央制御室空調換気設備については、降灰が確認された場合には、給気隔離弁を閉止する運用としており、フィルタへの降下火砕物の付着を抑制できる設計となっている。

この前提のもと、降下火砕物によるフィルタ閉塞に対する評価に当たっては、参考として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いて観測された大気中の降下火砕物のピーク値、 $3,241 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を用いている。

これは、

- ①比較的規模が大きい噴火であること（VEI4以上）
- ②発電用原子炉施設が設置されている地表レベルで観測された降下火砕物の大気中濃度がデータとして存在すること

という条件に照らして、学会誌等の関係図書を確認したところ、上記のアイスランド南部のエイヤヒャトラ氷河で発生した大規模噴火における噴火口より約40km程度離れた地域での地表における大気中濃度を参照したものである。

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

2. セントヘレンズ火山による影響評価

噴火口からの観測地点の距離が135kmであるセントヘレンズ火山噴火の観測データ（観測濃度 $33,400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）について、当該濃度による影響評価を以下のとおり行った。

各施設のフィルタが閉塞するまでの時間は、非常用ディーゼル発電機給気消音器のフィルタで約7.0時間、空調換気設備のフィルタで約7.3時間となる。フィルタ交換に要する時間は約2時間で交換可能である。空調換気設備のフィ

ルタについても、短時間で取替えることが可能であり、セントヘレンズ火山の濃度を用いて評価を行った場合でも影響が生じることはない。

なお、非常用ディーゼル発電機給気消音器や空調換気設備は、下方から給気することにより降下火砕物を吸い込みにくい構造としているが、上記試算では、こうした点を考慮せず、しかも大気中を降下・浮遊する火砕物の粒子が粒径にかかわらず、大気中濃度のまますべて吸い込まれてフィルタに捕集されることを前提とした計算となっているため、実際には給気フィルタが閉塞するまでの時間はさらに余裕があると考えられること、さらに、空調換気設備のフィルタに関しては、フィルタを通過する降下火砕物は細かな微細粒子ではあるが、降下火砕物が建物内へ侵入することを抑制するため、降灰が確認された時点で必要に応じ空調停止や給気隔離弁閉止の運用により影響防止を図ることとしており、機能に影響を及ぼすことはないと考える。

3. その他の知見に対する見解

上記以外の大気中の降下火砕物濃度に関する知見として、電力中央研究所及び国立研究開発法人産業技術総合研究所にて以下のとおり報告がされている。本報告書で報告されている降下火砕物濃度に対して以下のとおり見解を示す。

電力中央研究所が公開した「数値シミュレーションによる降下火山灰の輸送・堆積特性評価法の開発（その2）－気象条件の選定法およびその関東地方での堆積量・気中濃度に対する影響評価－」（H28.4）の研究は、降下火砕物の性状に対して、影響が大きい風速・風向分布の特徴に注視した気象条件の設定法の検討、降下火砕物の性状への噴火・気象条件の影響を把握することを目的として実施したものである。

本論文で使用している「FALL3D」による数値シミュレーション手法については、今後更なる研究・開発を進め、将来的に発電所敷地での大気中の降下火砕物濃度を求める計算手法の確立を目指しているが、シミュレーションで用いられている噴煙柱モデルでは、噴出量が過大との報告がなされ、また、バグの存在が認識されており、現在のところ研究・開発段階と評価する。

上記に加え、本論文で公表した富士宝永噴火の数値シミュレーション結果に記載されている大気中濃度（ 10^{-1} – 100 g/m^3 ）については、実測データとの検証を踏まえた計算結果ではなく、種々の仮定を前提に実施した研究結果であり、現段階では原子力発電所の安全評価において降下火砕物の大気中濃度として用いることはできない。

国立研究開発法人産業技術総合研究所が公開した「吸気フィルタの火山灰目詰試験」（H28.4）の研究は、供試フィルタに降下火砕物を供給してフィルタの性能変化を確認する目的として実施したものである。試験は、日本産業規格 JIS

B 9908「換気用エアフィルタユニット・換気用電気集じん器の性能試験方法」に準拠した方法で実施され、試験で供給した降下火砕物濃度は、当該 JIS 規格の試験条件である粉じん濃度の $70\text{mg}/\text{m}^3$ 及びその 10 倍、100 倍の濃度となっているが、試験条件の一例として示されている値であり、原子力発電所の安全評価に用いるものではないと考える。

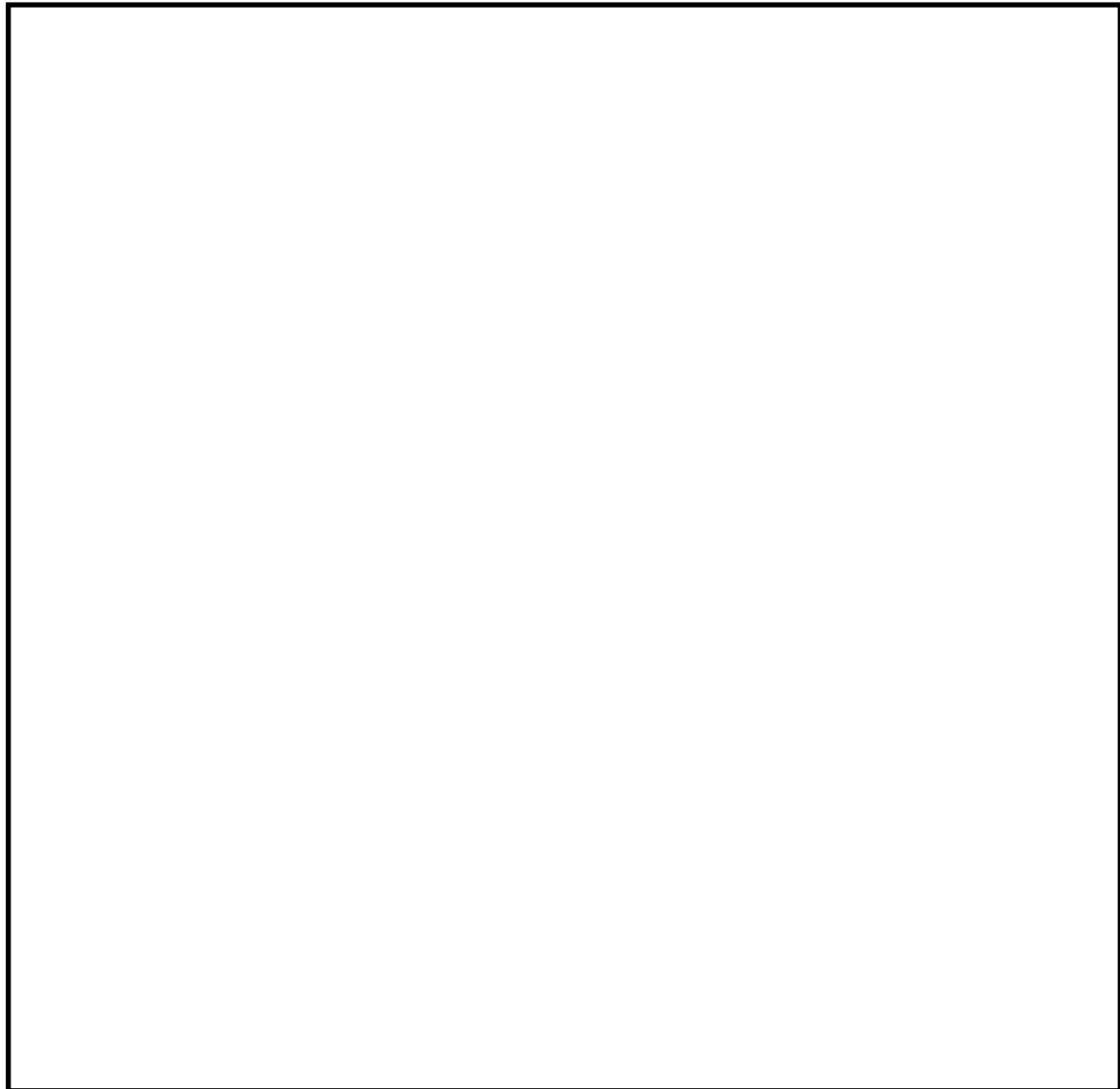
なお、降下火砕物の影響については、安全機能を損なわない設計であることを確認しているが、発電用原子炉施設へ影響を及ぼす可能性があるような知見に対しては、適切に対応することで更なる安全性向上に向けた取り組みを着実にやっていくこととする。

以上

降下火砕物の侵入による非常用ディーゼル機関空気冷却器への影響について

非常用ディーゼル機関空気冷却器への降下火砕物による冷却機能への影響について以下に示す。

非常用ディーゼル機関の吸気系統の構造は第 8-1 図に示すとおりであり，給気消音器から給気された大気中の降下火砕物がフィルタや過給機を経て一部空気冷却器に侵入し，空気冷却器を通過する際に，仮に冷却器内が結露していた場合，伝熱管に降下火砕物が付着し冷却機能へ影響を及ぼす可能性があるが，空気冷却器出口温度は，吸入空気の温度（外気温度）より常に高い状態で運転されるため冷却器は結露することはなく，降下火砕物の付着による冷却機能への影響はない。



第 8-1 図 非常用ディーゼル機関吸気系の概略系統構造図

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。

降下火砕物の侵入による非常用ディーゼル発電機の潤滑油への影響について

非常用ディーゼル発電機の吸気系に設置されている給気消音器のフィルタ（粒径1～5 μ m以上の降下火砕物を80%以上捕集する性能）により，降下火砕物の侵入を防止している。

フィルタを通過した降下火砕物が潤滑油に混入した場合の対応について以下に示す。

近隣火山の大規模な噴火が発生した場合，または，発電所敷地内で降灰が確認された場合で，かつ，外部電源が喪失し，非常用ディーゼル発電機の運転が必要となった場合には，潤滑油のサンプリング強化を行い，潤滑油の劣化状況を確認する。

潤滑油分析項目

分析項目	理由
動粘度（40℃）	潤滑油の油膜厚さが適正に保持できるかを示す項目であるため選定した。動粘度が高いと油温度の異常な上昇，始動不良などの原因となり，動粘度が低すぎると油膜強度不足による異常摩耗が発生する。
塩基価（過塩素酸法）	塩基価は潤滑油中に混入する酸性物質を中和するために添加されている塩基成分の残存量を示す値であり，潤滑油の劣化状況を把握できることから選定した。
引火点 PM	本項目は潤滑油の粘性に直接影響する項目ではないが，石油製品全般の安全管理面で最も重視される項目の一つであることから選定した。
ペンタン不溶分	潤滑油の不溶分が増加すると粘度の上昇，潤滑油システムの清浄性の悪化，フィルタ目詰まり等を起こすことから選定した。
水分（蒸留法）	水分は発錆の原因となるとともに，潤滑油の酸化を促進させ，油膜切れによる潤滑不良を起こすことから選定した。

降下火砕物のその他設備への影響評価について

1. 評価対象設備

降下火砕物の影響を受ける可能性のある，その他設備のうち降灰時に使用する可能性のある緊急時対策所について評価を実施する。

2. 評価結果

(1) 構造物への静的負荷

緊急時対策所は，層厚 56cm の降下火砕物による静的負荷により機能を喪失することはない。

$$\text{降下火砕物堆積荷重} : 8,938\text{N/m}^2 < \text{許容堆積荷重} : 90,066\text{N/m}^2$$

(2) 発電所周辺の大気汚染（緊急時対策所の居住性）

大気汚染に対する居住性の観点から，外気取入遮断時の緊急時対策所の居住環境について「空気調和・衛生工学便覧 空調設備編」に基づき，酸素濃度及び二酸化炭素濃度について評価した。

a. 酸素濃度

(a) 評価条件

- ・在室人員 92 名（緊急時対策所に収容する最大の対策要員数）
- ・緊急時対策所バウンダリ内体積 m³
- ・空気流入はないものとする。
- ・初期酸素濃度 20.95%
- ・1人あたりの呼吸量は，事故時の運転操作を想定し，歩行時の呼吸量を適用して，240/min とする。
- ・1人あたりの酸素消費量は，呼気の酸素濃度：16.40%として，65.520/h とする。
- ・許容酸素濃度 19%以上（鉱山保安法施行規則）

(b) 評価結果

第 10-1 表 緊急時対策所における酸素濃度の時間変化

時間	0 時間	6 時間	7 時間
酸素濃度	20.95%	19.2%	18.9%

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。

b. 二酸化炭素濃度

(a) 評価条件

- ・ 在室人員 92 名（緊急時対策所に収容する最大の対策要員数）
- ・ 緊急時対策所バウンダリ内体積 m³
- ・ 空気流入はないものとする。
- ・ 初期二酸化炭素濃度 0.03%
- ・ 1人あたりの二酸化炭素吐出量は、事故時の運転操作を想定し、中等作業時の吐出量を適用して、0.046m³/h とする。
- ・ 許容二酸化炭素濃度 1.0%以下（鉱山保安法施行規則）

(b) 評価結果

第 10-2 表 緊急時対策所における二酸化炭素濃度の時間変化

時間	0 時間	4 時間	5 時間
二酸化炭素濃度	0.03%	0.82%	1.02%

以上の結果から、緊急時対策所において、外気取入を遮断した場合においても、4 時間以上の居住性が確保される結果となった。なお、本評価は保守的に外気取入を遮断して評価しているが、間欠的に外気を取入れることで、居住環境はより長時間維持される。

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。

降下火砕物の金属腐食研究について

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

1. 適用の考え方

降下火砕物による金属腐食については、主として火山ガス（ SO_2 ）が付着した降下火砕物の影響によるものである。

降下火砕物による腐食影響において引用した研究文献「火山環境における金属材料の腐食」では、実火山灰である桜島の降下火砕物を用いて、実際の火山環境に近い状態を模擬するため、高濃度の亜硫酸ガス（ SO_2 ）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、島根原子力発電所で考慮する火山についても本研究結果が十分適用可能である。

2. 研究文献「火山環境における金属材料の腐食」の概要

(1) 試験概要

「火山環境における金属材料の腐食（出雲茂人、末吉秀一ほか），防食技術 Vol. 39, P247-253, 1990」によると、降下火砕物を水で洗浄し、可溶性の成分を除去した後、金属試験片に堆積させ、高濃度の SO_2 ガス雰囲気（150～200ppm）で、加熱（温度 40℃、湿度 95%を 4 時間）、冷却（温度 20℃、湿度 80%を 2 時間）を最大 18 回繰り返すことにより、結露、蒸発を繰り返し金属試験片の腐食を観察している。

(2) 試験結果

第 11-1 図に示すとおり、降下火砕物の堆積量が多い場合は、降下火砕物の堆積なし又は堆積量が少ない場合と比較して、金属試験片の腐食が促進されるが、腐食量は表面厚さにして十数～数十 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

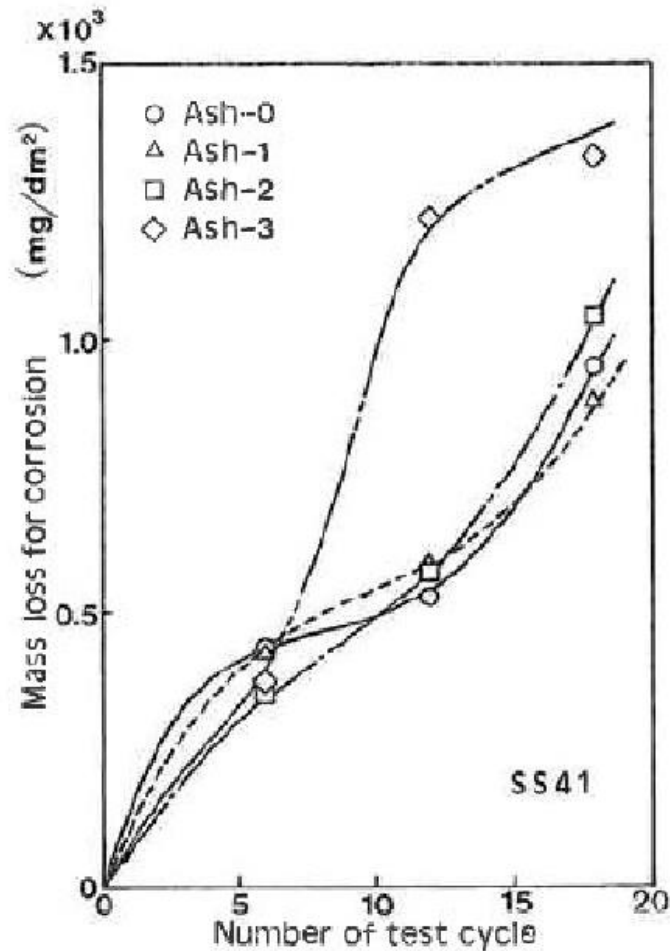
降下火砕物による腐食については、主として火山ガスが付着した降下火砕物の影響によるものであり、本研究においては、金属試験片の表面に降下火砕物を置き、実際の火山環境を模擬して高濃度の SO_2 雰囲気中で曝露し、腐食実験を行っているものである。

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

である。

【※参考】

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



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

第 11-1 図 SS41 の腐食による質量変化

計測制御系統施設（安全保護系盤）、計測制御用電源設備（計装用無停電電源設備）及び非常用所内電源設備（所内低圧系統）への影響について

降下火砕物の建物内への侵入については、空調換気系（外気取入口）からの侵入が考えられるが、ラフフィルタは、JIS Z 8901 試験用粉体 11 種に対して 76% 以上、バグフィルタは、JIS Z 8901 試験用粉体 11 種に対して 80% 以上の捕獲する性能を有していることから、空調換気設備の系統内へ侵入する降下火砕物の影響は小さいと考えられるものの、ここでは降下火砕物の粒子が一部侵入した場合を想定し、その影響を確認する。

電気系及び計装制御系の盤のうち屋内の空気を取込む機構を有する計測制御系統施設（安全保護系盤）、計測制御用電源設備（計装用無停電電源設備）及び非常用所内電源設備（所内低圧系統）（以下、安全保護系盤及び非常用電源盤と称す。）については、原子炉棟換気系、原子炉建物付属棟換気系、中央制御室換気系にて管理し、外気取入口にラフフィルタやバグフィルタが設置されており、降下火砕物の侵入を防止することができる。

しかしながら、電気系及び計装制御系の盤のうち一部の安全保護系盤及び非常用電源盤については、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、強制的に盤内に室内空気を取り込むことから、仮に、降下火砕物が侵入することを考慮し、以下のとおり検討した。

1. 侵入する降下火砕物の粒径

原子炉棟換気系、原子炉建物付属棟換気系、中央制御室換気系の外気取入口には、ラフフィルタやバグフィルタ（主として粒径が $2 \mu\text{m}$ より大きい粒子を除去）が設置されている。

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

2. 安全保護系盤及び非常用電源盤に対する降下火砕物の影響

安全保護系盤及び非常用電源盤については、細かな粒子であっても、降下火砕物が盤内に侵入した場合には、その付着等により短絡等を発生することが懸念されるが、安全保護系盤及び非常用電源盤において数 μm 程度の線間距離となるのは、集積回路（IC 等）の内部であり、これら部品はモールド（樹脂）で保護されているため、降下火砕物が侵入することはない。また、端子台等の充電部が露出している箇所については、端子間の距離は数 mm 程度あることから、降下火砕物が付着しても、直ちに短絡等を発生させることはない。したがって、万が一、細かな粒子の降下火砕物が盤内に侵入した場合においても、降下火砕物の付着等により短絡等を発生させる可能性はない。

降下火砕物の除灰に要する時間について

降下火砕物の除灰に要する概算時間について、土木工事の人力作業^{*}を参考に試算した結果を以下に示す。

1. 評価条件

項 目		評価諸元
① 堆積面積	原子炉建物	約 6,100m ²
	制御室建物	約 800m ²
	タービン建物	約 9,800m ²
	廃棄物処理建物	約 3,100m ²
	排気筒モニタ室	約 130m ²
	緊急時対策所	約 700m ²
	合 計	約 20,630m ²
② 堆積厚さ		0.56 m
③ 堆積量＝①×②		約 11,560 m ³
④ 1 m ³ あたりの作業人工 [*] (人日)		0.39 人日

※ 国土交通省土木工事積算基準（H22）における人力掘削での人工を採用

2. 評価結果

(1) 作業量

$$0.39 \text{ 人日/m}^3 \times 11,560 \text{ m}^3 = \text{約 } 4,509 \text{ 人日}$$

(2) 作業日数（試算例）

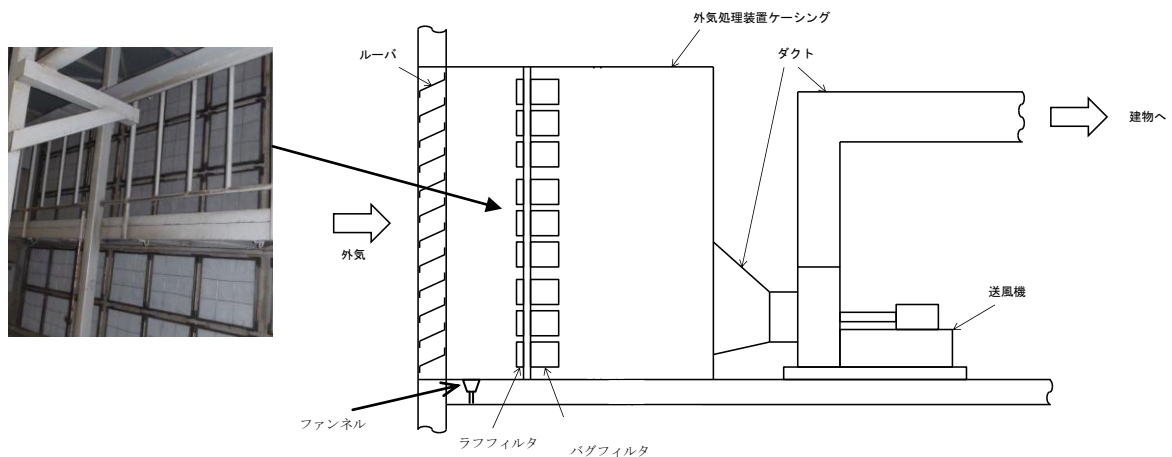
a. 作業人数：210人（6人／組×35組）

b. 所要日数：約22日

降下火砕物降灰時のフィルタ取替等の手順について

空調換気系の外気取入口のフィルタの取替え又は清掃作業を行う際は、以下の手順を実施することとしている。

- ・フィルタ取替え又は清掃作業はルーバ内にて行うため、降灰の影響を受けにくいと考えられるが、保護具（マスク、めがね）を装備する。
- ・開口部に対して養生を行う。
- ・設備影響を勘案し、必要に応じて対象となる系統の運転を停止し、系統を隔離してから取替え又は清掃作業を行う。
- ・フィルタ取替え又は清掃作業前に、空調機内への取り込み低減のため、周囲の降下火砕物を掃除する。
- ・フィルタ取替え又は清掃後、フィルタ差圧計にて差圧が低下していることを確認する。
- ・作業終了後、降下火砕物の再浮遊の影響を低減させるため、作業エリアの降下火砕物は掃除する。



第 14-1 図 外気取入口の空気の流れ概要



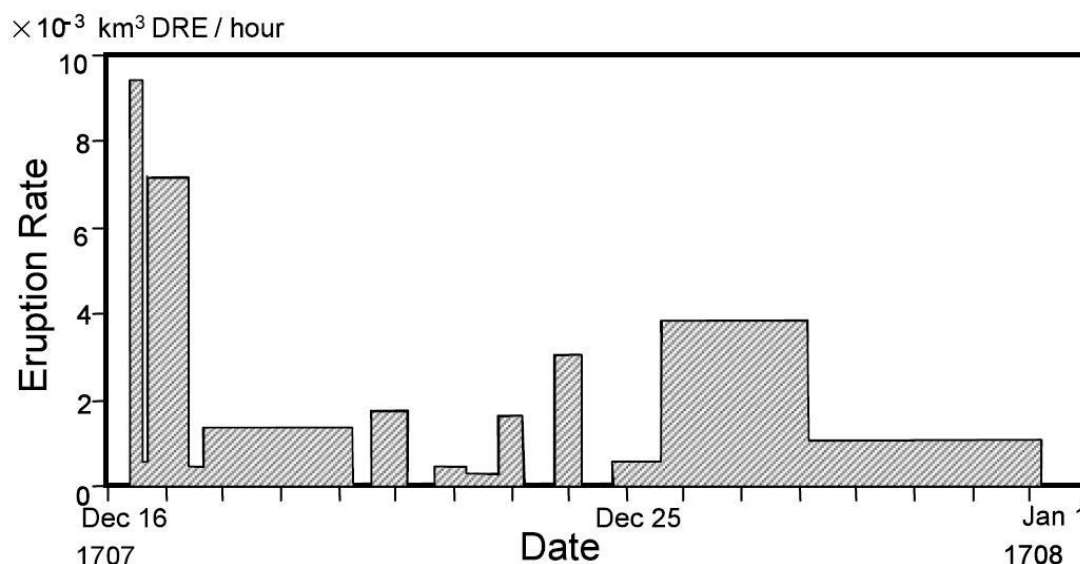
第 14-2 図 ラフフィルタ（前段）



第 14-3 図 バグフィルタ（後段）

観測された諸噴火の最盛期における噴出率と継続時間について

第15-1図に示すとおり、富士山（宝永噴火1707年）の噴出継続時間は、断続的に約16日間継続している。



第15-1図 富士山（宝永噴火1707年）の噴出率の推移（宮地・小山（2007））

火山観測データが存在する最近の観測記録では、第15-1表のとおり噴火の継続時間は殆どが数時間程度であり、長いものでも36時間程度である。

第15-1表 観測された諸噴火の最盛期における噴出率と継続時間

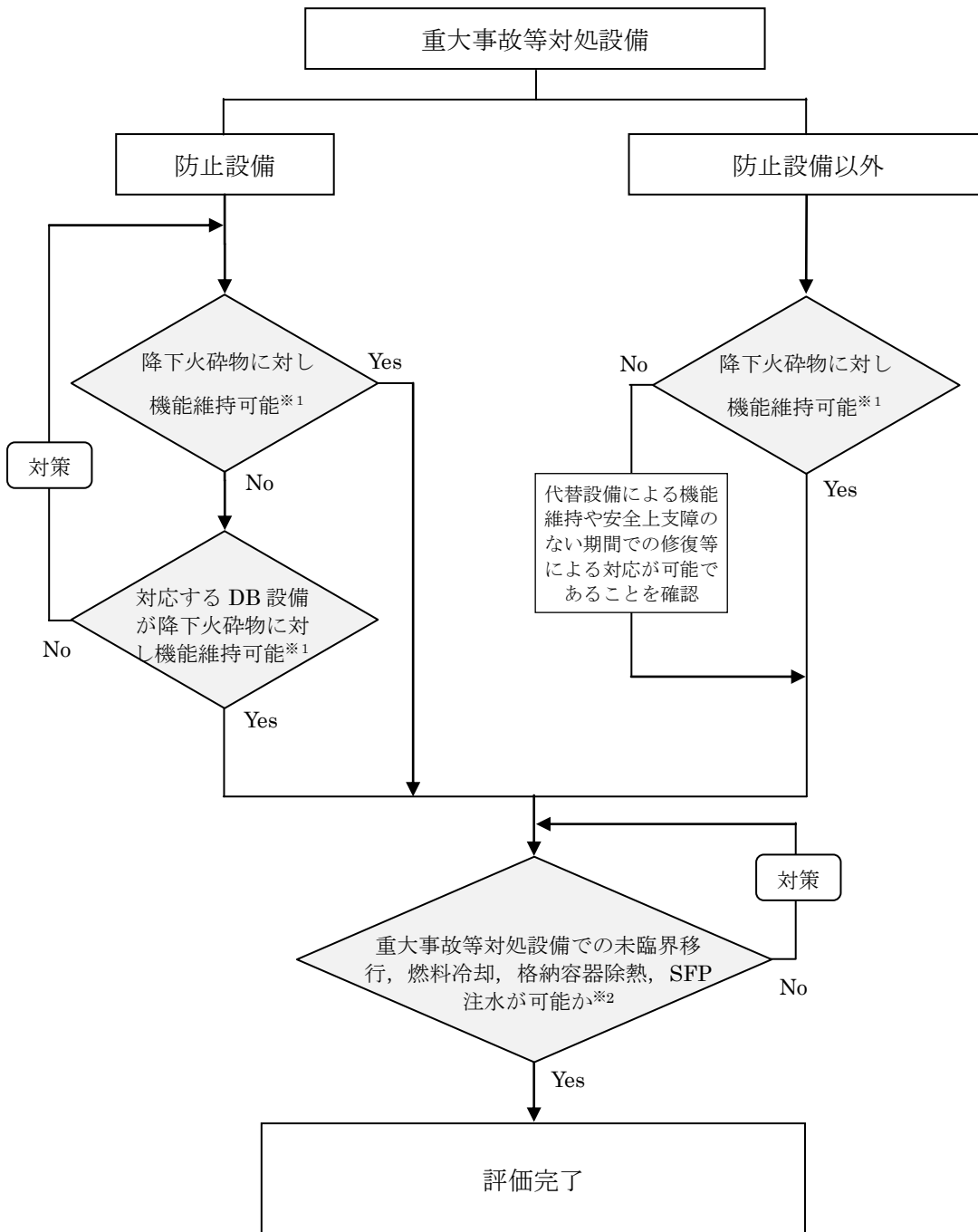
噴火年 (地域名)	噴煙柱高度 (km)	噴出率 (m ³ /s)	継続時間 (h)
Pinatubo 1991 (フィリピン)	35	250,000	9
Bezymianny 1956 (カムチャツカ)	36	230,000	0.5
Santa Maria 1902 (グアテマラ)	34	17,000-38,000	24-36
Hekla 1947 (アイスランド)	24	17,000	0.5
Soufriere 1979 (西インド諸島)	16	6,200	9
Mt. St. Helens 1980 (アメリカ合衆国)	18	12,600	0.23
伊豆大島 1986 (伊豆)	16	1,000	3
Soufriere 1902 (西インド諸島)	14.5-16	11,000-15,000	2.5-3.5
Hekla 1970 (アイスランド)	14	3,333	2
駒ヶ岳 1929 (北海道)	13.9	15,870	7
有珠山 1977-I (#)	12	3,375	2
Fuego 1971 (グアテマラ)	10	640	10
桜島 1914 (九州)	7-8	4,012	36
三宅島 1983A-B (伊豆)	6	570	1.5
Heimaey 1973 (アイスランド)	2-3	50	8.45
Ngauruhoe 1974 (ニュージーランド)	1.5-3.7	10	14

重大事故等対処設備への考慮について

設計基準事象に対して耐性を確保する必要があるのは設計基準事故対処設備であり，重大事故等対処設備ではないが，第四十三条の要求を踏まえ，設計基準事象によって，設計基準事故対処設備の安全機能と重大事故等対処設備の機能が同時に損なわれることがないことを確認するとともに，重大事故等対処設備の機能が喪失した場合においても，外殻となる建物による防護に期待できるといった観点から，代替手段等により必要な機能を維持できることを確認する。

重大事故等対処設備の機能維持は，以下の方針に従い評価を実施する。評価フローを第16－1図，影響評価結果については第16－1表に示す。

- (1) 重大事故防止設備は，外部事象によって対応する設計基準事故対処設備の安全機能と同時にその機能が損なわれるおそれのないこと。
- (2) 重大事故等対処設備であって，重大事故防止設備でない設備は，代替設備又は安全上支障のない期間内での復旧により機能維持可能であること。
- (3) 外部事象が発生した場合においても，重大事故等対処設備によりプラント安全性に関する主要な機能（未臨界移行機能，燃料冷却機能，格納容器除熱機能，燃料プール注水機能）が維持できること（各外部事象により設計基準事故対処設備の安全機能と重大事故等対処設備の機能が同時に損なわれることはないが，安全上支障のない期間内での復旧により機能維持可能であることを確認する）。



※1：屋内設備については、当該設備を内包する建物（原子炉建物、タービン建物、制御室建物、廃棄物処理建物等）の影響評価を実施し、安全機能が維持されることを確認。
 ※2：降下火砕物により重大事故等対処設備と設計基準事故等対処設備が同時にその機能を損なわれることはないが、安全上支障のない期間内での復旧により機能維持可能であることを確認。

第 16-1 図 降下火砕物に対する重大事故等対処設備の評価フロー

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (1/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備		分類	設置場所 (※1)	人為事象による影響(※2)				
					火山の影響				
					評価	防護方法			
第 37 条 重大事故等の拡大防止等	-	-	-	-	-	-			
第 38 条 重大事故等対処施設の地盤	-	-	-	-	-	-			
第 39 条 地震による損傷の防止	-	-	-	-	-	-			
第 40 条 津波による損傷の防止	-	-	-	-	-	-			
第 41 条 火災による損傷の防止	-	-	-	-	-	-			
第 42 条 特定重大事故等対処設備	特定重大事故等対処施設		→申請対象外	-	-	-			
第 43 条 重大事故等対処設備	アクセスルート確保	ホイールローダ	(防止でも緩和でもない設備)	可搬型設備 保管場所 (屋外)	○	影響なし (適切に除灰)			
第 44 条 緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備	代替制御棒挿入機能による制御棒緊急挿入	A T W S 緩和設備 (代替制御棒挿入機能)	防止設備	C/B R/B	○	建物内			
		制御棒	防止設備	R/B	○	建物内			
		制御棒駆動機構							
		制御棒駆動水圧系 水圧制御ユニット 制御棒駆動水圧系 配管・弁〔流路〕							
	原子炉再循環ポンプ停止による原子炉出力抑制	A T W S 緩和設備 (代替原子炉再循環ポンプトリップ機能)	防止設備	C/B R/B	○	建物内			
	ほう酸水注入	ほう酸水注入ポンプ	ほう酸水注入系 配管・弁〔流路〕 差圧検出・ほう酸水注入系配管(原子炉圧力容器内部)〔流路〕	防止設備・緩和設備	R/B	○	建物内		
		ほう酸水貯蔵タンク							
原子炉圧力容器 〔注入先〕		→その他の設備に記載						-	-
出力急上昇の防止		自動減圧起動阻止スイッチ						→46 条に記載	-
代替自動減圧起動阻止スイッチ									

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

※ 2 【評価】○: 各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は, 各外部事象による損傷を考慮した場合でも, 対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる (防止設備)

又は, 各外部事象による損傷を考慮した場合でも, 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 (緩和設備, 防止でも緩和でもない設備)

-: 他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (2/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	設置場所 (※1)	人為事象による影響(※2)		
				火山の影響		
				評価	防護方法	
第 45 条 原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための設備	高圧原子炉代替注水系による原子炉の冷却	高圧原子炉代替注水ポンプ	防止設備・緩和設備	R/B	○	建物内
		高圧原子炉代替注水系(蒸気系)配管・弁[流路]				
		主蒸気系 配管[流路]				
		原子炉隔離時冷却系(蒸気系) 配管・弁[流路]				
		高圧原子炉代替注水系(注水系)配管・弁[流路]				
		残留熱除去系 配管・弁・ストレーナ[流路]				
		原子炉隔離時冷却系(注水系) 配管・弁[流路]				
		原子炉浄化系 配管[流路]				
		給水系 配管・弁・スパーージャ[流路]				
		サブレッション・チェンバ[水源]				
	原子炉圧力容器[注水先]	→その他の設備に記載	-	-		
	原子炉隔離時冷却系による原子炉の冷却	原子炉隔離時冷却ポンプ	防止設備(設計基準拡張)	R/B	○	建物内
		原子炉隔離時冷却系(蒸気系) 配管・弁[流路]				
		主蒸気系 配管[流路]				
原子炉隔離時冷却系(注水系) 配管・弁・ストレーナ[流路]						
原子炉浄化系 配管[流路]						
給水系 配管・弁・スパーージャ[流路]						
サブレッション・チェンバ[水源]	→56 条に記載(うち、防止設備)	-	-			
原子炉圧力容器[注水先]	→その他の設備に記載(うち、防止設備)	-	-			

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

※2 【評価】○：各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は，各外部事象による損傷を考慮した場合でも，対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる（防止設備）

又は，各外部事象による損傷を考慮した場合でも，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（緩和設備，防止でも緩和でもない設備）

-：他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (3/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	設置場所 (※1)	人為事象による影響(※2)					
				火山の影響					
				評価	防護方法				
第 45 条 原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための設備	高圧炉心スプレイ系による原子炉の冷却	高圧炉心スプレイ・ポンプ	防止設備 (設計基準 拡張)	R/B	○	建物内			
		高圧炉心スプレイ系 配管・弁・ストレーナ・スパーヂャ[流路]							
		サブプレッション・チェンバ[水源]					→56 条に記載 (うち、防止設備)	—	—
		原子炉圧力容器 [注水先]					→その他の設備に記載 (うち、防止設備)	—	—
	ほう酸水注入系による進展抑制	ほう酸水注入系	→44 条に記載 (うち、防止設備)	—	—	—			
第 46 条 原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備	逃がし安全弁	逃がし安全弁[操作対象弁]	防止設備 ・緩和設備	R/B	○	建物内			
		逃がし安全弁 逃がし弁機能用アキュムレータ							
		主蒸気系 配管・クエンチャ[流路]							
	原子炉減圧の自動化	代替自動減圧ロジック (代替自動減圧機能)	防止設備	C/B R/B	○	建物内			
		自動減圧起動阻止スイッチ	防止設備	C/B	○	建物内			
	可搬型直流電源による減圧	可搬型直流電源設備	→57 条に記載 (うち、防止設備)	—	—	—			
		SRV 用電源切替盤	防止設備	Rw/B	○	建物内			
	主蒸気逃がし安全弁用蓄電池による減圧	主蒸気逃がし安全弁用蓄電池 (補助盤室)	防止設備	Rw/B	○	建物内			
	逃がし安全弁窒素ガス供給系	逃がし安全弁窒素ガスボンベ	防止設備	R/B	○	建物内			
		逃がし安全弁窒素ガス供給系 配管・弁[流路]							
	インターフェイスシステム LOCA 隔離弁	残留熱除去系注水弁 (MW222-5A, 5B, 5C)	防止設備 (設計基準 拡張)	R/B	○	建物内			
低圧炉心スプレイ系注水弁 (MW223-2)		防止設備 (設計基準 拡張)	R/B	○	建物内				
原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル	原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル	防止設備	屋外	○	影響なし				

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

※ 2 【評価】○: 各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は、各外部事象による損傷を考慮した場合でも、対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる (防止設備)

又は、各外部事象による損傷を考慮した場合でも、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 (緩和設備, 防止でも緩和でもない設備)

—: 他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (4/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備		分類	設置場所 (※1)	人為事象による影響(※2)	
					火山の影響	
					評価	防護方法
第 47 条 原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための設備	低圧原子炉代替注水系 (常設) による原子炉の冷却	低圧原子炉代替注水ポンプ	防止設備・緩和設備	低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽	○	建物内
		低圧原子炉代替注水系 配管・弁〔流路〕	防止設備・緩和設備	低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 R/B	○	建物内
		残留熱除去系 配管・弁〔流路〕	防止設備・緩和設備	R/B	○	建物内
		低圧原子炉代替注水槽〔水源〕	→56 条に記載		—	—
		原子炉压力容器〔注水先〕	→その他の設備に記載		—	—
		大量送水車	防止設備・緩和設備	可搬型設備 保管場所 (屋外)	○	影響なし (適切に除灰)
	低圧原子炉代替注水系 (可搬型) による原子炉の冷却	低圧原子炉代替注水系 配管・弁〔流路〕	防止設備・緩和設備	R/B	○	建物内
		残留熱除去系 配管・弁〔流路〕	防止設備・緩和設備	屋外	○	影響なし
		ホース・接続口〔流路〕	防止設備・緩和設備	屋外	○	影響なし
		輪谷貯水槽 (西 1)〔水源〕	→56 条に記載		—	—
		輪谷貯水槽 (西 2)〔水源〕	→56 条に記載		—	—
		原子炉压力容器〔注水先〕	→その他の設備に記載		—	—
		低圧炉心スプレィ系による低圧注水	低圧炉心スプレィ・ポンプ	防止設備 (設計基準 拡張)	R/B	○
	残留熱除去系 (低圧注水モード) による低圧注水	低圧炉心スプレィ系 配管・弁・ストレーナ・スパージャ〔流路〕	防止設備 (設計基準 拡張)	R/B	○	建物内
		サブプレッション・チェンバ〔水源〕	→56 条に記載 (うち、防止設備)		—	—
原子炉压力容器〔注水先〕		→その他の設備に記載 (うち、防止設備)		—	—	
残留熱除去ポンプ		防止設備 (設計基準 拡張)	R/B	○	建物内	
サブプレッション・チェンバ〔水源〕		→56 条に記載 (うち、防止設備)		—	—	
原子炉压力容器〔注水先〕		→その他の設備に記載 (うち、防止設備)		—	—	

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

※2 【評価】○：各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は，各外部事象による損傷を考慮した場合でも，対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる (防止設備)

又は，各外部事象による損傷を考慮した場合でも，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 (緩和設備，防止でも緩和でもない設備)

—：他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (5/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備		分類	設置場所 (※1)	人為事象による影響(※2)	
					火山の影響	
					評価	防護方法
第 47 条 原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための設備	残留熱除去系（原子炉停止時冷却モード）による原子炉停止時冷却	残留熱除去ポンプ	防止設備 (設計基準拡張)	R/B	○	建物内
		残留熱除去系熱交換器				
		残留熱除去系 配管・弁・ストレーナ・ジェットポンプ [流路]				
		原子炉再循環系 配管・弁 [流路]				
		原子炉圧力容器 [注水先]				
			→その他の設備に記載 (うち、防止設備)	-	-	
	原子炉補機冷却系（原子炉補機海水系を含む。）※水源は海を使用	原子炉補機冷却水ポンプ	→48 条に記載 (うち、防止設備)	-	-	
		原子炉補機海水ポンプ				
		原子炉補機冷却系熱交換器				
		原子炉補機冷却系サージタンク [流路]				
非常用取水設備	取水口	→その他の設備に記載	-	-		
	取水管					
	取水槽					
低圧原子炉代替注水系（常設）による残存溶融炉心の冷却	低圧原子炉代替注水系（常設）	→低圧原子炉代替注水系（常設）による原子炉の冷却に記載 (うち、緩和設備)	-	-		
低圧原子炉代替注水系（可搬型）による残存溶融炉心の冷却	低圧原子炉代替注水系（可搬型）	→低圧原子炉代替注水系（可搬型）による原子炉の冷却に記載 (うち、緩和設備)	-	-		

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

※2 【評価】○：各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は、各外部事象による損傷を考慮した場合でも、対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる（防止設備）

又は、各外部事象による損傷を考慮した場合でも、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（緩和設備，防止でも緩和でもない設備）

-：他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (6/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備		分類	設置場所 (※1)	人為事象による影響 (※2)					
					火山の影響					
					評価	防護方法				
第 48 条 最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備	原子炉補機代替冷却系による除熱※ 水源は海を使用	移動式代替熱交換設備	防止設備	可搬型設備 保管場所 (屋外)	○	影響なし (適切に除灰)				
		移動式代替熱交換設備ストレーナ								
		大型送水ポンプ車	防止設備	R/B	○	建物内				
		原子炉補機代替冷却系 配管・弁 [流路]								
		原子炉補機冷却系 配管・弁 [流路]	防止設備	R/B	○	建物内				
		原子炉補機冷却系 サージタンク [流路]								
		残留熱除去系熱交換器 [流路]								
		ホース・接続口 [流路]	防止設備	屋外	○	影響なし				
		取水口	→その他の設備に記載 (うち、防止設備)	-	-	-				
		取水管								
	取水槽									
	格納容器フィルタベント系による原子炉格納容器内の減圧及び除熱	第 1 ベントフィルタスクラバ容器	→50 条に記載 (うち、防止設備)	-	-	-				
		第 1 ベントフィルタ銀ゼオライト容器								
		圧力開放板								
		遠隔手動弁操作機構								
		格納容器フィルタベント系 配管・弁 [流路]								
		窒素ガス制御系 配管・弁 [流路]								
		非常用ガス処理系 配管・弁 [流路]								
		可搬式窒素供給装置					→52 条に記載	-	-	-
		ホース・接続口 [流路]								
		原子炉格納容器 (サブプレッションチェンバ、真空破壊装置を含む) [排出元]								
	原子炉停止時冷却	残留熱除去ポンプ	→47 条に記載 (うち、防止設備)	-	-	-				
		残留熱除去系熱交換器								
		残留熱除去系 配管・弁・ストレーナ・ジェットポンプ [流路]								
		原子炉再循環系 配管・弁 [流路]								
		原子炉圧力容器 [注水先]								

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

※2 【評価】○：各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は、各外部事象による損傷を考慮した場合でも、対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる（防止設備）

又は、各外部事象による損傷を考慮した場合でも、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（緩和設備，防止でも緩和でもない設備）

—：他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (7/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備		分類	設置場所 (※1)	人為事象による影響(※2)	
					火山の影響	
					評価	防護方法
第 48 条 最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備	残留熱除去系 (サブプレッション・プール水冷却モード) によるサブプレッション・チェンバ・プール水の冷却	残留熱除去ポンプ	→49 条に記載 (うち, 防止設備)		-	-
		残留熱除去系熱交換器				
		サブプレッション・チェンバ [水源]				
		残留熱除去系 配管・弁・ストレーナ [流路]				
		原子炉格納容器 [注水先]				
	原子炉補機冷却系 (原子炉補機海水系を含む。) ※水源は海を使用	原子炉補機冷却水ポンプ	防止設備 (設計基準拡張)	R/B	○	建物内
		原子炉補機冷却系熱交換器				
		原子炉補機冷却系サージタンク [流路]				
		原子炉補機冷却系配管・弁・海水ストレーナ [流路]	防止設備 (設計基準拡張)	R/B T/B 屋外	○	設計荷重に対して影響しないことを確認
		原子炉補機海水ポンプ	防止設備 (設計基準拡張)	屋外	○	設計荷重に対して影響しないことを確認
	高圧炉心スプレィ補機冷却系 (高圧炉心スプレィ補機海水系を含む。) ※水源は海を使用	高圧炉心スプレィ補機冷却水ポンプ	防止設備 (設計基準拡張)	R/B	○	建物内
		高圧炉心スプレィ補機冷却系熱交換器				
		高圧炉心スプレィ補機冷却系サージタンク [流路]				
		高圧炉心スプレィ補機冷却系 配管・弁・海水ストレーナ [流路]	防止設備 (設計基準拡張)	R/B T/B 屋外	○	設計荷重に対して影響しないことを確認
	高圧炉心スプレィ補機海水ポンプ	防止設備 (設計基準拡張)	屋外	○	設計荷重に対して影響しないことを確認	
非常用取水設備	取水口	→その他の設備に記載			-	-
	取水管					
	取水槽					

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

※2 【評価】○：各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は、各外部事象による損傷を考慮した場合でも、対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる (防止設備)

又は、各外部事象による損傷を考慮した場合でも、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 (緩和設備, 防止でも緩和でもない設備)

-：他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (8/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備		分類	設置場所 (※1)	人為事象による影響(※2)	
					火山の影響	
					評価	防護方法
第 49 条 原子炉格納容器内の冷却等のための設備	格納容器代替スプレイ系 (常設) による原子炉格納容器内の冷却	低圧原子炉代替注水ポンプ	防止設備・緩和設備	低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽	○	建物内
		低圧原子炉代替注水系 配管・弁 [流路]	防止設備・緩和設備	低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 R/B	○	建物内
		残留熱除去系 配管・弁 [流路]	防止設備・緩和設備	R/B	○	建物内
		格納容器スプレイ・ヘッダ [流路]	防止設備・緩和設備	R/B	○	建物内
		低圧原子炉代替注水槽 [水源]	→56 条に記載	—	—	—
		原子炉格納容器 [注水先]	→その他の設備に記載	—	—	—
	格納容器代替スプレイ系 (可搬型) による原子炉格納容器内の冷却	大量送水車	防止設備・緩和設備	可搬型設備 (保管場所 (屋外))	○	影響なし (適切に除灰)
		可搬型ストレーナ	防止設備・緩和設備	R/B	○	建物内
		残留熱除去系 配管・弁 [流路]	防止設備・緩和設備	R/B	○	建物内
		格納容器代替スプレイ系 配管・弁 [流路]	防止設備・緩和設備	R/B	○	建物内
		格納容器スプレイ・ヘッダ [流路]	防止設備・緩和設備	屋外	○	影響なし
		ホース・接続口 [流路]	防止設備・緩和設備	屋外	○	影響なし
		輪谷貯水槽 (西 1) [水源]	→56 条に記載	—	—	—
		輪谷貯水槽 (西 2) [水源]	→56 条に記載	—	—	—
		原子炉格納容器 [注水先]	→その他の設備に記載	—	—	—
		残留熱除去系 (格納容器冷却モード) による原子炉格納容器内の冷却	残留熱除去ポンプ	防止設備 (設計基準 拡張)	R/B	○
	残留熱除去系熱交換器		防止設備 (設計基準 拡張)	R/B	○	建物内
	残留熱除去系 配管・弁・ストレーナ [流路]		防止設備 (設計基準 拡張)	R/B	○	建物内
	サブレクション・チェンバ [水源]		→56 条に記載	—	—	—
	原子炉格納容器 [注水先]		→その他の設備に記載 (うち、防止設備)	—	—	—
格納容器スプレイ・ヘッダ [流路]	防止設備 (設計基準 拡張)		R/B	○	建物内	

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

※2 【評価】○: 各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は, 各外部事象による損傷を考慮した場合でも, 対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる (防止設備)

又は, 各外部事象による損傷を考慮した場合でも, 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 (緩和設備, 防止でも緩和でもない設備)

—: 他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (9/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備		分類	設置場所 (※1)	人為事象による影響(※2)			
					火山の影響			
					評価	防護方法		
第 49 条 原子炉格納容器内の冷却等のための設備	残留熱除去系（サブプレッション・プール水冷却モード）による原子炉格納容器内の冷却	残留熱除去ポンプ	防止設備 (設計基準 拡張)	R/B	○	建物内		
		残留熱除去系熱交換器						
		残留熱除去系配管・弁・ストレーナ[流路]						
		サブプレッション・チェンバ[水源]	→56 条に記載				—	—
		原子炉格納容器[注水先]	→その他の設備に記載 (うち、防止設備)				—	—
		原子炉補機冷却系（原子炉補機海水系を含む。）※水源は海を使用	原子炉補機冷却水ポンプ				→48 条に記載 (うち、防止設備)	—
	原子炉補機冷却系配管・弁・海水ストレーナ[流路]							
	原子炉補機冷却系サージタンク[流路]							
	原子炉補機冷却系熱交換器							
	非常用取水設備	取水口	→その他の設備に記載	—	—			
		取水管						
		取水槽						

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

※2 【評価】○：各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は，各外部事象による損傷を考慮した場合でも，対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる（防止設備）

又は，各外部事象による損傷を考慮した場合でも，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（緩和設備，防止でも緩和でもない設備）

—：他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (10/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	設置場所 (※1)	人為事象による影響 (※2)		
				火山の影響		
				評価	防護方法	
第 50 条 原子炉格納容器の過圧 破損を防止するための 設備	格納容器フィルタ ベント系による原 子炉格納容器内の 減圧及び除熱	第 1 ベントフィル タスクラバ容器	防止設備 ・緩和設備	第 1 フィル タベント格 納槽	○	建物内
		第 1 ベントフィル タ銀ゼオライト容 器		○	建物内	
		圧力開放板	防止設備 ・緩和設備	屋外	○	影響なし (適切に除 灰)
		格納容器フィルタ ベント系 配管・ 弁 [流路]	防止設備 ・緩和設備	屋外 第 1 フィル タベント格 納槽 R/B	○	影響なし (適切に除 灰)
		窒素ガス制御系 配管・弁 [流路]	防止設備 ・緩和設備	R/B	○	建物内
		非常用ガス処理系 配管・弁 [流路]				
	遠隔手動弁操作機 構	→52 条に記載	-	-	-	
	可搬式窒素供給装 置					
	ホース・接続口 [流路]	→その他の設備に記載	-	-	-	
	原子炉格納容器 (サブプレッ ション・チェンバ、真 空破壊装置を含 む) [排出元]					
	残留熱代替除去系 による原子炉格納 容器内の減圧及び 除熱	残留熱代替除去系 ポンプ	緩和設備	R/B	○	建物内
		残留熱除去系熱交 換器	緩和設備	可搬型設備 保管場所 (屋外)	○	影響なし (適切に除 灰)
		移動式代替熱交換 設備				
		移動式代替熱交換 設備ストレナ	緩和設備	R/B	○	建物内
		大型送水ポンプ車				
		原子炉補機代替冷 却系配管・弁 [流 路]	緩和設備	R/B	○	建物内
		原子炉補機冷却系 配管・弁 [流路]				
		原子炉補機冷却系 サージタンク [流 路]	緩和設備	R/B	○	建物内
残留熱除去系配 管・弁・ストレ ナ [流路]						
残留熱代替除去系 配管・弁 [流路]						
低圧原子炉代替注 水系 配管・弁 [流路]						
格納容器スプレ イ・ヘッド [流 路]						

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

※2 【評価】○：各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は，各外部事象による損傷を考慮した場合でも，対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる（防止設備）

又は，各外部事象による損傷を考慮した場合でも，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（緩和設備，防止でも緩和でもない設備）

－：他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (11/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備		分類	設置場所 (※1)	人為事象による影響 (※2)		
					火山の影響		
					評価	防護方法	
第 50 条 原子炉格納容器の過圧 破損を防止するための 設備	残留熱代替除去系 による原子炉格納 容器内の減圧及び 除熱	ホース・接続口 [流路]	緩和設備	屋外	○	影響なし	
		サブプレッション・ チェンバ [水源]			→56 条に記載 (うち、緩和設備)	—	—
		取水口					
		取水管					
		取水槽					
		原子炉压力容器[注 水先] 原子炉格納容器 [注水先]			→その他の設備に記載 (うち、緩和設備)	—	—
第 51 条 原子炉格納容器下部の 溶融炉心を冷却するた めの設備	ベDESTAL代替注 水系 (常設) による 原子炉格納容器 下部への注水	低圧原子炉代替注 水ポンプ	緩和設備	低圧原子炉 代替注水ポ ンプ格納槽	○	建物内	
		低圧原子炉代替注 水系 配管・弁 [流路]	緩和設備	低圧原子炉 代替注水ポ ンプ格納槽 R/B	○	建物内	
		コリウムシールド					
		残留熱除去系 配 管・弁 [流路] 格納容器スプレ イ・ヘッド [流 路]	緩和設備	R/B	○	建物内	
		低圧原子炉代替注 水槽 [水源]			→56 条に記載 (うち、緩和設備)	—	—
		原子炉格納容器 [注 水先]			→その他の設備に記載 (うち、緩和設備)	—	—
		格納容器代替スプレ イ系 (可搬型) による原子炉格納 容器下部への注水	大量送水車	可搬型設備	可搬型設備 保管場所 (屋外)	○	影響なし (適切に除 灰)
	可搬型ストレーナ	緩和設備					
	コリウムシールド						
	残留熱除去系 配 管・弁 [流路] 格納容器代替スプレ イ系 配管・弁 [流路] 格納容器スプレ イ・ヘッド [流路]	緩和設備	R/B	○	建物内		
	ホース・接続口 [流 路]	緩和設備	屋外	○	影響なし		
	輪谷貯水槽 (西 1) [水源]			→56 条に記載	—	—	
	輪谷貯水槽 (西 2) [水源]						
	原子炉格納容器 [注 水先]			→その他の設備に記載 (うち、緩和設備)	—	—	

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

※2 【評価】○: 各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は、各外部事象による損傷を考慮した場合でも、対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる (防止設備)

又は、各外部事象による損傷を考慮した場合でも、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 (緩和設備, 防止でも緩和でもない設備)

—: 他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (12/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備		分類	設置場所 (※1)	人為事象による影響(※2)	
					火山の影響	
					評価	防護方法
第 51 条 原子炉格納容器下部の溶融炉心を冷却するための設備	ベデスタル代替注水系 (可搬型) による原子炉格納容器下部への注水	大量送水車	緩和設備	可搬型設備 保管場所 (屋外)	○	影響なし (適切に除灰)
		コリウムシールド	緩和設備	R/B	○	建物内
		ベデスタル代替注水系 配管・弁 [流路]				
		ホース・接続口 [流路]	緩和設備	屋外	○	影響なし
		輪谷貯水槽 (西 1) [水源]	→56 条に記載	-	-	
		輪谷貯水槽 (西 2) [水源]				
		原子炉格納容器 [注水先]	→その他の設備に記載 (うち、緩和設備)	-	-	
	溶融炉心の落下遅延及び防止	高压原子炉代替注水系	→45 条に記載 (うち、緩和設備)	-	-	
		ほう酸水注入系	→44 条に記載 (うち、緩和設備)	-	-	
		低压原子炉代替注水系 (常設)	→47 条に記載 (うち、緩和設備)	-	-	
低压原子炉代替注水系 (可搬型)						

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

※2 【評価】○：各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は，各外部事象による損傷を考慮した場合でも，対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる (防止設備)

又は，各外部事象による損傷を考慮した場合でも，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 (緩和設備，防止でも緩和でもない設備)

－：他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (13/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備		分類	設置場所 (※1)	人為事象による影響(※2)	
					火山の影響	
					評価	防護方法
第 52 条 水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するための設備	原子炉格納容器内不活性化による原子炉格納容器水素爆発防止	(窒素ガス制御系)	(設計基準対象施設)	R/B 屋外	○	影響なし
		可搬式窒素供給装置	緩和設備	可搬型設備 保管場所 (屋外)	○	影響なし
	窒素ガス代替注入系による原子炉格納容器内の不活性化	窒素ガス代替注入系配管・弁[流路]	緩和設備	R/B	○	建物内
		ホース・接続口[流路]	緩和設備	屋外	○	影響なし
		原子炉格納容器[注入先]	→その他の設備に記載(うち、緩和設備)		—	—
	格納容器フィルタベント系による原子炉格納容器内の水素ガス及び酸素ガスの排出	第1ベントフィルタスクラバ容器	→50条に記載(うち、緩和設備)		—	—
		第1ベントフィルタ銀ゼオライト容器			—	—
		圧力開放板			—	—
		第1ベントフィルタ出口水素濃度	→58条に記載(うち、緩和設備)		—	—
		第1ベントフィルタ出口放射線モニタ(高レンジ・低レンジ)			—	—
		可搬式窒素供給装置	緩和設備	可搬型設備 保管場所 (屋外)	○	影響なし
		遠隔手動弁操作機構			—	—
	格納容器フィルタベント系配管・弁[流路]	→50条に記載(うち、緩和設備)		—	—	
		窒素ガス制御系配管・弁[流路]			—	—
		非常用ガス処理系配管・弁[流路]			—	—
原子炉格納容器(サブプレッショ ン・チェンバ、真空破壊装置を含む) [排出元]	→その他の設備に記載(うち、緩和設備)		—	—		
	ホース・接続口[流路]	緩和設備	屋外	○	影響なし	
水素濃度及び酸素濃度の監視	格納容器水素濃度(SA)	緩和設備	R/B	○	建物内	
	格納容器水素濃度(B系)					
	格納容器酸素濃度(SA)					
	格納容器酸素濃度(B系)					

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

※2 【評価】○: 各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は、各外部事象による損傷を考慮した場合でも、対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる(防止設備)

又は、各外部事象による損傷を考慮した場合でも、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(緩和設備、防止でも緩和でもない設備)

—: 他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (14/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	設置場所 (※1)	人為事象による影響 (※2)			
				火山の影響			
				評価	防護方法		
第 53 条 水素爆発による原子炉建屋等の損傷を防止するための設備	静的触媒式水素処理装置による水素濃度抑制	静的触媒式水素処理装置	緩和設備	R/B	○	建物内	
		静的触媒式水素処理装置入口温度					
		静的触媒式水素処理装置出口温度					
		原子炉建物原子炉棟 [流路]					→その他の設備に記載
	原子炉建物内の水素濃度監視	緩和設備	R/B	○	建物内		
第 54 条 使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備	燃料プールスプレイ系 (常設スプレイヘッド) による燃料プールへの注水及びスプレイ	大量送水車	防止設備・緩和設備	可搬型設備 保管場所 (屋外)	○	影響なし (適切に除灰)	
		可搬型ストレーナ					
		常設スプレイヘッド	防止設備・緩和設備	R/B	○	建物内	
		燃料プールスプレイ系 配管・弁 [流路]					
		ホース・接続口 [流路]	防止設備・緩和設備	屋外	○	影響なし	
		輪谷貯水槽 (西 1) [水源]	→56 条に記載	—	—		
		輪谷貯水槽 (西 2) [水源]					
		燃料プール (サイフォン防止機能を含む) [注水先]	→その他の設備に記載	—	—		
		燃料プールスプレイ系 (可搬型スプレイノズル) による燃料プールへの注水及びスプレイ	大量送水車	防止設備・緩和設備	可搬型設備 保管場所 (屋外)	○	影響なし (適切に除灰)
			可搬型ストレーナ				
	ホース・弁 [流路]		防止設備・緩和設備	R/B	○	建物内	
	可搬型スプレイノズル						
	輪谷貯水槽 (西 1) [水源]		→56 条に記載	—	—		
	輪谷貯水槽 (西 2) [水源]						
燃料プール (サイフォン防止機能を含む) [注水先]	→その他の設備に記載		—	—			
大気への放射性物質の拡散抑制※水源は海を使用	大型送水ポンプ車		→55 条に記載	—	—		
	ホース [流路] 放水砲						

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

※2 【評価】○：各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は，各外部事象による損傷を考慮した場合でも，対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる (防止設備)

又は，各外部事象による損傷を考慮した場合でも，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 (緩和設備，防止でも緩和でもない設備)

—：他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (15/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	設置場所 (※1)	自然現象による影響 (※2)		
				火山の影響		
				評価	防護方法	
第 54 条 使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備	燃料プールの監視	燃料プール水位 (SA)	防止設備 ・緩和設備	R/B	○	建物内
		燃料プール水位・温度 (SA)				
		燃料プールエリア放射線モニタ (高レンジ・低レンジ) (SA)				
		燃料プール監視カメラ (燃料プール監視カメラ用冷却設備を含む。)				
	燃料プール冷却系による燃料プールの除熱	燃料プール冷却ポンプ	防止設備	R/B	○	建物内
		燃料プール冷却系熱交換器				
		原子炉補機代替冷却系 配管・弁 [流路]				
		原子炉補機冷却系 配管・弁 [流路]				
		原子炉補機冷却系 サージタンク [流路]				
		燃料プール冷却系 配管・弁 [流路]				
		燃料プール冷却系 スキマ・サージ・タンク [流路]				
		燃料プール冷却系 ディフューザ [流路]				
		移動式代替熱交換設備	防止設備	可搬型設備 保管場所 (屋外)	○	影響なし (適切に除灰)
		移動式代替熱交換設備ストレーナ	防止設備	屋外	○	影響なし
		大型送水ポンプ車				
ホース・接続口 [流路]	→その他の設備に記載 (うち、防止設備)	-	-	-		
燃料プール [注水先]						
取水口						
取水管						
取水槽						

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

※2 【評価】○：各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は、各外部事象による損傷を考慮した場合でも、対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる（防止設備）

又は、各外部事象による損傷を考慮した場合でも、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（緩和設備，防止でも緩和でもない設備）

-：他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (16/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備		分類	設置場所 (※1)	自然現象による影響 (※2)		
					火山の影響		
					評価	防護方法	
第 55 条 工場等外への放射性物質の拡散を抑制するための設備	大気への放射性物質の拡散抑制※水源は海を使用	大型送水ポンプ車	緩和設備	可搬型設備 保管場所 (屋外)	○	影響なし (適切に除灰)	
		ホース [流路]					
		放水砲					
	海洋への放射性物質の拡散抑制	放射性物質吸着材	緩和設備	可搬型設備 保管場所 (屋外)	○	影響なし (適切に除灰)	
		シルトフェンス					
		小型船舶					
	航空機燃料火災への消火	大型送水ポンプ車	緩和設備	可搬型設備 保管場所 (屋外)	○	影響なし (適切に除灰)	
		ホース [流路]					
		放水砲					
		消火薬剤容器					
	第 56 条 重大事故等の収束に必要な水の供給設備	重大事故等収束のための水源※水源は海を使用	低圧原子炉代替注水槽	防止設備・緩和設備	低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽	○	建物内
			サブプレッション・チェンバ	防止設備・緩和設備	R/B	○	建物内
輪谷貯水槽 (西 1)			— (代替水源)	屋外	○	影響なし	
輪谷貯水槽 (西 2)			— (代替水源)	屋外	○	影響なし	
構内監視カメラ (ガスタービン発電機建物屋上)			(防止でも緩和でもない設備)	屋外	○	影響なし (適切に除灰)	
重大事故等収束のための水源		ほう酸水貯蔵タンク	→44 条に記載	—	—	—	
水の供給		大量送水車	防止設備・緩和設備	可搬型設備 保管場所 (屋外)	○	影響なし (適切に除灰)	
		ホース [流路]					
		大量送水車					
		ホース [流路]					
		可搬型ストレーナ					
		取水口					
取水管	→その他の設備に記載	—	—	—			
取水槽	—	—	—	—			

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

※2 【評価】○：各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は，各外部事象による損傷を考慮した場合でも，対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる (防止設備)

又は，各外部事象による損傷を考慮した場合でも，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 (緩和設備，防止でも緩和でもない設備)

—：他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (17/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	設置場所 (※1)	自然現象による影響(※2)		
				火山の影響		
				評価	防護方法	
第 57 条 電源設備	常設代替交流電源設備による給電	ガスタービン発電機	防止設備・緩和設備	ガスタービン発電機建物	○	建物内
		ガスタービン発電機用サービスタンク				
		ガスタービン発電機用燃料移送ポンプ				
		ガスタービン発電機用燃料移送系配管・弁〔燃料流路〕	防止設備・緩和設備	屋外	○	影響なし (適切に除灰)
		ガスタービン発電機用軽油タンク				
		ガスタービン発電機～非常用高圧母線 C 系及び D 系電路〔電路〕	防止設備・緩和設備	屋外 R/B	○	影響なし (適切に除灰)
		ガスタービン発電機～S A ロードセンタ電路〔電路〕				
		ガスタービン発電機～S A ロードセンタ～S A 1 コントロールセンタ電路〔電路〕				
		ガスタービン発電機～S A ロードセンタ～S A 2 コントロールセンタ電路〔電路〕				
		ガスタービン発電機～高圧発電機車接続プラグ収納箱電路〔電路〕				
高圧発電機車接続プラグ収納箱～原子炉補機代替冷却系電路〔電路〕						
高圧発電機車接続プラグ収納箱～原子炉補機代替冷却系電路〔電路〕						
ガスタービン発電機～高圧発電機車接続プラグ収納箱電路〔電路〕	防止設備・緩和設備	低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽	○	影響なし (適切に除灰)		
高圧発電機車接続プラグ収納箱～原子炉補機代替冷却系電路〔電路〕						
高圧発電機車接続プラグ収納箱～原子炉補機代替冷却系電路〔電路〕	防止設備・緩和設備	ガスタービン発電機建物	○	影響なし (適切に除灰)		
高圧発電機車接続プラグ収納箱～原子炉補機代替冷却系電路〔電路〕						

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

※2 【評価】○：各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は，各外部事象による損傷を考慮した場合でも，対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる（防止設備）

又は，各外部事象による損傷を考慮した場合でも，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（緩和設備，防止でも緩和でもない設備）

－：他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (18/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	設置場所 (※1)	自然現象による影響(※2)		
				火山の影響		
				評価	防護方法	
第 57 条 電源設備	可搬型代替交流電源設備による給電	高圧発電機車	防止設備・緩和設備	可搬型設備 保管場所 (屋外)	○	影響なし (適切に除灰)
		タンクローリ	防止設備・緩和設備	可搬型設備 保管場所 (屋外)	○	影響なし (適切に除灰)
		ホース [燃料流路]	防止設備・緩和設備	ガスタービン 発電機建物	○	建物内
		ガスタービン発電機用軽油タンク	防止設備・緩和設備	屋外	○	影響なし (適切に除灰)
		ガスタービン発電機用軽油タンクドレン弁 [燃料流路]	防止設備・緩和設備	屋外 (地下)	○	影響なし (地下)
		非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク	防止設備・緩和設備	屋外 (地下)	○	影響なし (地下)
		高圧炉心スプレイス系ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク	防止設備・緩和設備	屋外 (地下)	○	影響なし (地下)
		高圧発電機車～高圧発電機車接続プラグ収納箱(原子炉建物西側) 電路 [電路]	防止設備・緩和設備	屋外 R/B	○	影響なし (適切に除灰)
		高圧発電機車接続プラグ収納箱(原子炉建物西側)～非常用高圧母線C系及びD系電路 [電路]	防止設備・緩和設備	屋外 R/B	○	影響なし (適切に除灰)
		高圧発電機車～高圧発電機車接続プラグ収納箱(原子炉建物南側) 電路 [電路]	防止設備・緩和設備	屋外 R/B	○	影響なし (適切に除灰)
		高圧発電機車～緊急用メタクラ接続プラグ盤電路 [電路]	防止設備・緩和設備	屋外 R/B	○	影響なし (適切に除灰)
緊急用メタクラ接続プラグ盤～非常用高圧母線C系及びD系電路 [電路]	防止設備・緩和設備	屋外 R/B	○	影響なし (適切に除灰)		

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

※2 【評価】○：各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は，各外部事象による損傷を考慮した場合でも，対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる（防止設備）

又は，各外部事象による損傷を考慮した場合でも，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（緩和設備，防止でも緩和でもない設備）

ー：他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (19/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	設置場所 (※1)	自然現象による影響(※2)		
				火山の影響		
				評価	防護方法	
第 57 条 電源設備	可搬型代替交流電源設備による給電	高压発電機車接続プラグ収納箱 (原子炉建物西側) ~ S A 1 コントローラセンタ及び S A 2 コントローラセンタ電路 [電路]	防止設備・緩和設備	屋外 R/B	○	影響なし (適切に除灰)
		高压発電機車接続プラグ収納箱 (原子炉建物南側) ~ S A 1 コントローラセンタ及び S A 2 コントローラセンタ電路 [電路]				
		緊急用メタクフ接続プラグ盤 ~ S A 1 コントローラセンタ及び S A 2 コントローラセンタ電路 [電路]				
	所内常設蓄電式直流電源設備による給電	B-115V 系蓄電池	防止設備・緩和設備	Rw/B	○	建物内
		B 1-115V 系蓄電池 (S A)	防止設備	Rw/B	○	建物内
		230V 系蓄電池 (R C I C)	防止設備	Rw/B	○	建物内
		B-115V 系充電器	防止設備・緩和設備	Rw/B	○	建物内
		B 1-115V 系充電器 (S A)	防止設備	Rw/B	○	建物内
		230V 系充電器 (R C I C)	防止設備	Rw/B	○	建物内
		B-115V 系蓄電池及び充電器 ~ 直流母線電路 [電路]	防止設備・緩和設備	Rw/B	○	建物内
	B 1-115V 系蓄電池 (S A) 及び充電器 ~ 直流母線電路 [電路]	防止設備	Rw/B	○	建物内	
	常設代替直流電源設備による給電	S A 用 115V 系蓄電池	防止設備・緩和設備	Rw/B	○	建物内
		S A 用 115V 系充電器				
S A 用 115V 系蓄電池及び充電器 ~ 直流母線電路 [電路]						

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

※2 【評価】○: 各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は, 各外部事象による損傷を考慮した場合でも, 対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる (防止設備)

又は, 各外部事象による損傷を考慮した場合でも, 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 (緩和設備, 防止でも緩和でもない設備)

—: 他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (20/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	設置場所 (※1)	自然現象による影響(※2)		
				火山の影響		
				評価	防護方法	
第 57 条 電源設備	可搬型直流電源設備による給電	高圧発電機車	防止設備・緩和設備	可搬型設備 保管場所 (屋外)	○	影響なし (適切に除灰)
		タンクローリ	防止設備・緩和設備	可搬型設備 保管場所 (屋外)	○	影響なし (適切に除灰)
		ホース [燃料流路]	防止設備・緩和設備	ガスタービン 発電機建物	○	建物内
		B1-115V系充電器 (SA)	防止設備・緩和設備	Rw/B	○	建物内
		SA用115V系充電器				
		230V系充電器 (常用)				
		ガスタービン発電機用軽油タンク	防止設備・緩和設備	屋外	○	影響なし (適切に除灰)
		ガスタービン発電機用軽油タンクドレン弁 [燃料流路]				
		非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク	防止設備・緩和設備	屋外 (地下)	○	影響なし (地下)
		高圧炉心スプレイスターバイ発電機燃料貯蔵タンク				
		高圧発電機車～高圧発電機車接続プラグ収納箱 (原子炉建物西側) 電路 [電路]	防止設備・緩和設備	屋外	○	影響なし (適切に除灰)
		高圧発電機車接続プラグ収納箱 (原子炉建物西側)～直流母線電路 [電路]				
		高圧発電機車～高圧発電機車接続プラグ収納箱 (原子炉建物南側) 電路 [電路]				
		高圧発電機車接続プラグ収納箱 (原子炉建物南側)～直流母線電路 [電路]				
高圧発電機車～緊急用メタラ接続プラグ電路 [電路]						
緊急用メタラ接続プラグ電路～直流母線電路 [電路]						
緊急用メタラ接続プラグ電路～直流母線電路 [電路]						
緊急用メタラ接続プラグ電路～直流母線電路 [電路]						

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

※2 【評価】○: 各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は, 各外部事象による損傷を考慮した場合でも, 対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる (防止設備)

又は, 各外部事象による損傷を考慮した場合でも, 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 (緩和設備, 防止でも緩和でもない設備)

-: 他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (21/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	設置場所 (※1)	自然現象による影響(※2)			
				火山の影響			
				評価	防護方法		
第 57 条 電源設備	代替所内電気設備 による給電	緊急用メタクラ	防止設備・ 緩和設備	ガスタービン 発電機建物	○	建物内	
		メタクラ切替盤	防止設備・ 緩和設備	R/B	○	建物内	
		SA2コントロール センタ	防止設備・ 緩和設備				
		SAロードセンタ	防止設備・ 緩和設備	低圧原子炉 代替注水ボ ンプ格納槽	○	建物内	
		SA1コントロール センタ	防止設備・ 緩和設備	Rw/B	○	建物内	
		充電器電源切替盤	防止設備・ 緩和設備				
		重大事故操作盤	防止設備・ 緩和設備				
		高圧発電機車接続 フラグ収納箱	防止設備・ 緩和設備	R/B	○	建物内	
		緊急用メタクラ接 続フラグ盤					
		SA電源切替盤					
	非常用高圧母線C 系						
	非常用高圧母線D 系						
	非常用交流電源設 備	非常用ディーゼル 発電機	防止設備 (設計基準 拡張)	R/B	○	建物内	
		高圧炉心スプレ イ系ディーゼル発電 機					
		非常用ディーゼル 発電機燃料デイト ンク					
		高圧炉心スプレ イ系ディーゼル発電 機燃料デイトンク	防止設備・ 緩和設備	屋外 (地下)	○	影響なし (地下)	
		非常用ディーゼル 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 機燃料貯蔵タンク	防止設備 (設計基準 拡張)	R/B 屋外	○	影響なし	
		非常用ディーゼル 発電機燃料移送ボ ンプ					
		非常用ディーゼル 発電機燃料移送系 配管・弁[燃料流 路]					
高圧炉心スプレ イ系ディーゼル発電 機燃料移送ポン プ							
高圧炉心スプレ イ系ディーゼル発電 機燃料移送系 配管・弁[燃料流 路]							
非常用ディーゼル 発電機～非常用高 圧母線C系及びD 系電路 [電路]	防止設備 (設計基準 拡張)	R/B	○	建物内			
高圧炉心スプレ イ系ディーゼル発電 機～非常用高圧母 線HPCS系電路 [電路]							

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

※2 【評価】○：各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は，各外部事象による損傷を考慮した場合でも，対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる（防止設備）

又は，各外部事象による損傷を考慮した場合でも，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（緩和設備，防止でも緩和でもない設備）

－：他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (22/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	設置場所 (※1)	自然現象による影響(※2)		
				火山の影響		
				評価	防護方法	
第 57 条 電源設備	非常用直流電源設備	A-115V 系蓄電池	防止設備・ 緩和設備	Rw/B	○	建物内
		A-115V 系充電器				
		B-115V 系蓄電池	防止設備・ 緩和設備	Rw/B	○	建物内
		B-115V 系充電器				
		B 1-115V 系蓄電池 (S A)	防止設備 (設計基準 拡張)	R/B	○	建物内
		B 1-115V 系充電器 (S A)				
		230V 系蓄電池 (R C I C)	防止設備	Rw/B	○	建物内
		230V 系充電器 (R C I C)				
		A-原子炉中性子計装用蓄電池	防止設備 (設計基準 拡張)	Rw/B	○	建物内
		A-原子炉中性子計装用充電器				
		B-原子炉中性子計装用蓄電池	防止設備・ 緩和設備	Rw/B	○	建物内
		B-原子炉中性子計装用充電器				
		A-115V 系蓄電池及び充電器～直流母線電路〔電路〕	防止設備・ 緩和設備	Rw/B	○	建物内
		B-115V 系蓄電池及び充電器～直流母線電路〔電路〕				
		B 1-115V 系蓄電池 (S A) 及び充電器～直流母線電路〔電路〕	防止設備	R/B Rw/B	○	建物内
		230V 系蓄電池 (R C I C) 及び充電器～直流母線電路〔電路〕				
高压炉心スプレイ系蓄電池及び充電器～直流母線電路〔電路〕	防止設備 (設計基準 拡張)	R/B Rw/B	○	建物内		
A-原子炉中性子計装用蓄電池及び充電器～直流母線電路〔電路〕						
B-原子炉中性子計装用蓄電池及び充電器～直流母線電路〔電路〕						

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

※2 【評価】○：各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は，各外部事象による損傷を考慮した場合でも，対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる（防止設備）

又は，各外部事象による損傷を考慮した場合でも，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（緩和設備，防止でも緩和でもない設備）

－：他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (23/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備		分類	設置場所 (※1)	自然現象による影響 (※2)	
					火山の影響	
					評価	防護方法
第 57 条 電源設備	燃料補給設備	ガスタービン発電機用軽油タンク	防止設備・緩和設備	屋外	○	影響なし (適切に除灰)
		ガスタービン発電機用軽油タンクドレン弁 [流路]				
		非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク	防止設備・緩和設備	屋外 (地下)	○	影響なし (地下)
		高压炉心スプレィ系ディーゼル発電機燃料貯蔵タンクローリ				
			防止設備・緩和設備	可搬型設備 (保管場所 (屋外))	○	影響なし (適切に除灰)
			防止設備・緩和設備	ガスタービン発電機建物	○	建物内
第 58 条 計測設備	原子炉压力容器内の温度	原子炉压力容器温度 (S A)	防止設備・緩和設備	R/B	○	建物内
		原子炉压力容器内の圧力				
	原子炉压力容器内の水位	原子炉水位 (広帯域)	防止設備・緩和設備	R/B	○	建物内
		原子炉水位 (燃料域)				
		原子炉水位 (S A)				
	原子炉压力容器への注水量	高压原子炉代替注水流量	防止設備・緩和設備	R/B	○	建物内
		代替注水流量 (常設)				
		低圧原子炉代替注水流量	防止設備・緩和設備	R/B	○	建物内
		低圧原子炉代替注水流量 (狭帯域用)				
	原子炉格納容器への注水量	原子炉隔離時冷却ポンプ出口流量	防止設備 (設計基準 拡張)	R/B	○	建物内
		高压炉心スプレィポンプ出口流量				
		残留熱除去ポンプ出口流量				
		低圧炉心スプレィポンプ出口流量				
		残留熱代替除去系原子炉注水流量				
	代替注水流量 (常設)	防止設備・緩和設備	R/B	○	建物内	
	格納容器代替スプレィ流量					
原子炉格納容器への注水量	ヘプスタル代替注水流量	緩和設備	R/B	○	建物内	
	ヘプスタル代替注水流量 (狭帯域用)					
	残留熱代替除去系格納容器スプレィ流量					

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

※2 【評価】○：各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は，各外部事象による損傷を考慮した場合でも，対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる (防止設備)

又は，各外部事象による損傷を考慮した場合でも，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 (緩和設備，防止でも緩和でもない設備)

－：他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (24/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備		分類	設置場所 (※1)	自然現象による影響(※2)	
					火山の影響	
					評価	防護方法
第 58 条 計測設備	原子炉格納容器内の温度	ドライウエル温度 (S A)	緩和設備	R/B	○	建物内
		ベデスタル温度 (S A)	緩和設備	R/B	○	建物内
		ベデスタル水温度 (S A)				
		サブプレッション・チェンバ温度 (S A)	緩和設備	R/B	○	建物内
	原子炉格納容器内の圧力	サブプレッション・プールの水温度 (S A)	防止設備・緩和設備	R/B	○	建物内
		ドライウエル圧力 (S A)	防止設備・緩和設備	R/B	○	建物内
	サブプレッション・チェンバ圧力 (S A)					
	原子炉格納容器内の水位	サブプレッション・プールの水位 (S A)	防止設備・緩和設備	R/B	○	建物内
		ドライウエル水位	緩和設備	R/B	○	建物内
		ベデスタル水位				
	原子炉格納容器内の水素濃度	格納容器水素濃度 (B 系)	防止設備・緩和設備	R/B	○	建物内
		格納容器水素濃度 (S A)				
	原子炉格納容器内の放射線量率	格納容器雰囲気放射線モニタ (ドライウエル)	防止設備・緩和設備	R/B	○	建物内
		格納容器雰囲気放射線モニタ (サブプレッション・チェンバ)				
	未臨界の維持又は監視	中性子源領域計装	防止設備	R/B	○	建物内
		平均出力領域計装				
	最終ヒートシンクの確保 (残留熱代替除去系)	サブプレッション・プールの水温度 (S A)	防止設備・緩和設備	R/B	○	建物内
		残留熱除去系熱交換器出口温度	緩和設備	R/B	○	建物内
		残留熱代替除去系原子炉注水流量	緩和設備	R/B	○	建物内
		残留熱代替除去系格納容器スプレイ流量				
最終ヒートシンクの確保 (格納容器フィルタベント系)	スクラバ容器水位	防止設備・緩和設備	フィルタベント格納槽	○	建物内	
	スクラバ容器圧力					
	スクラバ容器温度	防止設備・緩和設備	○	影響なし (適切に除灰)		
	第 1 ベントフィルタ出口放射線モニタ (高レンジ・低レンジ)					
	第 1 ベントフィルタ出口水素濃度					
	可搬型設備保管場所 (屋外)	○				

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

※2 【評価】○: 各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は, 各外部事象による損傷を考慮した場合でも, 対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる (防止設備)

又は, 各外部事象による損傷を考慮した場合でも, 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 (緩和設備, 防止でも緩和でもない設備)

-: 他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (25/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備		分類	設置場所 (※1)	自然現象による影響(※2)	
					火山の影響	
					評価	防護方法
第 58 条 計測設備	最終ヒートシンクの確保 (残留熱除去系)	残留熱除去系熱交換器入口温度	防止設備 (設計基準 拡張)	R/B	○	建物内
		残留熱除去系熱交換器出口温度				
		残留熱除去ポンプ 出口流量				
	格納容器バイパスの監視 (原子炉圧力容器内の状態)	原子炉水位 (広帯域)	防止設備・ 緩和設備	R/B	○	建物内
		原子炉水位 (燃料域)				
		原子炉水位 (S A)				
		原子炉圧力				
	格納容器バイパスの監視 (原子炉格納容器内の状態)	ドライウェル温度 (S A)	防止設備・ 緩和設備	R/B	○	建物内
		ドライウェル圧力 (S A)				
	格納容器バイパスの監視 (原子炉建物内の状態)	残留熱除去ポンプ 出口圧力	防止設備 (設計基準 拡張)	R/B	○	建物内
		低圧炉心スプレイ ポンプ出口圧力				
	水源の確認	低圧原子炉代替注 水槽水位	防止設備・ 緩和設備	R/B	○	建物内
		サブプレッション・ プール水位 (S A)				
	原子炉建物内の水 素濃度	原子炉建物水素濃 度	緩和設備	R/B	○	建物内
	原子炉格納容器内 の酸素濃度	格納容器酸素濃度 (B系)	緩和設備	R/B	○	建物内
格納容器酸素濃度 (S A)						
燃料プールの監視	燃料プール水位 (S A)	防止設備・ 緩和設備	R/B	○	建物内	
	燃料プール水位・ 温度 (S A)					
	燃料プールエリア 放射線モニタ (高 レンジ・低レン ジ) (S A)					
	燃料プール監視カ メラ (S A) (燃 料プール監視カメ ラ用冷却設備を含 む。)					
発電所内の通信連 絡	安全パラメータ表 示システム (S P D S)	緩和設備	Rw/B 緊急時 対策所	○	建物内 (屋外のも のは適切に 除灰)	
温度、圧力、水 位、注水量の計 測・監視	可搬型計測器	防止設備・ 緩和設備	Rw/B 緊急時 対策所	○	建物内	

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

※2 【評価】○：各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は、各外部事象による損傷を考慮した場合でも、対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる (防止設備)

又は、各外部事象による損傷を考慮した場合でも、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 (緩和設備、防止でも緩和でもない設備)

－：他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (26/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備		分類	設置場所 (※1)	自然現象による影響(※2)	
					火山の影響	
					評価	防護方法
第 58 条 計測設備	その他	A D S 用 N ₂ ガス減圧弁二次側圧力	防止設備	R/B	○	建物内
		N ₂ ガスボンベ圧力				
		原子炉補機冷却水ポンプ出口圧力	防止設備 (設計基準 拡張)	R/B	○	建物内
		R C W 熱交換器出口温度				
		R C W サージタンク水位				
		C-メタクラ母線電圧	防止設備・ 緩和設備	R/B	○	建物内
		D-メタクラ母線電圧				
		H P C S-メタクラ母線電圧				
		C-ロードセンタ母線電圧				
		D-ロードセンタ母線電圧	防止設備・ 緩和設備	R/B	○	建物内
		緊急用メタクラ電圧				
		S A ロードセンタ母線電圧	防止設備・ 緩和設備	R/B	○	建物内
		B 1-115V 系蓄電池 (S A) 電圧				
		A-115V 系直流盤母線電圧	防止設備・ 緩和設備	Rw/B	○	建物内
		B-115V 系直流盤母線電圧				
230V 系直流盤 (常用) 母線電圧						
S A 用 115V 系充電器蓄電池電圧						

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

※2 【評価】○: 各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は, 各外部事象による損傷を考慮した場合でも, 対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる (防止設備)

又は, 各外部事象による損傷を考慮した場合でも, 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 (緩和設備, 防止でも緩和でもない設備)

-: 他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (27/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備		分類	設置場所 (※1)	自然現象による影響(※2)	
					火山の影響	
					評価	防護方法
第 59 条 運転員が原子炉制御室 にとどまるための設備	居住性の確保	中央制御室	(重大事故 等対処施 設)	C/B	○	建物内
		中央制御室待避室	防止設備・ 緩和設備	C/B	○	建物内
		中央制御室遮蔽	緩和設備	C/B	○	建物内
		中央制御室待避室 遮蔽	緩和設備	C/B	○	建物内
		再循環用ファン	防止設備・ 緩和設備	Rw/B	○	建物内
		チャコール・フィルタ・ブースタ・ファン				
		非常用チャコール・フィルタ・ユニット	緩和設備	C/B	○	建物内
		中央制御室換気系 弁〔流路〕	防止設備・ 緩和設備	Rw/B	○	建物内
		中央制御室換気系 ダクト〔流路〕	緩和設備	C/B	○	建物内
		中央制御室待避室 正圧化装置 (空気 ポンプ)	緩和設備	Rw/B	○	建物内
		中央制御室待避室 正圧化装置 (配 管・弁) 〔流路〕	緩和設備	C/B	○	建物内
		無線通信設備 (固定型)	→62 条に記載		—	—
		衛星電話設備 (固定型)	→62 条に記載		—	—
		フロントパラメータ 監視装置 (中央 制御室待避室)	(防止でも緩 和でもない 設備)	C/B	○	建物内
		遮圧計	(防止でも緩 和でもない 設備)	C/B	○	建物内
		酸素濃度計	(防止でも緩 和でもない 設備)	C/B	○	建物内
		二酸化炭素濃度計	(防止でも緩 和でもない 設備)	C/B	○	建物内
無線通信設備 (屋外アンテナ) 〔伝送路〕	→62 条に記載		—	—		
衛星電話設備 (屋外アンテナ) 〔伝送路〕	→62 条に記載		—	—		

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

※2 【評価】○：各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は，各外部事象による損傷を考慮した場合でも，対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる（防止設備）

又は，各外部事象による損傷を考慮した場合でも，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（緩和設備，防止でも緩和でもない設備）

—：他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (28/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備		分類	設置場所 (※1)	自然現象による影響(※2)	
					火山の影響	
					評価	防護方法
第 59 条 運転員が原子炉制御室にとどまるための設備	照明の確保	LEDライト (三脚タイプ)	(防止でも緩和でもない設備)	C/B	○	建物内
	被ばく線量の低減	非常用ガス処理系 排気ファン	緩和設備	R/B	○	建物内
		前置ガス処理装置 [流路]				
		後置ガス処理装置 [流路]	緩和設備	R/B T/B	○	建物内
		非常用ガス処理系 配管・弁[流路]				
		排気管[流路]	緩和設備	屋外	○	火山灰の侵入による機械的影響(閉塞)等に対し安全機能が損なわれないことを確認
	原子炉建物原子炉棟 [流路]	→その他の設備に記載		—	—	
原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル閉止装置	緩和設備	R/B	○	建物内		

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

※2 【評価】○：各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は，各外部事象による損傷を考慮した場合でも，対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる（防止設備）

又は，各外部事象による損傷を考慮した場合でも，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（緩和設備，防止でも緩和でもない設備）

—：他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (29/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	設置場所 (※1)	自然現象による影響(※2)		
				火山の影響		
				評価	防護方法	
第 60 条 監視測定設備	放射線量の代替測定	可搬式モニタリング・ポスト	(防止でも緩和でもない設備)	可搬型設備 保管場所 (屋外)	○	影響なし (適切に除灰)
		データ表示装置 (伝送路)	(防止でも緩和でもない設備)	緊急時 対策所	○	建物内
	放射性物質の濃度の代替測定	可搬式ダスト・よう素サンプラ	(防止でも緩和でもない設備)	緊急時 対策所	○	建物内
		N a I シンチレーション・サーベイ・メータ				
		G M 汚染サーベイ・メータ				
	気象観測項目の代替測定	可搬式気象観測装置	(防止でも緩和でもない設備)	可搬型設備 保管場所 (屋外)	○	影響なし (適切に除灰)
		データ表示装置 (伝送路)	(防止でも緩和でもない設備)	緊急時 対策所	○	建物内
	放射線量の測定	可搬式モニタリング・ポスト	(防止でも緩和でもない設備)	可搬型設備 保管場所 (屋外)	○	影響なし (適切に除灰)
		データ表示装置 (伝送路)	(防止でも緩和でもない設備)	緊急時 対策所	○	建物内
		電離箱サーベイ・メータ	(防止でも緩和でもない設備)	緊急時 対策所	○	建物内
		小型船舶	(防止でも緩和でもない設備)	可搬型設備 保管場所 (屋外)	○	影響なし (適切に除灰)
	放射性物質の濃度の測定 (空気中、水中、土壌中) 及び海上モニタリング	可搬式ダスト・よう素サンプラ	(防止でも緩和でもない設備)	緊急時 対策所	○	建物内
		N a I シンチレーション・サーベイ・メータ				
		G M 汚染サーベイ・メータ				
		α・β線サーベイ・メータ	(防止でも緩和でもない設備)	可搬型設備 保管場所 (屋外)	○	影響なし (適切に除灰)
	モニタリング・ポストの代替交流電源からの給電	常設代替交流電源設備		→57 条に記載	-	-

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

※2 【評価】○: 各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は, 各外部事象による損傷を考慮した場合でも, 対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる (防止設備)

又は, 各外部事象による損傷を考慮した場合でも, 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 (緩和設備, 防止でも緩和でもない設備)

-: 他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (30/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備		分類	設置場所 (※1)	自然現象による影響(※2)	
					火山の影響	
					評価	防護方法
第 61 条 緊急時対策所	居住性の確保	緊急時対策所	(重大事故等対処施設)	緊急時対策所 (屋外)	○	影響なし (適切に除灰)
		緊急時対策所遮蔽	緩和設備	緊急時対策所 (屋外)	○	影響なし (適切に除灰)
		緊急時対策所空気浄化フィルタユニット	緩和設備	緊急時対策所 (屋外)	○	影響なし (適切に除灰)
		緊急時対策所空気浄化送風機				
		緊急時対策所正圧化装置 (空気ポンプ)				
		緊急時対策所空気浄化装置用可搬型ダクト [流路]				
		緊急時対策所正圧化装置可搬型配管・弁 [流路]				
		緊急時対策所空気浄化装置 (配管・弁) [流路]				
		緊急時対策所正圧化装置 (配管・弁) [流路]				
		酸素濃度計	(防止でも緩和でもない設備)	緊急時対策所	○	建物内
		二酸化炭素濃度計				
		差圧計				
		可搬式エア放射線モニタ	緩和設備	緊急時対策所	○	建物内
		可搬式モニタリング・ポスト		→60 条に記載 (ただし、本系統機能においては可搬型重大事故緩和設備)	-	-
必要な情報の把握	安全パラメータ表示システム (SPDS)	→62 条に記載	-	-		

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

※2 【評価】○：各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は、各外部事象による損傷を考慮した場合でも、対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる (防止設備)

又は、各外部事象による損傷を考慮した場合でも、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 (緩和設備，防止でも緩和でもない設備)

-：他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (31/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備		分類	設置場所 (※1)	自然現象による影響(※2)	
					火山の影響	
					評価	防護方法
第 61 条 緊急時対策所	通信連絡 (緊急時対策所)	無線通信設備 (固定型)	→62 条に記載	-	-	-
		無線通信設備 (携帯型)				
		衛星電話設備 (固定型)				
		衛星電話設備 (携帯型)				
		統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備				
		無線通信装置 [伝送路]				
		無線通信設備 (屋外アンテナ) [伝送路]				
		衛星通信装置 [伝送路]				
		衛星電話設備 (屋外アンテナ) [伝送路]				
		有線 (建物内) (無線通信設備 (固定型), 衛星 電話設備 (固定 型) に係るもの) [伝送路]				
		有線 (建物内) (安全パラメータ 表示システム (S P D S) に係るも の) [伝送路]				
	有線 (建物内) (統合原子力防災 ネットワークに接 続する通信連絡設 備に係るもの) [伝送路]					
	電源の確保	緊急時対策所用発 電機 可搬ケーブル	防止設備 ・緩和設備	可搬型設備 保管場所 (屋外)	○	影響なし (適切に除 灰)
		緊急時対策所 発 電機接続プラグ盤	防止設備 ・緩和設備	緊急時 対策所 (屋外)	○	影響なし (適切に除 灰)
	緊急時対策所 低圧母線盤	防止設備 ・緩和設備	緊急時 対策所	○	建物内	
	緊急時対策所用発 電機～緊急時対策 所 低圧母線盤[電 路]	防止設備 ・緩和設備	緊急時 対策所	○	建物内	
	緊急時対策所用燃 料地下タンク	防止設備 ・緩和設備	屋外 (地下)	○	影響なし (適切に除 灰)	
	タンクローリ	防止設備 ・緩和設備	可搬型設備 保管場所 (屋外)	○	影響なし (適切に除 灰)	
	ホース	防止設備 ・緩和設備	ガスタービン 発電機建物	○	建物内	

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

※2 【評価】○: 各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は, 各外部事象による損傷を考慮した場合でも, 対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる (防止設備)

又は, 各外部事象による損傷を考慮した場合でも, 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 (緩和設備, 防止でも緩和でもない設備)

-: 他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (32/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	設置場所 (※1)	自然現象による影響 (※2)		
				火山の影響		
				評価	防護方法	
第 62 条 通信連絡を行うために 必要な設備	発電所内の通信連絡	有線式通信設備	防止設備 ・緩和設備	Rw/B	○	建物内
		無線通信設備 (固定型)	防止設備 ・緩和設備	C/B 緊急時 対策所	○	建物内
		衛星電話設備 (固定型)				
		無線通信設備 (携帯型)	防止設備 ・緩和設備	緊急時 対策所	○	建物内
		衛星電話設備 (携帯型)				
		安全パラメータ表示システム (SPDS)	緩和設備	Rw/B 緊急時 対策所	○	建物内
		無線通信設備 (屋外アンテナ) 【伝送路】	防止設備 ・緩和設備	緊急時 対策所 (屋外)	○	影響なし (適切に除 灰)
		衛星電話設備 (屋外アンテナ) 【伝送路】				
		無線通信装置 【伝送路】	防止設備 ・緩和設備	Rw/B 緊急時 対策所 屋外	○	影響なし (適切に除 灰)
		有線 (建物内) (有線式通信設備, 無線通信設備 (固定型), 衛星 電話設備 (固定 型) に係るもの) 【伝送路】	防止設備 ・緩和設備	R/B Rw/B 緊急時 対策所	○	建物内
有線 (建物内) (安全パラメータ 表示システム (S P D S) に係るもの) 【伝送路】	緩和設備	Rw/B 緊急時 対策所	○	建物内		

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

※2 【評価】○: 各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は, 各外部事象による損傷を考慮した場合でも, 対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる (防止設備)

又は, 各外部事象による損傷を考慮した場合でも, 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 (緩和設備, 防止でも緩和でもない設備)

ー: 他の項目にて整理

第 16-1 表 外部事象に対する重大事故等に対処するための機能を有する設備の影響評価 (33/33)

設置許可基準	重大事故等対処設備	分類	設置場所 (※1)	自然現象による影響(※2)		
				火山の影響		
				評価	防護方法	
第 62 条 通信連絡を行うために 必要な設備	発電所外の通信連絡	衛星電話設備 (固定型)	緩和設備	C/B 緊急時 対策所	○	建物内
		衛星電話設備 (携帯型)	緩和設備	緊急時 対策所	○	建物内
		統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備	(防止でも緩和でもない設備)	緊急時 対策所	○	建物内
		データ伝送設備	(防止でも緩和でもない設備)	緊急時 対策所	○	建物内
		衛星電話設備 (屋外アンテナ) 【伝送路】	緩和設備	緊急時 対策所 (屋外)	○	影響なし (適切に除灰)
		衛星通信装置 【伝送路】	(防止でも緩和でもない設備)	緊急時 対策所 (屋外)	○	影響なし (適切に除灰)
		有線 (建物内) (衛星電話設備 (固定型) に係るもの) 【伝送路】	緩和設備	C/B 緊急時 対策所	○	建物内
		有線 (建物内) (統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備、データ伝送設備に係るもの) 【伝送路】	(防止でも緩和でもない設備)	緊急時 対策所	○	建物内
その他の設備	重大事故時に対処するための流路又は注水先、注入先、排出元等	原子炉圧力容器	防止設備・ 緩和設備	R/B	○	建物内
		原子炉格納容器				
		燃料プール				
		原子炉建物原子炉棟	緩和設備			
	非常用取水設備	取水口	防止設備・ 緩和設備	屋外	○	影響なし
取水管						
取水槽						

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

※2 【評価】○：各外部事象に対し安全機能を維持できる

又は、各外部事象による損傷を考慮した場合でも、対応する設計基準事故対処設備が各外部事象に対して安全機能を維持できる（防止設備）

又は、各外部事象による損傷を考慮した場合でも、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（緩和設備，防止でも緩和でもない設備）

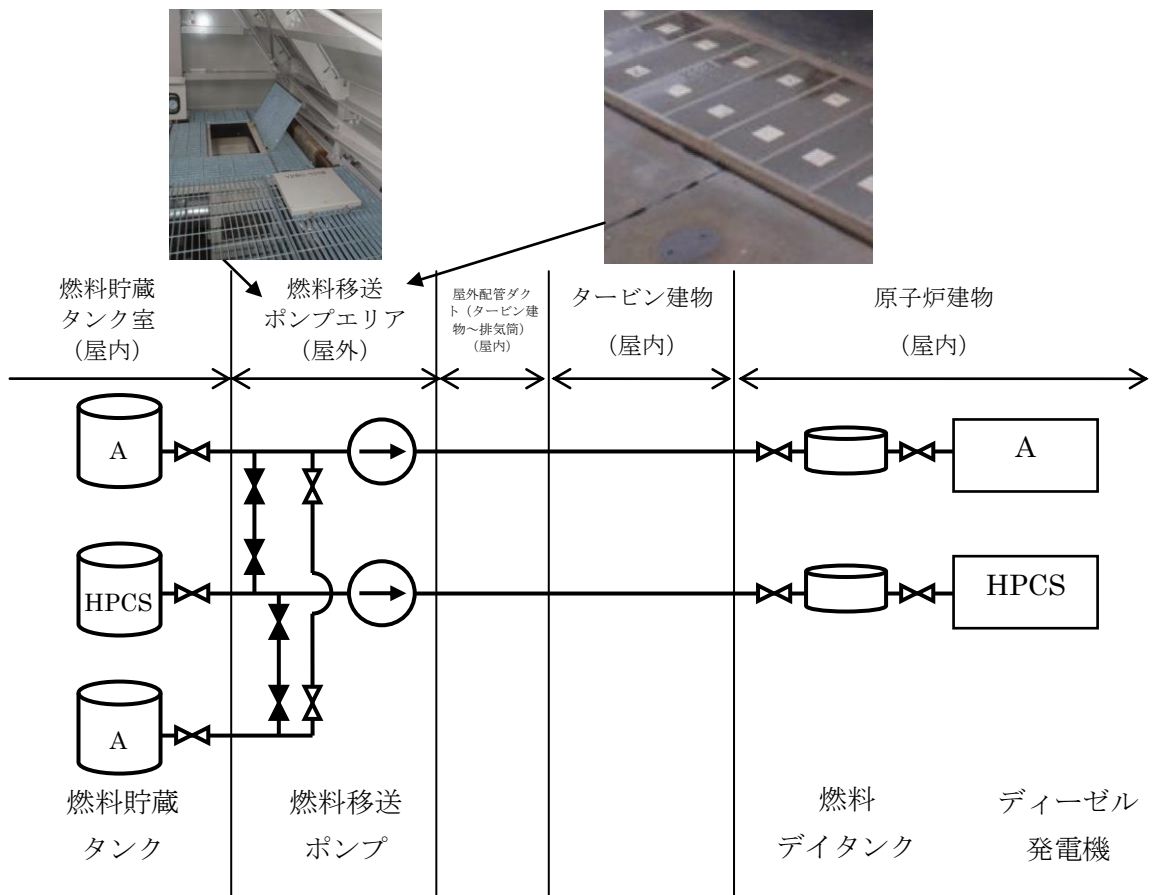
ー：他の項目にて整理

燃料貯蔵タンクから燃料移送ラインについて

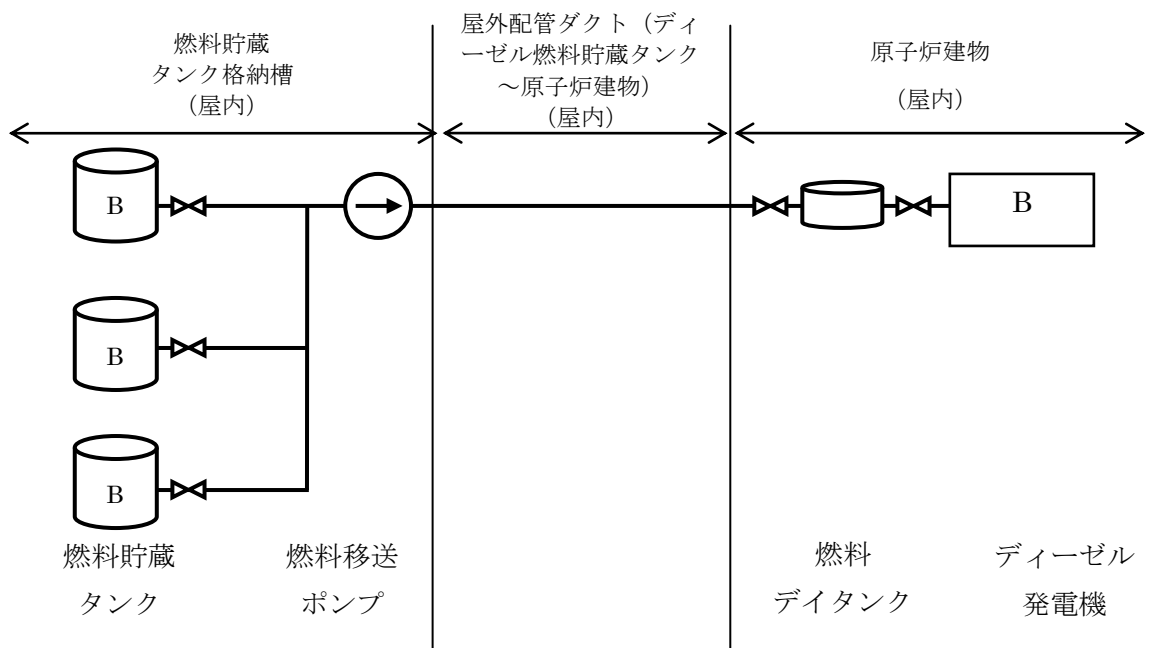
島根原子力発電所2号炉の7日間の外部電源の喪失に対して、非常用ディーゼル発電機の燃料として、燃料貯蔵タンク及び燃料デイトタンクを有しており、燃料移送ポンプにより、燃料貯蔵タンクから燃料デイトタンクへ燃料移送する系統構成（第17-1,2図参照）となっている。

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

以上のことから、7日間の外部電源喪失に対して、非常用ディーゼル発電機へ燃料供給が可能であり、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に必要となる電源の供給が継続できる。



第 17-1 図 A-非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイディーゼル発電機燃料供給系統の構成



第 17-2 図 B-非常用ディーゼル発電機 燃料供給系統の構成

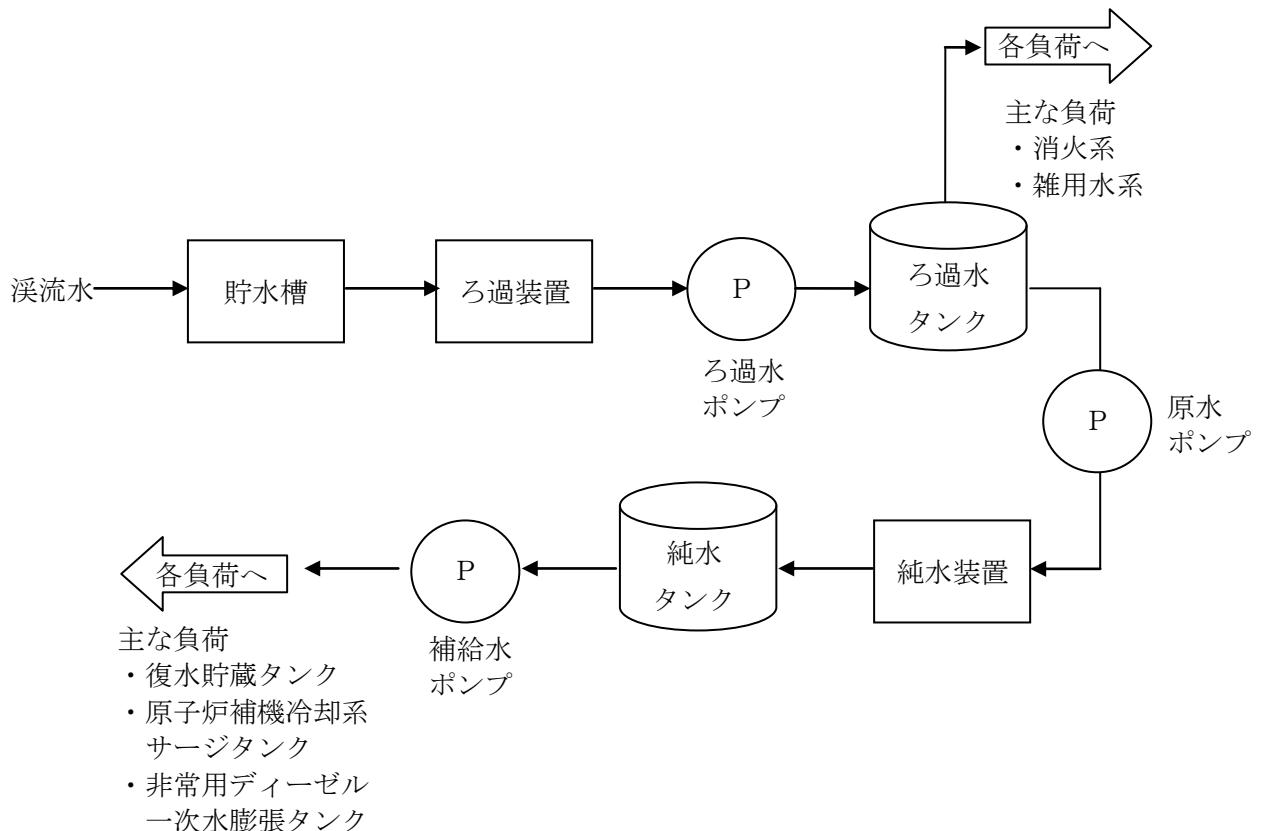
水質汚染に対する補給水等への影響について

1. 水源の概略系統及び供給先

水質汚染については、発電所敷地内の渓流水を貯留する貯水槽に降下火砕物が流入することで、補給水等の汚染が考えられる。

第 18-1 図に示すとおり、貯水槽の原水は、ろ過装置、ろ過水タンク及び純水装置を経由し純水タンクに供給される。ろ過水タンクに貯留された水は消火系及び雑用水系に供給されるが、評価対象設備は含まれていない。

一方、純水タンクに貯留された純水は、純水装置による水処理及び水質管理が行われていること、また、供給する設備には、復水貯蔵タンク及び原子炉補機冷却系サージタンク等への補給等があるが、いずれも、点検時の水張りや系統内でリークが生じた際に補給等が必要になるもので、降下火砕物の降灰時に補給が必要となることはなく、水質汚染はプラントの安全機能に影響を及ぼさない。



第 18-1 図 プラントへ供給される水源の概略系統図

主荷重と組み合わせる場合の積雪荷重の考え方について

1. 荷重の組み合わせの考え方

地震、津波及び火山と積雪は相関性が低い事象の組み合わせであるため、重畳を考慮する際は、Turkstra の経験則を適用する。Turkstra の経験則の考え方は、建築基準法や、土木学会「性能設計における土木構造物に対する作用の指針」、国土交通省「土木・建築にかかる設計の基本」、ANSI(米国国家規格協会)等で採用されている。Turkstra の経験則は、基準期間中の最大値はある荷重（主荷重）の最大値とその他の荷重（従荷重）の任意時刻における値（平均値）との和として荷重の組み合わせを考慮する。

地震、津波及び火山の影響と積雪の重ね合わせにおいて、地震、津波及び火山の影響の荷重条件は積雪の荷重条件より厳しく、発生した際の荷重が比較的大きいことから主荷重となる。したがって、地震、津波及び火山の影響との重ね合わせにおいては、積雪を従荷重として評価を実施する。

2. 従荷重として組み合わせる積雪荷重の設定方法

主荷重である地震、津波及び火山の影響の荷重に対して組み合わせる積雪荷重の平均値について関連する規格・基準等を踏まえて、以下のとおり検討を行った。

(1) 建築基準法の考え方を準用して平均値を求めた場合

建築基準法では、別紙1のとおり多雪区域^{*1}において主荷重である地震・暴風と組み合わせる場合の平均的な積雪量として、短期積雪荷重の0.35倍の積雪量を考慮することとしている。島根原子力発電所周辺は多雪区域ではないが、短期積雪荷重の0.35倍の積雪量を考慮すると、算出される平均的な積雪量は35.0cm（設計基準積雪量100cm×0.35）である。

(2) 観測記録により年最大積雪深の平均値を求めた場合

従荷重として想定する積雪荷重について、平均的な積雪荷重の一般的な設定方法として、最寄りの気象官署における月最深積雪の年最大の平均値を求める方法がある。敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台（松江市）における月最深積雪の年最大の平均値は気象観測データ（観測期間：1941年～2018年）より24.9cmである。

検討の結果、算出される平均的な積雪量は、建築基準法の考え方を準用して平均値を求めた場合（35.0cm）が最も大きな値となる。

以上の検討より、島根原子力発電所における主荷重と組み合わせる場合の積雪荷重の積雪量は、設計基準積雪量100cmに係数0.35を考慮した積雪量(35.0cm)を採用する。

- ※1 垂直積雪量が1mを超える場合又は1年ごとの積雪の継続時間が30日を超える場合で、管轄の特定行政庁が規則で指定した区域（建築基準法より）

建築基準法における自然現象の組み合わせによる荷重の考え方

「建築物荷重指針・同解説(2015)」によると、建築基準法における組み合わせは、基本的には Turkstra の経験則^{*1}と同様の考え方であり、同経験則に従えば、考慮すべきは主たる荷重が最大を取る時点の荷重の組み合わせであり、従たる荷重の値としては、その確率過程的な意味での平均的な値を採用することができるとしている。

組み合わせは、一般には短期においてのみであり、固定荷重と積載荷重に組み合わせる自然現象による荷重は単独の「積雪」、「風」及び「地震」である。

また、それらを組み合わせることはない。建築基準法における荷重の考え方を表 1 に示す。

表 1 建築基準法施行令からの抜粋

力の種類	荷重及び外力について 想定する状態	一般の場合	第 86 条第 2 項ただし書の規定により特定行政庁が指定する多雪区域における場合
長期に生ずる力	常時	G + P	G + P
	積雪時		G + P + 0.7 S
短期に生ずる力	積雪時	G + P + S	G + P + S
	暴風時	G + P + W	G + P + 0.35 S + W
	地震時	G + P + K	G + P + 0.35 S + K

ここで、 G : 第 84 条に規定する固定荷重によって生ずる力

P : 第 85 条に規定する積載荷重によって生ずる力

S : 第 86 条に規定する積雪荷重によって生ずる力

W : 第 87 条に規定する風圧力によって生ずる力

K : 第 88 条に規定する地震力によって生ずる力

島根原子力発電所は該当しないが、建築基準法では、その地方における垂直積雪量が 1m を超える場合又は 1 年ごとの積雪の継続時間が 30 日を超える場合は、管轄の特定行政庁が規定でその地方を多雪区域に指定するとともに、その地方における積雪荷重を規定している。一方、島根原子力発電所が存在する多雪区域指定のない地域においては、暴風時及び地震時の積雪荷重に関する組み合わせを考慮する必要はないとされている。

建築物の構造計算に当たって考慮すべき積雪荷重として、次の 4 つの状態が設定されている。^{*2}

① 短期に発生する積雪状態

この状態に対する積雪荷重は、短期積雪荷重と呼ばれており、冬季の最大積雪としておおむね3日程度の継続期間を想定した50年再現期待値として設定される値である。

$$S = d \cdot \rho$$

ここで、

S：短期積雪荷重 (N/m²)

d：垂直積雪量 (cm)

ρ：積雪の単位荷重^{※3} (N/cm/m²)

② 長期に発生する積雪状態

この状態に対する積雪荷重は、長期積雪荷重と呼ばれ、おおむね3か月程度の継続期間を想定したものである。この荷重は多雪区域における建築物の構造計算を行うときにのみ用いられる荷重であり、その値は短期積雪荷重の0.7倍である。

③ 冬季の平均的な積雪状態

この状態は、多雪区域において積雪時に強い季節風等の暴風又は地震に襲われたときに想定するものである。この場合の荷重・外力を「主の荷重」と「従の荷重」に区分すると、風圧力又は地震力を「主の荷重」、積雪荷重を「従の荷重」とみなすことができる。「従の荷重」として想定する積雪はその地方における冬季の平均的な積雪で、①項の短期積雪荷重の0.35倍である。

④ 極めて稀に発生する積雪状態

この状態に対する積雪荷重は、構築物が想定すべき最大級の荷重として、①項の短期積雪荷重の1.4倍である。

※1 基準期間中の最大値はある荷重（主荷重）の最大値とその他の荷重（従荷重）の任意時刻における値との和によって近似的に評価できるとするもの

※2 「2007年版 建築物の構造関係技術基準解説書」

※3 積雪量1cm当たり20N/m²（建築基準法より）

原子炉建物の屋根トラス部材の健全性評価について

1. 基本方針

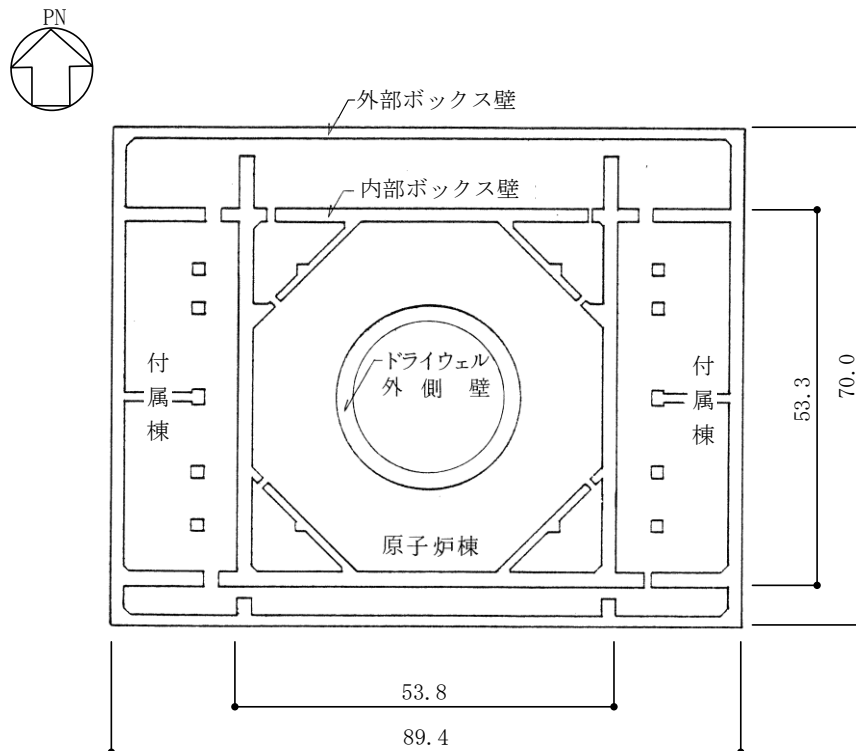
(1) 概要

降下火砕物の堆積荷重に対して原子炉建物の屋根トラス部材が健全性を有することを、応力解析による評価によって確認する。原子炉建物屋根トラス部は、補強工事を実施済であるため、補強内容を反映した条件に基づき設計時と同様に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を確認する。

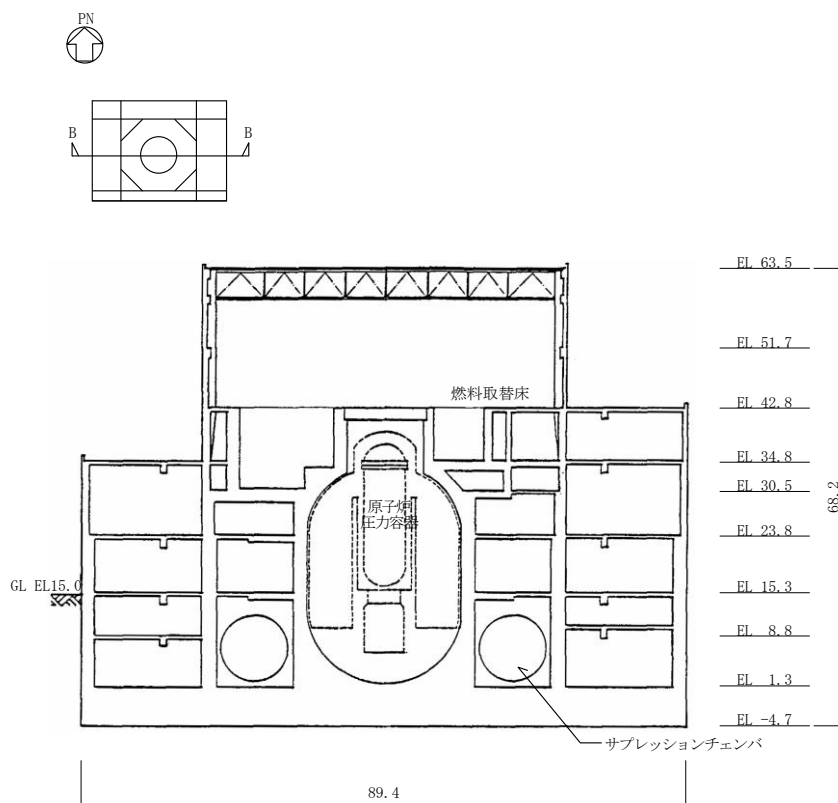
(2) 構造概要

原子炉建物は、中央部に地上4階、地下2階で平面が53.8m(東西方向)×53.3m(南北方向)(2階面)の原子炉建物原子炉棟があり、その周囲に地上2階(一部3階)、地下2階の原子炉建物附属棟を配置した鉄筋コンクリート造(一部鉄骨鉄筋コンクリート造および鉄骨造)の建物である。

原子炉建物の概略平面図を第1-1図に、原子炉建物の概略断面図を第1-2図に示す。



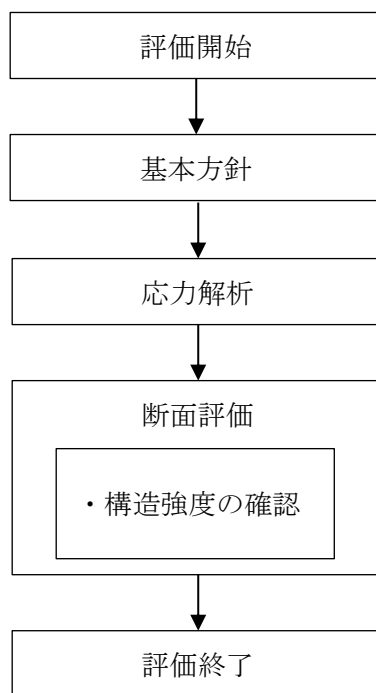
第1-1図 原子炉建物 平面図 (EL. 1.3m*付近) (単位:m)
 注記*: 「EL」は東京湾平均海面 (T.P.) を基準としたレベルを示す。



第 1-2 図 原子炉建物 B-B 断面図 (単位 : m)

(3) 評価方針

降下火砕物の堆積荷重に対して、応力解析による断面の評価を行うことで、建物の構造強度の確認を行う。第 1-3 図に建物の評価フローを示す。



第 1-3 図 建物の評価フロー

(4) 適用規格・基準等

本評価において、準拠する規格基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 鋼構造設計規準—許容応力度設計法— ((社) 日本建築学会)
- ・ 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ((社) 日本建築学会)

2. 応力解析による評価方法

原子炉建物の応力解析による評価対象部位は、主トラスおよびトラス二次部材とする。

(1) 評価方針

降下火砕物の堆積荷重と堆積荷重以外の荷重の組合せの結果、発生する応力が「鋼構造設計規準—許容応力度設計法— ((社) 日本建築学会)」(以下「S規準」という。)を参考に、各々設定した許容限界を超えないことを確認する。

(2) 荷重及び荷重の組合せ

a. 荷重

(a) 固定荷重 (DL)

固定荷重を第 2-1 表に示す。

第 2-1 表 固定荷重 (DL)

部位	固定荷重 (DL)	
主トラス	8,777N/m ²	
トラス二次部材	母屋	6,669N/m ²
	サブビーム	7,944N/m ²
	繋ぎ梁	8,826N/m ²

(b) 積載荷重 (LL)

積載荷重を第 2-2 表に示す。

第 2-2 表 積載荷重 (LL)

積載荷重 (LL)
981N/m ²

(c) 積雪荷重 (SNL)

積雪荷重を第 2-3 表に示す。

第 2-3 表 積雪荷重 (SNL)

積雪荷重 (SNL)
700N/m ²

(d) 降下火砕物の堆積荷重 (VAL)

降下火砕物の堆積荷重を第 2-4 表に示す。

第 2-4 表 降下火砕物の堆積荷重 (VAL)

降下火砕物の堆積荷重 (VAL)
8,238N/m ²

(e) 風荷重 (WL)

風荷重を第 2-5 表, 第 2-6 表に示す。

第 2-5 表 風荷重 (WL) (風向き : RI 通り → RA 通り)

風荷重 (WL) RI (風上側)	風荷重 (WL) RA (風下側)
71,492N	35,746N

第 2-6 表 風荷重 (WL) (風向き : RI 通り ← RA 通り)

風荷重 (WL) RI (風下側)	風荷重 (WL) RA (風上側)
35,746N	71,492N

(f) 荷重の組合せ

荷重の組合せを第 2-7 表に示す。

第 2-7 表 荷重の組合せ

部位	荷重の組合せ
主トラス	DL+LL+SNL+VAL+WL
トラス二次部材	DL+LL+SNL+VAL

(3) 許容限界

応力評価解析における原子炉建物の許容限界を第 2-8 表に示す。また, 鋼材の基準強度及び評価基準値を第 2-9 表に示す。

第 2-8 表 応力評価解析における許容限界

要求性能	機能設計上の性能目標	部位	機能維持のための考え方	許容限界
—	構造強度を有すること	主トラス トラス二次部材	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	短期許容応力度 ^{※1}

※1 「S 規準」の短期許容応力度で評価

以上より, 主トラスおよびトラス二次部材は, 短期許容応力度を用いて評価を行う。

第 2-9 表 鋼材の基準強度及び評価基準値

鋼材種類	板厚 (mm)	基準強度 F (N/mm ²)	評価基準値 (N/mm ²)	
			引張	圧縮及び曲げ
SS400 (SS41)	T ≤ 40	235	235	235
SM490A (SM50A)	T ≤ 40	325	325	325
SN400B	T ≤ 40	235	235	235
SN490B	T ≤ 40	325	325	325

3. 解析モデル及び諸元

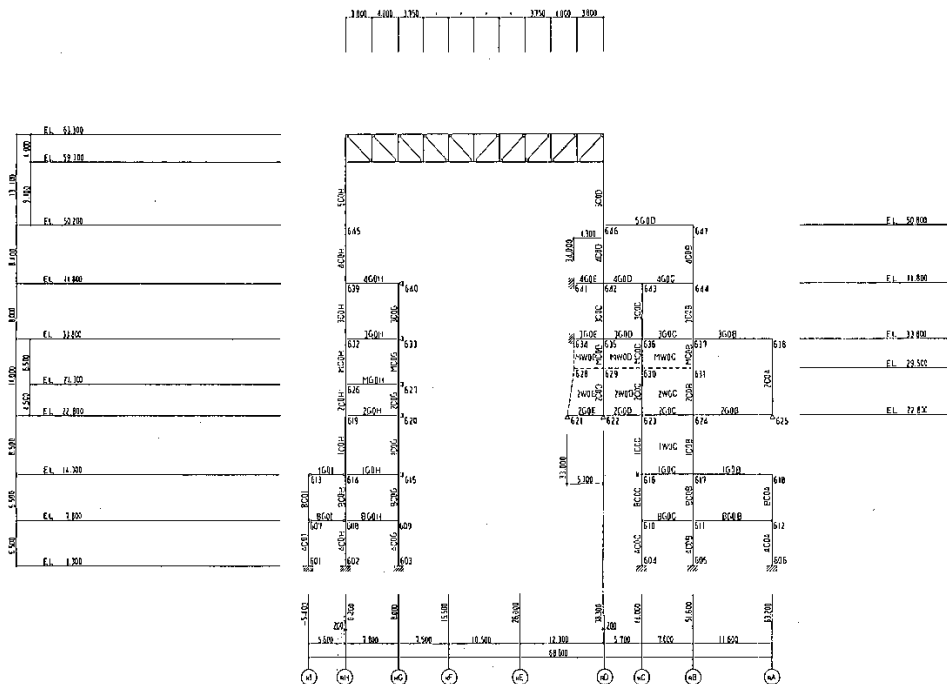
解析モデル及び諸元を以下に示す。

(1) 主トラス モデル化の基本方針

a. 応力解析モデルの概要

- ・解析モデルは、主トラスを含む建物全体の各部材を線材置換した二次元フレームとする。
- ・フレーム構面内にある壁は、その影響を考慮する。
- ・主トラス各部材の端部の接合条件は、上下弦材と柱の端部は剛接合とし、上下弦材と斜材、束材の端部はピン接合とする。
- ・主トラス部材の中で最も応力度比が大きくなる部材を含む構面（R10 フレーム）の評価を示す。

主トラスの検討モデル（R10 フレーム）を第 3-1 図に示す。



第 3-1 図 原子炉建物 主トラス検討モデル（R10 フレーム）

b. 解析コード

S D Ver. 3. 2. 2

c. 検討部材の形状及び寸法

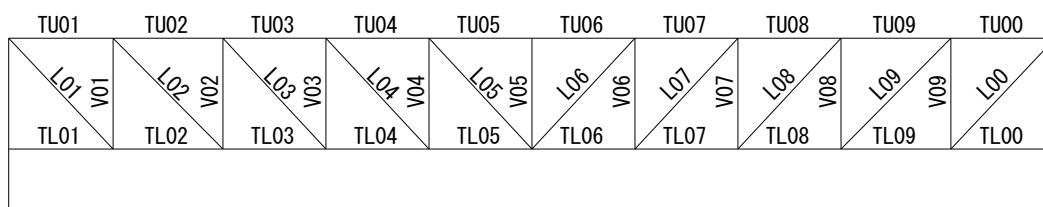
検討部材の形状及び寸法を第 3-1 表に示す。また、部材位置を第 3-2 図に示す。

第 3-1 表 検討部材の形状・寸法（主トラス）

部位	部材符号	形状寸法	材質
上弦材	TU00～TU09	H-400×400×13×21	SM490A (SM50A)
下弦材	TL01～TL02 TL09～TL00	BH-400×400×19×35	
	TL03～TL08	H-400×400×13×21	

斜材	L01～L02 L09～L00	2CT _s -175×350×12×19	SS400 (SS41)
	L03～L04 L07～L08	2CT _s -150×300×10×15	
	L05～L06	2CT _s -125×250×9×14 +4L _s -90×90×10*	
束材	V01～V02 V08～V09	2CT _s -175×350×12×19	
	V03～V04 V06～V07	2CT _s -150×300×10×15	
	V05	2CT _s -125×250×9×14	

※：補強工事で追加した部材。



第 3-2 図 部材位置図 (主トラス)

d. 使用材料の物性値

使用材料の物性値を第 3-2 表に示す。

第 3-2 表 使用材料の物性値

項目	物性値
ヤング係数 E	2100tf/cm ²
せん断弾性係数 G	810 tf/cm ²

(2) トラス二次部材 検討の基本方針

a. 応力解析モデルの概要

- ・母屋は、単純支持ばりモデルとし、検討スパンは、部材長さとする。
- ・サブビームは、単純支持ばりモデルとし、検討スパンは、通り芯間距離とする。
- ・繋ぎ梁は、単純支持トラスモデルとし、検討スパンは、通り芯間距離とする。

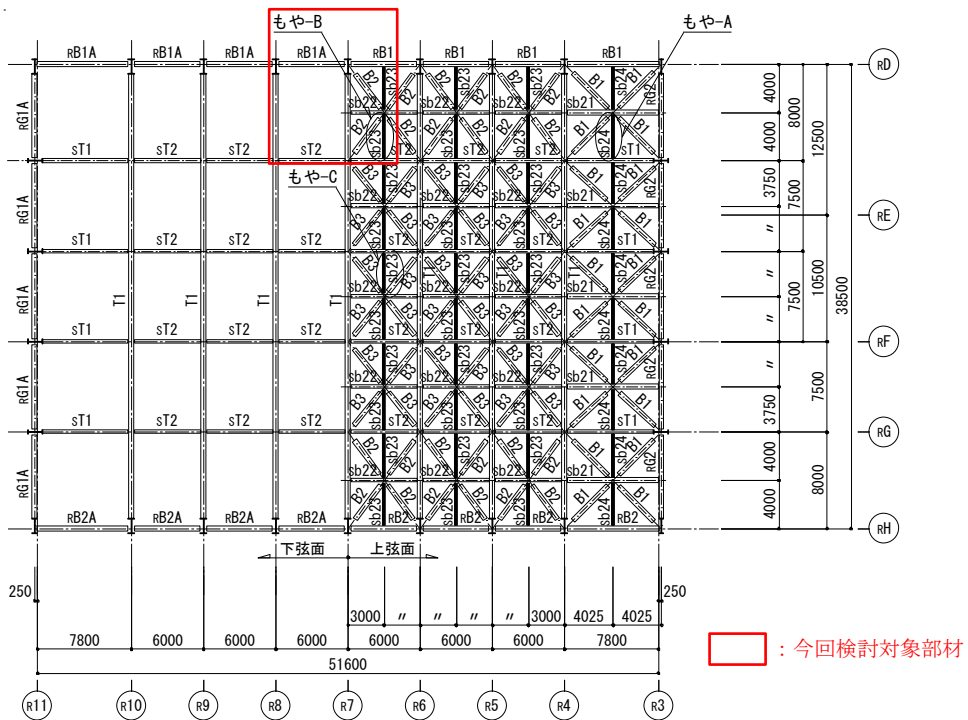
b. 検討部材の形状及び寸法

検討部材の形状及び寸法を第 3-3 表に示す。また、部材位置を第 3-3 図、第 3-4 図、第 3-5 図に示す。

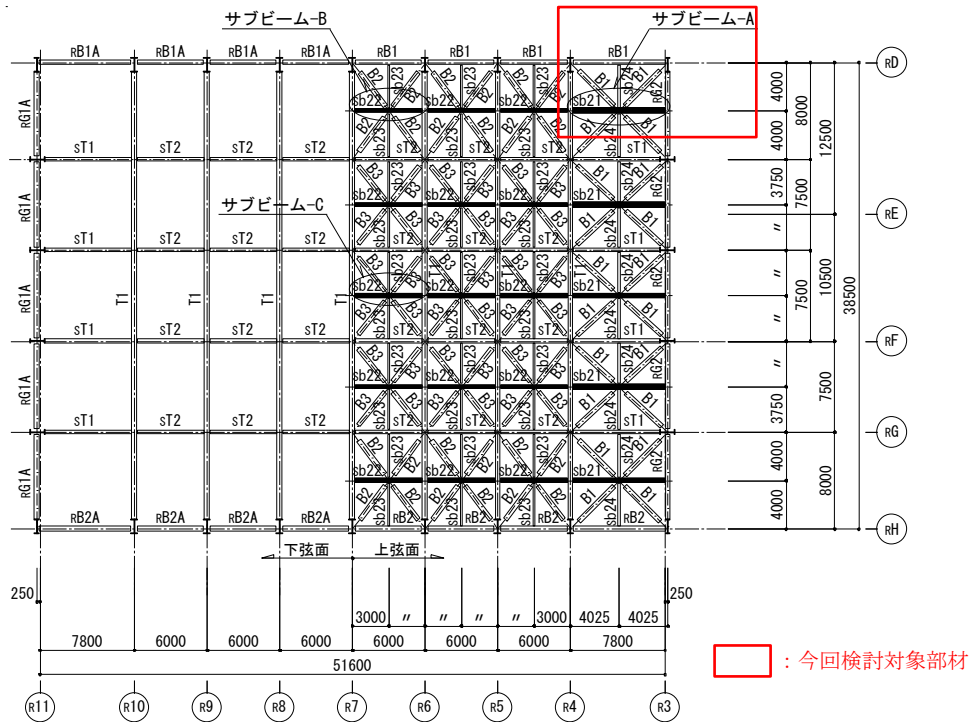
第 3-3 表 検討部材の形状・寸法（トラス二次部材）

部位	部材符号	形状寸法	材質
母屋	sb23	H-244×175×7×11	SS400 (SS41)
サブビーム	sb21	H-400×400×13×21	
繋ぎ梁	ST1（上下弦材）	H-390×300×10×16	
	ST1（斜材）	2CT _s -125×250×9×14 +4L _s -65×65×6*	

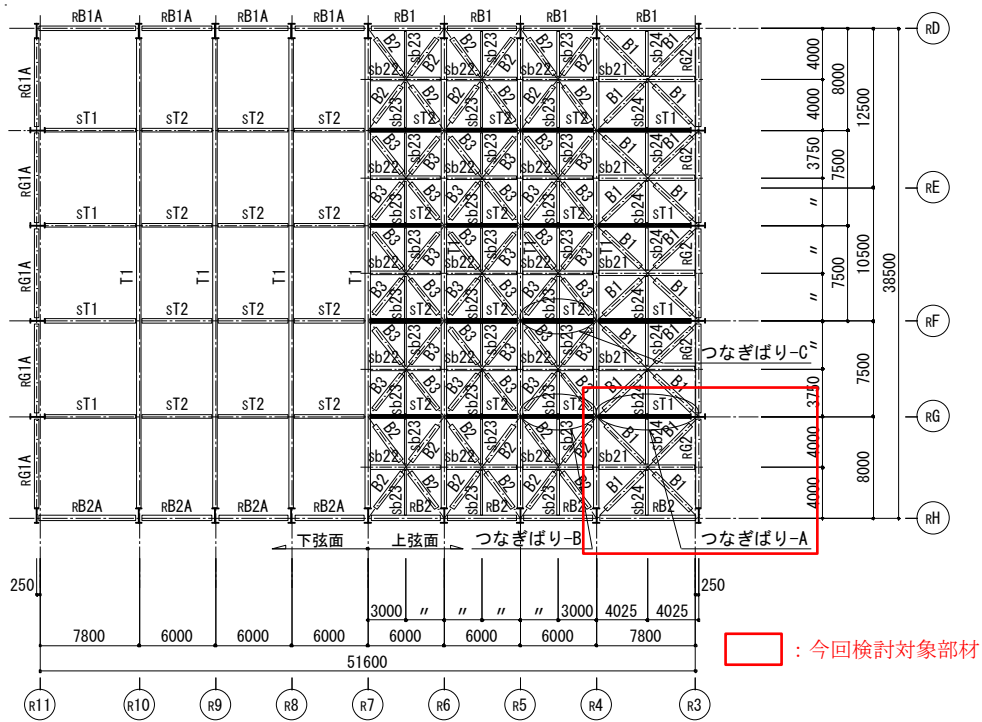
※：補強工事で追加した部材。



第 3-3 図 部材位置図（トラス二次部材：母屋）



第3-4図 部材位置図 (トラス二次部材：サブビーム)



第3-5図 部材位置図 (トラス二次部材：繋ぎ梁)

(3) 評価方法

a. 評価方法

「S 規準」に基づき、次式をもとに計算した評価対象部位に生じる軸応力及び曲げモーメントによる応力度が許容応力度を超えないことを確認する。

(a) 軸力のみを負担する部材の評価方法

軸力のみを負担するトラス要素（斜材，束材等）に発生する応力度 σ_c 、 σ_t が，以下の式による応力度比は1以下となることを確認する。

$$\max\left(\frac{\sigma_c}{f_c}, \frac{\sigma_t}{f_t}\right) \leq 1$$

f_c 、 f_t は以下の式により求める。

$$f_t = \frac{F}{1.5}$$

$$f_c = \frac{\left\{1 - 0.4\left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2\right\} F}{\nu} \quad (\lambda \leq \Lambda \text{ のとき})$$

$$f_c = \frac{0.277F}{\left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2} \quad (\lambda > \Lambda \text{ のとき})$$

f_c : 許容圧縮応力度 (N/mm²) Λ : 限界細長比 $\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{0.6F}}$

f_t : 許容引張応力度 (N/mm²) E : ヤング係数

λ : 圧縮材の細長比 $\nu = \frac{3}{2} + \frac{2}{3}\left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2$

(b) 軸力と曲げを負担する部材の評価方法

軸力と曲げを負担する梁要素（上・下弦材等）は，軸力により生じる軸応力度 σ_c 、 σ_t と曲げモーメントにより生じる曲げ応力度 σ_b の組合せに対して，以下の式により応力度比が1以下となることを確認する。

【圧縮と曲げにより生じる応力度の確認】

$$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1$$

【引張りと曲げにより生じる応力度の確認】

$$\frac{\sigma_t + \sigma_b}{f_t} \leq 1$$

f_c , f_t は軸力を負担する場合と同じ。 f_b は以下の式により求める。

$$f_b = \frac{F}{\nu} \quad (\lambda_b \leq_p \lambda_b)$$

$$f_b = \frac{\left\{ 1 - 0.4 \left(\frac{\lambda_b -_p \lambda_b}{_e \lambda_b -_p \lambda_b} \right) \right\}}{\nu} F \quad (_p \lambda_b < \lambda_b \leq_e \lambda_b)$$

$$f_b = \frac{1}{2.17 \lambda_b^2} F \quad (_e \lambda_b < \lambda_b)$$

ここに,

$$\lambda_b = \sqrt{\frac{M_y}{M_e}} \quad _e \lambda_b = \frac{1}{\sqrt{0.6}}$$

i) 補剛区間内で曲げモーメントが直線的に変化する場合

$$_p \lambda_b = 0.6 + 0.3 \left(\frac{M_2}{M_1} \right) \quad C = 1.75 + 1.05 \left(\frac{M_2}{M_1} \right) + 0.3 \left(\frac{M_2}{M_1} \right)^2 \leq 2.3$$

i i) 補剛区間内で曲げモーメントが最大となる場合

$$M_e = C \sqrt{\frac{\pi^4 EI_Y \cdot EI_w}{l_b^4} + \frac{\pi^2 EI_Y \cdot GJ}{l_b^2}}$$

- f_b : 許容曲げ応力度 λ_b : 曲げ部材の細長比
 l_b : 圧縮フランジの支点間距離 $_e \lambda_b$: 弾性限界細長比
 $_p \lambda_b$: 塑性限界細長比 C : 許容曲げ応力度の補正係数
 M_e : 弾性横座屈モーメント Z : 断面係数
 I_Y : 弱軸まわりの断面2次モーメント
 I_w : 曲げねじり定数 G : せん断弾性係数
 J : サンプナンのねじり定数 M_y : 降伏モーメント ($F \cdot Z$)

$$\nu = \frac{3}{2} + \frac{2}{3} \left(\frac{\lambda_b}{_e \lambda_b} \right)^2$$

4. 評価結果

主トラスの評価結果を第 4-1 表，トラス二次部材の評価結果を第 4-2 表に示す。
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ないことを確認した。

第 4-1 表 主トラス 評価結果（短期許容応力度）

部位	発生 応力	応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	応力度比	位置
上弦材 H-400×400×13×21	(圧縮)	125.7	290	0.48	TU05
	(曲げ)	13.4	316		TU06
下弦材 BH-400×400×19×35	(圧縮)	76.1	205	0.61	TL00
	(曲げ)	74.9	318		
斜材 2CT _s -175×350×12×19	(引張)	150.8	235	0.65	L01
束材 2CT _s -175×350×12×19	(圧縮)	95.1	176	0.55	V09

第 4-2 表 トラス二次部材 評価結果（短期許容応力度）

部位	発生 応力	応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	応力度比	位置
母屋 (sb23) H-244×175×7×11	(曲げ)	122.6	181	0.68	R6～R7 RD～RE
サブビーム (sb21) H-400×400×13×21	(曲げ)	173.6	220	0.79	R3～R4 RD～RE
繋ぎ梁 (ST1) 2CT _s -125×250×9×14 +4L _s -65×65×6*	(圧縮)	45.2	73	0.62	R3～R4 RG

※：補強工事で追加した部材。

タービン建物の屋根トラス部材の健全性評価について

1. 基本方針

(1) 概要

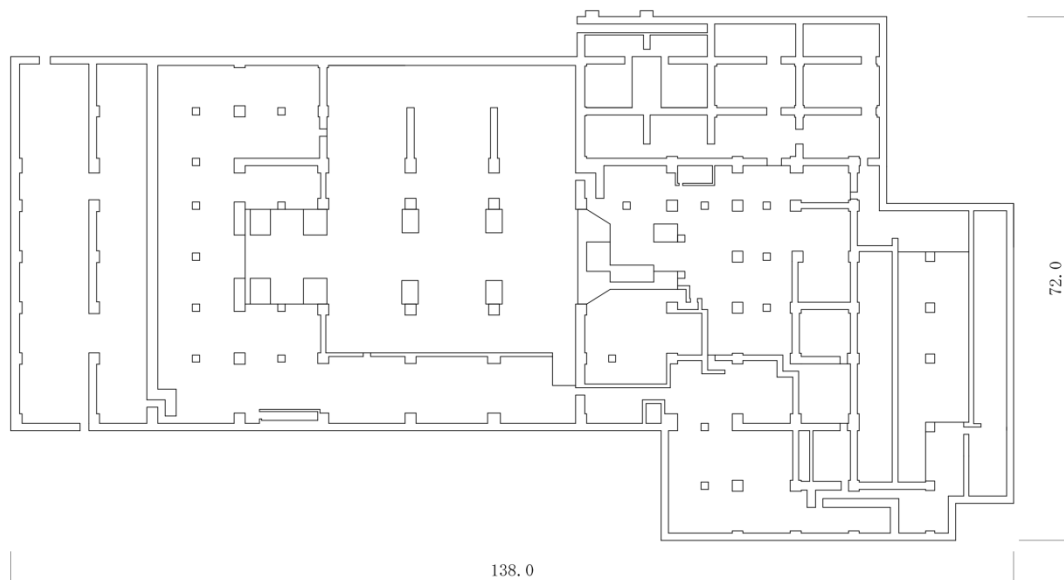
降下火砕物の堆積荷重に対してタービン建物の屋根トラス部材が健全性を有することを、応力解析による評価によって確認する。タービン建物の屋根トラス部は、補強工事を実施済であるため、補強内容を反映した条件に基づき設計時と同様に二次元フレームモデルを用いた応力解析を行い、発生応力度が許容値を超えないことを確認する。

(2) 構造概要

タービン建物は、主体構造が鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造）で地上3階（一部4階）、地下1階の建物である。

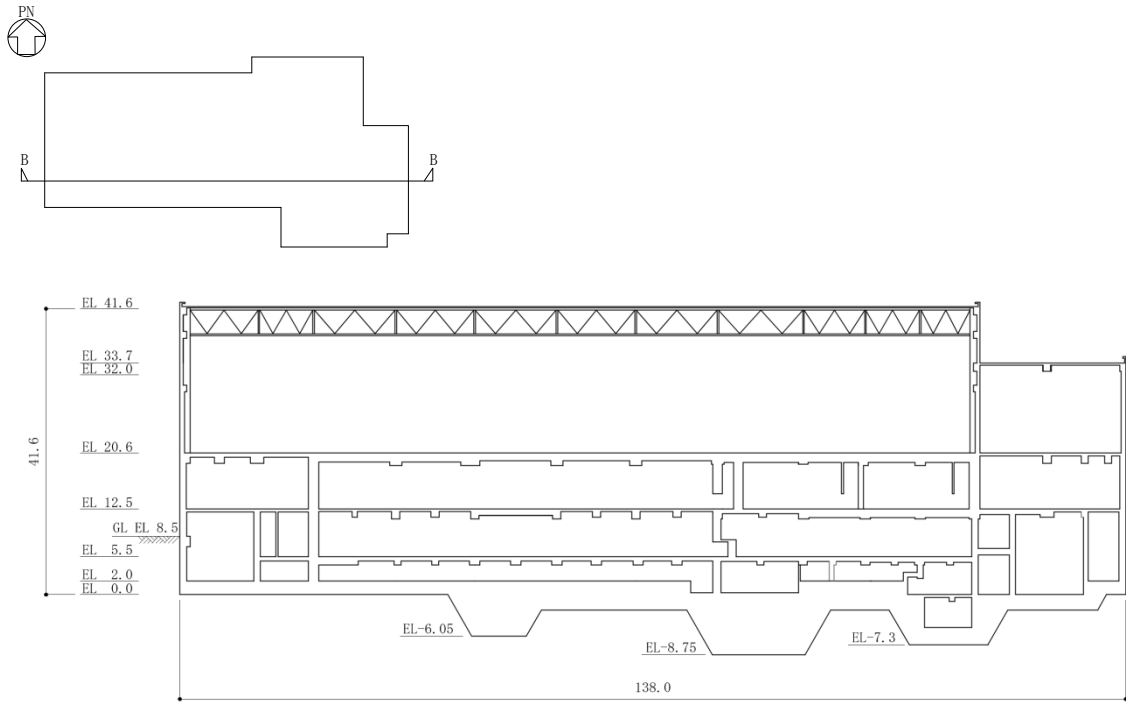
建物の平面は72.0m（一部51.4m）（NS）×138.0m（EW）となっている。

タービン建物の概略平面図を第1-1図に、タービン建物の概略断面図を第1-2図に示す。



第1-1図 タービン建物 平面図（EL. 2.0m*付近）（単位：m）

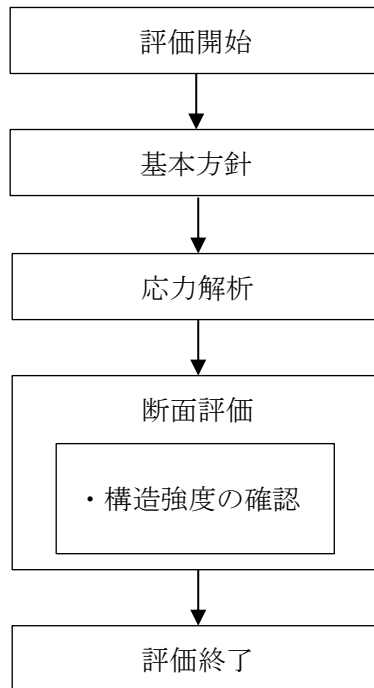
注記*：「EL」は東京湾平均海面（T.P.）を基準としたレベルを示す。



第 1-2 図 タービン建物 B-B 断面図 (単位 : m)

(3) 評価方針

降下火砕物の堆積荷重に対して、応力解析による断面の評価を行うことで、建物の構造強度の確認を行う。第 1-3 図に建物の評価フローを示す。



第 1-3 図 建物の評価フロー

(4) 適用規格・基準等

本評価において、準拠する規格基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 鋼構造設計規準—許容応力度設計法— ((社) 日本建築学会)
- ・ 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ((社) 日本建築学会)

2. 応力解析による評価方法

タービン建物の応力解析による評価対象部位は、主トラスおよびトラス二次部材とする。

(1) 評価方針

降下火砕物の堆積荷重と堆積荷重以外の荷重の組合せの結果、発生する応力が「鋼構造設計規準—許容応力度設計法— ((社) 日本建築学会)」(以下「S規準」という。)を参考に、各々設定した許容限界を超えないことを確認する。

(2) 荷重及び荷重の組合せ

a. 荷重

(a) 固定荷重 (DL)

固定荷重を第 2-1 表に示す。

第 2-1 表 固定荷重 (DL)

部位	固定荷重 (DL)	
主トラス	8,140N/m ²	
トラス二次部材	母屋	5,698N/m ²
	サブビーム	7,169N/m ²
	繋ぎ梁	7,169N/m ²

(b) 積載荷重 (LL)

積載荷重を第 2-2 表に示す。

第 2-2 表 積載荷重 (LL)

積載荷重 (LL)
981N/m ²

(c) 積雪荷重 (SNL)

積雪荷重を第 2-3 表に示す。

第 2-3 表 積雪荷重 (SNL)

積雪荷重 (SNL)
700N/m ²

(d) 降下火砕物の堆積荷重 (VAL)

降下火砕物の堆積荷重を第 2-4 表に示す。

第 2-4 表 降下火砕物の堆積荷重 (VAL)

降下火砕物の堆積荷重 (VAL)
8,238N/m ²

(e) 風荷重 (WL)

風荷重を第 2-5 表, 第 2-6 表に示す。

第 2-5 表 風荷重 (WL) (風向き : TF 通り→TX 通り)

風荷重 (WL) TF (風上側)	風荷重 (WL) TX (風下側)
95, 825N	47, 913N

第 2-6 表 風荷重 (WL) (風向き : TF 通り←TX 通り)

風荷重 (WL) TF (風下側)	風荷重 (WL) TX (風上側)
47, 913N	95, 825N

(f) 荷重の組合せ

荷重の組合せを第 2-7 表に示す。

第 2-7 表 荷重の組合せ

部位	荷重の組合せ
主トラス	DL+LL+SNL+VAL+WL
トラス二次部材	DL+LL+SNL+VAL

(3) 許容限界

応力評価解析におけるタービン建物の許容限界を第 2-8 表に示す。また, 鋼材の基準強度及び評価基準値を第 2-9 表に示す。

第 2-8 表 応力評価解析における許容限界

要求性能	機能設計上の性能目標	部位	機能維持のための考え方	許容限界
—	上位クラス設備に波及的影響を及ぼさないこと	主トラス トラス二次部材	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	短期許容応力度 ^{※1}

※1 「S 規準」の短期許容応力度で評価

以上より, 主トラスおよびトラス二次部材は, 短期許容応力度を用いて評価を行う。

第 2-9 表 鋼材の基準強度及び評価基準値

鋼材種類	板厚 (mm)	基準強度 F (N/mm ²)	評価基準値 (N/mm ²)	
			引張	圧縮及び曲げ
SS400 (SS41)	T ≤ 40	235	235	235
SM490A (SM50A)	T ≤ 40	325	325	325
SN400B	T ≤ 40	235	235	235
SN490B	T ≤ 40	325	325	325

3. 解析モデル及び諸元

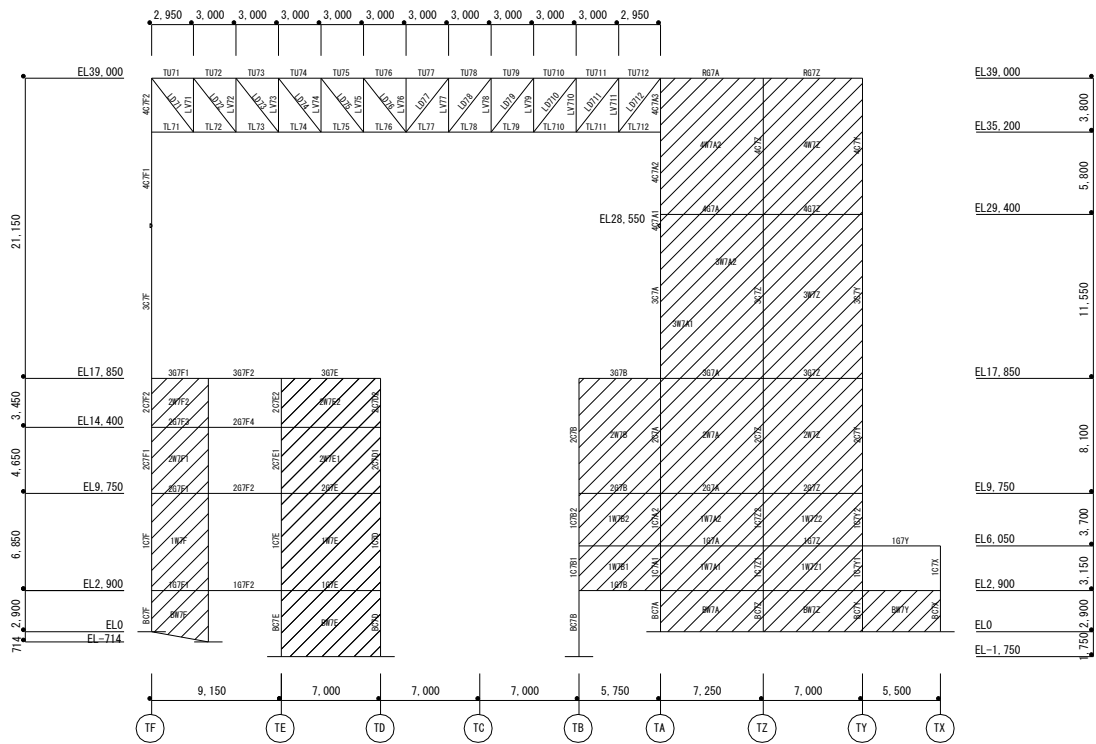
主トラスの解析モデル及び諸元を以下に示す。

(1) 主トラス モデル化の基本方針

a. 応力解析モデルの概要

- ・解析モデルは、主トラスを含む建物全体の各部材を線材置換した二次元フレームとする。
- ・フレーム構面内にある壁は、その影響を考慮する。
- ・主トラス各部材の端部の接合条件は、上下弦材と柱はピン接合とし、上下弦材と斜材、束材もピン接合とする。
- ・主トラス部材の中で最も応力度比が大きくなる部材を含む構面（T7 フレーム）の評価を示す。

主トラスの検討モデルを第 3-1 図に示す。



第 3-1 図 タービン建物 主トラス検討モデル (T7 フレーム)

b. 解析コード

SD Ver. 3. 2. 2

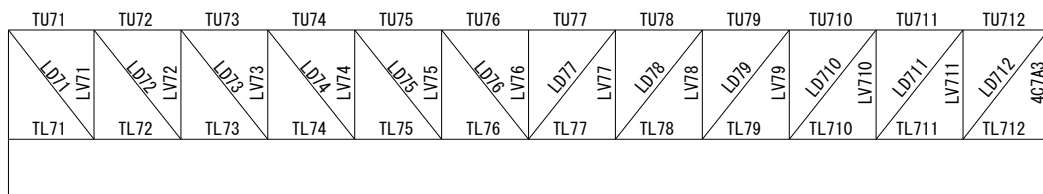
c. 検討部材の形状及び寸法

検討部材の形状及び寸法を第 3-1 表に示す。また、部材位置を第 3-2 図に示す。

第3-1表 検討部材の形状・寸法（主トラス）

部位	部材符号	形状寸法	材質
上弦材	TU71~TU712	H-428×407×20×35	SS400 (SS41)
下弦材	TL71~TL73, TL710	BH-428×407×32×40	
	TL711~TL712	BH-428×407×32×40 +2BC _s -386×100×19×19 [*]	
	TL74~TL79	H-428×407×20×35	
斜材	LD72	2BCT _s -175×350×22×22	
	LD71, LD711	2BCT _s -175×350×22×22 +2PL _s -12×200 [*]	
	LD712	2BCT _s -175×350×22×22 +2PL _s -16×250 [*]	
	LD73~LD74, LD79	2CT _s -175×350×12×19	
	LD710	2CT _s -175×350×12×19 +2PL _s -12×200 [*]	
	LD75~LD78	2CT _s -150×300×10×15	
束材	LV71~LV72, LV712	2BCT _s -175×350×22×22	
	LV711	2BCT _s -175×350×22×22 +2PL _s -12×200 [*]	
	LV73~LV74, LV78	2CT _s -175×350×12×19	
	LV79	2CT _s -175×350×12×19 +2PL _s -12×200 [*]	
	LV75~LV77	2CT _s -150×300×10×15	

※：補強工事で追加した部材（材質：SN400B）。



第3-2図 部材位置図（主トラス）

d. 使用材料の物性値

使用材料の物性値を第3-2表に示す。

第3-2表 使用材料の物性値

項目	物性値
ヤング係数E	2100tf/cm ²
せん断弾性係数G	810 tf/cm ²

(2) トラス二次部材 検討の基本方針

a. 検討方針の概要

- ・母屋は、単純支持ばりモデルとし、検討スパンは、部材長さとする。
- ・サブビームは、単純支持ばりモデルとし、検討スパンは、通り芯間距離とする。
- ・繋ぎ梁は、単純支持トラスモデルとし、検討スパンは、通り芯間距離とする。

b. 検討部材の形状及び寸法

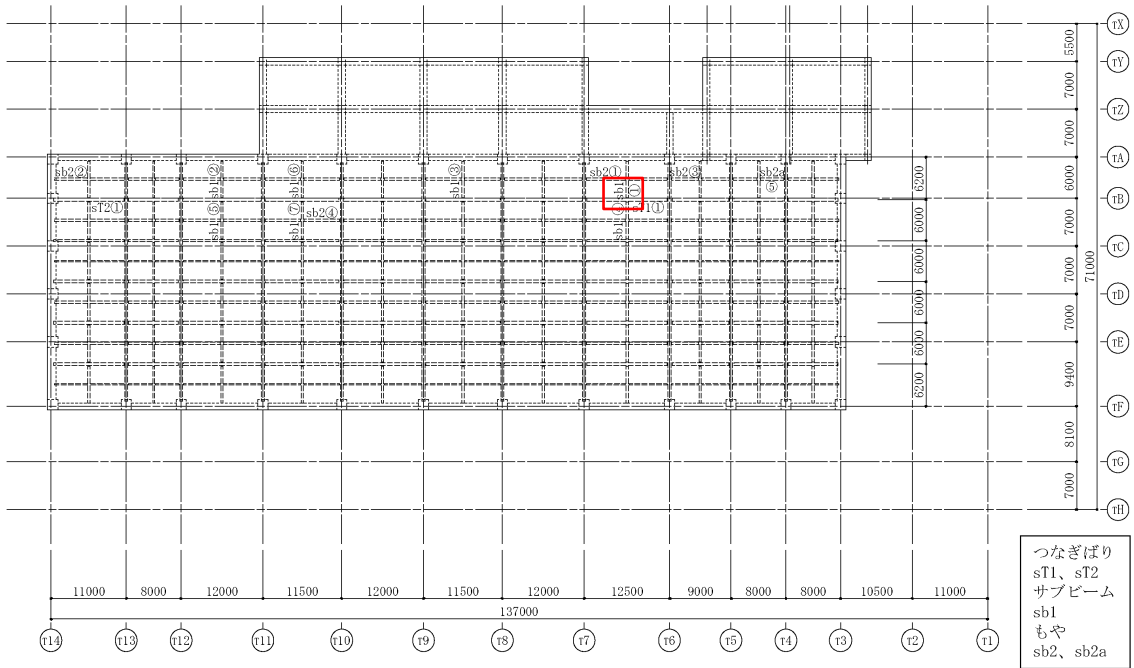
検討部材の形状及び寸法を第 3-3 表に示す。また、部材位置を第 3-3 図、第 3-4 図、第 3-5 図に示す。

第 3-3 表 検討部材の形状・寸法 (トラス二次部材)

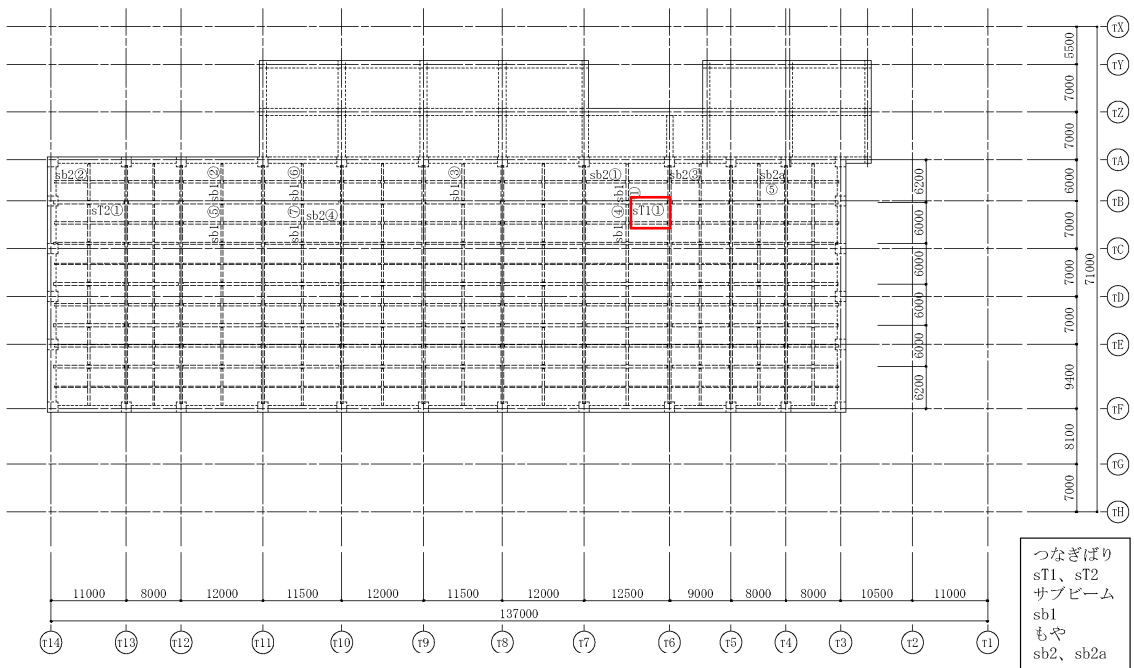
部位	部材符号	形状寸法	材質
母屋	sb2④	H-400×200×8×13	SS400 (SS41)
サブビーム	sb1①	BH-428×300×12×19	
繋ぎ梁	ST1 (上弦材)	BH-428×300×12×19	
	ST1 (下弦材)	H-250×250×9×14	
	ST1 (斜材)	2CT _s -100×204×12×12	



第 3-3 図 部材位置図 (トラス二次部材：母屋)



第 3-4 図 部材位置図 (トラス二次部材：サブビーム)



第 3-5 図 部材位置図 (トラス二次部材：繋ぎ梁)

(3) 評価方法

a. 評価方法

「S 規準」に基づき、評価対象部位に生じる軸応力及び曲げモーメントによる応力度が許容応力度を超えないことを確認する。評価式は、補足資料-20「原子炉建物の屋根トラス部材の健全性評価について」に記載と同様。

4. 評価結果

主トラスの評価結果を第4-1表、トラス二次部材の評価結果を第4-2表に示す。
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ないことを確認した。

第4-1表 主トラス 評価結果（短期許容応力度）

部位	発生 応力	応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	応力度比	位置
上弦材 H-428×407×20×35	(圧縮)	127.7	223	0.73	TU76
	(曲げ)	35.8	231		TU77
下弦材 BH-428×407×32×40 +2BC _s -386×100×19×19*	(圧縮)	130.3	210	0.80	TL712
	(曲げ)	41.5	233		
斜材 2BCT _s -175×350×22×22 +2PL _s -16×250*	(引張)	208.4	235	0.89	LD712
束材 2CT _s -150×300×10×15	(圧縮)	134.0	154	0.88	LV77

※：補強工事で追加した部材。

第4-2表 トラス二次部材 評価結果（短期許容応力度）

部位	発生 応力	応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	応力度比	位置
母屋 (sb2④) H-400×200×8×13	(曲げ)	169.7	193	0.88	T10~T11 TB~TC
サブビーム (sb1①) BH-428×300×12×19	(曲げ)	201.1	232	0.87	T6~T7 TA~TB
繋ぎ梁 (ST1) 2CT _s -100×204×12×12	(圧縮)	64.8	86	0.76	T6~T7 TB

気中降下火砕物対策に係る検討について

平成29年12月14日に実用発電用原子炉の設置，運転等に関する規則（以下，「実用炉規則」という。）の一部改正で追加された，火山影響等発生時における発電用原子炉施設の保全のための活動を行う体制の整備については，保安規定認可までに対応を図る。

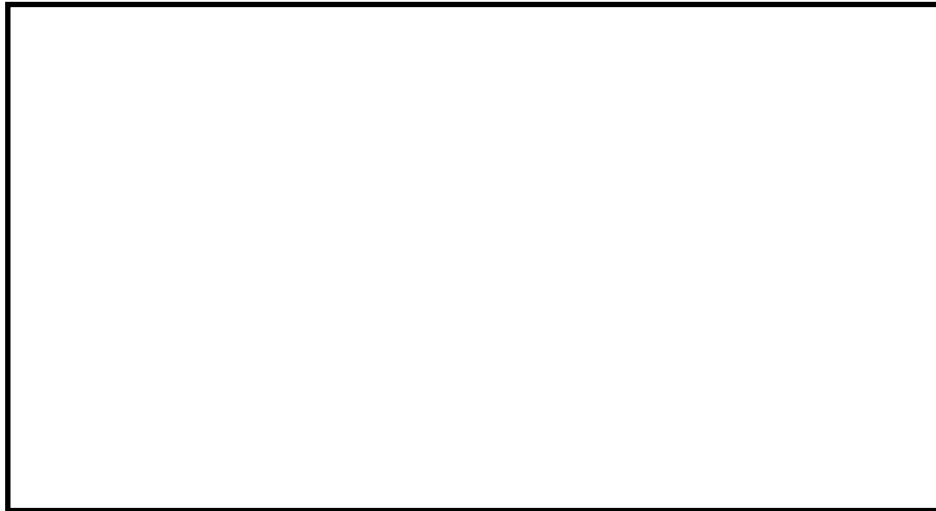
現在の対応状況を第22-1表に示す。

第22-1表 実用炉規則の一部改正に関する対応状況

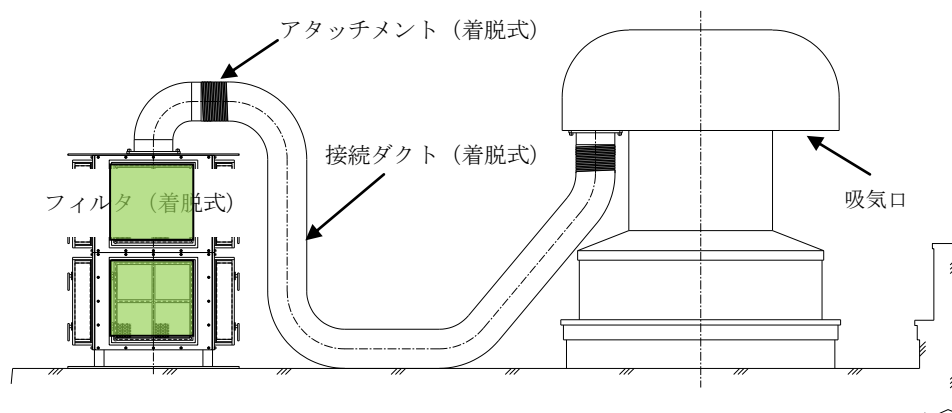
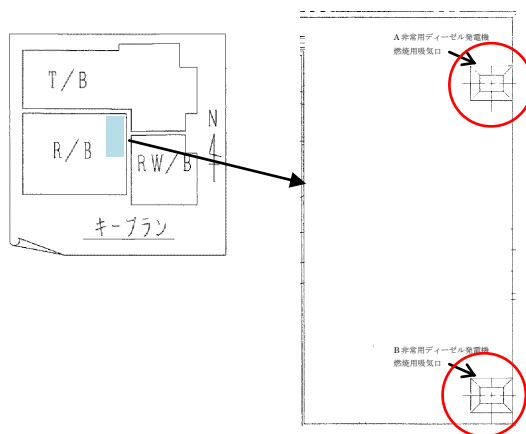
条項	規則	対応状況	
第83条 第1号 ロ	－	火山影響等発生時における発電用原子炉施設の保全のための活動を行うために必要な次に掲げる事項を定め、これを要員に守らせること	－
	(1)	火山影響等発生時における非常用交流動力電源設備の機能を維持するための対策に関すること	・火山灰の取り込みを抑制するために非常用ディーゼル発電機の吸気に係る既設のフィルタに対して、実際の火山灰による閉塞試験結果を踏まえて、機能維持のための対策を行う。
	(2)	(1)に掲げるもののほか、火山影響等発生時における代替電源設備その他の炉心を冷却するために必要な設備の機能を維持するための対策に関すること	炉心を冷却するための設備として、高圧代替注水系（HPAC）により対応する。
	(3)	(2)に掲げるもののほか、火山影響等発生時に交流動力電源が喪失した場合における炉心の著しい損傷を防止するための対策に関すること	交流電源を必要としない原子炉隔離時冷却系（RCIC）を用いた、全交流動力電源喪失時の対応手順により対応する。

「実用炉規則第83条第1号ロ(1)」の対応としては、第22-1図のような対策が考えられる。

今後、気中降下火砕物濃度の環境下において、非常用ディーゼル発電機の機能を維持するために最適な対策を検討し、保安規定認可までに対応を図る。



非常用ディーゼル発電機 給気フィルタ (既設)



非常用ディーゼル発電機 給気フィルタ (対策案)

第 22-1 図 実用炉規則第 83 条第 1 号ロ (1) の対策案

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。

気中降下火砕物濃度の算出について

1. 気中降下火砕物濃度の推定手法

試算に用いる大気中の降下火砕物濃度は、「原子力発電所の火山影響評価ガイド（平成29年11月29日改正）」（以下「ガイド」という。）の添付1「気中降下火砕物濃度の推定手法について」に定められた手法により推定した気中降下火砕物濃度とする。ガイドに定められている手法は以下の2つである。

- a. 降灰継続時間を仮定して、降灰量から気中降下火砕物濃度を推定する手法
- b. 数値シミュレーションにより気中降下火砕物濃度を推定する手法

2. 気中降下火砕物濃度の算出方法

島根原子力発電所では、上記手法のうち a の手法により気中降下火砕物の濃度を推定した。本手法は、原子力発電所の敷地において発電所の運用期間中に想定される降下火砕物が降灰継続時間（24時間）に堆積したと仮定し、降下火砕物の粒径の割合から求められる粒径毎の堆積速度と終端速度から算出される粒径毎の気中濃度の総和を気中降下火砕物濃度として求める。以下に計算方法を示す。

島根原子力発電所における入力条件及び計算結果を表1、2に示す。

粒径 i の降下火砕物の降灰量 W_i は

$$W_i = p_i W_T \quad (p_i : \text{粒径 } i \text{ の割合} \quad W_T : \text{総降灰量}) \cdots (A)$$

で表され、粒径 i の堆積速度 v_i は

$$v_i = W_i / t \quad (t : \text{降灰継続時間}) \cdots (B)$$

粒径 i の気中濃度 C_i は

$$C_i = v_i / r_i \quad (r_i : \text{粒径 } i \text{ の降下火砕物の終端速度}) \cdots (C)$$

で表され、気中降下火砕物濃度 C_T は

$$C_T = \sum_i C_i \quad \cdots (D)$$

となる。

表1 気中降下火砕物濃度の入力条件及び計算結果

入力条件		数値	備考
①	降灰継続時間 t [h]	24	ガイドより
②	堆積層厚 [cm]	56	島根原子力発電所で想定する降下火砕物堆積量
③	降下火砕物密度 [g/cm^3]	1	Tephra2における設定値
④	降下火砕物の総降灰量 W_T [g/m^2]	560,000	②×③× 10^4
⑤	粒径ごとの降灰量 W_i [g/m^2]	表2参照	粒径の割合は Tephra2 によるシミュレーション結果を使用
⑥	粒径ごとの堆積速度 v_i [$\text{g}/\text{s}\cdot\text{m}^2$]	表2参照	(B) 式
⑦	粒径ごとの終端速度 r_i [m/s]	表2参照	Suzuki (1983) 参考
⑧	粒径ごとの気中濃度 C_i [g/m^3]	表2参照	(C) 式
⑨	気中降下火砕物濃度 C_T [g/m^3]	8.8	(D) 式

表2 粒径ごとの入力条件及び計算結果

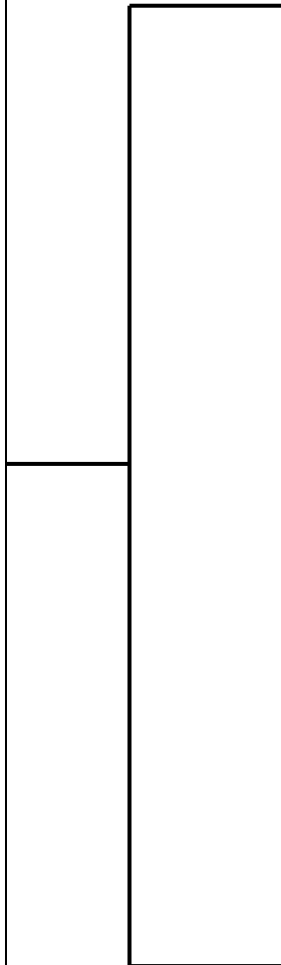
粒径 i ϕ (μm)	-1~0 (1,414)	0~1 (707)	1~2 (354)	2~3 (177)	3~4 (88)	4~5 (44)	5~6 (22)	6~7 (11)	合計
割合 p_i (wt%)	0.00	32.25	39.50	19.00	7.65	1.45	0.09	0.00	
降灰量 W_i (g/m^2)	0	180,600	221,200	106,400	42,840	8,120	511	0	$W_T=560,000$
堆積速度 v_i [$\text{g}/\text{s}\cdot\text{m}^2$]	0.00	2.090	2.560	1.231	0.496	0.094	0.006	0.00	
終端速度 r_i (m/s)	2.50	1.80	1.00	0.50	0.35	0.10	0.03	0.01	
気中濃度 C_i (g/m^3)	0.000	1.161	2.560	2.463	1.417	0.940	0.197	0.000	$C_T=8.74$

島根原子力発電所 2 号炉

運用，手順能力説明資料
外部からの衝撃による損傷の防止
(火山)

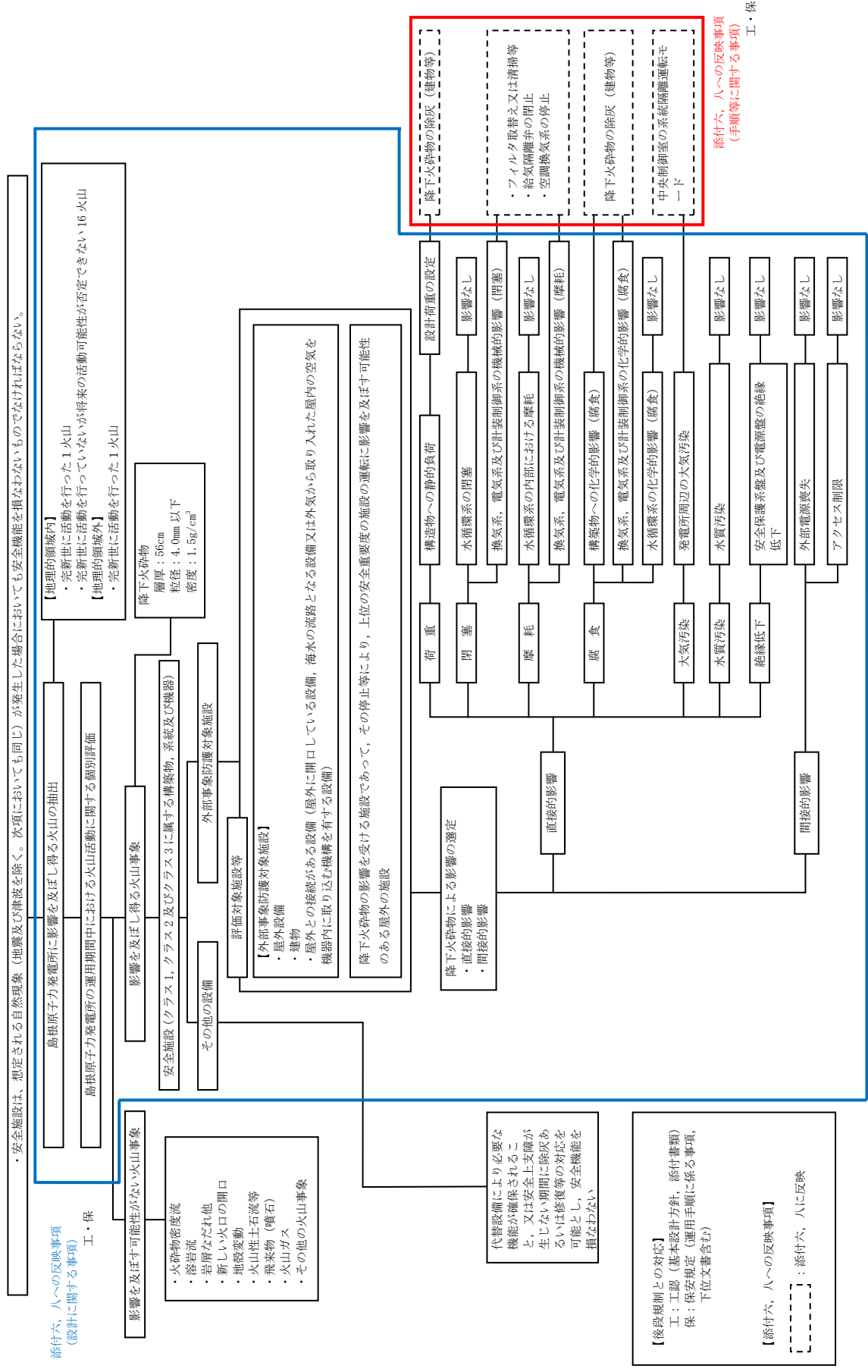
(第6条 火山)

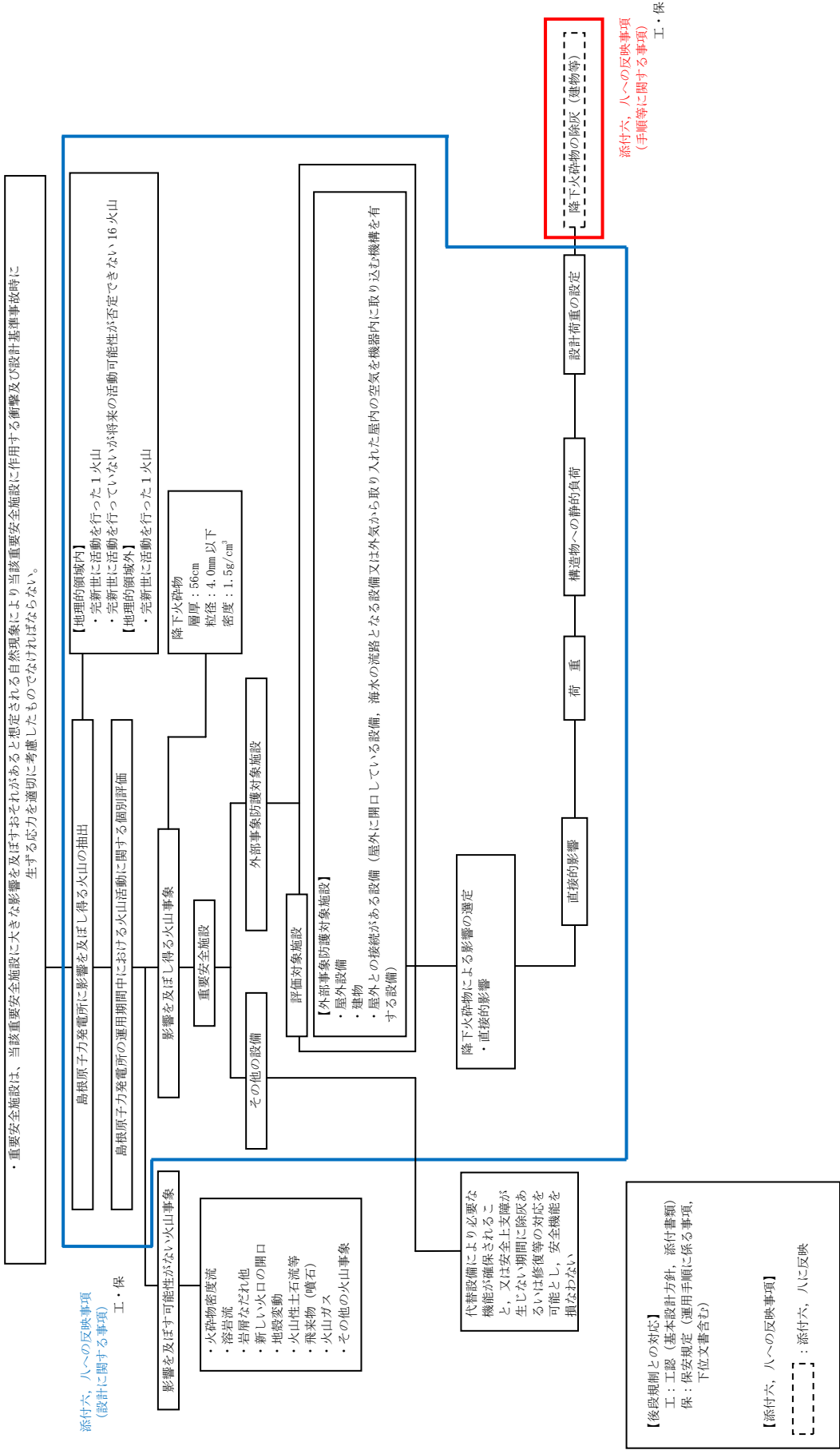
①安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならぬ。
②重要安全施設は、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならぬ。



安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならぬ。

重要安全施設は、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならぬ。





技術的能力に係る運用対策（設計基準）

設置許可基準対象条文	対象項目	区分	運用対策等
第6条 外部からの衝撃による損傷の防止	降下火砕物の除去作業及び降灰後における降下火砕物による静的荷重や腐食等の影響に対する保守管理	運用・手順	<ul style="list-style-type: none"> 降灰が確認された場合には、建物や屋外の設備等に長期間降下火砕物の荷重をかけ続けないこと、また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ために堆積した降下火砕物の除灰を実施する。 降下火砕物による影響が見られた場合、必要に応じ補修を行う。
		体制	(担当箇所による保守・点検の体制) (降灰時の体制)
		保守・点検	<ul style="list-style-type: none"> 日常点検 定期点検 降灰時及び降灰後の巡視点検
		教育・訓練	運用・手順、保守・点検に関する教育
	給気隔離弁の閉止、空調換気系の停止、系統隔離運転モード	運用・手順	<ul style="list-style-type: none"> 降灰が確認された場合には、外気取入口に設置しているフィルタ、状況に応じて給気隔離弁の閉止、空調換気系の停止又は中央制御御室換気系の系統隔離運転モードにより、建物内への降下火砕物の侵入を防止する。
		体制	(降灰時の体制)
	保守・点検	教育・訓練	—
	教育・訓練	教育・訓練	運用・手順、体制、保守点検に関する教育

設置許可基準対象条文	対象項目	区分	運用対策等
第6条 外部からの衝撃による損傷の防止	フィルタ取替又は清掃作業等	運用・手順	<ul style="list-style-type: none"> 降灰が確認された場合には、非常用空調換気系の外気取入口のフィルタについて、フィルタ差圧を確認するとともに、状況に応じて取替又は清掃を実施する。 非常用ディーゼル発電機運転時は、給気フィルタの巡視点検を行い、必要に応じて取替又は清掃を行う。
		体制	(降灰時の体制)
		保守・点検	降灰時の巡視点検
		教育・訓練	評価対象施設の保守・点検に関する教育