

泊発電所3号炉審査資料	
資料番号	DB064V r.3.0
提出年月日	令和3年10月1日

泊発電所3号炉

設置許可基準規則等への適合状況について
(設計基準対象施設等)

令和3年10月
北海道電力株式会社

目 次

第4条	地震による損傷の防止（後日提出）	
第5条	津波による損傷の防止（後日提出）	
第6条	自然現象 外部からの衝撃による損傷の防止（自然現象）	
第6条	竜巻 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻）	
第6条	外部火災 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）	
第6条	火山 外部からの衝撃による損傷の防止（火山）	
第7条	不法な侵入等の防止	
第8条	火災による損傷の防止	
第9条	溢水による損傷の防止	
第10条	誤操作の防止	
第11条	安全避難通路等	
第12条	安全施設	
第14条	全交流動力電源喪失対策設備	
第16条	燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設	
第17条	原子炉冷却材圧力バウンダリ	
第24条	安全保護回路	
第26条	原子炉制御室等	（第59条 原子炉制御室等）
第31条	監視設備	（第60条 監視測定設備）
第33条	保安電源設備	
第34条	緊急時対策所	（第61条 緊急時対策所）
第35条	通信連絡設備	（第62条 通信連絡を行うために必要な設備）

注：（ ）内は重大事故等対処施設の該当条文

第6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 要求事項の整理

1.2 追加要求事項に対する適合性（手順等含む）

(1) 位置，構造及び設備

(2) 安全設計方針

(3) 適合性説明

1.3 気象等

1.4 設備等

2. 外部からの衝撃による損傷の防止（火山）

（別添資料1）設置許可基準規則等への適合状況説明資料（火山に対する防護）

3. 技術的能力説明資料

（別添資料2）外部からの衝撃による損傷の防止（火山）

<概要>

1. において、設計基準事故対処設備の設置許可基準規則、技術基準規則の追加要求事項を明確化するとともに、それら要求に対する泊発電所3号炉における適合性を示す。
2. において、設計基準事故対処設備について、追加要求事項に適合するために必要となる機能を達成するための設備又は運用等について説明する。
3. において、追加要求事項に適合するための技術的能力（手順等）を抽出し、必要となる運用対策等を整理する。

1. 基本方針

1.1 要求事項の整理

外部からの衝撃による損傷の防止について、設置許可基準規則第 6 条及び技術基準規則第 7 条において、追加要求事項を明確化する（表 1）。

表1 設置許可基準規則第6条及び技術基準規則第7条要求事項

設置許可基準規則第6条 (外部からの衝撃による損傷の防止)	技術基準規則第7条 (外部からの衝撃による損傷の防止)	備考
<p>安全施設（兼用キャスクを除く。）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。</p>	<p>設計基準対象施設（兼用キャスクを除く。）が想定される自然現象（地震及び津波を除く。）によりその安全性を損なうおそれがある場合は、防護措置、基礎地盤の改良その他の適切な措置を講じなければならない。</p>	追加要求事項
<p>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ない。</p>		追加要求事項
<p>3 安全施設（兼用キャスクを除く。）は、工場等内又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。以下「人為による事象」という。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。</p>	<p>2 周辺監視区域に隣接する地域に事業所、鉄道、道路その他の外部からの衝撃が発生するおそれがある要因がある場合には、事業所における火災又は爆発事故、危険物を搭載した車両、船舶又は航空機の事故その他の敷地及び敷地周辺の状況から想定される事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。以下「人為による事象」という。）により発電用原子炉施設（兼用キャスクを除く。）の安全性が損なわれないよう、防護措置その他の適切な措置を講じなければならない。</p> <p>3 航空機の墜落により発電用原子炉施設（兼用キャスクを除く。）の安全性を損なうおそれがある場合は、防護措置その他の適切な措置を講じなければならない。</p>	追加要求事項

1.2 追加要求事項に対する適合性

(1) 位置、構造及び設備

ロ. 発電用原子炉施設の一般構造

(3) その他の主要な構造

(i) 本原子炉施設は、(1)耐震構造、(2)耐津波構造に加え、以下の基本的方針のもとに安全設計を行う。

a. 設計基準対象施設

(a) 外部からの衝撃による損傷の防止

安全施設は、発電所敷地で想定される洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災及び高潮の自然現象（地震及び津波を除く。）又はその組合せに遭遇した場合において、自然現象そのものがもたらす環境条件及びその結果として施設で生じ得る環境条件においても安全機能を損なうことのない設計とする。

なお、発電所敷地で想定される自然現象のうち、洪水については、立地的要因により設計上考慮する必要はない。

また、自然現象の組合せにおいては、風（台風）、積雪及び火山の影響による荷重の組合せを設計上考慮する。

上記に加え、重要安全施設は、科学的技術的知見を踏まえ、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それぞれの因果関係及び時間的変化を考慮して、適切に組み合わせる。

また、安全施設は、発電所敷地又はその周辺において想定される飛来物（航空機落下等）、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突又は電磁的障害により原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なうことのない設計とする。

なお、発電所敷地又はその周辺において想定される人為事象のうち、飛来物（航空機落下等）については、確率的要因により設計上考慮する必要はない。また、ダムの崩壊については立地的要因により設計上考慮する必要はない。

ここで、想定される自然現象及び原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して、安全施設が安全機能を損なわないために必要な安全施設以外の施設又は設備等（重大事故等対処設備を含む。）への措置を含め

層厚及び粒径については、現在審査中のため追而とする。

(a-8) 安全施設は、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設定した最大層厚 40cm、粒径 0.4mm～5mm、密度 0.7g/cm³（乾燥状態）～1.5g/cm³（湿潤状態）の降下火砕物に対し、その直接的影響である構造物への静的負

荷に対して安全裕度を有する設計とすること，水循環系の閉塞に対して狭隘部等が閉塞しない設計とすること，換気系，電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞）に対して降下火砕物が侵入しにくい設計とすること，水循環系の内部における磨耗及び換気系，電気系及び計装制御系に対する機械的影響（磨耗）に対して磨耗しにくい設計とすること，構造物の化学的影響（腐食），水循環系の化学的影響（腐食）及び換気系，電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）に対して短期での腐食が発生しない設計とすること，発電所周辺の大気汚染に対して中央制御室の換気空調系は降下火砕物が侵入しにくく，さらに外気を遮断できる設計とすること，計装盤の絶縁低下に対して空気を取り込む機構を有する計装盤等の設置場所の換気空調系は降下火砕物が侵入しにくく，さらに外気を遮断できる設計とすることにより，安全機能を損なうことのない設計とする。

また，降下火砕物の間接的影響である7日間の外部電源喪失，発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象に対し，発電所の安全性を維持するために必要となる電源の供給が継続でき，安全機能を損なうことのない設計とする。

（2）安全設計の基本方針

1.8.8 火山防護に関する基本方針

1.8.8.1 設計方針

1.8.8.1.1 概要

安全施設は，火山事象に対して，安全機能を損なうことのない設計とする。このため，「添付書類六 8.火山」で評価し抽出された発電所に影響を及ぼし得る火山事象である降下火砕物による直接的影響及び間接的影響について評価を行うとともに，降下火砕物により安全施設が安全機能を損なうことのない設計とする。

1.8.8.1.2 火山事象に対する設計の基本方針

将来の活動可能性が否定できない火山について，運用期間中の噴火規模を考慮し，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，「添付書類六 8.火山」に示すとおり該当する火山事象は降下火砕物のみであり，防護すべき評価対象施設の安全機能を損なうことのない設計とする。以下に，火山事象に対する防護設計の基本方針を示す。

- (1) 降下火砕物による直接的な影響（荷重，閉塞，磨耗，腐食等）に対して，安全機能を損なうことのない設計とする。
- (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) 降下火砕物による発電所外での間接的な影響（7日間の外部電源の喪失，交通の途絶によるアクセス制限事象）を考慮し，ディーゼル発電機の燃料貯蔵設備等に

より、原子炉及び使用済燃料ピットの安全性を損なうことのない設計とする。

1.8.8.1.3 設計条件の設定

層厚及び粒径については、現在審査中のため追而とする。

1.8.8.1.3.1 設計条件に用いる降下火砕物の設定

(1)降下火砕物の層厚、密度及び粒径の設定

地質調査結果に文献調査結果も参考にして、泊発電所の敷地において考慮する火山事象としては、「添付書類六 8.火山」に示すとおり、最大層厚 40cm、粒径 0.4mm 以上 5mm 以下、密度 0.7g/cm^3 (乾燥状態) $\sim 1.5\text{g/cm}^3$ (湿潤状態) の降下火砕物を設計条件として設定する。

(2)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。

- a. 火山ガラス片、鉱物結晶片から成る⁽¹¹⁾。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と同等、又はそれ以下である。⁽¹²⁾
- b. 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⁽¹¹⁾。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⁽¹³⁾。
- c. 水に濡れると導電性を生じる⁽¹¹⁾。
- d. 湿った降下火砕物は乾燥すると固結する⁽¹¹⁾。
- e. 降下火砕物粒子の融点は約 $1,000^\circ\text{C}$ であり、一般的な砂に比べ低い⁽¹¹⁾。

1.8.8.1.4 評価対象施設

1.8.8.1.4.1 降下火砕物の影響から防護する施設

降下火砕物の影響から防護する施設は、原子炉施設の安全性を確保するため、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」で規定されているクラス1、クラス2及びクラス3に該当する構築物、系統及び機器とする。

さらに、当該施設が降下火砕物の影響により安全機能を損なうことのないよう、降下火砕物の影響から防護する施設（以下「評価対象施設」という。）として、各施設の構造や設置状況等を考慮して評価対象施設を以下のとおり抽出する。

(1) クラス1及びクラス2に属する構築物、系統及び機器

- a. クラス1及びクラス2に属する施設を内包する建屋
- b. 降下火砕物を含む海水の流路となる施設
- c. 降下火砕物を含む空気の流れとなる施設
- d. 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

(2) クラス3に属する施設

- a. 降下火砕物の影響によりクラス1及びクラス2に属する施設に影響を及ぼし得

る施設

なお、その他のクラス3に属する施設については、降下火砕物による影響を受ける場合を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、又は安全上支障が生じない期間に除灰あるいは修復等の対応が可能とすることにより、安全機能を損なうことのない設計とする。

上記に該当する評価対象施設の抽出結果を第1.8.8.1表に示す。

1.8.8.1.5 降下火砕物の影響に対する評価対象施設の設計方針

降下火砕物の特徴から、評価対象施設に直接的又は間接的に影響を及ぼす可能性のある降下火砕物の影響に対する評価対象施設の設計方針を以下に示す。

1.8.8.1.5.1 直接的影響因子

降下火砕物の特徴及び評価対象施設の構造や設置状況等を考慮し、有意な影響を及ぼす可能性が考えられる直接的な影響因子を以下のとおり選定する。

(1) 荷重

「荷重」について考慮すべき影響因子は、建屋の上に堆積し静的な負荷を与える「構造物への静的負荷」、並びに建屋に対し降灰時に衝撃を与える「粒子の衝突」である。

なお、評価に当たっては以下の荷重の組合せ等を考慮する。

a. 評価対象施設に常時作用する荷重等

評価対象施設に作用する荷重として、自重等の常時作用する荷重を適切に組み合わせる。

b. 設計基準事故時荷重

評価対象施設は、降下火砕物によって設計基準事故の起因とはなら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、降下火砕物の降灰と設計基準事故が同時に発生する頻度は十分小さいことから、設計基準事故時荷重と降下火砕物による荷重との組合せは考慮しない。

c. その他の自然現象の影響を考慮した荷重の組合せ

降下火砕物と火山以外の自然現象の組合せについては、荷重の影響において、降下火砕物、風（台風）及び積雪による組合せを考慮する。

(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。

(3) 磨耗

「磨耗」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磨耗させる「水循環系の内部における磨耗」、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磨耗させる「換気系、電気系及び計装制御系の機械的影響（磨耗）」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建屋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）」、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）」、並びに換気系、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）」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、並びに降下火砕物の除去、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、給水等に使用する発電所周辺の淡水等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、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、降下火砕物の影響を受けた淡水等を直接給水として使用しないこと、また水質管理を行っていることから、安全施設の安全機能には影響しない。

(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に導電性を生じさせることによる「計装盤等の絶縁低下」である。

1.8.8.1.5.2 間接的影響因子

(1) 外部電源喪失及びアクセス制限

降下火砕物によって発電所周辺にもたらされる影響により、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及び開閉所設備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おける「外部電源喪失」、並びに降下火砕物が道路に堆積し交通の途絶による「アクセス制限」である。

1.8.8.1.6 評価対象施設の設計

降下火砕物が発電所の構築物、系統及び機器に及ぼす影響は、前述したとおり、「直接的影響因子」と「間接的影響因子」があり、各々に応じて、各構築物、系統及び機器についてこれらを適切に考慮した設計とする。

1.8.8.1.6.1 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が安全機能を損なうことのない設計とする。

(1) 荷重

a. 構築物への静的負荷

評価対象施設のうち、構築物への静的負荷を考慮すべき施設は、以下に示すとおり、降下火砕物が堆積しやすい屋根構造を有する建屋である。

- ・原子炉建屋，原子炉補助建屋，ディーゼル発電機建屋，循環水ポンプ建屋

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うことのない設計とする。

評価対象施設の建屋においては、降下火砕物が降下した場合でも降下火砕物の除去を適切に行い長期に荷重を掛け続けられない対応が可能であることから、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。

b. 粒子の衝突

評価対象施設のうち建屋は、降下火砕物の衝突によって構造健全性が失われないことにより、安全機能を損なうことのない設計とする。

なお、粒子の衝突による影響については、「1.8.2 竜巻防護に関する基本方針」に包絡される。

(2) 閉塞

a. 水循環系の閉塞

評価対象施設のうち、水循環系の閉塞を考慮すべき施設は、降下火砕物を含む海水の流路となる原子炉補機冷却海水ポンプ、原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ及び取水設備（これらの下流の設備を含む。）である。

前述のとおり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、当該施設に到達する降下火砕物に対し十分大きな流水部を設けること、自洗式ストレーナの採用やストレーナを切替えることにより、流路及びポンプ軸受部の狭隘部等が閉塞しない設計とする。

b. 換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞）

評価対象施設のうち、降下火砕物による機械的影響（閉塞）を考慮すべき施設

は、以下に示すとおり、降下火砕物を含む空気を取り入れる可能性がある施設である。

- ・原子炉補機冷却海水ポンプ（海水ポンプモータ）、主蒸気逃がし弁消音器、主蒸気安全弁排気管、タービン動補助給水ポンプ排気管、ディーゼル発電機機関、ディーゼル発電機消音器、換気空調設備、排気筒

なお、原子炉補機冷却海水ポンプ（海水ポンプモータ）は「電気系及び計装制御系」に該当し、それ以外は「換気系」に該当する。

各施設の構造上の対応として、原子炉補機冷却海水ポンプ（海水ポンプモータ）は外気と遮断された全閉構造、空気冷却器冷却管は降下火砕物が侵入し難い外気を下方向から取り込む構造とすること、ディーゼル発電機消音器及び換気空調設備は開口部を下向きの構造等とすること、また主蒸気逃がし弁消音器、主蒸気安全弁排気管等のその他の施設については開口部や配管の形状等により、降下火砕物が流路に侵入した場合でも閉塞しない設計とする。

また、設備対応として、外気を取り入れる換気空調設備及びディーゼル発電機消音器にそれぞれフィルタを設置することにより、フィルタより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とし、さらに降下火砕物がフィルタに付着した場合でも取替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。

主蒸気逃がし弁又は主蒸気安全弁は、開口部に降下火砕物が侵入した場合でも消音器や配管の形状により閉塞しにくい設計とし、また仮に弁出口配管内に降下火砕物が侵入し堆積した場合でも、弁の吹き出しにより流路を確保し閉塞しない設計とする。

ディーゼル発電機機関は、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、排気により降下火砕物が侵入しにくい設計とし、降下火砕物が侵入した場合でも、排気筒の構造から排気流路が閉塞しない設計とする。また、降下火砕物が侵入した場合でも排気筒内部の点検、並びに状況に応じて除去等の対応が可能な設計とする。

(3) 磨耗

a. 水循環系の内部における磨耗

評価対象施設のうち、降下火砕物による水循環系の内部における磨耗を考慮すべき施設は、降下火砕物を含む海水を取り込む施設である原子炉補機冷却海水ポンプ、原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ及び取水設備（これらの下流の設備を含む。）である。降下火砕物は砂よりも硬度が低くもろいことから磨耗による影響は小さい。また当該施設については、降灰時の特別点検、その

後の日常保守管理により、状況に応じて補修が可能であり、磨耗により安全機能を損なうことのない設計とする。

b. 換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（磨耗）

評価対象施設のうち、降下火砕物による機械的影響（磨耗）を考慮すべき施設は、降下火砕物を含む空気を取り込む施設で摺動部を有するディーゼル発電機機関、並びに屋内の空気を取り込む機能を有する制御用空気圧縮機である。なお、いずれも「換気系」に該当する。

降下火砕物は砂よりも硬度が低くもろいことから、磨耗の影響は小さい。

構造上の対応として、開口部を下向きとすることにより侵入しにくい構造とし、仮に当該施設の内部に降下火砕物が侵入した場合でも耐磨耗性のある材料を使用することにより、磨耗により安全機能を損なうことのない設計とする。

設備対応として、外気を取り入れる換気空調設備及びディーゼル発電機消音器にそれぞれフィルタ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、また換気空調設備においては、前述のフィルタの設置、さらに外気取入ダンパの閉止、換気空調設備の停止又は閉回路循環運転により、建屋内への降下火砕物の侵入を防止することが可能な設計とする。

(4) 腐食

a. 建造物の化学的影響（腐食）

評価対象施設のうち、降下火砕物による建造物の化学的影響（腐食）を考慮すべき施設は、以下に示すとおり、直接的な付着による影響が考えられる施設である。

・原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機建屋、循環水ポンプ建屋
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を生じないが、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うことのない設計とする。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. 水循環系の化学的影響（腐食）

評価対象施設のうち、水循環系の化学的影響（腐食）を考慮すべき施設は、降下火砕物を含む海水を取り込む施設である原子炉補機冷却海水ポンプ、原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ及び取水設備（これらの下流の設備を含む。）である。

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を生じないが、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、腐

食により安全機能を損なうことのない設計とする。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。

c. 換気系、電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）

評価対象施設のうち、降下火砕物による化学的影響（腐食）を考慮すべき施設は降下火砕物を含む空気を取り入れ、かつ腐食により機能に影響を及ぼす可能性が考えられる原子炉補機冷却海水ポンプ（海水ポンプモータ）、主蒸気逃がし弁（消音器）、主蒸気安全弁（排気管）、タービン動補助給水ポンプ（排気管）、ディーゼル発電機、換気空調設備、排気筒である。

なお、原子炉補機冷却海水ポンプ（海水ポンプモータ）は「電気系及び計装制御系」に該当し、主蒸気逃がし弁（消音器）、主蒸気安全弁（排気管）、タービン動補助給水ポンプ（排気管）、ディーゼル発電機、換気空調設備、排気筒は「換気系」に該当する。

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を生じないが、塗装の実施等によって、腐食により安全機能を損なうことのない設計とする。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。

(5) 大気汚染

a. 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、中央制御室空調装置の外気取入口を通じて中央制御室に侵入しないよう、外気取入口のガラリを下向きの構造とし、さらに平型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。

これに加えて、下流側にさらに細かな粒子を捕集可能な粗フィルタを設置していることから、降下火砕物の侵入に対して他の換気空調設備に比べて高い防護性能を有しているが、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、中央制御室空調装置については、外気取入ダンパの閉止及び閉回路循環運転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、安全機能を損なうことのない設計とする。

(6) 絶縁低下

a. 計装盤等の絶縁低下

空気を取り込む機構を有する安全系の計装盤等については、屋内に侵入した降下火砕物を取り込むことによる影響を考慮する。

当該機器の設置場所は安全補機開閉器室空調装置、原子炉補助建屋空調装置にて空調管理されており、本換気空調設備の外気取入口には平型フィルタを設置し、これに加えて下流側にさらに細かな粒子を捕集可能な粗フィルタを設置していることから、降下火砕物の侵入に対して他の換気空調設備に比べて高い防護性能を有しているが、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、安全補機開閉器室空調装置については、外気取入ダンパの閉止及び閉回路循環運転を可能とすることで、安全補機開閉器室内への降下火砕物の侵入を防止することが可能である。

これらフィルタの設置により侵入に対する高い防護性能を有すること、また、外気取入ダンパの閉止及び閉回路循環運転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よる絶縁低下による影響を防止し、安全系の計装盤等の安全機能を損なうことのない設計とする。

1.8.8.1.6.2 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には、広範囲にわたる送電網の損傷による7日間の外部電源喪失、発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象に対し、原子炉の停止、並びに停止後の原子炉及び使用済燃料ピット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ディーゼル発電機及び燃料油貯油槽により継続でき、安全機能を損なうことのない設計とする。

1.8.8.2 手順等

降下火砕物の降灰時における手順については、降灰時の特別点検、除灰(資機材含む。)等の対応を適切に実施するため、以下について定める。

- (1) 降灰が確認された場合には、建屋や屋外の構築物等に長期間降下火砕物の荷重を掛け続けないこと、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、評価対象施設等に堆積した降下火砕物の除灰を実施する。
- (2) 降灰が確認された場合には、評価対象施設に対する特別点検を行い、降下火砕物の降灰による影響が考えられる設備等があれば、その状況に応じて補修等を行う。
- (3) 降灰が確認された場合には、外気取入口に設置している平型フィルタ、外気取入ダンパの閉止、換気空調設備の停止又は閉回路循環運転により、建屋内への降下火砕物の

侵入を防止する。

- (4) 降灰が確認された場合には、換気空調設備の外気取入口の平型フィルタについて、点検によりフィルタ差圧を確認するとともに、状況に応じて清掃や取替えを実施する。
- (5) 降灰が確認された場合には、原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナについて、差圧を確認するとともに、状況に応じて洗浄を行う。
- (6) 降灰が確認された場合には、原子炉補機冷却海水ポンプの振動を監視し、必要に応じ循環水ポンプを停止する。
- (7) 降灰が確認された場合には、開閉所設備の除灰及び碍子清掃を行う。
- (8) 降灰後の腐食等の中長期的な影響については、日常保守点検や定期点検等により腐食等による異常がないか確認を行い、異常が確認された場合には、その状況に応じて塗替塗装等の対応を行う。
- (9) 火山事象に対する運用管理に万全を期すため、必要な技術的能力を維持・向上させることを目的とし、降下火砕物による施設への影響を生じさせないための運用管理に関する教育を実施する。

第 1.8.8.1 表 評価対象施設

施設区分	火山影響評価の対象施設
クラス 1 及びクラス 2 に属する構築物、系統及び機器	
クラス 1 及びクラス 2 に属する施設を内包する建屋	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉建屋 ・原子炉補助建屋 ・ディーゼル発電機建屋
降下火砕物を含む海水の流路となる施設	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉補機冷却海水ポンプ ・原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ
降下火砕物を含む空気の流路となる施設	<ul style="list-style-type: none"> ・主蒸気逃がし弁（消音器） ・主蒸気安全弁（排気管） ・タービン動補助給水ポンプ（排気管） ・排気筒 ・非常用ディーゼル発電機 ・換気空調設備（原子炉建屋給気ガラリ）
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"> ・安全系の計装盤等 ・制御用空気圧縮機
クラス 3 に属する施設	
降下火砕物の影響によりクラス 1 及びクラス 2 に属する施設に影響を及ぼし得る施設	<ul style="list-style-type: none"> ・取水設備（除塵設備） ・換気空調設備（補助建屋給気ガラリ，主蒸気管室給気ガラリ） ・循環水ポンプ建屋

(3) 適合性説明

第六条 外部からの衝撃による損傷の防止

- 1 安全施設（兼用キャスクを除く。）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。
- 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ない。
- 3 安全施設（兼用キャスクを除く。）は、工場等内又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。以下「人為による事象」という。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。

適合のための設計方針

第1項について

安全施設は、発電所敷地で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うことのない設計とする。ここで、発電所敷地で想定される自然現象に対して、安全施設が安全機能を損なわないために必要な安全施設以外の施設又は設備等（重大事故等対処設備を含む。）への措置を含める。また、発電所敷地で想定される自然現象又はその組合せに遭遇した場合において、自然現象そのものがもたらす環境条件及びその結果として施設で生じ得る環境条件を考慮する。

自然現象を網羅的に抽出するために国内外の基準等や文献^{(16)~(28)}に基づき事象を収集し、海外の選定基準⁽¹⁸⁾も考慮の上、敷地又はその周辺の自然環境を基に、発電所敷地で想定される自然現象を選定する。

発電所敷地で想定される自然現象は、洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災又は高潮である。

また、これらの自然現象による影響は、関連して発生する可能性がある自然現象及び敷地周辺地域で得られる過去の記録等を考慮し決定する。

以下にこれら自然現象に対する設計方針を示す。

（中略）

層厚及び粒径については、現在審査中のため追而とする。

(9) 火山の影響

安全施設は、火山事象が発生した場合においても安全機能を損なうことのない設計とする。

将来の活動可能性が否定できない火山について、発電所の運用期間中の噴火規模を考慮し、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、「添付書類6 8.火山」に示すとおり該当する火山事象は降下火砕物のみであり、地質調査結果に文献調査結果も参考にし、泊発電所の敷地において考慮する火山事象として、層厚は40cm、密度は0.7g/cm³（乾

層厚及び粒径については、現在審査中のため追而とする。

燥状態) $\sim 1.5\text{g/cm}^3$ (湿潤状態), 粒径 0.4mm 以上 5mm 以下の降下火砕物を考慮する。

降下火砕物による直接的影響及び間接的影響のそれぞれに対し, 安全機能を損なうことのないよう以下の設計とする。

a. 直接的影響に対する設計

安全施設は, 直接的影響である降下火砕物の構造物への静的負荷に対して安全裕度を有する設計とすること, 水循環系の閉塞に対して狭隘部等が閉塞しない設計とすること, 換気系, 電気系及び計装制御系に対する機械的影響(閉塞)に対して降下火砕物が侵入しにくい設計とすること, 水循環系の内部における磨耗及び換気系, 電気系及び計装制御系に対する機械的影響(磨耗)に対して磨耗しにくい設計とすること, 構造物の化学的影響(腐食), 水循環系の化学的影響(腐食)及び換気系, 電気系及び計装制御系に対する化学的影響(腐食)に対して短期での腐食が発生しない設計とすること, 発電所周辺の大気汚染に対して中央制御室の換気空調系は降下火砕物が侵入しにくく, さらに外気を遮断できる設計とすること, 計装盤の絶縁低下に対して空気を取り込む機構を有する計装盤等の設置場所の換気空調系は降下火砕物が侵入しにくく, さらに外気を遮断できる設計とすることにより, 安全機能を損なうことのない設計とする。

また, 安全施設は, 降下火砕物の除去や換気空調設備外気取入口のフィルタの点検, 清掃や取替, ストレーナの洗浄, 中央制御室及び安全補機開閉器室の換気空調系の閉回路循環運転, 必要な保守管理等により安全機能を損なうことのない設計とする。

b. 間接的影響に対する設計

安全施設は, 降下火砕物の間接的影響である 7 日間の外部電源喪失及び発電所外の交通の途絶によるアクセス制限事象に対し, 原子炉の停止並びに停止後の原子炉及び使用済燃料ピット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ディーゼル発電機により継続でき, 安全機能を損なうことのない設計とする。

1.13 参考文献

- (1) 「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率に対する評価基準について」
総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会 原子炉安全小委員会,
平成 14 年 7 月 22 日
- (2) 「静的地震力の見直し(建築編)に関する調査報告書(概要)」
(社)日本電気協会 電気技術調査委員会原子力発電耐震設計特別調査委員会建築部会
平成 6 年 3 月
- (3) 「原子力発電所の火災防護指針 JEAG4607-2010」 (社)日本電気協会 2010
- (4) 「電気盤内機器の防火対策実証試験(その1)」

- MHI-NES-1061, 三菱重工業, 平成 25 年 5 月
- (5) 「電気盤内機器の防火対策実証試験 (その 2)」
MHI-NES-1062, 三菱重工業, 平成 25 年 5 月
- (6) 「原子力プラント安全系監視操作システム火災防護実証試験報告書」
JEJP-3101-6024, 三菱電機, 平成 28 年 1 月
- (7) 「難燃性制御・計装ケーブルのトレイ内分離性実証試験」
MHI-NES-1058, 三菱重工業, 平成 25 年 5 月
- (8) 「原子力プラント常用系監視操作システム火災防護実証試験報告書」
JEJS-H3AM89, 三菱電機, 平成 29 年 3 月
- (9) 「雷雨とメソ気象」大野久雄 東京堂出版 2001 年
- (10) 「一般気象学」小倉義光 東京大学出版会 1984 年
- (11) 「広域的な火山防災対策に係る検討会 (第 3 回) (資料 2)」平成 24 年
- (12) 「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
- (13) 「火山環境における金属材料の腐食」出雲茂人, 末吉秀一他, 防食技術 Vol.39, 1990
- (14) 「建築火災のメカニズムと火災安全設計」
原田和典 財団法人 日本建築センター 平成 19 年
- (15) 「石油コンビナートの防災アセスメント指針」
消防庁特殊災害室, 平成 25 年 3 月
- (16) **Specific Safety Guide(SSG-3)“Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants” IAEA, April 2010**
- (17) **NUREG/CR-2300 “PRA Procedures Guide”, NRC, January 1983**
- (18) **ASME/ANS RA-Sa-2009 “Addenda to ASME/ANS RA-S-2008 Standard for Level 1/Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications”**
- (19) **DIVERSE AND FLEXIBLE COPING STRATEGIES(FLEX) IMPLEMENTATION GUIDE (NEI-12-06 August 2012)**
- (20) 「実用発電用原子炉及びその附属施設的位置, 構造及び設備の基準に関する規則の解釈」
(制定: 平成 25 年 6 月 19 日)
- (21) 「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」
(制定: 平成 25 年 6 月 19 日)
- (22) 「日本の自然災害」国会資料編纂会 1998 年
- (23) **B.5.b Phase 2 & 3 Submittal Guideline (NEI-06-12 December 2006) -2011.5 NRC 公表**
- (24) **Safety Requirements No.NS-R-3 “ Site Evaluation for Nuclear Installations”, IAEA, November 2003**
- (25) **NUREG -1407 “Procedural and Submittal Guidance for the Individual Plant**

**Examination of External Events (IPEEE) for Severe Accident Vulnerabilities”, NRC,
June 1991**

(26) 「産業災害全史」

日外アソシエーツ，2010 年 1 月

(27) 「日本災害史辞典 1868-2009」

日外アソシエーツ，2010 年 9 月

(28) 「航空機落下事故に関するデータ」

原子力規制委員会，令和 3 年 2 月

1.3 気象等

7.8 火山

(添付 6 の内容)

泊発電所 3 号炉

設置許可基準規則等への適合状況説明資料
(火山に対する防護)

第6条 外部からの衝撃による損傷防止
(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
 - 4.4.1 降下火砕物の特徴
 - 4.4.2 直接的影響
 - 4.4.3 間接的影響
 - 4.4.4 各評価対象施設の評価すべき影響因子の選定
 - 4.5 設計荷重の設定
 - 4.6 評価結果
 - 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
 - 4.7.2 手順
5. まとめ

- 個別評価—1 建屋構築物に係る影響評価
- 個別評価—2 原子炉補機冷却海水ポンプに係る影響評価
- 個別評価—3 主蒸気逃がし弁（消音器）に係る影響評価
- 個別評価—4 主蒸気安全弁排気管に係る影響評価
- 個別評価—5 タービン動補助給水ポンプ排気管に係る影響評価
- 個別評価—6 非常用ディーゼル発電機に係る影響評価
- 個別評価—7 換気空調設備（給気系外気取入口）に係る影響評価
- 個別評価—8 排気筒に係る影響評価
- 個別評価—9 取水設備に係る影響評価
- 個別評価—10 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナに係る影響評価
- 個別評価—11 制御用空気圧縮機に係る影響評価
- 個別評価—12 安全系の計装盤等に係る影響評価

添付1：泊発電所3号炉 火山影響評価 補足資料

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付属施設の位置、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いものでなければならない」としており、敷地周辺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。

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するため、火山影響評価を行い、原子炉施設へ安全機能が維持されることを確認する。

1.2 火山影響評価の流れ

火山影響評価は、「原子力発電所の火山影響評価ガイド」を参照し、図 1.1 のフローに従い立地評価と影響評価の 2 段階で行う。

立地評価では、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出を行い、抽出された火山の火山活動に関する個別評価を行う。具体的には設計対応不可能な火山事象が泊発電所の運用期間中に影響を及ぼす可能性の評価を行う。

設計対応不可能な火山事象が影響を及ぼす可能性が十分低いと評価された場合は、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。

影響評価では、個々の火山事象への設計対応及び運転対応の妥当性について「4.1 火山事象の影響評価」にて評価を行う。（図 1.2）

なお、立地評価及び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については、「添付書類六 7.火山」にて示す。

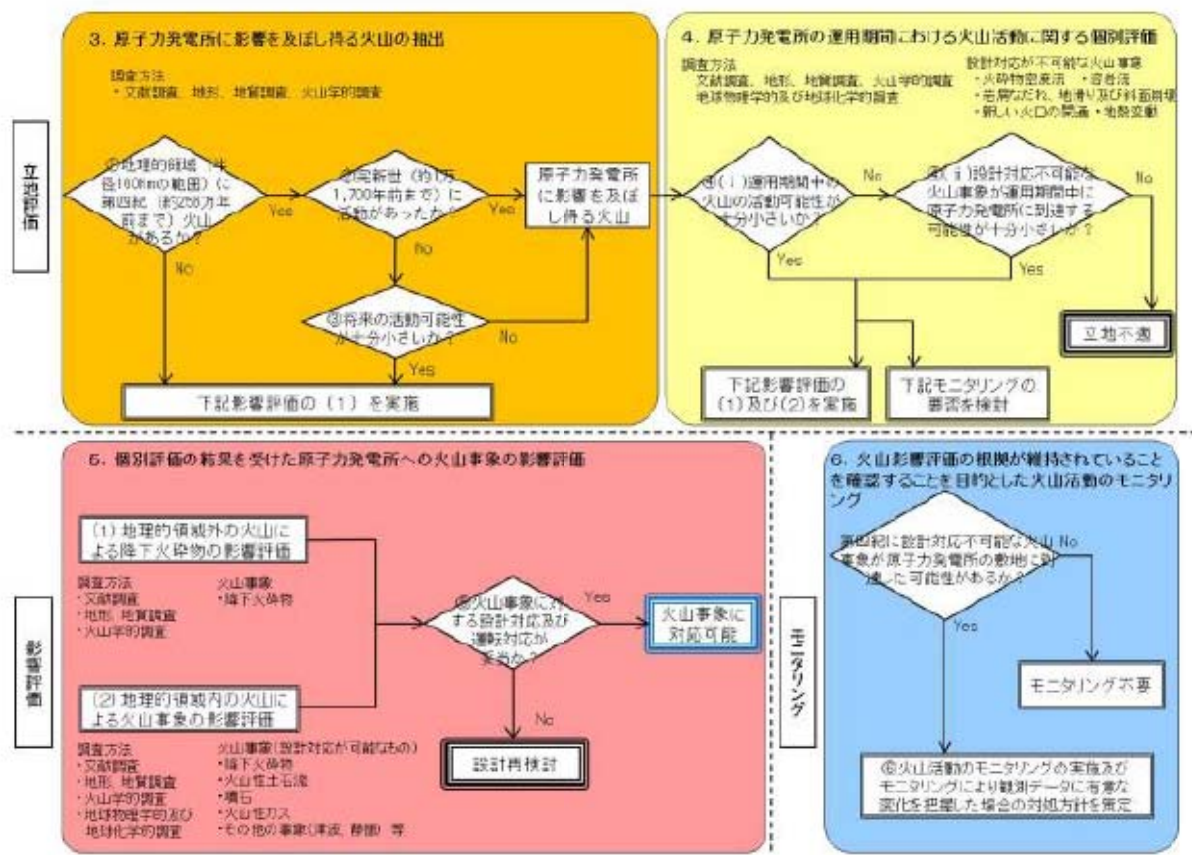


図 1.1 原子力発電所に影響を及ぼす火山影響評価の基本フロー

4.1 火山事象の影響評価

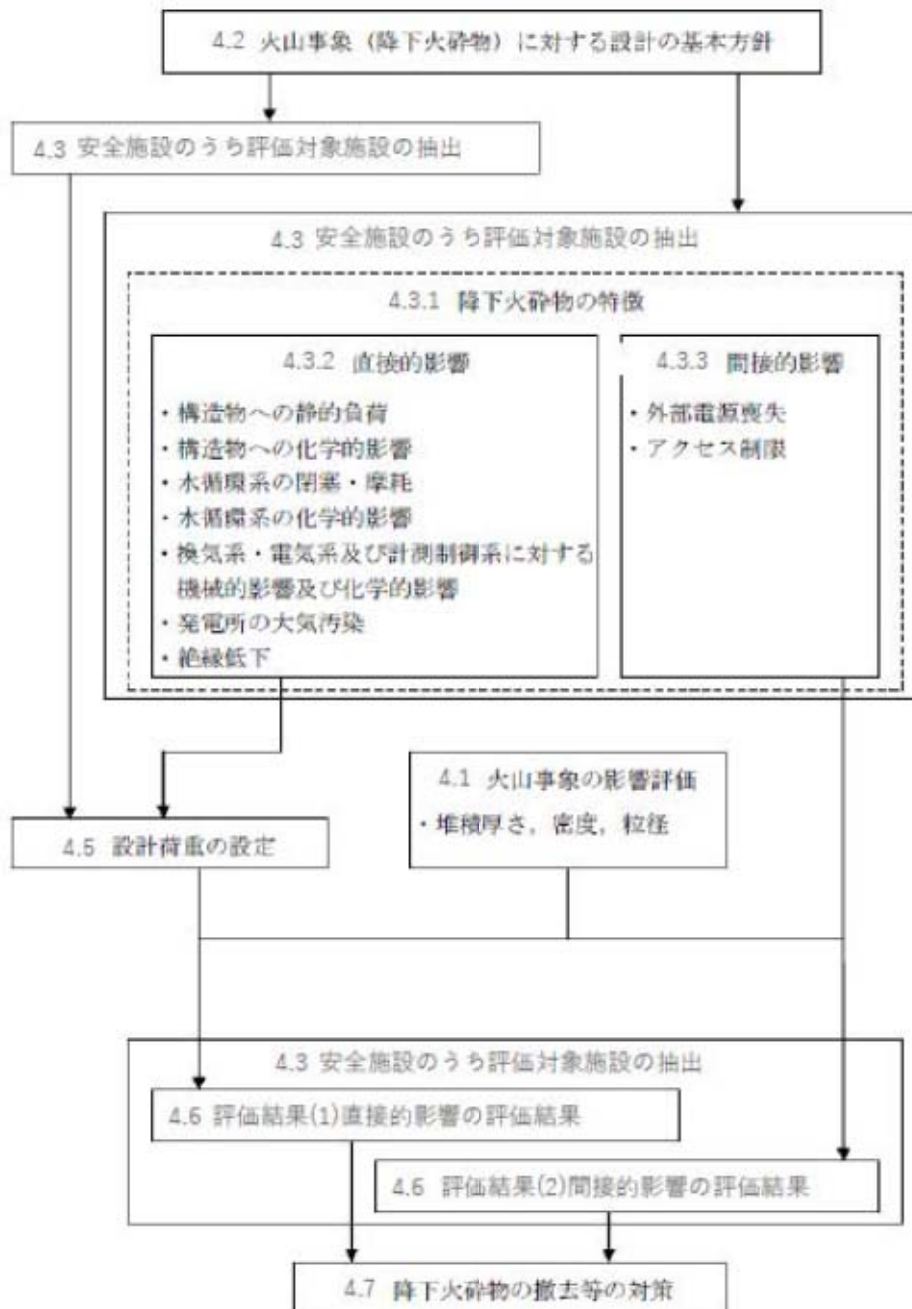


図 1.2 影響評価の詳細フロー

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発電所の運用期間中において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。(図 1.1⑥)

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(34 火山)について、完新世における活動の有無及び噴火履歴より将来の火山活動の可能性を検討し、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山を抽出した。その結果、支笏カルデラ(後カルデラ火山含む)、ホロホロ・徳舜警、オロフレ・来馬、倶多楽・登別火山群、洞爺カルデラ(後カルデラ火山含む)、尻別岳、羊蹄山、ニセコ・雷電火山群、狩場山、勝淵山、北海道駒ヶ岳、横津岳、恵山の13 火山を将来の活動可能性のある火山又は将来の活動可能性を否定できない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

将来の活動可能性のある火山又は将来の活動可能性を否定できない火山として抽出した13 火山を対象として、文献調査、地質調査等に基づき、泊発電所の運用期間中における火山活動に関する設計対応不可能事象(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。

火砕物密度流による堆積物は、敷地では確認されておらず、その分布範囲を踏まえると、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、敷地では確認されておらず、それぞれの分布範囲や敷地に最も近いニセコ・雷電火山群及び隣接する羊蹄山のシミュレーションによる溶岩流の流下方向から、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。

新しい火口の開口及び地殻変動については、敷地付近にマグマや熱水活動を示唆する低周波地震が認められず、敷地に最も近いニセコ・雷電火山群及び羊蹄山における火山活動状況の変化が認められないことから、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、発電所の運用期間中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

発電所の運用期間中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低

いと評価したが、洞爺カルデラ及びニセコ・雷電火山群（羊蹄山含む）については、既往最大規模の噴火を考慮しても、敷地まで到達していないものと考えられるが、敷地近くに設計対応不可能な火山事象が到達していること等を考慮し、念のため、原子力発電所の火山影響評価ガイドに基づくモニタリングを行う。

4. 影響評価

層厚及び粒径については、現在審査中のため追而とする。

4.1 火山事象の影響評価

将来の活動可能性が否定できない火山について、泊発電所3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、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、降下火砕物のみが泊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。

泊発電所の運用期間中に、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、恵庭岳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40cmと設定した。

そのほか得られた降下火砕物の特性を表4.1-1及び表4.1-2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量（150cm）を考慮した値を踏まえ設定した。

また粒径及び密度については、文献、地質調査及び降下火砕物シミュレーションの結果を踏まえ、粒径0.4mm～5mm以下、密度0.7g/cm³（乾燥状態）～1.5g/cm³（湿潤状態）と設定した。

表 1.1 降下火砕物の特性

層厚及び粒径については、現在審査中のため追而とする。

項目	条件	
層厚	40cm	鉛直荷重に対する健全性評価に使用
密度	乾燥状態 湿潤状態 0.7g/cm ³ ～ 1.5g/cm ³	
荷重 ^{※1}	10,500N/m ²	
粒径	0.4mm～5mm	水循環系の閉塞及び換気系、電気系及び計測制御系に対する機械的影響評価に使用

※1：湿潤状態の降下火砕物に積雪条件を踏まえた鉛直荷重

$$\begin{aligned} & \text{湿潤状態の降下火砕物の荷重} + \text{積雪荷重} \\ & = (40\text{cm} \times 150\text{N}/(\text{m}^2 \cdot \text{cm}) + (150\text{cm} \times 30\text{N}/(\text{m}^2 \cdot \text{cm})) \text{ ※2}) \\ & = 10,500\text{N}/\text{m}^2 \end{aligned}$$

層厚及び粒径については、現在
審査中のため追而とする。

※2：北海道 建築基準法施行細則に基づく積雪の単位荷重

(積雪の単位荷重は、1cm あたり 30N/m²)

なお、降下火砕物の降灰と火山以外の自然現象の組み合わせについては、荷重の影響において、降下火砕物、風及び積雪による組合せを考慮する。

4.2 火山事象（降下火砕物）に対する設計の基本方針

将来の活動可能性が否定できない火山について、発電所の運用期間中の噴火規模を考慮し、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、「4.1 火山事象の影響評価」に示すとおり該当する火山事象は降下火砕物のみであり、地理的領域（160km）の広範囲に影響を及ぼす降下火砕物に対し、安全機能を損なうことのないよう、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うことのない設計とする。以下に火山事象（降下火砕物）に対する設計の基本方針を示す。

- (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、安全機能を損なうことのない設計とする。
- (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である7日間の外部電源の喪失、発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象に対し、発電所の安全性を維持するために必要となる電源の供給が継続でき、安全機能を損なうことのない設計とする。

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付属施設の位置、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、「安全施設（兼用キャスクを除く）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。」とされている。

また、「発電用軽水炉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」（平成2年8月30日原子力安全委員会決定）において安全機能を有する構築物、系統及び機器に対する設計上の考慮として、「クラス1では、合理的に達成し得る最高度の信頼性を確保し、かつ、維持すること。クラス2では、高度の信頼性を確保し、かつ、維持すること。クラス3では、一般産業施設と同等以上の安全性を確保し、かつ、維持すること。」が定められている。

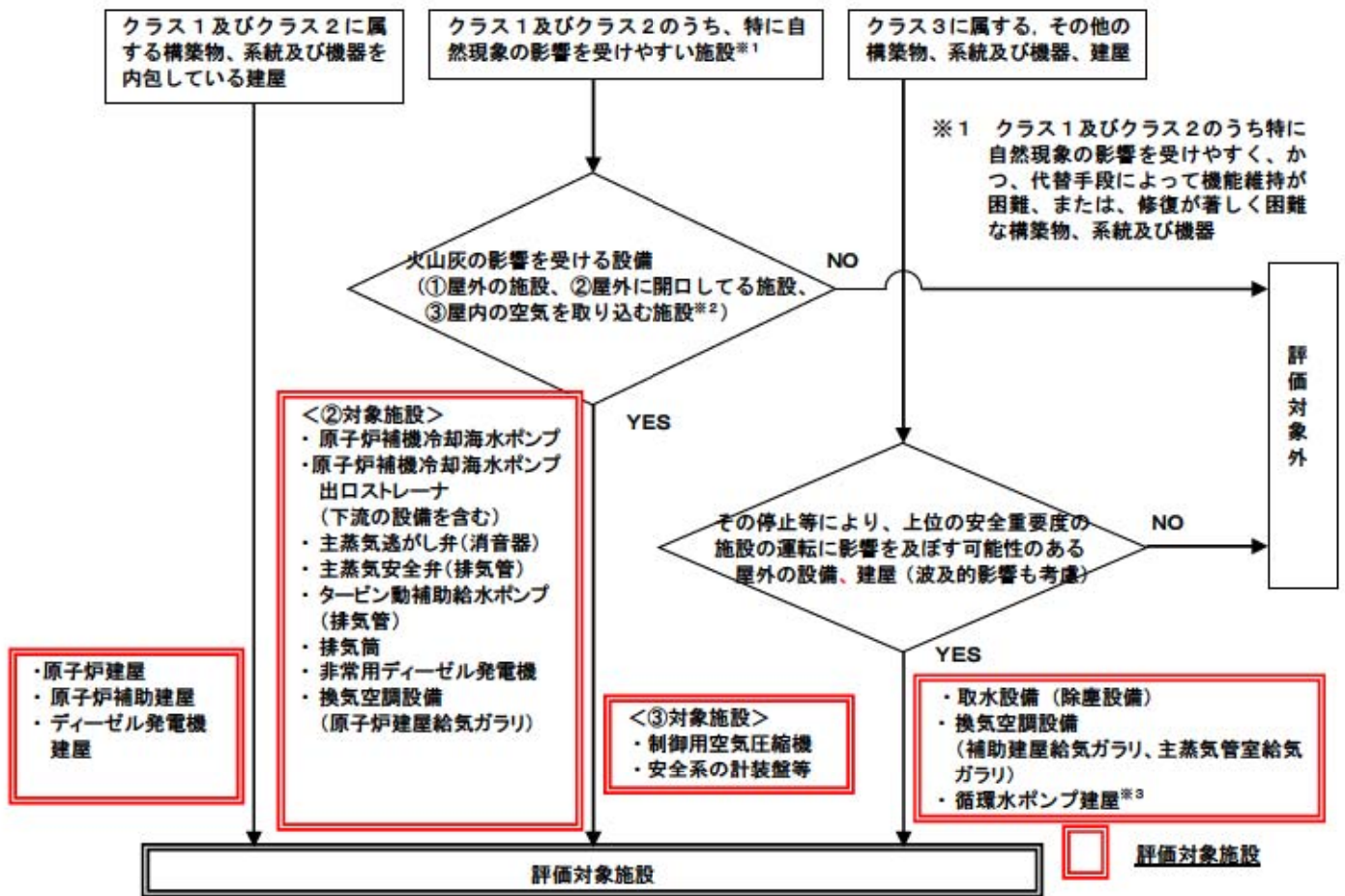
以上のことから、図1.3の抽出フローより、一般産業施設を越える機能維持を要求しているク

ラス1及びクラス2に属する構築物，系統及び機器のうち降下火砕物の降灰の影響により，安全機能を損なうおそれがある施設を抽出する。

また，クラス1及びクラス2に属する構築物，系統及び機器を内包している建屋についても評価対象施設として抽出するとともに，安全重要度の低い構築物，系統及び機器であっても，降下火砕物の降灰の影響を受けやすく，当該施設の停止等機能喪失することにより，上位の安全重要度の施設の運転に影響を及ぼす可能性がある場合は評価対象施設として抽出する。

なお，その他のクラス3に属する施設については，降下火砕物の降灰による影響を受ける場合を考慮して，代替設備により必要な機能を確保できること，または安全上支障が生じない期間に除灰あるいは修復等による対応も可能である。

選定フローに基づき抽出した評価対象の抽出結果を表1.2に示すとともに，評価対象施設の設置場所を図1.4に示す。



- ※2 降下火砕物を含む外気・室内空気を機器内に取り込む機構を有しない施設又は取り込んだ場合でも、その影響が非常に小さいと考えられる施設(ポンプ、モータ、弁、盤内に換気ファンを有しない制御盤、計器等)については、評価対象外とする。
- ※3 クラス1及びクラス2に属する施設を内包する施設取水ピットポンプ室(原子炉補機冷却海水ポンプ他を内包する屋外重要土木構造物)、ストレーナ室(原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ他を内包する屋外重要土木構造物)に対し倒壊等により波及的影響を与えるおそれがあることから評価対象施設として選定した。

図 1.3 評価対象施設の選定フロー

表 1.2 評価対象施設の抽出 (1/3)

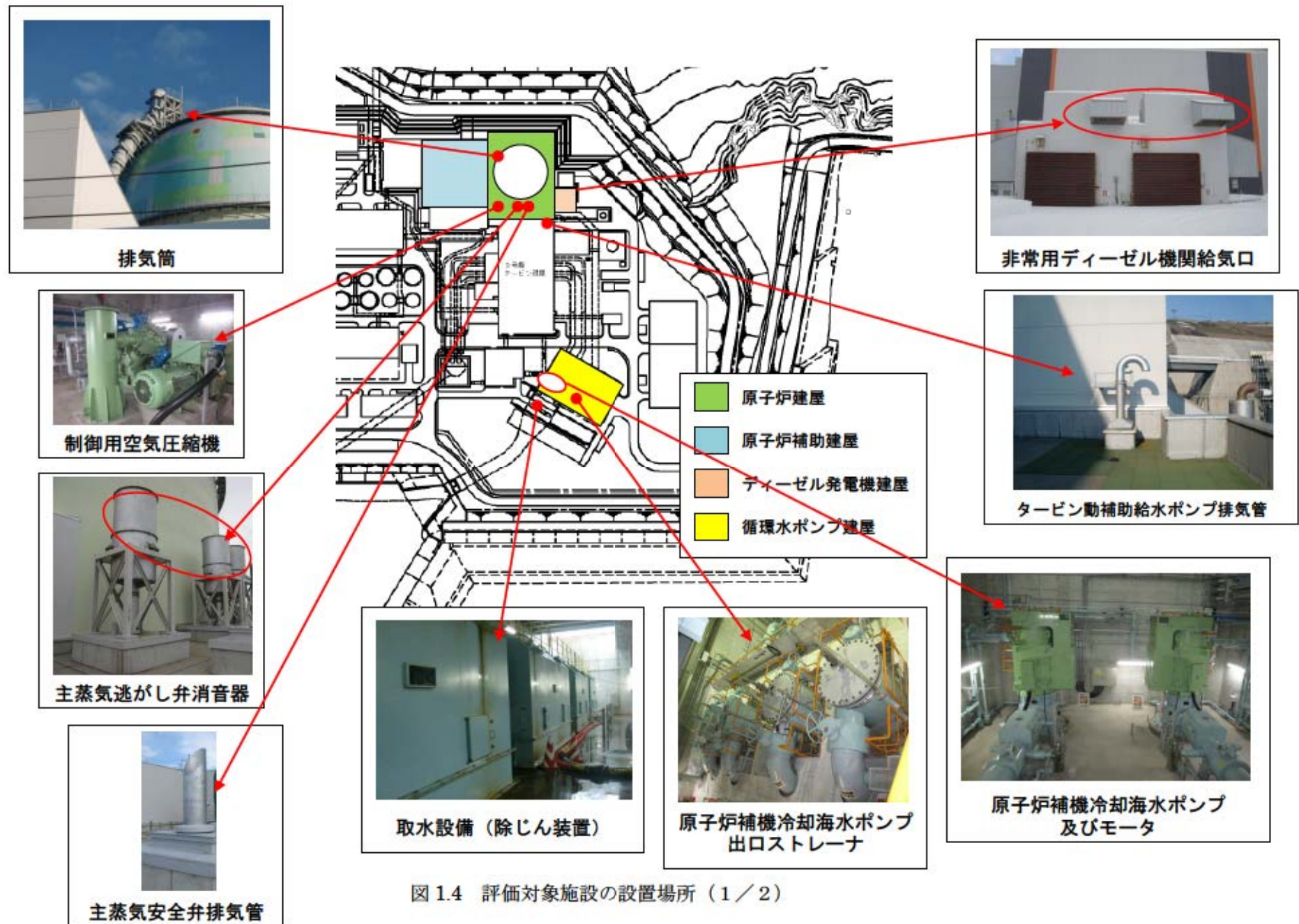
分類	安全機能の重要度分類			降下火砕物の影響を受ける設備 (屋外の施設、屋外に開口している施設、屋内の空気を機器内に取り込む施設)	その停止等により上位の安全重要度の設備の運転に影響を及ぼす屋外の設備	評価対象施設
	定義	機能	構築物、系統又は機器			
PS-1	その損傷又は故障により発生する事象によって、 (a) 炉心の著しい損傷、又は (b) 燃料の大量の破壊を引き起こすおそれのある構築物、系統及び機器	1) 原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管	—	—	—
		2) 過剰反応度の印加防止機能	制御棒駆動装置圧力ハウジング	—	—	—
		3) 炉心形状の維持機能	炉心支持構造物 燃料集合体	—	—	—
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 (制御棒クラスト、制御棒駆動装置 (トリップ機能))	—	—	・原子炉建屋 (制御棒駆動装置を設置)
		2) 未臨界維持機能	原子炉停止系 制御棒 化学体積制御設備 (ほう酸水注入機能) 非常用炉心冷却系 (ほう酸水注入機能)	—	・補助建屋空調装置 (補助建屋給気ガラー)	・原子炉補助建屋 (ほう酸タンク、ほう酸ポンプ及び高圧注入ポンプ等を設置) ・補助建屋空調装置 (補助建屋給気ガラー)
		3) 原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能	加圧器安全弁 (開機能)	—	—	—
		4) 原子炉停止後の除熱機能	残留熱を除去する系統 余熱除去設備 補助給水設備 蒸気発生器 蒸気発生器から主蒸気逃がし弁までの主蒸気設備 蒸気発生器から主給水隔離弁までの給水設備	・タービン動補助給水ポンプ	・補助建屋空調装置 (補助建屋給気ガラー) ・電動補助給水ポンプ室換気装置 (原子炉建屋給気ガラー) ・タービン動補助給水ポンプ室換気装置 (主蒸気管室給気ガラー)	・原子炉補助建屋 (余熱除去冷却器及び余熱除去ポンプ等を設置) ・原子炉建屋 (電動補助給水ポンプ等を設置) ・タービン動補助給水ポンプ ・補助建屋空調装置 (補助建屋給気ガラー) ・電動補助給水ポンプ室換気装置 (原子炉建屋給気ガラー) ・タービン動補助給水ポンプ室換気装置 (主蒸気管室給気ガラー)
			残留熱を除去する系統 主蒸気逃がし弁 (手動逃がし機能) 主蒸気安全弁	・主蒸気逃がし弁 ・主蒸気安全弁	・主蒸気管室換気装置 (主蒸気管室給気ガラー)	・原子炉建屋 ・主蒸気逃がし弁 ・主蒸気安全弁 ・主蒸気管室換気装置 (主蒸気管室給気ガラー)
		5) 炉心冷却機能	非常用炉心冷却設備 低圧注入系 高圧注入系 蓄圧注入系	—	・補助建屋空調装置 (補助建屋給気ガラー)	・原子炉建屋 ・原子炉補助建屋 ・補助建屋空調装置 (補助建屋給気ガラー)
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	—	—	—		
	アニュラス 原子炉格納容器隔離弁 (バウンダリ配管) 原子炉格納容器スプレイ設備	—	・補助建屋空調装置 (補助建屋給気ガラー)	・補助建屋空調装置 (補助建屋給気ガラー)		
	アニュラス空気浄化設備 外部遮へい	—	—	—		
	排気筒	・排気筒	—	・排気筒		

表 1.2 評価対象施設の抽出 (2/3)

分類	安全機能の重要度分類			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、屋内の空気を機器内に取り込む施設)	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屋外の設備	評価対象施設
	定義	機能	構築物、系統又は機器			
MS-1	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	・安全系の計装盤等	—	・安全系の計装盤等
		2) 安全上特に重要な関連機能 (右記の機器類はいずれもMS-1関連のもの)	非常用所内電源系	—	・安全補機閉閉器室空調装置 (補助建屋給気ガラー)	・安全補機閉閉器室空調装置 (補助建屋給気ガラー)
			ディーゼル発電機	・非常用ディーゼル発電機	・ディーゼル発電機室換気装置 (原子炉建屋給気ガラー)	・ディーゼル発電機建屋 (非常用ディーゼル発電機を設置) ・非常用ディーゼル機関 ・ディーゼル発電機室換気装置 (原子炉建屋給気ガラー)
			中央制御室及び中央制御室達へい	—	・中央制御室空調装置 (補助建屋給気ガラー)	・中央制御室空調装置 (補助建屋給気ガラー)
			原子炉補機冷却水設備	—	—	—
			原子炉補機冷却海水設備	・原子炉補機冷却海水ポンプ ・原子炉補機冷却海水ポンプ出口 ストレーナ (下流設備を含む)	・循環水ポンプ建屋 ・取水設備 (除塵設備)	・循環水ポンプ建屋 (原子炉補機冷却海水ポンプなどを内包する、取水ピットポンプ室、ストレーナ室に波及的影響) ・原子炉補機冷却海水ポンプ ・原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ ・取水設備
			直流電源設備 計測制御用電源設備	—	・安全補機閉閉器室空調装置 (補助建屋給気ガラー)	・安全補機閉閉器室空調装置 (補助建屋給気ガラー)
制御用空気圧縮設備	・制御用空気圧縮機	・制御用空気圧縮機室換気装置 (原子炉建屋給気ガラー)	・原子炉建屋 ・制御用空気圧縮機 ・制御用空気圧縮機室換気装置 (原子炉建屋給気ガラー)			
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壊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るものは除く。)	化学体積制御設備の抽出ライン 化学体積制御設備の浄化ライン	—	・補助建屋空調装置 (補助建屋給気ガラー)	・補助建屋空調装置 (補助建屋給気ガラー)
		放射性廃棄物処理施設	—	・補助建屋空調装置 (補助建屋給気ガラー)	・補助建屋空調装置 (補助建屋給気ガラー)	
		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	使用済燃料ピット(使用済燃料ラックを含む) 新燃料貯蔵庫(臨界を防止する機能)	—	・補助建屋空調装置 (補助建屋給気ガラー)	・原子炉建屋 (使用済燃料ピット、使用済燃料ピットポンプ及び使用済燃料ピット冷却器を設置) ・補助建屋空調装置 (補助建屋給気ガラー)
	3) 燃料を安全に取り扱う機能	燃料取扱設備	—	—	—	
2) 通常運転時及び運転時の異常な過度変化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) 安全弁及び遠がし弁の吹き止まり機能	加圧器安全弁(吹き止まり機能) 加圧器遠がし弁(吹き止まり機能)	—	—	—	

表 1.2 評価対象施設の抽出 (3/3)

分類	安全機能の重要度分類			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、屋内の空気を機器内に取り込む施設）	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屋外の設備	評価対象施設	
	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	燃料取替用水ピットからの使用済燃料ピット水補給ライン	—	—	・原子炉建屋 (燃料取替用水ピット、燃料取替用水ポンプを設置)	
		2) 放射性物質放出の防止機能	気体廃棄物処理設備の隔離弁	・排気筒	—	・排気筒	
	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) 事故時プラント状態の把握機能	原子炉計装の一部 プロセス計装の一部	—	—	—	
		2) 異常状態の緩和機能	加圧器逃がし弁（手動閉鎖機能） 加圧器後備ヒータ 加圧器逃がし弁元弁（閉鎖機能）	—	—	・原子炉建屋 (加圧器逃がし弁及び加圧器後備ヒータを設置)	
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	1) 原子炉冷却材保持機能（PS-1、PS-2以外のもの）	計装配管及び弁 試料採取設備の配管及び弁	—	—	—	
		2) 原子炉冷却材の循環機能	1次冷却材ポンプ 化学体積制御設備の封水注入ライン	—	—	—	
		3) 放射性物質の貯蔵機能	加圧器逃がしタンク 液体・固体廃棄物処理設備（貯蔵機能を有する範囲） 新燃料貯蔵庫	—	—	—	
		4) 電源供給機能（非常用を除く）	蒸気タービン設備、主蒸気設備（主蒸気隔離弁以降） 主給水設備（主給水隔離弁以前）、復水設備	—	・主蒸気管室換気装置 (主蒸気管室給気ガラリ)	・主蒸気管室換気装置 (主蒸気管室給気ガラリ)	
		5) プラント計測・制御機能（安全保護機能を除く）	発電機及び励磁機設備、送電線設備、変圧器設備、開閉所設備、制御棒駆動装置用電源設備、所内電源系統、直流電源設備、計測制御用電源設備（それぞれMS-1以外）	—	—	—	
		6) プラント運転補助機能	原子炉制御系、原子炉計装、プロセス計装のそれぞれ一部 補助蒸気設備 制御用圧縮空気設備（PS-1以外） 軸受冷却設備等	—	—	—	
	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拡散防止機能	燃料被覆管及び端栓	—	—	—	
		2) 原子炉冷却材の浄化機能	化学体積制御設備の浄化ライン（浄化機能）	—	—	—	
	MS-3	1) 運転時の異常な過度変化があっても、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	加圧器逃がし弁（自動操作）	—	—	—
			2) 出力上昇の抑制機能	タービンランバックインターロック 制御棒引抜防止インターロック	—	—	—
3) 原子炉冷却材の補給機能			化学体積制御設備の充てんライン及びぼう鼓補給ライン 給水処理設備の1次冷却系補給水設備	—	—	—	
4) タービントリップ機能			タービン保安装置、主蒸気止め弁（閉鎖機能）	—	—	—	
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	原子力発電所緊急対策所、蒸気発生器ブローダウンラインの一部、試料採取設備の一部、通信連絡設備、放射線監視設備の一部、原子炉計装の一部、消火系、安全避難通路、非常用照明	—	—	—		



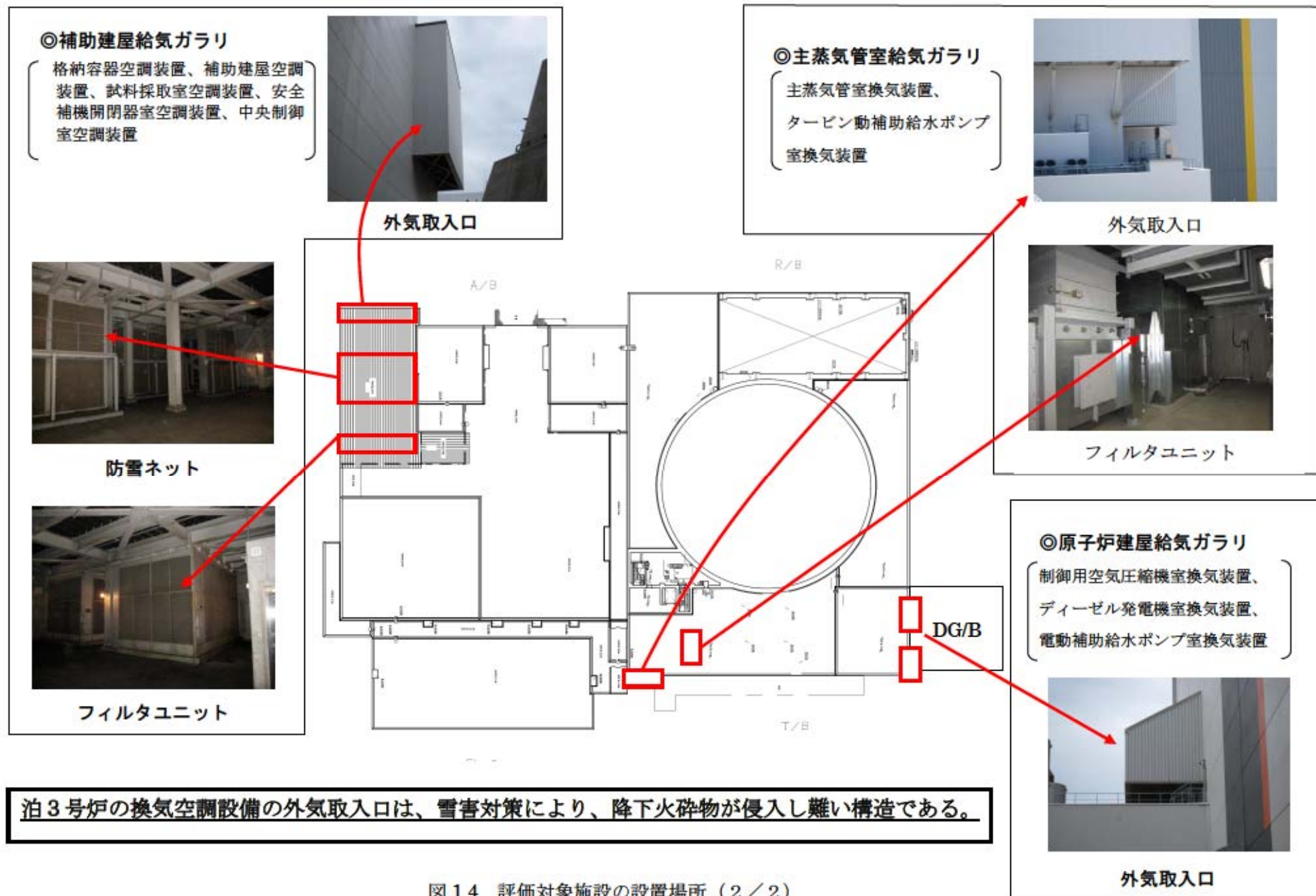


図 1.4 評価対象施設の設置場所 (2 / 2)

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。）を選定する。

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と同等、又はそれ以下である。
- (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。

4.4.2 直接的影響

降下火砕物の特徴を踏まえ、降下火砕物の降灰による直接的な影響因子については、原子力発電所の構造物への静的負荷や化学的影響、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、原子力発電所周辺の大気汚染等の影響が考えられるが、泊発電所 3 号炉で想定される降下火砕物の条件を考慮し、表 1.3 に示す項目について評価を実施する。

① 構造物への静的負荷（降雨等の影響を含む）

建屋・構造物において、降下火砕物の堆積荷重として影響を考慮すべき要因である。降下火砕物の堆積を想定し、建屋の許容応力値以下であることを確認するが、評価対象施設の建屋においては、降下火砕物が降下した場合でも降下火砕物の除去を適切に行い長期に荷重を掛け続けられない対応が可能であることから、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。荷重条件としては、降雨・降雪を考慮し、湿潤状態の降下火砕物荷重と積雪荷重の組合せについて考慮する。なお、構造物の形状等により降下火砕物が堆積しにくい場合は、降下火砕物の降灰の影響はないと判断する。泊発電所 3 号炉では屋外機器（開口部含む）はいずれも降下火砕物が堆積しにくい形状となっているため、降下火砕物の降灰の影響はない。

② 構造物への化学的影響（腐食）

建屋・構造物、屋外機器について、降下火砕物が付着接触し、降下火砕物から溶出した成

分によって腐食が発生しないことを機器表面の塗装の有無等によって評価する。

粒径については、現在審査中のため追而とする。

③ 粒子の衝突

想定する降下火砕物は微小な粒子であり重量も小さく（粒径約5mm以下，密度1.5g/cm³），竜巻の影響評価にて包絡されることから，衝突により建屋・構築物，屋外機器に影響を与える可能性はなく，個別の評価は不要である。

④ 水循環系の閉塞

降下火砕物が内部流体中に混入する可能性を検討し，海水系のような混入の可能性のある機器の狭隘部に対して，降下火砕物の粒径との関係から流路閉塞の可能性を評価する。

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。

⑤ 水循環系の内部における磨耗

水循環系において最も磨耗の影響を受けやすい箇所はライニングが施行されていない各冷却器の伝熱管と考えられるが，プラントの運用期間中において海水取水中に含まれる砂等の磨耗によるトラブルは発生していないこと，また降下火砕物は砂等に比べて破砕しやすく^{*1}硬度が小さい^{*2}ことから，降下火砕物粒子による磨耗が設備に与える可能性は小さいため，個別評価は不要である。

※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, pp38-47

※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

⑥ 水循環系の化学的影響（腐食）

降下火砕物成分が海水中に溶出した場合に懸念される化学的影響（腐食）について，短期間に影響がないことを防汚塗装の有無等により評価する。

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。

⑦ 換気系，電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞，磨耗）

屋外設備，屋外に開口部を有する設備について，屋外に連通する開口部の形状等から，降下火砕物が侵入する可能性と侵入した場合の影響度を評価する。

換気空調設備については，フィルタが清掃または取替可能な構造となっていること，また，閉塞の有無を点検できることを確認する。

さらに，必要に応じて，換気系から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。

⑧ 換気系、電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）

屋外設備について、降下火砕物の付着に伴う腐食により、その機能に影響がないことを塗装の有無等によって評価する。

⑨ 発電所周辺の大気汚染

汚染された大気が換気空調系を通じて中央制御室に侵入し、居住性に影響を与えないことを確認する。

⑩ 水質汚染（給水の汚染）

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、降下火砕物の降灰の影響を受ける可能性のある海水や淡水を直接給水として使用していない。また、給水は水質管理を行っており、給水の汚染が設備に影響を与える可能性はないことから、個別の評価は不要である。

⑪ 絶縁低下

泊発電所の開閉所は、ガス絶縁開閉装置を使用しており、開閉装置本体に充電露出部はない。また、開閉装置の送電線側は、送電線引き出しブッシングを経て碍子により支持している送電線路となっているが、屋根付き構造の遮風建屋で覆われ、降下火砕物による影響は受けにくくなっており、降灰時には巡視を強化し、必要により清掃を実施する等の対応が可能である。

さらに、絶縁破壊により外部電源が喪失した場合でも非常用ディーゼル発電機等により電源の供給は可能であることから、個別の評価は不要である。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設備については、影響がないことを確認する。

表 1.3 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	詳細検討すべき因子
構造物への静的負荷（降雨等の影響を含む）	構造物において降下火砕物による堆積荷重として影響を考慮すべき因子である。また、降雨、降雪等により水を含むことにより負荷が増大するため、湿潤状態における負荷を考慮する。	○
構造物への化学的影響（腐食）	屋外設備において影響を考慮すべき要因である。短期的に影響がないことを確認する。	○
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、衝突荷重により設備に影響を与える可能性は小さい。	—
水循環系の閉塞	海水中に漂う降下火砕物については取水する可能性があるため、海水系において影響を考慮すべき要因であり、狹隘部等における閉塞の影響を考慮する。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磨耗	水循環系において最も磨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冷却器の伝熱管と考えられるが、プラントの供用期間中において海水取水中に含まれる砂等の磨耗によるトラブルは発生していない。降下火砕物は、砂等と比べて破碎し易く ^{※1} 、硬度が小さい ^{※2} ことから、降下火砕物粒子による磨耗が、設備に影響を与える可能性は小さい。	—
水循環系の化学的影響（腐食）	海水系において影響を考慮すべき因子であり、降下火砕物成分が海水中に溶出した場合に懸念される腐食について短期的に影響がないことを確認する。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。	○
換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞、磨耗）	屋外設備等において影響を考慮すべき因子である。なお、必要に応じて、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因子である。短期的に影響がないことを確認する。なお、必要に応じて、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	外気を取り入れている換気空調系において影響を考慮すべき要因である。	○
水質汚染（給水の汚染）	発電所では、降下火砕物の降灰の影響を受ける可能性のある海水及び淡水を給水として直接使用しておらず、水質管理も行っていることから、給水の汚染が設備に影響を与える可能性はない。	—
絶縁低下	屋根付き遮風建屋で覆われ、降下火砕物の影響を受けにくくなっており、降灰時には巡視を強化し、必要に応じ掃子の清掃等が可能である。また、絶縁により外部電源が喪失した場合でも非常用ディーゼル発電機により電源の供給が可能である。なお、屋内の空気を取り込む機構を有する設備については、影響がないことを確認する。	○

※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、pp38-47.

※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]、p.32-40

4.4.3 間接的影響

降下火砕物の降灰は広範囲に及ぶことから、広範囲に亘る送電網の損傷による長期の外部電源喪失の可能性、原子力発電所へのアクセス制限事象が発生する可能性も考慮し、間接的影響を評価する。

4.4.4 各評価対象施設の評価すべき影響因子の選定

評価すべき影響要因については、各評価対象施設ごとにそれぞれ異なるため、降下火砕物の降灰が影響を与える評価対象施設と影響因子の組合せを表 1.4 に整理し、各評価対象施設の特性（構造や設置状況等）を踏まえて評価に必要な影響因子を選定する。

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) 評価対象施設に常時作用する荷重

評価対象施設に作用する荷重として、自重等の常時作用する荷重であり、降下火砕物との荷重と適切に組み合わせる。

(2) 設計基準事故時荷重

評価対象施設は、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、降下火砕物の影響が小さく発生頻度が高い火山事象と設計基準事故が同時に発生する場合、評価対象施設のうち設計基準事故時荷重が生じ、降下火砕物の影響を受ける施設としては動的機器である原子炉補機冷却海水ポンプが考えられるが、設計基準事故時においても原子炉補機冷却海水ポンプの圧力及び温度が変わらないため、設計基準事故により考慮すべき荷重はなく、降下火砕物に降下火砕物の荷重と設計基準事故時荷重との組合せは考慮しない。

(3) その他の自然現象の影響を考慮した荷重の組合せ

降下火砕物と組合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、降下火砕物との荷重と適切に組み合わせる。

4.6 評価結果

(1) 直接的影響の評価結果

表 1.4 の影響因子に基づき評価した結果は表 4.6-1 のとおりであり、評価対象となる全ての施設において、降下火砕物の降灰による直接的影響がないことを確認した。なお、詳細な評価結果を個別評価-1～個別評価-12 に示す。・降下火砕物による堆積荷重に対して、原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機建屋、循環水ポンプ建屋の健全性が維持されることを確認した。

- ・降下火砕物による化学的影響に対して、原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機建屋、循環水ポンプ建屋、原子炉補機冷却海水ポンプ等の健全性が維持されることを確認した。
- ・降下火砕物により、原子炉補機冷却海水ポンプ、原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ、取水設備及び原子炉補機冷却海水系統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を確認した。
- ・降下火砕物が外気取入口に侵入した場合であっても、平型フィルタ、ダンパ閉止、空調停止、閉回路循環運転によって屋内への侵入を防止することとしており、給気を供給する系統及び機器への影響を防止でき、さらに、中央制御室空調装置については、外気取入ダンパを閉止し閉回路循環運転をすることにより、中央制御室の居住性に影響を及ぼさないことを確認した。
- ・降下火砕物の降灰が確認された場合は、必要に応じて、原子力発電所内の構築物、系統及び機器の点検並びに降下火砕物の除去等を行うこととしている。

(2) 間接的影響の評価結果

泊発電所3号炉の非常用所内交流電源設備は、2台の非常用ディーゼル発電機と耐震Sクラスの燃料油貯油槽（132Kℓを4基）を有している。

これにより、7日間の外部電源喪失に対して、原子炉停止、停止後の冷却に係る機能を担うため、非常用ディーゼル発電機の連続運転に必要な容量以上の燃料を貯蔵する設備を有し、必要とされる電力の供給が継続できる構成となっている。

表 1.4 降下火砕物の降灰が影響を与える評価対象施設と影響因子の組合せ (1/2)

影響因子 評価対象施設	構造物への 静的荷重(降雨等 の影響を含む)	構造物への 化学的影響 (腐食)	水循環系の機械的影 響(閉塞、磨耗)	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、 磨耗)	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
原子炉建屋 原子炉補助建屋 ディーゼル発電機建屋 循環水ポンプ建屋	○	○	－ ④	－ ④	－ ④	－ ④	－ ④	－ ④
原子炉補機冷却海水ポンプ	－ ④(屋内)	－ ④(屋内)	○ ポンプ	○ ポンプ	○ モータ	○ モータ	－ ④	－ ④
主蒸気逃がし弁 (消音器)	－ ①	－ ②*1	－ ④	－ ④	○	②*1	－ ④	－ ④
主蒸気安全弁 (排気管)	－ ①	－ ②*1	－ ④	－ ④	○	②*1	－ ④	－ ④
タービン動補助給水ポンプ (排気管)	－ ①	－ ②*1	－ ④	－ ④	○	②*1	－ ④	－ ④
非常用ディーゼル発電機 (機関、消音器)	－ ①	－ ②*1	－ ④	－ ④	○	②*1	－ ④	－ ④

○：影響因子に対する個別評価を実施

(除外理由)

- ①静的荷重の影響を受けにくい構造
- ②腐食があっても、機能に有意な影響を受けにくい
- ③塗装により腐食が起こりにくい
- ④影響因子と直接関連しない

※1 降下火砕物による化学的影響(腐食)を考慮すべき施設であるが、塗装などにより影響を受けないように設計されており、仮に腐食があっても直ちに機能に影響するほどの構造物、換気系への腐食は考えられない

表 1.4 降下火砕物が影響を与える評価対象施設と影響因子の組合せ (2/2)

影響因子 評価対象施設	構造物への 静的荷重 (降雨等 の影響を含む)	構造物への 化学的影響 (腐食)	水循環系の機械的影 響 (閉塞、磨耗)	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、 磨耗)	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
換気空調設備 (外気取入口)	①	②※1	④	④	○	②※1	○	④
排気筒	①	②※1	④	④	○	○	④	④
取水設備	①	③	○	○	④	④	④	④
原子炉補機冷却海水 ポンプ出口ストレーナ	①	③	○ 水循環系機能の 一部であり、 下流の設備を含む	○ 同左	④	④	④	④
制御用空気圧縮機	① (屋内)	②※1	④	④	○	④	④	④
安全系の計装盤等	① (屋内)	②※2	④	④	④	④	④	○

○：影響因子に対する個別評価を実施

(除外理由)

- ①静的荷重の影響を受けにくい構造
- ②腐食があっても、機能に有意な影響を受けにくい
- ③塗装により腐食が起こりにくい
- ④影響因子と直接関連しない

※1 降下火砕物による化学的影響 (腐食) を考慮すべき施設であるが、塗装などにより影響を受けないように設計されており、仮に腐食があっても直ちに機能に影響するほどの構造物、換気系への腐食は考えられない

※2 設置場所の換気空調設備に粗フィルターが設置されており、機能に影響するような大きな粒子は進入しないため、腐食の影響を受けにくい

表 1.5 降下火砕物の降灰による直接的影響評価結果

評価対象施設	確認結果	個別評価
原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機建屋、循環水ポンプ建屋	降下火砕物（厚さ 40cm、密度 1.5g/cm ³ ）と積雪（厚さ 150cm、密度 0.3g/cm ³ ）の堆積荷重は 10,500N/m ² であり、建屋の許容堆積荷重より小さいことから、安全性への影響はない。また、外壁塗装が施されていることから、降下火砕物の降灰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
原子炉補機冷却海水ポンプ	原子炉補機冷却海水ポンプは、外装塗装及び防汚塗装がなされていることから、外面、内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。 ポンプ軸受には、異物逃し溝を設けおり、異物逃し溝の間隙以上の粒径の降下火砕物については、取水路内に沈殿するため、降下火砕物による軸固着等には至らない。電気系及び計装制御系について、海水ポンプモータは全開外扇型の冷却方式であり降下火砕物の侵入はないため、機械的及び化学的影響はなく、冷却管についても閉塞することはない。	2
主蒸気逃がし弁（消音器）	大気開放部には消音器が設置され、消音器の構造から降下火砕物が直接配管内に侵入しにくい構造であり、仮に直接配管内に侵入し配管を閉塞させた場合でも、降下火砕物の荷重より主蒸気逃がし弁の噴出力が大きいことから、機能に影響を及ぼすことはない。	3
主蒸気安全弁（排気管）	主蒸気安全弁排気管は、配管形状により降下火砕物が直接配管内に侵入しにくい構造であり、仮に直接配管内に侵入し配管を閉塞させた場合でも、降下火砕物の荷重より主蒸気安全弁の噴出力が大きいことから、機能に影響を及ぼすことはない。	4
タービン動補助給水ポンプ（排気管）	タービン動補助給水ポンプの排気管は、降下火砕物が侵入しにくい構造であり、機能に影響を及ぼすことはない。	5
非常用ディーゼル発電機（機関、消音器）	機関の吸入空気の流れは、降下火砕物が侵入しにくい構造であり、また、層状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の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。	6
換気空調設備（外気取入口）	換気空調設備の給気系外気取入口は、降下火砕物が侵入しにくい構造である。また、仮に降下火砕物が侵入した場合であっても、平型フィルタの除塵効率率は 85%（中位径の範囲が 6.6～8.6 μm）であり、給気を供給する設備に対して、降下火砕物が与える影響は小さい。なお、中央制御室空調装置については、外気取入ダンパを閉止し、閉回路循環運転することにより、中央制御室の居住性が維持されることを確認している。また、給気系外気取入口は、各建屋内からのアクセス性がよく、必要に応じて清掃および交換することにより除灰できることを確認した。	7
排気筒	排気筒の排気速度は降下火砕物の降下速度を上回っており、降下火砕物により閉塞することはない。また、外装塗装等を行っていることから、直ちに腐食により排気筒の機能に影響を及ぼすことはない。	8
取水設備	降下火砕物の粒径は十分小さく、除じん装置を閉塞させることはない。	9
原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ	原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナはうず巻式（自洗式）で海生物を連続的に除去できるものであり、降下火砕物も同様に除去できる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子は、下流の機器（非常用ディーゼル発電機の冷却器、空調用冷凍機、原子炉補機冷却水冷却器）に対して閉塞等の影響を与えることはない。また、外装塗装が施されていることから、腐食により直ちに機能を喪失することはない。	10
制御用空気圧縮機	制御用空気圧縮機が設置された部屋は、制御用空気圧縮機室換気装置にて空調管理されており、本空調系の外気取入口には、平型フィルタが設置されていることから、一定以上の粒径の降下火砕物については阻止可能であり、侵入する降下火砕物は限られる。また、降下火砕物は硬度が低くもろいことから、摺動部に侵入した降下火砕物により磨耗することはない。よって、降下火砕物が大量に摺動部に侵入する可能性は小さく、磨耗により摺動部に損傷を発生させることはないことから、制御用空気圧縮機の機能に影響を及ぼすことはない。	11
安全系の計装盤等	安全系の計装盤等が設置されている部屋は、安全補機閉器室空調装置にて空調管理されており、本空調系の外気取入口には平型フィルタが設置されているが、これに加えて下流にさらに細かな粒子を捕集可能な粗フィルタが設置されている。このため、他の空調系に比べて降下火砕物に対する高い防護性能を有しており、侵入する降下火砕物は微細なものに限られ、建屋内に侵入する降下火砕物による影響は小さく、その付着等により短絡等を発生させる可能性はないことから、安全系の計装盤等の機能に影響を及ぼすことはない。	12

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、図 4.7.1-1 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。

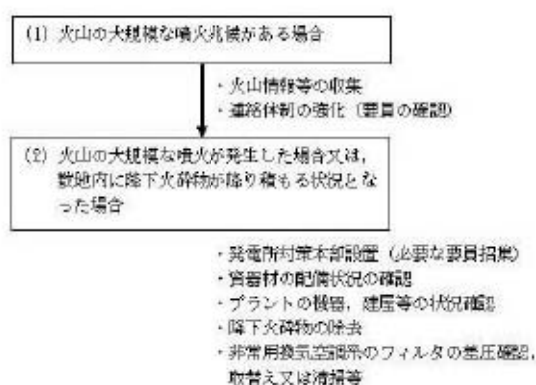


図 1.4 降下火砕物に対応するための運用管理フロー

(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（スコップ、防塵ゴーグル、防塵マスク等）については、定期的に配備状況を確認する。

(2) 火山の大規模な噴火兆候がある場合

担当箇所は、火山情報（火山の位置、噴火規模、風向、降灰予測等）を把握し、連絡体制を強化する。

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

担当箇所は、火山の大規模な噴火が確認された場合、又は、原子力発電所敷地で降灰が確認された場合に、関係個所と協議の上、対策本部を設置する。

換気空調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、建屋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ー、スコップ、防塵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、建屋等の現在の状態（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、建屋等の降下火砕物の除去を行うとともに、換気空調設備のフィルタ差圧を確認し、フィルタの取替え、清掃等を行う。

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。

- (1) 降灰が確認された場合には、建屋や屋外の構築物等に長期間降下火砕物の荷重を掛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実施する。
- (2) 降灰が確認された場合には、評価対象施設に対する特別点検を行い、降下火砕物の降灰による影響が考えられる設備等があれば、その状況に応じて補修等を行う。
- (3) 降灰が確認された場合には、外気取入口に設置している平型フィルタ、外気取入ダンパの閉止、換気空調設備の停止又は閉回路循環運転により、建屋内への降下火砕物の侵入を防止する。
- (4) 降灰が確認された場合には、換気空調設備の外気取入口の平型フィルタについて、点検によりフィルタ差圧を確認するとともに、状況に応じて清掃や取替えを実施する。
- (5) 降灰が確認された場合には、原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナについて、差圧を確認するとともに、状況に応じて洗浄を行う。
- (6) 降灰が確認された場合には、原子炉補機冷却海水ポンプの振動を監視し、必要に応じ循環水ポンプを停止する。
- (7) 降灰が確認された場合には、開閉所設備の除灰及び碍子清掃を行う。
- (8) 降灰後の腐食等の中長期的な影響については、日常保守点検や定期点検等により腐食等による異常がないか確認を行い、異常が確認された場合には、その状況に応じて塗替塗装等の対応を行う。
- (9) 火山事象に対する運用管理に万全を期すため、必要な技術的能力を維持・向上させることを目的とし、降下火砕物による施設への影響を生じさせないための運用管理に関する教育を実施する。

5. まとめ

降下火砕物の降灰による直接的影響および間接的影響の全ての項目について評価した結果、降下火砕物の降灰による直接的及び間接的影響はなく、原子炉施設の安全性を損なうことはない。

以上

層厚および粒径については、現在審査中のため、個別評価－1～12は追而とする。

個別評価－1

建屋構造物に係る影響評価

降下火砕物の降灰による原子炉建屋や原子炉補助建屋等の建屋構造物への影響について以下のとおり評価する。

(1)評価項目及び内容

①構造物への静的負荷（降雨等の影響含む）

降下火砕物の堆積荷重により原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機建屋及び循環水ポンプ建屋の健全性に影響がないことを評価する。なお、堆積荷重には、降雪の影響も考慮し、降下火砕物（湿潤状態）と積雪の組合せも考慮する。

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. 密度：1.5g/cm³（湿潤状態）（降下火砕物の層厚1cmあたり150N/m²）
- b. 堆積量：40cm

②積雪条件

- a. 密度：0.3g/cm³（積雪の単位荷重は、1cmあたり30N/m²）※1
- b. 堆積量：150cm※2、※3

※1：北海道 建築基準法施行細則に基づく積雪の単位荷重を用いる。

※2：火山事象と積雪事象は独立の関係にある。組み合わせる積雪量については、建築基準法において特定行政庁（各自治体）が各地域の気象（積雪）状況に応じた垂直積雪量を設定しており、発電所が立地する地域の気象条件により即した、設計に用いられる積雪量であることから、同建築基準法の垂直積雪量「150cm」（以下、「設計積雪」という。）を用いる。

※3：クラス1、クラス2に属する施設を内包する建屋については、火山灰「40cm」と積雪「150cm」の組合せ荷重（積雪350cmに相当）に耐えられることを確認しているが、これら設計条件を十分に満足できるよう早期に除灰・除雪をすべく、以下の対応とする。

除灰を開始するタイミングについては、対象火山（ニセコ、羊蹄山、有珠山、恵庭岳、樽前山）の「噴火警報」または「噴火確認」により降灰の監視を開始し、その後、「降灰予報」に泊発電所が予想範囲に含まれた場合、降灰準備対応として除灰の準備（要員、資機材等）、さらに、発電所構内に降灰が確認されれば除灰を開始するように検討中であり、これらについて今後手順を整備することとし、自然災害等対応要則（保安規定の下部社内規定）に規定する方針である。

この中で、設計条件（火山灰厚さ40cm以下、積雪150cm以下）を十分に満たすよう早期に除灰、除雪を実施する内容を規定する方針であり、守るべき設計条件についてはこの自然災害等対応要則に記載する方針である。

(3)評価結果

①構造物への静的負荷(降雨等の影響を含む)

降下火砕物の堆積荷重および組み合わせる積雪荷重を算出すると以下のとおりとなる。

$$\text{降下火砕物荷重} = 150 \text{ (N/m}^2 \cdot \text{cm)} \times 40 \text{ (cm)} = 6,000 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$$\text{積雪荷重} = 30 \text{ (N/m}^2 \cdot \text{cm)} \times 150 \text{ (cm)} = 4,500 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

降下火砕物による静的負荷については、湿潤状態の降下火砕物による堆積荷重 6,000N/m² を用いて評価した結果、建屋の許容堆積荷重より小さいことから、安全性への影響はない。

また、降雪の影響も考慮し、上述の湿潤状態の降下火砕物と建築基準法に定められている設計積雪との組み合わせによる堆積荷重 10,500N/m² を用いて評価しても、表 1 に示すとおり、建屋の許容堆積荷重より小さいことから、安全性の影響はない。(表 1 には、降下火砕物の荷重より大きい降下火砕物と積雪の組み合わせ荷重に対する評価結果を示す。)

なお、降下火砕物が降下した場合でも屋根部から除去するなど長期に荷重を掛け続けない対応が可能であることから、降下火砕物の荷重を短期に生じる荷重とする。

原子炉建屋、原子炉補助建屋及びディーゼル発電機建屋の許容堆積荷重は、鉄筋コンクリート造のスラブであることから、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」(RC規準)により使用している材料の許容応力度の比 1.5 (短期/長期) に基づき、許容堆積荷重を設計時に考慮されている常時荷重 (自重、積載荷重、積雪荷重) から算出した。

循環水ポンプ建屋の許容堆積荷重は、デッキ合成スラブ (鋼板デッキとコンクリートの複合構造) であることから、「各種合成構造設計指針・同解説 日本建築学会」による短期許容応力度設計時の最大荷重から算出した。

表 1 降下火砕物と積雪に対する建屋の評価結果

評価対象施設	評価部位	堆積荷重(N/m ²) (降下火砕物+積雪)	許容堆積荷重 (N/m ²)	裕度	結果
原子炉建屋	T.P.55.0m 屋根スラブ	10,500 (N/m ²)	10,800 (N/m ²) * ¹	1.02	○
原子炉補助建屋	T.P.33.1m 屋根スラブ	10,500 (N/m ²)	13,000 (N/m ²) * ¹	1.23	○
ディーゼル発電機建屋	T.P.18.8m 屋根スラブ	10,500 (N/m ²)	11,500 (N/m ²) * ¹	1.09	○
循環水ポンプ建屋	T.P.30.3m 屋根デッキ合成スラブ	10,500 (N/m ²)	12,000 (N/m ²) * ²	1.14	○

※ 1 : 鉄筋コンクリート造のスラブであることから、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」(RC規準)により、使用している材料の許容応力度の比 1.5 (短期/長期) に基づき、許容堆積荷重を設計時に考慮されている常時荷重 (自重、積載荷重、積雪荷重) から算出した。

※ 2 : デッキ合成スラブ (鋼板デッキとコンクリートの複合構造) であることから、「各種合成構造設計指針・同解説 日本建築学会」により、短期許容応力度設計時の最

大荷重から算出した。

②構造物への化学的影響（腐食）

化学的影響については、外装塗装が施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。

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

以 上

原子炉補機冷却海水ポンプに係る影響評価

降下火砕物による原子炉補機冷却海水ポンプへの影響について以下のとおり評価する。

(1) 評価項目及び内容

①水循環系の閉塞による影響評価

降下火砕物が混入した海水を原子炉補機冷却海水ポンプにより取水した場合に、流水部、軸受部が閉塞し、機器の機能に影響がないことを評価する。

②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原子炉補機冷却海水ポンプにて取水することによる、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。

③電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞、磨耗）

降下火砕物の電動機冷却空気への進入による地絡・短絡、及び空気冷却器冷却管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。

④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進入による、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：0.4～5mm

(3) 評価結果

①水循環系の機械的影響（閉塞、磨耗）による影響

原子炉補機冷却海水ポンプ流水部の狭隘部は約 57mm である。また、軸受部には異物逃がし溝（上部・中間軸受：約 4.2mm 以上、下部軸受：約 4.5mm 以上）が設けられており、異物逃がし溝の間隙より小さい粒径の降下火砕物は、侵入による閉塞は生じない。また、異物逃がし溝の間隙以上の粒径の降下火砕物については、取水路内に沈殿するため、海水ポンプへの影響はない。

仮に侵入する降下火砕物があっても、ポンプの振動を監視し、必要に応じ循環水ポンプを停止して取水流量を大幅に低減することにより、確実に取水路内に沈殿させることができるので、原子炉補機冷却海水ポンプを保護することが可能である。

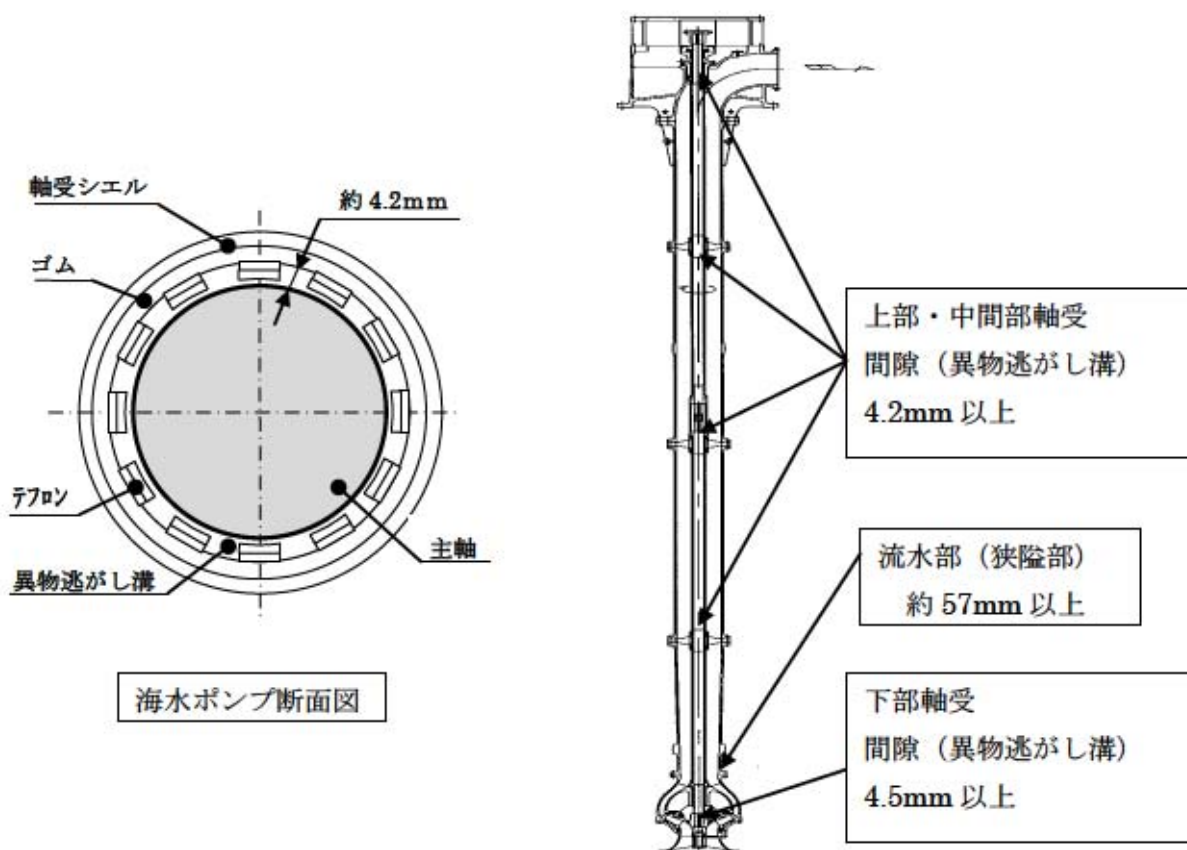


図1 原子炉補機冷却海水ポンプ構造図

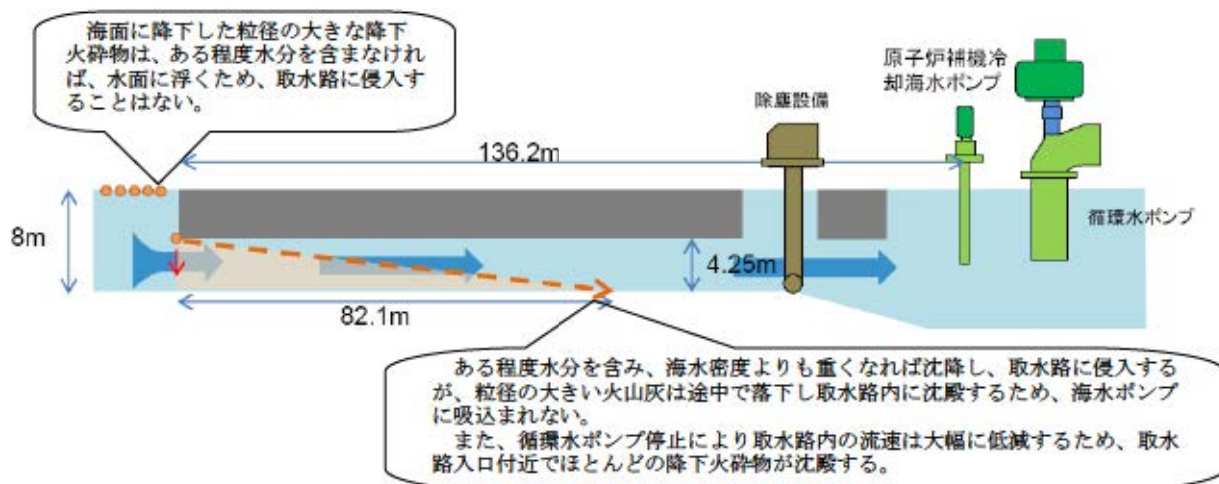


図2 取水路断面図

②水循環系の化学的影響（腐食）

海水系の化学的影響については、原子炉補機冷却海水ポンプ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ため、腐食により海水ポンプの機能に影響を及ぼすことはない。

③電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞、磨耗）

海水ポンプモータは循環水ポンプ建屋に設置されており、降下火砕物の降灰の影響は受けにくい。

仮に、自然換気による外気の流入により、微細な降下火砕物の影響を考えるとしても、海水ポンプモータは、電動機本体を全閉構造とし、空冷式空気冷却器を電動機の側面に設置して外気を直接電動機内部に取り込まない全閉外扇形の冷却方式であり降下火砕物の侵入による影響はない。

また、立形モータの軸受構造上、軸受油槽内部への異物混入経路として考慮されるのは軸受貫通部であるが、当該部は軸受端カバーにより覆われており、降下火砕物が軸受槽内部に侵入することはない。

また、仮に侵入しても冷却管（約 24mm）に対して降下火砕物の粒径（0.4～5mm）が十分小さく、運転中はファンからの通風により外部に排出される事から、冷却管が閉塞することはない。

なお、海水ポンプモータは温度監視を実施しており、万一降下火砕物の降灰の影響によりモータの温度の上昇が検知されれば、ポンプの切替え、冷却管の点検、清掃を行う。

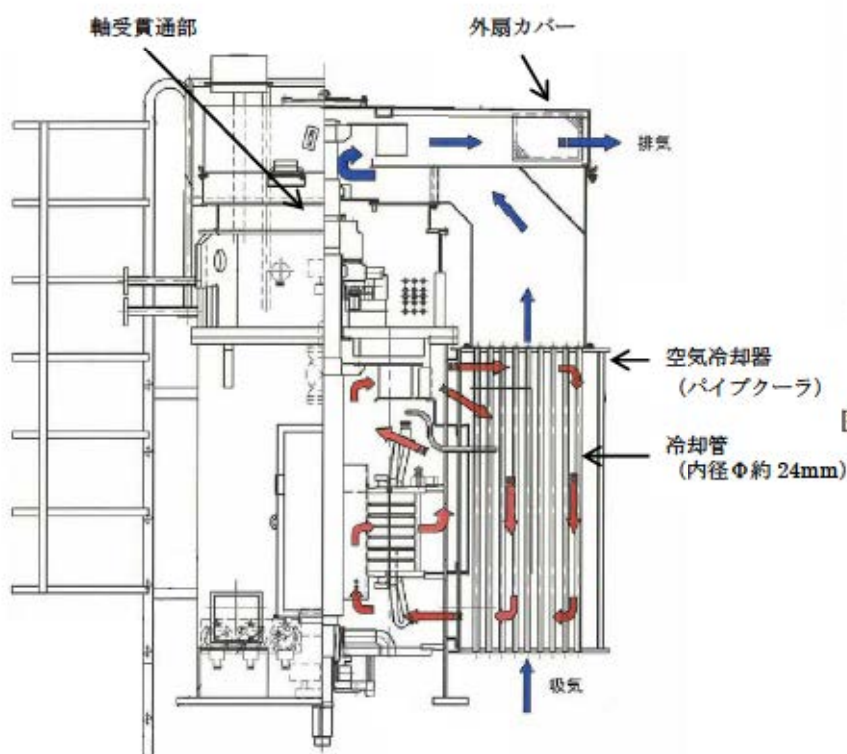


図 3-1 海水ポンプモータの冷却方式

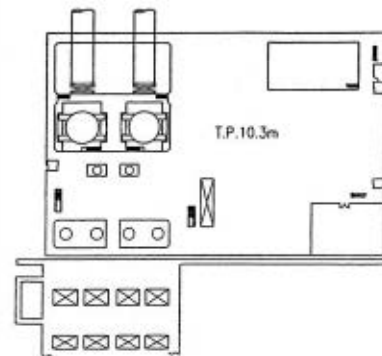


図 3-2 循環水ポンプ建屋平面図

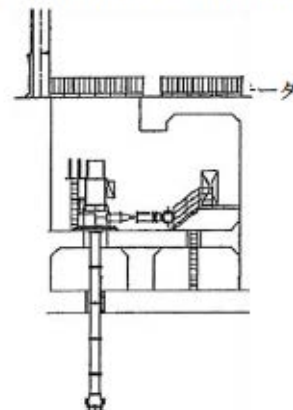


図 3-3 海水ポンプ断面図

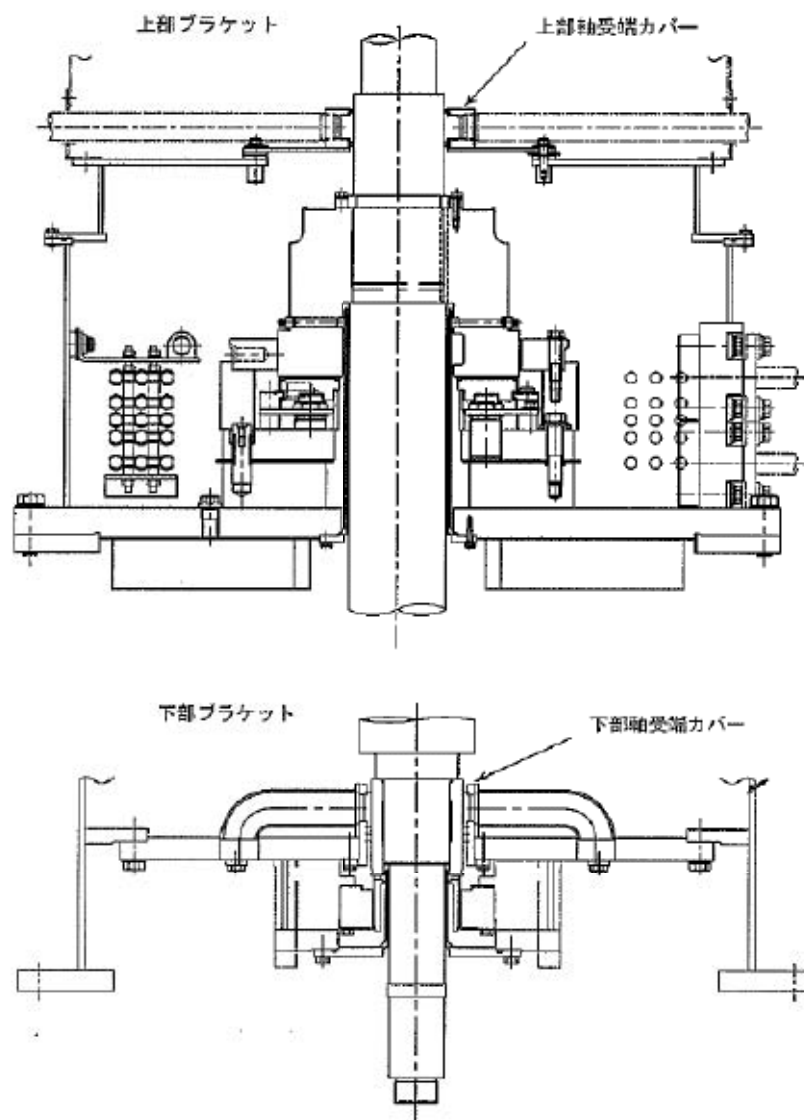


図4 海水ポンプモータの軸受シール方式

④電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）

海水ポンプモータは、上述のとおり循環水ポンプ建屋に設置されている上、電動機本体を全閉構造とし、空冷式空気冷却器を電動機の側面に設置して外気を直接電動機内部に取り込まない全閉外扇形の冷却方式であり、降下火砕物の侵入はないため、化学的な影響はない。

以上

主蒸気逃がし弁（消音器）に係る影響評価

降下火砕物による主蒸気逃がし弁（消音器）への影響について以下のとおり評価する。

(1)評価項目及び内容

①換気系に対する機械的影響（降雨等の影響を含む）

降下火砕物の主蒸気逃がし弁消音器への侵入により、機器の機能に影響がないことを評価する。具体的には、主蒸気逃がし弁は、降下火砕物が主蒸気逃がし弁出口配管に侵入しにくい構造であること、及び主蒸気逃がし弁の噴出力が降下火砕物の重畳よりも大きいことを確認する。

(2)評価条件

①降下火砕物条件

- a. 密度：1.5g/cm³（湿潤状態）（降下火砕物の層厚 1cm 当たり 150N/m²）
- b. 堆積量：40cm

②積雪条件

- a. 密度：0.3g/cm³（積雪の単位荷重は 1cm あたり 30N/m²）※1
- b. 堆積量：150cm※2

※1：北海道 建築基準法施行規則に基づく積雪の単位荷重を用いる。

※2：火山事象と積雪事象は独立の関係にあることから、組み合わせる積雪量については同建築基準法の設計積雪「150cm」を用いる。

(3)評価結果

①換気系に対する機械的影響（降雨等の影響を含む）

消音器の構造図は図 1 の通りパンチ穴が空いたディフューザーと吸音材が入った多孔板で構成されている。

降下火砕物が消音器に入り、底面から 40cm の位置に堆積したとしても、ディフューザーのパンチ穴のある部分（下部から 110cm）の大部分は降下火砕物よりも高い位置にあるため、主蒸気逃がし弁の蒸気放出機能に影響を与えることはない。

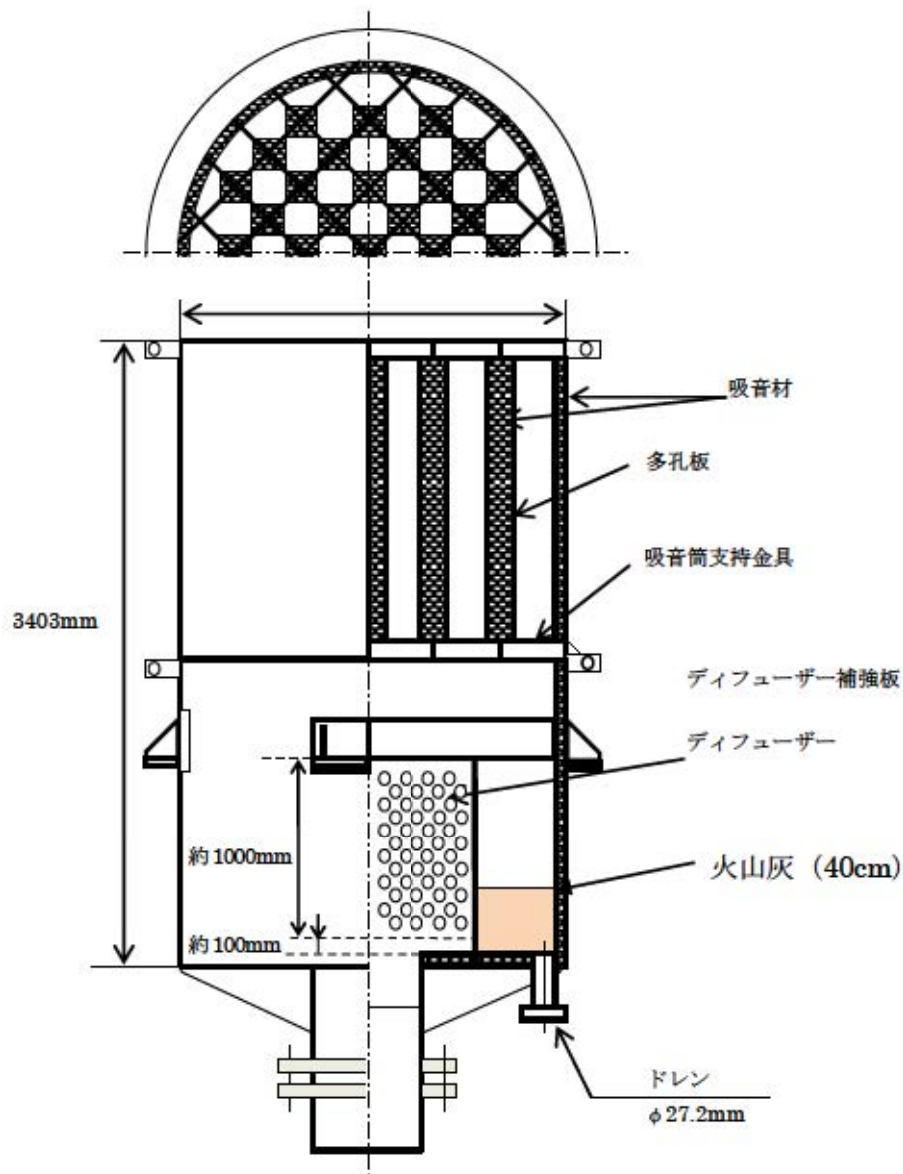


図1 主蒸気逃がし弁消音器構造図

なお、仮に降下火砕物が主蒸気逃がし弁出口配管内に侵入し、配管を閉塞させた場合についても以下のとおり評価する。

主蒸気逃がし弁の噴出力の評価においては、湿潤状態の降下火砕物（厚さ 40cm、密度 1.5g/cm^3 ）と建築基準法における設計積雪（厚さ 150cm、密度 0.3g/cm^3 ）の組み合わせ荷重が加わるとして確認する。

主蒸気逃がし弁の出口配管外形 $\phi 16.52\text{cm}$ であることから、降下火砕物の堆積荷重は以下のとおりである。

$$\pi \times \left[\frac{16.52}{2} \right]^2 \times (40 \times 1.5 + 150 \times 0.3) \approx 22,506(\text{g}) \approx 23(\text{kg})$$

主蒸気逃がし弁の噴出力は、クールダウン末期の177°Cの飽和圧力である8.5kg/cm²と、弁出口側の流体通過断面積が約180cm²より、以下のとおりである。

$$8.5 \times 180 \approx 1,530(\text{kg})$$

以上より、降下火砕物が直接配管内に侵入し、仮に配管を閉塞させた場合でも、降下火砕物（湿潤状態）と積雪の組み合わせ荷重よりも主蒸気逃がし弁の噴出力が十分大きいことから、主蒸気逃がし弁の機能に影響を及ぼすことない。

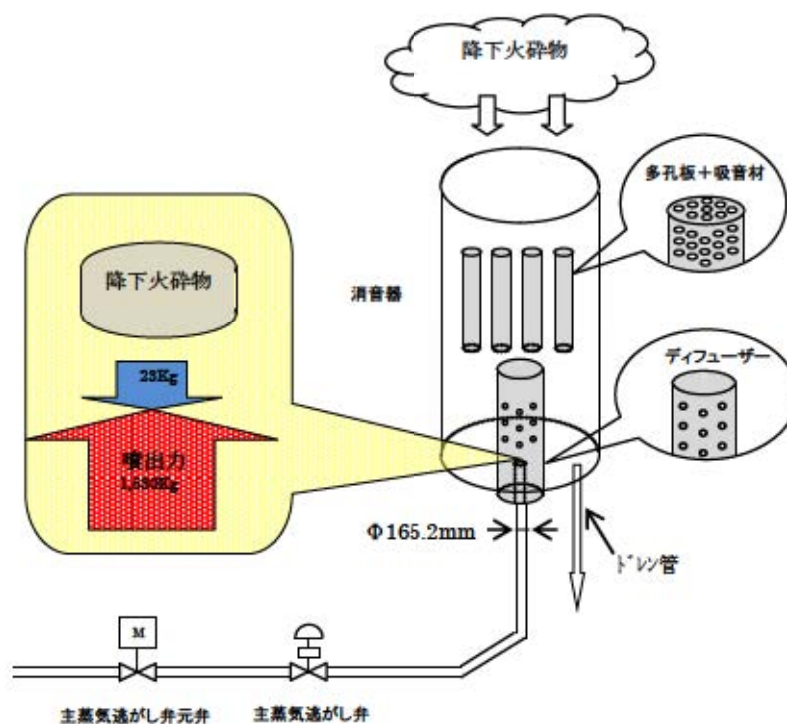
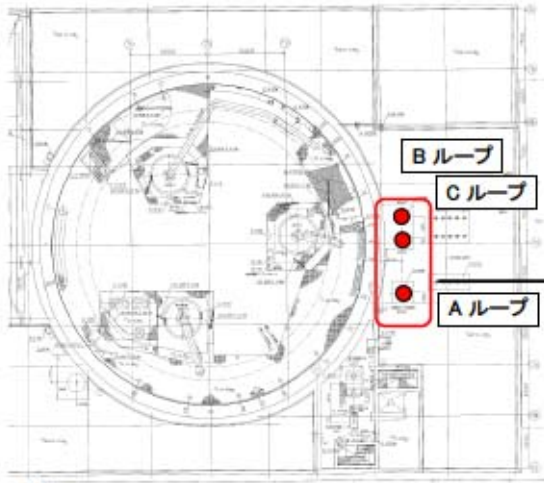


図2 主蒸気逃がし弁出口配管形状及び消音器の構造

また、各主蒸気逃がし弁の設置状況より、降下火砕物の周辺の構築物からの落下による侵入等は考えにくい。



添 1-37

図 3 主蒸気逃がし弁消音器の設置状況

以上

主蒸気安全弁排気管に係る影響評価

降下火砕物による主蒸気安全弁排気管の影響については以下のとおりとする。

(1)評価項目及び内容

①換気系に対する機械的影響（降雨等の影響を含む）

降下火砕物の主蒸気安全弁排気管への侵入により、機器の機能に影響がないことを評価する。

具体的には、主蒸気安全弁は、降下火砕物が侵入しにくい構造であること、及び主蒸気安全弁の噴出力が降下火砕物の重量よりも大きいことを確認する。

(2)評価条件

①降下火砕物条件

a. 密度： 1.5g/cm^3 （湿潤状態）（降下火砕物の層厚 1cm 当たり 150N/m^2 ）

b. 堆積量： 40cm

②積雪条件

a. 密度： 0.3g/cm^3 （積雪の単位荷重は 1cm あたり 30N/m^2 ）※1

b. 堆積量： 150cm ※2

※1：北海道 建築基準法施行規則に基づく積雪の単位荷重を用いる。

※2：火山事象と積雪事象は独立の関係にあることから、組み合わせる積雪量については同建築基準法の設計積雪「 150cm 」を用いる。

(3)評価結果

①換気系に対する機械的影響（降雨等の影響を含む）

主蒸気安全弁の排気管は図1のように斜めに配管が接続される構造となっている。

仮に降下火砕物が主蒸気安全弁排気管内部に侵入したと仮定すると、大部分はドレン受皿に溜まり、一部主蒸気安全弁の弁出口管に侵入するが、配管径が 30cm 以上あり、降下火砕物により出口配管を閉塞させることはないと考えられるため、主蒸気安全弁の蒸気放出機能に影響を与えることはない。

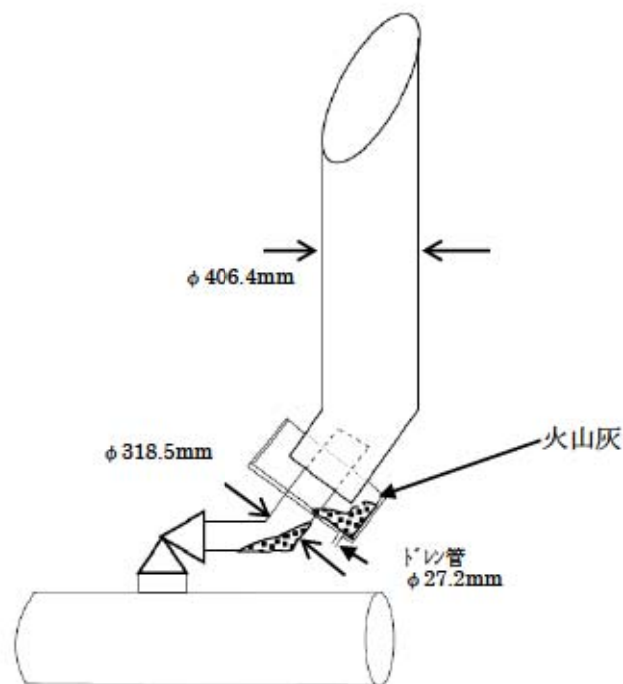


図1 主蒸気安全弁排気管の構造図

なお、仮に降下火砕物が主蒸気安全弁出口配管内に進入し、配管を閉塞させた場合についても以下のとおり評価する。

主蒸気安全弁の噴出力の評価においては、想定堆積荷重である湿潤状態の降下火砕物（厚さ40cm、密度1.5g/cm³）と建築基準法における設計積雪（厚さ150cm、密度0.3g/cm³）の組み合わせ荷重により評価する。

主蒸気安全弁の出口配管外形はφ31.85cmであることから、降下火砕物の堆積荷重は以下のとおりである。

$$\pi \times \left[\frac{31.85}{2} \right]^2 \times (40 \times 1.5 + 150 \times 0.3) \approx 83,657(\text{g}) \approx 84(\text{kg})$$

主蒸気安全弁の噴出力は、弁の噴出圧力76.3kg/cm³と、弁出口側の流体通過断面積が約707cm²であることから、以下のとおりである。

$$76.3 \times 707 = 53,944(\text{kg})$$

以上より、降下火砕物が直接配管内に侵入し、仮に配管を閉塞させた場合でも、降下火砕物（湿潤状態）と積雪の組み合わせ荷重よりも主蒸気安全弁の噴出力が十分大きいことから、主蒸気安全弁の機能に影響を及ぼすことはない。

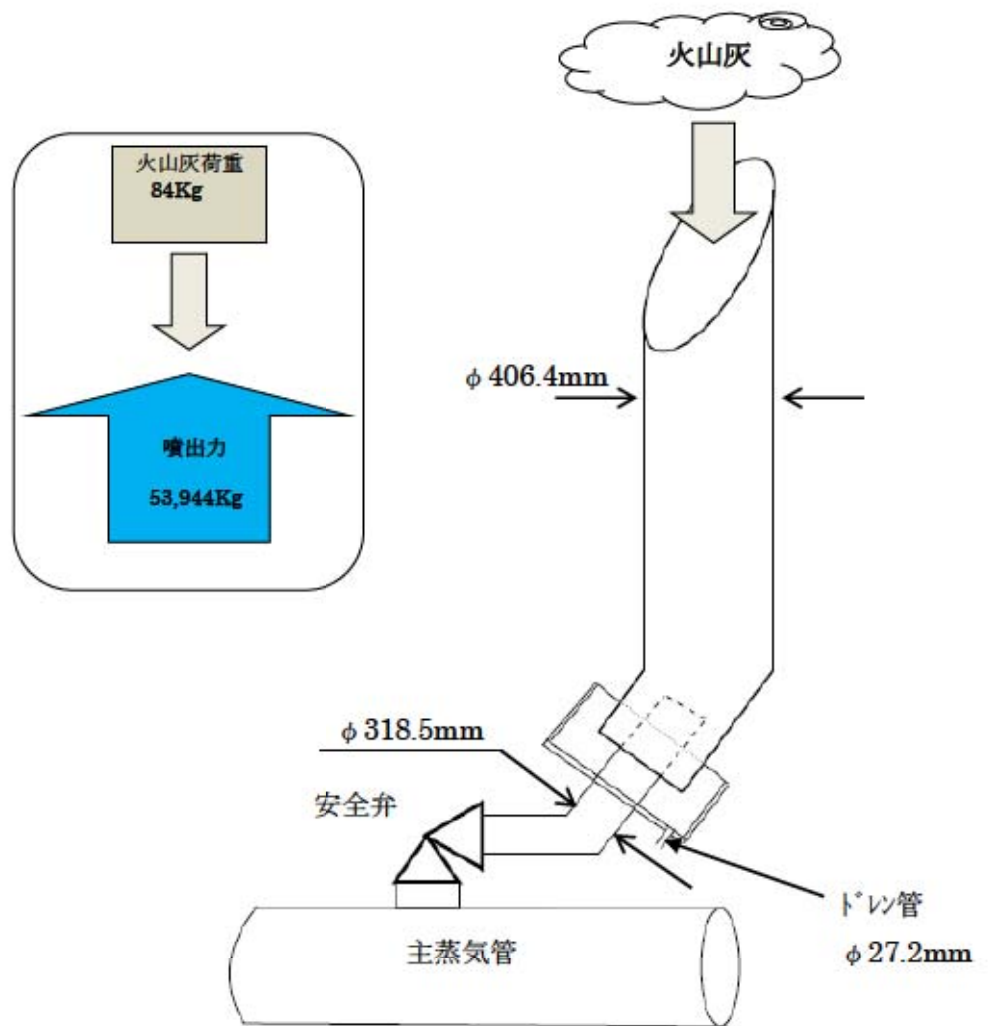


図2 主蒸気安全弁出口配管および排気管の構成



図3 主蒸気安全弁（排気管）の設置状況

以上

タービン動補助給水ポンプ排気管に係る影響評価

降下火砕物によるタービン動補助給水ポンプ排気管への影響について以下のとおり評価する。

(1) 評価項目及び内容

①換気系に対する機械的影響(降雨等の影響を含む)

降下火砕物のタービン動補助給水ポンプ排気管への侵入により、機器の機能に影響がないことを評価する。具体的には、タービン動補助給水ポンプ排気管は、降下火砕物が侵入しにくい構造であることを確認する。

(2) 評価結果

①換気系に対する機械的影響 (降雨等の影響評価を含む)

タービン動補助給水ポンプの排気管は、屋外に開口しているが、その構造は開口部が下向きになっていることから、降下火砕物が直接侵入しにくい構造であり、機能に直接影響を及ぼすことはない。



図1 タービン動補助給水ポンプ排気管の設置状況

以上

非常用ディーゼル発電機に係る影響評価

降下火砕物による非常用ディーゼル発電機への影響について以下のとおり評価する。

(1)評価項目及び内容

①換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（降雨等の影響含む）

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

(2)評価条件

①降下火砕物条件

- a. 密度：1.5g/cm³（湿潤状態）（降下火砕物の層厚1cm当たり150N/m²）
- b. 堆積量：40cm
- c. 粒径：0.4～5mm

(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（降雨等の影響を含む）

図1に示すとおり、非常用ディーゼル機関の吸入空気の流れは、下からガラリ内に吸い上げ、そのガラリ内に設置された吸入口から吸い込む構造となっており、降下火砕物が侵入しにくい構造であり、水分を含んだ降下火砕物は密度が増し、更に侵入する可能性は小さくなる。更に、フィルタにより粒径0.12mm以上は90%以上捕集できる。

仮に過給機に降下火砕物が侵入しても、過給機における狭隘部はコンプレッサホイールとケーシングの隙間(0.7mm)であり、想定する降下火砕物は侵入する可能性があるが降下火砕物は破碎しやすく、硬度が低いことから過給機を磨耗させることはない。

また、機関吸気に降下火砕物等の固形物が混入した場合でも、シリンダライナー及びピストンリングは磨耗に強い鋳鉄（ブリネル硬さ^{*1}230程度(SUS180程度)）であること、降下火砕物は砂と比較して破碎しやすく^{*2}硬度が低く^{*3}、定期検査ごとに行うシリンダライナー及びピストンリングの点検においても砂等による有意な磨耗影響は確認されていない。

長期的な影響についても、シリンダライナー及びピストンの隙間内へ侵入した降下火砕物は、シリンダとピストン双方の摺動運動が繰り返されるごとに、更に細かな粒子に破碎され、破碎された粒子はシリンダライナー及びピストンリング隙間に付着している潤滑油により機関外へ除去されること、また降下火砕物が燃焼室内に一時的に滞留しても、排気ガスと共に大気へ放出されることから、降下火砕物粒子による長期的な影響も小さいと考えられる。

なお、吸気消音器及び空気冷却器（空気側）についても、狭隘部等はなく、降下火砕物に

より、機能に影響を及ぼすことはない。

※1 ブリネル硬さとは、一般的に金属等の工業材料に用いられる硬さの単位

※2 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、pp38-47.

※3 恒松修二・井上耕三・松田忠作(1976)：シラスを主原料とする結晶化ガラス、窯業協会誌 84 [6]、p.32-40

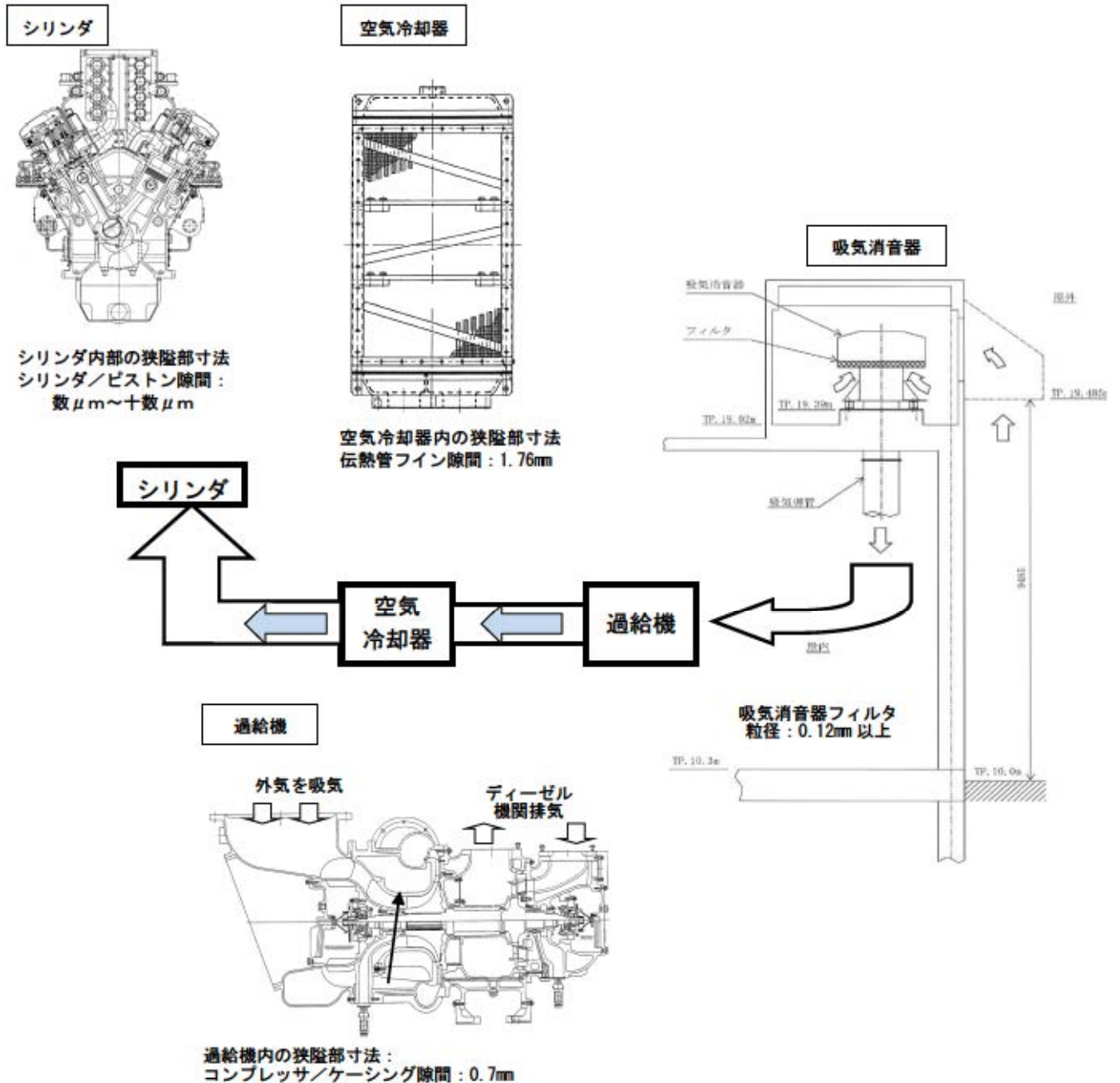


図1 非常用ディーゼル機関の吸入空気の流れ

(4) 関連設備への影響

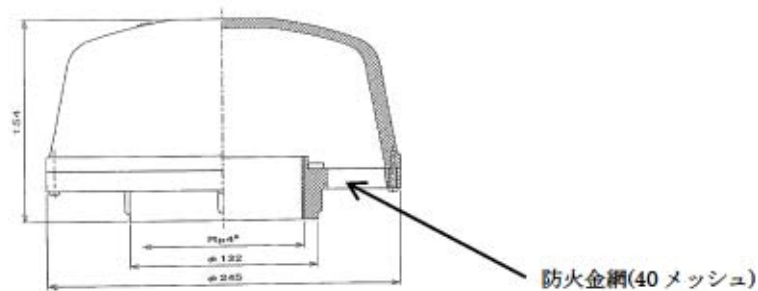
非常用ディーゼル発電機の関連設備として、非常用ディーゼル発電機燃料油貯油槽がある。非常用ディーゼル発電機燃料油貯油槽は地下タンクであり、降下火砕物の降灰による直接的影響を受けないが、ベント管については屋外にあることから影響について確認する。

非常用ディーゼル発電機燃料油貯油槽のベント管は、図2に示すとおり開口部が下向きとなっており、降下火砕物が侵入しにくい構造となっている。

また、地上面から約15m以上の位置にベント管の開口部があり、降下火砕物の吹き上がりによる侵入の影響も考えにくい。

更に、非常用ディーゼル機関の燃料油系統には油こし器（濾過精度は5 μ m（実効値））があり、運転に影響がある大きさの異物は除去される。

なお、油こし器は、エレメントが2台ずつ設置されており、切替も可能である。



ベント管詳細



既設燃料油貯油槽ベント管



新設燃料油貯油槽ベント管

図2 燃料油貯油槽ベント管の外観写真

以上

換気空調設備（給気系外気取入口）に係る影響評価

降下火砕物による換気空調設備（給気系外気取入口）への影響について以下のとおり評価する。

(1)評価項目及び内容

①換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（降雨等の影響を含む）

降下火砕物の換気空調設備（給気系外気取入口）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。

<評価対象施設>

・換気空調設備（給気系外気取入口）

（補助建屋給気ガラリ※¹、原子炉建屋給気ガラリ※²、主蒸気管室給気ガラリ※³）

※1 中央制御室空調装置、安全補機開閉器室空調装置、補助建屋空調装置、格納容器空調装置、試料採取室空調装置

※2 ディーゼル発電機室換気装置、制御用空気圧縮機室換気装置、電動補助給水ポンプ室換気装置

※3 主蒸気管室換気装置、タービン動補助給水ポンプ室換気装置、

②発電所周辺の大気汚染

降下火砕物により汚染された発電所周辺の大気が換気空調設備を経て運転員が常駐している中央制御室の居住性に影響がないことを評価する。

中央制御室空調装置は、降下火砕物が降灰した際に閉回路循環運転により外気の取り込みを一時的に停止することが可能であるが、その場合の中央制御室内の居住性について、中央制御室内に滞在する運転員の操作環境の劣化を防ぐために、酸素濃度及び炭酸ガス濃度の評価を行う。

(2)評価条件

①降下火砕物条件

- a. 密度：1.5g/cm³（湿潤状態）（降下火砕物の層厚1cm当たり150N/m²）
- b. 堆積量：40cm
- c. 粒径：0.4～5mm

(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（降雨等の影響を含む）

図1に示すとおり、各換気空調設備の給気系外気取入口は、降下火砕物が侵入しにくい構造であり、水分を含んだ降下火砕物は密度が増し、更に侵入する可能性は小さくなる。

また、各外気取入口には平型フィルタが設置されており、降下火砕物が外気取入口に侵

入した場合であっても、平型フィルタは数 μm オーダの粒子に対し除塵効率が9割程度あり、フィルタメッシュより大きな降下火砕物が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と考えられる。

図2に示すとおり、各フィルタについては、建屋内からのアクセス通路が設置されており、アクセス性が良く、必要に応じて清掃及び交換することにより除灰できることも確認している。

屋内への降下火砕物の侵入について、外気を取り入れている空調系統としては、格納容器空調装置、補助建屋空調装置、試料採取室空調装置、ディーゼル発電機室換気装置、制御用空気圧縮機室換気装置、主蒸気管室換気装置、電動補助給水ポンプ室換気装置、タービン動補助給水ポンプ室換気装置、安全補機開閉器室空調装置、中央制御室空調装置がある。これらは補助建屋給気ガラリ、原子炉建屋給気ガラリ、主蒸気管室給気ガラリを介して外気を取り入れている。

これらガラリ（各外気取入口）には平型フィルタ（主として粒径 $5\mu\text{m}$ より大きい粒子を捕集可能）を設置しているため、降下火砕物が外気取入口に達した場合であっても、一定以上の粒径の降下火砕物については、平型フィルタにより侵入を阻止することが可能である。

なお、フィルタメッシュよりも小さな降下火砕物が室内へ侵入する可能性が考えられるが、上記の系統のうち、外気取入用ダンパが設置されており閉回路循環運転が可能である中央制御室、安全補機開閉器室の空調系については、降下火砕物の侵入が想定される場合には、外気取入ダンパを閉止し、閉回路循環運転を行うことにより、火山灰の侵入を阻止することが可能である。

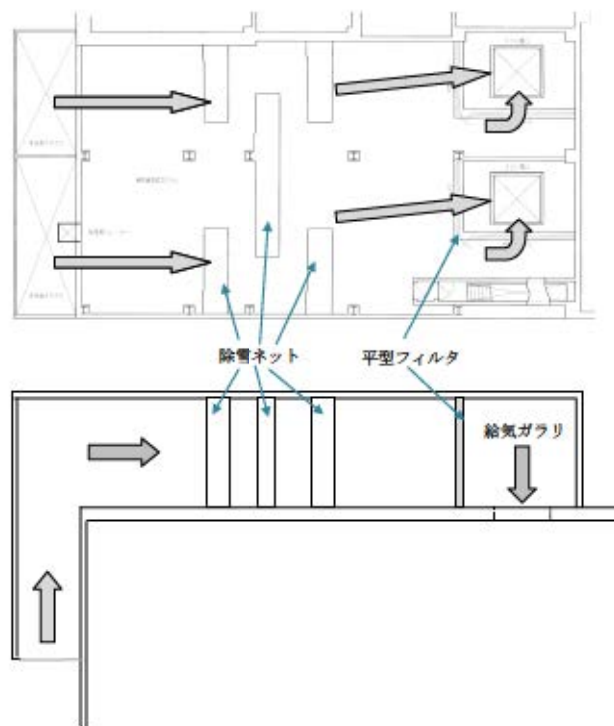


図1 補助建屋給気ガラリ外気取入口の空気の流れ

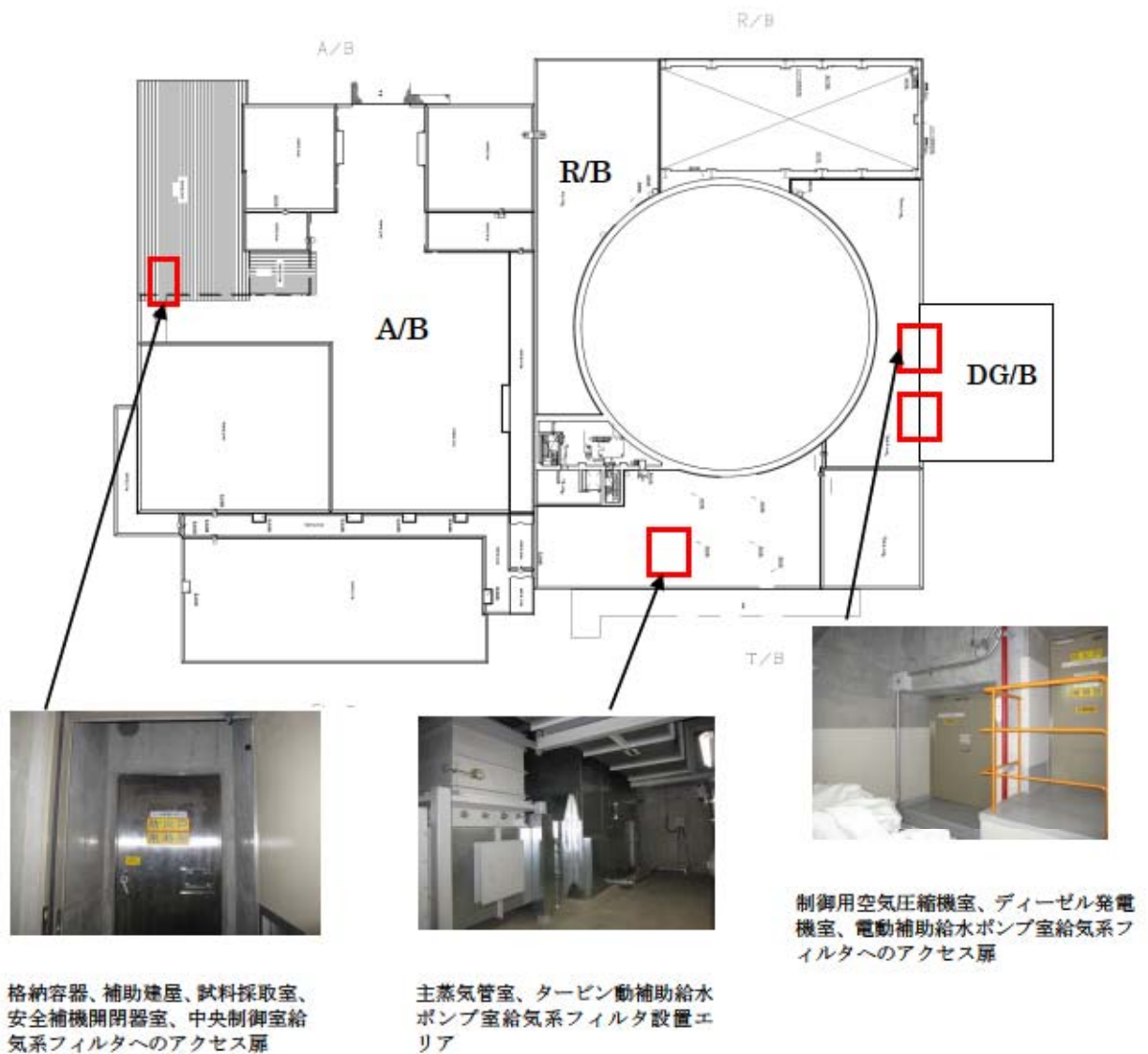


図2 換気空調設備の外気取入口（フィルタ）へのアクセス例

②発電所周辺の大気汚染

中央制御室空調装置については、外気取入ダンパを閉止し、閉回路循環運転することも可能であり、その場合でも中央制御室の居住性が維持されることを確認している。(図3参照)

a. 酸素濃度

「空調調和・衛生工学便覧 空調設備篇」に基づき、酸素濃度について評価した。

(a) 評価条件

- ・ 在室人数：10人
- ・ 中央制御室バウンダリ内体積：3,500m³
- ・ 空気流入率：0.05回/h^{*}（閉回路運転）

※空気流入率測定試験結果（約 0.12 回/h）を基に保守的に設定。

- ・初期酸素濃度：20.95%
- ・1人当たりの呼吸量は、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人当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から）

(b) 評価結果

上記評価条件から求めた酸素濃度は、以下のとおりであり、720 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。

時間	12 時間	24 時間	36 時間	96 時間	168 時間	720 時間
酸素濃度	20.78%	20.69%	20.64%	20.58%	20.58%	20.58%

b. 二酸化炭素濃度

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

(a) 評価条件

- ・在室人数：10 人
- ・中央制御室バウンダリ内体積：3,500m³
- ・空気流入率：0.05 回/h*（閉回路運転）
※空気流入率測定試験結果（約 0.12 回/h）を基に保守的に設定。
- ・初期二酸化炭素濃度：0.03%
- ・1人当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 0.04624 m³/h とする。
- ・許容二酸化炭素濃度：1%以下（鉱山保安法施行規則から）

(b) 評価結果

上記評価条件から求めた酸素濃度は、以下のとおりであり、720 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。

時間	12 時間	24 時間	36 時間	96 時間	168 時間	720 時間
二酸化炭素濃度	0.149%	0.214%	0.249%	0.291%	0.293%	0.293%

注) 「外気遮断時の中央制御室内の酸素及び二酸化炭素濃度の評価について」技術的能力 1.16 まとめ資料より引用

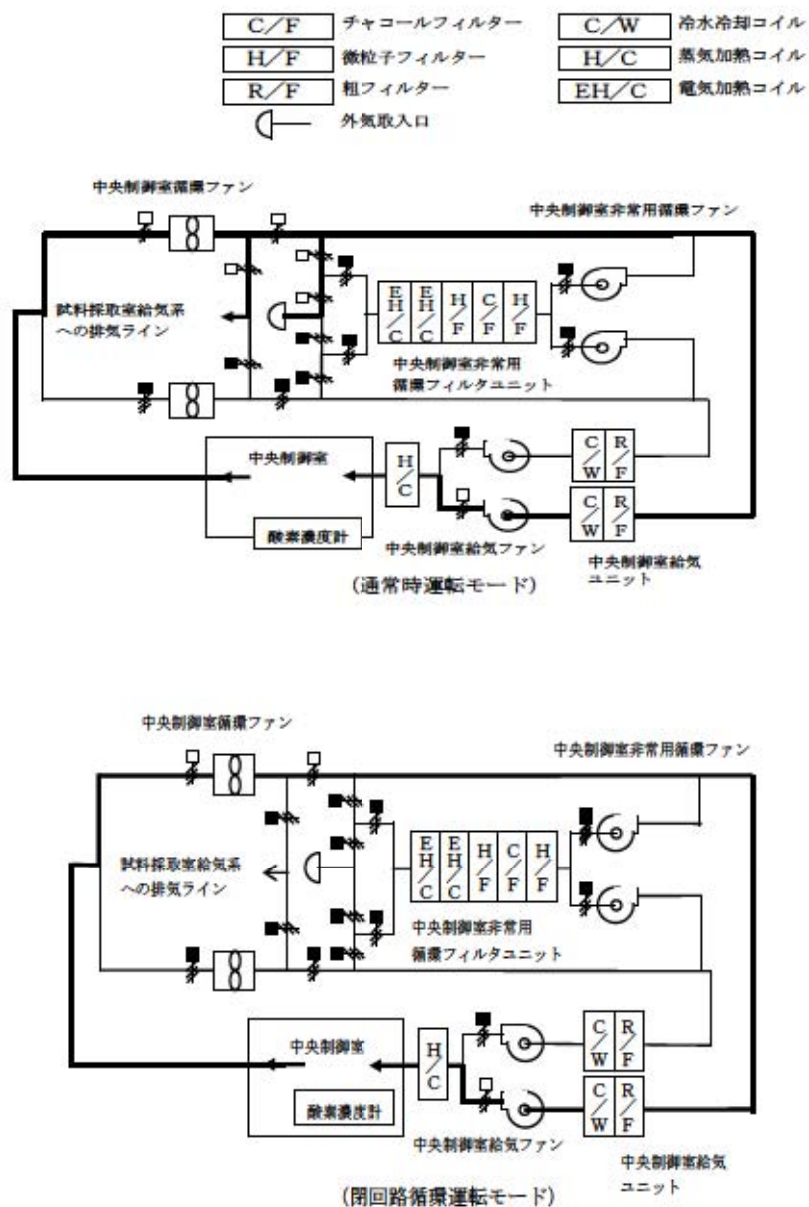


図3 中央制御室空調装置 概略系統図

以上

排気筒に係る影響評価

降下火砕物の降灰による排気筒への影響について以下のとおり評価する。

(1)評価項目及び内容

①換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞、磨耗）

降下火砕物の排気筒への侵入により、排気筒の機能に影響がないことを評価する。具体的には、排気筒の排気速度が降下火砕物の降下速度より大きく、降下火砕物が排気筒へ侵入しないことを確認する。また、降下火砕物が侵入したとしても流路が閉塞しないことを確認する。

②換気系に対する化学的影響（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）（降下火砕物の層厚1cm当たり150N/m²）
- b. 堆積量：40cm
- c. 粒径：0.4～5mm

(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（降雨等の影響を含む）

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

降下火砕物粒子の降下速度を単粒子自由落下*と考えるとモデル化し、以下のとおり導出する。

降下速度 W_f (m/s) は次式で表される。

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

重力加速度 $g = 9.80665$ (m/s²)

抵抗係数 $C_w = 0.44$

粒子密度 $\rho_k = 1500$ (Kg/m³)

空気密度 $\rho_L = 1.1$ (kg/m³)

粒子径 d_K (m)

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

そのため、本評価では想定される降下火砕物の特性として設定された、湿潤密度 $1,500\text{kg/m}^3(1.5\text{g/cm}^3)$ 、粒子径 $0.005\text{m}(5\text{mm})$ の降下火砕物粒子を用いて降下速度を算出すると以下となる。

$$W_f = \sqrt{\frac{4}{3} \times \frac{0.98665}{0.44} \times \frac{1500-1.1}{1.1} \times 0.005} = 14.23 \Rightarrow 14.3(\text{m/s})$$

(※) 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】「流体-固体二相流-空気輸送と水力輸送-」日刊工業新聞社 森川敬信 著

b. 排気筒の排気速度

泊発電所3号炉の排気筒は、常時排気があり、排気筒に接続されている排気量及び排気量は表1のとおりである。

表1 泊発電所3号炉の排気筒に接続されている系統の排気量及び排気速度

	泊発電所3号炉排気筒	備考
格納容器排気系統	—	排気筒の排気量より、排気速度（吹き出し速度）は下式で求められる。 $V = \frac{Q}{A}$ 排気筒吹き出し速度 $V(\text{m/s})$ 合計排気量 $Q(\text{m}^3/\text{s})$ 排気筒断面積 $A(\text{m}^2)$
アニュラス空気浄化系統	—	
補助建屋排気系統	3,000 $\text{m}^3/\text{min} \times 2$ 台	
試料採取室排気系統	225 $\text{m}^3/\text{min} \times 2$ 台	
合計排気量	6,450 m^3/min	
排気筒サイズ	$\phi 2,300$	
排気筒排気速度	25.8 m/s	

以上より、排気筒の排気速度（吹き出し速度）は降下火砕物の降下速度 14.3m/s を上回ることから、降下火砕物が排気筒内に侵入することはない。

仮に降下火砕物が直接排気筒内に侵入した場合でも、図1に示すとおり、排気筒の構造から降下火砕物により流路を閉塞することはない、ドレンから排出することも可能であり、機能に影響を及ぼすことはない。

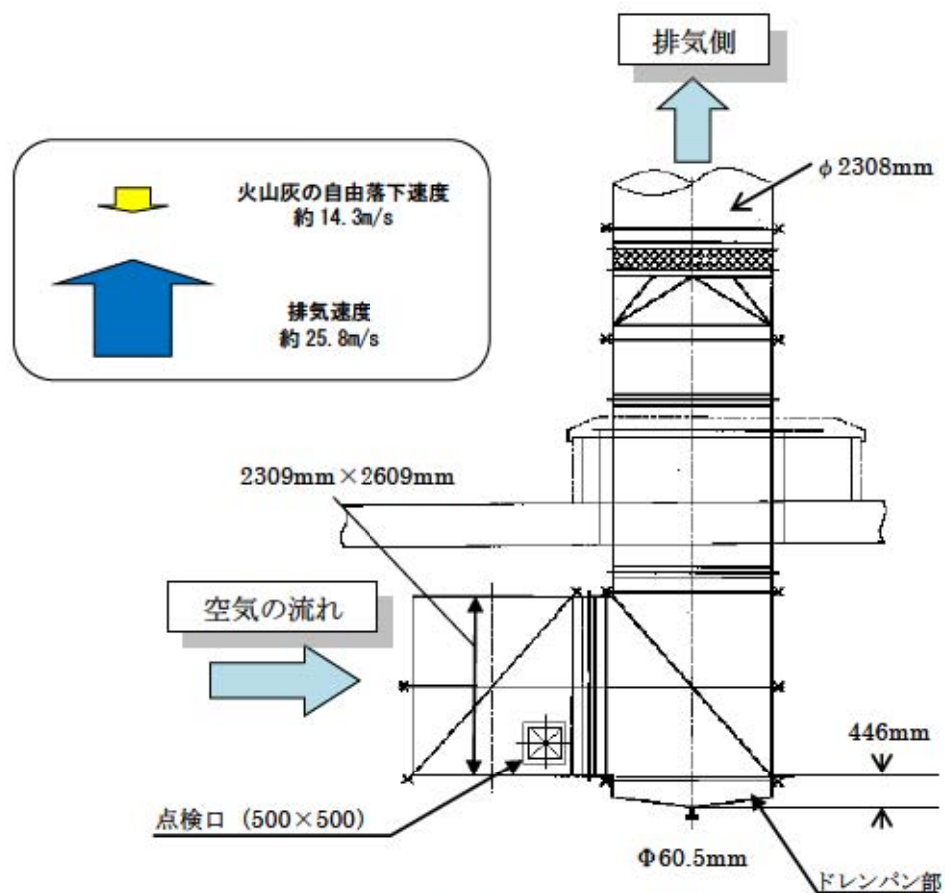


図1 排気筒曲がり部の構造

②換気系に対する化学的影響（腐食）

降下火砕物による化学的腐食を想定しても、屋外設備である排気筒は外面塗装等による対応を行っていることから、直ちに腐食により排気筒の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、降下火砕物が排気筒に侵入した場合でも、内部点検や除去が可能であり、その状況に応じて補修作業を行う。

以上

取水設備に係る影響評価

粒径の大きな降下火砕物については、取水路内に沈降すると考えられるものの、仮にごく少量の降下火砕物が取水設備に達した場合の影響について以下のとおり評価する。

(1)評価項目及び内容

①水循環系の閉塞

降下火砕物が混入した海水を取水することにより、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：0.4～5mm

(3)評価結果

①水循環系の閉塞

取水設備は、図1に示すとおり、取水口からバースクリーン、トラベリングスクリーン、海水ポンプの構成になっており、海水中の大きな塵芥の除去を実施している。表1には取水設備のメッシュの間隔を示す。

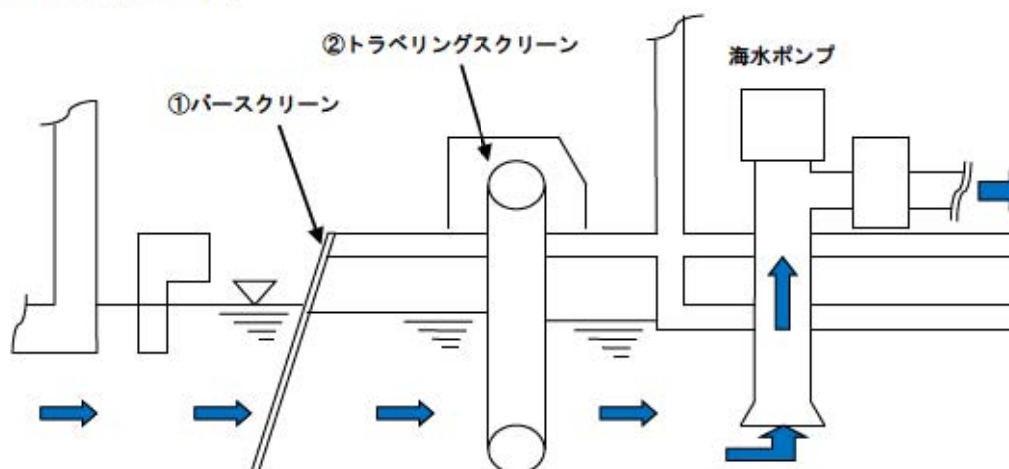


図1 取水設備の構造

表1 取水設備のメッシュ間隔

	①バースクリーン	②トラベリングスクリーン
メッシュ間隔	バー隙間：88mm	メッシュ：10mm

以上より、取水設備のメッシュ間隔に対して、想定する降下火砕物の粒径は十分小さく、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が閉塞することはない。

②水循環系の化学的影響（腐食）

海水系の化学的影響については、海水中の降下火砕物濃度は非常に希薄であること、取水設備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く、直ちに腐食により機能に影響を及ぼすことはない。

以上

原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナに係る影響評価

降下火砕物による原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ（下流設備含む、以下「海水ポンプ出口ストレーナ」）への影響について以下のとおり評価する。

(1)評価項目及び内容

①水循環系の閉塞

降下火砕物が混入した海水を取水することにより、海水ポンプ出口ストレーナ（下流設備含む）が閉塞しないことを評価する

②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：0.4～5mm

(3)評価結果

①水循環系の閉塞

降下火砕物の粒径は、海水ポンプ出口ストレーナのエレメントのメッシュサイズ（直径3mm）よりも大きいものもあるが、海水ポンプ出口ストレーナはうず巻式（自洗式）であり、海生生物などを連続的に除去できるものであり、降下火砕物も同様に除去できるため機能に影響を及ぼすことはない。

海水ポンプ出口ストレーナのメッシュを通過した降下火砕物の粒子は、下流の冷却器の冷却管（表1参照）に対して粒子が十分小さく、冷却管の閉塞により、下流の機器に影響を及ぼすことはない。

また、各冷却器に通水される海水の流量は大きいことから、降下火砕物が冷却管内で堆積し閉塞することは考えにくい。

表1 冷却器の冷却管の内径及び海水流量

機器名		伝熱管内径	海水流量
非常用ディーゼル発電機	潤滑油冷却器	約15mm	約50m ³ /h
	清水冷却器	約15mm	約50m ³ /h
	空気冷却器	約10.6mm	約55～105m ³ /h
空調用冷凍機		約15.78mm	約125m ³ /h(夏季)
原子炉補機冷却水冷却器（プレート型）		約3.25mm	約1,050m ³ /h

②水循環系の化学的影響（腐食）

化学的影響については、海水ポンプ出口ストレナ下流の機器の冷却器（細管等）についても、耐食性のある材料を用いていること、並びに連続通水状態であり著しい腐食環境にならないことから、腐食により下流の機器に影響を及ぼすことはない。

以 上

制御用空気圧縮機に係る影響評価

降下火砕物による制御用空気圧縮機への影響について以下のとおり評価する。

(1)評価項目及び内容

①換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（磨耗）

降下火砕物が制御用空気圧縮機の摺動部に侵入する可能性を考慮し、侵入した場合の影響について評価する。

(2)評価条件

①降下火砕物条件

a. 粒径：0.4～5mm

(3)評価結果

制御用空気圧縮機が設置されているエリアは、制御用空気圧縮機室換気装置にて空調管理されている。

制御用空気圧縮機は、室内の空気を吸入して圧縮空気を供給しているため、降下火砕物の降灰の際に、機器内に降下火砕物が侵入する可能性があるが、制御用空気圧縮機室換気装置の外気取入口には、平型フィルタ（粒径がおおよそ $5\mu\text{m}$ より大きな粒子を除去）が設置されていることから、室内に侵入した降下火砕物の粒径は $5\mu\text{m}$ 以下の細かな粒子であると推定される。

なお、微細な粒子であっても、制御用空気圧縮機のシリンダライナ内面とピストンリングは直接、接触摺動している状態であり、機器内に吸入された降下火砕物がシリンダライナ内面とピストンリングの間に侵入した場合には磨耗発生が懸念される。

しかしながら、シリンダライナはハードクロムメッキ処理、ピストンリングはカーボングラファイトであり、降下火砕物は硬度が低くもろいことから、摺動部に侵入した降下火砕物により磨耗が発生し、摺動部に損傷を発生させることはない。

以 上

安全系の計装盤等に係る影響評価

屋内に空気を取り込む機構を有する安全系計装盤・電気盤への降下火碎物の降灰の影響について以下のとおり評価する。

(1)評価項目及び内容

①絶縁低下

降下火碎物が盤内に侵入する可能性及び侵入した場合の影響について評価する。

(2)評価条件

①降下火碎物条件

a. 粒径：0.4～5mm

(3)評価結果

安全系の計装盤等が設置されているエリアは、安全補機開閉器室空調装置、原子炉補助建屋空調装置にて空調管理されている。

これらの盤には、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場合があるため、換気に伴い降下火碎物が盤内に侵入する可能性が考えられるが、安全補機開閉器室空調装置、原子炉補助建屋空調装置の外気取入口には平型フィルタ（粒径がおよそ $5\mu\text{m}$ より大きい粒子を除去）が設置されており、これに加えて下流側にさらに細かな粒子を捕集可能な粗フィルタ（粒径がおよそ $2\mu\text{m}$ より大きな粒子を除去）が設置されている。

このため、他の空調系に比べて降下火碎物に対する高い防護性能を有しており、室内に侵入した降下火碎物の粒径はほぼ $2\mu\text{m}$ 以下の細かいな粒子であると推定される。

なお、微細な粒子であっても、降下火碎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させることが懸念されるが、盤において数 μm 程度の線間距離となるのは、集積回路（ICなど）の内部であり、これら部品はモールド（樹脂）で保護されているため、降下火碎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、端子間の距離が数 mm 程度であることから、降下火碎物の付着等により短絡等を発生させる可能性はない。

さらに、安全補器開閉器室空調装置については、降下火碎物の降灰時には、外気取入ダンパを閉止し閉回路循環運転を行うことにより侵入を防止することが可能である。

以上のことから、安全系の計装盤・電気盤の機能に影響を及ぼすことはない。

以 上

泊発電所 3 号炉

火山影響評価 補足資料

目次

1. 評価ガイドとの整合性について
2. 降下火砕物の特徴から抽出される直接的影響要因と評価対象施設の組合せ
3. 原子炉の高温停止及び低温停止に必要な設備に関する降下火砕物の降灰の影響評価について
4. 塗装による降下火砕物の化学的影響（腐食）について
5. 降下火砕物の金属腐食研究について
6. 降下火砕物による磨耗の影響（破碎しやすさ・硬度）について
7. 建屋及び屋外設備に対する荷重評価の基本的な考え方について
8. 粒径の大きな降下火砕物の原子炉補機冷却海水ポンプへの影響について
9. 非常用ディーゼル機関の故障要因について
10. 降下火砕物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
11. 非常用ディーゼル発電機吸気消音器の吸気フィルタへの影響について
12. 換気空調設備（給気系外気取入口（平型フィルタ））への影響について
13. 降下火砕物の降灰によるその他設備への影響について
14. 降下火砕物の降灰した際の対応手順について
15. 降下火砕物の除灰に要する時間について
16. 負圧管理箇所への降下火砕物の侵入影響について
17. 腐食による機能影響について
18. 灰置場の場所及び容量について
19. 降下火砕物降灰時の平型フィルタ取替の手順について
20. 観測された諸噴火の最盛期における噴煙柱の高度、噴出率と継続時間
21. 降下火砕物の粒度分布について
22. 降下火砕物による開閉所への影響について
23. 非常用ディーゼル発電機吸気フィルタの閉塞について
24. 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
25. 気中降下火砕物対策の検討について

層厚及び粒径について審議中のため、補足資料－1は追而とする。

補足資料－1

1. 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、以下の表に示す。

原子力発電所の火山影響評価ガイド	泊発電所 3 号炉に対する火山事象の影響評価（降下火砕物の影響評価）
<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いものでなければならず、敷地周辺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、最近では使用済燃料中間貯蔵施設の安全審査において評価実績があり、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」（JEAG4625-2009）を制定し、2012 年に IAEA が SafetyStandards “VolcanicHazardsinSiteEvaluationforNuclearInstallations” (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ており、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の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>1. 3 関連法規等</p> <p>本評価ガイドは、以下を参考としている。</p> <p>(1) 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 年原子力規制委員会規則第 5 号）</p> <p>(2) 使用済燃料中間貯蔵施設の安全審査における「自然環境」の考え方について（平成 20 年 10 月 27 日原子力安全委員会了承）</p> <p>(3) 日本電気協会「原子力発電所火山影響評価技術指針」（JEAG4625-2009）</p> <p>(4) IAEA SafetyStandards “VolcanicHazardsinSiteEvaluationforNuclear Installations” (No. SSG-21, 2012)</p>	<p>1. はじめに</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いものでなければならず、敷地周辺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>火山の影響により原子炉施設の安全性を損なわれることのない設計であることを評価するための「原子力発電所の火山影響評価ガイド」を参照し、以下のとおり火山影響評価を行い、安全機能が維持されることを確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・立地評価 ・影響評価

原子力発電所の火山影響評価ガイド

2. 原子力発電所に影響を及ぼす火山影響評価の流れ

火山影響評価は、図1に従い、立地評価と影響評価の2段階で行う。

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い、影響を及ぼし得る火山が抽出された場合には、抽出された火山の火山活動に関する個別評価を行う。即ち、設計対応不可能な火山事象が原子力発電所の運用期間中に影響を及ぼす可能性の評価を行う。(解説-1)

影響を及ぼす可能性が十分小さいと評価された場合は、火山活動のモニタリングと火山活動の兆候把握時の対応を適切に行うことを条件として、個々の火山事象に対する影響評価を行う。一方、設計対応不可能な火山事象が原子力発電所運用期間中に影響を及ぼす可能性が十分小さいと評価されない場合は、原子力発電所の立地は不適と考えられる。

影響評価では、個々の火山事象への設計対応及び運転対応の妥当性について評価を行う。

解説-1. IAEASSG-21では、火砕物密度流、溶岩流、岩屑なだれ・地滑り及び斜面崩壊、新しい火道の開通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。

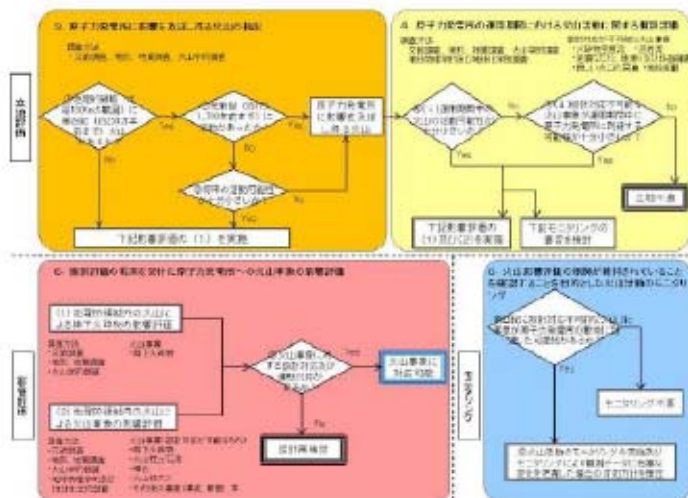


図1 原子力発電所に影響を及ぼす火山影響評価の基本フロー

泊発電所3号炉に対する火山事象の影響評価 (降下火砕物の影響評価)

2. 原子力発電所に影響を及ぼす火山影響評価の流れ

ガイドに従い評価

原子力発電所の火山影響評価ガイド	泊発電所 3 号炉に対する火山事象の影響評価（降下火砕物の影響評価）
<p>【立地評価】（項目名のみ記載）</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>【立地評価】</p> <p>ガイドに従い評価</p>

原子力発電所の火山影響評価ガイド	泊発電所3号炉に対する火山事象の影響評価（降下火砕物の影響評価）
<p>【影響評価】</p> <p>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</p> <p>原子力発電所の運用期間中において設計対応不可能な火山事象によって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、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、その影響評価を行う。</p> <p>ただし、降下火砕物に関しては、火山抽出の結果にかかわらず、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あ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で、噴出源が同定でき、その噴出源が将来噴火する可能性が否定できる場合は考慮対象から除外する。</p> <p>また、降下火砕物は侵食等で厚さが低く見積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。</p> <p>(解説-14)</p> <p>抽出された火山事象に対して、4章及び5章の調査結果等を踏まえて、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-15)</p> <p>以下に、各火山事象の影響評価の方法を示す。</p> <p>解説-14. 文献等には日本第四紀学会の「日本第四紀地図」を含む。</p> <p>解説-15. 原子力発電所との位置関係について</p> <p>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(JEAG4625)から引用した。JEAG4625では、調査対象火山事象と原子力発電所との距離は、わが国における第四紀火山の火山噴出物の既往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往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。</p> <p>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。</p> <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・降雪等の自然現象は、火山灰等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</p>	<p>【影響評価】</p> <p>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</p> <p>原子力発電所の運用期間中において設計対応不可能な火山事象によって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、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た結果、降下火砕物が抽出される。</p> <p>以上のことから降下火砕物による影響評価を行う。</p> <p>なお、降下火砕物の影響評価では、敷地内の地質調査結果より、降下火砕物の堆積厚さを40cm、並びに降下火砕物の粒径及び密度をそれぞれ以下のとおり設定している。なお、降雨等の同時期に想定される気象条件が降下火砕物等特性に影響を及ぼす影響についても考慮している。</p> <p>粒径は、泊発電所の敷地周辺で採取した降下火砕物の粒度試験結果から0.4mm～5mmと設定する。</p> <p>また、密度は、降雨等水分を含むことにより増大することから湿潤状態を考慮する。泊発電所の敷地近傍で採取した降下火砕物の密度試験及び文献(宇井偏(1997)では、「乾燥した降下火砕物は密度0.4～0.7であるが、湿ると1.2を越える事がある。」等の記載がある)から1.5g/cm³と設定する。</p> <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、最も広範囲に及び火山事象で、ごくわずかな降下火砕物の堆積でも、原子力発電所の通常運転を妨げる可能性がある。降下火砕物により影響を与える可能性のある影響因子としては、原子力発電所の構造物への静的負荷及び化学的影響、水循環系の閉塞、磨耗及び化学的影響、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考えられる。</p>

原子力発電所の火山影響評価ガイド	泊発電所3号炉に対する火山事象の影響評価（降下火砕物の影響評価）
<p>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 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 降下火砕物の影響評価では、降下火砕物の堆積物量、堆積速度、堆積期間及び火山灰等の特性等の設定、並びに降雨等の同時期に想定される気象条件及び火山灰等特性に及ぼす影響を考慮し、それらの原子炉施設又はその付属設備への影響を評価し、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>(3) 確認事項 (a) 直接的影響の確認事項 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。 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。 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） 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 降下火砕物は広範囲に及ぶことから、広範囲にわたる送電網の損傷による長期の外部電源喪失の可能性、原子力発電所へのアクセス制限事象の可能性も考慮し、間接的影響を確認する。</p> <p>(2) 降下火砕物による原子力発電所への影響評価 降下火砕物の影響を考慮すべき設備として、重要安全施設のうち、屋外の構築物、系統及び機器、又は、屋内設置であるが屋外に開口している設備を選定し、評価対象施設としている。ただし、その他の構築物、系統及び機器であっても、その停止により、当該施設の運転に影響を及ぼす場合は評価対象施設として抽出する。なお、建屋についてはクラス1及びクラス2に属する構築物、系統及び機器を内包している建屋を評価対象施設として抽出する。 選定した評価対象施設について影響評価を行い、原子炉施設の安全性を損なわないことを確認する。</p> <p>(3) 確認結果 (a) 直接的影響の確認結果 ①降下火砕物堆積荷重に対して、原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機建屋、循環水ポンプ建屋の健全性が維持されることを確認した。 ②降下火砕物による化学的影響に対して、原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機建屋、循環水ポンプ建屋の健全性が維持されることを確認した。 ③降下火砕物により、原子炉補機冷却海水ポンプ、原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ、取水設備、原子炉補機冷却海水系統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を確認した。 ④外気取入口からの降下火砕物の侵入により、換気空調設備のフィルタの目詰まり、非常用ディーゼル発電機機関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できることを確認した。 ⑤換気空調設備の外気取入口は容易にアクセスできること、また、外気取入口は降下火砕物が侵入しにくい構造であり、仮に侵入した場合であっても、平型フィルタの状態を確認し、必要に応じて清掃及び交換することにより、降下火砕物を除去できることを確認した。 また、降下火砕物が確認された場合は、必要に応じて、構築物、系統及び機器の点検等を行うこととしている。</p>

原子力発電所の火山影響評価ガイド	泊発電所3号炉に対する火山事象の影響評価（降下火砕物の影響評価）
<p>(b) 間接的影響の確認事項 原子力発電所外での影響（長期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、次の方法により堆積物量を設定する。 <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。 ✓ 対象となる火山の噴火量、噴煙柱高、全体粒度分布、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関数として、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、並びに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。 </p> <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 style="text-align: right;">以上</p>	<p>(b) 間接的影響の確認結果 ①原子力発電所外での影響（長期期間の外部電源の喪失及び交通の途絶）を考慮し、燃料油等の備蓄等により、原子炉及び使用済燃料ピットの安全性を損なわないように対応が取れることを確認した。 泊発電所3号炉の非常用所内交流電源設備は、2台の非常用ディーゼル発電機と必要な耐震Sクラスの燃料油貯油槽（132K0：4基）を有している。 7日間の外部電源喪失に対して、原子炉の停止、停止後の冷却に係る機能を担うため、非常用ディーゼル発電機の連続運転に必要な容量以上の燃料を貯蔵する設備を有し、必要とされる電力の供給が継続できる構成となっている。</p> <p>以上のことから、降下火砕物による直接的及び間接的影響はなく、原子炉施設の安全性を損なうことはない。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>

2. 降下火砕物の特徴から抽出される直接的影響因子と評価対象施設の組み合わせ

降下火砕物の特徴とその特徴から抽出される直接的影響因子、さらに影響因子の影響を受ける可能性のある評価対象施設との関係について、表1.4 「降下火砕物の降灰が影響を与える評価対象施設と影響因子の組合せ」において、影響評価すべき組合せを検討した結果を図のフローに示す。

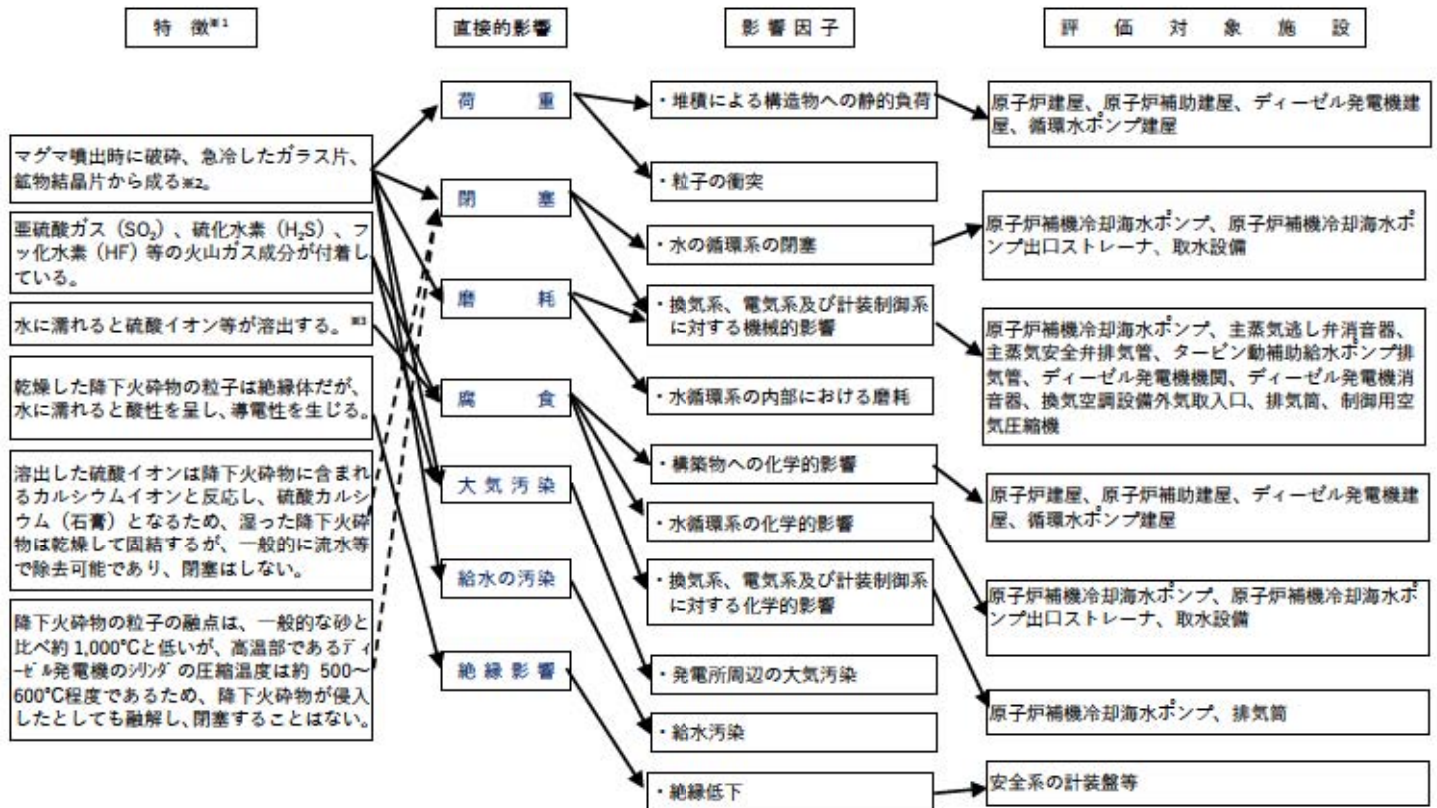


図 降下火砕物の特徴から抽出される影響因子と評価対象施設の関連フロー

※1: (参考文献) 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十数 μm のオーダーの腐食。

(試験条件・・・温度、湿度、保持時間 [① (40°C, 95%, 4h) ~② (20°C, 80%, 2h) × 18サイクル])

([参考文献] 出雲茂人、末吉秀一他、火山環境における金属材料の腐食、1990、防食技術

Vol. 39, pp. 247-253)

⇒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。

3. 原子炉の高温停止及び低温停止に必要な設備に関する降下火砕物の影響評価について

降下火砕物に起因する外部電源喪失事象により、原子炉の停止が想定されることから、原子炉の高温停止及び低温停止に必要な機能を以下のとおり抽出した。

- (1) 原子炉停止：原子炉停止系
- (2) ほう酸添加：原子炉停止系（化学体積制御設備のほう酸注入機能）
- (3) 崩壊熱除去：補助給水系、主蒸気系、余熱除去系
- (4) 上記系統の関連系（安全保護系、中央制御室空調装置、制御用圧縮空気設備、非常用所内電源系、原子炉補機冷却水設備、直流電源設備、原子炉補機冷却海水設備 等）

以上の機能を達成するために必要な設備は、下表の防護対象に含まれていることを確認した。

表 原子炉の高温停止及び低温停止に必要な設備に関する防護対象(1/2)

分類	定義	安全機能の重要度分類		設備設置場所		高温停止及び低温停止に必要な機能
		機能	構築物、系統又は機器	建屋設備	屋外設備	
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（1次冷却材系統）	○		-
		2)過剰反応度の印加防止機能	制御棒駆動装置圧力ハウジング	○		-
		3)炉心形状の維持機能	炉心支持構造物 燃料集合体	○		-
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（制御棒クラスタ、制御棒駆動装置（トリップ機能））	○		原子炉停止
		2)未臨界維持機能	原子炉停止系 制御棒 化学体挿制御設備（ほう酸水注入機能） 非常用炉心冷却設備（ほう酸水注入機能）	○		原子炉停止 ほう酸添加
		3)原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能	加圧器安全弁（閉機能）	○		-
		4)原子炉停止後の除熱機能	残留熱を除去する系統 余熱除去設備 補助給水設備 蒸気発生器 蒸気発生器から主蒸気過し弁までの主蒸気設備 蒸気発生器から主給水隔離弁までの給水設備	○		崩壊熱除去
			残留熱を除去する系統 主蒸気過し弁（手動過し機能） 主蒸気安全弁	○		崩壊熱除去
		5)炉心冷却機能	非常用炉心冷却設備 低圧注入系 高圧注入系 蓄圧注入系	○		-
		6)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	原子炉格納容器	○		-
			アニュラス 原子炉格納容器隔離弁（バウンダリ配管） 原子炉格納容器スプレッド設備	○		-
			アニュラス空気浄化設備 外部通へい	○		-
			排気筒		○	-

表 原子炉の高温停止及び低温停止に必要な設備に関する防護対象(2/2)

分類	定義	安全機能の重要度分類		設備設置場所		高温停止及び低温停止に必要な機能
		機能	構築物、系統又は機器	建屋設備	屋内設備	
MS-1	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 2) 安全上特に重要な関連機能 (いずれも、MS-1 関連のもの)	安全保護系	○		関連系
			非常用所内電源系	○		関連系
			ディーゼル発電機	○		関連系
			中央制御室及び中央制御室直へい	○		関連系
			中央制御室空調装置	○		関連系
			原子炉補機冷却水設備	○		関連系
			原子炉補機冷却海水設備	○		関連系
			直流電源設備 計測制御用電源設備	○		関連系
			制御用空気圧縮設備	○		関連系
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壊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 2) 通常運転時及び運転時の異常な過渡変化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) 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るものは除く。） 2) 原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていないものであって、放射性物質を貯蔵する機能 3) 燃料を安全に取り扱う機能	化学体積制御設備の抽出ライン 化学体積制御設備の浄化ライン	○		関連系
			放射性廃棄物処理施設	○		-
			使用済燃料ピット（使用済燃料ラックを含む。） 新燃料貯蔵庫（臨界を防止する機能）	○		-
			燃料取扱設備	○		-
			1) 安全弁及び逃がし弁の吹き止まり機能 加圧器逃がし弁（吹き止まり機能）	○		-
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	燃料取替用水ピットからの使用済燃料ピット水補給ライン	○		-
		2) 放射性物質放出の防止機能	気体廃棄物処理設備の隔離弁	○		-
	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	原子炉計装の一部 プロセス計装の一部	○		-
		2) 異常状態の緩和機能	加圧器逃がし弁（手動閉鎖機能） 加圧器後備ヒータ 加圧器逃がし弁元弁（閉鎖機能）	○		-
	3) 制御室外からの安全停止機能	中央制御室外原子炉停止装置 （安全停止に関連するもの）	○		-	

4. 塗装による降下火砕物の化学的影響（腐食）について

1. 泊発電所における塗装

泊発電所では、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は、耐水性、対熱性、耐油性等を考慮した塗料を使用している。（泊発電所における塗装の例を下表に示す）

2. 降下火砕物による腐食影響

(1) 屋外設備に対する腐食影響

主蒸気逃がし弁（消音器）、主蒸気安全弁（排気管）、タービン動補助給水ポンプ（排気管）、非常用ディーゼル発電機（消音器）、換気空調設備（外気取入口）、排気筒の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、アクリルシリコン樹脂系やシリコン樹脂系の塗料が複数層で塗布されている。アクリルシリコン樹脂系塗装は重防食塗料として耐食性に優れている。また、シリコン樹脂系塗料は耐熱性に優れるため、屋外設備の高温部に用いられており、耐薬品性も強い。

いずれもこれら塗装により保護されているため酸性物質を帯びた降下火砕物が堆積したとしても、直ちに金属表面の腐食が進むことはない。

(2) 海水系機器に対する腐食影響

原子炉補機冷却海水ポンプ、海水管等の海水に直接接触する部分については、エポキシ系等の耐食性塗料（含むライニング）が施されており、降下火砕物が外表面に堆積ならびに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。

以上より、降下火砕物による「構築物への化学的影響（腐食）」について、評価対象施設が塗装されていることで直ちに機能に影響を及ぼすことはない。

表 泊発電所における塗装の例（3号炉原子炉補機冷却海水ポンプ）

場所	目的・施工箇所	①下地処理	②下塗り	③中塗り	④上塗り
海水ポンプ 揚水管内面	(防食塗装) (工場施工)	プラスト処理*	エポキシ樹脂塗料	高性能長期防食 エポキシ樹脂	変性ビニル樹脂 防食塗料
海水ポンプ 揚水管外面	(防食塗装) (工場施工)	プラスト処理*	エポキシ樹脂塗料	高性能長期防食 エポキシ樹脂	変性ビニル樹脂 防食塗料
	(防汚塗装) (現地施工)	1. バインダーコート（ビニール樹脂バイオクリーン用バインダー） 2. 上塗一層目（無公害特殊合成樹脂防汚塗料） 3. 上塗二層目（同上）			

※ISO-Sa2½/SSPC SP10（黒皮、その他あらゆる付着物を約95%除去する）

以上

5. 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泊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（SO₂）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、実際の降下火砕物である桜島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（SO₂）雰囲気を保った状態で金属腐食試験を行ったものであり、降下火砕物の腐食成分濃度を高濃度で模擬した腐食試験結果であることから、当社が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、末吉秀一他）、防食技術 Vol.39,pp.247-253, 1990」によると、降下火砕物を水で洗浄し、可溶性の成分を除去した後、金属試験片に堆積させ、高濃度の SO₂ ガス雰囲気(150～200ppm)で、加熱（温度 40℃、湿度 95%を 4 時間）、冷却（温度 20℃、湿度 80%を 2 時間）を最大 18 回繰り返すことにより、結露、蒸発を繰り返し金属試験片の腐食を観察している。

(2) 試験結果

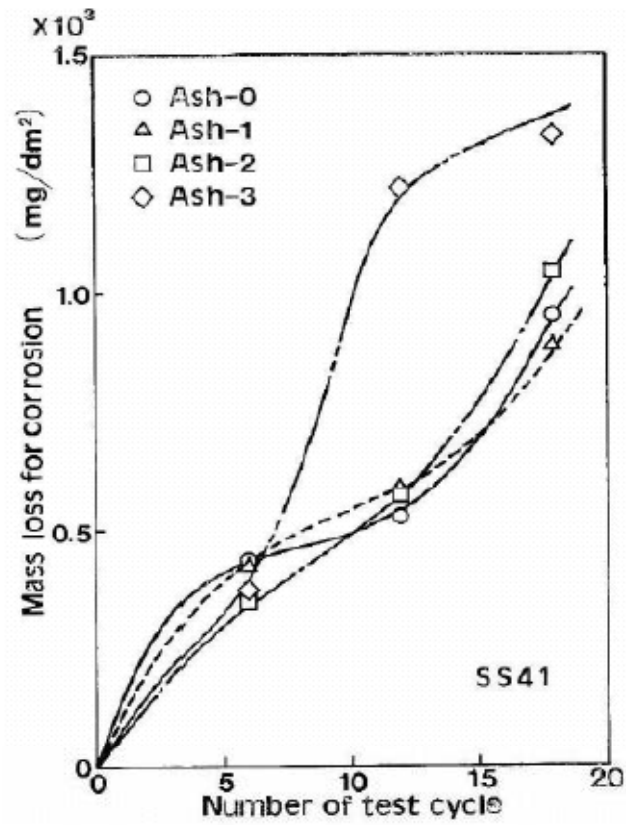
図に示すとおり、降下火砕物の堆積量が多い場合は、降下火砕物の堆積なし又は堆積量が少ない場合と比較して、金属試験片の腐食が促進されるが、腐食量は表面厚さにして十数 μm 程度との結果が得られ、降下火砕物の層では結露しやすいこと、並びに保水効果が大きいことにより腐食が促進されると結論づけられる。

(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 SO₂ 雰囲気中で暴露し、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、当社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 : 火山灰のない状態
- Ash-1 : 表面が見える程度に積もった状態
- Ash-2 : 表面が見えなくなる程度に積もった状態
- Ash-3 : 約 0.8mm の厚さに積もった状態

図 SS41 の腐食による重量変化

以上

6. 降下火砕物による磨耗の影響（破碎しやすさ・硬度）について

降下火砕物による水循環系、非常用ディーゼル発電機の機関内部における磨耗の影響について以下のとおり評価する。

1. 水循環系の内部の磨耗

降下火砕物による水循環系の内部における磨耗について、降下火砕物は砂等と比べて破碎し易く^{※1}、硬度が小さい^{※2}こと、またプラントの供用期間中において海水取水中に含まれる砂等の磨耗によるトラブルは発生していないことから、降下火砕物粒子による磨耗が設備に影響を与える可能性は小さい。

水循環系の内部には一定の水の流れがあり、冷却管等の内部に降下火砕物が長期に留まることは考えにくい。仮に降下火砕物粒子が内部に長期的に滞留したとしても、降下火砕物粒子の硬さは、モース硬度^{※3}で約5程度であり、砂のモース硬度の約7程度と比較して、砂よりも硬度の低い降下火砕物による水循環系の設備に対する長期的な影響も小さいと考えられる。

2. 非常用ディーゼル発電機の機関内部の磨耗

非常用ディーゼル発電機の機関内部における磨耗について、仮に機関吸気に降下火砕物等の固形物が混入した場合でも、シリンダライナー及びピストンリングは磨耗に強い鋳鉄（ブリネル硬さ^{※4}230程度（SUS180程度））であること、また前述のとおり、降下火砕物は砂と比較して破碎し易く硬度が低く、定期検査ごとに行うシリンダライナー及びピストンリングの点検においても砂等による有意な磨耗影響は確認されていない。

長期的な影響についても、シリンダライナー及びピストンの隙間内へ侵入した降下火砕物は、シリンダとピストン双方の摺動運動が繰り返されるごとに、更に細かな粒子に破碎され、破碎された粒子はシリンダライナー及びピストンリング隙間に付着している潤滑油により機関外へ除去されること、また降下火砕物が燃焼室内に一時的に滞留したとしても、排気ガスと共に大気へ放出されることから、降下火砕物粒子による長期的な影響も小さいと考えられる。

※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・松田忠作（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

※3 モース硬度とは、一般的に鉱物の硬度に用いられる硬さの単位

※4 ブリネル硬さとは、一般的に金属等の工業材料に用いられる硬さの単位

以上

7. 建屋に対する荷重評価の基本的な考え方について

1. 荷重評価の基本的な考え方

想定する堆積荷重と許容堆積荷重を比較し健全性を確認する。

2. 評価方法

(1) 鉄筋コンクリート造スラブ

建設時の各建屋の構造計算書にある設計時の想定荷重を用いて、堆積荷重の影響を受ける各部位が短期許容応力度以下になるように建屋の許容堆積荷重を算出し、想定する堆積荷重がそれ以下となることを確認する。

(2) デッキ合成スラブ

屋根面に使用している部材の短期許容応力度設計時の最大積載荷重（許容積載荷重）を算出し、想定する堆積荷重がそれ以下となることを確認する。

3. 想定堆積荷重

荷重評価に用いる想定堆積荷重の考え方を以下に示す。

(1) 降下火砕物の堆積荷重

- ・密度：1.5g/cm³（湿潤）（降下火砕物の層厚1cmあたり150N/m²）
- ・堆積量：40cm

$$\text{降下火砕物荷重} = 150(\text{N/m}^2 \cdot \text{cm}) \times 40(\text{cm}) = 6,000(\text{N/m}^2)$$

(2) 降下火砕物と積雪の組み合わせによる堆積荷重

①降下火砕物

- ・密度：1.5g/cm³（湿潤）（降下火砕物の層厚1cmあたり150N/m²）
- ・堆積量：40cm

$$\text{降下火砕物荷重} = 150(\text{N/m}^2 \cdot \text{cm}) \times 40(\text{cm}) = 6,000(\text{N/m}^2)$$

②積雪

- ・密度：0.3g/cm³（積雪の単位荷重は1cmあたり30N/m²）^{※1}
- ・堆積量：150cm^{※2}

$$\text{積雪荷重} = 30(\text{N/m}^2 \cdot \text{cm}) \times 150(\text{cm}) = 4,500(\text{N/m}^2)$$

※1：北海道 建築基準法施行規則に基づく積雪の単位荷重を用いる

※2：火山事象と積雪事象は独立の関係にあることから、組み合わせる積雪量については同建築基準法の設計積雪「150cm」を用いる。

③降下火砕物と積雪の組み合わせ荷重

$$\text{降下火砕物荷重} + \text{積雪荷重} = 10,500(\text{N/m}^2)$$

以上より、降下火砕物と積雪を組み合わせた堆積荷重が大きく保守的であることから、組み合わせによる堆積荷重(10,500N/m²)を想定する堆積荷重として評価する。

以上

8. 粒径の大きな降下火砕物の原子炉補機冷却海水ポンプへの影響について

海面に降下した粒径の大きな降下火砕物は、ある程度水分を含まなければ、水面に浮くため、取水路に侵入することはない。

ある程度水分を含み、海水密度よりも重くなれば沈降する。この時の沈降速度は以下の式で与えられる。

$$W_f = \sqrt{\frac{4}{3} \frac{g}{c_w} \frac{(\rho_k - \rho_l)}{\rho_l} d_k}$$

- g : 重力加速度 (9.81)
- c_w : 抵抗係数 (0.44)
- ρ_k : 降下火砕物の密度 (1.10) ※1
- ρ_l : 海水の密度 (1.03)
- d_k : 火災降下物の粒径 (4.2mm) ※2

※1 降下火砕物が海面付近で海水密度 (1.03) となるまで海水を含み、取水路入口深さ (3.75m) まで沈降したときに、水圧により降下火砕物に海水が浸透する状況での密度

※2 異物逃し溝と同じ粒径

以上より沈降速度を計算すると、

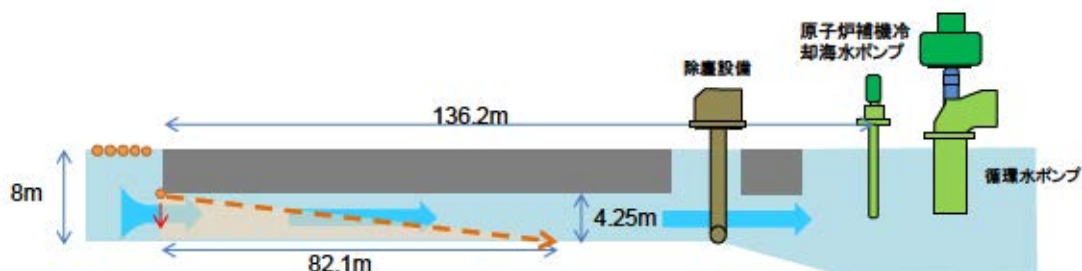
$$W_f = 9.2\text{cm/s} \quad \text{①}$$

一方、取水路内流速は 1.8m/s ② であることから、

①②より

降下火砕物の到達距離 = 82.1m < 136.2m (取水路入口から海水ポンプまでの距離) となることから、粒径の大きな降下火砕物は取水路に侵入するが、途中で落下し取水路内に沈殿する結果となった。

以上より、異物逃し溝の幅以上の粒径の降下火砕物については、取水路内に沈殿し海水ポンプへ到達するものは極めて少ないと考えられ、海水ポンプへの影響はない。



仮に侵入する降下火砕物があっても、

① 異物逃し溝寸法以上の粒子であれば、軸受部を通過せず、主流に沿って流れるため問題ない。

② 異物逃し溝寸法と同程度の粒子が軸受部に流入した場合であっても、即座に機能喪失に至る事は考えがたく、運転状態（振動等）により兆候を把握する事が可能であり、ポンプの振動を監視し、必要に応じ循環水ポンプを停止して取水流量を大幅に低減することにより※3、確実に取水路内に沈殿させることができるので、海水ポンプを保護することが可能である。

※3 循環水ポンプ停止により取水路内の流速は 1.8m/s から 0.026m/s となり、取水路入口付近でほとんどの降下火砕物が沈殿する

9. 非常用ディーゼル機関の故障要因について

非常用ディーゼル機関の故障要因、降下火砕物の機関内への侵入による影響について以下に示す。

予防保全の観点から、ディーゼル機関に限らず機械全般において、故障・不具合の防止を目的として一般的に用いられる要因の考え方にに基づき、潜在的な故障・不具合要因としてメーカーが推奨しているディーゼル機関の故障要因は以下の3種類が該当するとされている。なお、設計に起因するもの、管理ミス等の要因によって発生するものは除いている。

以下の故障要因に対して、降下火砕物の機関内への侵入による影響の観点から検討した。

1. 機器の経年劣化によって発生する故障

使用頻度とは直接関係なく、その材質変化（化学変化等）によって生ずる「経年劣化」に該当する代表的な故障としては「腐食」「錆び」「材質の変化によるひび割れ」等が考えられるが、いずれも降下火砕物によって、ディーゼル機関に有意に発生する故障ではない。

2. 機器の疲労によって発生する故障

材料が磨耗等の変化を引き起す「機器疲労」に該当する代表的な故障としては「磨耗」「減肉」等があり、このうち「磨耗」については降下火砕物によってディーゼル機関に発生する故障要因に該当する。

3. 偶発的な発生する故障

万全な環境に置かれ、かつ使用頻度が制限されていても機器が個別に有する故障発生確率で発生する故障を「偶発故障」に該当する代表的な故障としては「ミクロ的に発生するクラック」等が考えられるが、降下火砕物によってディーゼル機関に有意に発生する故障ではない。

以上のことから、ディーゼル機関への降下火砕物の侵入により発生する故障要因として、機関内摺動面への降下火砕物の侵入による「磨耗」が考えられ、これ以外の故障要因は有意に発生しないと考えられる。

以 上

10. 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以下になっており、吸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。

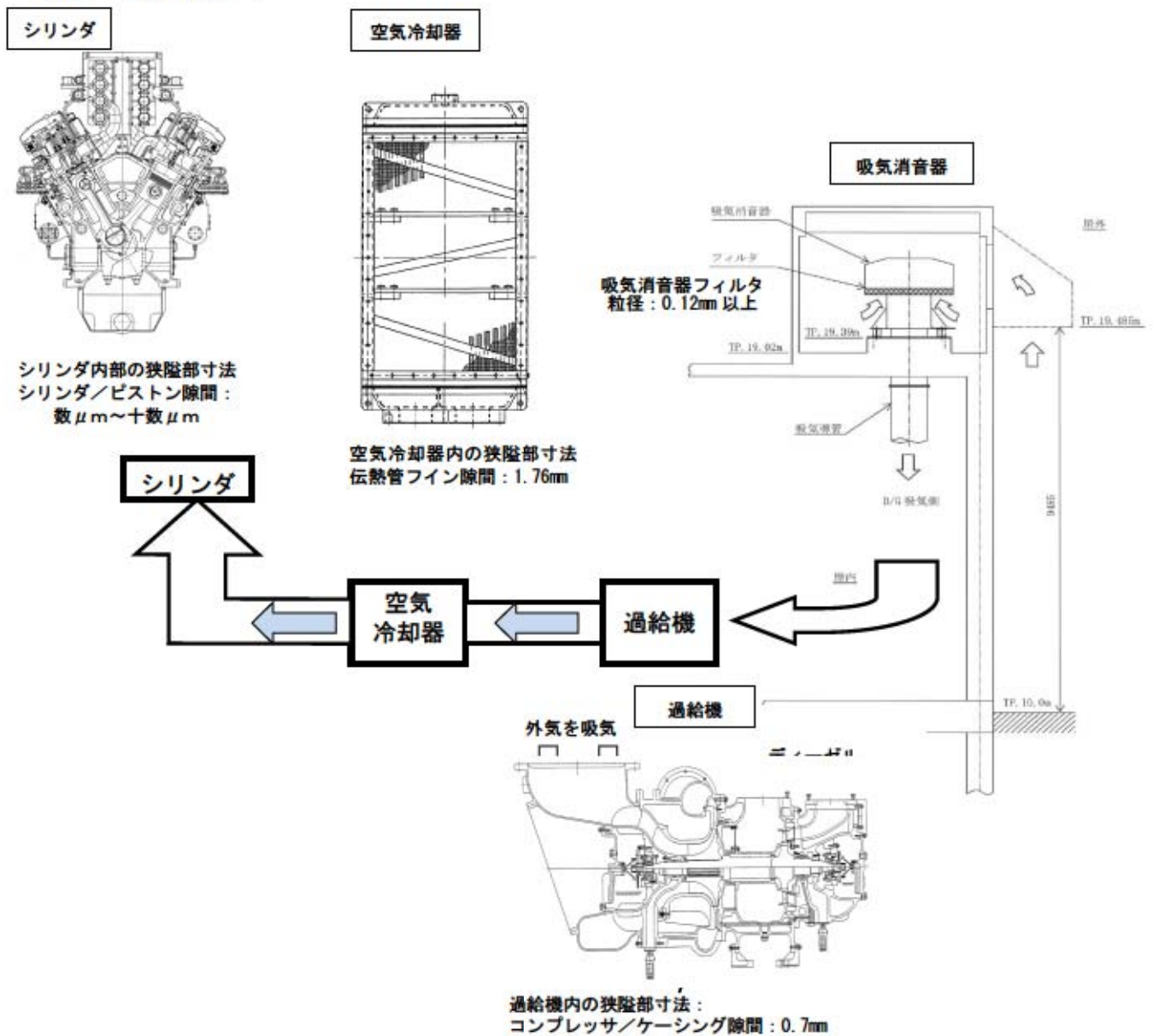


図 非常用ディーゼル機関吸気系統構造図

11. 非常用ディーゼル発電機吸気消音器の吸気フィルタへの影響について

大気中の降下火砕物を吸入することによる非常用ディーゼル発電機吸気消音器の吸気フィルタへの影響について以下に示す。

1. 非常用ディーゼル発電機の吸気消音器吸気フィルタの閉塞

下図のとおり、非常用ディーゼル発電機の吸気消音器は下向きの防雪フードを介して吸気するため、降下火砕物を吸い込みにくい構造である。

仮に浮遊性粒子の吸い込みを考慮しても、浮遊性粒子は粒径が小さいこと、降下速度が比較的遅いことから、フィルタは目詰まりしにくく、フィルタは容易に閉塞しない。仮にディーゼル機関内に侵入しても降下火砕物は硬度が小さく、破碎しやすいことから、ディーゼル機関内部の磨耗等による影響は小さい。また、非常用ディーゼル発電機は2台設置されており、万一フィルタが詰まった場合には、必要に応じて片系を停止し、フィルタの取替や清掃を行うことも可能である。

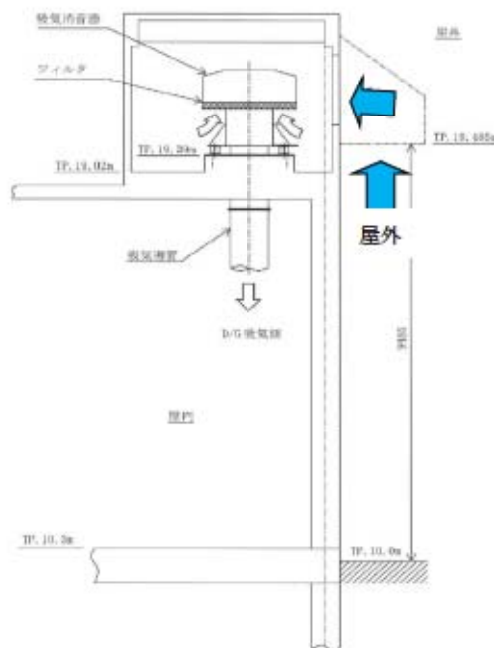


図 非常用ディーゼル発電機の吸気口

仮に大気中の降下火砕物がフィルタへ全て付着したと想定し、参考としてフィルタの閉塞に至る換算時間は以下のとおり試算した。

(参考) 非常用ディーゼル機関の吸気フィルタの閉塞時間の試算

以下の想定時における非常用ディーゼル機関の吸気フィルタの閉塞までの時間評価を行うと、約 18.7 時間運転が可能との結果となる。

[ダスト捕集/1 時間あたりの付着量=⑤÷ (①×②)]

【想定】

- ①降下火砕物の大気中濃度：3,241 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ *
- ②DG 発電機吸気流量：38,000 m^3/h
- ③DG 発電機吸気フィルタ灰捕集容量：1,000 g/m^2
- ④DG フィルタ表面積：2.3 m^2
- ⑤DG フィルタでのダスト捕集量：2,300 g

※ アイスランド南部エイヤハヤトラ氷河で発生(H22 年 4 月)した火山噴火地点から約 40 km 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)

また、参考として、非常用ディーゼル発電機の吸気フィルタは、次の手順により清掃や取替を行うことが可能である。

<手順>

1. 層状フィルタの押さえ板の取り付けナットを緩めて、押さえ板を外す。
2. 層状フィルタを外す。
3. 層状フィルタ及び収納部を清掃する。
4. 組立前の内部確認をする。
5. 層状フィルタを取り付ける。
6. 押さえ板を取り付ける。

要員：3 人

所要時間：40 分

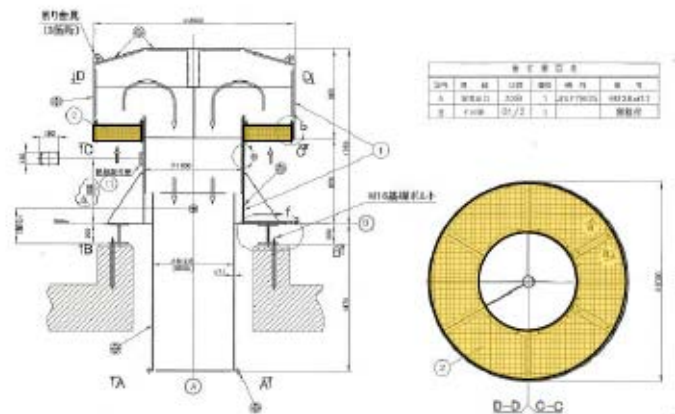


図 非常用ディーゼル発電機の吸気口

以上

12. 換気空調設備（給気系外気取入口（平型フィルタ））への影響について

降下火砕物による換気空調設備（給気系外気取入口（平型フィルタ））への影響について以下に示す。

1. 給気系外気取入口（平型フィルタ）の閉塞

下図のとおり、換気空調設備の給気系外気取入口（平型フィルタ）の空気の流れは、下に向いた防雪フードを介して外気を取り入れるため、降下火砕物が侵入しにくい構造となっている。

外気取入口に侵入した浮遊性の降下火砕物の粒子の吸い込みを考慮した場合でも、小さな粒子（数 μm オーダー）を除塵することができるため侵入による影響は小さい。

仮に降下火砕物の粒子が平型フィルタに付着して閉塞した場合でも、フィルタは取替作業ができるよう、必要に応じてシステムを切り替えることが可能な構成となっており、フィルタの清掃や取替えを行うことも可能であり、予備品も所有していることから、機能に影響を及ぼすことはない。

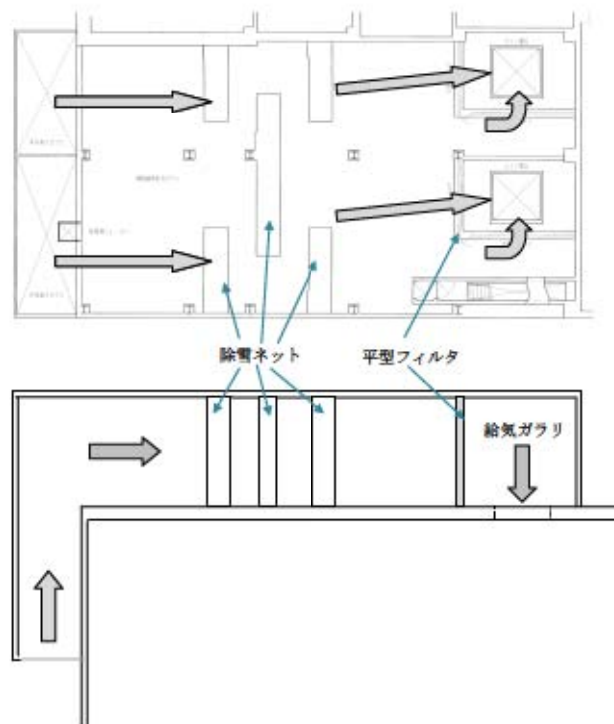


図 外気取入口の空気の流れ（補助建屋他外気取入口の例）

仮に大気中の降下火砕物がフィルタへ全て付着したと想定し、参考としてフィルタの閉塞の至る換算時間を次のとおり試算した。

<参考> 給気系外気取入口（平型フィルタ）の閉塞時間の試算

以下の想定時における平型フィルタの閉塞までの時間評価を行うと 34 時間程度運転が可能との結果となる。

[ダスト捕集/1時間あたりの付着量=⑤÷(①×②)]

【想定】

- ①降下火砕物の大気中濃度：3,241 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ **
- ②平型フィルタ給気流量：3,396 m^3/h
- ③平型フィルタ灰捕集容量：1,050 g/m^2
- ④平型フィルタ表面積：0.36 m^2
- ⑤平型フィルタでのダスト捕集量：378 g

※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)

2. 給気系外気取入口(平型フィルタ) 差圧の確認方法

各給気系外気取入口(補助建屋給気ガラリ、原子炉建屋給気ガラリ、主蒸気管室給気ガラリ)の平型フィルタの差圧計は、全て建屋内に設置されており、巡視点検時に差圧を確認し、必要に応じて平型フィルタの清掃・取替を行うこととしている。

また、以下のとおり、差圧の検出管は、給気ガラリ内にある平型フィルタの前後に接続されており、それにより差圧の計測を行っている。

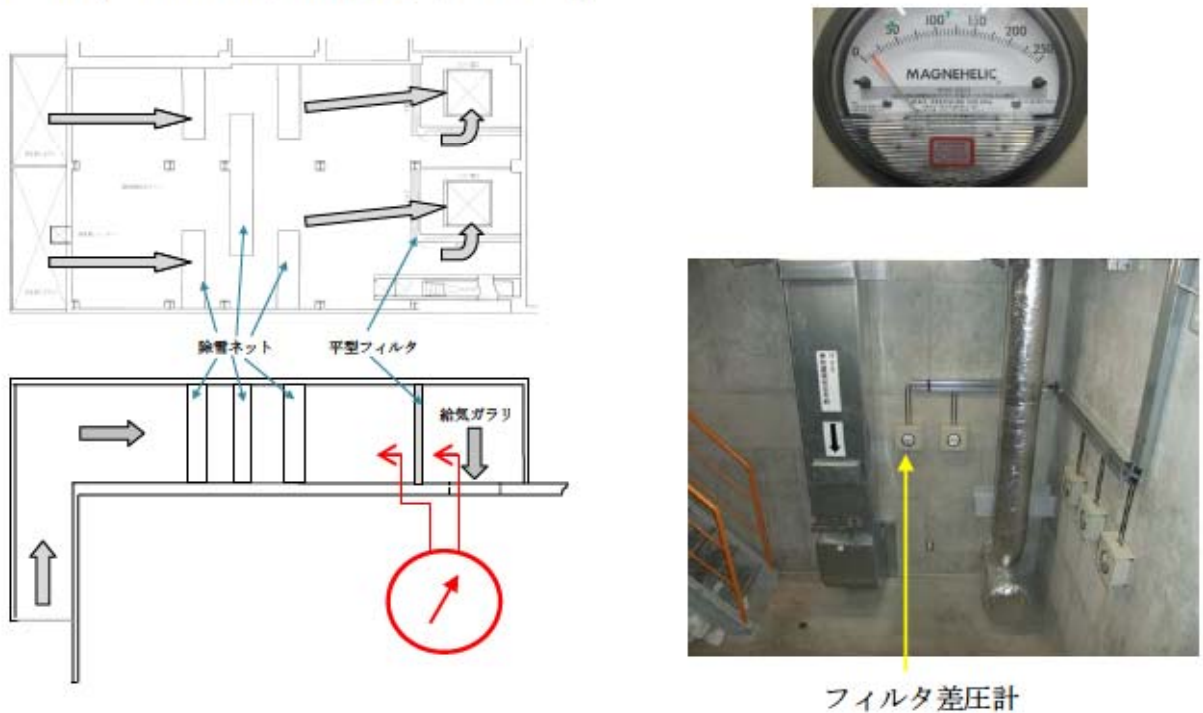


図 補助建屋給気取入口の平型フィルタ差圧計の外観

以上

13. 降下火砕物の降灰によるその他の設備への影響について

降下火砕物の降灰によるその他設備（モニタリング設備、消火設備、緊急時対策所、通信設備）に対する影響評価について以下に示す。

1. モニタリング設備

下図のとおり、モニタリングポストの検出器は、上部が半球型であり、降下火砕物が堆積しにくい構造となっていることから、降下火砕物の堆積荷重により機能に影響を及ぼすことはない。

また、モニタリングカーによる測定も可能である。

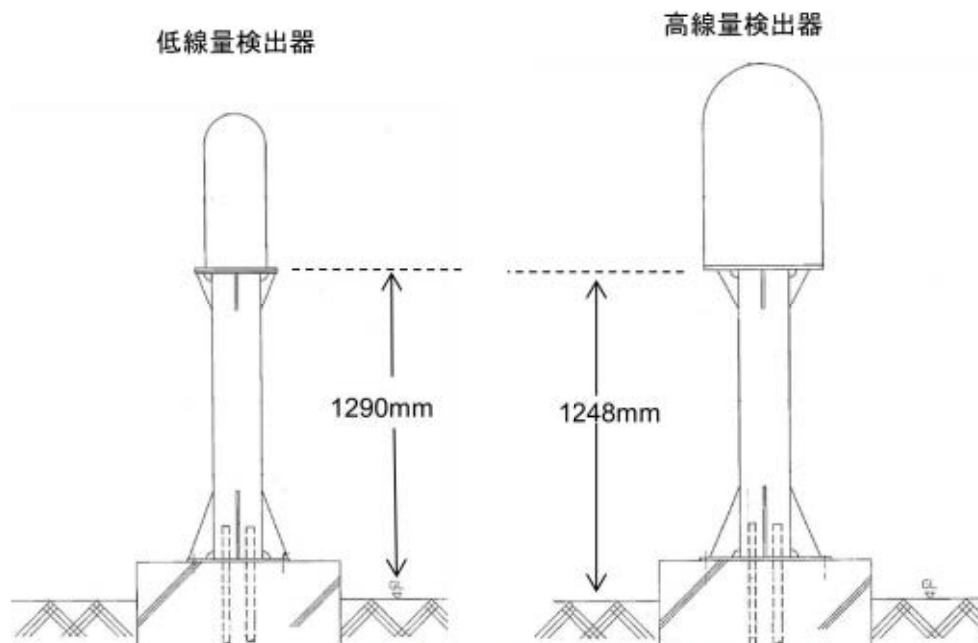


図 モニタリングポストの外観図

2. 消火設備

(1) ディーゼル消火ポンプ

建屋内設備であり、給気設備もなく、降下火砕物の降灰の影響を受けない。

(2) 電動消火ポンプ

建屋内設備であり、給気設備もなく、降下火砕物の降灰の影響を受けない。

仮に、上記消火設備に影響が生じた場合でも、消防自動車を用いた自衛消防隊による消火が可能。

3. 緊急時対策所

緊急時対策所について、降下火砕物と積雪を組み合わせた想定堆積荷重（10,500N/m²）と許容堆積荷重を比較することにより、健全性を確認する。

許容堆積荷重は、使用している材料の許容応力度の比 1.5（短期／長期）に基づき、設計時に考慮されている常時荷重（自重、積載荷重、積雪荷重）から算出する。

裕度が最も小さい部位（T.P.43.35m屋根スラブ）における評価結果は以下のとおりであり、評価の結果、堆積荷重は許容堆積荷重を下回っており、対象建屋の安全性に影響はない。

【評価結果】

堆積荷重（降下火砕物＋積雪）10,500N/m² < 許容堆積荷重：15,300N/m²（裕度：1.4）

4. 通信設備

通信設備は、発電所内・発電所外用として有線、無線の多種多様な連絡手段を有しており、降下火砕物の降灰の影響により、通信機能を喪失することは考えにくい。なお、衛星電話については、天候（曇、霧、雨、雪、風、煙など）による影響は受けにくい周波数帯を利用していることから、降灰時においても通信機能を維持することは可能と考えられる。

表 発電所内外の各種通信手段

発電所外との連絡手段	発電所内の連絡手段
<ul style="list-style-type: none">・統合原子力防災ネットワーク設備・テレビ会議システム・電力保安通信用電話設備・衛星電話設備	<ul style="list-style-type: none">・伝令・トランシーバ・運転指令設備・携行型通話装置

以上

14. 降下火砕物が降灰した際の対応手順について

降下火砕物が降灰した際の対応については、「災害対策」「運転操作」等に係る社内ルールを見直し、発電所を降灰予想範囲に含む「降灰予報」が発令された場合に、「降灰対応体制」を発令し、予防対策として、原子炉補機冷却海水ポンプ、非常用ディーゼル発電機等の安全施設に対する特別点検の実施、その他屋外設備、重大事故対処設備ならびにアクセスルート等に対する状況確認、加えて中央制御室空調装置の閉回路循環運転等の対応を行い、必要に応じて除灰を実施することとしている。

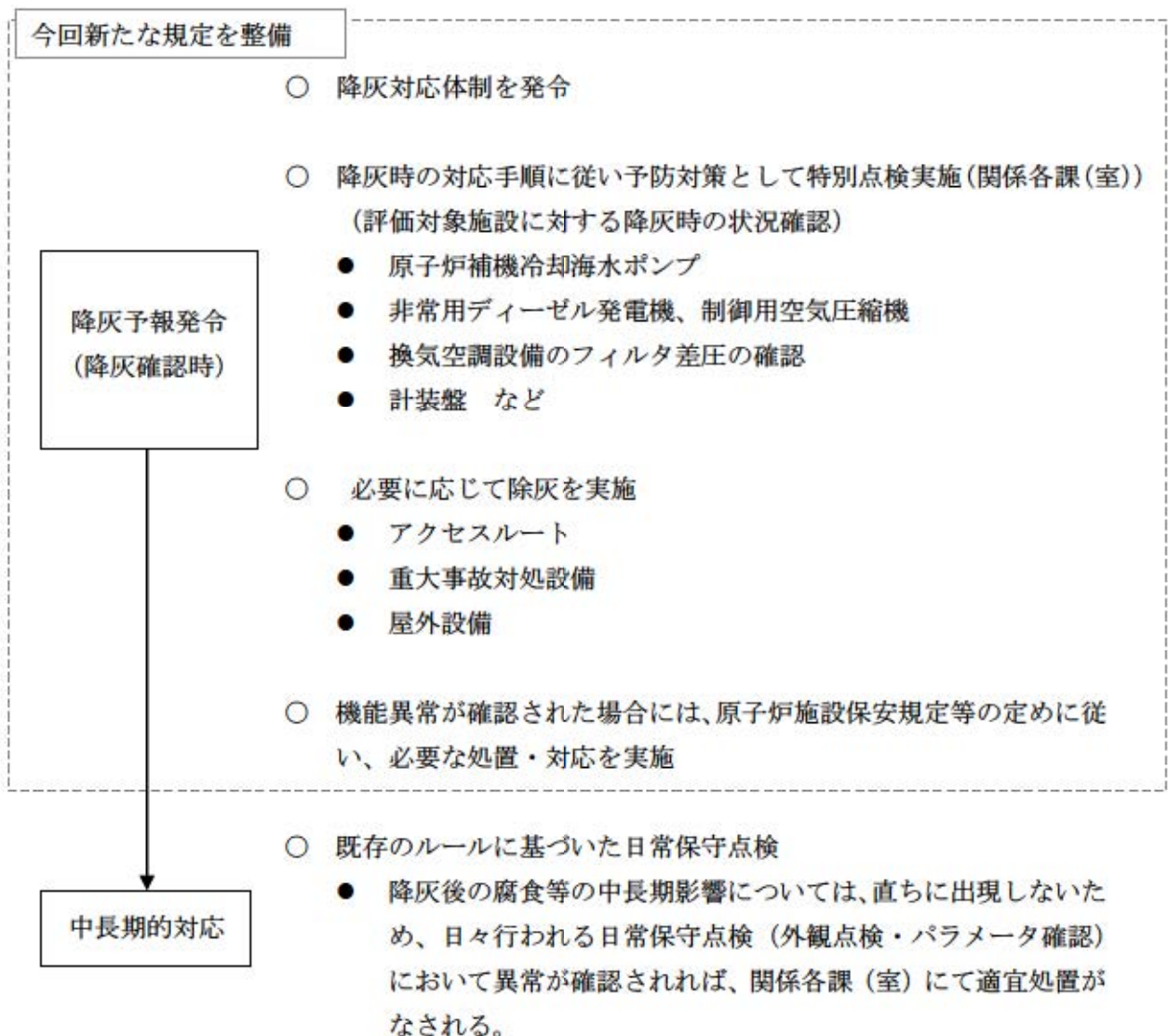


図 降下火砕物の降灰した際の基本的な手順の流れ

以上

1.5. 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。

表 除灰に要する概算時間

項目		評価諸元
①堆積面積(m ²)	原子炉建屋	約 4,600m ²
	原子炉補助建屋	約 3,600m ²
	ディーゼル発電機建屋	約 470m ²
	循環水ポンプ建屋	約 2,800m ²
	合計	約 11,470m ²
②堆積厚さ(m)		0.4m
③堆積量=①×②(m ³)		約 4,600m ³
④1m ³ あたりの作業量(人・日) [※]		0.39 人・日

※「国土交通省土木工事積算基準（H24）」における人力掘削での人工を保守的に採用

1. 作業量（上記のとおり）

$$0.39 \text{ 人/日} \cdot \text{m}^3 \times 4,600 \text{ m}^3 = \text{約 } 1,800 \text{ 人日}$$

2. 作業日数（試算例）

(1) 作業人数：132 人（6 人/組×22 組）

【内訳】原子炉建屋（8 組）、原子炉補助建屋（6 組）

ディーゼル発電機建屋（2 組）、循環水ポンプ建屋（6 組）

(2) 所要日数：約 13.6 日

以上

16. 負圧管理箇所への降下火砕物の侵入影響

発電所における負圧管理箇所への降下火砕物の侵入の可能性について、以下のとおり検討した。

負圧管理を行っている施設は1次系建屋であり、1次系建屋へは出入管理建屋を経由して入城することになる。

下図のとおり、出入管理建屋から1次系建屋内へ入城には、多重の扉を経由する構成となっており、負圧の影響により、降下火砕物が外気から直接侵入するおそれはない。

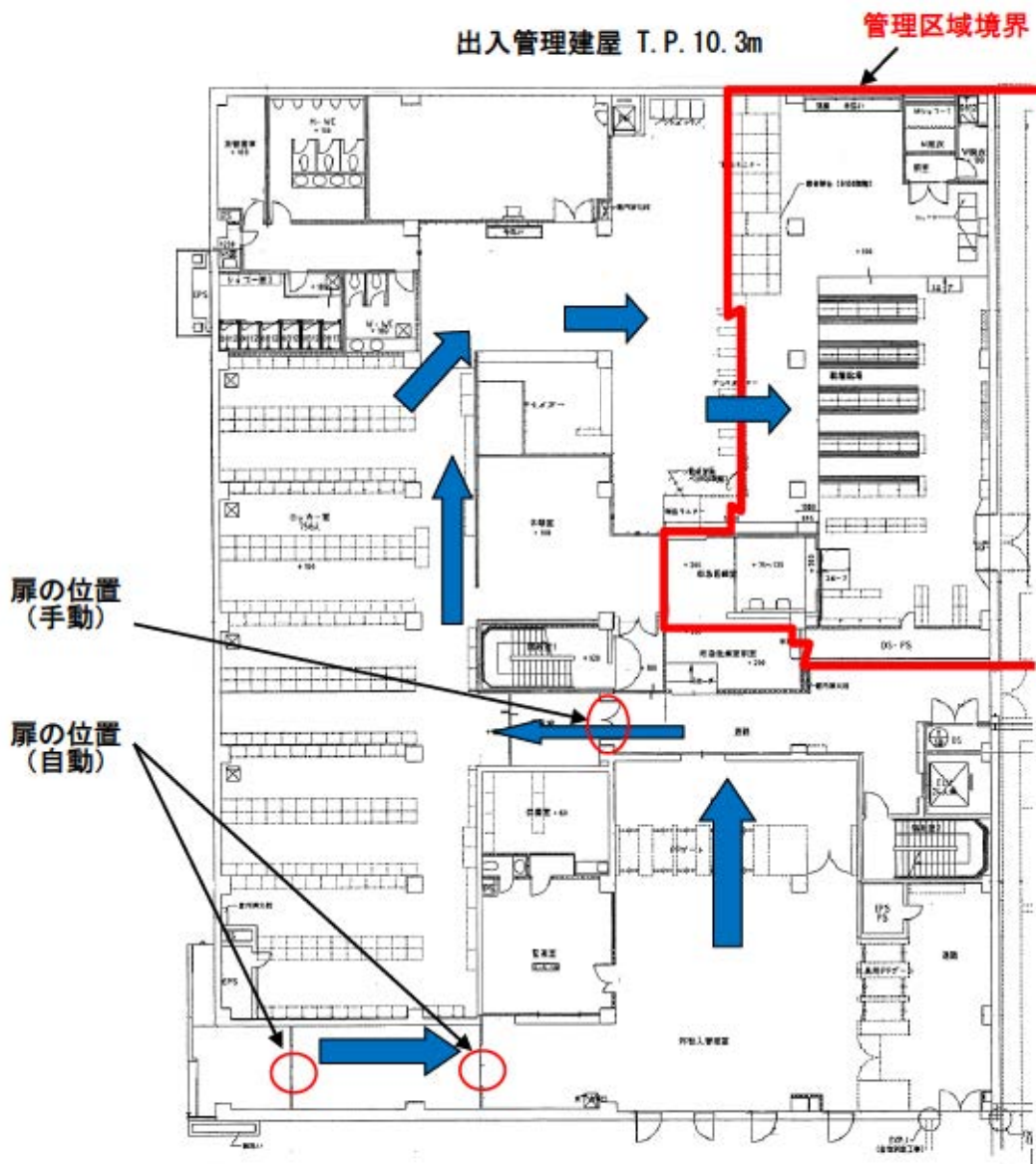


図 出入管理建屋平面図（1階）

以上

17. 腐食による機能影響について

「降下火砕物が影響を与える評価対象施設と影響因子の組合せ」において、「降下火砕物による化学的影響（腐食）を考慮すべき施設であるが、塗装などにより影響を受けないように設計されており、仮に腐食があっても、直ちに機能に影響するほどの構造物、換気系への腐食は考えられない」として評価対象としていない設備について、その除外理由の詳細を以下に示す。

1. 主蒸気逃がし弁消音器

主蒸気逃がし弁消音器は主蒸気逃がし弁動作時の排出蒸気を建屋外に排出する際に消音するために設置されており、屋外に露出した外装板等に堆積した降下火砕物により腐食した場合でも、消音機能は低下するものの主蒸気逃がし弁の噴出し機能としては影響がないため、評価対象より除外した。

2. 主蒸気安全弁排気管

主蒸気安全弁排気管は主蒸気安全弁動作時の排出蒸気を建屋外に排出するための排気管であり、屋外に露出した部分が腐食した場合でも主蒸気安全弁の噴出し機能としては影響がないため、評価対象より除外した。

なお、排気管内に侵入した降下火砕物については排気管下部のドレン受け部での堆積が考えられるが、ドレン受け部は二重管構造となっており、排気管自体への影響は考えにくい。

3. タービン動補助給水ポンプ排気管

タービン動補助給水ポンプ排気管は、タービン動補助給水ポンプ起動時の排気蒸気を屋外に排出するための排気管であり、屋外に露出した部分が腐食した場合でもタービン動補助給水ポンプの運転状態には影響はないため、評価対象より除外した。

4. 非常用ディーゼル発電機の消音器

非常用ディーゼル発電機の排気消音器がディーゼル発電機建屋屋外に設置されており、ディーゼル機関起動時の排気音を消音しているが、屋外に露出した部分が腐食した場合でも、消音機能は低下するもののディーゼル機関自体の機能には影響がないため、評価対象より除外した。

また、非常用ディーゼル発電機の吸気消音器は屋内に設置されており、腐食によるディーゼル発電機の機能に影響を及ぼすことはない。

5. 換気空調設備外気取入口

換気空調設備の外気取入口には風雪対策として防雪フードなどが設置されており、内部には降下火砕物が侵入し難い構造となっており、防雪フードが腐食し、脱落が発生したとしても、下流側の換気空調設備の機能へ影響を与えるものではないことから、評価対象より除外した。

なお、平型フィルタのフレームや支持枠等の構造物は SUS 材等の耐食性のある材料を使用しており、腐食の影響を受けることは考えにくい。

以 上

18. 灰置場の場所及び容量について

灰置場として、積上げた降下火砕物が崩れるなど、発電所の重要安全施設や SA 時に必要となるアクセスルートに影響を及ぼすことがないように、それらから離れ、かつ、低い場所にある放水口近傍のエリアを選定しており、泊発電所3号炉の対象施設から除去した降下火砕物が灰置場に現実的に集積可能かどうか試算した。

図に示す範囲に高さ0.7mで集積した場合、その容量は4,900m³となる。ここで、層厚40cmの降下火砕物を想定した場合、表のとおり降下火砕物の除去が必要となる施設の屋根部に堆積する降下火砕物の量は約4,600m³であることから、灰置場として十分な容量があると考えられる。

表 降下火砕物の除去が必要な施設の屋根部に堆積する降下火砕物の量

項目	建屋
対象施設	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉建屋 ・原子炉補助建屋 ・ディーゼル発電機建屋 ・循環水ポンプ建屋
面積	約 11,470m ²
降灰量 (層厚 40cm)	約 4,600m ³



図 泊発電所の平面図

以上

泊発電所 1～3号炉の灰置場の場所及び容量について

灰置場として、積上げた降下火砕物が崩れるなど、発電所の重要安全施設や SA 時に必要となるアクセスルートに影響を及ぼすことがないように、それらから離れ、かつ、低い場所にある放水口近傍のエリアを選定しており、泊発電所 1号炉～3号炉の対象施設から除去した降下火砕物が灰置場に現実的に集積可能かどうか試算した。

図に示す範囲に高さ 1.7m で集積した場合、その容量は 11,900m³となる。ここで、層厚 40cm の降下火砕物を想定した場合、表のとおり降下火砕物の除去が必要となる施設の屋根部に堆積する降下火砕物の量は約 11,400m³であることから、灰置場として十分な容量があると考えられる。

表 降下火砕物の除去が必要な施設の屋根部に堆積する降下火砕物の量

項目	建屋		合計
	1/2号炉	3号炉	
対象施設	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋:8,100(54×75×2) 補助建屋:6,005(111.2×54) 燃料取替用水T建屋:627(17.7×17.7×2) 循環水ポンプ建屋:2,280(72.7×31.3) 	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋 原子炉補助建屋 ディーゼル発電機建屋 循環水ポンプ建屋 	
面積	約 17,020m ²	約 11,470m ²	約 28,500m ²
降灰量(層厚 40cm)	約 6,800m ³	約 4,600m ³	約 11,400m ³

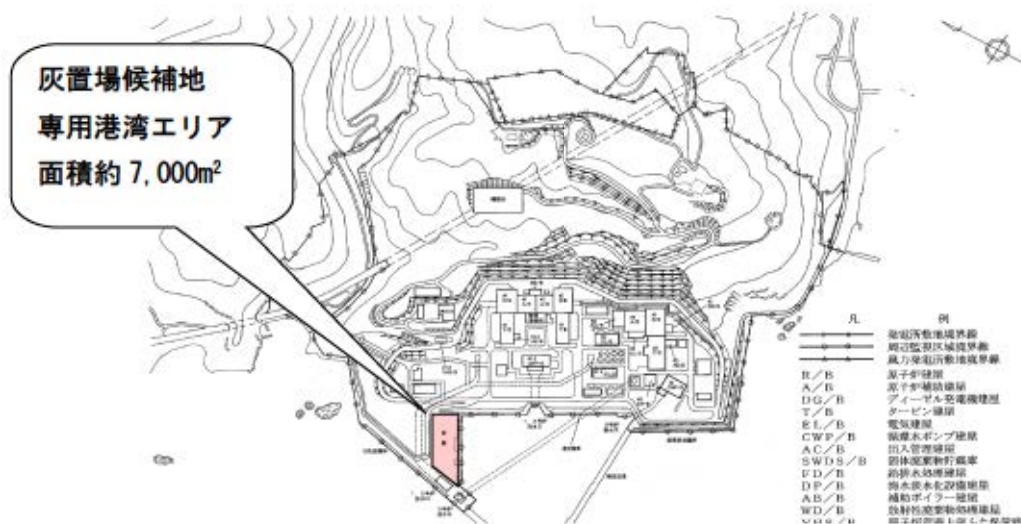


図 泊発電所の平面図

以上

19. 降下火砕物降灰時の平型フィルタ取替の手順について

換気空調系の外気取入口のフィルタの取替作業を行う際は、対象となる系統の運転を停止し、必要によりダンパを閉め、系統を隔離してから行う。また、フィルタの取替作業はガラリ内で行うため、降灰の影響を受けにくい。

フィルタ取替の手順書には、フィルタの取替前にガラリ内(床面)の養生を実施すること、及び取替後はガラリ内を清掃することが明記されている。

これらに加え、降灰時のフィルタ交換を行う場合には、以下の対応を行う。

- ・ 床面に降下火砕物の回収用のポリシートを設置する。
- ・ フィルタを取り外す際は降下火砕物の付着状況を確認し、降下火砕物が回収用のポリシートの外に広がらないように注意して作業を行う。
- ・ ポリシートで回収できなかつた降下火砕物については、掃除機を用いて清掃する。

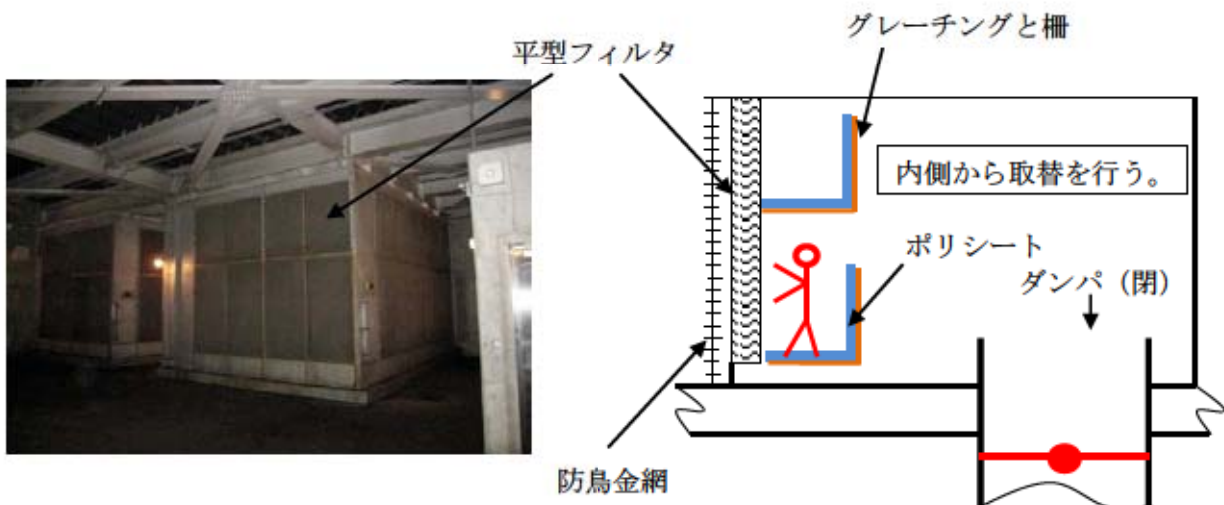


図 外気取入口のフィルタ取替作業のイメージ

20. 観測された諸噴火の最盛期における噴煙柱の高度、噴出率と継続時間

火山観測データが存在する最近の観測記録では、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。

表 観測された諸噴火の最盛期における噴煙柱の高度、噴出率と継続時間
[Wilson et al.(1978).Cas&Wright(1986).早川(1991.bPyle(2000)から編集]

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
Puego 1971 (グアテマラ)	10	640	10
桜島 1914 (九州)	7-8	4,012	36
三宅島 1983A-E (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

以上

2.1. 降下火砕物の粒径分布について

降下火砕物の粒径については、発電所敷地近傍には、降下火砕物のサンプリングが可能な純層が存在しないことから、敷地周辺（羊蹄山、支笏カルデラ、樽前山）の降下火砕物試料を採取し、粒度試験を実施した。

粒度試験結果（図1参照）から、粒径分布は0.4mm～5mmに設定した。

文献調査では、鈴木ほか（1973）に樽前山の降下火砕物の噴出源からの距離別の粒度組成が示されており、泊発電所（樽前山から82kmの地点）では0.3mm～2mm程度であり、粒度試験結果と同様の粒径分布となっている。

また、近年の桜島火山（九州）による降下火砕物の粒度分布に関する文献を参照すると、数 μm オーダーの降下火砕物の割合はそれほど多くない。（図3）

降下火砕物の粒径が小さければ、換気空調系の外気取入口に設置されている平型フィルタを通過し建屋内に侵入する可能性があるが、フィルタは約 $5\mu\text{m}$ 以上の粒子の大部分を捕集することが可能であるため、建屋内に侵入する降下火砕物の量は少量であり影響は小さいと考えられる。

しかしながら、少量であっても降下火砕物が建屋内に侵入する可能性が否定できないが、換気空調設備において、換気空調系の停止、ダンパの閉止、閉回路循環運転を実施することにより、降下火砕物の屋内への侵入を防止することも可能である。

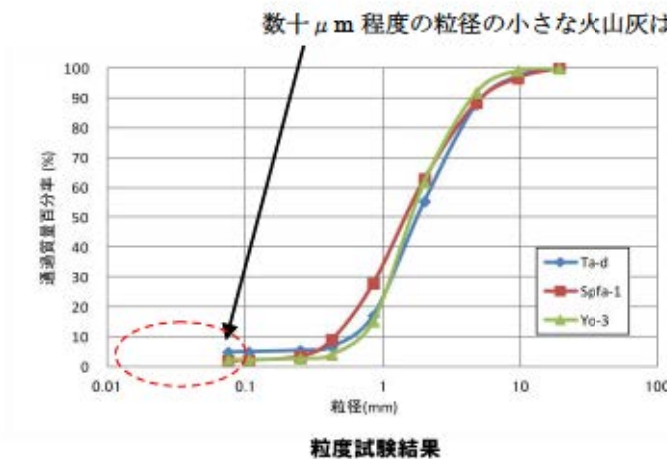


図1 降下火砕物の粒度試験結果

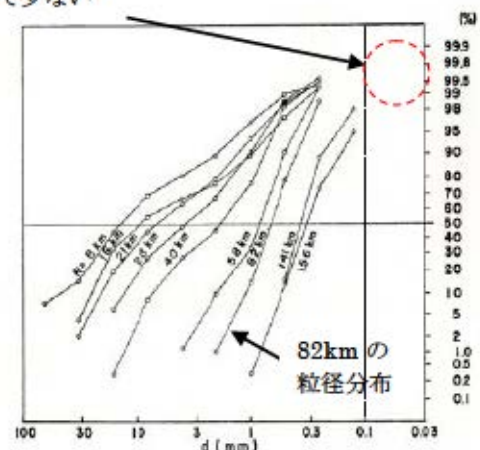
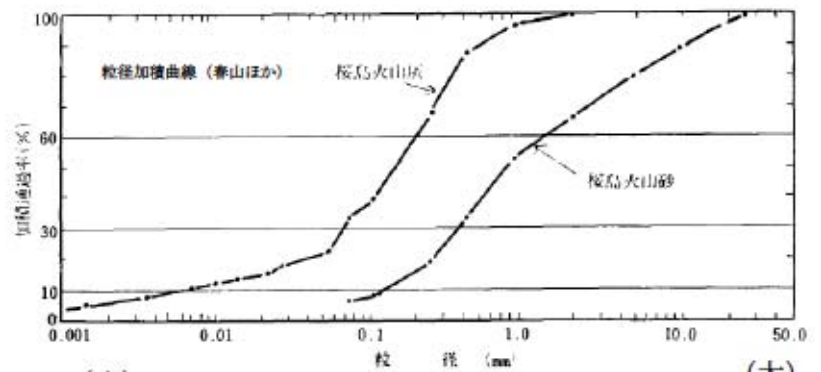


図2 樽前山の降下火砕物の距離—粒径分布
(鈴木ほか(1973)に加筆)



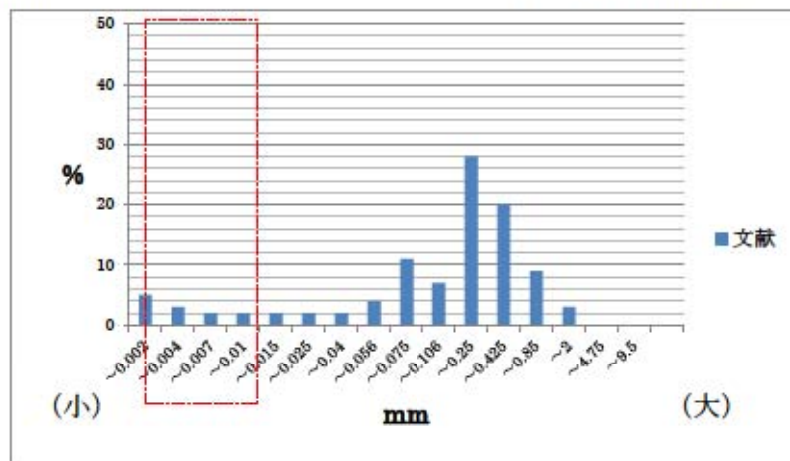
(a) 観測位置



(小)

(大)

(b) 粒径加積曲線



(小)

(大)

(c) 粒径分布 [上記粒径加積曲線を基に作成]

図3 桜島の通常の噴火を対象とした粒径分布 (春山ほか^[1]に一筆加筆)

「参考文献」

- (1) 鈴木建夫・勝井義雄・中村忠寿 (1973) : 樽前降下火軽石堆積物 Ta-b 層の粒度組成、火山第2集、18、p47-63
- (2) 春山元寿・下川悦郎・井上利昭 (1977) : 桜島火山灰砂の物理的諸性質、鹿児島大学農学部演習林報告、第5号、p.65-92

以上

22. 降下火砕物による開閉所への影響について

泊発電所の開閉所は、高台に建設されており、送電線との接続部は屋根付き構造の遮風建屋で覆われており、降下火砕物による影響は受けにくくなっている。

また、遮風建屋は屋上へのアクセスが可能であり、必要に応じて除灰が可能である。

引込み線の碼子に降下火砕物が付着することが考えられるが、系統隔離の上、清掃することにより、影響を緩和できる。



図22-1 開閉所（遮風建屋）

23. 非常用ディーゼル発電機吸気フィルタの閉塞について

ディーゼル発電機の吸気消音器は、図1に示すとおり下からガラリ内に吸い上げさらにそのガラリ内に設置された吸入口から吸い込むため、降下火砕物を吸い込みにくい構造となっており、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、念のため、閉塞までに要する時間及びフィルタ交換に必要な時間を試算し、閉塞した場合の影響について、以下のとおりまとめる。

試算にあたっては、ディーゼル発電機吸気消音器が下からガラリ内に吸い上げさらにそのガラリ内に設置された吸入口から吸い込むため、降下火砕物を吸い込みにくい構造となっている点を考慮せず、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を行う。

1. 試算に用いる大気中の降下火砕物濃度

降下火砕物による吸気フィルタの閉塞時間は、

- ① 比較的規模が大きい噴火であること (VEI4 以上)
- ② 原子力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に記載がある、アイスランド南部エイヤヒャトラ氷河で平成22年4月に発生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地表での大気中の降下火砕物濃度(24時間観測ピーク値) $3,241 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を用いて試算を行う。

2. 閉塞までに要する時間について

吸気フィルタの閉塞時間は、以下の条件に基づいて試算した結果、約18時間である。

① ディーゼル発電機 吸気フィルタ灰捕集容量 (g/m^2)	1,000
② ディーゼル発電機 吸気フィルタ表面積 (m^2)	2.3
③ ディーゼル発電機 吸気フィルタでのダスト捕集量 (g) =①×②	2,300
④ 降下火砕物の大気中濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3,241
⑤ ディーゼル発電機吸気流量 (m^3/h)	38,000
⑥ 閉塞までの時間 (h) =③/④/⑤× 10^6	18.67

3. フィルタ交換に必要な時間について

図1に示すとおりディーゼル発電機の吸気フィルタは6つに分割されており、フィルタ交換には複雑な作業が必要ないことから、フィルタ交換に要する時間は、補足に示すとおり、要員3名で40分程度を見込んでいる。

4. まとめ

ディーゼル発電機の吸気消音器は下からガラリ内に吸い上げさらにそのガラリ内に設置された吸入口から吸い込むため、降下火砕物を吸い込みにくい構造となっており、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、念のため、閉塞までに要する時間及びフィルタ交換に必要な時間を試算した結果、万が一フィルタが閉塞する恐れが生じてもフィルタを交換することが可能である。

なお、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 $33,400\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。測定高さレベルは不明。）を用いて試算した場合、「2. 閉塞までに要する時間について」に記載の表中④降下火砕物の大気中濃度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）が「33,400」となり、ディーゼル発電機吸気消音器のフィルタで閉塞するまでに約1.8時間となるが、フィルタを交換することが可能である。

本資料における試算では、ディーゼル発電機吸気消音器が下からガラリ内に吸い上げさらにそのガラリ内に設置された吸入口から吸い込むため、降下火砕物を吸い込みにくい構造となっている点を考慮せず、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、実際には吸気フィルタが閉塞するまでの時間にはさらに余裕があると考えられる。

<補足>

○ フィルタの取替え手順

1. 吸気フィルタの押さえ板の取り付けナットを緩めて、押さえ板を外す。(5分)
2. 吸気フィルタを外す。(10分)
3. 収納部を清掃する。(5分)
4. 組立前の内部確認をする。(5分)
5. 吸気フィルタを取り付ける。(10分)
6. 押さえ板を取り付ける。(5分)

要員：3人

所要時間：40分

- ・ 泊発電所では、ディーゼル発電機吸気フィルタは屋内に設置されているため、降灰による視界不良等の環境条件の悪化なく作業が可能である。
- ・ 発電所敷地周辺において、気象庁が発信する降灰予報により「多量」の降灰が予測された場合、フィルタ交換の準備（作業員の手配、踏み台・工具・防護具等の準備）に着手することから、降下火砕物の大気中濃度上昇までには十分な時間的余裕があるため、外部電源喪失によるディーゼル発電機運転時にはフィルタ交換の準備が完了している。

以上

2 4. 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吸気消音器のフィルタ（粒径 0.12mm 以上の降下火砕物を 90%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てい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、潤滑油系統の清浄性の悪化、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、潤滑油の参加を促進させ、油膜切れによる潤滑不良を起こすことから選定した。

25. 気中降下火砕物対策の検討について

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。

現在の対応状況を表25-1に示す。

表 25-1 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	次に掲げる事象の区分に応じてそれぞれ次に定める事項を含む発電用原子炉施設の必要な機能を維持するための活動に関する計画を定めるとともに、当該計画の実行に必要な要員を配置し、当該計画に従って必要な活動を行わせること。	—
ロ	火山現象による影響	
(1)	火山現象による影響が発生し、又は発生するおそれがある場合（以下この号において「火山影響等発生」という。）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。	非常用ディーゼル発電機の吸気ラインに火山灰フィルタの設置等の対策を行う。
(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、タービン動補助給水ポンプにより対応する。
(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。	代替電源設備の吸気ラインに火山灰対策を行う。

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（令和元年12月18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

泊発電所では、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かが降灰継続時間（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。

泊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

$$W_i = p_i W_T \quad (p_i: \text{粒径}i \text{の割合 } W_T: \text{総降灰量}) \cdots (A)$$

で表され、粒径 i の堆積速度 v_i は

$$v_i = \frac{W_i}{t} \quad (t: \text{降灰継続時間}) \cdots (B)$$

粒径 i の気中濃度 C_i は

$$C_i = \frac{v_i}{r_i} \quad (r_i: \text{粒径}i \text{の降下火砕物の終端速度}) \cdots (C)$$

で表され、気中降下火砕物濃度 C_T は

$$C_T = \sum_i C_i \cdots (D)$$

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]	40	泊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]	400,000	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 [g/s・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]	2.7	(D) 式

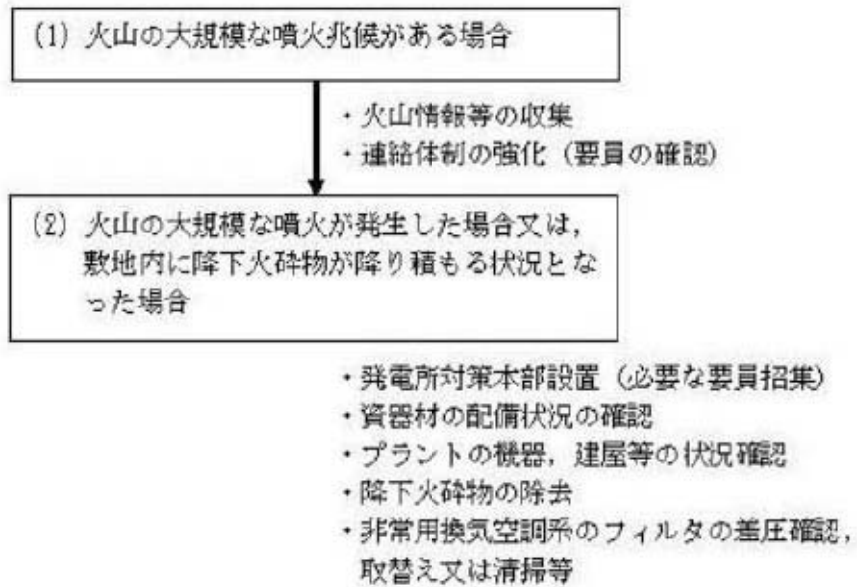
表2 粒径ごとの入力条件及び計算結果

粒径d ₀ (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%)	2.1×10 ⁻⁴	53.74	41.80	4.28	0.18	7.9×10 ⁻⁴	2.1×10 ⁻⁴	4.3×10 ⁻⁴	
降灰量 W _i (g/m ²)	0.84	214,960	167,200	17,120	720	3.14	8.4×10 ⁻³	1.7×10 ⁻³	W _T =400,000
堆積速度 v _i (g/(s・m ²))	9.7×10 ⁻⁴	2.49	1.94	0.20	8.3×10 ⁻³	3.6×10 ⁻²	9.7×10 ⁻⁴	2.0×10 ⁻⁴	
終端速度 r _i (cm/s)	250	180	100	50	35	10	3	1	
気中濃度 C _i (g/m ³)	3.9×10 ⁻⁴	1.38	1.94	0.40	2.4×10 ⁻²	3.6×10 ⁻⁴	3.2×10 ⁻⁴	2.0×10 ⁻⁴	C _T =3.74

泊発電所 3 号炉

技術的能力説明資料 外部からの衝撃による損傷の防止 (火山)

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（火山）



第6条 火山

【追加要求事項】

6条 外部からの衝撃による損傷の防止(火山) (技術基準7条 外部からの衝撃による損傷の防止(火山))

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。

安全施設

発電所の運用期間中に影響を及ぼす可能性のある火山の抽出

発電所の運用期間中に影響を及ぼす可能性のある火山事象の抽出

影響を及ぼす可能性がない火山事象

影響を及ぼし得る火山事象

防護対象施設の設定

降下火砕物
層厚：40cm
密度：0.7～1.5g/cm³
粒径：0.4～5mm

- ・火砕物密度流
- ・溶岩流
- ・岩層なだれ、地滑り及び斜面崩壊
- ・火山性土石流、火山泥流及び洪水
- ・火山から発生する飛来物(噴石)
- ・火山ガス
- ・新しい火口の開口
- ・津波及び静震
- ・大気現象
- ・地殻変動
- ・火山性地震とこれに関連する事象
- ・熱水系及び地下水の異常

除外

クラス1,2に属する設備(系統・機器)及び建屋・構築物以外で上位(クラス1,2)の安全重要度の設備の運転に影響を及ぼさない設備

代替手段にてその機能の維持が可能か又はその修復により必要な機能を確保するなどの対応が可能

クラス1,2に属する構築物、系統及び機器のうち、火山灰の影響を受ける施設(屋外施設、海水や空気の流路となる施設、屋内の空気を機器内に取り込む施設)

クラス1,2に属する構築物、系統及び機器を内包している建屋

クラス3に属する構築物、系統及び機器のうち、火山灰の影響を受ける施設で、上位(クラス1,2)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

影響を及ぼし得る影響因子の抽出(荷重の設定を含む)及び評価

直接的影響

・構造物への静的負荷(降雨の影響を含む)

降下火砕物の除去(建屋等)

・構造物への化学的影響(腐食)

降下火砕物の除去(建屋等)

点検、補修(塗替塗装等)

・粒子の衝突

影響なし

・水循環系の閉塞

ストレーナ清掃

海水ポンプ振動監視

・水循環系の内部における磨耗

点検、補修

・水循環系の化学的影響(腐食)

点検、補修(塗替塗装等)

評価の判定

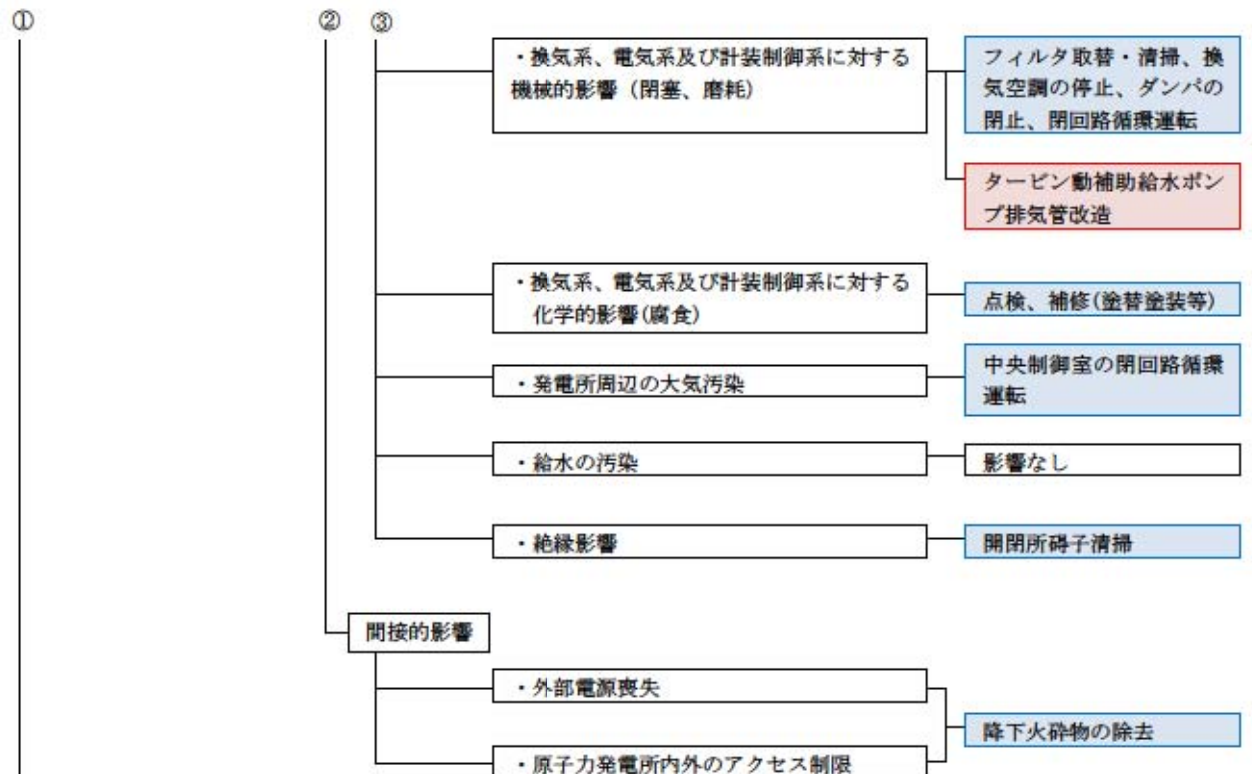
①

②

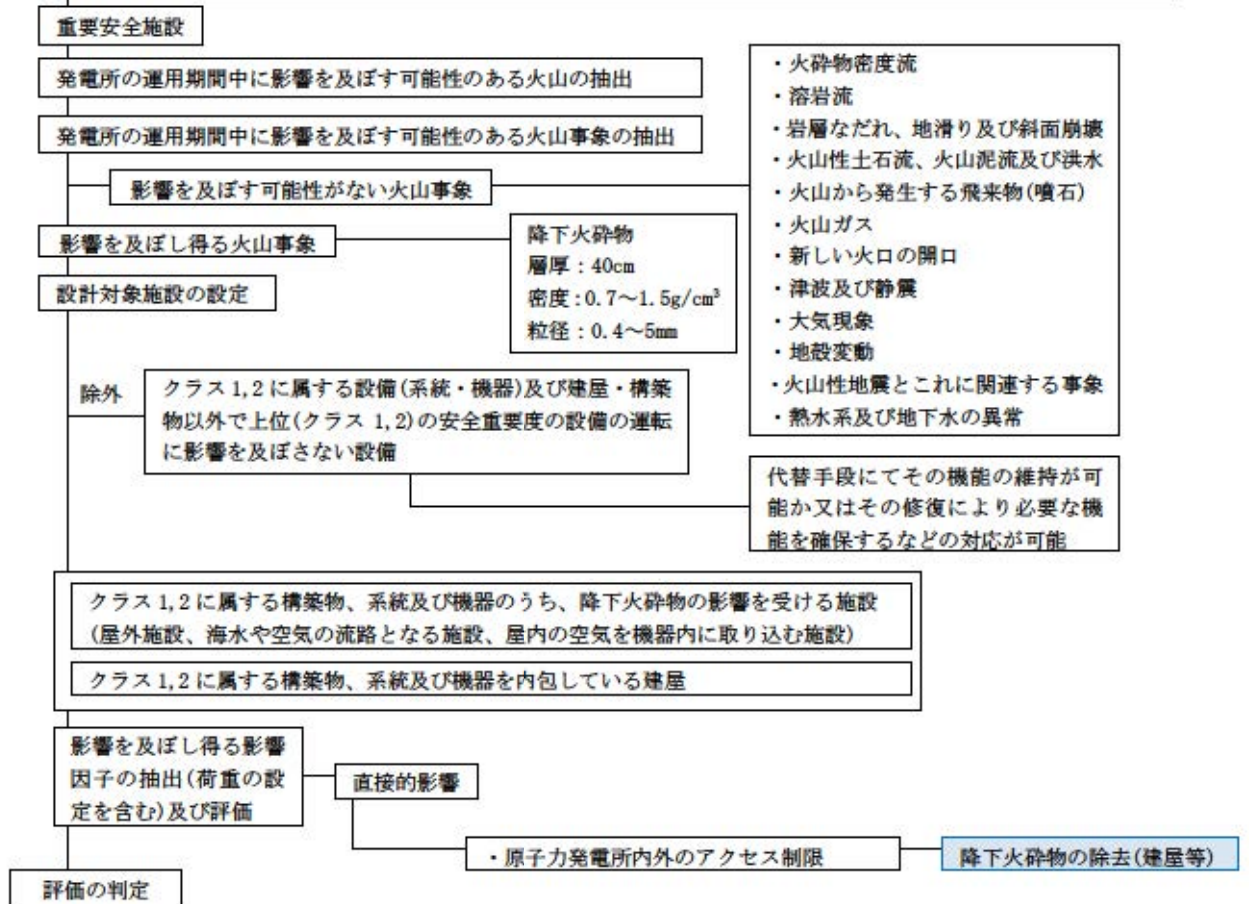
③

運用による対応

設備による対応



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恐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ない。



技術的能力に係る運用対策等（設計基準）

【6条 外部からの衝撃による損傷の防止（火山）】

対象項目	区分	運用対策等
降下火砕物の除去（建屋等）	運用・手順	・建屋、構築物等に堆積した降下火砕物の除去作業
	体制	・ 保修課、土木建築課による保守・点検の体制 ・ 降灰対応体制
	保守・点検	・ 日常保守点検 ・ 降灰時の巡視点検
	教育・訓練	・ 運用・手順、保守・点検に関する教育
フィルタ取替・清掃	運用・手順	・ 降灰時に、換気空調設備外気取入口のフィルタ差圧の巡視点検を行い、状況に応じて取替・清掃を行う
	体制	・ 運転員の当直体制 ・ 保修課による保守・点検の体制 ・ 降灰対応体制
	保守・点検	・ 日常保守点検 ・ 定期点検 ・ 降灰時の巡視点検
	教育・訓練	・ 運用・手順、保守・点検に関する教育
ストレーナ清掃	運用・手順	・ 降灰時に、海水を通水する水循環系のストレーナ差圧の巡視点検の強化を行い、状況に応じて洗浄を行う。
	体制	・ 運転員の当直体制 ・ 降灰時の注意喚起体制、非常体制
	保守・点検	・ ストレーナの日常点検 ・ 降灰時の巡視点検
	教育・訓練	・ 運用・手順、保守・点検に関する教育
原子炉補機冷却海水ポンプ振動計測	運用・手順	・ 降灰時の原子炉補機冷却海水ポンプ振動の監視をし、判定基準を目安に点検を行う
	体制	・ 降灰対応体制
	保守・点検	・ 降灰時の海水ポンプの振動監視 ・ 振動監視装置の点検・校正
	教育・訓練	・ 運用・手順、保守・点検に関する教育 ・ 状態監視技術に関する教育（資格）
外気取入ダンパの閉止、換気空調系の停止、閉回路循環運転	運用・手順	・ 降灰時には、平型フィルタによる降下火砕物の侵入の防止に加え、必要に応じて、外気取入ダンパの閉止、換気空調系の停止、閉回路循環運転を実施する。
	体制	・ 降灰対応体制 （運転員の当直体制）
	保守・点検	—
	教育・訓練	・ 運用・手順、保守・点検に関する教育

技術的能力に係る運用対策等（設計基準）

【6条 外部からの衝撃による損傷の防止(火山)】

対象項目	区分	運用対策等
碓子清掃	運用・手順	・碓子表面に降下火砕物の付着が見られた場合、碓子の清掃を行う
	体制	・降灰対応体制 ・保修課による保守・点検の体制
	保守・点検	・日常保守点検 ・定期点検 ・降灰時の巡視点検
	教育・訓練	・運用・手順、保守・点検に関する教育
降灰時の特別点検	運用・手順	・降灰が確認された場合に、設計対象施設に対して降下火砕物の堆積や侵入等により影響を受けた可能性がある設備について、特別点検を実施する
	体制	・降灰対応体制 (運転員の当直体制) ・保修課・土木建築課による保守・点検の体制
	保守・点検	・降灰時の巡視点検、状況確認
	教育・訓練	・運用・手順、保守・点検に関する教育
降灰後の点検	運用・手順	・降灰後、降下火砕物の堆積や侵入等により影響を受けた可能性がある設備について巡視点検を実施し、降下火砕物による影響を確認した場合は、必要に応じて点検等を行う。 ・腐食等の中長期的な影響については、日常点検・定期点検により確認
	体制	・運転員の当直体制 ・保修課・土木建築課による保守・点検の体制
	保守・点検	・巡視点検 ・定期点検
	教育・訓練	・運用・手順、保守・点検に関する教育