

東海第二発電所 審査資料	
資料番号	PD-C-1 改7
提出年月日	平成29年4月20日

## 東海第二発電所

### 設計基準対象施設について

平成29年4月  
日本原子力発電株式会社

本資料のうち、は商業機密又は核物質防護上の観点から公開できません。

目 次

- 4 条 地震による損傷の防止
- 5 条 津波による損傷の防止
- 6 条 外部からの衝撃による損傷の防止（その他外部事象）
- 6 条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻）
- 6 条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）
- 6 条 外部からの衝撃による損傷の防止（火山）
- 7 条 発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止
- 8 条 火災による損傷の防止
- 9 条 溢水による損傷の防止等
  - 内部溢水の影響評価について
- 10 条 誤操作の防止
- 11 条 安全避難通路等
- 12 条 安全施設（静的機器の単一故障）
- 14 条 全交流動力電源喪失対策設備
- 16 条 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設
- 17 条 原子炉冷却材圧力バウンダリ
- 23 条 計測制御系統施設（第 16 条に含む）
- 24 条 安全保護回路
- 26 条 原子炉制御室等
- 31 条 監視設備
- 33 条 保安電源設備
- 34 条 緊急時対策所

35 条 通信連絡設備

# 東海第二発電所

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)

<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
    - (1) 位置, 構造及び設備
    - (2) 安全設計方針
    - (3) 適合性説明
  
2. 外部からの衝撃による損傷の防止  
別添資料1 火山影響評価について
  
3. 運用, 手順説明資料  
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、設計基準対象施設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東海第二発電所における適合性を示す。

2. において、設計基準対象施設について、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。

## 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>安全施設は、想定される自然事象（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>	<p>追加要求事項</p>
<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>		<p>追加要求事項</p>
<p>3 安全施設は、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。）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。）により発電用原子炉施設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>	<p>追加要求事項</p>



## 1.2 追加要求事項に対する適合性

(1)

(3) その他の主要な構造

(i) 本発電用原子炉施設は、(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。）又は地震及び津波を含む自然現象の組合せに遭遇した場合において、自然事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わない設計とする。

なお、発電所敷地で想定される自然現象のうち、洪水、地滑りについては、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、地震、津波、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じる応力について、それぞれの因果関係及び時間的变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、航空機落下、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガ

ス、船舶の衝突及び電磁的障害の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。）に対して安全機能を損なわない設計とする。

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、航空機落下については、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、立地的要因により考慮する必要はない。

ここで、想定される自然現象及び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。）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。

- (a-2) 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層厚 40cm、粒径 8mm 以下、密度  $0.3\text{g}/\text{cm}^3$ （乾燥状態） $\sim 1.5\text{g}/\text{cm}^3$ （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、電気系及び計測制御系に対する機械的影響（摩耗）に対して摩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設備は降下火砕物が侵入し難く，さらに外気を遮断できる設計とすること，電気系及び計装制御系の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制御設備（安全保護系）の設置場所の換気空調設備は降下火砕物が侵入しにくい設計とすること，降下火砕物による静的負荷や腐食等の影響に対して，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取替，清掃，換気空調設備の停止又は再循環運転の実施により安全機能を損なわない設計とすること，若しくは，降下火砕物による損傷を考慮して，代替設備により必要な機能を確保すること，安全上支障のない期間での修復等の対応，又は，それらを適切に組み合わせることで，その安全機能を損なわない設計とする。さらに，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，安全機能を損なわない設計とする。

## （2）安全設計方針

### 1.8 火山防護に関する基本方針

#### 1.8.1 設計方針

##### （1）火山事象に対する施設の基本方針

安全施設が火山事象に対して，原子炉施設の安全性を確保するために必要な機能を損なわないよう，「添付書類六 6.6 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対して，対策を行い，建屋による防護，構造健全性の維持又は代替設備の確保等によって，

安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1 (1.1 : 1-1~4),

(第 3.6.1-1 表 : 1-28, 29)】

(2) 降下火砕物の設計条件

地盤・津波側にて別途審議中

a. 設計条件の検討・設定

東海第二発電所の敷地において考慮する火山事象として、「添付書類六 6.6 火山」に示すとおり、文献調査、地質調査結果等から総合的に判断し、設計条件となる降下火砕物堆積量は 40cm と設定した。

密度及び粒径については、文献調査の結果を踏まえ、密度  $0.3\text{g}/\text{m}^3$  (乾燥状態)  $\sim 1.5\text{g}/\text{m}^3$  (湿潤状態)、粒径 8mm 以下と設定する。

【別添資料 1 : (3.1 : 1-5)】

(3) 評価対象施設の抽出

降下火砕物の影響から防護する施設としては、発電所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。

【別添資料 1 : (3.3 : 1-6)】

上記施設が降下火砕物の影響により安全機能を損なわないように、降下火砕物の影響を設計に考慮する施設（以下「設計対象施設」という。）として、以下を抽出する。

a. クラス 1 及びクラス 2 に属する施設のうち、屋外に設置されている施設

b. クラス 1 及びクラス 2 に属する施設のうち、屋外に開口しており降下火砕物を含む海水の流路となる施設

c. クラス 1 及びクラス 2 に属する施設のうち、屋外に開口しており降下

火砕物を含む空気の流路となる施設

- d. クラス 1 及びクラス 2 に属する施設のうち、屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設
- e. クラス 1 及びクラス 2 に属する施設を内包し、降下火砕物から防護する建屋
- f. クラス 3 に属する施設のうち降下火砕物の影響を受ける可能性がある施設で、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 に属する施設は、損傷する場合を考慮して、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のない期間に除灰、修復等の対応を可能とすることにより安全機能を損なわない設計とする。

上記に該当する主な設計対象施設を以下に示すとともに、第 1.8-1 表に示す。

【別添資料 1 : (1-3~15)】

#### (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。）と発電所外での影響（以下「間接的影響」という。）を選定する。

##### a. 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<sup>(1)</sup>。ただし、砂よりもろく硬度は低い<sup>(2)</sup>。
- (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<sup>(1)</sup>。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<sup>(3)</sup>。

- (c) 水に濡れると導電性を生じる<sup>(1)</sup>。
- (d) 湿った降下火砕物は乾燥すると固結する<sup>(1)</sup>。
- (e) 降下火砕物粒子の融点は約 1,000°Cであり、一般的な砂に比べ低い<sup>(1)</sup>。

## b. 直接的影響

降下火砕物の特徴から直接的影響の要因となる荷重、閉塞、摩耗、腐食、大気汚染、水質汚染及び絶縁低下を抽出し、評価対象施設の構造や設置状況等を考慮して直接的な影響因子を以下のとおり選定する。

### (a) 荷重

「荷重」について考慮すべき影響因子は、建屋及び屋外設備の上に堆積し静的な負荷を与える「構造物への静的負荷」、並びに建屋及び屋外設備に対し衝撃を与える「粒子の衝突」である。なお、粒子の衝突による影響については、「1.7 竜巻防護に関する基本方針」に包絡される。

評価に当たっては以下の荷重の組み合わせ等を考慮する。

#### i) 評価対象施設に常時作用する荷重、運転時荷重

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、内圧等の運転時荷重であり、降下火砕物との荷重と適切に組み合わせる。

#### ii) 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。

なお、評価対象施設のうち設計基準事故時荷重が生じ得る設備としては、屋外設備の動的機器である海水ポンプが考えられるが、設計基準事故時において海水ポンプに有意な機械的荷重は発生しない

ことから、設計基準事故時に生じる荷重との組合せは考慮しない。

iii) その他の自然現象の影響を考慮した荷重の組合せ

降下火砕物と組み合わせを考慮すべき自然現象は、荷重の影響において風及び積雪であり、降下火砕物との荷重と適切に組み合わせる。

(b) 閉塞

「閉塞」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物を含む海水が流路の狭隘部等を閉塞させる「水循環系の閉塞」、並びに降下火砕物を含む空気が機器の狭隘部や換気系の流路を閉塞させる「換気系、電気系及び計装制御系の機械的影響（閉塞）」である。

(c) 摩耗

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

(d) 腐食

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

(e) 大気汚染

「大気汚染」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物により汚染された発電所周辺の大気が運転員の常駐する中央制御室内に侵入することによる居住性の劣化、並びに降下火砕物の除去、屋外設備の点検等、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。

(f) 水質汚染

「水質汚染」については、給水等に使用する工業用水に降下火砕物が混入することによる汚染が考えられるが、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工業用水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。

(g) 絶縁低下

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

【別添資料 1 : (3.4.2:1-16~19)】

c. 間接的影響

降下火砕物によって発電所に間接的な影響を及ぼす因子は、湿った降下火砕物が送電線の碍子、特高開閉所の充電露出部等に付着し絶縁低下を生じさせることによる広範囲にわたる送電網の損傷に伴う「外部電源喪失」、並びに降下火砕物が道路に堆積することによる交通の途絶に伴う「アクセス制限」である。

【別添資料 1 : (3.4.3:1-20)】



(5) 降下火砕物の直接的影響に対する設計

直接的影響については、評価対象施設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わない以下の設計とする。

a. 建屋構築物

原子炉建屋、タービン建屋及び使用済燃料乾式貯蔵建屋は、「荷重」について、当該施設の許容堆積荷重が、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、健全性を損なわない設計とする。なお、建築基準法における積雪荷重の考え方に準拠し、降下火砕物の除去を適切に行うことから、降下火砕物の荷重を短期に生じる荷重とし、建築基準法における材料強度による許容値を許容限界とする。

「腐食」については、耐食性のある材料や塗装の実施等によって、短期的な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、降下火砕物堆積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. 海水ポンプ

「荷重」について、当該施設の許容応力が、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、健全性を損なわない設計とする。

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

「腐食」については、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、短期的な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、降下火砕物堆積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. 海水ストレーナ

「荷重」について、当該施設の許容応力が、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、健全性を損なわない設計とする。

「閉塞」については、降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設けるまたは差圧管理が可能な設計とする。

「腐食」については、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、短期的な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、降下火砕物堆積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。

d. 海水取水設備

「閉塞」については、降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設ける設計とする。

「腐食」については、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、短期的な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、降下火砕物堆積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。

e. 計装制御設備（安全保護系）

当該機器の設置場所は中央制御室換気空調系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バグフィルタを設置することで、降下火砕物が流路に侵入し難い設計とする。したがって、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。

f. 換気空調設備

「荷重」について、中央制御室換気系冷凍機及びディーゼル発電機室ルーフベントファンは全体を防護する構造物を設置することにより、当該機器に降下火砕物が直接堆積しない設計とし、構造物は降下火砕物の

堆積により健全性を損なわない設計とする。

「閉塞」については、中央制御室換気空調系及びディーゼル発電機室換気系は、外気取入口にガラリを取り付ける等により、下方から吸い込む構造とすること、換気空調系のフィルタを設置することで、降下火砕物が流路に侵入し難い設計とする。さらに降下火砕物がフィルタに付着した場合でも取替または清掃が可能な構造とすること、降下火砕物により閉塞しない設計とする。ディーゼル発電機室ルーフベントファンは全体を防護する構造物の設置、開口部を横方向に向けるなど降下火砕物により閉塞しない設計とする。

「腐食」については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物によって直ちに金属腐食を生じないことから、金属材料を用いることで安全機能を損なうことのない設計とする。なお、降下火砕物堆積後の長期的な腐食の影響については、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。

また、中央制御室換気空調系については、外気取入ダンパの閉止及び再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、安全機能を損なわない設計とする。

#### g. ディーゼル発電機

「荷重」について、当該施設は降下火砕物が堆積し難いまたは直接堆積しない構造とすること、若しくは許容応力が、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、健全性を損なわない設計とする。

「閉塞」については、ディーゼル発電機の吸気口及び排気管は開口部を下方向若しくは横方向の構造とすること、吸気口にはフィルタを設置

することで、降下火砕物が流路に侵入し難い設計とする。また、吸気口に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難い設計とし、さらに降下火砕物がフィルタに付着した場合でも取替または清掃が可能な構造とすることで、降下火砕物により閉塞しない設計とする。

なお、フィルタを通過した小さな粒径の降下火砕物が侵入した場合でも、降下火砕物により閉塞しない設計とする。

「摩耗」については、降下火砕物は砂よりも硬度が低くもろいことから、摩耗の影響は小さい。

構造上に対応として、吸気口は下方から吸い込む構造であること、フィルタを設置することで、降下火砕物が流路に侵入し難い設計とし、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摩耗性のある材料を使用することで、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。

「腐食」については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物によって直ちに金属腐食を生じないことから、金属材料を用いることで安全機能を損なうことのない設計とする。なお、降下火砕物堆積後の長期的な腐食の影響については、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。

#### h. 排気筒

「閉塞」については、降下火砕物の侵入を防止、若しくは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、状況に応じた除去等の対応が可能な設計とする。

「腐食」については、塗装の実施等によって、短期的な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、降下火砕物堆積後の長期

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。

【別添資料 1 : (3.4.4 : 1-20, 21),  
(3.5 : 1-22), (3.6.1 : 1-22~29)】

#### (6) 降下火砕物の間接的影響に対する設計

広範囲にわたる送電網の損傷による 7 日間の外部電源喪失及び発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象に対し、原子炉の停止並びに停止後の原子炉及び使用済燃料プールの冷却に係る機能を担うために必要となる電源の供給が非常用ディーゼル発電機 (2 基) 及びそれぞれに必要な耐震 S クラスの軽油貯蔵タンク (2 基 : 800kL 以上) により継続できる設計とすることにより、安全機能を損なわない設計とする。電源の供給に関する設計方針は「10.1 非常用電源設備」に記載する。

【別添資料 1 : (3.6.2 : 1-27)】

#### 1.8.2 手順等

- (1) 降下火砕物が確認された場合には、建屋及び屋外の設備等に長期間降下火砕物による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去を適切に実施する。
- (2) 降下火砕物が確認された場合には、状況に応じて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手順を定める。
- (3) 降下火砕物が確認された場合には、換気空調設備の外気取入口のフィルタについて、フィルタ差圧又は流量を確認するとともに、状況に応じて清掃又は取替を実施する。

### 1.8.3 参考文献

- (1) 広域的な火山防災対策に係る検討会（第3回）資料2 内閣府
- (2) 「シラスコンクリートの特徴とその実用化の現状」武若耕司，コンクリート工学，Vo139，2004
- (3) 「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 Vo1. 39，1990

表 1.8-1 表 評価対象施設

設備区分		評価対象施設
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に属する構築物，系統及び機器を内包する建屋	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉建屋（原子炉棟）</li> <li>・原子炉建屋（附属棟）</li> <li>・タービン建屋</li> <li>・使用済燃料乾式貯蔵建屋</li> </ul>
	屋外の施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・海水ポンプ</li> <li>・海水ストレーナ</li> <li>・ディーゼル発電機</li> <li>・換気空調設備</li> <li>・排気筒</li> <li>・非常用ガス処理系排気筒</li> </ul>
	屋外に開口している施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・海水ポンプ</li> <li>・海水ストレーナ</li> <li>・ディーゼル発電機</li> <li>・換気空調設備</li> <li>・排気筒</li> <li>・非常用ガス処理系排気筒</li> </ul>
	屋内の空気を取り込む施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計装制御設備（安全保護系）</li> </ul>
クラス3に属する構築物，系統及び機器	<p>降下火砕物の影響を受ける施設であって，その停止等により，上位の安全重要度の施設の運転に影響を及ぼす可能性のある屋外の施設</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・海水取水設備（除塵装置）</li> </ul>

【別添資料1：(3.3：1-6～15)】

## 東海第二発電所

### 火山影響評価について



## 目 次

1. 基本方針
  - 1.1 概要
  - 1.2 火山影響評価の流れ
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 抽出された火山の火山活動に関する個別評価
3. 影響評価
  - 3.1 火山事象の影響評価
  - 3.2 火山事象（降下火砕物）に対する設計の基本方針
  - 3.3 火山防護施設のうち評価対象施設の抽出
  - 3.4 降下火砕物による影響の選定
  - 3.5 設計荷重の設定
  - 3.6 降下火砕物に対する設計方針
  - 3.7 降下火砕物の除去等の対策
4. まとめ

### 補足資料

1. 原子炉の高温停止及び低温停止に必要な設備について
2. 降下火砕物の特徴について
3. 降水による降下火砕物の固結の影響について
4. 降下火砕物と積雪の重ね合わせの考え方について
5. 原子力発電所で使用する塗料について
6. 降下火砕物の金属腐食研究について
7. 許容堆積荷重の考え方について

8. 粒径の大きな降下火砕物の取水路内への流入と影響について
9. 給水処理設備に係る影響評価について
10. 非常用ディーゼル発電機吸気フィルタの閉塞について
11. アイスランド火山を用いる基本的考え方とセントヘレンズ火山による影響評価について
12. 降下火砕物のその他設備への影響評価について
13. 降下火砕物の除去に要する時間について
14. 観測された諸噴火の最盛期における噴出率と継続時間について
15. バグフィルタの取替手順について
16. 火山影響評価ガイドとの整合性について

## 1. 基本方針

### 1.1 概要

原子力規制委員会の定める「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成 25 年 6 月 28 日原子力規制委員会規則第五号）」第六条において、外部からの衝撃による損傷防止として、安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）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、原子炉施設へ影響を与えないことを評価する。

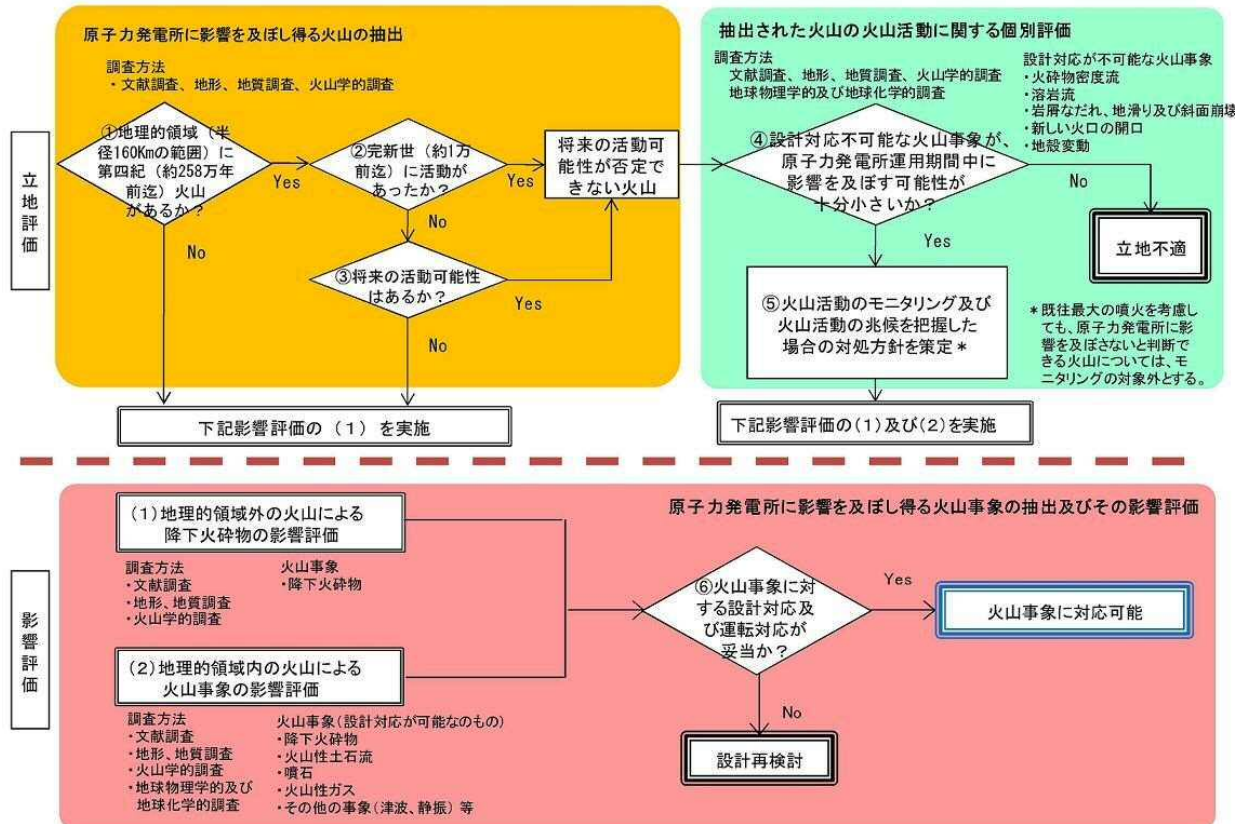
## 1.2 火山影響評価の流れ

火山影響評価は、「原子力発電所の火山影響評価ガイド」を参照し、第1.2-1図のフローに従い立地評価と影響評価の2段階で行う。

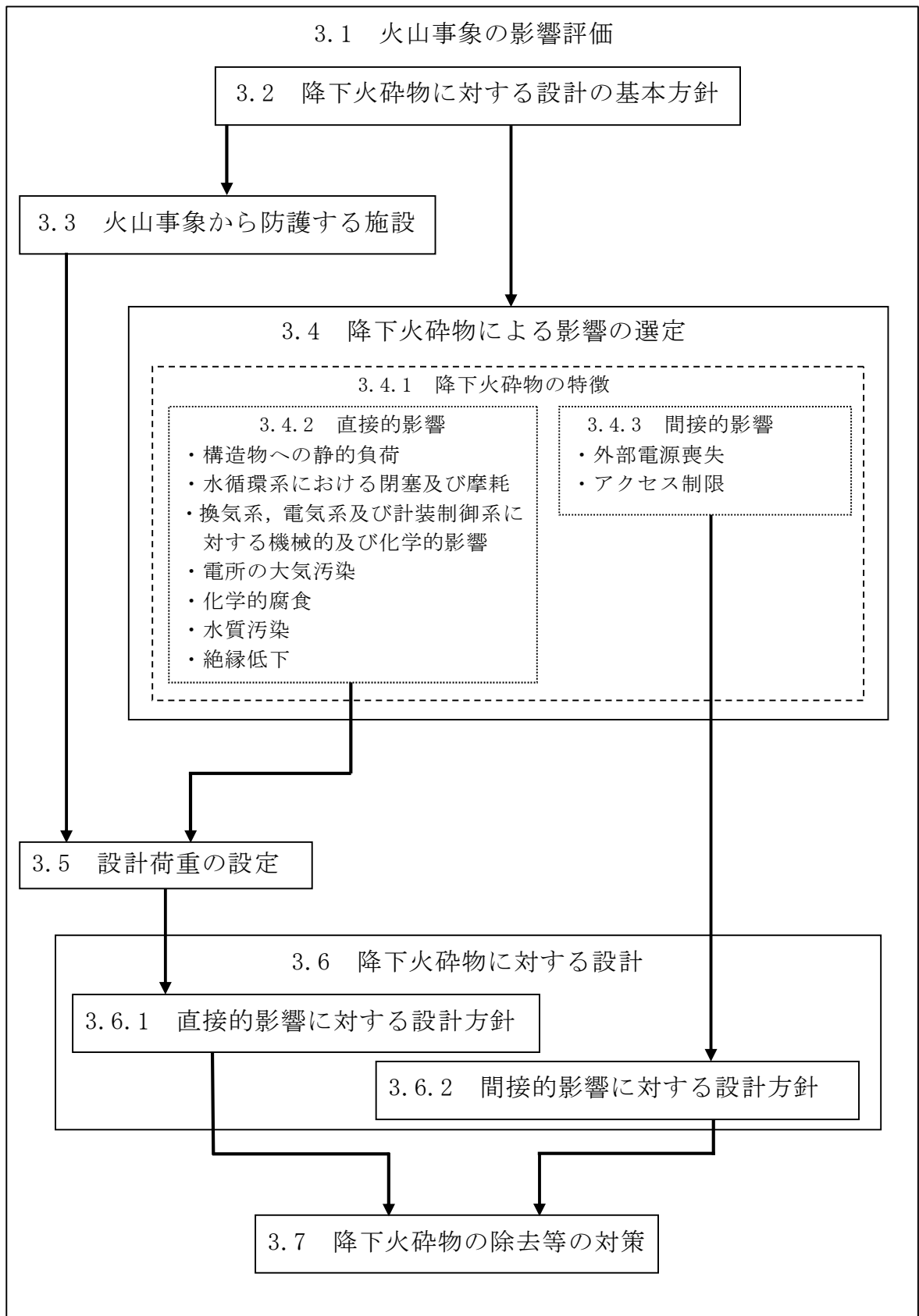
立地評価では、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出を行い、抽出された火山の火山活動に関する個別評価を行う。具体的には設計対応不可能な火山事象が東海第二発電所の運用期間中に影響を及ぼす可能性の評価を行う。

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小さいと評価された場合は、原子力発電所に影響を与える可能性のある火山事象の抽出とその影響評価を行う。

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「3.1 火山事象の影響評価」にて評価を行う。(第1.2-2図)



第1.2-1図 火山影響評価の基本フロー



第 1.2-2 図 影響評価のフロー

## 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（160km）に位置する第四紀火山（32火山）について、完新世の活動の有無、将来の活動性を検討した結果、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として、高原山、那須岳、男体・女峰火山群、日光白根山、赤城山、燧ヶ岳、安達太良山、磐梯山、沼沢、吾妻山、榛名山、笹森山、子持山の13火山を抽出した。

### 2.2 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として抽出した13火山について、設計対応不可能な火山事象（火砕物密度流、溶岩流、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊、新しい火口の開口、地殻変動）が影響を及ぼす可能性について個別評価を行った。

火砕物密度流については、敷地と火砕物密度流の到達可能性範囲の距離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。

溶岩流、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊については、敷地と火山の距離から発電所に影響を及ぼす可能性はないと評価した。

新しい火口の開口、地殻変動については、敷地は火山フロントより前弧側（東方）に位置すること、敷地周辺では火成活動は確認されていないことから、この事象が発電所の運転期間中に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価した。

以上から、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なく、この結果から、抽出した13火山はモニタリングの対象とならないと判断した。

### 3. 影響評価

#### 3.1 火山事象の影響評価

将来の活動可能性のある火山若しくは将来の活動可能性を否定できない火山について、東海第二発電所の運用期間中の噴火規模を考慮し、原子力発電所の安全機能に影響を及ぼし得る火山事象を抽出した結果、降下火砕物のみが東海第二発電所に影響を及ぼし得る火山事象となった。よって、降下火砕物による安全施設への影響評価を行う。

影響評価に用いる条件は、地質調査結果及び文献調査結果を参考に第 3.1-1 表のとおり、堆積厚さ 40cm、粒径 8mm 以下、密度  $0.3\text{g}/\text{cm}^3$  (乾燥状態) ~  $1.5\text{g}/\text{cm}^3$  (湿潤状態) と設定した。

第 3.1-1 表 降下火砕物の設計条件

項目	設定条件	備考
堆積厚さ	40cm	垂直荷重に対する健全性評価に使用
密度	$0.3\text{g}/\text{cm}^3$ (乾燥密度) ~ $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ (湿潤状態)	
粒径	8mm 以下	水循環系の閉塞及び換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響評価に使用

### 3.2 火山事象（降下火砕物）に対する設計の基本方針

将来の活動可能性を否定できない火山について、東海第二発電所の運用期間中の噴火規模を考慮し、東海第二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、「3.1 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が東海第二発電所に影響を及ぼし得る火山事象であるという結果となった。

降下火砕物に対し、防護すべき評価対象施設の安全機能を損なわない設計とする。以下に火山事象に対する防護の基本方針を示す。

- (1) 降下火砕物による直接的な影響（荷重、閉塞、摩耗、腐食等）に対して、安全機能を損なわない設計とする。
- (2) 発電所内の構築物、系統及び機器における降下火砕物の除去等の対応が可能な設計とする。
- (3) 降下火砕物による間接的な影響である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、安全機能を損なわない設計とする。

### 3.3 火山防護施設のうち評価対象施設の抽出

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

また、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、以下のとおり定められている。



- ① クラス 1 : 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。
- ② クラス 2 : 高度の信頼性を確保し、かつ、維持すること。
- ③ クラス 3 : 一般の産業施設と同等以上の信頼性を確保し、かつ、維持すること。

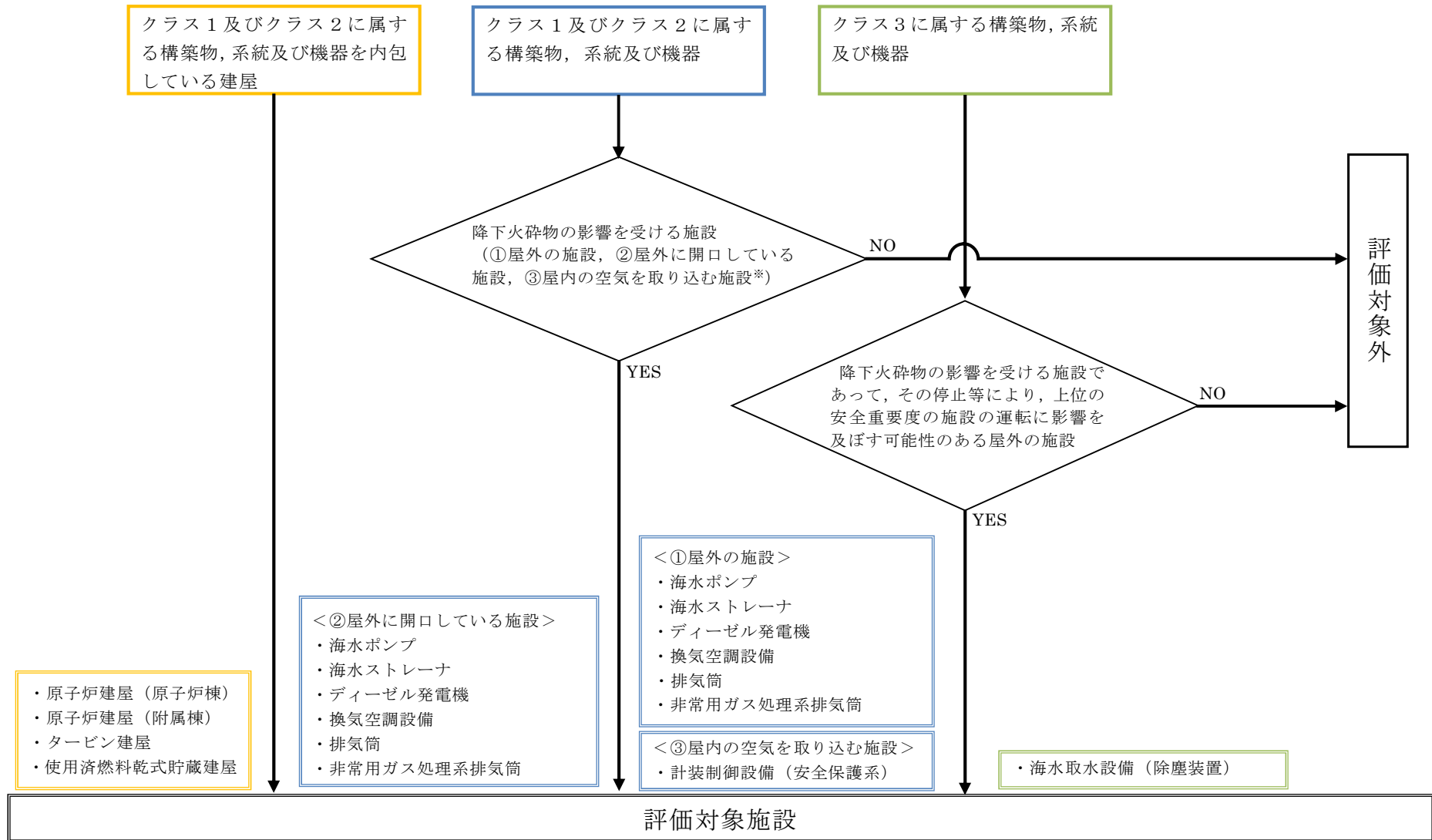
以上のことから、第3.3-1図の抽出フローにより一般産業施設を超える機能維持を要求しているクラス 1 及びクラス 2 に属する構築物、系統及び機器のうち、降下火砕物の影響を考慮し、安全機能を損なうおそれがある施設を評価対象施設として抽出する。

また、安全重要度の低い構築物、系統及び機器であっても、評価対象施設の停止により、プラント高温停止及び冷温停止に影響を及ぼす場合は評価対象施設として抽出するとともに、クラス 1 及びクラス 2 に属する構築物、系統及び機器を設置している建屋についても評価対象施設とする。

なお、その他クラス 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できること、または安全上支障が生じない期間に除去あるいは修復等による対応が可能とすることにより、安全機能を損なわない設計とするため、評価対象施設から除外する。

さらに、降下火砕物の間接的影響を考慮し、原子炉の高温停止、冷温停止に必要となる機能を達成するために必要となる設備を評価対象施設として抽出した。(補足資料-1)

評価対象施設の抽出結果を第 3.3-1 表、第 3.3-2 表に示すとともに、評価対象施設の設置場所を第 3.3-2 図に示す。



※ 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。

第 3.3-1 図 評価対象施設の抽出フロー

第 3.3-1 表 評価対象施設の抽出結果

設備区分	評価対象施設	
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 に属する構築物，系統及び機器を内包している建屋	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉建屋（原子炉棟）</li> <li>・原子炉建屋（附属棟）</li> <li>・タービン建屋</li> <li>・使用済燃料乾式貯蔵建屋</li> </ul>
	屋外の施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・海水ポンプ</li> <li>・海水ストレーナ</li> <li>・ディーゼル発電機</li> <li>・換気空調設備</li> <li>・排気筒</li> <li>・非常用ガス処理系排気筒</li> </ul>
	屋外に開口している施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・海水ポンプ</li> <li>・海水ストレーナ</li> <li>・ディーゼル発電機</li> <li>・換気空調設備</li> <li>・排気筒</li> <li>・非常用ガス処理系排気筒</li> </ul>
	屋内の空気を取り込む施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計装制御設備（安全保護系）</li> </ul>
クラス 3 に属する構築物， 系統及び機器	降下火砕物の影響を受ける施設であって，その停止等により，上位の安全重要度の施設の運転に影響を及ぼす可能性のある屋外の施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・海水取水設備（除塵装置）</li> </ul>

第 3.3-2 表 評価対象施設の抽出について (1 / 4)

分類	安全機能の重要度分類			降下火砕物の影響を受ける施設 (屋外に設置されている施設, 屋外に開口している施設, 又は外気から取り入れた屋内の空気を取り込む機構を有する施設)	クラス 3 に属する施設のうち降下火砕物の影響を受ける可能性がある施設で, 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	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) 燃料の大量の破損を引き起こすおそれのある構築物, 系統及び機器	1) 原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系 (計装等の小口径配管・機器は除く。)	-	-	-
		2) 過剰反応度の印加防止機能	制御棒カップリング	-	-	-
		3) 炉心形状の維持機能	炉心支持構造物 (炉心シュラウド, シュラウドサポート, 上部格子板, 炉心支持板, 制御棒案内管), 燃料集合体 (ただし, 燃料を除く。)	-	-	-
MS-1	1) 異常状態発生時に原子炉を緊急に停止し, 残留熱を除去し, 原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧を防止し, 敷地周辺公衆への過度の放射線の影響を防止する構築物, 系統及び機器	1) 原子炉の緊急停止機能	原子炉停止系の制御棒による系 (制御棒及び制御棒駆動系 (スクラム機能))	-	-	-
		2) 未臨界維持機能	原子炉停止系 (制御棒による系, ほう酸水注入系)	-	-	-
		3) 原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能	逃がし安全弁 (安全弁としての開機能)	-	-	-
		4) 原子炉停止後の除熱機能	残留熱を除去する系統 (残留熱除去系, 原子炉停止時冷却モード)	-	-	-
			原子炉隔離時冷却系	-	-	-
			高圧炉心スプレイ系	-	-	-
			逃がし安全弁 (手動逃がし機能)	-	-	-
		5) 炉心冷却機能	自動減圧系 (手動逃がし機能)	-	-	-
			非常用炉心冷却系 (低圧炉心スプレイ系)	-	-	-
			非常用炉心冷却系 (低圧注水系)	-	-	-
			非常用炉心冷却系 (高圧炉心スプレイ系)	-	-	-
		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	非常用炉心冷却系 (自動減圧系)	-	-	-
			原子炉格納容器	-	-	-
			原子炉格納容器隔離弁	-	-	-
原子炉格納容器スプレイ冷却系	-		-	-		
原子炉建屋	原子炉建屋 (原子炉棟・附属棟)		-	原子炉建屋 (原子炉棟・附属棟)		
非常用ガス処理系	排気筒, 非常用ガス処理系排気筒		-	排気筒, 非常用ガス処理系排気筒		
非常用再循環ガス処理系	-	-	-			
可燃性ガス濃度制御系	-	-	-			

第 3.3-2 表 評価対象施設の抽出について (2 / 4)

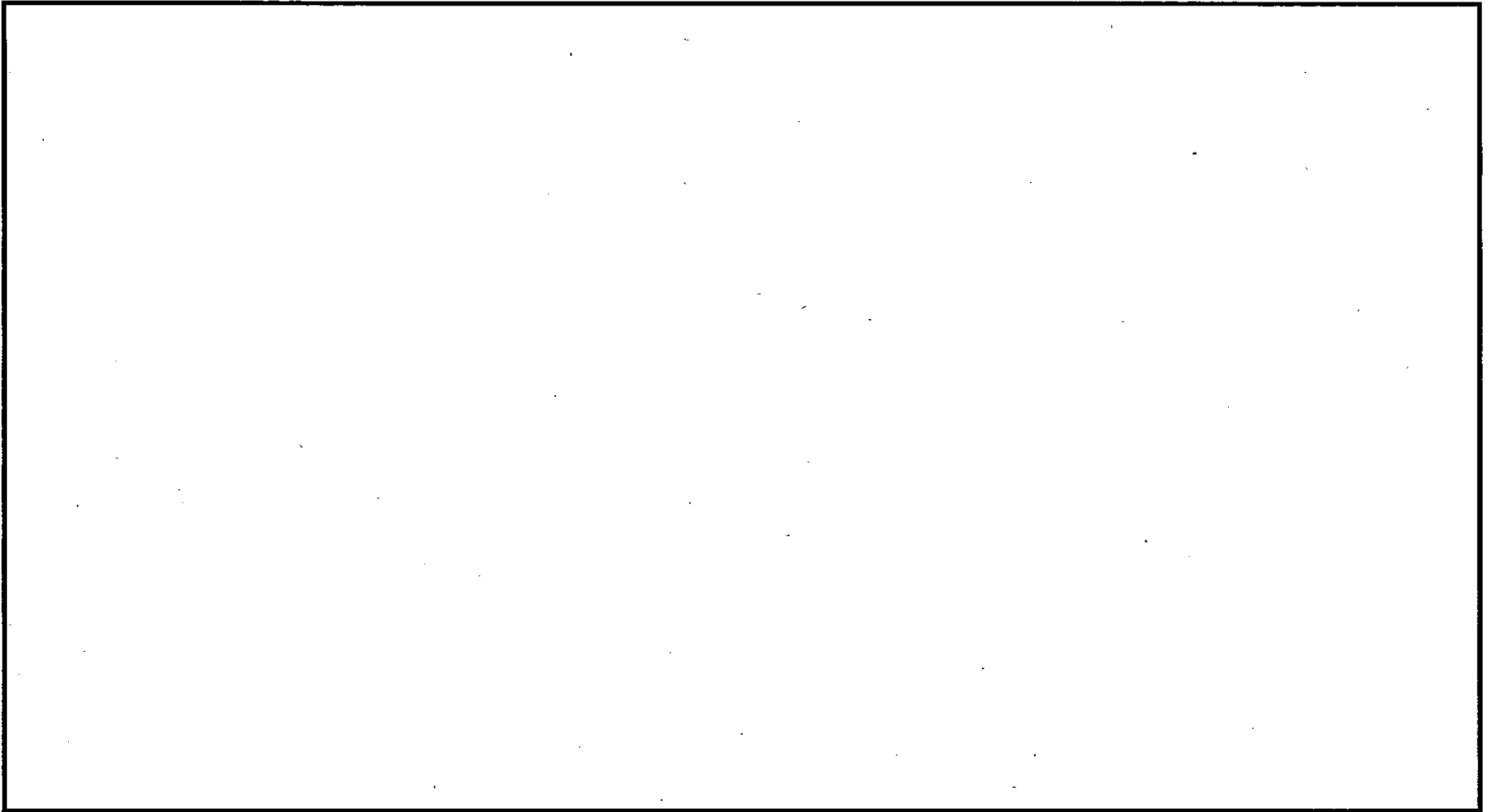
分類	安全機能の重要度分類			降下火砕物の影響を受ける施設 (屋外に設置されている施設, 屋外に開口している施設, 又は外気から取り入れた屋内の空気を取り込む機構を有する施設)	クラス 3 に属する施設のうち降下火砕物の影響を受ける可能性がある施設で, クラス 1 及びクラス 2 に属する施設に影響を及ぼし得る施設	評価対象施設
	定義	機能	構築物, 系統又は機器			
MS-1	2) 安全上必要なその他の構築物, 系統及び機器	1) 工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能	安全保護系	計装制御設備 (安全保護系)	—	計装制御設備 (安全保護系)
		2) 安全上特に重要な関連機能	非常用所内電源系 (MS-1 関連のもの)	ディーゼル発電機 (非常用ディーゼル発電機, 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機)	—	ディーゼル発電機 (非常用ディーゼル発電機, 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機)
			制御室及びその遮へい・非常用換気空調系 (MS-1 関連のもの)	換気空調設備 (中央制御室換気空調系, ディーゼル発電機室換気系)	—	換気空調設備 (中央制御室換気空調系, ディーゼル発電機室換気系)
			非常用補機冷却水系 (MS-1 関連のもの)	海水ポンプ, 海水ストレーナ (下流設備含む) (残留熱除去系海水系, 非常用ディーゼル発電機海水系, 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系)	取水設備 (除塵装置)	海水ポンプ, 海水ストレーナ (下流設備含む) (残留熱除去系海水系, 非常用ディーゼル発電機海水系, 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系) 取水設備 (除塵装置)
			直流電源系 (MS-1 関連のもの)	—	—	—

第 3.3-2 表 評価対象施設の抽出について (3 / 4)

分類	安全機能の重要度分類			降下火砕物の影響を受ける施設 (屋外に設置されている施設, 屋外に開口している施設, 又は外気から取り入れた屋内の空気を取り込む機構を有する施設)	クラス 3 に属する施設のうち降下火砕物の影響を受ける可能性がある施設で, 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	評価対象施設
	定義	機能	構築物, 系統又は機器			
PS-2	1) その損傷又は故障により発生する事象によって, 炉心の著しい損傷又は燃料の大量の破損を直ちに引き起こすおそれはないが, 敷地外への過度の放射性物質の放出のおそれのある構築物, 系統及び機器	1) 原子炉冷却材を内蔵する機能 (ただし, 原子炉冷却材圧力バウンダリから除外されている計装等の小口径のもの及びバウンダリに直接接続されていないものは除く。)	主蒸気系 (格納容器隔離弁の外側のみ)	-	-	-
			原子炉冷却材浄化系 (格納容器隔離弁の外側のみ)	-	-	-
		2) 原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていないものであって, 放射性物質を貯蔵する機能	放射性廃棄物処理施設 (放射能インベントリの大きいもの) 注 1) 注 1) 現状では, 放射性気体廃棄物処理系が考えられる。	-	-	-
			使用済燃料プール (使用済燃料貯蔵ラック)	-	-	-
			使用済燃料乾式貯蔵容器	使用済燃料乾式貯蔵建屋		使用済燃料乾式貯蔵建屋
	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渡変化時に作動を要求されるものであって, その故障により, 炉心冷却が損なわれる可能性の高い構築物, 系統及び機器	1) 安全弁及び逃がし弁の吹き止まり機能	逃がし安全弁 (吹き止まり機能に関連する部分)	-	-	-
MS-2	1) PS-2 の構築物, 系統及び機器の損傷又は故障により敷地周辺公衆に与える放射線の影響を十分小さくするようにする構築物, 系統及び機器	1) 燃料プール水の補給機能	非常用補給水系	-	-	-
			放射性気体廃棄物処理系の隔離弁	-	-	-
		2) 放射性物質放出の防止機能	排気筒 (非常用ガス処理系排気筒の支持機能以外) 燃料集合体落下事故時放射能放出を低減する系	排気筒 原子炉建屋 (原子炉棟・附属棟)	-	排気筒 原子炉建屋 (原子炉棟・附属棟)
	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把握機能	事故時監視計器の一部 注 2) 注 2) 現状では, 格納容器雰囲気放射線モニタが考えられる。	-	-	-
		2) 異常状態の緩和機能	BWR には対象機能なし	-	-	-
	3) 制御室外からの安全防止機能	制御室外原子炉停止装置 (安全停止に関連するもの)	-	-	-	
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 試料採取管	- -	- -	- -
		2) 原子炉冷却材の循環機能	原子炉再循環系	-	-	-
		3) 放射性物質の貯蔵機能	サブプレッションプール水排水系, 復水貯蔵タンク, 放射性廃棄物処理施設 (放射能インベントリの小さいもの) 注 3) 注 3) 現状では, 液体及び固体の放射性廃棄物処理系が考えられる。	-	-	-

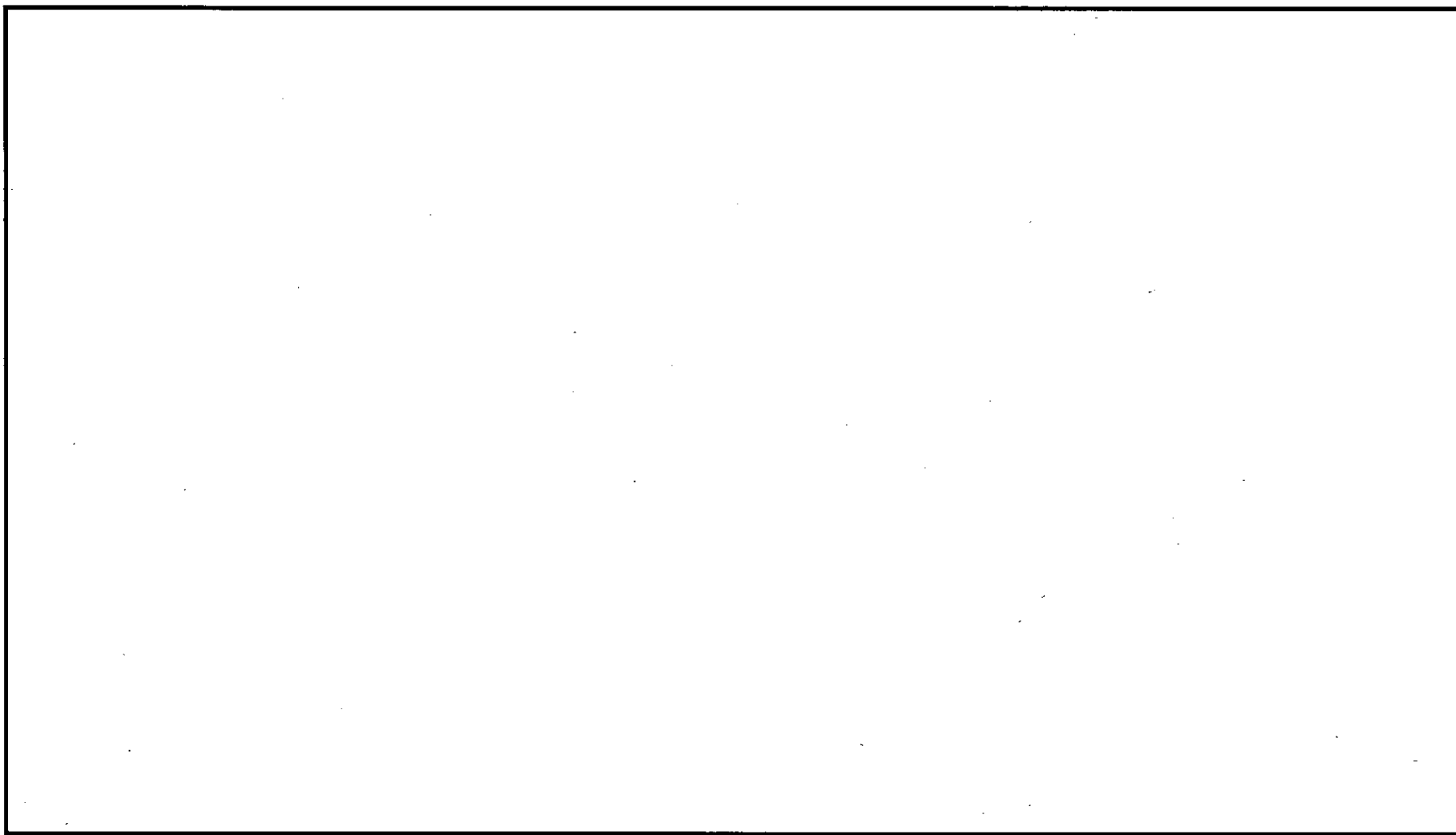
第 3.3-2 表 評価対象施設の抽出について (4 / 4)

分類	安全機能の重要度分類			降下火砕物の影響を受ける施設 (屋外に設置されている施設, 屋外に開口している施設, 又は外気から取り入れた屋内の空気を取り込む機構を有する施設)	クラス 3 に属する施設のうち降下火砕物の影響を受ける可能性がある施設で, 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	評価対象施設	
	定義	機能	構築物, 系統又は機器				
PS-3	1) 異常状態の起回事象となるものであって, PS-1 及び PS-2 以外の構築物, 系統及び機器	4) 電源供給機能 (非常用を除く。)	タービン	-	-	-	
			発電機及びその励磁装置	-	-	-	
			復水系 (復水器を含む。)	-	-	-	
			給水系	-	-	-	
			循環水系	-	-	-	
			送電線	-	-	-	
			変圧器	-	-	-	
			開閉所	-	-	-	
			5) プラント計測・制御機能 (安全保護機能を除く。)	原子炉制御系 (制御棒価値ミニマイザを含む。)	-	-	-
				原子炉核計装	-	-	-
	原子炉プロセス計装	-		-	-		
	6) プラント運転補助機能	所内ボイラ	-	-	-		
		計装用圧縮空気系	-	-	-		
	2) 原子炉冷却材放射性物質濃度を通常運転に支障のない程度に低く抑える構築物, 系統及び機器	1) 核分裂生成物の原子炉冷却材中への放散防止機能	燃料被覆管	-	-	-	
原子炉冷却材浄化系			-	-	-		
2) 原子炉冷却材の浄化機能		復水浄化系	-	-	-		
MS-3	1) 運転時の異常な過渡変化があっても, MS-1, MS-2 とあいまって, 事象を緩和する構築物, 系統及び機器	1) 原子炉圧力の上昇の緩和機能	逃がし安全弁 (逃がし弁機能)	-	-	-	
			タービンバイパス弁	-	-	-	
		2) 出力上昇の抑制機能	原子炉冷却材再循環系 (再循環ポンプトリップ機能)	-	-	-	
			制御棒引抜監視装置	-	-	-	
		3) 原子炉冷却材の補給機能	制御棒駆動水圧系	-	-	-	
			原子炉隔離時冷却系	-	-	-	
	2) 異常状態への対応上必要な構築物, 系統及び機器	1) 緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能	原子力発電所緊急時対策所	-	-	-	
			試料採取系	-	-	-	
			通信連絡設備	-	-	-	
			放射能監視設備	-	-	-	
事故時監視計器の一部			-	-	-		
消火系			-	-	-		
安全避難通路			-	-	-		
非常用照明			-	-	-		



第3.3-2図 評価対象施設(1/2)





第3.3-2図 評価対象施設(2/2)

### 3.4 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の構造や設置状況を考慮して、降下火砕物が直接及ぼす影響（以下「直接的影響」という。）と発電所外での影響（以下「間接的影響」という。）を選定する。

#### 3.4.1 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。（補足資料一  
2）

- (1) 火山ガラス片，鉱物結晶片から成る。ただし，砂よりもろく硬度は低い。
- (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。

#### 3.4.2 直接的影響

降下火砕物の特徴から直接的影響の要因となる荷重，閉塞，摩耗，腐食，大気汚染，水質汚染及び絶縁低下を抽出し，評価対象施設の構造や設置状況等を考慮して直接的な影響因子を第 3.4.2-1 表のとおり選定する。

##### (1) 荷重

「荷重」について考慮すべき影響因子は，建屋及び屋外設備の上に堆積し静的な負荷を与える「構造物への静的負荷」，並びに建屋及び屋外設備に対し衝撃を与える「粒子の衝突」である。

## (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) 摩耗

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

## (4) 腐食

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

## (5) 大気汚染

「大気汚染」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物により汚染された発電所周辺の大気が運転員の常駐する中央制御室内に侵入することによる居住性の劣化、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、給水等に使用する工業用水に降下火砕物が混入することによる汚染が考えられるが、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工業用水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。（補足資料－ 9）

(7) 絶縁低下

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

第3.4.2-1表 降下火砕物が設備に影響を与える可能性のある因子

No	影響を与える可能性のある因子	評価方法と詳細検討の要否	詳細検討すべきもの
①	構築物への静的負荷	屋外の構築物において降下火砕物による堆積荷重として考慮すべき因子である。なお、荷重条件は水を含んだ場合の負荷が大きくなるため、湿潤状態を考慮する。	○
②	構築物への化学的影響（腐食）	屋外設備において影響を考慮すべき要因であり、影響がないことを確認する。	○
③	粒子の衝突	降下火砕物は微細な粒子である。粒子の衝突については「竜巻に対する防護」で評価している設計飛来物に包絡されており、衝突により建屋・構築物、屋外機器に影響を与えないことを確認している。	-
④	水循環系の閉塞	海水系において影響を考慮すべき因子であり、降下火砕物の粒径によって懸念される狭隘部等における閉塞への影響を考慮する。	○
⑤	水循環系の内部における摩耗	水循環系において最も摩耗の影響を受けやすい箇所は多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、原子力発電所の運用期間中に海水取水中に含まれる砂等の摩耗によるトラブルは発生していない。降下火砕物は砂等に比べて破碎しやすく <sup>*1</sup> 、硬度が低い <sup>*2</sup> ことから、降下火砕物による摩耗が設備に影響を与える可能性はない。	-
⑥	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要因であり、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。	○
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・摩耗）	屋外設備において影響を考慮すべき要因である。また、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	○
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）	屋外設備において影響を考慮すべき要因である。影響がないことを確認する。	○
⑨	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等において影響を考慮すべき要因である。	○
⑩	水質汚染（給水の汚染）	発電所では給水処理装置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る可能性のある海水及び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。（補足資料-8）	-
⑪	絶縁低下	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がないこと、及び碍子洗浄装置により洗浄が可能であることから設備に影響はない。なお、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により電源の供給が可能である。計装盤のうち屋内の空気を取り込む機構を有するものについて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，p.38-47

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

### 3.4.3 間接的影響

降下火砕物によって発電所に間接的な影響を及ぼす因子は、湿った降下火砕物が送電線の碍子、特高開閉所の充電露出部等に付着し絶縁低下を生じさせることによる広範囲にわたる送電網の損傷に伴う「外部電源喪失」、並びに降下火砕物が道路に堆積することによる交通の途絶に伴う「アクセス制限」である。

### 3.4.4 評価対象施設に対する影響因子の想定

評価すべき直接的影響の要因については、その内容によりすべての評価対象施設に対して評価する必要がない項目もあることから、各評価対象施設と評価すべき直接的影響の要因について整理し、評価対象施設の特性を踏まえて必要な評価項目を第3.4.4-1表のとおり選定した。

第 3.4.4-1 表 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み合わせ

評価対象施設	①構造物への静的負荷	②構造物への化学的影響(腐食)	③水循環系の閉塞	④水循環系の化学的影響(腐食)	⑤換気系, 電気系及び計装制御系に対する機械的影響(閉塞・摩耗)	⑥換気系, 電気系及び計装制御系に対する化学的影響(腐食)	⑦発電所周辺の大気汚染	⑧絶縁低下
・原子炉建屋(附属棟含む) ・タービン建屋 ・使用済燃料乾式貯蔵建屋	○	○	— ④	— ④	— ⑤	— ⑤	— ⑥	— ⑦
・海水ポンプ(残留熱除去系, ディーゼル発電機用)	○	○	○ (ポンプ)	○ (ポンプ)	○ (モータ)	○ (モータ)	— ⑥	— ⑦
・海水ストレーナ(残留熱除去系, ディーゼル発電機用)	○	○	○ (下流側の設備含む)	○ (下流側の設備含む)	— ⑤	— ⑤	— ⑥	— ⑦
・海水取水設備	— ①	— ③	○	○	— ⑤	— ⑤	— ⑥	— ⑦
・計装制御設備(安全保護系)	— ②	— ②	— ④	— ④	— ⑤	— ⑤	— ⑥	○
・換気空調設備	○	○	— ④	— ④	○	○	○	— ⑦
・ディーゼル発電機(非常用, 高圧炉心スプレイ系)	○	○	— ④	— ④	○	○	— ⑥	— ⑦
・排気筒 ・非常用ガス処理系排気筒	— ①	— ③	— ④	— ④	○	○	— ⑥	— ⑦

○：影響因子に対する個別評価を実施

—：評価対象外

(除外理由)

①：静的負荷の影響を受けにくい構造

②：屋内施設

③：腐食があっても、機能に有意な影響を受けにくい

④：水循環系の機能と直接関連がない

⑤：屋外に面した換気系、電気系及び計装制御系と直接関連がない

⑥：大気汚染でも有意な影響をうけにくい

⑦：絶縁低下と直接関連がない又は設計上考慮されている施設

### 3.5 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，運転時荷重

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，内圧等の運転時荷重であり，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。

なお，評価対象施設のうち設計基準事故時荷重が生じ得る設備としては，屋外設備の動的機器である海水ポンプが考えられるが，設計基準事故時において海水ポンプに有意な機械的荷重は発生しないことから，設計基準事故時に生じる荷重の組み合わせは考慮しない。

#### (3) その他の自然現象の影響を考慮した荷重の組み合わせ

降下火砕物と組み合わせを考慮すべき自然現象は，荷重の影響において風及び積雪であり，降下火砕物との荷重と適切に組み合わせる。

### 3.6 降下火砕物に対する設計方針

#### 3.6.1 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わない以下の設計とする。（個別評価－1～8）

また，評価対象施設の評価結果を第3.6.1-1表に示す。



#### a. 建屋構築物

原子炉建屋，タービン建屋及び使用済燃料乾式貯蔵建屋は，「荷重」について，当該施設の許容堆積荷重が，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，健全性を損なわない設計とする。なお，建築基準法における積雪荷重の考え方に準拠し，降下火砕物の除去を適切に行うことから，降下火砕物の荷重を短期に生じる荷重とし，建築基準法における材料強度による許容値を許容限界とする。

「腐食」については，耐食性のある材料や塗装の実施等によって，短期的な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，降下火砕物堆積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. 海水ポンプ

「荷重」について，当該施設の許容応力が，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，健全性を損なわない設計とする。

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

「腐食」については，耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって，短期的な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，降下火砕物堆積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. 海水ストレーナ

「荷重」について，当該施設の許容応力が，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、健全性を損なわない設計とする。

「閉塞」については、降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設けるまたは差圧管理が可能な設計とする。

「腐食」については、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、短期的な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、降下火砕物堆積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。

#### d. 海水取水設備

「閉塞」については、降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設ける設計とする。

「腐食」については、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、短期的な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、降下火砕物堆積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。

#### e. 計装制御設備（安全保護系）

当該機器の設置場所は中央制御室換気空調系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バグフィルタを設置することで、降下火砕物が流路に侵入し難い設計とする。従って、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。

#### f. 換気空調設備

「荷重」について、中央制御室換気系冷凍機及びディーゼル発電機室ルーフトファンは全体を防護する構造物を設置することにより、当該機器に降下火砕物が直接堆積しない設計とし、構造物は降下火砕物の堆積に

より健全性を損なわない設計とする。

「閉塞」については、中央制御室換気空調系及びディーゼル発電機室換気系は、外気取入口にガラリを取り付ける等により、下方から吸い込む構造とすること、換気空調系のフィルタを設置することで、降下火砕物が流路に侵入し難い設計とする。さらに降下火砕物がフィルタに付着した場合でも取替または清掃が可能な構造とすること、降下火砕物により閉塞しない設計とする。ディーゼル発電機室ルーフベントファンは全体を防護する構造物の設置、開口部を横方向に向けるなど降下火砕物により閉塞しない設計とする。

「腐食」については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物によって直ちに金属腐食を生じないことから、金属材料を用いることで安全機能を損なうことのない設計とする。なお、降下火砕物堆積後の長期的な腐食の影響については、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。

また、中央制御室換気空調系については、外気取入ダンパの閉止及び再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、安全機能を損なわない設計とする。

#### g. ディーゼル発電機

「荷重」について、当該施設は降下火砕物が堆積し難いまたは直接堆積しない構造とすること、若しくは許容応力が、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、健全性を損なわない設計とする。

「閉塞」については、ディーゼル発電機の吸気口及び排気管は開口部を

下方向若しくは横方向の構造とすること、吸気口にはフィルタを設置することで、降下火砕物が流路に侵入し難い設計とする。また、吸気口に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難い設計とし、さらに降下火砕物がフィルタに付着した場合でも取替または清掃が可能な構造とすることで、降下火砕物により閉塞しない設計とする。

なお、フィルタを通過した小さな粒径の降下火砕物が侵入した場合でも、降下火砕物により閉塞しない設計とする。

「摩耗」については、降下火砕物は砂よりも硬度が低くもろいことから、摩耗の影響は小さい。

構造上に対応として、吸気口は下方から吸い込む構造であること、フィルタを設置することで、降下火砕物が流路に侵入し難い設計とし、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摩耗性のある材料を使用することで、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。

「腐食」については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物によって直ちに金属腐食を生じないことから、金属材料を用いることで安全機能を損なうことのない設計とする。なお、降下火砕物堆積後の長期的な腐食の影響については、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。

#### h. 排気筒（非常用ガス処理系含む）

「閉塞」については、降下火砕物の侵入を防止、若しくは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、状況に応じた除去等の対応が可能な設計とする。

「腐食」については、塗装の実施等によって、短期的な腐食により安全

機能を損なうことのない設計とする。なお、降下火砕物堆積後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

### 3.6.2 降下火砕物の間接的影響に対する設計方針

広範囲にわたる送電網の損傷による7日間の外部電源喪失及び発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象に対し、原子炉の停止並びに停止後の原子炉及び使用済燃料プールの冷却に係る機能を担うために必要となる電源の供給が非常用ディーゼル発電機（2基）及びそれぞれに必要な耐震Sクラスの軽油貯蔵タンク（2基：800kL以上）により継続できる設計とすることにより、安全機能を損なわない設計とする。

第 3.6.1-1 表 降下火砕物による直接的影響の評価結果（1 / 2）

評価対象施設	確認結果	確認結果	個別評価
原子炉建屋（附属棟含む） タービン建屋 使用済燃料乾式貯蔵建屋	各建屋の許容堆積荷重は降下火砕物等の堆積荷重より大きいことから、健全性への影響はない。また、外装塗装がなされていることから、降下火砕物による化学的腐食により直ちに影響を及ぼすことはない。	○	1
海水ポンプ（残留熱除去系，ディーゼル発電機用）	降下火砕物等の堆積荷重により発生する応力は、海水ポンプの許容応力値以下であることから、海水ポンプの健全性に影響を及ぼすことはない。また、防汚塗装（ライニング含む）がなされていることから、降下火砕物による化学的腐食により直ちに影響を及ぼすことはない。 ポンプの狭隘部は降下火砕物の粒径より大きく、軸受には異物逃がし溝が設けられているため、流水部の閉塞、軸受部での軸固着はなく、機能に影響を及ぼすことはない。	○	2
海水ストレーナ（残留熱除去系，ディーゼル発電機用）	降下火砕物の堆積荷重により発生する応力は、海水ストレーナの許容応力値以下であることから、海水ストレーナの健全性に影響を及ぼすことはない。また、海水ストレーナは2系統あり必要に応じて切替を行い清掃・取替が可能であるため機能に影響を及ぼすことはない。 海水ストレーナはステンレス製で内部に防食亜鉛を設ける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、化学的腐食により短期的に機器の機能に影響を及ぼすことはない。また、下流設備の機器の伝熱管（細管）は耐食性のある材料を用いていること及び連続通水状態であり、著しい腐食環境にならないことから、化学的腐食により短期的に機器の機能に影響を及ぼすことはない。 また、外装塗装がなされていることから、降下火砕物による化学的腐食により直ちに影響を及ぼすことはない。	○	3
海水取水設備	想定する降下火砕物の粒径は海水取水設備のメッシュより小さいため閉塞することはない。また、海水取水設備は防汚塗装がなされていることから、降下火砕物による化学的腐食により直ちに影響を及ぼすことはない。	○	4

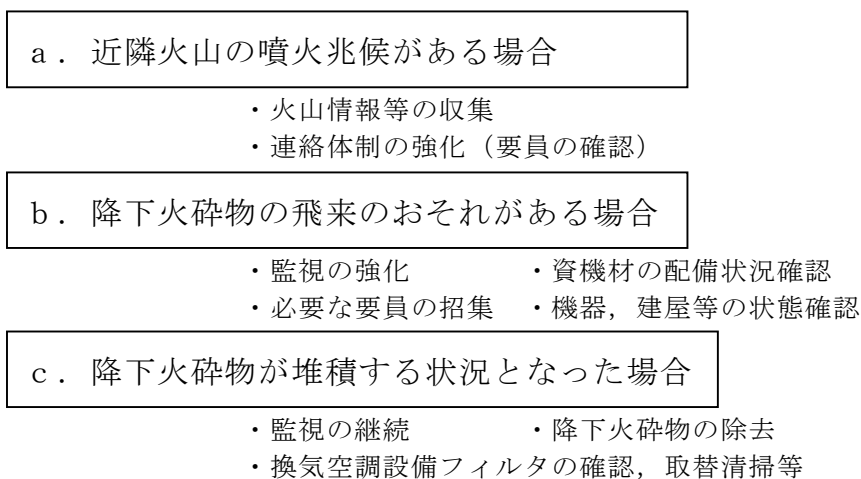
第 3.6.1-1 表 降下火砕物による直接的影響の評価結果（2 / 2）

評価対象施設	確認結果	確認結果	個別評価
計装制御設備（安全保護系）	計装制御設備（安全保護系）が設置されている部屋は、中央制御室換気空調系にて空調管理されており、本空調系の外気取入口にはガラリが取り付けられており降下火砕物が侵入し難い構造となっている。また、外気取入口にはバグフィルタが設置されているため侵入する降下火砕物は微細なものに限られ、大量に盤内に侵入する可能性は小さく、その付着等により絶縁低下を発生させることはないことから、計装制御設備（安全保護系）の機能に影響を及ぼすことはない。	○	5
換気空調設備	中央制御室換気系冷凍機及びディーゼル発電機室ルーフトントファンについては、全体を防護する構造物を設置することで降下火砕物が直接堆積しない設計とする。 中央制御室換気系冷凍機及びディーゼル発電機室ルーフトントファンは降下火砕物が侵入し難い構造となっている。なお、ディーゼル発電機運転中は排気されているため降下火砕物が侵入することはない。外気取入口にはガラリ及びフィルタが取り付けられており降下火砕物が侵入し難い構造となっている。また、フィルタは交換・清掃が可能である。 外気取入口（フィルタ部）は、化学的腐食が生じた場合でもその機能に有意な影響を与えにくい構造である。 また、中央制御室換気空調系は、外気取入ダンパを閉止した閉回路循環運転が可能であり、中央制御室の居住性を維持することができる。	○	6
ディーゼル発電機（非常用、高圧炉心スプレイ系）	降下火砕物の堆積荷重により発生する応力は、吸気口の許容応力値以下であることから、吸気口の健全性に影響を及ぼすことはない。なお、ディーゼル発電機排気消音器及び排気管は降下火砕物が堆積し難い形状になっているため、影響はない。 また、耐食性のある材料の使用や塗装の実施から、化学的腐食により直ちに影響を及ぼすことはない。吸気口及び排気管は降下火砕物が侵入し難い構造であり、また、吸気口は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碎しやすいことから、機能に影響を及ぼすことはない。また、吸気フィルタは必要に応じて清掃及び交換することができる。 なお、降下火砕物がディーゼル機関に侵入した場合でも、シリンダ部の摩耗に与える影響は小さい。	○	7
排気筒（非常用ガス処理系含む）	排気筒は降下火砕物が侵入しても排気流路を閉塞されることはなく、機能に影響を及ぼすことはない。非常用ガス処理系排気配管については、降下火砕物に対して健全性を損なわない設計とすることから、機能に影響を及ぼすことはない。 排気筒外面は外装塗装を実施しており、降下火砕物による化学的腐食により短期的に影響を及ぼすことはない。	○	8

### 3.7 降下火砕物の除去等の対策

#### 3.7.1 降下火砕物に対応するための運用管理

降下火砕物に備え、手順を整備し、第 3.7.1-1 図のフローのとおり段階的に対応することとしている。その体制については、地震、津波、火山事象等の自然災害に対し、保安規定に基づく保安管理体制として整備し、その中で体制の移行基準、活動内容についても明確にする。なお、多くの火山では、噴火前に、震源の浅い火山性地震の頻度が急増し、火山性微動の活動が始まるため、事前に対策準備が可能である。



第 3.7.1-1 図 降下火砕物に対応するための運用管理フロー

#### a. 近隣火山の噴火兆候がある場合

近隣火山で噴火警戒レベル 3（注意）、4（避難準備）となる引上げが発表され発電所において災害の発生のおそれがあると判断された場合、担当箇所は防災管理者の承認を得た上で、監視強化準備体制を発令し、発電所の保安管理体制下において、火山情報等を把握し、連絡体制を強化（要員の確認）する。



b. 降下火砕物の飛来のおそれがある場合

近隣火山で噴火警戒レベル5（避難）が発表され発電所において災害の発生のおそれがあると判断された場合、防災管理者は監視強化体制を発令し、発電所の各マネージャーは、発電所の保安管理下において、資機材の配備状況確認等に必要な要員を招集する。

また、屋外機器・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スコップ、ほうき、マスク等の資機材の配備状況の確認を行う。

c. 降下火砕物が堆積する状況となった場合

降下火砕物が確認され発電所の安全機能を有する設備が損傷等により機能を失うおそれがある場合、防災管理者は発生事象の災害区分を「警戒事態」とし、発電所警戒本部を設置する。

発電所警戒本部の指揮の下、発電所及び屋外廻りの監視を強化する。また、屋外機器・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を確認し、フィルタの取替、清掃を行う。

さらに、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を失った場合、災害区分を「非常事態」に移行し、発電所対策本部を設置してその指揮の下、必要な処置を行う。

### 3.7.2 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に手順を定める。

- a. 降下火砕物が確認された場合には、建屋及び屋外の設備等に長期間降下火砕物による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去を適切に実施する。
- b. 降下火砕物が確認された場合には、状況に応じて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手順を定める。
- c. 降下火砕物が確認された場合には、換気空調設備の外気取入口のフィルタについて、フィルタ差圧又は流量を確認するとともに、状況に応じて清掃又は取替を実施する。

## 4. まとめ

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

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

## 建屋構築物に係る影響評価

降下火砕物による原子炉建屋（附属棟含む）、タービン建屋及び使用済燃料乾式貯蔵建屋への影響について、以下のとおり評価する。

### (1) 評価項目及び内容

#### ① 構築物への静的負荷

降下火砕物の堆積荷重により原子炉建屋（附属棟含む）、タービン建屋及び使用済燃料乾式貯蔵建屋の健全性に影響がないことを評価する。なお、堆積荷重は積雪との重畳を考慮する。

#### ② 構築物への化学的影響（腐食）

降下火砕物の構築物への付着や堆積による化学的腐食により、構築物への影響がないことを評価する。

### (2) 評価条件

#### ① 降下火砕物条件

a. 堆積量：40cm

b. 密度：1.5g/cm<sup>3</sup>（湿潤状態）

#### ② 積雪条件

a. 堆積量：10.5cm（建築基準法の考え方を参考とした東海村における平均的な積雪量）

b. 単位荷重：堆積量 1cm ごとに 20N/m<sup>2</sup>（建築基準法より）

(3) 評価結果

① 構造物への静的負荷

降下火砕物の堆積荷重は以下のとおりとなる。

$$0.4(\text{m}) \times 1,500(\text{kg}/\text{m}^3) \times 9.80665(\text{m}/\text{s}^2) = 5,884(\text{N}/\text{m}^2)$$

次に重畳する積雪荷重は以下のとおりとなる。

$$10.5(\text{cm}) \times 20(\text{N}/\text{m}^2) = 210(\text{N}/\text{m}^2)$$

以上を足し合わせ、構造物への堆積荷重は 6,094 (N/m<sup>2</sup>) となる。

表 1 のとおり、各建屋は降下火砕物と積雪を足し合わせた荷重に対して裕度を有しているため、原子炉建屋（附属棟含む）、タービン建屋及び使用済燃料乾式貯蔵建屋の健全性を損なうことはない。

表 1 降下火砕物等の荷重による建屋健全性評価結果

対象建屋	評価部位	許容堆積荷重※1 [N/m <sup>2</sup> ]	降下火砕物等 堆積荷重 [N/m <sup>2</sup> ]	評価結果
原子炉建屋 (附属棟含む)	屋根トラス	12,000	6,094	○
タービン建屋	屋根トラス	9,200		○
使用済燃料 乾式貯蔵建屋	屋根トラス	48,000		○

※ 1：許容堆積荷重は以下の方法で算出した。（補足資料－7）

- ① 建屋のフレームモデルを用いて、屋根部を構成する構造部材に発生する応力が材料強度による許容値となる荷重  $V L_{s_{\max}}$ （耐荷重）を算出。
- ② 屋根部に作用する荷重として、常時作用する荷重（DL：固定荷重，LL：積載荷重）があるため、①で算出した  $V L_{s_{\max}}$ （耐荷重）から常時作用する荷重（DL：固定荷重，LL：積載荷重）を差し引いた値を許容堆積荷重として設定する。（有効数字 2 桁で切り下げ）

② 構造物への化学的影響（腐食）

原子炉建屋（附属棟含む）、タービン建屋及び使用済燃料乾式貯蔵建屋は外壁塗装がなされていることから、降下火砕物による化学的腐食により短期的に影響を及ぼすことはない。なお、降下火砕物堆積後の長期的な腐食の影響については、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。

## 海水ポンプ（モータ含む）に係る影響評価

降下火砕物による海水ポンプへの影響について、以下のとおり評価する。

### <評価対象>

- ・ 残留熱除去系海水系
- ・ ディーゼル発電機用（非常用， 高圧炉心スプレイ系）

#### (1) 評価項目及び内容

##### ① 構造物への静的負荷

降下火砕物が堆積した場合に堆積荷重が厳しい条件となるモータフレームについて健全性に影響がないことを評価する。なお， 堆積荷重は積雪との重畳を考慮する。

##### ② 構造物への化学的影響（腐食）

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

##### ③ 水循環系の閉塞

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

##### ④ 水循環系の化学的影響（腐食）

降下火砕物が混入した海水を海水ポンプにて取水することによる， 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。

⑤ 換気系，電気系及び計装制御系に対する機械的影響

降下火砕物の電動機冷却空気への侵入により，地絡，短絡及び空気冷却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。

⑥ 換気系，電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）

降下火砕物の電動機冷却空気への侵入による，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. 堆積量：40cm
- b. 粒 径：8mm 以下
- c. 密 度：1.5g/cm<sup>3</sup>（湿潤状態）
- d. 荷 重：5,884N/m<sup>2</sup>

② 積雪条件

- a. 堆積量：10.5cm（建築基準法の考え方を参考とした東海村における平均的な積雪量）
- b. 単位荷重：堆積量 1cm ごとに 20N/m<sup>2</sup>（建築基準法より）
- c. 荷 重：210N/m<sup>2</sup>

(3) 評価結果

① 構造物への静的負荷

降下火砕物の堆積荷重の影響に係る評価部位は，荷重の影響を受けやすいモータフレームとし、堆積面積は保守的に基礎部面積とする。（表 1，図 1，図 2）

表 1 海水ポンプモータの評価条件

項目	条件	
	残留熱除去系海水系	ディーゼル発電機用
モータ荷重	13,700kg	630kg
ポンプロータ荷重	1,500kg	600kg
モータフレーム外径D	1,680mm	1,100mm
モータフレーム内径d	1,648mm	1,076mm

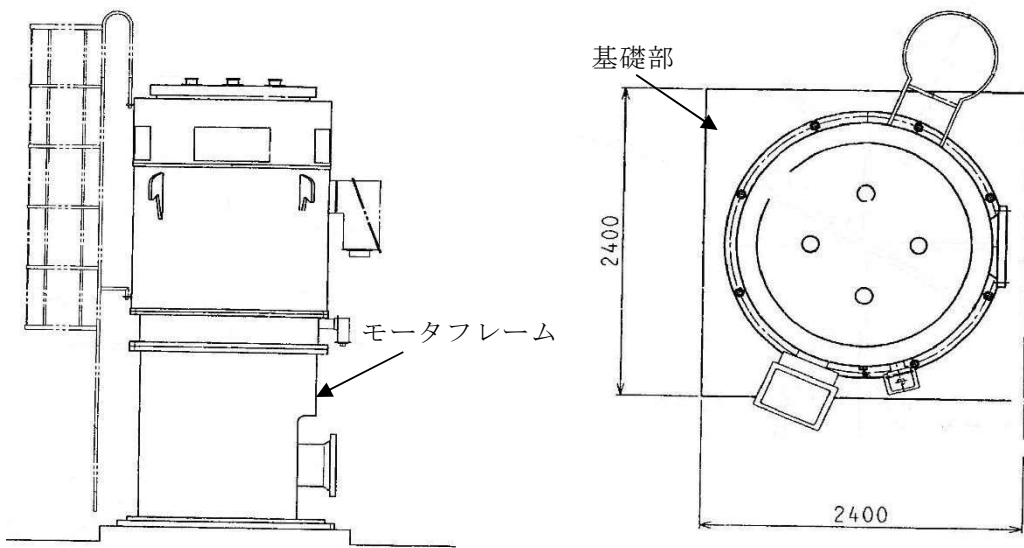


図 1 残留熱除去系海水系ポンプ 評価部位概要図

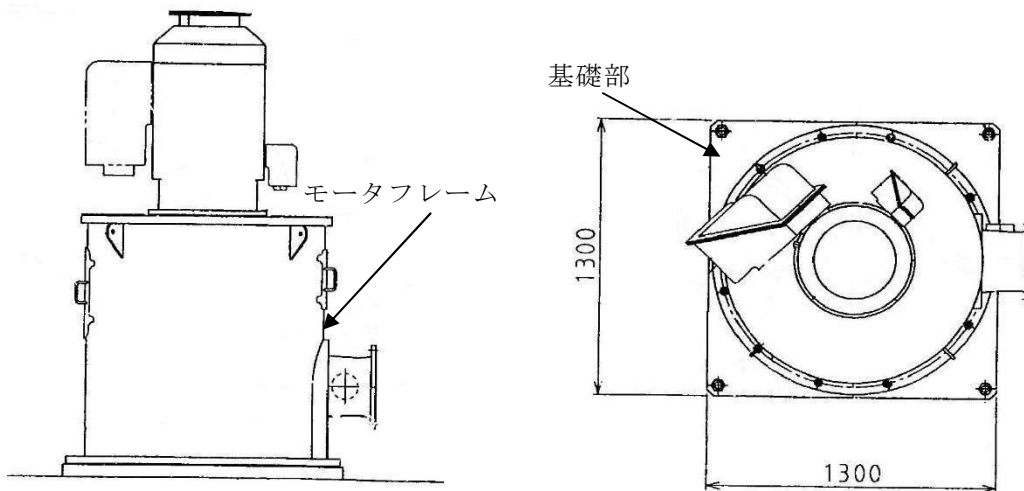


図 2 ディーゼル発電機用海水ポンプ 評価部位概要図



【残留熱除去系海水系】

a. 降下火砕物と積雪による垂直荷重

$$A = 2.4 \times 2.4 = 5.76(\text{m}^2)$$

よって、降下火砕物による垂直荷重  $F_1$  は次のとおり。

$$F_1 = 5,884 \times 5.76 = 3.38 \times 10^4(\text{N})$$

同様に、積雪による荷重  $F_2$  は次のとおり。

$$F_2 = 210 \times 5.76 = 1.20 \times 10^3(\text{N})$$

b. モータ及びポンプロータによる軸方向荷重

$$\text{軸方向荷重 } F_3 = (13,700 + 1,500) \times 9.80665 = 1.49 \times 10^5(\text{N})$$

c. フレームに生じる圧縮応力

モータフレームの断面積  $S$  は次のとおり。

$$S = \frac{\pi}{4} \times (D^2 - d^2) = \frac{\pi}{4} \times (1,680^2 - 1,648^2) = 8.36 \times 10^{-2}(\text{m}^2)$$

$D$  : フレーム外径 (mm)

$d$  : フレーム内径 (mm)

よって、圧縮応力  $\sigma$  は次のとおり。

$$\sigma = \frac{F_1 + F_2 + F_3}{S} = \frac{3.38 \times 10^4 + 1.20 \times 10^3 + 1.49 \times 10^5}{8.36 \times 10^{-2}} = 2.20\text{MPa}$$

d. 評価結果

当該ポンプの許容応力  $\sigma_c$  は、J E A G 4601 の「その他の支持構造物」における III<sub>A</sub>S の許容応力より、

$$\sigma_c = 229\text{MPa}$$

よって、 $\sigma < \sigma_c$  となり、発生応力は許容応力を十分下回っており、残留熱除去系海水系海水ポンプの健全性を損なうことはない。

## 【ディーゼル発電機用】

### a. 降下火砕物と積雪による垂直荷重

モータ上面の降下火砕物が堆積する面積  $A$  は次のとおり。

$$A = 1.3 \times 1.3 = 1.69(\text{m}^2)$$

よって、降下火砕物による垂直荷重  $F_1$  は次のとおり。

$$F_1 = 5,884 \times 1.69 = 9.94 \times 10^3(\text{N})$$

同様に、積雪による荷重  $F_2$  は次のとおり。

$$F_2 = 210 \times 1.69 = 3.54 \times 10^2(\text{N})$$

### b. モータ及びポンプロータによる軸方向荷重

$$\text{軸方向荷重 } F_3 = (630 + 600) \times 9.80665 = 1.20 \times 10^4(\text{N})$$

### c. フレームに生じる圧縮応力

モータフレームの断面積  $S$  は次のとおり。

$$S = \frac{\pi}{4} \times (D^2 - d^2) = \frac{\pi}{4} \times (1,100^2 - 1,076^2) = 4.10 \times 10^{-2}(\text{m}^2)$$

$D$  : フレーム外径 (mm)

$d$  : フレーム内径 (mm)

よって、圧縮応力  $\sigma$  は次のとおり。

$$\sigma = \frac{F_1 + F_2 + F_3}{S} = \frac{9.94 \times 10^3 + 3.54 \times 10^2 + 1.20 \times 10^4}{4.10 \times 10^{-2}} = 0.54\text{MPa}$$

### d. 評価結果

当該ポンプの許容応力  $\sigma_c$  は、J E A G 4601 の「その他の支持構造物」におけるⅢ<sub>A</sub>Sの許容応力より、

$$\sigma_c = 240\text{MPa}$$

よって、 $\sigma < \sigma_c$  となり、発生応力は許容応力を十分下回っており、ディーゼル発電機用海水ポンプの健全性を損なうことはない。

## ② 構造物への化学的影響（腐食）

外部塗装がなされていることから、降下火砕物による化学的腐食により直ちに影響を及ぼすことはない。

なお、降下火砕物堆積後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

## ③ 水循環系の閉塞

### a. 流水部の閉塞

海水ポンプ流水部の最も狭い箇所（約 24mm）は、想定する降下火砕物の粒径より大きいため、閉塞には至らない。

### b. 軸受部への影響

粒径の小さい降下火砕物は軸受隙間に侵入する可能性があるが、軸受部には異物逃がし溝が設けられているため閉塞することはない。また、異物逃がし溝より粒径の大きい降下火砕物は軸受隙間に入り込まずにポンプ揚水とともに吐出口へ流されるため閉塞することはない。なお、降下火砕物は砂等に比べて破碎し易く<sup>※1</sup>、硬度が小さい<sup>※2</sup>ことから、軸受隙間部の摩耗が設備に影響を与える可能性は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, p. 38-47

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

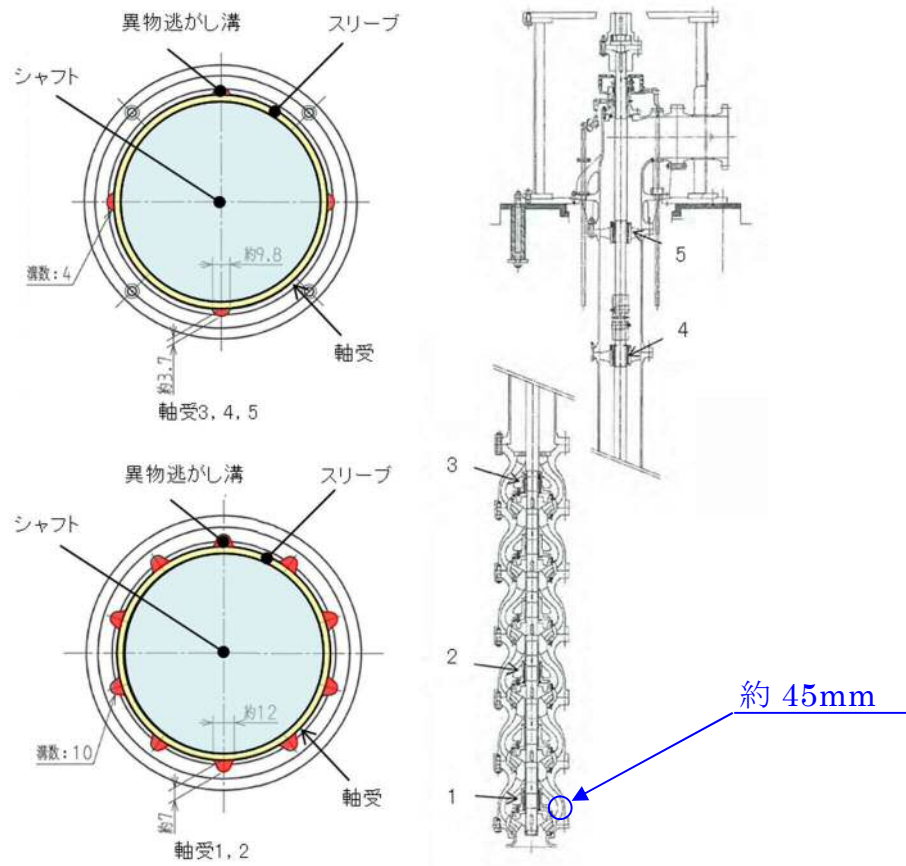


図3 残留熱除去系海水系ポンプ軸受部

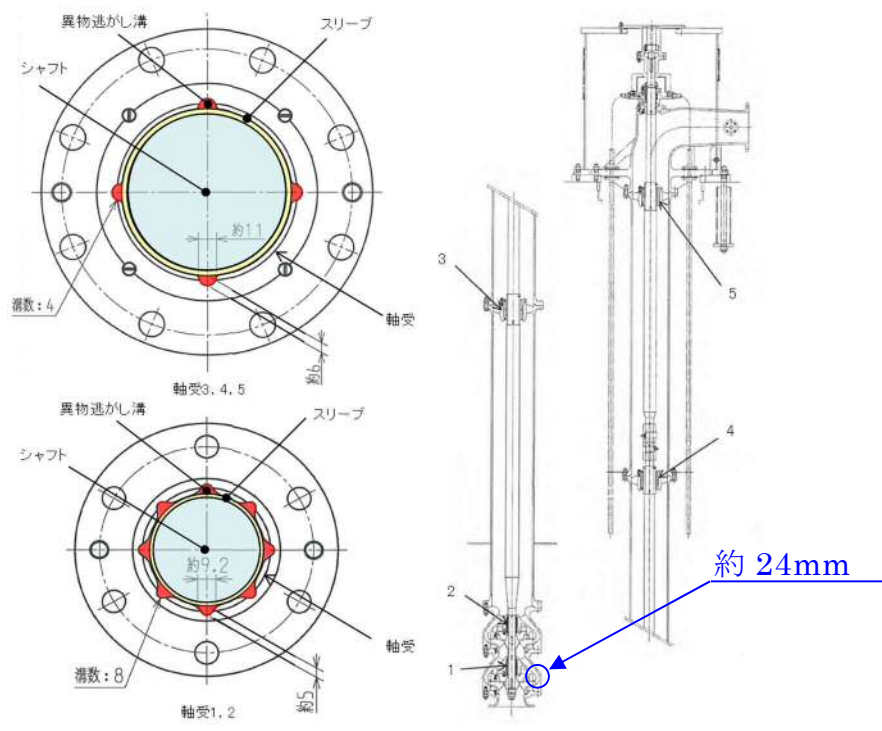


図4 ディーゼル発電機用海水ポンプ軸受部

④ 水循環系の化学的影響（腐食）

海水ポンプの接液部は，耐食性に優れたオーステナイト系ステンレス鋼を採用していること，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，化学的腐食により短期的に影響を及ぼすことはない。

⑤ 換気系，電気系及び計装制御系に対する機械的影響

【残留熱除去系海水系】

a．電動機冷却空気への侵入による地絡・短絡

海水ポンプモータは図5に示すとおり電動機本体を全閉構造とし，空気冷却器を電動機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防まつ屋外型の冷却方式であり，降下火砕物が電動機内部に侵入することはない。

b．空気冷却器冷却管への侵入による閉塞

図5に示すとおり外気は側面方向から取り込まれる構造となっており，降下火砕物が侵入し難い構造となっている。

仮に降下火砕物が侵入したとしても，冷却管の内径（約26mm）は想定する降下火砕物の粒径より大きいため，冷却管が閉塞することはなく機能を損なうことはない。

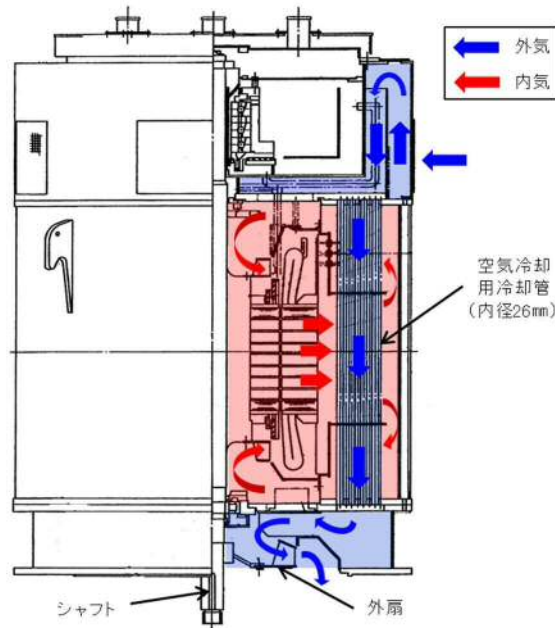


図5 残留熱除去系海水系ポンプ電動機の冷却方式

【ディーゼル発電機用】

a. 電動機冷却空気への侵入による地絡・短絡

海水ポンプモータは図6に示すとおり電動機本体を全閉構造とし、電動機上端ファン（外扇）によりハウジングを冷却する構造のため外気を直接電動機内部に取り込まない冷却方式であり、降下火砕物が電動機内部に侵入することはない。

b. 空気冷却器冷却管への侵入による閉塞

図6に示すとおり電動機上端ファン（外扇）にはキャップが取り付けられており降下火砕物が侵入しにくい構造となっている。

仮に降下火砕物が侵入したとしても、冷却管の内径（約28mm）は想定する降下火砕物の粒径より大きいため、冷却管が閉塞することなく機能を損なうことはない。

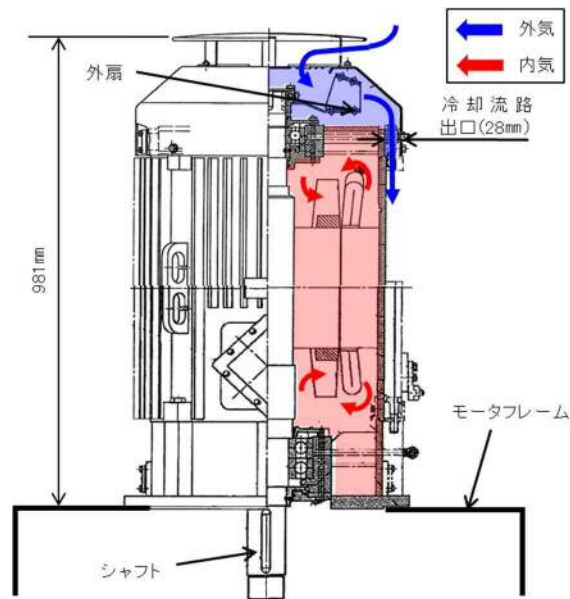


図6 ディーゼル発電機用海水ポンプ電動機の冷却方式

⑥ 換気系，電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）

海水ポンプモータは，上述のとおり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冷却方式であり，降下火砕物の侵入はないため，化学的影響はない。

海水ストレーナ（下流設備含む）に係る影響評価

降下火砕物による海水ストレーナ（下流設備含む）への影響について、以下のとおり評価する。

<評価対象>

- ・ 残留熱除去系海水系
- ・ ディーゼル発電機用（非常用， 高圧炉心スプレイ系）

(1) 評価項目及び内容

① 構造物への静的負荷

降下火砕物の堆積荷重により海水ストレーナの健全性に影響がないことを評価する。なお， 堆積荷重は積雪との重畳を考慮する。

② 構造物への化学的影響（腐食）

降下火砕物の海水ストレーナへの付着や堆積による化学的腐食により海水ストレーナの機能への影響がないことを評価する。

③ 水循環系の閉塞

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

④ 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. 堆積量：40cm
- b. 粒 径：8mm 以下
- c. 密 度：1.5g/cm<sup>3</sup>（湿潤状態）
- d. 荷 重：5,884N/m<sup>2</sup>

② 積雪条件

- a. 堆積量：10.5cm（建築基準法の考え方を参考とした東海村における平均的な積雪量）
- b. 単位荷重：堆積量 1cm ごとに 20N/m<sup>2</sup>（建築基準法より）
- c. 荷 重：210N/m<sup>2</sup>

(3) 評価結果

① 構造物への静的

降下火砕物の堆積荷重の影響に係る評価部位は、荷重の影響を受けやすい支持脚とする。（表 1，図 1）

表 1 海水ストレーナの評価条件

項目	条件			
	残留熱除去系海水系		ディーゼル発電機用	
機器重量（運転質量）	9,850kg		2,030kg	
支持脚寸法	bx1	150mm	bx1	100mm
	bx2	25mm	bx2	15mm
	by1	174mm	by1	95mm
	by2	25mm	by2	15mm

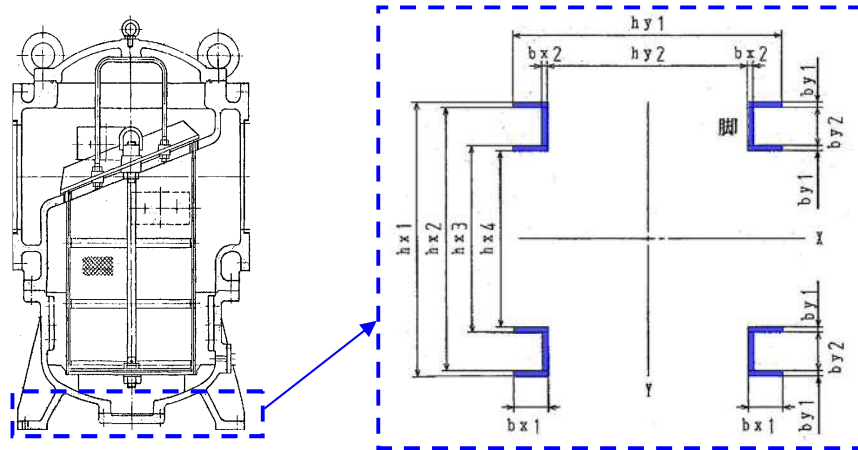


図1 海水ストレーナ評価部位概要図（共通）

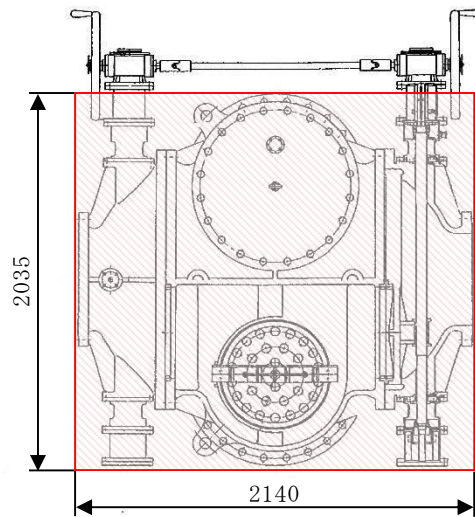


図2 海水ストレーナ堆積部分（残留熱除去系海水系）

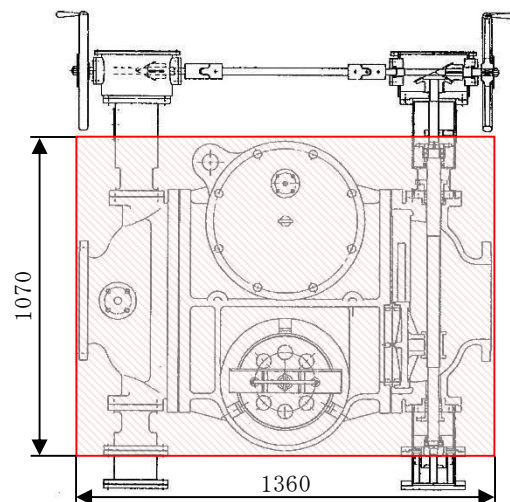


図3 海水ストレーナ堆積部分（ディーゼル発電機用）

【残留熱除去系海水系】

a. 降下火砕物と積雪による垂直荷重

ストレーナ上面の降下火砕物が堆積する面積  $A$  は次のとおり

$$A = 2.140 \times 2.035 = 4.35(\text{m}^2)$$

よって、降下火砕物による垂直荷重  $F_1$  は次のとおり。

$$F_1 = 5,884 \times 4.35 = 2.55 \times 10^4(\text{N})$$

同様に、積雪による荷重  $F_2$  は次のとおり。

$$F_2 = 210 \times 4.35 = 9.14 \times 10^2(\text{N})$$

b. 機器重量による垂直荷重

$$\text{機器重量荷重 } F_3 = 9,850 \times 9.80665 = 9.65 \times 10^4(\text{N})$$

c. 支持脚に生じる圧縮応力

支持脚の断面積  $S$  は次のとおり。

$$S = (150 \times 25 \times 2 + 25 \times 174) \times 4 = 4.74 \times 10^{-2}(\text{m}^2)$$

よって、圧縮応力  $\sigma$  は次のとおり。

$$\sigma = \frac{F_1 + F_2 + F_3}{S} = \frac{2.55 \times 10^4 + 9.14 \times 10^2 + 9.65 \times 10^4}{4.74 \times 10^{-2}} = 2.59(\text{MPa})$$

d. 評価結果

当該海水ストレーナ支持脚の許容応力  $\sigma_c$  は、J E A G 4601 の「その他の支持構造物」における III<sub>A</sub>S の許容応力より、

$$\sigma_c = 184\text{MPa}$$

よって、 $\sigma < \sigma_c$  となり、発生応力は許容応力を十分下回っており残留熱除去系海水系ストレーナの健全性を損なうことはない。

【ディーゼル発電機用】

a. 降下火砕物と積雪による垂直荷重

ストレーナ上面の降下火砕物が堆積する面積  $A$  は次のとおり

$$A = 1.360 \times 1.07 = 1.45(\text{m}^2)$$

よって、降下火砕物による垂直荷重  $F_1$  は次のとおり。

$$F_1 = 5,884 \times 1.45 = 8.53 \times 10^3(\text{N})$$

同様に、積雪による荷重  $F_2$  は次のとおり。

$$F_2 = 210 \times 1.45 = 3.04 \times 10^2(\text{N})$$

b. 機器重量による垂直荷重

$$\text{機器重量荷重 } F_3 = 2,030 \times 9.80665 = 1.99 \times 10^4(\text{N})$$

c. 支持脚に生じる圧縮応力

支持脚の断面積  $S$  は次のとおり。

$$S = (100 \times 15 \times 2 + 15 \times 95) \times 4 = 1.77 \times 10^{-2}(\text{m}^2)$$

よって、圧縮応力  $\sigma$  は次のとおり。

$$\sigma = \frac{F_1 + F_2 + F_3}{S} = \frac{8.53 \times 10^3 + 3.04 \times 10^2 + 1.99 \times 10^4}{1.770 \times 10^{-2}} = 1.62(\text{MPa})$$

d. 評価結果

当該海水ストレーナ支持脚の許容応力  $\sigma_c$  は、J E A G 4601 の「その他の支持構造物」における III<sub>A</sub>S の許容応力より、

$$\sigma_c = 184\text{MPa}$$

よって、 $\sigma < \sigma_c$  となり、発生応力は許容応力を十分下回っておりディーゼル発電機用海水ストレーナの健全性を損なうことはない。

## ② 構造物への化学的影響（腐食）

外装塗装がなされていることから、降下火砕物による化学的腐食により直ちに機能に影響を及ぼすことはない。

なお、降下火砕物堆積後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

## ③ 水循環系の閉塞

海水ストレーナのメッシュ径は 6.5mm であり、6.5mm 以下の粒径の降下火砕物は海水ストレーナを通過するため閉塞することはない。海水ストレーナを通過した降下火砕物の粒子は、下流設備の熱交換器の伝熱管内径に対して小さいため、伝熱管等の機能を損なうことはない。

6.5mm を超える粒径の降下火砕物については、取水口からポンプ取水箇所までは距離が数十mあるため降下火砕物は沈み、海水ストレーナが閉塞する可能性は低い。また、降下火砕物には粘性を生じさせる粘土鉱物等は含まれていないことから海水ストレーナが閉塞することはない。なお、海水ストレーナは2系統あり、一定の差圧となった場合は切替を行うことが可能である。

## ④ 水循環系の化学的影響（腐食）

海水ストレーナはステンレス製で内部に防食亜鉛を設けていること、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、腐食により機能に影響を及ぼすことはなく、下流設備（伝熱管）は耐食性のある材料を用いていることから、腐食により機能に影響を及ぼすことはない。

## 海水取水設備に係る影響評価

降下火砕物による海水取水設備への影響について、以下のとおり評価する。

### (1) 水循環系の閉塞

#### 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、除塵装置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

降下火砕物粒径：8mm 以下

### (3) 評価結果

#### ① 水循環系の閉塞

図1に示すとおり、海水ポンプ前面には、バースクリーン、回転バースクリーン、トラベリングスクリーンからなる海水取水設備（除塵装置）を設置している。

スクリーンにはそれぞれ網枠が設置されており、それらのバーピッチ及びメッシュに対して、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、海水取水設備（除塵装置）が閉塞することはなく、機能を損なうことはない。

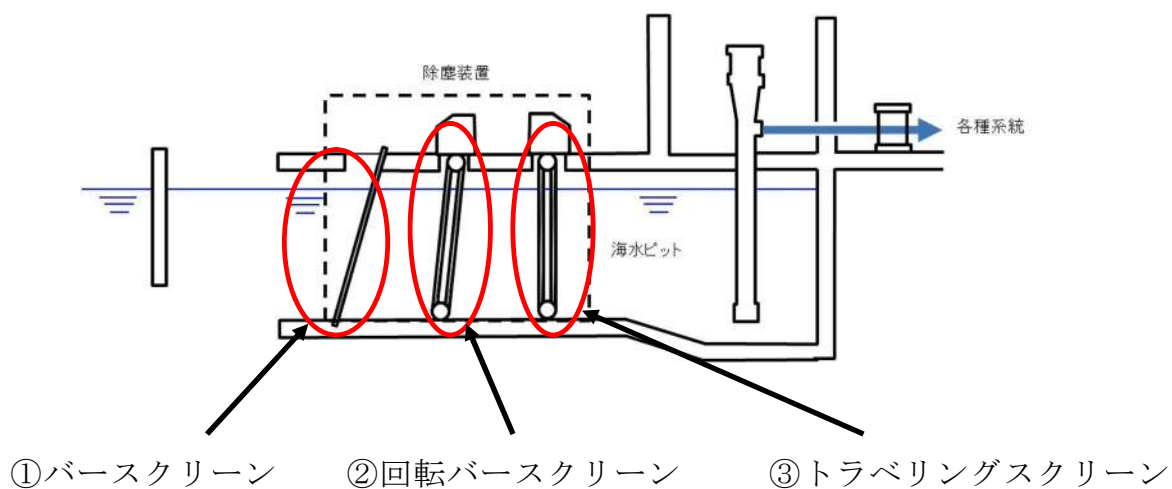


図1 海水取水設備概略図

表1 海水取水設備のバーピッチ及びメッシュ間隔

設備	①バースクリーン	②回転バースクリーン	③トラベリングスクリーン
間隔	バーピッチ：140mm	バーピッチ：25mm	メッシュ：10mm

② 水循環系の化学的影響（腐食）

海水取水設備は防汚塗装等の対応を実施しており、降下火砕物による化学的腐食により機能に影響を及ぼすことはない。

## 計装制御設備（安全保護系）に係る影響評価

降下火砕物により電気系及び計装制御系の盤のうち空気を取り込む機構を有する計装制御設備（安全保護系）への影響について、以下のとおり評価する。

### (1) 評価項目及び内容

#### ① 絶縁低下

降下火砕物が盤内に侵入する可能性及び侵入した場合の計装制御設備（安全保護系）の絶縁低下により機器の機能に影響がないことを評価する。

### (2) 評価条件

降下火砕物粒径：8mm 以下

### (3) 評価結果

計装制御設備（安全保護系）については、その発熱量に応じて盤内に換気ファンを設置している場合があるため、換気に伴い降下火砕物が計装制御設備（安全保護系）の盤内に侵入する可能性がある。

計装制御設備（安全保護系）が設置されているエリアは、中央制御室換気空調系にて空調管理されており、外気取入口にはバグフィルタ（J I S Z 8901 試験用紛体 11 種に対して 80%以上の捕集効率）が設置されているため、室内に侵入する降下火砕物は微量で、微細な粒子と推定される。

微細な粒子が計装制御設備（安全保護系）の盤内に侵入した場合、その付着等により短絡等の影響が懸念される箇所は数 $\mu\text{m}$ の線間距離となってい



る集積回路の内部であり，これらはモールド（樹脂）で保護されているため降下火砕物が侵入することはないため，絶縁低下を発生させることはない。

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 程度あることから，降下火砕物の付着等により短絡等を発生させることはない。さらに，降下火砕物が確認された場合は，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阻止することが可能であることから，計装制御設備（安全保護系）の機能を損なうことはない。

## 換気空調設備に係る影響評価

降下火砕物による換気空調設備への影響について、以下のとおり評価する。

### <評価対象>

- ・中央制御室換気空調系（外気取入口・冷凍機）
- ・ディーゼル発電機室換気系（外気取入口・ルーフベントファン）

#### (1) 評価項目及び内容

##### ① 構造物への静的負荷

屋外に設置されている中央制御室換気系冷凍機及びディーゼル発電機室ルーフベントファンについては、降下火砕物の堆積を考慮した防護対策を実施する。

##### ② 構造物への化学的影響（腐食）

降下火砕物の中央制御室換気系冷凍機及びディーゼル発電機室ルーフベントファンへの付着や堆積による化学的腐食により、機能への影響がないことを評価する。

##### ③ 換気系，電気系及び計装制御系に対する機械的影響

降下火砕物が換気空調設備（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。

##### ④ 換気系，電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）

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

##### ⑤ 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

運転員が常時居住している中央制御室へ侵入することがないことを評価する。

(2) 評価条件

① 降下火砕物条件

- a. 堆積量：40cm
- b. 粒 径：8mm 以下
- c. 密 度：1.5g/cm<sup>3</sup>（湿潤状態）
- d. 荷 重：5,884N/m<sup>2</sup>

② 積雪条件

- a. 堆積量：10.5cm（建築基準法の考え方を参考とした東海村における平均的な積雪量）
- b. 単位荷重：堆積量 1cm ごとに 20N/m<sup>2</sup>（建築基準法より）
- c. 荷 重：210N/m<sup>2</sup>

(3) 評価結果

① 構造物への静的負荷

中央制御室換気系冷凍機及びディーゼル発電機室ルーフベントファンについては、図 1 のように全体を防護する構造物を設置し、降下火砕物が直接堆積しない設計とする。また、構造物は降下火砕物の荷重を考慮し、降下火砕物荷重により健全性を損なわない設計とする。

② 構造物への化学的影響（腐食）

中央制御室換気系冷凍機及びディーゼル発電機室ルーフベントファンへの化学的影響については、図 1 のように全体を防護する構造物を設置することにより、降下火砕物が直接堆積することはないため、直ちに化

学的腐食により機能に影響を及ぼすことはない。

③ 換気系，電気系及び計装制御系に対する機械的影響

中央制御室換気空調設備の外気取入口にはガラリが取り付けられており，下方方向から吸い込む構造となっていることから，降下火砕物が侵入しにくい構造となっている。また，外気取入口にはバグフィルタ（JIS Z 8901 試験用粉体 11 種に対して 80%以上の捕集効率）が設置されており，想定する降下火砕物は十分除去されることから，給気を供給する系統及び機器に対して，降下火砕物を与える影響は小さい。

ディーゼル発電機室換気系については，適切なバグフィルタを設置する。また，バグフィルタには差圧計を設置し，必要に応じて清掃及び交換することが可能な設計とする。

ルーフベントファンは開口部が横方向を向いているため降下火砕物により閉塞することはない。

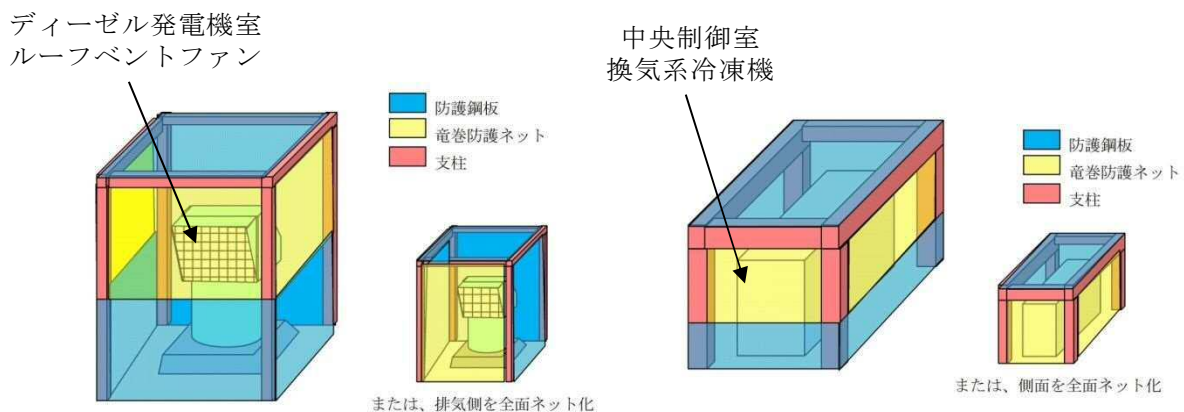


図 1 換気空調設備 防護イメージ



図2 外気取入口（中央制御室換気空調系）

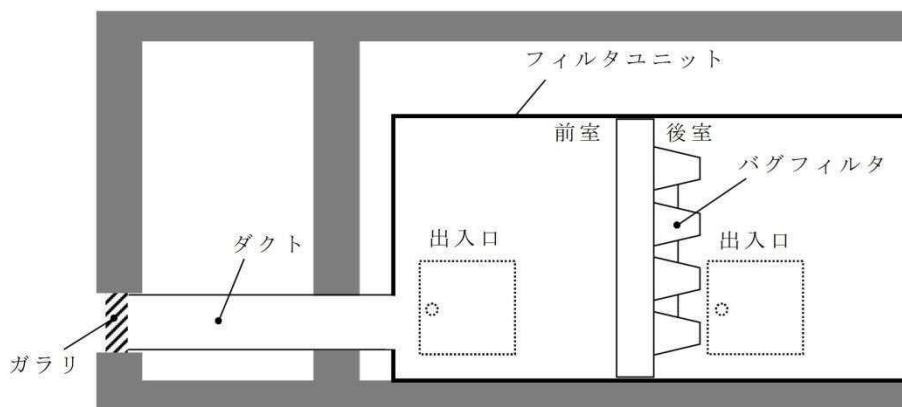


図3 換気空調設備（外気取入口）イメージ図

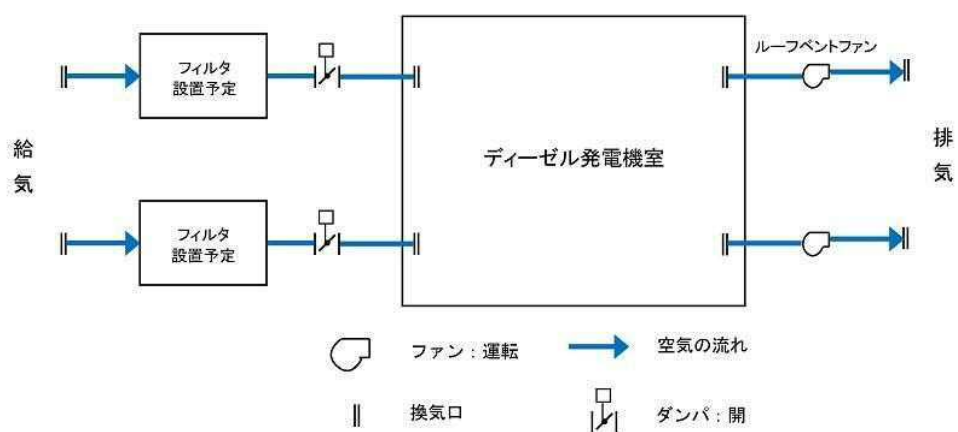


図4 ディーゼル発電機室換気系 概要図

④ 換気系，電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）

金属腐食研究の結果より，降下火砕物によって直ちに金属腐食を生じないことから，金属材料を用いることで換気空調設備（外気取入口）の機能に影響を及ぼすことはない。

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

⑤ 発電所周辺の大気汚染

運転員が常駐している中央制御室は，中央制御室換気空調設備によって空調管理されており，外気取入口にはガラリが設置されている。これにより下方から吸い込む構造となっていることから，降下火砕物が侵入しにくい構造となっている。また，外気取入口にはバグフィルタ（J I S Z 8901 試験用紛体 11 種に対して 80%以上の捕集効率）が設置されており，想定する降下火砕物は十分除去されることから，降下火砕物を与える影響は少ない。

また，大気汚染による人に対する居住性の観点から，運転員が常駐する中央制御室については，外気取入口ダンパを閉止し，閉回路循環運転をすることにより，中央制御室の居住性を維持できる。

外気取入ダンパを閉止した場合の中央制御室の酸素濃度等の評価を以下に示す。

a. 酸素濃度

「空気調和・衛生工学便覧 第 13 版 第 5 編 空気調和設備設計」に基づき，酸素濃度について評価した。

【評価条件】

- ・在室人員は運転員定数に保守性を加え 11 人とする。

- ・中央制御室バウンダリ内体積 2,700m<sup>3</sup>
- ・空気流入はないものとする。
- ・初期酸素濃度 20.95%
- ・1人あたりの呼吸量は、事故時の運転操作を想定し、歩行時の呼吸量を適用して、24L/min とする。
- ・1人あたりの酸素消費量は、呼気の酸素濃度 16.40%から 65.52L/h とする。
- ・管理濃度は 19%以上とする。(鉱山保安法施行規則)

**【評価結果】**

上記評価条件から求めた酸素濃度は、表 1 のとおりであり、72 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。

表 1 中央制御室再循環運転における酸素濃度

時間	12時間	24時間	48時間	73時間	管理値
酸素濃度	20.6%	20.3%	19.6%	19.0%	19.0%

b. 炭酸ガス濃度

「空気調和・衛生工学便覧 第 13 版 第 5 編 空気調和設備設計」に基づき、二酸化炭素濃度について評価した。

**【評価条件】**

- ・在室人員は運転員定数に保守性を加え 11 人とする。
- ・中央制御室バウンダリ内体積 2,700m<sup>3</sup>
- ・空気流入はないものとする。
- ・初期炭酸ガス濃度 0.03%

- ・ 1人あたりの炭酸ガス吐出量は、事故時の運転操作を想定し、中等作業での吐出量を適用して  $0.046\text{m}^3/\text{h}$  とする。
- ・ 管理濃度は 1.0%未満とする。(鉱山保安法施行規則)

**【評価結果】**

上記評価条件から求めた炭酸ガス濃度は、表2のとおりであり、51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。

表2 中央制御室再循環運転における炭酸ガス濃度

時間	12時間	24時間	48時間	51時間	管理値
炭酸ガス濃度	0.26%	0.48%	0.93%	0.99%	1.00%



## ディーゼル発電機に係る影響評価

降下火砕物による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。

### <評価対象>

- ・ 非常用ディーゼル発電機
- ・ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機

#### (1) 評価項目及び内容

##### ① 構造物への静的負荷

屋外に設置されている排気消音器、排気管及び吸気口について、排気消音器及び排気管は降下火砕物が堆積し難い形状をしているため、降下火砕物による荷重の影響を受けない。

よって、屋外に設置されている吸気口に降下火砕物が堆積した場合の影響評価を行う。評価部位は堆積荷重が厳しい条件となる支持脚とし、降下火砕物の荷重により健全性に影響がないことを評価する。

なお、堆積荷重は積雪との重量を考慮する。

##### ② 構造物への化学的影響（腐食）

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

##### ③ 換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響

降下火砕物の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. 堆積量：40cm
- b. 粒 径：8mm 以下
- c. 密 度：1.5g/cm<sup>3</sup>（湿潤状態）
- d. 荷 重：5,884N/m<sup>2</sup>

② 積雪条件

- a. 堆積量：10.5cm（建築基準法の考え方を参考とした東海村における平均的な積雪量）
- b. 単位荷重：堆積量 1cm ごとに 20N/m<sup>2</sup>（建築基準法より）
- c. 荷 重：210N/m<sup>2</sup>

(3) 評価結果

① 構造物への静的負荷

屋外に設置されているディーゼル発電機吸気口の評価を以下に示す。  
なお、非常用ディーゼル発電機吸気口及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機吸気口は同形状，同寸法である。（表 1，図 1）

表 1 吸気口の評価条件

項目	非常用ディーゼル発電機及び 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用	
吸気口荷重	800kg	
支持脚寸法	b×1	150mm
	b×2	15mm

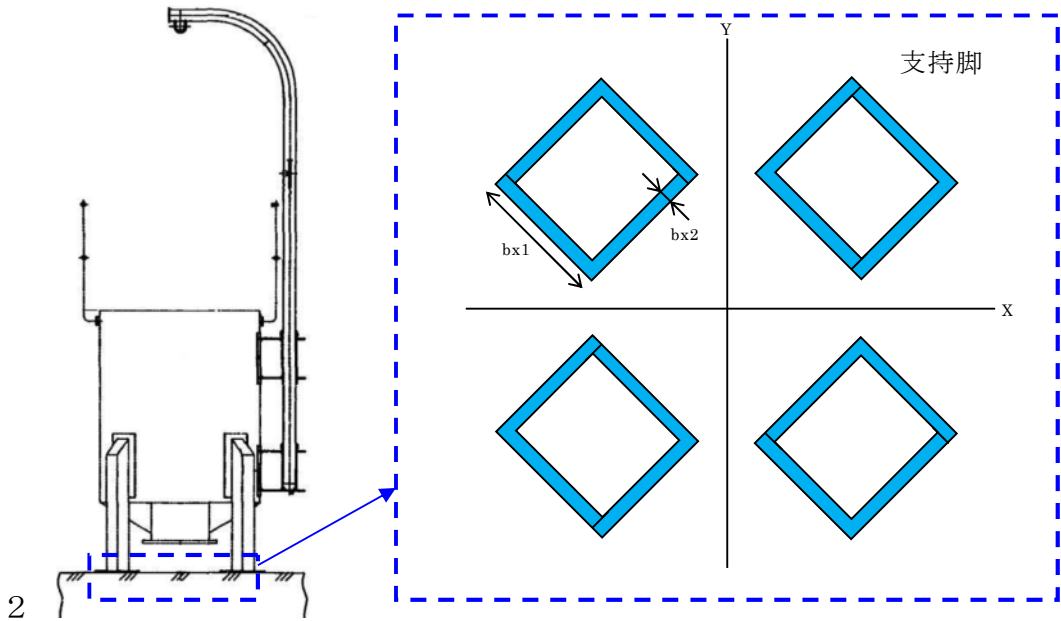


図1 吸気口 評価部位概要図（共通）

a. 降下火砕物と積雪による垂直荷重

吸気口の降下火砕物が堆積する面積  $A$  は次のとおり。

$$A = \frac{\pi}{4} \times 1.540^2 = 1.86(\text{m}^2)$$

よって、降下火砕物及び積雪による垂直荷重  $F_1$  は次のとおり。

$$F_1 = 5,884 \times 1.86 = 1.09 \times 10^4(\text{N})$$

同様に、積雪による荷重  $F_2$  は次のとおり。

$$F_2 = 210 \times 1.86 = 3.90 \times 10^2(\text{N})$$

b. 機器重量による垂直荷重

$$\text{機器重量荷重 } F_3 = 800 \times 9.80665 = 7.84 \times 10^3(\text{N})$$

c. 支持脚に生じる圧縮応力

支持脚の断面積  $S$  は次のとおり。

$$S = (150 + (150 - 15)) \times 15 \times 8 = 3.42 \times 10^{-2}(\text{m}^2)$$

よって、圧縮応力  $\sigma$  は次のとおり。

$$\sigma = \frac{F_1 + F_2 + F_3}{S} = \frac{1.09 \times 10^4 + 3.90 \times 10^2 + 7.84 \times 10^3}{3.42 \times 10^{-2}} = 0.55(\text{MPa})$$

#### d. 評価結果

当該吸気口支持脚の許容応力  $\sigma_c$  は、J E A G 4601 の「その他の支持構造物」における III<sub>A</sub>S の許容応力より、

$$\sigma_c = 229\text{MPa}$$

よって、 $\sigma < \sigma_c$  となり、発生応力は許容応力を十分下回っており、ディーゼル発電機吸気口の健全性を損なうことはない。

#### ② 構造物への化学的影響（腐食）

ディーゼル発電機吸気口及び排気管は、外装塗装を実施しており、降下火砕物と金属が直接接触することはない。また、その内外面の腐食によりディーゼル発電機の機能に有意な影響を与えない構造である。

#### ③ 換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響

ディーゼル発電機の吸入空気は図 2 に示すように吸気口下部から吸い込まれる流れとなっているため、降下火砕物が侵入し難い構造であり、吸気口に附属する吸気フィルタ（粒径 5～75  $\mu\text{m}$  程度において約 56% 以上捕集可能であり粒径が大きいほど捕集率が上がる）で比較的大粒径の降下火砕物は捕集される。想定する降下火砕物の粒径は 8mm 以下であり、粒径が数  $\mu\text{m}$ ～数十  $\mu\text{m}$  程度のものについては、図 2 に示すように過給機、空気冷却器に侵入するものの、機器の間隙は降下火砕物の粒径に比べて十分大きいことから閉塞することはない。

また、機関シリンダ内に降下火砕物が侵入した場合でも、粒径がシリンダライナとピストンリングの間隙（油膜厚さ相当：数  $\mu\text{m}$ ～十数  $\mu\text{m}$ ）

と同程度のものは、当該間隙内に侵入し、摩耗発生が懸念されるが、降下火砕物は砂と比較しても破碎し易く<sup>\*1</sup>、硬度が低い<sup>\*2</sup>こと、またシリンダライナ及びピストンリングはブリネル硬さで230程度（SUS材180程度）の耐摩耗性を有する鋳鉄材であり、これまでの定期点検において有意な摩耗は確認されていないことから降下火砕物による摩耗が設備に影響を与える可能性は小さい。長期的な影響についても、シリンダライナとピストンリングの間隙内に侵入した降下火砕物は、シリンダとピストン双方の往復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とピストンリング間隙に付着している潤滑油により機関外へ除去される。また、潤滑油系には機関付フィルタが設置されているが、メッシュ寸法が約100 $\mu$ mであり、取り込んだ降下火砕物によって閉塞することはなく、長期的な影響も少ないと考えられる。加えて、潤滑油に降下火砕物が混入した場合の影響については、吸気により侵入する降下火砕物はフィルタを通過する際に大部分が捕集され、その後は排気により機関外へ排出されるため、潤滑油に混入する降下火砕物は微細なものに限られ、なおかつ少量なので潤滑油への影響は少ないと考えられる。

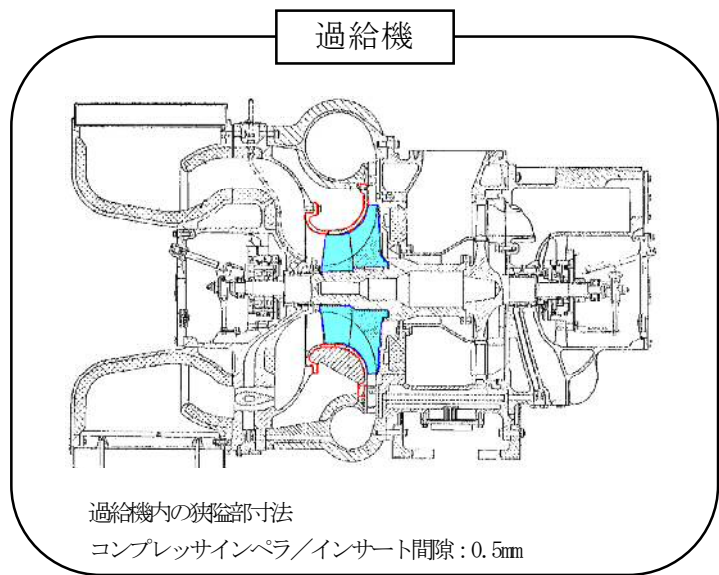
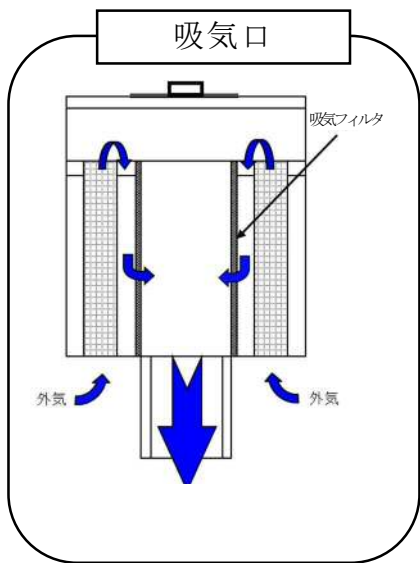
また、シリンダから排出される排気ガスの温度は、約500～600℃であることから、融点が1,000℃である降下火砕物の溶融による影響はない。

ディーゼル発電機排気管は図3に示すとおり横方向を向いており降下火砕物は侵入し難い構造となっている。なお、ディーゼル発電機運転中は排気されていることから降下火砕物が侵入することはない。

以上のことから、ディーゼル機関に降下火砕物が侵入した場合においても、運転を阻害するに至らない。なお、降下火砕物が確認された場合

は、必要に応じて点検等を行う。

- ※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，p. 38-47
- ※2 恒松修二・井上耕三・松田応作(1976)：シラスを主原料とする結晶化ガラス，窯業協会誌84[6]，p. 32-40



吸気口

過給機

空気冷却器

シリンダ

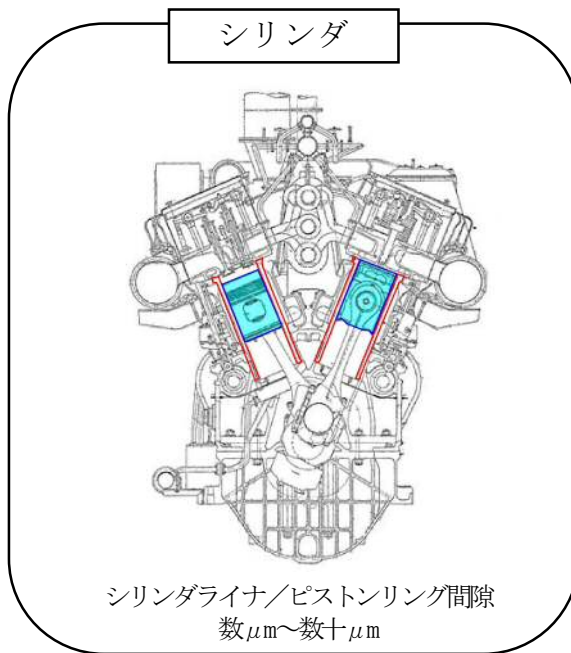
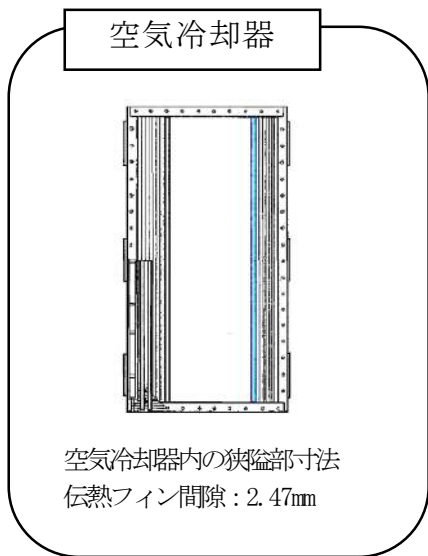


図2 ディーゼル機関吸気系統構造図



図3 ディーゼル発電機 排気管

④ 換気系, 電気系及び計装制御系に対する化学的影響(化学的腐食含む)

金属腐食研究の結果より, 降下火砕物によって直ちに金属腐食を生じないことから, 金属材料を用いることでディーゼル発電機の機能に影響を及ぼすことはない。

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

⑤ その他評価

a. 空気冷却器

空気冷却器への降下火砕物による影響は, 降下火砕物が混入した吸入空気が空気冷却器を通過する際に, 冷却器内に結露することにより, 冷却器伝熱管表面に水滴とともに降下火砕物が付着し, 熱効率が低下することが考えられる。

結露の有無については吸気管吸気温度(空気冷却器出口温度)が目安となるが, 吸気管吸気温度(空気冷却器出口温度)は年間を通じて吸入空気の温度(外気温度)よりも高い状態で運転されるため冷却器内で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。



b. 軽油貯蔵タンク

軽油貯蔵タンクは地下埋設化することにより，降下火砕物の影響により健全性を損なわない設計とする。また，燃料移送ポンプ等についても同様に地下埋設化とし降下火砕物の影響により健全性を損なわない設計とする。

ベント管は開口部を下向きにする等の降下火砕物が侵入し難い構造とし，地表からの吹き上がりによる侵入も考慮した位置にベント管の開口部を設置することにより降下火砕物の影響を受けない設計とする。

## 排気筒に係る影響評価

降下火砕物による排気筒（非常用ガス処理系含む）への影響について、以下のとおり評価する。

### (1) 評価項目及び内容

#### ① 換気系，電気系及び計装制御系に対する機械的影響

降下火砕物の排気筒への侵入により，その機能に影響がないことを評価する。具体的には，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，電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）

降下火砕物の付着に伴う構造物の腐食により，機器の機能に影響がないことを確認する。

### (2) 評価条件

#### ① 堆積量：40cm

### (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

##### a. 排気筒

降下火砕物が排気筒に侵入した場合，図 1 に示すとおり排気筒の底部から流路まで約 21m あり，降下火砕物が 40cm 堆積した場合でも流路が閉塞することはなく，排気筒の機能を損なうことはない。

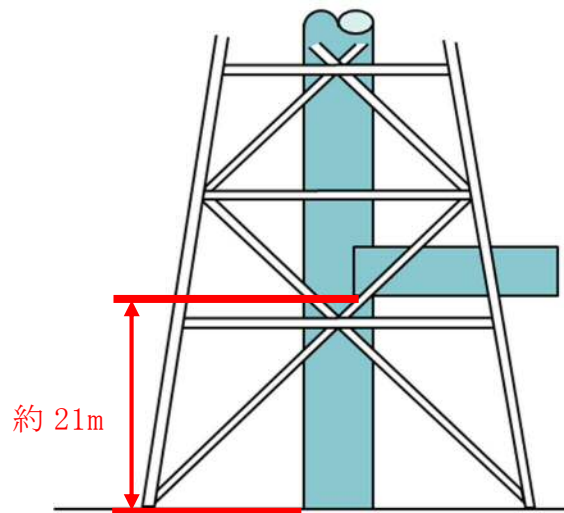


図1 排気筒下部の構造

b. 非常用ガス処理系排気筒

非常用ガス処理系排気筒は図2に示すとおり、降下火砕物の侵入防止を目的とする構造物を取り付けることにより、降下火砕物の影響に対して機能を損なわない設計とする。また、取り付ける構造物は降下火砕物が堆積し難い形状とすることにより、降下火砕物の影響に対して健全性を損なわない設計とする。



図2 非常用ガス処理系排気筒 概略図

② 換気系, 電気系及び計装制御系に対する化学的影響(化学的腐食含む)

排気筒(非常用ガス処理系含む)は, 外装塗装を実施しており, 降下火砕物による化学的腐食により短期的に影響を及ぼすことはない。

なお, 降下火砕物堆積後の長期的な腐食の影響については, 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。

原子炉の高温停止及び冷温停止に必要な設備について

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冷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（制御棒による系）
- (2) 崩壊熱除去           : 残留熱除去系，原子炉隔離時冷却系，高圧炉心スプレイ系，逃がし安全弁（手動逃がし機能）
- (3) 放射能放出防止   : 原子炉格納容器隔離弁，非常用再循環ガス処理系，非常用ガス処理系
- (4) 上記系統の関連系（安全保護系，非常用所内電源系，中央制御室換気空調系，残留熱除去系海水系，非常用ディーゼル発電機海水系，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系，直流電源系等）

以上の機能を達成するために必要な設備は，表 1 に示すとおり「1.4 評価対象施設の抽出」にて抽出した構築物，系統又は機器に含まれていることを確認した。

表1 原子炉の高温停止及び冷温停止に必要な設備に関する防護対象 (1/2)

分類	安全機能の重要度分類			設備設置場所		高温停止及び冷温停止に必要な機能
	定義	機能	構築物、系統又は機器	建屋内設置※1	屋外設備等	
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築する機器・配管系（計装等の小口径配管・機器は除く。） ・原子炉圧力容器、原子炉再循環ポンプ、配管・弁、隔離弁 等	○		
		2) 過剰反応度の抑制防止機能	制御棒カップリング ・制御棒カップリング、制御棒駆動機構カップリング	○		
		3) 炉心形状の維持機能	炉心支持構造物 ・炉心シュラウド、シュラウドサポート、上部格子板、炉心支持板、制御棒案内管 等  燃料集合体（ただし、燃料を除く。） ・上部タイプレート、下部タイプレート、スパーサ	○  ○		
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、原子炉冷却材バウンダリの 過圧を防止し、敷地周辺公衆への過度の放射 線の影響を防止する構築物、系統及び機器	1) 原子炉の緊急停止機能	原子炉停止系の制御棒による系（制御棒及び制御棒駆動系（スクラム機能）） ・制御棒、制御棒案内管、制御棒駆動機構	○		原子炉停止
		2) 未臨界維持機能	原子炉停止系（制御棒による系、ほう酸水注入系） ・制御棒、制御棒駆動機構カップリング、ほう酸水注入系 等	○		原子炉停止
		3) 原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能	逃がし安全弁（安全弁開機能）	○		
		4) 原子炉停止後の除熱機能	残留熱を除去する系統 ・残留熱除去系（ポンプ、熱交換器、原子炉停止時冷却モードのルートとなる配管、弁）、原子炉隔離時冷却系（ポンプ、サブプレッション・プール、タービン、サブプレッション・プールから注水先までの配管、弁）、高圧炉心スプレー系（ポンプ、サブプレッション・プール、サブプレッション・プールからスプレー先までの配管、弁、スプレーヘッド） 等	○		崩壊熱除去
		5) 炉心冷却機能	非常用炉心冷却系 ・低圧炉心スプレー系（ポンプ、サブプレッション・プール、サブプレッション・プールからスプレー先までの配管、弁、スプレーヘッド）、残留熱除去系（低圧注水モード）（ポンプ、サブプレッション・プール、サブプレッション・プールから注水先までの配管、弁（熱交換器バイパスライン含む）、注水ヘッド） 等	○		
		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 ・格納器本体、貫通部 等	○		
			原子炉格納容器隔離弁	○		放射能放出防止
			原子炉格納容器スプレー冷却系 ・ポンプ、熱交換器、サブプレッション・プール 等	○		
			原子炉建屋 非常用再循環ガス処理系 ・排風機 等	○		放射能放出防止
		非常用ガス処理系 ・排風機 等	○		放射能放出防止	
非常用ガス処理系 ・排気筒（非常用ガス処理系排気管の支持機能）		○	(屋外)	放射能放出防止		
可燃ガス濃度制御系		○				

※1 : 原子炉建屋及び使用済燃料乾式貯蔵建屋

表1 原子炉の高温停止及び冷温停止に必要な設備に関する防護対象 (2/2)

分類	安全機能の重要度分類			設備設置場所		高温停止及び冷温停止に必要な機能
	定義	機能	構築物、系統又は機器	建屋内設置 <sup>※1</sup>	屋外設備等	
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	○		関連系
		2) 安全上特に重要な関連機能	非常用所内電源系 (MS-1 関連のもの) ・ディーゼル機関、発電機 等	○		関連系
			非常用所内電源系 (MS-1 関連のもの) ・非常用ディーゼル発電機燃料移送系 ・軽油貯蔵タンク		○ (屋外)	関連系
			制御室及びその遮蔽・非常用換気空調系 (MS-1 関連のもの) ・中央制御室及び中央制御室遮蔽、中央制御室換気空調系 等	○		関連系
			非常用補機冷却水系 (MS-1 関連のもの) ・残留熱除去系海水系、非常用ディーゼル発電機海水系、高圧炉心スプレィ系ディーゼル発電機海水系 等		○ (屋外)	関連系
直流電源系 (MS-1 関連のもの) ・蓄電池 等	○		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損を直ちに引き起こすおそれはないが、敷地外への過度の放射性物質の放出のおそれのある構築物、系統及び機器	1) 原子炉冷却材を内蔵する機能 (ただし、原子炉冷却材圧力バウンダリから除外されている計装等の小口径のもの及びバウンダリに直接接続されていないものは除く。)	主蒸気系 (格納容器隔離弁の外側のみ)	○	○ (T/B)	
		原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていないものであって、放射性物質を貯蔵する機能	放射性廃棄物処理施設 (放射能インベントリの大きいもの) 使用済燃料プール (使用済燃料貯蔵ラックを含む。) 使用済燃料乾式貯蔵容器	○ ○ ○		
		燃料を安全に取り扱う機能	燃料取扱設備 ・燃料交換機、原子炉建屋クレーン 等	○		
		2) 通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に作動を要求されるものであって、その故障により、炉心冷却が損なわれる可能性の高い構築物、系統及び機器	1) 安全弁及び逃がし弁の吹き止まり機能	逃がし安全弁 (吹き止まり機能に関連する部分)	○	
	MS-2	1) PS-2の構築物、系統及び機器の損傷又は故障により敷地周辺公衆に与える放射線の影響を十分小さくするようにする構築物、系統及び機器	1) 燃料プール水の補給機能	非常用補給水系 ・残留熱除去系 (ポンプ、サブプレッション・プール、サブプレッション・プールから燃料プールまでの配管、弁)	○	
2) 放射性物質放出の防止機能			放射性気体廃棄物処理系の隔離弁		○ (T/B)	
			排気筒 (非常用ガス処理系排気管の支持機能以外)		○ (屋外)	
燃料集合体落下事故時放射能放出を低減する系 ・原子炉建屋 (原子炉棟)、非常用再循環ガス処理系及び非常用ガス処理系		○				
2) 異常状態への対応上特に重要な構築物、系統及び機器	1) 事故時のプラント状態の把握機能	事故時監視計器の一部	○			
	2) 制御室外からの安全停止機能	制御室外原子炉停止装置 (安全停止に関連するもの)	○			

※1：原子炉建屋及び使用済燃料乾式貯蔵建屋

降下火砕物の特徴について

表 1 降下火砕物の特徴

特徴※ <sup>1</sup>	影響モード	影響因子
マグマが噴火時に破碎・急冷したものであり、ガラス片・鉱物結晶からなる。※ <sup>2</sup>	荷重 閉塞 摩耗	<ul style="list-style-type: none"> <li>・堆積による構造物への静的負荷</li> <li>・粒子の衝突</li> <li>・水循環系の閉塞</li> <li>・水循環系の内部における摩耗</li> <li>・換気系，電気系及び計装制御系に対する機械的影響</li> </ul>
亜硫酸ガス（SO <sub>2</sub> ），硫化水素（H <sub>2</sub> S），フッ化水素（HF）等の火山ガス成分が付着している。	腐食 大気汚染 水質汚染	<ul style="list-style-type: none"> <li>・換気系，電気系及び計装制御系に対する化学的影響</li> <li>・化学的腐食※<sup>3</sup></li> <li>・発電所周辺の大気汚染</li> <li>・給水の汚染</li> </ul>
水に濡れると硫酸イオン等が溶出する。		
乾燥した降下火砕物は絶縁体だが，水に濡れると酸性を呈し導電性を生じる	絶縁低下	<ul style="list-style-type: none"> <li>・開閉所の絶縁低下</li> </ul>
溶出した硫酸イオンは降下火砕物に含まれるカルシウムイオンと反応し硫酸カルシウム（石膏）となるため，湿った降下火砕物は乾燥すると固結する。	閉塞	<ul style="list-style-type: none"> <li>・固結※<sup>4</sup></li> </ul>
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。	閉塞	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高温部における溶融および固着※<sup>5</sup></li> </ul>

※ 1：(参考資料) 広域的な火山防災対策に係る検討会（平成 25 年 5 月 16 日）

※ 2：降下火砕物の主成分はガラスであり，粘性を生じさせるような鉱物は含まれていない。

※ 3：降下火砕物による金属腐食の研究報告では，4種類の金属材料（Znメッキ，Al，SS41，Cu）に対して，桜島の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オーダーの腐食であり，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。

※ 4：流水等により除去が可能である。

※ 5：発電所内で 1,000℃を超える所はないので，降下火砕物は溶融しない。



### 降水による降下火砕物の固結の影響について

降下火砕物は、湿ったのちに乾燥すると固結する特徴を持っており、影響モードとして閉塞が考えられるが、一般的に流水等で除去可能である。

降下火砕物が固結した場合の評価対象施設に対する影響モードとしては、水循環系の閉塞及び換気系、電気系及び計装制御系に対する閉塞が考えられるが、水循環系においては大量の海水が通水しているため、固結による影響はない。

換気系、電気系及び計装制御系に対する閉塞としては、換気空調系のフィルタの閉塞が考えられるが、換気空調系の外気取入口はガラリ等が設置されており下方向から吸い込む構造となっていることから、平時に比べ降水の際は降下火砕物の侵入は減少すると考えられる。なお、侵入した降下火砕物は外気取入口のフィルタによって除去されるが、湿った降下火砕物がフィルタに付着し固結した場合においても、フィルタ部の取替が可能なことから、固結による影響はない。

一方、評価対象施設に対して間接的な影響を与え得る事象としては、降下火砕物による排水路の閉塞時の降水事象が考えられるが、評価対象施設に有意な影響を及ぼし得る大雨に対しては、雨水が排水路に流れ込むことで、降下火砕物は除去されるため影響はない。なお、少量の降水に対しては有意な影響を及ぼさないと考えられる。

## 降下火砕物と積雪の重ね合わせの考え方について

「原子力発電所の火山影響評価ガイド」では、降雨・降雪などの自然現象は、降下火砕物等堆積物の静的負荷を著しく増大させる可能性があるとしており、降下火砕物による荷重評価では降下火砕物荷重が保守的となるよう湿潤状態を考慮している。また、冬季には積雪により湿潤状態以上の荷重が生じる可能性があることから、湿潤状態の降下火砕物に積雪を重ね合わせた評価を実施している。

重ね合わせる降雪量については自然現象の重ね合わせを考慮している建築基準法を参考とすると、同法では添付資料１のとおり多雪区域<sup>\*1</sup>においては暴風時あるいは地震時の荷重評価を実施する際、積雪の重ね合わせた評価を求めているが、多雪区域以外の区域においては積雪の重ね合わせを要求していない。

また、荷重を評価する際、風圧力や地震力を主たる荷重、重ね合わせる積雪荷重を従の荷重とし、従の荷重は稀に起こる積雪荷重ではなく平均的な積雪荷重としており、平均的な積雪荷重は短期積雪荷重の 0.35 倍としている。

同法を参考とすると東海第二発電所は多雪区域ではないことから積雪との重ね合わせを考慮する必要はなく、また、降下火砕物及び積雪はともに予見性があり緩和措置を講じる十分な時間猶予がある事象であるが、積雪により湿潤状態の降下火砕物以上の荷重の負荷が生じる可能性があることを踏まえ、同法の考え方（主と従の考え方）を参考として評価を実施する。

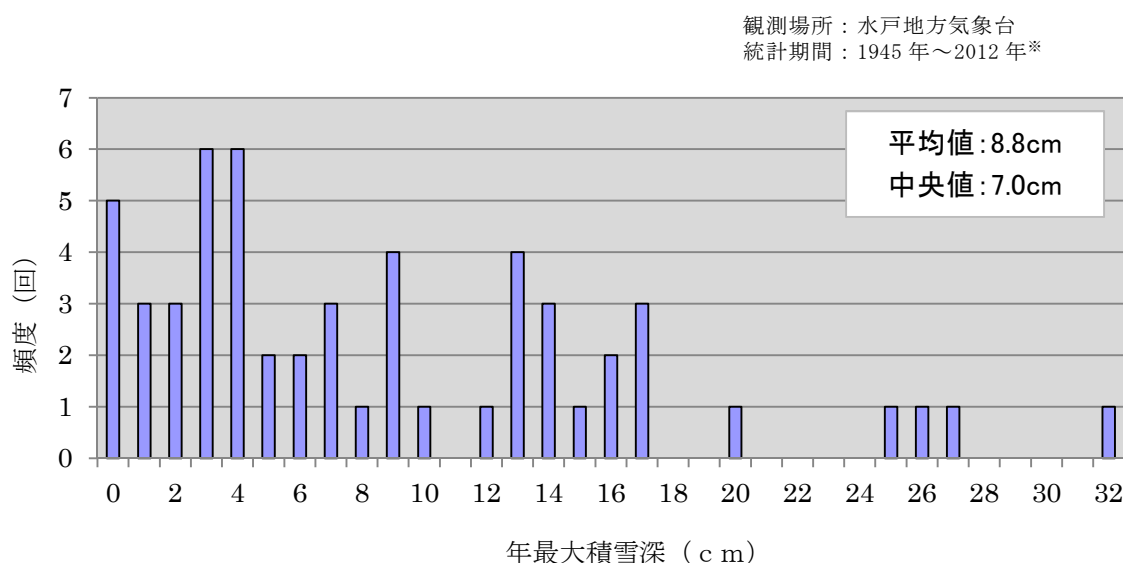
降下火砕物と積雪の重ね合わせにおいて、降下火砕物の荷重条件は積雪の荷重条件より厳しく、発生した際の荷重が比較的大きいことから、降下火砕物が主荷重となる。したがって、今回の評価においては降下火砕物を主の荷重、積

雪を従の荷重として評価を実施する。

従の荷重となる東海村における平均的な積雪量は、茨城県建築基準法施行細則（昭和 45 年 3 月 9 日茨城県規則第 9 号）による東海村の垂直積雪量 30cm に 0.35 を乗じた 10.5cm となる。また、平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を適用することは平均的な値として保守性を有していることを添付資料 2 に示す。

10.5cm は水戸地方気象台の年最大積雪深の平均値（1945 年～2012 年）と同等の値である。参考として積雪量のヒストグラムを図 1 に示す。

なお、念のため、より保守的な評価条件として水戸地方気象台の年最大積雪深の最大値である 32cm（1945 年～2012 年）を重ね合わせた場合においても添付資料 3 のとおり建屋及び設備に影響がないことを確認している。



※ 観測を行っていない年については統計から除外

図 1 積雪量ヒストグラム

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

## 建築基準法における自然現象の組み合わせによる荷重の考え方

「建築物荷重指針・同解説(2004)」によると、建築基準法における組み合わせは、基本的には Turkstra の経験則<sup>\*1</sup>と同様の考え方であり、同経験則に従えば、考慮すべきは主たる荷重が最大を取る時点の荷重の組み合わせであり、従たる荷重の値としては、その確率過程的な意味での平均的な値を採用することができるとしている。

組み合わせは、一般には短期においてのみであり、固定荷重と積載荷重に組み合わせる自然現象による荷重は単独の「積雪」、「風」及び「地震」である。また、それらを組み合わせることはない。建築基準法における荷重の考え方を表 1 に示す。

表 1 建築基準法施行令からの抜粋

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

ここで、 G：第 84 条に規定する固定荷重によって生ずる力  
P：第 85 条に規定する積載荷重によって生ずる力  
S：第 86 条に規定する積雪荷重によって生ずる力  
W：第 87 条に規定する風圧力によって生ずる力  
K：第 88 条に規定する地震力によって生ずる力

東海第二発電所は該当しないが、建築基準法では、その地方における垂直積雪量が1mを超える場合又は1年毎の積雪の継続時間が30日を超える場合は、管轄の特定行政庁が規定でその地方を多雪区域に指定するとともに、その地方における積雪荷重を規定している。一方、東海第二発電所が存在する多雪区域指定のない地域においては、暴風時及び地震時の積雪荷重に関する組み合わせを考慮する必要はないとされている。

構築物の構造計算にあたって考慮すべき積雪荷重として、次の4つの状態が設定されている。<sup>※2</sup>

① 短期に発生する積雪状態

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

$$S = d \cdot \rho$$

ここで、

S：短期積雪荷重 (N/m<sup>2</sup>)

d：垂直積雪量<sup>※3</sup> (cm)

ρ：積雪の単位荷重<sup>※4</sup> (N/cm/m<sup>2</sup>)

② 長期に発生する積雪状態

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

③ 冬季の平均的な積雪状態

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

④ 極めて稀に発生する積雪状態

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

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

※2 「2007年版 建築物の構造関係技術基準解説書」

※3 東海村における垂直積雪量は 30cm（茨城県建築基準法施行細則（昭和 45 年 3 月 9 日茨城県規則第 9 号）より）

※4 積雪量 1cm あたり 20N/m<sup>2</sup>（建築基準法より）

## 建築基準法における平均的な積雪量について

建築基準法において従の荷重として積雪を重ね合わせる場合、その積雪量(荷重)は、その地方における冬季の平均的な積雪量であり、短期積雪荷重の 0.35 倍としている。

平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 については、有識者によりその妥当性が考察されており、それらの結果を踏まえ、「建築物荷重指針・同解説(2004)」では、暴風時または地震時において組み合わせるべき雪荷重の値として、表 1 のとおり積雪期間 3 ヶ月以上の地点では 0.3 を推奨しており、積雪期間が 1 ヶ月以上 3 ヶ月未満の場合は、積雪期間に応じて直線補正すればよいとしている。

表 1 組み合わせ荷重のための係数

積雪期間	1 ヶ月未満	1 ヶ月以上 3 ヶ月未満	3 ヶ月以上
係数	0	積雪期間に応じて 直線補正	0.3

上記考察の一例として神田<sup>\*1</sup>により、積雪深の推移過程を矩形と仮定して、許容応力度設計下で風荷重または地震荷重と組み合わせる時の荷重係数が試算されている。そこでは、積雪期間を 3 ヶ月、平年の積雪深(年最大積雪深の平均値)を 50 年期待値の 1/2(年最大積雪深の平均値=0.5)としたときの荷重係数は、0.2~0.36 になることが得られており、比較的積雪深が大きく積雪期間が長い場合には 0.35 を用い、積雪深、期間に応じて 0.1 以下程度まで低減して用いることが合理的であるとされている。

神田の評価手法に水戸地方気象台の観測データ等(積雪期間を 1 ヶ月<sup>\*2</sup>、平

年の積雪深を 50 年期待値の 0.35<sup>※3)</sup> を当てはめてみると、荷重係数は 0.05～0.19 となる。

※1 神田 順：雪荷重用荷重組合せ係数に関する一考察，日本建築学会大会学術講演梗概集 B, pp, 127-128, 1990

※2 気象庁 HP より，雪日数（雪が降った日）の最大値は 32 日であり，保守的に積雪期間として設定

※3 年最大積雪深の平均値（10.5cm）／50 年期待値（30cm）＝0.35

なお，30cm は茨城県建築基準法施行細則（昭和 45 年 3 月 9 日茨城県規則第 9 号）における東海村の垂直積雪量



## 水戸地方気象台の年最大積雪深の最大値を重ね合わせた評価結果

## 1. 荷重条件

積雪量：32cm（水戸地方気象台の年最大積雪深の最大値（1941年～2012年））

積雪荷重 =  $32\text{cm} \times 20\text{N/m}^2 / \text{cm} = 640\text{N/m}^2$

降下火砕物荷重 =  $0.4\text{m} \times 1,500\text{kg/m}^3 \times 9.80665\text{m/s}^2 = 5,884\text{N/m}^2$

重ね合わせた荷重 =  $5,884\text{N/m}^2 + 640\text{N/m}^2 = 6,524\text{N/m}^2$

## 2. 評価結果

## (1) 建屋

表1に示すとおり許容堆積荷重の余裕は、降下火砕物等による堆積荷重を上回っているため、原子炉建屋等へ影響を及ぼすことはない。

表1 積載荷重の余裕と降下火砕物等荷重の比較<sup>注1</sup>

評価対象	評価部位	許容堆積荷重 [N/m <sup>2</sup> ]	降下火砕物等荷重 [N/m <sup>2</sup> ]
原子炉建屋	屋根トラス	12,000	6,524
タービン建屋	屋根トラス	9,200	
使用済燃料乾式 貯蔵建屋	屋根トラス	48,000	

注1 東海第二発電所の立地地域は、建築基準法施行令に基づく地震荷重と積雪荷重の組み合わせを要しない地域であり、降下火砕物の堆積は積雪頻度と同等以下であることから、地震荷重との組み合わせは考慮しない。ただし、降下火砕物の除去による堆積荷重の提言は速やかに実施する。

(2) 設備

表2に示すとおりディーゼル発電機吸気口、海水ポンプ及び海水ストレーナの評価値は、許容値と比較し十分小さく、機能に影響を及ぼすことはない。

表2 評価結果

設備		部位	応力の種類	評価値 [MPa]	許容値※ [MPa]	裕度
海水ポンプ	残留熱除去	モータ フレーム	圧縮	2.30	229	102
	ディーゼル発電機			0.56	240	428
海水ストレーナ	残留熱除去	支持脚	圧縮	2.63	184	69
	ディーゼル発電機			1.65	184	111
ディーゼル発電機吸気口		支持脚	圧縮	0.58	229	394

※ 許容値は、JEAG4601-1987における「その他の支持構造物」のⅢ<sub>A</sub>Sの許容応力に基づく。

## 原子力発電所で使用する塗料について

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屋外設備の外表面に対する塗装には，耐食性等を考慮した塗料を使用している。

屋外設備については，海塩粒子等の腐食性有害物質が付着しやすく，厳しい腐食環境にさらされるため，エポキシ樹脂系等の塗料が複数層で塗布されている。エポキシ樹脂系は，耐薬品性が強く，酸性物質を帯びた降下火砕物が付着，堆積したとしても，直ちに金属表面の腐食が進むことはない。

また，海水ポンプ，海水配管等の海水と直接接する系統については，ポリエチレン系やゴム系等のライニングが施されている。

したがって，降下火砕物の屋外設備への付着や堆積及び海水系等への混入により，直ちに金属表面の腐食が進むことはない。

表1 東海第二発電所の使用塗料の例

設備名称	塗料の系統		
	下塗り	中塗り	上塗り
・原子炉建屋 (附属棟含む) ・タービン建屋	変性エポキシ樹脂系	ウレタンゴム系	ポリウレタン樹脂系
・使用済燃料乾式 貯蔵建屋	ウレタンゴム系	ウレタンゴム系	ウレタンゴム系
・ディーゼル発電機 吸気フィルタ	—	—	フタル酸樹脂系
・海水ポンプ	エポキシ樹脂系	塩化ゴム系	塩化ゴム系
・海水ストレナ	エポキシ樹脂系	塩化ゴム系	塩化ゴム系

## 降下火砕物の金属腐食研究について

桜島降下火砕物による金属腐食研究成果を東海第二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( $\text{SO}_2$ )が付着した降下火砕物の影響によるものである。

降下火砕物による腐食影響において引用した研究文献「火山環境における金属材料の腐食」では、実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( $\text{SO}_2$ )雰囲気を保った状態で金属腐食試験を行なったものであり、降下火砕物の腐食成分濃度を高濃度で模擬した腐食試験結果であることから、東海第二発電所で考慮する火山についても本研究結果が十分適用可能と考える。

### 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 $\text{SO}_2$ ガス雰囲気（150～200ppm）で、加熱（温度 40℃，湿度 95%を 4 時間），冷却（温度 20℃，湿度 80%を 2 時間）を最大

18回繰り返すことにより、結露、蒸発を繰り返し金属試験片の腐食を観察している。

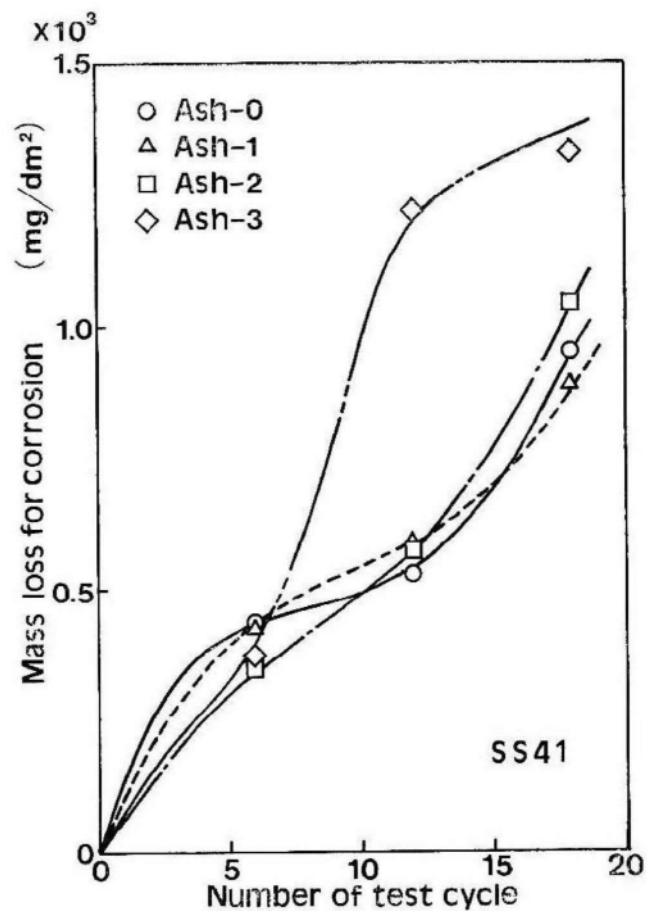
## (2) 試験結果

図1に示すとおり、降下火砕物の堆積量が多い場合は、降下火砕物の堆積なし又は堆積量が少ない場合と比較して、金属試験片の腐食が促進されるが、腐食量は表面厚さにして十数 $\mu\text{m}$ 程度との結果が得られ、降下火砕物層では結露しやすいこと並びに保水効果が大きいことにより腐食が促進されると結論づけられている。

## (3) 試験結果からの考察

降下火砕物による腐食については、主として火山ガスが付着した降下火砕物の影響によるものであり、本研究においては、金属試験片の表面に降下火砕物を堆積させ、実際の火山環境を模擬して高濃度の $\text{SO}_2$ 雰囲気中で暴露し、腐食実験を行っている。

腐食の要因となる火山ガスを常に高濃度の雰囲気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、東海第二発電所で考慮する降下火砕物についても十分適用可能である。



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

図 1 SS41 の腐食による質量変化

## 許容堆積荷重の考え方について

建屋の許容堆積荷重について、東海第二発電所は建設以降に屋根部の補強及び積載物の低減化を行っており、建設当時の設計荷重から変更が生じている。

よって、それらを反映した建屋のフレームモデルを用いて許容堆積荷重を算出した。

算出にあたっては、降下火砕物等の荷重に対して建屋の構造部材に発生する応力が弾性範囲内であることを確認するため、弾性限界となる荷重を耐荷重として許容堆積荷重を設定し、以下の方法で算出した。

- ① 建屋のフレームモデルを用いて、屋根部を構成する構造部材に発生する応力が材料強度による許容値となる荷重（ $VL_{s_{max}}$ ：耐荷重）を算出。
- ② 屋根部に作用する荷重として、常時作用する荷重（DL：固定荷重，LL：積載荷重）があるため、①で算出した荷重（ $VL_{s_{max}}$ ：耐荷重）から常時作用する荷重（DL：固定荷重，LL：積載荷重）を差し引いた値を許容堆積荷重として設定（有効数字2桁で切り下げ）。摩耗

## 【先行電力の考え方】

**許容堆積荷重： $1.5VL - VL = 0.5VL$**

・VL：設計上考慮する長期荷重（固定荷重，積雪荷重等）

・1.5：部材の許容応力度の比（短期／長期＝1.5）\*

※建設基準法施行令

【東海第二発電所の考え方（原子炉建屋）】

許容堆積荷重： $VLs_{max} - (DL+LL) = 12,000N/m^2$

- ・ $VLs_{max}$ ：構造部材が負担できる最大の短期荷重(耐荷重)※
- ・DL：固定荷重(建築物を構成する部材の自重による荷重)
- ・LL：積載荷重(機器荷重, 配管荷重 等)

※平 12 建設省告示第 2464 に基づき, 鋼材の材料強度 F 値を 1.1 倍とした値

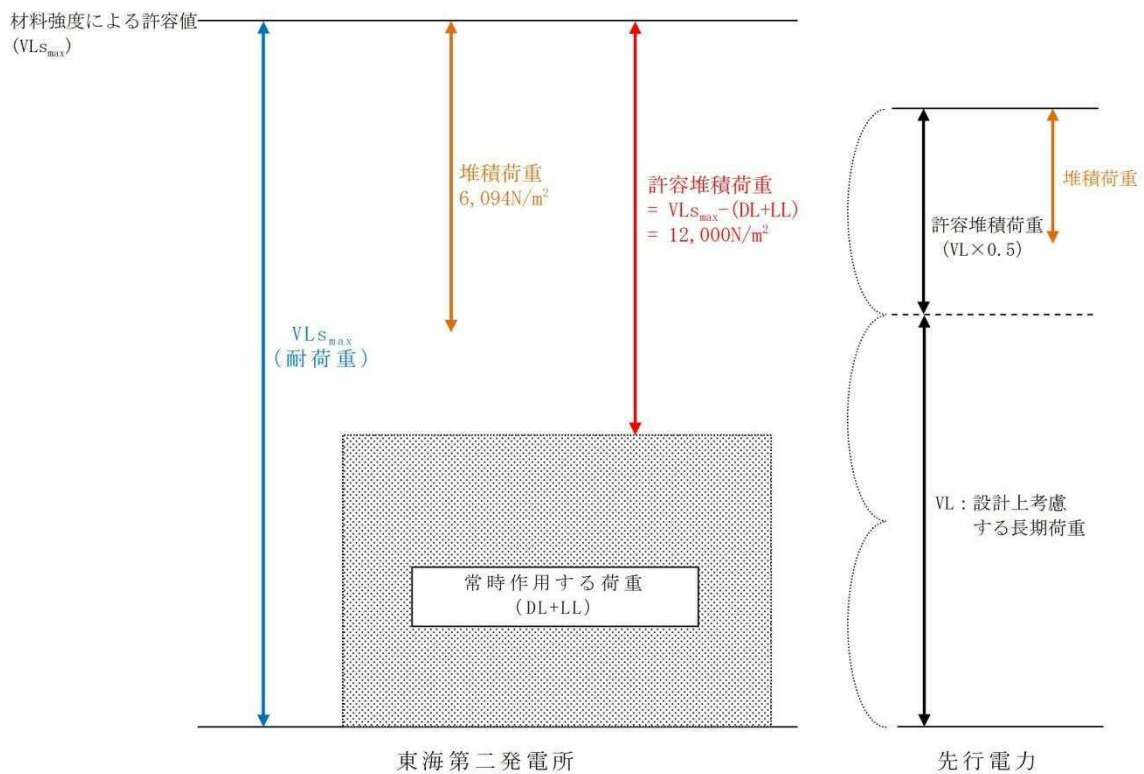


図 1 許容堆積荷重の考え方（原子炉建屋）イメージ図



## 粒径の大きな降下火砕物の取水路内への流入と影響について

海面に降下した粒径の大きい降下火砕物は、ある程度水分を含まなければ水面に浮くため、取水路前面にオイルフェンスを設置することにより、降下火砕物が取水路に流入することはない。

ただし、水分を含み、海水密度より重くなれば沈降し、取水路に侵入することもあるため、海水ストレーナのメッシュ径以上の粒径の降下火砕物について、沈降速度と取水路内の流速から到達距離を試算した。

降下火砕物の沈降速度は以下の式で与えられる。

$$\text{沈降速度} : W_f = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{g}{C_w} \cdot \frac{(\rho_k - \rho_l)}{\rho_l} \cdot d_x}$$

G : 重力加速度[m/s<sup>2</sup>](9.80665)

C<sub>w</sub> : 抵抗係数(0.44) ※<sup>1</sup>

ρ<sub>k</sub> : 降下火砕物の密度[g/cm<sup>3</sup>](1.06) ※<sup>2</sup>

ρ<sub>l</sub> : 海水の密度[g/cm<sup>3</sup>](1.05) ※<sup>3</sup>

d<sub>x</sub> : 降下火砕物の粒径[m] (0.0065) ※<sup>4</sup>

※ 1 : 粉体工学便覧第 2 編

※ 2 : 降下火砕物が湿潤し海水より重くなり沈むと想定される密度

※ 3 : 理科年表における海水密度

※ 4 : 海水ストレーナのメッシュ径と同じ粒径

以上より沈降速度を計算すると、

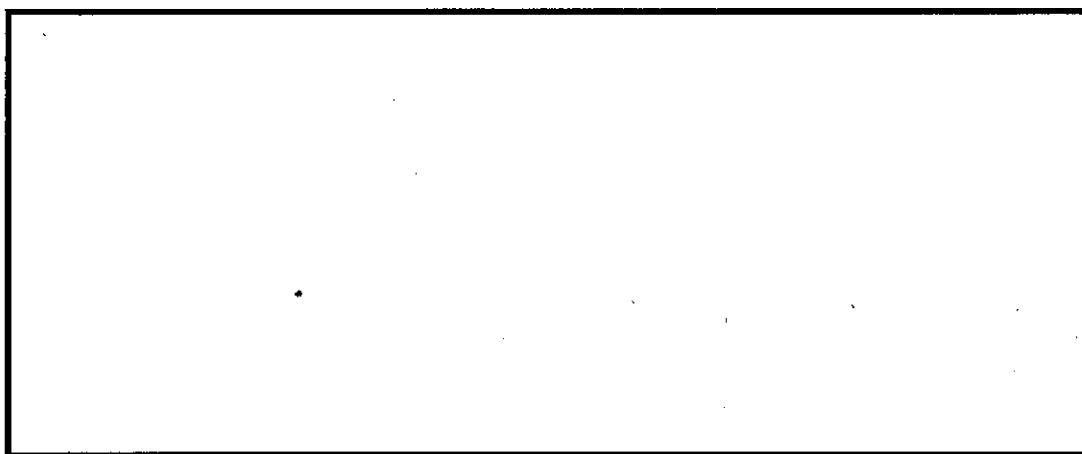
$$W_f = 0.043\text{m/s} \text{ ①}$$

一方、取水路内流速は残留熱除去系海水ポンプ及びディーゼル発電機用海水ポンプの運転時は外部電源喪失等の影響により循環水ポンプは停止していると想定され、その場合の取水路内流速は低水位時の 0.019m/s ② であることから、①、②より

$$\text{到達距離} : \text{低水位} : 5.15\text{m} \div 0.043\text{m/s} \times 0.019\text{m/s} = 2.28\text{m}$$

降下火砕物の到達距離=2.28m<  (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流入するが、途中で降下し取水路内に沈殿する結果となった。

以上より、海水ストレーナのメッシュ径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、海水ポンプ及び海水ストレーナへの影響は少ないと考えられる。



給水処理設備に係る影響評価について

水質汚染については、工業用水に降下火砕物が混入することによる汚染が考えられる。

図 1 に示すとおり、給水に使用する工業用水はろ過装置、純水装置を経て純水貯蔵タンクに供給される。ろ過水貯蔵タンクに貯留された水は飲料水及び雑用水に供給されるが、降下火砕物襲来時に必要な構築物、系統及び機器は含まれていない。

純水貯蔵タンクに貯留された純水は補給水系に供給され、復水貯蔵タンク及びほう酸水注入系等へ給水されるが、何れも、点検時の水張りや系統内でリークが生じた際に補給等が必要になるもので、降下火砕物襲来時に補給が必要ではなく、水質汚染はプラントの安全機能に影響を及ぼさない。

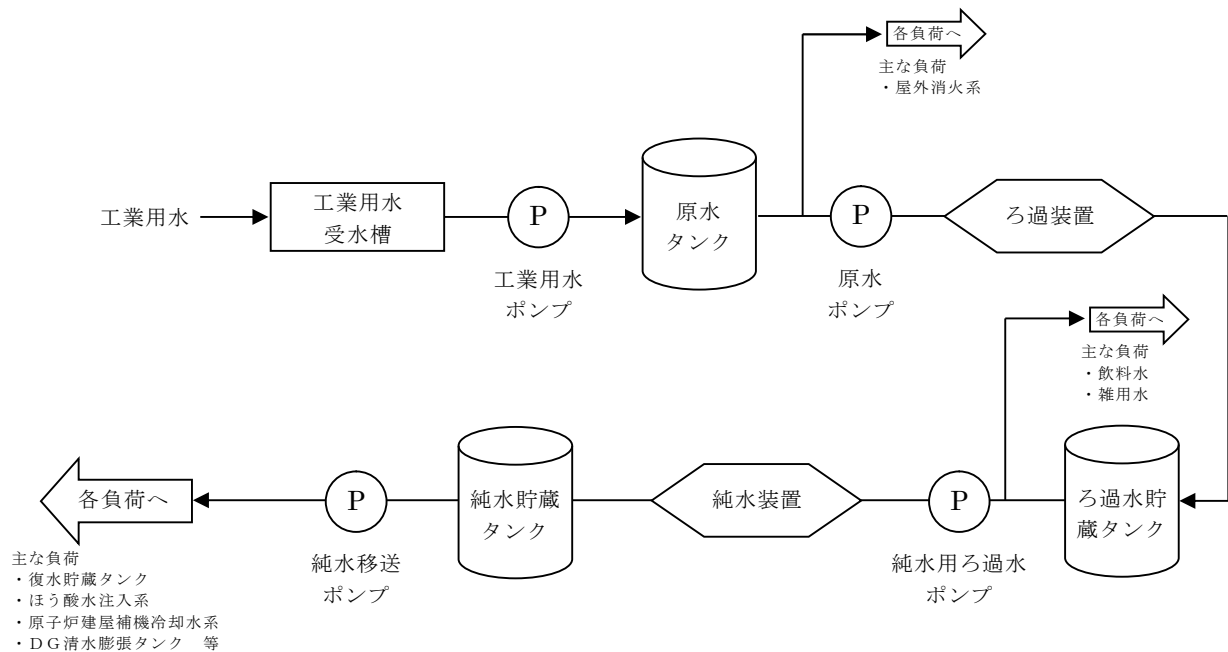


図 1 外部から供給される水源の概略系統図

## 非常用ディーゼル発電機吸気フィルタの閉塞について

非常用ディーゼル発電機の吸気は吸気フィルタ（粒径 5～75  $\mu\text{m}$  程度において約 56%以上捕集可能であり粒径が大きいほど捕集率が上がる）を介して吸入しているため、降下火砕物の侵入による非常用ディーゼル発電機への影響は小さいと考えられる。なお、非常用ディーゼル発電機の吸気フィルタは、個別評価－7に示すとおり下方から吸気する構造となっており、降下火砕物により容易に閉塞しないものであると考えられるが、万一閉塞した場合の影響について、以下のとおり評価する。

## 1. 閉塞までに要する時間について

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

(1) アイスランドの火山噴火データを用いた試算

表1より、吸気フィルタの閉塞時間を試算した結果、約73時間となった。

表1 吸気フィルタ閉塞までの時間

①非常用ディーゼル発電機吸気フィルタ捕集容量[g/m <sup>2</sup> ]	1,580
②非常用ディーゼル発電機吸気フィルタ表面積[m <sup>2</sup> ]	2.9
③非常用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	4,582
④降下火砕物の大気中濃度[μg/m <sup>3</sup> ]	3,241*
⑤非常用ディーゼル発電機吸気流量[m <sup>3</sup> /h]	19,200
⑥閉塞までの時間[h] =③/④/⑤	73.6

※アイスランド南部エイヤヒャトラ氷河で2010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大気中の降下火砕物濃度(24時間観測のピーク値)

(2) セントヘレンズの火山噴火データを用いた試算

表2より、吸気フィルタの閉塞時間を試算した結果、約7時間となった。

表2 吸気フィルタ閉塞までの時間

①非常用ディーゼル発電機吸気フィルタ捕集容量[g/m <sup>2</sup> ]	1,580
②非常用ディーゼル発電機吸気フィルタ表面積[m <sup>2</sup> ]	2.9
③非常用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	4,582
④降下火砕物の大気中濃度[μg/m <sup>3</sup> ]	33,400*
⑤非常用ディーゼル発電機吸気流量[m <sup>3</sup> /h]	19,200
⑥閉塞までの時間[h] =③/④/⑤	7.14

※米国セントヘレンズ火山で発生(1980年5月)した火山噴火地点から約135km離れた場所における大気中の火山灰濃度(1日平均値)

## 2. フィルタ交換に必要な時間について

フィルタ交換は下記に示すとおり、複雑な作業が必要はなく、フィルタ交換に要する時間は要員4名で3時間程度を見込んでいる。また、予めフィルタを取り付けたフィルタエレメントの予備品を持つことによりフィルタ清掃の手間を省くことができ、さらなる交換時間の短縮が可能である。なお、吸気フィルタは1系統につき2基設置されている。

【吸気フィルタ交換手順：1基あたり約90分】

- a. フィルタエレメント吊上げ用治具を設置する（約5分）
- b. フィルタケーシングの上蓋を開放する（約10分）
- c. フィルタケーシングからフィルタエレメント抜き出す（約25分）
- d. フィルタエレメントの内部確認及び清掃を行う（約30分）
- e. フィルタエレメントを挿入する（約15分）
- f. フィルタケーシングの上蓋を復旧する（約5分）

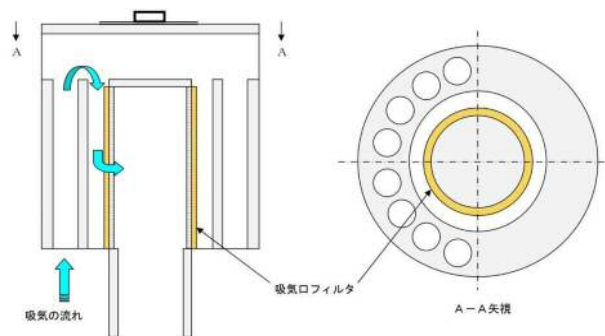


図1 非常用ディーゼル発電機吸気フィルタ 概略図

## 3. まとめ

非常用ディーゼル発電機は2系統設置されていることから、フィルタが閉塞するような場合には、必要に応じ片系列を停止しフィルタを交換することが可能である。

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

東海第二発電所において、フィルタ閉塞の評価対象となる施設は、ディーゼル発電機吸気口フィルタ、換気空調設備のフィルタ（外気取入口）が該当するが、ディーゼル発電機吸気口フィルタについては吸気口が下向きに設置されており、降下火砕物が内部に侵入し難い構造となっている。また、換気空調設備については降下火砕物が確認された場合には空調の停止や外気取入口のダンパを閉止する運用としており、フィルタへの降下火砕物の付着を抑制できる設計となっている。

この前提のもと、降下火砕物によるフィルタ閉塞に対する評価に当たっては、参考としてアイスランド南部エイヤヒャトラ氷河で発生（2010年4月）した火山噴火地点から約40km離れたヘイマランド地区において観測された大気中の降下火砕物濃度のピーク値 $3,241\mu\text{g}/\text{m}^3$ を用いている。

これは、

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

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

また、東海第二発電所で想定する降下火砕物の給源となる火山については、赤城山などいずれも発電所から40km以遠にある（第四紀火山のうち発電所から最も近い火山は約88km離れた高原山）ことから、参照したアイスランド火山の観測データは噴火口からより近距離の観測データである。

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）について、当該濃度による影響評価を以下のとおり行った。

各施設のフィルタが閉塞するまでの時間は、ディーゼル発電機吸気口フィルタが約7時間、換気空調設備のフィルタで約4時間となる。フィルタ交換に要する時間はディーゼル発電機吸気口フィルタで約3時間程度である。換気空調設備のフィルタについても、外気取入を約51時間停めることができるため、その間にフィルタ交換が可能であり、セントヘレンズ火山の濃度を用いて評価を行った場合でも影響が生じることはない。

なお、ディーゼル発電機吸気口フィルタは下方から吸い込むことにより降下火砕物が侵入しにくい構造としているが、上記試算ではこうした点を考慮せず、しかも大気中に存在する降下火砕物を粒子径に関係なく全量が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、実際は吸気口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こと、さらに、換気空調設備のフィルタに関しては、フィルタを通過する降下火砕物は細かな粒子ではあるが、降下火砕物が建屋内へ侵入することを抑制するため、降下火砕物が確認された時点で空調停止やダンパ閉止の運用により影響防止を図ることとし



ており、機能に影響を及ぼすことはないと考ええる。

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

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

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

上記に加え、本論文で公表した富士山宝永噴火の数値シミュレーション結果に記載されている大気中濃度（ $10^{-1} - 10^{-0} \text{ g/m}^3$ ）については、実測データとの検証を踏まえた計算結果ではなく、種々の仮定を前提に実施した研究結果であり、現段階では原子力発電所の安全評価において火山灰の大気中濃度として用いることはできない。

国立研究開発法人産業技術総合研究所が公開した「吸気フィルタの火山灰目詰試験」（H28.4）の研究は、供試フィルタに火山灰を供給し

てフィルタの性能変化を確認する目的として実施したものである。試験は、日本工業規格 J I S B 9908「換気用エアフィルタユニット・換気用電気集じん器の性能試験方法」に準拠した方法で実施され、試験で供給した火山灰濃度は、当該 J I S 規格の試験条件である粉じん濃度の  $70\text{mg}/\text{m}^3$  及びその10倍、100倍の濃度となっているが、試験条件の一例として示されている値であり、原子力発電所の安全評価に用いるものではないと考える。

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

## 降下火砕物のその他設備への影響評価について

降下火砕物のその他設備への影響について、以下のとおり評価する。

### 1. 評価対象設備

降下火砕物の影響を受ける可能性のあるその他設備について評価を実施する。

- (1) モニタリング設備
- (2) 消火設備
- (3) 通信連絡設備
- (4) 緊急時対策所

### 2. 評価結果

#### (1) モニタリング設備

モニタリング設備の検出器は、図1のとおり半球型の構造であり降下火砕物が堆積し難い構造である。

したがって、降下火砕物によりモニタリング設備の機能に影響を及ぼすことはない。



図1 モニタリング設備検出器

## (2) 消火設備

電動消火ポンプ及びディーゼル駆動消火ポンプは屋内（タービン建屋）に設置されている。それらが設置されている部屋の給気設備は図2のとおり開口部が横方向でありルーバーが設置されているため、降下火砕物は侵入し難い構造となっている。また、ディーゼル駆動消火ポンプの排気管については、図3のとおり、開口部が横方向であり、降下火砕物は侵入し難い構造となっている。

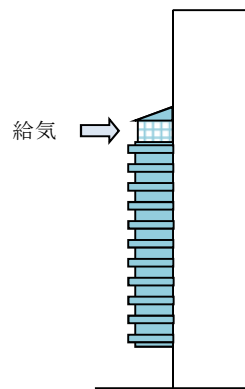


図2 ディーゼル駆動消火ポンプ室給気口

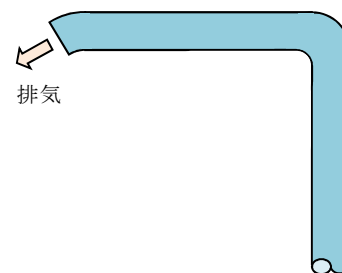
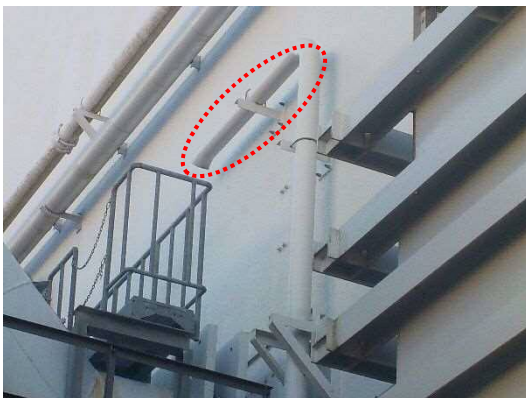


図3 ディーゼル駆動消火ポンプ排気管

### (3) 通信連絡設備

通信連絡設備は、表 1 のとおり多様化を図っており、降下火砕物の影響によりすべての通信機能を喪失することは考え難い。

表 1 主な通信設備

発電所外通信連絡設備	発電所内通信連絡設備
<ul style="list-style-type: none"><li>・電力保安通信用電話設備</li><li>・衛星電話設備</li><li>・加入電話</li><li>・テレビ会議システム</li><li>・統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・電力保安通信用電話設備</li><li>・衛星電話設備</li><li>・無線連絡設備</li><li>・運転指令設備</li><li>・携行型有線電話設備</li></ul>

### (4) 緊急時対策所

緊急時対策所については、降下火砕物等の荷重に対して、健全性を損なわない設計とする。

また、大気汚染に対する居住性の観点から、外気取入遮断時の緊急時対策所の居住環境について、「空気調和・衛生工学便覧 第 13 版 第 5 編 空気調和設備設計」に基づき、酸素濃度及び炭酸ガス濃度について評価した。

#### a. 酸素濃度

##### 【評価条件】

- ・在室人数：100 人（緊急時対策本部に収容する最大の対策要員数）
- ・緊急時対策所バウンダリ内体積：2,900m<sup>3</sup>（基本設計値）
- ・空気流入はないものとする。
- ・初期酸素濃度：20.95%
- ・1人あたりの呼吸量は、歩行時の呼吸量を適用して、24L/min とする。
- ・1人あたりの酸素消費量は、呼気の酸素濃度 16.40%から 65.52L/

hとする。

- ・管理濃度は19%以上とする。(鉱山保安法施行規則)

【評価結果】

表1 緊急時対策所における酸素濃度の時間変化

時間	2時間	4時間	6時間	8.6時間	管理値
酸素濃度	20.4%	20.0%	19.5%	19.0%	19.0%

b. 炭酸ガス濃度

【評価条件】

- ・在室人数：100人（緊急時対策本部に収容する最大の対策要員数）
- ・緊急時対策所バウンダリ内体積：2,900m<sup>3</sup>（基本設計値）
- ・空気流入はないものとする。
- ・初期炭酸ガス濃度 0.03%
- ・1人あたりの炭酸ガス吐出量は、中等作業での吐出量を適用して0.046m<sup>3</sup>/hとする。
- ・管理濃度は1.0%未満とする。(鉱山保安法施行規則)

【評価結果】

表2 緊急時対策所における炭酸ガス濃度

時間	1時間	2時間	4時間	6.1時間	管理値
炭酸ガス濃度	0.19%	0.35%	0.67%	1.00%	1.00%

以上の結果から、緊急時対策所において、外気取入を遮断した場合においても6時間程度の居住性が確保される結果となった。なお、本評価は保守的に外気取入を遮断して評価しているが、間欠して外気を取り入れることで、緊急時対策所の居住性がより長時間維持される。

観測された諸噴火の最盛期における噴出率と継続時間について

富士山（宝永噴火1707年）の噴出は、断続的に16日間継続している。

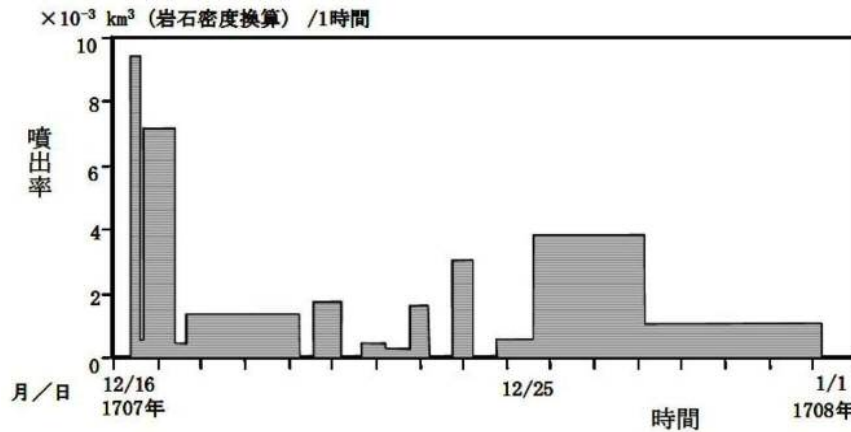


図1 富士山（宝永噴火 1707 年）の噴出率の推移（宮地 他（2002））

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 1 観測された諸噴火の最盛期における噴出率と継続時間

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

### バグフィルタの取替手順について

換気空調系の外気取入口のバグフィルタの取換作業を行う際は、対象となる系統の運転を停止し、ダンパを閉め、系統を隔離してから行う。また、バグフィルタの取替作業は建屋（ガラリ）内で行うため、降下火砕物の影響を受けにくい。

バグフィルタ取替作業時は、作業前に建屋（ガラリ）内を養生し、作業後は清掃を行う。

これらに加え、バグフィルタ交換を行う場合、以下の対応を行う。

- ・フィルタの取替作業は建屋（ガラリ）内で行うが、降下火砕物の影響を考慮し保護具（マスク，めがね）を装備する
- ・取替作業終了後は降下火砕物の再浮遊の影響を低減させるため、作業エリアの清掃を行う。

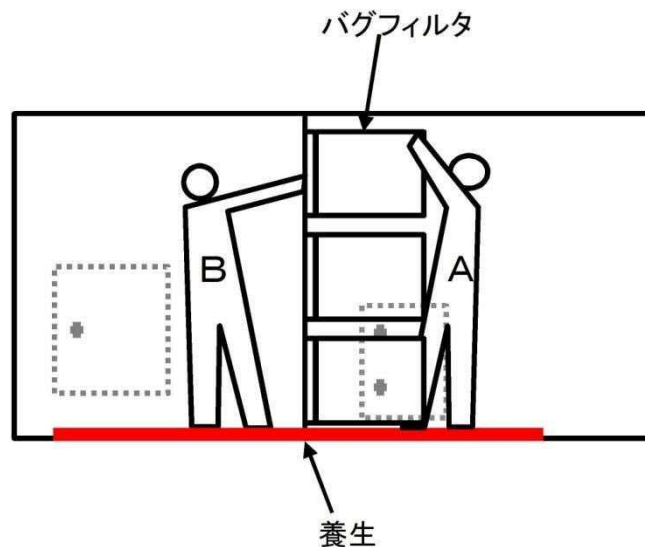


図1 バグフィルタ取替作業イメージ



## 降下火砕物の除去に要する時間について

降下火砕物の除去に要する時間について，土木工事の人力作業を参考に評価した結果を以下に示す。

## 1. 評価条件

堆積面積  $1\text{m}^3$  あたりの作業人工等の評価条件を表 1 に示す。

表 1 降下火砕物の除去に要する時間の評価条件

項目		評価条件
①堆積面積 ( $\text{m}^2$ )	原子炉建屋 (附属棟含む)	約4,490
	タービン建屋	約7,320
	使用済燃料乾式貯蔵建屋	約1,400
	合計	約13,210
②堆積厚さ (m)		0.40
③堆積量 = ① × ② ( $\text{m}^3$ )		5,284
④ $1\text{m}^3$ あたりの作業人工*		0.39

※：「国土交通省土木積算基準 (H24)」における人力掘削での人工

## 2. 評価結果

降下火砕物の除去に要する作業量は以下のとおり。

$$0.39 \text{ 人/日} \cdot \text{m}^3 \times 5,284\text{m}^3 = \text{約 } 2,061 \text{ 人日}$$

以上の結果から，降下火砕物の除去に人員を 100 人動員した場合，3 週間ほどで降下火砕物を除去できる。また，人員を増やすことによりさらに期間の短縮が可能である。

火山影響評価ガイドとの整合性について

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

原子力発電所の火山影響評価ガイド	東海第二発電所 火山影響評価
<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。</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Safety Standards “Volcanic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations” (No. SSG-21)を策定した。近年、火山学は基本的記述科学から、以前は不可能であった火山システムの観察と複雑な火山プロセスの数値モデルの使用に依存する定量的科学へと発展しており、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 Safety Standards “Volcanic Hazards in Site Evaluation for Nuclear 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「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ないとしており、敷地周辺の自然現象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う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した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・立地評価</li> <li>・影響評価</li> </ul>

原子力発電所の火山影響評価ガイド

東海第二発電所 火山影響評価

2. 原子力発電所に影響を及ぼす火山影響評価の流れ

2. 原子力発電所に影響を及ぼす火山影響評価の流れ  
(ガイドどおり)

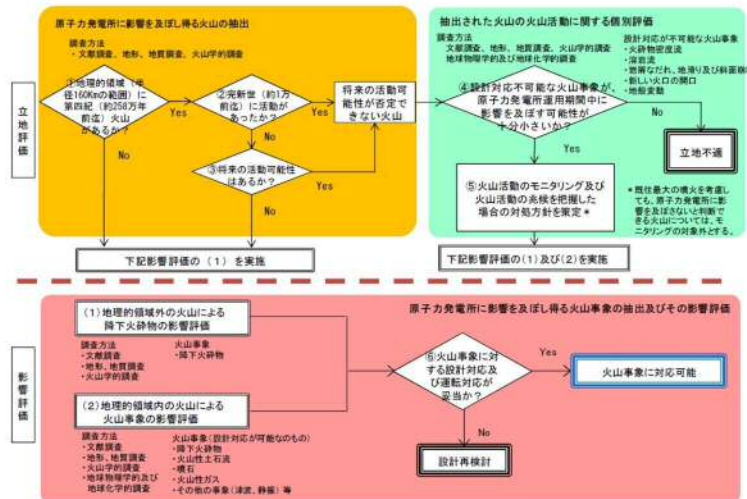
火山影響評価は、図1 に従い、立地評価と影響評価の2段階で行う。

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. IAEA SSG-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。



原子力発電所の火山影響評価ガイド	東海第二発電所 火山影響評価
<p>【立地評価】(項目名のみ記載)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出</li><li>3. 1 文献調査</li><li>3. 2 地形・地質調査及び火山学的調査</li><li>3. 3 将来の火山活動可能性</li></ul> <ul style="list-style-type: none"><li>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</li><li>4. 1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価</li><li>4. 2 地球物理学的及び地球化学的調査</li></ul> <ul style="list-style-type: none"><li>5. 火山活動のモニタリング</li><li>5. 1 監視対象火山</li><li>5. 2 監視項目</li><li>5. 3 定期的評価</li><li>5. 4 火山活動の兆候を把握した場合の対処</li></ul>	<p>【立地評価】</p> <p>立地評価及び原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象の抽出の結果、降下火砕物(発電所敷地の層厚40cm)のみが東海第二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。</p> <p>よって、以降の評価は降下火砕物による影響評価について記す。</p>

原子力発電所の火山影響評価ガイド	東海第二発電所 火山影響評価
<p>6. 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、降下火砕物は浸食等で厚さが低く見積もられるケースがあるので、文献等も参考にして、第四紀火山の噴火による降下火砕物の堆積量を評価すること。(解説-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>【影響評価】</p> <p>6. 原子力発電所への火山事象の影響評価</p> <p>原子力発電所に影響を及ぼし得る火山について、運用期間中の噴火規模を考慮し、敷地において考慮する火山事象として、降下火砕物の堆積量を評価した。</p> <p>考慮すべき降下火砕物の層厚は、地質調査及び文献調査結果から40cmとした。</p>

原子力発電所の火山影響評価ガイド	東海第二発電所 火山影響評価
<p>6. 1 降下火砕物</p> <p>(1) 降下火砕物の影響</p> <p>(a) 直接的影響</p> <p>降下火砕物は、最も広範囲に及ぶ火山事象で、ごくわずかな火山灰の堆積でも、原子力発電所の通常運転を妨げる可能性がある。降下火砕物により、原子力発電所の構造物への静的負荷、粒子の衝突、水循環系の閉塞及びその内部における磨耗、換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的及び化学的影響、並びに原子力発電所周辺の大気汚染等の影響が挙げられる。</p> <p>降雨・降雪などの自然現象は、火山灰等堆積物の静的負荷を著しく増大させる可能性がある。火山灰粒子には、化学的腐食や給水の汚染を引き起こす成分（塩素イオン、フッ素イオン、硫化物イオン等）が含まれている。</p> <p>(b) 間接的影響</p> <p>前述のように、降下火砕物は広範囲に及ぶことから、原子力発電所周辺の社会インフラに影響を及ぼす。この中には、広範囲な送電網の損傷による長期の外部電源喪失や原子力発電所へのアクセス制限事象が発生しうることも考慮する必要がある。</p> <p>(2) 降下火砕物による原子力発電所への影響評価</p> <p>降下火砕物の影響評価では、降下火砕物の堆積物量、堆積速度、堆積期間及び火山灰等の特性などの設定、並びに降雨等の同時期に想定される気象条件が火山灰等特性に及ぼす影響を考慮し、それらの原子炉施設又はその附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-16、17、18）</p>	<p>6. 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。原子力発電所の構造物への静的負荷（降雨等の影響を含む）、粒子の衝突等、降下火砕物が設備に影響を与える可能性のある因子を網羅的に抽出・評価し、その中から詳細に検討すべき影響因子を選定した。</p> <p>影響評価において必要となる降下火砕物の粒径及び密度については、地質調査及び文献調査を基に設定した。なお、降下火砕物の密度については、降雨の影響を考慮した。</p> <p>(b) 間接的影響</p> <p>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や原子力発電所への交通の途絶の可能性も考慮し、間接的影響を確認した。</p> <p>(2) 降下火砕物による原子力発電所への影響評価</p> <p>降下火砕物の影響評価を考慮すべき施設（評価対象施設）としては、重要安全施設のうち、屋外の構築物、系統及び機器、または、屋外設置であるが屋外に開口している設備を抽出し、評価対象施設としている。ただし、その構築物、系統及び機器であっても、機能喪失することで、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、建物については、クラス1及びクラス2の安全施設、及びその機能に影響を及ぼし得る建物を評価対象施設として抽出した。</p> <p>抽出した評価対象施設について影響を評価し、原子炉施設の安全性を損なわないことを確認した。</p>

原子力発電所の火山影響評価ガイド	東海第二発電所 火山影響評価
<p>(3) 確認事項</p> <p>(a) 直接的影響の確認事項</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> <li>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。</li> <li>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。</li> </ol> <p>(b) 間接的影響の確認事項</p> <p>原子力発電所外での影響（長期間の外部電源の喪失及び交通の途絶）を考慮し、燃料油等の備蓄又は外部からの支援等により、原子炉及び使用済燃料プールの安全性を損なわないように対応が取れること。</p> <p>解説-16. 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。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 類似する火山の降下火砕物堆積物の情報を基に求める。</li> <li>✓ 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。</li> </ul> <p>解説-17. 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、原子力発電所への間接的な影響も含めて評価する。</p> <p>解説-18. 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>(3) 降下火砕物の影響の確認結果</p> <p>(a) 直接的影響の確認事項</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 降下火砕物堆積荷重に対して、原子炉建屋、タービン建屋、海水ポンプ等の健全性が維持されることを確認した。</li> <li>② 降下火砕物により、海水ポンプ、海水ストレーナ、非常用ディーゼル発電機、取水設備等が閉塞等によりその機能を喪失しないことを確認した。</li> <li>③ 降下火砕物が外気取入口に侵入した場合であっても、フィルタによって大部分の降下火砕物は除去されることから、給気を供給する系統及び機器の機能喪失がなく、加えて、中央制御室換気空調系については、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。</li> <li>④ 必要に応じて、構築物、系統及び機器における降下火砕物の除去、換気空調系フィルタの清掃・取替が可能な設計であることを確認した。</li> </ol> <p>(b) 間接的影響の確認事項</p> <p>原子力発電所外での影響（長期間の外部電源の喪失及び交通の途絶）を考慮した場合においても、発電所内に貯蔵されている燃料油等により、7日間は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を確認した。</p>



原子力発電所の火山影響評価ガイド	東海第二発電所 火山影響評価
<p>【立地評価の結果を考慮し評価する項目】(項目名のみ記載)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>6. 2 火砕物密度流</li><li>6. 3 溶岩流</li><li>6. 4 岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊</li><li>6. 5 火山性土石流、火山泥流及び洪水</li><li>6. 6 火山から発生する飛来物(噴石)</li><li>6. 7 火山ガス</li><li>6. 8 新しい火口の開口</li><li>6. 9 津波及び静振</li><li>6. 10 大気現象</li><li>6. 11 地殻変動</li><li>6. 12 火山性地震とこれに関連する事象</li><li>6. 13 熱水系及び地下水の異常</li></ul> <p>7. 附則</p> <p>この規定は、平成25年7月8日より施行する。</p> <p>評価方法は、本評価ガイドに掲げるもの以外であっても、その妥当性が適切に示された場合には、その方法を用いることを妨げない。また、本評価ガイドは、今後の新たな知見と経験の蓄積に応じて、それらを適切に反映するように見直して行くものとする。</p>	<p>原子力発電所に影響を及ぼし得る火山について、運用期間中の噴火規模を考慮し、敷地において考慮する火山事象を評価した結果、降下火砕物以外の火山事象については、原子炉施設の安全機能に影響を及ぼすことはないと評価した。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>

# 東海第二発電所

## 運用，手順説明資料

### 外部からの衝撃による損傷の防止

(火山)

## (第6条 火山)

- ①安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項について同じ。）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。

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。

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。

・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。

添付六、八への反映次項  
(設計に関する事項)

工・保

東海第二発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出  
東海第二発電所の運用期間中における火山活動に関する個別評価

- 影響を及ぼす可能性がない火山事象
- ・火砕物密度流
  - ・溶岩流
  - ・岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊
  - ・火山土石流、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する事象
  - ・熱水系及び地下水の異常

影響を及ぼし得る火山事象

【降下火砕物】  
層厚：40cm  
密度：0.3 g/cm<sup>3</sup>（乾燥状態）～1.5 g/cm<sup>3</sup>（湿潤状態）  
粒径：8.0mm以下

安全施設

クラス3に属する施設      クラス1及びクラス2に属する構築物、系統及び機器

評価対象施設

【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に属する構築物、系統及び機器を内包している建屋  
・屋外の施設  
・屋外に開口している施設  
・屋内の空気を取り込む施設

【クラス3に属する構築物、系統及び機器】  
降下火砕物の影響を受ける施設であって、その停止等により、上位の安全重要度の施設の運転に影響を及ぼす可能性のある屋外の施設

除外

降下火砕物の影響を受けた場合においてもクラス1及びクラス2に属する施設に影響を及ぼさない施設

代替設備により必要な機能が確保され、安全上支障が生じない期間に降下火砕物の除去あるいは修復等の対応を可能とし、安全機能を損なわない。

【後段規制との対応】  
工：工認（基本設計方針、添付資料）  
保：保安規定（運用手順書に係る事項、下位文書含む）  
核：核防規定（下位文書含む）

【添付六、八への反映次項】  
■：添付六、八に反映  
□：当該条文に関係しない（他条文での反映事項他）

降下火砕物による影響の選定  
・直接的影響  
・間接的影響

直接的影響

間接的影響



降下火砕物の除去（建屋等）

・バグフィルタ、吸気フィルタの清掃、取替  
・外気取入ダンパの閉止  
・換気空調系の停止

降下火砕物の除去（建屋等）

中央制御室の閉回路循環運転

添付六、八への反映次項  
(手順に関する事項)

添付六、八への反映次項  
(設計に関する事項)

工・保

・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

東海第二発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

東海第二発電所の運用期間中における火山活動に関する個別評価

影響を及ぼす可能性がない火山事象

- ・火砕物密度流
- ・溶岩流
- ・岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊
- ・火山土石流、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する事象
- ・熱水系及び地下水の異常

影響を及ぼし得る火山事象

重要安全施設

クラス1及びクラス2に属する構築物、系統及び機器のうち、自然現象の影響を受けやすい施設

評価対象施設

- 【クラス1及びクラス2に属する構築物、系統及び機器】
- ・屋外の施設
  - ・屋外に開口している施設
  - ・屋内の空気を取り込む施設

【降下火砕物】  
層厚：40cm  
密度：0.3 g/cm<sup>3</sup> (乾燥状態) ~ 1.5 g/cm<sup>3</sup> (湿潤状態)  
粒径：8.0mm 以下

降下火砕物による影響の選定  
・直接的影響

直接的影響

荷重

構築物への静的負荷

設計荷重の設定

降下火砕物の除去

工・保

添付六、八への反映次項  
(手順に関する事項)

【後段規制との対応】

- 工：工認（基本設計方針，添付資料）  
保：保安規定（運用手順書に係る事項，下位文書含む）  
核：核防規定（下位文書含む）

【添付六、八への反映次項】

■：添付六、八に反映

□：当該条文に関係しない  
(他条文での反映事項他)

設置許可基準対象条文	対象項目	区分	運用対策等
第6条 外部からの衝撃による損傷の防止	降下火砕物の除去作業及び除去後における降下火砕物による静的荷重や腐食等の影響に対する保守管理	運用・手順	<ul style="list-style-type: none"> <li>降下火砕物が確認された場合には、建屋や屋外の設備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去を実施する。</li> <li>降下火砕物による影響がみられた場合、必要に応じて補修を行う。</li> </ul>
		体制	(担当室による保守・点検の体制) (降下火砕物確認時の体制)
		保守・点検	<ul style="list-style-type: none"> <li>日常点検</li> <li>定期点検</li> <li>火山事象時及び火山事象後の巡視点検</li> </ul>
		教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> <li>運用・手順・保守・点検に関する教育</li> </ul>
	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	<ul style="list-style-type: none"> <li>降下火砕物が確認された場合には、外気取入口に設置しているバグフィルタ，状況に応じて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。</li> </ul>
		体制	(運転員の当直体制) (降下火砕物確認時の体制)
		保守・点検	—
		教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> <li>運用・手順・体制・保守点検に関する教育</li> </ul>

設置許可基準対象条文	対象項目	区分	運用対策等
第6条 外部からの衝撃による損傷の防止	バグフィルタ，吸気フィルタ取替・清掃作業	運用・手順	<ul style="list-style-type: none"> <li>降下火砕物が確認された場合には，換気空調設備の外気取入口のバグフィルタについて，差圧を確認するとともに，状況に応じて清掃や取替を実施する。</li> <li>ディーゼル発電機運転時は，吸気フィルタの巡視点検を行い，必要に応じて取替・清掃を行う。</li> </ul>
		体制	(運転員の当直体制) (降下火砕物確認時の体制)
		保守・点検	<ul style="list-style-type: none"> <li>火山事象時の巡視点検</li> </ul>
		教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> <li>防護施設の保守・点検に関する教育</li> </ul>