

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（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

2. 外部からの衝撃による損傷の防止（火山）
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。

3. において、追加要求事項に適合するための運用、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。（第 1.1-1 表）

第 1.1-1 表 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	技術基準規則	備考
<p>第 6 条 (外部からの衝撃による損傷の防止)</p> <p>安全施設は、想定される自然事象（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。</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>第 7 条 (外部からの衝撃による損傷の防止)</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>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（手順等含む）

(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

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，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。

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じる応力について，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），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、飛来物（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。

自然現象及び発電所敷地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の組合せについては、地震、津波、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、火山の影響、生物学的事象、森林火災等を考慮する。事象が単独で発生した場合の影響と比較して、複数の事象が重畳することで影響が増長される組合せを特定し、その組合せの影響に対しても安全機能を損なわない設計とする。

ここで、想定される自然現象及び発電所敷地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-7) 火山

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 50cm、粒径 8.0mm 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、以下のような設計とすることにより降下火砕物による直接的影響に対して機能維持するこ

と若しくは降下火砕物による損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること，安全上支障のない期間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。

- ・ 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摩耗並びに換気系，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）並びに換気系，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換気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
- ・ 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

碎物の除去や換気空調設備外気取入口のバグフィルタの取替え若しくは清掃又は換気空調設備の停止若しくは閉回路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。

さらに、降下火砕物による間接的影響である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、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ることにより安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料1：(3.2：1-6)】

(2) 安全設計方針

1.7.7 火山防護に関する基本方針

1.7.7.1 設計方針

(1) 火山事象に対する施設の基本方針

安全施設は、火山事象に対して、発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な機能（以下「安全機能」という。）を損なわない設計とする。このため、「添付書類六 7 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、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。

降下火砕物によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を安全重要度分類のクラス1，クラス2及びクラス3に属する構築物，系統及び機器とする。

降下火砕物によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設のうち、外部事象防護対象施設は、建屋による防護又は構造健全性の維持等により安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料1：(3.2：1-6)】

(2) 降下火砕物の設計条件

a. 設計条件の検討・設定

発電所の敷地において考慮する火山事象は、「添付書類六 7 火山」に示すとおり降下火砕物のみである。

降下火砕物の層厚は、降下火砕物の分布状況、シミュレーション及び分布事例による検討結果から総合的に判断し、保守的に50cmと設定する。なお、鉛直荷重については、湿潤状態の降下火砕物に、建築基準法

の考え方に基づいた東海村における平均的な積雪量を踏まえて設定する。

粒径及び密度については、文献調査及び地質調査の結果を踏まえ、粒径 8.0mm 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）と設定する。

【別添資料 1 : (3.1 : 1-5)】

(3) 評価対象施設等の抽出

外部事象防護対象施設等のうち、屋内設備は外殻となる建屋により防護する設計とし、評価対象施設を、建屋、屋外に設置されている施設、降下火砕物を含む海水の流路となる施設、降下火砕物を含む空気の流路となる施設、外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設に分類し抽出する。また、評価対象施設及び外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設を評価対象施設等という。

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

a. 建屋

- ・原子炉建屋
- ・タービン建屋
- ・使用済燃料乾式貯蔵建屋
- ・排気筒モニタ建屋

b. 屋外に設置されている施設

- ・残留熱除去系海水ポンプ
- ・非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ（以下「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を含む。）用海水ポンプ」とい

う。)

- ・ 残留熱除去系海水ストレーナ
- ・ 非常用ディーゼル発電機用海水ストレーナ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナ（以下「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を含む。）用海水ストレーナ」という。）
- ・ 非常用ディーゼル発電機吸気フィルタ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機吸気フィルタ（以下「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を含む。）吸気フィルタ」という。）
- ・ 中央制御室換気系冷凍機
- ・ 非常用ディーゼル発電機室ルーフベントファン及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機室ルーフベントファン（以下「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を含む。）室ルーフベントファン」という。）
- ・ 排気筒
- ・ 非常用ガス処理系排気配管
- ・ 排気筒モニタ

c. 降下火砕物を含む海水の流路となる施設

- ・ 残留熱除去系海水ポンプ
- ・ 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を含む。）用海水ポンプ
- ・ 残留熱除去系海水ストレーナ及び下流設備
- ・ 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を含む。）用海水ストレーナ及び下流設備

d. 降下火砕物を含む空気の流路となる施設

- ・非常用ディーゼル発電機機関及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機機関（以下「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を含む。）機関」という。）
- ・換気空調設備（外気取入口）のうち中央制御室換気系
- ・換気空調設備（外気取入口）のうち非常用ディーゼル発電機室換気系及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機室換気系
- ・排気筒
- ・非常用ガス処理系排気配管
- ・排気筒モニタ

e. 外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設

- ・計装制御設備（安全保護系）

f. 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

- ・非常用ディーゼル発電機排気消音器及び排気管，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機排気消音器及び排気管（以下「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を含む。）排気消音器及び排気管」という。）
- ・海水取水設備（除塵装置）
- ・換気空調設備（外気取入口）

上記により抽出した評価対象施設等を第 1.7.7-1 表に示す。

【別添資料 1 : (3.3 : 1-6~18)】

(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。

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⁽¹⁾。ただし，火山ガラス片は砂よりもろく硬度は低く⁽²⁾，主要な鉱物結晶片の硬度は砂同等又はそれ以下である^{(3) (4)}。
- (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⁽¹⁾。ただし，金属腐食研究の結果より，直ちに金属腐食を生じさせることはない⁽⁵⁾。
- (c) 水に濡れると導電性を生じる⁽¹⁾。
- (d) 湿った降下火砕物は乾燥すると固結する⁽¹⁾。
- (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⁽¹⁾。

【別添資料 1 : (3.4.1 : 1-19)】

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，評価対象施設等の構造や設置状況等を考慮して直接的な影響因子を以下のとおり選定する。

(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」及び建屋及び屋外設備に対し降灰時に衝撃を与える「粒子の衝突」である。

評価に当たっては以下の荷重の組合せを考慮する。

- i) 評価対象施設等に常時作用する荷重，運転時荷重

評価対象施設等に作用する荷重として、自重等の常時作用する荷重、内圧等の運転時荷重を適切に組み合わせる。

ii) 設計基準事故時荷重

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

また、評価対象施設等のうち設計基準事故時荷重が生じる屋外設備としては、残留熱除去系海水ポンプ及び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を含む。）用海水ポンプが考えられるが、設計基準事故時においても、通常運転時の系統内圧力及び温度と変わらず、機械的荷重が変化することはないため、設計基準事故時荷重と降下火砕物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。

(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」及び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）」及び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及び降下火砕物の除去、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 : 1-19～21)】

c. 間接的影響

(a) 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に間接的な影響を及ぼす因子は、湿った降下火砕物が送電線の碍子、開閉所等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」及び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 : 1-21)】

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

評価対象施設等のうち排気筒モニタについては、放射性気体廃棄物処理施設の破損の検出手段として期待している。外部事象を起因として放射性気体廃棄物処理施設の破損が発生することはないが、独立事象としての重畳の可能性を考慮し、排気筒モニタ建屋も含め安全上支障のない期間に補修等の対応を行うことで、安全機能を損なわない設計とする。

a. 降下火砕物による荷重に対する設計

(a) 構造物への静的負荷

評価対象施設等のうち、構造物への静的負荷を考慮すべき施設は、降下火砕物が堆積する以下の施設である。

- ・ 建屋

原子炉建屋，タービン建屋，使用済燃料乾式貯蔵建屋

- ・屋外に設置されている施設

残留熱除去系海水ポンプ，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を含む。）用海水ポンプ，残留熱除去系海水ストレーナ，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を含む。）用海水ストレーナ，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を含む。）吸気フィルタ，中央制御室換気系冷凍機，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を含む。）室ルーフベントファン

- ・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

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を含む。）排気消音器及び排気管

当該施設の許容荷重が，降下火砕物による荷重に対して安全裕度を有することにより，構造健全性を失わず安全機能を損なわない設計とする。若しくは，降下火砕物が堆積しにくい又は直接堆積しない構造とすることで，外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

評価対象施設の建屋においては，建築基準法における一般地域の積雪の荷重の考え方に準拠し，降下火砕物の除去を適切に行うことから，降下火砕物による荷重を短期に生じる荷重として扱う。また，降下火砕物による荷重と他の荷重を組合せた状態に対する許容限界は次のとおりとする。

- ・原子炉建屋原子炉棟

原子炉建屋に要求されている気密性及び遮蔽性並びに構造強度を担保する屋根スラブは、建築基準法の短期許容応力度を許容限界とする。また、屋根スラブと共に建屋の構造強度を担保する主トラスは、終局耐力に対して妥当な安全余裕を有する許容限界とする。

- ・原子炉建屋付属棟，タービン建屋，使用済燃料乾式貯蔵建屋

屋根スラブの落下によって内包する安全重要度分類のクラス1及びクラス2に属する構築物，系統及び機器が損傷することを防止するため，屋根スラブは部材の終局耐力を許容限界とする。また，複数部材で構成されている主トラスの崩壊によって内包する安全重要度分類のクラス1及びクラス2に属する構築物，系統及び機器が損傷することを防止するため，主トラスは構造物全体として崩壊機構が形成されないことを許容限界とする。

建屋を除く評価対象施設等においては，許容応力を「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4601-1987（日本電気協会）」に準拠する。

【別添資料1：(3.6.1：1-22～24)】

(b) 粒子の衝突

評価対象施設等のうち，建屋及び屋外設備は，「粒子の衝突」に対して，「1.7.2 竜巻に防護に関する基本方針」に基づく設計によって，外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料1：(3.6.2：1-24)】

b. 降下火砕物による荷重以外に対する設計

降下火砕物による荷重以外の影響は，構造物への化学的影響（腐食），

水循環系の閉塞，内部における摩耗及び化学的影響（腐食），電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞）及び化学的影響（腐食）等により安全機能を損なわない設計とする。

外気取入口からの降下火砕物の侵入に対する設計については，「c. 外気取入口からの降下火砕物の侵入に対する設計」に示す。

(a) 構造物への化学的影響（腐食）

評価対象施設等のうち，構造物への化学的影響（腐食）を考慮すべき施設は，降下火砕物の直接的な付着による影響が考えられる以下の施設である。

・ 建屋

原子炉建屋，タービン建屋，使用済燃料乾式貯蔵建屋

・ 屋外に設置されている施設

残留熱除去系海水ポンプ，非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレー系ディーゼル発電機を含む。）用海水ポンプ，残留熱除去系海水ストレーナ，非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレー系ディーゼル発電機を含む。）用海水ストレーナ，非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレー系ディーゼル発電機を含む。）

吸気フィルタ，中央制御室換気系冷凍機，非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレー系ディーゼル発電機を含む。）室ルーフベントファン，排気筒，非常用ガス処理系排気配管

・ 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

非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレー系ディーゼル発電機を含む。）排気消音器及び排気管

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，外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。なお，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。

【別添資料 1 : (3.6.2 : 1-24~25)】

(b) 水循環系の閉塞，内部における摩耗及び化学的影響（腐食）

評価対象施設等のうち，水循環系の閉塞，内部における摩耗及び化学的影響（腐食）を考慮すべき施設は，以下の施設である。

・降下火砕物を含む海水の流路となる施設

残留熱除去系海水ポンプ，非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレー系ディーゼル発電機を含む。）用海水ポンプ，残留熱除去系海水ストレーナ及び下流設備，非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレー系ディーゼル発電機を含む。）用海水ストレーナ及び下流設備

・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

海水取水設備（除塵装置）

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ことにより，海水の流路となる施設が閉塞しない設計とする。

内部における摩耗については，主要な降下火砕物は砂と同等又は砂より硬度が低くもろいことから，摩耗による影響は小さい。また当該

施設については、定期的な内部点検及び日常保守管理により、状況に応じて補修が可能であり、摩耗により外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

化学的影響（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が、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、外部事象防護対象施設の腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、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 : (3.6.2 : 1-25～26)】

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

評価対象施設等のうち、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞）及び化学的影響（腐食）を考慮すべき施設は、以下の施設である。

・屋外に設置されている施設

残留熱除去系海水ポンプモータ、非常用ディーゼル発電機（高压炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）用海水ポンプモータ

機械的影響（閉塞）については、残留熱除去系海水ポンプモータ、非常用ディーゼル発電機（高压炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）用海水ポンプモータ本体は外気と遮断された全閉構造、空気冷却器の冷却管内径及び冷却流路は降下火砕物粒径以上の幅を設ける構造とすることにより、機械的影響（閉塞）により外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

化学的影響（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、腐食により外部事象防護対象施設の安全機能を損なうことのない設計とする。なお、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 : (3.6.2 : 1-26～27)】

(d) 絶縁低下及び化学的影響（腐食）

評価対象施設等のうち、絶縁低下及び化学的影響（腐食）を考慮すべき施設は、以下の施設である。

- ・外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設

計装制御設備（安全保護系）

当該機器の設置場所は中央制御室換気系にて空調管理されており、本換気空調系の外気取入口にはバグフィルタを設置していることから、仮に室内に侵入した場合でも降下火砕物は微量であり、粒径は極めて細かな粒子である。

また、本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行うことにより侵入を阻止することも可能である。

バグフィルタの設置により降下火砕物の侵入に対する高い防護性能を有すること、また外気取入ダンパの閉止による侵入防止が可能な設計とすることにより、降下火砕物の付着に伴う絶縁低下及び化学的影響（腐食）による影響を防止し、外部事象防護対象施設である計装制御設備（安全保護系）の安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1 : (3.6.2 : 1-27～28)】

c. 外気取入口からの降下火砕物の侵入に対する設計

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

(a) 機械的影響（閉塞）

評価対象施設等のうち、外気取入口からの降下火砕物の侵入による機械的影響（閉塞）を考慮すべき施設は、降下火砕物を含む空気の流路となる以下の施設である。

・降下火砕物を含む空気の流路となる施設

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を含む。）機関，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を含む。）吸気フィルタ，換気空調設備（外気取入口），排気筒，非常用ガス処理系排気配管

各施設の構造上の対応として、ディーゼル発電機吸気フィルタの外気取入口は開口部を下向きの構造とすることにより、降下火砕物が流路に侵入しにくい設計とする。

排気筒は、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。非常用ガス処理系排気配管は、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、外気を取り入れる換気空調設備（外気取入口）及びディーゼル発電機の吸気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、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。

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。

【別添資料 1 : (3.6.3 : 1-28～29)】

(b) 機械的影響（摩耗）

評価対象施設等のうち、外気取入口からの降下火砕物の侵入による機械的影響（摩耗）を考慮すべき施設は、以下の施設である。

- ・降下火砕物を含む空気の流路となる施設のうち摺動部を有する施設

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を含む。）機関

主要な降下火砕物は砂と同等又は砂より硬度が低くもろいことから、摩耗の影響は小さい。

構造上の対応として、ディーゼル発電機吸気フィルタの開口部を下向きとすることによりディーゼル発電機機関に降下火砕物が侵入しにくい構造とする。

また、仮にディーゼル発電機機関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、摩耗により外部事象防護対象施設であるディーゼル発電機の安全機能を損なわない設計とする。

外気を取り入れるディーゼル発電機の吸気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にくい設計とし、摩耗により外部事象防護対象施設であるディーゼル発電機の安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1 : (3.6.3 : 1-29～30)】

(c) 化学的影響（腐食）

評価対象施設のうち、外気取入口からの降下火砕物の侵入による化学的影響（腐食）を考慮すべき施設は、以下の施設である。

・降下火砕物を含む空気の流路となる施設

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を含む。）機関，換気空調設備（外気取入口），排気筒，非常用ガス処理系排気管

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が、塗装の実施等によって、腐食により外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。なお、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。

【別添資料 1 : (3.6.3 : 1-30)】

(d) 大気汚染（発電所周辺の大気汚染）

評価対象施設等のうち、大気汚染を考慮すべき中央制御室は、降下火砕物により汚染された発電所周辺の大気が、中央制御室換気系の外気取入口を通じて中央制御室に侵入しないようバグフィルタを設置することにより、降下火砕物が外気取入口に到達した場合であってもフィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とする。

また、中央制御室換気系については、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。さらに外気取入遮断時において、酸素濃度及び二

酸化炭素濃度の影響評価を実施し、室内の居住性を確保する設計とする。

【別添資料 1 : (3.6.3 : 1-31)】

(6) 降下火砕物による間接的影響に対する設計方針

降下火砕物による間接的影響として考慮する、広範囲にわたる送電網の損傷による 7 日間の外部電源喪失及び発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象が生じた場合については、降下火砕物に対して、非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）の安全機能を維持することで、発電用原子炉の停止及び停止後の発電用原子炉の冷却並びに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（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）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 : (3.8 : 1-35)】

1.7.7.2 手順

降下火砕物の降灰時における手順について、降下火砕物の除去（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、建屋や屋外の設備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手順を定める。
- (2) 降灰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) 降灰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，バグフィルタ差圧又は流量を確認するとともに，状況に応じて取替え又は清掃を実施する手順を定める。

【別添資料 1 : (3.7 : 1-32～35)】

1.7.7.3 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，Vol142，2004
- (3) 「新編火山灰アトラス [日本列島とその周辺] 第 2 刷 町田洋ほか，東京大学出版会，2011
- (4) 「理科年表（2017）」国立天文台編
- (5) 「火山環境における金属材料の腐食」出雲茂人，末吉秀一他，防食技術 Vol. 39，1990

第 1.7.7-1 表 評価対象施設等の抽出結果

	設備区分	評価対象施設等
外部事象防護対象施設等	建屋	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉建屋 ・タービン建屋 ・使用済燃料乾式貯蔵建屋 ・排気筒モニタ建屋
	屋外に設置されている施設	<ul style="list-style-type: none"> ・残留熱除去系海水ポンプ ・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を含む。）用海水ポンプ ・残留熱除去系海水ストレーナ ・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を含む。）用海水ストレーナ ・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を含む。）吸気フィルタ ・中央制御室換気系冷凍機 ・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を含む。）室ルーフベントファン ・排気筒 ・非常用ガス処理系排気配管 ・排気筒モニタ
	降下火砕物を含む海水の流路となる施設	<ul style="list-style-type: none"> ・残留熱除去系海水ポンプ ・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を含む。）用海水ポンプ ・残留熱除去系海水ストレーナ及び下流設備 ・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を含む。）用海水ストレーナ及び下流設備
	降下火砕物を含む空気の流路となる施設	<ul style="list-style-type: none"> ・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を含む。）機関 ・換気空調設備（外気取入口） [中央制御室換気系、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を含む。）室換気系] ・排気筒 ・非常用ガス処理系排気配管 ・排気筒モニタ
	外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設	<ul style="list-style-type: none"> ・計装制御設備（安全保護系）
	外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設	<ul style="list-style-type: none"> ・非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）排気消音器及び排気管 ・海水取水設備（除塵装置） ・換気空調設備（外気取入口）

(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。

適合のための設計方針

第1項について

発電所敷地で想定される自然現象（地震及び津波を除く。）については、敷地及び敷地周辺の自然環境を基に洪水，風（台風），竜巻，凍結，降水，積雪，落雷，火山の影響，生物学的事象，森林火災及び高潮を選定し，敷地周辺で得られる過去の記録等を考慮する。また，これらの自然現象毎に関連して発生する可能性がある自然現象も含める。

安全施設は，発電所敷地で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安全施設で生じ得る環境条件を考慮する。

発電用原子炉施設のうち安全施設は、以下のとおり条件を設定し、自然現象によって発電用原子炉施設の安全機能を損なわない設計とする。

(9) 火山の影響

外部事象防護対象施設は、降下火砕物による直接的影響及び間接的影響が発生した場合においても、安全機能を損なわないよう以下の設計とする。

a. 直接的影響に対する設計

外部事象防護対象施設は、直接的影響に対して、以下により安全機能を損なわない設計とする。

- ・ 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の機械的影響（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摩耗及び換気系、電気系及び計装制御系の機械的影響（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の化学的影響（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換気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
- ・ 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バグフィルタの取替え若しくは清掃又は換気空調設備の停止若しくは閉回路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

また、上記以外の安全施設については、降下火砕物に対して機能を維持すること若しくは降下火砕物による損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。

b. 間接的影響に対する設計

降下火砕物による間接的影響として考慮する、広範囲にわたる送電網の損傷による7日間の外部電源喪失及び発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象が生じた場合については、降下火砕物に対して非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）の安全機能を維持することで、発電用原子炉施設の停止及び停止後の発電用原子炉施設の冷却並びに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（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）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。

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 火山事象（降下火砕物）から防護する施設
 - 3.4 降下火砕物による影響の選定
 - 3.4.1 降下火砕物の特徴
 - 3.4.2 直接的影響
 - 3.4.3 間接的影響
 - 3.5 設計荷重の設定
 - 3.6 降下火砕物の直接的影響に対する設計方針
 - 3.6.1 降下火砕物による荷重に対する設計方針
 - 3.6.2 降下火砕物による荷重以外に対する設計方針
 - 3.6.3 外気取入口からの降下火砕物の侵入に対する設計方針
 - 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
 - 3.7.2 手順
 - 3.8 降下火砕物の間接的影響に対する設計方針
4. まとめ

資料

- － 1 降下火砕物の特徴について
- － 2 評価すべき影響の要因と評価手法
- － 3 直接的影響の評価結果
- － 4 建屋構築物に係る影響評価
- － 5 残留熱除去系海水ポンプ及び非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレー系ディーゼル発電機を含む。）用海水ポンプ（モータ含む）に係る影響評価
- － 6 残留熱除去系海水ストレーナ及び非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレー系ディーゼル発電機を含む。）用海水ストレーナ（下流設備含む）に係る影響評価
- － 7 海水取水設備に係る影響評価
- － 8 計装制御設備（安全保護系）に係る影響評価
- － 9 換気空調設備に係る影響評価
- － 10 非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレー系ディーゼル発電機を含む。）に係る影響評価
- － 11 排気筒（非常用ガス処理系排気配管含む）に係る影響評価
- － 12 間接的影響の評価結果

参考資料

- － 1 発電用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 降下火砕物堆積荷重評価への材料強度×1.1の適用について
- － 3 降下火砕物の残留熱除去系海水ポンプ及び非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレー系ディーゼル発電機を含む。）用海水ポンプ基礎部堆積による影響評価について

- － 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 給水処理設備に係る影響評価について
- － 8 降下火砕物のその他の設備への影響評価について
- － 9 降下火砕物の除去に要する時間及び灰置場について
- － 1 0 降水による降下火砕物の固結の影響について
- － 1 1 火山影響評価ガイドとの整合性について
- － 1 2 原子炉建屋の健全性評価について
- － 1 3 タービン建屋の健全性評価について
- － 1 4 外部事象に対する津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備
の防護方針について
- － 1 5 降下火砕物の偏りによる影響評価について
- － 1 6 除灰時の人員荷重の考え方について
- － 1 7 気中降下火砕物対策に係る検討について

1. 基本方針

1.1 概要

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

火山の影響により発電用原子炉施設の安全性を損なうことのない設計であることを評価するため、火山影響評価を行い、発電用原子炉施設へ影響を与えないことを評価する。

1.2 火山影響評価の流れ

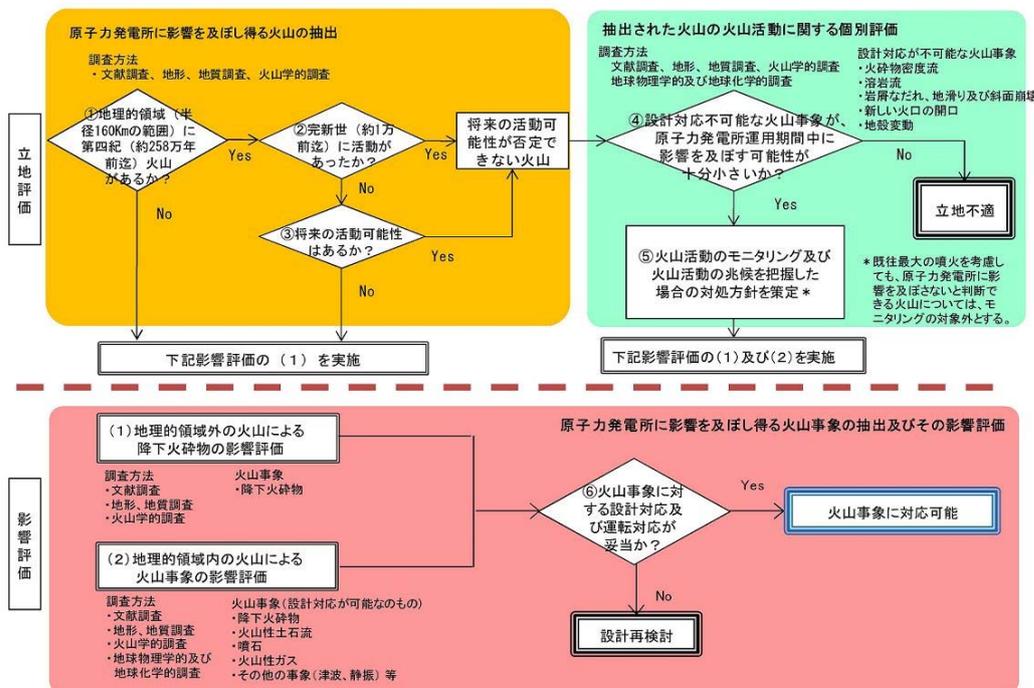
火山影響評価は、「原子力発電所の火山影響評価ガイド」を参照し、第 1.2-1 図のフローに従い立地評価と影響評価の 2 段階で行う。

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。

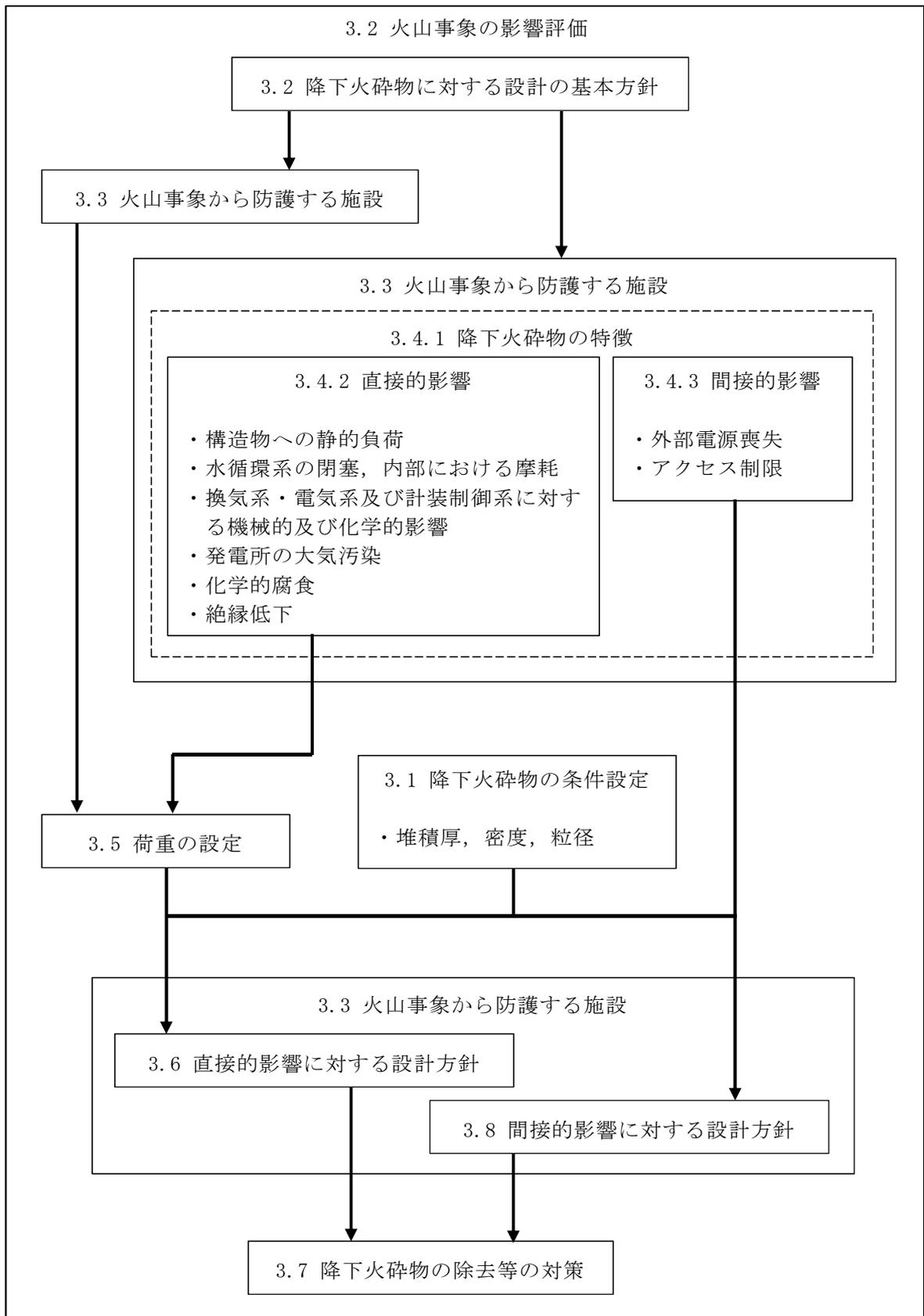
設計対応不可能な火山事象が影響を及ぼす可能性が十分小さいと評価された場合は、原子力発電所に影響を与える可能性のある火山事象の抽出とその影響評価を行う。

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)

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。



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、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として、降下火砕物の分布状況、シミュレーション及び分布状況から総合的に判断し、保守的に堆積厚さ 50cm と設定する。また、粒径及び密度については、文献調査及び地質調査の結果を踏まえ粒径 8mm 以下、密度 0.3 g/cm^3 (乾燥状態) $\sim 1.5 \text{ g/cm}^3$ (湿潤状態) と設定した。第 3.1-1 表に設計条件を示す。

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	50cm	鉛直荷重に対する健全性評価に使用
密度	0.3 g/cm^3 (乾燥状態) $\sim 1.5 \text{ g/cm}^3$ (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、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、「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（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 火山事象（降下火砕物）から防護する施設

「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。」とされていることから、降下火砕物の影響から防護する施設は、発電用原子炉施設の安全性を確保するため、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」で規定されている安全重要度分類クラス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。

また、以下の点を踏まえ、外部事象防護対象施設は、発電用原子炉を停止するため又は停止状態にある場合は引き続きその状態を維持するために必要な異常の発生防止の機能又は異常の影響緩和の機能を有する構築物、系統及び機器として安全重要度分類のクラス1、クラス2及び安全評価上その機能に期待するクラス3に属する構築物、系統及び機器とする。また、外部事象防護対象施設及び外部事象防護対象施設を内包する建屋を併せて外部事象防護対象施設等という。

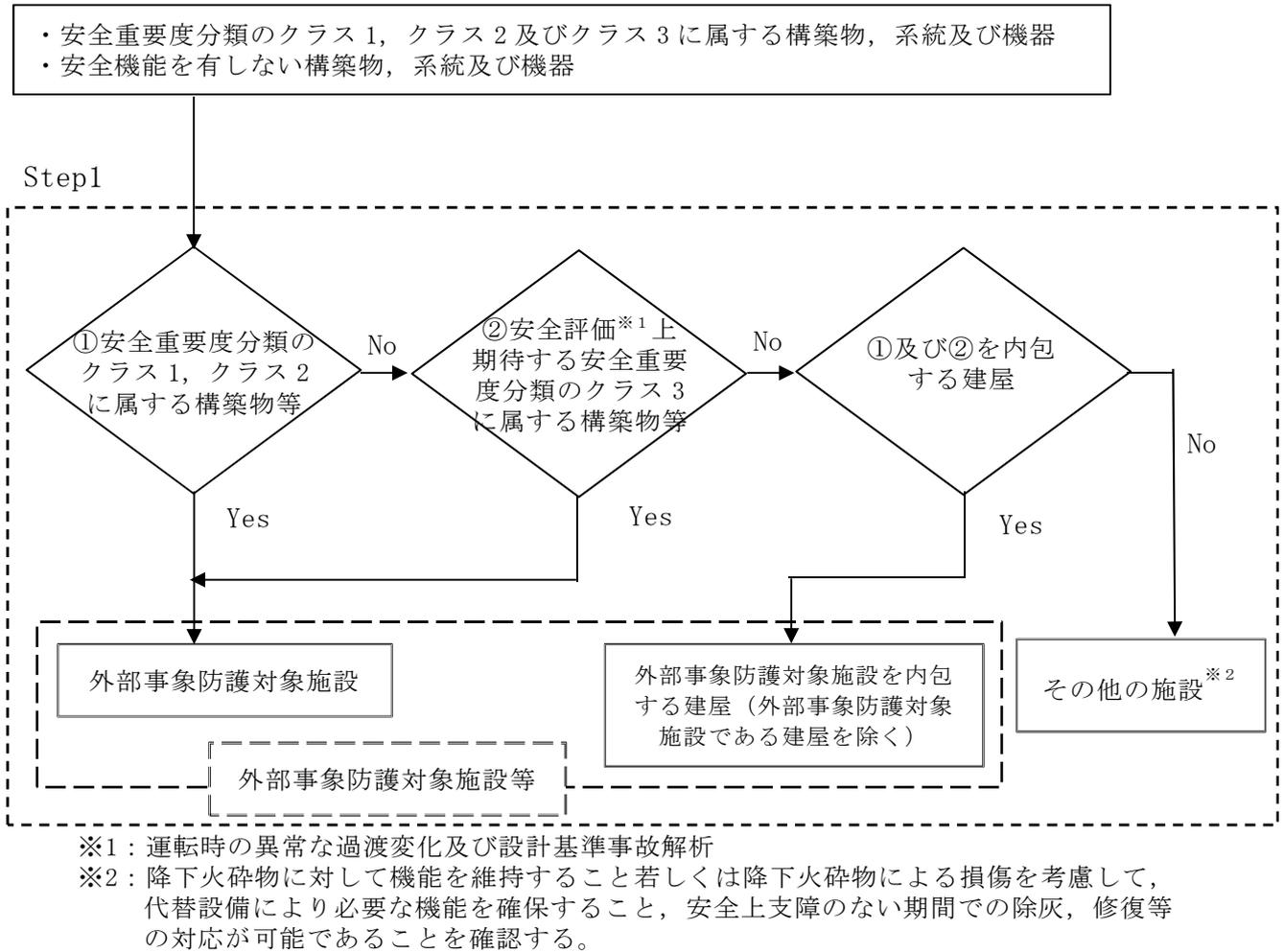
- ・ 降下火砕物襲来時の状況を踏まえ、必要に応じプラント停止の措置をとること
- ・ プラント停止後は、その状態を維持することが重要であること

その上で、外部事象防護対象施設等のうち、屋内設備は内包する建屋により防護する設計とし、評価対象施設を、建屋、屋外に設置されている施設、降下火砕物を含む海水の流路となる施設、降下火砕物を含む空気の流路となる施設、外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設に分類し抽出する。また、評価対象施設及び外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設を評価対象施設等という。

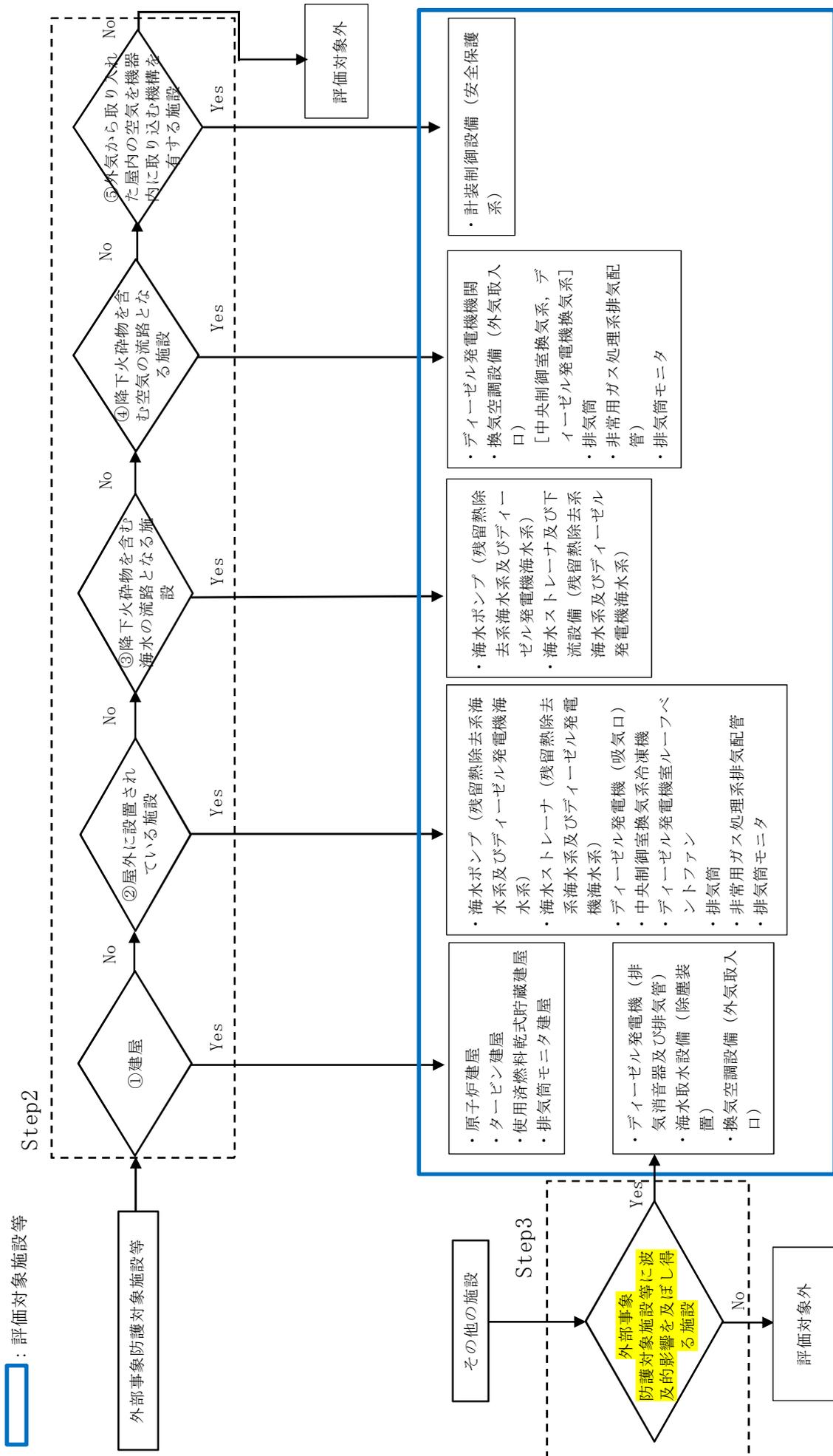
上記以外の安全施設については、降下火砕物に対して機能を維持すること若しくは降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での除灰、修復等の対応又はそれらを適切に組み合わせることで、その安全機能を損なわない設計とする。

以上を踏まえた評価フローを第3.3-1図に示す。評価フローに基づき抽出した評価対象施設等を第3.3-1表、第3.3-2表に示すとともに、評価対象施設等の設置場所を第3.3-2図に示す。

また、発電用原子炉の高温停止、冷温停止に必要な機能を達成するために必要となる施設を参考資料－1に示す。



第 3.3-1 図 外部事象防護対象施設等の抽出フロー



第 3.3-2 図 評価対象施設等の抽出フロー

第 3.3-1 表 評価対象施設等の抽出結果

	設備区分	評価対象施設等
外部事象防護対象施設等	建屋	<ul style="list-style-type: none"> ・ 原子炉建屋 ・ タービン建屋 ・ 使用済燃料乾式貯蔵建屋 ・ 排気筒モニタ建屋
	屋外に設置されている施設	<ul style="list-style-type: none"> ・ 残留熱除去系海水ポンプ ・ 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を含む。）用海水ポンプ ・ 残留熱除去系海水ストレーナ ・ 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を含む。）用海水ストレーナ ・ 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を含む。）吸気フィルタ ・ 中央制御室換気系冷凍機 ・ 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を含む。）室ルーフベントファン ・ 排気筒 ・ 非常用ガス処理系排気配管 ・ 排気筒モニタ
	降下火砕物を含む海水の流路となる施設	<ul style="list-style-type: none"> ・ 残留熱除去系海水ポンプ ・ 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を含む。）用海水ポンプ ・ 残留熱除去系海水ストレーナ及び下流設備 ・ 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を含む。）用海水ストレーナ及び下流設備
	降下火砕物を含む空気の流路となる施設	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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を含む。）機関 ・ 換気空調設備（外気取入口） [中央制御室換気系、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を含む。）室換気系] ・ 排気筒 ・ 非常用ガス処理系排気配管 ・ 排気筒モニタ
	外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設	<ul style="list-style-type: none"> ・ 計装制御設備（安全保護系）
外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設		<ul style="list-style-type: none"> ・ 非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）排気消音器及び排気管 ・ 海水取水設備（除塵装置） ・ 換気空調設備（外気取入口）

第 3.3-2 表 評価対象施設等の抽出について (1 / 5)

○ : Yes × : No - : 該当せず

分類	安全機能の重要度分類		Step1		Step2				Step3	評価対象施設等	
	定義	機能	外部事象防護対象施設等	降下火砕物に対して機能維持する、又は降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応可能	① 建屋 ^{※3}	② 屋外施設	③ 海水流路施設	④ 空気流路施設	⑤ 外気取入空気を機器内に取り込む機構を有する施設		
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	○	-**	×	×	×	×	×	-	
		2) 過剰反応度の印加防止機能	○	-**	×	×	×	×	×	-	
		3) 炉心形状の維持機能	○	-**	×	×	×	×	×	×	-
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防止を防止し、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	○	-**	×	×	×	×	×	-	
		2) 未臨界維持機能	○	-**	×	×	×	×	×	-	
		3) 原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能	○	-**	×	×	×	×	×	×	-
		4) 原子炉停止後の除熱機能	○	-**	×	×	×	×	×	×	-

※1: 間接関連系は、当該系の機能に直接必要ない構築物、系統及び機器であるため、記載は省略した。(評価対象施設等に関するものを記載)

※2: 外部事象防護対象施設等として抽出しているため、本項目には該当しない。(Step2へ進む)

※3: 原子炉建屋については、当該建屋が MS-1 の機能を有する評価対象施設であることから記載を省略した。

第 3.3-2 表 評価対象施設等の抽出について (2 / 5)

○ : Yes × : No - : 該当せず

分類	安全機能の重要度分類		Step1		Step2				Step3	評価対象施設等		
	定義	機能	外部事象防護対象施設等	降下火砕物に対して機能維持する、又は降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応可能	①建屋 ^{※3}	②屋外施設	③海水流路施設	④空気流路施設	⑤外気取入空気機器内に取り込む機構を有する施設		降下火砕物の影響を受ける施設であって、そのの停止等により、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施設	
MS-1	5) 炉心冷却機能		非常用炉心冷却系 (低圧炉心スプレイス系, 低圧注水系, 高圧炉心スプレイス系, 自動減圧系)	- ^{※2}	×	×	×	×	×	-	-	
			原子炉格納容器	- ^{※2}	○	×	×	×	×	×	-	-
			原子炉格納容器隔離弁	- ^{※2}	○	×	×	×	×	×	×	-
			原子炉格納容器スプレイス冷却系	- ^{※2}	○	×	×	×	×	×	×	-
			原子炉建屋	- ^{※2}	○	○	×	×	×	×	×	-
	6) 放射性物質の閉じ込め機能 放射線透過の防止 及び放出低減機能		原子炉建屋 (MS-3 (間接関連系))	○ (補修の実施により対応)	-	-	-	-	-	-	○	○
			非常用ガス処理系	○	×	○ (排気配管)	×	×	×	×	×	×
			非常用再循環ガス処理系	○	×	×	×	×	×	×	×	×
			可燃性ガス濃度制御系	○	×	×	×	×	×	×	×	×
			遮蔽設備 (原子炉遮蔽壁, 一次遮蔽壁)	○	×	×	×	×	×	×	×	×
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		遮蔽設備 (二次遮蔽壁)	○	○	×	×	×	×	×	×	-	
		安全保護系	○	×	×	×	×	×	×	○	-	
		非常用所内電源系 (MS-1 関連のもの)	○	×	○ (吸気フィルタ)	×	×	×	○ (機関)	×	-	
		非常用所内電源系 (MS-3 (間接関連系))	○	○	○	×	×	×	×	×	○	
			○	○	○	×	×	×	×	×	○	
MS-1	2) 安全上必須なその他の構築物, 系統及び機器		非常用所内電源系 (MS-1 関連のもの)	○	×	○ (吸気フィルタ)	×	×	×	-	○	
			非常用所内電源系 (MS-3 (間接関連系))	○	○	○	×	×	×	×	○	

※1: 間接関連系は、当該系の機能に直接必要ない構築物、系統及び機器であるため、記載は省略した。(評価対象施設等に関するものを記載)

※2: 外部事象防護対象施設等として抽出しているため、本項目には該当しない。(Step2へ進む)

※3: 原子炉建屋については、当該建屋が MS-1 の機能を有する評価対象施設であることから記載を省略した。

第 3.3-2 表 評価対象施設等の抽出について (3/5)

○ : Yes × : No - : 該当せず

分類	安全機能の重要度分類		Step1		Step2				Step3	評価対象施設等	
	定義	機能	外部事象防護対象施設等	降下火砕物に対して機能維持する、又は降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応可能	① 建屋 ^{※3}	② 屋外施設	③ 海水流路施設	④ 空流路施設	⑤ 外気取入空気機器内に取り込む機器を有する施設		降下火砕物の影響を受ける施設であり、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施設
MS-1	2) 安全上必須なその他の構築物、系統及び機器 (続き)	制御室及びその遮蔽・非常用換気空調系 (MS-1 関連のもの)	○	- ^{※2}	○	×	×	○ (外気取入空気機器)	×	-	・中央制御室換気系冷凍機 ・非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心プレイ系ディーゼル発電機を含む。) ・冷却水ポンプ ・換気空調設備 (外気取入口) [中央制御室換気系、非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心プレイ系ディーゼル発電機を含む。)] ・冷却水ポンプ ・残留熱除去系海水ポンプ
PS-2	1) その損傷又は故障により発生する事象により、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のないが、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	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。	○	○ (補修の実施により対応)	○	×	×	○	×	○	・海水取水設備 (除塵装置)
		主蒸気系 (格納容器隔離弁の外側のみ)	○	- ^{※2}	○	-	-	-	-	×	・タービン建屋
		原子炉冷却材浄化系 (格納容器隔離弁の外側のみ)	○	- ^{※2}	○	×	×	×	×	×	-
PS-2	放射性廃棄物処理施設 (放射能インペントリの大きいもの) (活性炭式布ガスホルドアップ装置)	使用済燃料プール (使用済燃料貯蔵ラックを含む。)	○	- ^{※2}	×	×	×	×	×	×	-
		使用済燃料乾式貯蔵容器	○	- ^{※2}	○	×	×	×	×	×	・使用済燃料乾式貯蔵建屋
		燃料取扱設備	○	- ^{※2}	×	×	×	×	×	×	-

※1: 間接関連系は、当該系の機能に直接必要ない構築物、系統及び機器であるため、記載は省略した。(評価対象施設等に関するものを記載)
 ※2: 外部事象防護対象施設等として抽出しているため、本項目には該当しない。(Step2へ進む)
 ※3: 原子炉建屋については、当該建屋がMS-1の機能を有する評価対象施設であることから記載を省略した。

第 3.3-2 表 評価対象施設等の抽出について (4 / 5)

○ : Yes × : No - : 該当せず

分類	安全機能の重要度分類		Step1		Step2				Step3		評価対象施設等
	定義	機能	外部事象防護対象施設等	降下火砕物に対して機能維持する、又は降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応可能	①建屋※3	②屋外施設	③海水流路施設	④空気流路施設	⑤外気取入空気を機器内に取り込む機構を有する施設	降下火砕物の影響を受ける施設であり、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施設	
PS-2	2) 通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に動作を要求されるもの、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に連する部分) 1) 燃料プールの補給機能 2) 放射性物質放出の防止機能	○	-※2	×	×	×	×	×	-	-
MS-2	1) P-S-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) 事故時のプラント状態把握機能 2) 異常状態の感知機能 3) 制御室外からの安全防止機能	○	-※2	×	○(排気配管)	×	○(排気配管)	×	-	・非常用ガス処理系 排気配管
PS-3	1) 異常状態の起因事象となるもの、P-S-1及びP-S-2以外の構築物、系統及び機器	1) 原子炉冷却材保持機能 (P-S-1, P-S-2以外のもの) 2) 原子炉冷却材の循環機能 3) 放射性物質の貯蔵機能 4) 電源供給機能 (非常用を除く。)	×	○(屋内設備のため影響なし) ○(屋内設備のため影響なし)	-	-	-	-	-	×	-

※1: 間接関連系は、当該系の機能に直接必要ない構築物、系統及び機器であるため、記載は省略した。(評価対象施設等に関するものを記載)
 ※2: 外部事象防護対象施設等として抽出しているため、本項目には該当しない。(Step2へ進む)
 ※3: 原子炉建屋については、当該建屋がMS-1の機能を有する評価対象施設であることから記載を省略した。

第 3.3-2 表 評価対象施設等の抽出について (5 / 5)

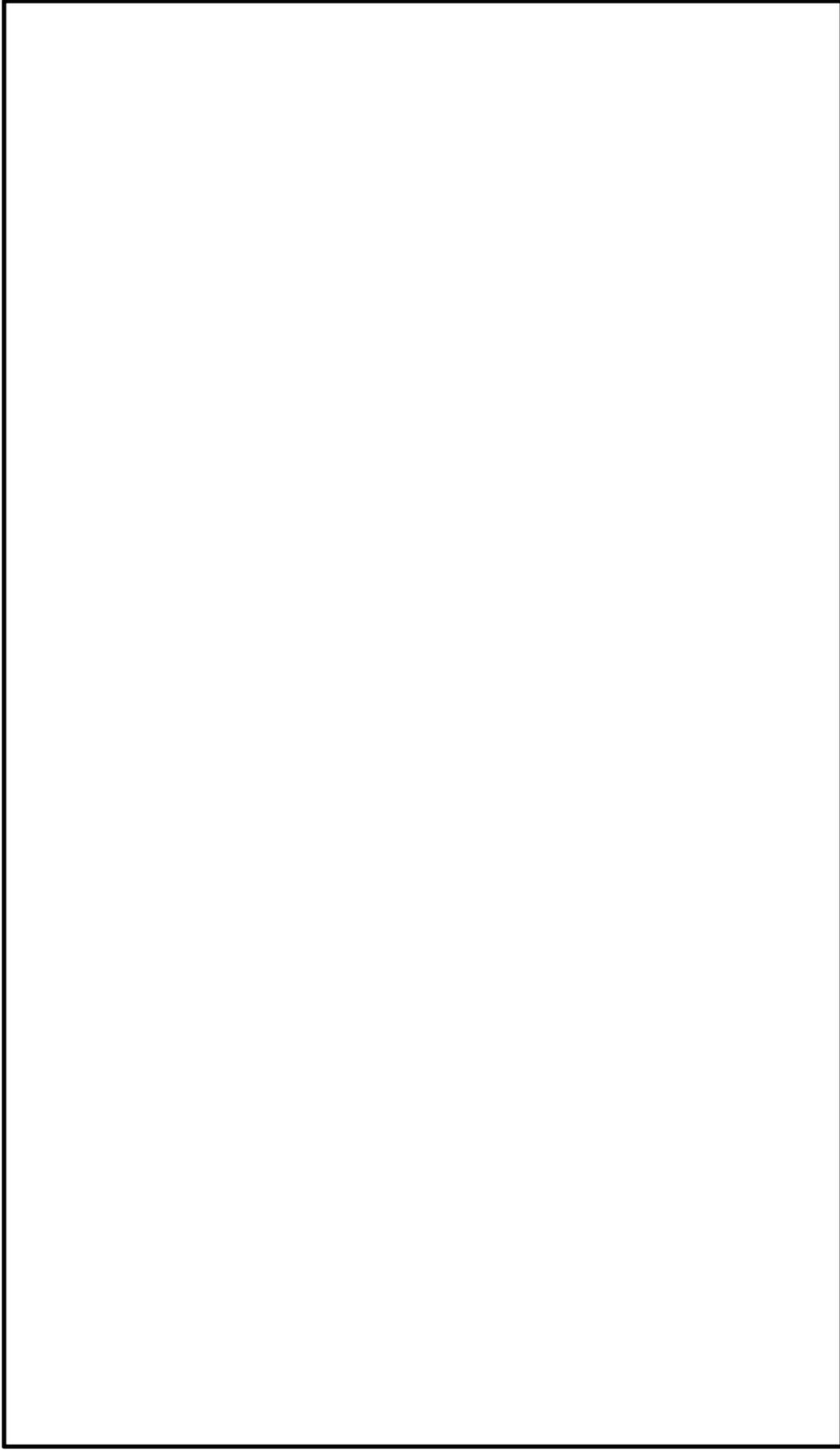
○ : Yes × : No - : 該当せず

分類	安全機能の重要度分類		Step1		Step2				Step3			
	定義	機能	外部事象防護対象施設等	降下火砕物に対して機能維持する、又は降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応可能	①建屋※1	②屋外施設	③海水流路施設	④空気流路施設	⑤外気取入空間を機器内に取り込む機能を有する施設	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施設	評価対象施設等	
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(統括)き) 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	原子炉制御系(制御棒値ミニマイザを含む。)	×	○ (屋内設備のため影響なし)	-	-	-	-	-	×	-	
		原子炉炉核計装、原子炉プロセス計装	×	○ (屋内設備のため影響なし)	-	-	-	-	-	-	×	-
		所内ボイラ	×	○ (補修の実施により対応)	-	-	-	-	-	-	×	-
MS-3	1) 運転時の異常な過渡変化があっても、MS-1、MS-2とあいまって、事象を緩和する構築物、系統及び機器 2) 原子炉冷却材の緩和功能 3) 原子炉冷却材の補給機能	燃料被覆管	×	○ (補修の実施により対応)	-	-	-	-	-	-	-	
		原子炉冷却材浄化系、復水浄化系	×	○ (屋内設備のため影響なし)	-	-	-	-	-	-	×	-
		逃がし安全弁(逃がし弁機能)タービンバイパス弁	×	○ (屋内設備のため影響なし)	-	-	-	-	-	-	-	-
MS-3	1) 緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能 2) 異常状態への対応上必要な構築物、系統及び機器	原子炉冷却材再循環系(再循環ポンプトリップ機能)	×	○ (屋内設備のため影響なし)	-	-	-	-	-	-	-	
		制御棒引抜監視装置	×	○ (屋内設備のため影響なし)	-	-	-	-	-	-	-	-
		制御棒駆動水圧系	×	○ (屋内設備のため影響なし)	-	-	-	-	-	-	-	-
MS-3	1) 緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能 2) 異常状態への対応上必要な構築物、系統及び機器	原子炉力源電所緊急時対策所	×	○ (降下火砕物荷重に対し影響なし)	-	-	-	-	-	-	-	
		燃料採取系	×	○ (屋内設備のため影響なし)	-	-	-	-	-	-	-	
		通信連絡設備	×	○ (屋内設備のため影響なし(屋外設備は除灰、補修により対応))	-	-	-	-	-	-	-	
MS-3	1) 緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能 2) 異常状態への対応上必要な構築物、系統及び機器	放射能監視設備(排気筒モニタ)	○	-※2	○ (建屋)	○ (モニタ)	○ (モニタ)	○ (モニタ)	×	○	・排気筒モニタ ・排気筒モニタ建屋	
		放射能監視設備(排気筒モニタ以外)	×	○ (除灰又は代替設備により機能維持可能)	-	-	-	-	-	-	×	-
		事故時監視計器の一部	×	○ (屋内設備のため影響なし(気象観測設備は代替設備により機能維持可能))	-	-	-	-	-	-	-	×
MS-3	1) 緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能 2) 異常状態への対応上必要な構築物、系統及び機器	消火系	×	○ (補修の実施により対応)	-	-	-	-	-	-	-	
		安全避難通路	×	○ (屋内設備のため影響なし)	-	-	-	-	-	-	-	-
		非常用照明	×	○ (屋内設備のため影響なし)	-	-	-	-	-	-	-	-

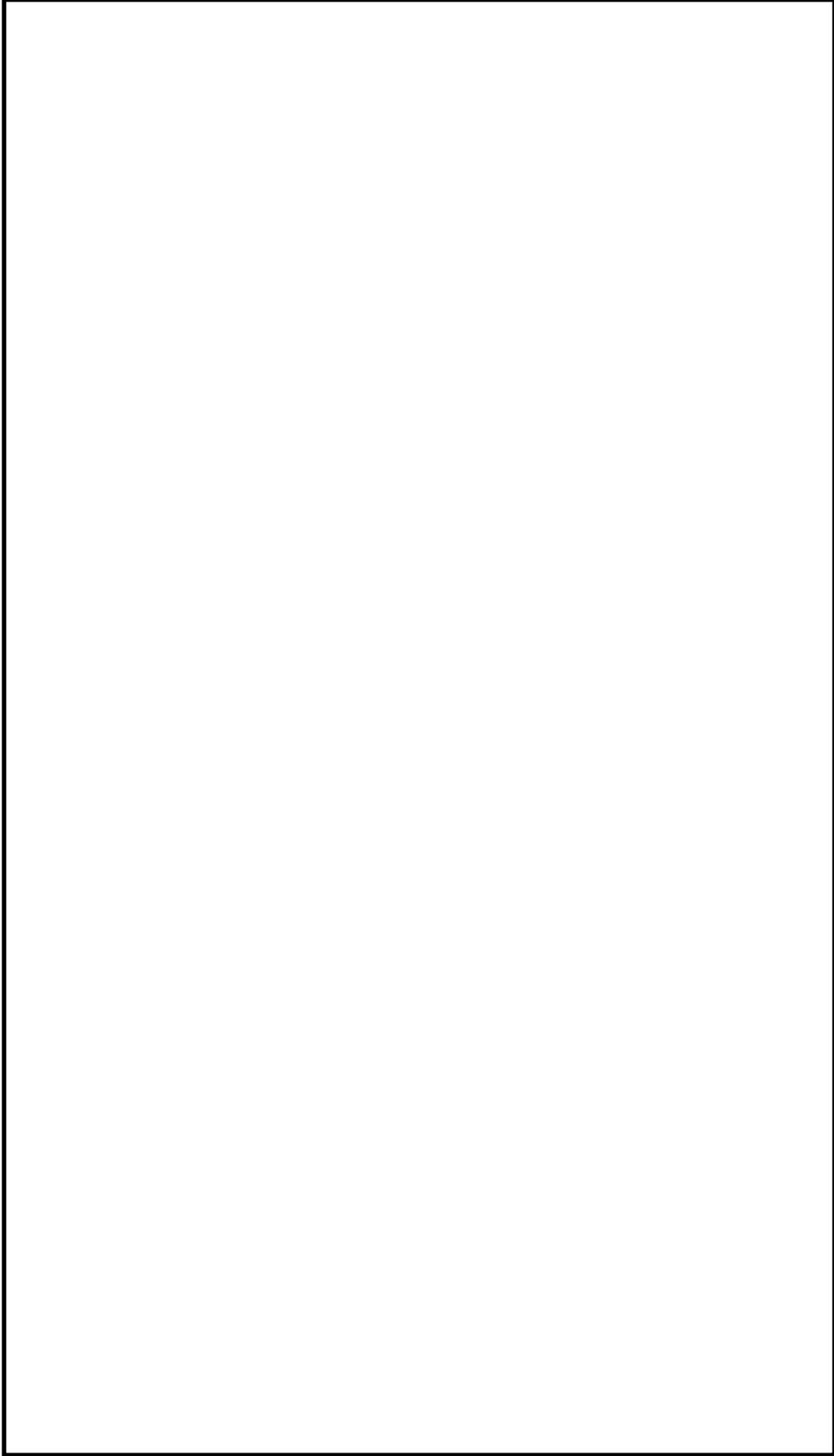
※1 : 間接関連系は、当該系の機能に直接必要ない構築物、系統及び機器であるため、記載は省略した。(評価対象施設等に関するものを記載)

※2 : 外部事象防護対象施設等として抽出しているため、本項目には該当しない。(Step2へ進む)

※3 : 原子炉建屋については、当該建屋がMS-1の機能を有する評価対象施設であることから記載を省略した。



第 3.3-2 図 評価対象施設等 (1 / 2)



第3.3-2 図 評価対象施設等 (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等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。

- (1) 火山ガラス片，鉱物結晶片から成る。ただし，ガラス片は砂よりもろく硬度は低く，主要な鉱物結晶辺の硬度は砂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。

（資料－1）

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，評価対象施設等の構造や設置状況等を考慮して直接的な影響因子を以下のとおり選定する。

(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降灰時に衝撃を与える「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」及び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」及び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）」及び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及び屋外設備の点検等の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。（参考資料－ 7）

(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。

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，開閉所等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」及び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。

3.5 設計荷重の設定

設計荷重は，以下のとおり設定する。

(1) 評価対象施設等に常時作用する荷重，運転時荷重

評価対象施設等に作用する荷重として，自重等の常時作用する荷重，内圧等の運転時荷重であり，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

評価対象施設等は，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，評価対象施設等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残留熱除去系海水ポンプ及び非常用ディー

ゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）用海水ポンプが考えられるが，設計基準事故時において残留熱除去系海水ポンプ及び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を含む。）用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。

(参考資料－４)

3.6 降下火砕物の直接的影響に対する設計方針

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

(資料－２)

3.6.1 降下火砕物による荷重に対する設計方針

(1) 構造物への静的負荷

評価対象施設等のうち，降下火砕物が堆積する建屋及び屋外施設は，以下である。

a. 建屋

原子炉建屋，タービン建屋，使用済燃料乾式貯蔵建屋

b. 屋外に設置されている施設

残留熱除去系海水ポンプ，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を含む。）用海水ポンプ，残留熱除去系海水ストレ

ーナ，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を含む。）用海水ストレーナ，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を含む。）吸気フィルタ，中央制御室換気系冷凍機，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を含む。）室ルーフベントファン

c. 降下火砕物の影響を受ける施設であって，その停止等により，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

非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系含む。）排気消音器及び排気管

当該施設の許容荷重が，降下火砕物による荷重に対して安全裕度を有することにより，構造健全性を失わず安全機能を損なわない設計とする。若しくは，降下火砕物が堆積しにくい，又は直接堆積しない構造とすることで，外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

設計対象施設の建屋においては，建築基準法における一般地域の積雪の荷重の考え方に準拠し，降下火砕物の除去を適切に行うことから，降下火砕物の荷重を短期に生じる荷重として扱う。また，降下火砕物による荷重と他の荷重を組み合わせた状態に対する許容限界は次の通りとする。

- ・原子炉建屋

原子炉建屋に要求されている気密性及び遮蔽性並びに構造強度を担保する屋根スラブは，建築基準法の短期許容応力度を許容限界とする。また，屋根スラブと共に建屋の構造強度を担保する主トラスは，終局耐力に対して妥当な安全余裕を有する許容限界とする。

- ・タービン建屋，使用済燃料乾式貯蔵建屋

屋根スラブの落下によってないほうする安全重要度分類のクラス2

に属する構築物，系統及び機器が損傷することを防止するため，屋根スラブは部材の終局耐力を許容限界とする。また，複数部材で構成されている主トラスの崩壊によって内包する安全重要度分類のクラス2に属する構築物，系統及び機器が損傷することを防止するため，主トラスは構造物全体として崩壊機構が形成されないことを許容限界とする。

また，建屋を除く評価対象施設等においては，許容応力を「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4601-1987（日本電気協会）」に準拠する。

（資料－4～6，9，10）

(2) 粒子の衝突

評価対象施設等のうち，建屋及び屋外設備は，粒子の衝突に対して，「1.7.2 竜巻防護に関する基本方針」に基づく設計によって，外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

3.6.2 降下火砕物による荷重以外に対する設計方針

降下火砕物による荷重以外の影響は，構造物への化学的影響（腐食），水循環系の閉塞，内部における摩耗及び化学的影響（腐食），電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞）及び化学的影響（腐食）等により外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

外気取入口からの降下火砕物の侵入に対する設計については，「3.6.3 外気取入口からの降下火砕物の侵入に対する設計」に示す。

(1) 構造物への化学的影響（腐食）

評価対象施設等のうち，降下火砕物による構造物への化学的影響（腐食）を考慮すべき施設は，降下火砕物の直接的な付着による影響が考えら

れる以下の施設である。

a. 建屋

原子炉建屋，タービン建屋，使用済燃料乾式貯蔵建屋

b. 屋外に設置されている施設

残留熱除去系海水ポンプ，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を含む。）用海水ポンプ，残留熱除去系海水ストレ
ーナ，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
を含む。）用海水ストレーナ，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を含む。）吸気フィルタ，中央制御室換気系冷凍
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を
含む。）室ルーフベントファン，排気筒，非常用ガス処理系排気配管

c. 降下火砕物の影響を受ける施設であって，その停止等により，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

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を含
む。）排気消音器及び排気管

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
全機能を損なわない設計とする。なお，降灰後の長期的な腐食の影響につ
いては，日常保守管理等により，状況に応じて補修が可能な設計とする。

（資料－4～6，9～11 参考資料－5，6）

(2) 水循環系の閉塞，内部における摩耗及び化学的影響（腐食）

評価対象施設等のうち，水循環系の閉塞，内部における摩耗及び化学的
影響（腐食）を考慮すべき施設は，降下火砕物を含む海水の流路となる以

下の施設である。

a. 降下火砕物を含む海水の流路となる施設

残留熱除去系海水ポンプ，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を含む。）用海水ポンプ，残留熱除去系海水スト
レーナ及び下流設備，非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系デ
ィーゼル発電機を含む。）用海水ストレーナ及び下流設備

b. 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

海水取水設備（除塵装置）

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
ことにより，海水の流路となる施設が閉塞しない設計とする。

内部における摩耗については，降下火砕物は砂よりも硬度が低くもろ
いことから摩耗による影響は小さい。また当該施設については，定期的な
内部点検及び日常保守管理により，状況に応じて補修が可能であり，摩耗
により外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

化学的影響（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，腐食により外部事象防護対象施設の安全機能を損なわ
ない設計とする。なお，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。

（資料－5～7，参考資料－5，6，10）

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

評価対象施設等のうち、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞）及び化学的影響（腐食）を考慮すべき施設は、電気系及び計装制御系のうち屋外に設置されている以下の施設である。

a. 屋外に設置されている施設

残留熱除去系海水ポンプモータ、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を含む。）用海水ポンプモータ

機械的影響（閉塞）については、残留熱除去系海水ポンプモータ、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を含む。）用海水ポンプモータ本体は外気と遮断された全閉構造、空気冷却器の冷却管内径及び冷却流路は降下火砕物粒径以上の幅を設ける構造とすることにより、機械的影響（閉塞）により外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

化学的影響（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、腐食により外部事象防護対象施設の安全機能を損なうことのない設計とする。なお、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。

（資料－5，参考資料－5，6）

(4) 絶縁低下及び化学的影響（腐食）

評価対象施設等のうち、絶縁低下及び化学的影響（腐食）を考慮すべき施設は、電気系及び計装制御系のうち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以下の施設である。

a. 外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設

計装制御設備（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していることから、仮に室内に侵入した場合でも降下火砕物は微量であり、粒径は極めて細かな粒子である。

また、本換気空調設備については、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も可能である。

これらフィルタの設置により降下火砕物の侵入に対する高い防護性能を有すること、また外気取入ダンパの閉止による侵入防止が可能な設計とすることにより、降下火砕物の付着に伴う絶縁低下及び化学的影響（腐食）による影響を防止し、外部事象防護対象施設である計装制御設備（安全保護系）の安全機能を損なわない設計とする。

（資料－ 8）

3.6.3 外気取入口からの降下火砕物の侵入に対する設計方針

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

(1) 機械的影響（閉塞）

評価対象施設等のうち、外気取入口からの降下火砕物の侵入による機械的影響（閉塞）を考慮すべき施設は、降下火砕物を含む空気の流路となる以下の施設である。

a. 降下火砕物を含む空気の流路となる施設

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を含む。）機関、非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディー

ゼル発電機を含む。) 吸気フィルタ, 換気空調設備 (外気取入口), 排気筒, 非常用ガス処理系排気配管

各施設の構造上の対応として, ディーゼル発電機吸気フィルタの外気取入口は開口部を下向きの構造とすることにより, 降下火砕物が流路に侵入しにくい設計とする。

排気筒は, 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。非常用ガス処理系排気配管は, 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, 外気を取り入れる換気空調設備 (外気取入口) 及びディーゼル発電機吸気フィルタ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, 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。

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。

(資料-9~11)

(2) 機械的影響 (摩耗)

評価対象施設等のうち, 外気取入口からの降下火砕物の侵入による機械的影響 (摩耗) を考慮すべき施設は, 外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構及び摺動部を有する以下の施設である。

- a. 外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構及び摺動部を有する施設

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を含む。）機関

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。

構造上の対応として、ディーゼル発電機吸気フィルタの開口部を下向きとすることによりディーゼル発電機機関に降下火砕物が侵入しにくい構造とする。

また、仮にディーゼル発電機機関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、摩耗により外部事象防護対象施設であるディーゼル発電機の安全機能を損なわない設計とする。

外気を取り入れるディーゼル発電機吸気フィルタ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にくい設計とし、摩耗により外部事象防護対象施設であるディーゼル発電機の安全機能を損なわない設計とする。

（資料－１０）

(3) 化学的影響（腐食）

評価対象施設等のうち、外気取入口からの降下火砕物の侵入による化学的影響（腐食）を考慮すべき施設は、降下火砕物を含む空気の流路となる以下の施設である。

a. 降下火砕物を含む空気の流路となる施設

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を含む。）機関、換気空調設備（外気取入口）、排気筒、非常用ガス処理系排気配管

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が，塗装の実施等によって，腐食により外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。なお，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。

(資料－ 9 ～ 1 1， 参考資料－ 5， 6)

(4) 大気汚染（発電所周辺の大気汚染）

評価対象施設等のうち，大気汚染を考慮すべき中央制御室は，降下火砕物により汚染された発電所周辺の大気が，中央制御室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バグフィルタを設置することにより，降下火砕物が外気取入口に到達した場合であってもフィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とする。

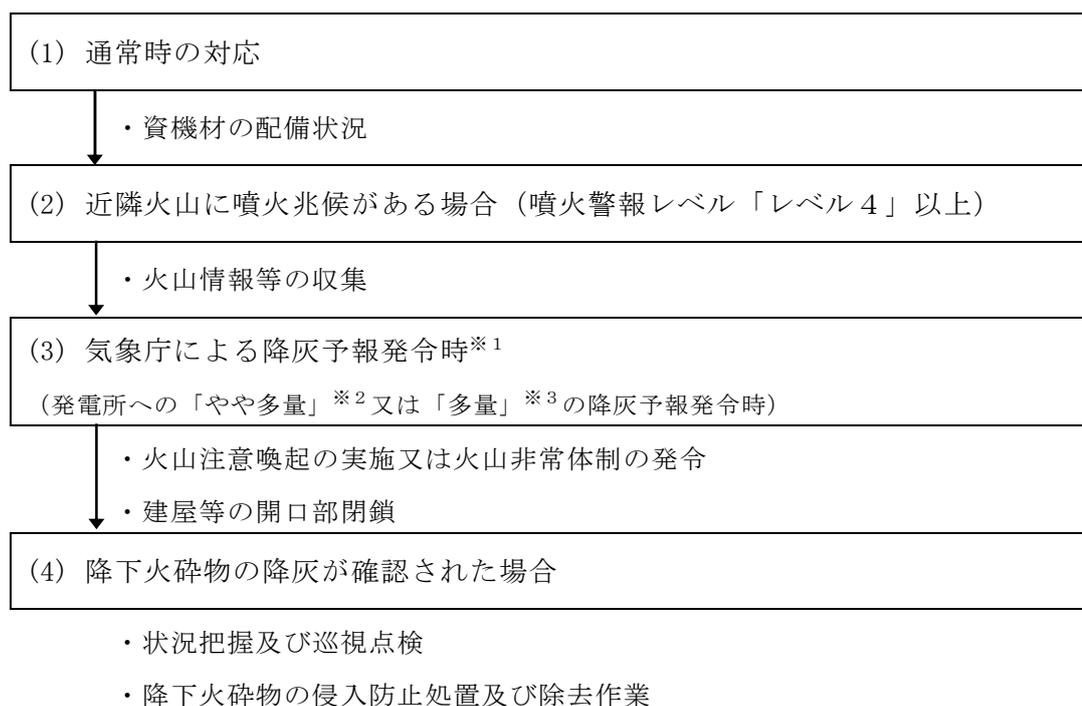
また，中央制御室空調装置については，外気取入ダンパの閉止及び閉回路循環運転を可能とすることにより，中央制御室内への降下火砕物の侵入を防止する。さらに外気取入遮断時において，酸素濃度及び二酸化炭素濃度の影響評価を実施し，室内の居住性を確保する設計とする。

(資料－ 9)

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。



※1 降灰予報の情報に係らず、発電所に影響を及ぼす降灰が認められた場合は、状況に応じた対応を行う。

※2 降灰時の厚さ 0.1mm 以上 1.0mm 未満

※3 降灰時の厚さ 1.0mm 以上

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

(1) 通常時の対応

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

(2) 近隣火山の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。

(3) 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，取水路前面にオイルフェンスを設置することで，取水路への降下火砕物の流入量を低減する，とともに屋外機器・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。

(4) 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。

- (1) 発電所内に降灰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に係る手順を定める。
- (2) 降灰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) 降灰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，状況に応じて清掃や取替を実施する。
- (4) 降灰が確認された場合には，取水路前面にオイルフェンスを設置するこ

とで、取水路への降下火砕物の流入量を低減する手順を定める。

3.8 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、発電用原子炉の停止並びに停止後の発電用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（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）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（400kL／基）により継続できる設計とすることにより、安全機能を損なわない設計とする。

4. まとめ

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

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。

評価すべき影響の要因と評価手法

降下火砕物による直接的影響の要因については、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摩耗、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が、発電所で想定される降下火砕物の条件を考慮し、第1表に示す項目について評価を実施する。

(1) 直接的影響の要因の選定と評価手法

① 構造物への静的負荷

評価対象とした建屋構築物、屋外機器について、降下火砕物の静的な堆積を想定し、許容堆積荷重または許容応力値以下であることを確認する。荷重条件として、湿潤状態における降下火砕物に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荷重を重畳させ、弾性範囲内とする。なお、構造物の形状により降下火砕物が堆積し難い場合は、降下火砕物の影響はないと判断する。

② 粒子の衝突

想定する降下火砕物は微細な粒子である。粒子の衝突による影響については、「竜巻に対する防護」で評価している設計飛来物(0.04m×0.04m×0.04m)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。したがって、詳細検討は不要とする。

③ 水循環系の閉塞

評価対象とした機器について、降下火砕物が内部流体中に混入する可能性を検討し、可能性のある機器に対し、狹隘部の寸法を明らかにし、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。

④ 水循環系の内部における摩耗

評価対象とした機器について、降下火砕物が内部流体中に混入する可能性を検討し、可能性のある機器に対し、狹隘部の寸法を明らかにし、接液面との材質等との関係から摩耗の可能性を評価する。

⑤ 換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響

評価対象とした機器について、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その影響程度について検討する。換気系のフィルタについては、清掃、取替え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先への影響についても検討する。

⑥ 換気系、電気系及び計装制御系に対する化学的影響

評価対象とした機器について、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内外面の材質、塗装の有無等によって評価する。

⑦ 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、居住性を

阻害することがないか検討する。

⑧ 化学的腐食

評価対象とした建屋・構築物，屋外機器について，降下火砕物が接触し，又は降下火砕物から溶出した成分によって腐食等が発生しないことを機器表面の材質，塗装の有無等によって評価する。

⑨ 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。したがって，詳細検討は不要とする。

⑩ 絶縁低下

電気系及び計装制御系の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は，影響がないことを評価する。

評価すべき直接的影響の要因については，その内容によりすべての評価対象施設等に対して評価する必要がない項目もあることから，各評価対象施設等と評価すべき直接的要因について，第2表のとおり整理し，評価対象施設の特性を踏まえて必要な評価項目を選定した。

なお，津波防護施設は「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」で規定されているクラス1，クラス2及びクラス3に該当はしないが，外部事象に対する防護方針について参考資料－14に示す。

また，評価対象施設等のうち排気筒モニタについては，放射性気体廃棄物処

理施設の破損の検出手段として期待している。外部事象を起因として放射性気体廃棄物処理施設の破損が発生することはないが、独立事象としての重畳の可能性を考慮し、排気筒モニタ建屋も含め安全上支障のない期間に補修等の対応を行うことで、安全機能を損なわない設計とする。

第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	建屋構築物，屋外機器において降下火砕物堆積荷重による影響を考慮する。なお，降雨，降雪などにより水を含んだ場合の負荷が大きくなるため，水を含んだ場合（湿潤状態）における負荷を考慮する。	○
②	粒子の衝突	想定する降下火砕物の粒径は8mmと微細である。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（0.04m×0.04m×0.04m）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。	－
③	水循環系の閉塞	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。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。	○
④	水循環系の内部における摩耗	海水系において影響を考慮すべき要因であり，降下火砕物による設備内部における摩耗の影響を考慮する。また，必要に応じて，海水を供給している下流設備への影響についても考慮する。	○
⑤	換気系，電気系及び計装制御系に対する機械的影響	屋外設備において影響を考慮すべき要因である。なお，必要に応じて，換気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	○
⑥	換気系，電気系及び計装制御系に対する化学的影響	屋外設備等において影響を考慮すべき要因である。なお，必要に応じて，換気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。	○
⑦	発電所周辺の大気汚染	運転員が常時滞在する中央制御室において影響を考慮すべき要因である。	○
⑧	化学的腐食	<ul style="list-style-type: none"> ・ 建屋構築物，屋外機器において降下火砕物の付着により懸念される腐食についての影響を評価する。 ・ 海水系において考慮すべき要因であり，降下火砕物が海水中に溶出した場合に懸念される腐食についての影響を評価する。また，必要に応じて，海水を供給している下流の設備への影響についても考慮する。 	○
⑨	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うる可能性はない。（参考資料－7）	－
⑩	絶縁低下	電気及び計装制御系の盤のうち屋内にある空気を取り込む機構を有するものについての影響を考慮する。	○

第2表 評価対象施設等と降下火砕物による直接的影響の要因対比 (1 / 2)

評価対象施設等	直接的影響の要因							
	①構造物への静的負荷	③水循環系の閉塞	④水循環系の内部における摩擦	⑤換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響	⑥換気系、電気系及び計装制御系に対する化学的影響	⑦発電所周辺の大気汚染	⑧化学的影響	⑩絶縁低下
<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋 タービン建屋 使用済燃料乾式貯蔵建屋 	○	— ※2	— ※2	— ※3	— ※3	— ※4	○	— ※5
<ul style="list-style-type: none"> 残留熱除去系海水ポンプ 非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイスライシブイーゼル発電機を含む。) 用海水ポンプ 	○	○ (ポンプ)	○ (ポンプ)	○ (モータ)	○ (モータ)	— ※4	○ (ポンプ、モータ)	— ※5
<ul style="list-style-type: none"> 残留熱除去系海水ストレーナー 非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイスライシブイーゼル発電機を含む。) 用海水ストレーナー 	○	○ (下流設備含む)	○ (下流設備含む)	— ※3	— ※3	— ※4	○ (下流設備含む)	— ※5
<ul style="list-style-type: none"> 海水取水設備 	— ※1	○	○	— ※3	— ※3	— ※4	○	— ※5
<ul style="list-style-type: none"> 計装制御設備 (安全保護系) 	— ※6	— ※2	— ※2	— ※3	— ※3	— ※4	○	○

○：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：水循環系の機能と直接関連がない

※3：屋外に面した換気系、電気系及び計装制御系の機能と直接関連がない

※4：中央制御室の居住性と直接関連がない

※5：絶縁低下と直接関連がない

※6：屋内設置設備であり、静的負荷の影響を直接受けけない

第2表 評価対象施設等と降下火砕物による直接的影響の要因対比 (2 / 2)

評価対象施設等		直接的影響の要因							
		①構造物への静的負荷	③水循環系の閉塞	④水循環系の内部における摩耗	⑤換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響	⑥換気系、電気系及び計装制御系に対する化学的影響	⑦発電所周辺の大気汚染	⑧化学的影響	⑩絶縁低下
・換気空調設備 ・非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイスターゼル発電機を含む。)	屋内設備	－ ※6	－ ※2	－ ※2	○	○	○	－ (⑥で評価)	－ ※5
	屋外設備	○	－ ※2	－ ※2	○	○	－ (⑧で評価)	○	－ ※5
	屋内設備	－ ※6	○ (海水ポンプ下流側設備として評価)	○ (海水ストレーナ下流側設備として評価)	○	－ (⑧で評価)	－ ※4	○	－ ※5
	屋外設備	○	－ ※2	－ ※2	○	－ (⑧で評価)	－ ※4	○	－ ※5
・排気筒 ・非常用ガス処理系排気配管		－ ※1	－ ※2	－ ※2	○	○	－ ※3	○	－ ※5

○：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：水循環系の機能と直接関連がない

※3：屋外に面した換気系、電気系及び計装制御系の機能と直接関連がない

※4：中央制御室の居住性と直接関連がない

※5：絶縁低下と直接関連がない

※6：屋内設置設備であり、静的負荷の影響を直接受けない

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，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，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，設置許可においては，MS-1（放射性物質の閉じ込め機能，放射線の遮蔽及び放出低減機能）及びMS-2（放射性物質放出の防止機能）の機能を有する原子炉建屋原子炉棟と建屋自身がクラス1，2施設に該当しない建屋のうち，構造的にもスパンが長く評価結果が厳しくなるタービン建屋を代表として評価概要及び評価結果を示す。

また，工事計画認可においては，原子炉建屋，タービン建屋及び使用済燃料乾式貯蔵建屋について屋根スラブ，主トラス及び二次部材の構造的な性能を確認し，各建屋に求められる機能設計上の性能目標を確保していることを計算書に示す。

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：50cm
- b. 密度：1.5g/cm³（湿潤状態）

$$0.5(\text{m}) \times 1,500(\text{kg}/\text{m}^3) \times 9.80665(\text{m}/\text{s}^2) = 7,355(\text{N}/\text{m}^2)$$

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/m²（建築基準法より）

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

③ 固定荷重

- a. 原子炉建屋原子炉棟：5,364N/m²
- b. タービン建屋：4,669N/m²

④ 積載荷重

「建築構造設計規準の資料（国土交通省 平成27年版）」における「屋上（通常人が使用しない場合）」の床版計算用積載荷重における980N/m²を包絡するように、除灰時の人員荷重として1,000N/m²とする。

(3) 評価結果

① 構造物への静的負荷

a. 評価対象部位の選定

以下の理由から各建屋の屋根スラブと主トラスを評価対象部位として選定する。

- (a) 主要な部位のうち、梁間方向に配されている主トラスと、屋根スラブが主体構造として、降下火砕物の鉛直方向に対して抵抗している。

- (b) 原子炉建屋原子炉棟の屋根スラブは MS-1（放射性物質の閉じ込め機

能，放射線の遮蔽及び放出低減機能）及びMS-2（放射性物質放出の防止機能）の安全機能を担保しているため

b. 許容限界の設定

(a) 原子炉建屋原子炉棟

要求機能	機能設計上の性能目標	部位	機能維持のための考え方	許容限界
—	構造強度を有すること	屋根スラブ	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	終局耐力に対し適切な安全裕度を有する許容限界 ^{※1}
		主トラス		終局耐力に対し適切な安全裕度を有する許容限界 ^{※2}
気密性	換気性能とあいまって気密機能を維持すること	屋根スラブ	部材に生じる応力が気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	短期許容応力度 ^{※3}
遮蔽性	遮蔽生体の損傷により遮蔽機能を損なわないこと	屋根スラブ	部材に生じる応力が遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	短期許容応力度 ^{※3}

※1 構造強度に対しては、「終局耐力に対し適切な安全裕度を有する許容限界」が許容限界となるが、気密性、遮蔽性において「短期許容応力度」を許容限界としていることから、「短期許容応力度」で評価

※2 弾性限耐力として「S規準」の短期許容応力度の評価式に平成12年建設省告示第2464号に基づきF値×1.1を適用

※3 「RC規準」の短期許容応力度で評価

(b) タービン建屋

要求機能	機能設計上の性能目標	部位	機能維持のための考え方	許容限界
—	構造強度を有すること	屋根スラブ	落下しないことを確認 ^{※1}	終局耐力 ^{※3}
		主トラス	崩壊機構が形成されないことを確認	崩壊機構が形成されないこと

※1 屋根スラブの落下により、内包するクラス2設備を損傷させる可能性があることから、機

能維持のために落下しないことを確認

※2 機能に対しては終局耐力が許容限界となるが、「RC 規準」の短期許容応力度で評価

c. 評価方法

(a) 屋根スラブ

「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（日本建築学会）」（以下 RC 規準という。）に基づき、評価対象部位に生じる曲げモーメント及び面外せん断応力度が、許容限界を超えないことを確認する。

(b) 主トラス

「鋼構造設計規準—許容応力度設計法（日本建学会）」（S 規準という。）に基づき、評価対象部位に生じる軸力及び曲げモーメントが、許容限界を超えないことを確認する。

d. 評価結果

降下火砕物の堆積荷重に対して、各建屋の許容限界を超えることはない。評価結果を第 1 表～第 7 表に示す。なお、一部の部材について座屈耐力で評価したタービン建屋については、工事計画認可において荷重増分解析を実施し、改めて屋根部が崩壊しないことを確認する。

第 1 表 原子炉建屋原子炉棟 屋根スラブ（曲げモーメント）評価結果
（検定：短期許容応力度）

部位	設計配筋量 (mm ²)		発生曲げモーメント (kN・m)		必要鉄筋量 (mm ²)		検定比	
	端部	中央	端部	中央	端部	中央	端部	中央
EL 64.08 (S1-1)	705.6	705.6	5.17	2.59	323.1	161.6	0.46	0.23
EL 64.08 (S1-2)	705.6	705.6	3.52	1.98	220.2	123.9	0.32	0.18

第 2 表 原子炉建屋原子炉棟 屋根スラブ（せん断力）評価結果
（検定：短期許容応力度）

部位	発生せん断力 (KN)	せん断応力度 (N/mm ²)	検定比
EL 64.08 (S1-1)	13.67	0.295	0.28
EL 64.08 (S1-2)	9.21	0.199	0.19

第 3 表 原子炉建屋原子炉棟 主トラス評価結果（検定：弾性限耐力）

部材	発生応力	応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	検定値
上弦材 (H-400×400×13×21)	(圧縮)	112.7	257.3	0.60
	(曲げ)	40.3	255.4	
下弦材 (H-400×400×13×21)	(圧縮)	157.6	258.5	0.79
	(曲げ)	44.9	195.9	
斜材 (2Ls-150×150×15)	(引張)	207.8	258.5	0.81
束材 (2Ls-150×150×15)	(圧縮)	152.0	158.2	0.97

第 4 表 タービン建屋 屋根スラブ（曲げモーメント）評価結果
（検定：短期許容応力度）

部位	設計配筋量 (mm ²)		発生曲げモーメント (kN・m)		必要鉄筋量 (mm ²)		検定比	
	端部	中央	端部	中央	端部	中央	端部	中央
EL 40.65	635.0	635.0	7.36	4.14	460.0	258.7	0.73	0.41

第 5 表 タービン建屋 屋根スラブ（せん断力）評価結果
（検定：短期許容応力度）

部位	発生せん断力 (KN)	せん断応力度 (N/mm ²)	検定比
EL 40.65	17.69	0.381	0.36

第6表 タービン建屋 主トラス評価結果（検定：弾性限耐力）

部材	発生応力	応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	検定値
上弦材 (H-428×407×20×35)	(圧縮)	179.9	250.0	0.96
	(曲げ)	59.9	258.0	
下弦材 (H-428×407×20×35)	(圧縮)	55.2	152.0	1.04 ^{※1}
	(曲げ)	162.1	241.0	
斜材 (2Ls-200×200×20)	(引張)	201.7	258.0	0.70
束材 (2Ls-200×200×15)	(圧縮)	184.7	184.7	0.88

※1 検定値を超過した下弦材は、終局耐力に対して評価を行う。

第7表 タービン建屋 主トラス評価結果（検定：終局耐力）

部材	発生応力	応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	検定値
下弦材 (H-428×407×20×35)	(圧縮)	55.2	152.0	0.94
	(曲げ)	162.1	241.0	

評価の詳細は、参考資料－1 2 「原子炉建屋の健全性評価について」及び参考資料－1 3 「タービン建屋の健全性評価について」を参照。

② 構造物への化学的影響（腐食）

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外壁塗装及び屋上防水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。

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

(4) 個別評価から除外した直接的影響の要因

個別評価から除外した直接的影響の要因及び理由を第 8 表に示す。

第 8 表 個別評価から除外した直接的影響の要因及び理由

直接的影響の要因	理由
水循環系の閉塞	水循環系の機能と直接関連がない
水循環系の内部における摩擦	水循環系の機能と直接関連がない
換気系，電気系及び計装制御系に対する機械的影響	屋外に面した換気系，電気系及び計装制御系の機能と直接関連がない
換気系，電気系及び計装制御系に対する化学的影響	屋外に面した換気系，電気系及び計装制御系の機能と直接関連がない
発電所の大気汚染	中央制御室の居住性と直接関連がない
絶縁低下	絶縁低下と直接関連がない

気中降下火砕物対策に係る検討について

平成２９年１１月２９日の第５２回原子力規制委員会に諮られた、火山影響等発生時の体制整備等に係る措置に関する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。）の一部改正案については、**保安規定認可**までに対応を図る。

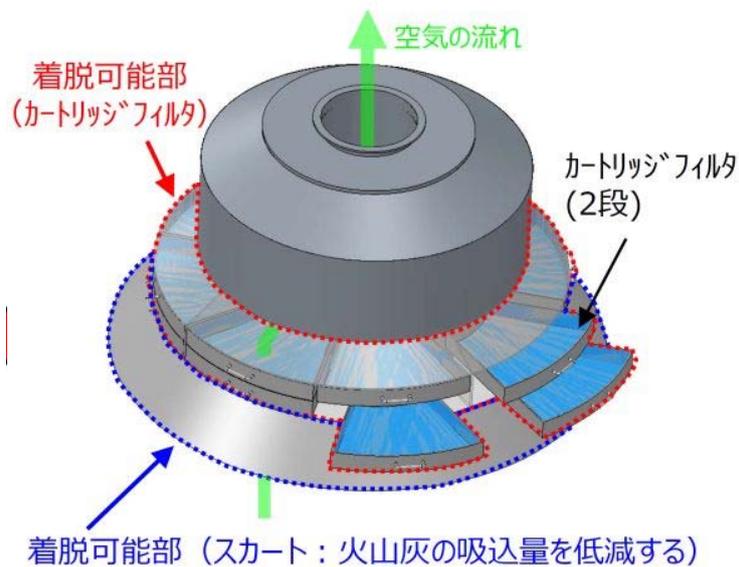
現在の対応状況を以下に示す。

第１表 実用炉規則の一部改正案に関する対応状況

条項	規則（案）	対応状況	
第 84 条の 2 第 5 項	一	火山影響等発生時における発電用原子炉施設の保全のための活動を行うために必要な次に掲げる事項を定め、これを要員に守らせること	－
	イ	火山影響等発生時における非常用交流動力電源設備の機能を維持するための対策に関すること	気中降下火砕物濃度の環境下において、非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）が機能維持できるように、各ディーゼル発電機の吸気フィルタに運転継続しながら取替可能となる着脱式の改良型フィルタを設置する 方針 。
	ロ	イ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	除灰等の運用によって、必要な代替電源設備の機能維持を図る 方針 。
	ハ	ロ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	電源を必要としない注水手段を確保する 方針 。 （原子炉隔離時冷却系ポンプを活用する案を検討）

「実用炉規則第 84 条の 2 第 5 項イ」の対応としての着脱式改良型フィルタについては、第 1 図のような構造が考えられる。

今後、気中降下火砕物濃度の環境下において、非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）の機能を維持するために最適な構造を検討し、保安規定認可までに対応を行う。



第 1 図 着脱式改良型フィルタ例（スカート型構造）

（降下火砕物の影響評価に関する検討チーム 第 3 回会合資料より）