

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密または
防護上の機密に属しますので公開できません。

資料3-1-2

甲
A
第
232
号
証

伊方発電所3号炉
降下火砕物（火山灰）の評価条件見直しについて
補足説明資料

平成27年4月9日

四国電力株式会社

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 気象等
 - 1.3 追加要求事項に対する適合性（手順等含む）
 - (1) 位置，構造及び設備
 - (2) 安全設計方針
 - (3) 適合性説明
 - 1.4 設備等

2. 外部からの衝撃による損傷の防止（火山）
(別添資料1) 火山に対する防護

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

1. 基本方針

1.1 要求事項の整理

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

表1 設置許可基準規則第6条及び技術基準規則第7条 要求事項

設置許可基準規則 第6条 (外部からの衝撃による損傷の防止)	技術基準規則 第7条 (外部からの衝撃による損傷の防止)	備考
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。	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適切な措置を講じなければならない。	追加要求事項
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。		追加要求事項
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>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>	追加要求事項

1.2 気象等

8. 火山

8.1 検討の基本方針

敷地周辺の火山の活動履歴、噴出物の分布等に関する文献調査、地形調査、地質調査、地球物理学的調査等の結果に基づき、まず立地評価として原子力発電所の運用期間中に設計対応不可能な火山事象が及ぶ可能性の評価を行い、次に影響評価として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について検討を行う。

原子力発電所が設計対応不可能な火山事象は、火砕物密度流、溶岩流、岩屑なだれ（地滑り及び斜面崩壊を含む）、新しい火口の開口、地殻変動の5事象である。また、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は、これら5事象に降下火砕物、火山土石流（火山泥流及び洪水を含む）、火山から発生する飛来物（噴石）、火山ガス、津波（静振を含む）、大気現象、火山性地震（これに関連する事象を含む）、熱水系（地下水の異常を含む）を加えた13事象である。

なお、火山事象の検討にあたっては、地理的領域である敷地から半径160km内の第四紀火山（258万年前から現在までの期間に活動が認められる火山）について検討を行った。また、降下火砕物については、広域テフラの到達範囲も考慮し、地理的領域外の火山も含めてその影響を検討した。

【別添資料1（1：P.6条(火山)-別添1-1～3）】

8.2 調査・検討内容

8.2.1 既往文献調査

地理的領域内の火山に関して、工業技術院地質調査所（以下「地質調査所」という。）あるいは産業技術総合研究所地質調査総合センター（以下「地質調査総合センター」という。）による文献として、20万分の1地質図幅「山口及び見島」（松浦ほか、2007）、「中津」（石塚ほか、2009）、「大分」（対馬・小野、1958）、「延岡」（寺岡ほか、1981）、「小串」（尾崎ほか、2006）、「福岡」（久保ほか、1993）、「熊本」（星住ほか、2004）、「八代及び野母崎の一部」（斎藤ほか、2010）、50万分の1地質図幅「福岡（第3版）」（広川ほか、1976）、「鹿児島（第2版）」（今井ほか、1980）、「100万分の1日本地質図第3版」（地質調査総合センター、2003）、「200万分の1地質編集図「日本の火山（第3版）」」（中野ほか編、2014）、「日本の火山」（地質調査総合センター、2013）、「第四紀火山岩体・貫入岩体データベース」（西来ほか編、2012）などがある。

また、その他の機関による主な文献としては、「日本の第四紀火山カタログ」（第四紀火山カタログ委員会編、1999）、「日本活火山総覧（第4版）」（気象庁編、2013）

「海域火山データベース」(海上保安庁海洋情報部, 2015), 「新編 火山灰アトラス」(町田・新井, 2011), 「日本第四紀地図」(日本第四紀学会編, 1987) などがある。

これらの文献により, 主に地理的領域内における第四紀火山, 火山噴出物の種類, 分布, 地形, 規模, 活動間隔等を把握した。

8.2.2 地形調査・地質調査

火山の活動履歴や降下火砕物の分布等を把握するために, 地形調査, 地質調査等を実施した。

地形調査は, 主に国土地理院で撮影された縮尺2万分の1, 必要に応じて4万分の1の空中写真及び同院発行の2万5千分の1の地形図を使用して地形判読を実施し, 火山地形を把握した。

地質調査は, 四国に分布する第四紀層の地表踏査, ボーリング調査等を実施し, 採取したテフラの分析等によって降下火砕物の給源, 厚さ, 年代等を把握した。

8.2.3 地球物理学的調査

火山の活動性等を把握するために, 地震波速度構造, 地震活動, 地殻変動, 地温勾配及び地殻熱流量等に関する調査・検討を実施し, マグマ溜まりの規模や位置に関連する地下構造等について分析した。

【別添資料1 (2.1 : P.6条(火山)-別添1-4)】

8.3 調査・検討結果

8.3.1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

地理的領域内における第四紀火山及び第四紀火山岩類の分布を第8.3.1図に示す。敷地は, 四国北西部に細長く延びる佐田岬半島の付け根付近の瀬戸内海側に位置する。山口県の内陸部から大分県の国東半島, 別府湾沿岸へと連なる火山フロントはフィリピン海プレートの沈み込みと対応して発生する深発地震面の深さ約120kmの等深度線と対応している(鎌田ほか, 1988)。敷地は火山フロントから南東に大きく離れており, 敷地を中心とする半径50km内に第四紀火山や第四紀火山岩類は分布しない。

「日本の火山(第3版)」(中野ほか編, 2013)に約260万年前から現在までに活動した第四紀火山が収録されており, 地理的領域内に42の第四紀火山が分布する(第8.3.1表)。これらのうち完新世に活動を行った火山は, 敷地との距離が近いものから, 鶴見岳(85km), 由布岳(89km), 九重山(108km), 阿蘇(130km), 阿武火山群(130km)であり, 「日本活火山総覧(第4版)」(気象庁編, 2013)において活火山と定義されている。これらの5火山は原子力発電所に影響を及ぼし得る火山であり, 発電所運用期

間中の活動の可能性を考慮する。また、完新世に活動を行っていない火山のうち、^{ひめしま}姫島 (65km)、^{たかひら}高平火山群 (89km) は活火山ではないものの、火山活動が終息する傾向が明確ではなく、将来の火山活動可能性が否定できないため、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出する。

一方、残りの35火山はいずれも活動年代が古く、最新活動からの経過期間が過去の最大休止期間より長い等より、将来の火山活動可能性は無いと評価する。

8.3.2 運用期間中の活動可能性及び噴火規模の評価

8.3.2.1 鶴見岳

鶴見岳は大分県の別府湾西岸に位置する標高1,375mの安山岩やデイサイトを主とする成層火山であり、約9万年前以前から活動を開始し、現在も噴気活動が認められる(地質調査総合センター, 2014)。南北5kmにわたり連なる溶岩ドームの最南端に位置する鶴見岳は厚い溶岩流の累積からなり、北端の^{がら}伽藍岳には強い噴気活動がある(気象庁編, 2013)。完新世で最大規模の噴火は10.6~7.3kaの鶴見岳山頂溶岩噴火で噴出量は0.15km³とされている(地質調査総合センター, 2014)。

鶴見岳では、29~7.3kaの間に溶岩の噴出を伴う噴火が繰り返し発生しており、7.3ka以降は溶岩の噴出を伴わない比較的小規模な噴火が主体であったと推定されている(藤沢ほか, 2002)。鶴見岳を起源とする幾つかの火山灰の体積はいずれも10⁶m³(0.001km³)のオーダー以下と推定されており(藤沢ほか, 2002)、鶴見岳山頂溶岩噴火は溶岩主体の噴火と推定される。また、鶴見岳を起源とする大規模火砕流は知られておらず(町田・新井, 2011; 星住ほか, 1988)、発電所に影響を及ぼす可能性はない。

完新世以前の噴火規模についての報告はなく、完新世で最大規模の噴火である鶴見岳山頂溶岩噴火は敷地に影響を及ぼす可能性のない溶岩主体の噴火である。

なお、高平火山群は鶴見岳の下位に位置する古い火山群であり、少なくとも約9万年前以降は鶴見岳が活動している。したがって、その活動は鶴見岳に包含されているものと評価する。

8.3.2.2 由布岳

由布岳は大分県の鶴見岳西方に位置する標高1,583mの安山岩やデイサイトを主とする成層火山であり、約9万年前より古い時代から活動を開始し、最新噴火は2,000~1,900年前とされている(地質調査総合センター, 2014)。由布岳は数個の溶岩ドーム及び山頂溶岩からなり、約2千年前に規模の大きな噴火活動(2ka噴火)が発生したが、その後有史から現在に至るまで噴火活動は起きていない(気象庁編, 2013)。

完新世以前の噴火規模についての報告はなく、完新世で最大規模の噴火は2ka噴火で噴出量は0.207km³とされている（地質調査総合センター，2014）。

由布岳の山麓には2ka噴火に伴う火砕流堆積物が分布するが（藤沢ほか，2001），由布岳を起源とする大規模火砕流は知られておらず（町田・新井，2011），発電所に影響を及ぼす可能性はない。また，2ka噴火に伴う由布岳1火山灰は厚さ数cmで別府湾に降下・堆積しており（梅田ほか，1996），その体積は0.05km³とされている（須藤ほか，2007）。

8.3.2.3 九重山

九重山は由布岳と阿蘇山の間の大分県西部に東西15kmにわたって分布する20以上の火山の集合であり，最高峰は中岳（標高1,791m）である（気象庁編，2013）。約20万年前以降に活動し，最新噴火は1996年である（地質調査総合センター，2014）。火山の多くは急峻な溶岩ドームで山体の周囲を主に火砕流からなる緩傾斜の裾野がとりまき，1995年の噴火を発生した星生山^{ほっしょうざん}には活発な硫気孔群がある（気象庁編，2013）。

九重山を起源とする比較的規模の大きな火砕流として，150～140kaに噴出したと推定される宮城火砕流^{みやぎ}，約110kaに噴出したと推定される下坂田火砕流^{しもさかた}，約80～70kaに噴出したと推定される飯田火砕流^{はんた}があり，より小規模な火砕流（ブロック・アンド・アッシュ・フロー）や小規模な水蒸気爆発も知られている（鎌田，2006）。3つの比較的規模の大きな火砕流のうち最も新しい飯田火砕流が最大規模とされ（熊原・長岡，2002），その堆積物は大分県から熊本県にかけての地域に分布し，最大層厚約200m，推定分布面積約150km²，推定体積は約5km³と見積もられている（鎌田，1997）。これらの火砕流堆積物の分布は九州内陸部に限られ（鎌田，1997），発電所に影響を及ぼす可能性はない。飯田火砕流堆積物は広域テフラの九重第一軽石と対応し（鎌田，1997；町田・新井，2011），火山灰の分布の長軸は四国南端方向で体積は2.03km³とされている（須藤ほか，2007）。宮縁ほか（2003）は飯田火砕流と阿蘇4との間に膨大な量の降下テフラが存在することからその噴出年代として50ka前後が適当としている。九重山は完新世にも頻繁にマグマを噴出しており，マグマを出した最後の活動として約1,700年前に黒岳の溶岩ドーム（1.6km³）が形成されているが（地質調査総合センター，2014），敷地から遠く影響ない。

8.3.2.4 阿蘇

阿蘇カルデラは熊本県東部で東西約17km，南北約25kmのカルデラである。阿蘇カルデラ周辺の火山としては，カルデラの中央部に阿蘇山が，東側に根子岳^{ねこだけ}が位置し，縁辺部に先阿蘇^{せんあそ}の火山岩類が分布する。阿蘇山は，高岳^{たかだけ}（標高1,592m），中岳^{なかだけ}（標高

1, 506m)等の東西方向に連なる成層火山からなる火山群であり、根子岳(標高1, 433m)は、開析の進んだ成層火山である。以下、阿蘇カルデラ、阿蘇山、根子岳、先阿蘇を一括して阿蘇と称する。

町田・新井(2011)等によると、阿蘇カルデラでは、約27万年前～約25万年前に阿蘇1噴火が、約14万年前に阿蘇2噴火が、約12万年前に阿蘇3噴火が、約9万年前～約8.5万年前に阿蘇4噴火が認められ、いずれも火砕流及び降下火砕物を噴出した噴火とされている。阿蘇1噴火の際に噴出した阿蘇1火砕流堆積物及び阿蘇2噴火の際に噴出した阿蘇2火砕流堆積物は、大分県西部並びに熊本県北部及び中部の広い範囲に、阿蘇3噴火の際に噴出した阿蘇3火砕流堆積物は、大分県西部及び中部並びに熊本県北部及び中部の広い範囲に、阿蘇4噴火の際に噴出した阿蘇4火砕流堆積物は、九州北部及び中部並びに山口県南部の広い範囲に分布する。また、阿蘇3噴火及び阿蘇4噴火の噴火規模は、破局的噴火とされており、阿蘇1噴火及び阿蘇2噴火についても、火砕流堆積物の分布範囲等から、その噴火規模は破局的噴火と考えられる。これらの阿蘇1～阿蘇4の4回の破局的噴火の中で阿蘇4が突出して大きく、600km³とされている(町田・新井, 2011)。

日本第四紀学会編(1987)及び町田・新井(2011)は阿蘇4火砕流堆積物の到達範囲を推定・図示しており、敷地の位置する佐田岬半島まで到達した可能性を示唆している。ただし、その分布は方向によって偏りがあり、佐田岬半島において阿蘇4火砕流堆積物を確認したとの報告はない。

佐田岬半島では段丘面の発達全般が悪いものの、狭小な海成段丘が沿岸部に点在する。地表踏査結果によると、佐田岬半島に点在するM面(中位段丘面)の段丘堆積物を覆う風成層は阿蘇4テフラを混在するものの阿蘇4火砕流堆積物は確認されず、中位段丘に阿蘇4火砕流堆積物が保存されている山口県とは状況が異なる。また、堆積条件のよい低地あるいは盆地であるため、阿蘇4火砕流堆積物が保存されやすいと考えられる佐田岬半島西端部の阿弥陀池^{あみだ}、佐田岬半島中央部の伊方町高茂^{こうも}、佐田岬半島付け根部の八幡浜市川之石港^{やわたはま かわのいし}におけるボーリング調査においても、更新統が薄く阿蘇4噴火時の堆積物を欠き、阿蘇4火砕流堆積物は確認されない。

敷地と阿蘇カルデラの距離は約130kmであり、その間には佐賀関半島^{さかのせき}や佐田岬半島などの地形的障害も認められるので、阿蘇4火砕流は敷地まで達していないものと考えられる。

阿蘇4噴火に関する活動について、阿蘇4噴火以前の活動としては、小野ほか(1997)によると、阿蘇3噴火及び阿蘇4噴火の間に、降下軽石又は降下火山灰を主体とする噴火が複数回発生した阿蘇4/3噴火期が認められる。阿蘇4噴火以降の活動としては、小野・渡辺(1985)及び宮縁ほか(2003)によると、約9万年前以降に阿蘇山が噴火活動を開始し、溶岩や火砕物を噴出する小規模噴火の繰り返しにより形成された

火山体とともに、降下軽石を主体とする噴火が複数回認められる。なお、三好ほか(2009)及び中野ほか編(2013)によると、約80万年前～約40万年前の間に先阿蘇の火山岩類の活動が認められ、約14万年前～約12万年前の間に根子岳の火山岩類の活動が認められる。

破局的噴火の活動間隔については、阿蘇1噴火と阿蘇2噴火との間隔は約11万年、阿蘇2噴火と阿蘇3噴火との間隔は約2万年、阿蘇3噴火と阿蘇4噴火との間隔は約3万年であり、活動間隔にばらつきはあるものの、最新の破局的噴火は約9万年前～約8.5万年前の阿蘇4噴火であることから、破局的噴火の最短の活動間隔は最新の破局的噴火からの経過時間に比べて短い。

また、Nagaoka(1988)を参考にすると、現在の阿蘇山の活動は、多様な噴火様式の小規模噴火を繰り返していることから、後カルデラ火山噴火ステージと判断される。

阿蘇カルデラの地下構造については、Sudo and Kong(2001)に示される地震波速度構造において、地下6kmに小規模なマグマ溜まりは認められるものの、大規模なマグマ溜まりは認められない。高倉ほか(2000)によると、阿蘇カルデラの地下10km以浅にマグマと予想される低比抵抗域は認められない。また、三好ほか(2005)によると、阿蘇4噴火以降の火山岩の分布とそれらの組成から、大規模な流紋岩質～デイサイト質マグマ溜まりは想定されないとされている。

また、国土地理院による電子基準点の解析結果によると、マグマ溜まりの顕著な増大を示唆する基線変化は認められない。

以上のことから、現在のマグマ溜まりは破局的噴火直前の状態ではなく、今後も、現在の噴火ステージが継続するものと判断され、運用期間中の噴火規模については、後カルデラ火山噴火ステージである阿蘇山での既往最大噴火規模を考慮する。なお、宮縁ほか(2003)によると、阿蘇山での既往最大噴火は阿蘇草千里ヶ浜^{くさせんりがはま}噴火であり、その噴出物量は約2km³とされている。また、阿蘇山起源の火砕流堆積物の分布は阿蘇カルデラ内に限られ(小野・渡辺, 1985)、発電所に影響を及ぼす可能性はない。

8.3.2.5 阿武火山群

阿武火山群は山口県の日本海側に位置する玄武岩や安山岩を主とする約40の火山体から構成される火山群である(地質調査総合センター, 2014)。約80万年前から約1万年前まで活動し、最新噴火は8,800年前であり、190万～150万年前には先阿武火山活動があったとされる(地質調査総合センター, 2014)。最新の噴火は萩市の^{かさやま}笠山(標高112m)で起こり、約11,000年前に玄武岩質安山岩の溶岩台地が形成され、約8,800年前に^{うしろうが}宇生賀溶岩が流出、3,000年前にストロンボリ式噴火でスコリア丘が形成された(気象庁編, 2013)。

約80万年前以降の後期阿武単成火山活動の噴出量は約2.9km³と見積もられており、過去の噴火規模(溶岩の体積)は0.001～0.75km³であるが(角縁ほか, 2000)、敷地

から遠く影響ない。阿武火山群は小規模な溶岩噴出を主体とし、阿武火山群を起源とする大規模火砕流や広域火山灰は知られておらず（町田・新井，2011），発電所に影響を及ぼす可能性はない。

8.3.2.7 姫島

姫島は、大分県北東部国東半島の北方約4km 沖の周防灘に位置する東西約7km、南北約3kmの細長い島であり、標高267mの^{やはすだけ}矢筈岳を最高峰とする火山群である（地質調査総合センター，2014）。姫島には噴出中心を異にする複数の単成火山が認められ、最も山体の大きい矢筈岳の体積は0.02km³であり、これに^{おおみ}大海、^{かね}金、^{いなづみ}稲積、^{しろやま}城山、^{だるまやま}達磨山、^{うきす}浮洲を加えた7つの小規模な火山がある（伊藤ほか，1997）。姫島の基盤は更新世前期～中期の堆積岩類であり、これを買いてデイサイトや流紋岩を主とする溶岩ドームあるいは火砕丘（タフリング及びタフコーン）が分布する（伊藤ほか，1997；地質調査総合センター，2014）。また、姫島を起源とする大規模火砕流は知られておらず（町田・新井，2011），発電所に影響を及ぼす可能性はない。

地質調査総合センター（2014）によると、姫島の活動時期は約30万～10万年前とされている。全活動期間の約20万年間に7回以上の活動があり、平均活動間隔は数万年程度であるのに対して、最新活動から約10万年が経過している。

現在、姫島に噴気活動はなく、地下深部に流体移動の関与を示唆する低周波地震も認められない（第8.3.2図）。

以上を踏まえれば、姫島が近い将来に噴火する可能性は極めて低く、発電所運用期間中に噴火する可能性はないものと評価する。

8.3.3 立地評価

火砕物密度流については、個々の火山における過去の火砕流堆積物の分布は九州あるいは山口県の内陸部に限定され、発電所に影響を及ぼす可能性はない。溶岩流及び岩屑なだれについては、いずれの火山も敷地から50km以遠に位置するので影響ない。新しい火口の開口及び地殻変動については、敷地は山口県から別府湾に至る火山フロントから十分な離隔があり、問題となるものではない。

以上より、設計対応不可能な火山事象の敷地への到達はなく、立地に問題ないと評価される。

【別添資料1（2.1～2.2：P.6条(火山)-別添1-4～5）】

8.3.4 影響評価

鶴見岳、由布岳、九重山、阿蘇、阿武火山群の5火山について発電所運用期間中

の活動可能性を考慮し、発電所の安全性に影響を与える可能性について検討した。なお、降下火砕物については、地理的領域外の火山も含めてその影響を検討した。

8.3.4.1 降下火砕物

「新編 火山灰アトラス」(町田・新井, 2011)によれば、降下火砕物は偏西風の影響で東方へ偏って分布することが多く、敷地へ到達したと考えられる主な降下火砕物は西方の九州に分布する第四紀火山を起源とする。敷地付近には、阿蘇カルデラを起源とする降下火砕物のほか、地理的領域外の加久藤カルデラ、始良カルデラ、阿多カルデラ及び鬼界カルデラを起源とする降下火砕物も降下したとされている(町田・新井, 2011)。敷地周辺(九州～四国)における第四紀火山起源の主な降下火砕物の分布を第8.3.3図に示す。敷地付近における主な降下火砕物として、約7,300年前のK-Ah火山灰、3～2.8万年前のAT火山灰、約9～8.5万年前の阿蘇4火山灰があり、降下厚さはそれぞれ20～30cm, 20～50cm, 15cm以上とされている(町田・新井, 2011)。

敷地南東に位置する宇和盆地中心部におけるボーリング調査結果によると、大分県の猪牟田カルデラが活動を終えた約85万年前(中野ほか編, 2013)以降に66枚の火山灰層を挟在しており(第8.3.4図)、本ボーリングコアを用いて花粉分析を行った守田ほか(2014)によってKkt火山灰以降の連続的な堆積環境が示されている。町田・新井(2011)等で四国西部に降下したとされるKkt火山灰(約33万年前)以降の主要な広域火山灰はすべて本ボーリングコア中に含まれており、地理的領域外の火山を含めた九州のカルデラ火山による広域火山灰の信頼性の高い地質データである。厚さ5cmを超える降下火山灰はいずれも九州のカルデラ火山を起源とする広域火山灰であり、発電所運用期間中に同規模の噴火の可能性は十分低く、これらの降下火砕物が敷地に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価される。

町田・新井(2011)によると、地理的領域内の火山による降下火山灰の等層厚線図として、九重山を給源とする九重第一軽石と阿蘇山を給源とする草千里ヶ浜軽石が示されている。九重第一軽石は東南東方向に細長い分布を示し、四国南西端の宿毛市で火山灰の報告がある(熊原・長岡, 2002)。一方、草千里ヶ浜軽石は阿蘇山を中心とする同心円状の分布を示し、四国における報告は見られない。

熊原・長岡(2002)は、敷地から約70km南南東の高知県宿毛市において、厚さ20cm, 40cmの小川テフラを報告し、九重第一軽石と対比した。テフラ中には非火山性の砂が混入していることから、ユニットは水流によって二次的に形成された可能性が高いと評価されており(熊原・長岡, 2002; 熊原, 2002)、これらは厚さ変化の著しいものであり、降下時の純粋な層厚には言及されていない。須藤ほか(2007)は、熊原・長岡(2002)による九重第一軽石報告地点の層厚を10cmとして等層厚線図を完成させ、その噴出量が2.03km³と見積もられることを示した。宿毛市における熊原・長岡(2002)

の九重第一軽石露頭は現在確認できないが、その北西方約 100m に同層準の地層が露頭しており、厚さ 20cm の九重第一軽石を確認できる。当該露頭において、火山灰層は礫層中に挟まれて径数 cm 以上の礫を含み、全体の約 50% は異質岩片から成るとともに降下ユニットが認められないことから、水流による再堆積層と判断される。

地質調査結果に基づき敷地周辺の連続した細粒堆積物について検討した結果、宇和盆地の連続した細粒堆積物中に九重第一軽石と対応する火山灰層は認められない。既存文献に示された通り、九重第一軽石の分布の長軸は四国南西端方向であり、敷地付近における火山灰の降下厚さはほぼ 0 cm と評価される。

また、九重第一軽石と同等の噴火が起こった時に、現在の気象条件を考慮して敷地にどのような降灰が想定されるかを降下火山灰シミュレーションによって検討した結果、ジェット気流がほぼ真西で安定する季節は敷地における降下厚さはほぼ 0 cm と評価される（第 8.3.5 図）。ただし、同規模の噴火時に風向きによっては敷地において厚さ数 cm の降下火山灰が想定される（第 8.3.5 図、第 8.3.6 図）。ここで、九重第一軽石の等層厚線図と解析結果を比較すると、四国南西方まで降下厚さ 10cm 以上の領域が細長く伸びることから給源から遠方（敷地相当）への火山灰到達を概ね再現できているものの、給源付近については厚い火山灰が降下する領域の面積がやや小さい傾向がある。

そこで、長岡・奥野(2014)を参照して噴出量を既存の知見より大きく 6.2km^3 とした場合の解析を行った結果、ジェット気流がほぼ真西で安定する季節は敷地における降下厚さは 0 ～ 数 cm と評価され、各種の不確かさを考慮すると敷地において最大 14cm と評価される（第 8.3.7 図、第 8.3.8 図）。九重第一軽石の等層厚線図と解析結果を比較すると、給源付近の厚い火山灰が降下する領域の広がりを概ね再現できている。

原子力安全に対する信頼向上の観点から、既存の知見を上回る噴出量を考慮し、敷地において考慮すべき降下火砕物の厚さを保守的に 15cm と評価する。

宇和盆地における火山灰の試験結果から、密度は乾燥状態で $0.665\text{g}/\text{cm}^3$ 、湿潤状態で $1.323\text{g}/\text{cm}^3$ であり、粒径は 1mm 以下が主体である。また、高知県宿毛市で報告された九重第一軽石は中～細粒砂サイズとされており（熊原・長岡, 2002）、粒径は 0.5mm 以下である。降下火砕物の諸元について、地質調査結果及び文献調査結果に基づき、乾燥密度を $0.5\text{g}/\text{cm}^3$ 、湿潤密度を $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ 、粒径を 1mm 以下主体と評価する。

以上を踏まえて、降下火砕物による影響を考慮することとする。

なお、宇和盆地における火山灰層厚さの頻度分布を見ると、薄い火山灰ほど頻度が高く、厚い火山灰の頻度は低い（第 8.3.9 図）。また、約 33 万年前の Kkt 火山灰以降に 40 枚の火山灰が降下しており、町田・新井（2011）等で四国西部に降下したとされる主要な広域火山灰がすべて含まれている。したがって、宇和盆地における火山灰

の降下頻度は1.2枚/万年であり、ポアソン過程を用いた評価によると年超過確率で 10^{-4} に相当する層厚は約2cmである。敷地において考慮する降下火砕物厚さ15cmの年超過確率は $10^{-4} \sim 10^{-5}$ であり、設計として妥当である。

8.3.4.2 火砕物密度流

発電所運用期間中の活動可能性を考慮する火山における過去の火砕流堆積物の分布は敷地と海を隔てた九州あるいは山口県の内陸部に限定されていることから、火砕物密度流が敷地の位置する四国まで到達するとは考えられない。したがって、火砕物密度流による影響はないと評価される。

8.3.4.3 溶岩流

溶岩流については、発電所運用期間中の活動可能性を考慮するいずれの火山も敷地から50km以遠で、敷地と海を隔てた九州あるいは山口県に位置していることから、四国への到達は考えられない。したがって、溶岩流による影響はないと評価される。

8.3.4.4 岩屑なだれ

岩屑なだれについては、発電所運用期間中の活動可能性を考慮するいずれの火山も敷地から50km以遠で、敷地と海を隔てた九州あるいは山口県に位置していることから、四国への到達は考えられない。したがって、岩屑なだれによる影響はないと評価される。

8.3.4.5 火山土石流

火山土石流については、発電所運用期間中の活動可能性を考慮するいずれの火山も敷地から80km以遠で、敷地と海を隔てた九州あるいは山口県に位置していることから、四国への到達は考えられない。したがって、火山土石流による影響はないと評価される。

8.3.4.6 噴石

噴石については、発電所運用期間中の活動可能性を考慮するいずれの火山も敷地から10km以遠に位置していることから、敷地への到達は考えられない。したがって、火山から発生する飛来物による影響はないと評価される。

8.3.4.7 火山ガス

発電所運用期間中の活動可能性を考慮するいずれの火山も敷地から80km以遠の遠方に位置するとともに、敷地は沿岸部で瀬戸内海に向かって突き出した小半島に位置

し、火山ガスが滞留するような地形ではない。したがって、火山ガスによる影響はないと評価される。

8.3.4.8 新しい火口の開口

新しい火口の開口については、敷地は山口県から別府湾に至る火山フロントと十分な離隔があるため、問題となるものではない。したがって、新しい火口の開口による影響はないと評価される。

8.3.4.9 津波

敷地前面海域である伊予灘西方の別府湾沿岸には、発電所運用期間中の活動可能性を考慮する火山として鶴見岳が分布する。

別府湾沿岸では、鹿鳴越^{かなごえ}などの古い第四紀火山が過去に大規模な山体崩壊を発生させた痕跡が岩屑なだれ堆積物として残っている（第8.3.10図；石塚ほか，2005；星住ほか，1988）。歴史時代にも，1596年別府湾の地震に伴って内陸の水口山北斜面^{みずぐちやま}で崩壊規模 0.0045km^3 の津江岩屑なだれ^{つえ}が発生している（星住ほか，1988；日本地すべり学会編，2012）。また，この地震の際に海岸の高崎山^{たかさきやま}で崖崩れが発生したとされ（吉岡ほか，1997），石辺・島崎（2005）によって津波の二次的な要因となった可能性が指摘されている。

したがって，活火山であるとともに山体規模が突出して大きい鶴見岳（伽藍岳含む）の山体崩壊に伴う津波について検討が必要である。

鶴見岳周辺の地形分類図を第8.3.11図に示す。鶴見岳は標高1,375mの北西―南東方向にやや長い楕円形円錐状の火山である。別府湾に面する東麓は傾斜 $30\sim 40$ 度の斜面で開析谷はほとんどない。一方，北に隣接する大平山^{おおひらやま}との間には東西方向の深さ200m程度の浸食谷が発達し，その谷頭部は東に開いた急斜面となっている。また，鶴見岳山頂の北側には新鮮な滑落崖が認められる。気象庁編（2005）によれば，1597年に鶴見岳において「地震，山崩れ」が発生したとされている。この崩壊箇所は特定されていないものの，鶴見岳山頂北側の崩壊地形の一部がこれと対応する可能性があり，現状の崩壊地形が一度に形成されたものとして崩壊規模を見積もるとおよそ 0.02km^3 である。鶴見岳山頂から別府湾までの距離は約7kmである。

伽藍岳は標高1,045mの円錐状の溶岩円頂丘であり，あまり開析されていない。伽藍岳山頂の南側には馬蹄形の火口があり，噴気活動が活発で変質が著しい。また，東方には鍋山（なべやま）の高まりがあり，伽藍岳山頂との間は南北方向で深さ $50\sim 100$ mの谷となっているため，別府湾側の東麓が大規模に崩壊することは考え難い。

以上を踏まえ，山体が大きく別府湾への崩壊物の流入量も大きい鶴見岳東麓の崩

壊を考慮することとし、既往最大規模に相当する 0.02km^3 の崩壊に伴う津波を基準津波の設定に考慮する。さらに、仮想的な崩壊として、地形や溶岩の分布に基づく検討から山頂を含む大規模な山体崩壊 (0.54km^3) についても、これに伴う津波が基準津波に包含されることを確認する。

なお、発電所運用期間中の活動可能性を考慮する火山に海底火山は存在せず、対象となる火山の過去の火砕流堆積物の分布も内陸部に限定されることから、海底噴火や火砕流による津波については問題とならない。

8.3.4.10 大気現象

大気現象については、発電所運用期間中の活動可能性を考慮するいずれの火山も敷地から80km以遠の遠方に位置していることから、空振による超過圧力等の影響は考えられない。したがって、大気現象による影響はないと評価される。

8.3.4.11 地殻変動

敷地は山口県から別府湾に至る火山フロントと十分な離隔があるため、発電所運用期間中の活動可能性を考慮する火山による地殻変動のほか、新しい火口の開口に伴って引き起こされる地殻変動についても問題となるものではない。したがって、地殻変動による影響はないと評価される。

8.3.4.12 火山性地震

火山性地震については、発電所運用期間中の活動可能性を考慮するいずれの火山も敷地から80km以遠の遠方に位置するので小規模な地震の多発が問題となるものではない。火山近傍で起きた被害地震の中で特に大きなものとして桜島の1914年大正大噴火に伴うM7.1の地震が知られていることから(西村・井口, 2006; 気象庁編, 2013), 発電所運用期間中の活動可能性を考慮する各々の火山においてM7.1の地震を基準地震動の策定に考慮する。

8.3.4.13 熱水系

敷地は山口県から別府湾に至る火山フロントと十分な離隔がある。また、敷地における深部ボーリング調査によると、深度2,000mにおける地温は約 73°C 、地温勾配は $2.8^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ と低く、敷地付近の地質に過去に顕著な熱水活動を被った痕跡も認められない。したがって、熱水系による影響はないと評価される。

【別添資料1 (3.1 : P.6条(火山)-別添1-6~8)】

8.4 参考文献

- (1) 第四紀火山カタログ委員会編, 1999, 日本の第四紀火山カタログ Ver. 1.0, 日本火山学会.
- (2) 藤沢康弘・上野宏共・小林哲夫, 2001, 火砕堆積物の堆積温度からみた由布火山の 2.2ka 噴火, 火山, 46, 187-203.
- (3) 藤沢康弘・奥野 充・中村俊夫・小林哲夫, 2002, 九州北東部, 鶴見火山の最近 3 万年間の噴火活動, 地質学雑誌, 108, 48-58.
- (4) 広川 治・長浜春夫・小野晃司・山田直利・吉田 尚・遠田朝子, 1976, 50 万分の 1 地質図幅「福岡 (第 3 版)」, 工業技術院地質調査所.
- (5) 星住英夫・小野晃司・三村弘二・野田徹郎, 1988, 別府地域の地質, 地域地質研究報告, 5 万分の 1 地質図幅, 地質調査所.
- (6) 星住英夫・尾崎正紀・宮崎一博・松浦浩久・利光誠一・宇都浩三・内海 茂・駒澤正夫・広島俊男・須藤定久, 2004, 20 万分の 1 地質図幅「熊本」, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- (7) 今井 功・寺岡易司・小野晃司・松井和典・奥村公男, 1980, 50 万分の 1 地質図幅「鹿児島 (第 2 版)」, 工業技術院地質調査所.
- (8) 石辺岳男・島崎邦彦, 2005, 1596 年慶長豊後地震に伴う津波の波源推定, 歴史地震, 20, 119-131.
- (9) 石塚吉浩・水野清秀・松浦浩久・星住英夫, 2005, 豊後杵築地域の地質, 地域地質研究報告, 5 万分の 1 地質図幅, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- (10) 石塚吉浩・尾崎正紀・星住英夫・松浦浩久・宮崎一博・名和一成・実松健造・駒澤正夫, 2009, 20 万分の 1 地質図幅「中津」, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- (11) 伊藤順一・星住英夫・巖谷敏光, 1997, 姫島地域の地質, 地域地質研究報告, 5 万分の 1 地質図幅, 地質調査所.
- (12) 海上保安庁海洋情報部, 2015, 海域火山データベース, <http://www1.kaiho.mlit.go.jp/GIJUTSUKOKUSAI/kaiikiDB/list-2.htm>, 海上保安庁ホームページ.
- (13) 角縁 進・永尾隆志・長尾敬介, 2000, 阿武単成火山群の K-Ar 年代とマグマ活動史, 岩石鉱物科学, 29, 191-198.
- (14) 鎌田浩毅, 1997, 宮原地域の地質, 地域地質研究報告, 5 万分の 1 地質図幅, 地質調査所.
- (15) 鎌田浩毅, 2006, 九重火山の噴火史と災害予測, 月刊地球, 28, 369-378.
- (16) 鎌田浩毅・星住英夫・小屋口剛博, 1988, 中部九州-中国地方西部の火山フロントの形成年代, 月刊地球, 10, 568-574.

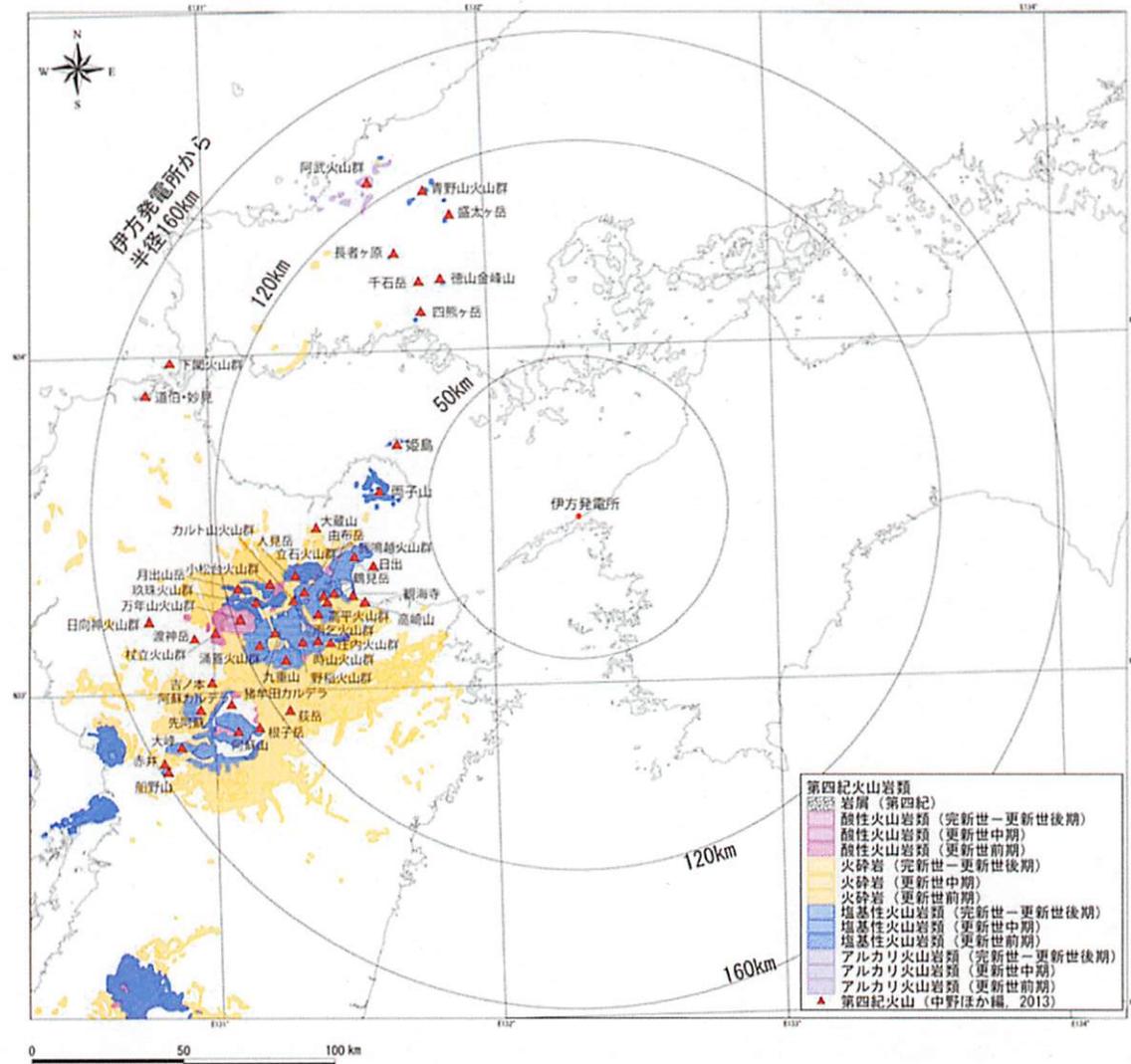
- (17) 気象庁編, 2005, 日本活火山総覧(第3版), 気象業務支援センター.
- (18) 気象庁編, 2013, 日本活火山総覧(第4版), 気象業務支援センター.
- (19) 久保和也・松浦浩久・尾崎正紀・牧本 博・星住英夫・鎌田耕太郎・広島俊男, 1993, 20万分の1地質図幅「福岡」, 工業技術院地質調査所.
- (20) 熊原康博, 2002, 四国南西部, 僧都川および松田川流域における中期更新世以降の地形発達と地殻変動, 地理学評論, 75, 553-570.
- (21) 熊原康博・長岡信治, 2002, 四国南西部, 松田川流域における九重第一テフラの対比と低位段丘の年代, 第四紀研究, 41, 213-219.
- (22) 町田 洋・新井房夫, 2011, 新編 火山灰アトラス [日本列島とその周辺], 新編第2刷.
- (23) 松浦浩久・尾崎正紀・脇田浩二・牧本 博・水野清秀・亀高正男・須藤定久・森尻理恵・駒澤正夫, 2007, 20万分の1地質図幅「山口及び見島」, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- (24) 宮縁育夫・星住英夫・高田英樹・渡辺一徳・徐 勝, 2003, 阿蘇火山における過去約9万年間の降下軽石堆積物, 火山, 48, 195-214.
- (25) 三好雅也・長谷中利昭・佐野貴司, 2005, 阿蘇カルデラ形成後に活動した多様なマグマとそれらの成因関係について, 火山, 50, 269-283.
- (26) 三好雅也・古川邦之・新村太郎・下野まどか・長谷中利昭, 2009, 阿蘇カルデラ外輪山に分布する先阿蘇火山岩類の岩石記載と全岩化学組成, 地質学雑誌, 115, 672-687.
- (27) 守田益宗・須貝俊彦・古澤 明・大野裕記・西坂直樹・辻 智大・池田倫治・柳田 誠, 2014, 宇和盆地の花粉分析からみた MIS 15 以降の植生変遷史, 植生史研究, 23, 3-19.
- (28) 中野 俊・西来邦章・宝田晋治・星住英夫・石塚吉浩・伊藤順一・川辺禎久・及川輝樹・古川竜太・下司信夫・石塚 治・山元孝広・岸本清行編, 2013, 日本の火山(第3版) 概要及び付表, 200万分の1地質編集図, no.11, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- (29) Nagaoka, S., 1988, The late Quaternary tephra layers from the caldera volcanoes in and around Kagoshima bay, southern Kyushu, Japan. Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University, 23, 49-122.
- (30) 長岡信治・奥野 充, 2014, 九重火山のテフラ層序, 月刊地球, 36, 281-296.
- (31) 日本第四紀学会編, 1987, 日本第四紀地図.
- (32) 日本地すべり学会編, 2012, 地震地すべり.
- (33) 西来邦章・伊藤順一・上野龍之編, 2012, 第四紀火山岩体・貫入岩体データベース, 地質調査総合センター速報 no.60, 産業技術総合研究所地質調査総合センタ

- (34) 西村太志・井口正人, 2006, 日本の火山性地震と微動.
- (35) 小野晃司・松本徂夫・宮久三千年・寺岡易司・神戸信和, 1977, 竹田地域の地質, 地域地質研究報告, 5万分の1図幅, 地質調査所.
- (36) 小野晃司・渡辺一徳, 1985, 阿蘇火山地質図 1:50,000, 火山地質図4, 地質調査所.
- (37) 尾崎正紀・松浦浩久・脇田浩二・大野哲二・森尻理恵・駒澤正夫・岸本清行, 2006, 20万分の1地質図幅「小串」, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- (38) 斎藤 眞・宝田晋治・利光誠一・水野清秀・宮崎一博・星住英夫・濱崎聡志・阪口圭一・大野哲二・村田泰章, 2010, 20万分の1地質図幅「八代及び野母崎の一部」, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- (39) 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 2003, 100万分の1日本地質図第3版, CD-ROM第2版, 数値地質図G-1.
- (40) 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 2014, 日本の火山, <https://gbank.gsj.jp/volcano/>, 産業技術総合研究所ホームページ.
- (41) Sudo, Y. and L. S. L. Kong, 2001, Three-dimensional seismic velocity structure beneath Aso Volcano, Kyushu, Japan, Bull. Volcanol., 63, 326-344.
- (42) 須藤 茂・猪股隆行・佐々木寿・向山 栄, 2007, わが国の降下火山灰データベース作成, 地質調査研究報告, 58, 261-321.
- (43) 高倉伸一・橋本武志・小池克明・小川康雄, 2000, MT法による阿蘇カルデラの比抵抗断面, CA研究会論文集, 23-30.
- (44) 寺岡易司・今井 功・奥村公男・須田芳朗・渡辺史朗, 1981, 20万分の1地質図幅「延岡」, 工業技術院地質調査所.
- (45) 対馬坤六・小野晃司, 1958, 20万分の1地質図幅「大分」, 工業技術院地質調査所.
- (46) 梅田浩司・草薙 恵・古澤 明・宇井忠英, 1996, 別府湾コアからみた由布・鶴見火山群における完新世の噴火活動, 火山, 41, 61-71.
- (47) 吉岡敏和・星住英夫・宮崎一博, 1997, 大分地域の地質, 地域地質研究報告, 5万分の1地質図幅, 地質調査所.

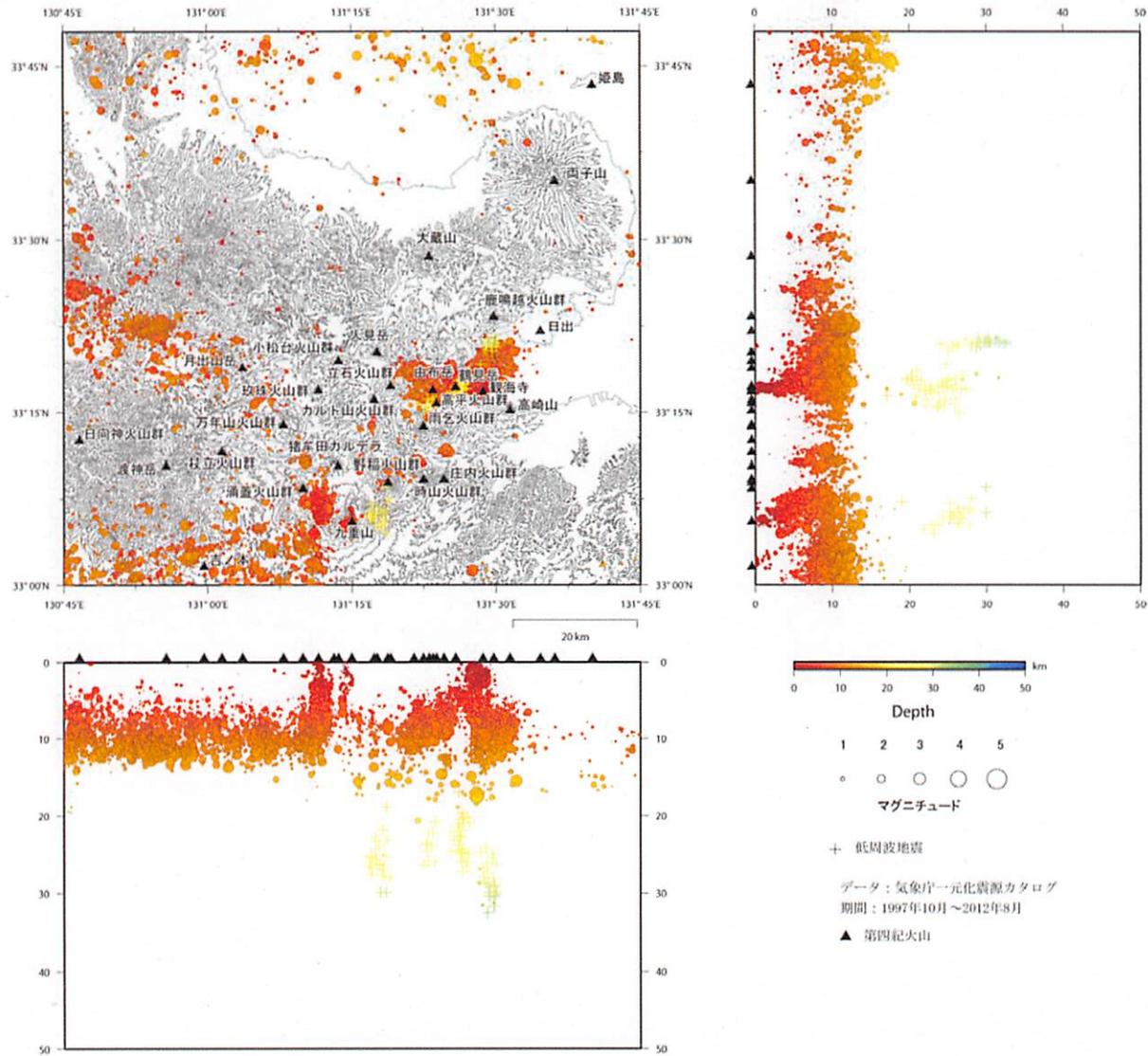
第8.3.1表 地理的領域内（半径160km内）の第四紀火山一覧

敷地からの距離 (k m)		火山名*	活動期間あるいは最近の活動*		
10km以内 (噴石)	—	該当なし	—		
50km以内 (溶岩流, 岩屑なだれ)	—	該当なし	—		
160km以内 (火砕物密度流) (火山ガス)	120km以内 (火山土石流)	65	姫島	0.3-0.1 Ma	
		67	両子山	1.9-1.1 Ma	
		69	日出	0.4-0.3 Ma	
		76	鹿鳴越火山群	1.1-0.6 Ma	
		78	高崎山	0.5 Ma	
		81	観海寺	前期更新世?	
		85	鶴見岳	0.09 Ma以降	
		85	四熊ヶ岳	0.45 Ma	
		87	大蔵山	0.8 Ma	
		89	由布岳	0.09 Ma以降	
		89	高平火山群	0.5-0.15 Ma	
		89	徳山金峰山	0.43 Ma	
		92	雨乞火山群	0.6-0.4 Ma	
		92	庄内火山群	2.0-1.3 Ma	
		93	千石岳	0.6-0.5 Ma	
		95	立石火山群	0.6-0.2 Ma	
		96	時山火山群	0.9-0.6 Ma	
		96	人見岳	2.4-1.9 Ma	
		98	カルト山火山群	1.4-1.0 Ma	
		100	野稻火山群	0.6-0.3 Ma	
		102	小松台火山群	1.7-1.1 Ma	
		105	長者ヶ原	0.17 Ma	
		106	盛太ヶ岳	0.6 Ma	
		107	玖珠火山群	1.4-1.0 Ma	
		107	猪牟田カルデラ	1.0-0.85 Ma	
		108	九重山	0.2 Ma以降	
		113	万年山火山群	0.8-0.4 Ma	
		113	涌蓋火山群	1.0-0.4 Ma	
		118	月出山岳	2.6-2.0 Ma	
		118	青野山火山群	1.3-0.07 Ma	
		118	萩岳	0.1 Ma以前	
		124	杖立火山群	1.5-1.1 Ma	
		128		根子岳	0.14-0.12 Ma
		130	阿蘇	阿蘇カルデラ	0.27-0.09 Ma
131	阿蘇山	0.09 Ma以降			
141	先阿蘇	0.8-0.4 Ma			
130	阿武火山群	1.9 Ma以降			
133	吉ノ本	2.8-2.5 Ma			
133	渡神岳	2.8-2.1 Ma			
144	下関火山群	1.2 Ma			
146	日向神火山群	2.8-2.6 Ma			
148	道伯・妙見	2.7-2.4 Ma			
148	大峰	0.09 Ma			
159	赤井	0.15 Ma			
160	船野山	0.5 Ma			

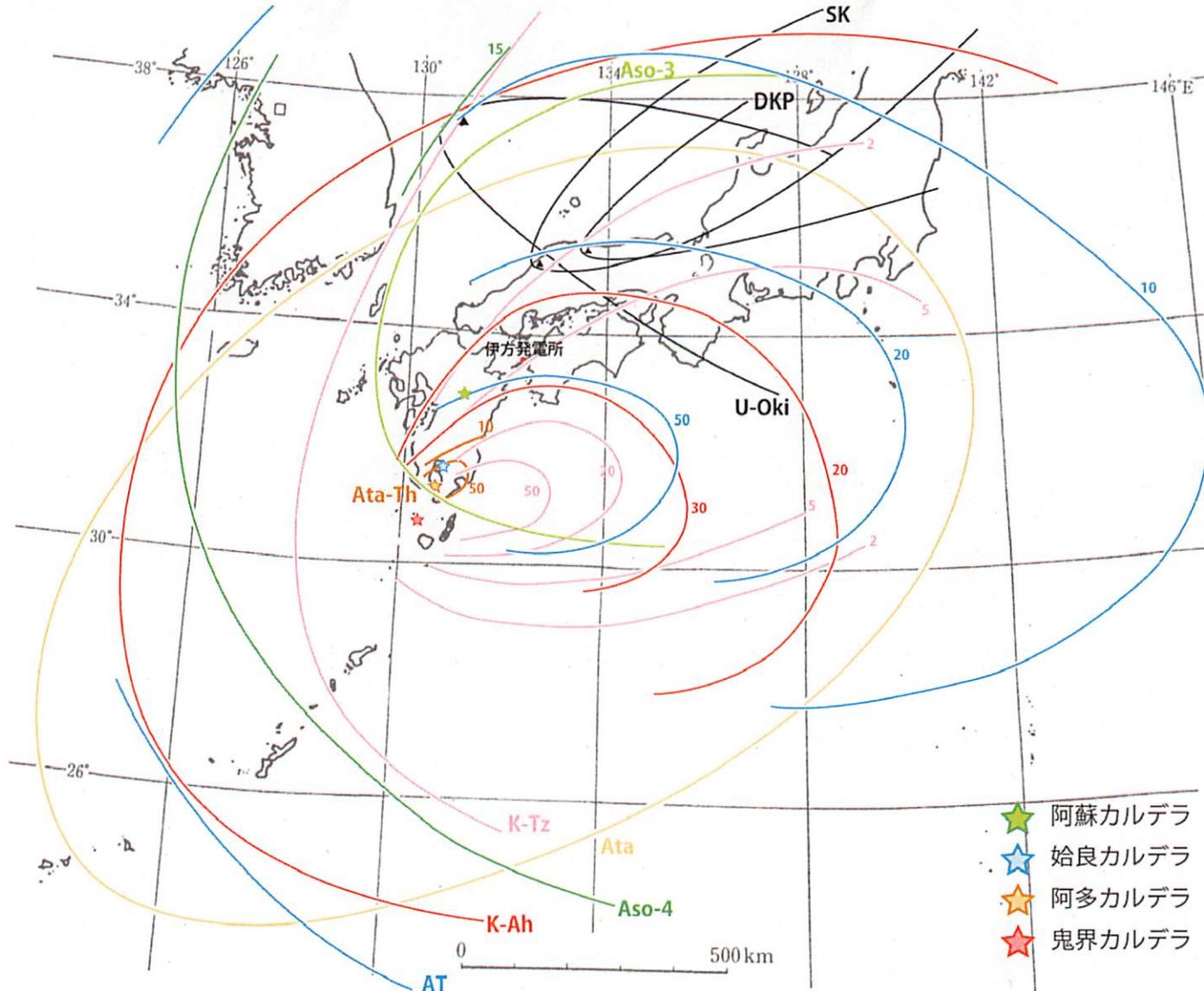
*「日本の火山（第3版）」（中野ほか編，2013）より



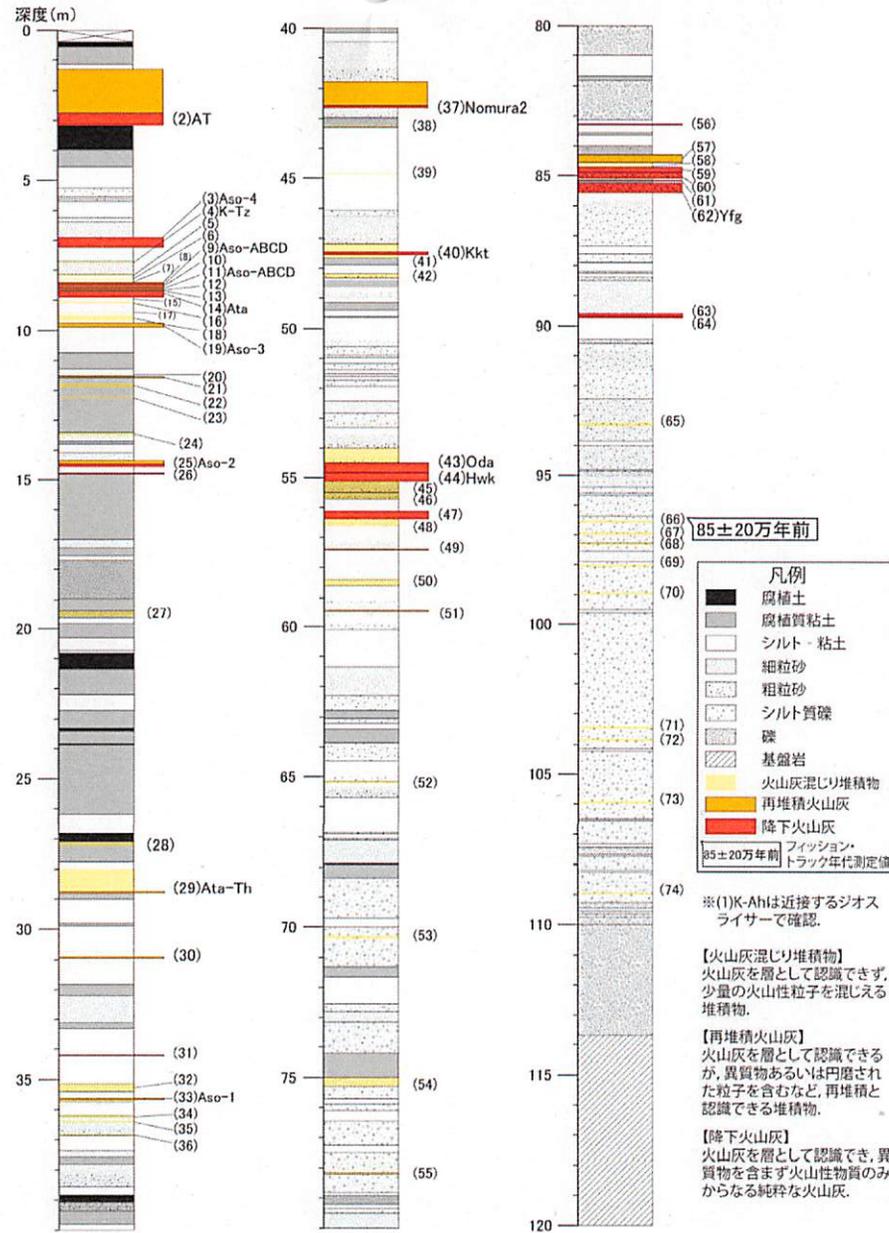
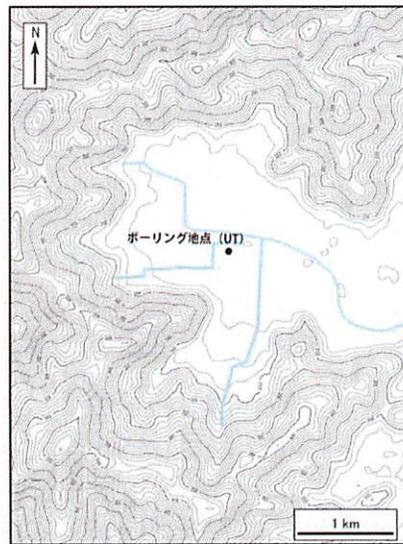
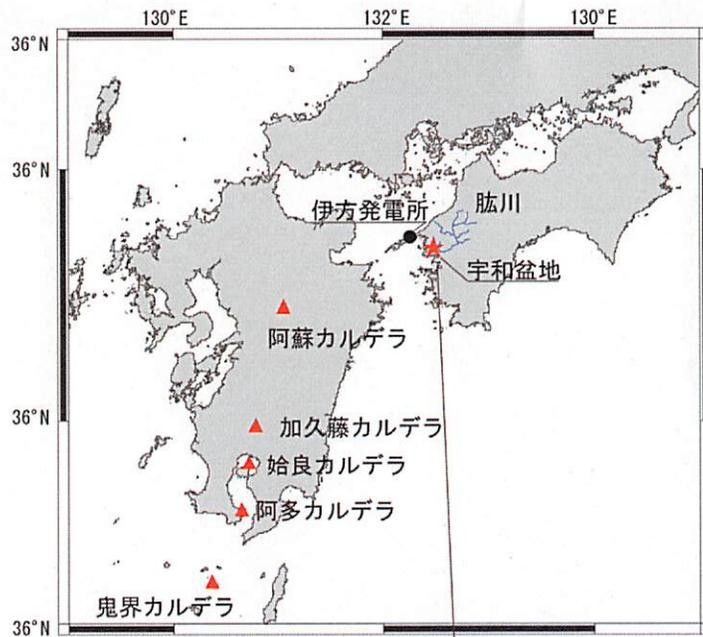
※第四紀火山岩類の分布は「100万分の1 日本地質図第3版」(地質調査総合センター, 2003)を基に作成
 第8.3.1図 敷地周辺の第四紀火山及び第四紀火山岩類分布図



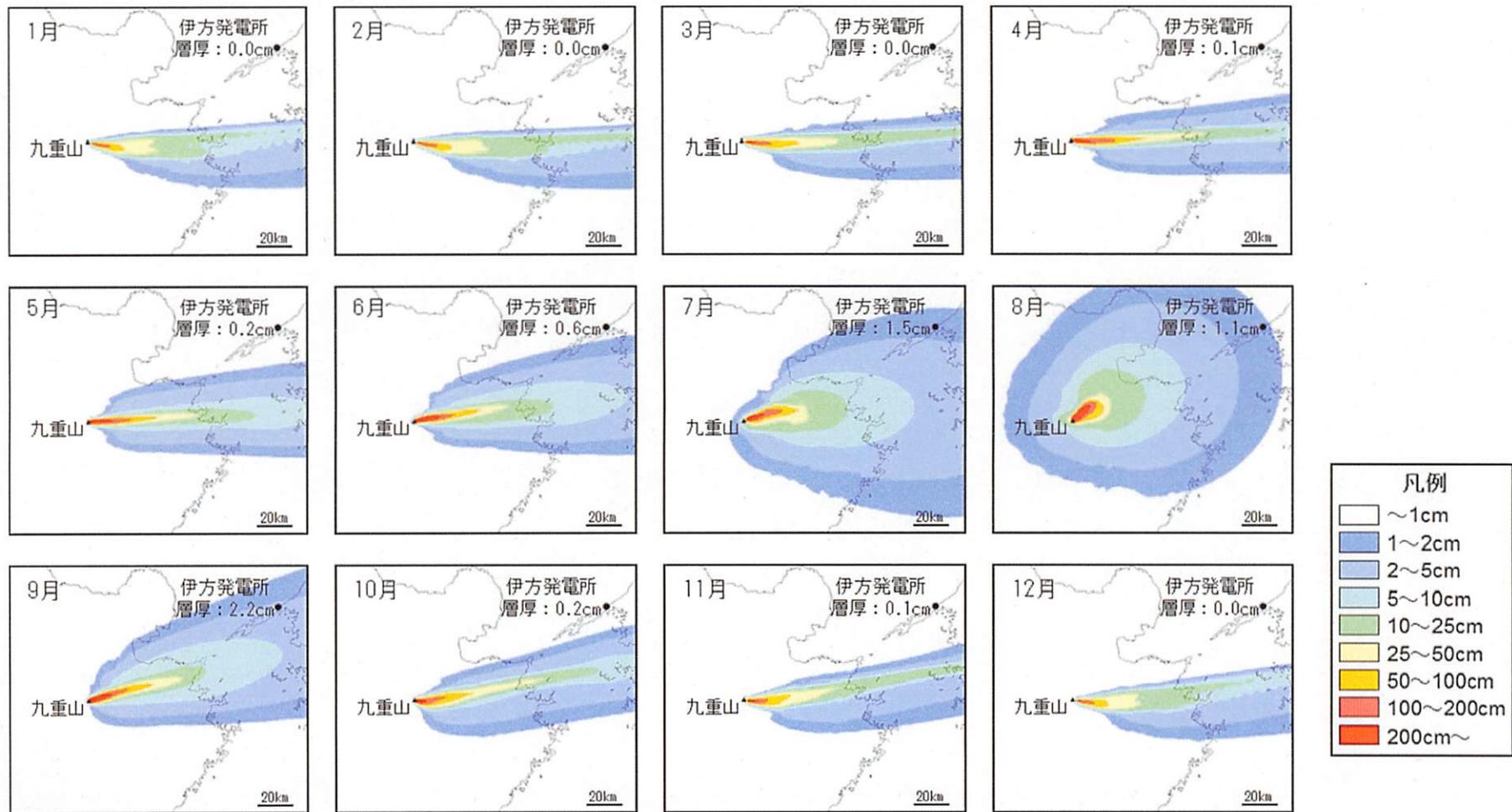
第 8. 3. 2 図 別府湾周辺の震源分布図



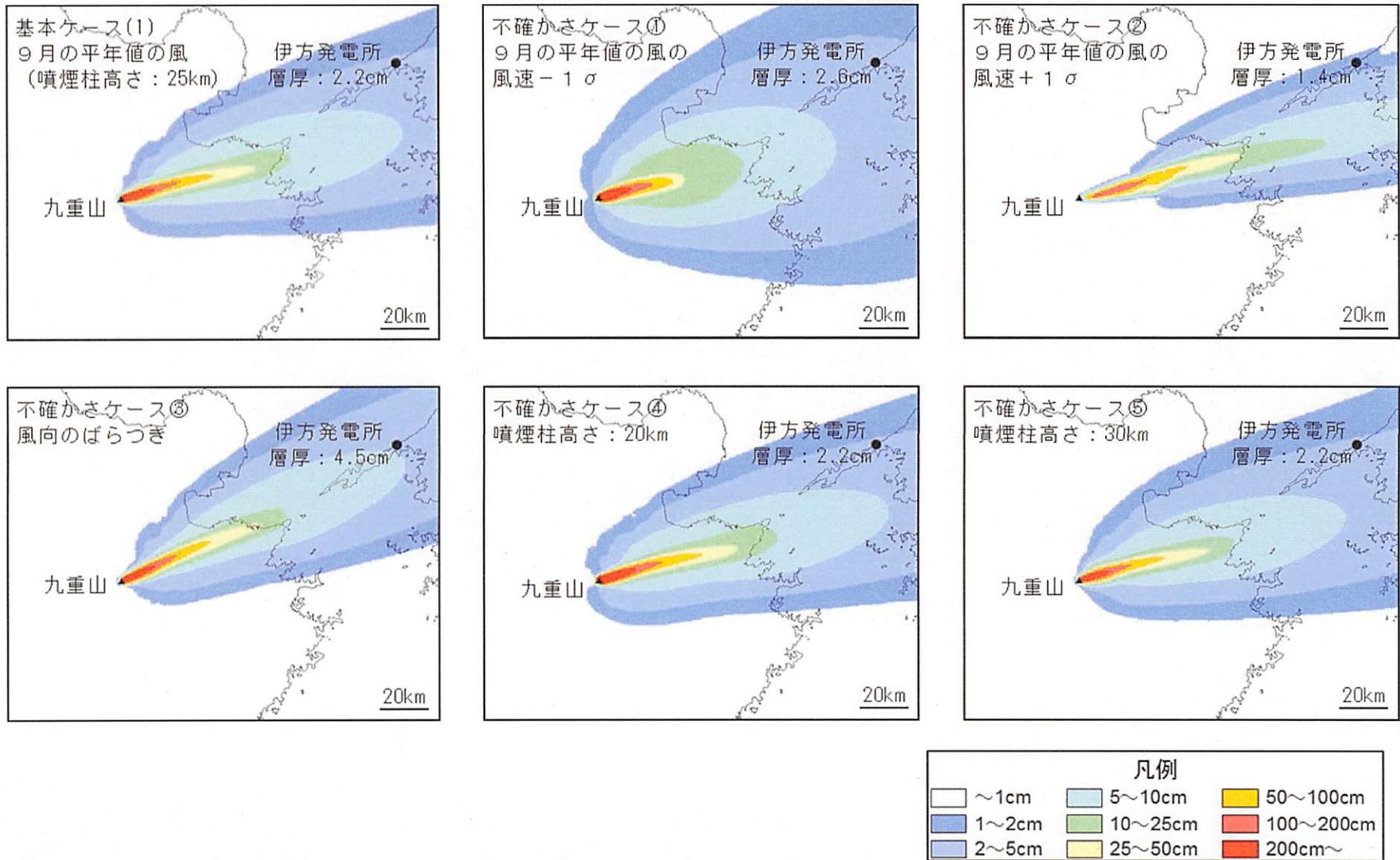
※「新編 火山灰アトラス」(町田・新井, 2011) を基に作成
 第 8.3.3 図 敷地周辺における主な降下火砕物の分布図



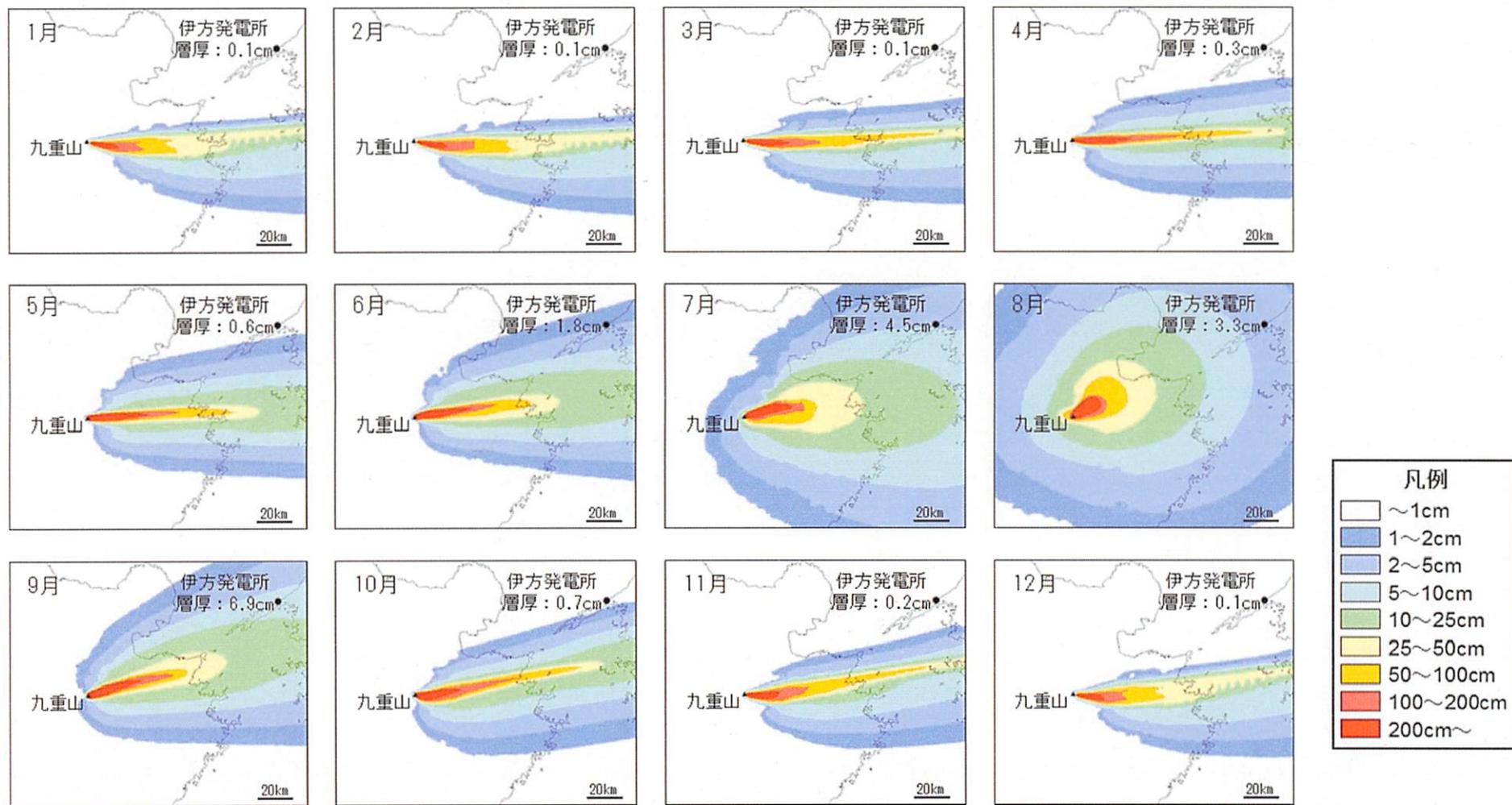
第 8. 3. 4 図 宇和盆地中心部におけるボーリング調査結果



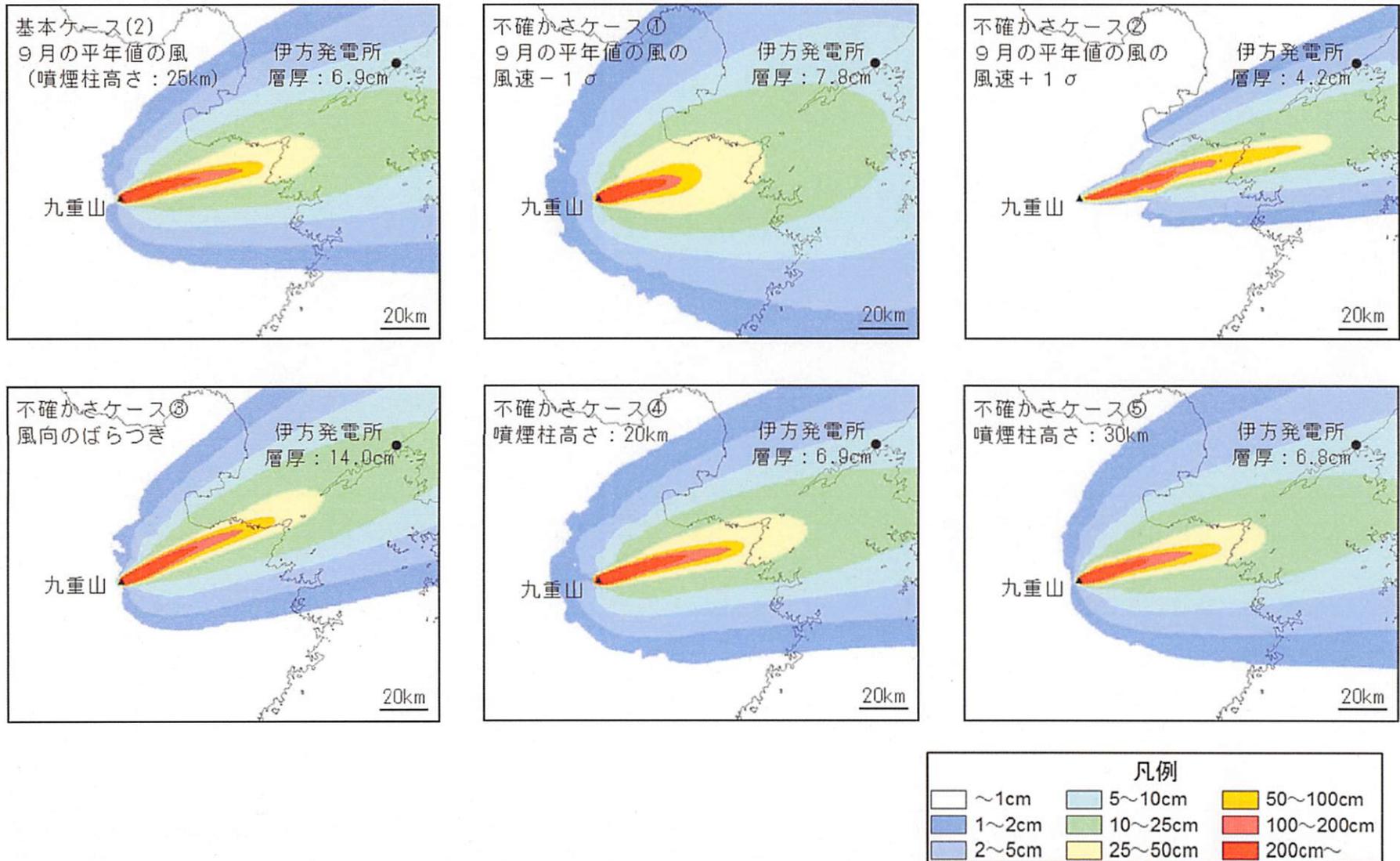
第 8.3.5 図 九重第一軽石の降下火山灰シミュレーション結果



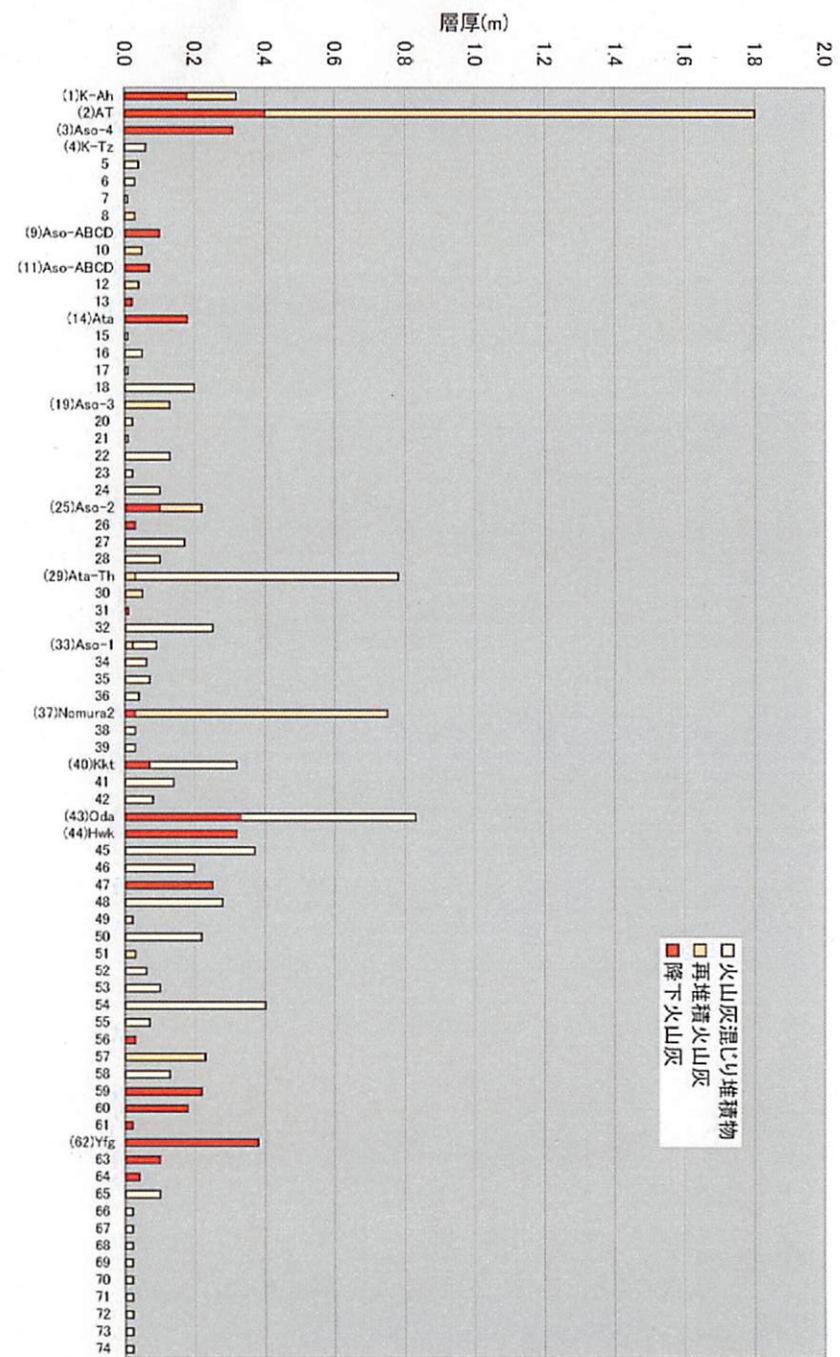
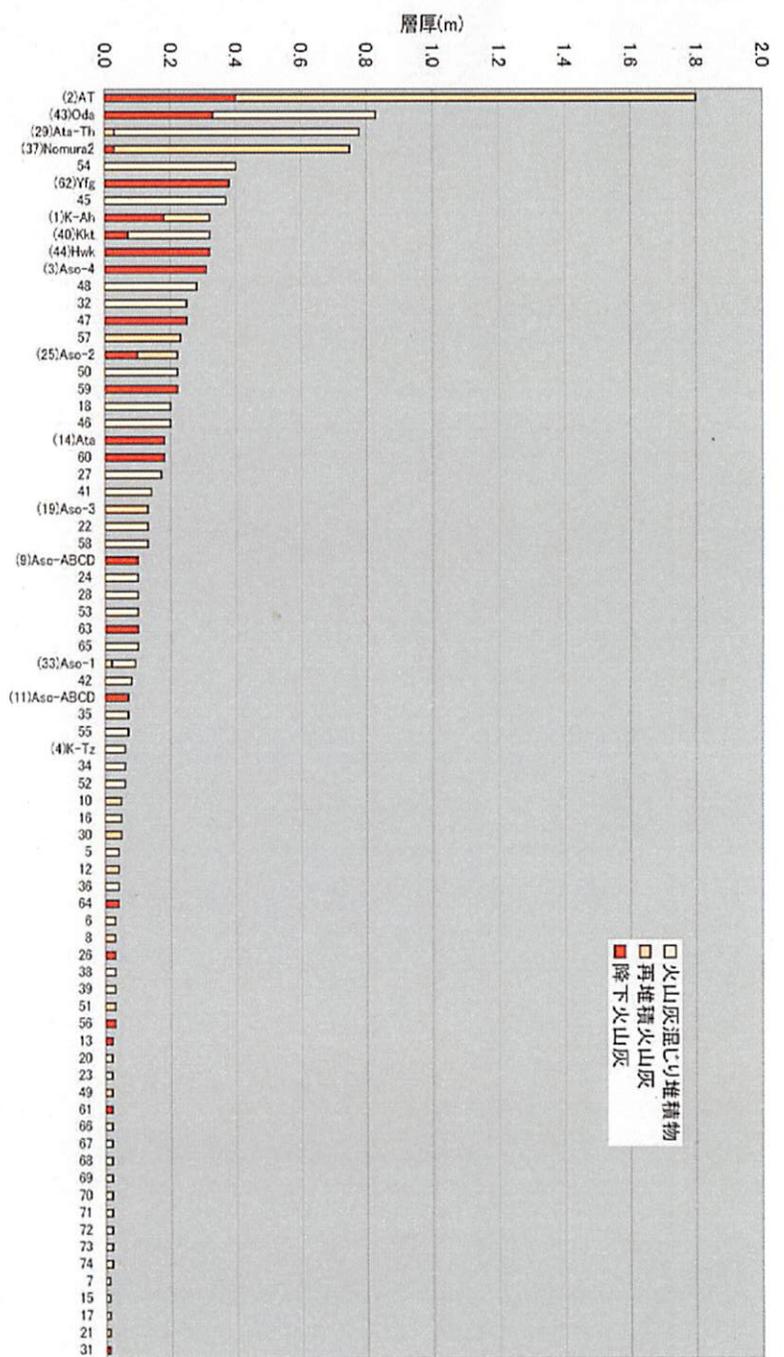
第 8.3.6 図 九重第一軽石の降下火山灰シミュレーション結果 (不確かさの考慮)



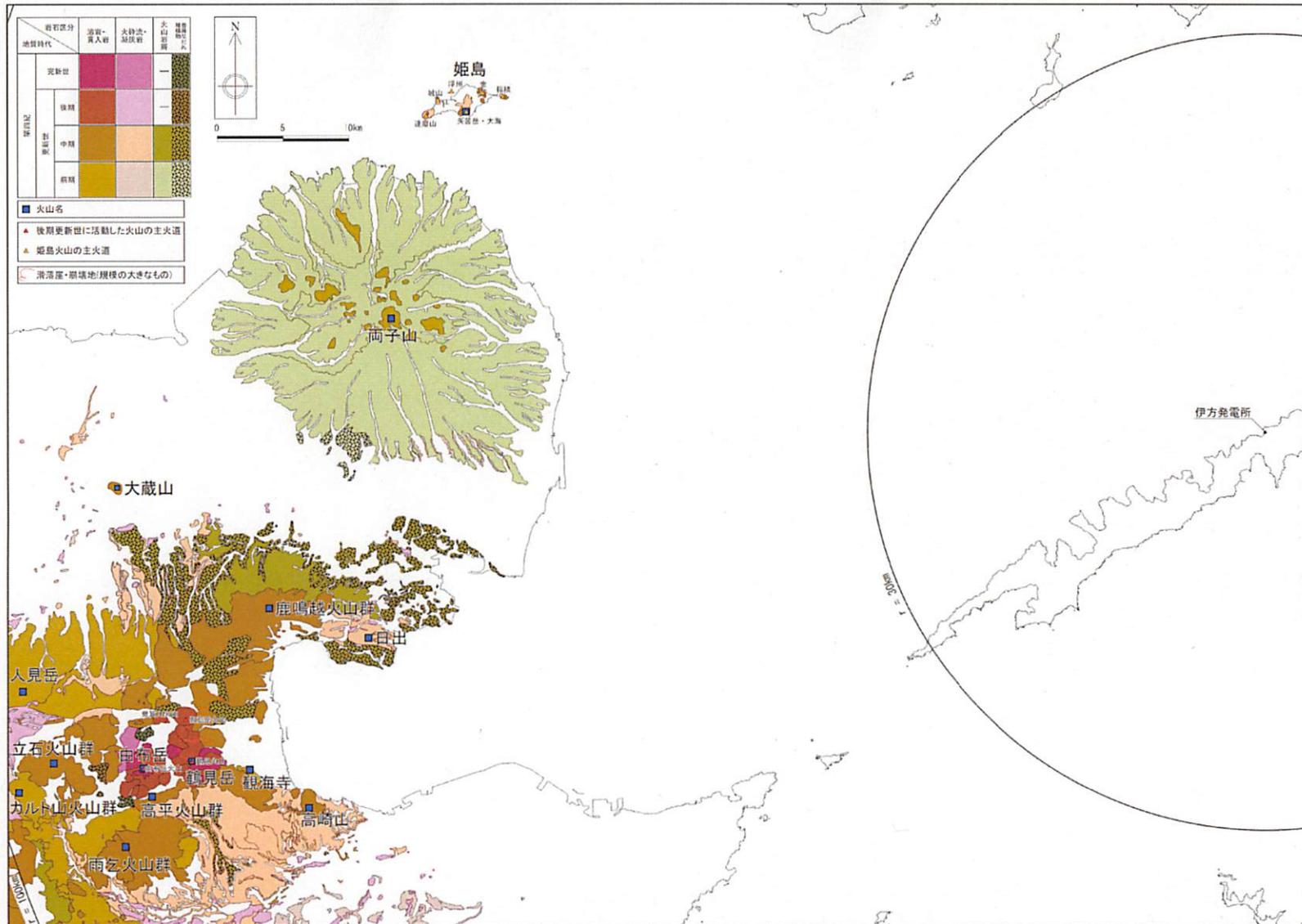
第 8.3.7 図 九重第一軽石の降下火山灰シミュレーション結果 (6.2km³)



第8.3.8図 九重第一軽石の降下火山灰シミュレーション結果 (6.2km³, 不確かさの考慮)



第 8. 3. 9 図 宇和盆地における火山灰厚さ頻度分布図



※第四紀火山の分布は「日本の火山(第3版)」(中野ほか編, 2013)を使用, 第四紀火山岩類の分布は「20万分の1地質図幅「中津」」(石塚ほか, 2009), 「別府地域の地質」(星住ほか, 1988), 「豊後杵築地域の地質」(石塚ほか, 2005), 「大分地域の地質」(吉岡ほか, 1997)を基に作成

第 8.3.10 図 別府湾周辺の第四紀火山及び第四紀火山岩類分布図

1.3 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) 外部からの衝撃による損傷の防止

6条（外部事象）において説明

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、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み合わ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。

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をそれぞれの因果関係及び時間的変化を考慮して適切に組み合わせる。自然現象の組み合わせにおいては、地震、津波、風（台風）及び積雪を考慮する。

また、安全施設は、発電所敷地又はその周辺において想定される飛来物（航空機落下等）、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突、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。

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5cm、粒径1mm以下、密度 $0.5\text{g}/\text{cm}^3$ （乾燥状態）～ $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ （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及び換気系、電気系及び計装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測制御系統施設（安全保護系計器ラック）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により、安全機能を損なわない設計とする。

また、安全施設は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。

【別添資料1 (3.2 : P.6条(火山)-別添1-9)】

(2) 安全設計方針

1.9 火山防護に関する基本方針

1.9.1 設計方針

(1) 火山事象に対する設計の基本方針

安全施設が火山事象に対して、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を損なわないよう、「添付書類六 8. 火山」で評価し抽出された発電所に影響を及ぼし得る火山事象である降下火砕物に対して、対策を行い、建屋による防護、構造健全性の維持及び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 (3.2 : P.6条(火山)-別添1-9)】

(2) 降下火砕物の設計条件

a. 設計条件の検討

伊方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 8. 火山」に示すとおり、地質調査や文献調査、更には降下火山灰シミュレーションによって検討した結果、敷地における降下厚さは0～数cmと評価され、各種の不確かさを考慮すると敷地において最大14cmと評価される。密度及び粒径については、四国西部の宇和盆地における火山灰の試験結果から、密度は乾燥状態で $0.665\text{g}/\text{cm}^3$ 、湿潤状態で $1.323\text{g}/\text{cm}^3$ であり、粒径は1mm以下が主体である。

b. 設計条件の設定

降下火砕物の設計条件は、a. に示す各種調査、検討の結果を踏まえ層厚15cm、密度 $0.5\text{g}/\text{cm}^3$ (乾燥状態) ～ $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ (湿潤状態)、粒径1mm以下と設定する。

【別添資料1 (3.1 : P.6条(火山)-別添1-6～8)】

(3) 火山活動から防護する施設

降下火砕物の影響から防護する施設は、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。

当該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、降下火砕物の影響を設計に考慮すべき施設（以下「設計対象施設」という。）として、各施設の構造や設置状況等を考慮して設計対象施設を以下のとおり抽出する。

- a. クラス1及びクラス2に属する構築物，系統及び機器
 - (a) クラス1及びクラス2に属する施設を内包する建屋
 - (b) 屋外に設置されている施設
 - (c) 降下火砕物を含む海水の流路となる施設
 - (d) 降下火砕物を含む空気の流路となる施設
 - (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

- b. クラス3に属する施設
 - (a) 降下火砕物の影響によりクラス1及びクラス2に属する施設に影響を及ぼし得る施設

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

上記により抽出した設計対象施設を第1.9.1表に示す。

【別添資料1（3.3：P.6条(火山)-別添1-10～18)】

(4) 降下火砕物による影響の選定

降下火砕物の特徴及び設計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^(*ク*1)。ただし、砂よりもろく硬度は低い^(*ク*2)。
 - (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^(*ク*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^(*ク*3)。
 - (c) 水に濡れると導電性を生じる^(*ク*1)。

- (d) 湿った降下火砕物は乾燥すると固結する^(火1)。
- (e) 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^(火1)。

【別添資料 1 (3.4.1 : P.6 条(火山)-別添 1-19)】

b. 直接的影響

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

(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み合わせ等を考慮する。

ア. 設計対象施設に常時作用する荷重、運転時荷重

設計対象施設に常時作用する荷重、運転時荷重を適切に組み合わせる。

イ. 設計基準事故時荷重

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

また、降下火砕物の降灰と設計基準事故が同時に発生する頻度は十分小さいことから、設計基準事故時荷重と降下火砕物との組み合わせは考慮しない。

ウ. その他の自然現象の影響を考慮した荷重の組み合わせ

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

【別添資料 1 (3.5 : P.6 条(火山)-別添 1-21)】

(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、給水等に使用する発電所周辺の海水及び渓流水に降下火砕物が混入することによる汚染が考えられるが、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海水及び渓流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 : P.6条(火山)-別添1-19~20)】

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、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 : P.6条(火山)-別添1-21)】

(6) 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、設計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、影響を受ける各設計対象施設が安全機能を損なわない以下の設計とする。

a. 安全機能を有する施設を内包する建屋及び安全機能を有する屋外施設の構造健全性の維持（荷重）に対する設計

(a) 構造物への静的負荷

設計対象施設のうち、降下火砕物が堆積する建屋及び屋外施設は、以下である。

- ・クラス1及びクラス2に属する施設を内包する建屋
原子炉建屋，原子炉補助建屋
- ・屋外に設置されている施設
補助給水タンク，海水ポンプ，海水ストレーナ

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。

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、建築基準法による短期許容応力度を許容限界とする。

また、建屋を除く設計対象施設においては、許容応力を「日本工業規格」、「日本機械学会の基準・指針類」及び「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987（日本電気協会）」に準拠する。

(b) 粒子の衝突

設計対象施設のうち、建屋及び屋外施設は、降下火砕物の衝突によって構造健全性が失われないことにより、安全機能を損なわない設計とする。

なお、粒子の衝突による影響については、「1.8. 竜巻防護に関する基本方針」に包絡される。

【別添資料1 (3.6.1 : P.6条(火山)-別添1-22)】

b. 降下火砕物による荷重以外の機能維持に対する設計

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（摩耗、閉塞）及び化学的影響（腐食）等がある。外気取入口からの降下火砕物の侵入に対する設計はc.に示し、これ以外は以下のとおり安全機能を損なわない設計とする。

(a) 構造物への化学的影響（腐食）

設計対象施設のうち、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、以下に示すとおり、直接的な付着による影響が考えられる施設である。

- ・クラス1及びクラス2に属する施設を内包する建屋

原子炉建屋，原子炉補助建屋

- ・屋外に設置されている施設

補助給水タンク，重油タンク，海水ポンプ，海水ストレーナ

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、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。

【別添資料1 (3.6.2 (1) : P.6条(火山)-別添1-22～23)】

(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)

設計対象施設のうち, 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, 以下である。

・ 降下火砕物を含む海水の流路となる施設

原子炉補機冷却海水設備 (海水ポンプ, 海水ストレーナ等)

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とともに, 海水ストレーナ及び軸受潤滑水ストレーナ等により流入する降下火砕物を捕獲・除去することにより, 流路及びポンプ軸受部の狭隘部等が閉塞しない設計とする。

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, 降灰時の特別点検, その後の日常保守管理により, 状況に応じて補修が可能であり, 摩耗により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, 腐食により安全機能を損なうことのない設計とする。なお, 降灰後の長期的な腐食の影響については, 日常保守管理等により, 状況に応じて補修が可能な設計とする。

【別添資料 1 (3.6.2 (2) : P.6 条(火山)-別添 1-23)】

(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)

設計対象施設のうち, 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, 以下である。

・ 屋外に設置されている施設

海水ポンプ (モータ)

機械的影響 (閉塞) については, 海水ポンプ (モータ) 本体は外気と遮断された全閉構造, 空気冷却器冷却管は降下火砕物が侵入し難い外気を下方向から取り込む構造とすることにより, 機械的影響 (閉塞) により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、腐食により安全機能を損なうことのない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

【別添資料1 (3.6.2 (3) : P.6条(火山)-別添1-24)】

(d) 絶縁低下

設計対象施設のうち、絶縁低下を考慮すべき施設は、以下である。

- ・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
計測制御系統施設（安全保護系計器ラック）

当該機器の設置場所は安全補機開閉器室空調装置にて空調管理されており、本換気空調設備の外気取入口には平型フィルタを設置し、これに加えて下流側にさらに細かな粒子を捕集可能な粗フィルタを設置していることから、降下火砕物の侵入に対して他の換気空調設備に比べて高い防護性能を有している。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。

また、本換気空調設備については、外気取入ダンパを閉止することで、安全補機開閉器室内への降下火砕物の侵入を防止することも可能である。

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による影響を防止し、計測制御系統施設（安全保護系計器ラック）の安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料1 (3.6.2 (4) : P.6条(火山)-別添1-24～25)】

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）

設計対象施設のうち、外気取入口からの降下火砕物の侵入による機械的影響（閉塞）を考慮すべき施設は、以下である。

- ・降下火砕物を含む空気の流路となる施設

主蒸気逃がし弁（消音器）、主蒸気安全弁（排気管）、タービン動補助給水ポンプ（蒸気大気放出管）、ディーゼル発電機機関、ディーゼル発電機（吸気消音器）、換気空調設備、格納容器排気筒及び補助建屋排気筒

各施設の構造上の対応として、ディーゼル発電機（吸気消音器）及び換気空調設備の外気取入れ口は開口部を下向きの構造とすること、また主蒸気逃がし弁（消音器）、主蒸気安全弁（排気管）、タービン動補助給水ポンプ（蒸気大気放出管）、格納容器排気筒及び補助建屋排気筒は開口部や配管の形状等により、降下火砕物が流路に侵入しにくい設計とする。

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

格納容器排気筒及び補助建屋排気筒は、排気により降下火砕物が侵入しにくい設計とし、降下火砕物が侵入した場合でも、排気筒の構造から排気流路が閉塞しない設計とする。また、降下火砕物が侵入した場合でも、排気筒内部の点検、状況に応じた除去等の対応が可能な設計とする。

また、外気を取り入れる換気空調設備及びディーゼル発電機（吸気消音器）にそれぞれフィルタを設置することにより、フィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とし、さらに降下火砕物がフィルタに付着した場合でも取替え又は清掃が可能な構造とすることで、降下火砕物により閉塞しない設計とする。

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) : P.6 条(火山)-別添 1-25~26)】

(b) 機械的影響（摩耗）

設計対象施設のうち、降下火砕物による機械的影響（摩耗）を考慮すべき施設は、以下である。

・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及び摺動部を有する施設

ディーゼル発電機機関、制御用空気圧縮機

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、開口部を下向きとすることにより侵入しにくい構造とし、仮に当該施設の内部に降下火砕物が侵入した場合でも耐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。

外気を取り入れる換気空調設備及びディーゼル発電機（吸気消音器）にそれぞれフィルタを設置することにより、フィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とし、また換気空調設備においては、前述のフィルタの設置、さらに外気取入ダンパの閉止、換気空調設備の停止により、建屋内への降下火砕物の侵入を防止し、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料1 (3.6.3 (2) : P.6条(火山)-別添1-26)】

(c) 化学的影響（腐食）

設計対象施設のうち、降下火砕物による化学的影響（腐食）を考慮すべき施設は、以下である。

・降下火砕物を含む空気の流路となる施設

主蒸気逃がし弁（消音器）、主蒸気安全弁（排気管）、タービン動補助給水ポンプ（蒸気大気放出管）、ディーゼル発電機機関、換気空調設備、格納容器排気筒及び補助建屋排気筒

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

【別添資料1 (3.6.3 (3) : P.6条(火山)-別添1-26～27)】

(d) 大気汚染（発電所周辺の大気汚染）

降下火砕物により汚染された発電所周辺の大気が、中央制御室空調設備の外気取入口を通じて中央制御室に侵入しないよう、外気取入口のガラリを下向きの構造とし、さらに平型フィルタを設置することにより、降下火砕物が外気取入口に到達した場合であってもフィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とする。

これに加えて下流側にさらに細かな粒子を捕集可能な粗フィルタを設置していることから、降下火砕物の侵入に対して他の換気空調設備に比べて高い防護性能を有している。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。

また、中央制御室空調設備については、外気取入ダンパの閉止及び閉回路循環運転を可能とすることにより、中央制御室内への降下火砕物の侵入を防止すること、さらに外気取入遮断時において室内の居住性を確保するため、酸素濃度及び二酸化炭素濃度の影響評価を実施することにより、安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料1 (3.6.3 (4) : P.6条(火山)-別添1-27)】

(7) 降下火砕物の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に対し、原子炉の停止、並びに停止後の原子炉及び使用済燃料ピットの冷却に係る機能を担うために必要となる電源の供給がディーゼル発電機により継続でき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。

【別添資料1 (3.8 : P.6条(火山)-別添1-30)】

1.9.2 手順等

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

- (1) 降灰が確認された場合には、建屋や屋外の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、設計対象施設等に堆積した降下火砕物の除灰を実施する。
- (2) 降灰が確認された場合には、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平型フィルタについて、平型フィルタ差圧を確認するとともに、状況に応じて清掃や取替えを実施する。

【別添資料1 (3.7 : P.6条(火山)-別添1-28~29)】

第 1.9.1 表 設計対象施設

施設区分	設計対象施設
クラス 1 及びクラス 2 に属する構築物、系統及び機器	
クラス 1 及びクラス 2 に属する施設を内包する建屋	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉建屋 ・原子炉補助建屋
屋外に設置されている施設	<ul style="list-style-type: none"> ・海水ポンプ ・海水ストレーナ ・補助給水タンク ・重油タンク
降下火砕物を含む海水の流路となる施設	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉補機冷却海水設備（海水ポンプ、海水ストレーナ）
降下火砕物を含む空気の流路となる施設	<ul style="list-style-type: none"> ・主蒸気逃がし弁（消音器） ・主蒸気安全弁（排気管） ・タービン動補助給水ポンプ（蒸気大気放出管） ・ディーゼル発電機機関、ディーゼル発電機（吸気消音器） ・格納容器排気筒 ・換気空調設備（給気系外気取入口） <div style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 0 5px; margin-left: 20px;"> <ul style="list-style-type: none"> 〔中央制御室給気系、ディーゼル発電機室給気系、安全補機開閉器室給気系、電動補助給水ポンプ室給気系、制御用空気圧縮機室給気系〕 </div>
外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設	<ul style="list-style-type: none"> ・計測制御系統施設（安全保護系計器ラック） ・制御用空気圧縮機
クラス 3 に属する施設	
降下火砕物の影響によりクラス 1 及びクラス 2 に属する施設に影響を及ぼし得る施設	<ul style="list-style-type: none"> ・補助建屋排気筒 ・原子炉補機冷却海水設備（海水取水設備） ・換気空調設備（給気系外気取入口） <div style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 0 5px; margin-left: 20px;"> <ul style="list-style-type: none"> 〔補助建屋給気系、制御棒クラスタ駆動装置電源室給気系、タービン動補助給水ポンプ室給気系、主蒸気配管室給気系〕 </div>

【別添資料 1（3.3：P.6 条(火山)-別添 1-12)】

(3) 適合性説明

(外部からの衝撃による損傷の防止)

第六条 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つて人為によるもの(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。

6条(外部事象)において説明

1 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、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災又は高潮を選定し、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み合わ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。

自然現象の組み合わせについては、発電所敷地で想定される自然現象のうち、敷地の地形等から判断して被害を受けないと評価した洪水及び発生しないと評価した地滑り並びに津波に包含される高潮を除いた事象に地震及び津波を加えた自然現象について網羅的に検討し、原子炉施設に与える影響について、

- ・個々の自然現象の設計に包含されている
- ・原子炉施設に与える影響が自然現象を組み合わせることにより個々の自然現象が与える影響よりも小さくなる
- ・同時に発生するとは考えられない

という観点から評価した。その結果、上記のいずれかに該当する自然現象の組み合わせがもたらす環境条件に対し、安全施設の安全機能が損なわれないことを確認した。

以下にこれら自然現象に対する設計方針を示す。

(9) 火山

安全施設は、降下火砕物による直接的影響及び間接的影響のそれぞれに対し、安全機能を損なわないよう、以下の設計とする。

a. 直接的影響に対する設計

安全施設は、直接的影響である降下火砕物の構造物への静的負荷に対して安全裕度を有する設計とすること、水循環系の閉塞に対して狭隘部等が閉塞しない設計とすること、換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞）に対して降下火砕物が侵入しにくい設計とすること、水循環系の内部における摩耗及び換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（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測制御系統施設（安全保護系計器ラック）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により、安全機能を損なわない設計とする。

また、安全施設は、降下火砕物の除去や換気空調設備外気取入口のフィルタの点検、清掃や取替、外気取入れダンパの閉止、換気空調設備の停止又は閉回路循環運転、必要な保守管理等により安全機能を損なわない設計とする。

b. 間接的影響に対する設計

安全施設は、降下火砕物の間接的影響である7日間の外部電源喪失、並びに発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象に対し、原子炉の停止、並びに停止後の原子炉及び使用済燃料ピットの冷却に係る機能を担うために必要となる電源の供給がディーゼル発電機により継続でき、安全機能を損なわない設計とする。

1.13 参考文献

- (火1) 「広域的な火山防災対策に係る検討会（第3回）（資料2）」
- (火2) 「シラスコンクリートの特徴とその実用化の現状」武若耕司, コンクリート工学, vol. 42, 2004
- (火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 Vol. 39, 1990

1.4 設備等

該当なし

別添 1

火山に対する防護

<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 伊方発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出
 - 2.2 伊方発電所の運用期間における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 火山活動から防護する施設
 - 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 安全機能を有する施設を内包する建屋及び安全機能を有する屋外施設の維持（荷重）に対する設計方針
 - 3.6.2 安全上重要な設備の機能の維持に対する設計方針
 - 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 伊方発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出
- － 2 伊方発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価
- － 3 伊方発電所における火山事象の影響評価
- － 4 降下火砕物の特徴について
- － 5 評価すべき影響の要因と評価手法
- － 6 直接的影響の評価結果
- － 7 原子炉建屋及び原子炉補助建屋に係る影響評価
- － 8 補助給水タンクに係る影響評価
- － 9 海水ポンプ（モータ含む）に係る影響評価
- － 10 重油タンク（移送配管含む）に係る影響評価
- － 11 海水ストレーナ（下流設備含む）に係る影響評価
- － 12 海水取水設備に係る影響評価
- － 13 計測制御系統施設（安全保護系計器ラック）に係る影響評価
- － 14 換気空調設備（給気系外気取入口）に係る影響評価
- － 15 主蒸気逃がし弁消音器に係る影響評価
- － 16 主蒸気安全弁排気管に係る影響評価
- － 17 タービン動補助給水ポンプ蒸気大気放出管に係る影響評価
- － 18 ディーゼル発電機に係る影響評価
- － 19 格納容器排気筒及び補助建屋排気筒に係る影響評価
- － 20 制御用空気圧縮機に係る影響評価
- － 21 間接的影響の評価結果

(参考)

- － 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 自然現象の組み合わせの評価
- － 3 降下火砕物と積雪の重ね合わせの考え方について
- － 4 原子力発電所で使用する塗料について
- － 5 降下火砕物の金属腐食研究について
- － 6 ミニローリーに係る影響評価
- － 7 給水処理設備に係る影響評価
- － 8 降下火砕物のその他設備への影響評価について
- － 9 降下火砕物の除灰作業に要する時間について
- － 10 重油タンクからの燃料輸送について
- － 11 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6条において、外部からの衝撃による損傷防止として、安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならないとしており、敷地周辺の自然環境を基に想定される自然現象の一つとして、火山の影響を挙げている。

火山の影響により原子炉施設の安全性を損なうことのない設計であることを評価するため、火山影響評価を行い、原子炉施設へ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、図 1.1 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、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伊方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評価を行う。(図 1.2)

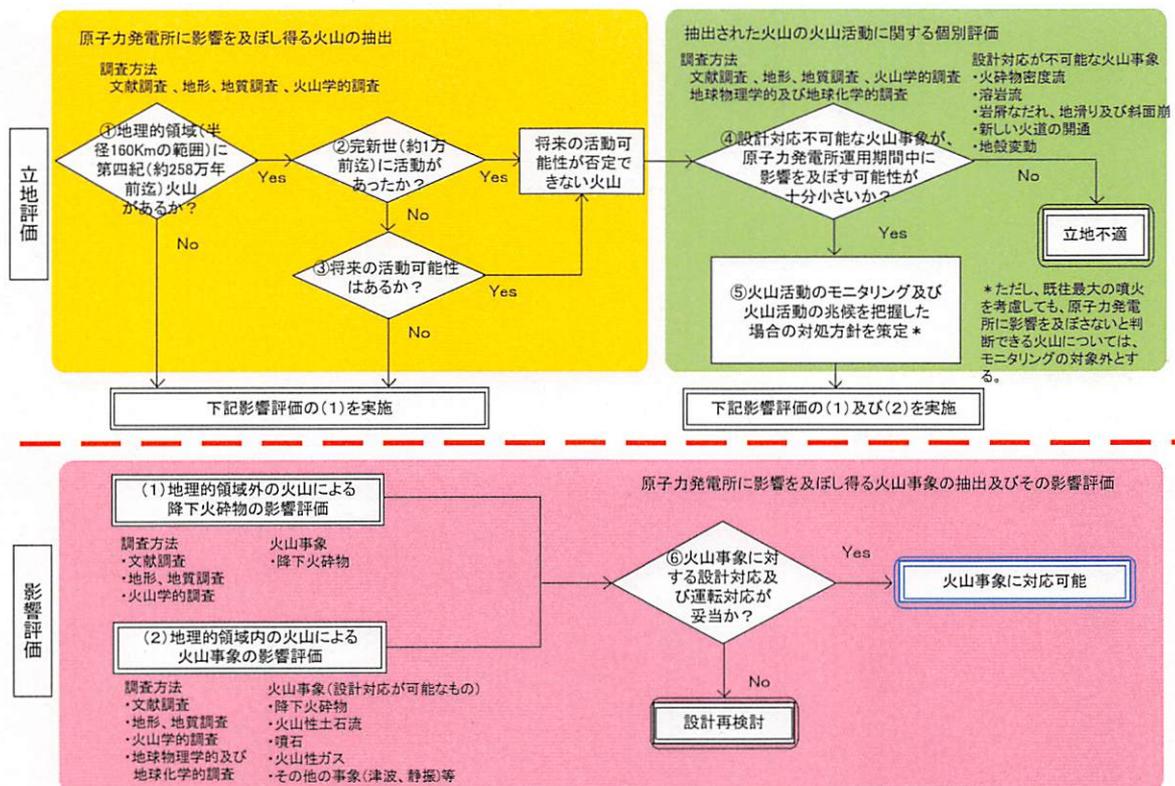


図 1.1 火山影響評価の基本フロー

「原子力発電所の火山影響評価ガイド」から抜粋

3.3 火山活動から防護する施設

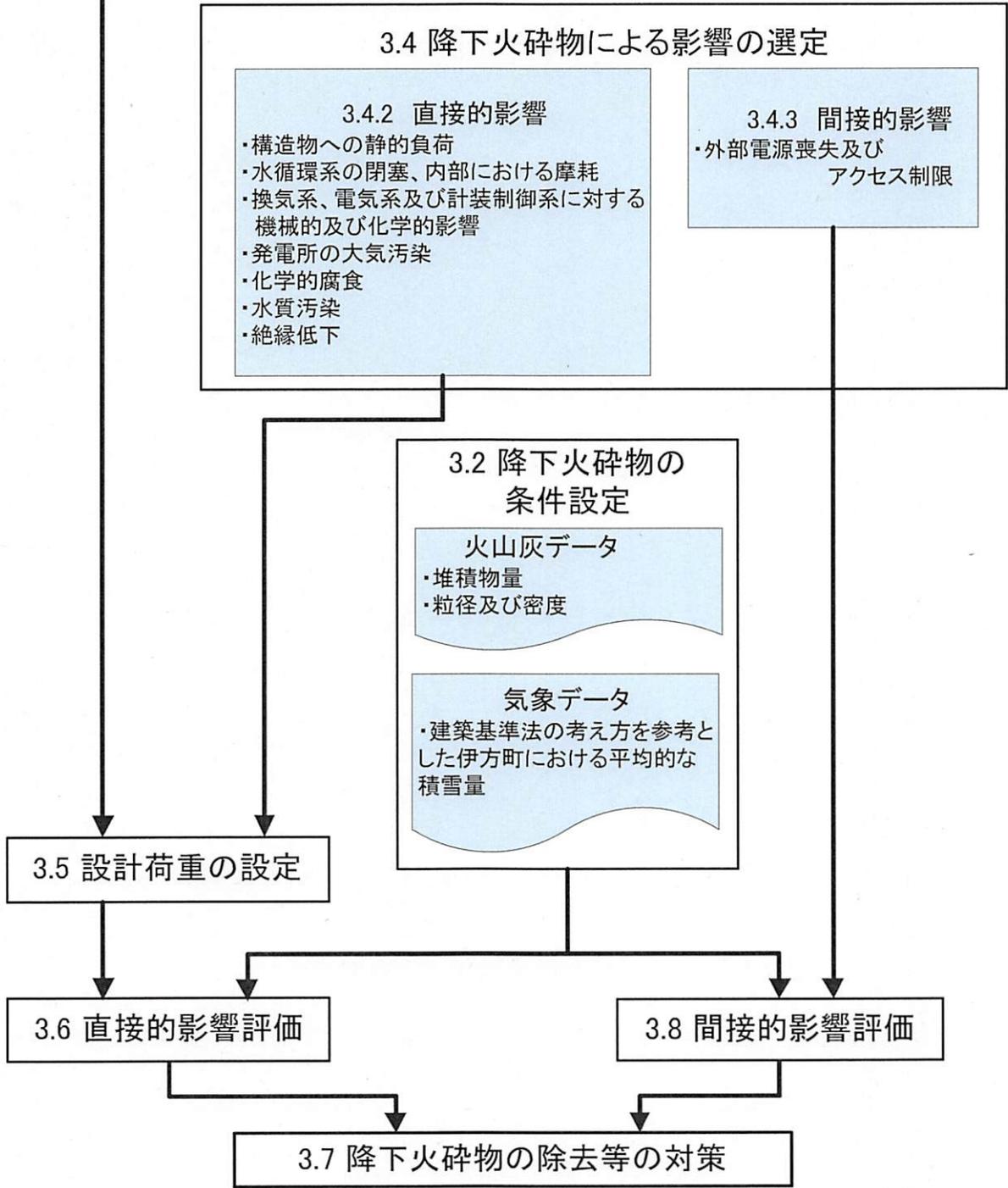


図 1.2 影響評価のフロー

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

「日本の火山（第3版）」（中野ほか編，2013）に約260万年前から現在までに活動した第四紀火山が収録されており，伊方発電所の立地する四国に第四紀火山は分布しないものの，海を隔てた九州や山口県に分布しており，地理的領域内に42の第四紀火山が分布する。これらのうち完新世に活動を行った火山は，敷地との距離が近いものから，鶴見岳（85km），由布岳（89km），九重山（108km），阿蘇（130km），阿武火山群（130km）であり，「日本活火山総覧（第4版）」（気象庁編，2013）において活火山と定義されている。これらの5火山は原子力発電所に影響を及ぼし得る火山であり，発電所運用期間中の活動の可能性を考慮する。また，完新世に活動を行っていない火山のうち，姫島（65km），高平火山群（89km）は活火山ではないものの，火山活動が終息する傾向が明確ではなく，将来の火山活動可能性が否定できないため，原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出する。

一方，残りの35火山はいずれも活動年代が古く，最新活動からの経過期間が過去の最大休止期間より長い等より，将来の火山活動可能性は無いと評価する。

（資料－1）

2.2 抽出された火山の火山活動に関する個別評価

完新世に活動を行った5火山（鶴見岳，由布岳，九重山，阿蘇，阿武火山群）及び火山活動が終息する傾向が顕著でない2火山（姫島，高平火山群）について評価した結果，火砕物密度流については，個々の火山における過去の火砕流堆積物の分布は九州あるいは山口県の内陸部に限定され，発電所に影響を及ぼす可能性はない。溶岩流及び岩屑なだれについては，いずれの火山も敷地から50km以遠に位置するので影響ない。新しい火口の開口及び地殻変動については，敷地は山口県から別府湾に至る火山フロントから十分な離隔があり，問題となるものではない（表2.1）。

以上より，設計対応不可能な火山事象の敷地への到達はなく，伊方発電所の立地に問題はないと評価される。

（資料－2）

表 2.1 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	敷地からの距離	火砕物密度流(160km以内)		溶岩流(50km以内)	岩屑なだれ(50km以内)	新しい火口の開口	地殻変動
			参考文献・データ				
鶴見岳※1	85km	○ 大規模火砕流は認められず，発電所に影響を及ぼす可能性はない	町田・新井(2011) 星住ほか(1988)	調査対象外		敷地は山口県から別府湾に至る火山フロントから十分な離隔があり，発電所運用期間中に影響を及ぼす可能性はない	敷地は山口県から別府湾に至る火山フロントから十分な離隔があり，発電所運用期間中に影響を及ぼす可能性はない
高平火山群	89km	○ 大規模火砕流は認められず，発電所に影響を及ぼす可能性はない	町田・新井(2011)				
由布岳	89km	○ 大規模火砕流は認められず，発電所に影響を及ぼす可能性はない	町田・新井(2011)				
九重山	108km	○ 火砕流堆積物の分布は九州内陸部に限られ，発電所に影響を及ぼす可能性はない	鎌田(1997)				
阿蘇	130km	○ 阿蘇山起源の火砕流堆積物の分布は阿蘇カルデラ内に限られ，阿蘇4火砕流も敷地まで達しておらず，発電所に影響を及ぼす可能性はない	町田・新井(2011) 小野・渡辺(1985) 地質調査結果				
阿武火山群	130km	○ 大規模火砕流は認められず，発電所に影響を及ぼす可能性はない	町田・新井(2011)				
姫島※2	65km	○ 大規模火砕流は認められず，発電所に影響を及ぼす可能性はない	町田・新井(2011)				

※1 高平火山群を包含

※2 姫島は発電所運用期間中に噴火しないと評価

○：発電所に影響を及ぼす可能性はない

×：発電所に影響を及ぼす可能性がある

3. 影響評価

3.1 火山事象の影響評価

鶴見岳，由布岳，九重山，阿蘇，阿武火山群の5火山について発電所運用期間中の活動可能性を考慮し，発電所の安全性に影響を与える可能性のある火山事象について検討した（表3.1）。なお，降下火砕物については，地理的領域外の火山も含めてその影響を検討した。

敷地南東に位置する宇和盆地中心部におけるボーリング調査結果より，地理的領域外の火山を含めた九州のカルデラ火山による広域火山灰の信頼性の高い地質データが得られている。本ボーリングコア中に含まれる厚さ5cmを超える降下火山灰はいずれも九州のカルデラ火山を起源とする広域火山灰であり，発電所運用期間中に同規模の噴火の可能性は十分低く，これらの降下火砕物が敷地に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価される。

町田・新井(2011)によると，地理的領域内の火山による降下火山灰の等層厚線図として，九重山を給源とする九重第一軽石と阿蘇山を給源とする草千里ヶ浜軽石が示されている。九重第一軽石は東南東方向に細長い分布を示し，四国南西端の宿毛市で火山灰の報告がある（熊原・長岡，2002）。一方，草千里ヶ浜軽石は阿蘇山を中心とする同心円状の分布を示し，四国における報告は見られない（図3.1）。

地質調査結果に基づき敷地周辺の連続した細粒堆積物について検討した結果，宇和盆地の連続した細粒堆積物中に九重第一軽石と対応する火山灰層は認められず，敷地付近における火山灰の降下厚さはほぼ0cmと評価される。

また，九重第一軽石と同等の噴火が起こった時に，現在の気象条件を考慮して敷地にどのような降灰が想定されるかを降下火山灰シミュレーションによって検討した結果，敷地における降下厚さはほぼ0cmと評価されるものの，風向きによっては敷地において厚さ数cmの降下火山灰が想定される。ここで，九重第一軽石の等層厚線図と解析結果を比較すると，給源から遠方（敷地相当）への火山灰到達を概ね再現できているものの，給源付近については厚い火山灰が降下する領域の面積がやや小さい傾向がある。

そこで，長岡・奥野(2014)を参照して噴出量を既存の知見より大きく 6.2km^3 とした場合の解析を行った結果，敷地における降下厚さは0～数cmと評価され，各種の不確かさを考慮すると敷地において最大14cmと評価

される。原子力安全に対する信頼向上の観点から、既存の知見を上回る噴出量を考慮し、敷地において考慮すべき降下火砕物の厚さを保守的に 15cm と評価する（表 3.2）。

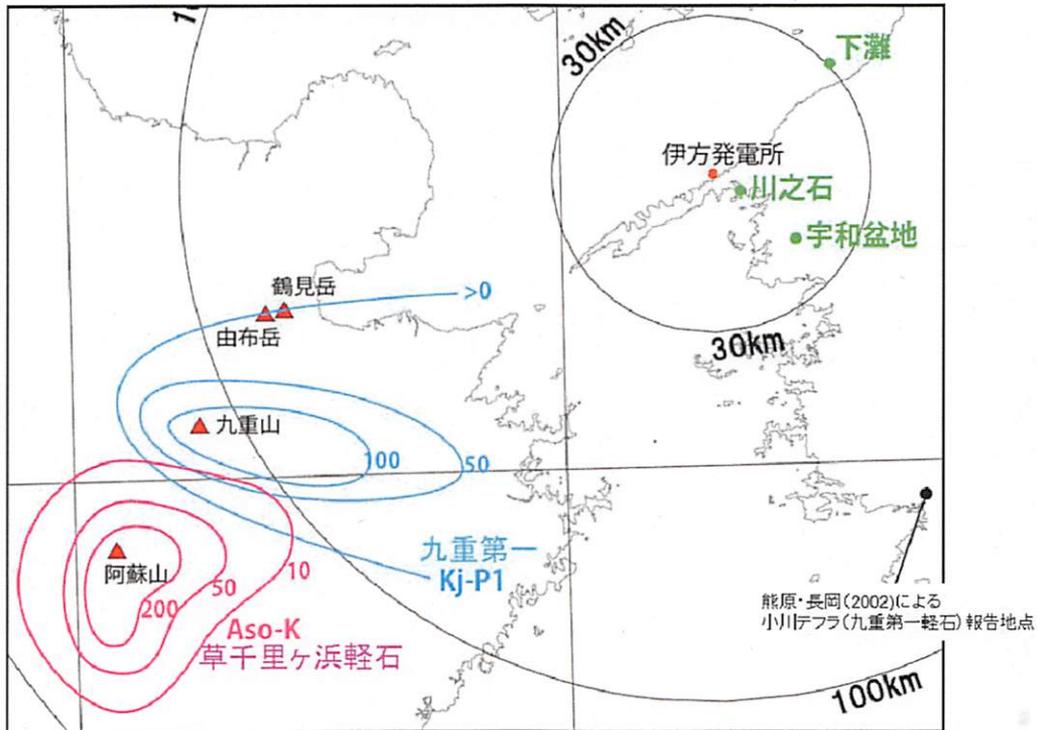
宇和盆地における火山灰の試験結果から、密度は乾燥状態で $0.665\text{g}/\text{cm}^3$ 、湿潤状態で $1.323\text{g}/\text{cm}^3$ であり、粒径は 1 mm 以下が主体である。また、高知県宿毛市で報告された九重第一軽石は中～細粒砂サイズとされており、粒径は 0.5mm 以下である。降下火砕物の諸元について、地質調査結果及び文献調査結果に基づき、乾燥密度を $0.5\text{g}/\text{cm}^3$ 、湿潤密度を $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ 、粒径を 1 mm 以下として設備の影響評価を行う。

以上を踏まえ、降下火砕物の設計条件を表 3.3 に示す。

(資料-3)

表 3.1 安全性に影響を与える可能性のある火山事象の抽出

火山事象	検対象火山	影響の有無	評価方針
1. 降下火砕物	160km 内外の火山	有	地質調査およびシミュレーションによる
2. 火砕物密度流	なし (160km 以内)	無	立地評価にて評価済み
3. 溶岩流	なし (50km 以内)	無	立地評価にて評価済み
4. 岩屑なだれ	なし (50km 以内)	無	立地評価にて評価済み
5. 火山土石流	3 火山 (120km 以内)	無	土石流は海を隔てた四国に達しない
6. 火山から発生する飛来物	なし (10km 以内)	無	—
7. 火山ガス	5 火山 (160km 以内)	無	火山ガスが滞留する地形条件でない
8. 新しい火口の開口	なし (火山フロントと隔離)	無	立地評価にて評価済み
9. 津波	鶴見岳	無	入力津波に包含を確認 (山体崩壊を考慮)
10. 大気現象	5 火山	無	火山との隔離を確認
11. 地殻変動	なし (火山フロントと隔離)	無	立地評価にて評価済み
12. 火山性地震	5 火山	無	基準地震動に包含を確認
13. 熱水系	5 火山	無	火山フロントとの隔離を確認



※火山灰厚さの等層厚線図は「新編 火山灰アトラス(町田・新井, 2011)から転記

図 3.1 地理的領域内の火山による降下火山灰の文献調査

表 3.2 設計で考慮する火山灰厚さの検討

敷地からの距離		108km	
イベント名		九重第一軽石	
イベント年代		50ka	
地質調査に基づく敷地付近の火山灰厚さ		ほぼ0cm	
噴出量		2.03km ³	6.2km ³
降下火山灰 シミュレーション による 火山灰層厚	月別平年値の風	平均0.5cm (最大2.2cm)	平均1.5cm (最大6.9cm)
	不確かさの考慮	最大4.5cm	最大14.0cm

表 3.3 降下火砕物の設計条件

項目	設定	備考
層厚	15cm	鉛直荷重に対する健全性評価に使用
密度	0.5g/cm ³ ~ 1.5g/cm ³ (乾燥状態) (湿潤状態)	
堆積荷重	735N/m ² ~ 2,205N/m ² (乾燥状態) (湿潤状態)	
粒径	粒径 1 mm 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

将来の活動可能性が否定できない火山について、伊方発電所の運用期間中の噴火規模を考慮し、伊方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）外の広範囲に影響を及ぼす降下火砕物に対し、防護すべき設計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 火山活動から防護する施設

降下火砕物の影響から防護する施設は、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」で規定されているクラス1、クラス2及びクラス3に該当する構築物、系統及び機器とする。

さらに、当該施設が降下火砕物の影響により安全機能を損なわないよう、降下火砕物の影響を設計に考慮すべき施設（以下「設計対象施設」という。）として、各施設の構造や設置状況等を考慮して設計対象施設を以下のとおり抽出する。

(1) クラス1及びクラス2に属する構築物、系統及び機器

ア. クラス1及びクラス2に属する施設を内包する建屋

イ. 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も含む）

ウ. 屋外に開口している施設（降下火砕物を含む空気の流路となる施設）

エ. 外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設

(2) クラス3に属する施設

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

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

（図3.1 設計対象施設抽出フロー、表3.3 設計対象施設、表3.4 設計対象施設の抽出について、図3.2 設計対象施設）

また、降下火砕物の間接的影響を考慮し、原子炉の高温停止、低温停止に必要な機能を達成するために必要となる設備を設計対象施設として抽出した。（参考資料－1）

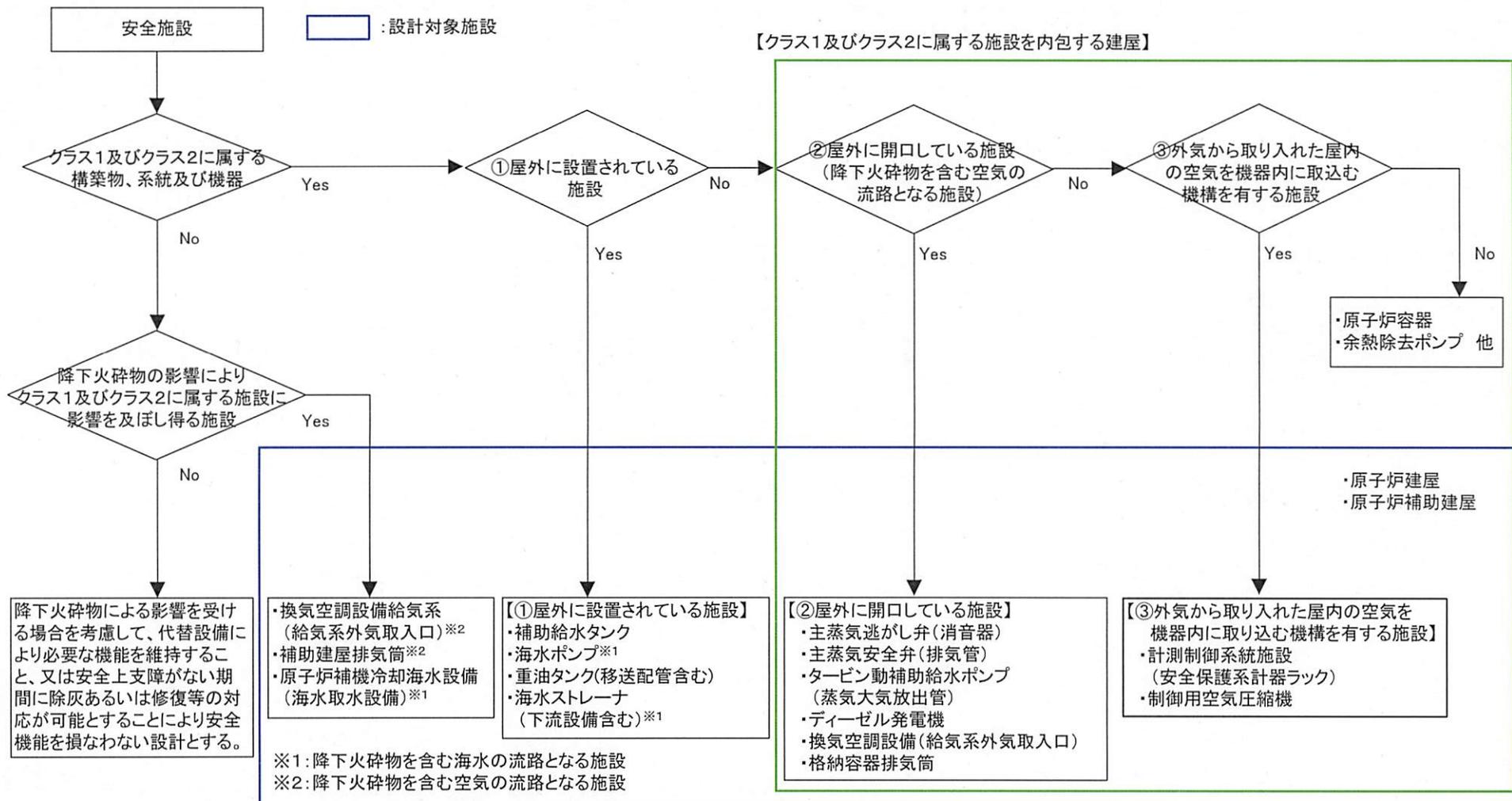


図 3.1 設計対象施設の抽出フロー

表 3.3 設計対象施設

施設区分	設計対象施設
クラス1及びクラス2に属する構築物、系統及び機器	
クラス1及びクラス2に属する施設を内包する建屋	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉建屋 ・原子炉補助建屋
屋外に設置されている施設	<ul style="list-style-type: none"> ・海水ポンプ ・海水ストレーナ ・補助給水タンク ・重油タンク
降下火砕物を含む海水の流路となる施設	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉補機冷却海水設備（海水ポンプ、海水ストレーナ）
降下火砕物を含む空気の流路となる施設	<ul style="list-style-type: none"> ・主蒸気逃がし弁（消音器） ・主蒸気安全弁（排気管） ・タービン動補助給水ポンプ（蒸気大気放出管） ・ディーゼル発電機機関、ディーゼル発電機（吸気消音器） ・格納容器排気筒 ・換気空調設備（給気系外気取入口） 〔中央制御室給気系、ディーゼル発電機室給気系、安全補機開閉器室給気系、電動補助給水ポンプ室給気系、制御用空気圧縮機室給気系〕
外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設	<ul style="list-style-type: none"> ・計測制御系統施設（安全保護系計器ラック） ・制御用空気圧縮機
クラス3に属する施設	
降下火砕物の影響によりクラス1及びクラス2に属する施設に影響を及ぼし得る施設	<ul style="list-style-type: none"> ・補助建屋排気筒 ・原子炉補機冷却海水設備（海水取水設備） ・換気空調設備（給気系外気取入口） 〔補助建屋給気系、制御棒クラスタ駆動装置電源室給気系、タービン動補助給水ポンプ室給気系、主蒸気配管室給気系〕

表 3.4 設計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（火山灰）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機器内に取り込む機構を有する施設）	機能を喪失することで、上位の安全重要度の施設に影響を及ぼし得る施設	設計対象施設
	定義	機能	構築物、系統又は機器			
MS-1	1) 工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能 2) 安全上必須なその他の構築物、系統及び機器	1) 安全上特に重要な関連機能	安全保護系	・ 計測制御系統施設 （安全保護系計器ラック）	—	・ 計測制御系統施設 （安全保護系計器ラック）
			MS-1関連のもの 制御室及びその遮へい・換気空調系 （中央制御室非常用給気系等）	・ 中央制御室給気系	—	・ 中央制御室給気系
			MS-1関連のもの 原子炉補機冷却水系	—	・ 補助建屋給気系	・ 補助建屋給気系（再掲）
			MS-1関連のもの 原子炉補機冷却海水系（海水ポンプ等）	・ 海水ポンプ ・ 海水ストレナ	—	・ 海水ポンプ ・ 海水ストレナ
			MS-1関連のもの 非常用所内電源系（ディーゼル発電機等）	・ ディーゼル発電機 ・ 重油タンク ・ ディーゼル発電機給気系	—	・ ディーゼル発電機 ・ 重油タンク ・ ディーゼル発電機給気系
			MS-1関連のもの 非常用所内電源系（安全補機開閉器等） 直流電源系	・ 安全補機開閉器給気系	—	・ 安全補機開閉器給気系（再掲）
			MS-1関連のもの 制御用空気圧縮設備	・ 制御用空気圧縮機給気系 ・ 制御用空気圧縮機	—	・ 制御用空気圧縮機給気系 ・ 制御用空気圧縮機

表 3.4 設計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(火山灰)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機器内に取り込む機構を有する施設)	機能を喪失することで、上位の安全重要度の施設に影響を及ぼし得る施設	設計対象施設
	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 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) 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。)	化学体積制御設備の抽出系・浄化系	-	-	・補助建屋給気系 ・補助建屋給気系 (再掲)
		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) 放射性気体廃棄物処理系	-	-	・補助建屋給気系 ・補助建屋給気系 (再掲)
		3) 燃料を安全に取り扱う機能	使用済燃料ピット (使用済燃料ラックを含む。) 燃料取扱設備	-	-	-
		1) 安全弁及び逃がし弁の吹き止まり機能	吹き止まり機能に関連する部分 加圧器安全弁 加圧器逃がし弁	-	-	-
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 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) 燃料プール水の補給機能	使用済燃料ピット補給水系	-	-	-
		2) 放射性物質放出の防止機能	燃料集合体落下事故時放射能放出を低減する系	-	-	・補助建屋給気系 ・補助建屋給気系 (再掲)
		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 格納容器エアモニタ	-	-	-
		2) 異常状態の緩和機能	加圧器逃がし弁 (手動閉閉機能) 加圧器ヒータ (後備ヒータ) 加圧器逃がし弁元弁	-	-	-
	3) 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)	-	-	-	

表 3.4 設計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（火山灰）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 内の空気を機器内に取り込む機構を有する 施設）	機能を喪失することで、上位の安全重要度 の施設に影響を及ぼし得る施設	設計対象施設	
	定義	機能	構築物、系統又は機器				
PS-3	1) 異常状態の起因事象となるも のであって、PS-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 (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	1次冷却材ポンプ及びその関連系	-	-	-	
		3) 放射性物質の貯蔵機能	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) 液体廃棄物処理系 固体廃棄物処理系	-	-	・補助建屋排気筒 ・補助建屋給気系	・補助建屋排気筒 ・補助建屋給気系（再掲）
		4) 電源供給機能（非常用を除く）	主蒸気系（隔離弁以後） 給水系（隔離弁以前） 発電機、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、原子炉計装、プロセス計装	-	-	-	-
		6) プラント運転補助機能	補助蒸気系 制御用圧縮空気設備（MS-1以外） 熱受冷却水系等	-	-	・海水取水設備	・海水取水設備
	2) 原子炉冷却材中放射性物質濃 度を通常運転に支障のない程 度に低く抑える構築物、系統 及び機器	1) 核分裂生成物の原子炉冷却材 中への放散防止機能	燃料被覆管	-	-	-	-
		2) 原子炉冷却材の浄化機能	化学体積制御設備の浄化系（浄化機能） 冷却材流床式脱塩塔	-	-	-	-
	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	加圧器逃がし弁（自動操作）	-	-	-
			2) 出力上昇の抑制機能	タービンランバック系 原子炉制御系計器ラック 制御棒引抜阻止インターロック 原子炉制御系計器ラック	-	-	-
3) 原子炉冷却材の補給機能			化学体積制御設備の充てん系 ほう酸補給タンク 1次冷却系補給水設備	-	-	-	-
2) 異常状態への対応に必要な構 築物、系統及び機器		1) 緊急時対策上重要なもの及び 異常状態の把握機能	原子力発電所緊急時対策所、試料採取系、通信連絡設備、放 射線監視設備、事故時監視計器の一部、消火系、安全避難通 路、非常用照明	-	-	-	-

6条(火山)-別添 1-17

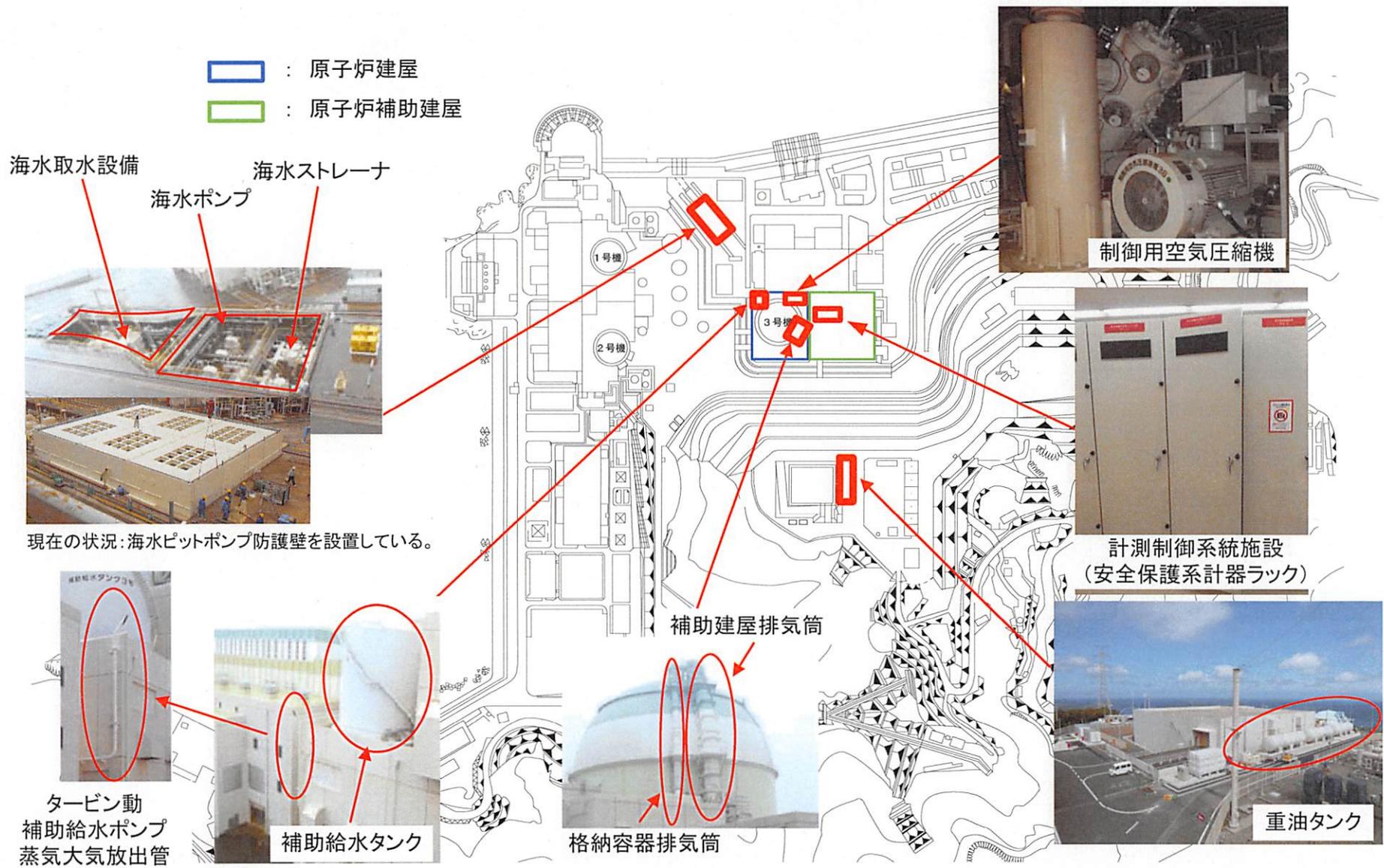


図 3.2 設計対象施設 (1 / 2)

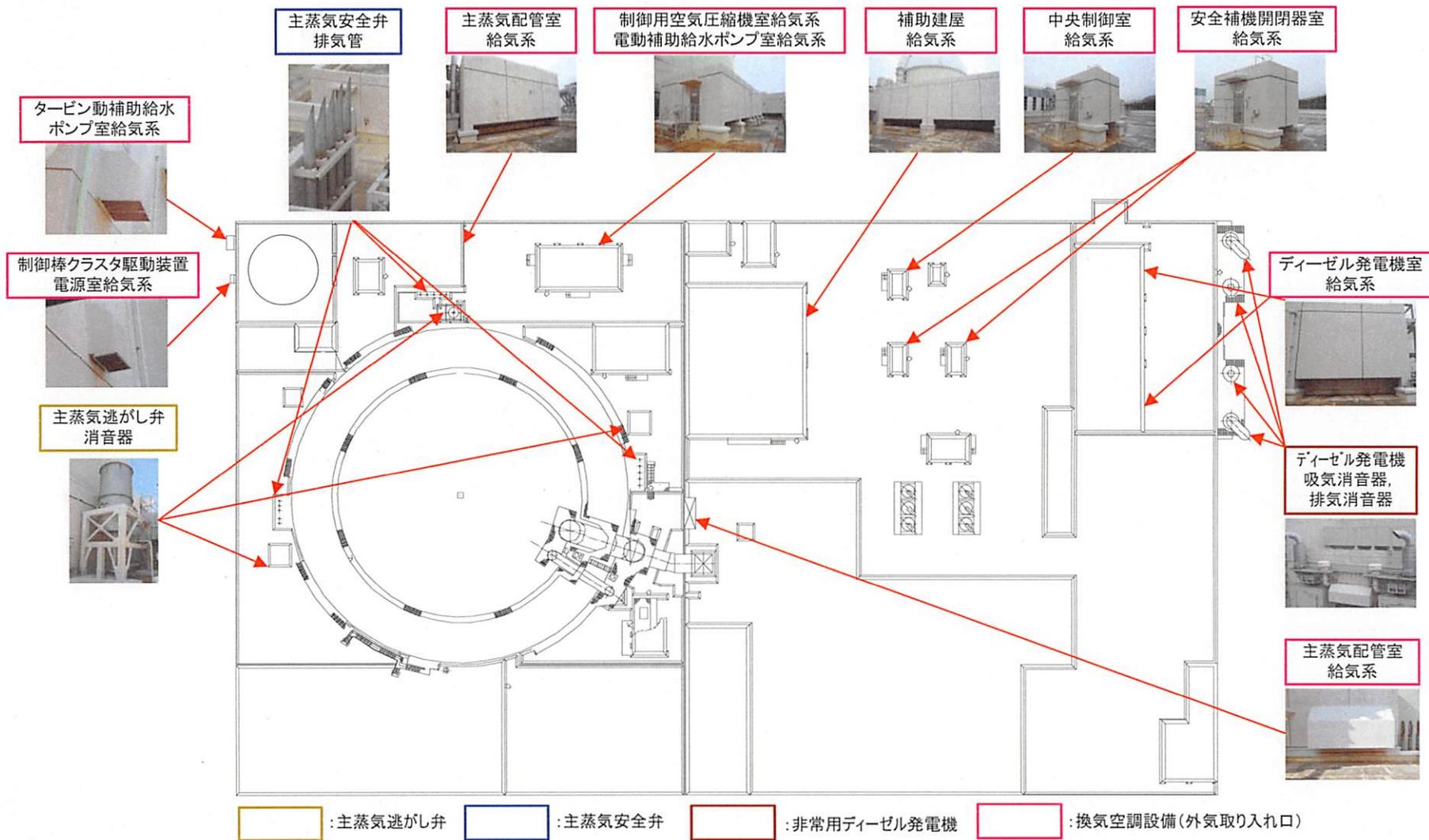


図 3.2 設計対象施設(2 / 2)

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設計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。）とそれ以外の影響（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，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。

（資料－4）

3.4.2 直接的影響

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

(1) 荷重

「荷重」について考慮すべき影響因子は，建屋又は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」，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、給水等に使用する発電所周辺の海水及び渓流水に降下火砕物が混入することによる汚染が考えられるが、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海水及び渓流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。

(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。

(資料－5)

3.4.3 間接的影響

(1) 外部電源喪失及びアクセス制限

降下火砕物によって発電所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。

3.5 設計荷重の設定

設計荷重は、以下のとおり設定する。

(1) 設計対象施設に常時作用する荷重，運転時荷重

設計対象施設に常時作用する荷重，運転時荷重を適切に組み合わせる。

(2) 設計基準事故時荷重

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

また、降下火砕物の降灰と設計基準事故が同時に発生する頻度は十分小さいことから、設計基準事故時荷重と降下火砕物との組み合わせは考慮しない。

(3) その他の自然現象の影響を考慮した荷重の組み合わせ

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

(参考資料－2～3)

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、設計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、影響を受ける各設計対象施設が安全機能を損なわない以下の設計とする。
(資料－6)

3.6.1 安全機能を有する施設を内包する建屋及び安全機能を有する屋外施設の構造健全性の維持（荷重）に対する設計方針

(1) 構造物への静的負荷

設計対象施設のうち、降下火砕物が堆積する建屋及び屋外施設は、以下である。

- ・クラス1及びクラス2に属する施設を内包する建屋
原子炉建屋，原子炉補助建屋
- ・屋外に設置されている施設
補助給水タンク，海水ポンプ，海水ストレーナ

当該施設の許容荷重が、降下火砕物による荷重に対して安全裕度を有することにより、構造健全性を失わず安全機能を損なわない設計とする。

なお、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、建築基準法による短期許容応力度を許容限界とする。

また、建屋を除く設計対象施設においては、許容応力を「日本工業規格」，「日本機械学会の基準・指針類」及び「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987（日本電気協会）」に準拠する。

(2) 粒子の衝突

設計対象施設のうち、建屋及び屋外施設は、降下火砕物の衝突によって構造健全性が失われないことにより、安全機能を損なわない設計とする。

なお、粒子の衝突による影響については、「竜巻防護に対する防護」で評価している設計飛来物に包絡される。

(資料－7～9)

3.6.2 降下火砕物による荷重以外の機能維持に対する設計方針

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(摩耗, 閉塞)及び化学的影響(腐食)等がある。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. に示し, これ以外は以下のとおり安全機能を損なわない設計とする。

(1) 構造物への化学的影響(腐食)

設計対象施設のうち, 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, 以下に示すとおり, 直接的な付着による影響が考えられる施設である。

- ・クラス 1 及びクラス 2 に属する施設を内包する建屋
原子炉建屋, 原子炉補助建屋
- ・屋外に設置されている施設
補助給水タンク, 重油タンク, 海水ポンプ, 海水ストレーナ

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, 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 - 7 ~ 10, 参考資料 - 4 ~ 5)

(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)

設計対象施設のうち, 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, 以下である。

- ・降下火砕物を含む海水の流路となる施設
原子炉補機冷却海水設備(海水ポンプ, 海水ストレーナ等)

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とともに, 海水ストレーナ及び軸受潤滑水ストレーナ等により流入する降下火砕物を捕獲・除去することにより, 流路及

びポンプ軸受部の狭隘部等が閉塞しない設計とする。

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、降灰時の特別点検、その後の日常保守管理により、状況に応じて補修が可能であり、摩耗により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、腐食により安全機能を損なうことのない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

（資料－ 9， 11～12， 参考資料－ 4～ 5）

(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）

設計対象施設のうち、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、以下である。

- ・屋外に設置されている施設
海水ポンプ（モータ）

機械的影響（閉塞）については、海水ポンプ（モータ）本体は外気と遮断された全閉構造、空気冷却器冷却管は降下火砕物が侵入し難い外気を下方向から取り込む構造とすることにより、降下火砕物が侵入し難いことから、機械的影響（閉塞）により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、腐食により安全機能を損なうことのない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

（資料－ 9， 参考資料－ 4～ 5）

(4) 絶縁低下

設計対象施設のうち、絶縁低下を考慮すべき施設は、以下である。

- ・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

計測制御系統施設（安全保護系計器ラック）

当該機器の設置場所は安全補機開閉器室空調装置にて空調管理されており、本換気空調設備の外気取入口には平型フィルタを設置し、これに加えて下流側にさらに細かな粒子を捕集可能な粗フィルタを設置していることから、降下火砕物の侵入に対して他の換気空調設備に比べて高い防護性能を有している。

また、本換気空調設備については、外気取入ダンパを閉止することで、安全補機開閉器室内への降下火砕物の侵入を防止することも可能である。

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による影響を防止し、計測制御系統施設（安全保護系計器ラック）の安全機能を損なわない設計とする。

（資料－13）

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）

設計対象施設のうち、外気取入口からの降下火砕物の侵入による機械的影響（閉塞）を考慮すべき施設は、以下である。

・降下火砕物を含む空気の流路となる施設

主蒸気逃がし弁（消音器）、主蒸気安全弁（排気管）、タービン動補助給水ポンプ（蒸気大気放出管）、ディーゼル発電機機関、ディーゼル発電機（吸気消音器）、換気空調設備、格納容器排気筒及び補助建屋排気筒

各施設の構造上の対応として、ディーゼル発電機（吸気消音器）及び換気空調設備の外気取入れ口は開口部を下向きの構造とすること、また主蒸気逃がし弁（消音器）、主蒸気安全弁（排気管）、タービン動補助給水ポンプ（蒸気大気放出管）、格納容器排気筒及

び補助建屋排気筒は開口部や配管の形状等により、降下火砕物が流路に侵入しにくい設計とする。

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

格納容器排気筒及び補助建屋排気筒は、排気により降下火砕物が侵入しにくい設計とし、降下火砕物が侵入した場合でも、排気筒の構造から排気流路が閉塞しない設計とする。また、降下火砕物が侵入した場合でも、排気筒内部の点検、状況に応じた除去等の対応が可能な設計とする。

また、外気を取り入れる換気空調設備及びディーゼル発電機（吸気消音器）にそれぞれフィルタを設置することにより、フィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とし、さらに降下火砕物がフィルタに付着した場合でも取替え又は清掃が可能な構造とすることで、降下火砕物により閉塞しない設計とする。

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－14～19）

(2) 機械的影響（摩耗）

設計対象施設のうち、降下火砕物による機械的影響（摩耗）を考慮すべき施設は、以下である。

- ・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及び摺動部を有する施設

ディーゼル発電機機関、制御用空気圧縮機

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、開口部を下向きとすることにより侵入しにくい構造とし、仮に当該施設の内部に降下火砕物が侵入した場合でも耐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。

外気を取り入れる換気空調設備及びディーゼル発電機（吸気消音

器)にそれぞれフィルタを設置することにより、フィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とし、また換気空調設備においては、前述のフィルタの設置、さらに外気取入ダンパの閉止、換気空調設備の停止により、建屋内への降下火砕物の侵入を防止し、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。

(資料-14, 18, 20)

(3) 化学的影響 (腐食)

設計対象施設のうち、降下火砕物による化学的影響 (腐食) を考慮すべき施設は、以下である。

・降下火砕物を含む空気の流路となる施設

主蒸気逃がし弁 (消音器)、主蒸気安全弁 (排気管)、タービン動補助給水ポンプ (蒸気大気放出管)、ディーゼル発電機、換気空調設備、格納容器排気筒及び補助建屋排気筒

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

(資料-19, 参考資料-4~5)

(4) 大気汚染 (発電所周辺の大気汚染)

降下火砕物により汚染された発電所周辺の大気が、中央制御室換気空調設備の外気取入口を通じて中央制御室に侵入しないよう、外気取入口のガラリを下向きの構造とし、さらに平型フィルタを設置することにより、降下火砕物が外気取入口に到達した場合であってもフィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とする。

これに加えて下流側にさらに細かな粒子を捕集可能な粗フィルタを設置していることから、降下火砕物の侵入に対して他の換気空調設備に比べて高い防護性能を有している。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。

また、中央制御室空調設備については、外気取入ダンパの閉止及び閉回路循環運転を可能とすることにより、中央制御室内への降下

火砕物の侵入を防止すること，さらに外気取入遮断時において室内の居住性を確保するため，酸素濃度及び二酸化炭素濃度の影響評価を実施することにより，安全機能を損なわない設計とする。

(資料-14)

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、図 3.3 のフローのとおり段階的に対応することとしている。その体制については、地震、津波、火山噴火等の自然災害に対し、保安規定に基づく保安管理体制として整備し、その中で体制の移行基準、活動内容についても明確にする。なお、多くの火山では、噴火前に、震源の浅い火山性地震の頻度が急増し、火山性微動の活動が始まるため、事前に対策準備が可能である。

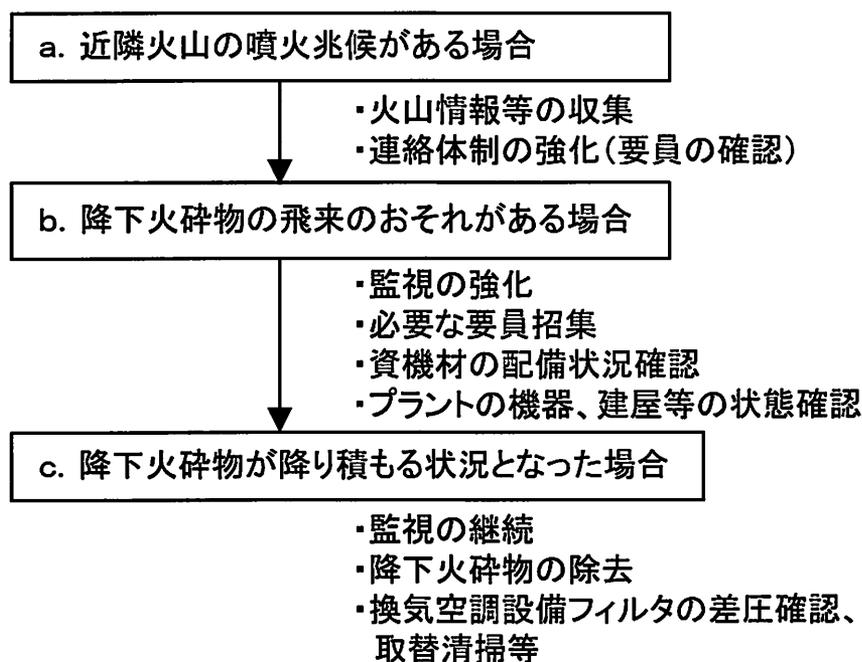


図 3.3 降下火砕物に対応するための運用管理フロー

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 4（避難準備）が発表された場合、防災課長は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. 近隣火山が噴火して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）が発表された場合、防災課長は、発電所の保安管理体制下において、資機材の配備状況確認等に必要な要員を招集する。

また、換気空調設備の取替用フィルタの配備状況を確認するとともに、アクセスルート・屋外廻りの機器・屋外タンク・建屋等の火山灰の除去のため、発電所内に保管しているホイールローダ（4台）・ダンプ

トラック（2台）・バックホウ（2台）・不整地運搬車（2台）・ほうき・スコップ・マスク等の資機材の配備状況の確認を行う。

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

近隣火山で噴火警戒レベル5（避難）が継続されており、かつ伊方発電所を含む地域に降灰予報が発表された場合、防災課長は、3.7.1 c. に示す異常時連絡体制に必要な要員を招集する。

c. 近隣火山が噴火して降下火砕物が降り積もる状況となった場合

降下火砕物の降灰が確認された場合、所長は「異常時連絡体制」を発令し、発電所連絡本部を設置する。

発電所連絡本部の指揮の下、プラント及び屋外廻りの監視を強化する。また、アクセスルート・屋外廻りの機器・屋外タンク・建屋等の降下火砕物の除去を行うとともに、換気空調設備のフィルタ差圧を確認し、フィルタの取替、清掃等を行う。

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が確保できなくなれば、非常準備体制に移行し、発電所災害対策本部の指揮の下、必要な処置を行う。

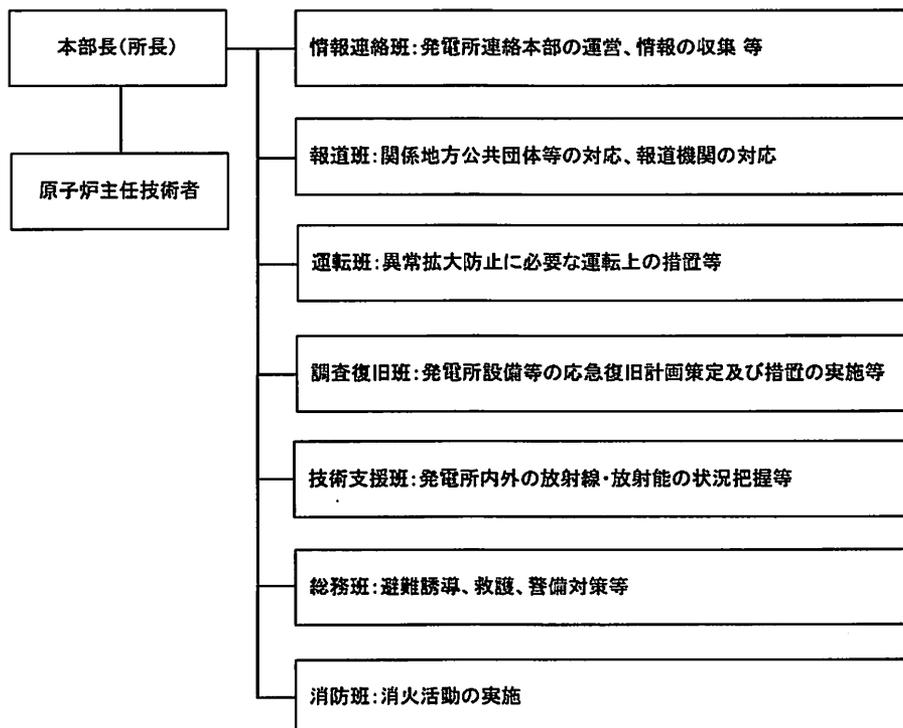


図 3.4 異常時連絡体制

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手順を定める。

- a. 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、設計対象施設等に堆積した降下火砕物の除灰を実施する。
- b. 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。
- c. 降灰が確認された場合には、換気空調設備の外気取入口の平型フィルタについて、平型フィルタ差圧を確認するとともに、状況に応じて清掃や取替えを実施する。

3.8 降下火砕物の間接的影響に対する設計方針

降下火砕物による間接的影響には、広範囲にわたる送電網の損傷による7日間の外部電源喪失、発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象に対し、原子炉の停止、並びに停止後の原子炉及び使用済燃料ピットの冷却に係る機能を担うために必要となる電源の供給がディーゼル発電機により継続でき、安全機能を損なわない設計とする。

(資料-21, 参考資料-10)

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恐れがある場合は、火山噴火対策を行うための体制を構築し、プラント及び屋外廻りの監視の強化、火山灰の除去等を実施する。

伊方発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

伊方発電所に影響を及ぼし得る火山を以下のとおり抽出する。

(1) 評価項目及び内容

伊方発電所に影響を及ぼし得る火山による火山現象の検討にあたっては、地理的領域である敷地から半径 160km 内の第四紀火山（258 万年前から現在までの期間に活動が認められる火山）について検討を行った。また、降下火砕物については、広域テフラの到達範囲も考慮し、地理的領域外の火山も含めてその影響を検討した。

(2) 評価結果

① 既往文献調査

地理的領域内の火山に関して、工業技術院地質調査所（以下、「地質調査所」という。）あるいは産業技術総合研究所地質調査総合センター（以下、「地質調査総合センター」という。）による文献として、20 万分の 1 地質図幅「山口及び見島^{みしま}」（松浦ほか，2007）、「中津^{なかつ}」（石塚ほか，2009）、「大分」（対馬・小野，1958）、「延岡^{のべおか}」（寺岡ほか，1981）、「小串^{こくし}」（尾崎ほか，2006）、「福岡」（久保ほか，1993）、「熊本」（星住ほか，2004）、「八代及び野母崎^{やつしろ のもぎき}の一部」（斎藤ほか，2010）、「50 万分の 1 地質図幅「福岡（第 3 版）」」（広川ほか，1976）、「鹿児島（第 2 版）」」（今井ほか，1980）、「100 万分の 1 日本地質図第 3 版」（地質調査総合センター，2003）、「200 万分の 1 地質編集図「日本の火山（第 3 版）」」（中野ほか編，2013）、「日本の火山」（地質調査総合センター，2014）、「第四紀火山岩体・貫入岩体データベース」（西来ほか編，2012）などがある。

また、その他の機関による主な文献としては、「日本の第四紀火山カタログ」（第四紀火山カタログ委員会編，1999）、「日本活火山総覧（第 4 版）」（気象庁編，2013）、「海域火山データベース」（海上保安庁海洋情報部，2015）、「新編 火山灰アトラス」（町田・新井，2011）、「日本第四紀地図」（日本第四紀学会編，1987）などがある。

これらの文献により、主に地理的領域内における第四紀火山の分布等を把握した。

② 活動可能性のある火山の抽出

地理的領域内における第四紀火山及び第四紀火山岩類の分布を図1に示す。敷地は、四国北西部に細長く延びる佐田岬半島の付け根付近の瀬戸内海側に位置する。山口県の内陸部から大分県の国東半島、別府湾沿岸へと連なる火山フロントはフィリピン海プレートの沈み込みと対応して発生する深発地震面の深さ約120kmの等深度線と対応している(鎌田ほか, 1988)。敷地は火山フロントから南東に大きく離れており、敷地を中心とする半径30km内に第四紀火山や第四紀火山岩類は分布しない。

「日本の火山(第3版)」(中野ほか編, 2013)に約260万年前から現在までに活動した第四紀火山が収録されており、地理的領域内に42の第四紀火山が分布する(表1)。これらのうち完新世に活動を行った火山は、敷地との距離が近いものから、鶴見岳(85km)、由布岳(89km)、九重山(108km)、阿蘇(130km)、阿武火山群(130km)であり、「日本活火山総覧(第4版)」(気象庁編, 2013)において活火山と定義されている。これらの5火山について原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として考慮する。また、完新世に活動を行っていない火山のうち、姫島(65km)、高平火山群(89km)は活火山ではないものの、火山活動が終息する傾向が明確ではなく、将来の火山活動可能性が否定できないため、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出する。

一方、残りの35火山はいずれも活動年代が古く、最新活動からの経過期間が過去の最大休止期間より長い等より、将来の火山活動可能性は無いと評価する。

以上

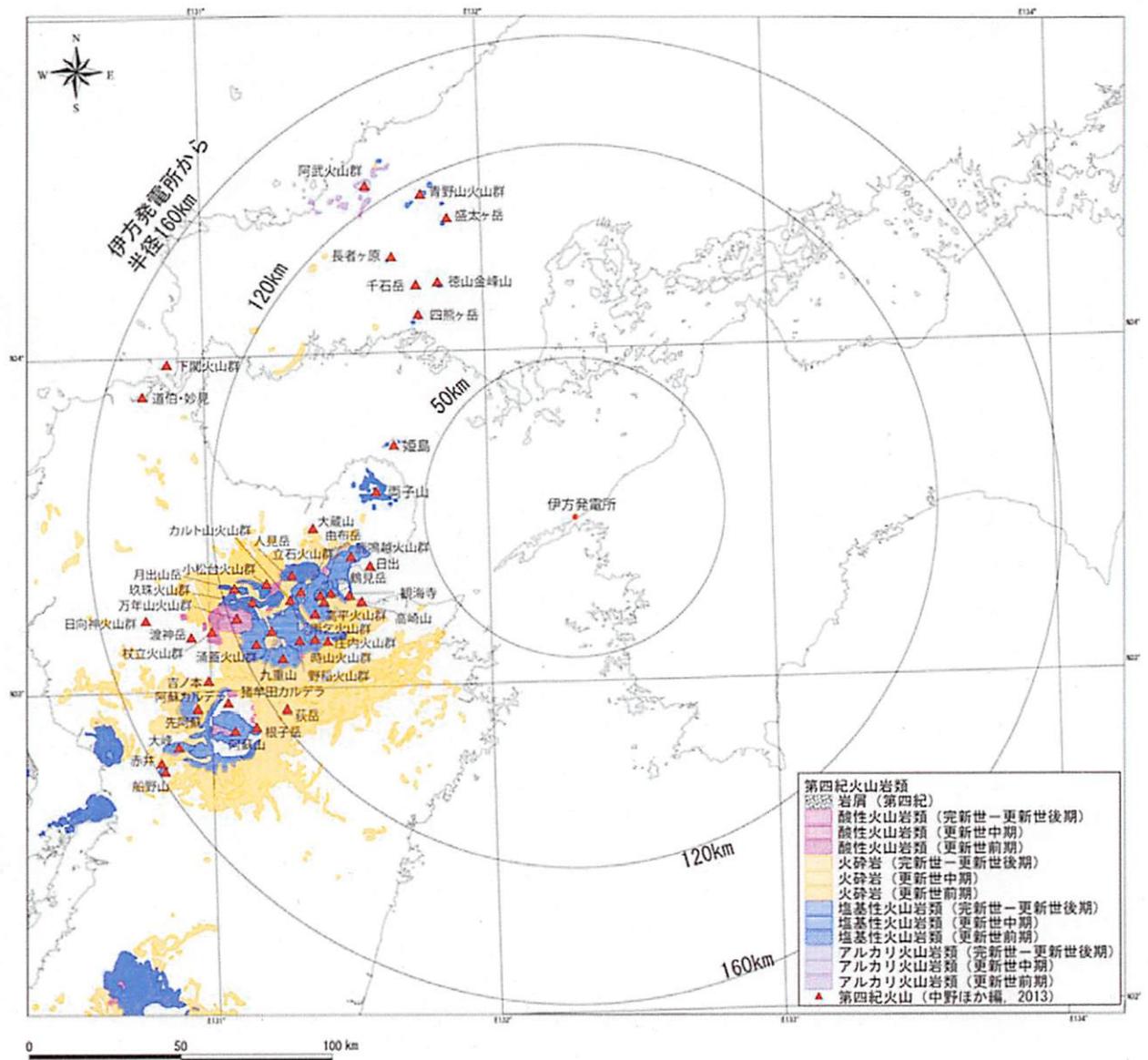


図1 敷地周辺の第四紀火山及び第四紀火山岩類分布図

表1 地理的領域内（半径160km内）の第四紀火山一覧

敷地からの距離 (km)		火山名*	活動期間あるいは最近の活動*	
10km以内 (噴石)	—	該当なし	—	
50km以内 (溶岩流, 岩屑なだれ)	—	該当なし	—	
160km以内 (火砕物密度流) (火山ガス)	120km以内 (火山土石流)	65 姫島	0.3-0.1 Ma	
		67 両子山	1.9-1.1 Ma	
		69 日出	0.4-0.3 Ma	
		76 鹿鳴越火山群	1.1-0.6 Ma	
		78 高崎山	0.5 Ma	
		81 観海寺	前期更新世?	
		85 鶴見岳	0.09 Ma以降	
		85 四熊ヶ岳	0.45 Ma	
		87 大蔵山	0.8 Ma	
		89 由布岳	0.09 Ma以降	
		89 高平火山群	0.5-0.15 Ma	
		89 徳山金峰山	0.43 Ma	
		92 雨乞火山群	0.6-0.4 Ma	
		92 庄内火山群	2.0-1.3 Ma	
		93 千石岳	0.6-0.5 Ma	
		95 立石火山群	0.6-0.2 Ma	
		96 時山火山群	0.9-0.6 Ma	
		96 人見岳	2.4-1.9 Ma	
		98 カルト山火山群	1.4-1.0 Ma	
		100 野稻火山群	0.6-0.3 Ma	
		102 小松台火山群	1.7-1.1 Ma	
		105 長者ヶ原	0.17 Ma	
		106 盛太ヶ岳	0.6 Ma	
		107 玖珠火山群	1.4-1.0 Ma	
		107 猪牟田カルデラ	1.0-0.85 Ma	
		108 九重山	0.2 Ma以降	
		113 万年山火山群	0.8-0.4 Ma	
		113 涌蓋火山群	1.0-0.4 Ma	
		118 月出山岳	2.6-2.0 Ma	
		118 青野山火山群	1.3-0.07 Ma	
		118 荻岳	0.1 Ma以前	
		124 杖立火山群	1.5-1.1 Ma	
		128	根子岳	0.14-0.12 Ma
		130	阿蘇 阿蘇カルデラ	0.27-0.09 Ma
		131	阿蘇 阿蘇山	0.09 Ma以降
		141	阿蘇 先阿蘇	0.8-0.4 Ma
130	阿武火山群	1.9 Ma以降		
133	吉ノ本	2.8-2.5 Ma		
133	渡神岳	2.8-2.1 Ma		
144	下関火山群	1.2 Ma		
146	日向神火山群	2.8-2.6 Ma		
148	道伯・妙見	2.7-2.4 Ma		
148	大峰	0.09 Ma		
159	赤井	0.15 Ma		
160	船野山	0.5 Ma		

*「日本の火山（第3版）」（中野ほか編，2013）より

伊方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

伊方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を以下のとおり行う。

(1) 評価項目及び内容

原子力発電所に影響を及ぼし得る火山のうち、過去に破局的噴火を発生させた阿蘇については、運用期間中の噴火規模を検討する。阿蘇における運用期間中の噴火規模については、噴火履歴の特徴、地下構造から、現在のマグマ溜まりが破局的噴火直前の状態にあるかを検討し、現在の噴火ステージにおける既往最大規模を考慮した上で、設計対応不可能な火山事象の検討を行う。

阿蘇以外の火山については、敷地から海を隔てた九州や山口県に位置するため問題となるものではないと考えられるものの、既往最大規模の噴火を考慮した上で設計対応不可能な火山事象が到達しないことを確認する。

(2) 評価結果

① 伊方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

a. 鶴見岳

鶴見岳は大分県の別府湾西岸に位置する標高 1,375m の安山岩やデイサイトを主とする成層火山であり、約 9 万年前以前から活動を開始し、現在も噴気活動が認められる（地質調査総合センター，2014）。南北 5 km にわたり連なる溶岩ドームの最南端に位置する鶴見岳は厚い溶岩流の累積からなり、北端の伽藍岳^{がらんだけ}には強い噴気活動がある（気象庁編，2013）。完新世で最大規模の噴火は 10.6～7.3ka の鶴見岳山頂溶岩噴火で噴出量は 0.15km³ とされている（地質調査総合センター，2014）。

鶴見岳では、29～7.3ka の間に溶岩の噴出を伴う噴火が繰り返し発生しており、7.3ka 以降は溶岩の噴出を伴わない比較的小規模な噴火が主体であったと推定されている（藤沢ほか，2002）。鶴見岳を起源とする幾つかの火山灰の体積はいずれも 106m³ (0.001km³) のオーダー以下と推定されており（藤沢ほか，2002），鶴見岳山頂溶岩噴火は溶岩主体の噴火と推定される。また，鶴見岳を起源とする大規模火砕流は知られておらず（町田・新井，2011；星住ほか，1988），発電所に影響を及ぼす可能性はない。

完新世以前の噴火規模についての報告はなく，完新世で最大規模の噴火である鶴見岳山頂溶岩噴火は敷地に影響を及ぼす可能性のない溶岩主体の噴火である。

なお、高平火山群は鶴見岳の下位に位置する古い火山群であり、少なくとも約9万年前以降は鶴見岳が活動している。したがって、その活動は鶴見岳に包含されているものと評価する。

b. 由布岳

由布岳は大分県の鶴見岳西方に位置する標高 1,583m の安山岩やデイサイトトを主とする成層火山であり、約9万年前より古い時代から活動を開始し、最新噴火は2,000~1,900年前とされている(地質調査総合センター, 2014)。由布岳は数個の溶岩ドーム及び山頂溶岩からなり、約2千年前に規模の大きな噴火活動(2ka 噴火)が発生したが、その後有史から現在に至るまで噴火活動は起きていない(気象庁編, 2013)。完新世以前の噴火規模についての報告はなく、完新世で最大規模の噴火は2ka 噴火で噴出量は0.207km³とされている(地質調査総合センター, 2014)。

由布岳の山麓には2ka 噴火に伴う火砕流堆積物が分布するが(藤沢ほか, 2001)、由布岳を起源とする大規模火砕流は知られておらず(町田・新井, 2011)、発電所に影響を及ぼす可能性はない。また、2ka 噴火に伴う由布岳1火山灰は厚さ数cmで別府湾に降下・堆積しており(梅田ほか, 1996)、その体積は0.05km³とされている(須藤ほか, 2007)。

c. 九重山

九重山は由布岳と阿蘇山の間の大分県西部に東西15kmにわたって分布する20以上の火山の集合であり、最高峰は中岳(標高1,791m)である(気象庁編, 2013)。約20万年前以降に活動し、最新噴火は1996年である(地質調査総合センター, 2014)。火山の多くは急峻な溶岩ドームで山体の周囲を主に火砕流からなる緩傾斜の裾野がとりまき、1995年の噴火を発生した星生山^{ほっしょうざん}には活発な硫気孔群がある(気象庁編, 2013)。

九重山を起源とする比較的規模の大きな火砕流として、150~140kaに噴出したと推定される宮城火砕流^{みやぎ}、約110kaに噴出したと推定される下坂田火砕流^{しもさかた}、約80~70kaに噴出したと推定される飯田火砕流^{はんた}があり、より小規模な火砕流(ブロック・アンド・アッシュ・フロー)や小規模な水蒸気爆発も知られている(鎌田, 2006)。3つの比較的規模の大きな火砕流のうち最も新しい飯田火砕流が最大規模とされ(熊原・長岡, 2002)、その堆積物は大分県から熊本県にかけての地域に分布し、最大層厚約200m、推定分布面積約150km²、推定体積は約5km³と見積もられている(鎌田, 1997)。これらの火砕流堆積物の分布は九州内陸部に限られ(鎌田, 1997)、発電所に影響を及

ばす可能性はない。飯田火砕流堆積物は広域テフラの九重第一軽石と対応し（鎌田，1997；町田・新井，2011），火山灰の分布の長軸は四国南端方向で体積は 2.03km^3 とされている（須藤ほか，2007）。宮縁ほか（2003）は飯田火砕流と阿蘇4との間に膨大な量の降下テフラが存在することからその噴出年代として50ka前後が適当としている。九重山は完新世にも頻繁にマグマを噴出しており、マグマを出した最後の活動として約1,700年前に黒岳の溶岩ドーム（ 1.6km^3 ）が形成されているが（地質調査総合センター，2014），敷地から遠く影響ない。

d. 阿蘇

阿蘇カルデラは熊本県東部で東西約17km，南北約25kmのカルデラである。阿蘇カルデラ周辺の火山としては、カルデラの中央部に阿蘇山が、東側に根子岳が位置し、縁辺部に先阿蘇の火山岩類が分布する。阿蘇山は、高岳（標高1,592m），中岳（標高1,506m）等の東西方向に連なる成層火山からなる火山群であり、根子岳（標高1,433m）は、開析の進んだ成層火山である（図1）。以下、阿蘇カルデラ、阿蘇山、根子岳、先阿蘇を一括して阿蘇と称する。

町田・新井（2011）等によると、阿蘇カルデラでは、約27万年前～約25万年前に阿蘇1噴火が、約14万年前に阿蘇2噴火が、約12万年前に阿蘇3噴火が、約9万年前～約8.5万年前に阿蘇4噴火が認められ、いずれも火砕流及び降下火砕物を噴出した噴火とされている。阿蘇1噴火の際に噴出した阿蘇1火砕流堆積物及び阿蘇2噴火の際に噴出した阿蘇2火砕流堆積物は、大分県西部並びに熊本県北部及び中部の広い範囲に、阿蘇3噴火の際に噴出した阿蘇3火砕流堆積物は、大分県西部及び中部並びに熊本県北部及び中部の広い範囲に、阿蘇4噴火の際に噴出した阿蘇4火砕流堆積物は、九州北部及び中部並びに山口県南部の広い範囲に分布する。また、阿蘇3噴火及び阿蘇4噴火の噴火規模は、破局的噴火とされており、阿蘇1噴火及び阿蘇2噴火についても、火砕流堆積物の分布範囲等から、その噴火規模は破局的噴火と考えられる。これらの阿蘇1～阿蘇4の4回の破局的噴火の中で阿蘇4が突出して大きく、 600km^3 とされている（町田・新井，2011）。

日本第四紀学会編（1987）及び町田・新井（2011）は阿蘇4火砕流堆積物の到達範囲を推定・図示しており、敷地の位置する佐田岬半島まで到達した可能性を示唆している（図2）。ただし、その分布は方向によって偏りがあり、佐田岬半島において阿蘇4火砕流堆積物を確認したとの報告はない。

佐田岬半島では段丘面の発達全般が悪いものの、狭小な海成段丘が沿岸

部に点在する。地表踏査結果によると、佐田岬半島に点在するM面（中位段丘面）の段丘堆積物を覆う風成層は阿蘇4テフラを混在するものの阿蘇4火砕流堆積物は確認されず、中位段丘に阿蘇4火砕流堆積物が保存されている山口県とは状況が異なる。また、堆積条件のよい低地あるいは盆地であるため、阿蘇4火砕流堆積物が保存されやすいと考えられる佐田岬半島西端部の阿弥陀池、佐田岬半島中央部の伊方町高茂、佐田岬半島付け根部の八幡浜市川之石港におけるボーリング調査においても、更新統が薄く阿蘇4噴火時の堆積物を欠き、阿蘇4火砕流堆積物は確認されない。

敷地と阿蘇カルデラの距離は約130kmであり、その間には佐賀関半島や佐田岬半島などの地形的障害も認められるので、阿蘇4火砕流は敷地まで達していないものと考えられる（図3）。

阿蘇4噴火に関する活動について、阿蘇4噴火以前の活動としては、小野ほか(1997)によると、阿蘇3噴火及び阿蘇4噴火の間に、降下軽石又は降下火山灰を主体とする噴火が複数回発生した阿蘇4/3噴火期が認められる。阿蘇4噴火以降の活動としては、小野・渡辺(1985)及び宮縁ほか(2003)によると、約9万年前以降に阿蘇山が噴火活動を開始し、溶岩や火砕物を噴出する小規模噴火の繰り返しにより形成された火山体とともに、降下軽石を主体とする噴火が複数回認められる。なお、三好ほか(2009)及び中野ほか編(2013)によると、約80万年前～約40万年前の間に先阿蘇の火山岩類の活動が認められ、約14万年前～約12万年前の間に根子岳の火山岩類の活動が認められる。

破局的噴火の活動間隔については、阿蘇1噴火と阿蘇2噴火との間隔は約11万年、阿蘇2噴火と阿蘇3噴火との間隔は約2万年、阿蘇3噴火と阿蘇4噴火との間隔は約3万年であり、活動間隔にばらつきはあるものの、最新の破局的噴火は約9万年前～約8.5万年前の阿蘇4噴火であることから、破局的噴火の最短の活動間隔は最新の破局的噴火からの経過時間に比べて短い（図4）。

また、Nagaoka(1988)を参考にすると、現在の阿蘇山の活動は、多様な噴火様式の小規模噴火を繰り返していることから、後カルデラ火山噴火ステージと判断される（図4）。

阿蘇カルデラの地下構造については、Sudo and Kong(2001)に示される地震波速度構造において、地下6kmに小規模なマグマ溜まりは認められるものの、大規模なマグマ溜まりは認められない（図5）。高倉ほか(2000)によると、阿蘇カルデラの地下10km以浅にマグマと予想される低比抵抗域は認められない（図6）。また、三好ほか(2005)によると、阿蘇4噴火以降の火

山岩の分布とそれらの組成から、大規模な流紋岩質～デイサイト質マグマ溜まりは想定されないとされている（図7）。

また、国土地理院による電子基準点の解析結果によると、マグマ溜まりの顕著な増大を示唆する基線変化は認められない。

以上のことから、現在のマグマ溜まりは破局的噴火直前の状態ではなく、今後も、現在の噴火ステージが継続するものと判断され、運用期間中の噴火規模については、後カルデラ火山噴火ステージである阿蘇山での既往最大噴火規模を考慮する。なお、宮縁ほか(2003)によると、阿蘇山での既往最大噴火は阿蘇草千里ヶ浜^{くさせんりがはま}噴火であり、その噴出物量は約2 km³とされている。また、阿蘇山起源の火砕流堆積物の分布は阿蘇カルデラ内に限られ（小野・渡辺，1985），発電所に影響を及ぼす可能性はない。

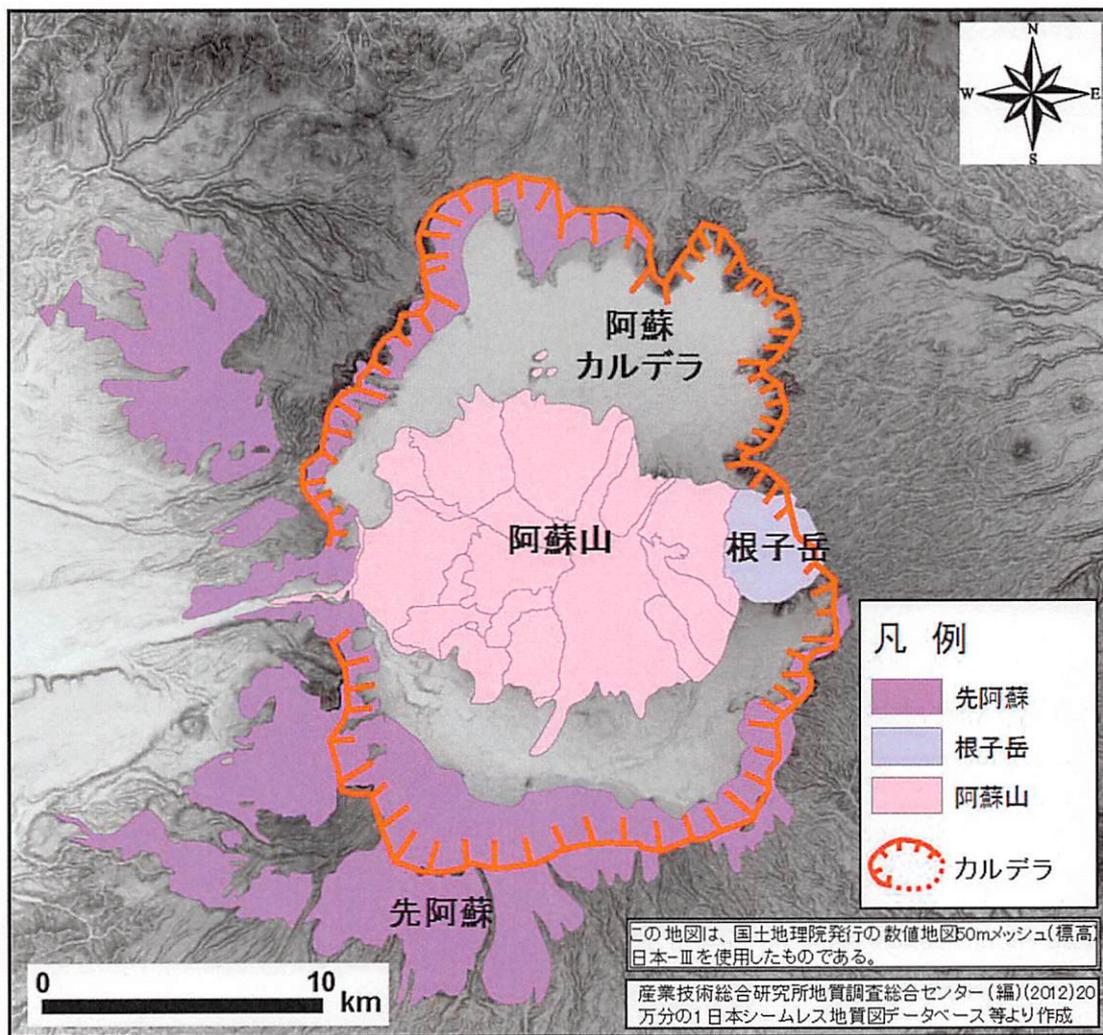


図1 阿蘇カルデラ周辺の火山

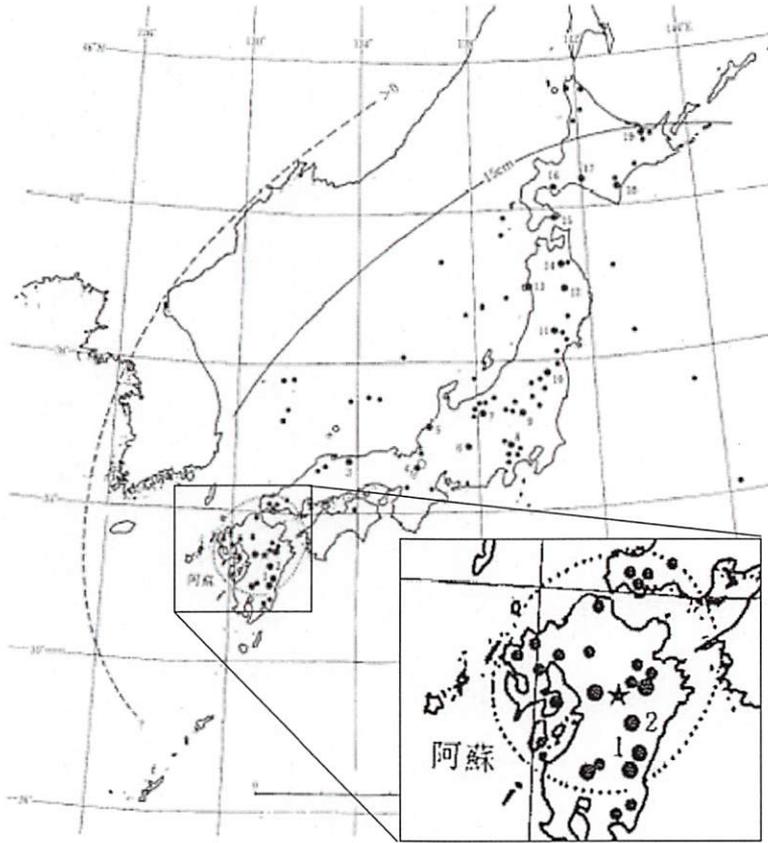


図 2.1-11 阿蘇 4 火山灰 (Aso-4) の等層厚線図と主な産出地点。
 点線内は阿蘇 4 火砕流堆積物 [Aso-4 (pfl)] の分布範囲を示す。
 模式地: 1. 回富町川上, 2. 竹田市・萩町一帯, 3. 豊金町大山池, 4. 隼懸郡高島沖, 5. 加賀市黒崎, 6. 本曾福島町, 7. 長野市高野, 8. 上野原町磯島, 9. 新里村高原, 10. 福島市依原町, 11. 橋子町池田北端, 12. 玉山村新田, 13. 男池市安田海岸, 14. 五戸町藍内, 15. 尻岸町女郎川, 16. 伊達市鶴山, 17. 厚真町磯崎, 18. 広尾町ピラトリ, 19. 関志市藤崎海岸。

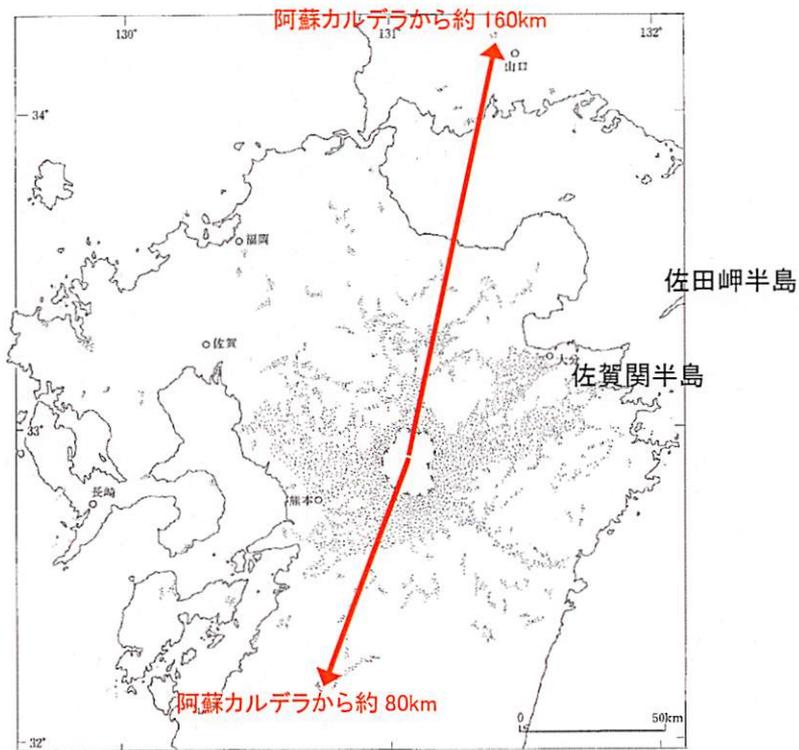


図 2.1-10 阿蘇 4 火砕流堆積物 [Aso-4 (pfl)] の分布。[Matumoto (1943), Watanabe (1978)]

「新編 火山灰アトラス」(町田・新井, 2011) から抜粋・一部加筆
 図 2 阿蘇 4 火砕流の報告
 6 条(火山)-別添 1-44

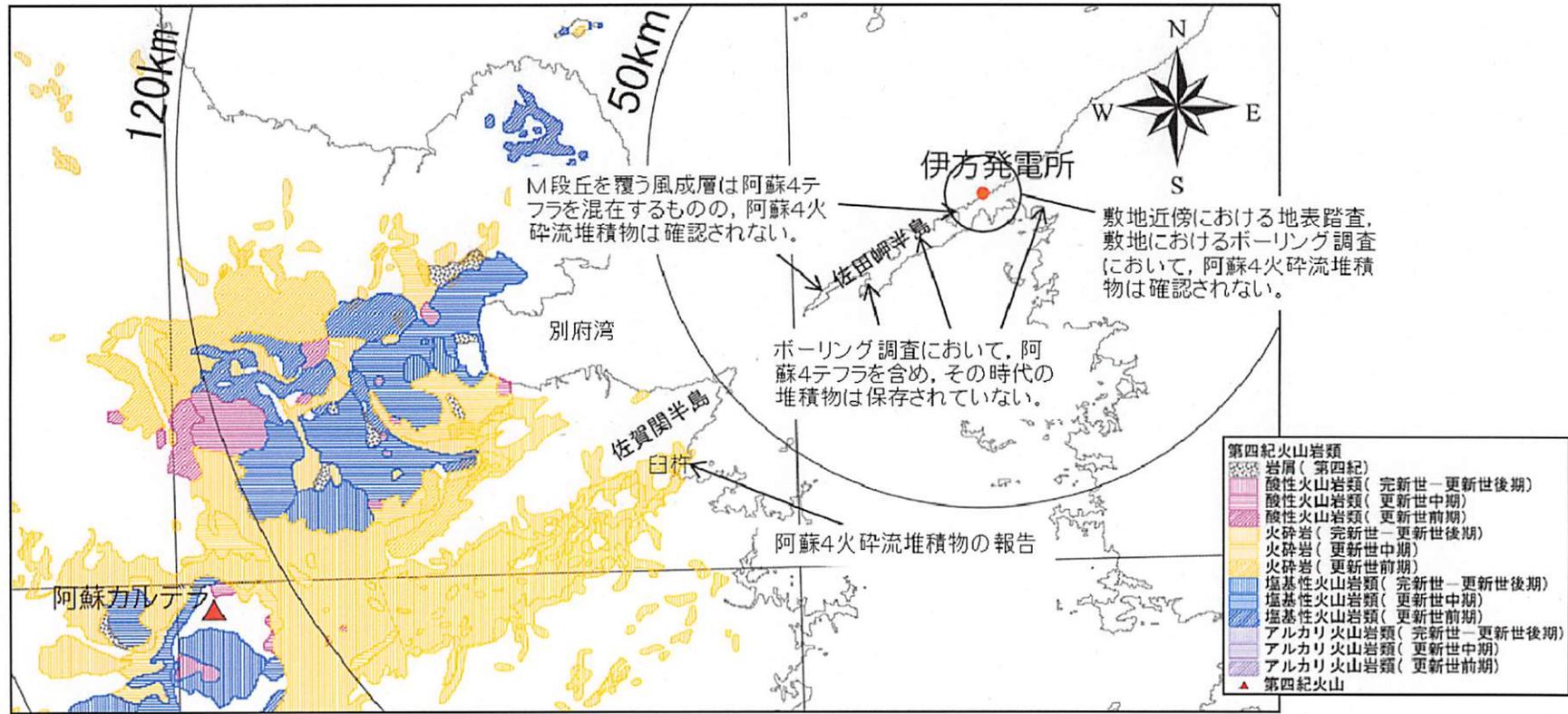


図3 阿蘇4火砕流の評価

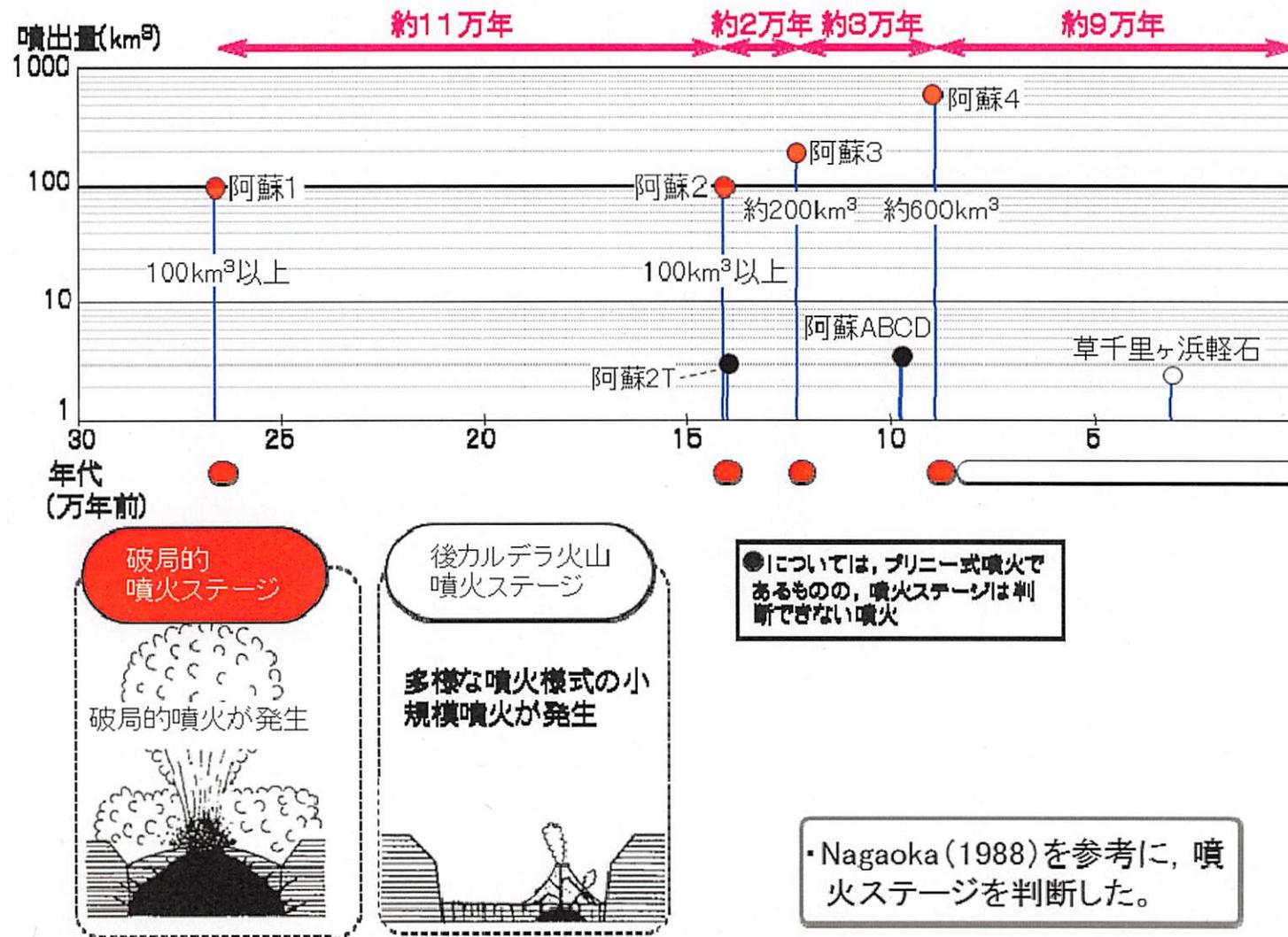
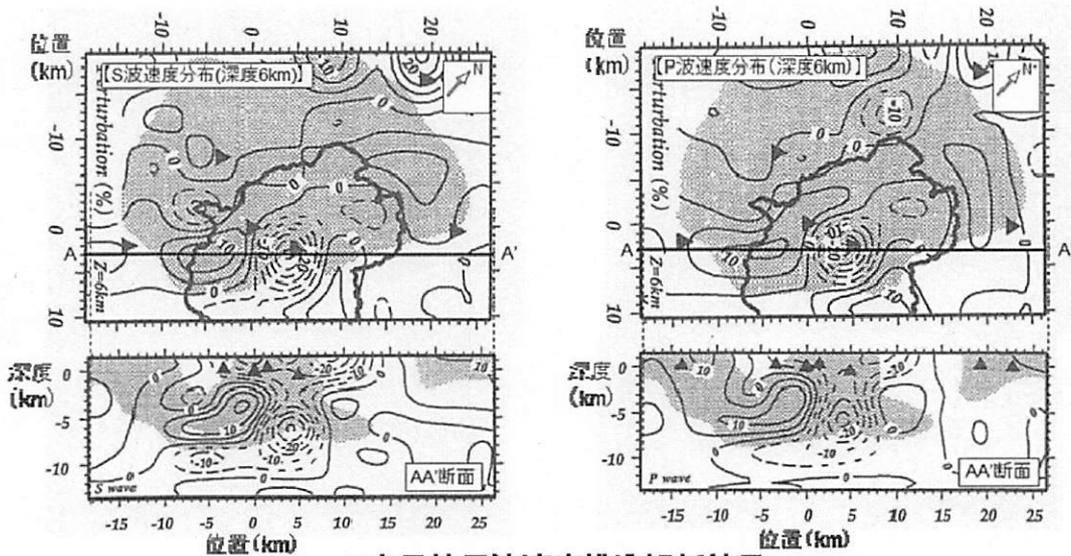
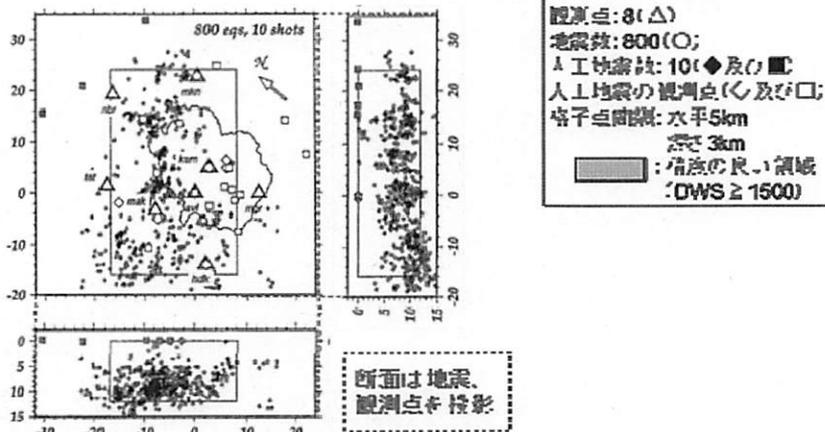


図4 阿蘇カルデラの噴火履歴



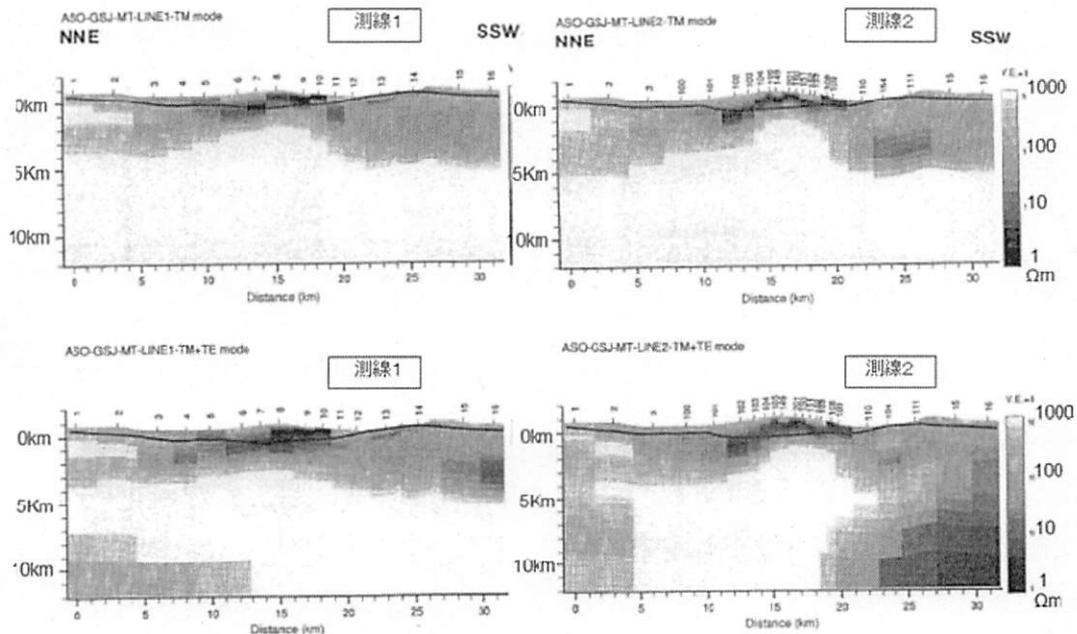
3次元地震波速度構造解析結果



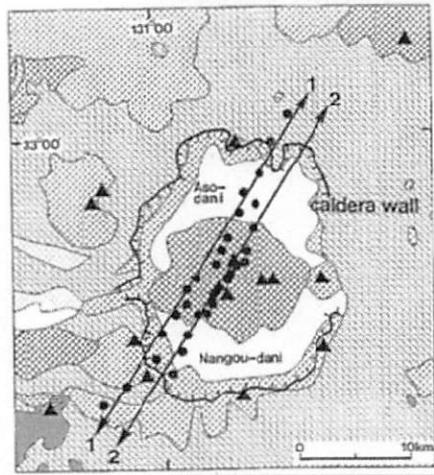
解析に使用した震源と地震観測点 (細線矩形は解析範囲)

Sudo and Kong (2001) から
抜粋・一部加筆

図5 地球物理学情報による地下構造 (Sudo and Kong, 2001)



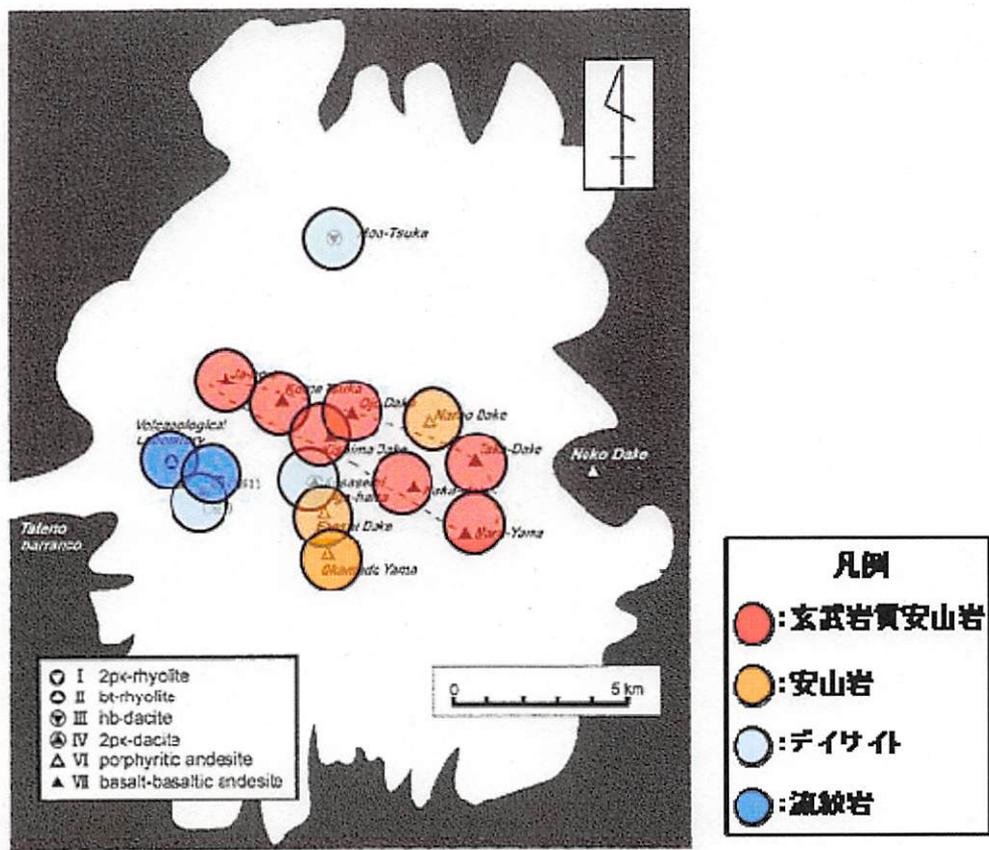
比抵抗構造解析結果(上段と下段は解析方法の違い※)



測線位置

高倉ほか(2000)から抜粋・一部加筆

図6 地球物理学的情報による地下構造 (高倉ほか, 2000)



三好ほか(2005)から
抜粋・一部加筆

図7 岩石学情報による大規模マグマ溜まりの存否

e. 阿武火山群

阿武火山群は山口県の日本海側に位置する玄武岩や安山岩を主とする約40の小火山体から構成される火山群である(地質調査総合センター, 2014)。約80万年前から約1万年前まで活動し, 最新噴火は8,800年前であり, 190万~150万年前には先阿武火山活動があったとされる(地質調査総合センター, 2014)。最新の噴火は萩市の笠山(標高112m)で起こり, 約11,000年前に玄武岩質安山岩の溶岩台地が形成され, 約8,800年前に宇生賀溶岩が流出, 3,000年前にストロンボリ式噴火でスコリア丘が形成された(気象庁編, 2013)。

約80万年前以降の後期阿武単成火山活動の噴出量は約 2.9km^3 と見積もられており, 過去の噴火規模(溶岩の体積)は $0.001\sim 0.75\text{km}^3$ であるが(角縁ほか, 2000), 敷地から遠く影響ない。阿武火山群は小規模な溶岩噴出を主体とし, 阿武火山群を起源とする大規模火砕流や広域火山灰は知られておらず(町田・新井, 2011), 発電所に影響を及ぼす可能性はない。

f. 姫島

姫島は, 大分県北東部国東半島の北方約4km沖の周防灘に位置する東西約7km, 南北約3kmの細長い島であり, 標高267mの^{やはすだけ}矢筈岳を最高峰とする火山群である(地質調査総合センター, 2014)。姫島には噴出中心を異にする複数の単成火山が認められ, 最も山体の大きい矢筈岳の体積は 0.02km^3 であり, これに^{おおみ}大海, ^{かね}金, ^{いなづみ}稲積, ^{しろやま}城山, ^{だるまやま}達磨山, ^{うきす}浮洲を加えた7つの小規模な火山がある(伊藤ほか, 1997)。姫島の基盤は更新世前期~中期の堆積岩類であり, これを貫いてデイサイトや流紋岩を主とする溶岩ドームあるいは火砕丘(タフリング及びタフコーン)が分布する(伊藤ほか, 1997; 地質調査総合センター, 2014)。また, 姫島を起源とする大規模火砕流は知られておらず(町田・新井, 2011), 発電所に影響を及ぼす可能性はない。

地質調査総合センター(2014)によると, 姫島の活動時期は約30万~10万年前とされている。全活動期間の約20万年間に7回以上の活動があり, 平均活動間隔は数万年程度であるのに対して, 最新活動から約10万年が経過している。

現在, 姫島に噴気活動はなく, 地下深部に流体移動の関与を示唆する低周波地震も認められない。

以上を踏まえれば, 姫島が近い将来に噴火する可能性は極めて低く, 発電所運用期間中に噴火する可能性はないものと評価する。

②立地評価

火砕物密度流については、個々の火山における過去の火砕流堆積物の分布は九州あるいは山口県の内陸部に限定され、発電所に影響を及ぼす可能性はない。溶岩流及び岩屑なだれについては、いずれの火山も敷地から 50km 以遠に位置するので影響ない。新しい火口の開口及び地殻変動については、敷地は山口県から別府湾に至る火山フロントから十分な離隔があり、問題となるものではない。

以上より、設計対応不可能な火山事象の敷地への到達はなく、立地に問題ないと評価される。

以 上

伊方発電所における火山事象の影響評価

伊方発電所の運用期間における火山事象の影響評価を以下のとおり行う。

(1) 評価項目及び内容

鶴見岳，由布岳，九重山，阿蘇，阿武火山群の5火山について発電所運用期間中の活動可能性を考慮し，発電所の安全性に影響を与える可能性のある火山事象について表1に従い抽出し，その影響評価を行った。なお，降下火砕物については，地理的領域外の火山も含めてその影響を検討した。

表1 原子力発電所に影響を与える可能性のある火山事象及び位置関係^{注1}

火山事象	潜在的に影響を及ぼす特性	原子力発電所との位置関係
1. 降下火砕物	静的な物理的負荷、気中及び水中の研磨性及び腐食性粒子	注2
2. 火砕物密度流：火砕流、サージ及びブラスト	動的な物理的負荷、大気の過圧、飛来物の衝撃、300℃超の温度、研磨性粒子、毒性ガス	160km
3. 溶岩流	動的な物理的負荷、洪水及び水のせき止め、700℃超の温度	50km
4. 岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊	動的な物理的負荷、大気の過圧、飛来物の衝撃、水のせき止め及び洪水	50km
5. 火山性土石流、火山泥流及び洪水	動的な物理的負荷、水のせき止め及び洪水、水中の浮遊粒子	120km
6. 火山から発生する飛来物（噴石）	粒子の衝突、静的な物理的負荷、水中の研磨性粒子	10km
7. 火山ガス	毒性及び腐食性ガス、酸性雨、ガスの充満した湖、水の汚染	160km
8. 新しい火口の開口	動的な物理的負荷、地盤変動、火山性地震	注3
9. 津波及び静振	水の氾濫	注4
10. 大気現象	動的過圧、落雷、ダウンバースト風	注4
11. 地殻変動	地盤変位、沈下又は隆起、傾斜、地滑り	注4
12. 火山性地震とこれに関連する事象	継続的微小動、多重衝撃	注4
13. 熱水系及び地下水の異常	熱水、腐食性水、水の汚染、氾濫又は湧昇、熱水変質、地滑り、カルスト及びサーモカルストの変異、水圧の急変	注4

(参考資料：IAEA SSG-21 及び JEAG4625)

注1：噴出中心と原子力発電所との距離が、表中の位置関係に記載の距離より短ければ、火山事象により原子力発電所が影響を受ける可能性があるものとする。

注2：降下火砕物に関しては、原子力発電所の敷地及び敷地付近の調査から求められる単位面積あたりの質量と同等の火山灰等が降下するものとする。

注3：新火口の開口については、原子力発電所の運用期間中に、新火口の開口の可能性を検討する。

注4：火山活動によるこれらの事象は、原子力発電所との位置関係によらず、個々に検討を行う。

「原子力発電所の火山影響評価ガイド」から抜粋

(2) 評価結果

① 降下火砕物

「新編 火山灰アトラス」(町田・新井, 2011)によれば, 降下火砕物は偏西風の影響で東方へ偏って分布することが多く, 敷地へ到達したと考えられる主な降下火砕物は西方の九州に分布する第四紀火山を起源とする。敷地付近には, 阿蘇カルデラを起源とする降下火砕物のほか, 地理的領域外の加久藤カルデラ, 始良カルデラ, 阿多カルデラ及び鬼界カルデラを起源とする降下火砕物も降下したとされている(町田・新井, 2011)。敷地周辺(九州～四国)における第四紀火山起源の主な降下火砕物の分布を図1に示す。敷地付近における主な降下火砕物として, 約7,300年前のK-Ah火山灰, 3～2.8万年前のAT火山灰, 約9～8.5万年前の阿蘇4火山灰があり, 降下厚さはそれぞれ20～30cm, 20～50cm, 15cm以上とされている(町田・新井, 2011)。

敷地南東に位置する宇和盆地中心部におけるボーリング調査結果によると, 大分県の猪牟田カルデラが活動を終えた約85万年前(中野ほか編, 2013)以降に66枚の火山灰層を挟在しており(図2), 本ボーリングコアを用いて花粉分析を行った守田ほか(2014)によってKkt火山灰以降の連続的な堆積環境が示されている。町田・新井(2011)等で四国西部に降下したとされるKkt火山灰(約33万年前)以降の主要な広域火山灰はすべて本ボーリングコア中に含まれており, 地理的領域外の火山を含めた九州のカルデラ火山による広域火山灰の信頼性の高い地質データである。厚さ5cmを超える降下火山灰はいずれも九州のカルデラ火山を起源とする広域火山灰であり, 発電所運用期間中に同規模の噴火の可能性は十分低く, これらの降下火砕物が敷地に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価される。

町田・新井(2011)によると, 地理的領域内の火山による降下火山灰の等層厚線図として, 九重山を給源とする九重第一軽石と阿蘇山を給源とする草千里ヶ浜軽石が示されている。九重第一軽石は東南東方向に細長い分布を示し, 四国南西端の宿毛市で火山灰の報告がある(熊原・長岡, 2002)。一方, 草千里ヶ浜軽石は阿蘇山を中心とする同心円状の分布を示し, 四国における報告は見られない。

熊原・長岡(2002)は, 敷地から約70km南南東の高知県宿毛市において, 厚さ20cm, 40cmの小川テフラを報告し, 九重第一軽石と対比した。テフラ中には非火山性の砂が混入していることから, ユニットは水流によって二次的に形成された可能性が高いと評価されており(熊原・長岡, 2002; 熊原, 2002), これらは厚さ変化の著しいものであり, 降下時の純粋な層厚には言及されてない。須藤ほか(2007)は, 熊原・長岡(2002)による九重第一軽石報告地点の層厚を10cmとして等層厚線図を完成させ, その噴出量が 2.03km^3 と見積もられることを示した。宿毛

市における熊原・長岡(2002)の九重第一軽石露頭は現在確認できないが、その北西方約100mに同層準の地層が露頭しており、厚さ20cmの九重第一軽石を確認できる。当該露頭において、火山灰層は礫層中に挟まれて径数cm以上の礫を含み、全体の約50%は異質岩片から成るとともに降下ユニットが認められないことから、水流による再堆積層と判断される。

地質調査結果に基づき敷地周辺の連続した細粒堆積物について検討した結果、宇和盆地の連続した細粒堆積物中に九重第一軽石と対応する火山灰層は認められない。既存文献に示された通り、九重第一軽石の分布の長軸は四国南西端方向であり、敷地付近における火山灰の降下厚さはほぼ0cmと評価される。

また、九重第一軽石と同等の噴火が起こった時に、現在の気象条件を考慮して敷地にどのような降灰が想定されるかを降下火山灰シミュレーションによって検討した結果、ジェット気流がほぼ真西で安定する季節は敷地における降下厚さはほぼ0cmと評価される(図3)。ただし、同規模の噴火時に風向きによっては敷地において厚さ数cmの降下火山灰が想定される(図3, 図4)。ここで、九重第一軽石の等層厚線図と解析結果を比較すると、四国南西方まで降下厚さ10cm以上の領域が細長く伸びることから給源から遠方(敷地相当)への火山灰到達を概ね再現できているものの、給源付近については厚い火山灰が降下する領域の面積がやや小さい傾向がある。

そこで、長岡・奥野(2014)を参照して噴出量を既存の知見より大きく 6.2km^3 とした場合の解析を行った結果、ジェット気流がほぼ真西で安定する季節は敷地における降下厚さは0~数cmと評価され、各種の不確かさを考慮すると敷地において最大14cmと評価される(図5, 図6)。九重第一軽石の等層厚線図と解析結果を比較すると、給源付近の厚い火山灰が降下する領域の広がり概ね再現できている。

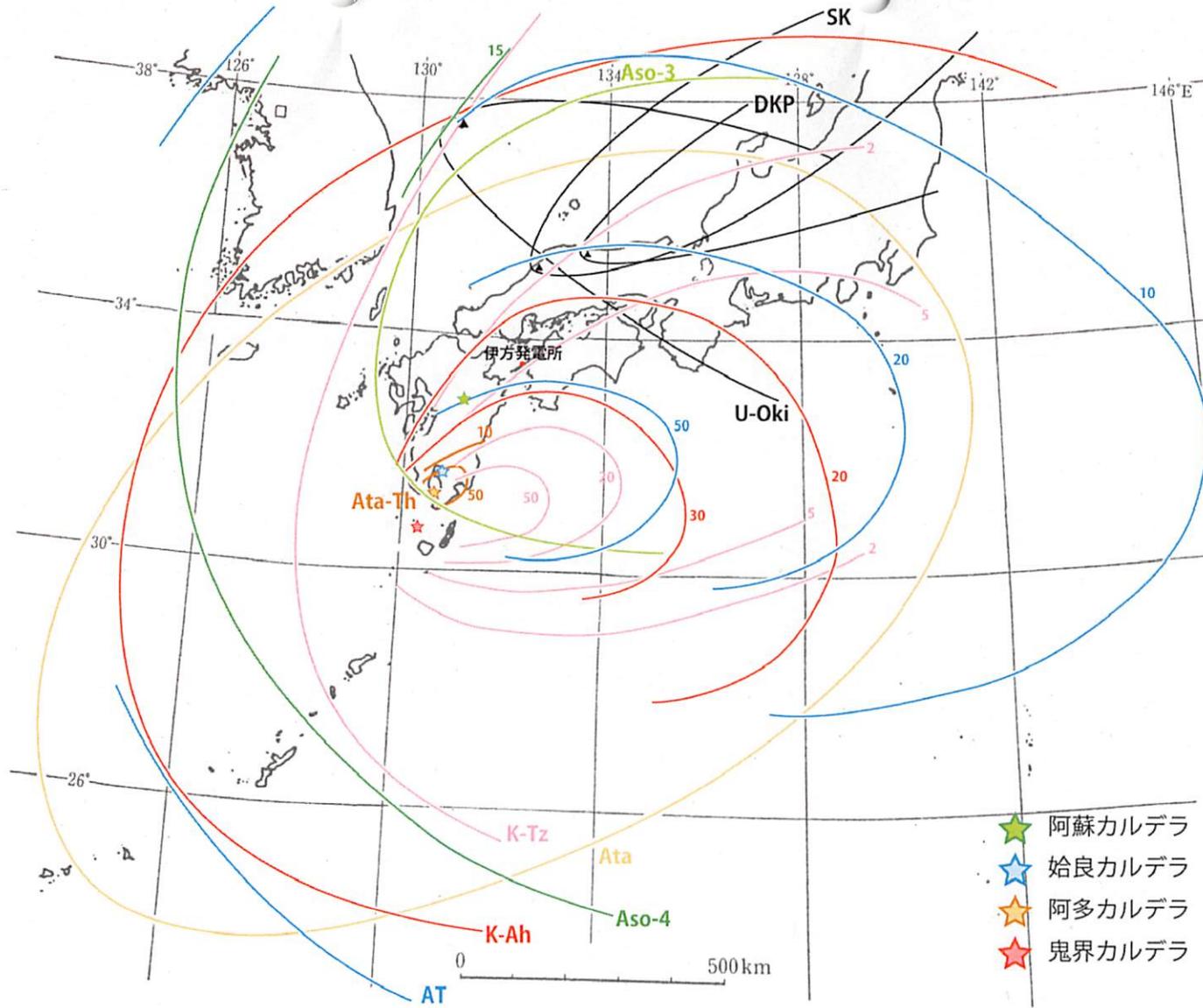
原子力安全に対する信頼向上の観点から、既存の知見を上回る噴出量を考慮し、敷地において考慮すべき降下火砕物の厚さを保守的に15cmと評価する。

宇和盆地における火山灰の試験結果から、密度は乾燥状態で 0.665g/cm^3 、湿潤状態で 1.323g/cm^3 であり、粒径は1mm以下が主体である。また、高知県宿毛市で報告された九重第一軽石は中~細粒砂サイズとされており(熊原・長岡, 2002)、粒径は0.5mm以下である。降下火砕物の諸元について、地質調査結果及び文献調査結果に基づき、乾燥密度を 0.5g/cm^3 、湿潤密度を 1.5g/cm^3 、粒径を1mm以下主体と評価する。

以上を踏まえて、降下火砕物による影響を考慮することとする。

なお、宇和盆地における火山灰層厚さの頻度分布を見ると、薄い火山灰ほど頻度が高く、厚い火山灰の頻度は低い(図7)。また、約33万年前のKkt火山灰以

降に 40 枚の火山灰が降下しており、町田・新井（2011）等で四国西部に降下したとされる主要な広域火山灰がすべて含まれている。したがって、宇和盆地における火山灰の降下頻度は 1.2 枚／万年であり、ポアソン過程を用いた評価によると年超過確率で 10^{-4} に相当する層厚は約 2 cm である。敷地において考慮する降下火砕物厚さ 15cm の年超過確率は $10^{-4} \sim 10^{-5}$ であり、設計として妥当である。



※「新編 火山灰アトラス」(町田・新井, 2011)を基に作成

図1 敷地周辺における主な降下火砕物の分布図

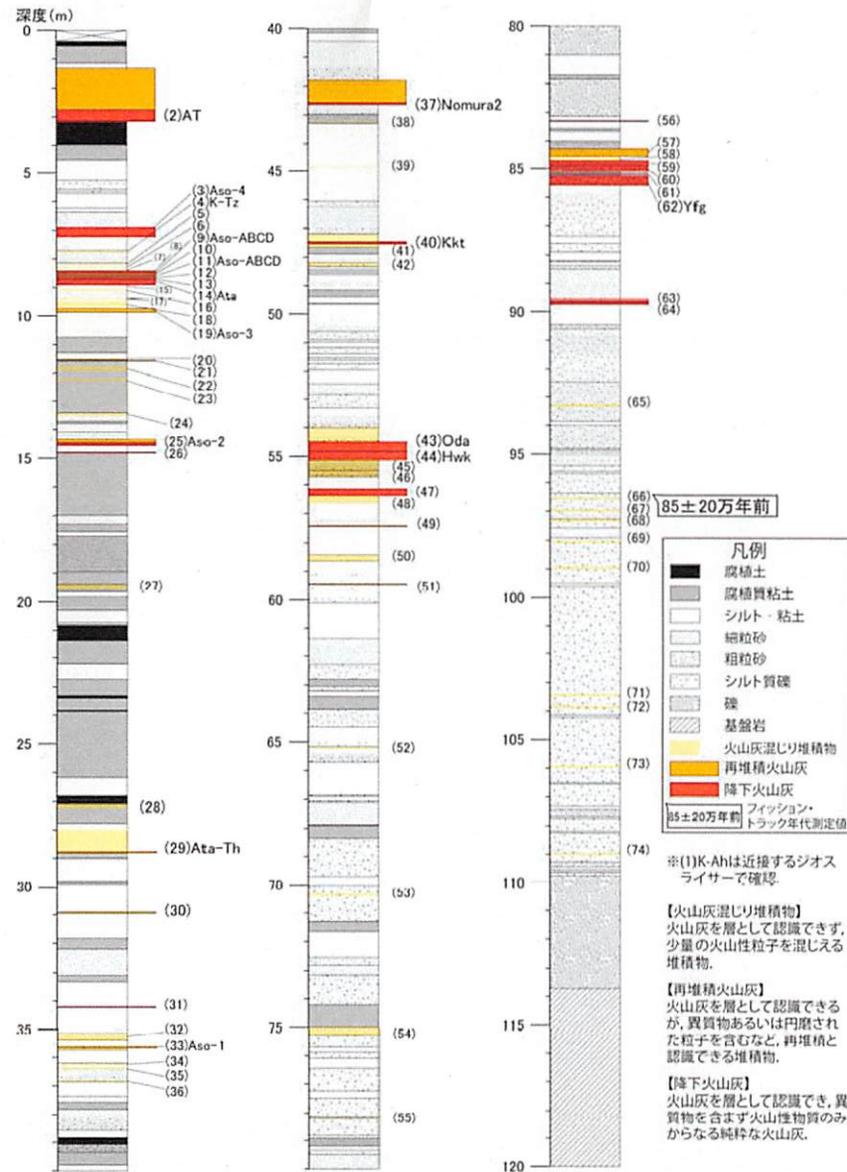
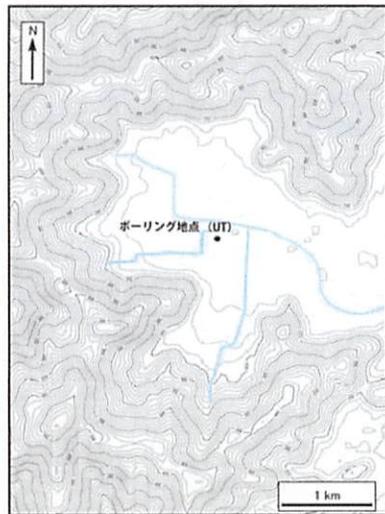
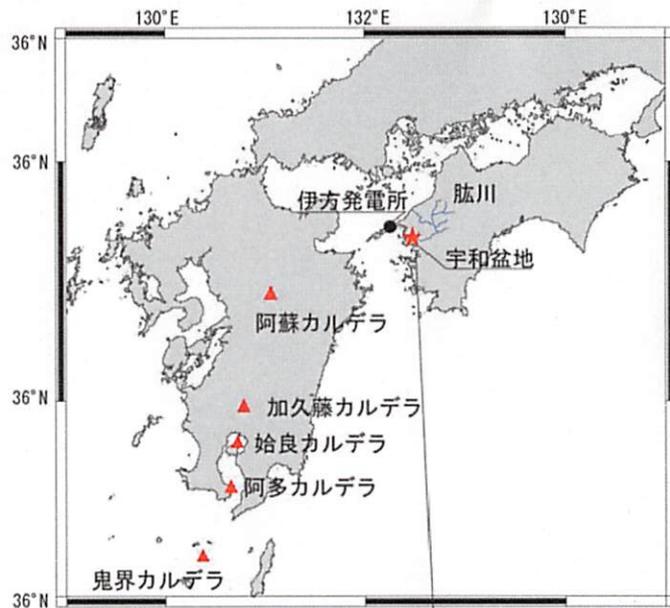


図2 宇和盆地中心部におけるボーリング調査結果

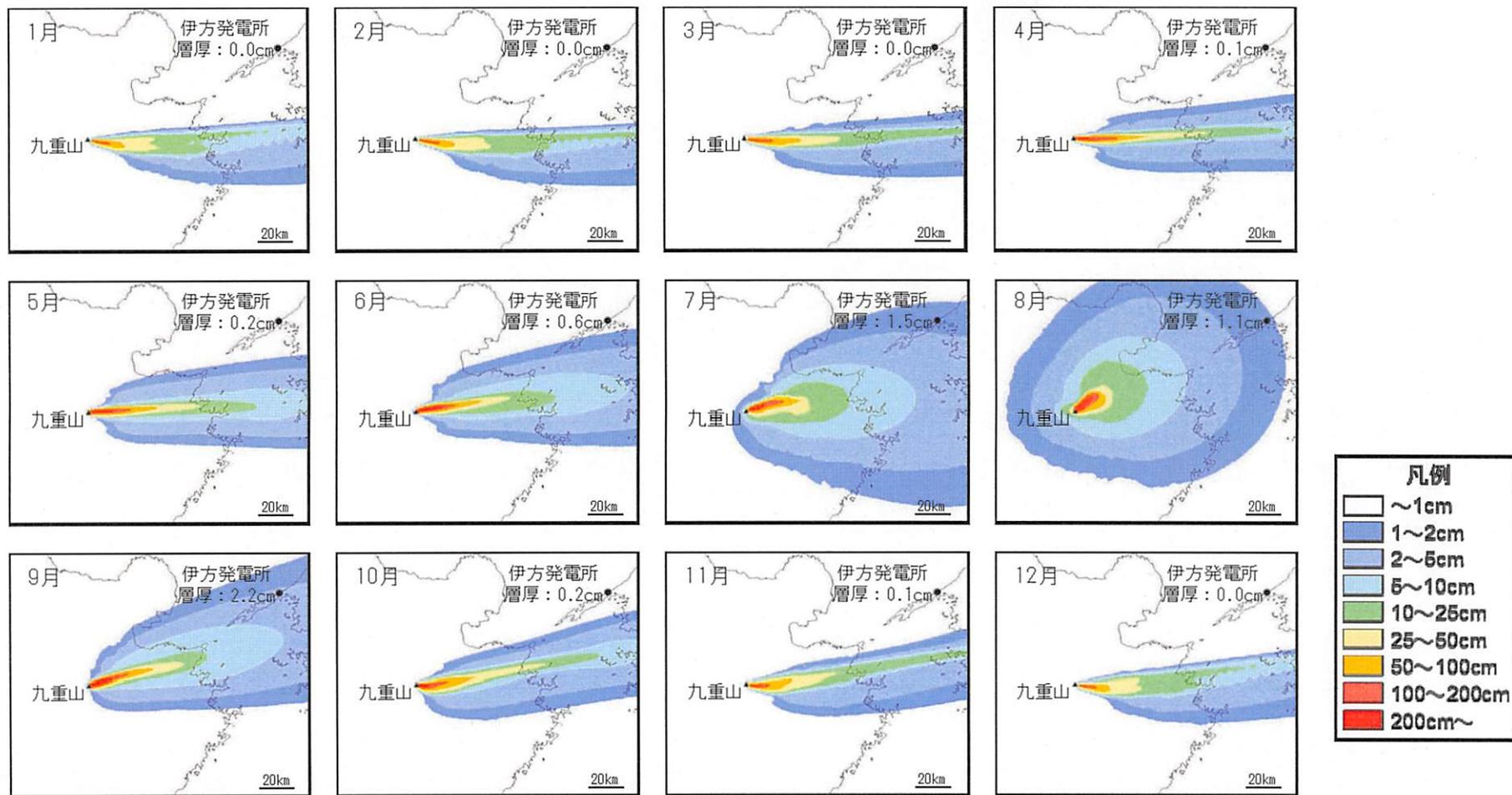


図3 九重第一軽石の降下火山灰シミュレーション結果

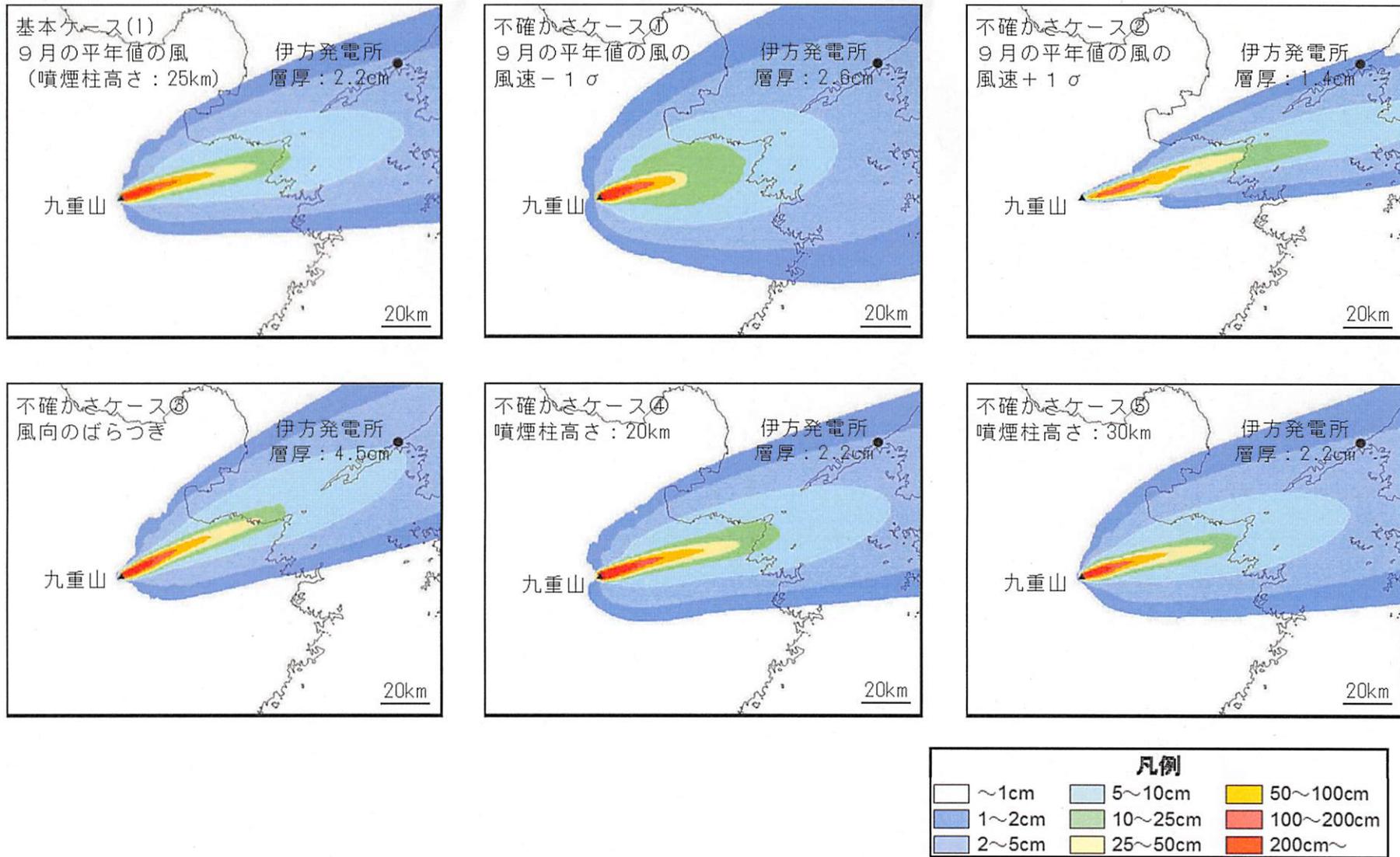


図4 九重第一軽石の降下火山灰シミュレーション結果 (不確かさの考慮)

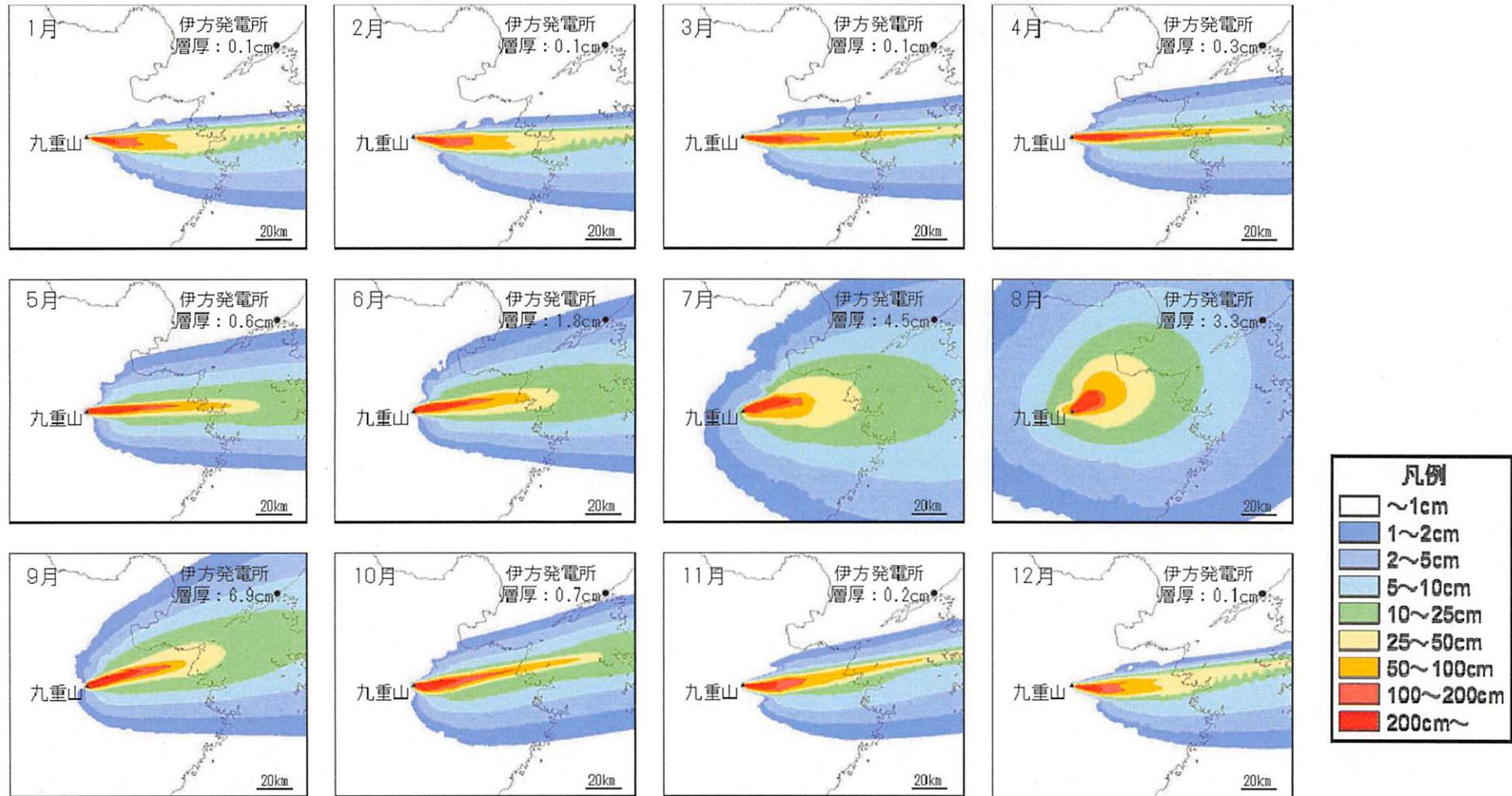


図5 九重第一軽石の降下火山灰シミュレーション結果 (6.2km³)

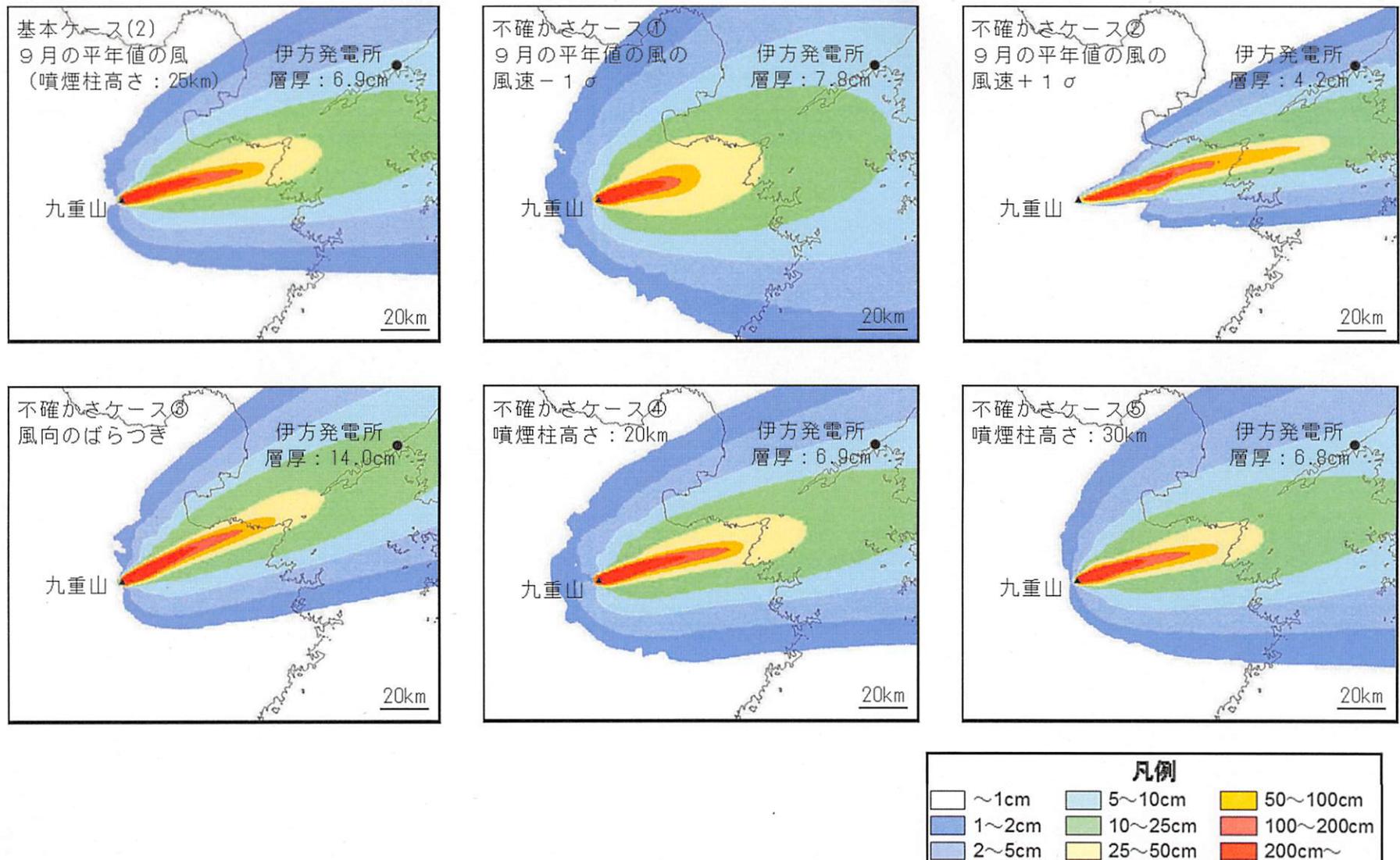


図6 九重第一軽石の降下火山灰シミュレーション結果 (6.2km³, 不確かさの考慮)

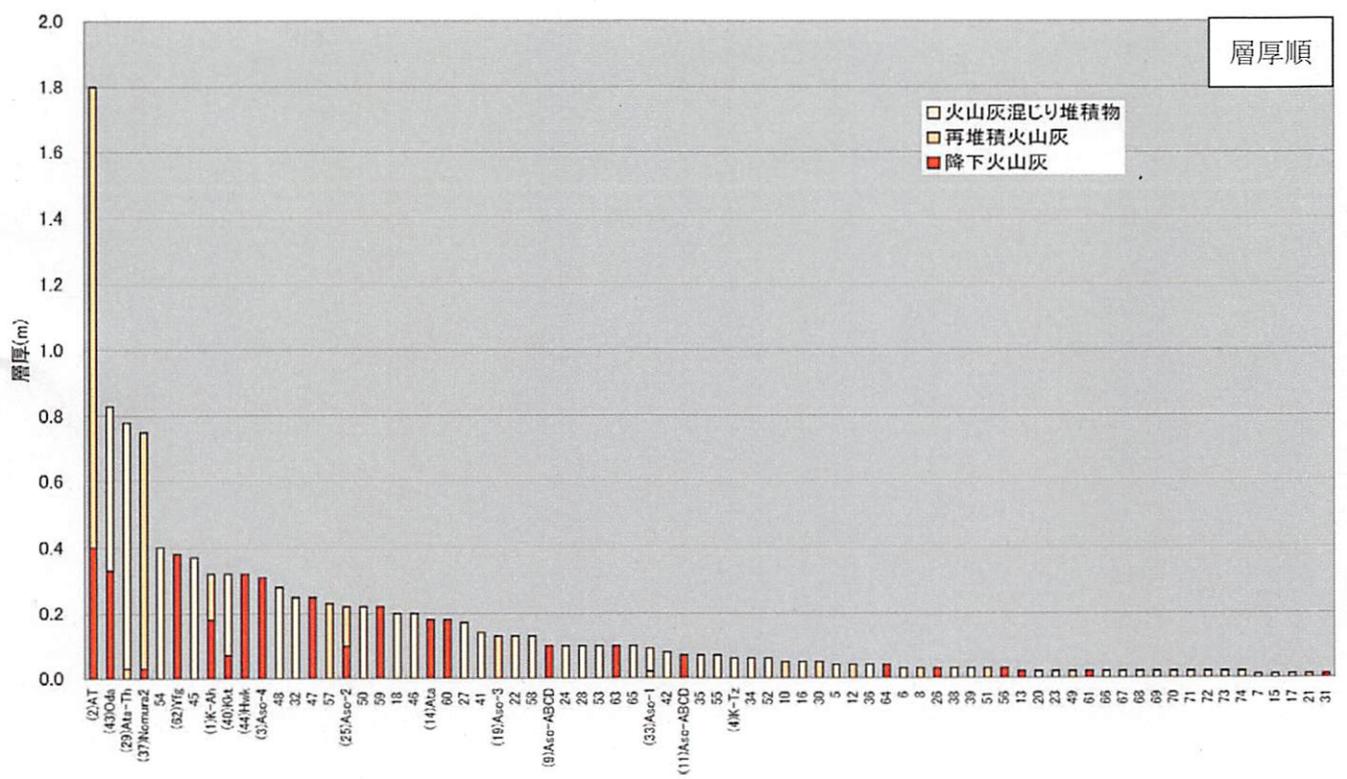
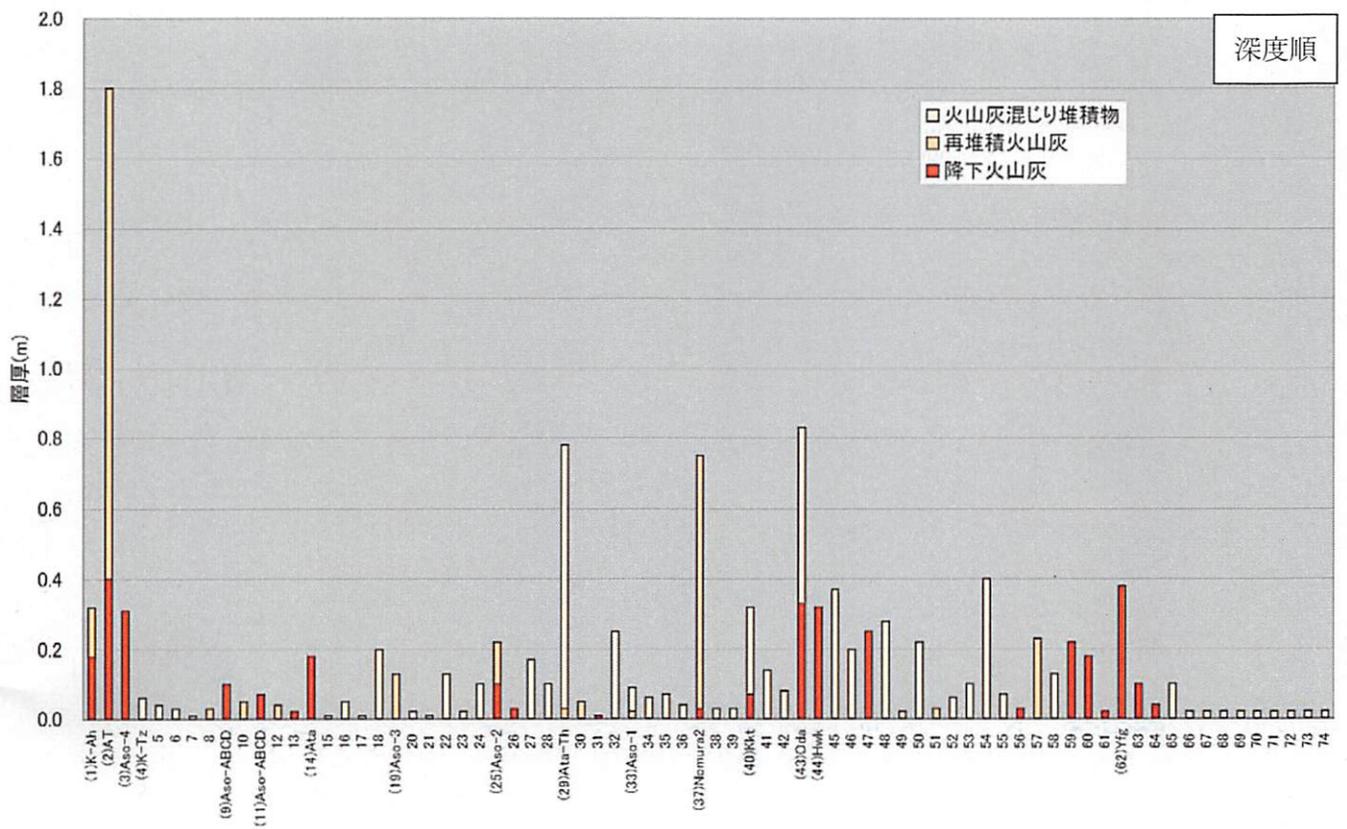


図7 宇和盆地における火山灰厚さ頻度分布図

② 火砕物密度流

発電所運用期間中の活動可能性を考慮する火山における過去の火砕流堆積物の分布は敷地と海を隔てた九州あるいは山口県の内陸部に限定されていることから、火砕物密度流が敷地の位置する四国まで到達するとは考えられない。したがって、火砕物密度流による影響はないと評価される。

③ 溶岩流

溶岩流については、発電所運用期間中の活動可能性を考慮するいずれの火山も敷地から 50km 以遠で、敷地と海を隔てた九州あるいは山口県に位置していることから、四国への到達は考えられない。したがって、溶岩流による影響はないと評価される。

④ 岩屑なだれ

岩屑なだれについては、発電所運用期間中の活動可能性を考慮するいずれの火山も敷地から 50km 以遠で、敷地と海を隔てた九州あるいは山口県に位置していることから、四国への到達は考えられない。したがって、岩屑なだれによる影響はないと評価される。

⑤ 火山土石流

火山土石流については、発電所運用期間中の活動可能性を考慮するいずれの火山も敷地から 80km 以遠で、敷地と海を隔てた九州あるいは山口県に位置していることから、四国への到達は考えられない。したがって、火山土石流による影響はないと評価される。

⑥ 噴石

噴石については、発電所運用期間中の活動可能性を考慮するいずれの火山も敷地から 10km 以遠に位置していることから、敷地への到達は考えられない。したがって、火山から発生する飛来物による影響はないと評価される。

⑦ 火山ガス

発電所運用期間中の活動可能性を考慮するいずれの火山も敷地から 80km 以遠の遠方に位置するとともに、敷地は沿岸部で瀬戸内海に向かって突き出した小半島に位置し、火山ガスが滞留するような地形ではない。したがって、火山ガスによる影響はないと評価される。

⑧ 新しい火口の開口

新しい火口の開口については、敷地は山口県から別府湾に至る火山フロントと

十分な離隔があるため、問題となるものではない。したがって、新しい火口の開口による影響はないと評価される。

⑨ 津波

敷地前面海域である伊予灘西方の別府湾沿岸には、発電所運用期間中の活動可能性を考慮する火山として鶴見岳が分布する。

別府湾沿岸では、鹿鳴越^{かなごえ}などの古い第四紀火山が過去に大規模な山体崩壊を発生させた痕跡が岩屑なだれ堆積物として残っている（図8；石塚ほか，2005；星住ほか，1988）。歴史時代にも，1596年別府湾の地震に伴って内陸の水口山^{みずくちやま}北斜面で崩壊規模 0.0045km^3 の津江岩屑なだれが発生している（星住ほか，1988；日本地すべり学会，2012）。また，この地震の際に海岸の高崎山^{たかさきやま}で崖崩れが発生したとされ（吉岡ほか，1997），石辺・島崎（2005）によって津波の二次的な要因となった可能性が指摘されている。

したがって，活火山であるとともに山体規模が突出して大きい鶴見岳（伽藍岳含む）の山体崩壊に伴う津波について検討が必要である。

鶴見岳周辺の地形分類図を図9に示す。鶴見岳は標高1,375mの北西－南東方向にやや長い楕円形円錐状の火山である。別府湾に面する東麓は傾斜30～40度の斜面で開析谷はほとんどない。一方，北に隣接する大平山^{おおひらやま}との間には東西方向の深さ200m程度の浸食谷が発達し，その谷頭部は東に開いた急斜面となっている。また，鶴見岳山頂の北側には新鮮な滑落崖が認められる。気象庁編（2005）によれば，1597年に鶴見岳において「地震，山崩れ」が発生したとされている。この崩壊箇所は特定されていないものの，鶴見岳山頂北側の崩壊地形の一部がこれと対応する可能性があり，現状の崩壊地形が一度に形成されたものとして崩壊規模を見積もるとおよそ 0.02km^3 である。鶴見岳山頂から別府湾までの距離は約7kmである。

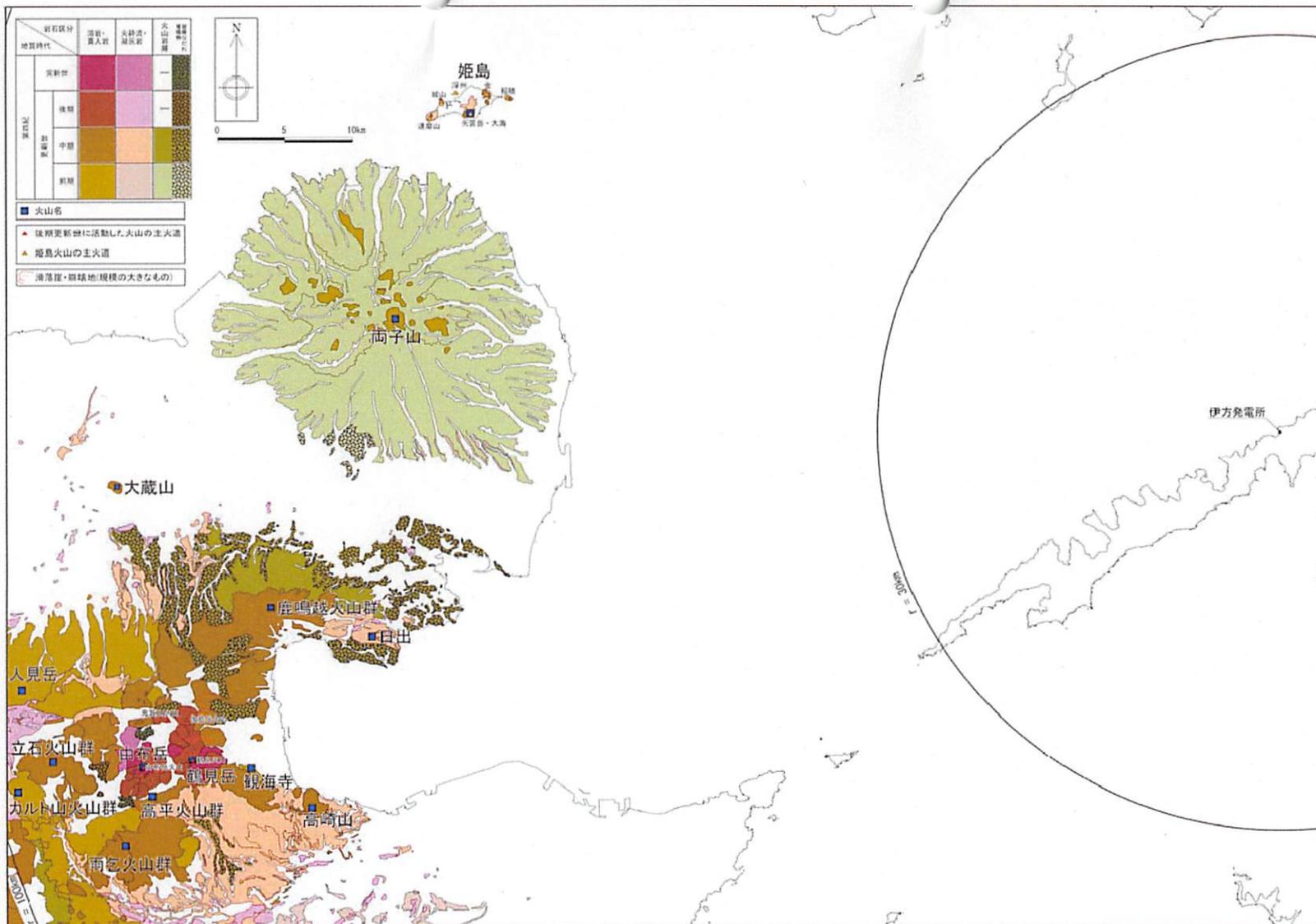
伽藍岳は標高1,045mの円錐状の溶岩円頂丘であり，あまり開析されていない。伽藍岳山頂の南側には馬蹄形の火口があり，噴気活動が活発で変質が著しい。また，東方には鍋山（なべやま）の高まりがあり，伽藍岳山頂との間は南北方向で深さ50～100mの谷となっているため，別府湾側の東麓が大規模に崩壊することは考え難い。

以上を踏まえ，山体が大きく別府湾への崩壊物の流入量も大きい鶴見岳東麓の崩壊を考慮することとし，既往最大規模に相当する 0.02km^3 の崩壊に伴う津波を基準津波の設定に考慮する。さらに，仮想的な崩壊として，地形や溶岩の分布に基づく検討から山頂を含む大規模な山体崩壊（ 0.54km^3 ）についても，これに伴う津波が基準津波に包含されることを確認する。

なお，発電所運用期間中の活動可能性を考慮する火山に海底火山は存在せず，

対象となる火山の過去の火砕流堆積物の分布も内陸部に限定されることから、海底噴火や火砕流による津波については問題とならない。

なお、発電所運用期間中の活動可能性を考慮する火山に海底火山は存在せず、対象となる火山の過去の火砕流堆積物の分布も内陸部に限定されることから、海底噴火や火砕流による津波については問題とならない。



※第四紀火山の分布は「日本の火山（第3版）」（中野ほか編，2013）を使用，第四紀火山岩類の分布は「20万分の1地質図幅「中津」」（石塚ほか，2009），「別府地域の地質」（星住ほか，1988），「豊後杵築地域の地質」（石塚ほか，2005），「大分地域の地質」（吉岡ほか，1997）を基に作成
 図8 別府湾周辺の第四紀火山及び第四紀火山岩類分布図

⑩ 大気現象

大気現象については、発電所運用期間中の活動可能性を考慮するいずれの火山も敷地から 80km 以遠の遠方に位置していることから、空振による超過圧力等の影響は考えられない。したがって、大気現象による影響はないと評価される。

⑪ 地殻変動

敷地は山口県から別府湾に至る火山フロントと十分な離隔があるため、発電所運用期間中の活動可能性を考慮する火山による地殻変動のほか、新しい火口の開口に伴って引き起こされる地殻変動についても問題となるものではない。したがって、地殻変動による影響はないと評価される。

⑫ 火山性地震

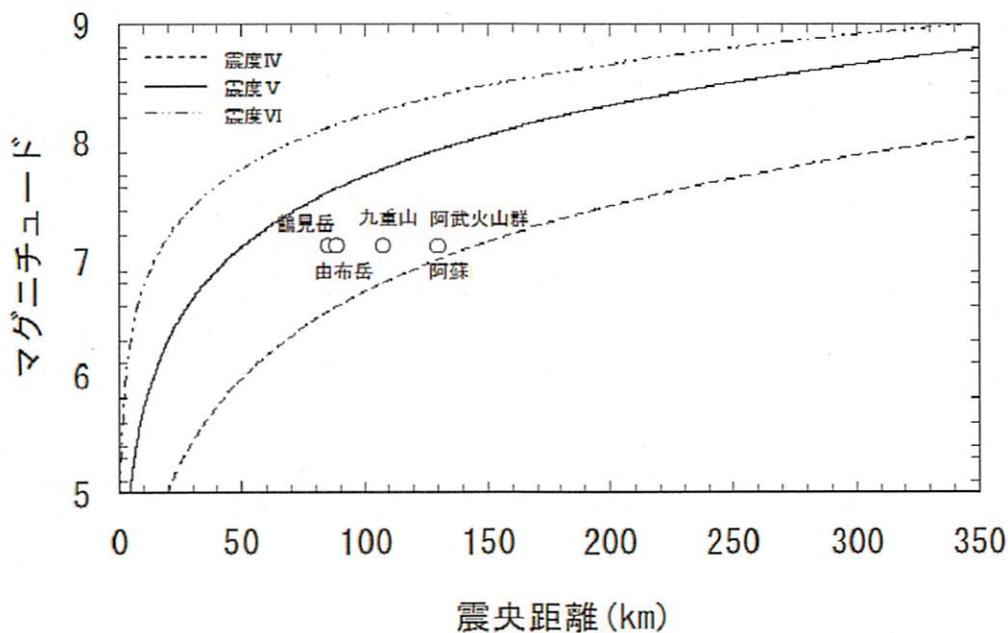
火山性地震については、発電所運用期間中の活動可能性を考慮するいずれの火山も敷地から 80km 以遠の遠方に位置するので小規模な地震の多発が問題となるものではない。火山近傍で起きた被害地震の中で特に大きなものとして桜島の 1914 年大正大噴火に伴う M7.1 の地震が知られていることから(西村・井口, 2006; 気象庁編, 2013), 発電所運用期間中の活動可能性を考慮する各々の火山において M7.1 の地震を基準地震動の策定に考慮する(図 10)。

表 BOX 7 火山とその周辺に発生したマグニチュードの大きな地震

火山名	年月日	M	備考	出典
桜島	1914.1.12	7.0	噴火	阿部 1981
浅間山	1912.7.16	5.7		Abe, 1979
	1916.2.22	6.2		理科年表
有珠山	1910.7.24	5.1	噴火前日	Abe, 1979
	1977-1978	4.3	噴火活動期	気象庁地震月報
	2000.4.1	4.9	噴火活動期	気象庁地震月報
三宅島	1962.8.26	5.9	噴火終息直後	気象庁地震月報
	1983.10.3	6.2	噴火終息直後	気象庁地震月報
	2000.7-8	6以上6回 (最大6.5)	噴火活動期 三宅島, 神津島, 式根島近海	気象庁地震月報
箱根山	1920.12.27	5.6		気象庁地震月報
霧島山	1968.2.21	6.1	加久藤カルデラ	気象庁地震月報
雲仙岳	1792.5.21	6.4	眉山崩壊	理科年表
	1922.12.8	6.9と6.5		理科年表
伊豆大島	1986.11.22	6.0	噴火終息直後	気象庁地震月報
伊豆東部火山群	1989.7.9	5.5	海底噴火直前	気象庁地震月報
岩手山	1998.9.3	6.0	火山活動期	気象庁地震月報

「日本の火山性地震と微動」西村・井口(2006)より抜粋

※気象庁編(2013)による桜島の大正大噴火に伴う地震規模は M7.1



マグニチュードと震央距離から推定した敷地の震度

図 10 火山性地震による影響評価

⑬ 熱水系

敷地は山口県から別府湾に至る火山フロントと十分な離隔がある。また、敷地における深部ボーリング調査によると、深度 2,000m における地温は約 73℃、地温勾配は 2.8℃/100m と低く、敷地付近の地質に過去に顕著な熱水活動を被った痕跡も認められない。したがって、熱水系による影響はないと評価される。

以 上

降下火砕物の特徴について

表1 降下火砕物の特徴

特徴*1	考えられる影響因子
マグマが噴火時に、破碎・急冷したガラス片・鉱物結晶片からなる。*2	<ul style="list-style-type: none"> ・堆積による構造物への静的負荷 ・粒子の衝突 ・水循環系の閉塞 ・水循環系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影響
亜硫酸ガス (SO ₂)、硫化水素 (H ₂ S)、フッ化水素 (HF) 等の火山ガス成分が付着している。	<ul style="list-style-type: none"> ・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*3 ・発電所周辺の大気汚染 ・給水の汚染
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（火山灰）粒子は絶縁体だが、水に濡れると酸性を呈し、導電性を生じる。	<ul style="list-style-type: none"> ・変圧器、開閉所の絶縁影響
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。	<ul style="list-style-type: none"> ・固結*4
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。	<ul style="list-style-type: none"> ・高温部における融解および固着*5

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

* 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（火山灰）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、桜島火山灰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。

<試験条件：温度、湿度、保持時間[①（40℃、95%、4h）～②（20℃、80%、2h）×18 サイクル]>

（参考文献：出雲茂人、末吉秀一他、火山環境における金属材料の腐食、1990、防食技術 Vol. 39, pp247～253）

* 4：流水等により除去が可能である。

* 5：ディーゼル発電機のシリンダ内の圧縮温度は、約 500～600℃程度であるため、降下火砕物（火山灰）は熔融しない。

以上

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、伊方発電所で想定される降下火砕物の条件を考慮し、表1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、構造物の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伊方町における平均的な積雪荷重を重畳させる。許容応力状態として、弾性状態とする。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小な粒子である。粒子の衝突による影響については、「竜巻防護に対する防護」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。従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、接液面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）

評価対象とした給水処理設備について，原水中に含まれる降下火砕物が適切に除去でき，プラントに給水できることを系統図等を用いて評価する。

⑩ 絶縁低下

伊方3号機屋外の開閉所は，ガス絶縁開閉装置を使用しており，開閉装置本体に充電露出部はない。また，開閉装置の送電線側は，送電線引出ブッシングを経て碍子により支持している送電線路となっているが，碍子部が汚損した場合には，碍子洗浄装置により洗浄が可能である。したがって，開閉所の絶縁性能に対する降下火砕物の影響はない。なお，絶縁破壊により外部電源が喪失した場合でもディーゼル発電機等により電源の供給が可能である。

また，屋内の施設であっても，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表2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。

表1 直接的影響要因の選定

番号	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
①	構造物への静的負荷	屋外の構築物において降下火砕物堆積荷重による影響を考慮する。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	降下火砕物(火山灰)は微小な粒子である。粒子の衝突による影響については、「竜巻防護に対する防護」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。	—
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(火山灰)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の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。	○
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	外気を取り入れている換気空調系統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"> ・屋外設備において、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)	給水処理設備への影響を考慮する。	○
⑩	絶縁低下	送電線の碍子は碍子洗浄装置により洗浄が可能である。なお、絶縁破壊により外部電源が喪失した場合でもディーゼル発電機等により電源の供給が可能である。 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。	○

表2 評価対象施設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	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化学的腐食	⑨水質汚染(給水の汚染)	⑩絶縁低下
a. 原子炉建屋 原子炉補助建屋	○	— * 2	— * 2	— * 3	— * 3	— * 4	○	— * 5	— * 6
b. 補助給水タンク	○	— * 2	— * 2	— * 3	— * 3	— * 4	○	— * 5	— * 6
c. 海水ポンプ (軸受潤滑水ストレナ含む)	○	○ (ポンプ)	○ (ポンプ)	○ (モータ)	○ (モータ)	— * 4	○ (モータ・ポンプ)	— * 5	— * 6
d. 重油タンク(移送配管含む)	— * 1	— * 2	— * 2	— * 3	— * 3	— * 4	○	— * 5	— * 6
e. 海水ストレナ	○	○ (下流側の設備含む)	○ (下流側の設備含む)	— * 3	— * 3	— * 4	○ (下流側の設備含む)	— * 5	— * 6
f. 海水取水設備	— * 1	○	○	— * 3	— (⑧で評価)	— * 4	○	— * 5	— * 6
g. 計測制御系統施設 (安全保護系計器ラック)	— (屋内設置設備であり直接的な影響がない)	— * 2	— * 2	— * 3	— * 3	— * 4	○	— * 5	○

- * 1: 降下火砕物の静的荷重の影響を受けにくい構造/形状
- * 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: 大気汚染でも機能に有意な影響を与えにくい
- * 5: 給水機能と直接関連がない
- * 6: 絶縁低下と直接関連がない

表2 評価対象施設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	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化学的腐食	⑨水質汚染(給水の汚染)	⑩絶縁低下
h. 換気空調設備 (給気系外気取入口)	— (屋内設置設備であり直接的な影響がない)	— *2	— *2	○	○	○	— (⑥で評価)	— *5	— *6
i. 主蒸気逃がし弁(消音器)	— *1	— *2	— *2	○	— (⑧で評価)	— *4	○	— *5	— *6
j. 主蒸気安全弁(排気管)	— *1	— *2	— *2	○	— (⑧で評価)	— *4	○	— *5	— *6
k. タービン動補助給水ポンプ (蒸気大気放出口)	— *1	— *2	— *2	○	— (⑧で評価)	— *4	○	— *5	— *6
l. ディーゼル発電機	屋内設備 (原子炉補助建屋内に設置されており火山灰の影響はない)	○ (海水ストレーナ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	○ (海水ストレーナ下流側設備として評価)	— *5	— *6
	屋外設備	— *1	— *2	— *2	○	— (⑧で評価)	○	— *5	— *6
m. 格納容器排気筒 補助建屋排気筒	— *1	— *2	— *2	○	○	— *4	— (⑥で評価)	— *5	— *6
n. 制御用空気圧縮機	— (原子炉補助建屋に設置されており火山灰の影響はない)	— *2	— *2	○	— *3	— *4	○	— *5	— *6
o. ミニローリー(重油用)	— *1	— *2	— *2	○	— *3	— *4	○	— *5	— *6
p. 給水処理設備	○	○	○	— *3	— *3	— *4	○	○	— *6

*1: 降下火砕物の静的荷重の影響を受けにくい構造/形状

*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: 大気汚染でも機能に有意な影響を与えにくい

*5: 給水機能と直接関連がない

*6: 絶縁低下と直接関連がない

直接的影響の評価結果

資料－5の表2に基づき評価した結果は表1のとおりであり、評価対象の全ての施設において降下火砕物の直接的影響がないことを確認した。

なお、詳細な評価結果を資料7～20及び参考資料－6～7に示す。また、降下火砕物の影響を受ける可能性のある、その他の設備についての評価結果を参考資料－8に示す。

表1 評価対象施設の評価結果 (1/2)

評価対象施設	主な確認結果	確認結果	詳細評価
a. 原子炉建屋 原子炉補助建屋	原子炉建屋及び原子炉補助建屋の積載荷重の余裕は降下火砕物の堆積荷重に比べ十分大きいことから、原子炉建屋及び原子炉補助建屋への影響はない。 原子炉建屋及び原子炉補助建屋は、外壁塗装及び屋上防水がなされていることから、降下火砕物と建屋構造物が直接接触することはなく化学的腐食により短期的に影響を及ぼすことはない。	○	資料7
b. 補助給水タンク	降下火砕物堆積荷重により発生する応力は、補助給水タンクの許容応力値以下になる見通しであることから、補助給水タンクの健全性に影響はないと考える。 補助給水タンクは、外装塗装がなされていることから、降下火砕物と構造物が直接接触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。	○	資料8
c. 海水ポンプ (軸受冷却水ストレーナ含む)	降下火砕物堆積荷重によりモータフレーム部で発生する応力は許容応力値以下であり、海水ポンプ(モータ含む)の機能に影響を及ぼすことはない。 流水部の閉塞、軸受部での軸固着及び電動機内部への侵入もなく、機能に影響を及ぼすことはない。 海水ポンプ(配管含む)は防汚塗装等(ライニング含む)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。	○	資料9
d. 重油タンク (移送配管含む)	横置きタンクである重油タンク及び移送配管は、降下火砕物が堆積し難い構造である。 重油タンク(移送配管含む)、保護カバー及び保温カバーは外装塗装がなされていることから、降下火砕物と構造物が直接接触することはなく、化学的腐食により短期的に影響を及ぼすことはない。	○	資料10
e. 海水ストレーナ (下流設備含む)	降下火砕物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になる見通しであることから、海水ストレーナの健全性に影響はないと考える。 想定する降下火砕物の粒径は小さいことから、ストレーナが閉塞することはない。また、下流設備であるディーゼル発電機用冷却器、空調用冷凍機及び原子炉補機冷却水冷却器の伝熱管においても閉塞することはない。 海水ストレーナはライニング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、海水ストレーナより下流の機器の伝熱管(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、著しい腐食環境にはならないことから、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。	○	資料11
f. 海水取水設備	想定する降下火砕物の粒径は小さいことから、取水設備が閉塞することはない。 海水取水設備は防汚塗装等の対応を実施しており、海水と金属が直接接することはなく、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。	○	資料12
g. 計測制御系統施設 (安全保護系計器ラック)	安全保護系計器ラックが設置されている部屋は、安全補機閉器室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平型フィルタが設置されているが、これに加えて下流にさらに細かい粒子を捕捉可能な粗フィルタが設置されている。このため、他の空調系に比べて降下火砕物に対する高い防護性能を有しており、侵入する降下火砕物は微細なものに限られ、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(短絡等)及び化学的腐食を発生させる可能性はないことから、安全保護系計器ラックの機能に影響を及ぼすことはない。	○	資料13

6条(火山)-別添1-79

表1 評価対象施設の評価結果 (2/2)

評価対象施設	主な確認結果	確認結果	詳細評価
h. 換気空調設備 (給気系外気取入口)	外気取入口は降下火砕物が侵入し難い構造であり、また、フィルタ差圧上昇時には、交換等により対応可能である。 外気取入口(フィルタ部)は、その金属部に降下火砕物による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、中央制御室空調系は、外気取入ダンパを閉じた循環運転が可能であり、中央制御室の居住環境を維持することができる。	○	資料14
i. 主蒸気逃がし弁消音器	主蒸気逃がし弁消音器は、降下火砕物が侵入し難い構造である。降下火砕物が侵入した場合、主蒸気逃がし弁の吹出力が降下火砕物の重量よりも大きいので機器の機能に影響を及ぼすことはない。 主蒸気逃がし弁消音器は、その内外面の腐食により有意な影響を与えにくい構造である。	○	資料15
j. 主蒸気安全弁排気管	降下火砕物が配管内に侵入した場合でも排気管は降下火砕物により閉塞することはない。また、降下火砕物の荷重より主蒸気安全弁の吹出力が十分大きいことから、機器の機能に影響を及ぼすことはない。 主蒸気安全弁排気管は、排気経路を構成する中空パイプであるため、その内外面の化学的腐食により主蒸気安全弁の機能に有意な影響を与えにくい構造である。	○	資料16
k. タービン動補助給水ポンプ 蒸気大気放出管	蒸気大気放出管は屋外に開口しているが、開口部は斜め下方向であり、降下火砕物が侵入し難い構造である。 配管部の内外面の化学的腐食によりタービン動補助給水ポンプの機能に有意な影響を与えにくい構造である。	○	資料17
l. ディーゼル発電機	降下火砕物がディーゼル機関吸気に侵入した場合でも、シリンダー部の摩耗に与える影響は小さい。 吸排気消音器は、その内外面の化学的腐食により設備の機能に有意な影響を与えにくい構造である。	○	資料18
m. 格納容器排気筒 補助建屋排気筒	格納容器排気筒及び補助建屋排気筒は、降下火砕物が侵入しても排気流路を閉塞させることはなく、機能に影響を及ぼすことはない。 また、排気筒の吹出し速度は、降下火砕物の沈降速度より大きいため、排気筒運転中は降下火砕物が侵入することはない。 格納容器排気筒及び補助建屋排気筒外面は、外装塗装を実施しており、降下火砕物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影響を及ぼすことはない。	○	資料19
n. 制御用空気圧縮機	制御用空気圧縮機が設置された部屋は、制御用空気圧縮機室換気系にて空調管理されており、本空調系の外気取入口には平型フィルタが設置されていることから、一定以上の粒径の降下火砕物については阻止可能であり、侵入する降下火砕物は限られる。また、降下火砕物は硬度が低くもろいことから、摺動部に侵入した降下火砕物により摩耗が発生することはない。したがって、降下火砕物が大量に摺動部に侵入する可能性は小さく、摩耗により摺動部に損傷を発生させることはないことから、制御用空気圧縮機の機能に影響を及ぼすことはない。	○	資料20
o. ミニローリー	車両エンジン部エアフィルタは、容易に清掃することが可能である。また、ミニローリーは容易にアクセスでき、除灰することが可能である。 ミニローリーは外装塗装をしており降下火砕物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。	○	参考6
p. 給水処理設備	海水及び溪流水に降下火砕物が混入した場合、系統に設けられているろ過器により降下火砕物は除去されることから給水処理設備で処理された補給水が降下火砕物で汚染されることはない。 海水淡水化装置の海水取水ポンプ及び海水送水ポンプ(配管含む)は、防汚塗装等(ライニング含む)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影響を及ぼすことはない。	○	参考7

原子炉建屋及び原子炉補助建屋に係る影響評価

降下火砕物による原子炉建屋及び原子炉補助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 構造物への静的負荷

降下火砕物の堆積荷重により原子炉建屋及び原子炉補助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 化学的腐食

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

(2) 評価条件

① 降下火砕物条件

a. 堆積量：15cm

b. 密度：1.5g/cm³（堆積荷重が保守的となるよう湿潤状態とする）

② 積雪条件

a. 積雪量：7cm（建築基準法の考え方を参考とした伊方町における平均的な積雪量）

b. 単位荷重：積雪量1cmあたり20N/m²（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。

$$0.15(\text{m}) \times 1,500(\text{kg/m}^3) \times 9.80(\text{m/s}^2) = 2,205(\text{N/m}^2)$$

次に重畳する積雪荷重は以下のとおりとなる。

$$7(\text{cm}) \times 20(\text{N/m}^2/\text{cm}) = 140(\text{N/m}^2)$$

以上より構造物への堆積荷重は、2,345(N/m²)となる。

材料の許容応力度の比（短期／長期＝1.5以上）から、短期では少なくとも長期の1.5倍の荷重が負担できるため、短期荷重として負担できる荷重と長期荷重の差分が積載荷重の余裕となる。

表1のとおり、積載荷重の余裕は降下火砕物による堆積荷重を十分上回っているため、原子炉建屋及び原子炉補助建屋への影響はない。

表1 積載荷重の余裕と降下火砕物堆積荷重の比較^{※1}

評価対象 建屋	評価部位 ^{※2}	長期 荷重 ① (N/m ²)	短期荷重として 負担できる荷重 ② (N/m ²)	積載荷重 の余裕 ②－① (N/m ²)	降下火砕物 堆積荷重 (N/m ²)
原子炉 建屋	屋根スラブ 〔外周コン クリート壁 ドーム部 ^{※3} 〕	9,000	13,500	4,500	2,345
原子炉補助 建屋	屋根スラブ	13,000	19,500	6,500	

※1 伊方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合せを要しない地域であり、降下火砕物の堆積は降雪頻度と同等以下であることから、地震荷重との組合せは考慮しない。ただし、除灰作業による堆積荷重の低減は速やかに実施する。

※2 長期荷重（自重G＋積載荷重P）が最も小さく評価条件が厳しいスラブ（外周コンクリート壁ドーム部はスラブ厚が最も小さいドーム中央部）を代表部位とする。

※3 ドーム中央部から端部に灰が流れた方が応力は小さくなるが、評価においては等分布荷重とする。

② 化学的腐食

原子炉建屋及び原子炉補助建屋は外壁塗装及び屋上防水がなされていることから、降下火砕物と建屋構造物が直接接触することはなく、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、長期的な影響については、堆積した降下火砕物を除灰し、除灰後の点検等において、必要に応じて保修作業を実施する。

以上

補助給水タンクに係る影響評価

降下火砕物による補助給水タンクへの影響について、以下のとおり評価する。

(1) 評価項目及び内容

① 構造物への静的負荷

降下火砕物の堆積荷重により補助給水タンク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 化学的腐食

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

(2) 評価条件

① 降下火砕物条件

a. 堆積量：15cm

b. 密度：1.5g/cm³ (堆積荷重が保守的となるよう湿潤状態とする)

② 積雪条件

a. 積雪量：7cm (建築基準法の考え方を参考とした伊方町における平均的な積雪量)

b. 単位荷重：積雪量1cmあたり20N/m² (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。

$$0.15(m) \times 1,500(kg/m^3) \times 9.80(m/s^2) = 2,205(N/m^2)$$

次に重畳する積雪荷重は以下のとおりとなる。

$$7(cm) \times 20(N/m^2/cm) = 140(N/m^2)$$

以上より構造物への堆積荷重は、2,345(N/m²)となる。

上記条件による評価結果は工認審査において説明することとし、表1に示す各部位（屋根板及び胴部）の発生応力と、許容応力を比較して補助給水タンクの機能に影響を及ぼすことがないことを確認する。

なお、各部位の許容応力は、JEAG 4601-1987におけるクラス3容器及びクラス3支持構造物の許容応力状態Ⅲ_ASの許容応力に基づく。

表1 代表部位に対する評価結果

部位	材料	応力の種類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度
屋根板	SM400B	一次一般膜応力	※	240	※
		一次膜＋一次曲げ応力	※	360	※
胴板	SM400B	一次一般膜応力	※	235	※
		一次膜＋一次曲げ応力	※	352	※

※：工認審査において説明する。

(解析条件)

- 解析コード：MSC/NASTRN Ver. 2004. 5. 0
- 解析モデル：屋根、胴及びセンターリング等の板部材を板要素で、ラフター及びガーターを梁要素でモデル化

② 化学的腐食

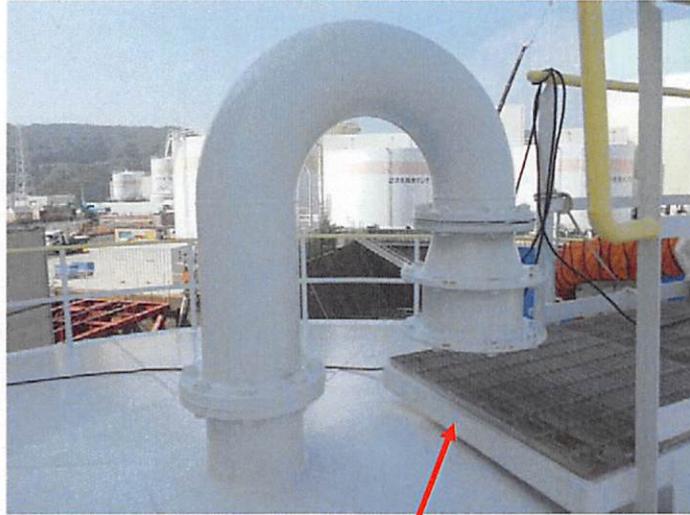
補助給水タンクは外装塗装がなされていることから、降下火砕物と構造物が直接接触することはなく、化学的腐食により短期的に影響を及ぼすことはない。

また、長期的な影響については、堆積した降下火砕物を除灰し、除灰後の点検等において、必要に応じて保修作業を実施する。

③ その他評価

補助給水タンクは大気開放タンクであり、通気口が設けられているが、通気口は図1のとおり下向きであり、降下火砕物が侵入し難い構造となっている。

以上



通気口



図1 3号機補助給水タンク

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（モータ含む）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 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 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。

③ 水循環系の内部における摩耗

降下火砕物が混入した海水を海水ポンプにより取水した場合でも、降下火砕物と内部構造物との摩耗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・短絡及び空気冷却器冷却管への侵入による閉塞等、機器の機能に影響がないことを評価する。

⑤ 化学的腐食（換気系、電気系及び計装制御系に対する化学的影響を含む）

降下火砕物の付着、堆積による構造物の化学的腐食及び降下火砕物が混入した海水を取水したことによる構造物内部の化学的腐食により、機器の機能に影響がないことを評価する。

(2) 評価条件

① 降下火砕物条件

- a. 堆積量 : 15cm
- b. 降下火砕物粒度（粒径）: 1mm以下
- c. 降下火砕物密度 : 1.5g/cm³（湿潤状態）
- d. 降下火砕物堆積荷重 : 2,205N/m²（湿潤状態）

② 積雪条件

- a. 積雪量：7 cm (建築基準法の考え方を参考とした伊方町における平均的な積雪量)
- b. 単位荷重：積雪量 1cm あたり 20N/m² (建築基準法より)
- c. 積雪荷重：140N/m²

(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する。(表 1, 図 1)

表 1 海水ポンプモータ評価条件

項目	条件
モータ全重量	6,300kg
ポンプスラスト (常用)	下方 7ton
フレーム外径	1,120mm
フレーム内径	1,102mm

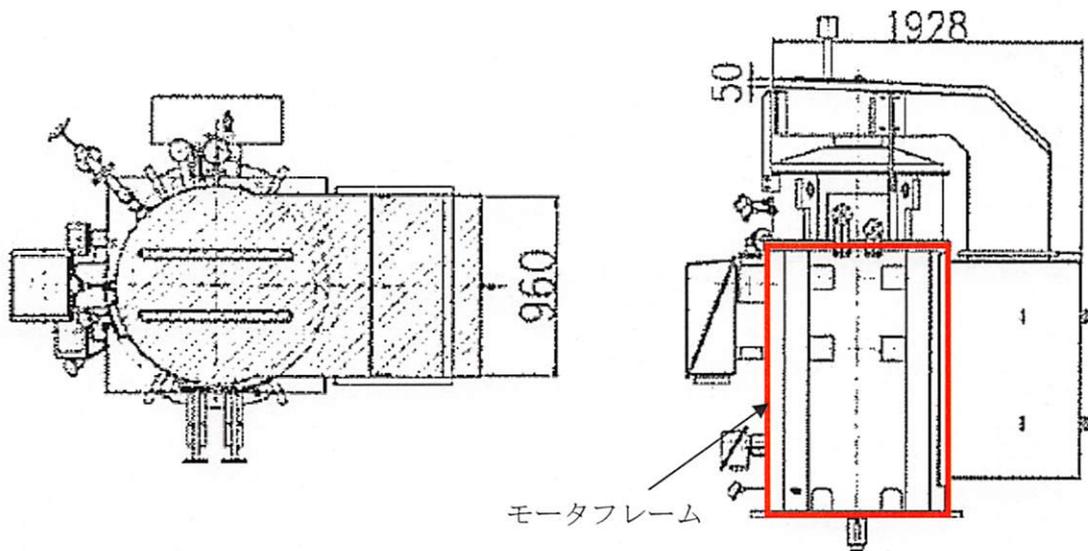


図 1 海水ポンプ (モータ含む) 評価部位概要図

a. 降下火砕物堆積による垂直荷重

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。

$$A = 1,928 \times 960 = 1.85(\text{m}^2)$$

よって、降下火砕物及び雪の堆積による垂直荷重 F_v は次のとおりとなる。

$$F_v = (1.85 \times 2,205) + (1.85 \times 7 \times 20) = 4,338.25 \div 4.34 \times 10^3 (\text{N})$$

- b. フレームに常時作用するモータ自重及びポンプスラストによる軸方向荷重

$$\text{軸方向荷重 } H = F_d + F_p = 6,300 \times 9.80665 + 7,000 \times 9.80665 = 1.31 \times 10^5 \text{ (N)}$$

ここで, F_d : モータ自重による軸方向荷重 (N)

F_p : ポンプスラストによる軸方向荷重 (N)

- c. フレームに作用する曲げモーメント

$$M = (F_v + H) \cdot D/2 = (4.34 \times 10^3 + 1.31 \times 10^5) \times 1,120/2 = 7.58 \times 10^7 \text{ (N} \cdot \text{mm)}$$

ここで, D : フレーム外径 (mm)

- d. フレームに発生する曲げ応力

$$Z = \frac{1}{6} \times \left(\frac{D^4 - d^4}{D} \right) = \frac{1}{6} \times \left(\frac{1,120^4 - 1,102^4}{1120} \right) = 1.47 \times 10^7 \text{ (mm}^3\text{)}$$

ここで, Z : 断面係数 (mm³)

d : フレーム内径 (mm)

曲げ応力 σ_b は

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} = \frac{7.58 \times 10^7}{1.47 \times 10^7} = 5.157 \div 6 \text{ (MPa)}$$

となり, 圧縮曲げ応力 ${}_c\sigma_b$ 及び引張曲げ応力 ${}_f\sigma_b$ (絶対値が同じで逆方向)

は次のとおり。

$$|{}_c\sigma_b| = |{}_f\sigma_b| = \frac{M}{Z} = \frac{7.58 \times 10^7}{1.47 \times 10^7} = 5.157 \div 6 \text{ (MPa)}$$

- e. フレームに発生する圧縮応力

フレームの断面積 S

$$S = (D^2 - d^2) = (1,120^2 - 1,102^2) = 4.00 \times 10^4 \text{ (mm}^2\text{)}$$

圧縮応力 σ_c は次のとおり。

$$\sigma_c = \frac{F_v + H}{S} = \frac{4.34 \times 10^3 + 1.31 \times 10^5}{4.0 \times 10^4} = 3.39 \div 4 \text{ (MPa)}$$

f. 評価結果

評価結果を表2に示す。評価値は許容値を十分に下回っており問題ない。なお、許容応力は、JEAG4601-1987の「その他の支持構造物」におけるⅢ_ASの許容応力を、また、組合せ応力については、JSME S NC1-2005 (2007 追補) のクラス3支持構造物の許容値を用いた。

表2 代表部位に対する評価結果

モータフレームに生じる応力	評価値 (MPa)	許容値 (MPa)	裕度
曲げ応力	6	282	45
圧縮応力	4	244	60
圧縮力と曲げの組合せ	$\sigma_c / 1.5f_c + \sigma_b / 1.5f_b \leq 1$		
	0.04		
	$(\sigma_b - \sigma_c) / 1.5f_t \leq 1$		
	0.02		

② 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は約70mmであり、想定する降下火砕物粒度(粒径)は1mm以下のため、閉塞することはない。(図2)

b. 軸受部の健全性

軸受潤滑水は、海水ポンプ出口配管から分岐し、軸受潤滑水ストレーナ(メッシュ:約1mm)を介して潤滑水用穴(φ10.5mm)を通じて注入されている。軸受潤滑水ストレーナは2系統設けられており、海水ポンプ運転中に切替え作業が可能である。

また、万一、軸受潤滑水ストレーナが閉塞した場合でも機器用水系統から軸受潤滑水を供給することが可能である。(図3)

軸受潤滑水ストレーナは、軸受潤滑水ストレーナ以降の設備に影響を与えるものを捕捉できるよう設計されており、軸受潤滑水ストレーナを通過するものは、以降の設備に影響を与えることはない。

想定する降下火砕物粒度(粒径)は1mm以下であり、ほとんどの降下火砕物は軸受潤滑水ストレーナを通過するため閉塞には至らない。また、軸受部には、異物逃がし溝(上部・中間軸受:約3.7mm以上、下部軸受:約4.5mm以上)が設けられており閉塞には至らない。(図4)

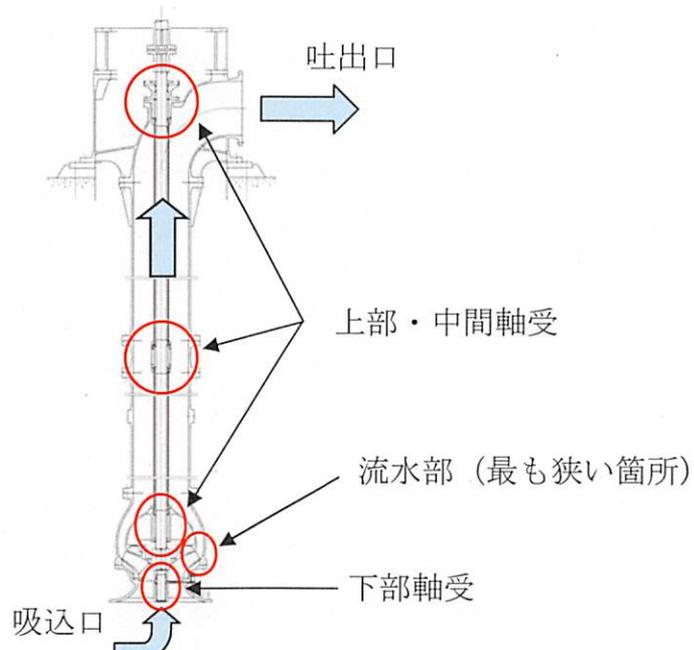


図2 海水ポンプ

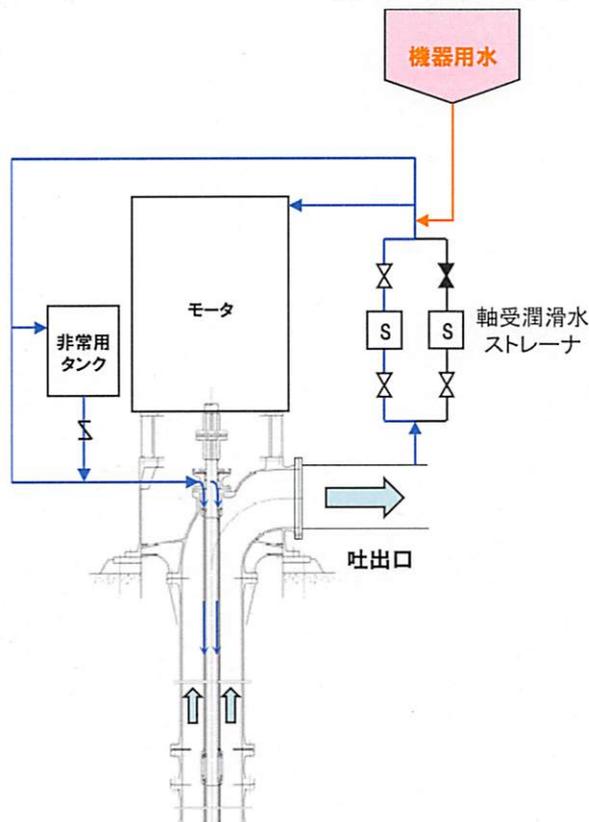


図3 海水ポンプ軸受潤滑水系統概略図

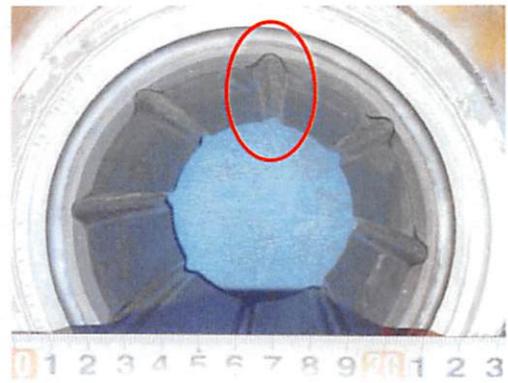


図4 海水ポンプ軸受部異物逃がし溝

③ 水循環系の内部における摩耗

降下火砕物は破碎し易く^{※1}, 硬度が小さい^{※2}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。

④ 換気系, 電気系及び計装制御系に対する機械的影響

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の側面に設置して外気を直接電動機内部に取り込まない全閉外扇形の冷却方式であり, 降下火砕物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下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, 冷却管の内径は(約19mm)であり, 想定する降下火砕物粒度(粒径)は1mm以下のため, 降下火砕物により冷却管が閉塞することはない。

また, 海水ポンプモータは温度監視を実施しており, 中央制御室で確認することができる。万一, 降下火砕物の冷却能力への影響によりモータの温度上昇が検知されれば, 他のポンプへ切替えを実施し, 冷却管の清掃等の対応が可能である。

なお, 温度監視等のその他付属設備については, 端子箱に納められており, 降下火砕物による直接的な影響を受けることはない。

※1 武若耕司, 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, 2004, pp.38-47

※2 降下火砕物粒子のモース硬度約5程度。(参考: 黄砂粒子のモース硬度約7程度)

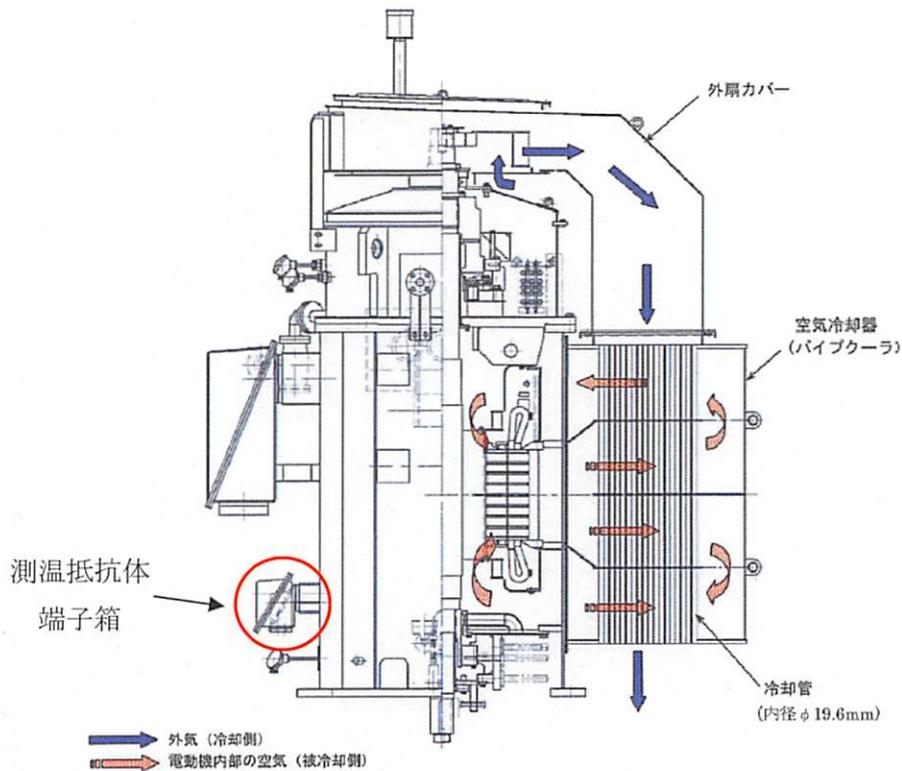


図5 海水ポンプ（モータ）の冷却方式

⑤ 化学的腐食（換気系，電気系及び計装制御系に対する化学的影響を含む）

海水ポンプ（配管含む）は，防汚塗装等（ライニング含む）の対応を実施しており，降下火砕物が混入した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影響を及ぼすことはない。

また，海水ポンプ（モータ）についても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く，化学的腐食により短期的に影響を及ぼすことはない。（図6）

なお，長期的な影響については，堆積した降下火砕物を除灰し，除灰後の点検等において，必要に応じて保守作業を実施する。



図6 海水ポンプ（モータ）

以上

重油タンク（移送配管含む）に係る影響評価

降下火砕物による重油タンク（移送配管含む）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 化学的腐食

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

（2）評価条件

堆積量：15cm

（3）評価結果

① 化学的腐食

重油タンク（移送配管含む）、保護カバー及び保温カバーは外装塗装がなされていることから、降下火砕物と構造物が直接接触することはなく、化学的腐食により短期的に影響を及ぼすことはない。

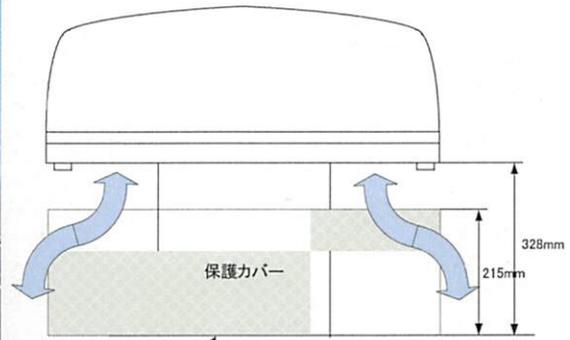
また、長期的な影響については、重油タンクは横置き円筒型のタンクであり降下火砕物が堆積し難い構造となっているが、頂部に降下火砕物が堆積した場合は除灰し、除灰後の点検等において、必要に応じて保修作業を実施する。

② その他評価

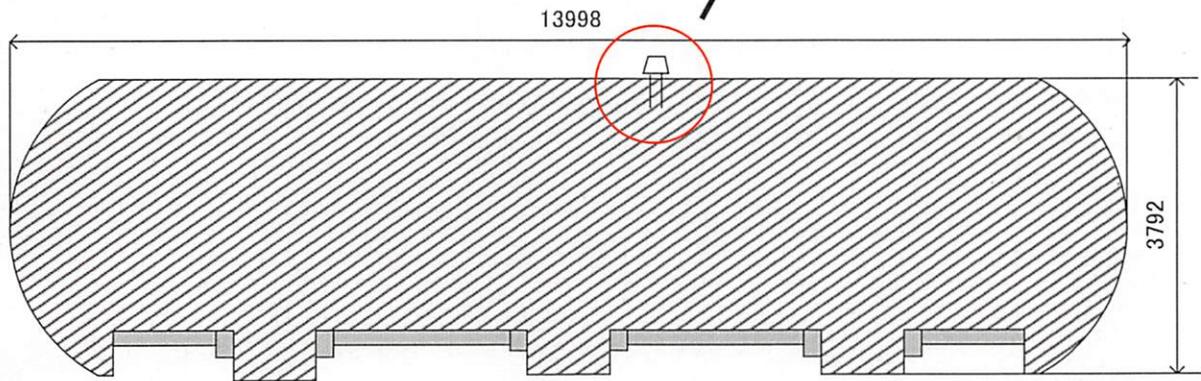
重油タンクは大気開放タンクであり、通気口が設けられているが、通気口は図1に示すとおり下向きであり、降下火砕物（降下火砕物）が侵入し難い構造となっている。

また、通気口は、タンク表面から約30cmの高さにあることから、仮に降下火砕物が15cm堆積しても通気口が閉塞することはない。

以上



通気口外略図



<移送配管の仕様>

材質	STPT370
口径	60.5mm
肉厚	3.9mm
全長/系統	約 230m

図1 3号機重油タンク (保護カバー装着時)

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。

(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がないことを評価する。

② 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。

③ 水循環系の内部における摩耗

降下火砕物が混入した海水を取水することによる降下火砕物と構造物との摩耗により機器の機能に影響がないことを評価する。

④ 化学的腐食

降下火砕物の付着による構造物の腐食及び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 : 15cm
- b. 降下火砕物粒度（粒径）：1 mm 以下
- c. 降下火砕物密度 : 1.5g/cm³（湿潤状態）
- d. 降下火砕物堆積荷重 : 2,205N/m²（湿潤状態）

② 積雪条件

- a. 積雪量：7 cm（建築基準法の考え方を参考とした伊方町における平均的な積雪量）
- b. 単位荷重：積雪量 1cm あたり 20N/m²（建築基準法より）
- c. 積雪荷重：140N/m²

(3) 評価結果

① 構造物への静的負荷

海水ストレーナは図1に示すように上部ふたが80mmと厚く、上部ふたに降下火砕物（堆積厚さ15cm）が堆積した場合、降下火砕物の重量は約352kgであり、満水時の重量（6,200kg）の6%程度であることから堆積荷重の影響は大きく受けない。詳細については工認審査において説明を行う。

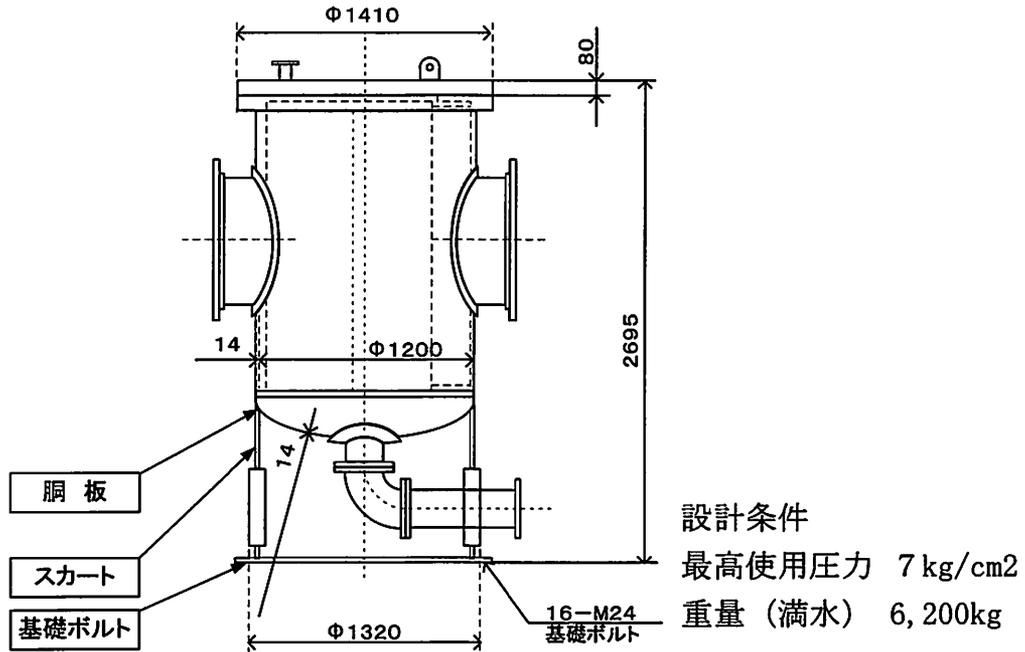


図1 海水ストレーナ構造図

② 水循環系の閉塞

海水ストレーナのエレメントのメッシュサイズはφ8mmであり、想定する降下火砕物粒度（粒径）は1mm以下のため、閉塞することはない。

また、海水ストレーナより下流の機器の伝熱管（図2）についても表1のとおり、想定する降下火砕物粒度（粒径）より十分大きく閉塞することはない。

表1 海水ストレーナより下流の機器の伝熱管

機 器		伝熱管内径 (mm) ※
ディーゼル 発電機用冷却器	潤滑油冷却器	15.0
	清水冷却器	15.0
	燃料弁冷却水冷却器	15.0
	空気冷却器	10.4
空調用冷凍機		17.2
原子炉補機冷却水冷却器		16.6

※：各機器の最小流路幅である伝熱管内径を記載。

③ 水循環系の内部における摩耗

降下火砕物は破碎し易く^{※1}、硬度が小さい^{※2}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。

④ 化学的腐食

海水ストレーナは、ライニング等の対応を実施しており、降下火砕物が混入した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、海水ストレーナより下流の機器の伝熱管（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、著しい腐食環境にはならないことから、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。

なお、長期的な影響については、堆積した降下火砕物を除灰し、除灰後の点検等において、必要に応じて保守作業を実施する。

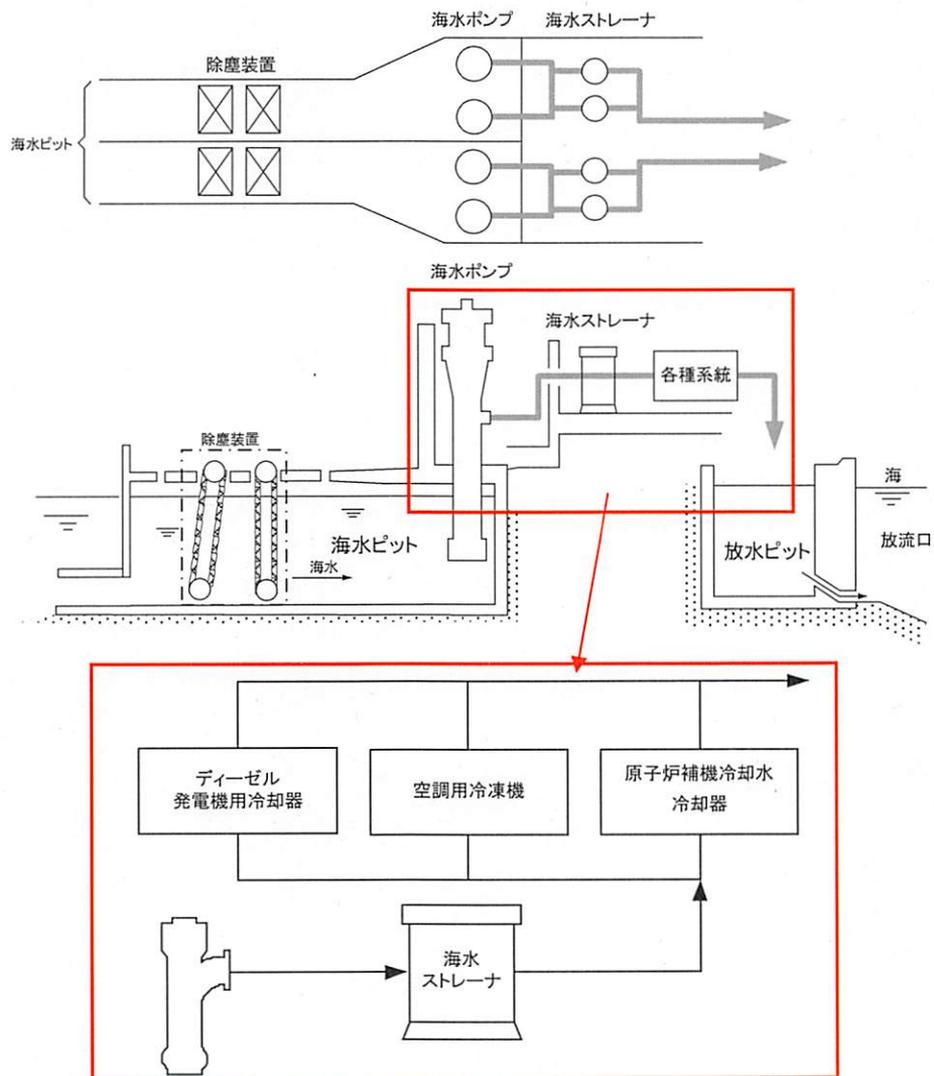


図2 海水取水系統外略図

以上

※1 武若耕司, 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, 2004, pp. 38-47

※2 降下火砕物粒子のモース硬度約5程度。(参考: 黄砂粒子のモース硬度約7程度)

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) 評価項目及び内容

① 水循環系の閉塞

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

② 水循環系の内部における摩耗

降下火砕物が混入した海水を取水することによる降下火砕物と構造物との摩耗により機器の機能に影響がないことを評価する。

③ 化学的腐食

降下火砕物の付着による構造物の腐食及び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

降下火砕物粒度（粒径）：1 mm 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、回転式バースクリーン、垂直ダウンスプレイ式トラベルスクリーンからなる海水ピット除塵装置を設置している。

回転式バースクリーンには、キャリングチェーンにバー目開き：35mmのバー枠が設置されており、垂直ダウンスプレイ式トラベルスクリーンには、キャリングチェーンに線径：φ2mm、開目：10mmの網枠が設置されている。

想定する降下火砕物粒度（粒径）は1mm以下のため、両設備ともに閉塞することはない。

② 水循環系の内部における摩耗

降下火砕物は破碎し易く^{※1}、硬度が小さい^{※2}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。

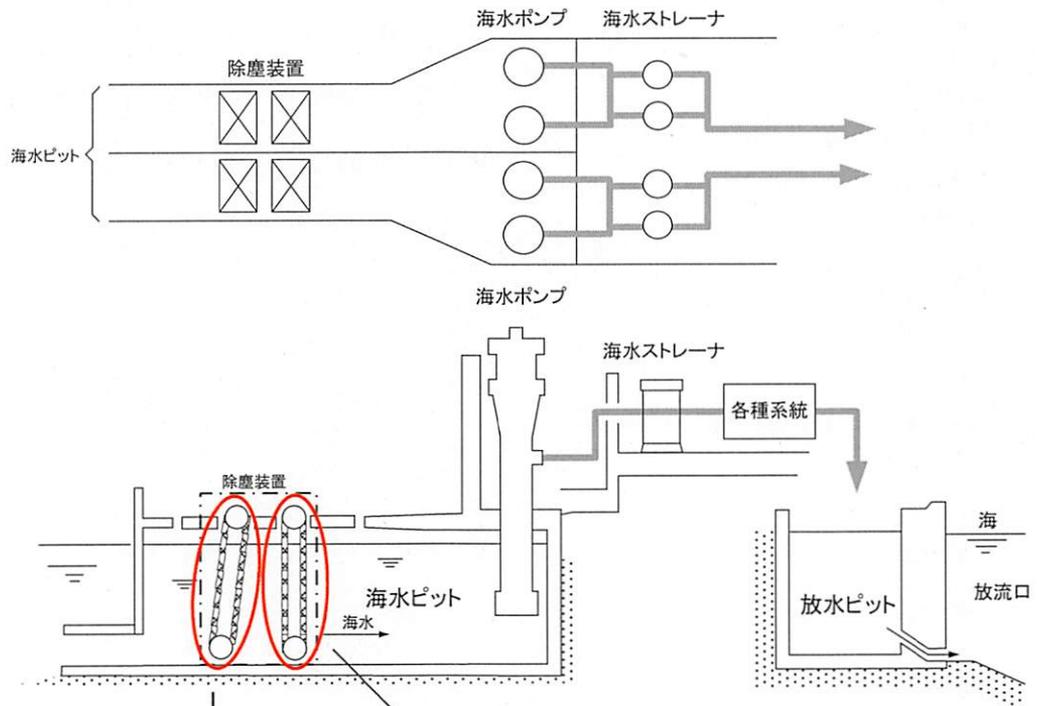
※1 武若耕司，シラスコンクリートの特徴とその実用化の現状，コンクリート工学，vol. 42，No. 3，2004，pp. 38-47

※2 降下火砕物粒子のモース硬度約5程度。（参考：黄砂粒子のモース硬度約7程度）

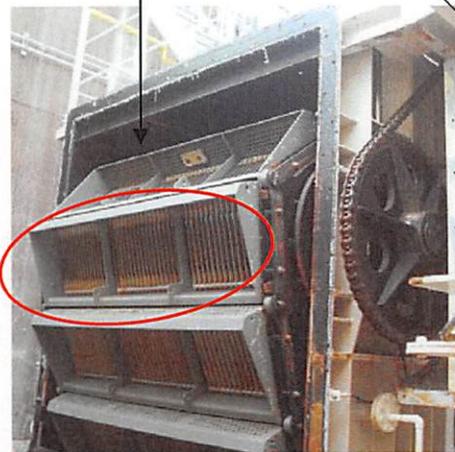
③ 化学的腐食

取水設備は、防汚塗装等の対応を実施しており、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、電気、計装設備等の付帯設備については端子箱等に納入されており、降下火砕物の直接的影響は受けない。

なお、長期的な影響については、堆積した降下火砕物を除灰し、除灰後の点検等において、必要に応じて保守作業を実施する。

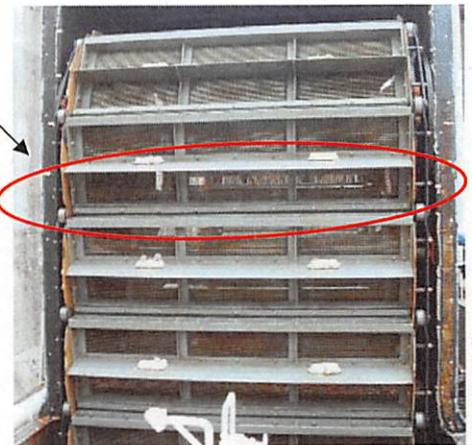


網枠：線径：φ2mm,
開目：10mm



バー目開き：
35mm

回転式バースクリーン



垂直ダウンスプレイ式
トラベルスクリーン

図1 海水取水系統外略図

以上

計測制御系統施設（安全保護系計器ラック）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測制御系統施設（安全保護系計器ラック）への影響について、以下のとおり評価する。

空気を取り込む機構の考え方については資料-13（補足）に示す。

(1) 評価項目及び内容

① 化学的腐食

降下火砕物が盤内に侵入する可能性及び侵入した場合の安全保護系計器ラック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 絶縁低下

降下火砕物が盤内に侵入する可能性及び侵入した場合の安全保護系計器ラック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

降下火砕物粒度（粒径）：1 mm 以下

(3) 評価結果

① 化学的腐食

安全保護系計器ラックは、その発熱量に応じて盤内に換気ファンを設置しているため、換気に伴い、降下火砕物が盤内に侵入する可能性がある。

安全保護系計器ラックが設置されている部屋は、図1に示すように安全補機開閉器室空調装置（安全補機開閉器室給気系）にて空調管理されている。

本空調系の外気取入口には平型フィルタ（主として粒径が5 μm より大きい粒子を除去）が設置されているが、これに加えて下流にさらに細かな粒子を捕集可能なフィルタ（およそ2 μm より大きな粒子を除去）が設置されている。

（図1）

このため、他の空調系に比べて降下火砕物に対して高い防護性能を有しており、仮に室内に侵入する場合でも降下火砕物は微細なものに限られ、大量に盤内に侵入する可能性は小さいことから、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、安全補機開閉器室空調装置（安全補機開閉器室給気系）は必要に応じて、系統の切り替えが可能な構成であり、停止した片系列について清掃やフィルタ取替が可能である。また、降灰が確認された場合には、点検により

フィルタ差圧を確認し、状況に応じてフィルタの取替えを実施することとしている。

② 絶縁低下

降下火砕物が盤内に侵入することについては、①項で示したように大量に盤内に侵入する可能性は小さい。

仮に降下火砕物粒子が一部侵入した場合には、安全保護系計器ラックの内部にある集積回路（ICなど）の部品はモールド（樹脂）で保護されているため、降下火砕物が侵入することはないため、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、端子間の距離は数mm程度であることから、降下火砕物の付着により絶縁低下（短絡等）を発生させる可能性はない。

なお、安全補機開閉器室空調装置（安全補機開閉器室給気系）は、必要に応じて系統の切り替えが可能な構成であり、停止した片系列について清掃やフィルタ取替が可能である。また、降灰が確認された場合には、点検によりフィルタ差圧を確認し、状況に応じてフィルタの取替えを実施することとしている。

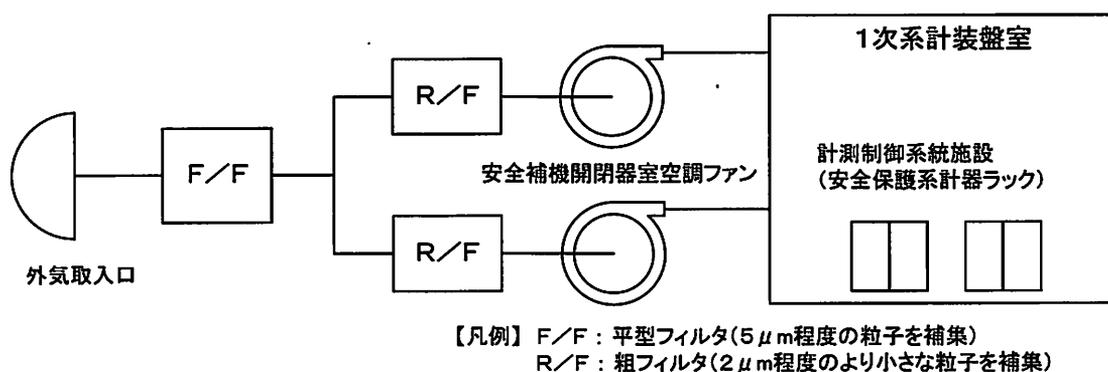


図1 安全補機開閉器室空調装置（安全補機開閉器室給気系）のイメージ図

以上

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盤について

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盤についての考え方を以下に示す。

○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盤

屋内の空気を機器内に取り込む機構とは換気ファンのことであり、安全保護系計器ラックは盤内発熱量が高いため、盤内に換気ファンが設置されている。(図1)



図1 安全保護系計器ラック

○中央制御室内の盤について

中央制御室には以下の盤が設置されている。(クラス1, 2を記載)

主盤、原子炉補助盤、換気空調盤、事故時放射線監視盤

これらの盤内には換気ファンは設置されていない。(図2～5)

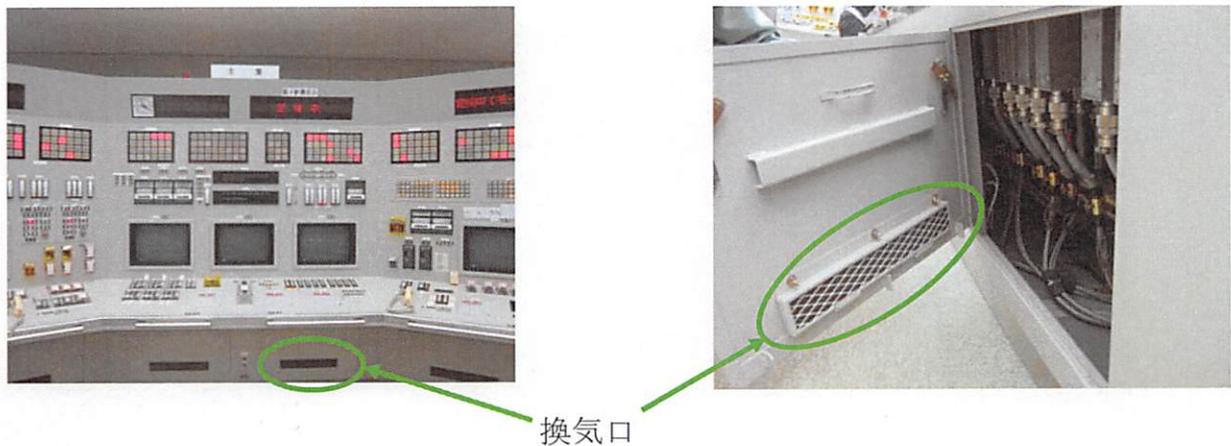
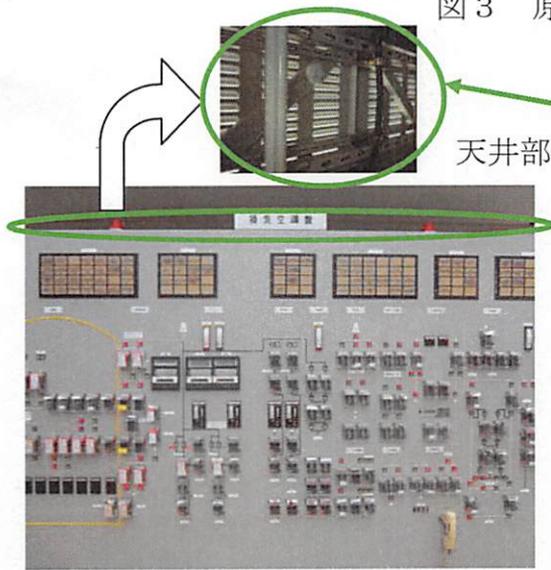


図2 主盤 (前面)



換気口

図3 原子炉補助盤 (裏面)



換気口

天井部

前面



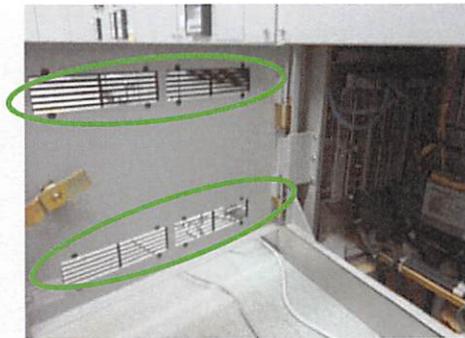
裏面

図4 換気空調盤



前面

○: 換気口



前面 (内側)



裏面 (内側)

図5 事故時放射線監視盤

換気空調設備（給気系外気取入口）に係る影響評価

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

(1) 評価項目及び内容

① 換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響

降下火砕物が図1に示す換気空調設備（給気系外気取入口）への侵入等により、機器の機能に影響がないことを評価する。

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）

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。

③ 伊方発電所周辺の大気汚染

降下火砕物により汚染された伊方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。

＜評価対象設備＞

- ・ 中央制御室
- ・ 安全補機開閉器室
- ・ ディーゼル発電機室
- ・ 電動補助給水ポンプ室
- ・ タービン動補助給水ポンプ室
- ・ 主蒸気管室
- ・ 補助建屋
- ・ 制御用空気圧縮機室
- ・ 制御棒クラスタ駆動装置電源室

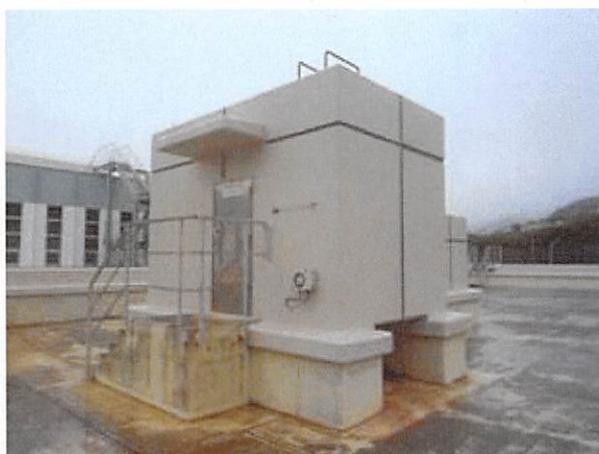


図1 外気取入口（中央制御室）

(2) 評価条件

- ① 堆積量：15cm
- ② 降下火砕物粒度（粒径）：1 mm 以下
- ③ 密度：0.5g/cm³（乾燥状態）～1.5g/cm³（湿潤状態）

(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

換気空調設備の給気系外気取入口の空気の流れは、図2に示すように降下火砕物が侵入し難い構造である。また、湿潤化された降下火砕物は密度が増し、さらに侵入し難くなる。

仮に降下火砕物が外気取入口に侵入した場合、平型フィルタは、除塵効率が85%（JIS Z 8901「試験用粉体8種（中位径の範囲が6.6～8.6μm）に対する除塵効率）であり、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。

なお、平型フィルタは、定期的もしくはフィルタ差圧を確認して交換する手順としており、図3に示すように交換は容易にできる。

また、差圧計の検出部は、図4に示すように平型フィルタ前後の動圧の影響を受けない場所に設置されており、その検出部は下向きであることから降下火砕物により閉塞することはない。

② 換気系、電気系及び計装制御系に対する化学的影響

給気系外気取入口（フィルタ部）は屋外に設置されているが、その金属部が腐食しても機器の機能に有意な影響を与えにくい構造である。

③ 発電所周辺の大気汚染

中央制御室については、外気取入ダンパを閉止した循環運転が可能であり、中央制御室の居住環境を維持することができる。なお、24時間外気取入ダンパを閉にした状態でも表1のとおり酸素濃度等、中央制御室内の作業環境に影響はない。

表1 中央制御室酸素濃度・炭酸ガス濃度評価結果

項目	時間		
	判断基準	12時間	24時間
酸素濃度	19%以上	20.70%	20.46%
二酸化炭素濃度	1.0%未満	0.203%	0.375%

（評価方法等の詳細を添付資料1に示す。）

以上

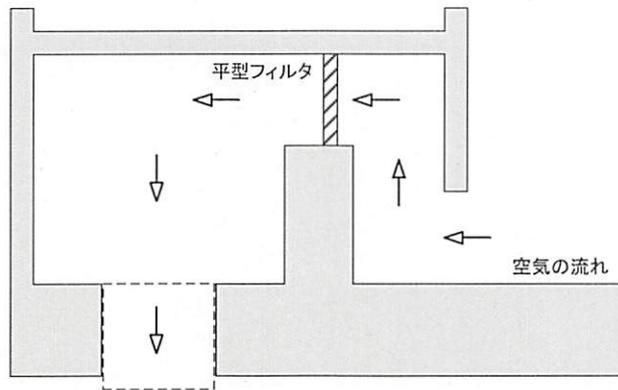
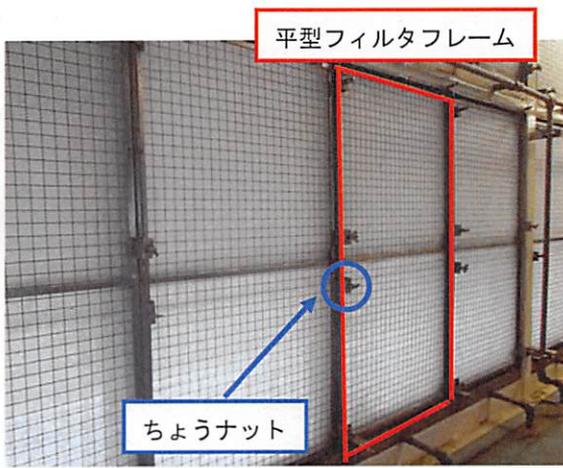


図2 換気空調設備（給気系外気取入口）の空気の流れ



【手順】

- ①：ちょうナットを緩め，平型フィルタフレーム及び金網を取り外す。
- ②：平型フィルタを交換する。
- ③：平型フィルタフレーム及び金網を取り付け，ちょうナットを締める。

【所要時間】：約2時間

(要員：4人，補助建屋給気系の場合)

図3 平型フィルタの交換手順



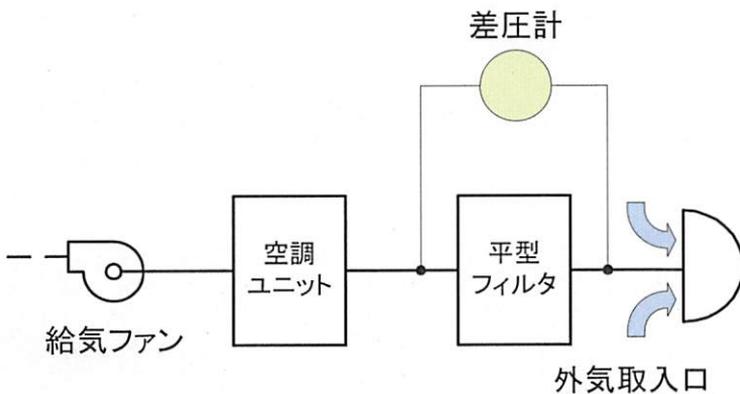
平型フィルタ



外気取入口



差圧計



差圧計検出器

図4 換気空調設備（給気系外気取入口）の概略系統図及び構成品等

降下火砕物の降灰時の中央制御室の環境について

1. 概要

中央制御室への降下火砕物の侵入を防止するため、外気との遮断が長期にわたり室内の環境が悪くなった場合、外気取入遮断時の中央制御室内に滞在する運転員の作業環境に影響を与えないことを確認するため、酸素濃度及び炭酸ガス濃度について評価する。(図 1)

なお、中央制御室には、活動に支障のない酸素濃度の範囲にあることを正確に把握するため、酸素濃度計を配備している。

2. 評価

(1) 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。

a. 評価条件

- ・ 運転員定数より、在室人員は 10 人とする。
- ・ 中央制御室バウンダリ内体積 3,200m³
- ・ 初期酸素濃度 20.95%
- ・ 評価結果が保守的になるよう空気流入はないものとして評価する。
- ・ 評価期間は 24 時間とする。
- ・ 1 人当たり呼吸量は、事故時の運転操作を想定し、歩行時の呼吸量を適用して、240/min とする。
- ・ 1 人当たり酸素消費量は、呼気の酸素濃度：16.40%として、65.520/h とする。
- ・ 許容酸素濃度 19%以上

b. 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、24 時間外気取入れを遮断したままでも、運転員の作業環境に影響を与えない。

表 1 酸素濃度

時間	12 時間	24 時間
酸素濃度	20.70%	20.46%

(2) 二酸化炭素濃度

「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、炭酸ガス濃度について評価した。

a. 評価条件

- ・ 運転員定数より、在室人員は10人とする。
- ・ 中央制御室バウンダリ内体積 3,200m³
- ・ 初期二酸化炭素濃度 0.03%
- ・ 評価結果が保守的になるよう空気流入はないものとして評価する。
- ・ 評価期間は24時間とする。
- ・ 1人当たり二酸化炭素吐出量は、事故時の運転操作を想定し、中等作業での吐出量を適用して、0.046m³/hとする。
- ・ 二酸化炭素濃度が1.0%(10,000ppm)を超えると健康上悪影響を及ぼすことから許容二酸化炭素濃度は1.0%未満とする*。

b. 評価結果

上記評価条件から求めた二酸化炭素濃度は、表2のとおりであり、24時間外気取入れを遮断したままでも、運転員の作業環境に影響を与えない。

表2 二酸化炭素濃度

時間	12時間	24時間
二酸化炭素濃度	0.203%	0.375%

以上

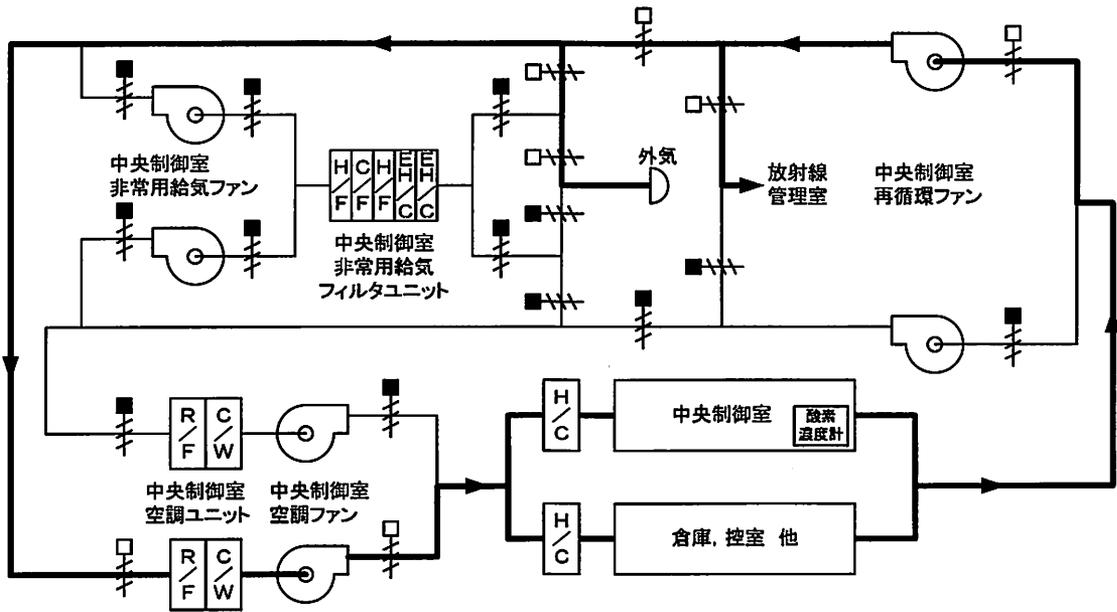
* 評価に用いたデータについて

許容二酸化炭素濃度について：10,000 [ppm]

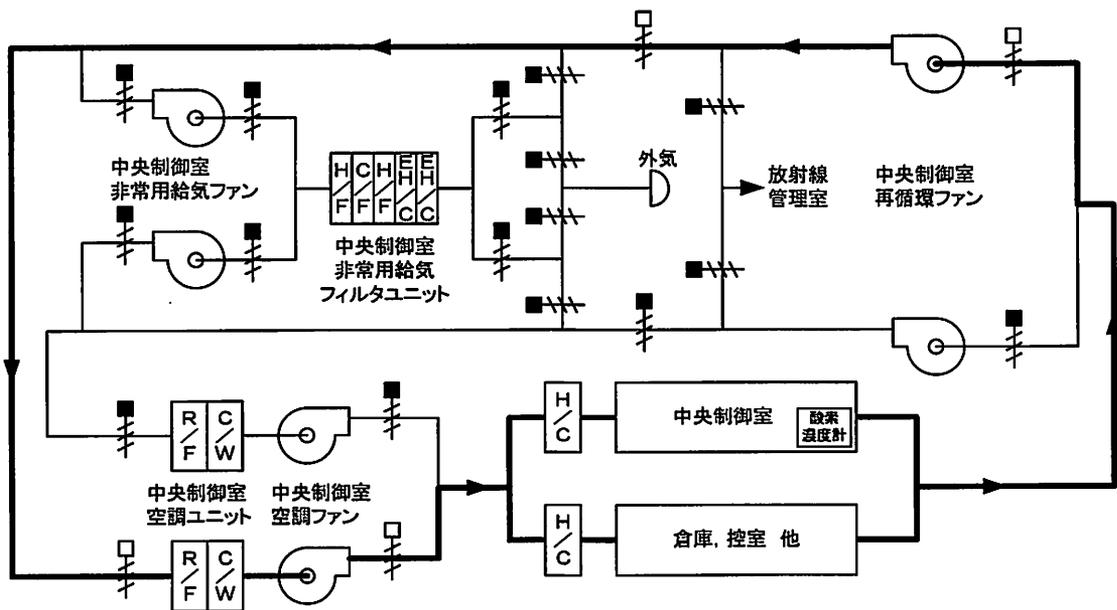
中井多喜雄，イラストでわかる空調の技術（学芸出版社）

6条(火山)-別添1-108

C/F : よう素フィルタ
 H/F : 微粒子フィルタ
 R/F : 粗フィルタ
 C/W : 冷水冷却コイル
 H/C : 蒸気加熱コイル
 EH/C : 電気加熱コイル



(通常時)



(通常時閉回路循環)

図1 中央制御室換気空調設備系統図
 6条(火山)-別添1-109

主蒸気逃がし弁消音器に係る影響評価

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

(1) 評価項目及び内容

① 換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響

降下火砕物の主蒸気逃がし弁消音器への侵入により、機器の機能に影響がないことを評価する。具体的には、主蒸気逃がし弁消音器は、降下火砕物が侵入し難い構造であること及び主蒸気逃がし弁の吹出し圧力が降下火砕物の重量よりも大きいことを確認する。なお、降下火砕物の重量については積雪との重量を考慮する。

② 化学的腐食

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。



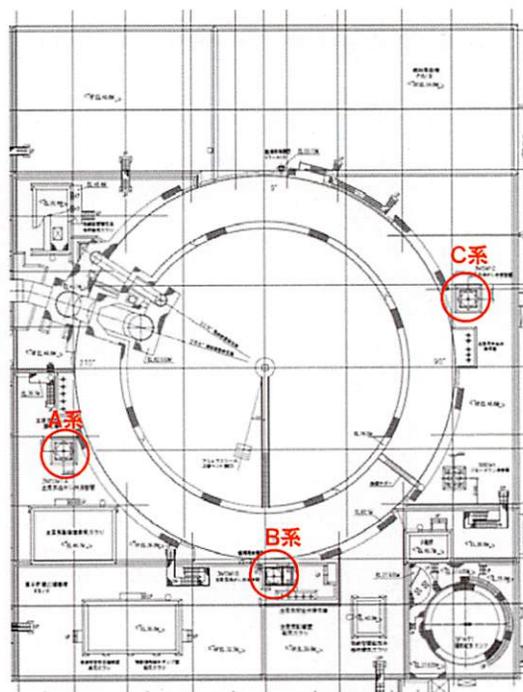
A系



B系



C系



主蒸気逃がし弁配置図

図1 主蒸気逃がし弁消音器

(2) 評価条件 (降下火砕物条件)

① 降下火砕物

- a. 堆積量 : 15cm
- b. 降下火砕物密度 : 1.5g/cm³ (湿潤状態)
- c. 降下火砕物堆積荷重 : 2,205N/m² (湿潤状態)

② 積雪条件

- a. 積雪量 : 7cm (建築基準法の考え方を参考とした伊方町における平均的な積雪量)
- b. 単位荷重 : 積雪量 1cm あたり 20N/m² (建築基準法より)
- c. 積雪荷重 : 140N/m²

(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. 主蒸気逃がし弁消音器の配管構成について

主蒸気逃がし弁から大気開放部までの配管構成を図 2 に示す。配管構成は主蒸気逃がし弁から水平配管があり, その後立ち上げ配管, 消音器 (サイレンサー) が設置され, 大気開放となっている。

消音器 (サイレンサー) は図 3 に示すとおり, 内部がパンチ状の円筒部 (デューザーや多孔板及び吸音材) から構成されており, これらの構造により降下火砕物は直接配管内に侵入しにくい。

b. 主蒸気逃がし弁の吹出し圧力について

主蒸気逃がし弁の出口配管外形は $\phi 165.2\text{mm}$ であることから, 降下火砕物の重量は, 以下のとおりとなる。

$$\pi \times \left(\frac{0.1652}{2} \right)^2 \times (2,205 + 140) \div 9.80 \approx 5.2(\text{kg})$$

次に, 主蒸気逃がし弁の吹出力について評価する。

主蒸気逃がし弁の吹出し圧力は 7.8kg/cm^2 である。逃がし弁出口配管の流体通過断面積は約 180cm^2 であることから, 吹出力は以下のとおりとなる。

$$7.8 \times 180 \approx 1,400(\text{kg})$$

流体が 1 次側から 2 次側へ通過する際に 1 次側圧力 (蒸気圧力) は多少減圧されると考えるが, 降下火砕物の重量に対して十分大きく, 主蒸気逃がし弁の機能に影響はない。

③ 化学的腐食

主蒸気逃がし弁消音器は、ディフューザーや多孔板及び吸音材により構成され、消音機能を有するのみであり、その内外面に腐食等が多少発生しても機器の機能に有意な影響を与えない構造である。

なお、主蒸気逃がし弁は、屋内設置であり降下火砕物の直接的影響を受けない。

以上

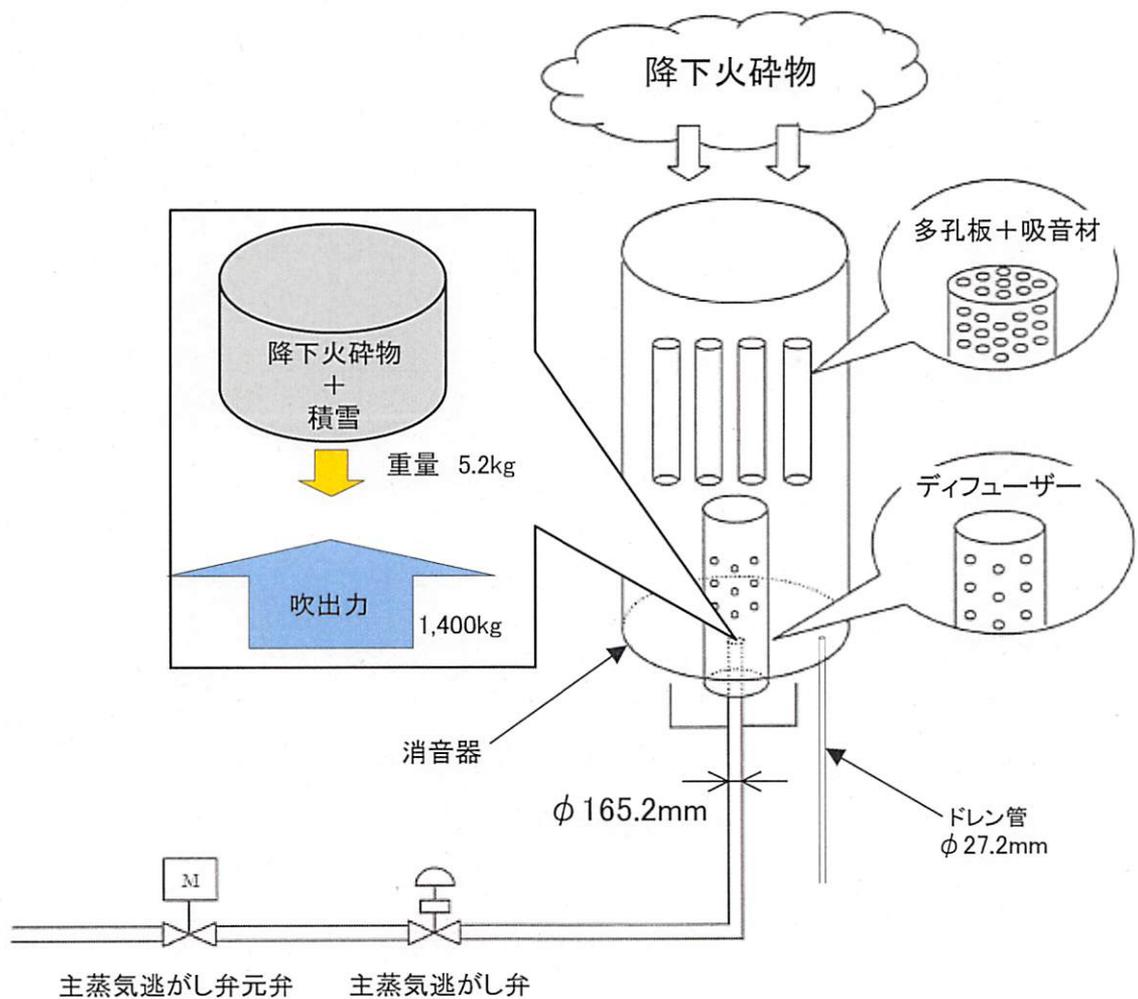


図2 主蒸気逃がし弁配管構成図

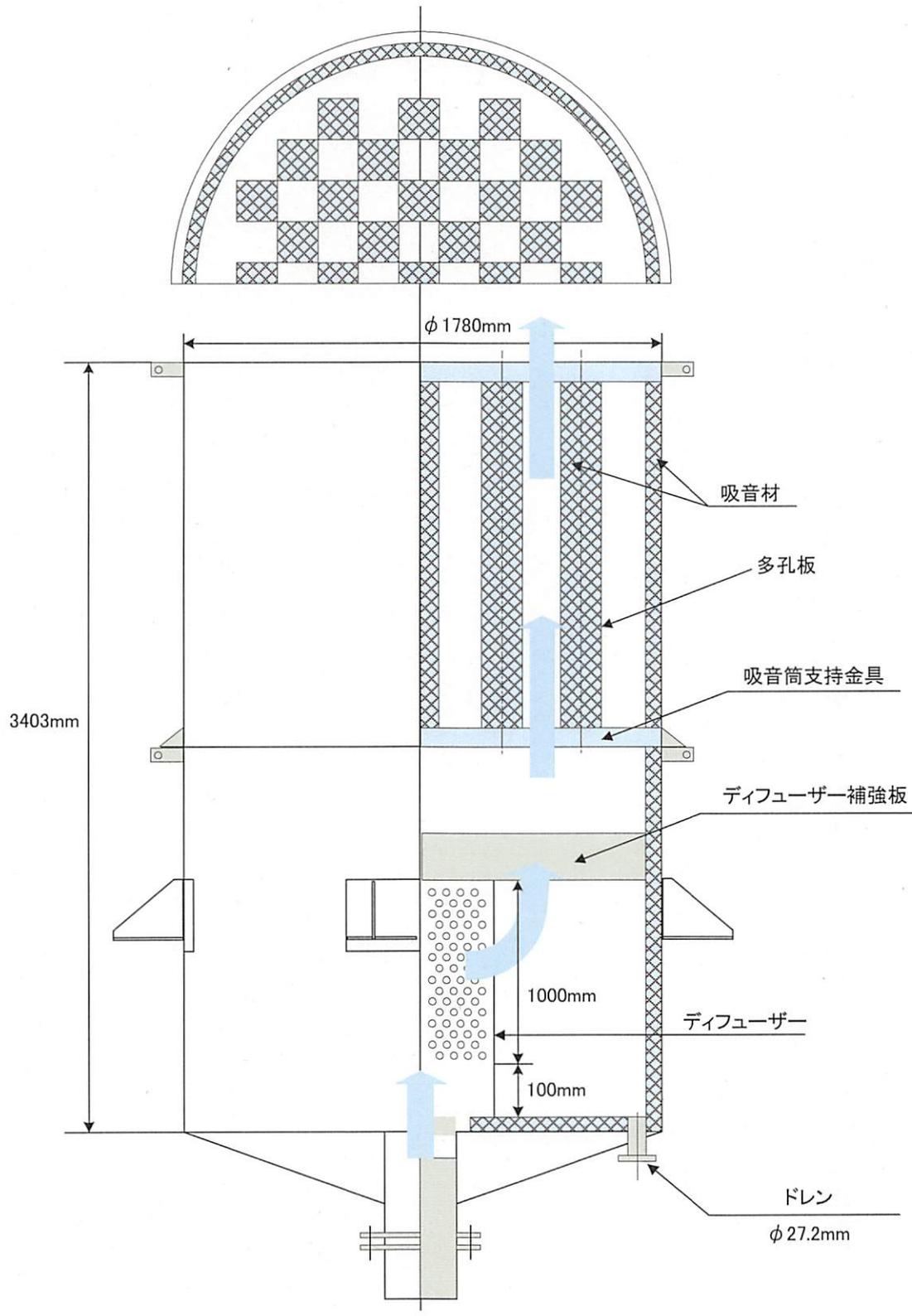


図3 主蒸気逃がし弁消音器概略構造図

主蒸気安全弁排気管に係る影響評価

降下火砕物による主蒸気安全弁排気管への影響について、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

降下火砕物の主蒸気安全弁排気管への侵入により、機器の機能に影響がないことを評価する。具体的には、主蒸気安全弁は、降下火砕物が侵入し難い構造であること及び主蒸気安全弁の吹出し圧力が降下火砕物の重量よりも大きいことを確認する。なお、降下火砕物の重量については積雪との重畳を考慮する。

② 化学的腐食

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。

(2) 評価条件（降下火砕物条件）

① 降下火砕物

- a. 堆積量 : 15cm
- b. 降下火砕物密度 : 1.5g/cm³ (湿潤状態)
- c. 降下火砕物堆積荷重 : 2,205N/m² (湿潤状態)

② 積雪条件

- a. 積雪量 : 7 cm (建築基準法の考え方を参考とした伊方町における平均的な積雪量)
- b. 単位荷重 : 積雪量 1cm あたり 20N/m² (建築基準法より)
- c. 積雪荷重 : 140N/m²

(3) 評価結果

③ 換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響

a. 主蒸気安全弁排気管の配管構成について

主蒸気安全弁から排気管までの配管構成は図1のとおりであり、降下火砕物は排気管に直接侵入するものの、主蒸気安全弁に直接侵入し難い構造である。

b. 主蒸気安全弁の吹出し圧力について

主蒸気安全弁の出口配管外径はφ40.64cmであることから、降下火砕物と積雪の重量は、以下のとおりとなる。

$$\pi \times \left(\frac{0.4064}{2} \right)^2 \times (2,205 + 140) \div 9.80 \doteq 32 (kg)$$

次に、主蒸気安全弁の吹出力について評価する。

主蒸気安全弁の吹出し圧力は最も小さい弁で 76.3kg/cm²である。安全弁出口配管の流体通過断面積は約 700cm²であることから、吹出力は以下のとおりとなる。

$$76.3 \times 700 \doteq 53,400 (kg)$$

流体が1次側から2次側へ通過する際に1次側圧力（蒸気圧力）は多少減圧されると考えるが、降下火砕物の重量に対して十分大きく、主蒸気安全弁の機能に影響はない。

④ 化学的腐食

主蒸気安全弁排気管は、排気経路を構成する中空パイプであるため、その内外面の化学的腐食により主蒸気安全弁の機能に有意な影響を与えにくい構造である。

なお、主蒸気安全弁は、屋内設置であり降下火砕物の直接的影響を受けない。

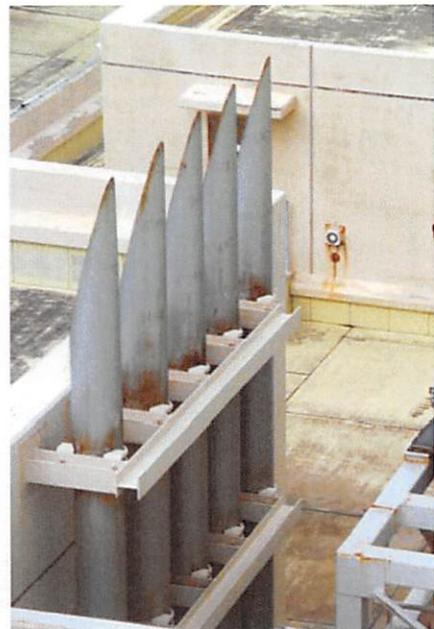
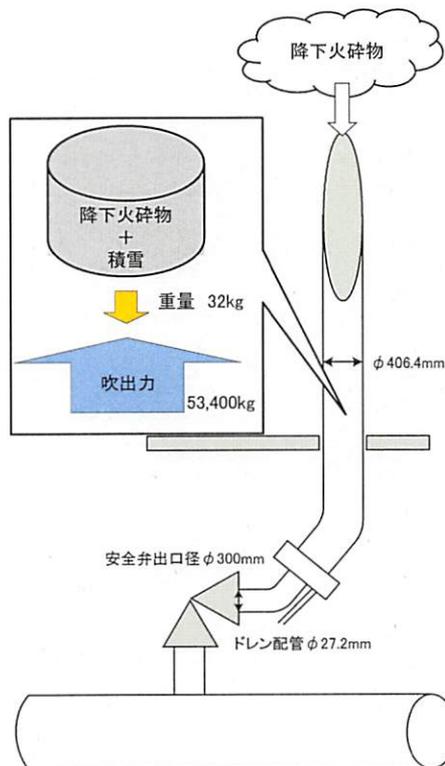


図1 主蒸気安全弁配管構成図

以上

タービン動補助給水ポンプ蒸気大気放出管に係る影響評価

降下火砕物によるタービン動補助給水ポンプ蒸気大気放出管への影響について、以下のとおり評価する。

(1) 評価項目及び内容

① 換気系，電気系及び計装制御系に対する機械的影響

降下火砕物のタービン動補助給水ポンプ蒸気大気放出管への侵入により，機器の機能に影響がないことを評価する。具体的には，タービン動補助給水ポンプ蒸気大気放出管は，降下火砕物が侵入し難い構造となっていること及び仮に侵入しても放出管が閉塞しないことを確認する。

② 化学的腐食

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。

(2) 評価条件

堆積量：15cm

(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

タービン動補助給水ポンプ蒸気大気放出管は屋外に開口しているが，図1に示すとおり開口部は斜め下方向であり，降下火砕物が侵入し難い構造となっている。

万一，降下火砕物が侵入した場合でも図1に示すとおり，大気放出管の内径は約250mmあり，降下火砕物が15cm堆積したとしても放出管の流路が閉塞することはない。

また，タービン動補助給水ポンプ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。

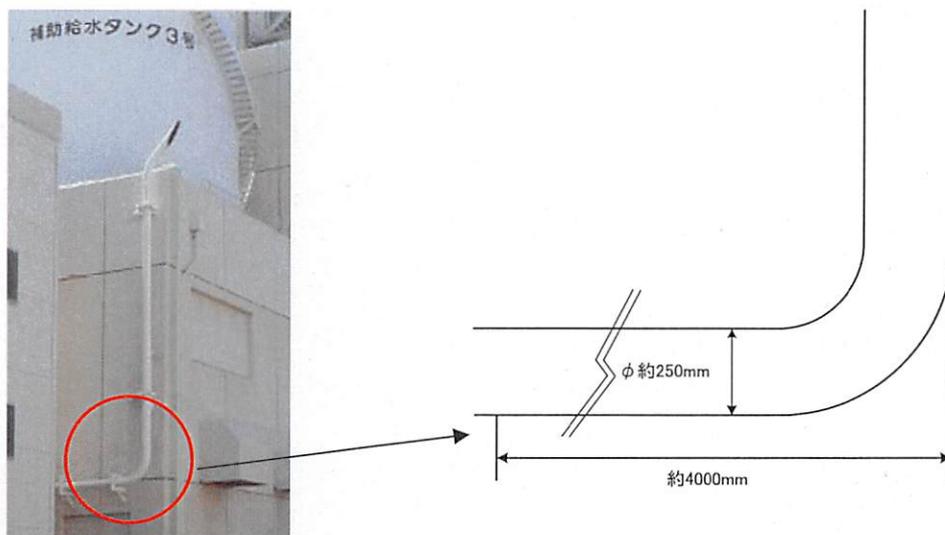


図1 タービン動補助給水ポンプ蒸気大気放出管

② 化学的腐食

タービン動補助給水ポンプ蒸気大気放出管は、外装塗装を実施しており、降下火砕物と金属が直接接することはなく、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、タービン動補助給水ポンプ蒸気大気放出管は、その内外面の化学的腐食によりタービン動補助給水ポンプの機能に有意な影響を与えにくい構造である。

なお、長期的な影響については、侵入した降下火砕物の特性により内面腐食が進展する恐れがある場合には、必要に応じて分解点検を実施する。

以上

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。

(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 化学的腐食

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。

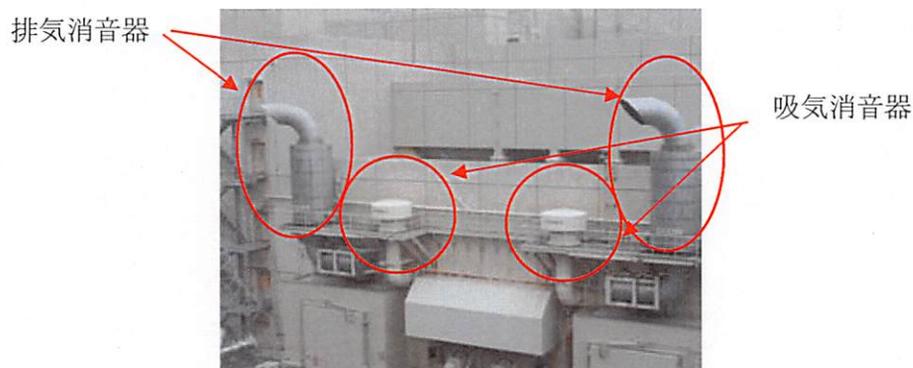


図1 ディーゼル発電機 (吸気消音器, 排気消音器)

(2) 評価条件

- ① 堆積量：15cm
- ② 降下火砕物粒度（粒径）：1mm以下
- ③ 密度：0.5g/cm³（乾燥状態）～1.5g/cm³（湿潤状態）

(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. 吸気消音器（サイレンサー）への影響評価

吸入空気は図2に示すように吸気消音器下部から吸い込まれる流れとなっており、降下火砕物が侵入し難い構造である。また、湿潤化された降下火砕物は密度が増し、さらに侵入し難くなる。

また、層状フィルタにより粒径120 μ m以上の降下火砕物は90%以上捕集できる。

b. ディーゼル機関への影響評価

ディーゼル発電機の吸気系統については、吸気消音器が設置されており、吸気消音器に付属するフィルタ（粒径120 μ m以上において約90%捕獲）で比較的大粒径の降下火砕物は捕獲される。想定する降下火砕物粒度（粒径）は1mm以下であり、粒度（粒径）が十数 μ m程度のものについては、図3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粒度に比べて十分大きいことから閉塞する可能性はない。

吸入された降下火砕物の大半は、機関シリンダ内へ送気される。送気された降下火砕物について、粒径がシリンダライナ/ピストンリング間隙（数 μ m～十数 μ m）と同程度のものは、当該間隙内に侵入しシリンダライナ/ピストンリングの摩耗発生が懸念されるが、降下火砕物は破碎し易く^{※1}、硬度が小さい^{※2}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^{※3}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。

また、仮に降下火砕物が侵入したとしても降下火砕物は破碎しやすいことから、ピストンリング/シリンダライナとの接触により破碎され、ピストンリング/シリンダライナ間に形成された潤滑油と共にクランクケース内へ降下するため、運転への影響は軽微であると考ええる。なお、シリンダ内の圧縮温度は500～600 $^{\circ}$ C程度であり、融点が約1,000 $^{\circ}$ Cである降下火砕物は溶融しない。

c. 空気冷却器への影響評価

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、冷却器内が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）は年間を通じて概ね20 $^{\circ}$ C～45 $^{\circ}$ C程度であり、吸入空気の温度（外気温度）よりも常に高い状態で運転している。

したがって、空気冷却器内の結露により降下火砕物が付着する可能性は極めて低く、降下火砕物による空気冷却器への影響はないと考える。

d. 排気消音器への影響評価

排気消音器の開口部は図1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

※1 武若耕司, 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, 2004, pp. 38-47

※2 降下火砕物粒子のモース硬度約5程度。(参考: 黄砂粒子のモース硬度約7程度)

※3 一般的に金属等の工業材の硬度に用いられる硬さの単位

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、ディーゼル発電機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い、健全性を確認する。

② 化学的腐食

ディーゼル発電機吸気消音器及び排気消音器は、外装塗装を実施しており、降下火砕物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影響を及ぼすことはない。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にくい構造である。

なお、長期的な影響については、堆積した降下火砕物を除灰し、除灰後の点検等において必要に応じて保守作業を実施する。

③ 関連設備

ディーゼル発電機の屋外関連設備としてディーゼル発電機燃料貯油槽がある。燃料貯油槽は、大気開放型であり、換気口が設けられているが、開口部は図4に示すとおり下方向であり降下火砕物は侵入し難い構造である。

また、ミニローリーによる重油補充作業時において降下火砕物が混入する可能性は否定できないが、ディーゼル発電機燃料貯油槽からディーゼル機関への燃料移送ラインには燃料油こし器が設けられており、燃料油こし器以降の設備へ影響を与える可能性のある物質については、燃料油こし器で捕捉されることからディーゼル機関への影響はない。

以上

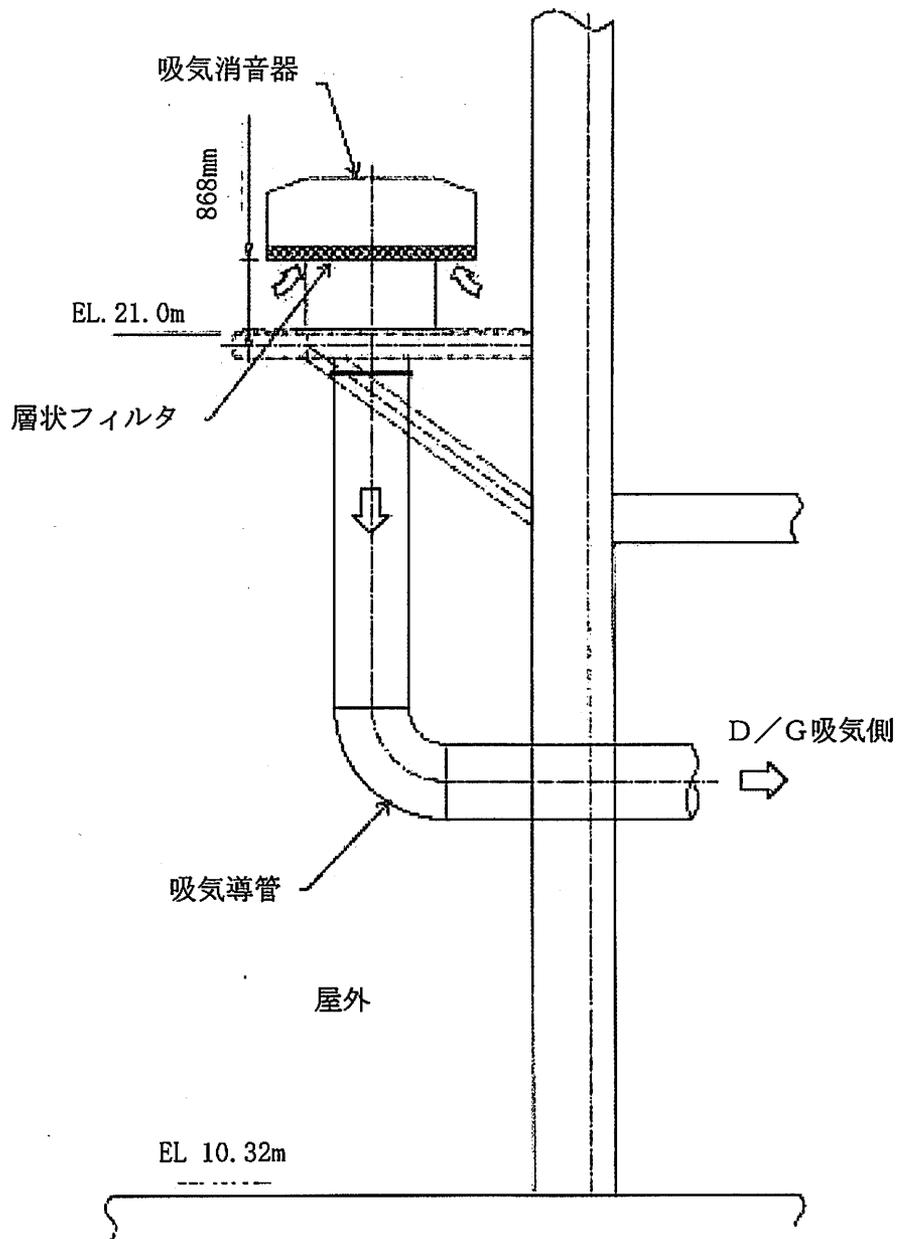


図2 ディーゼル発電機空気吸入の流れ

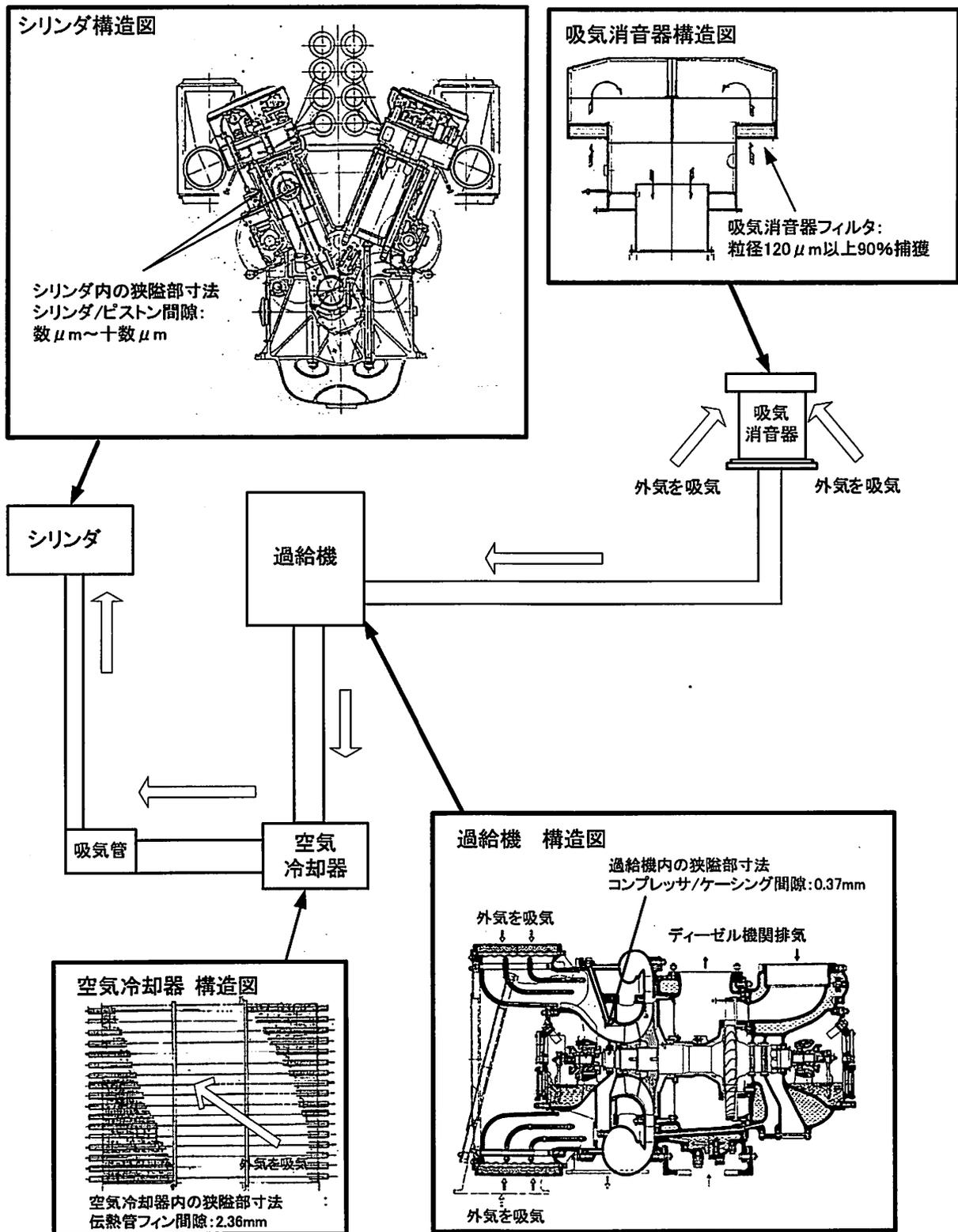


図3 ディーゼル機関吸気系統構造図



図4 ディーゼル発電機燃料貯油槽換気口

ディーゼル発電機 吸気フィルタの閉塞について

ディーゼル発電機の吸気消音器は、資料-18 に示すとおり下方向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

吸気フィルタの閉塞時間は、以下の条件に基づいて試算した結果、約 20 時間である。

①ディーゼル発電機 吸気フィルタ灰捕集容量 (g/ m ²)	1,000
②ディーゼル発電機 吸気フィルタ表面積 (m ²)	3.27
③ディーゼル発電機 吸気フィルタでのダスト捕集量 (g) =①×②	3,270
④降下火砕物の大気中濃度 (μg/m ³) ※1	3,241
⑤ディーゼル発電機吸気流量 (m ³ /h)	51,000
⑥閉塞までの時間 (h) =③/④/⑤	19.8

2. フィルタ交換に必要な時間について

図 1 に示すとおりディーゼル発電機の吸気フィルタは 8 つに分割されており、フィルタ交換には複雑な作業が必要ないことから、フィルタ交換に要する時間は、要員 3～5 名で 1 時間程度を見込んでいる。

3. まとめ

ディーゼル発電機は 2 系統設置されていることから、万一、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。

以上

※1 アイスランド南部エイヤヒャトラ氷河で平成 22 年 4 月に発生した火山噴火地点から約 40km 離れたヘイマランド地区における大気中の降下火砕物濃度 (24 時間観測ピーク値)

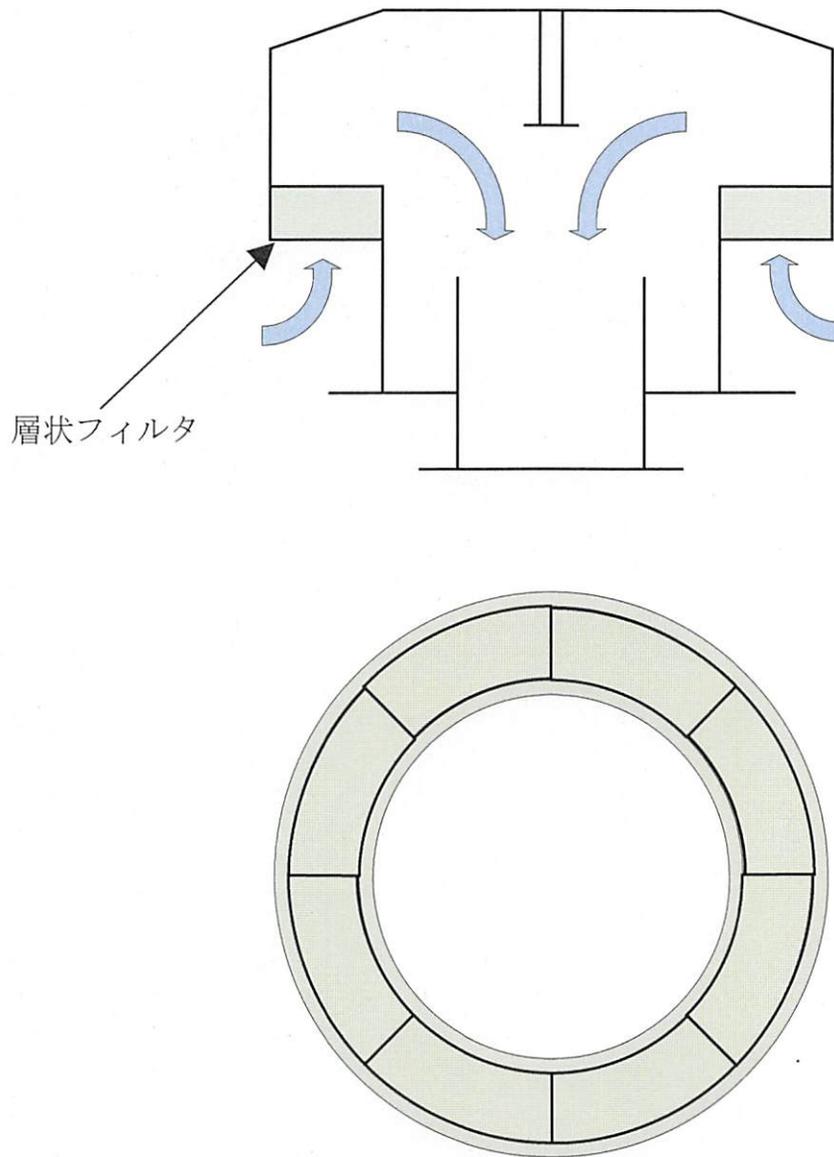


図1 吸気消音器概略図

ディーゼル発電機 シリンダライナ及びピストンリングの点検実績等について

ディーゼル発電機のシリンダライナ及びピストンリングの点検実績等について以下に示す。

1. シリンダライナ及びピストンリングの点検実績

定期点検においてピストンの外径（図1）及びシリンダライナの内径（図2）を測定しているが、これまでに有意な摩耗は確認されておらず、当該部品の交換実績もない。

至近の測定結果を表1, 2に示す。

また、ピストンリングは消耗品であり、定期点検の都度、交換を実施しているが、有意な変形や傷等は確認されていない。

2. 黄砂の観測日数

気象庁データによると、過去10年間において松山地方气象台で黄砂が観測された日数は図3に示すとおりである。

以 上

表1 ピストン外径の測定結果（3号機第13回定期検査）

ピストン外径 設計寸法値：399.58mm

許容値：398.00mm～399.67mm（単位：mm）

ピストンNo.		No. 4	No. 5	No. 12	No. 13
計測箇所	A	398.91	398.91	398.91	398.90
	B	399.49	399.55	399.60	399.58
	C	399.58	399.58	399.67	399.66
	D	399.58	399.55	399.62	399.56
2	C	399.57	399.53	399.63	399.61
3	C	399.42	399.38	399.50	399.46

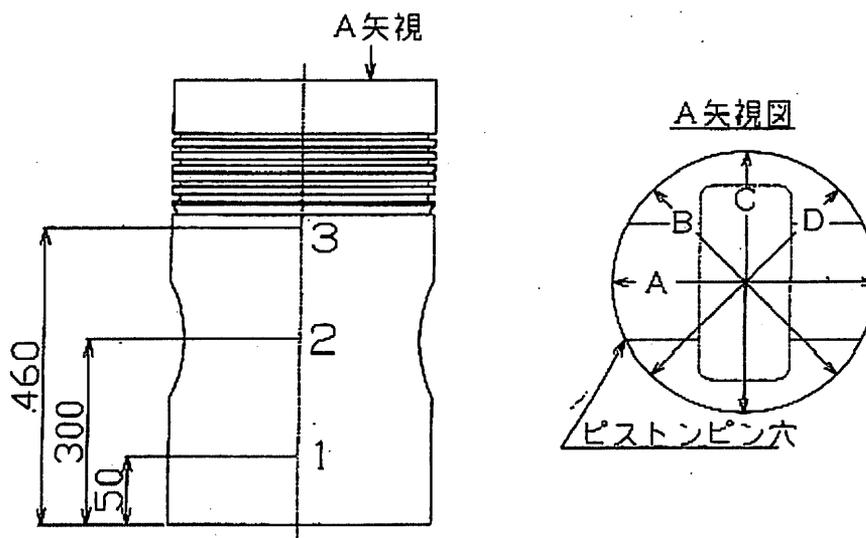


図1 測定箇所

表2 シリンダライナ内径の測定結果 (3号機第13回定期検査)

シリンダライナ内径図示寸法 : 400mm

許容値 内径摩耗量 : 1.0mm

内径偏摩耗量 : 0.5mm

(単位 : mm)

ピストン No.		No. 4		No. 5		No. 12		No. 13	
		計測値	偏摩耗	計測値	偏摩耗	計測値	偏摩耗	計測値	偏摩耗
1	A	400.05	0.03	400.05	0.02	400.03	0.07	400.03	0.08
	B	400.06		400.06		400.05		400.06	
	C	400.08		400.07		400.10		400.11	
	D	400.06		400.05		400.05		400.07	
2	A	400.05	0.01	400.05	0.01	400.04	0.01	400.03	0.04
	B	400.06		400.06		400.04		400.05	
	C	400.06		400.06		400.05		400.07	
	D	400.06		400.05		400.04		400.05	
3	A	400.05	0	400.06	0.01	400.05	0.01	400.04	0.01
	B	400.05		400.06		400.04		400.05	
	C	400.05		400.06		400.04		400.05	
	D	400.05		400.05		400.04		400.04	
4	A	400.06	0.01	400.06	0	400.05	0.02	400.04	0
	C	400.05		400.06		400.03		400.04	
5	A	400.07	0.02	400.07	0.01	400.06	0.03	400.05	0.01
	C	400.05		400.06		400.03		400.04	
6	A	400.08	—	400.07	—	400.07	—	400.07	—

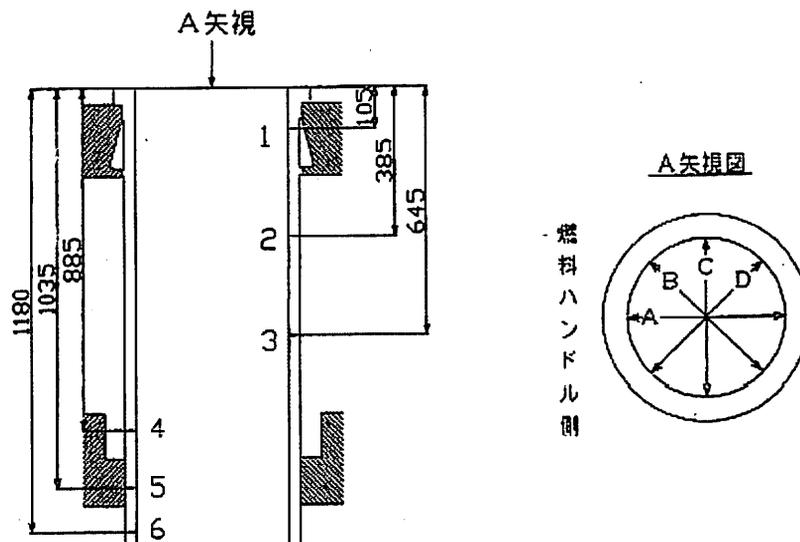
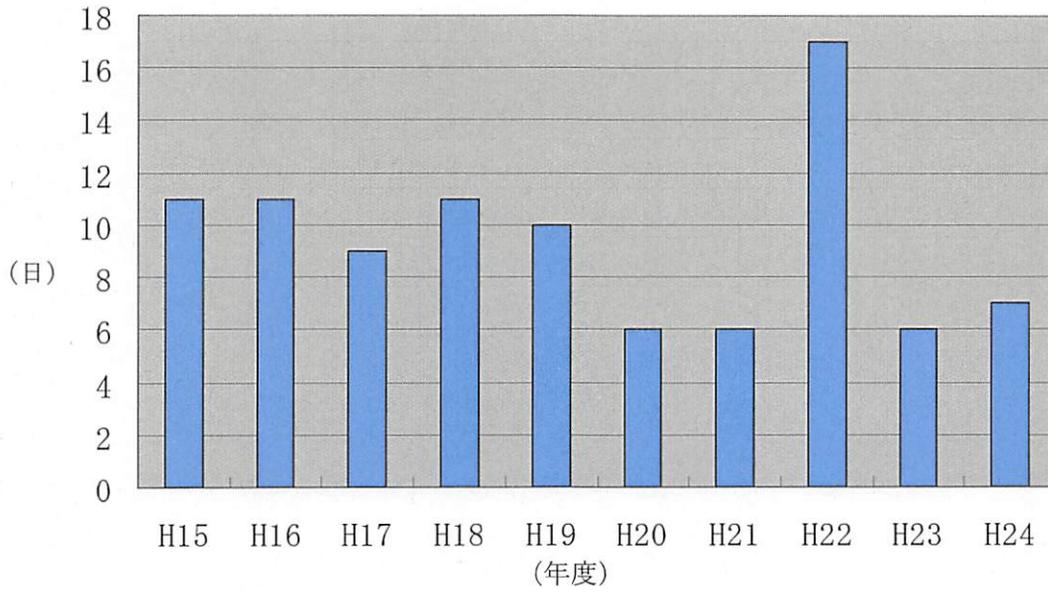


図1 測定箇所

松山地方気象台における黄砂観測日数
(過去10年間)



*観測データは気象庁HPより引用。なお、平成24年度については速報値(変更の可能性あり)

図3 松山地方気象台における黄砂観測日数 (H15年度~H24年度)

格納容器排気筒及び補助建屋排気筒に係る影響評価

降下火砕物による格納容器排気筒及び補助建屋排気筒への影響について、以下のとおり評価する。

(1) 評価項目及び内容

① 換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響

降下火砕物の格納容器排気筒及び補助建屋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。また、排気筒の吹出し速度が降下火砕物の沈降速度よりも大きく、降下火砕物は排気筒へ侵入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（化学的腐食含む）

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評価する。

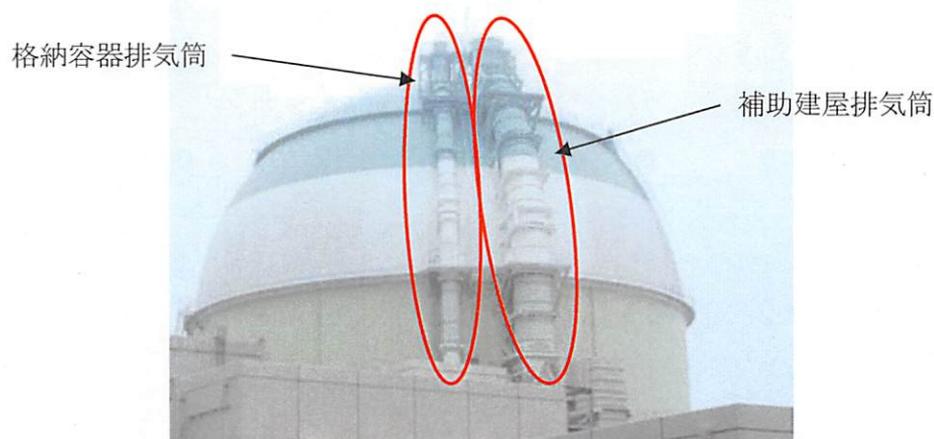


図1 排気筒

(2) 評価条件

- ① 堆積量：15cm
- ② 密度：1.5g/cm³（湿潤状態）

[※]降下火砕物は1mm以下の微粒子であり、微粒子は、空気の抵抗を受けながら、重力に引かれて落下するが、終局的には重力と抵抗力とが釣り合った状態（加速度=0）で等速落下することとなる。つまり、降下火砕物は終端速度にいたるまでは、風によって飛行、拡散している為、発電所まで運ばれた降下火砕物についても、基本的に終端速度以上の風速があれば、容易に落下を抑制することができる。

(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. 降下火砕物の自由沈降速度

降下火砕物の粒子の沈降速度を単粒子の自由沈降*と考慮してモデル化する。

沈降速度 W_f (m/s) は次式で表される。

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

ここで、

重力加速度 : $g = 9.80665$ (m/s²)

抵抗係数 : $C_w = 0.44$

粒子密度 : $\rho_k = 1,500$ (kg/m³)

空気密度 : $\rho_L = 1.1$ (kg/m³)

粒径 : $d_k = 0.002$ (m) *

※ : 降下火砕物の粒径は 1mm 以下が主体であるが保守的に 2mm としている。

上式より、沈降速度を計算すると以下のとおりとなる。

$$W_f = \sqrt{\frac{4}{3} \times \frac{9.80665}{0.44} \times \frac{1500 - 1.1}{1.1} \times 0.002} = 8.99 \rightarrow \text{約 } 9.0 \text{ m/s}$$

b. 格納容器排気筒

格納容器排気塔は、図 2 に示すとおり格納容器排気筒の底部から流路までに 40cm あり、降下火砕物が 15cm 堆積したとしても流路が閉塞することはない、排気筒の機能に影響はない。

また、格納容器排気塔は常時排気ではないが、定期検査時においては、表 1 に示すとおり格納容器排気ファン (風量 930m³/min) の 2 台運転による排気があり、その際の吹出速度は約 21m/s であり、自由沈降速度 (約 9m/s) より大きく、降下火砕物が侵入することはない。

※ 単粒子が静止した気体中を自由落下し、粒子の流体抵抗、重力及び浮力の間に釣り合いの状態が生じたときの粒子の速度

参考文献 : 「流体-固体二相流-空気輸送と水力輸送」日刊工業新聞社 森川敬信 著

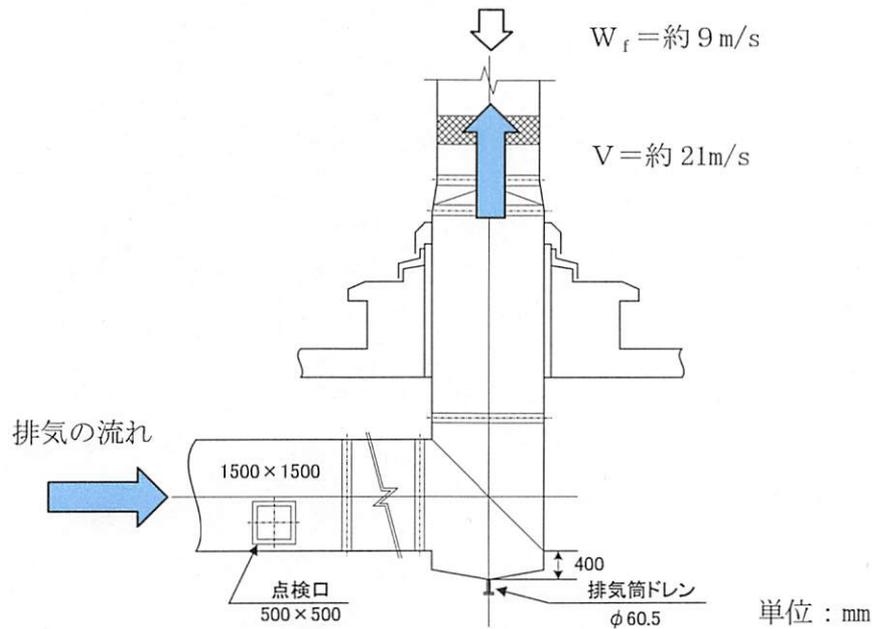


図2 格納容器排気筒概略構造図

表1 格納容器排気筒へ接続されている設備の排気量

格納容器排気ファン	930 m ³ /min × 2台
アニュラス排気ファン	(250m ³ /min × 2台) (注1)
安全補機室空気浄化装置	(56 m ³ /min × 2台) (注1)
合計排気量	1,860 m ³ /min
排気筒サイズ	φ 1,360mm

(注1) 通常運転しないことから合計しない。

$$V = \frac{1860 / 60}{\pi \times \left(\frac{1360 / 1000}{2} \right)^2} = 21.34 \text{ m/s} \rightarrow 21.3 \text{ m/s}$$

c. 補助建屋排気筒

補助建屋排気筒は、図3に示すとおり補助建屋排気筒の底部から流路までに30cmあり、降下火砕物が15cm堆積したとしても流路が閉塞することはない。排気筒の機能に影響はない。

また、補助建屋排気筒は、常時補助建屋排気ファン等による排気がある。表2に示す補助建屋排気筒に接続されている系統の排気量及び排気筒サイズに基づき吹出し速度を評価する。

表2 補助建屋排気筒へ接続されている設備の排気量

設 備	排気量
補助建屋排気ファン	2,900m ³ /min×2台
放射線管理室空調装置	890m ³ /min×1台
格納容器減圧設備	(28m ³ /min) ^(注1)
放射性廃棄物廃棄施設	950m ³ /min×2台
合計排気量	8,590 m ³ /min
排気筒サイズ	φ3,000mm

(注1) 格納容器減圧排気時に運転する設備で連続運転でないことから、合計排気量には加算しない。

排気筒の吹出し速度V (m/s) は次式で表される。

$$V = \frac{Q}{A}$$

ここで、

合計排気量 : Q (m³/s)

排気筒断面積 : A (m²)

上式より各排気筒における吹出し速度は以下のとおりである。

$$V = \frac{8590/60}{\pi \times \left(\frac{3000/1000}{2} \right)^2} = 20.25\text{m/s} \rightarrow 20.2\text{m/s}$$

補助建屋排気筒の吹出し速度は約 20m/s であり、降下火砕物の自由沈降速度 (約 9m/s) より大きく、降下火砕物が侵入することはない。

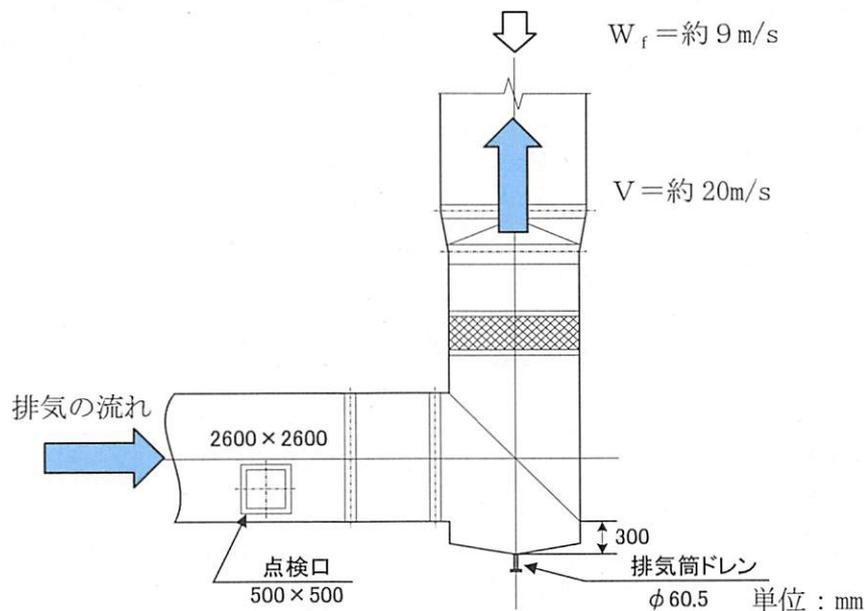


図3 補助建屋排気筒概略構造図

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）

格納容器排気筒及び補助建屋排気筒外面は，外装塗装を実施しており，降下火砕物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影響を及ぼすことはない。

なお，長期的な影響については，堆積した降下火砕物を除灰し，除灰後の点検等において，必要に応じて保修作業を実施する。

以 上

制御用空気圧縮機に係る影響評価

降下火砕物による制御用空気圧縮機への影響について、以下のとおり評価した。

(1) 評価項目及び内容

① 換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響評価

降下火砕物が機器内へ侵入する可能性及び侵入した場合の摩耗による機器の機能に影響がないことを確認する。

② 化学的腐食

降下火砕物が機器内へ侵入する可能性及び侵入した場合の腐食による機器の機能に影響がないことを確認する。

(2) 評価条件

降下火砕物粒度（粒径）：1 mm 以下

(3) 評価結果

① 換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響評価

制御用空気圧縮機の設置されている部屋は、制御用空気圧縮機室換気装置にて空調管理されている。本空調系の外気取入口には平型フィルタ（主として粒径が5 μm より大きい粒子を除去）が設置されているが、これに加えて下流にさらに細かな粒子を捕集可能なフィルタ（およそ2 μm より大きな粒子を除去）が設置されている。

このため、他の空調系に比べて降下火砕物に対して高い防護性能を有しており、仮に室内に侵入する場合にも降下火砕物は微細なものに限られ、大量に機器内に侵入する可能性は小さい。また、降下火砕物は破碎し易く^{※1}、硬度が小さいこと^{※2}から、摺動部に侵入した降下火砕物により摩耗が設備に影響を与える可能性は小さい。

なお、制御用空気圧縮機換気系は必要に応じて系統の切り替えが可能な構成であり、停止した片系列について清掃やフィルタ取替が可能である。また、降灰が確認された場合には、点検によりフィルタ差圧を確認し、状況に応じてフィルタの取替えを実施することとしている。

※1 武若耕司, 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, 2004, pp. 38-47

※2 降下火砕物粒子のモース硬度約5程度。(参考: 黄砂粒子のモース硬度約7程度)

② 化学的腐食

降下火砕物が制御用空気圧縮機に侵入することについては、①項で示したように大量に侵入する可能性は小さい。

仮に降下火砕物が一部侵入した場合、制御用空気圧縮機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、摺動部は油中雰囲気にあることから、化学的腐食により短期的に影響を及ぼすことはない。

なお、制御用空気圧縮機換気系は必要に応じて系統の切り替えが可能な構成であり、停止した片系列について清掃やフィルタ取替が可能である。また、降灰が確認された場合には、点検によりフィルタ差圧を確認し、状況に応じてフィルタの取替えを実施することとしている。

以 上

間接的影響の評価結果

間接的影響について、以下のとおり評価する。

(1) 評価項目及び内容

降下火災物による間接的影響には、広範囲にわたる送電網の損傷による7日間の外部電源喪失、発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象に対する評価を行う。

(2) 評価結果

伊方発電所3号機の非常用所内交流電源設備は、ディーゼル発電機(2台)と燃料については、258kℓ分の燃料(ディーゼル発電機燃料油貯油槽(129kℓ^{※1}×2基)〔耐震Sクラス〕)及び重油タンク(97kℓ^{※2}×3基)〔耐震Sクラス〕)を有している。

これにより、7日間の外部電源喪失に対して、原子炉の停止、停止後の原子炉及び使用済燃料ピットの冷却に係る機能を担うために必要とされる電力の供給が継続できることから影響はない。

(参考資料-10:重油タンクからの燃料輸送について)

なお、仮に火山事象により陸上交通に長期の影響が生じた場合でも、海上輸送による燃料輸送も可能である。

※1 備蓄量は運用管理の下限值

※2 重油タンクのタンク容量

原子炉の高温停止及び低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低温停止に必要な機能を以下のとおり抽出した。

- (1) 原子炉停止： 原子炉停止系
- (2) ほう酸添加： 原子炉停止系（化学体積制御系のほう酸注入機能）
- (3) 崩壊熱除去： 補助給水系，主蒸気系，余熱除去系
- (4) 上記系統の関連系（安全保護系，中央制御室換気空調系，制御室圧縮空気系，非常用所内電源系，原子炉補機冷却水系，直流電源系，原子炉補機冷却海水系等）

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

以 上

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 (1/3)

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	屋外設置	
PS-1	その損傷又は故障により発生する事象によって、 (a) 炉心の著しい損傷、又は (b) 燃料の大量の破損を引き起こすおそれのある 構築物、系統及び機器	1) 原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管 (1次冷却材系統)	○	—	—
		2) 過剰反応度の印加防止機能	制御棒駆動装置圧力ハウジング (1次冷却材系)	○	—	—
		3) 炉心形状の維持機能	炉心支持構造物	○	—	—
			燃料集合体	○	—	—
MS-1	1) 異常状態発生時に原子炉を緊急に停止し、 残留熱を除去し、原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧を防止し、敷地周辺公衆への過度の放射線の影響を防止する構築物、 系統及び機器	1) 原子炉の緊急停止機能	原子炉停止系の制御棒による系 (制御棒クラスタ、制御棒駆動系)	○	—	原子炉停止系
		2) 未臨界維持機能	原子炉停止系 制御棒による系 化学体積制御設備のほう酸水注入機能 非常用炉心冷却系のほう酸水注入機能	○	—	原子炉停止系 ほう酸添加
		3) 原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能	加圧器安全弁 (開機能)	○	—	—
		4) 原子炉停止後の除熱機能	残留熱を除去する系統 余熱除去系 補助給水系 蒸気発生器2次側隔離弁までの主蒸気系・給水系	○	—	崩壊熱除去
			残留熱を除去する系統 主蒸気逃がし弁 (手動逃がし機能) 主蒸気安全弁	○	—	崩壊熱除去
		5) 炉心冷却機能	非常用炉心冷却系 低圧注入系 (余熱除去系) 高圧注入系 蓄圧注入系	○	—	崩壊熱除去
			原子炉格納容器	—	○	—
			アニュラス 原子炉格納容器隔離弁 原子炉格納容器スプレイ系	○	—	—
			アニュラス空気再循環設備 (アニュラス排気ファン等) 安全補機室空気浄化系 可燃性ガス濃度制御系	○	—	—
			原子炉格納容器排気筒	○	○	—

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 / 3)

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	屋外設置	
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	○	—	関連系
		2) 安全上特に重要な関連機能	MS-1関連のもの 制御室及びその遮へい・換気空調系 (中央制御室非常用給気系統等)	○	—	関連系
			MS-1関連のもの 原子炉補機冷却水系	○	—	関連系
			MS-1関連のもの 原子炉補機冷却海水系 (海水ポンプ等)	○	○	関連系
			MS-1関連のもの 非常用所内電源系 (ディーゼル発電機等)	○	—	関連系
			MS-1関連のもの 非常用所内電源系 (安全補機開閉器等) 直流電源系	○	—	関連系
			MS-1関連のもの 制御用空気圧縮設備	○	—	関連系

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 (3/3)

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	屋外設置	
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。)	化学体積制御設備の抽出系・浄化系	○	—	崩壊熱除去
		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) 放射性気体廃棄物処理系	○	—	—
			使用済燃料ピット (使用済燃料ラックを含む。)	○	—	—
		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	吹き止まり機能に関連する部分 加圧器安全弁 加圧器逃がし弁	○	—	—
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	使用済燃料ピット補給水系	○	—	—
		2) 放射性物質放出の防止機能	燃料集合体落下事故時放射能放出を低減する系	○	○	—
	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 格納容器エリアモニタ	○	—	—
		2) 異常状態の緩和機能	加圧器逃がし弁 (手動閉鎖機能) 加圧器ヒータ (後備ヒータ) 加圧器逃がし弁元弁	○	—	—
		3) 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)	○	—	—

参考資料－２は第６条 外部からの衝撃による損傷の防止
(外部事象) 別添 1 ４項を抜粋した資料である。

参考資料－２

４．自然現象の組み合わせ

設置許可基準規則第６条解釈第３項及び第５項において、設計上の考慮を要する自然現象の組み合わせについて要求がある。図４-1に自然現象の組み合わせの評価フローを示す。

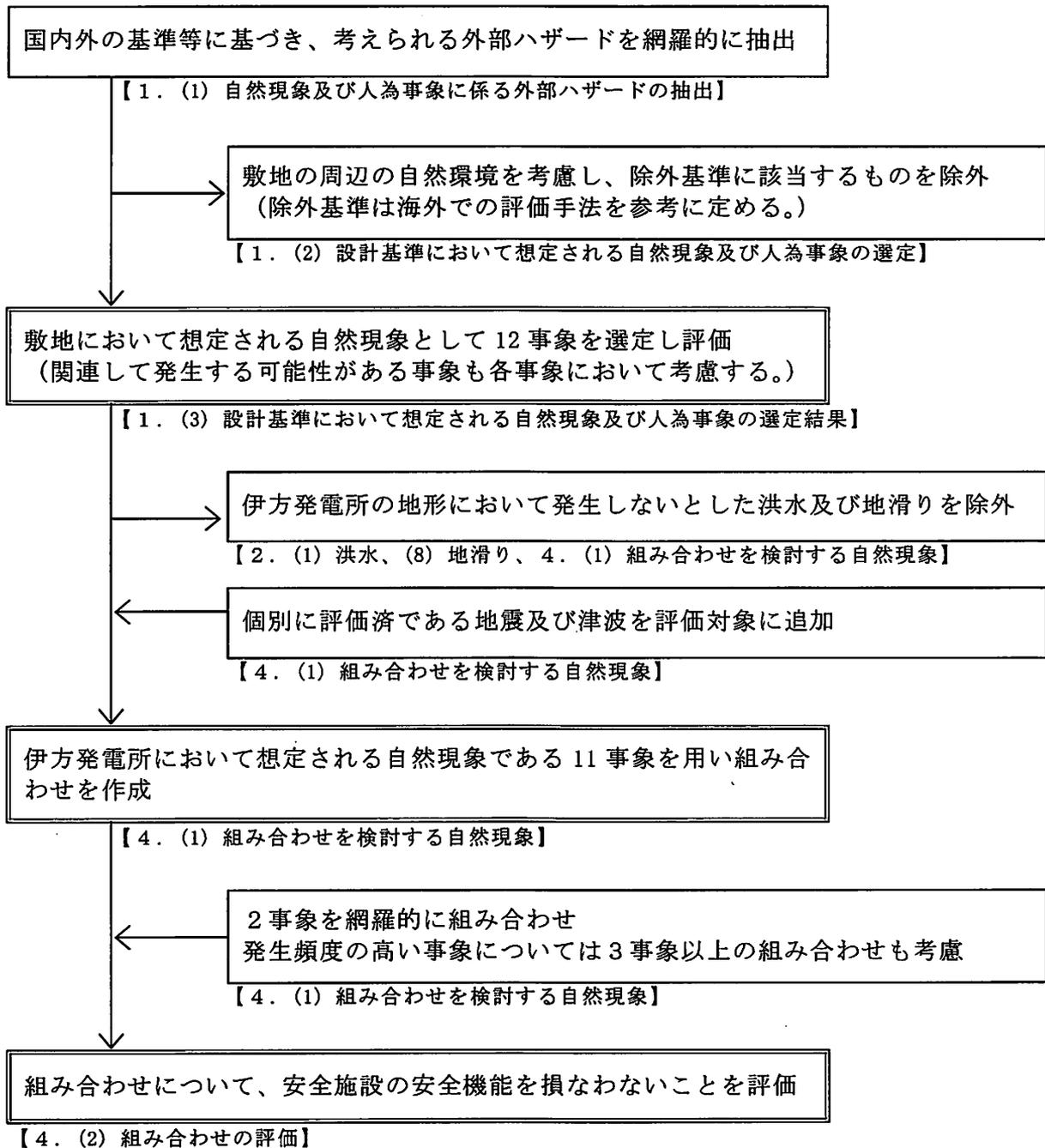


図 4-1 自然現象の組み合わせの評価

(1) 組み合わせを検討する自然現象

自然現象の組み合わせについては、発電所敷地で想定される自然現象（地震及び津波を除く。）として抽出された12事象から、洪水及び地滑り並びに津波に包含される高潮を除いた9事象に地震及び津波を加え、以下の11事象で網羅的に検討する。各事象においては、「2. 自然現象の考慮」において整理したそれぞれの事象に関連して発生する可能性のある事象も考慮する。

- ・ 風（台風）
- ・ 竜巻
- ・ 凍結
- ・ 降水
- ・ 積雪
- ・ 落雷
- ・ 火山
- ・ 生物学的事象
- ・ 森林火災
- ・ 地震
- ・ 津波

なお、整理上、組み合わせの検討に当たっては、発生頻度が比較的高いと考えられる風（台風）、凍結、降水又は積雪について、その他の自然現象と組み合わせる前に組み合わせる。ただし、凍結及び降水、降水及び積雪は、同時に発生するとは考えられず、組み合わせによる影響は個々の自然現象が与える影響より緩和されることが明らかなことから、風（台風）及び降水の組み合わせ並びに風（台風）、凍結及び積雪の組み合わせの2事象をあらかじめ想定する。

以上を踏まえた自然現象の組み合わせを表4-1に示す。

表 4-1 自然現象の組み合わせ

	風(台風) +降水	風(台風) +凍結 +積雪	竜 卷	落 雷	火 山	生物学的 事象	森林火災	地 震
津 波	8	1 5	2 1	2 6	3 0	3 3	3 5	3 6
地 震	7	1 4	2 0	2 5	2 9	3 2	3 4	
森林火災	6	1 3	1 9	2 4	2 8	3 1		
生物学的 事象	5	1 2	1 8	2 3	2 7			
火 山	4	1 1	1 7	2 2				
落 雷	3	1 0	1 6					
竜 卷	2	9						
風(台風) +凍結 +積雪	1							

(2) 組み合わせの評価

表 4-1 に示す組み合わせによる安全施設へ及ぼす影響について評価する。評価にあたっては、組み合わせた事象による原子炉施設に与える影響について、

- ① 個々の自然現象の設計に包含されている
- ② 原子炉施設に与える影響が自然現象を組み合わせることにより個々の自然現象が与える影響よりも小さくなる
- ③ 同時に発生するとは考えられない

という観点から評価した。

評価結果を表 4-2 に示す。荷重による影響以外については、上記の①から③のいずれかに該当することから新たな評価が必要となる自然現象の組み合わせがないことを確認した。

但し、上記評価のうち、「第四条 地震による損傷の防止」及び「第五条 津波による損傷の防止」において考慮する事象はそれぞれの条項で整理する。また、その他の荷重における具体的な事象の組み合わせについては、(3)で検討する。

表 4-2 組み合わせにより安全施設に与える影響についての評価結果

番 号	評 価	評価結果
<p>A 風(台風) +降水</p>	<p>風(台風)及び降水の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、浸水、アクセス性及び視認性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 浸水の観点からは、降水による敷地の浸水の可能性が考えられるが、構内排水設備により排水することで敷地が浸水することはない。更に、風(台風)を組み合わせたとしても降水の評価と変わらない。 ・ アクセス性の観点からは、風(台風)での飛来物の飛散及び降水により屋外作業である移送配管での給油が制限を受ける可能性があるが、全く作業ができなくなる程の状態となることはない。なお、土石流による被害のおそれのある地域に移送配管はない。 ・ 視認性の観点からは、降水により監視カメラの視界低下の可能性はあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、耐震型海水ピット水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。更に、風(台風)を組み合わせたとしても降水の評価と変わらない。 ・ 荷重の観点からは、風(台風)による荷重が考えられる。更に降水を組み合わせたとしても風(台風)の評価と変わらない。 	<p>①</p>
<p>B 風(台風) +凍結 +積雪</p>	<p>風(台風)、凍結及び積雪の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、温度、閉塞、アクセス性及び視認性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 温度の観点からは、屋外機器で凍結のおそれがあるものについては、必要に応じて凍結防止対策を行うため、安全施設の安全機能に影響を及ぼすおそれはない。更に、風(台風)及び積雪を組み合わせたとしても凍結の評価と変わらない。 ・ 閉塞の観点からは、屋外機器で凍結のおそれがあるものについては、必要に応じて凍結防止対策を行うため、安全施設の安全機能に影響を及ぼすおそれはない。更に、風(台風)及び積雪を組み合わせたとしても凍結の評価と変わらない。 ・ アクセス性の観点からは、風(台風)での飛来物の飛散並びに凍結及び積雪により屋外作業である移送配管での給油が制限を受ける可能性があるが、全く作業ができなくなる程の状態となることはない。 ・ 視認性の観点からは、積雪により監視カメラの視界低下の可能性はあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、耐震型海水ピット水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。更に、風(台風)及び凍結を組み合わせたとしても積雪の評価と変わらない。 	<p>①</p>
<p>1 風(台風) +降水 +凍結 +積雪</p>	<p>風(台風)、降水、凍結及び積雪の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、温度、閉塞、浸水、アクセス性及び視認性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 降水及び凍結、降水及び積雪は、同時に発生するとは考えられず、組み合わせによる影響は個々の影響より緩和されることから、本事象の組み合わせは評価不要である。 	<p>② ③</p>

番 号	評 価	評価結果
2 風(台風) +降水 +竜巻	<p>風(台風)、降水及び竜巻の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、浸水、アクセス性及び視認性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 浸水の観点からは、竜巻とAを組み合わせたとしてもAの評価と変わらない。 ・ アクセス性の観点からは、竜巻の継続時間は極めて短いため、竜巻の直接的影響によりアクセスが制限される期間は十分短い。また、竜巻及び風(台風)での飛来物の飛散により屋外作業であるミニローリーでの給油に必要なアクセスルートの制限が想定されるが、ホイールロードにより飛来物を撤去することでアクセスルートの確保が可能である。更に、降水を組み合わせたとしても竜巻の評価と変わらない。 ・ 視認性の観点からは、竜巻とAを組み合わせたとしてもAの評価と変わらない。また、竜巻による飛来物により監視カメラの損傷の可能性はあるが、安全上支障のない期間にカメラを修復することから影響はない。 	①
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 荷重の観点からは、風(台風)及び竜巻による荷重が考えられる。 	-
3 風(台風) +降水 +落雷	<p>風(台風)、降水及び落雷の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、浸水、電氣的影響、アクセス性及び視認性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 浸水の観点からは、落雷とAを組み合わせたとしてもAの評価と変わらない。 ・ 電氣的影響の観点からは、落雷による設備の損傷及び電磁的影響が考えられるが、雷害防止対策を行うため影響はない。よって、Aを組み合わせたとしても落雷の評価と変わらない。 ・ アクセス性の観点からは、落雷とAを組み合わせたとしてもAの評価と変わらない。 ・ 視認性の観点からは、落雷とAを組み合わせたとしてもAの評価と変わらない。 ・ 荷重の観点からは、風(台風)による荷重が考えられる。更に降水及び落雷を組み合わせたとしても風(台風)の評価と変わらない。 	①

番 号	評 価	評価結果
<p style="text-align: center;">4</p> <p>風(台風) +降水 +火山</p>	<p>風(台風)、降水及び火山の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、閉塞、浸水、電気的影響、腐食、摩耗、アクセス性及び視認性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 閉塞の観点からは、火山灰により換気空調設備、原子炉補機冷却海水設備等の閉塞が考えられる。換気空調設備については、外気取入口に設置された平型フィルタにより一定以上の粒径の火山灰を捕集するとともに、外気取入ダンパの閉止及び循環運転又は空調系の停止により建屋内への侵入を阻止することが可能であり影響はない。原子炉補機冷却海水設備については、想定する火山灰の粒径から原子炉補機冷却海水設備が閉塞することはない。更に、Aを組み合わせたとしても火山の評価と変わらない。 ・ 浸水の観点からは、湿った火山灰が乾燥して固結することにより、排水口等を閉塞させ浸水することが考えられるが、固結した火山灰は降水により溶解するため浸水は生じない。更に、風(台風)を組み合わせたとしても降水及び火山の評価と変わらない。 ・ 電気的影響の観点からは、火山灰が電気系及び計装制御系の盤に侵入し、端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が考えられるが、計測制御系統施設(安全保護系計器ラック)の設置場所の外気取入口には、平型フィルタに加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していることから影響はない。更に、Aを組み合わせたとしても火山の評価と変わらない。 ・ 腐食の観点からは、火山灰の付着による屋外設備の機能喪失が想定されるが、屋外設備には外装塗装が施されているため、短期的には腐食の影響はない。更に、Aを組み合わせたとしても、火山の評価と変わらない。 ・ 摩耗の観点からは、火山灰のディーゼル機関吸気への侵入によるシリンダ部等の摩耗が考えられるが、火山灰はシリンダ部等の硬度より柔らかく摩耗は発生しない。更に、Aを組み合わせたとしても火山の評価と変わらない。 ・ アクセス性の観点からは、風(台風)での飛来物の飛散及び火山灰では屋外作業である移送配管での給油が制限を受ける可能性があるが、全く作業ができなくなる程の状態となることはない。更に、降水を組み合わせたとしても風(台風)及び火山の評価と変わらない。なお、土石流による被害のおそれのある地域に移送配管はない。 ・ 視認性の観点からは、降水及び火山灰により監視カメラの視界低下の可能性はあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、耐震型海水ピット水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。更に、風(台風)を組み合わせたとしても降水及び火山の評価と変わらない。 	①
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 荷重の観点からは、風(台風)及び火山灰による荷重が考えられる。 	-

番 号	評 価	評価結果
<p style="text-align: center;">5 風(台風) +降水 +生物学的 事象</p>	<p>風(台風)、降水及び生物学的事象の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、閉塞、浸水、電气的影響、アクセス性及び視認性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 閉塞の観点からは、海生生物の襲来による原子炉補機冷却海水設備の閉塞が考えられるが、除塵装置の設置等により原子炉補機冷却水冷却器等への影響を防止する設計としており影響はない。更に、Aを組み合わせたとしても生物学的事象の評価と変わらない。 ・ 浸水の観点からは、生物学的事象とAを組み合わせたとしてもAの評価と変わらない。 ・ 電气的影響の観点からは、小動物の屋外設置の端子箱への侵入に伴う短絡等が考えられるが、端子箱貫通部のシールにより防止する設計としており影響はない。更に、Aを組み合わせたとしても生物学的事象の評価と変わらない。 ・ アクセス性の観点からは、生物学的事象とAを組み合わせたとしてもAの評価と変わらない。 ・ 視認性の観点からは、生物学的事象とAを組み合わせたとしてもAの評価と変わらない。 ・ 荷重の観点からは、風(台風)による荷重が考えられる。更に降水及び生物学的事象を組み合わせたとしても風(台風)の評価と変わらない。 	①

番 号	評 価	評価結果
<p>6 風(台風) +降水 +森林火災</p>	<p>風(台風)、降水及び森林火災の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、温度、閉塞、浸水、電氣的影響、摩耗、アクセス性及び視認性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 温度の観点からは、森林火災によりコンクリート構造物の耐性に影響を及ぼす可能性はあるが、森林火災では火源位置等の保守的な条件を用いた評価を行っていること、評価に用いているコンクリートの許容温度については、一般的に強度にほとんど影響がないとされている200℃としていることから影響はない。更に、Aを組み合わせたとしても、降水は森林火災による熱的影響を緩和する方向にある。 ・ 閉塞の観点からは、森林火災でのばい煙により換気空調設備の閉塞が考えられるが、外気取入口に設置された平型フィルタにより一定以上の粒径のばい煙を捕集するとともに、外気取入ダンパの閉止及び循環運転又は空調系の停止により建屋内への侵入を阻止することが可能であり影響はない。更に、Aを組み合わせたとしても森林火災の評価と変わらない。 ・ 浸水の観点からは、森林火災とAを組み合わせたとしてもAの評価と変わらない。 ・ 電氣的影響の観点からは、森林火災でのばい煙が電気系及び計装制御系の盤に侵入し、端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が考えられるが、計測制御系統施設(安全保護系計器ラック)の設置場所の外気取入口には、平型フィルタに加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していることから影響はない。更に、Aを組み合わせたとしても森林火災の評価と変わらない。 ・ 摩耗の観点からは、森林火災でのばい煙のディーゼル機関吸気への侵入によるシリンダ部等の摩耗が考えられるが、ばい煙はシリンダ部等の硬度より柔らかく摩耗は発生しない。更に、Aを組み合わせたとしても森林火災の評価と変わらない。 ・ アクセス性の観点からは、森林火災により屋外作業である移送配管での給油が制限を受ける可能性があるが、当該作業は防火帯の内側で行われるため影響はない。更に、Aを組み合わせたとしても、降水は森林火災による影響を緩和すること、風(台風)は森林火災の評価に包絡されることから影響はない。なお、土石流による被害のおそれのある地域に移送配管はない。 ・ 視認性の観点からは、降水及び森林火災でのばい煙により監視カメラの視界低下の可能性はあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、耐震型海水ピット水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。更に、風(台風)を組み合わせたとしても降水及び森林火災の評価と変わらない。 ・ 荷重の観点からは、風(台風)による荷重が考えられる。更に降水及び森林火災を組み合わせたとしても風(台風)の評価と変わらない。なお、森林火災に伴う熱的影響の考慮も必要と考えられるが、防火帯を設置しており、飛び火による火災の延焼が生じた場合でも自衛消防隊による消火活動が可能のため、荷重に対して森林火災による熱的影響を考慮する必要はない。 	<p>① ③</p>

番 号	評 価	評価結果
7 風(台風) +降水 +地震	<p>風(台風)、降水及び地震の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、浸水、アクセス性及び視認性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 浸水の観点からは、地震とAを組み合わせたとしてもAの評価と変わらない。 ・ アクセス性の観点からは、地震により屋外作業である移送配管での給油が制限を受ける可能性があるが、全く作業ができなくなる程の状態となることはない。更に、Aを組み合わせたとしても地震の評価と変わらない。なお、土石流による被害のおそれのある地域に移送配管はない。 ・ 視認性の観点からは、降水及び地震での振動により監視カメラの視界低下の可能性はあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、耐震型海水ピット水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。更に、風(台風)を組み合わせたとしても降水の評価と変わらない。 	①
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 荷重の観点からは、風(台風)及び地震による荷重が考えられる。 	-
8 風(台風) +降水 +津波	<p>風(台風)、降水及び津波の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、浸水、アクセス性及び視認性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 浸水の観点からは、基準津波は敷地レベルに到達しない。更に、Aを組み合わせたとしてもAの評価と変わらない。 ・ アクセス性の観点からは、基準津波は敷地レベルに到達しないことから影響はない。更に、Aを組み合わせたとしてもAの評価と変わらない。 ・ 視認性の観点からは、津波とAを組み合わせたとしてもAの評価と変わらない。 	①
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 荷重の観点からは、風(台風)及び津波による荷重が考えられる。 	-
9 風(台風) +凍結 +積雪 +竜巻	<p>風(台風)、凍結、積雪及び竜巻の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、温度、閉塞、アクセス性及び視認性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 温度の観点からは、竜巻とBを組み合わせたとしてもBの評価と変わらない。 ・ 閉塞の観点からは、竜巻とBを組み合わせたとしてもBの評価と変わらない。 ・ アクセス性の観点からは、竜巻の継続時間は極めて短いため、竜巻の直接的影響によりアクセスが制限される期間は十分短い。また、竜巻及び風(台風)での飛来物の飛散並びに積雪により屋外作業であるミニローリーでの給油に必要なアクセスルートの制限が想定されるが、ホイールローダにより飛来物及び雪を撤去することでアクセスルートの確保が可能である。また、凍結によりミニローリーの走行に影響を及ぼす可能性があるが、タイヤの滑り止めにより走行は可能である。よって、これらを組み合わせたとしてもアクセス性に影響はない。 ・ 視認性の観点からは、竜巻とBを組み合わせたとしてもBの評価と変わらない。また、竜巻による飛来物によりカメラ等の損傷の可能性はあるが、安全上支障のない期間にカメラを修復することから影響はない。 	①
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 荷重の観点からは、風(台風)、竜巻及び積雪による荷重が考えられる。 	-

番 号	評 価	評価結果
10 風(台風) +凍結 +積雪 +落雷	<p>風(台風)、凍結、積雪及び落雷の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、温度、閉塞、電氣的影響、アクセス性及び視認性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 温度の観点からは、落雷とBを組み合わせたとしてもBの評価と変わらない。 ・ 閉塞の観点からは、落雷とBを組み合わせたとしてもBの評価と変わらない。 ・ 電氣的影響の観点からは、落雷による設備の損傷及び電磁的影響が考えられるが、雷害防止対策を行うため影響はない。更に、Bを組み合わせたとしても落雷の評価と変わらない。 ・ アクセス性の観点からは、落雷とBを組み合わせたとしてもBの評価と変わらない。 ・ 視認性の観点からは、落雷とBを組み合わせたとしてもBの評価と変わらない。 	①
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 荷重の観点からは、風(台風)及び積雪による荷重が考えられる。 	—

番 号	評 価	評価結果
11 風(台風) +凍結 +積雪 +火山	<p>風(台風)、凍結、積雪及び火山の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、温度、閉塞、電氣的影響、腐食、摩耗、アクセス性及び視認性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 温度の観点からは火山とBを組み合わせたとしてもBの評価と変わらない。 ・ 閉塞の観点からは、火山灰により換気空調設備、原子炉補機冷却海水設備等の閉塞が考えられる。換気空調設備については、外気取入口に設置された平型フィルタにより一定以上の粒径の火山灰を捕集するとともに、外気取入ダンプの閉止及び循環運転又は空調系の停止により建屋内への侵入を阻止することが可能であり影響はない。原子炉補機冷却海水設備については、想定する火山灰の粒径から原子炉補機冷却海水設備が閉塞することはない。更に、Bを組み合わせたとしても閉塞は生じない。 ・ 電氣的影響の観点からは、火山灰が電気盤及び計装制御系の盤に侵入し、端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が考えられるが、計測制御系統施設(安全保護系計器ラック)の設置場所の外気取入口には、平型フィルタに加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していることから影響はない。更に、Bを組み合わせたとしても火山の評価と変わらない。 ・ 腐食の観点からは、火山灰の付着による屋外設備の機能喪失が想定されるが、屋外設備には外装塗装が施されているため、短期的には腐食の影響はない。更に、Bを組み合わせたとしても火山の評価と変わらない。 ・ 摩耗の観点からは、火山灰のディーゼル機関吸気への侵入によるシリンダ部等の摩耗が考えられるが、火山灰はシリンダ部等の硬度より柔らかく摩耗は発生しない。更に、Bを組み合わせたとしても火山の評価と変わらない。 ・ アクセス性の観点からは、風(台風)での飛来物の飛散並びに積雪及び火山灰により屋外作業である移送配管での給油が制限を受ける可能性があるが、全く作業ができなくなる程の状態となることはない。また、凍結によりミニローリーの走行に影響を及ぼす可能性があるが、タイヤの滑り止めにより走行は可能である。よって、これらを組み合わせてもアクセス性に影響はない。 ・ 視認性の観点からは、積雪及び火山灰により監視カメラの視界低下の可能性はあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、耐震型海水ピット水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。更に、風(台風)及び凍結を組み合わせたとしても積雪及び火山の評価と変わらない。 	①
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 荷重の観点からは、風(台風)、積雪及び火山灰による荷重が考えられる。 	—

番 号	評 価	評価結果
1 2 風(台風) +凍結 +積雪 +生物学的 事象	<p>風(台風)、凍結、積雪及び生物学的事象の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、温度、閉塞、電気的影響、アクセス性及び視認性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 温度の観点からは、生物学的事象とBを組み合わせたとしてもBの評価と変わらない。 ・ 閉塞の観点からは、海生生物の襲来による原子炉補機冷却海水設備の閉塞が考えられるが、除塵装置の設置等により原子炉補機冷却水冷却器等への影響を防止する設計としており影響はない。更に、Bを組み合わせたとしても閉塞は生じない。 ・ 電気的影響の観点からは、小動物の屋外設置の端子箱への侵入に伴う短絡等が考えられるが、端子箱貫通部のシールにより防止する設計としており影響はない。更に、Bを組み合わせたとしても生物学的事象の評価と変わらない。 ・ アクセス性の観点からは、生物学的事象とBを組み合わせたとしても、Bの評価と変わらない。 ・ 視認性の観点からは、生物学的事象とBを組み合わせたとしても、Bの評価と変わらない。 	①
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 荷重の観点からは、風(台風)及び積雪による荷重が考えられる。 	-

番 号	評 価	評価結果
13 風(台風) +凍結 +積雪 +森林火災	<p>風(台風)、凍結、積雪及び森林火災の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、温度、閉塞、電氣的影響、摩耗、アクセス性及び視認性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 温度の観点からは、森林火災によりコンクリート建造物の耐性に影響を及ぼす可能性はあるが、森林火災では火源位置等の保守的な条件を用いた評価を行っていること、評価に用いているコンクリートの許容温度については、一般的に強度にほとんど影響がないとされている200℃としていることから影響はない。更に、Bを組み合わせたとしても凍結及び積雪は森林火災による熱的影響を緩和する方向にある。 ・ 閉塞の観点からは、森林火災でのばい煙により換気空調設備の閉塞が考えられるが、外気取入口に設置された平型フィルタにより一定以上の粒径のばい煙を捕集するとともに、外気取入ダンプの閉止及び循環運転又は空調系の停止により建屋内への侵入を阻止することが可能であり影響はない。更に、Bを組み合わせたとしても森林火災の評価と変わらない。 ・ 電氣的影響の観点からは、森林火災でのばい煙が電気系及び計装制御系の盤に侵入し、端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が考えられるが、計測制御系統施設(安全保護系計器ラック)の設置場所の外気取入口には、平型フィルタに加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していることから影響はない。更に、Bを組み合わせたとしても森林火災の評価と変わらない。 ・ 摩耗の観点からは、森林火災でのばい煙のディーゼル機関吸気への侵入によるシリンダ部等の摩耗が考えられるが、ばい煙はシリンダ部等の硬度より柔らかく摩耗は発生しない。更に、Bを組み合わせたとしても森林火災の評価と変わらない。 ・ アクセス性の観点からは、風(台風)での飛来物の飛散、凍結、積雪及び森林火災により屋外作業である移送配管での給油が制限を受ける可能性があるが、全く作業ができなくなる程の状態となることはない。 ・ 視認性の観点からは、積雪及び森林火災でのばい煙により監視カメラの視界低下の可能性はあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、耐震型海水ピット水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。更に、風(台風)及び凍結を組み合わせたとしても、積雪及び森林火災の評価と変わらない。 	① ③
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 荷重の観点からは、風(台風)及び積雪による荷重が考えられる。なお、森林火災に伴う熱的影響の考慮も必要と考えられるが、防火帯を設置しており、飛び火による火災の延焼が生じた場合でも自衛消防隊による消火活動が可能のため、荷重に対して森林火災による熱的影響を考慮する必要はない。 	-

番 号	評 価	評価結果
14 風(台風) +凍結 +積雪 +地震	<p>風(台風)、凍結、積雪及び地震の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、温度、閉塞、アクセス性及び視認性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 温度の観点からは、地震とBを組み合わせたとしてもBの評価と変わらない。 ・ 閉塞の観点からは、地震とBを組み合わせたとしてもBの評価と変わらない。 ・ アクセス性の観点からは、地震により屋外作業である移送配管での給油が制限を受ける可能性があるが、全く作業ができなくなる程の状態となることはない。更に、Bを組み合わせたとしてもアクセスルートの確保が可能である。 ・ 視認性の観点からは、積雪及び地震での振動により監視カメラの視界低下の可能性はあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、耐震型海水ピット水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。更に、風(台風)及び凍結を組み合わせたとしても積雪及び地震の評価と変わらない。 	①
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 荷重の観点からは、風(台風)、積雪及び地震による荷重が考えられる。 	-
15 風(台風) +凍結 +積雪 +津波	<p>風(台風)、凍結、積雪及び津波の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、温度、閉塞、浸水、アクセス性及び視認性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 温度の観点からは、津波とBを組み合わせたとしてもBの評価と変わらない。 ・ 閉塞の観点からは、津波とBを組み合わせたとしてもBの評価と変わらない。 ・ 浸水の観点からは、基準津波は敷地レベルに到達しない。更に、Bを組み合わせたとしてもBの評価と変わらない。 ・ アクセス性の観点からは、基準津波は敷地レベルに到達しないことから影響はない。更に、Bを組み合わせたとしてもBの評価と変わらない。 ・ 視認性の観点からは、津波とBを組み合わせたとしてもBの評価と変わらない。 	①
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 荷重の観点からは、風(台風)、積雪及び津波による荷重が考えられる。 	-
16 竜巻+落雷	<p>竜巻及び落雷の組合せが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、電気的影響及びアクセス性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 落雷は、竜巻の随件事象として整理し、竜巻にて評価している。 ・ 電気的影響の観点からは、落雷による設備の損傷及び電磁的影響が考えられるが、雷害防止対策を行うため影響はない。更に、竜巻を組み合わせたとしても落雷の評価と変わらない。 ・ アクセス性の観点からは、竜巻の継続時間は極めて短いため、竜巻の直接的影響によりアクセスが制限される期間は十分短い。また、竜巻での飛来物の飛散により屋外作業であるミニローリーでの給油に必要なアクセスの制限が想定されるが、ホイールロードにより飛来物を撤去することでアクセスルートの確保が可能である。更に、落雷を組み合わせたとしても竜巻の評価と変わらない。 ・ 荷重の観点からは、竜巻による荷重が考えられる。更に落雷を組み合わせたとしても竜巻の評価と変わらない。 	①

番 号	評 価	評価結果
<p>17 竜巻+火山</p>	<p>竜巻及び火山の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、閉塞、電氣的影響、腐食、摩耗、アクセス性及び視認性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 閉塞の観点からは、火山灰により換気空調設備、原子炉補機冷却海水設備等の閉塞が考えられる。換気空調設備については、外気取入口に設置された平型フィルタにより一定以上の粒径の火山灰を捕集するとともに、外気取入ダンパの閉止及び循環運転又は空調系の停止により建屋内への侵入を阻止することが可能であり影響はない。原子炉補機冷却海水設備については、想定する火山灰の粒径から原子炉補機冷却海水設備が閉塞することはない。また、竜巻による平型フィルタ等の損傷の可能性はあるが、安全上支障のない期間に平型フィルタを修復すること等の対応により影響はない。 電氣的影響の観点からは、火山灰が電気盤及び計装制御系の盤に侵入し、端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が考えられるが、計測制御系統施設（安全保護系計器ラック）の設置場所の外気取入口には、平型フィルタに加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していることから影響はない。また、竜巻による平型フィルタ等の損傷の可能性はあるが、安全上支障のない期間に平型フィルタを修復すること等の対応により影響はない。 腐食の観点からは、火山灰の付着による屋外設備の機能喪失が想定されるが、屋外設備には外装塗装が施されているため、短期的には腐食の影響はない。更に、竜巻を組み合わせたとしても火山の評価と変わらない。 摩耗の観点からは、火山灰のディーゼル機関吸気への侵入によるシリンダ部等の摩耗が考えられるが、火山灰はシリンダ部等の硬度より柔らかく摩耗は発生しない。更に、竜巻を組み合わせたとしても火山の評価と変わらない。 アクセス性の観点の観点からは、竜巻の継続時間は極めて短いため、竜巻の直接的影響によりアクセスが制限される期間は十分短い。また、竜巻での飛来物の飛散及び火山灰により屋外作業であるミニローリーでの給油に必要なアクセスの制限が想定されるが、ホイールローダにより飛来物を撤去することでアクセスルートの確保が可能である。 視認性の観点からは、火山灰により監視カメラ及びミニローリーでの給油作業時の視認性の低下の可能性はある。しかしながら、監視カメラについては中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、耐震型海水ピット水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができ、給油については全く作業ができなくなる程の視界となることは考え難い。更に、竜巻を組み合わせたとしても火山の評価と変わらない。 	<p>①</p>
	<ul style="list-style-type: none"> 荷重の観点からは、竜巻及び火山灰による荷重が考えられる。 	<p>—</p>

番 号	評 価	評価結果
18 竜巻 +生物学的 事象	<p>竜巻及び生物学的事象の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、閉塞、電气的影響及びアクセス性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 閉塞の観点からは、海生生物の襲来による原子炉補機冷却海水設備の閉塞が考えられるが、除塵装置の設置等により原子炉補機冷却水冷却器等への影響を防止する設計としており影響はない。更に、竜巻を組み合わせたととしても生物学的事象の評価と変わらない。 電气的影響の観点からは、小動物の屋外設置の端子箱への侵入に伴う短絡等が考えられるが、端子箱貫通部のシールにより防止する設計としており影響はない。更に、竜巻を組み合わせたとしても生物学的事象の評価と変わらない。 アクセス性の観点からは、竜巻の継続時間は極めて短いため、竜巻の直接的影響によりアクセスが制限される期間は十分短い。また、竜巻での飛来物の飛散により屋外作業であるミニローリーでの給油に必要なアクセスルートの制限が想定されるが、ホイールロードにより飛来物を撤去することでアクセスルートの確保が可能である。更に、生物学的事象を組み合わせたとしても竜巻の評価と変わらない。 荷重の観点からは、竜巻による風荷重が考えられる。更に生物学的事象を組み合わせたとしても竜巻の評価と変わらない。 	①

番 号	評 価	評価結果
<p>19 竜巻 +森林火災</p>	<p>竜巻及び森林火災の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、温度、閉塞、電氣的影響、摩耗、アクセス性及び視認性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 温度の観点からは、森林火災によりコンクリート建造物の耐性に影響を及ぼす可能性はあるが、森林火災では火源位置等の保守的な条件を用いた評価を行っていること、評価に用いているコンクリートの許容温度については、一般的に強度にほとんど影響がないとされている200℃としていることから影響ない。更に、竜巻を組み合わせたとしても森林火災の評価と変わらない。 ・ 閉塞の観点からは、森林火災でのばい煙により換気空調設備の閉塞が考えられるが、外気取入口に設置された平型フィルタにより一定以上の粒径のばい煙を捕集するとともに、外気取入ダンパの閉止及び循環運転又は空調系の停止により建屋内への侵入を阻止することが可能であり影響はない。また、竜巻による平型フィルタ等の損傷の可能性はあるが、安全上支障のない期間に平型フィルタを修復すること等の対応により影響はない。 ・ 電氣的影響の観点からは、森林火災でのばい煙が電気系及び計装制御系の盤に侵入し、端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が考えられるが、計測制御系統施設（安全保護系計器ラック）の設置場所の外気取入口には、平型フィルタに加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していることから影響はない。また、竜巻による平型フィルタ等の損傷の可能性はあるが、安全上支障のない期間に平型フィルタを修復すること等の対応により影響はない。 ・ 摩耗の観点からは、森林火災でのばい煙のディーゼル機関吸気への侵入によるシリンダ部等の摩耗が考えられるが、ばい煙はシリンダ部等の硬度より柔らかく摩耗は発生しない。更に、竜巻を組み合わせたとしても森林火災の評価と変わらない。 ・ アクセス性の観点からは、竜巻の継続時間は極めて短いため、竜巻の直接的影響によりアクセスが制限される期間は十分短い。また、竜巻での飛来物の飛散及び森林火災により屋外作業であるミニローリーでの給油に必要なアクセスルートの制限が想定されるが、ホイールドにより飛来物を撤去すること及び当該作業は全て防火帯の内側で行われ、飛び火による火災の延焼が生じた場合でも自衛消防隊による消火活動が可能ことから、アクセスルートの確保が可能である。 ・ 視認性の観点からは、森林火災でのばい煙により監視カメラの視界低下の可能性はあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、耐震型海水ピット水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。更に、竜巻を組み合わせたとしても森林火災の評価と変わらない。 ・ 荷重の観点からは、竜巻による荷重が考えられる。更に森林火災を組み合わせたとしても竜巻の評価と変わらない。なお、森林火災に伴う熱的影響の考慮も必要と考えられるが、防火帯を設置しており、飛び火による火災の延焼が生じた場合でも自衛消防隊による消火活動が可能のため、荷重に対して森林火災による熱的影響を考慮する必要はない。 	<p>①</p>

番 号	評 価	評価結果
20 竜巻+地震	<p>竜巻及び地震の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、アクセス性及び視認性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ アクセス性の観点からは、竜巻の継続時間は極めて短いため、竜巻の直接的影響によりアクセスが制限される期間は十分短い。また、竜巻での飛来物の飛散により屋外作業であるミニローリーでの給油に必要なアクセスルートの制限が想定されるが、ホイロードダにより飛来物を撤去することでアクセスルートの確保が可能である。更に、地震によりミニローリーでの給油に必要なアクセスルートの制限が想定されるが、地盤改良や陥没対策を講じていることから影響はない。 ・ 視認性の観点からは、地震での振動により監視カメラの視界低下の可能性はあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、耐震型海水ピット水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。また、竜巻による飛来物によりカメラ等の損傷の可能性はあるが、安全上支障のない期間にカメラを修復すること等の対応により影響はない。 	①
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 荷重の観点からは、竜巻及び地震による荷重が考えられる。 	-
21 竜巻+津波	<p>竜巻及び津波の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、浸水及びアクセス性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 浸水の観点からは、基準津波は敷地レベルに到達しない。更に、竜巻を組み合わせたとしても津波の評価と変わらない。 ・ アクセス性の観点からは、竜巻の継続時間は極めて短いため、竜巻の直接的影響によりアクセスが制限される期間は十分短い。また、竜巻での飛来物の飛散により屋外作業であるミニローリーでの給油に必要なアクセスルートの制限が想定されるが、ホイロードダにより飛来物の撤去することでアクセスルートの確保が可能である。更に、津波と組み合わせたとしても基準津波は敷地レベルに到達しないことから竜巻の評価と変わらない。 	①
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 荷重の観点からは、竜巻及び津波による荷重が考えられる。 	-

番 号	評 価	評価結果
<p>2 2 落雷+火山</p>	<p>落雷及び火山の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、閉塞、電氣的影響、腐食、摩耗、アクセス性及び視認性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 閉塞の観点からは、火山灰により換気空調設備、原子炉補機冷却海水設備等の閉塞が考えられる。換気空調設備については、外気取入口に設置された平型フィルタにより一定以上の粒径の火山灰を捕集するとともに、外気取入ダンパの閉止及び循環運転又は空調系の停止により建屋内への侵入を阻止することが可能であり影響はない。原子炉補機冷却海水設備については、想定する火山灰の粒径から原子炉補機冷却海水設備が閉塞することはない。更に、落雷を組み合わせたとしても火山の評価と変わらない。 ・ 電氣的影響の観点からは、落雷による設備の損傷及び電磁的影響が考えられるが、雷害防止対策を行うため影響はない。また、火山灰が電気系及び計装制御系の盤に侵入し、端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が考えられるが、計測制御系統施設（安全保護系計器ラック）の設置場所の外気取入口には、平型フィルタに加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していることから影響はない。 ・ 腐食の観点からは、火山灰の付着による屋外設備の機能喪失が想定されるが、屋外設備には外装塗装が施されているため、短期的には腐食の影響はない。更に、落雷を組み合わせたとしても火山の評価と変わらない。 ・ 摩耗の観点からは、火山灰のディーゼル機関吸気への侵入によるシリンダ部等の摩耗が考えられるが、火山灰はシリンダ部等の硬度より柔らかく摩耗は発生しない。更に、落雷を組み合わせたとしても火山の評価と変わらない。 ・ アクセス性の観点からは、火山灰により屋外作業である移送配管での給油が制限を受ける可能性があるが、全く作業ができなくなる程の状態となることはない。更に、落雷を組み合わせたとしても火山の評価と変わらない。 ・ 視認性の観点からは、火山灰により監視カメラの視界低下の可能性はあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、耐震型海水ピット水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。更に、落雷を組み合わせたとしても火山の評価と変わらない。 ・ 荷重の観点からは、火山灰による荷重が考えられる。更に落雷を組み合わせたとしても火山灰の評価と変わらない。 	<p>①</p>
<p>2 3 落雷 +生物学的 事象</p>	<p>落雷及び生物学的事象の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、閉塞及び電氣的影響が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 閉塞の観点からは、海生生物の襲来による原子炉補機冷却海水設備の閉塞が考えられるが、除塵装置の設置等により原子炉補機冷却水冷却器等への影響を防止する設計としており影響はない。更に、落雷を組み合わせたとしても生物学的事象の評価と変わらない。 ・ 電氣的影響の観点からは、落雷による設備の損傷及び電磁的影響並びに小動物の屋外設置の端子箱への侵入に伴う短絡等が考えられるが、雷害防止対策を行うこと及び小動物の侵入は端子箱貫通部のシールにより防止する設計としており影響はない。 	<p>①</p>

番 号	評 価	評価結果
<p>24 落雷 +森林火災</p>	<p>落雷及び森林火災の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、温度、閉塞、電氣的影響、摩耗、アクセス性及び視認性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 温度の観点からは、森林火災によりコンクリート構造物の耐性に影響を及ぼす可能性はあるが、森林火災では火源位置等の保守的な条件を用いた評価を行っていること、評価に用いているコンクリートの許容温度については、一般的に強度にほとんど影響がないとされている200℃としていることから影響はない。更に、落雷を組み合わせたとしても森林火災の評価と変わらない。 ・ 閉塞の観点からは、森林火災でのばい煙により換気空調設備の閉塞が考えられるが、外気取入口に設置された平型フィルタにより一定以上の粒径のばい煙を捕集するとともに、外気取入ダンパの閉止及び循環運転又は空調系の停止により建屋内への侵入を阻止することが可能であり影響はない。更に、落雷を組み合わせたとしても森林火災の評価と変わらない。 ・ 電氣的影響の観点からは、落雷による設備の損傷及び電磁的影響が考えられるが、雷害防止対策を行うため影響はない。また、森林火災でのばい煙が電気系及び計装制御系の盤に侵入し、端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が考えられるが、計測制御系統施設（安全保護系計器ラック）の設置場所の外気取入口には、平型フィルタに加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していることから影響はない。 ・ 摩耗の観点からは、森林火災でのばい煙のディーゼル機関吸気への侵入によるシリンダ部等の摩耗が考えられるが、ばい煙はシリンダ部等の硬度より柔らかく摩耗は発生しない。更に、落雷を組み合わせたとしても森林火災の評価と変わらない。 ・ アクセス性の観点からは、森林火災により屋外作業である移送配管での給油が制限を受ける可能性があるが、全く作業ができなくなる程の状態となることはない。更に、落雷を組み合わせたとしても森林火災の評価と変わらない。 ・ 視認性の観点からは、森林火災でのばい煙により監視カメラの視界低下を及ぼす可能性があるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、耐震型海水ピット水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。更に、落雷を組み合わせたとしても森林火災の評価と変わらない。 	<p>①</p>

番 号	評 価	評価結果
25 落雷 +地震	<p>落雷及び地震の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、電氣的影響、アクセス性及び視認性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 電氣的影響の観点からは、落雷による設備の損傷及び電磁的影響が考えられるが、雷害防止対策を行うため影響はない。更に、地震を組み合わせたとしても落雷の評価と変わらない。 ・ アクセス性の観点からは、地震により屋外作業である移送配管での給油が制限を受ける可能性があるが、全く作業ができなくなる程の状態となることはない。更に、落雷を組み合わせたとしても地震の評価と変わらない。 ・ 視認性の観点からは、地震での振動により監視カメラの視界低下の可能性はあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、耐震型海水ピット水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。更に、落雷を組み合わせたとしても地震の評価と変わらない。 ・ 荷重の観点からは、地震による荷重が考えられる。更に落雷を組み合わせたとしても地震の評価と変わらない。 	①
26 落雷+津波	<p>落雷及び津波の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、浸水、電氣的影響及びアクセス性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 浸水の観点からは、基準津波は敷地レベルに到達しない。更に、落雷を組み合わせたとしても津波の評価と変わらない。 ・ 電氣的影響の観点からは、落雷による設備の損傷及び電磁的影響が考えられるが、雷害防止対策を行うことにより影響はない。更に、津波を組み合わせたとしても落雷の評価と変わらない。 ・ アクセス性の観点からは、基準津波は敷地レベルに到達しないことから影響はない。更に、落雷を組み合わせたとしても津波の評価と変わらない。 ・ 荷重の観点からは、津波による荷重が考えられる。更に落雷を組み合わせたとしても津波の評価と変わらない。 	①

番 号	評 価	評価結果
<p style="text-align: center;">27 火山 + 生物学的 事象</p>	<p>火山及び生物学的事象の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、閉塞、電氣的影響、腐食、摩耗、アクセス性及び視認性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 閉塞の観点からは、火山灰により換気空調設備、原子炉補機冷却海水設備等の閉塞が考えられる。換気空調設備等については、外気取入口に設置された平型フィルタにより一定以上の粒径の火山灰を捕集するとともに、外気取入ダンパの閉止及び循環運転又は空調系の停止により建屋内への侵入を阻止することが可能であり影響はない。原子炉補機冷却海水設備については、想定する火山灰の粒径から原子炉補機冷却海水設備が閉塞することはない。また、海生物の襲来による原子炉補機冷却海水設備の閉塞は、除塵装置の設置等により原子炉補機冷却水冷却器等への影響を防止する設計としており影響はない。 ・ 電氣的影響の観点からは、火山灰が電気系及び計装制御系の盤に侵入し、端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が考えられるが、計測制御系統施設（安全保護系計器ラック）の設置場所の外気取入口には、平型フィルタに加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していることから影響はない。また、小動物の屋外設置の端子箱への侵入に伴う短絡等が考えられるが、端子箱貫通部のシールにより防止する設計としており影響はない。 ・ 腐食の観点からは、火山灰の付着による屋外設備の機能喪失が想定されるが、屋外設備には外装塗装が施されているため、短期的には腐食の影響はない。更に、生物学的事象を組み合わせたとしても火山の評価と変わらない。 ・ 摩耗の観点からは、火山灰のディーゼル機関吸気への侵入によるシリンダ部等の摩耗が考えられるが、火山灰はシリンダ部等の硬度より柔らかく摩耗は発生しない。更に、生物学的事象を組み合わせたとしても火山の評価と変わらない。 ・ アクセス性の観点からは、火山灰により屋外作業である移送配管での給油が制限を受ける可能性があるが、全く作業ができなくなる程の状態となることはない。更に、生物学的事象を組み合わせたとしても火山の評価と変わらない。 ・ 視認性の観点からは、火山灰により監視カメラの視界低下の可能性はあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、耐震型海水ピット水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。更に、生物学的事象を組み合わせたとしても火山の評価と変わらない。 ・ 荷重の観点からは、火山灰による荷重が考えられる。更に生物学的事象を組み合わせたとしても火山灰の評価と変わらない。 	①

番 号	評 価	評価結果
<p>28 火山 +森林火災</p>	<p>火山及び森林火災の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、温度、閉塞、電氣的影響、腐食、摩耗、アクセス性及び視認性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 温度の観点からは、森林火災によりコンクリート構造物の耐性に影響を及ぼす可能性はあるが、森林火災では火源位置等の保守的な条件を用いた評価を行っていること、評価に用いているコンクリートの許容温度については、一般的に強度にほとんど影響がないとされている200℃としていることから影響はない。更に、火山を組み合わせたとしても森林火災の評価と変わらない。 ・ 閉塞の観点からは、火山灰により換気空調設備、原子炉補機冷却海水設備等の閉塞が考えられる。換気空調設備については、外気取入口に設置された平型フィルタにより一定以上の粒径の火山灰を捕集するとともに、外気取入ダンパの閉止及び循環運転又は空調系の停止により建屋内への侵入を阻止することが可能であり影響はない。原子炉補機冷却海水設備については、想定する火山灰の粒径から原子炉補機冷却海水設備が閉塞することはない。また、森林火災でのばい煙により換気空調設備の閉塞が考えられるが、外気取入口に設置された平型フィルタにより一定以上の粒径のばい煙を捕集するとともに、外気取入ダンパの閉止又は空調系停止や循環運転により建屋内への侵入を阻止することが可能であり影響はない。 ・ 電氣的影響の観点からは、火山灰及び森林火災によるばい煙が電気系及び計装制御系の盤に侵入し、端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が考えられるが、計測制御系統施設（安全保護系計器ラック）の設置場所の外気取入口には、平型フィルタに加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していることから影響はない。 ・ 腐食の観点からは、火山灰の付着による屋外設備の機能喪失が想定されるが、屋外設備には外装塗装が施されているため、短期的には腐食の影響はない。更に、森林火災を組み合わせたとしても火山の評価と変わらない。 ・ 摩耗の観点からは、火山灰及び森林火災でのばい煙のディーゼル機関吸気への侵入によるシリンダ部等の摩耗が考えられるが、火山灰及びばい煙はシリンダ部等の硬度より柔らかく摩耗は発生しない。 ・ アクセス性の観点からは、火山灰及び森林火災により屋外作業である移送配管での給油が制限を受ける可能性があるが、全く作業ができなくなる程の状態となることはない。 ・ 視認性の観点からは、火山灰及び森林火災でのばい煙により監視カメラの視界低下の可能性はあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、耐震型海水ピット水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。 ・ 荷重の観点からは、火山灰による荷重が考えられる。更に森林火災を組み合わせたとしても火山灰の評価と変わらない。なお、森林火災に伴う熱的影響の考慮も必要と考えられるが、防火帯を設置しており、飛び火による火災の延焼が生じた場合でも自衛消防隊による消火活動が可能のため、荷重に対して森林火災による熱的影響を考慮する必要はない。 	<p>①</p>

番 号	評 価	評価結果
29 火山 +地震	<p>火山及び地震の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、閉塞、電气的影響、腐食、摩耗、アクセス性及び視認性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。なお、火山評価において、伊方発電所は火山と十分な離隔があることから、火山性地震における影響はないと評価しているが、ここでは降灰時における地震の発生を念頭に評価を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> 閉塞の観点からは、火山灰により換気空調設備、原子炉補機冷却海水設備等の閉塞が考えられる。換気空調設備については、外気取入口に設置された平型フィルタにより一定以上の粒径の火山灰を捕集するとともに、外気取入ダンパの閉止及び循環運転又は空調系の停止により建屋内への侵入を阻止することが可能であり影響はない。原子炉補機冷却海水設備については、想定する火山灰の粒径から原子炉補機冷却海水設備が閉塞することはない。また、地震による平型フィルタ等の損傷の可能性があるが、安全上支障のない期間に平型フィルタを修復すること等の対応により影響はない。 電气的影響の観点からは、火山灰が電気系及び計装制御系の盤に侵入し、端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が考えられるが、計測制御系統施設（安全保護系計器ラック）の設置場所の外気取入口には、平型フィルタに加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していることから影響はない。また、地震による平型フィルタ等の損傷の可能性があるが、安全上支障のない期間に平型フィルタを修復すること等の対応により影響はない。 腐食の観点からは、火山灰の付着による屋外設備の機能喪失が想定されるが、屋外設備には外装塗装が施されているため、短期的には腐食の影響はない。更に、地震を組み合わせたとしても火山の評価と変わらない。 摩耗の観点からは、火山灰のディーゼル機関吸気への侵入によるシリンダ部等の摩耗が考えられるが、火山灰はシリンダ部等の硬度より柔らかく摩耗は発生しない。更に、地震と組み合わせたとしても火山の評価と変わらない。 アクセス性の観点からは、火山灰及び地震により屋外作業である移送配管での給油が制限を受ける可能性があるが、全く作業ができなくなる程の状態となることはない。 視認性の観点からは、火山灰及び地震での振動により監視カメラの視界低下の可能性があるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、耐震型海水ピット水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。 	①
	<ul style="list-style-type: none"> 荷重の観点からは、火山灰及び地震による荷重が考えられる。 	—

番 号	評 価	評価結果
<p>30 火山+津波</p>	<p>火山及び津波の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、閉塞、浸水、電氣的影響、腐食、摩耗、アクセス性及び視認性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。なお、津波評価において、火山事象による津波が敷地に及ぼす影響はないと評価しているが、ここでは降灰時における津波の発生を念頭に評価を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 閉塞の観点からは、火山灰により換気空調設備、原子炉補機冷却海水設備等の閉塞が考えられる。換気空調設備については、外気取入口に設置された平型フィルタにより一定以上の粒径の火山灰を捕集するとともに、外気取入ダンプの閉止及び循環運転又は空調系の停止により建屋内への侵入を阻止することが可能であり影響はない。原子炉補機冷却海水設備については、想定する火山灰の粒径から原子炉補機冷却海水設備が閉塞することはない。更に、津波と組み合わせたとしても火山の評価と変わらない。 ・ 浸水の観点からは、基準津波は敷地レベルに到達しない。更に、火山を組み合わせたとしても津波の評価と変わらない。 ・ 電氣的影響の観点からは、火山灰が電気系及び計装制御系の盤に侵入し、端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が考えられるが、計測制御系統施設（安全保護系計器ラック）の設置場所の外気取入口には、平型フィルタに加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していることから影響はない。更に、津波と組み合わせたとしても火山の評価と変わらない。 ・ 腐食の観点からは、火山灰の付着による屋外設備の機能喪失が想定されるが、屋外設備には外装塗装が施されているため、短期的には腐食の影響はない。更に、津波を組み合わせたとしても火山の評価と変わらない。 ・ 摩耗の観点からは、火山灰のディーゼル機関吸気への侵入によるシリンダ部等の摩耗が考えられるが、火山灰はシリンダ部等の硬度より柔らかく摩耗は発生しない。更に、津波と組み合わせたとしても火山の評価と変わらない。 ・ アクセス性の観点からは、火山灰により屋外作業である移送配管での給油が制限を受ける可能性があるが、全く作業ができなくなる程の状態となることはない。更に、津波と組み合わせたとしても基準津波は敷地レベルに到達しないことから火山の評価と変わらない。 ・ 視認性の観点からは、火山灰により監視カメラの視界低下の可能性はあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、耐震型海水ピット水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。更に、津波と組み合わせたとしても火山の評価と変わらない。 	<p>①</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 荷重の観点からは、火山灰及び津波による荷重が考えられる。 	<p>—</p>

番 号	評 価	評価結果
3 1 生物学的 事象 + 森林火災	<p>生物学的事象及び森林火災の組合せが安全施設に及ぼす影響としては、温度、閉塞、電气的影響、摩耗、アクセス性及び視認性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 温度の観点からは、森林火災によりコンクリート建造物の耐性に影響を及ぼす可能性はあるが、森林火災では火源位置等の保守的な条件を用いた評価を行っていること、評価に用いているコンクリートの許容温度については、一般的に強度にほとんど影響がないとされている 200℃としていることから影響はない。更に、生物学的事象と組み合わせたとしても森林火災の評価と変わらない。 ・ 閉塞の観点からは、海生生物の襲来による原子炉補機冷却海水設備の閉塞が考えられるが、除塵装置の設置等により原子炉補機冷却水冷却器等への影響を防止する設計としており影響はない。また、森林火災でのばい煙により換気空調設備の閉塞が考えられるが、外気取入口に設置された平型フィルタにより一定以上の粒径のばい煙を捕集するとともに、外気取入ダンプの閉止及び循環運転又は空調系の停止により建屋内への侵入を阻止することが可能であり影響はない。 ・ 電气的影響の観点からは、森林火災でのばい煙が電気系及び計装制御系の盤に侵入し、端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が考えられるが、計測制御系統施設（安全保護系計器ラック）の設置場所の外気取入口には、平型フィルタに加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していることから影響はない。また、小動物の屋外設置の端子箱への侵入に伴う短絡等が考えられるが、端子箱貫通部のシールにより防止する設計としており影響はない。 ・ 摩耗の観点からは、森林火災でのばい煙のディーゼル機関吸気への侵入によるシリンダ部等の摩耗が考えられるが、ばい煙はシリンダ部等の硬度より柔らかく摩耗は発生しない。更に、生物学的事象を組み合わせたとしても森林火災の評価と変わらない。 ・ アクセス性の観点からは、森林火災により屋外作業である移送配管での給油が制限を受ける可能性があるが、全く作業ができなくなる程の状態となることはない。更に、生物学的事象を組み合わせたとしても森林火災の評価と変わらない。 ・ 視認性の観点からは、森林火災でのばい煙により監視カメラの視界低下の可能性はあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、耐震型海水ピット水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。更に、生物学的事象を組み合わせたとしても森林火災の評価と変わらない。 	①

番 号	評 価	評価結果
<p>3 2 生物学的 事象 +地震</p>	<p>生物学的事象及び地震の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、閉塞、電気的影響、アクセス性及び視認性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 閉塞の観点からは、海生生物の襲来による原子炉補機冷却海水設備の閉塞が考えられるが、除塵装置の設置等により原子炉補機冷却水冷却器等への影響を防止する設計としており影響はない。また、地震による除塵装置の損傷の可能性はあるが、安全上支障のない期間に除塵装置を修復すること等の対応により影響はない。 ・ 電気的影響の観点からは、小動物の屋外設置の端子箱への侵入に伴う短絡等が考えられるが、端子箱貫通部のシールにより防止する設計としており影響はない。更に、地震を組み合わせたとしても生物学的事象の評価と変わらない。 ・ アクセス性の観点からは、地震により屋外作業である移送配管での給油が制限を受ける可能性があるが、全く作業ができなくなる程の状態となることはない。更に、生物学的事象を組み合わせたとしても地震の評価と変わらない。 ・ 視認性の観点からは、地震での振動により監視カメラの視界低下の可能性はあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、耐震型海水ピット水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。更に、生物学的事象を組み合わせたとしても地震の評価と変わらない。 ・ 荷重の観点からは、地震による荷重が考えられる。更に生物学的事象を組み合わせたとしても地震の評価と変わらない。 	<p>①</p>
<p>3 3 生物学的 事象 +津波</p>	<p>生物学的事象及び津波の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、浸水、閉塞、電気的影響及アクセス性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 浸水の観点からは、基準津波は敷地レベルに到達しない。更に、生物学的事象を組み合わせたとしても津波の評価と変わらない。 ・ 閉塞の観点からは、海生生物の襲来による原子炉補機冷却海水設備の閉塞が考えられるが、除塵装置の設置等により原子炉補機冷却水冷却器等への影響を防止する設計としており影響はない。更に、津波を組み合わせたとしても生物学的事象の評価と変わらない。 ・ 電気的影響の観点からは、小動物の屋外設置への端子箱に侵入に伴う短絡等が考えられるが、端子箱貫通部のシールにより防止する設計としており影響はない。更に、津波を組み合わせたとしても生物学的事象の評価と変わらない。 ・ アクセス性の観点からは、基準津波は敷地レベルに到達することはないことから影響はない。更に、生物学的事象を組み合わせたとしても津波の評価と変わらない。 ・ 荷重の観点からは、津波による荷重が考えられる。更に生物学的事象を組み合わせたとしても津波の評価と変わらない。 	<p>①</p>

番 号	評 価	評価結果
<p>3 4 森林火災 +地震</p>	<p>森林火災及び地震の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、温度、閉塞、電氣的影響、摩耗、アクセス性及び視認性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 温度の観点からは、森林火災によりコンクリート構造物の耐性に影響を及ぼす可能性はあるが、森林火災では火源位置等の保守的な条件を用いた評価を行っていること、評価に用いているコンクリートの許容温度については、一般的に強度にほとんど影響がないとされている 200℃としていることから影響はない。更に、地震を組み合わせたとしても森林火災の評価と変わらない。 ・ 閉塞の観点からは、森林火災でのばい煙による換気空調設備の閉塞が考えられるが、外気取入口に設置された平型フィルタにより一定以上の粒径のばい煙を捕集するとともに、外気取入ダンパの閉止及び循環運転又は空調系の停止により建屋内への侵入を阻止することが可能であり影響がない。また、地震による平型フィルタ等の損傷の可能性はあるが、安全上支障のない期間に平型フィルタ等を修復すること等の対応により影響はない。 ・ 電氣的影響の観点からは、森林火災でのばい煙が電気系及び計装制御系の盤に侵入し、端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が考えられるが、計測制御系統施設（安全保護系計器ラック）の設置場所の外気取入口には、平型フィルタに加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していることから影響はない。また、地震による平型フィルタ等の損傷の可能性はあるが、安全上支障のない期間に平型フィルタ等を修復すること等の対応により影響はない。 ・ 摩耗の観点からは、森林火災でのばい煙のディーゼル機関吸気への侵入によるシリンダ部等の摩耗が考えられるが、ばい煙はシリンダ部等の硬度より柔らかく摩耗は発生しない。更に、地震を組み合わせたとしても森林火災の評価と変わらない。 ・ アクセス性の観点からは、森林火災及び地震により屋外作業である移送配管による給油が制限を受ける可能性があるが、全く作業ができなくなる程の状態となることはない。 ・ 視認性の観点からは、森林火災でのばい煙及び地震での振動により監視カメラの視界低下の可能性はあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、耐震型海水ピット水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。 ・ 荷重の観点からは、地震による荷重が考えられる。更に森林火災を組み合わせたとしても地震の評価と変わらない。なお、森林火災に伴う熱的影響の考慮も必要と考えられるが、森林火災は防火帯の外で発生しており、飛び火による火災の延焼が生じた場合でも自衛消防隊による消火活動が可能のため、荷重に対して森林火災による熱的影響を考慮する必要はない。 	<p>①</p>

番 号	評 価	評価結果
<p>35 森林火災 +津波</p>	<p>森林火災及び津波の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、温度、閉塞、浸水、電氣的影響、摩耗、アクセス性及び視認性が考えられる。以下に、それぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 温度の観点からは、森林火災によりコンクリート構造物の耐性に影響を及ぼす可能性はあるが、森林火災では火源位置等の保守的な条件を用いた評価を行っていること、評価に用いているコンクリートの許容温度については、一般的に強度にほとんど影響がないとされている200℃としていることから影響はない。更に、津波を組み合わせたとしても森林火災の評価と変わらない。 ・ 閉塞の観点からは、森林火災でのばい煙による換気空調設備の閉塞が考えられるが、外気取入口に設置された平型フィルタにより一定以上の粒径のばい煙を捕集するとともに、外気取入ダンパの閉止及び循環運転又は空調系の停止により建屋内への侵入を阻止することが可能であり影響はない。更に、津波を組み合わせたとしても森林火災の評価と変わらない。 ・ 浸水の観点からは、基準津波は敷地レベルに到達しない。更に、森林火災を組み合わせたとしても、津波の評価と変わらない。 ・ 電氣的影響の観点からは、森林火災でのばい煙が電気系及び計装制御系の盤に侵入し、端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が考えられるが、計測制御系統施設（安全保護系計器ラック）の設置場所の外気取入口には、平型フィルタに加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していることから影響はない。更に、津波を組み合わせたとしても森林火災の評価と変わらない。 ・ 摩耗の観点からは、森林火災でのばい煙のディーゼル機関吸気への侵入によるシリンダ部等の摩耗が考えられるが、ばい煙はシリンダ部等の硬度より柔らかく摩耗は発生しない。更に、津波を組み合わせたとしても森林火災の評価と変わらない。 ・ アクセス性の観点からは、森林火災により屋外作業である移送配管での給油が制限を受ける可能性があるが、全く作業ができなくなる程の状態となることはない。更に、津波と組み合わせたとしても基準津波は敷地レベルに到達しないことから森林火災の評価と変わらない。 ・ 視認性の観点からは、森林火災でのばい煙により監視カメラの視界低下の可能性はあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、耐震型海水ピット水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。更に、津波を組み合わせたとしても森林火災の評価と変わらない。 ・ 荷重の観点からは、津波による荷重が考えられる。更に森林火災を組み合わせたとしても津波の評価と変わらない。なお、森林火災に伴う熱的影響の考慮も必要と考えられるが、森林火災は防火帯の外で発生しており、飛び火による火災の延焼が生じた場合でも自衛消防隊による消火活動が可能のため、荷重に対して森林火災による熱的影響を考慮する必要はない。 	<p>①</p>

番 号	評 価	評価結果
36 地震 +津波	<p>地震及び津波の組み合わせが安全施設に及ぼす影響としては、荷重、浸水、アクセス性及び視認性が考えられる。以下にそれぞれの影響について評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 浸水の観点からは、基準津波は敷地レベルに到達しない。更に、地震を組み合わせたととしても津波の評価と変わらない。 ・ アクセス性の観点からは、地震により屋外作業である移送配管での給油が制限を受ける可能性があるが、全く作業ができなくなる程の状態となることはない。更に、津波と組み合わせたとしても基準津波は敷地レベルに到達しないことから地震の評価と変わらない。 ・ 視認性の観点からは、地震での振動により監視カメラの視界低下の可能性はあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、耐震型海水ピット水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。更に、津波を組み合わせたとしても地震の評価と変わらない。 	①
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 荷重の観点からは、地震及び津波による荷重が考えられる。 	—

(3) 設計上考慮すべき荷重評価における自然現象の組み合わせ

a. 組み合わせを検討する自然現象の抽出

荷重により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は、風（台風）、積雪、竜巻、火山灰、地震及び津波である。

このうち、地震、津波及び火山灰による荷重は、発生頻度が低い偶発的荷重であり、発生すると荷重が比較的大きいことから、設計用の主荷重として扱う。

ここで、火山灰については、敷地南東に位置する宇和盆地中心部におけるボーリング調査結果等から、敷地付近における降下厚さはほぼ0 cmと評価される。ただし、風向きによっては敷地において厚さ数 cm の降下火山灰が想定され、さらに既存の知見よりも噴出量を大きく見積もると十数 cm の降下火山灰が想定される。原子力安全に対する信頼向上の観点から、既存の知見を上回る噴出量を考慮し、敷地において考慮すべき降下火砕物の厚さを保守的に15 cmと評価している。ボーリング調査に基づく評価によると年超過確率で 10^{-4} に相当する層厚は約2 cmであり、敷地において考慮する降下火砕物厚さ15 cmの年超過確率は $10^{-4} \sim 10^{-5}$ である。

これらの主荷重に対し、風及び積雪については、発生頻度が主荷重と比べ高い変動的荷重であり、荷重は主荷重に比べて小さい*ことから、従荷重として扱う。

ここで、竜巻については、発生頻度が低く、影響範囲が極めて限定的であることから、竜巻による荷重に他の自然現象による荷重を組み合わせる必要はない。

b. 荷重の性質

主荷重及び従荷重の性質を表4-3に示す。荷重の大きさについては、主荷重は従荷重と比較して大きく、主荷重が支配的となる。最大荷重の継続時間については、地震、津波及び風は最大荷重の継続時間が短い。これに対し、火山灰及び積雪は、一度事象が発生すると長時間にわたり荷重が作用するため、最大荷重の継続時間が長い。発生頻度については、主荷重は従荷重と比較して発生頻度が非常に低い。

* コンクリート構造物等、自重が大きい施設の場合。

表 4-3 主荷重、従荷重の性質

荷重の種類		荷重の 大きさ	最大荷重の 継続時間	発生頻度 (/年)
主荷重	地震	特大	短 (数十秒)	$\sim 10^{-5}$
	津波	特大	短 (10分程度)	$\sim 10^{-5}$
	火山灰	大	長 (数十日) ※ ¹	$10^{-5} \sim 10^{-4}$
従荷重	風	小	短 (10分程度)	2×10^{-2} ※ ²
	積雪	小	長 (数日) ※ ¹	2×10^{-2} ※ ²

※¹ 必要に応じて緩和措置を行うこととしている。

※² 50年再現期待値

以下、主荷重同士の組み合わせ及び主荷重と従荷重の組み合わせについて検討する。

c. 主荷重同士の組み合わせ

(a) 地震及び津波

主荷重同士の組み合わせとしては、地震と津波には因果関係があるため、地震及び津波を設計上考慮する。

(b) 火山及び地震

基準地震動の震源と火山とは十分な距離があることから独立な事象として扱い、それぞれ発生頻度が小さいことから組み合わせを考慮しない。

火山性地震については、発電所運用期間中の活動可能性を考慮するいずれの火山も敷地から遠方に位置することから、火山性地震とこれに関連する事象による影響はないと判断し、火山と地震の組み合わせは考慮しない。

(c) 火山及び津波

基準津波の波源と火山とは十分な距離があることから独立な事象として扱い、それぞれ発生頻度が小さいことから組み合わせを考慮しない。

火山随伴津波としては、既往最大規模に相当する崩壊に伴う津波を基準津波の設定に考慮していること、仮想的な崩壊として大規模な山体崩壊に伴う津波が基準津波に包含されることを確認していることから、火山事象に伴う津波による影響はないと判断し、津波と火山の組み合わせ

は考慮しない。

d. 主荷重と従荷重の組み合わせ

主荷重と従荷重が同時に発生する場合を考慮し、主荷重と組み合わせる風荷重及び積雪荷重について検討する。

(a) 地震荷重又は津波荷重と風荷重及び積雪荷重の組み合わせ

地震又は津波と積雪については、積雪荷重の継続時間が長いため、施設の形状及び配置により適切に組み合わせる。組み合わせる積雪荷重としては、伊方発電所は多雪区域ではないため、本来建築基準法に他の荷重との組み合わせは定められていない。ただし、発電用原子炉施設の重要性を鑑み、建築基準法の多雪区域における地震荷重と積雪荷重の組み合わせの考え方を適用する。その際、組み合わせる積雪荷重としては、愛媛県垂直積雪量に関する規則（平成12年6月1日規則第42号）による伊方町の垂直積雪量20cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮する。

地震又は津波と風については、それぞれ最大荷重の継続時間が短く同時に発生する確率が低いものの、発電用原子炉施設の重要性を鑑み、地震荷重又は津波荷重に対して風荷重の影響が大きい構造及び形状の施設について適切に組み合わせる。組み合わせる風荷重としては、建築基準法の多雪区域における風荷重と積雪荷重の組み合わせの考え方を適用し、平成12年5月31日建設省告示第1454号に定められた愛媛県（全域）の基準風速34m/sとする。

地震又は津波と風及び積雪については、

- ① 地震又は津波と風は、それぞれ最大荷重の継続時間が短く同時に発生する確率が低く、積雪が加わる確率は更に低くなること
- ② 主荷重は従荷重と比較して大きく、主荷重が支配的であることを踏まえると、主荷重と従荷重の組み合わせに対し更に従荷重を組み合わせとしても、その影響は比較的小さいと考えられること
- ③ 風及び積雪には予見性があるため、積雪は緩和措置、風及び積雪は必要に応じてプラント停止措置を講じることが可能であることから、組み合わせを考慮する必要はない。

(b) 火山灰の荷重と風荷重及び積雪荷重の組み合わせ

火山灰と風及び積雪については、火山灰による荷重の継続時間が他の

主荷重と比較して長く、積雪荷重の継続時間も長いことから、3つの荷重が同時に発生する場合を考慮し、施設の形状及び設置場所により適切に組み合わせる。組み合わせる積雪荷重としては、地震又は津波との組み合わせと同様、愛媛県垂直積雪量に関する規則（平成12年6月1日規則第42号）による伊方町の垂直積雪量20cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮する。また、風荷重としては、地震又は津波との組み合わせと同様、平成12年5月31日建設省告示第1454号に定められた愛媛県（全域）の基準風速34m/sとする。

以上の検討内容について整理した結果を表4-5に示す。

表4-5 主荷重と従荷重の組み合わせ

		主荷重			
		地震	津波	火山灰	
従荷重	風	建築基準法	記載なし	記載なし	記載なし
		継続時間	短+短	短+短	長+短
		荷重の大きさ	特大+小	特大+小	大+小
		組み合わせ	○※1	○※1	○
	積雪	建築基準法	多雪区域のみ 組み合わせを 考慮	記載なし	記載なし
		継続時間	短+長	短+長	長+長
		荷重の大きさ	特大+小	特大+小	大+小
		組み合わせ	○※2	○※2	○

※1 屋外の直接風を受ける場所に設置されている施設のうち、風荷重の影響が地震荷重又は津波荷重に対して大きい構造、形状及び仕様の施設において、組み合わせを考慮する。

※2 積雪による受圧面積が小さい施設又は積雪荷重の影響が常時作用している荷重に対して小さい施設を除き、組み合わせを考慮する。

(4) まとめ

伊方発電所において想定される自然現象を網羅的に組み合わせ、安全施設へ及ぼす影響について評価した。

評価の結果、組み合わせた事象が安全施設に及ぼす荷重以外の影響としては、個々の事象の設計に包含されること、同時に発生するとは考えられない

こと、又は個々の自然現象が与える影響より緩和されることから、安全施設は自然現象の組み合わせによって安全機能を損なわないことを確認した。

ただし、荷重の組み合わせによる影響は、「第四条 地震による損傷の防止」又は「第五条 津波による損傷の防止」の条項において、地震又は津波と組み合わせる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作用する衝撃は、風又は積雪による荷重を考慮する。組み合わせに当たっては、地震又は津波の荷重の大きさ、最大荷重の継続時間、発生頻度の関係を踏まえた荷重とし、施設の構造等を考慮する。なお、具体的には、風荷重については、屋外の直接風を受ける場所に設置されている施設のうち、風荷重の影響が地震荷重又は津波荷重に対して大きい構造、形状及び仕様の施設において、組み合わせを考慮する。積雪荷重については、積雪による受圧面積が小さい施設又は積雪荷重の影響が常時作用している荷重に対して小さい施設を除き、組み合わせを考慮する。

<参考 4-1>

組み合わせを検討する 11 事象それぞれについて、考えられる原子炉施設に与える影響を整理し、荷重、温度、閉塞、浸水、電氣的影響、腐食、摩耗、アクセス性及び視認性を選定した。

各事象について、それらの組み合わせた場合に原子炉施設に対して影響が増幅すると考えられる主な影響について整理し、組み合わせる際に評価する影響を別表 1 にまとめた。

(1) 風（台風）

荷重としては、風圧力による施設の損傷が想定される。アクセス性としては、設計基準として屋外の移送配管を用いた給油を考慮する必要があるため、飛来物の飛散による作業制限が想定される。

なお、閉塞については、台風来襲後、発電所前面海域に流木等が漂着することがあるが、原子炉補機冷却海水設備は除塵装置により塵芥を除去する設計としている。

(2) 竜巻

荷重としては、風圧力等による施設の損傷が想定される。アクセス性としては、設計基準として屋外のミニローリーを用いた給油を考慮する必要があるため、飛来物の飛散によるアクセスルートの制限が想定される。

(3) 凍結

温度としては、屋外機器内の流体の凍結、凍結に伴う閉塞による機能喪失が想定される。アクセス性としては、設計基準として屋外の移送配管を用いた給油を考慮する必要があるため、地面の凍結による作業制限が想定される。また、竜巻と組み合わせる場合には、設計基準として屋外のミニローリーを用いた給油を考慮する必要があるため、地面の凍結によるアクセスルートの制限が想定される。

(4) 降水

浸水としては、電氣的影響による設備の機能喪失が想定される。そのため、電氣的影響は浸水に包含される。また、火山灰と組み合わせる場合には、火山灰の固結による排水溝等の閉塞に伴う浸水が想定される。アクセス性としては、設計基準として屋外の移送配管を用いた給油を考慮する必要があるた

め、土石流による作業制限が想定される。視認性としては、監視カメラの視界低下が想定される。

なお、腐食については、進展が遅いため十分な管理が可能である。

(5) 積 雪

荷重としては、積雪による施設の損傷が想定される。アクセス性としては、設計基準として屋外の移送配管を用いた給油を考慮する必要があるため、積雪による作業制限が想定される。また、竜巻と組み合わせる場合には、設計基準として屋外のミニローリーを用いた給油を考慮する必要があるため、積雪によるアクセスルートの制限が想定される。視認性としては、監視カメラの視界低下が想定される。

なお、吸い込みに伴う閉塞については、ディーゼル発電機の吸気口等、地表からの高さを確保している。

(6) 落 雷

電氣的影響としては、落雷による設備の損傷及び電磁的影響が想定される。

(7) 火 山

荷重としては、火山灰の堆積による施設の損傷が想定される。閉塞としては、火山灰による換気空調設備、原子炉補機冷却海水設備等の機能喪失が想定される。電氣的影響としては、火山灰が計測制御系統施設に侵入し、端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が生じることが想定される。腐食として、火山灰の付着による屋外設備の機能喪失が想定される。摩耗としては、火山灰のディーゼル機関吸気への侵入によるシリンダ部等の摩耗が想定される。アクセス性としては、設計基準として屋外の移送配管を用いた給油を考慮する必要があるため、火山灰の堆積による作業制限が想定される。また、竜巻と組み合わせる場合には、設計基準として屋外のミニローリーを用いた給油を考慮する必要があるため、火山灰の堆積によるアクセスルートの制限が想定される。視認性としては、監視カメラの視界低下が想定される。また、竜巻と組み合わせる場合には、設計基準として屋外のミニローリーを用いた給油を考慮する必要があるため、火山灰による視界低下が想定される。

(8) 生物学的事象

閉塞としては、海生生物の襲来による原子炉補機冷却海水設備の機能喪失が想定される。電氣的影響としては、小動物の屋外設置の端子箱への侵入により短絡等が生じることが想定される。

(9) 森林火災

温度としては、森林火災によりコンクリート建造物の耐性に影響を及ぼすことが想定される。閉塞としては、ばい煙による換気空調設備の機能喪失が想定される。電氣的影響としては、ばい煙が計測制御系統施設に侵入し、端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が生じることが想定される。摩耗としては、ばい煙のディーゼル機関吸気への侵入によるシリンダ部等の摩耗が想定される。アクセス性としては、設計基準として屋外の移送配管を用いた給油を考慮する必要があるため、森林火災による作業制限が想定される。また、竜巻と組み合わせる場合には、設計基準として屋外のミニローリーを用いた給油を考慮する必要があるため、森林火災によるアクセスルートの制限が想定される。視認性としては、監視カメラの視界低下が想定される。また、竜巻と組み合わせる場合には、設計基準として屋外のミニローリーを用いた給油を考慮する必要があるため、森林火災による視界低下が想定される。

(10) 地震

荷重としては、地震による施設の損傷が想定される。アクセス性としては、設計基準として屋外の移送配管を用いた給油を考慮する必要があるため、地震による作業制限が想定される。また、竜巻と組み合わせる場合には、設計基準として屋外のミニローリーを用いた給油を考慮する必要があるため、地震によるアクセスルートの制限が想定される。視認性としては、振動による監視カメラの視界低下が想定される。

(11) 津波

荷重としては、津波による施設の損傷が想定される。浸水としては、電氣的影響による屋外及び屋内設備機能喪失が想定される。そのため、電氣的影響は浸水に包含される。アクセス性としては、設計基準として屋外の移送配管を用いた給油を考慮する必要があるため、津波による作業制限が想定される。また、竜巻と組み合わせる場合には、設計基準として屋外のミニローリーを用いた給油を考慮する必要があるため、津波によるアクセスルートの制限が想定される。

別表1 想定される自然現象と原子炉施設に与える影響

	プラントに及ぼす影響								
	荷重	温度	閉塞	浸水	電気的影響	腐食	摩耗	アクセス性	視認性
風(台風) ^{※1}	○	—	— ^{※2}	—	—	—	—	○	—
竜巻	○	—	—	—	—	—	—	○	—
凍結	—	○	○	—	—	—	—	○	—
降水	—	—	—	○	— ^{※3}	— ^{※4}	—	○	○
積雪	○	—	— ^{※5}	—	—	—	—	○	○
落雷	—	—	—	—	○	—	—	—	—
火山	○	—	○	—	○	○	○	○	○
生物学的影響	—	—	○	—	○	—	—	—	—
森林火災	—	○	○	—	○	—	○	○	○
地震	○	—	—	—	—	—	—	○	○
津波	○	—	—	○	—	—	—	○	—

※1 台風は、風(台風)、降水及び落雷の自然現象の複合事象である。

※2 原子炉補機冷却海水設備は、除塵装置により塵芥を除去する設計としている。

※3 浸水による設備の機能喪失は、浸水に含まれる。

※4 進展が遅いため、十分な管理が可能である。

※5 ディーゼル発電機の吸気口等、地表からの高さを確保している。

<参考 4-2> 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

建築基準法における荷重の考え方を第1表に示す。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。

第1表 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 + 0.7S
短期に生ずる力	積雪時	G + P + S	G + P + S
	暴風時	G + P + W	G + P + 0.35S + W
	地震時	G + P + K	G + P + 0.35S + K

※ 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

また、伊方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年毎の積雪の継続期間が30日を超える場合は、管轄の特定行政庁が規則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、伊方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、多雪区域では次の4つの状態が設定されている※。

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日間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。

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ヶ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、建築物が想定すべき最大級の荷重として、①の短期積雪荷重の1.4倍である。

※ 「2007年版 建築物の構造関係技術基準解説書」平成19年8月

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。

重ね合わせる積雪量について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^{*1}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、積雪を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伊方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余裕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、積雪を主、降下火砕物を従の荷重とした場合、発電所運用期間中の活動可能性のある火山における過去最大規模の噴火による敷地付近への降下火砕物厚さはほぼ0cmであることから積雪のみの評価となり既に評価を実施している。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。

従の荷重となる伊方町における平均的な積雪量は、愛媛県垂直積雪量に関する規則（平成12年6月1日規則第42号）による伊方町の垂直積雪量20cmに0.35を乗じた7cm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。

^{*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）

7 cm は宇和島特別地域気象観測所（2005 年 9 月まで宇和島測候所）の年最大積雪深の平均値（1951 年～2005 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宇和島特別地域気象観測所の年最大積雪深の最大値である 23 cm（1951 年～2005 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／設備に影響がないことを確認している。

以 上

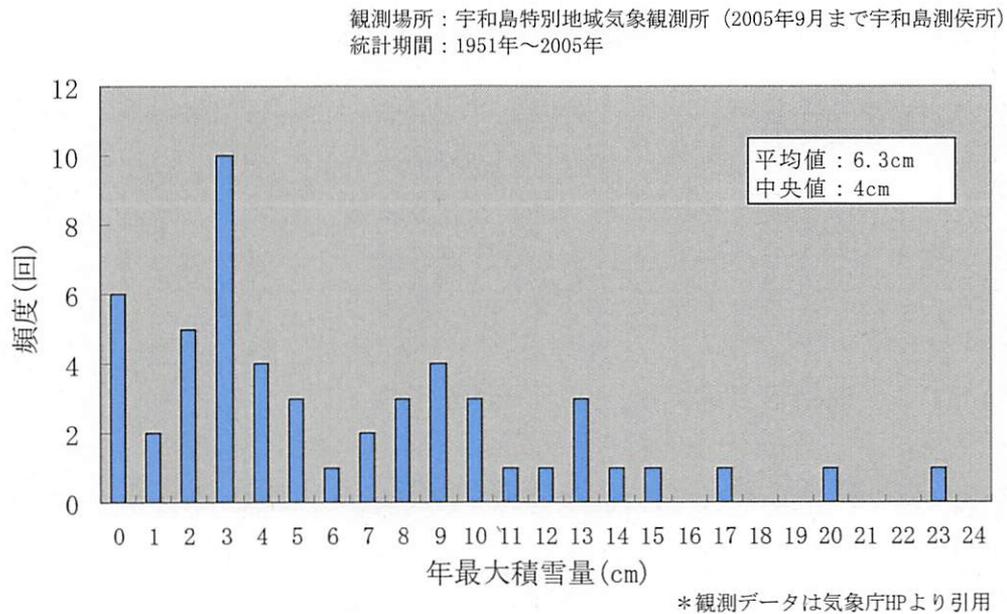


図 1 積雪量ヒストグラム

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

建築基準法における荷重の考え方を表 1 に示す。「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^{※1}と同様の考え方であり、同経験則に従えば、考慮すべきは主たる荷重が最大を取る時点の荷重の組み合わせであり、従たる荷重の値としては、その確率過程的な意味での平均的な値を採用することができるとしている。

組み合わせは、一般には短期においてのみであり、固定荷重と積載荷重に組み合わせる自然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。

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 + 0.7S
短期に生ずる力	積雪時	G + P + S	G + P + S
	暴風時	G + P + W	G + P + 0.35S + W
	地震時	G + P + K	G + P + 0.35S + 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

伊方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 1 m を超える場合又は 1 年毎の積雪の継続期間が 30 日を超える場合は、管轄の特定行政庁が規則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、伊方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。^{※2}

※1 基準期間中の最大値はある荷重（主の荷重）の最大値とその他の荷重（従の荷重）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」平成 19 年 8 月より

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日間程度の継続期間を想定した50年再現期待値として設定される値である。

$$S = d \cdot \rho$$

ここで、

S : 短期積雪荷重 (N/m²)

d : 垂直積雪量^{※1} (cm)

ρ : 積雪の単位重量^{※2} (N/cm/m²)

② 長期に発生する積雪状態

この状態に対する積雪荷重は、長期積雪荷重と呼ばれ、概ね3ヶ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、建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。

以上

※1 伊方町における垂直積雪量は20cm (愛媛県垂直積雪量に関する規則 (平成12年6月1日規則第42号) より)

※2 積雪量1cmあたり20N/m² (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について考察されており、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 か月以上の地点では 0.3 を推奨しており、積雪期間が 1 か月以上 3 か月未満の場合は、積雪期間に応じて直線補正すればよいとしている。

表 1 組合せ荷重のための係数

積雪期間	1 か月未満	1 か月以上 3 か月未満	3 か月以上
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^{※1}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 か月、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/50 年期待値=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。

神田の評価手法に宇和島特別地域気象観測所（2005 年 9 月まで宇和島測候所）の観測データ等（積雪期間を 1 か月^{※2}、平年の積雪深を 50 年期待値の 0.35^{※3}）を当てはめてみると、荷重係数は 0.05~0.19 となる。

以上

※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（雪が降った日数）の最大値は 33 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（7 cm）/50 年期待値（20 cm）=0.35

なお，20 cm は愛媛県垂直積雪量に関する規則（平成 12 年 6 月 1 日規則第 42 号）における伊方町における垂直積雪量

宇和島特別地域気象観測所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：23 cm（宇和島特別地域気象観測所（2005年9月まで宇和島測候所）の年最大積雪深の最大値（1951年～2005年））

積雪荷重 = $23\text{cm} \times 20\text{N/m}^2/\text{cm}^{*1} = 460\text{N/m}^2$

降下火砕物荷重 = $0.05\text{m} \times 1,500\text{kg/m}^3 \times 9.80\text{m/s}^2 = 735\text{ N/m}^2$

重ね合わせた荷重 = $735\text{N/m}^2 + 460\text{N/m}^2 = 1,195\text{ N/m}^2$

（備考）降下火砕物荷重については、平成25年11月8日審査会合時点の数値

2. 評価結果

(1) 建屋

表1に示すとおり積載荷重の余裕は、降下火砕物による堆積荷重を十分上回っているため、原子炉建屋、原子炉補助建屋及び海水淡水化装置建屋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堆積荷重の比較^{注1}

評価対象 建屋	評価部位 ^{注2}	長期荷重 ①(N/m ²)	短期荷重として 負担できる荷重 ②(N/m ²)	積載荷重の 余裕 ②-①(N/m ²)	降下火砕物 堆積荷重 (N/m ²)
原子炉 建屋	屋根スラブ 〔外周コン クリート壁 ドーム部 ^{注3} 〕	9,000	13,500	4,500	1,195
原子炉補助 建屋	屋根スラブ	13,000	19,500	6,500	
海水淡水化 装置建屋	屋根スラブ	6,000	9,000	3,000	

注1 伊方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降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、除灰作業による堆積荷重の低減は速やかに実施する。

注2 長期荷重（自重G+積載荷重P）が最も小さく評価条件が厳しいスラブ（外周コンクリート壁ドーム部はスラブ厚が最も小さいドーム中央部）を代表部位とする。

注3 ドーム中央部から端部に灰が流れた方が応力は小さくなるが、評価においては等分布荷重とする。

*1 建築基準法より

(2) 設備

表2に示すとおり補助給水タンク及び海水ポンプの評価値は、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。また、主蒸気安全弁の吹出力は、降下火砕物堆積荷重より十分大きく、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	許容値	裕度
補助給水 タンク*1	屋根板	一次一般膜応力	13MPa	240MPa	18
		一次膜+一次曲げ応力	94MPa	360MPa	3
	胴板	一次一般膜応力	15MPa	235MPa	15
		一次膜+一次曲げ応力	18MPa	352MPa	19
海水 ポンプ*2	モータ フレーム	曲げ応力	6MPa	282MPa	45
		圧縮応力	4MPa	244MPa	60
		$\sigma_c / 1.5f_c + \sigma_b / 1.5f_b$	0.04	≤ 1	—
		$(r\sigma_b - \sigma_c) / 1.5f_t$	0.02	≤ 1	—
主蒸気 安全弁	主蒸気安全弁の吹出力 (約 53,400kg) > 降下火砕物堆積荷重 (約 16kg)				

*1 許容値は、JEAG4601-1987における「クラス3容器及びクラス3支持構造物」のⅢ_ASの許容応力に基づく。

*2 許容値は、JEAG4601-1987における「その他の支持構造物」のⅢ_ASの許容応力に基づく。

なお、組合せ応力については、JSME S NC1-2005 (2007 追補) のクラス3支持構造物の許容値を用いた。

以上

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，耐水性，耐熱性，対油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，アクリル樹脂系，エポキシ樹脂系等の塗料が複数層で塗布されている。アクリル樹脂系及びエポキシ樹脂系は，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。

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

表1 伊方発電所3号機における塗料の例

設備名称	塗料の種類		
	下塗り	中塗り	上塗り
原子炉建屋 原子炉補助建屋	塩化ゴム系	アクリルゴム系	アクリルシリコン樹脂系
補助給水タンク	変性エポキシ樹脂系	塩化ゴム系	塩化ゴム系
重油タンク (保護カバー)	変性エポキシ樹脂系 (変性エポキシ樹脂系)	—	(エポキシ樹脂系) (ポリウレタン樹脂系)
海水ポンプ 海水管	エポキシ樹脂系	—	シリコン樹脂系
海水ポンプ (モータ)	変性エポキシ樹脂系	—	アクリルシリコン樹脂系

以上

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伊方発電所における降下火砕物による金属腐食の影響評価に適用する考え方について、以下に示す。

1. 適用の考え方

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

降下火砕物による腐食影響において引用した研究文献「火山環境における金属材料の腐食」では、実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（ 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、当社が考慮する火山についても本研究結果が十分適用可能と考える。

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 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。

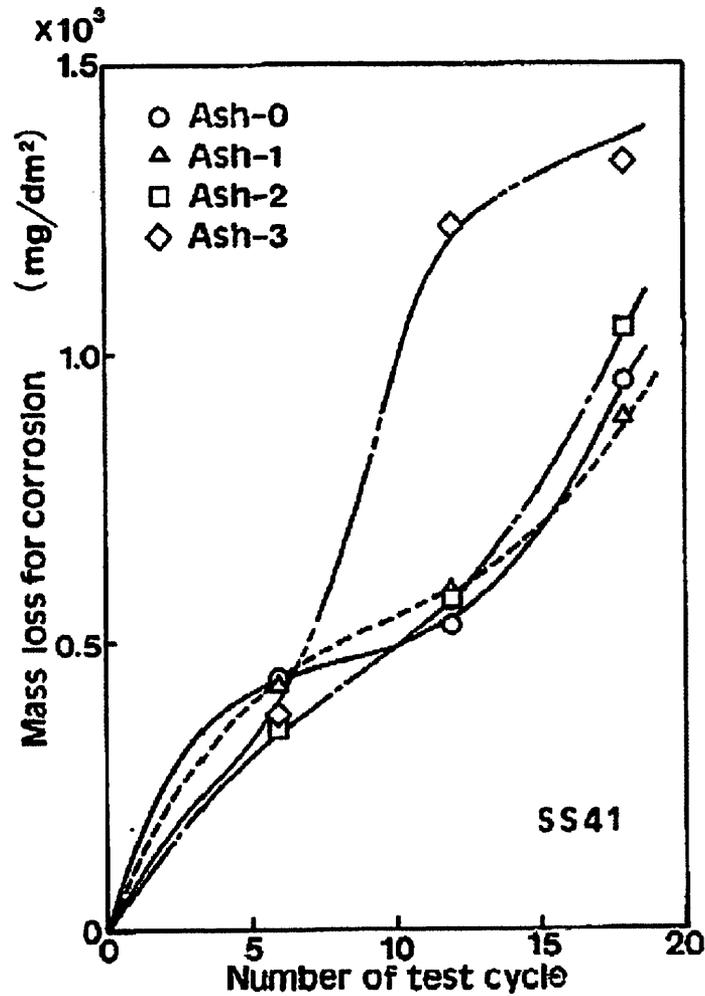
(2) 試験結果

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 μm 程度との結果が得られ、降下火砕物層では結露しやすいこと並びに保水効果が大きいことにより腐食が促進されると結論づけられている。

(3) 試験結果からの考察

降下火砕物による腐食については、主として火山ガスが付着した降下火砕物の影響によるものであり、本研究においては、金属試験片の表面に降下火砕物を置き、実際の火山環境を模擬して高濃度の SO_2 雰囲気中で暴露し、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行った状態で進めている試験であり、自然環境に存在する降下火砕物よりも高い腐食条件*で金属腐食量を求めており、当社で考慮する降下火砕物についても十分適用可能である。



- 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

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

ミニローリーに係る影響評価

降下火砕物によるミニローリーへの影響について、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

降下火砕物の車両エンジン部エアフィルタへの侵入等により、車両の機能に影響がないことを評価する。

② 化学的腐食

降下火砕物の構造物への付着や堆積による化学的腐食により機器の機能に影響がないことを評価する。

(2) 評価条件

降下火砕物粒度（粒径）：1 mm 以下

(3) 評価結果

① 換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響

車両エンジン部エアフィルタは容易に清掃することが可能である。

また、ミニローリーは容易にアクセスし、除灰することが可能である。

② 化学的腐食

ミニローリーは、外装塗装がなされており、降下火砕物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能に影響を及ぼすことはない。

また、ミニローリーは容易にアクセスし、除灰することが可能である。

なお、長期的な影響については、堆積した降下火砕物を除灰し、除灰後の点検等において、必要に応じて保守作業を実施する。

以上

給水処理設備に係る影響評価

降下火砕物による給水処理設備への影響について、以下のとおり評価する。

(1) 給水処理設備概要

① 給水処理系統

3号炉で使用する淡水は海水淡水化装置の生産水及び伊方町の簡易水道水である。

海水淡水化装置の生産水は脱塩水タンクを経由し、純水装置へ送られる。

純水装置は、混床式ポリシャ等により高純度の純水を造る。純水は、系統の補給水として、1次系純水タンク及び2次系純水タンクに貯留する。

また、伊方町の簡易水道水は原水貯槽及びろ過水タンクを経由し、ろ過水貯蔵タンク等に貯留する。

② 補給水系統

補給水系統は1次系純水タンク、2次系純水タンク、補助給水タンク等で構成している。

補助給水タンクへの補給水は2次系純水タンクより供給する。

給水処理設備の系統構成を図1に示す。

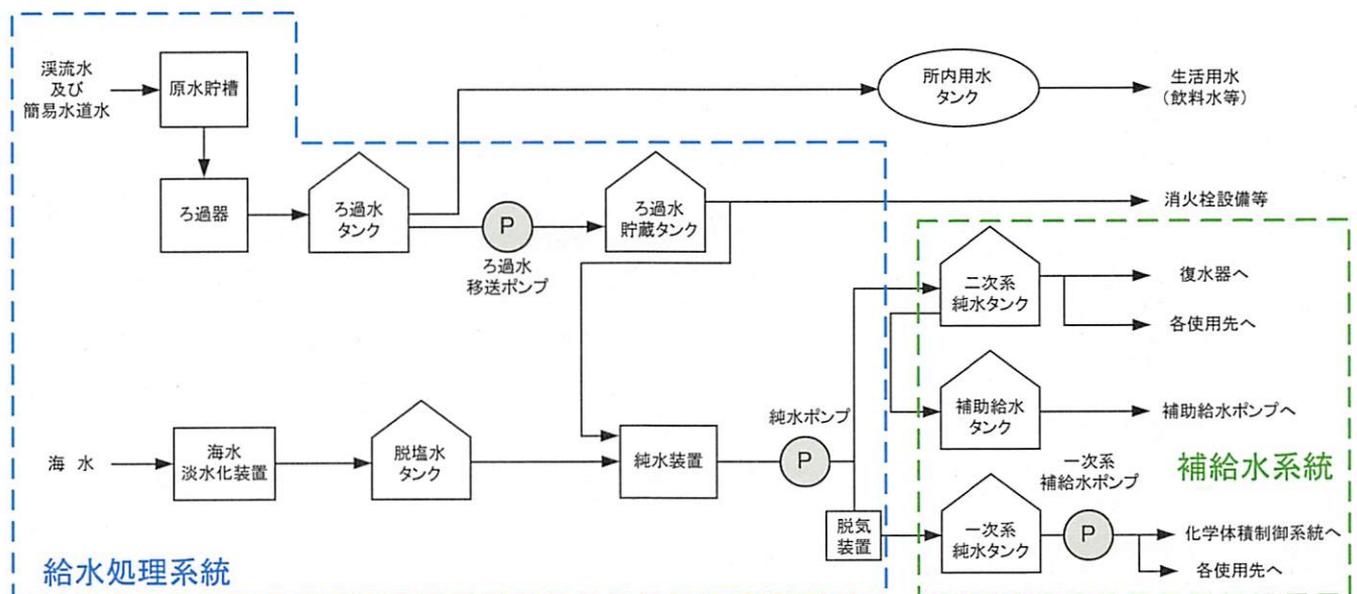


図1 給水処理設備系統構成

(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給水処理設備の建屋(海水淡水化装置建屋及び純水装置建屋)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 水循環系の閉塞

降下火砕物が混入した海水又は渓流水を取水することにより給水処理設備の機器が閉塞し、機能に影響がないことを評価する。

③ 水循環系の内部における摩耗

降下火砕物が混入した海水又は渓流水を取水することによる降下火砕物と構造物との摩耗により機器の機能に影響がないことを評価する。

④ 化学的腐食

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

⑤ 給水の汚染

降下火砕物が混入した海水又は渓流水を給水処理設備で処理した補給水が降下火砕物で汚染されていないことを確認する。

(2) 評価条件

① 降下火砕物条件

- a. 堆積量：15cm
- b. 降下火砕物粒度(粒径)：1mm以下
- c. 密度：1.5g/cm³(堆積荷重が保守的となるよう湿潤状態とする)

② 積雪条件

- a. 積雪量：7cm(建築基準法の考え方を参考とした伊方町における平均的な積雪量)
- b. 単位荷重：積雪量1cmあたり20N/m²(建築基準法より)

(3) 評価結果

海水取水の概略系統図を図2に示す。

各機能は以下のとおり。

① 2層ろ過器

海水に含まれている懸濁物質，コロイド物質を除去するために設置している。ろ過器の前段で凝集剤（塩化第二鉄）を添加し，懸濁物質，コロイド物質を凝集させ，ろ過器内に充填した，ろ材によって除去する。

② ポリッシングろ過器

2層ろ過器で除去できずに通過したものを除去するために設置している。

③ ろ過海水槽

2層ろ過器，ポリッシングろ過器の逆洗用水の確保および逆洗時に逆浸透膜装置へ連続して海水を供給できるように，設置している。

④ RO膜保安フィルター

逆浸透膜装置へ海水を供給する前に，懸濁物質を最終的に除去するために設置している。通常時に使用する逆洗式と逆洗時にも逆浸透膜装置に連続的に海水を供給するため，交換式の2系統設置している。

⑤ 逆浸透膜装置（ROユニット）

海水を脱塩する能力を有する逆浸透膜を中空糸状に加工し，容器に充填して使用する。

海水はRO高圧ポンプにより逆浸透膜へ供給される。

逆浸透膜に供給された海水は透過水と濃縮海水に分離された海水は透過水と濃縮海水に分離され，濃縮海水処理設備をへて放流される。

海水ピットに降下火砕物が侵入した場合，系統に設けられている2層ろ過器及びポリッシングろ過器にて降下火砕物は除去される。

したがって，海水取水についてはポリッシングろ過器に至るまでの系統について，降下火砕物の影響を評価する。

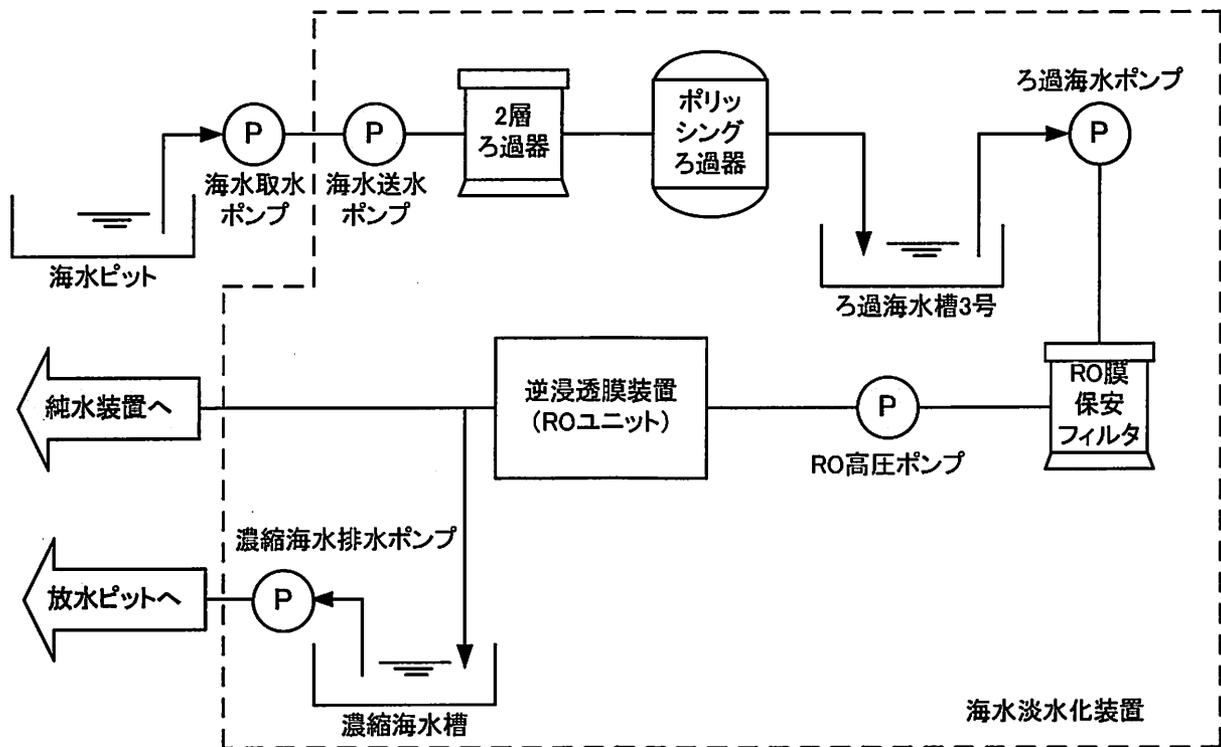


図2 海水取水概略系統図

渓流水取水の概略系統図は図3に示す。渓流水に降下火砕物が侵入した場合、凝集反応槽及びろ過器にて降下火砕物は除去される。

したがって、渓流水取水についてはろ過装置に至るまでの系統について、降下火砕物の影響を評価する。

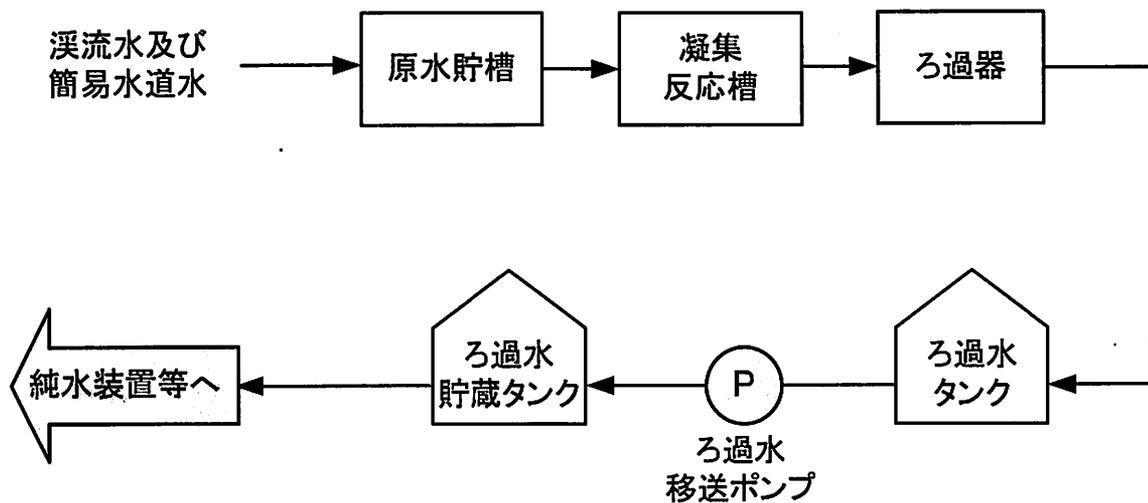


図3 渓流水取水の概略系統図

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。

$$0.15(\text{m}) \times 1,500(\text{kg/m}^3) \times 9.80(\text{m/s}^2) = 2,205(\text{N/m}^2)$$

次に重畳する積雪荷重は以下のとおりとなる。

$$7(\text{cm}) \times 20(\text{N/m}^2/\text{cm}) = 140(\text{N/m}^2)$$

以上より構造物への堆積荷重は、2,345 (N/m²) となる。

表1に示すとおり、積載荷重の余裕は降下火砕物による堆積荷重を十分上回っているため、海水淡水化装置建屋及び純水装置建屋への影響はない。

表1 積載荷重の余裕と降下火砕物堆積荷重の比較^{※1}

評価対象 建屋	評価部位	長期 荷重 ① (N/m ²)	短期荷重として 負担できる荷重 ② (N/m ²)	積載荷重 の余裕 ②-① (N/m ²)	降下火砕物 堆積荷重 (N/m ²)
海水淡水化 装置建屋	屋根スラブ	6,000	9,000	3,000	2,345
純水装置 建屋	屋根スラブ	6,000	9,000	3,000	2,345

※1 評価方法は資料-7による。

② 水循環系の閉塞

海水取水ポンプ、海水送水ポンプの流水部の最も狭い箇所はそれぞれ約47mm及び約23mmであり、想定する降下火砕物粒度(粒径)は1mm以下のため、閉塞することはない。

③ 水循環系の内部における摩耗

降下火砕物は破碎し易く^{※1}、硬度が小さい^{※2}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。

④ 化学的腐食

海水取水ポンプ、海水送水ポンプ(配管含む)及び原水貯槽(配管含む)は、

※1 武若耕司, 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, 2004, pp. 38-47

※2 降下火砕物粒子のモース硬度約5程度。(参考: 黄砂粒子のモース硬度約7程度)

防汚塗装等（ライニング含む）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影響を及ぼすことはない。

なお、長期的な影響については、堆積した降下火砕物を除灰し、除灰後の点検等において、必要に応じて保守作業を実施する。

⑤ 給水の汚染

前述のとおり系統に設けられている2層ろ過器及びポリッシングろ過器にて降下火砕物は除去されることから海水淡水化装置で処理された淡水が降下火砕物で汚染されていることはない。

以上

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以下の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の機能に影響を及ぼすことはない。



図1 モニタリングポスト検出器

(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（純水装置建屋）に設置されている。建屋の給気設備は図2のとおり開口部が下方向であり、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。

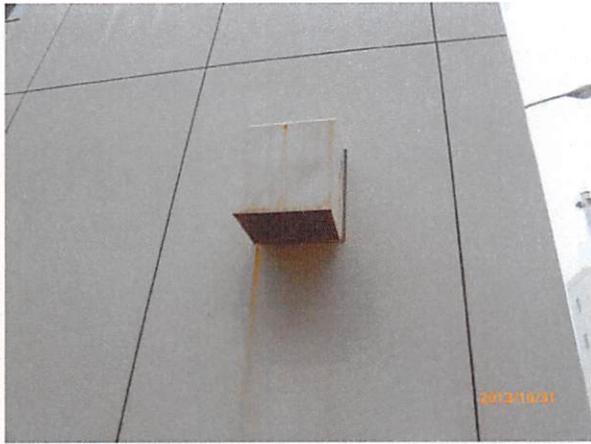


図2 純水装置建屋給気口



図3 ディーゼル駆動消火ポンプ排気口

(3) 通信設備

通信設備は、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にくい。なお、衛星携帯電話については天候による影響を受けにくく、降灰時においても通信機能を維持することが可能であると考えられる。

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">・ 携帯電話, 固定電話, 電話交換機・ FAX・ TV 会議システム・ 衛星電話設備・ 可搬型衛星電話端末	<ul style="list-style-type: none">・ 送受話器(ハンドセットステーション)・ 携帯電話, 固定電話, 電話交換機・ 無線機 (トランシーバー)・ 携帯型通話設備 (ノーベルホーン)・ 衛星電話設備・ 可搬型衛星電話端末

(4) 緊急時対策所

① 評価条件

<降下火砕物条件>

- a. 堆積量：15cm
- b. 密度：1.5g/cm³ (堆積荷重が保守的となるよう湿潤状態とする)

<積雪条件>

- a. 積雪量：7cm (建築基準法の考え方を参考とした伊方町における平均的な積雪量)
- b. 単位荷重：積雪量1cmあたり20N/m² (建築基準法より)

② 評価結果

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。

$$0.15(\text{m}) \times 1,500(\text{kg/m}^3) \times 9.80(\text{m/s}^2) = 2,205(\text{N/m}^2)$$

次に重畳する積雪荷重は以下のとおりとなる。

$$7(\text{cm}) \times 20(\text{N/m}^2/\text{cm}) = 140(\text{N/m}^2)$$

以上より構造物への堆積荷重は、2,345 (N/m²) となる。

表1のとおり、積載荷重の余裕は降下火砕物による堆積荷重を十分上回っているため、緊急時対策所への影響はない。

表1 積載荷重の余裕と降下火砕物堆積荷重の比較^{※1}

評価対象 建屋	評価部位	長期 荷重 ① (N/m ²)	短期荷重として 負担できる荷重 ② (N/m ²)	積載荷重 の余裕 ②-① (N/m ²)	降下火砕物 堆積荷重 (N/m ²)
緊急時対策所	屋根スラブ	21,200	31,800	10,600	2,345

※1 評価方法は資料-7による。

以上

降下火砕物の除灰作業に要する時間について

降下火砕物の除灰作業に要する時間について、以下のとおり評価する。

1. 評価条件

堆積面積 1 m^2 あたりの作業人工等の評価条件を表1に示す。

表1 降下火砕物の除灰作業に要する時間の評価条件

項 目		評価値
①堆積面積 (m^2)	原子炉建屋	約 $5,100\text{m}^2$
	原子炉補助建屋	約 $5,900\text{m}^2$
	補助給水タンク	約 80 m^2
	合 計	約 $11,080\text{m}^2$
②堆積厚さ (m)		0.05m
③堆積量=①×② (m^3)		約 560m^3
④ 1m^3 あたりの作業人工* (人/日)		0.37人/日

2. 評価結果

表1より、仮に 560m^3 の降下火砕物を人力により除灰作業をする場合、約 210 人の作業量となる。

以 上

* 弊社土木関連作業における設計工数を適用

重油タンクからの燃料輸送について

伊方発電所3号炉の長期間の外部電源の喪失に対してディーゼル発電機燃料油貯油槽及び重油タンク(EL. 84m)を有することにより対応している。

重油タンク(EL. 84m)からディーゼル発電機燃料油貯油槽への燃料移送については、重油移送配管による輸送及びミニローリーによる輸送の2つの手段がある。

これら2つの手段が火山事象により燃料輸送時に受ける影響について、以下のとおり検討する。

(1) 燃料移送手段

伊方発電所3号機の長期間の外部電源喪失の対応において、重油タンクからディーゼル発電機燃料油貯油槽へ重油を輸送する手段については、『重油移送配管・ミニローリー』を1手段として、2セット備えることにより多重性を有するものとしている。

(図1)

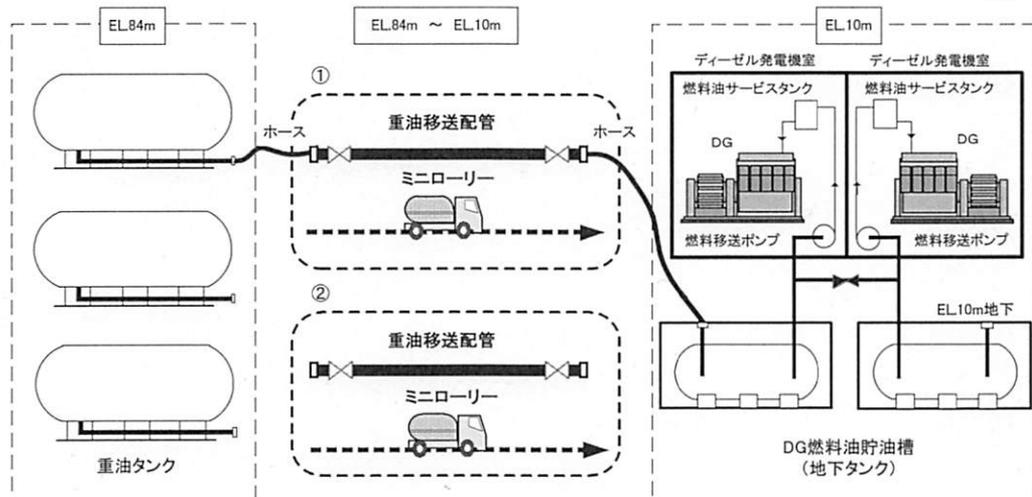


図1 燃料輸送設備のイメージ

a. 重油移送配管

重油移送配管による重油輸送方法は、重油タンク(EL. 84m)と重油移送配管及び重油移送配管とディーゼル発電機燃料油貯油槽(EL. 10m)をホースで接続し、弁操作により輸送することとしている。降下火砕物が構内道路上に堆積した場合においても輸送作業要員のアクセスは可能であり、重油輸送への影響はない。

b. ミニローリー(重油用)

降下火砕物が構内道路上に堆積することによるミニローリーによる輸送への影響について評価を実施した。

降下火砕物が構内道路上に堆積した場合、ミニローリーがスリップすることにより通行に支障^{※1}をきたす恐れがある。

※1 湿潤時は数mm程度、乾燥時は1~2cm程度の降灰で道路通行に支障をきたす。

(広域的な火山防災対策に係る検討会(平成25年5月16日))

構内道路上の降下火砕物については、ミニローリーの通行に支障をきたす前に人力による清掃又はホイールローダを用いて除灰ができることから、ミニローリーによる重油輸送への影響はない。

(添付資料1：屋外アクセスルートにおける降灰除去時間の評価について)

屋外アクセスルートにおける降灰除去時間の評価について

仮に火山灰が敷地内に 15cm（設計基準）降り積もったと想定した場合について、非常用ディーゼル発電機の燃料確保及び重大事故等対処における水源確保のためのアクセスルートの降灰除去に要する時間（降灰除去時間）を以下のとおり評価した。

評価結果を図 1, 2 に示す。

1. 作業体制

1 チーム 2 名（班長 1 名，重機操作員 1 名）

2. ホイールローダ仕様

○ 1 回の押し出し可能量：10.1t（最大牽引力）

○ バケット全幅：2,685mm

○ 走行速度：前進 2.5km/h（除去作業時）／4.0km/h（移動時）
後進 4.0km/h

3. 降灰除去速度の算出

<降灰条件>

○ 厚さ：15cm（設計基準）

○ 単位体積重量：1.5t/m³

<除去方法>

・ アクセスルート上に降り積もった火山灰を，ホイールローダで道路脇へ押し出し除去する。

・ 1 回の押し出し可能量を 10t とし，10t の火山灰を集積し，道路脇へ押し出す作業を 1 サイクルとして繰り返す。

・ 1 回の集積で進める距離

$$= 10t \div (\text{火山灰厚さ } 0.15\text{m} \times \text{幅 } 2.685\text{m} \times 1.5\text{t/m}^3)$$

$$= 16.6\text{m} \approx 16\text{m}$$

・ 1 サイクル当たりの作業時間（降灰除去幅約 5 m）は，以下のとおりとなる。

A：押し出し（①→②→③）：(16m+5m)÷2.5km/h=30.2 秒≒31 秒

B：ギア切り替え：3 秒

C：後進（③→②→④）：(5m+16m)÷4km/h=18.9 秒≒19 秒

D：ギア切り替え：3 秒

E：押し出し（④→⑤→⑥）：(16m+10m)÷2.5km/h=37.4 秒≒38 秒

F：ギア切り替え：3 秒

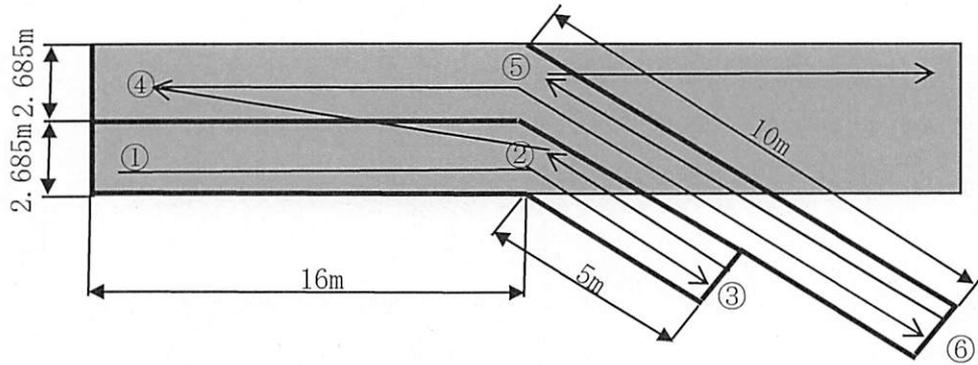
G：後進（⑥→⑤）：10m÷4km/h=9 秒

H：ギア切り替え：3 秒

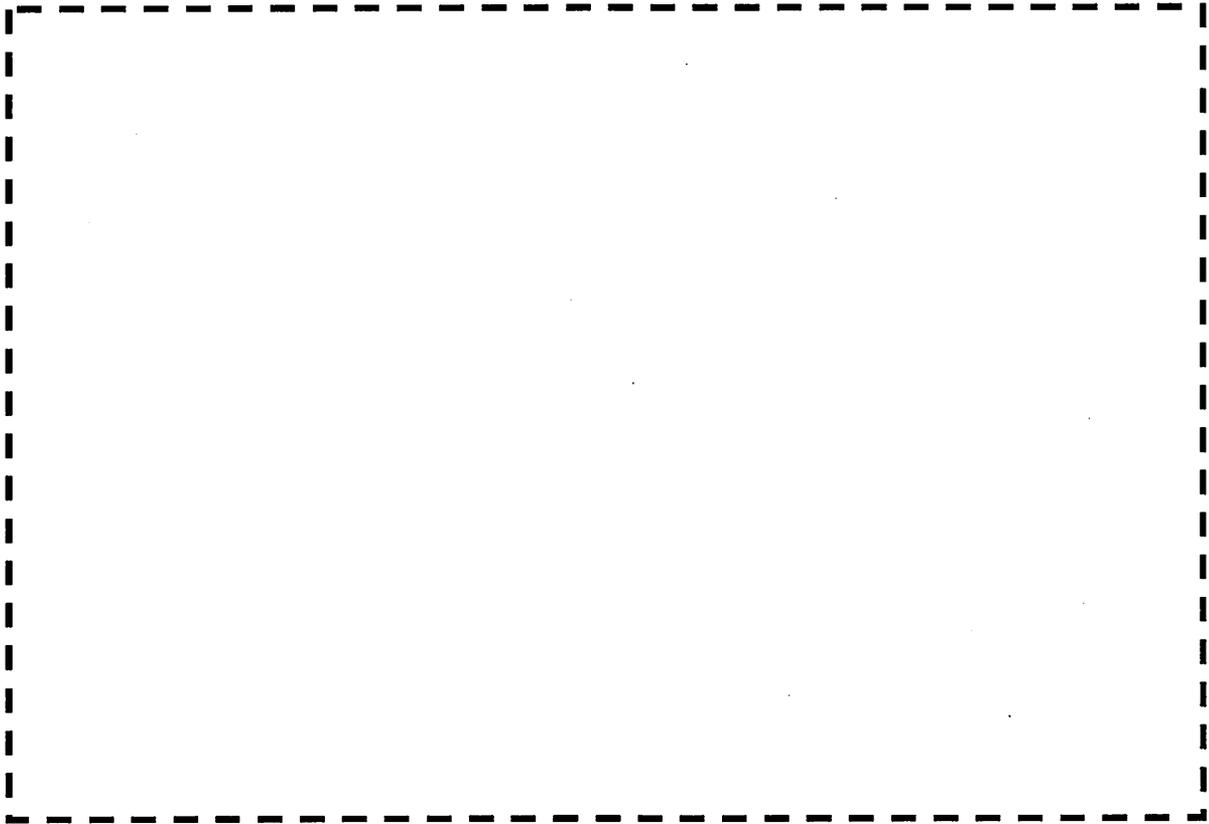
1 サイクル当たりの作業時間(A+B+C+D+E+F+G+H)=109 秒

<降灰除去速度>

$$\begin{aligned} & 1 \text{ サイクル当たりの除去延長} \div 1 \text{ サイクル当たりの除去時間} \\ & = 16\text{m} \div 109 \text{ 秒} = 0.15\text{m/秒} = 0.54\text{km/h} \approx 0.5\text{km/h} \end{aligned}$$



以 上



【降灰除去作業時間】

保管場所②→軽油タンク [(1)→(2)]	: 29分(240m)
ホイールローダ移動 [(2)→(1)]	: 4分(240m)
保管場所②→EL. +32m道路分岐点 [(1)→(3)]	: 33分(270m)
EL. +32m道路分岐点→EL. +84m重油タンク [(3)→(4)]	: 104分(860m)
ホイールローダ移動 [(4)→(3)]	: 13分(860m)
EL. +32m道路分岐点→折り返し斜路上部 [(3)→(5)]	: 44分(360m)
折り返し斜路上部→(資材倉庫経由)→折り返し斜路下部 [(5)→(6)→(7)]	: 54分(450m)
(折り返し斜路上部→折り返し斜路下部 [(5)→(7)])	: 11分(90m)
折り返し斜路下部→3号事務別館前道路分岐点 [(7)→(8)]	: 11分(90m)
3号事務別館前道路分岐点→3号D/G燃料油貯油槽 [(8)→(9)]	: 18分(150m)
	<u>計310分</u>

図1 アクセスルートにおける降灰除去時間評価結果 (1 / 2)
(非常用ディーゼル発電機の燃料確保)



【降灰除去作業時間】

(保管場所①→3号事務別館前道路分岐点[(10)→(8)])	: 23分(190m)
ホイールローダ移動[(9)→(8)]	: 3分(150m)
3号事務別館前道路分岐点→補助ホイル建屋前道路分岐点[(8)→(11)]	: 24分(200m)
補助ホイル建屋前道路分岐点→海水取水地点[(11)→(12)]	: 17分(140m)
ホイールローダ移動[(12)→(11)]	: 3分(140m)
補助ホイル建屋前道路分岐点→3号原子炉建屋北西地点[(11)→(13)]	: 12分(100m)
	<u>計59分</u>

図2 アクセスルートにおける降灰除去時間評価結果(2/2)
(重大事故等対処における水源確保)

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（火山灰）に対する設備影響評価の整合性について示す。

原子力発電所の火山影響評価ガイド	伊方発電所3号機 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>○はじめに</p> <p>原子力規制委員会の定める「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成25年6月28日原子力規制委員会規則第五号）」第6条において、外部からの衝撃による損傷防止として、安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならないとしており、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。</p> <p style="text-align: right;">【1. 基本方針】</p>

原子力発電所の火山影響評価ガイド

2. 原子力発電所に影響を及ぼす火山影響評価の流れ

火山影響評価は、図1 に従い、立地評価と影響評価の2段階で行う。

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

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

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

解説-1. 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。

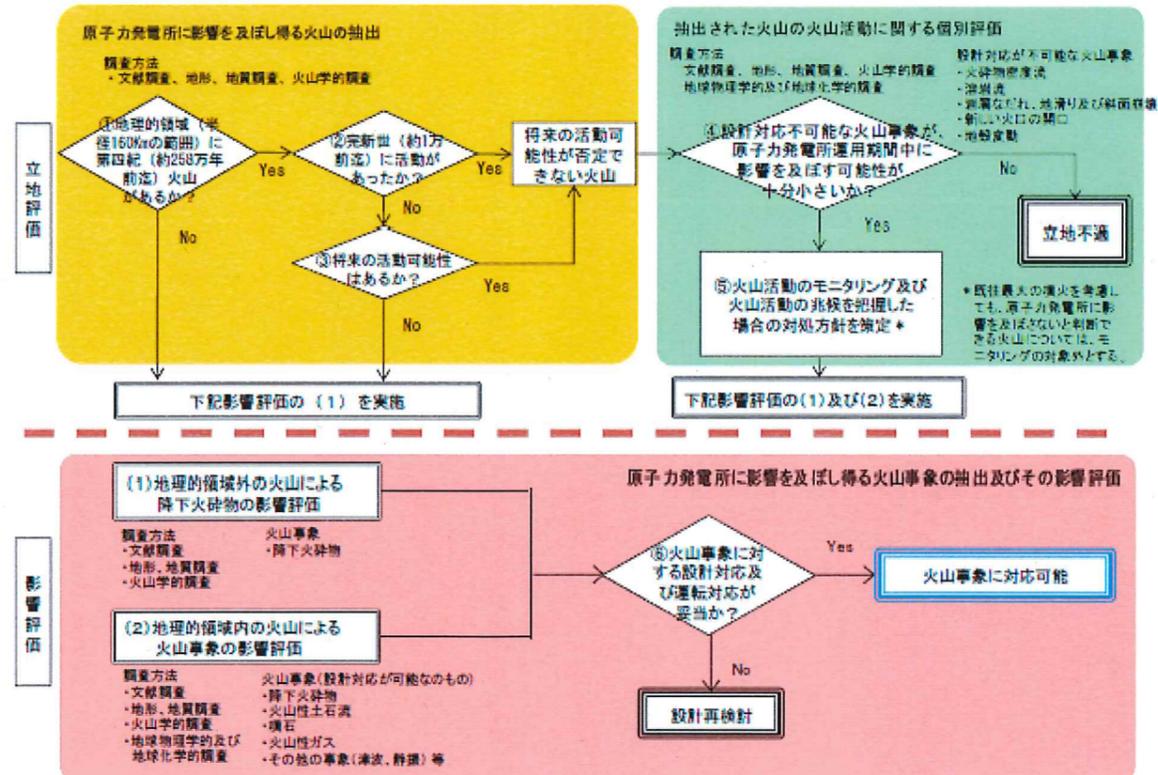


図1 原子力発電所に影響を及ぼす火山影響評価の基本フロー

伊方発電所3号機 火山影響評価

○火山影響評価の流れ

火山影響評価は、原子力発電所に影響を及ぼす火山影響評価の基本フローに従い、立地評価と影響評価の2段階で行う。

立地評価では、伊方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。具体的には設計対応不可能な火山事象が伊方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。

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。

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。

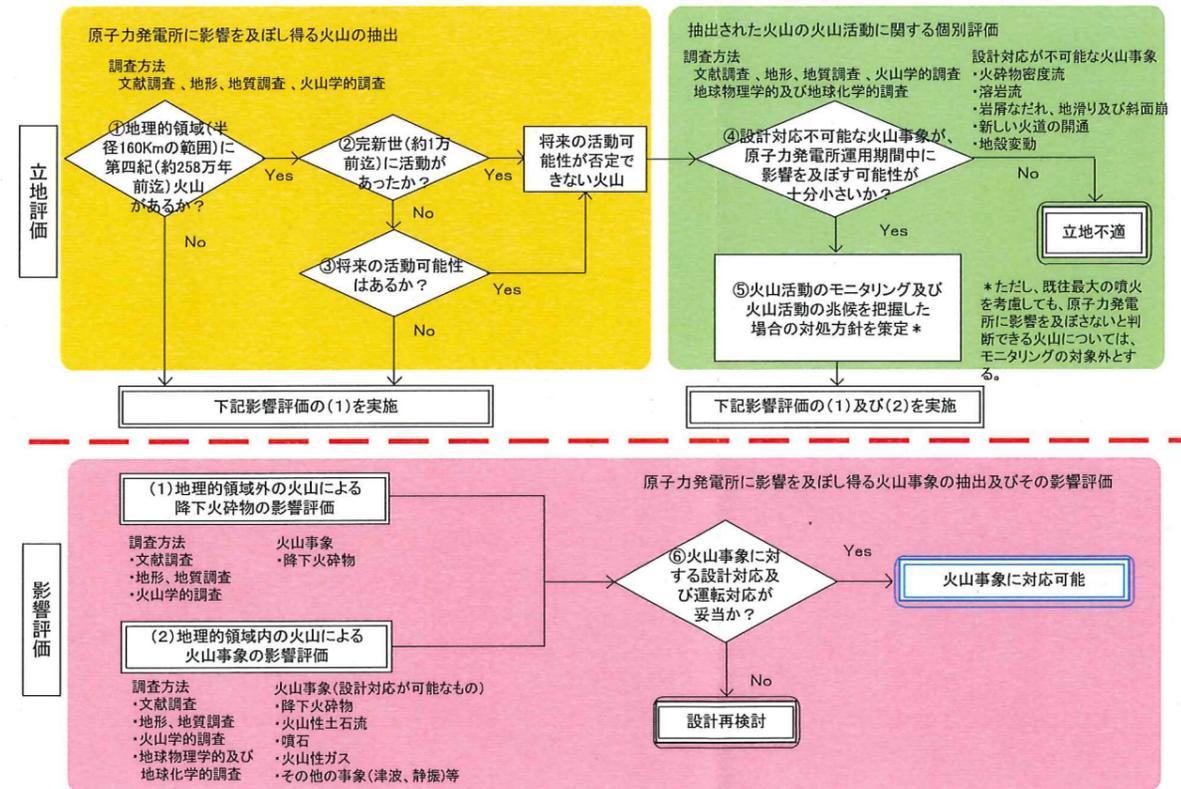


図 火山影響評価の基本フロー

【1.2 火山影響評価の流れ】

原子力発電所の火山影響評価ガイド	伊方発電所3号機 火山影響評価
<p>【立地評価】 (項目名のみ記載)</p> <p>3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出</p> <p>3. 1 文献調査</p> <p>3. 2 地形・地質調査及び火山学的調査</p> <p>3. 3 将来の火山活動可能性</p> <p>4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価</p> <p>4. 1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価</p> <p>4. 2 地球物理学的及び地球化学的調査</p> <p>5. 火山活動のモニタリング</p> <p>5. 1 監視対象火山</p> <p>5. 2 監視項目</p> <p>5. 3 定期的評価</p> <p>5. 4 火山活動の兆候を把握した場合の対処</p>	<p>【立地評価】</p> <p>○原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出</p> <p>「日本の火山(第3版)」(中野ほか編, 2013)に約260万年前から現在までに活動した第四紀火山が収録されており、伊方発電所の立地する四国に第四紀火山は分布しないものの、海を隔てた九州や山口県に分布しており、地理的領域内に45の第四紀火山が分布する。これらのうち完新世に活動を行った火山は、敷地との距離が近いものから、鶴見岳、由布岳、九重山、阿武火山群、阿蘇山であり、「日本活火山総覧(第4版)」(気象庁編, 2013)において活火山と定義されている。これらの5火山について将来及び発電所運用期間中の活動の可能性のある火山として考慮する。また、完新世に活動を行っていない火山のうち、姫島、高平火山群、阿蘇カルデラは活火山ではないものの、火山活動が終息する傾向が明確ではなく、将来の火山活動可能性が否定できない火山として考慮する。</p> <p>一方、残りの37火山はいずれも活動年代が古く、最後の活動終了からの期間が過去の最大休止期間より長い等より、将来の火山活動可能性は無いと評価する。</p> <p style="text-align: right;">【2.1 伊方発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出】</p> <p>○原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価</p> <p>完新世に活動を行った5火山(鶴見岳、由布岳、九重山、阿武火山群、阿蘇山)及び火山活動が終息する傾向が顕著でない3火山(姫島、高平火山群、阿蘇カルデラ)について評価した結果、設計対応不可能な火山事象のうち、溶岩流、岩屑なだれ、新しい火口の開口、地殻変動については問題ない。火砕物密度流についても、敷地付近に阿蘇4火砕流堆積物が分布しないことを確認した。</p> <p>以上より、伊方発電所の立地に問題はない。</p> <p style="text-align: right;">【2.2 伊方発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価】</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-left: auto;"> <p>設置許可 添六</p> <p>8. 火山</p> </div>

原子力発電所の火山影響評価ガイド

【影響評価】

6. 原子力発電所への火山事象の影響評価

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。

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。

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)

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)

以下に、各火山事象の影響評価の方法を示す。

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。

解説-15. 原子力発電所との位置関係について

表1に記載の距離は、原子力発電所火山影響評価技術指針(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その位置を想定する。

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

伊方発電所3号機 火山影響評価

【影響評価】

○火山事象の影響評価

伊方発電所の安全性に影響を与える可能性のある火山事象として、地理的領域外の広範囲に影響を及ぼす事象である降下火砕物を抽出し(表1)、発電所運用期間中の活動可能性のある火山による過去最大規模の噴火について検討した。過去最大規模の噴火による敷地付近への降下火砕物の降下厚さはいずれもほぼ0cmであるものの、噴火時の風向きによっては数mm~数十cmの降下火砕物が想定され、不確かさを考慮して、敷地において考慮すべき降下火砕物の厚さを15cmと評価する。

なお、降雨、降雪等の同時期に想定される気象条件等の降下火砕物等特性への影響についても考慮する。降下火砕物の粒度については、粒度試験(ふるい分析)結果により、1mm以下で設備の影響評価を行う。降下火砕物の密度については、密度試験結果(乾燥状態:0.665g/cm³、湿潤状態:1.323g/cm³)を包含する、乾燥状態で0.5g/cm³、湿潤状態で1.5g/cm³として設備の影響評価を行う。

表1 安全性に影響を与える可能性のある火山事象の抽出

火山事象	検討対象火山	影響の有無	評価方針
1. 降下火砕物	160km内外の火山	有り	地質調査による降下厚さに基づく
2. 火砕物密度流	5火山(160km以内)	なし	既往最大の噴火規模で火砕流は四国に達しない
3. 溶岩流	なし(50km以内)	なし	-
4. 岩屑なだれ	なし(50km以内)	なし	-
5. 火山土石流	3火山(120km以内)	なし	土石流は海を隔てた四国に達しない
6. 火山から発生する飛来物	なし(10km以内)	なし	-
7. 火山ガス	5火山(160km以内)	なし	火山ガスが滞留する地形条件でない
8. 新しい火口の開口	なし(火山フロントと離隔)	なし	-
9. 津波	鶴見岳	なし	入力津波に包含を確認
10. 大気現象	なし(火山と離隔)	なし	-
11. 地殻変動	なし(火山フロントと離隔)	なし	-
12. 火山性地震	5火山	なし	基準地震動に包含を確認
13. 熱水系	なし(火山フロントと離隔)	なし	-

【3.1 火山事象の影響評価】

工認 本文
(基本設計方針)
工認 添付資料
(自然現象配慮 説明資料)

設置許可 添六 8. 火山
設置許可 添八 1.9 火山防護に関する基本方針

原子力発電所の火山影響評価ガイド	伊方発電所3号機 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 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。 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 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>○火山事象（降下火砕物）に対する設計の基本方針</p> <p>将来の活動可能性が否定できない火山について、伊方発電所の運用期間中の噴火規模を考慮し、伊方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、「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）外の広範囲に影響を及ぼす降下火砕物に対し、防護すべき設計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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p style="text-align: right;">【3.2 火山事象（降下火砕物）に対する設計の基本方針】</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-left: auto; margin-right: auto;"> <p>工認 添付資料 (自然現象配慮 説明資料)</p> </div>

原子力発電所の火山影響評価ガイド

伊方発電所3号機 火山影響評価

(2) 降下火砕物による原子力発電所への影響評価

降下火砕物の影響評価では、降下火砕物の堆積物量、堆積速度、堆積期間及び火山灰等の特性などの設定、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付属設備への影響を評価し、必要な場合には対策がとられ、求められている安全機能が担保されることを評価する。(解説-16、17、18)

○火山活動から防護する施設

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

さらに、当該施設が降下火砕物の影響により安全機能を損なわないよう、降下火砕物の影響を設計に考慮すべき施設(以下、「設計対象施設」という。)として、各施設の構造や設置状況等を考慮して設計対象施設を以下のとおり抽出する。

クラス1及びクラス2に属する構築物、系統及び機器

- (a) クラス1及びクラス2に属する施設を内包する建屋
- (b) 屋外に設置されている施設
- (c) 屋外に開口している施設
- (d) 外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取込む機構を有する施設

クラス3に属する施設

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

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

また、降下火砕物の間接的影響を考慮し、原子炉の高温停止、低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設計対象設備として抽出した。

【3.3 火山活動から防護する施設】

工認 本文 (基本設計方針)
工認 添付資料 (自然現象配慮 説明資料)

設置許可 添八 1.9 火山防護に関する基本方針

原子力発電所の火山影響評価ガイド	伊方発電所3号機 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> <p>① 降下火砕物堆積荷重に対して、安全機能を有する構築物、系統及び機器の健全性が維持されること。</p> <p>② 降下火砕物により、取水設備、原子炉補機冷却海水系統、格納容器ベント設備等の安全上重要な設備が閉塞等によりその機能を喪失しないこと。</p> <p>③ 外気取入口からの火山灰の侵入により、換気空調系統のフィルタの目詰まり、非常用ディーゼル発電機の損傷等による系統・機器の機能喪失がなく、加えて中央制御室における居住環境を維持すること。</p> <p>④ 必要に応じて、原子力発電所内の構築物、系統及び機器における降下火砕物の除去等の対応が取れること。</p>	<div data-bbox="1537 325 2754 1207" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>○直接的影響に対する設計方針</p> <p>①安全機能を有する施設を内包する建屋及び安全機能を有する屋外施設の構造健全性の維持（荷重）に対する設計 設計対象施設のうち、降下火砕物が堆積する建屋及び屋外施設は、以下である。 ・原子炉建屋、原子炉補助建屋 ・補助給水タンク、海水ポンプ 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。</p> <p>②安全上重要な設備の機能維持に対する設計 降下火砕物による構築物への化学的影響（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（摩耗、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。</p> <p>③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、安全機能を損なわない設計とする。</p> <p style="text-align: right;">【3.6 降下火砕物の直接的影響に対する設計方針】</p> </div> <div data-bbox="1389 1218 2754 1522" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p style="text-align: center;">運 用</p> <p>○降下火砕物の除去等の対策 火山灰に備え、手順を整備し対応することとしている。なお、多くの火山では、噴火前に、震源の浅い火山性地震の頻度が急増し、火山性微動の活動が始まるため、事前に対策準備が可能である。</p> <p style="text-align: right;">【3.7 降下火砕物の除去等の対策】</p> </div> <div data-bbox="1537 1596 1893 1680" style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 10px;"> <p>工認 本文 (基本設計方針)</p> </div> <div data-bbox="1537 1690 1893 1774" style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 2px;"> <p>工認 添付資料 (自然現象配慮 説明資料)</p> </div> <div data-bbox="2181 1669 2754 1711" style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 10px; text-align: right;"> <p>設置許可 添八 1.9 火山防護に関する基本方針</p> </div>

原子力発電所の火山影響評価ガイド	伊方発電所3号機 火山影響評価
<p>(b) 間接的影響の確認事項 原子力発電所外での影響（長期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。 ✓ 類似する火山の降下火砕物堆積物の情報を基に求める。 ✓ 対象となる火山の噴火量、噴煙柱高、全体粒度分布、及びその領域における風速分布の変動を高度及び関連パラメータの関数として、原子力発電所における降下火砕物の数値シミュレーションを行うことより求める。数値シミュレーションに際しては、過去の噴火履歴等の関連パラメータ、並びに類似の火山降下火砕物堆積物等の情報を参考とすることができる。</p> <p>解説-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>（「6. 2 火砕物密度流」以降省略）</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>	<p style="text-align: center;">運 用</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>○間接的影響に対する設計方針</p> <p>降下火砕物による間接的影響には、広範囲にわたる送電網の損傷による7日間の外部電源喪失、発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象に対し、原子炉の停止、並びに停止後の原子炉及び使用済燃料ピットの冷却に係る機能を担うために必要となる電源の供給がディーゼル発電機により継続でき、安全機能を損なうことのない設計とする。</p> </div> <p style="text-align: right;">【3.8 降下火砕物の間接的影響に対する設計方針】</p> <p>○確認結果 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恐れがある場合は、火山噴火対策を行うための体制を構築し、プラント及び屋外廻りの監視の強化、火山灰の除去等を実施する。</p> <p style="text-align: right;">【4. まとめ】</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <p>工認 添付資料 (自然現象配慮 説明資料)</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <p>設置許可 添八 1.9 火山防護に関する基本方針</p> </div> </div> <p style="text-align: right;">以 上</p>

伊方発電所 3 号炉

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)

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。

安全施設は、想定される自然現象（地震および津波を除く。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、八への反映事項
(設計に関する事項)

工・保

伊方発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出
伊方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

・完新世に活動を行った5火山(鶴見岳、由布岳、九重山、阿武火山群、阿蘇山)
・火山活動の終息する傾向のない3火山(姫島、高平火山群、阿蘇カルデラ)

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
- ・津波及び静振
- ・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:5cm
密度:0.5~1.5g/cm3
粒径:1mm以下

・完新世に活動を行った5火山及び火山活動が終息する傾向が顕著でない3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)の敷地への到達がないこと確認

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、系統及び施設

設計対象施設

- 【クラス1及びクラス2に属する構築物、系統及び機器】
- ・クラス1及びクラス2に属する施設を内包する建屋
 - ・屋外に設置されている施設
 - ・屋外に開口している施設
 - ・外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取込む機構を有する施設
- 【クラス3に属する施設】
- ・降下火砕物の影響によりクラス1及びクラス2に属する施設に影響を及ぼし得る施設

除外

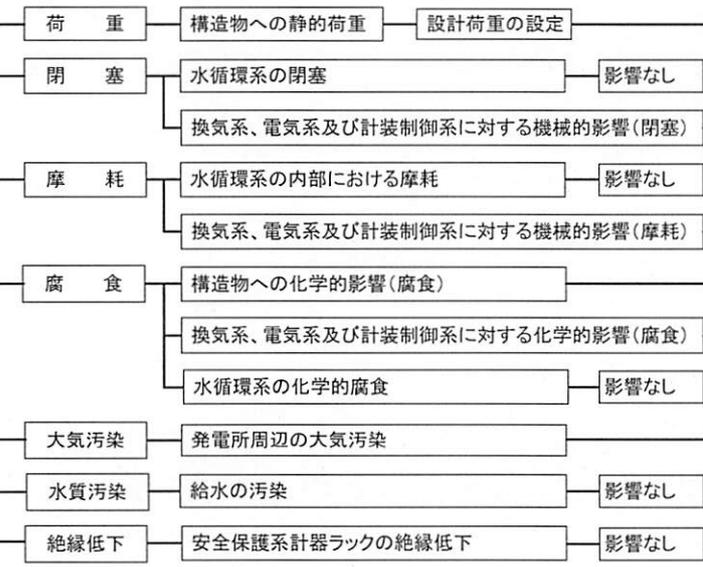
降下火砕物の影響を受けた場合においてもクラス1及びクラス2に属する施設に影響を及ぼさない施設

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除灰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。

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



降下火砕物の除灰(建屋等)

平型フィルタ、吸気フィルタ
清掃、取替
外気取入ダンパの閉止
換気空調系の停止

降下火砕物の除灰

中央制御室の閉回路循環運転

添付六、八への反映事項
(手順等に関する事項)

ディーゼル発電機による電源供給を確保

工・保

工・保

工・保

工・保

工・保

【後段規制との対応】

工:工認(基本設計方針、添付書類)
保:保安規定(運用手順に係る事項、下位文書含む)
核:核防規定(下位文書含む)

【添付六、八への反映事項】

■: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)

・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。

添付六、八への反映事項
(設計に関する事項)
工・保

伊方発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出
伊方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

・完新世に活動を行った5火山(鶴見岳、由布岳、九重山、阿武火山群、阿蘇山)
・火山活動の終息する傾向のない3火山(姫島、高平火山群、阿蘇カルデラ)

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
- ・津波及び静振
- ・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

降下火砕物
層厚:5cm
密度:0.5~1.5g/cm³
粒径:1mm以下

・完新世に活動を行った5火山及び火山活動が終息する傾向が顕著でない3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)の敷地への到達がないこと確認

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

設計対象施設

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

- ・屋外に設置されている施設
- ・屋外に開口している施設
- ・外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取込む機構を有する施設

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

構造物への静的荷重

設計荷重の設定

降下火砕物の除灰

工・保

添付六、八への反映事項
(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、添付書類)

保:保安規定(運用手順に係る事項、下位文書含む)

核:核防規定(下位文書含む)

【添付六、八への反映事項】

■: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)

技術的能力に係る運用対策等（設計基準）

設置許可基準対象条文	対象項目	区分	運用対策等
第6条 外部からの衝撃による損傷の防止	降下火砕物の除去作業及び除灰後における降下火砕物による静的荷重や腐食等の影響に対する保守管理	運用・手順	<ul style="list-style-type: none"> 降灰が確認された場合には、建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、設計対象施設等に堆積した降下火砕物の除灰を実施する。 降下火砕物による影響が見られた場合、必要に応じ補修を行う。
		体制	(担当課による保守・点検の体制) (降灰時の体制)
		保守・点検	<ul style="list-style-type: none"> 日常点検 定期点検 降灰時及び降灰後の巡視点検
		教育・訓練	・運用・手順、保守・点検に関する教育
	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"> 降灰が確認された場合には、外気取入口に設置している平型フィルタ、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。
		体制	(運転員の当直体制) (降灰時の体制)
		保守・点検	—
		教育・訓練	・運用・手順、体制、保守点検に関する教育

設置許可基準対象条文	対象項目	区分	運用対策等
第6条 外部からの衝撃による損傷の防止	平型フィルタ、吸気フィルタ取替・清掃作業	運用・手順	<ul style="list-style-type: none"> ・降灰が確認された場合には、換気空調設備の外気取入口の平型フィルタについて、平型フィルタ差圧を確認するとともに、状況に応じて清掃や取替えを実施する。 ・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、必要に応じ取替・清掃を行う。
		体制	(運転員の当直体制) (降灰時の体制)
		保守・点検	<ul style="list-style-type: none"> ・降灰時の巡視点検
		教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> ・防護施設の保守・点検に関する教育