

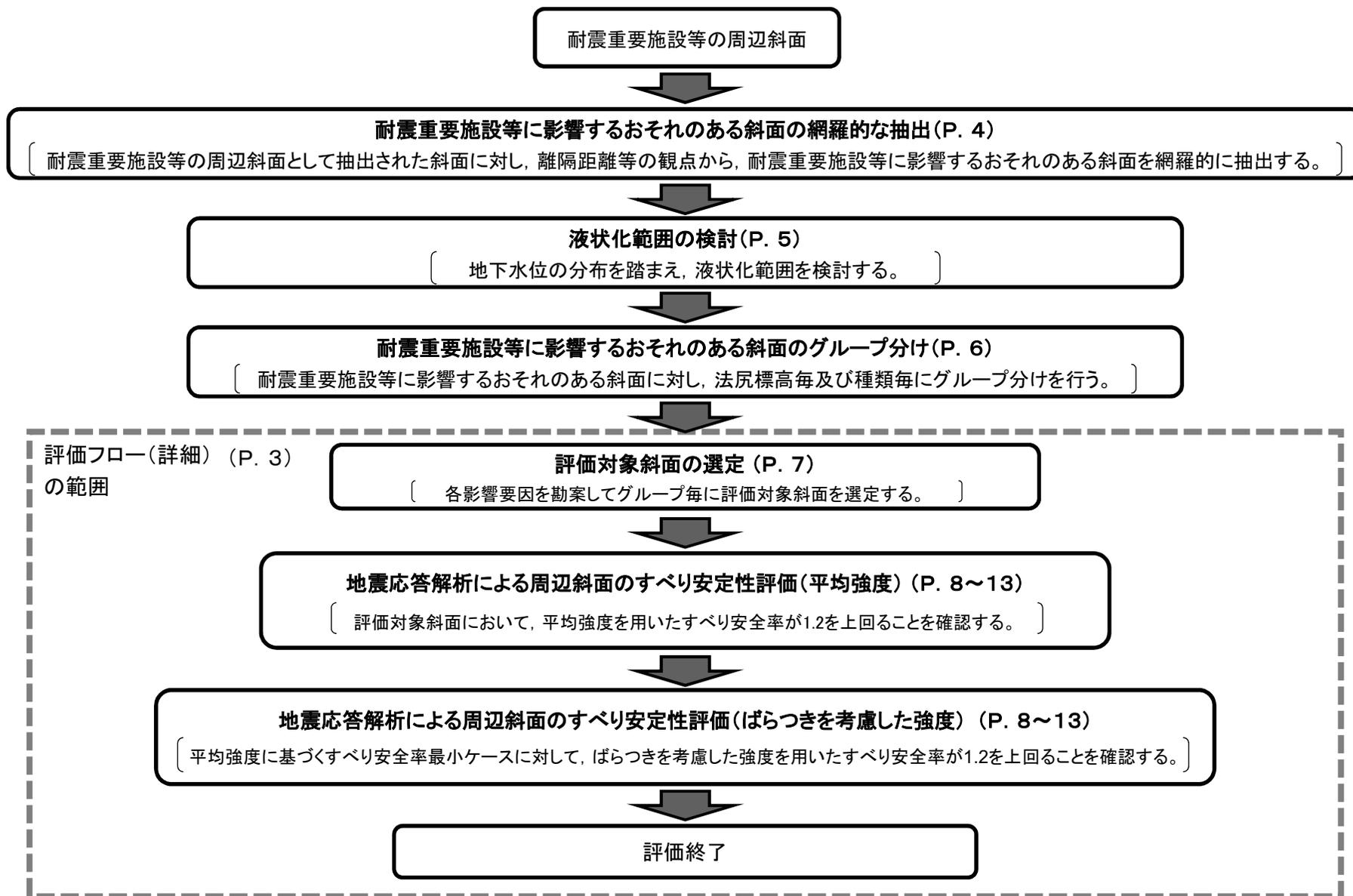
中国電力資料

【説明順】

- ・論点項目<15>
斜面の崩壊による重要設備への影響は考慮されているか
- ・論点項目<16>
原子力発電所敷地内にある地滑り, 土石流等の危険箇所に対策が講じられているか
- ・論点項目<29>
防波壁への基準津波の水圧と漂流物衝突による影響は考慮されているか
- ・論点項目<32>
火山灰想定の設定根拠は何か
- ・論点項目<33>
火山灰による重要設備への影響は考慮されているか
- ・論点項目<14>
規制委員会でバックフィットが検討されている標準応答スペクトルを考慮すると, 今後基準地震動が変更になる可能性はないか

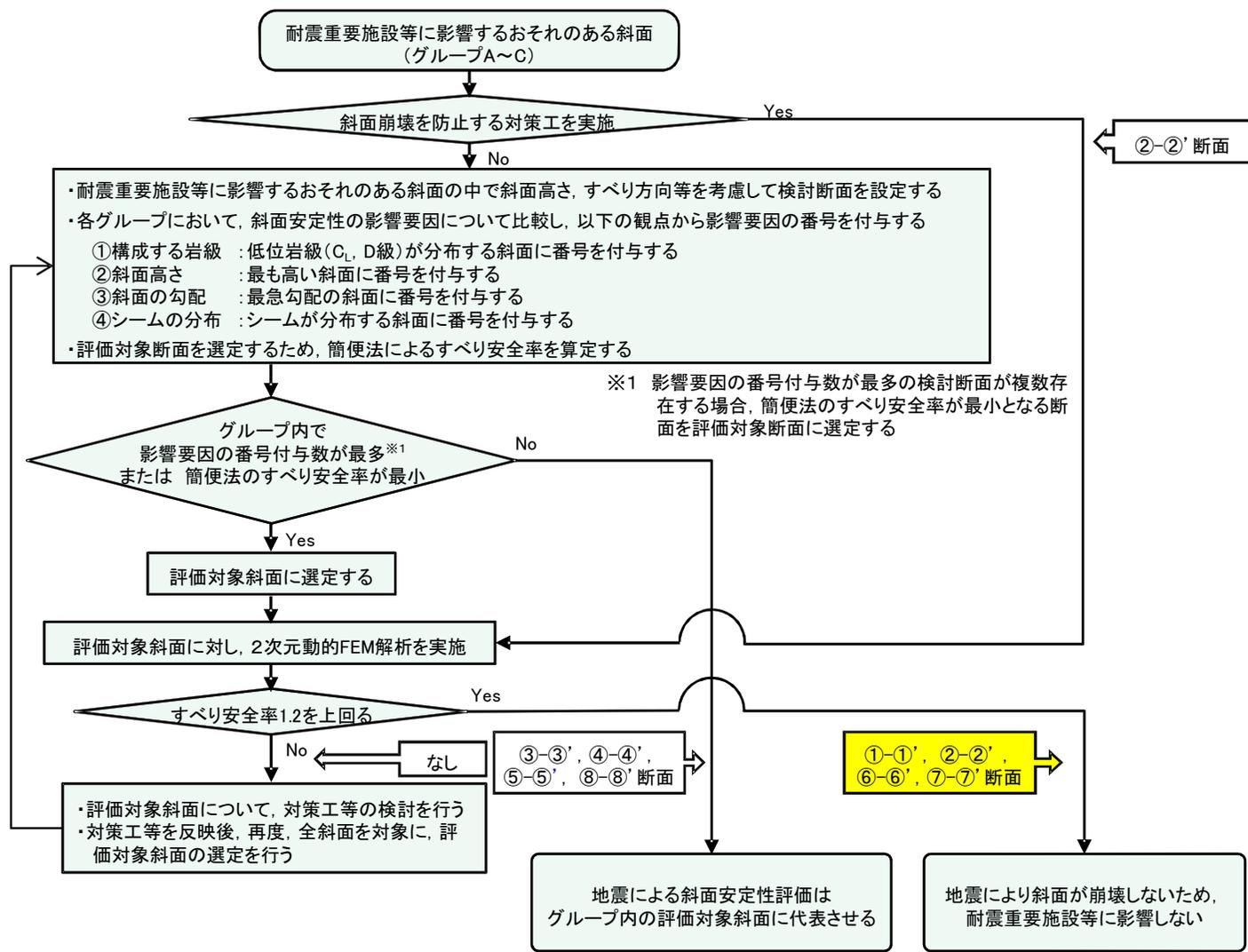
- 論点項目<15>

斜面の崩壊による重要設備への影響は
考慮されているか



評価フロー(詳細)

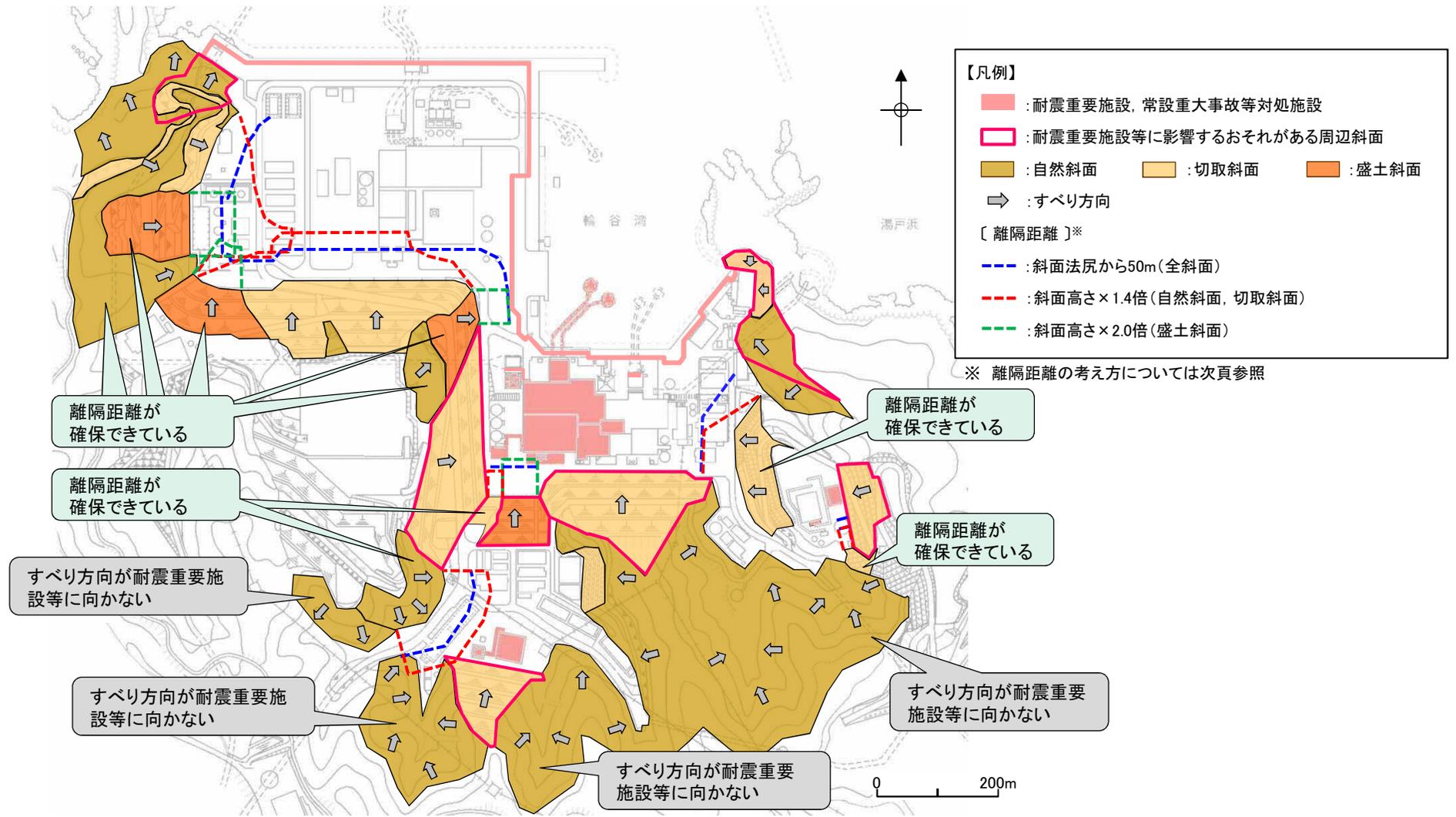
・耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の周辺斜面の地震時安定性評価は、下図に示すフローに基づき行う。



論点項目<15> 周辺斜面の安定性

耐震重要施設等に影響するおそれのある斜面の網羅的な抽出

・耐震重要施設等の周辺斜面の中で、すべり方向が耐震重要施設等に向いており、耐震重要施設等からの離隔距離がない斜面を尾根線・谷線で区切り、耐震重要施設等に影響するおそれのある斜面として抽出した。

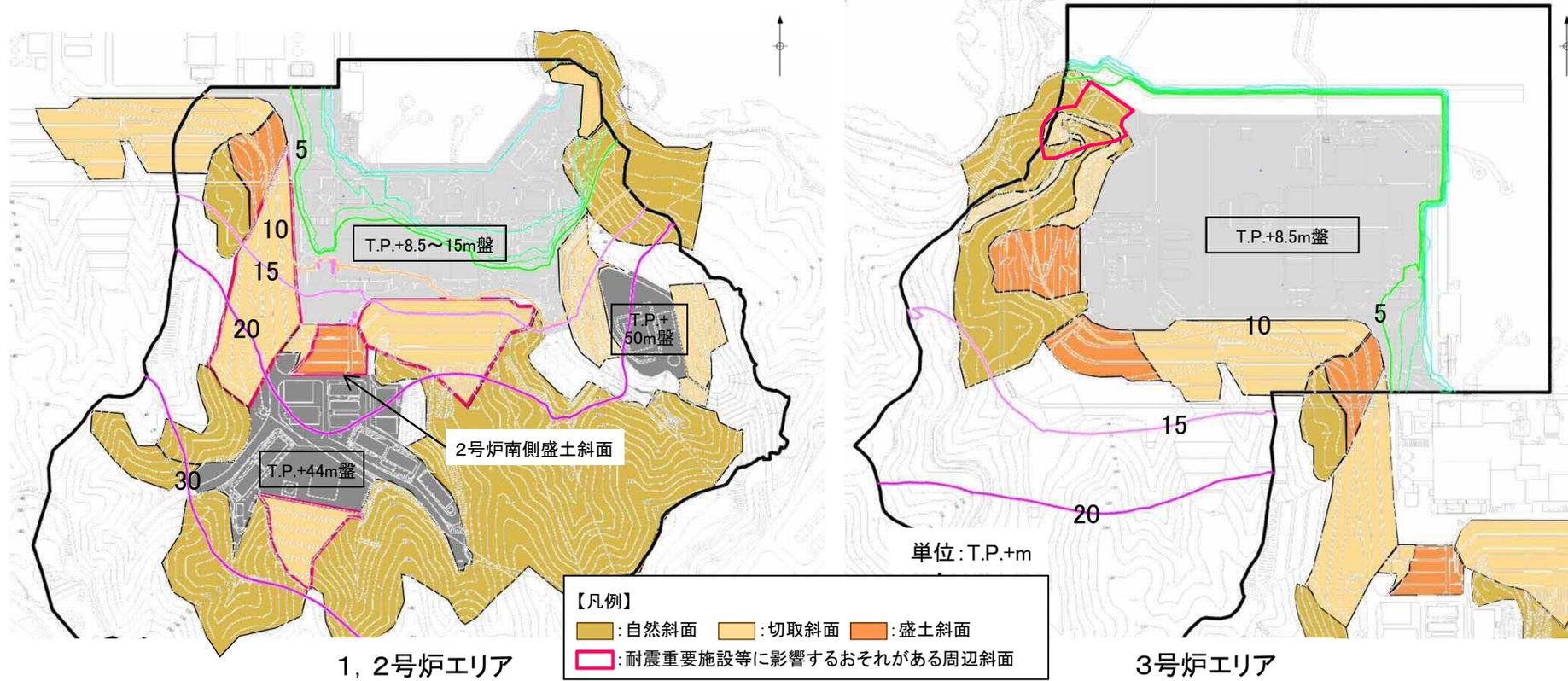


平面位置図

論点項目<15> 周辺斜面の安定性
液状化範囲の検討

5

- ・地下水水位以深の埋戻土等については、液状化によるせん断強度の低下の可能性を検討する。
- ・液状化範囲の検討に当たっては、3次元浸透流解析結果の大局的な地下水水位の傾向を参照し、保守的に地下水水位を設定する。

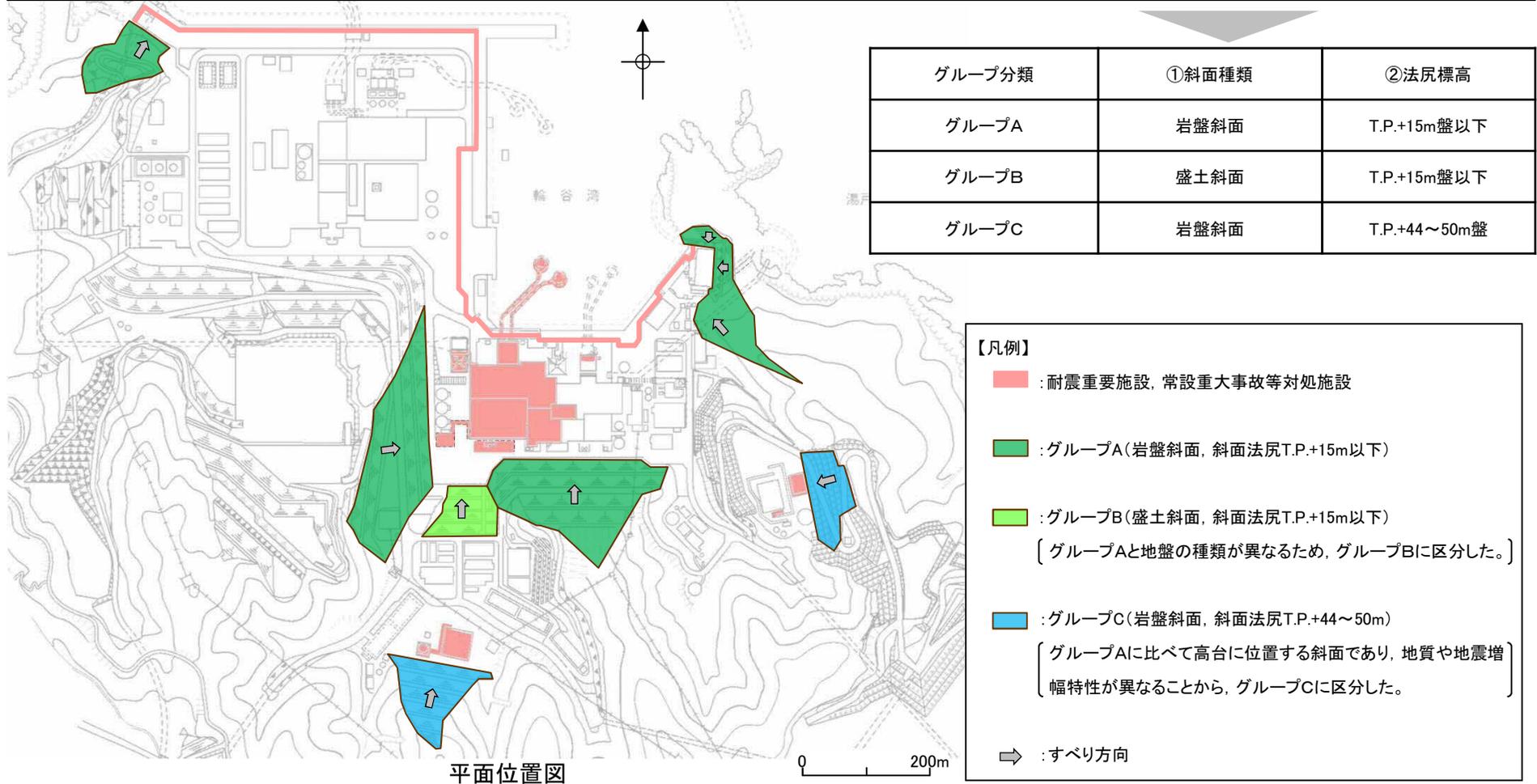


3次元浸透流解析結果(定常解析)の等水位線図

- ・2号炉南側盛土斜面の地下水水位は法尻付近までの上昇に留まっているが、地下水水位の分布をより詳細に検討し、液状化範囲を設定する。

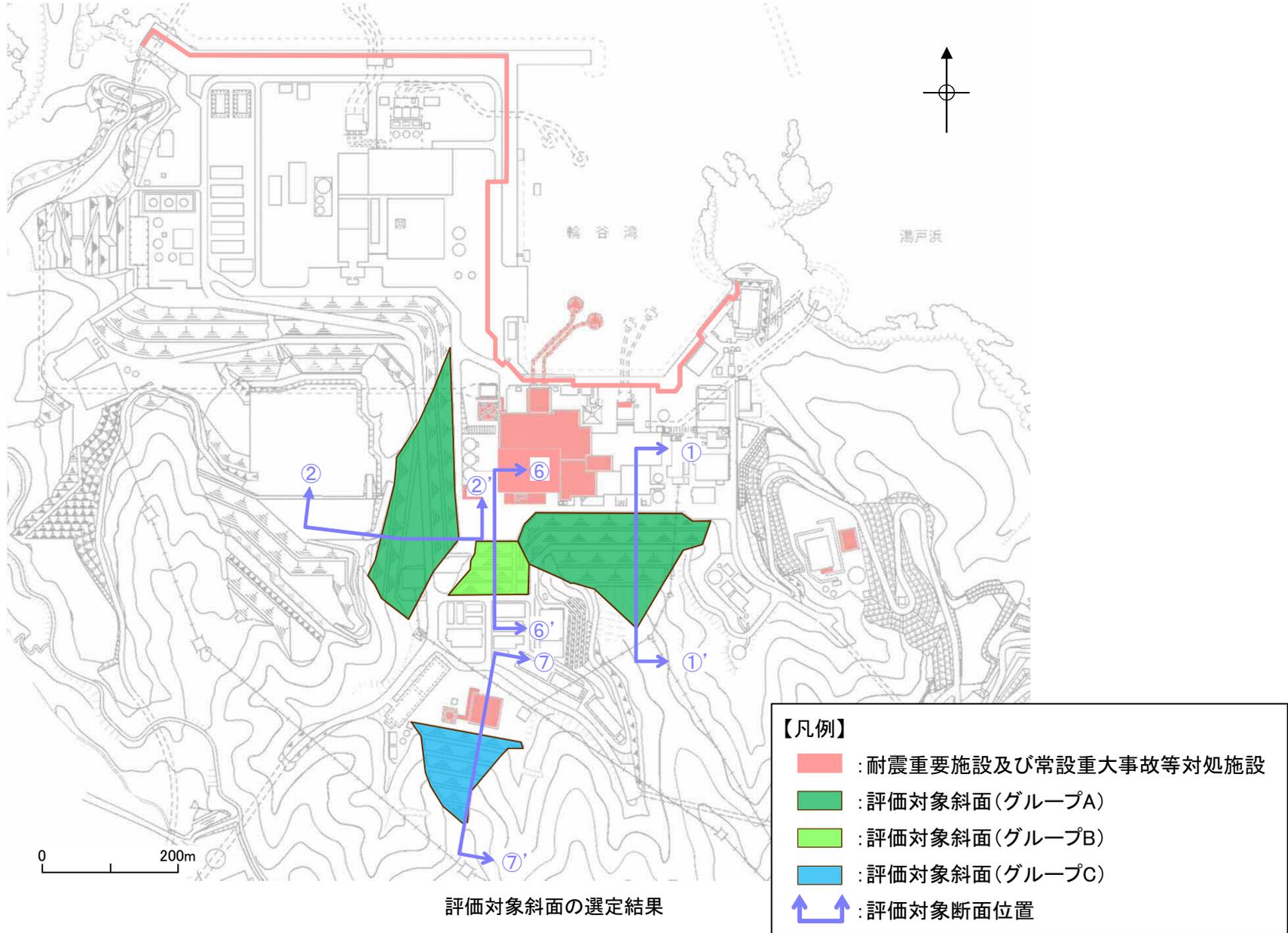
論点項目<15> 周辺斜面の安定性
耐震重要施設等に影響するおそれのある斜面のグループ分け

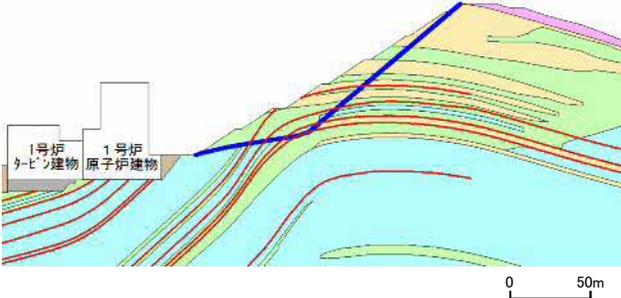
- ・評価対象斜面のグループ分けは、以下の観点から分類する。
 - ①地盤の種類が異なることから、岩盤斜面と盛土斜面に区分する。
 - ②地質や地震増幅特性が異なることから、法尻標高T.P.+15m盤以下に位置する評価対象斜面と法尻標高T.P.+44～50m盤に位置する評価対象斜面に区分する。
- ・上記に従いグループ分けを行った結果、耐震重要施設等に影響するおそれのある斜面として抽出された斜面について、斜面の法尻標高每及び種類毎にグループA(岩盤斜面, 法尻標高T.P.+15m以下), グループB(盛土斜面, 法尻標高T.P.+15m以下), 及びグループC(岩盤斜面, 法尻標高T.P.+44～50m)の3つのグループに分類した。



論点項目<15> 周辺斜面の安定性
評価対象斜面の選定結果

7



	すべり面形状	基準地震動	すべり安全率【平均強度】	すべり安全率【ばらつきを考慮した強度】
3	 <p>シーム沿いのすべり面(法肩からシームを通して、法尻のC_M級とC_H級の岩級境界付近のC_M級岩盤内を通過して法尻に抜けるすべり面)</p>	Ss-N1 (-,+)	1.56 [7.45]	1.51 [7.45]

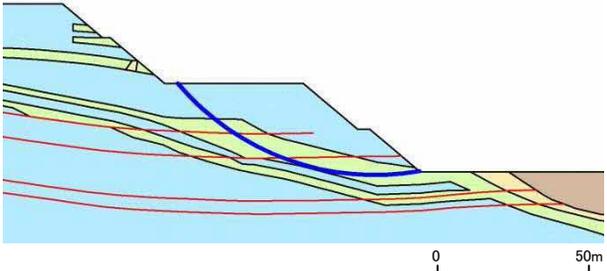
※1 基準地震動(-,+)は水平反転を示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

【凡例】

: C _H 級 岩盤	: C _M 級 岩盤	: C _L 級 岩盤	: D級 岩盤
: 埋戻土、盛土	: MMR	: シーム	
: すべり面			

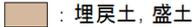
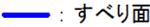
- ・動的解析の結果、平均強度を用いたすべり安全率は1.2を上回ることを確認した。
- ・平均強度を用いたすべり安全率最小ケースに対して、強度のばらつきを考慮して評価を行った結果、すべり安全率は1.2を上回ることを確認した。

	すべり面形状	基準 ^{※1} 地震動	すべり安全率 【平均強度】 ^{※2}	すべり安全率 【ばらつきを考慮 した強度】 ^{※2}
1	 <p>簡便法により設定したすべり面</p>	Ss-D (-,+)	5.89 [8.55]	5.75 [8.55]

※1 基準地震動(-,+)は水平反転を示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

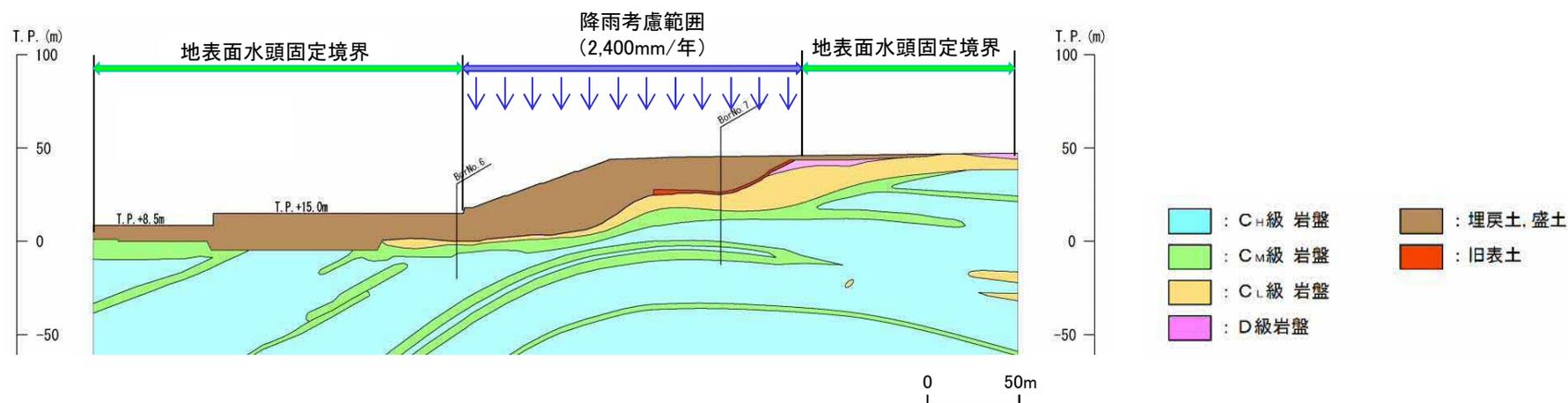
【凡例】

 : C _H 級 岩盤	 : C _M 級 岩盤	 : C _L 級 岩盤	 : D級 岩盤
 : 埋戻土, 盛土	 : MMR	 : シーム	
 : すべり面			

・動的解析の結果, 平均強度を用いたすべり安全率は1.2を上回ることを確認した。
 ・平均強度を用いたすべり安全率最小ケースに対して, 強度のばらつきを考慮して評価を行った結果, すべり安全率は1.2を上回ることを確認した。

地下水位の設定 降雨条件の設定

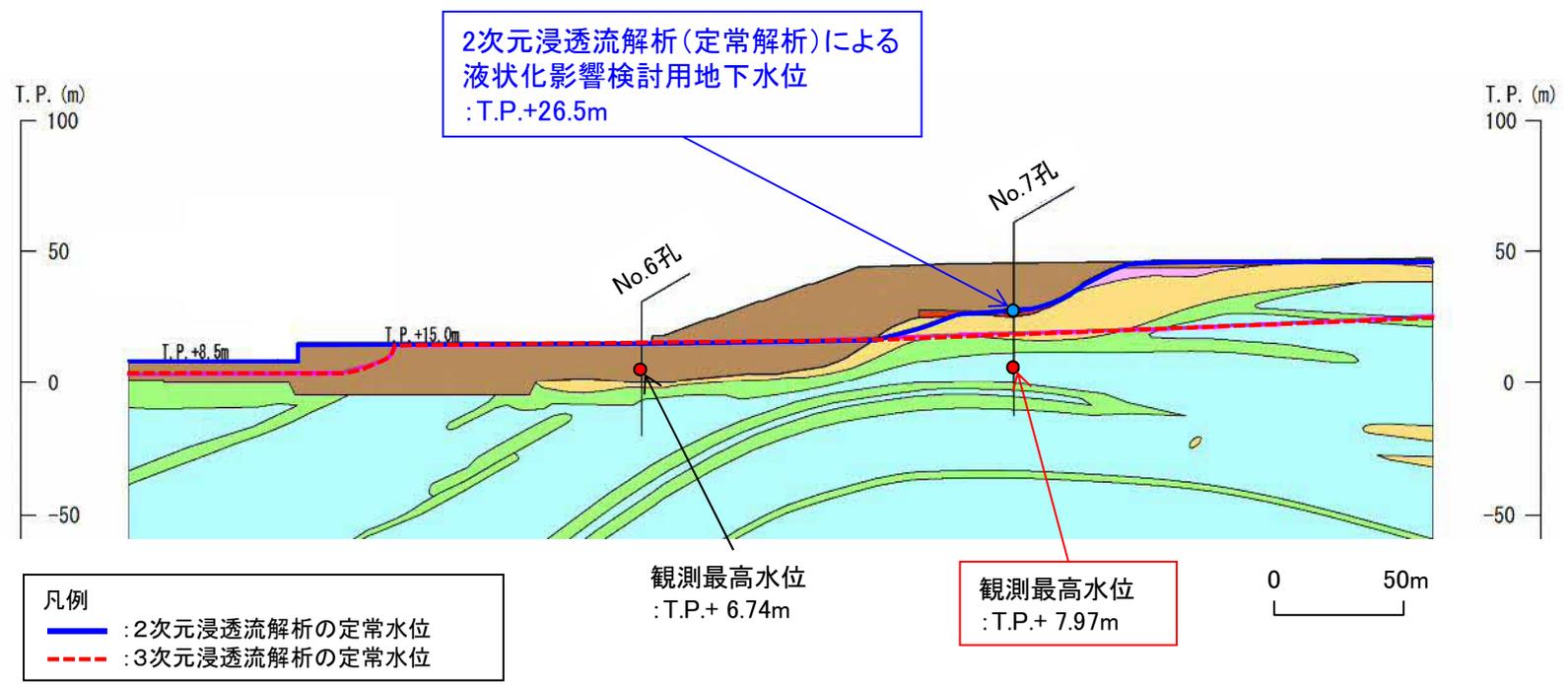
- ・盛土斜面部には法面保護工等が施工されていること, 及び後背地から流下する地表面の降水は排水路により集水されることから, 盛土斜面部において地表面から降水が浸透する可能性は低いと考える。
- ・2次元浸透流解析による検討用地下水位の解析条件として, 地表面水頭固定境界に加え, 松江地方気象台における年間降水量にばらつきを考慮した値に, 今後の気候変動予測による降水量の変化を加味し, 降雨条件2,400mm/年を考慮する。



2次元浸透流解析(定常解析)の解析条件

解析結果の検証 観測地下水位との比較

- ・2次元浸透流解析による検討用地下水位について、島根原子力発電所の地下水位の観測記録との比較を行った。
- ・比較する観測孔は、盛土斜面に位置するNo.7孔とした。
- ・比較の結果、2次元浸透流解析による検討用地下水位は、地下水位の観測最高水位を大きく上回ることを確認した。



2次元浸透流解析による定常水位と島根原子力発電所の地下水位の観測記録との比較結果

	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2	すべり安全率【ばらつきを考慮した強度】※2
3	<p>過剰間隙水圧比0.95以上の範囲</p> <p>最小すべり安全率のすべり面</p> <p>法尻部の液状化範囲を通るすべり面</p> <p>0 50m</p>	Ss-D (-,+)	1.61 [13.15]	1.56 [13.15]

【凡例】

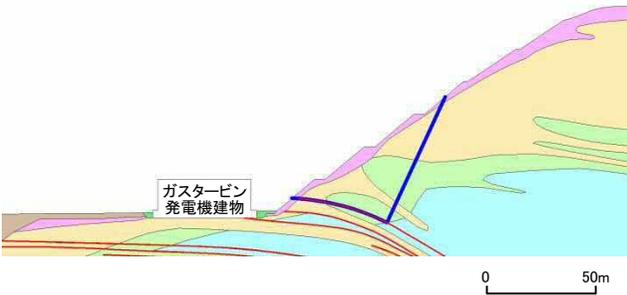
: C _H 級岩盤	: C _M 級岩盤	: C _L 級岩盤	: D級岩盤
: 埋戻土, 盛土	: MMR	: 旧表土	: シーム
			: すべり面 ※3

- ※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
- ※2 []は, 発生時刻(秒)を示す。
- ※3 破線は液状化影響を考慮する範囲(「6.3 評価方法」を参照)
- ※4 有効応力解析による妥当性確認結果を「6.6 液状化影響を考慮したすべり安定性評価の有効応力解析による妥当性確認」に示す。

・動的解析の結果, 平均強度を用いたすべり安全率は1.2を上回ることを確認した。

・平均強度を用いたすべり安全率最小ケースに対して, 強度のばらつきを考慮して評価を行った結果, すべり安全率は1.2を上回ることを確認した。

・強度のばらつきを考慮したすべり安全率

	すべり面形状	基準 ^{※1} 地震動	すべり安全率 【平均強度】 ^{※2}	すべり安全率 【ばらつきを考慮 した強度】 ^{※2}
1	 <p>シーム沿いのすべり面(斜面中腹あるいは斜面上方からシームを通り斜面法尻付近へ抜けるすべり面)</p>	Ss-N1 (+,+)	2.07 [7.59]	1.68 [7.59]

※1 基準地震動(+,+)は反転なしを示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

【凡例】

- : C_H級 岩盤 ■ : C_M級 岩盤 ■ : C_L級 岩盤 ■ : D級 岩盤
- : 埋戻土, 盛土 ■ : 埋戻土(購入土) — : シーム
- : すべり面

- ・動的解析の結果, 平均強度を用いたすべり安全率は1.2を上回ることを確認した。
- ・平均強度を用いたすべり安全率最小ケースに対して, 強度のばらつきを考慮して評価を行った結果, すべり安全率は1.2を上回ることを確認した。

まとめ

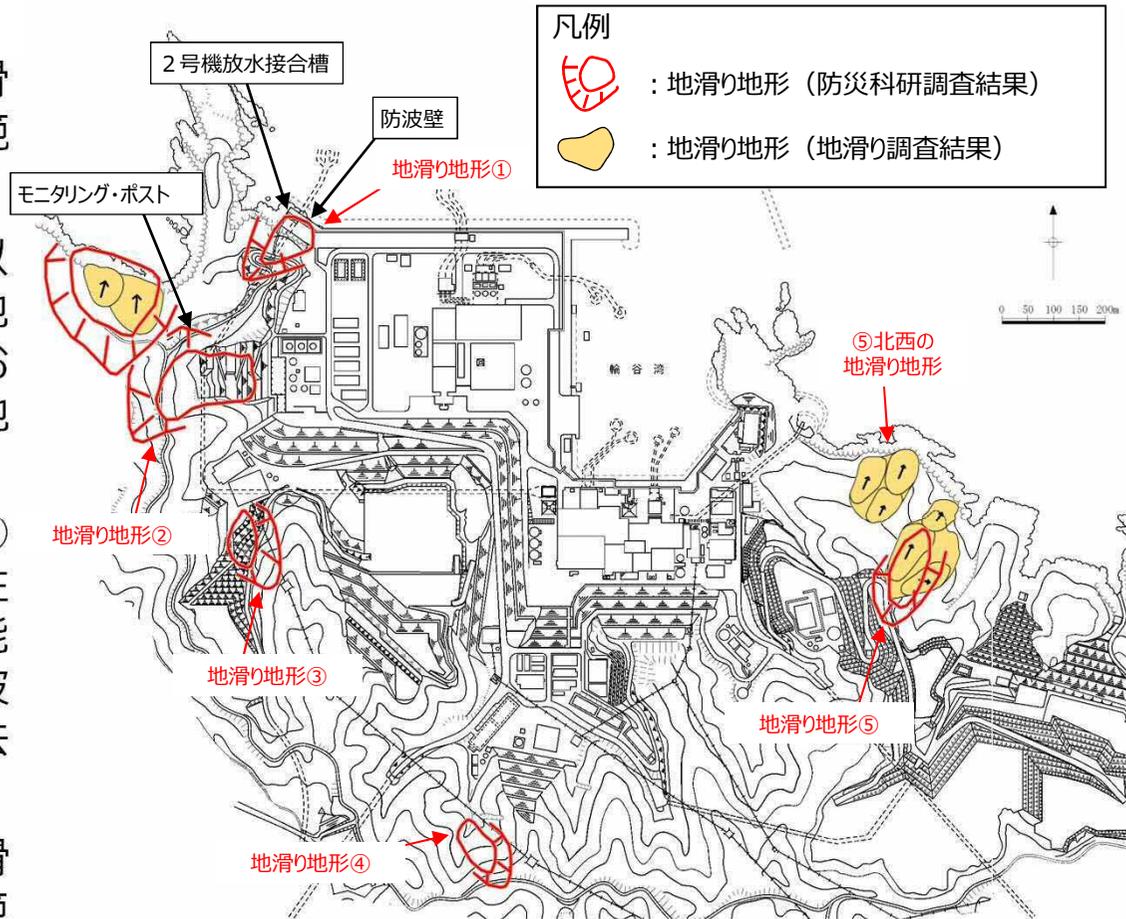
- 島根原子力発電所2号炉の耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の周辺斜面について、地下水位の分布を踏まえ、液状化影響を考慮したすべり安定性評価を実施した結果、想定される地震動の地震力により崩壊しないことから、当該施設の安全機能が重大な影響を受けないことを確認した。
- 評価に当たっては、強度のバラつきや液状化の影響等、保守的な条件を加味するとともに、地震により破壊した地盤要素の強度低下を考慮した結果、所定のすべり安全率が確保されていることから、繰り返しの地震に対しても十分な安全性を有していると考えている。

▪ 論点項目<16>

原子力発電所敷地内にある地滑り, 土石流等の危険箇所に対策が講じられているか

地滑り対策（1）

- 地滑り調査では、文献調査及び地滑り地形判読によって確認された地滑り地形を対象に、地形、地質及び湧水等の水文的な観点に基づく現地調査を実施し、地滑りの特徴が認められる場合は、地滑りが発生する場合を想定し、地滑りの範囲、規模等を評価している。
- 右図に示す防災科学技術研究所（以下、「防災科研」）の調査結果である地滑り地形①～⑤のうち、次頁に示すとおり、①～④に対してはいずれも地滑り地形ではないと評価している。
- ただし、防災科研調査の地滑り地形①付近において確認された礫質土及び粘性土については、過去の表層すべりの可能性が完全に否定できないことから、防波壁周辺斜面の安定性確保のため、撤去することとしている。
- また、地滑り調査の結果抽出された地滑り地形⑤及び⑤北西の地滑り地形の範囲に安全施設は存在しないことから、地滑りにより安全施設の機能を損なわないことを確認している。



島根原子力発電所周辺の地滑り地形分布図

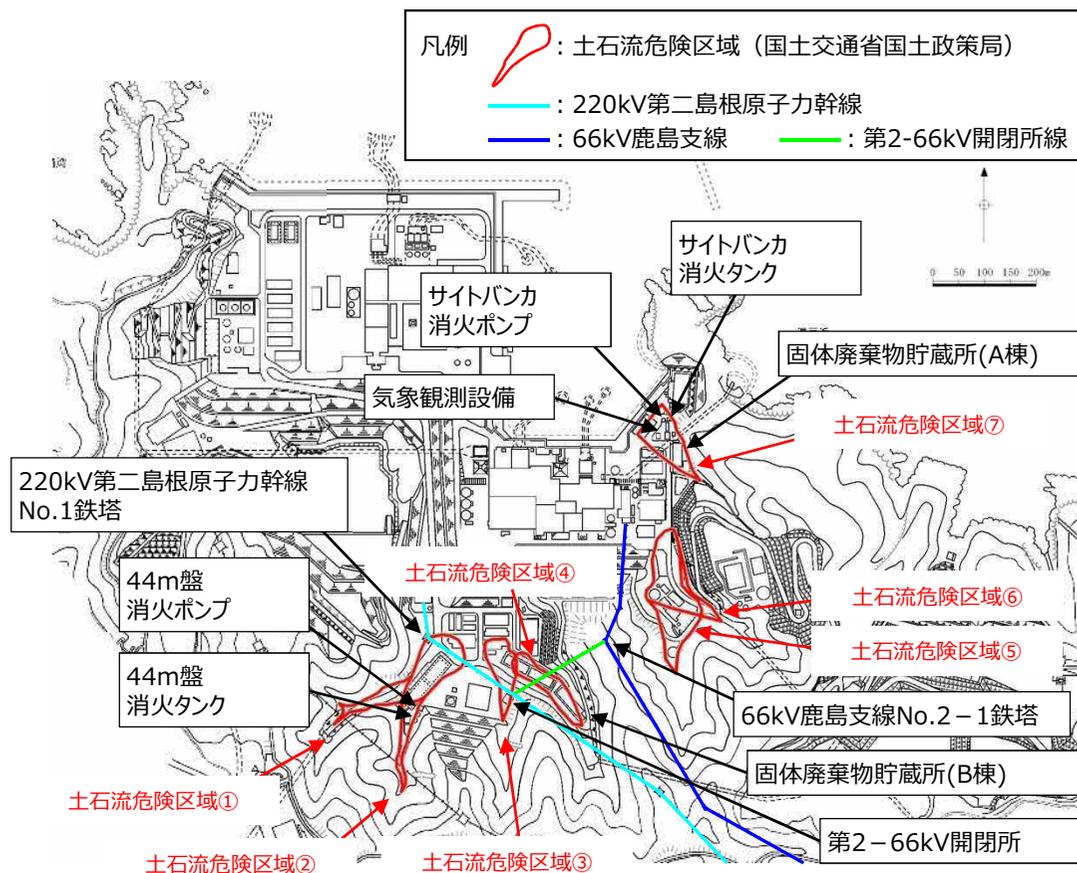
地滑り対策（2）

■ 地滑り調査結果の概要は以下のとおりである。

地滑り地形	地滑り調査結果
①	<p>深層崩壊に伴う地滑り面は認められないことから、地滑り地形ではないと判断されるが、防災科研調査の地滑り地形付近において確認された礫質土及び粘性土については、過去の表層すべりの可能性が完全に否定できないことから、防波壁周辺斜面の安定性確保のため、撤去することとする。</p> <p>撤去範囲は、防波壁に与える影響を考慮し、尾根線に囲まれた内側の範囲について、岩盤部までの礫質土及び粘性土を全て撤去する。また、標高40mより上方斜面では、礫質土が認められたことから、ルートマップ（平成8年調査）に記載された『崩積土』の範囲について、岩盤まで礫質土を全て撤去する。</p>
②	<p>不明瞭な滑落崖が認められるが、地滑り土塊とされる箇所のうち、EL45mより上方については堅硬な岩盤が露出していること、EL45mより下位の盛土部については造成工事により地滑り土塊が撤去されていること、及び、盛土上の道路及び法面に目立った変状が認められないことから、発電所建設前の旧地形から判読されたような地滑り地形②に相当する地滑りは想定されない。</p>
③	<p>滑落崖及び地滑り土塊ともに認められないこと、及び、盛土斜面に変状が認められないことから、地滑り地形ではないと判断する。また、現在は人工改変が加わり元の地形が残っていないことから、地滑りは想定されない。なお、当該地点は地形的・地質的な特徴から、差別侵食に基づく組織地形と考えられる。</p>
④	<p>滑落崖及び地滑り土塊ともに認められないことから、地滑り地形ではないと判断する。なお、当該地点は通常の尾根型斜面と考えられる。</p>
⑤	<p>地滑り地形⑤及び⑤北西の地滑り地形の両者ともに地滑り土塊が認められることから、地滑り地形と判断する。</p>

土石流対策（1）

- 土石流調査は、文献が示す土石流危険区域・溪流を参照したうえで、机上検討によって敷地内の土石流危険区域・溪流の地形を網羅的に抽出した。危険区域等がある箇所については、図上調査を実施し、現地調査によって山腹崩壊型土石流及び溪床流動型土石流に関する現地状況を把握し、土石流の範囲、規模等について評価している。
- 右図のとおり、土石流の影響を受ける施設は限定的であり、島根原子力発電所では、安全評価上その機能に期待しない安全重要度分類クラス3の施設のみが対象となる。
- 上記施設は土石流による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応を行うことにより、その安全機能を損なわないことを次頁のとおり確認している。



島根原子力発電所周辺における土石流危険区域及び対象施設（安全施設等）位置図

土石流対策（2）

- 安全施設の土石流影響評価結果は下表のとおり。

安全施設	評価結果
安全重要度分類クラス1, クラス2, 安全評価上その機能に期待する安全重要度分類クラス3	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 当該施設は、土石流危険区域範囲外である原子炉建物内、タービン建物内、制御室建物内、廃棄物処理建物内、原子炉建物周辺、取水槽又は排気筒エリアに設置されているため、影響がないことを確認。
安全評価上その機能に期待しない安全重要度分類クラス3	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 一部の施設が、土石流危険区域範囲内に設置されている。 <ul style="list-style-type: none"> • 220kV第二島根原子力幹線No.1鉄塔 当該鉄塔は、土石流により破損したとしても、代替設備として土石流危険区域外に設置している66kV鹿島支線を確保していることから、影響はない。 なお、土石流危険区域③の範囲に代替の受電設備として自主設置している第2－66kV開閉所があり、土石流により破損した場合、接続されている66kV鹿島支線No.2－1鉄塔が影響を受ける可能性がある。仮に土石流危険区域①及び土石流危険区域③において、同時に土石流が発生し、220kV第二島根原子力幹線及び66kV鹿島支線が機能喪失した場合においても、代替設備として非常用ディーゼル発電機を土石流危険区域外に設置し確保していることから、影響はない。 • サイトバンカ消火ポンプ, サイトバンカ消火タンク, 44m盤消火ポンプ, 44m盤消火タンク 当該ポンプ及びタンクは、土石流により破損したとしても、設計基準事故に至るおそれはない。 また、代替設備として土石流危険区域外に配備し確保している全域ガス消火設備又は消火器による対応が可能であることから、影響はない。 なお、代替設備としては化学消防自動車及び小型動力ポンプ付水槽車も土石流危険区域外に配備し確保しており、対応可能な場合に使用する。 （次頁に続く）

土石流対策（3）

- 安全施設の土石流影響評価結果は下表のとおり。

安全施設	評価結果
<p>安全評価上その機能に期待しない安全重要度分類クラス3</p>	<p>➤ 一部の施設が、土石流危険区域範囲内に設置されている。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 固体廃棄物貯蔵所（A棟，B棟） <p>固体廃棄物貯蔵所（A棟，B棟）が土石流により損傷した場合においても，当該施設は低レベル放射性廃棄物の貯蔵施設であること，及び保管されている廃棄物は汚染が広がらないようドラム缶や金属容器に封入されていることから，当該施設の損傷によって，公衆又は従事者に放射線障害を及ぼすおそれはない。</p> <p>また，当該施設が損傷した場合には，放射線量を計測し，必要に応じて，鉛毛マット等による遮蔽を行うほか，速やかに当該施設の補修を行う。</p> • 気象観測設備 <p>当該設備は，土石流により破損したとしても，設計基準事故に至るおそれはない。</p> <p>破損した場合には，速やかに補修を実施する。</p> <p>なお，代替設備として可搬式気象観測装置を土石流危険区域外に保管し確保している。</p>

・論点項目<29>

防波壁への基準津波の水圧と漂流物衝突による
影響は考慮されているか

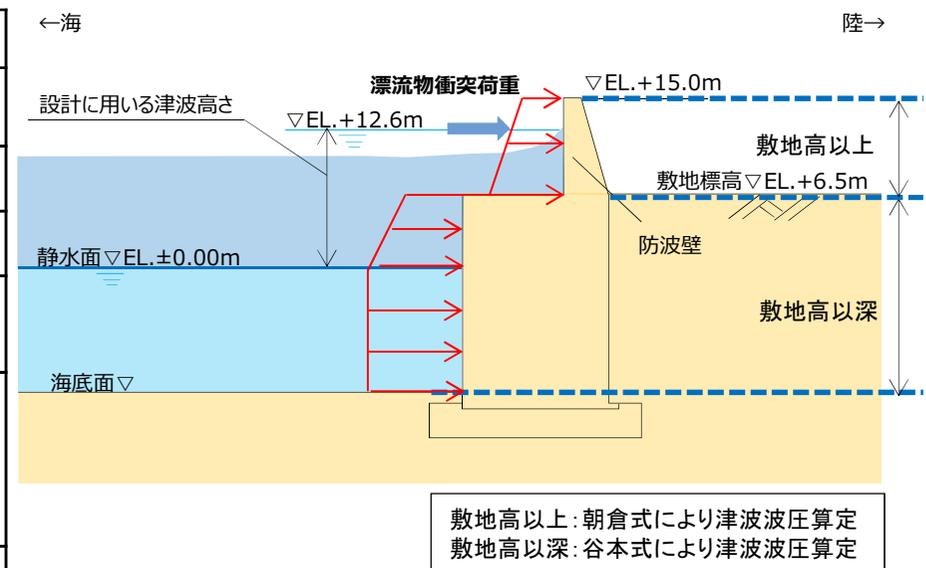
1. 防波壁に作用する荷重の組合せ

- 設置許可基準規則及び関連審査ガイドを踏まえ、常時荷重、地震荷重、津波荷重等を考慮する。
- 防波壁に作用する荷重の組合せに当たっては、施設・設備の設置状況や構造（形状）等を考慮し、地震時、津波時及び重畳時を考慮している。

検討ケース	荷重の組合せ*
地震時	常時荷重 + 地震荷重
津波時	常時荷重 + 津波荷重 + 漂流物衝突荷重 (海域活断層から想定される地震による津波においては入力津波高さ以上の防波壁の部位においても漂流物が衝突するものとして照査を実施する。)
重畳時 (津波 + 余震時)	常時荷重 + 津波荷重 + 余震荷重 (海域活断層から想定される地震による津波が到達する防波壁（波返重力擁壁）のケースン等については、海域活断層から想定される地震による津波に対する評価を実施する)

*その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）は設備の設置状況、構造（形状）等の条件を含めて適切に組み合わせを考慮する

荷重	内容
常時荷重	建造物の自重、土圧
自然現象による荷重	風荷重、積雪荷重
地震荷重	基準地震動 S_s を作用させる
余震荷重	弾性設計用地震動 S_d-D による地震動を考慮する（「【参考】余震荷重の設定」を参照）
津波荷重	動的荷重（波力）を考慮する なお、津波荷重は敷地高以上は朝倉式に基づき算定し、敷地高以深については谷本式に基づき算定する
漂流物衝突荷重	漂流物、荷重算定式について詳細検討を行ったうえで作用させる



日本海東縁部に想定される地震による津波時の荷重イメージ図（波返重力擁壁）

2. 防波壁に作用する荷重

- 防波壁に作用する荷重の詳細について下表に示す。

No.	項目	内容
1	常時荷重	常時作用している荷重として、自重、土圧、積載荷重及び海中施設に対する静水圧等を考慮する。なお、施設・設備に運転時の荷重が作用する場合は、運転時荷重を考慮する。
2	地震荷重	基準地震動 S_s による地震力を考慮する。
3	余震荷重	余震荷重として、弾性設計用地震動 $S_d - D$ による地震力を考慮する。なお、施設が浸水した状態で余震が発生した場合における、施設内滞留水に生じる動水圧荷重（スロッシングによる荷重等）も併せて考慮する。
4	動的荷重（波力）	津波により施設・設備に作用する動的荷重として、津波の波力による荷重を考慮する。
5	漂流物衝突荷重	漂流物の衝突荷重を考慮する。
6	その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）	各荷重は「第6条 外部からの衝撃による損傷の防止」に規定する設計基準風速の風荷重、設計基準積雪量の積雪荷重、降下火砕物による荷重を考慮する。

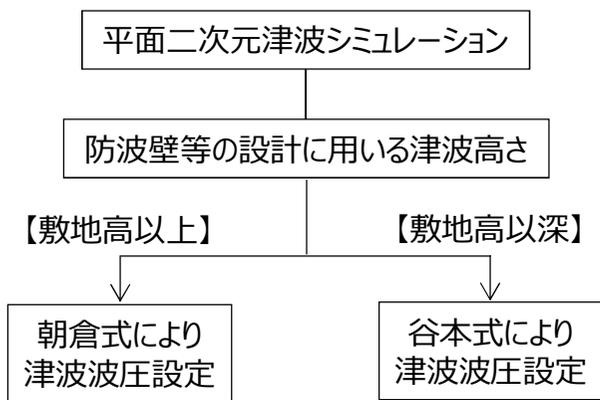
3. 津波波圧の設定（1）

- 防波壁に用いる津波波圧については、水理模型実験及び津波シミュレーションにより、ソリトン分裂波及び砕波の発生の有無を確認し、これらの波圧と既往の津波波圧算定式による津波波圧を比較・検証することにより、保守的に設定する。

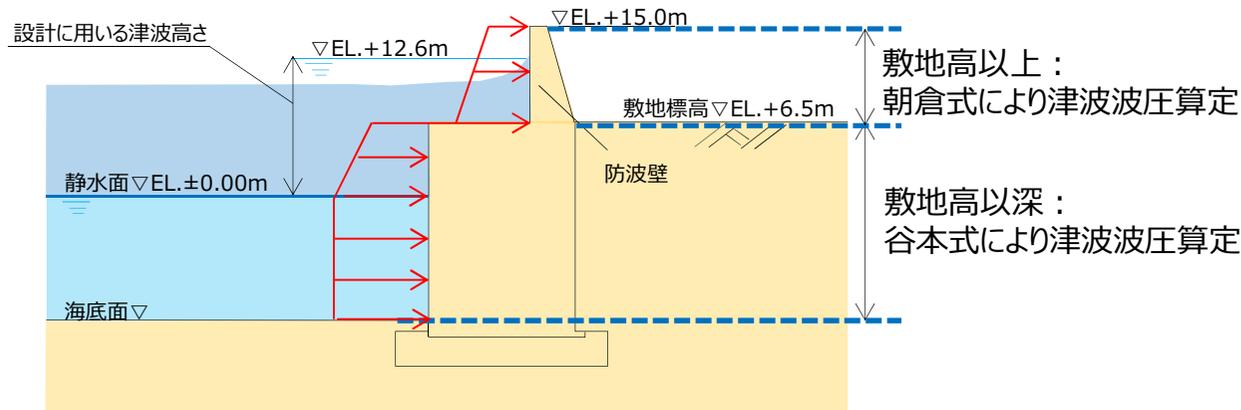
検討項目	検討内容
<p>1. ソリトン分裂波及び砕波の発生、並びに津波波圧への影響</p> <p>1. 1 平面二次元津波シミュレーションによる検討</p> <p>1. 2 水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションの条件整理</p> <p>1. 3 水理模型実験による検討</p> <p>1. 4 断面二次元津波シミュレーションによる検討</p> <p>1. 5 三次元津波シミュレーションによる妥当性確認</p>	<p>平面二次元津波シミュレーション結果及び海底勾配を用いて、「防波堤の耐津波設計ガイドライン」に基づき、ソリトン分裂波の発生有無を確認する。</p> <p>水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションの追加実施に当たって、地形特性及び津波特性の観点から津波波圧に影響するサイト特性を整理し、不確かさを考慮した検討条件を設定する。</p> <p>流体の挙動を直接確認でき、サイト特性に応じた評価が可能となる水理模型実験を追加実施し、水位の時刻歴波形からソリトン分裂波及び砕波の発生有無を確認するとともに、防波壁及び施設護岸位置における津波波圧を算定する。</p> <p>水理模型実験結果について、ソリトン分裂波及び砕波を表現可能な断面二次元津波シミュレーション(CADMAS-SURF(Ver.5.1))を追加実施し、再現性を確認するとともに、防波壁及び施設護岸位置における津波波圧を算定する。</p> <p>複雑な地形特性及び津波特性に応じた評価が可能である三次元津波シミュレーションCADMAS-SURF/3D (Ver.1.5) を追加実施し、1.3章及び1.4章による津波波圧と比較することで妥当性を確認する。</p>
<p>2. 既往の津波波圧算定式との比較</p>	<p>敷地高以上の構造物については、津波シミュレーション及び水理模型実験により防波壁に作用する波圧を直接算定し、陸上構造物に作用する津波波圧算定式（朝倉式）により算定した津波波圧と比較する。</p> <p>敷地高以深の構造物については、津波シミュレーション及び水理模型実験により敷地高以深の構造物に作用する波圧を直接算定し、海中構造物に作用する津波波圧算定式（谷本式）により算定した津波波圧と比較する。</p>
<p>3. 設計で考慮する津波波圧の設定</p>	<p>防波壁等について保守的な設計を行う観点から、上記の検討結果を踏まえた設計用津波波圧を設定する。</p>

3. 津波波圧の設定（2）

- 水理模型実験の結果，科学的根拠に基づきソリトン分裂波や砕波が発生しないことを確認した。また，津波波圧については，敷地高以上の波圧分布は直線型となり，敷地高以深の波圧分布については海水位までは直線型，静水面以深では一定となり，津波波圧への有意な影響がないことを確認した。
- 断面二次元津波シミュレーション解析の結果，水理模型実験を再現でき，時刻歴波形，水位分布及び水面勾配からソリトン分裂波や砕波が発生しないことを確認した。また，波圧分布についても水理模型実験と同様に津波波圧への有意な影響はないことを確認した。
- 三次元津波シミュレーション解析の結果，水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションによる波圧分布と同等，又は包絡されることを確認した。この結果より，島根原子力発電所の複雑な地形や三次元的な流況による影響は認められないため，水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションによる津波波圧は妥当であると判断した。
- 水理模型実験及び津波シミュレーション結果による津波波圧は，既往の津波波圧算定式による津波波圧に包絡されることを確認した。
- 上記検討結果を踏まえ，防波壁等の設計で考慮する津波波圧を以下のとおり設定する。
 - ・敷地高以上については，平面二次元津波シミュレーション解析で設定した入力津波高さに基づき，朝倉式により津波波圧を設定し，敷地高以深については，平面二次元津波シミュレーション解析で設定した入力津波高さに基づき，谷本式により津波波圧を設定する。
 - ・設計用津波波圧の算定に用いる津波高さは，平面二次元津波シミュレーション結果より「EL. + 12.6m」を用いる。



津波波圧設定フロー



波圧算定イメージ(3号炉前面)

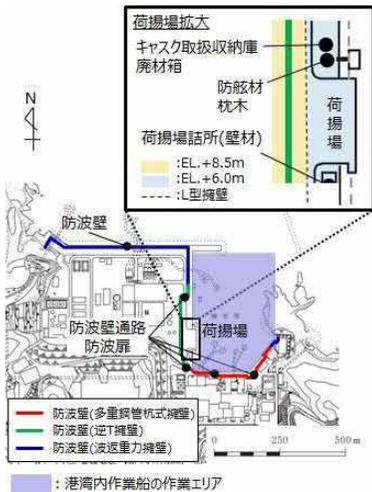
4. 漂流物衝突荷重の設定 (1) 漂流物の選定

- 津波防護施設の評価において、外海に面する津波防護施設に対しては作業船（総トン数10トン）及び漁船（総トン数10トン）を、輪谷湾内に面する津波防護施設に対しては、入力津波高さを考慮し、荷揚場設備（キャスク取扱収納庫約4.3t×2基）、作業船（総トン数10トン）及び漁船（総トン数3トン）を基本とする設計条件として設定する対象漂流物とする。
- 対象漂流物のうち漁船については、基本とする設計条件に加え、島根原子力発電所周辺海域で操業する漁船の漁業法の制限等を踏まえて漁船の総トン数、操業区域及び航行の不確かさを考慮し、総トン数19トンの漁船を対象とする。
- 施設護岸から500m以遠で操業及び航行する漁船については、漂流物となった場合においても施設護岸から500m位置における流速が1m/s程度と小さいこと等から施設護岸に到達する可能性は十分に小さいが、仮に500m以遠から津波防護施設に衝突する場合の影響について確認する。

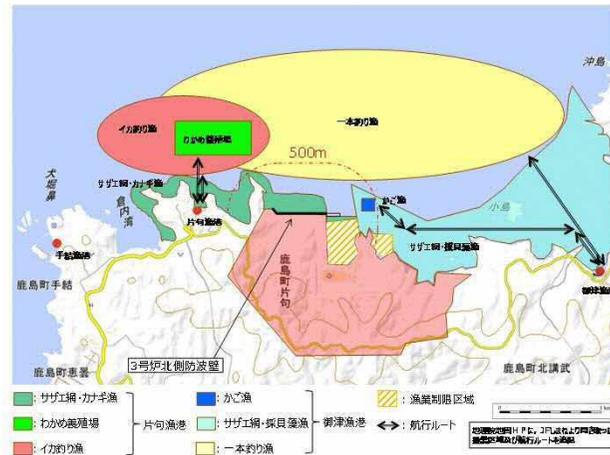
津波防護施設に考慮する漂流物について

	基本とする設計条件として設定する対象漂流物		不確かさを考慮した設計条件として設定する対象漂流物(漁船)	
	日本海東縁部に想定される地震による津波	海域活断層から想定される地震による津波	日本海東縁部に想定される地震による津波	海域活断層から想定される地震による津波
輪谷湾内に面する津波防護施設 対象：波返重力擁壁（輪谷部）、逆T擁壁、多重鋼管杭式擁壁、防波壁通路防波扉	対象：キャスク取扱収納庫※1,2, 3トン漁船 種類：鋼製構造物（鋼製）、船舶（FRP製） 質量：約4.3t×2基, 約9t	対象：10トン作業船※1, 3トン漁船 種類：船舶(FRP製) 質量：約30t, 約9t	対象：19トン漁船 種類：船舶（FRP製） 質量：約57t	
外海に面する津波防護施設 対象：波返重力擁壁（北側）	対象：10トン漁船 種類：船舶(FRP製) 質量：約30t	対象：10トン作業船※1, 10トン漁船 種類：船舶(FRP製) 質量：約30t		

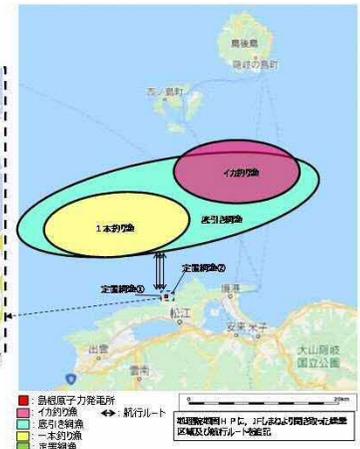
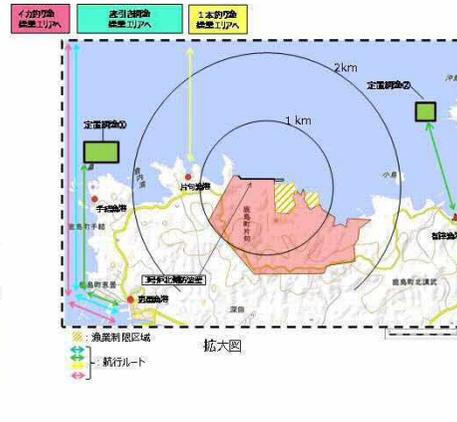
※1：詳細設計段階において、キャスク取扱収納庫の撤去や作業船の変更等の対策を踏まえ、対象漂流物を選定
 ※2：2基が隣接して設置されているため、2基分の衝突を考慮



港湾内に面する津波防護施設に考慮する漂流物の配置



発電所沿岸で操業する漁船の操業区域



発電所沖合で操業する漁船（総トン数10トン以上）の操業区域

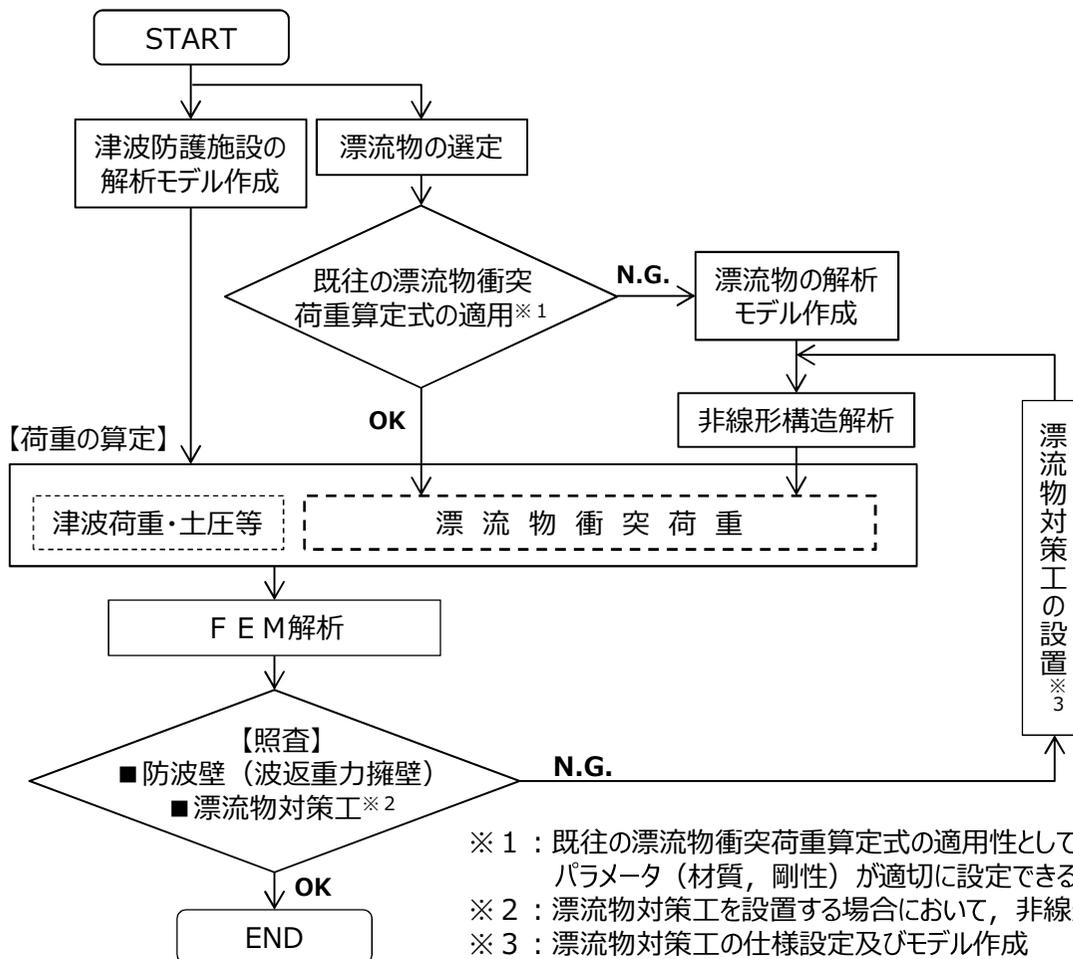
4. 漂流物衝突荷重の設定 (2) 既往の漂流物荷重算定式

- 漂流物荷重算定式は、運動量理論に基づく推定式や実験に基づく推定式等があり、対象漂流物の種類や仕様により適用性が異なるため、既往の荷重算定式を整理した。以下に、算定式のまとめ一覧を示す。

	出典	種類	概要	算定式の根拠 (実験条件)
①	松富ほか (1999)	流木	津波による流木の衝突力を提案している。本式は円柱形状の流木が縦向きに衝突する場合の衝突力評価式である。	「実験に基づく推定式」 ・見かけの質量係数に関する水路実験 ・衝突荷重に関する空中での実験 水理模型実験及び空中衝突実験において、流木(植生林ではない丸太)を被衝突体の前面(2.5m以内)に設置した状態で衝突させている。
②	池野・田中 (2003)	流木	円柱以外にも角柱,球の形状をした木材による衝突力を提案している。	「実験に基づく推定式」(縮尺1/100の模型実験)受圧板を陸上構造物と想定し,衝突体を受圧板前面80cm(現地換算80m)離れた位置に設置した状態で衝突させた実験である。模型縮尺(1/100)を考慮した場合,現地換算で直径2.6~8mの仮定となる。
③	道路橋示方書 (2002)	流木等	橋(橋脚)に自動車,流木あるいは船舶等が衝突する場合の衝突力を定めている。	漂流物が流下(漂流)してきた場合に,表面流速(津波流速)を与えることで漂流流速に対する荷重を算定できる。
④	津波漂流物対策施設設計ガイドライン (2014)	漁船等	漁船の仮想重量と漂流物流速から衝突エネルギーを提案している。	「漁港・漁場の施設の設計の手引」(2003)に記載されている, 接岸エネルギーの算定式に対し, 接岸速度を漂流物速度とすることで, 衝突エネルギーを算定。
⑤	FEMA (2012)	流木・コンテナ	漂流物による衝突力を正確に評価するのは困難としながら,一例として評価式を示している。	「運動方程式に基づく衝突力方程式」非減衰系の振動方程式に基づいており,衝突体及び被衝突体の両方とも完全弾性体としている。
⑥	水谷ほか (2005)	コンテナ	津波により漂流するコンテナの衝突力を提案している。	「実験に基づく推定式」(縮尺1/75の模型実験)使用コンテナ:長さを20ftと40ft,コンテナ重量:0.2N~1.3N程度遡上流速:1.0m/s以下,材質:アクリル
⑦	有川ほか (2007)	流木・コンテナ	コンクリート構造物に鋼製構造物(コンテナ等)が漂流衝突する際の衝突力を提案している。	「接触理論に基づく推定式」(縮尺1/5の模型実験)使用コンテナ:長さ1.21m,高さ0.52m,幅0.49m衝突速度:1.0~2.5m/s程度,材質:鋼製

4. 漂流物衝突荷重の設定 (3) 詳細設計段階における設定方針

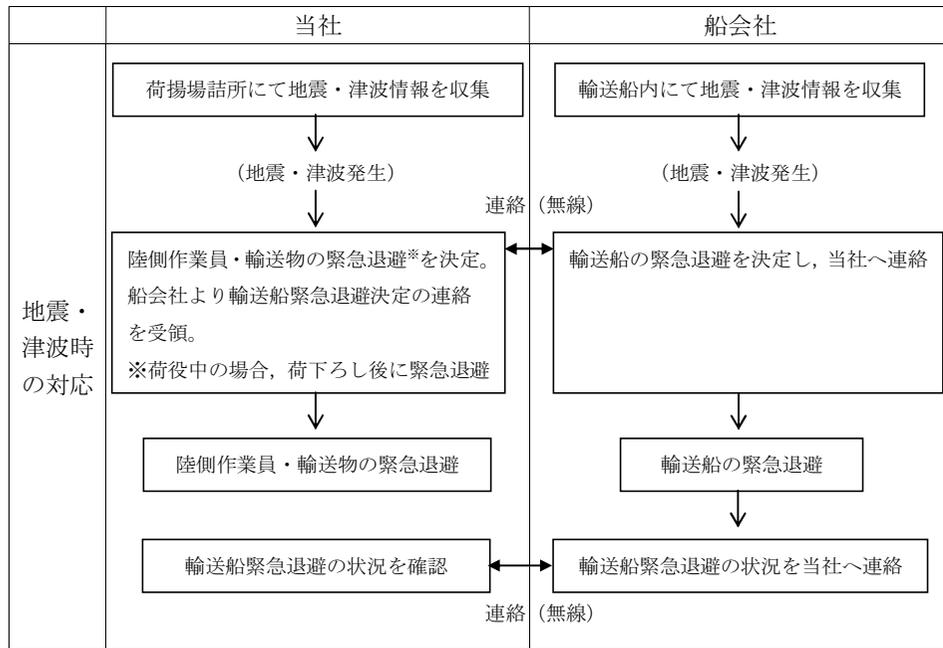
- 漂流物衝突荷重は、対象となる漂流物の位置・仕様及び必要に応じ対策等を踏まえて、既往の漂流物衝突荷重の算定式、又は非線形構造解析を適切に選定して算出し、津波時における静的解析により津波防護施設の照査を実施する。
- 津波防護施設（防波壁：波返重力擁壁）における津波時の検討フロー（例）を以下に示す。
- なお、漂流物調査範囲内の人工構造物（漁船を含む）については、基準適合性維持の観点から漂流物調査を定期的（1回／定期事業者検査）に実施するとともに、津波防護施設への影響評価を実施し、必要に応じて対策を実施する。



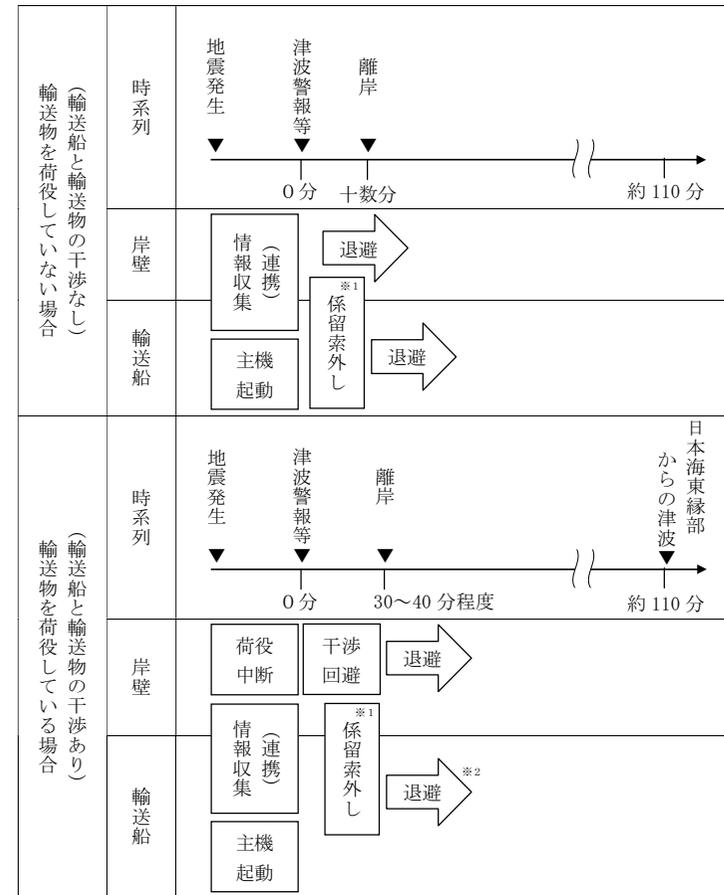
津波防護施設（防波壁：波返重力擁壁）における津波時の検討フロー（例）

5. 発電所港湾内で停泊・作業する船舶等の運用について

- 発電所港湾内で停泊・作業する船舶等については、津波警報等発令時の緊急退避マニュアルを整備し、その実効性を訓練等により確認することとしている。
- 燃料等輸送船の緊急退避の例を以下に示す。



輸送船緊急退避時の当社と船会社の関係性



※1 平成24年の訓練実績では10分程度。

※2 平成24年の訓練実績では大津波警報発令から50分程度で2.5km沖合(水深60m以上:船会社が定める安全な海域として設定する水深)の海域まで退避しており、日本海東縁部に想定される地震による津波襲来(約110分)までに退避可能。

津波の到達と燃料等輸送船の緊急退避に要する時間との関係

6. 構外海域における漂流物調査結果

- 発電所構外海域における漂流物の調査をしており、発電所から2 km以内の海域を航行する船舶は漁船等（最大19トン）であり、30トン以上の比較的大型な船舶は2 km以遠を航行していることを確認している。

構外海域における漂流物調査結果

No.	種類	名称	設置箇所	発電所からの距離	総トン数
1	船舶	漁船	片句漁港(停泊)	西方約1km	最大約10トン
			手結漁港(停泊)	西方約2km	最大約10トン
			恵曇漁港(停泊)	南西約2km	最大約19トン
			御津漁港(停泊)	東方約3km	最大約12トン
			大芦漁港(停泊)	東方約4km	最大約3トン
2※1	船舶	漁船	前面海域(航行)	3.5km以内	約30トン※2
		プレジャーボート			約30トン※3
		巡視船		3.5km以遠	約2,000トン※4
		引き船			約200トン※4
		タンカー			約1000～2000トン※4
		貨物船			約500～2500トン※4
		帆船			約100トン※4
3	漁具	定置網	前面海域	西方約2km	—
				東方約3km	—
4	船舶	作業船	港湾外周辺	—	最大約10トン

※1 海上保安庁への聞取調査結果（平成30年1月～平成30年12月実績）を含む。

※2 船種・船体長から「漁港，漁場の施設の設計参考図書」に基づき算定。

※3 プレジャーボートについては，船体長が不明であることから，「漁港，漁場の施設の設計参考図書」に示される最大排水トン数とした。

※4 船種・船体長から「港湾の施設の技術上の基準・同解説」に基づき算定。

7. 構外海域における漂流物評価結果

- 水位変動・流向流速ベクトルの分析結果により、発電所方向への連続的な流れはないことから、発電所に到達しないと評価している。

構外海域における漂流物評価結果

No.	分類	名称	設置箇所	漂流する可能性	到達する可能性	津波防護施設に対して衝突による影響評価を行う漂流物 (○：対象漂流物として考慮する) (×：対象漂流物として考慮しない)
1	発電所周辺の漁港の船舶	漁船	片句漁港(停泊)	漂流する可能性があるものとして、発電所に到達する可能性について評価する。	流向・流速ベクトルから発電所方向への連続的な流れはなく、津波防護施設に到達しないと評価。	×
			手結漁港(停泊)			
			恵曇漁港(停泊)			
御津漁港(停泊)						
大芦漁港(停泊)						
			施設護岸から500m以内(操業)	大津波警報発令時には、「災害に強い漁業地域づくりガイドライン(水産庁(平成24年3月))」において、沖合に退避すると記載されており、津波襲来まで時間的に余裕のある日本海東縁部に想定される地震による津波に対して、沖合に退避すると考えるが、航行不能になることを想定し、漂流する可能性があるものとして、施設護岸及び輪谷湾に到達する可能性について評価する。	流向・流速ベクトルから発電所方向への連続的な流れはないが、発電所方向へ向かう一時的な流れがあるため、500m以内を航行する漁船は、津波防護施設に到達する可能性があるとして評価。	○
			施設護岸から500m以遠(操業)	海域活断層から想定される地震による津波に対しては、施設護岸及び輪谷湾に到達する可能性について評価する。	流向・流速ベクトルから発電所方向への連続的な流れはなく、津波防護施設に到達する可能性は十分に小さいと評価。	○
2	発電所前面海域を航行する船舶	漁船	前面海域(航行)	海上保安庁への聞取調査結果より発電所から約2km離れた沖合を航行しており、津波襲来前に沖合への退避が十分に可能である。なお、基準津波の策定位置(発電所沖合2.5km程度)において、2m程度の水位変動である。以上より、漂流物とならないと考えられるが、発電所に到達する可能性について評価する。	流向・流速ベクトルから発電所方向への連続的な流れはなく、津波防護施設に到達しないと評価。	×
		プレジャーボート				
		巡視船				
		引き船				
		タンカー				
		貨物船				
帆船						
3	漁具	定置網	前面海域	漂流する可能性があるものとして、発電所に到達する可能性について評価する。	流向・流速ベクトルから発電所方向への連続的な流れはなく、津波防護施設に到達しないと評価。	×
4	船舶	作業船	港湾外周辺	日本海東縁部に想定される地震による津波に対しては、緊急退避に係る手順を整備し、緊急退避の実効性を確認する。一方、海域活断層に想定される地震による津波に対しては、緊急退避できず、漂流する可能性があることから、施設護岸及び輪谷湾に到達する可能性について評価する。	流向・流速ベクトルから発電所方向への連続的な流れはないが、発電所方向へ向かう一時的な流れがあるため、500m以内で作業する作業船は、津波防護施設に到達する可能性があるとして評価。	○

8. 東日本大震災における港湾施設等 (1)被災事例①

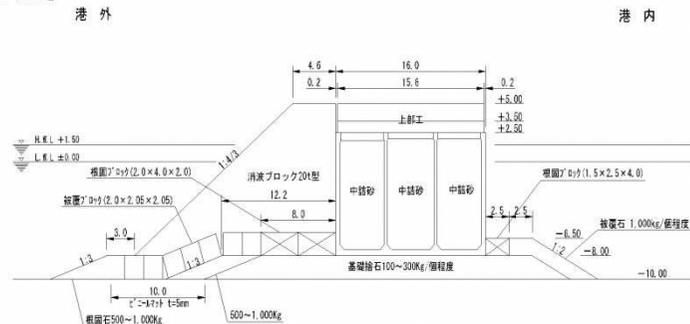
①八戸港北防波堤 (中央部)



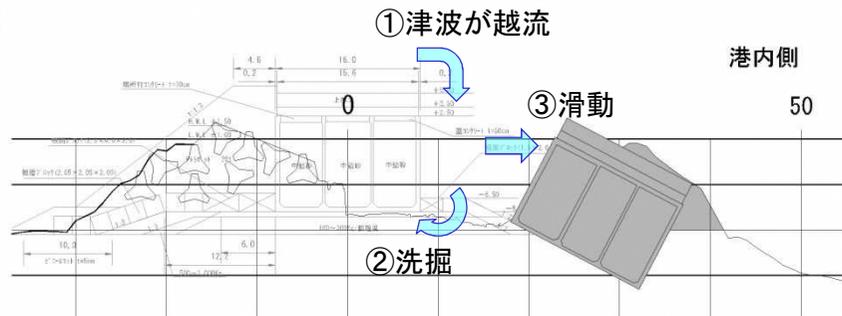
【被災状況】

- ・北防波堤 (中央部) の約50%に相当する、延長約750 m で直立部 (ケーソン60函) が倒壊している。
- ・倒壊した直立部は傾斜したものが多い。
- ・直立部が比較的健全な箇所でも、直立部背面の基礎マウンドの洗掘など、防波堤の安定性能が大きく損なわれている。
- ・倒壊した直立部背面では局所的に大きな洗掘が生じている。

【被災前】



【被災後】



【推定される被災要因】

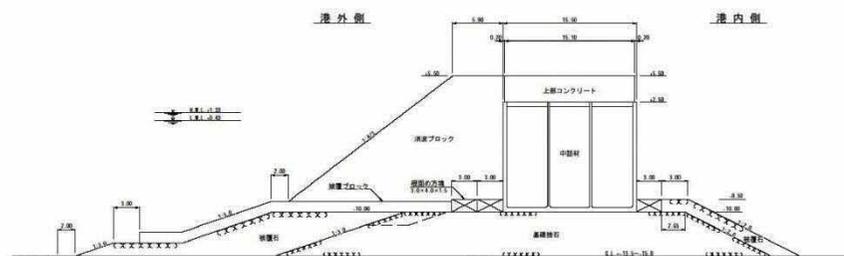
- ・防波堤の滑動抵抗力と等しくなる水平力を引き起こす津波水位を滑動限界津波水位とし、実際の津波水位と比較すると安定性は確保されていた。
- ・このことから、八戸港北防波堤の被災は、単純な滑動によるものではない可能性がある。
- ・防波堤被災後の直立部転倒状況や海底面の洗掘状況より、上部工から越流した津波が背面マウンドを洗掘し、滑動または支持力の低下を引き起こしたことで直立部が倒壊した可能性が考えられる。

8. 東日本大震災における港湾施設等 (1)被災事例②

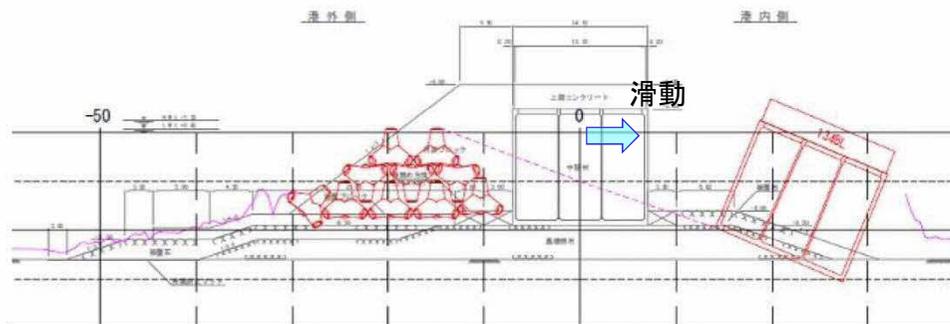
②相馬港沖防波堤



【被災前】



【被災後】



【被災状況】

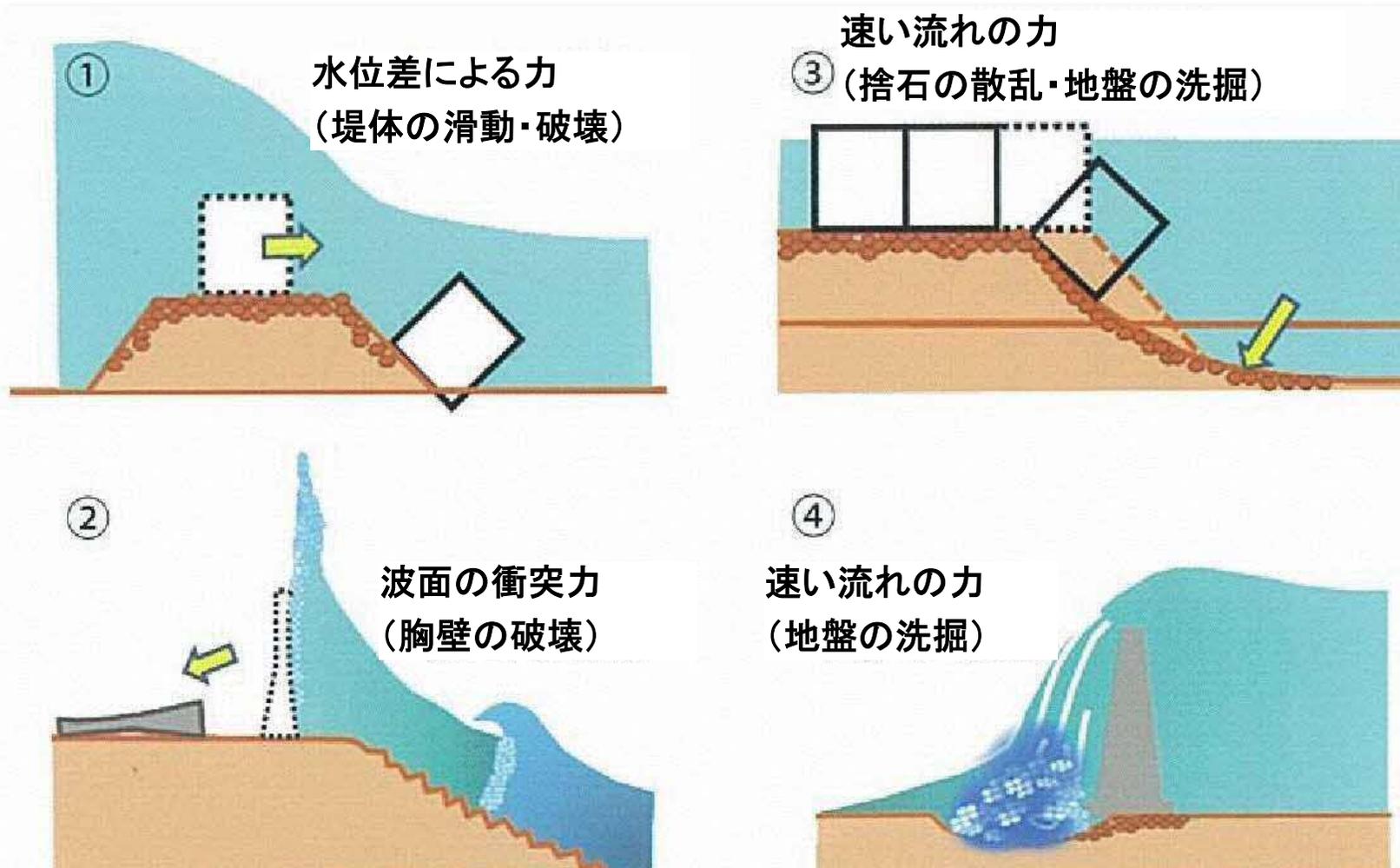
- ・沖防波堤の延長2,700mのほぼ全域にわたり、直立部の滑動が生じた。
- ・一部の直立部では上部工がケーソンから滑落した。
- ・直立部が大きく移動した堤体の開口部では、強い流速が発生したことが要因と見られる、局所的な洗掘が発生している。ただし、堤頭部の被災はなかった。

【推定される被災要因】

- ・相馬港沖防波堤では、津波高が滑動限界津波高を超えており、津波波力により直立部が滑動したものと推察される。

8. 東日本大震災における港湾施設等 (2)被災パターン

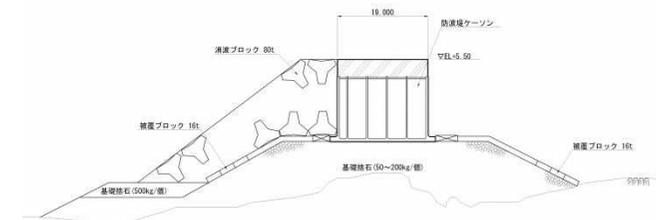
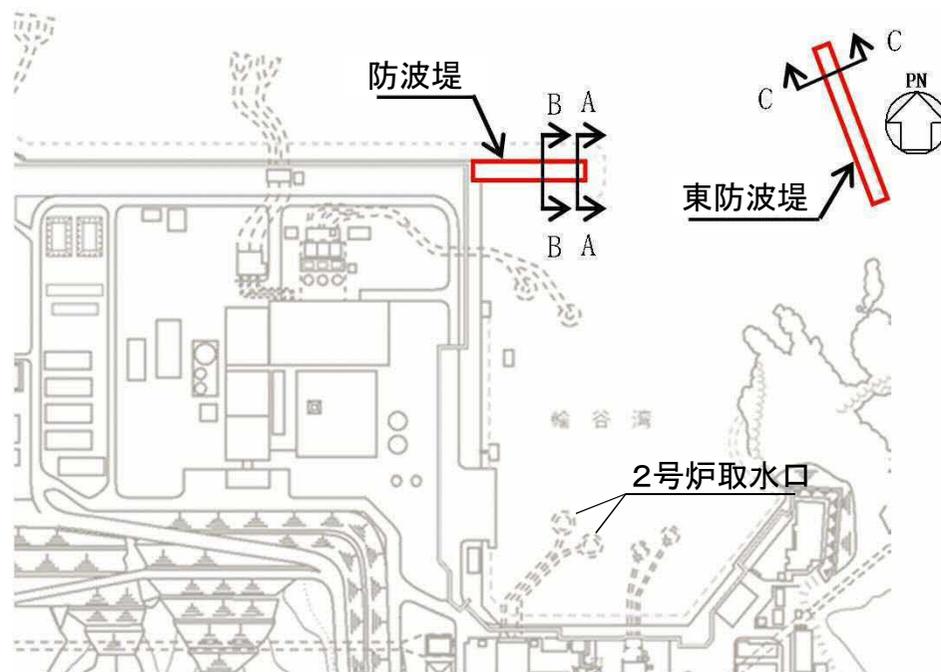
- 東日本大震災における港湾施設等の津波による被災パターンとして以下の4つが挙げられている。
- このうち、島根原子力発電所の防波堤における被災としては、①越流による水位差による滑動、②津波による地盤の洗掘による滑動が考えられる。



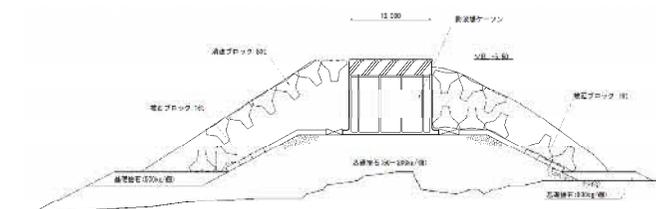
【高橋重雄;下迫健一郎;有川太郎;辰巳大介;根木貴史. 東日本大震災における港湾施設等の津波被害. 沿岸技術研究センター機関誌CDIT 2011.6より】

9. 防波堤損傷による取水機能への影響

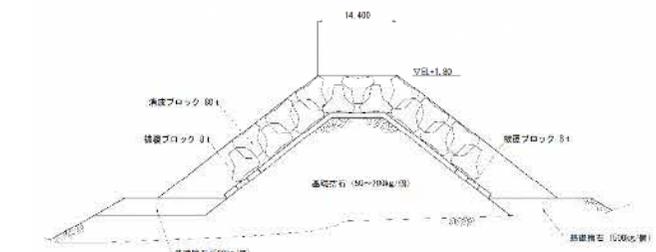
- 東日本大震災の被災事例も踏まえて、防波堤（防波堤ケーソン、ブロック及び基礎捨石）損傷による影響を以下のとおり検討した。
- 検討に当たっては、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会，平成19年7月）」に準じて、イスバッシュ式を用いた。
- 検討の結果、防波堤ケーソンは重量があることから、津波波力により滑動しないことを確認した。
- また、防波堤ケーソンを除く消波ブロック、被覆ブロック及び基礎捨石は滑動する（洗掘含む）が、取水口への連続的な流れが発生していないこと、防波堤から2号炉取水口との間に距離があることから取水口に到達することはないと判断した。



防波堤 標準部(A-A断面)



防波堤 堤頭部(B-B断面)

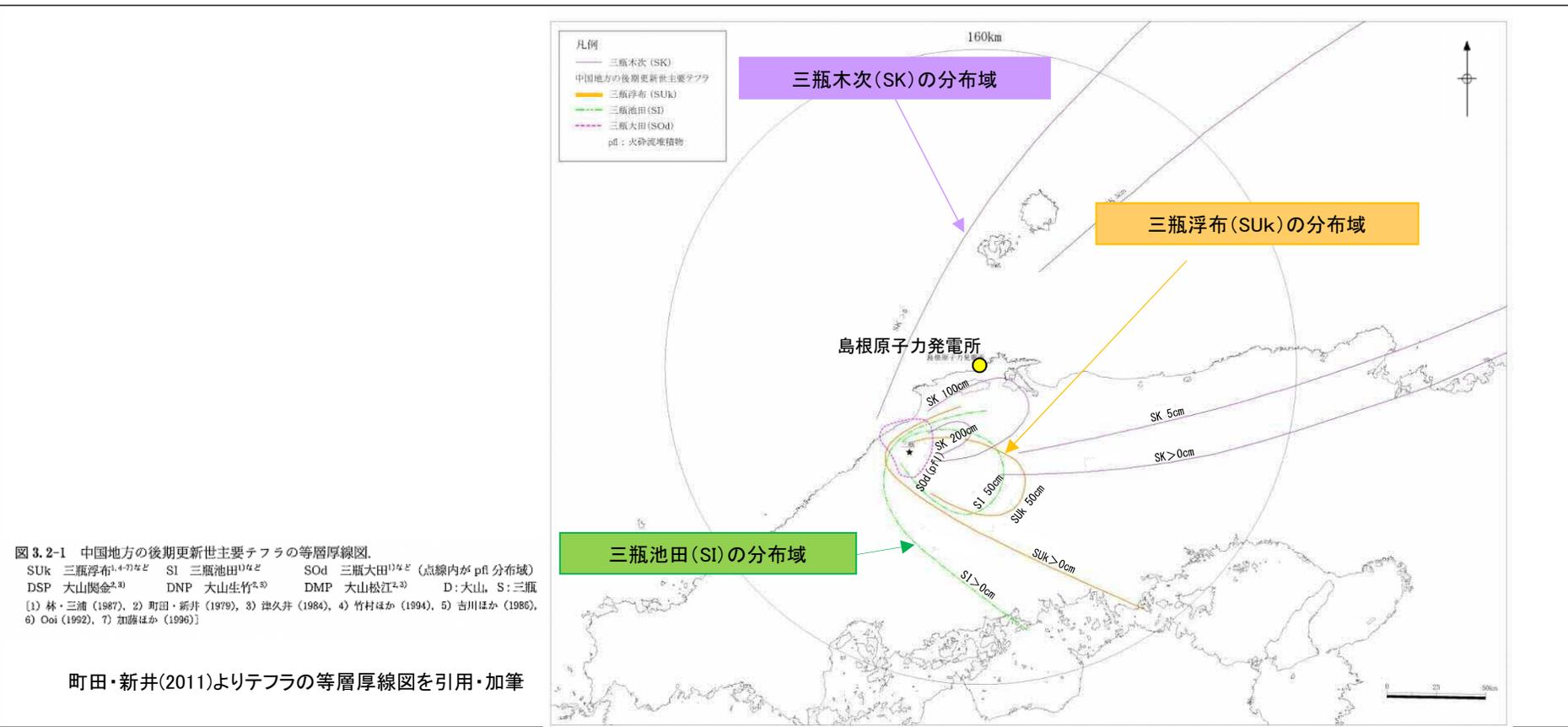


東防波堤 標準部(C-C断面)

- 論点項目<32>

火山灰想定の設定根拠は何か

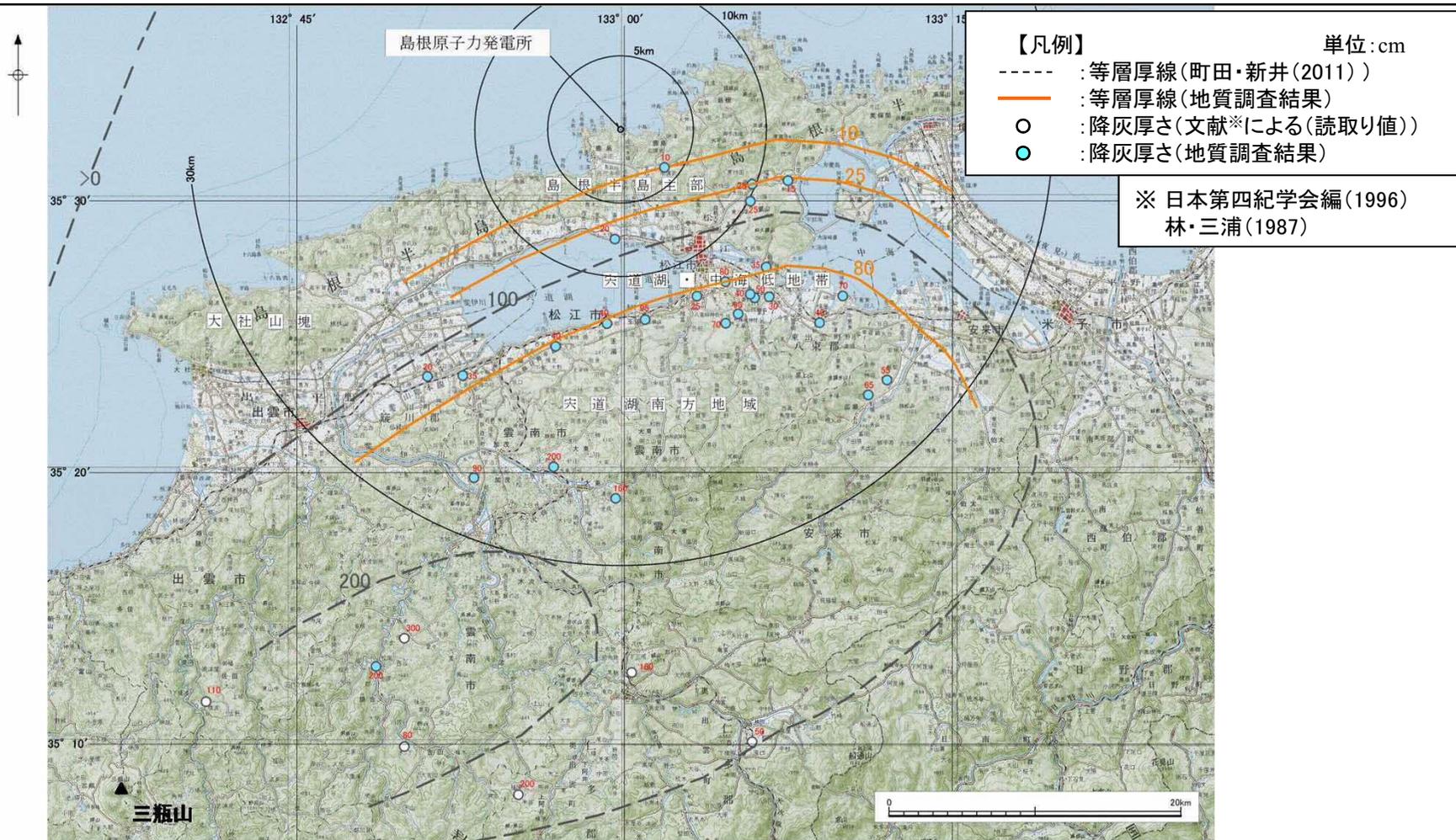
- ・町田・新井(2011)によると, 三瓶木次テフラ(SK)は敷地に到達(層厚:概ね5~100cm)している。
- ・三瓶浮布テフラ(SUK), 三瓶池田テフラ(SI)及び三瓶大田(SOd)は敷地に到達していないとされている。



論点項目<32> 火山灰想定の設定根拠

三瓶山の降下火砕物の分布に関する調査(地質調査:敷地周辺)

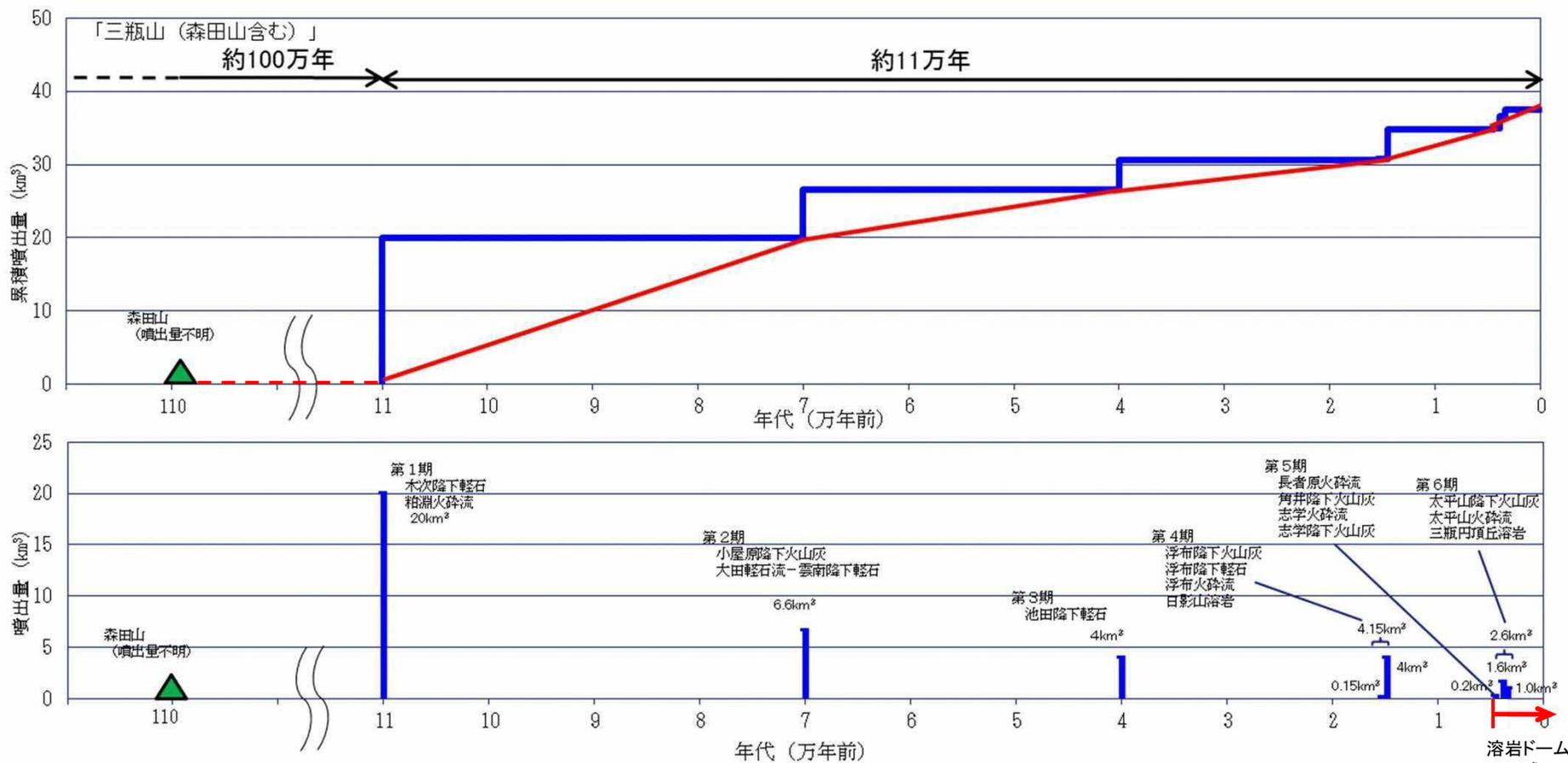
文献調査により, 三瓶木次テフラ(SK)が敷地周辺(敷地を中心とする半径約30km範囲)に到達している可能性が示唆されたことから, 敷地周辺における三瓶山起源の火山灰の層厚を確認するために地質調査を行った。地質調査の結果, 三瓶山起源の火山灰のうち, SKのみが敷地周辺で火山灰層として認められた。地質調査及び文献調査によりSKが確認された地点及びこれらに基づく等層厚線を示す。



※敷地周辺(敷地を中心とする半径約30km範囲)で確認されたSKのみを示す。

敷地周辺における地質調査の結果, 敷地は三瓶木次テフラ(SK)の等層厚線で10cm程度の範囲に位置している。

論点項目<32> 火山灰想定の設定根拠
三瓶山の噴火履歴の検討(階段ダイヤグラム)



(町田・新井(2011), 第四紀火山カタログ編集委員会編(1999)⁽³²⁾, 須藤ほか(2007)に基づき作成)

- ・森田山の噴火以降において、最も規模の大きな噴火は木次降下軽石(SK)噴出時である。
- ・約110万年前以降、噴火規模の最も大きな木次降下軽石の噴出までの期間(約100万年)は、木次降下軽石の噴出からの経過時間(約11万年)に比べ十分に長いことから、原子力発電所の運用期間中には、木次降下軽石のような広域火山灰を降下させる規模の噴火を起こす可能性は極めて低いと考えられる。
- ・一方、それ以外の噴火については、木次降下軽石以降においても繰り返し発生している。

論点項目<32> 火山灰想定の設定根拠
三瓶山の噴火規模の想定(まとめ)

6

【降下火砕物の分布に関する調査結果】

- ・文献調査の結果、三瓶浮布テフラ(SUk)、三瓶池田テフラ(SI)、三瓶大田(SOd)及び三瓶太平山噴火時の降下火砕物は、敷地まで到達していないと考えられる。
- ・敷地周辺(敷地を中心とする半径約30km範囲)における地質調査の結果、敷地は三瓶木次テフラ(SK)の等層厚線で10cm程度の範囲に位置している。
- ・文献調査の結果、三瓶大田(SOd)は火砕流堆積物(pfl)の分布域として記載されており、降下火山灰層の分布面積・層厚は著しく小さいとされている。

【噴火履歴による検討結果】

- ・最新活動期は溶岩ドーム形成期であり、爆発性が低下している。
- ・階段ダイヤグラムによる検討の結果、約110万年前以降、噴火規模の最も大きな木次降下軽石の噴出までの期間(約100万年)は、木次降下軽石の噴出からの経過時間(約11万年)に比べ十分に長いことから、原子力発電所の運用期間中には、木次降下軽石のような広域火山灰を降下させる規模の噴火を起こす可能性は極めて低いと考えられる。
- ・一方、それ以外の噴火については、木次降下軽石以降においても繰り返し発生している。
- ・三瓶山のカルデラ形成期を含む一連の噴火は、火砕流堆積物の分布範囲は限定的であり、その噴火規模もVEI5規模であることから、原子力発電所の火山影響評価ガイド(一部改正)における「設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価」の巨大噴火には該当しない。

【地球物理学的調査結果】

- ・三瓶山の北東～南東側の地下深部に広がる低速度層と低周波微小地震の存在から、マグマ溜まりの存在する可能性を示唆しているが、仮にマグマ溜まりとしても、これらの低速度層は20km以深に位置しており、東宮(1997)による玄武岩質マグマの浮力中立点の深度12kmよりも深い位置にあると推察されることから、原子力発電所の運用期間中には、木次降下軽石のような広域火山灰を降下させる規模の噴火を起こす可能性は極めて低いと考えられる。
- ・また、比抵抗構造調査の結果、三瓶山の南側の地下20km付近に低速度層の存在と調和的な低比抵抗体の存在が認められる。

【火山噴火予知連絡会等の中長期的な火山活動の評価結果】

- ・三瓶山はVEI2以上マグマ噴火活動履歴による今後100年間程度の長期評価が休止期であること等から、気象庁による監視・観測体制の充実等の必要がある火山として、選定されていない。
- ・火山噴火予知連絡会等の中長期的な火山活動評価及び観測結果によると、火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火の兆候は認められないとされていることから、原子力発電所の運用期間中には、木次降下軽石のような広域火山灰を降下させる規模の噴火を起こす可能性は極めて低いと考えられる。

- ・噴火履歴による検討結果、地球物理学的調査結果等によると、原子力発電所の運用期間中には、木次降下軽石のような広域火山灰を降下させる規模の噴火を起こす可能性は極めて低いと考えられる。
- ・原子力発電所の運用期間中の規模として、木次降下軽石以外の噴火の中で降下火砕物として最大規模となる浮布降下火山灰(噴出量4.15km³)の噴火の可能性を考慮する。

論点項目<32> 火山灰想定の設定根拠
三瓶山の敷地周辺の層厚を踏まえた検討

・敷地は三瓶山の風下側に位置し、風向によっては降灰が想定される。また、Maruyama et al.(2020)によると、三瓶浮布テフラの分布域は明確に2方向に区分され、その一方(SUk-U)が中国地方の広範囲で分布している。以上のことから、敷地方向への仮想風を考慮した火山灰シミュレーションによる検討に加え更なる保守的な検討として、町田・新井(2011)による50cm等層厚線を敷地周辺で確認された実績層厚として考慮し、三瓶山からの距離に応じた層厚を算定する。

$$\text{敷地における降灰層厚} = (\text{三瓶山} \sim 50\text{cm等層厚線間距離} / \text{三瓶山} \sim \text{敷地間距離}) \times 50\text{cm}$$



原子力発電所の運用期間中の規模として想定した三瓶浮布テフラについて、町田・新井(2011)による50cm等層厚線を敷地周辺で確認された実績層厚として考慮し、三瓶山からの距離に応じた層厚を算定した結果、敷地における降灰層厚は55.5cmとなった。

【降下火砕物の層厚評価における想定噴火規模】

- ・噴火履歴による検討結果等によると、原子力発電所の運用期間中には、木次降下軽石のような広域火山灰を降下させる規模の噴火を起こす可能性は極めて低いと考えられる。
- ・原子力発電所の運用期間中の規模として、木次降下軽石以外の噴火の中で降下火砕物として最大規模となる三瓶浮布テフラ(噴出量 4.15km^3)の噴火の可能性を考慮する。

【文献調査結果・地質調査結果】

- ・敷地では第四紀火山を給源とする降下火砕物(給源不明を含む)は確認されていない。
- ・敷地周辺(敷地を中心とする半径約30km範囲)における地質調査の結果、敷地は三瓶木次テフラ(SK)の等層厚線で10cm程度の範囲に位置している。なお、三瓶山起源のその他の火山灰層は確認されていない。

【火山灰シミュレーション結果】

- ・風向の不確かさを考慮した検討として敷地方向への仮想風を考慮した火山灰シミュレーションを実施した結果、敷地における層厚は33.5cmとなった。
- ・火山の活動様式の不確かさとして火砕流堆積物主体の三瓶大田の噴出規模 6.60km^3 を考慮した火山灰シミュレーションを実施した結果、敷地における層厚は7.5cmとなった。

【三瓶山の敷地周辺の層厚を踏まえた検討結果】

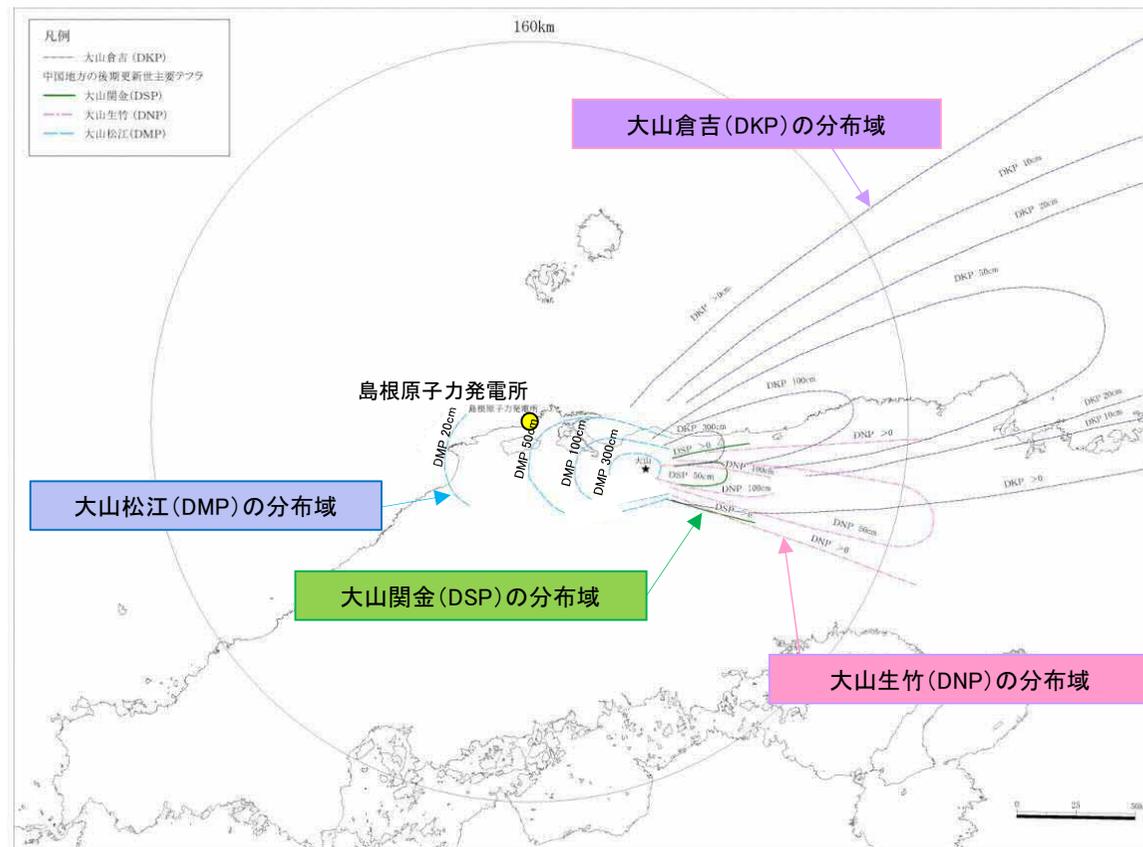
- ・敷地は三瓶山の風下側に位置し、風向によっては降灰が想定される。また、Maruyama et al.(2020)によると、三瓶浮布テフラの分布域は明確に2方向に区分され、その一方(SUK-U)が中国地方の広範囲で分布している。以上のことから、敷地方向への仮想風を考慮した火山灰シミュレーションによる検討に加え更なる保守的な検討として、町田・新井(2011)による50cm等層厚線を敷地周辺で確認された実績層厚として考慮し、三瓶山からの距離に応じた層厚を算定した結果、敷地における降灰層厚は55.5cmとなった。



原子力発電所の運用期間中の規模として想定した三瓶浮布テフラ(噴出量 4.15km^3)について、文献調査、地質調査、火山灰シミュレーション及び敷地周辺の層厚を踏まえた検討結果55.5cmを踏まえ、敷地における降下火砕物の層厚を56cmとする。

論点項目<32> 火山灰想定の設定根拠
大山の降下火砕物の分布に関する調査(文献調査)

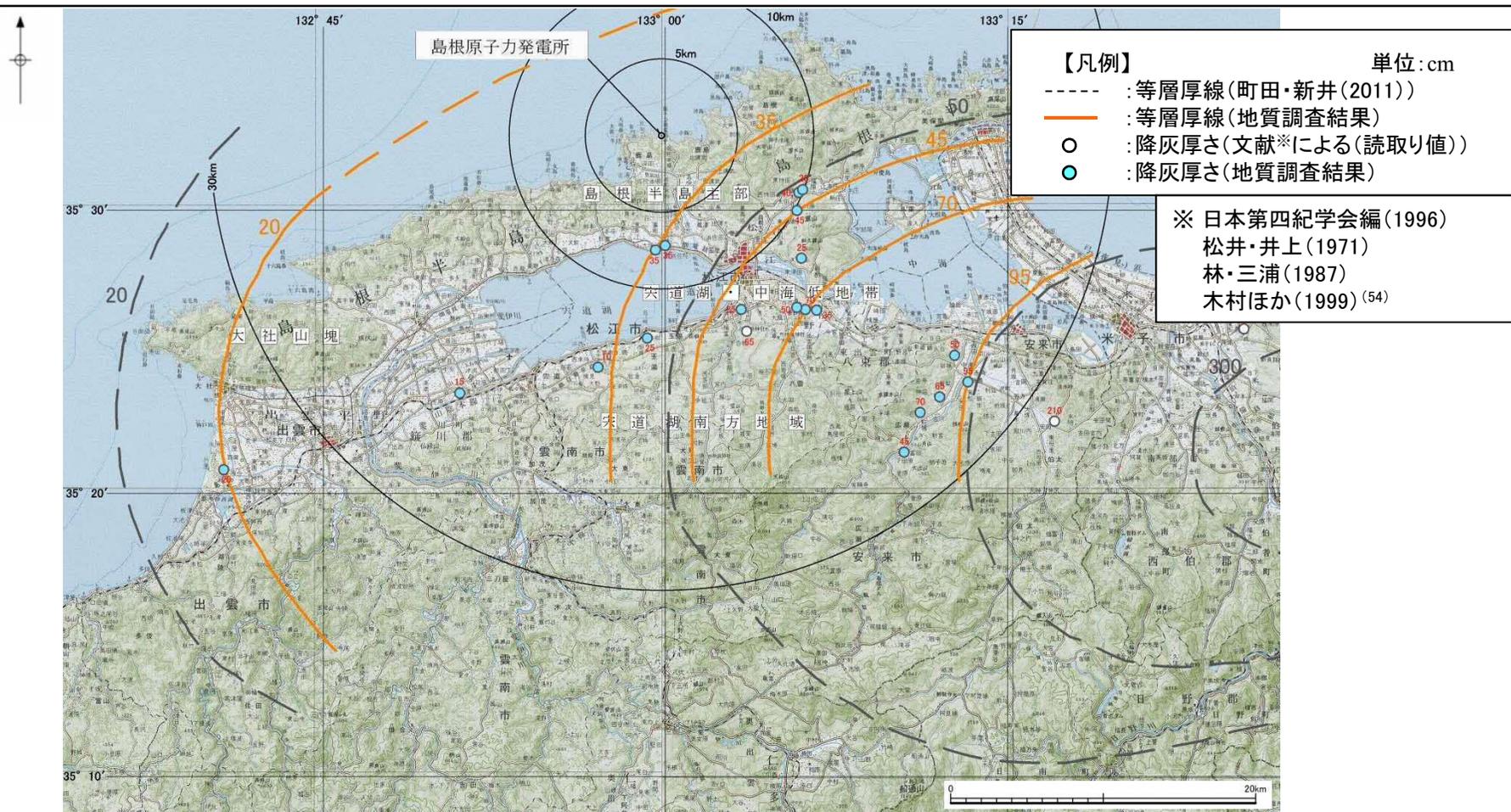
- ・町田・新井(2011)によると, 大山松江(DMP)は敷地に到達(層厚:概ね20~50cm)しているとされており, 分布主軸を火山の西方に伸ばす珍しい分布域をもつテフラとされている。
- ・大山倉吉(DKP), 大山生竹(DNP)及び大山関金(DSP)は敷地に到達していないとされている。



町田・新井(2011)よりテフラの等層厚線を引用・加筆

大山の降下火砕物の分布に関する調査(地質調査:敷地周辺)

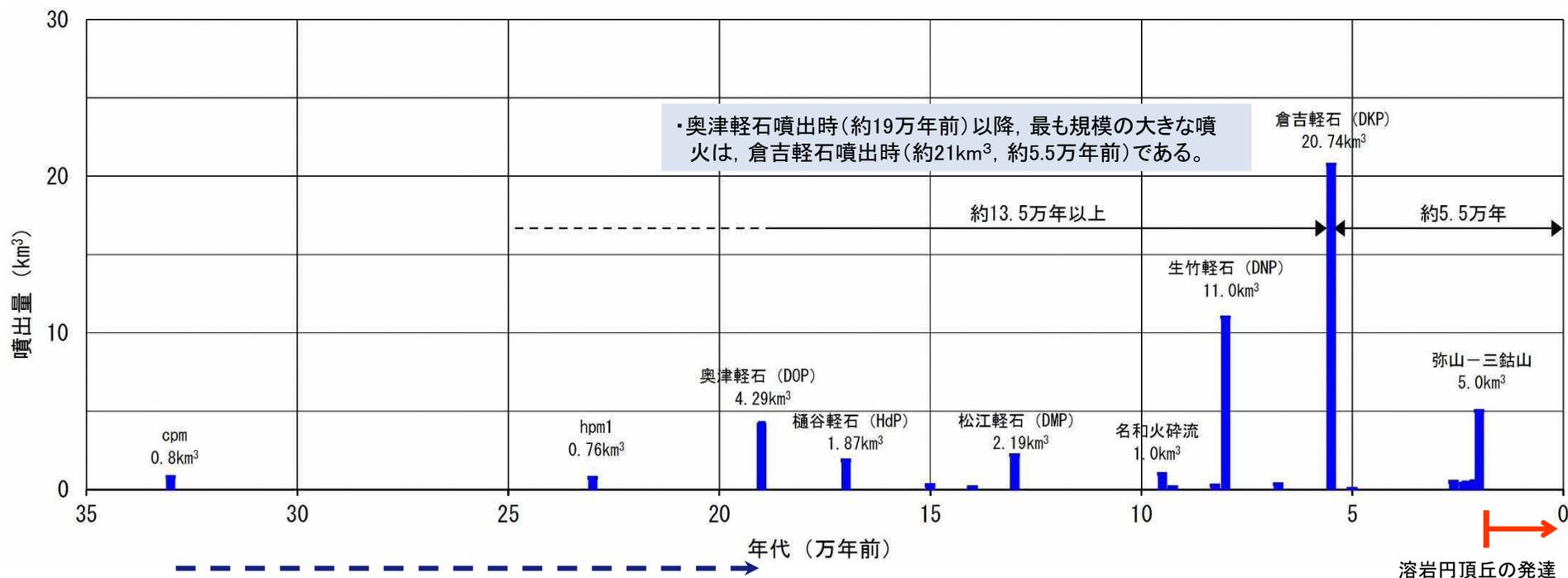
文献調査により、大山松江テフラ(DMP)が敷地周辺(敷地を中心とする半径約30km範囲)に到達している可能性が示唆されたことから、敷地周辺における大山起源の火山灰の層厚を確認するために地質調査を行った。地質調査の結果、大山起源の火山灰のうち、DMPのみが敷地周辺で火山灰層として認められた。地質調査及び文献調査によりDMPが確認された地点及びこれらに基づく等層厚線を示す。



※敷地周辺(敷地を中心とする半径約30km範囲)で確認されたDMPのみを示す。

敷地周辺における地質調査の結果、敷地周辺の層厚は概ね文献と同等であり、敷地は等層厚線20~35cmに位置し、大山松江テフラ(DMP)の敷地における層厚は30cm程度と推定される。

論点項目<32> 火山灰想定の設定根拠
 大山の噴火履歴の検討(新期噴出物の噴火履歴)



・奥津軽石噴出時(約19万年前)以降, 最も規模の大きな噴火は, 倉吉軽石噴出時(約21km³, 約5.5万年前)である。

岡田・石賀(2000)によると, 新期噴出物のうち奥津軽石の下位に続くテフラについては, 今のところその詳細はまったく不明であるとされている。

(第四紀火山カタログ編集委員会(1999), 須藤ほか(2007), 原子力規制委員会(2019), 関西電力(2019)に基づき作成)

・溝口凝灰角礫岩の堆積以降において, 最も規模の大きな噴火は倉吉軽石(DKP)噴出時である。
 ・約40万年前以降, 噴火規模の最も大きな倉吉軽石規模の噴火までの期間(約34.5万年)は, 最新の噴火からの経過時間(約5.5万年)に比べ十分に長い。更に, 奥津軽石(約19万年前)の噴火から倉吉軽石規模の噴火までの期間(約13.5万年)を見積もっても, 最新の噴火からの経過時間(約5.5万年)に比べ十分に長いことから, 原子力発電所の運用期間中には, 倉吉軽石のような広域火山灰を降下させる規模の噴火を起こす可能性は極めて低いと考えられる。
 ・一方, それ以外の噴火については, 倉吉軽石噴出時以前もしくは以降においても繰り返し発生している。

論点項目<32> 火山灰想定の設定根拠 大山の噴火規模の想定(まとめ)

12

【降下火砕物の分布に関する調査結果】

・敷地周辺(敷地を中心とする半径約30km範囲)における地質調査の結果、敷地周辺の層厚は概ね文献と同等であり、敷地は等層厚線20～35cmに位置し、大山松江テフラ(DMP)の敷地における層厚は30cm程度と推定される。

【噴火履歴による検討結果】

- ・現在は火山活動の末期である第4期の溶岩円頂丘が発達しているとし、後期型円錐火山とされている。
- ・溝口凝灰角礫岩の堆積以降において、最も規模の大きな噴火は倉吉軽石(DKP)噴出時である。
- ・階段ダイヤグラムによる検討の結果、約40万年前以降、噴火規模の最も大きな倉吉軽石規模の噴火までの期間(約34.5万年)は、最新の噴火からの経過時間(約5.5万年)に比べ十分に長い。更に、奥津軽石(約19万年前)の噴火から倉吉軽石規模の噴火までの期間(約13.5万年)を見積もっても、最新の噴火からの経過時間(約5.5万年)に比べ十分に長いことから、原子力発電所の運用期間中には、倉吉軽石のような広域火山灰を降下させる規模の噴火を起こす可能性は極めて低いと考えられる。
- ・一方、それ以外の噴火については、倉吉軽石噴出時以前もしくは以降においても繰り返し発生している。
- ・生竹軽石(DNP)の噴出規模は、等層厚線図を用いて算出した結果、Legros法の場合、1.8～3.4km³、Hayakawa法の場合、5.8～11.0km³となること、また、原子力規制委員会(2018)によれば、生竹軽石(DNP)の噴出規模は既往の研究で考えられてきた規模を上回る10km³以上と考えられるとしていることから、火山影響評価上、生竹軽石(DNP)の噴出規模を11.0km³とする。

【マグマ供給系に関する検討結果】

・マグマ噴出率とマグマ組成変化の関係より、約2万年前の三鈷峰噴出では低噴出率期のトレンドに戻っていることから、原子力発電所の運用期間中には、倉吉軽石のような広域火山灰を降下させる規模の噴火を起こす可能性は極めて低いと考えられる。

【地球物理学的調査結果】

・大山の地下深部に広がる低速度・高ポアソン比と、2000年鳥取県西部地震震源域のモホ面付近に集中する低周波微小地震の存在から、マグマ溜まりの存在する可能性を示唆しているが、仮にマグマ溜まりとしても、これらの低速度・高ポアソン比は20km以深に位置しており、東宮(1997)による玄武岩質マグマの浮力中立点の深度12kmよりも深い位置にあると推察されることから、原子力発電所の運用期間中には、大山倉吉軽石のような広域火山灰を降下させる規模の噴火を起こす可能性は極めて低いと考えられる。

・噴火履歴による検討結果、地球物理学的調査結果等によると、原子力発電所の運用期間中には、大山倉吉軽石のような広域火山灰を降下させる規模の噴火を起こす可能性は極めて低いと考えられる。

・原子力発電所の運用期間中の規模として、敷地周辺において確認された大山松江軽石の噴出規模2.19km³を想定する。

・更に、大山倉吉軽石以外の噴火の中で最大規模となる大山生竹軽石(噴出量11.0km³)の噴火の可能性も考慮する。

【降下火砕物の層厚評価における想定噴火規模】

- ・噴火履歴による検討結果等によると、原子力発電所の運用期間中には、大山倉吉軽石のような広域火山灰を降下させる規模の噴火を起こす可能性は極めて低いと考えられる。
- ・原子力発電所の運用期間中の規模として、敷地周辺において確認された大山松江軽石の噴出規模 2.19km^3 を想定し、火山灰シミュレーションを実施する。
- ・更に、大山倉吉軽石以外の噴火の中で最大規模となる大山生竹軽石(噴出量 11.0km^3)の噴火の可能性も考慮する。

【文献調査結果・地質調査結果】

- ・敷地では第四紀火山を給源とする降下火砕物(給源不明を含む)は確認されていない。
- ・敷地周辺(敷地を中心とする半径約 30km 範囲)における地質調査の結果、敷地周辺の層厚は概ね文献と同等であり、敷地は等層厚線 $20\sim 35\text{cm}$ に位置し、大山松江テフラ(DMP)の敷地における層厚は 30cm 程度と推定される。なお、大山起源のその他の火山灰層は確認されていない。
- ・大山生竹テフラ(DNP)は、敷地及び敷地周辺では確認されていない。

【大山松江テフラに関する火山灰シミュレーション結果】

- ・現在の気象条件では、敷地の東方に位置する大山を給源とする降下火砕物が町田・新井(2011)や地質調査結果において確認されたような西向きの降灰分布となる可能性は極めて低いことが火山灰シミュレーションからも確認された。

【大山生竹テフラに関する火山灰シミュレーション結果】

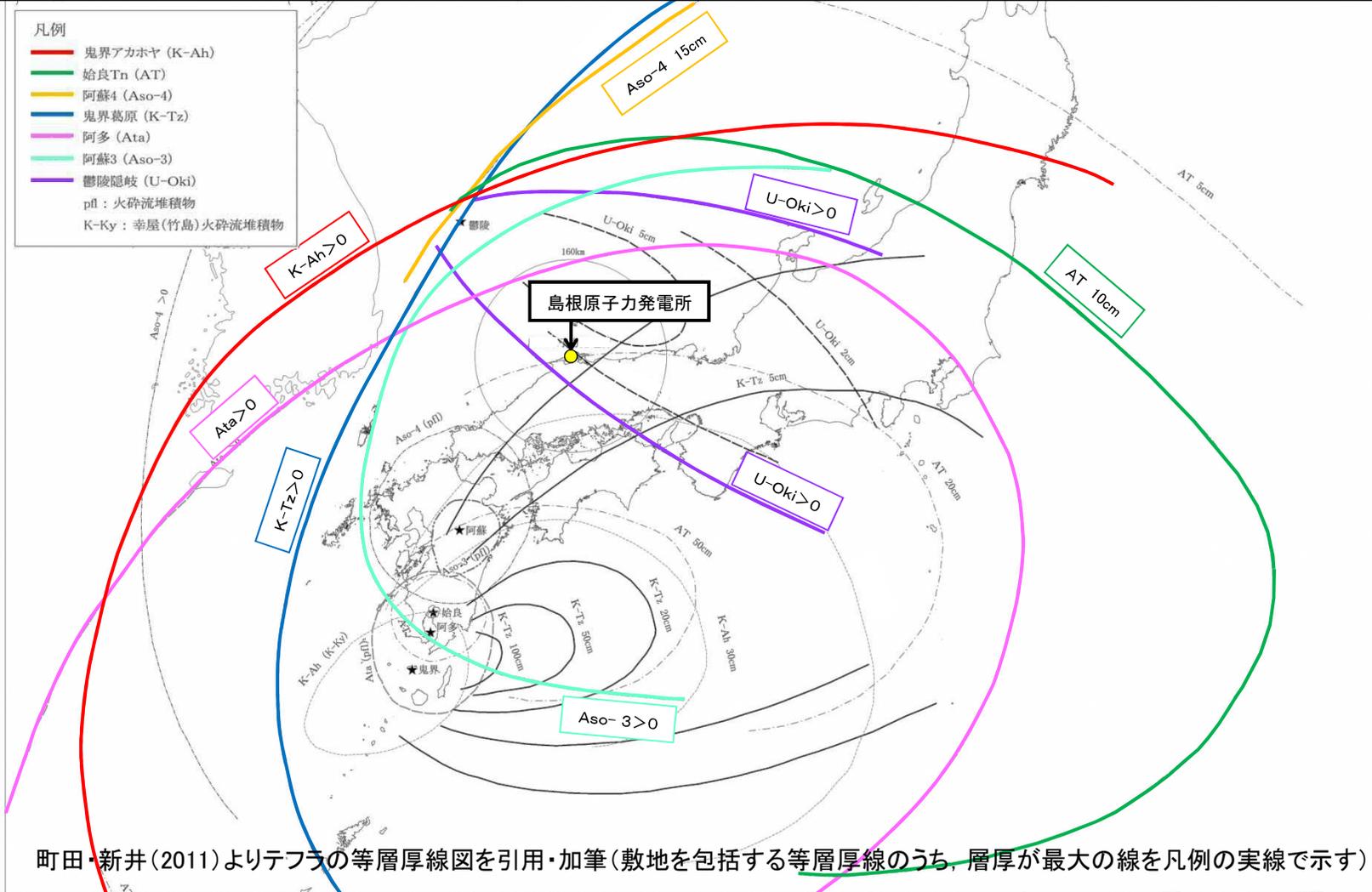
- ・風向の不確かさを考慮した検討として敷地方向への仮想風を考慮した火山灰シミュレーションを実施した結果、敷地における層厚は 44.5cm となった。
- ・なお、敷地は大山の風上側に位置すること、大山生竹テフラは、大山から東方への細長い降灰分布を示し、その分布範囲も限定的であることから、敷地周辺の層厚を踏まえた検討は実施しない。



原子力発電所の運用期間中の規模として想定した大山生竹テフラ(噴出量 11.0km^3)について、文献調査、地質調査及び火山灰シミュレーションを踏まえた検討結果 44.5cm を踏まえ、敷地における降下火砕物の層厚を 45cm とする。

論点項目<32> 火山灰想定の設定根拠
 敷地における降下火砕物の分布に関する文献調査(地理的領域外)

町田・新井(2011)によると、地理的領域外の火山のうち、敷地に到達した可能性のある降下火砕物の給源は、鬼界カルデラ、始良カルデラ、阿多カルデラ、阿蘇カルデラ及び鬱陵島とされている。



鬼界カルデラ・始良カルデラ・阿多カルデラ・阿蘇カルデラは、発電所の運用期間中に破局的噴火が発生する可能性は極めて低いため、降下火砕物による敷地への影響はないものと考えられる。

論点項目<32> 火山灰想定の設定根拠
敷地において考慮する降下火砕物の層厚

対象火山		評価結果
地理的領域内 (半径160km以内)	三瓶山	三瓶浮布テフラ(噴出量4.15km ³)について、文献調査、地質調査、火山灰シミュレーション及び敷地周辺の層厚を踏まえた検討結果55.5cmを踏まえ、敷地における降下火砕物の層厚を56cmとする。
	大山	大山松江テフラ(噴出量2.19km ³)について、地質調査の結果、敷地における層厚は30cm程度と推定される。 大山生竹テフラ(噴出量11.0km ³)について、文献調査、地質調査及び火山灰シミュレーションを踏まえた検討結果44.5cmを踏まえ、敷地における降下火砕物の層厚を45cmとする。
	三瓶山・大山 以外の16火山	三瓶山・大山以外の16火山からの降下火砕物は、島根半島には認められないとされることから、三瓶山・大山による敷地における降下火砕物の層厚を上回るものではないものと考えられる。
地理的領域外 (半径160km以遠)	鬼界カルデラ 始良カルデラ 阿多カルデラ 阿蘇カルデラ	鬼界カルデラ・始良カルデラ・阿多カルデラ・阿蘇カルデラは、発電所の運用期間中に破局的噴火が発生する可能性は極めて低いため、降下火砕物による敷地への影響はないものと考えられる。
	鬱陵島	鬱陵隠岐噴出時の火山灰は、敷地付近では層厚2cm以下とされている。火山灰シミュレーションを実施した結果、敷地における降下火砕物の層厚は0.1cm以下であった。



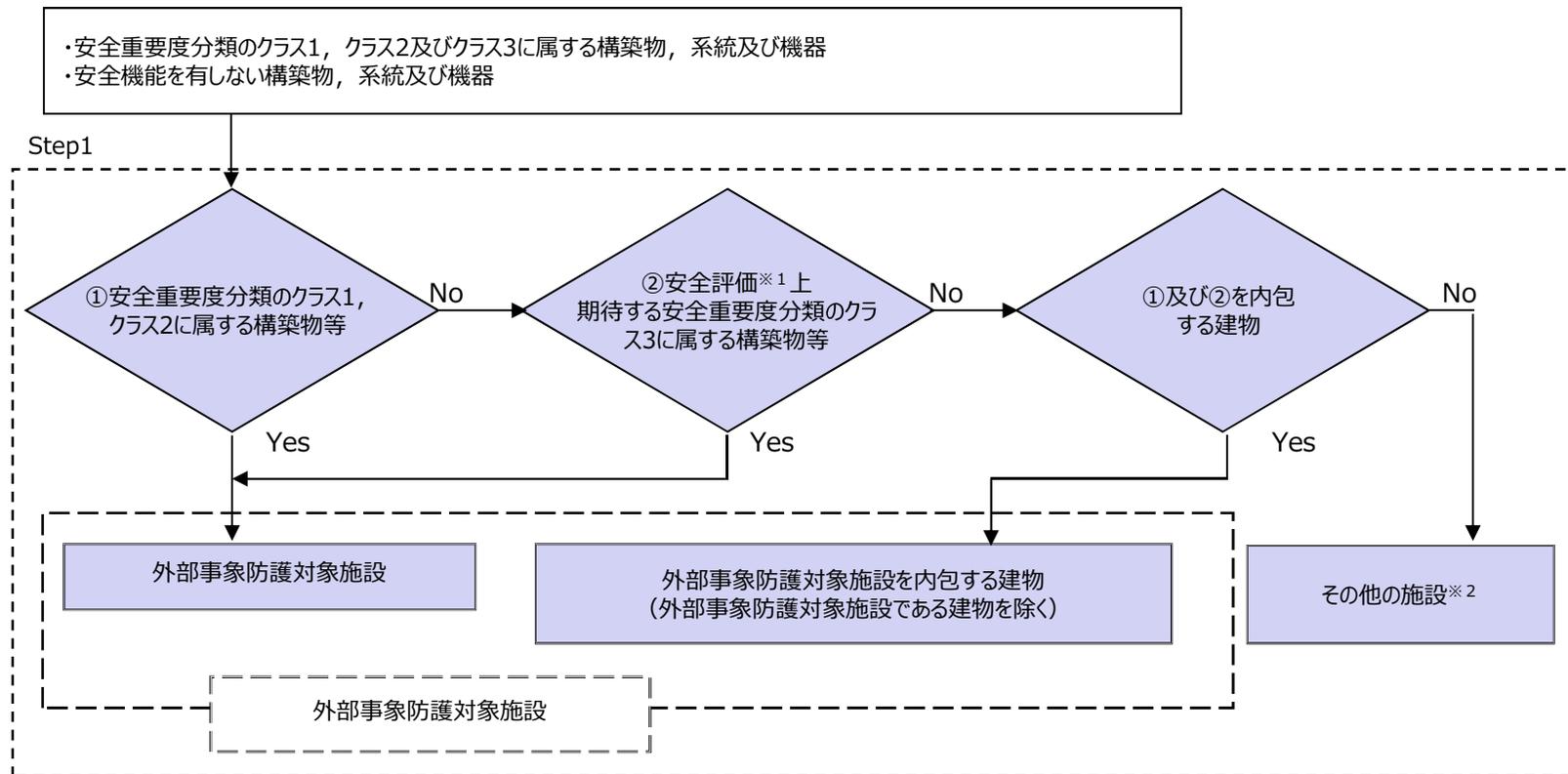
原子力発電所に影響を及ぼし得る火山について、発電所の運用期間中の噴火規模を想定し、降下火砕物の影響評価を行った結果、敷地において考慮する降下火砕物の層厚を56cmと評価する。

・論点項目<33>

火山灰による重要設備への影響は考慮されているか

1. 安全施設のうち評価対象施設等の抽出（1 / 2）

■ 設置許可基準規則第6条の要求事項として、外部事象防護対象施設を抽出し、これらに対して降下火砕物発生時の要求事項を踏まえて、網羅的に防護施設を抽出した。評価対象施設等の抽出フローを以下に示す。



※1 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故解析。

※2 その他の施設のうち安全施設は降下火砕物に対して機能を維持すること若しくは降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での除灰、修復等の対応が可能であることを確認する。

図 外部事象防護対象施設評価フロー

1. 安全施設のうち評価対象施設等の抽出 (2 / 2)

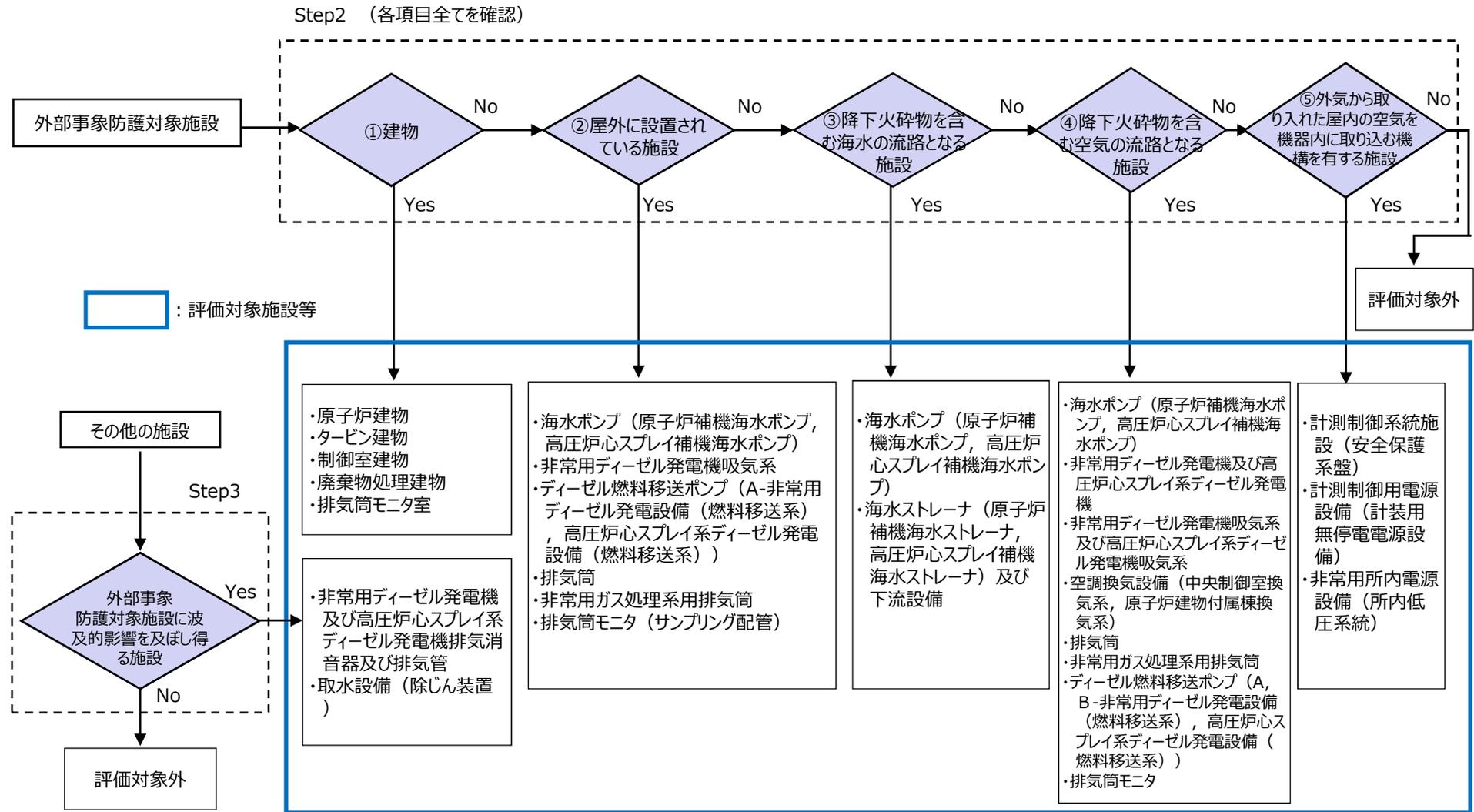


図 評価対象施設等の抽出フロー

2.降下火砕物に対する設計方針及び評価結果

■ 降下火砕物による直接的な影響（荷重，閉塞，腐食等）に対して評価対象施設等が安全機能を損なわないことを確認＜直接的影響評価＞

(1)評価対象施設等を内包する建物（原子炉建物，制御室建物，タービン建物及び廃棄物処理建物）の設計方針及び評価結果

評価項目	設計方針	評価結果
構造物への静的 負荷	a. 設計時の構造計算結果に基づく評価 許容堆積荷重が降下火砕物による堆積荷重他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。	許容堆積荷重は設計堆積荷重を上回っていることから，対象建物の健全性への影響はない(表 1 参照)。
	b. 補強内容を反映した条件に基づく評価 二次元フレームモデルを用いた応力解析を行い，発生応力度が許容値を超えないことにより，構造健全性を失わず安全機能を損なわない設計とする。	降下火砕物の堆積時において，発生応力度が許容値を超えていないことから，対象建物の健全性への影響はない(表 2 参照)。
構造物への化学 的影響(腐食)	腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが，外装の塗装等によって，短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。	外壁塗装を施していることから，降下火砕物による短期での腐食により機能に影響を及ぼすことはない。

2. 降下火砕物に対する設計方針及び評価結果

表1 評価対象建物の堆積荷重評価結果 (a.設計時の構造計算結果に基づく評価)

評価対象建物	評価部位※1	設計 堆積荷重※2 (N/m ²)	許容堆積荷重※3 (N/m ²)	評価 結果
原子炉建物	屋根スラブ (屋根トラス上部)	8,938	17,200	○
	小梁		13,100	○
制御室建物	屋根スラブ		23,700	○
タービン建物	大梁		15,000	○
廃棄物処理建物	大梁		11,900	○

※1:評価対象建物の全ての評価部位のうち最も裕度が小さい部位(原子炉建物及びタービン建物の屋根トラス部を除く)及び原子炉建物の屋根スラブを記載。

※2:降下火砕物堆積量(56cm)に積雪量(35cm)を加えて設定した荷重。

※3:積載荷重として考慮する除灰時の人員荷重981N/m²を差し引いて設定した値。

表2 評価対象建物の堆積荷重評価結果※1, ※2 (b.補強内容を反映した条件に基づく評価)

評価対象建物	評価部位※3	応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	応力度比	評価 結果
原子炉建物	主トラス(斜材)	150.8	235	0.65	○
	二次部材(サブビーム)	173.6	220	0.79	○
タービン建物	主トラス(斜材)	208.4	235	0.89	○
	二次部材(母屋)	169.7	193	0.88	○

※1:降下火砕物堆積量(56cm)に積雪量(35cm)及び積載荷重として除灰時の人員荷重981N/m²を考慮した荷重を加えて設定した荷重による評価結果。

※2:風による水平荷重を建物フレームの構成部材として負担する屋根トラス部の主トラスについては、風荷重を考慮した評価結果。

※3:評価対象建物の屋根トラス部のうち最も裕度が小さい部位を記載。

2. 降下火砕物に対する設計方針及び評価結果

(2) 非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機（吸気系、排気消音器及び排気管含む）の設計方針及び評価結果

非常用ディーゼル発電機の設計方針及び評価結果

評価項目	設計方針	評価結果
換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響(閉塞・摩耗)	<p>給気消音器のフィルタにより、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する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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、閉塞しない設計とする。 ・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し摩耗により安全機能を損なわない設計とする。 	<p>給気消音器のフィルタ（粒径約 1 ～ 5 μm 程度のものを80%以上捕集）により、降下火砕物の侵入を防止している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・粒径約 1 ～ 5 μm 程度のものは過給機、空気冷却器に侵入する可能性はあるが、機器の間隙は十分大きく閉塞に至らない（次頁参照）。 ・機関シリンダ内に降下火砕物が侵入しても、降下火砕物は破碎し易く、硬度が低い、また耐摩耗性のある材料を使用していることから、摩耗が設備に影響を与える可能性は小さい。※1
換気系、電気系及び計装制御系に対する化学的影響(腐食)	<p>腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、金属材料を用いることで、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。</p>	<p>金属材料を用いていることから、降下火砕物による短期での腐食により機能に影響を与えにくい。</p>

※1: 現在までの保守点検において有意な摩耗は確認されていないことから、影響は小さいと考えられる。

2. 降下火砕物に対する設計方針及び評価結果

(3) 排気筒及び非常用ガス処理系用排気筒の設計方針及び評価結果

排気筒及び非常用ガス処理系用排気筒の設計方針及び評価結果

評価項目	設計方針	評価結果
換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響(閉塞)	<p>①排気筒は降下火砕物の侵入により排気流路が閉塞しない設計とする。</p> <p>②非常用ガス処理系用排気筒は、開口部の形状により降下火砕物が侵入しにくい設計とする。</p>	<p>①排気筒については、排気速度が降下火砕物の降下速度より大きく、降下火砕物が侵入することはない。</p> <p>②非常用ガス処理系用排気筒については開口部が水平方向であり、降下火砕物が侵入しにくい構造であることを確認。</p>
構造物への化学的影響(腐食)	<p>腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、塗装の実施等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。</p>	<p>外装塗装を実施していることから降下火砕物による短期での腐食により機能に影響を及ぼすことはない。</p>

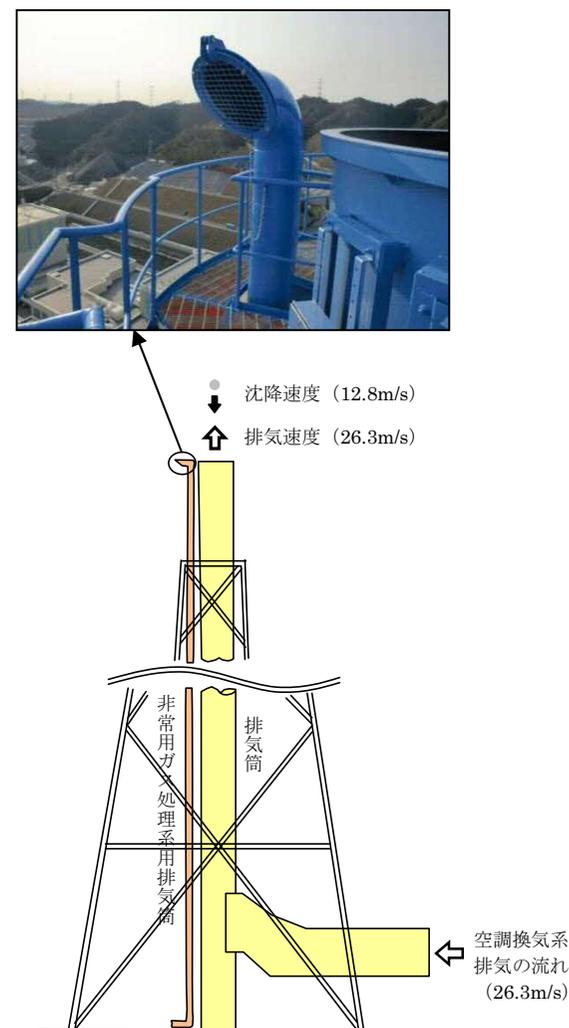


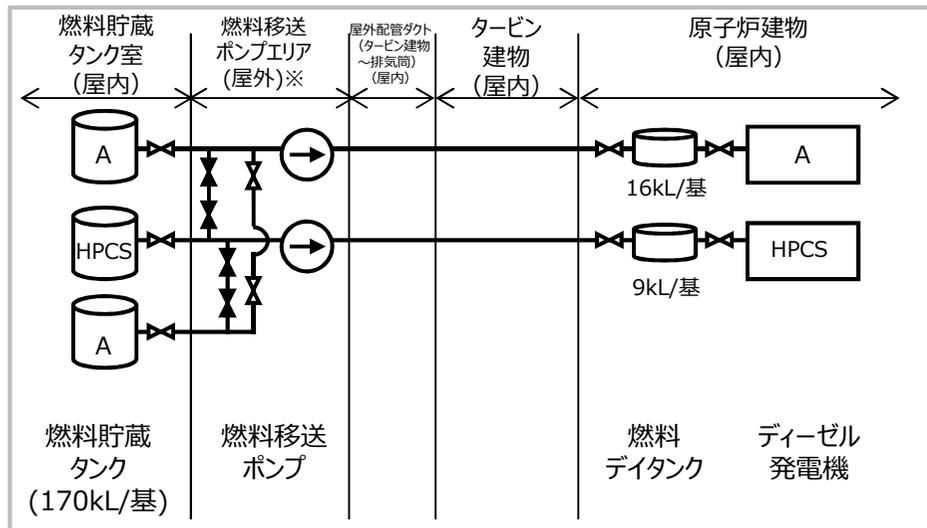
図 排気筒周辺の概要

2. 降下火砕物に対する設計方針及び評価結果

- 外部電源喪失等を考慮した場合においても、発電用原子炉の停止、冷却等に必要となる電源の供給が継続できることを確認<間接的影響評価>

間接的影響に対する設計方針及び評価結果

評価項目	設計方針	評価結果
外部電源喪失	7日間の外部電源喪失、また、原子力発電所外での影響（長期間の外部電源の喪失及び交通の途絶）を考慮した場合においても、発電用原子炉の停止及び停止後の発電用原子炉の冷却、並びに燃料プールの冷却に係る機能を担うために必要となる電源の供給が継続できる設計とする。	非常用ディーゼル発電機（2台）及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機（1台）とそれぞれに必要な燃料ディタンク、燃料貯蔵タンクを有しており、発電用原子炉の停止及び、停止後の発電用原子炉の冷却並びに燃料プールの冷却に係る機能を担うための電源供給が可能であることを確認（下図参照）。
アクセス制限		



※燃料移送ポンプエリア竜巻防護対策設備で覆われていることから、降下火砕物の静的荷重に対して影響はない

図1 A-非常用ディーゼル発電設備及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備燃料移送系の構成

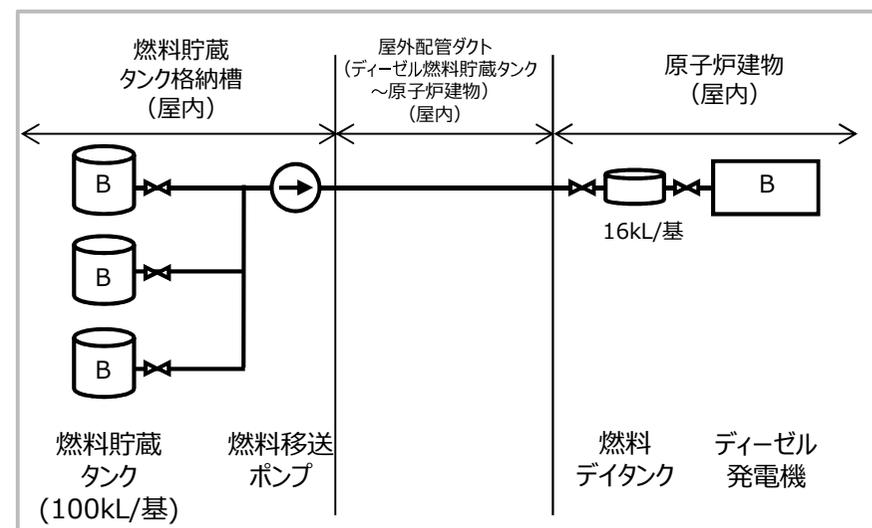


図2 B-非常用ディーゼル発電設備 燃料移送系の構成

3. 降下火砕物の除去等の対策

■降下火砕物が及ぼす影響に備えて、運用手順を定め、段階的に対応する。

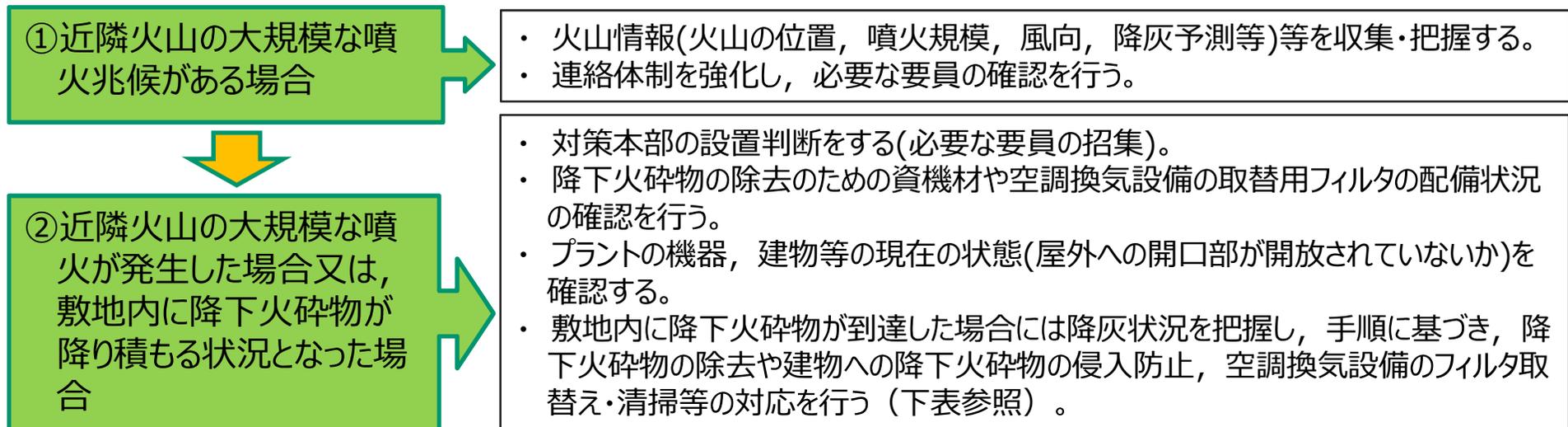


表 降灰時の手順と目的

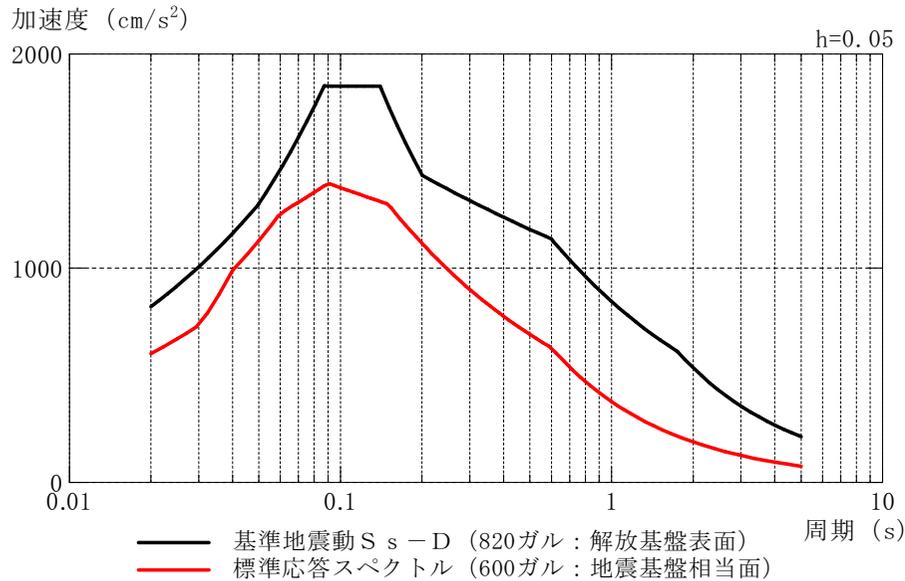
降灰時の手順	目的
設備等の除灰	<ul style="list-style-type: none"> 建物や屋外の設備等に降下火砕物の荷重が長期間に加わることを防ぐ。 降下火砕物の付着による腐食等が生じる状況を緩和する。
建物内への降下火砕物の侵入の防止	建物内への降下火砕物の侵入を防止するため, 状況に応じて給気隔離弁の閉止, 空調換気設備の停止又は系統隔離運転モードを実施する。
空調換気系フィルタ取替え・清掃	空調換気設備の外気取入口のフィルタについて, フィルタ差圧を確認するとともに, 状況に応じて取替え又は清掃を実施する。

▪ 論点項目<14>

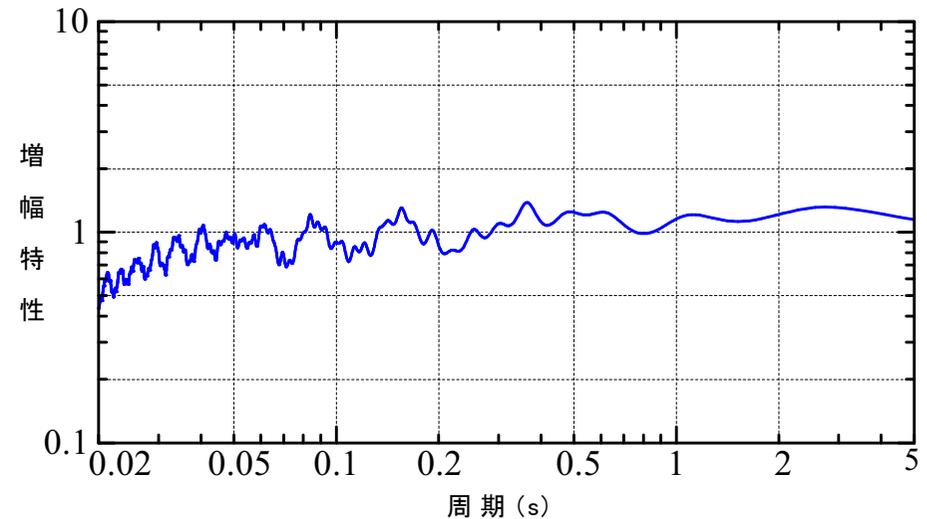
規制委員会でバックフィットが検討されている
標準応答スペクトルを考慮すると、今後基準
地震動が変更になる可能性はないか

標準応答スペクトルの基準地震動への影響

■ 基準地震動S_s-D (820gal)は標準応答スペクトル(600gal)を大きく上回っている。また、地震動評価に用いる地下構造モデルは地震基盤面から解放基盤表面までの間で地震動を大きく増幅させるような構造ではない(増幅は概ね1倍程度)ことから、標準応答スペクトルは島根サイトの地下構造を考慮しても基準地震動に影響を及ぼすものではないと考えている。検討内容の詳細について今後規制庁へ説明していく予定。



基準地震動S_s-Dと標準応答スペクトルの比較



解放基盤表面/地震基盤面の地盤増幅特性



基準地震動S_s-Dと標準応答スペクトル(地盤増幅考慮)との大小関係

地震動評価に用いる地下構造モデル

層番号	標高 (m)	層厚 (m)	S波 速度 (m/s)	P波 速度 (m/s)	密度 (kg/m ³)	減衰定数(%)		
						hs(f)	hp(f)	
	-10							解放基盤表面
1		14	1520	3240	2500	$12.3f^{-0.733}$	$31.1f^{-0.733}$	
2	-24	116	1900	3860	2570	$6.53f^{-0.463}$	$13.5f^{-0.463}$	
3	-140	32	2100	4150	2490	$11.4f^{-0.739}$	$16.9f^{-0.739}$	
4	-172	43	1770	3800	2560	$13.0f^{-0.817}$	$13.9f^{-0.817}$	
5	-215	130	2530	5220	2680	$3.81f^{-0.363}$	$4.27f^{-0.363}$	
6	-345	610	2190	4350	2650	$2.51f^{-0.497}$	$2.70f^{-0.497}$	
7	-955	555	2730	5160	2640	$4.73f^{-0.920}$	$4.84f^{-0.920}$	
8	-1510	530	3020	5220	2620	0.250	0.125	地震基盤面
9	-2040	13960	3570	6180	2720	0.185	0.091	
10	-16000	22000	3870	6700	2800	0.125	0.063	
11	-38000	∞	4510	7800	3100	0.100	0.050	