

3.1.4 安全裕度評価

設計上の想定を超える事象の発生を仮定し、評価対象の発電用原子炉施設が、どの程度の事象まで燃料体又は使用済燃料（以下「燃料体等」という。）の著しい損傷を発生させることなく、また、格納容器機能喪失及び放射性物質の異常放出をさせることなく耐えることができるか、安全裕度を評価する。また、燃料体等の著しい損傷並びに格納容器機能喪失及び放射性物質の異常放出を防止するための措置について、深層防護(**defense in depth**)の観点から、その効果を示すとともに、クリフエッジ・エフェクト（例えば、設計時の想定を超える地震及び津波により機器類の損傷、浸水等が生じ、燃料損傷等を引き起こす安全上重要な機器等の一連の機能喪失が生じること。）を特定して、設備の潜在的な脆弱性を明らかにする。これにより、発電用原子炉施設について、設計上の想定を超える外部事象に対する頑健性に関して、総合的に評価する。

本届出書では、第 3 回安全性向上評価届出書（2021 年 10 月 6 日付け 関原発第 391 号）（以下、「第 3 回届出書」という。）で実施した、特定重大事故等対処施設（以下、「特重施設」という。）、常設直流電源設備（3 系統目）（以下、「第 3 バッテリー」という。）、送水車及び R C P - S D S を考慮した安全裕度評価に対して、クリフエッジとなっていた代表弁について地震 PRA で実施したフラジリティ評価の精緻化を反映し、地震、津波及び地震と津波の重畳事象評価（随件事象評価を含む）、その他自然現象に対するリスク評価、事象進展と時間評価に関する評価並びに追加措置の抽出について実施する。

3.1.4.1 評価実施方法

3.1.4.1.1 評価項目

評価項目は、「実用発電用原子炉の安全性向上評価に関する運用ガイド（2020年3月31日 原規規発第20033110号 原子力規制委員会決定）」（以下「運用ガイド」という。）に記載している、以下の項目について評価を実施する。

【評価項目】

- ・地震
- ・津波
- ・地震と津波の重畳事象（地震随件事象及び津波随件事象含む）
- ・その他自然現象に対するリスク評価

なお、地震、津波以外のその他自然現象に対するリスク評価については、必ずしもクリフエッジを求めるような安全裕度評価を行うのではなく、各自然現象の特性に応じた評価手法によりリスク評価を実施する。

また、号機間相互影響評価については高浜発電所4号機第4回届出時に実施する。

3.1.4.1.2 評価の進め方

(1) 各評価項目に対する共通的な前提条件及び留意事項

評価において、事象の進展過程については、イベントツリーの形式で示すこととし、イベントツリーの各段階において、その段階で使用可能な防護措置について検討し、それぞれの有効性及び限界を示す。このような各段階の状況を示すことにより、深層防護の観点からの評価を明らかにする。評価に当たっては、以下の点に留意する。

- a. 起因事象発生時の状況として、最大出力下での運転等、最も厳しい運転条件を想定するとともに、使用済燃料ピットが使用済燃料で満たされている等、最も厳しい発電用原子炉の状態を設定する。

- b. 評価対象事象は、地震、津波及びその他自然現象とする。地震と津波については、これらの重畳事象についても想定する。評価においては、設計段階での想定事象に限らず、最新の知見に照らして最も過酷と考えられる条件及びそれを上回る事象を想定する。
- c. 地震及び津波に対する随件事象やその他自然現象の重畳による影響を確認する。具体的には、前項の評価結果から特定されるクリフエッジを回避するために必要な緩和機能を防護すべき対象と位置付け、これらに対する随件事象やその他自然現象の重畳の影響を評価する。
- d. 発電用原子炉及び使用済燃料ピットが同時に影響を受けると想定する。また、防護措置の評価にあたっては、合理的な評価による場合を除き、一度失った機能は回復に期待せず、また外部からの支援は受けられない等、厳しい状況を仮定する。
- e. 個別の発電用原子炉施設で自主的に強化した施設及び機能並びに耐震B・Cクラスの構造物・機器であっても合理的な評価によって機能が維持されることが示せる場合は、その機能に期待するものとする。
- f. 安全裕度評価が自らの発電用原子炉施設の有する安全裕度及び潜在的な脆弱性を把握し、たえず安全性を向上させるためのプロセスの一貫であることを認識しつつ実施する。
- g. 評価時点までに対応を実施した対策を含め、最新の情報を反映した評価を実施する。
- h. 運転開始以降の設備の状態に関し、事象発生後における設備の機能維持、相互干渉、二次的影響、防護措置に係る作業性及び接近性等について情報を収集し、防護措置に係る成立性及び頑健性を確認するため、安全裕度評価の実施方法に照らして確認すべき観点を明確にしたうえで、プラント・ウォークダウンを体系的に実施する。

なお、実施にあたっては、新規制基準への適合性確認やP R

A等、これまでに実施したプラント・ウォークダウンの結果が活用できる場合は、これを活用する。

(2) 建物・構築物、機器等の安全裕度評価における実応答値及び実耐力値又は設計応答値及び設計耐力値の使用方法

a. 地震に対する耐力評価の指標

運用ガイドでは、「安全裕度評価では、実応答値及び実耐力値を用いることとし、設計応答値及び設計耐力値を混在して使用しない。」(運用ガイド 参考資料2 1. 評価実施方法 (3) 安全裕度評価実施事項①(a)より抜粋)とされている。

今回の地震に対する安全裕度評価では、地震に対する耐力評価の指標としてフラジリティを使用することとしている。このフラジリティ評価では、文献値や専門家判断を活用して耐力・応答のそれぞれについて中央値を設定するとともに、対数正規分布を仮定することでそれぞれの分布を考慮しており、得られた耐力分布・応答分布から建物、構築物、機器等の損傷確率を評価している。各分布の作成に当たっては、設計における保守性^{*}を排除した現実的な評価が前提となるため、結果として得られるフラジリティは建物・構築物、機器等の実力値である。

※：設計においては、耐力値・応答値についてそれぞれ以下に例示するような保守性を有している。

耐力値：物性値に規格基準値を使用、機能維持確認済加速度の使用、安全率を付加した許容値の設定等

応答値：保守的な減衰定数の使用、床応答曲線の拡幅、保守的な解析モデル等

フラジリティ評価で考慮する耐力分布・応答分布は設計における保守性を排除した現実的な評価に基づくという点は、建物、構築物、機器等のフラジリティ評価において共通であり、フラジリティを評価指標とする安全裕度評価においては、「設計値と実力値の混在」が発生することはない。

また、運用ガイドでは、評価の信頼性について、「設計応答値

及び設計耐力値を用いる場合には、その信頼度を明確にする。更に、クリフエッジ・エフェクトの値の信頼度（例えば、95%信頼度の5%損傷確率等）には、偶然的不確実さ及び認識論的不確実さを考慮する。また、安全裕度評価が有する信頼性を明確にする。」（運用ガイド 参考資料2 1. 評価実施方法 (3) 安全裕度評価実施事項①(a)より抜粋）と記載されている。

前述の通り、地震に係る安全裕度評価では実力値とみなすことができるフラジリティを指標とするため、運用ガイドの「設計応答値及び設計耐力値を用いる場合」に該当しない。

なお、地震に係る安全裕度評価においては、第 3.1.4.1.2.1 図に示すフラジリティに対して、95%信頼度における5%損傷確率に相当する地震加速度レベル（以下「HCLPF」という。ここで、HCLPFは High Confidence of Low Probability of Failure（高信頼度低損傷確率）の略称である。）を用いてクリフエッジ・エフェクトの値（以下「クリフエッジ・エフェクト地震加速度」という。）を表わすこととし、HCLPFを評価における指標とする。工学分野においては、高い信頼度を求める場合には慣例的に信頼度95%（有意水準5%）が設定されることから、本評価の指標としてHCLPFを使用することは、十分な信頼度が確保できていることを意味するものである。

HCLPFはフラジリティ評価により算出される A_m と不確実さ β_{CR} 及び β_{CU} により、次式のように表される。

$$HCLPF = A_m \times \exp(-1.65 \times (\beta_{CR} + \beta_{CU}))$$

ここで、

A_m : フラジリティ加速度中央値

(損傷確率50%に対応する地震動強さ)

β_{CR} : 偶然的な不確実さ

β_{CU} : 認識論的な不確実さ

である。

β_{CR} 及び β_{CU} は、フラジリティ評価において、物性値や地震応

答等の物理現象が持つ不確実さ、並びに知識及び認識の不足に関係する不確実さを、分布のばらつきとして定量的に評価することにより得るものであり、具体的には以下のとおりである。

・ β_{CR} : 偶然的な不確実さ

材料特性等に見られるように対象物が本来持っている「ばらつく特性」による不確実さである。物理現象が本質的に持っているランダム性に起因する「ばらつき」であるため、データの補充、評価モデルの詳細化を行ったとしても技術的に減じることができない性質のものである。第 3.1.4.1.2.2 図のフラジリティ曲線において、この不確実さ β_{CR} は曲線の傾きに相当する。

安全裕度評価においては、例えば、加振試験等により求めた現実的耐力の統計的精度（試験体の個体差、加振器の動作条件、計測器のノイズ等に起因する統計的精度）の不確実さや、建屋の地震応答評価におけるせん断波速度等の地盤物性値及びコンクリート強度にかかる不確実さ等に、この偶然的な不確実さを考慮している。

・ β_{CU} : 認識論的な不確実さ

知識及び認識の不足に関係する不確実さである。評価に用いるデータの不足、モデルの詳細度、複数の専門家の解釈の相違等が起因となる「不確実さ」を考慮するものといえる。これは、将来的な知識の増加又は科学の進展によってそのばらつきを減じることが期待できる。

この不確実さ β_{CU} はフラジリティ曲線の信頼度と関連しており、第 3.1.4.1.2.2 図における 95%信頼度フラジリティ曲線と 5%信頼度フラジリティ曲線の値の開き（同一損傷確率における地震加速度レベルの値の差）は、 β_{CU} が大きくなるほど大きくなる。評価においてより高い信頼度を必要とするほど、フラジリティ曲線は図の左側（地震加速度が小さい側）に移動し、不確実さ β_{CU} の影響を考慮しない場合（50%信頼度のフ

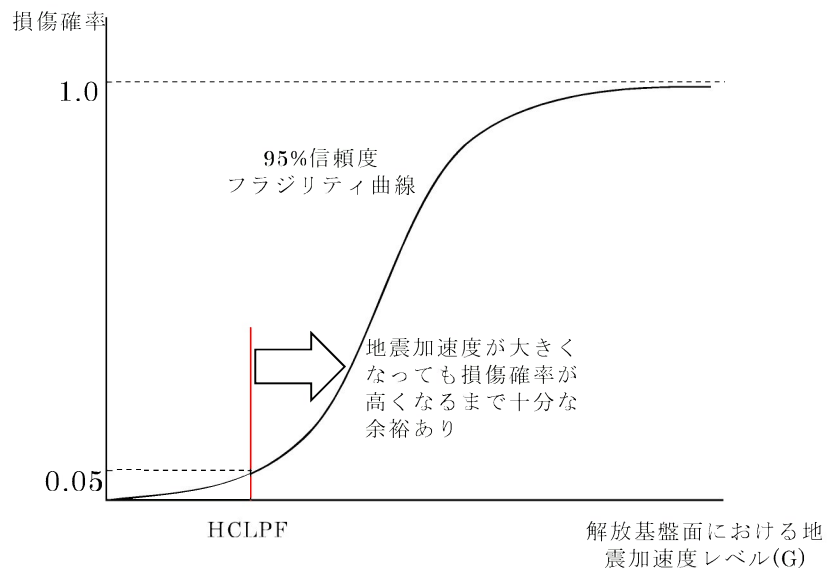
ラジリティ曲線に相当) に比べ、より小さい加速度で高い損傷確率を示すようになる。

安全裕度評価においては、構造部材の現実的耐力を求める際、引張り強さ等の物性値に一般データを用いている場合の不確実さや、評価に用いる解析モデル自体が持つ不確実さ等に、この認識論的不確実さを考慮している。

したがって、HCLPFを指標とすることで、信頼性に関する評価が含まれることとなり、運用ガイドの「偶然的な不確実さ及び認識論的不確実さ」を考慮していることとなる。

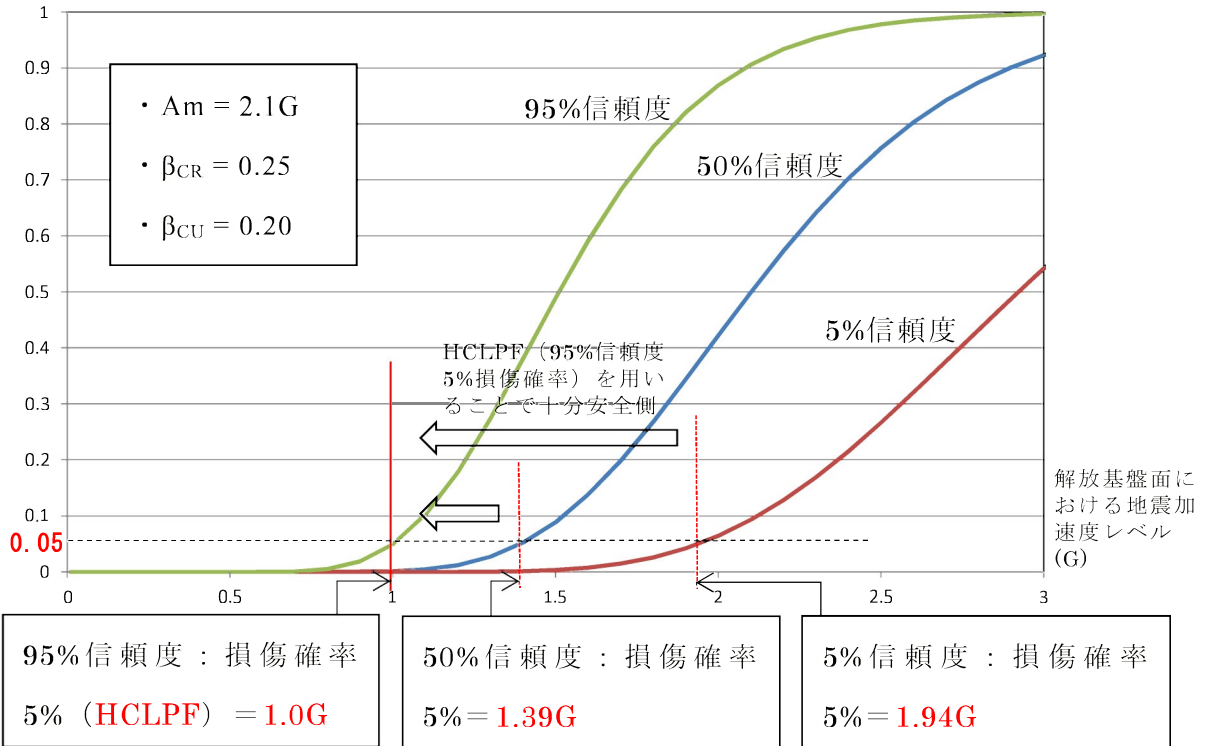
なお、今回の評価においてはクリフエッジ・エフェクト地震加速度を解放基盤面における加速度レベル(G)で記載しているが、上記のとおりHCLPFの定義を踏まえれば、第3.1.4.1.2.1 図に示すとおり、HCLPFに相当する地震加速度が生じても、損傷確率が高くなる地震加速度までは十分な余裕があることから、必ずクリフエッジ・エフェクトが発生することを意味するものではない。

さらに、HCLPFが意味する損傷確率5%の加速度レベルは、前述の通り95%信頼度に基づく値であることを考慮すると、第3.1.4.1.2.2 図に示すとおり、信頼度の観点からも十分安全側(保守的)に設定されている値である。

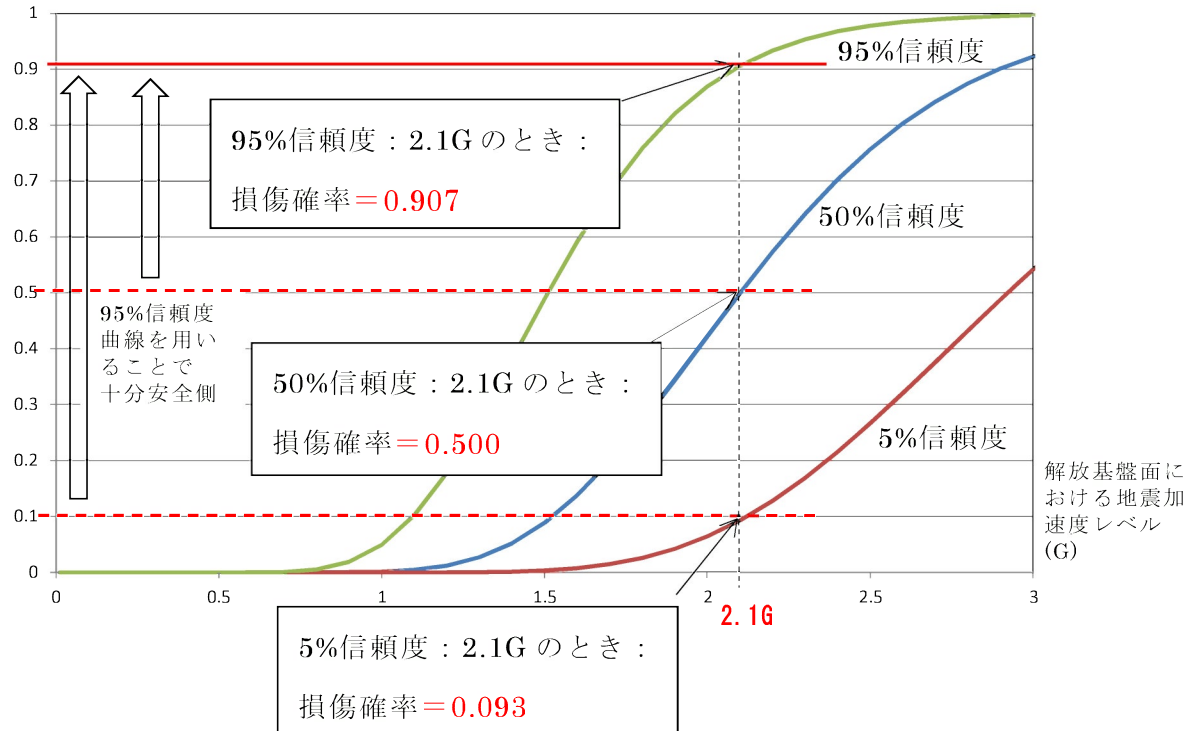


第 3.1.4.1.2.1 図 建物・構築物、機器等の損傷確率

損傷確率



損傷確率



第 3.1.4.1.2.2 図 各信頼度における fragility 曲線^{注)}

($A_m=2.1$ 、 $\beta_{CR}=0.25$ 、 $\beta_{CU}=0.20$ の fragility 曲線を例とする)

注) 各信頼度におけるフラジリティ曲線は以下の式により算出される。

$$F(A) = \Phi \left\{ \frac{\ln \left(\frac{A}{Am} \right) + \beta_{c_U} \cdot X}{\beta_{c_R}} \right\}$$

ここで、

F : 損傷確率

Φ : 標準正規累積分布関数

A : 入力加速度

Am : フラジリティ加速度中央値

(損傷確率 50%に対応する入力加速度 (地震動強さ))

β_{c_R} : 偶然的な不確かさ要因の対数標準偏差

β_{c_U} : 認識論的な不確かさ要因の対数標準偏差

$$\beta_{c_R} = \sqrt{(\beta_{R-s})^2 + (\beta_{R-r})^2}$$

$$\beta_{c_U} = \sqrt{(\beta_{U-s})^2 + (\beta_{U-r})^2}$$

β_{R-s} : 現実的耐力の偶然的な不確かさ

β_{R-r} : 現実的応答の偶然的な不確かさ

β_{U-s} : 現実的耐力の認識論的な不確かさ

β_{U-r} : 現実的応答の認識論的な不確かさ

X : フラジリティ曲線の信頼度 p に対応する標準正規確率変量 ($\Phi^{-1}(p)$)

$p=5\%$ 信頼度の時 $X = -1.65$

$p=50\%$ 信頼度の時 $X = 0$

$p=95\%$ 信頼度の時 $X = 1.65$

b. 津波に対する耐力評価の指標

運用ガイドでは、「安全裕度評価では、実応答値及び実耐力値を用いることとし、設計応答値及び設計耐力値を混在して使用しない。ここで、実応答値及び実耐力値を用いる場合には、その根拠及び妥当性を明確にする。設計応答値及び設計耐力値を用いる場合には、その信頼度を明確にする。更に、クリフエッジ・エフェクトの値の信頼度（例えば、95%信頼度の5%損傷確率等）には、偶然的不確実さ及び認識論的不確実さを考慮する。また、安全裕度評価が有する信頼性を明確化し、フラジリティの信頼度及び損傷の定義を明確にする。」（運用ガイド 参考資料 2 1. 評価実施方法 (3) 安全裕度評価実施事項②(a)より抜粋）とされている。

ここで、津波に関するフラジリティ評価は、「3.1.3 内部事象及び外部事象に係る確率論的リスク評価（PRA）」にて記載したとおり、以下の各損傷・機能喪失の要因に対して実施しているが、ここでは各々の要因に対して、津波に対する安全裕度評価における耐力評価の指標について整理する。

① 被水・没水（屋外設備）

津波PRAに適用した屋外設備の被水・没水に対するフラジリティの作成においては、遡上応答に係る不確実さを考慮している。

ここで、遡上応答に係る不確実さについて、津波に対する安全裕度評価では、クリフエッジ津波高さでの遡上評価を行い津波の遡上による影響を直接評価することで、これに代えることとしている。

このため、津波に対する安全裕度評価では、津波PRAに適用した屋外設備の被水・没水に対するフラジリティを用いる必要は無く、屋外設備の設置高さに津波が到達した時点で、屋外設備が機能喪失するものとする。

② 被水・没水（屋内設備）

津波 P R A に適用した屋内設備の被水・没水に対するフラジリティとしては、建屋シールの耐力を基にしており、遡上応答に係る不確実さを考慮している。

ここで、遡上応答に係る不確実さについて、津波に対する安全裕度評価では、クリフエッジ津波高さでの遡上評価を行い津波の遡上による影響を直接評価することで、これに代えることとしている。このため、津波に対する安全裕度評価では、津波 P R A に適用した屋内設備の被水・没水に対するフラジリティを用いる必要は無く、建屋シール等の設置高さ（E.L.+15.0m）に津波が到達した時点で、屋内設備が機能喪失するものとする。

③ 波力

津波 P R A に適用した復水タンク及び 2 次系純水タンクに対する波力のフラジリティとしては、遡上応答に係る不確実さに加え、限界耐力を定める物性値の不確実さや塑性エネルギー吸収効果に係る不確実さ、評価対象物に津波が衝突した際の水位上昇に係る不確実さを考慮している。

具体的には、第 1 回届出書の「3.1.3 内部事象及び外部事象に係る確率論的リスク評価（P R A）」の第 3.1.3.2.2.3.1 表に示すとおりであり、H C L P F は復水タンクで E.L.+21.2m、2 次系純水タンクで E.L.+28.2m となる。

これは復水タンクの設置高さ E.L.+15.0m、2 次系純水タンクの設置高さ E.L.+25.0m を上回っており、津波に対する安全裕度評価では各々のタンクの設置高さには津波が到達した時点で各タンクが機能喪失するものとするため、津波 P R A に適用した波力のフラジリティを考慮する必要は無い。

④ 漂流物衝突

津波 P R A に適用した復水タンク及び 2 次系純水タンクに対する漂流物衝突のフラジリティとしては、遡上応答に係る

不確実さに加え、限界耐力を定める物性値の不確実さや塑性エネルギー吸収効果に係る不確実さ、漂流物衝突による発生荷重を評価する計算式が有する不確実さを考慮している。

具体的には、第1回届出書の「3.1.3 内部事象及び外部事象に係る確率論的リスク評価（PRA）」の第3.1.3.2.2.3.1表に示すとおりであり、HCLPFは復水タンクで E.L.+18.0m、2次系純水タンクで E.L.+25.2m となる。

これは復水タンクの設置高さ E.L.+15.0m、2次系純水タンクの設置高さ E.L.+25.0m を上回っており、津波に対する安全裕度評価では各々のタンクの設置高さに津波が到達した時点で各タンクが機能喪失するものとするため、津波PRAに適用した漂流物衝突の脆弱性を考慮する必要は無い。

⑤ 海底砂移動

津波PRAに適用した海水ポンプ及び循環水ポンプに対する海底砂移動の脆弱性としては、土砂堆積厚の解析手法に関する不確実さを考慮している。

具体的には、第1回届出書の「3.1.3 内部事象及び外部事象に係る確率論的リスク評価（PRA）」の第3.1.3.2.2.1.7表に示すとおりであり、HCLPFは海水ポンプで E.L.+4.1m、循環水ポンプで E.L.+12.6m となる。

これは海水ポンプの設置高さ E.L.+3.8m、循環水ポンプの設置高さ E.L.+8.7m を上回っており、津波に対する安全裕度評価では各々の設置高さに津波が到達した時点で機能喪失するものとするため、津波PRAに適用した海底砂移動の脆弱性を考慮する必要は無い。

以上を踏まえ、津波に対する安全裕度評価では、津波に関する脆弱性は考慮せず、許容津波高さとして機器等又は建屋シール等の設置高さを用いることとする。

3.1.4.2 評価結果

3.1.4.2.1 地震

(1) 地震単独の評価

a. 炉心損傷防止対策

(a) 出力運転時

i 評価方法

出力運転時の炉心損傷を防止するための措置について、第 3 回届出書の評価と同様に、第 1 回届出書の評価結果における「3.1.4.2.1(1)a.(a) ii ① 起因事象の選定結果」及び「3.1.4.2.1(1)a.(a) ii ② 各起因事象発生に係る H C L P F 及び地震加速度区分の特定結果」を基に、以下の評価を実施する。

① 第 1 回届出書の評価における地震加速度区分の特定結果に対する影響確認

第 1 回届出書の評価における、各起因事象発生に係る H C L P F 及び地震加速度区分の特定結果に対し、代表弁のフラジリティ評価の精緻化の影響を確認する。

② 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

①の結果を踏まえて、第 3 回届出書の評価における、地震により生じる起因事象に対して最も耐力を有する収束シナリオ（以下、「クリフエッジシナリオ」という。）に対し、影響緩和機能及び収束シナリオを特定する。

③ 各影響緩和機能の喪失に係る H C L P F の特定

②項にて特定した各影響緩和機能について、フロントライン系^{*1}及びサポート系^{*2}の各々に対し、機能喪失を引き起こす設備等とその H C L P F を特定する。具体的には、影響緩和機能の機能喪失に係る H C L P F は、フロントライン系とサポート系の機能喪失に至る各々の H C L P F のうち、小さい方となる。

* 1 : 各イベントツリーの安全機能の達成に直接必要な影響緩和機能をフロントライン系という。例えば主給水流量喪失事象では、原子炉停止、補助給水による蒸気発生器への給水、主蒸気逃がし弁による熱放出等がフロントライン系である。

* 2 : フロントライン系を機能させるために必要な電源や冷却水等を供給する機能をサポート系という。例えば、電動補助給水の機能達成に必要な監視、制御のための直流電源やポンプ駆動力のための交流電源等がサポート系である。

④ 各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPFの特定

③項にて特定した各影響緩和機能の喪失に係るHCLPFの結果から、各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPFを特定する。具体的には、各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPFは、当該収束シナリオに必要な各影響緩和機能のHCLPFのうち、最も小さいものとなる。

ii 評価結果

① 第 1 回届出書の評価における地震加速度区分の特定結果に対する影響確認結果

第 1 回届出書の評価における、各起因事象発生に係るHCLPF及び地震加速度区分の特定結果に対し、代表弁のフラジリティ評価の精緻化の影響はなかった。

② 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

第 3 回届出書評価結果における地震加速度区分 2 (1.05G~1.28G未滿) で発生する起因事象である「外部電源喪失」及び「原子炉補機冷却機能喪失」について、別紙 3.1.4.2.1(1)・1 のとおり、影響緩和機能及び収束シナリオを特定した。

収束シナリオの特定においては、炉心の未臨界性が確

保され、かつ、燃料が安定、継続的に冷却される状態に至るシナリオを収束シナリオ（冷却成功）とし、この状態に至らないシナリオを燃料の重大な損傷に至るシナリオ（炉心損傷）とした。

なお、収束シナリオの詳細は以下のとおり。

・収束シナリオ①

起因事象発生の後、原子炉の停止及びディーゼル発電機の起動が成功し、非常用所内電源からの給電がなされ、RCP-SDSの作動に成功した状態において、電動、又はタービン動補助給水ポンプによるSGへの給水が行われる。また、復水タンク枯渇までに海水を補給することにより2次系冷却を継続する。この状態では1次系の保有水量が確保された上で、海水を水源とした安定、継続的な2次系冷却が行われており、燃料の重大な損傷に至る事態は回避される。

・収束シナリオ②

起因事象発生の後、原子炉の停止及びディーゼル発電機の起動が成功し、非常用所内電源からの給電がなされるものの、RCP-SDSの作動に失敗し、RCPシールLOCAが発生しない状態において、電動、又はタービン動補助給水ポンプによるSGへの給水が行われる。制御用空気系統が使用できないことから、主蒸気逃がし弁は現場の手動操作により開放され、2次系による冷却が行われる。1次系の減圧に伴い蓄圧タンクのほう酸水が給水され、1次冷却材と未臨界性を確保する。その後、蓄圧タンク出口隔離弁を中央制御室からの手動操作により閉止する。また、復水タンク枯渇までに海水を補給することにより2次系冷却を継続する。この状態では未臨界性が確保された上で、海水を水源とした安定、継続的な2次系冷却が行われ

ており、燃料の重大な損傷に至る事態は回避される。

・収束シナリオ③

起因事象発生の後、原子炉の停止及びディーゼル発電機の起動が成功し、非常用所内電源からの給電がなされるものの、RCP-SDSの作動に失敗し、RCPシールLOCAが発生した状態において、電動、又はタービン動補助給水ポンプによるSGへの給水が行われる。制御用空気系統が使用できないことから、主蒸気逃がし弁は現場の手動操作により開放され、2次系による冷却が行われる。1次系の減圧に伴い蓄圧タンクのほう酸水が給水され、1次系冷却材と未臨界性を確保する。その後、蓄圧タンク出口隔離弁を中央制御室からの手動操作により閉止する。また、復水タンク枯渇までに海水を補給することにより2次系冷却を継続する。さらにRWS Tを水源として恒設代替低圧注水ポンプによる代替炉心注水により1次系への給水を継続する。大容量ポンプによる補機冷却機能回復後に、余熱除去ポンプ及び充てん／高圧注入ポンプによる高圧再循環運転を行い、格納容器再循環ユニットを用いた格納容器内自然対流冷却により崩壊熱除去を行う。この状態で海を最終ヒートシンクとした安定、継続的な冷却が行われており、燃料の重大な損傷に至る事態は回避される。

・収束シナリオ④

起因事象発生の後、原子炉の停止が成功したもののディーゼル発電機の起動が失敗し、RCP-SDSの作動に成功した状態において、タービン動補助給水ポンプによるSGへの給水が行われる。代替交流電源（空冷式非常用発電装置又は特重電源設備）により交流電源を復旧させた後、復水タンク枯渇までに海水を

補給することにより 2 次系冷却を継続する。この状態では 1 次系の保有水量が確保された上で、海水を水源とした安定、継続的な 2 次系冷却が行われており、燃料の重大な損傷に至る事態は回避される。

・収束シナリオ⑤

起因事象発生の後、原子炉の停止が成功したもののディーゼル発電機の起動及び R C P - S D S の作動に失敗し、R C P シール L O C A が発生しない状態において、タービン動補助給水ポンプによる S G への給水が行われる。制御用空気系統が使用できないことから、主蒸気逃がし弁は現場の手動操作により開放され、2 次系による冷却が行われる。1 次系の減圧に伴い蓄圧タンクのほう酸水が給水され、1 次冷却材と未臨界性を確保する。代替交流電源（空冷式非常用発電装置又は特重電源設備）により交流電源を復旧させた後、蓄圧タンク出口隔離弁を中央制御室からの手動操作により閉止する。また、復水タンク枯渇までに海水を補給することにより 2 次系冷却を継続する。この状態では未臨界性が確保された上で、海水を水源とした安定、継続的な 2 次系冷却が行われており、燃料の重大な損傷に至る事態は回避される。

・収束シナリオ⑥

起因事象発生の後、原子炉の停止が成功したもののディーゼル発電機の起動及び R C P - S D S の作動に失敗し、R C P シール L O C A が発生した状態において、タービン動補助給水ポンプによる S G への給水が行われる。制御用空気系統が使用できないことから、主蒸気逃がし弁は現場の手動操作により開放され、2 次系による冷却が行われる。1 次系の減圧に伴い蓄圧タンクのほう酸水が給水され、1 次系冷却材と未臨界

性を確保する。代替交流電源（空冷式非常用発電装置又は特重電源設備）により交流電源を復旧させた後、蓄圧タンク出口隔離弁を中央制御室からの手動操作により閉止する。また、復水タンク枯渇までに海水を補給することにより2次系冷却を継続する。さらにRWS Tを水源として恒設代替低圧注水ポンプによる代替炉心注水により1次系への給水を継続する。大容量ポンプによる補機冷却機能回復後に、余熱除去ポンプ及び充てん／高圧注入ポンプによる高圧再循環運転を行い、格納容器再循環ユニットを用いた格納容器内自然対流冷却により崩壊熱除去を行う。この状態で海を最終ヒートシンクとした安定、継続的な冷却が行われており、燃料の重大な損傷に至る事態は回避される。

③ 各影響緩和機能の喪失に係るHCLPFの特定

②項にて抽出した各影響緩和機能について、フロントライン系とそれに必要なサポート系の関連を整理するとともに、各々の機能喪失を引き起こす設備等のHCLPFの評価結果を用いて、各影響緩和機能の喪失に係るHCLPFを別紙3.1.4.2.1(1)-2のとおり特定した。

④ 各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPFの特定

「外部電源喪失」及び「原子炉補機冷却機能喪失」の収束シナリオ①～⑥の機能喪失に係るHCLPFについて、別紙3.1.4.2.1(1)-3のとおり特定した。

⑤ クリフエッジ・エフェクト評価

第3回届出書評価結果における地震加速度区分2（1.05G～1.28G未満）では、「外部電源喪失」に加えて地震加速度1.05G以上で「原子炉補機冷却機能喪失」の起因事象が新たに発生し、その収束シナリオは①～⑥の6種類となる。そして、地震加速度1.18G以上で収束シナリオ②、③、⑤、⑥の機能が喪失、地震加速度1.19G

以上で収束シナリオ①の機能が喪失、地震加速度 1.29G 以上で収束シナリオ④の機能が喪失することで、全ての収束シナリオが機能喪失し、炉心損傷に至る。

その結果、収束シナリオ④は、機能喪失に係る H C L P F が 1.28G 以上であることから、地震加速度区分 2 (1.28G 未満) で炉心損傷に至ることはない。

よって、地震加速度 1.28G 以上により、「C V機能喪失直結」等の起因事象が新たに発生し、直接炉心損傷に至ることから、地震加速度 1.28G をクリフエッジとして特定した。(別紙 3.1.4.2.1(1)-10 参照)。

(b) 運転停止時

i 評価方法

運転停止時の炉心損傷を防止するための措置について、第 3 回届出書の評価と同様に、崩壊熱が高く、1 次系保有水量が少ない燃料取出前のミッドループ運転中を対象に、第 1 回届出書の評価結果における「3.1.4.2.1(1)a.(b) ii ① 起因事象の選定結果」及び「3.1.4.2.1(1)a.(b) ii ② 各起因事象発生に係る H C L P F 及び地震加速度区分の特定結果」を基に、以下の評価を実施する

① 第 1 回届出書の評価における地震加速度区分の特定結果に対する影響確認

第 1 回届出書の評価における、各起因事象発生に係る H C L P F 及び地震加速度区分の特定結果に対し、代表弁の精緻化の影響を確認する。

② 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

①の結果を踏まえ、第 3 回届出書の評価結果におけるクリフエッジシナリオに対し、影響緩和機能及び収束シナリオを特定する。

③ 各影響緩和機能の喪失に係る H C L P F の特定

②項にて特定した各影響緩和機能について、フロント

ライン系及びサポート系の各々に対し、機能喪失を引き起こす設備等とそのHCLPFを特定する。具体的には、影響緩和機能の機能喪失に係るHCLPFは、フロントライン系とサポート系の機能喪失に至る各々のHCLPFのうち、小さい方となる。

④ 各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPFの特定

③項にて特定した各影響緩和機能の喪失に係るHCLPFの結果から、各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPFを特定する。具体的には、各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPFは、当該収束シナリオに必要な各影響緩和機能のHCLPFのうち、最も小さいものとなる。

⑤ クリフエッジ・エフェクト評価

②項にて特定した各起因事象のイベントツリーに対して、起因事象の発生及び各影響緩和機能の喪失による収束シナリオの変化を評価する。また、収束シナリオに変化を及ぼす起因事象の発生及び各影響緩和機能の喪失となるHCLPFが、各クリフエッジ・エフェクトの地震加速度となる。

ii 評価結果

① 第1回届出書の評価における地震加速度区分の特定結果に対する影響確認結果

第1回届出書の評価における、各起因事象発生に係るHCLPF及び地震加速度区分の特定結果に対し、代表弁のフラジリティ評価の精緻化の影響を確認した結果、「余熱除去機能喪失」及び「原子炉冷却材圧力バウンダリ機能喪失」を引き起こす設備となっていた電動弁及び空気作動弁のHCLPFが1.26Gから1.95Gとなり、各起因事象を引き起こす設備等とそのHCLPFは第3.1.4.2.1.1表のとおりになった。

第 3.1.4.2.1.1 表 各起因事象発生に係るHCLPF及び地震加速度区分の特定結果

地震加速度区分		各加速度区分で追加して発生する起因事象	各起因事象を引き起こす設備等とHCLPF	
区分1	1.05G未満	外部電源喪失	—	—
区分2	1.05～1.28G	原子炉補機冷却機能喪失	制御棒駆動装置冷却ユニット	1.05G
区分3	1.28～1.53G	CV機能喪失直結	原子炉格納容器	1.28G
区分4	1.53～1.57G	原子炉冷却材圧力バウンダリ機能喪失	高圧注入系配管	1.53G
区分5	1.57～1.95G	炉心損傷直結	1次冷却材ポンプ	1.57G
区分6	1.95～3.82G	余熱除去機能喪失	電動弁	1.95G
区分7	3.82G以上	水位維持失敗	充てん／高圧注入ポンプ操作箱	3.82G

② 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

①の結果を踏まえ、第3回届出書の評価結果における地震加速度区分2（1.05G～1.28G未満）で発生する起因事象である「外部電源喪失」及び「原子炉補機冷却機能喪失」について、別紙3.1.4.2.1(1)-4のとおり、影響緩和機能及び収束シナリオを特定した。

収束シナリオの特定においては、炉心の未臨界性が確保され、かつ、燃料が安定、継続的に冷却される状態に至るシナリオを収束シナリオ（冷却成功）とし、この状態に至らないシナリオを燃料の重大な損傷に至るシナリオ（炉心損傷）とした。

なお、収束シナリオの詳細は以下のとおり。

・収束シナリオ①

起因事象発生の後、ディーゼル発電機の起動が成功し、非常用所内電源からの給電がなされている状態で、R W S Tを水源として恒設代替低圧注水ポンプによる代替炉心注水により炉心冷却を行う。大容量ポンプによる補機冷却機能回復後に、余熱除去ポンプによる低圧再循環運転を行い、格納容器再循環ユニットを用いた格納容器内自然対流冷却により崩壊熱除去を行う。この状態で海水を最終ヒートシンクとした安定、継続的な冷却が行われており、燃料の重大な損傷に至る事態は回避される。

・収束シナリオ②

起因事象発生の後、ディーゼル発電機の起動が失敗し、代替交流電源（空冷式非常用発電装置又は特重電源設備）により交流電源を復旧給電させた状態で、R W S Tを水源として恒設代替低圧注水ポンプによる代替炉心注水により炉心冷却を行う。大容量ポンプによる補機冷却機能回復後に、余熱除去ポンプによる低圧再循環運転を行い、格納容器再循環ユニットを用いた格納容器内自然対流冷却により崩壊熱除去を行う。この状態で海水を最終ヒートシンクとした安定、継続的な冷却が行われており、燃料の重大な損傷に至る事態は回避される。

③ 各影響緩和機能の喪失に係るH C L P Fの特定

②項にて抽出した各影響緩和機能について、フロントライン系とそれに必要なサポート系の関連を整理するとともに、各々の機能喪失を引き起こす設備等のH C L P Fの評価結果を用いて、各影響緩和機能の喪失に係るH C L P Fを別紙 3.1.4.2.1(1)-5 のとおり特定した。

④ 各収束シナリオの機能喪失に係るH C L P Fの特定

「外部電源喪失」及び「原子炉補機冷却機能喪失」の収束シナリオ①～②の機能喪失に係るHCLPFについて、別紙 3.1.4.2.1(1)-6 のとおり特定した。

⑤ クリフエッジ・エフェクト評価

第 3 回届出書評価結果における地震加速度区分 2 (1.05G～1.28G 未満) では、「外部電源喪失」に加えて地震加速度 1.05G 以上で「原子炉補機冷却機能喪失」の起因事象が新たに発生し、その収束シナリオは①～②の 2 種類となる。そして、地震加速度 1.19G 以上で収束シナリオ①が機能喪失し、地震加速度 1.29G 以上で収束シナリオ②の機能が喪失することで、全ての収束シナリオが機能喪失し、炉心損傷に至る。

その結果、収束シナリオ②は、機能喪失に係るHCLPFが 1.28G 以上であることから、地震加速度区分 2 (1.05G～1.28G 未満) で炉心損傷に至ることはない。

よって、地震加速度 1.28G 以上により、「CV機能喪失直結」の起因事象が新たに発生し、直接炉心損傷に至ることから、地震加速度 1.28G をクリフエッジとして特定した。(別紙 3.1.4.2.1(1)-10 参照)

b. 格納容器損傷防止対策

i 評価方法

格納容器損傷を防止するための措置について、第 3 回届出書の評価と同様に、第 1 回届出書の評価結果における「3.1.4.2.1(1)b. ii ① 起 因 事 象 の 選 定 結 果」及び「3.1.4.2.1(1)b. ii ② 各起 因 事 象 発 生 に 係 る H C L P F 及 び 地 震 加 速 度 区 分 の 特 定 結 果」を基に、以下の評価を実施する。

① 第 1 回届出書の評価における地震加速度区分の特定結果に対する影響確認

第 1 回届出書の評価における、各起 因 事 象 発 生 に 係 る H C L P F 及 び 地 震 加 速 度 区 分 の 特 定 結 果 に 対 し、代 表 弁 の 精 緻 化 の 影 響 を 確 認 す る。

② 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

①の結果を踏まえ、第 3 回届出書の評価結果におけるクリフエッジシナリオに対し、影響緩和機能及び収束シナリオを特定する。

③ 各影響緩和機能の喪失に係るHCLPFの特定

②項にて特定した各影響緩和機能について、フロントライン系及びサポート系の各々に対し、機能喪失を引き起こす設備等とそのHCLPFを特定する。具体的には、影響緩和機能の機能喪失に係るHCLPFは、フロントライン系とサポート系の機能喪失に至る各々のHCLPFのうち、小さい方となる。

④ 各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPFの特定

③項にて特定した各影響緩和機能の喪失に係るHCLPFの結果から、各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPFを特定する。具体的には、各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPFは、当該収束シナリオに必要な各影響緩和機能のHCLPFのうち、最も小さいものとなる。

⑤ クリフエッジ・エフェクト評価

②項にて特定した各起因事象のイベントツリーに対して、起因事象の発生及び各影響緩和機能の喪失による収束シナリオの変化を評価する。また、収束シナリオに変化を及ぼす起因事象の発生及び各影響緩和機能の喪失となるHCLPFが、各クリフエッジ・エフェクトの地震加速度となる。

ii 評価結果

① 第1回届出書の評価における地震加速度区分の特定結果に対する影響確認結果

第1回届出書の評価における、各起因事象発生に係るHCLPF及び地震加速度区分の特定結果に対し、代表弁のフラジリティ評価の精緻化の影響はなかった。

② 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

「3.1.4.2.1(1)a. ii 評価結果」より、炉心損傷防止対策のクリフエッジ地震加速度が1.28Gと特定され、地震加速度区分2（1.05～1.28G未満）では炉心損傷に至らないことから、地震加速度区分3より評価を実施する。地震加速度区分3（1.28G～1.30G未満）で新たに発生する起因事象である「CV機能喪失直結」については、影響緩和系に期待せず直接炉心損傷及び格納容器損傷に至るシーケンスであるため、緩和機能及び収束シナリオの特定は不要である。

③ 各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPFの特定

②項に記載したとおり、事象緩和に期待できないことから、影響緩和機能はない。

④ クリフエッジ・エフェクト評価

地震加速度区分3（1.28G～1.30G未満）では、1.28G以上の地震加速度により「CV機能喪失直結」等の起因事象が新たに発生し、直接格納容器損傷に至ることから、1.28Gをクリフエッジとして特定した。

c. 使用済燃料ピットの燃料損傷防止対策

i 評価方法

使用済燃料ピット（以下「SFP」という。）にある燃料の損傷を防止するための措置について、第3回届出書の評価と同様に、第1回届出書の評価結果における「3.1.4.2.1(1)c.ii ① 起回事象の選定結果」及び「3.1.4.2.1(1)c.ii ② 各起回事象発生に係るHCLPF及び地震加速度区分の特定結果」を基に、以下の評価を実施する。

① 第1回届出書の評価における地震加速度区分の特定結果に対する影響確認

第1回届出書の評価における、各起回事象発生に係るHCLPF及び地震加速度区分の特定結果に対し、代表弁の精緻化の影響を確認する。

② 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

①の結果を踏まえ、第3回届出書の評価結果におけるクリフェッジシナリオに対し、影響緩和機能及び収束シナリオを特定する。

③ 各影響緩和機能の喪失に係るHCLPFの特定

②項にて特定した各影響緩和機能について、フロントライン系及びサポート系の各々に対し、機能喪失を引き起こす設備等とそのHCLPFを特定する。具体的には、影響緩和機能の機能喪失に係るHCLPFは、フロントライン系とサポート系の機能喪失に至る各々のHCLPFのうち、小さい方となる。

④ 各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPFの特定

③項にて特定した各影響緩和機能の喪失に係るHCLPFの結果から、各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPFを特定する。具体的には、各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPFは、当該収束シナリオに必要な各影響緩和機能のHCLPFのうち、最も小さいものとなる。

④ クリフエッジ・エフェクト評価

②項にて特定した各起因事象のイベントツリーに対して、起因事象の発生及び各影響緩和機能の喪失による収束シナリオの変化を評価する。また、収束シナリオに変化を及ぼす起因事象の発生及び各影響緩和機能の喪失となるHCLPFが、各クリフエッジ・エフェクトの地震加速度となる。

ii 評価結果

① 第 1 回届出書の評価における地震加速度区分の特定結果に対する影響確認結果

第 1 回届出書の評価における、各起因事象発生に係るHCLPF及び地震加速度区分の特定結果に対し、代表弁のフラジリティ評価の精緻化の影響はなかった。

② 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

①項の結果を踏まえ、第 3 回届出書評価結果における地震加速度区分 4 (1.86G 以上) で発生する起因事象である「SFP 損傷」については、影響緩和系に期待せず直接SFP燃料損傷に至ることから、地震加速度区分 3 (1.05G～1.86G 未満) における影響緩和機能及び収束シナリオを特定する。

地震加速度区分 3 (1.05G～1.86G 未満) 発生する起因事象である「外部電源喪失」、「SFP 冷却機能喪失」及び「原子炉補機冷却機能喪失」について、別紙 3.1.4.2.1(1)-7 のとおり、影響緩和機能及び収束シナリオを特定した。

収束シナリオの特定においては、SFPの未臨界性が確保され、かつ、燃料が安定、継続的に冷却される状態に至るシナリオを収束シナリオ(冷却成功)とし、この状態に至らないシナリオを燃料の重大な損傷に至るシナリオ(SFP燃料損傷)とした。

なお、収束シナリオの詳細は以下のとおり。

- ・収束シナリオ①

起因事象発生の後、ディーゼル発電機の起動が成功し、非常用所内電源からの給電がなされ、燃料取替用水ポンプを用いてR W S Tのほう酸水をS F Pに注入することにより安定、継続的な冷却が行われており、燃料の重大な損傷に至る事態は回避される。

・収束シナリオ②

起因事象発生の後、ディーゼル発電機の起動が成功し、非常用所内電源からの給電がなされるが、地震により燃料取替用水ポンプによる注水機能が喪失する。この場合においても送水車を用いて海水をS F Pに注入することにより安定、継続的な冷却が行われており、S F Pにある燃料の重大な損傷に至る事態は回避される。

・収束シナリオ③

起因事象発生の後、ディーゼル発電機の作動に失敗し、S F P冷却系の冷却機能及び燃料取替用水ポンプによる注水機能が喪失する。この場合においても送水車を用いて海水をS F Pに注入することにより安定、継続的な冷却が行われており、S F Pにある燃料の重大な損傷に至る事態は回避される。

③ 各影響緩和機能の喪失に係るH C L P Fの特定

②項にて抽出した各影響緩和機能について、フロントライン系とそれに必要なサポート系の関連を整理するとともに、各々の機能喪失を引き起こす設備等のH C L P Fの評価結果を用いて、各影響緩和機能の喪失に係るH C L P Fを別紙 3.1.4.2.1(1)-8 のとおり特定した。

④ 各収束シナリオの機能喪失に係るH C L P Fの特定

「外部電源喪失」、「S F P冷却機能喪失」及び「原子炉補機冷却機能喪失」の収束シナリオ①～②の機能喪失に係るH C L P Fについて、別紙 3.1.4.2.1(1)-9 のとおり特定した。

⑤ クリフエッジ・エフェクト評価

地震加速度区分 3 (1.05G～1.86G 未満) では、「外部電源喪失」及び「S F P 冷却機能喪失」に加えて地震加速度 1.05G 以上で「原子炉補機冷却機能喪失」の起因事象が新たに発生し、その収束シナリオは①～③の 3 種類となる。そして、地震加速度 1.19G 以上で収束シナリオ①、②の機能が喪失し、地震加速度 1.86G 以上で収束シナリオ③の機能が喪失することで、全ての収束シナリオが機能喪失し、S F P 燃料損傷に至る。

その結果、収束シナリオ③は、機能喪失に係る H C L P F が 1.86G 以上であることから、地震加速度区分 3 (1.05G～1.86G 未満) で S F P 燃料損傷に至ることはない。

よって、地震加速度区分 4 (1.86G 以上) において、地震加速度 1.86G 以上により「S F P 損傷」の起因事象が新たに発生し直接 S F P 燃料損傷に至る。(別紙 3.1.4.2.1(1)-10 参照)

ここで、「3.1.4.1.2(1) 各評価項目に対する共通的な前提条件及び留意事項」の c.項を踏まえ、発電用原子炉及び使用済燃料ピットが同時に影響を受けると想定すると、既に「3.1.4.2.1(1)b. ii 評価結果」にて評価した格納容器損傷防止策のクリフエッジである地震加速度 1.28G を超える場合には、環境線量が極めて高くなり使用済燃料ピット損傷防止対策である送水車による S F P 注水 (海水) の実施が困難になることが予想される。従って、使用済燃料ピット燃料損傷防止対策のクリフエッジは、格納容器損傷防止対策のクリフエッジと同じ地震加速度 1.28G と特定した。

(2) 地震単独の評価に対する随件事象の影響

a. 地震随伴溢水

(a) 炉心損傷防止対策（出力運転時）、格納容器損傷防止対策及び使用済燃料ピットの燃料損傷防止対策への影響

① 溢水評価方針

1) 建屋内の防護すべき設備に関する溢水評価方針

1-1) 防護すべき設備の設定

第1回届出書及び今回の「3.1.4.2.1(1)a.(a) ii 評価結果」、「3.1.4.2.1(1)b. ii 評価結果」、「3.1.4.2.1(1)c. ii 評価結果」を踏まえて特定されるクリフエッジシナリオの成立のために必要な設備のうち、建屋内に設置されているものを防護すべき設備とする。

1-2) 溢水評価条件の設定

1-2-1) 溢水源及び溢水量の設定

流体を内包する溢水源となり得る機器のうち、そのHCLPFがクリフエッジ地震加速度以上であることが確認できないものを溢水源とする。

溢水量の算出に当たっては、溢水が生じるとした機器のうち防護すべき設備への溢水の影響が最も大きくなる位置で溢水が生じるものとして評価する。

溢水源となる容器については全保有水量を溢水量とする。溢水源となる配管は完全全周破断を考慮した溢水量とする。

また、クリフエッジ地震加速度により発生する使用済燃料ピットのスロッシングにて使用済燃料ピット外へ漏えいする溢水量を算出する。

1-2-2) 溢水防護区画及び溢水経路の設定

溢水防護区画は、防護すべき設備を設置しているすべての区画について設定する。

溢水防護区画は壁、扉及び堰又はそれらの組み合

わせによって他の区画と分離される区画として設定し、溢水防護区画の水位が最も高くなるように保守的に溢水経路を設定する。

1-3) 溢水評価

1-3-1) 没水影響に対する評価

1-3-1-1) 評価方法

建屋内で発生を想定する溢水源、溢水量、溢水防護区画及び溢水経路から算出される溢水水位と、防護すべき設備が要求される機能を損なうおそれのある高さ（以下「機能喪失高さ」という）を比較し、防護すべき設備が没水影響により要求される機能を損なうおそれのないことを評価する。没水影響評価に用いる溢水水位の算出は、漏えい発生階とその経路上のすべての溢水防護区画に対して行い、水位 H は、以下の式に基づいて算出する。床勾配が溢水防護区画にある場合には、保守的に床勾配分の滞留量は考慮せず、溢水水位の算出は床勾配高さ^(注1)分嵩上げする。

(注1) 床勾配の下端から上端までの高さ

$$H = Q/A + h$$

H :水位(m)

Q :流入量(m³)

(設定した溢水量及び溢水経路に基づき評価対象区画への流入量を算出する。)

A :滞留面積(m²)

(評価対象区画内と溢水経路に存在する区画の総面積を滞留面積として評価する。滞留面積は、壁及び床の盛り上がり(コンクリート基礎等)範囲を除く有効面積を滞留面積とする。)

h:床勾配高さ(m)

(溢水防護区画に床勾配がある場合)

1-3-1-2) 判定基準

以下の判定基準を満足することを確認する。

- ・発生を想定する溢水水位と、防護すべき設備の機能喪失高さを比較し、防護すべき設備が没水して要求される機能を損なうおそれのないこと。

1-3-2) 被水影響に対する評価

1-3-2-1) 評価方法

建屋内における溢水源からの直線軌道及び放射線軌道の飛散による被水又は天井面開口部若しくは貫通部からの被水影響により、防護すべき設備が要求される機能を損なうおそれのないことを評価する。

1-3-2-2) 判定基準

以下のいずれかの判定基準を満足することを確認する。

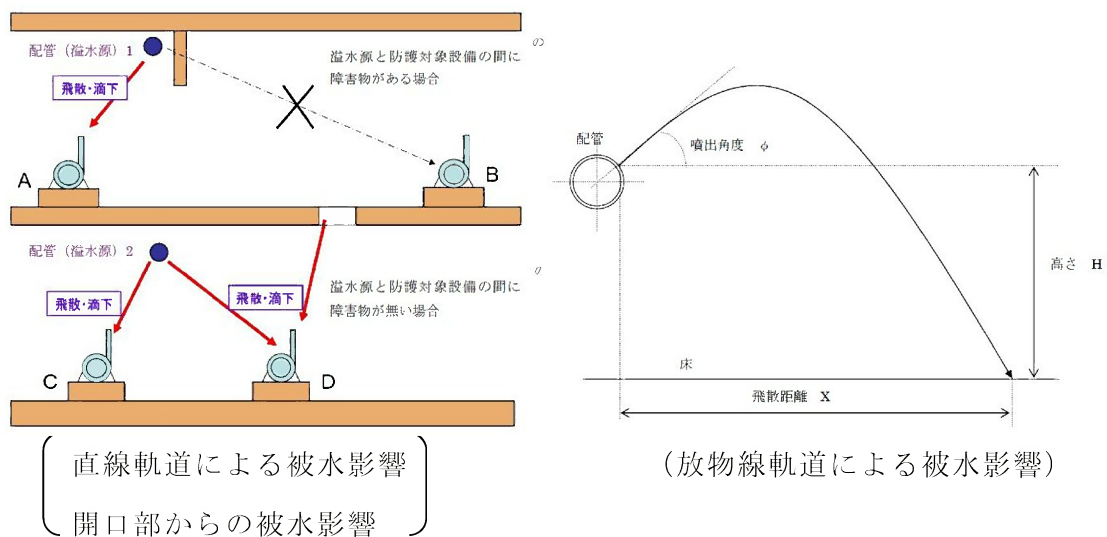
- ・対象設備が、被水源からの直線軌道及び放射線軌道の飛散による被水^(注1)の範囲外であり、かつ天井面の開口部又は貫通部からの被水の影響を受ける範囲外であること。
- ・対象設備が多重性又は多様性を有しており、各々が別区画に設置されていることから、同時に要求される機能を損なうおそれのないこと。
- ・評価対象区画に流体を内包する設備が設置されている場合は、防護すべき設備に対し被水防護措置^(注2)がなされていること。
- ・評価対象区画に流体を内包する設備が設置さ

れていない場合は、天井面に開口部又は貫通部が存在しないこと。

- ・評価対象区画に流体を内包する設備が設置されておらず、かつ、天井面に開口部又は貫通部が存在する場合は、当該開口部及び貫通部に密封処理等の流出防止対策がなされていること。
- ・評価対象区画に流体を内包する設備が設置されておらず、天井面に開口部又は貫通部が存在し、かつ、当該開口部及び貫通部に密封処理等の流出防止対策がなされていない場合にあっては、防護すべき設備に対し被水防護措置^(注2)がなされていること。
- ・上記を満足しない場合は、防護すべき設備が防滴仕様であること。

(注 1) 飛散距離については、管内圧力を高い側に包絡できる直線の軌道を採用する。また、放射線軌道による被水の影響についても現場確認を踏まえて評価する。被水影響範囲の考え方を第 3.1.4.2.1.1 図に示す。

(注 2) 被水防護措置において、保護カバーや盤筐体扉部のパッキンにより防護すべき設備の要求される機能を損なうおそれのない対策を実施している場合は、被水試験を踏まえて評価する。



第 3.1.4.2.1.1 図 被水影響範囲の考え方

1-3-3) 蒸気影響に対する評価

地震起因で発生を想定する区画内での漏えい蒸気及び区画間を拡散する漏えい蒸気による影響について、設定した空調条件や解析区画条件により評価し、防護すべき設備が蒸気影響により要求される機能を損なうおそれのないことを評価する。なお、蒸気の溢水源が存在しない場合は、蒸気影響に対する評価は不要である。

2) 建屋外の防護すべき設備に関する溢水評価方針

2-1) 防護すべき設備の設定

第 1 回届出書及び今回の「3.1.4.2.1(1)a.(a) ii 評価結果」、「3.1.4.2.1(1)b. ii 評価結果」、「3.1.4.2.1(1)c. ii 評価結果」を踏まえて特定される、クリフエッジシナリオの成立のために必要な設備のうち、建屋外に設置されているものを防護すべき設備とする。

2-2) 溢水評価条件の設定

流体を内包する溢水源となり得る機器のうち、その HCLPF がクリフエッジ地震加速度以上であること

が確認できないものを溢水源とする。

2-3) 溢水評価

2-3-1) 評価方法

地震に起因する溢水による影響を受けて、建屋外に設置される防護すべき設備が、要求される機能を損なうおそれのないことを評価する。

2-3-2) 判定基準

以下のいずれかの判定基準を満足することを確認する。

- ・ 防護すべき設備が溢水源であるタンク等から発生する溢水の経路上に存在せず、要求される機能を損なうおそれのないこと。
- ・ 防護すべき設備が溢水源であるタンク等から発生する溢水の経路上に存在するが、設備周辺において溢水が滞留せずに低位へ流下する地形等であるため、没水して要求される機能を損なうおそれのないこと。

② 評価結果

1) 建屋内の防護すべき設備に関する溢水評価結果

1-1) 防護すべき設備の設定結果

第1回届出書及び今回の「3.1.4.2.1(1)a.(a) ii 評価結果」を踏まえて特定される、クリフエッジシナリオの成立のために必要な設備のうち、建屋内に設置されているものを防護すべき設備とし選定した。第3.1.4.2.1.2 表には、「1-2-2) 溢水防護区画及び溢水経路の設定結果」で設定する溢水防護区画のうち、溢水経路上の区画において、機能喪失高さが最も低い設備を示す。なお、格納容器損傷防止に関する設備については、地震加速度 1.28G で炉心損傷が発生するとともに格納容器損傷にも至ることから、防護すべき設備は

ない。

また、使用済燃料ピットの燃料損傷防止に関する設備については、屋外設備だけで収束可能であるシナリオ（送水車による SFP 注水（海水）のみに期待するシナリオ）をクリフエッジシナリオの代表として評価することから、建屋内の防護すべき設備はない。

第 3.1.4.2.1.2 表 防護すべき設備

溢水防護 区画	設置建屋	床面高さ (E.L.[m])	防護すべき設備 (代表) ※1	機能喪失高さ (床上[m])
①	外周建屋	24.5	A 電動弁現場操作盤-1 A 電動弁現場操作盤-2	0.35
②	外周建屋	17.5	燃料取替用水タンク補給用移送ポンプ	0.30
③	外周建屋	17.5	A アニュラス空気浄化ファン 現場操作盤 B アニュラス空気浄化ファン 現場操作盤	0.30
④	外周建屋	10.5	余熱除去流量計	0.96
⑤	外周建屋	6.5	3B 余熱除去ポンプ格納容器 再循環サンプ側入口隔離弁	2.17
⑥	外周建屋	24.5	3A 主蒸気逃がし弁	0.95
⑦	原子炉 補助建屋	17.5	代替所内電気設備 変圧器盤	0.44
⑧	原子炉 補助建屋	10.5	3A,B,C 充てん/高圧注入ポンプ	0.52
⑨	原子炉 補助建屋	-2.0	3B 余熱除去ポンプ	0.72
⑩	中間建屋	10.5	空気作動ダンパ	0.30

※1：各溢水防護区画のうち、溢水経路上の区画において、機能喪失高さが最も低い設備を示す。

1-2) 溢水評価条件の設定結果

1-2-1) 溢水源及び溢水量の設定結果

評価方針に基づき設定した建屋内の溢水量を第

3.1.4.2.1.3 表及び第 3.1.4.2.1.4 表に示す。

使用済燃料ピットのスロッシングによる溢水量は、クリフエッジ地震加速度に対して生じるスロッシング現象を 3 次元流動解析により評価し、使用済燃料ピット外へ漏えいする水量を考慮して設定した。また、使用済燃料ピットの初期水位等の評価条件は保守的となるように設定して評価した。

モデル化範囲は、使用済燃料ピットフロアレベルの燃料取扱建屋とした。燃料取扱建屋 (E.L.+32.8m) の使用済燃料ピット周辺の概要を第 3.1.4.2.1.2 図に示す。

使用済燃料ピットスロッシングの 3 次元流動解析条件を第 3.1.4.2.1.5 表に、使用済燃料ピットスロッシングによる最大溢水量を第 3.1.4.2.1.6 表に示す。

なお、評価に用いた地震加速度は、第 3.1.4.2.1.7 表のクリフエッジ地震加速度 1.28G を上回る 1.50G を用いた。

第 3.1.4.2.1.3 表 設定した各建屋の溢水量 (管理区域)

溢水量 (m ³)		
外周建屋 (燃料取扱建屋含む)	原子炉補助建屋	制御建屋
74.6	49.9	77.2

第 3.1.4.2.1.4 表 設定した各建屋の溢水量（非管理区域）

溢水量 (m ³)	
外周建屋	中間建屋
29.0	0.1

第 3.1.4.2.1.5 表 3次元流動解析に用いた評価条件

モデル化範囲	・使用済燃料ピットのあるフロアレベルの全体（第 3.1.4.2.1.2 図）
境界条件	・上部は開放とする。他は壁による境界を設定。
初期水位	・ E.L.32.43m (High Water Level : 高水位警報設定値)
評価用地震動	<ul style="list-style-type: none"> ・ 応答スペクトルに基づく地震動評価結果による基準地震動 S_s（以下、応答スペクトルベース）の 2.11 倍（地震加速度 1.50G）による燃料取扱建屋 E.L.+32.8m の応答を使用 ・ 応答スペクトルベースに対し、NS 方向と UD 方向について時刻歴により評価する。
解析コード	・ FLOW-3D Ver.9.2.1（流体解析ソフトウェア）
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・ 使用済燃料ラックは考慮せず、使用済燃料ピット内の水がすべて揺動するとした。 ・ 使用済燃料ピット周りに設置されているフェンス等による流出に対する抵抗は考慮しない。

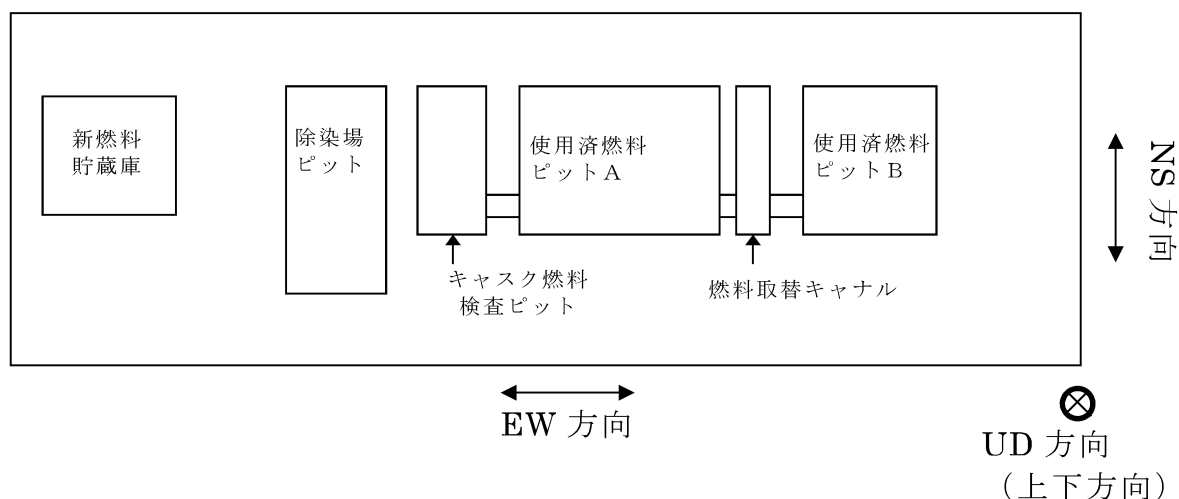
第 3.1.4.2.1.6 表 使用済燃料ピットスロッシングによる最大溢水量

クリフエッジ地震動 NS 方向、UD 方向	70.1m ³
-----------------------	--------------------

第 3.1.4.2.1.7 表 地震時の安全裕度評価結果（クリフエッジ地震加速度）

シナリオ	各シナリオの クリフエッジ地震加速度
炉心損傷防止（出力運転時）	1.28G
格納容器損傷防止	1.28G
使用済燃料ピットの燃料損傷防止※	1.28G

※：使用済燃料ピットの燃料損傷防止対策に対する溢水影響評価対象設備は、いずれも屋外設備であるため、屋内溢水の影響を受けることは無い。



第 3.1.4.2.1.2 図 使用済燃料ピット周辺の概要図

1-2-2) 溢水防護区画及び溢水経路の設定結果

評価方針に基づき設定した溢水防護区画の一例を第 3.1.4.2.1.3 図に示す。また、当該溢水防護区画における機器の位置とその機能喪失高さを第 3.1.4.2.1.4 図及び第 3.1.4.2.1.8 表に示す。

溢水経路は、床面開口部（機器ハッチ、階段等）及び溢水評価において期待することのできる設備（水密扉、堰等）の抽出を行い、溢水防護区画内外で発生を想定する溢水に対して当該区画の溢水水位が最も高くなるよう保守的に設定した。

参考資料に記載する。

第 3.1.4.2.1.3 図 溢水防護区画の一例 (EL.-2.0m)

参考資料に記載する。

第 3.1.4.2.1.4 図 防護すべき設備の配置図（溢水防護区画⑨）

第 3.1.4.2.1.8 表 防護すべき設備の機能喪失高さ一覧（溢水防護区画⑨）

防護すべき設備	機能喪失高さ (床上[m])	当該溢水防護 区画の代表
3B 余熱除去ポンプ	0.72	○
3B 余熱除去ポンプ吐出流量計	0.85	
余熱除去ポンプ操作箱	2.81	

1-3) 溢水評価結果

1-3-1) 没水影響評価結果

没水影響に対して、防護すべき設備の機能喪失高さが発生を想定する溢水水位を上回ることから、没水の影響を受けて要求される機能を損なうおそれはないことを確認した。溢水防護区画ごとの評価結果を第 3.1.4.2.1.9 表に示す。

第 3.1.4.2.1.9 表 没水影響評価結果

溢水防護 区画	設置建屋	床面高さ (E.L.[m])	防護すべき設備 (代表) ※1	溢水水位 ([m])	機能喪失高さ (床上[m])	判定
①	外周建屋	24.5	A 電動弁現場操作盤-1 A 電動弁現場操作盤-2	0.12	0.35	○
②	外周建屋	17.5	燃料取替用水タンク補給用移送ポンプ	0.15	0.30	○
③	外周建屋	17.5	A アンユラス空気浄化ファン現場操作盤 B アンユラス空気浄化ファン現場操作盤	0.14	0.30	○
④	外周建屋	10.5	余熱除去流量計	0.16	0.96	○
⑤	外周建屋	6.5	3B 余熱除去ポンプ格納容器再循環 サンプ側入口隔離弁	0.68	2.17	○
⑥	外周建屋	24.5	3A 主蒸気逃がし弁	0.19	0.95	○
⑦	原子炉 補助建屋	17.5	代替所内電気設備 変圧器盤	0.20	0.44	○
⑧	原子炉 補助建屋	10.5	3A,B,C 充てん/高圧注入ポンプ	0.24	0.52	○
⑨	原子炉 補助建屋	-2.0	3B 余熱除去ポンプ	0.33	0.72	○
⑩	中間建屋	10.5	空気作動ダンパ	0.11	0.30	○

※1：各溢水防護区画のうち、溢水経路上の区画において、機能喪失高さが最も低い設備を示す。

1-3-2) 被水影響評価結果

地震起因による被水影響に対して、防護すべき設備が判定基準のいずれかを満足することから、被水の影響を受けて要求される機能を損なうおそれはないことを確認した。一例として、「1-3-1) 没水影響評価結果」において示した溢水防護区画⑨における機器の評価結果を第 3.1.4.2.1.10 表に示す。

第 3.1.4.2.1.10 表 被水影響評価結果の一例（溢水防護区画⑨）

防護すべき設備	評 価	判定
3B 余熱除去ポンプ	被水源からの直線軌道及び放射線軌道の飛散による被水の範囲外であり、かつ天井面の開口部又は貫通部からの被水の影響を受ける範囲外である	○
3B 余熱除去ポンプ吐出流量計	被水源からの直線軌道及び放射線軌道の飛散による被水の範囲外であり、かつ天井面の開口部又は貫通部からの被水の影響を受ける範囲外である	○
余熱除去ポンプ操作箱	被水源からの直線軌道及び放射線軌道の飛散による被水の範囲外であり、かつ天井面の開口部又は貫通部からの被水の影響を受ける範囲外である	○

1-3-3) 蒸気影響評価結果

蒸気を内包する設備についてHCLPFを確認した結果、HCLPFが最も小さい設備である廃液蒸発装置の値が1.33Gであった。これは、格納容器損傷におけるクリフエッジ地震加速度の1.28Gを上回っていることから、防護すべき設備に対する蒸気影響評価は不要であることを確認した。

2) 建屋外の防護すべき設備に関する溢水評価結果

2-1) 防護すべき設備の選定結果

第1回届出書及び今回の「3.1.4.2.1(1)a.(a) ii 評価結果」、「3.1.4.2.1(1)b. ii 評価結果」及び「3.1.4.2.1(1)c. ii 評価結果」を踏まえて特定される、クリフエッジシナリオの成立のために必要な設備のうち、建屋外に設置されているものを防護すべき設備とし選定した。選定した結果を第

3.1.4.2.1.11 表に示す。

第 3.1.4.2.1.11 表 防護すべき設備

防護すべき設備	設置高さ (E.L.[m])	機能喪失高さ (E.L.[m])
復水タンク水位計 1 復水タンク水位計 2	15.00	15.73
原子炉補機冷却海水ポンプ操作箱	3.80	4.70
3A 海水ポンプ 3B 海水ポンプ 3C 海水ポンプ	1.55	3.85
可搬式代替低圧注水ポンプ	7.00	7.81
	12.30	13.11
	32.50	33.31
可搬式代替低圧注水ポンプ用電源車	7.00	7.19
	15.10	15.29
	32.50	32.69
大容量ポンプ	12.30	12.58
	15.10	15.38
	30.00	30.28
空冷式非常用発電装置 中継・接続盤	32.50	33.50
A-空冷式非常用発電装置 信号処理盤 B-空冷式非常用発電装置 信号処理盤	32.50	33.40
タンクローリー	12.30	12.57
	15.10	15.55
	32.00	32.28
空冷式非常用発電装置	32.50	33.40
送水車	32.00	32.33
	15.00	15.34
	30.00	30.33
水中ポンプ	32.00	32.33
	15.00	15.34
	30.00	30.33

2-2) 溢水評価条件の設定結果

評価方針に基づき、流体を内包する溢水源となり得る機器のうち、そのHCLPFがクリフエッジ地震加速度以上であることが確認できないものを溢水源とした。

建屋外における防護すべき設備及び屋外タンクの配置を第3.1.4.2.1.5図に示す。

参考資料に記載する。

第 3.1.4.2.1.5 図 建屋外における防護すべき設備及び屋外タンクの配置 (1 / 2)

参考資料に記載する。

第 3.1.4.2.1.5 図 建屋外における防護すべき設備及び屋外タンクの配置 (2 / 2)

2-3) 溢水評価結果

屋外の防護すべき設備に対する溢水評価結果を第3.1.4.2.1.12表に示す。溢水源であるタンク等から発生する溢水の経路上に存在し影響を受ける設備には、海水ポンプ及びその関連設備並びに大容量ポンプ、可搬式代替低圧注入ポンプ等及びその関連設備があるが、これらの設備の設置場所は、周辺において溢水が滞留せずに低位へ流下する地形または滞留した場合を想定しても機能喪失高さに至らない溢水水位である。よって、これらの設備は没水して要求される機能を損なうおそれはない。

第 3.1.4.2.1.12 表 屋外の防護すべき設備に対する溢水評価結果

防護すべき設備	溢水の流出 経路上 ○：経路上でない ×：経路上	設置場所周辺において溢 水が滞留せずに低位へ流 下する地形等 ○：該当する ×：該当しない
復水タンク水位計 1 復水タンク水位計 2	○	—
原子炉補機冷却海水ポンプ操作箱	×	○
3A 海水ポンプ 3B 海水ポンプ 3C 海水ポンプ	×	○
可搬式代替低圧注水ポンプ	×	○
可搬式代替低圧注水ポンプ用電源車	×	○
大容量ポンプ	×	○
空冷式非常用発電装置 中継・接続盤	○	—
A・空冷式非常用発電装置 信号処理盤 B・空冷式非常用発電装置 信号処理盤	○	—
タンクローリー	○	—
空冷式非常用発電装置	○	—
送水車	×	○
水中ポンプ	×	○

(b) 炉心損傷防止対策（運転停止時）の評価に対する影響評価

① 溢水評価方針

運転停止時における地震随伴内部溢水の評価は、炉心損傷防止対策（出力運転時）、格納容器損傷防止対策及び使用済燃料ピットの燃料損傷防止対策における溢水評価方針である「3.1.4.2.1(2)a.(a)① 溢水評価方針」の評価に準ずる。具体的な評価方針を以下の通り示す。

1) 建屋内の防護すべき設備に関する溢水評価方針

1-1) 防護すべき設備の設定

第1回届出書及び今回の「3.1.4.2.1(1)a.(b) ii 評価結果」を踏まえて特定される、クリフエッジシナリオの成立のために必要な設備のうち、建屋内に設置されているものを防護すべき設備とし、これらが設置されている溢水防護区画を整理する。

1-2) 溢水評価条件の設定

運転停止時における溢水評価条件については、「(a)① 1)1-2) 溢水評価条件の設定」と同様である。なお、クリフエッジ地震加速度は、「3.1.4.2.1 地震」において運転停止時の炉心損傷を想定した場合のクリフエッジ地震加速度である1.28Gを用いる。

1-3) 溢水評価

運転停止時における溢水評価については、「(a)① 1)1-3) 溢水評価」と同様である。

2) 建屋外の防護すべき設備に関する溢水評価

2-1) 防護すべき設備の設定

第1回届出書及び今回の「3.1.4.2.1(1)a.(b) ii 評価結果」を踏まえて特定される、クリフエッジシナリオの成立のために必要な設備のうち、建屋外に設置されているものを防護すべき設備とする。

2-2) 溢水評価条件の設定

運転停止時における溢水評価条件については、「(a)① 2)2-2) 溢水評価条件の設定」と同様である。

2-3) 溢水評価

運転停止時における溢水評価については、「(a)① 2)2-3) 溢水評価」と同様である。

② 評価結果

1) 建屋内の防護すべき設備に関する溢水評価結果

1-1) 防護すべき設備の選定結果

第1回届出書及び今回の「3.1.4.2.1(1)a.(b) ii 評価結果」を踏まえて特定される、クリフエッジシナリオの成立のために必要な設備のうち、建屋内に設置されているものを防護すべき設備とし選定した。第3.1.4.2.1.13表には、「(a)②1)1-2)1-2-2) 溢水防護区画及び溢水経路の設定結果」で設定する溢水防護区画のうち、溢水経路上の区画において、機能喪失高さが最も低い設備を示す。

第3.1.4.2.1.13表 防護すべき設備

溢水防護区画	設置建屋	床面高さ (E.L.[m])	防護すべき設備 (代表)	機能喪失高さ (床上[m])
②	外周建屋	17.5	格納容器広域圧力計 (I), (II), (III)	1.06
③	外周建屋	17.5	格納容器広域圧力計 (IV)	1.06
⑤	外周建屋	6.5	3B 余熱除去ポンプ格納容器再循環サンプ側入口隔離弁	2.17
⑦	原子炉補助建屋	17.5	代替所内電気設備 変圧器盤	0.44
⑧	原子炉補助建屋	10.5	3A,B,C 充てん/高圧注入ポンプ	0.52
⑨	原子炉補助建屋	-2.0	3A,B 余熱除去ポンプ	0.72

※1：各溢水防護区画のうち、溢水経路上の区画において、機能喪失高さが最も低い設備を示す。

1-2) 溢水評価条件の設定結果

運転停止時における溢水評価条件については、「(a)②1)1-2) 溢水評価条件の設定結果」と同様に実施した。

溢水源については、運転停止時のクリフエッジ地震加速度は出力運転時よりも小さな値となるが、保守的に「(a)②1)1-2)1-2-1) 溢水源及び溢水量の設定結果」と同じ設備を溢水源とした。

溢水量については、使用済燃料ピットのスロッシング現象を検討する際に用いる地震加速度として、クリフエッジ地震加速度 1.28G を上回る 1.50G を用いる。そのため、各建屋の溢水量（管理区域）が第 3.1.4.2.1.14 表の通りとな

った。

使用済燃料ピットのスロッシングによる溢水量の設定におけるモデル化範囲は、「(a)②1)1-2)1-2-1) 溢水源及び溢水量の設定結果」と同じとした。使用済燃料ピットスロッシングの3次元流動解析条件を第3.1.4.2.1.15表に、使用済燃料ピットスロッシングによる最大溢水量を第3.1.4.2.1.16表に示す。

溢水防護区画については、「(a)②1)1-2)1-2-2) 溢水防護区画及び溢水経路の設定結果」の結果に包絡される。

第3.1.4.2.1.14表 設定した各建屋の溢水量（管理区域）

溢水量 (m ³)		
外周建屋 (燃料取扱建屋含む)	原子炉補助建屋	制御建屋
74.6	49.9	77.2

第3.1.4.2.1.15表 3次元流動解析に用いた評価条件

モデル化範囲	・使用済燃料ピットのあるフロアレベルの全体（第3.1.4.2.1.2図）
境界条件	・上部は開放とする。他は壁による境界を設定。
初期水位	・E.L.32.43m (High Water Level：高水位警報設定値)
評価用地震動	・応答スペクトルに基づく地震動評価結果による基準地震動 S _s （以下、応答スペクトルベース）の2.11倍（地震加速度1.50G）による燃料取扱建屋 E.L.+32.8mの応答を使用 ・応答スペクトルベースに対し、NS方向とUD方向について時刻歴により評価する。
解析コード	・FLOW-3D Ver.9.2.1（流体解析ソフトウェア）
その他	・使用済燃料ラックは考慮せず、使用済燃料ピット内の水がすべて揺動するとした。 ・使用済燃料ピット周りに設置されているフェンス等による流出に対する抵抗は考慮しない。

第3.1.4.2.1.16表 使用済燃料ピットスロッシングによる最大溢水量

クリフエッジ地震動 NS方向、UD方向	70.1m ³
---------------------	--------------------

1-3) 溢水評価結果

1-3-1) 没水影響評価結果

地震起因による没水影響に対して、防護すべき設備の機能喪失高さが発生を想定する溢水水位を上回ることか

ら、没水の影響を受けて要求される機能を損なうおそれはないことを確認した。溢水防護区画ごとの評価結果を第 3.1.4.2.1.17 表に示す。

第 3.1.4.2.1.17 表 没水影響評価結果

溢水防護 区画	設置建屋	床面高さ (E.L.[m])	防護すべき設備 (代表) ※1	溢水水位 ([m])	機能喪失高さ (床上[m])	判定
②	外周建屋	17.5	格納容器広域圧力計 (Ⅰ), (Ⅱ), (Ⅲ)	0.15	1.06	○
③	外周建屋	17.5	格納容器広域圧力計 (Ⅳ)	0.14	1.06	○
⑤	外周建屋	6.5	3B 余熱除去ポンプ格納容器再循環サンプ側 入口隔離弁	0.68	2.17	○
⑦	原子炉 補助建屋	17.5	代替所内電気設備 変圧器盤	0.20	0.44	○
⑧	原子炉 補助建屋	10.5	3A,B,C 充てん/高圧注入ポンプ	0.24	0.52	○
⑨	原子炉 補助建屋	-2.0	3A,B 余熱除去ポンプ	0.34	0.72	○

※1：各溢水防護区画のうち、溢水経路上の区画において、機能喪失高さが最も低い設備を示す。

1-3-2) 被水影響評価結果

被水影響に対して、防護すべき設備が判定基準のいずれかを満足することから、被水の影響を受けて要求される機能を損なうおそれはないことを確認した。一例として、「1-3-1) 没水影響評価結果」において示した溢水防護区画⑨における機器の評価結果を第 3.1.4.2.1.18 表に示す。

第 3.1.4.2.1.18 表 被水影響評価結果の一例（溢水防護区画⑨）

防護すべき設備	評価	判定
3A,B 余熱除去ポンプ	被水源からの直線軌道及び放射線軌道の飛散による被水の範囲外であり、かつ天井面の開口部又は貫通部からの被水の影響を受ける範囲外である	○
3A,B 余熱除去ポンプ吐出流量計	被水源からの直線軌道及び放射線軌道の飛散による被水の範囲外であり、かつ天井面の開口部又は貫通部からの被水の影響を受ける範囲外である	○
余熱除去ポンプ操作箱	被水源からの直線軌道及び放射線軌道の飛散による被水の範囲外であり、かつ天井面の開口部又は貫通部からの被水の影響を受ける範囲外である	○

1-3-3) 蒸気影響評価結果

蒸気を内包する設備については「(a)②1)1-3)1-3-3) 蒸気影響評価結果」より、HCLPFがクリフエッジ地震加速度を下回るものではなく、防護すべき設備に対する蒸気影響評価は不要であることを確認した。

2) 建屋外の防護すべき設備に関する溢水評価結果

2-1) 防護すべき設備の選定結果

第1回届出書及び今回の「3.1.4.2.1(1)a.(b) ii 評価結果」を踏まえて特定される、クリフエッジシナリオの成立のために必要な設備のうち、建屋外に設置されているものを防護すべき設備とし選定した。整理した結果を第3.1.4.2.1.19表に示す。なお、これらの設備は、「(a)②2)2-1) 防護すべき設備の選定結果」の選定設備に包絡される。

第3.1.4.2.1.19表 防護すべき設備

防護すべき設備	設置高さ (E.L.[m])	機能喪失高さ (E.L.[m])
原子炉補機冷却海水ポンプ操作箱	3.80	4.70
3A 海水ポンプ 3B 海水ポンプ 3C 海水ポンプ	1.55	3.85
大容量ポンプ	12.30	12.58
	15.10	15.38
	30.00	30.28
空冷式非常用発電装置 中継・接続盤	32.50	33.50
A・空冷式非常用発電装置 信号処理盤 B・空冷式非常用発電装置 信号処理盤	32.50	33.40
タンクローリー	12.30	12.57
	15.10	15.55
	32.00	32.28
空冷式非常用発電装置	32.50	33.40

2-2) 溢水評価条件の設定結果

評価方針に基づき、流体を内包する溢水源となり得る機器のうち、そのHCLPFがクリフエッジ地震加

速度以上であることが確認できないものを溢水源とした。なお、これらの溢水源は、「(a)②2)2-2) 溢水評価条件の設定結果」と同じである。

2-3) 溢水評価結果

防護すべき設備が出力運転時の対象に包絡されており、また、溢水源については出力運転時と同じであることから、評価結果については「(a)②2)2-3) 溢水評価結果」と同様である。よって、防護すべき設備は要求される機能を損なう恐れはない。

b. 原子炉建屋の背後斜面等のすべり及び剥落

(a) 炉心損傷防止対策、格納容器損傷防止対策及び使用済燃料ピットの燃料損傷防止対策への影響

1) 評価方法

1-1) 防護すべき設備等の選定

「3.1.4.2.1(1) 地震単独の評価」における、「3.1.4.2.1(1)a.(a) ii 評価結果」、「3.1.4.2.1(1)a.(b) ii 評価結果」、「3.1.4.2.1(1)b. ii 評価結果」及び「3.1.4.2.1(1)c. ii 評価結果」を踏まえて特定される、クリフエッジ・エフェクトを回避するために必要な緩和設備等を選定する。

ここで、屋内設備等の防護については、それらを設置する建屋を防護すべき設備等とする。

一方、屋外設備等については、その使用継続に必要なとなる燃料等に加え、ホース敷設等の屋外作業に必要なアクセスルートの整備に必要なとなる重機等についても、防護すべき設備等として選定する。

その結果、防護すべき設備等としては、別紙3.1.4.2.1(2)b-1 のとおり整理された。これらの配置場所を第3.1.4.2.1.6 図に示す。

参考資料に記載する。

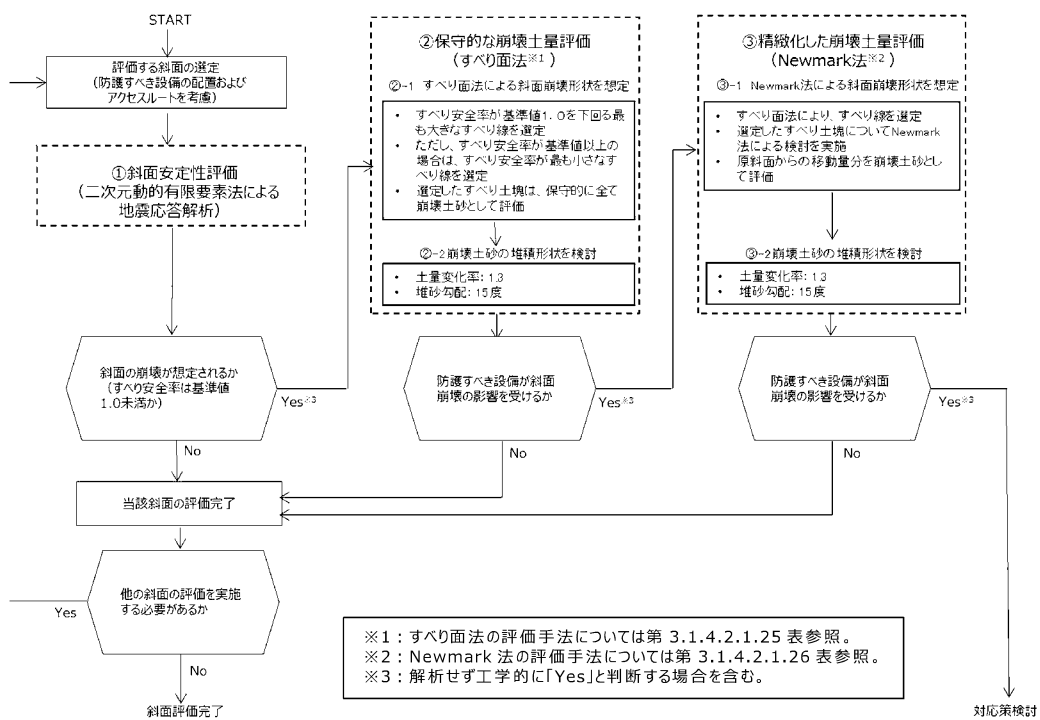
第3.1.4.2.1.6 図 防護すべき設備等の配置場所

1-2) 防護すべき設備等への影響評価

背後斜面等のすべり及び剥落の検討用地震加速度として、比較的高い地震加速度である1.5Gを設定する。これ

は、「3.1.4.2.1(1) 地震単独の評価」から得られる、炉心損傷防止対策、格納容器破損防止対策、及び使用済燃料ピットの燃料損傷防止対策に係るクリフエッジ地震加速度を上回っている。

斜面崩壊範囲については、斜面の安定性評価及び斜面の崩壊影響評価を行い、その範囲を想定する。斜面安定性評価及び斜面崩壊影響評価の検討フローを第3.1.4.2.1.7図に示す。また、すべり面法による崩壊土量評価の概要を第3.1.4.2.1.20表に、Newmark法による崩壊土量評価の概要を第3.1.4.2.1.21表に示す。



第3.1.4.2.1.7図 斜面安定性評価及び斜面影響評価の検討フロー

第 3.1.4.2.1.20 表 すべり面法による崩壊土量評価

<p>(1) 斜面の土砂崩壊範囲の設定</p>	<p>保管場所近傍及びアクセスルート背面に斜面が存在し、その斜面の崩壊が想定される場合には、斜面の崩壊を考慮することにより土砂の堆積形状を検討する。対象となる設備等への斜面の影響範囲については、谷・尾根形状等を地形図から判読し、設定する。</p>
<p>(2) すべり線の設定</p>	<p>想定する地震動に対するすべり安全率が 1 を下回るすべり線の中で崩壊土量の最も大きなすべり線を考慮する。(斜面のすべりは、すべり安全率が最も小さいすべり線において先ずすべり、より安定な状態となることからその後により規模の大きなすべり線ですべることはないと考えられる。しかし、ここでは、土砂の到達範囲に対する影響をより保守的に評価する観点から、想定する地震動に対するすべり安全率が 1 を下回るすべり線の中で崩壊土量の最も大きなすべり線を考慮する)</p>
<p>(3) 崩壊土砂の到達範囲の設定</p>	<p>1) 崩壊土砂の堆積量 すべり土塊の土量に対して土量変化率 1.3 を考慮する。</p> <p>2) 崩壊土砂の堆積時の角度 崩壊土砂の堆積時の角度は 15 度とする。</p>

第 3.1.4.2.1.21 表 Newmark 法による崩壊土量評価

(1) すべり土塊の変位量の算定	すべり面法により設定したすべり線に対して、Newmark 法によりすべり土塊の正規化変位量（すべり変位/すべり円弧の長さ）を算定する。
(2) すべり土塊の土量の設定	<p>(1) で算出した正規化変位量が、限界すべり量（0.17%）*を超過した場合、崩壊土砂の到達範囲を設定する。また、限界すべり量を超過しない場合においても、崩壊土量が無視できないと考えられる場合については、崩壊土砂の到達範囲を設定する。</p> <p>※：平成 25 年度の原子力土木委員会地盤安定性評価部会にて示された指標。（すべり変位/すべり円弧）の長さを正規化変位量とし、0.17%を超えなければすべり土塊は崩落しないことを実験により示している。</p>
(3) 崩壊土砂の到達範囲の設定	(2) において、限界すべり量を超過したすべり線、及び崩壊土量が無視できないと考えられるすべり線については、崩壊土砂の到達範囲を設定する。設定方法については、前頁「すべり面法による崩壊土量評価」を参照する。

2) 評価結果

2-1) 屋外設備等に対する評価結果

2-1-1) 特高開閉所背後斜面の検討結果

第 3.1.4.2.1.7 図で示すフローに従い、評価する斜面として防護すべき設備の配置及びアクセスルートを考慮し特高開閉所背後斜面を選定した。別紙 3.1.4.2.1(2)b-2 のとおり評価した結果、斜面下の保管場所やアクセスルートに影響を与えることはない。「b.

大容量ポンプ」、「c. 送水車及びホース類」、「c. 大容量ポンプホース類」、「d. ブルドーザー」及び「b.及び c. タンクローリー」については、その健全性を維持できる。

このため、1-1)項で選定した防護すべき設備等のうち、上記の設備については使用可能であることを確認した。残る防護設備である、「f. 空冷式非常用発電装置」、「e. 重油（燃料油貯油そう）」については、3号機及び4号機背面斜面の影響を受ける可能性がある。このため、次項において3号機及び4号機背面斜面の検討を行う。

2-1-2) 3号機及び4号機背面斜面の検討結果

別紙 3.1.4.2.1(2)b-3 のとおり、3号機及び4号機背面斜面の検討を実施した結果、背面斜面が崩壊する可能性はあるが、「f. 空冷式非常用発電装置」及び「e. 重油（燃料油貯油槽）」については、崩壊土砂が到達することはないため、健全性が損なわれることはない。

2-2) 屋内設備等に対する評価結果

別紙 3.1.4.2.1(2)b-3 のとおり、3号機及び4号機背面斜面崩壊時に発生する土砂が建屋に到達することはない。従って、建屋の健全性は維持されることから、屋内設備等の健全性は維持される。

2-3) 評価結果まとめ

2-1)項及び2-2)項の評価の結果、クリフエッジ地震加速度では、斜面崩壊が発生する可能性があるが、必要な屋外設備等について、いずれかの保管場所がその機能を維持出来ることを確認した。

これは防護すべき設備等の機能維持の観点での確認結果であり、接近性、作業性の観点もあいまって格納容器破損を防止できることについては、「3.1.4.3.1 余裕時間

に関する評価」にて詳細に評価する。

c. 地震随伴内部火災

(a) 炉心損傷防止対策への影響

a) 出力運転時

1) 評価方法

地震随伴内部火災による地震単独の安全裕度への影響の有無を評価するにあたり、地震時の随伴火災発生の可能性や影響範囲等の想定について考慮する必要がある。

地震時において、機器等はその耐震設計に応じて、損傷、機能の喪失等が想定されるが、その随伴火災については、必ずしも発生するとは限らない現象であり、火災発生の閾値を適切に設定することが困難である。

この点については、地震による損傷に伴って内包する流体が系外へ溢れ出る蓋然性が高い地震随伴内部溢水と比較すると、それとは異なるアプローチが必要となる。

従って、この地震随伴火災の評価においては、これまで決定論に基づいて実施してきた火災防護対策を踏まえつつ、機器等の種別等を考慮して、火災源の想定上の取扱いと影響範囲等を検討する。その上で、それぞれの火災源からの火災が事象緩和機能に影響を与えないことを確認することにより、地震単独の安全裕度が、地震随伴内部火災による影響を受けないことを確認する。

具体的な評価の流れについては、まず、評価対象となる区画を設定する。その区画については、出力運転時の炉心損傷を防止するために必要な事象緩和機器が設置されている区画（以下、評価対象区画という）を設定する。

なお、評価対象区画は、平成 27 年 8 月 4 日に認可を受けた高浜発電所 3 号機の工事計画変更認可申請及び令和元年 8 月 7 日に認可を受けた高浜発電所 3 号機の工事計画認可申請において設定した火災区域・区画に基づき設定するものとする。

次に考慮すべき点として、火災源の選定を行う必要があるが、ここで火災源については評価対象区画にある可燃物を種類で分類する。火災源の選定にあたり、その可燃物の物質特性である引火点や、発生防止に係る機器の構造面、過去事例等の知見を考慮するとともに、必要に応じ、現場での確認（以下、「プラントウォークダウン」という）により可燃物の周囲に着火源となり得るものが設置されていないことも確認して、火災源を選定する。

そして、選定された火災源について、着火時の事象緩和機能への影響の有無を評価する。

この評価の結果、それぞれの火災源からの火災が事象緩和機能に影響を与えないことが確認できた場合、地震単独の安全裕度が、地震随伴内部火災による影響を受けないこととなる。

2) 評価結果

2-1) 評価対象区画の設定

出力運転時の炉心損傷を防止するために必要な事象緩和機器が設置されている区画を対象に、第3.1.4.2.1.8 図に示すような火災区域・区画を評価対象区画として設定した。

2-2) 火災源の選定

評価対象区画内で発生する火災事象としては、油火災、可燃性ガス火災、電気火災、その他可燃物による火災があり、その原因となる評価対象区画内の可燃物を以下のとおり抽出した。

(油火災)

- ・潤滑油
- ・燃料油

(可燃性ガス火災)

- ・水素ガス

(電気火災)

- ・電気盤
- ・ケーブル

(その他可燃物火災)

- ・換気空調系フィルタ
- ・モータ絶縁物

抽出した可燃物については、潤滑油を除き、地震随伴内部火災の火災源となる可能性のあるものとして選定した。

以下、潤滑油を火災源から除外する考え方を示す。

2-2-1) 潤滑油

潤滑油は引火点（約 180℃）以上に加熱されないと着火しにくい物質である。ここで、高浜発電所における原子炉格納容器内、原子炉補助建屋内、燃料取扱建屋内、制御建屋内、中間建屋内及び特重建屋内に設置されている機器の潤滑油の引火点は約 220～268℃であり、第 3.1.4.2.1.22 表に示すとおり、各火災区画の室内温度及び機器運転時の潤滑油温度に対して、十分に高いことを確認している。

また、プラントウォークダウン（結果の一例を第 3.1.4.2.1.23 表に示す。）により、潤滑油を内包している機器（以下、「油内包機器」という。）の軸受の損傷等による潤滑油の漏えいを想定しても、それぞれの漏えい範囲内に着火源になり得る設備（電気盤等）が設置されていないことを確認している。

以上のことから、潤滑油については火災源として選定しない。

2-3) 火災源の事象緩和機能への影響の有無

2-2)項で火災源として選定された各可燃物に対して、実際に火災が発生した場合の事象緩和機能への影響の

有無について評価した結果を以下に示す。

2-3-1) 燃料油火災

燃料油を内包する設備としては、ディーゼル発電機及び特重電源設備があるが、ディーゼル機関及び特重電源設備機関内で燃焼している場合、機器の不具合等から室内火災になるおそれがある。

また、潤滑油と比較して引火点が低い（重油：約60℃）ため、仮に機器が損傷し、燃料油が漏えいした場合、近傍に設置されている電気設備との接触により着火するおそれがある可燃物である。

しかし、仮に燃料油火災が発生したとしても、ディーゼル発電機は第 3.1.4.2.1.8 図の火災区域・区画面図（E.L.+4.0m）に示すとおり、A系とB系の区画が分離されている。これらの区画間は、耐火能力を有する隔壁にて、完全に分離されていることから、地震により発生した燃料油火災により、ディーゼル発電機の両系統が同時に機能喪失することはない。

よって、燃料油火災は、事象緩和機能への影響は無いと評価する。

2-3-2) 水素ガス火災

水素ガスは、水素ガスを内包する系統から系外へ漏えいした場合は、空気により希釈される過程で可燃性混合気体を形成し、静電気等の非常に小さなエネルギーの着火源で着火するおそれがある可燃物である。

しかし、評価対象区画内の水素ガスを内包する系統を構成する弁、配管は、溶接構造、ベローズ及びダイヤフラム構造にすることによって、水素の漏えい防止対策を講じていることから水素が漏えいするおそれは無い。

よって、水素ガス火災は、事象緩和機能への影響は無いと評価する。

2-3-3) 電気盤火災

電気盤は、盤内の構成品が電氣的に加熱されることにより、着火するおそれがある可燃物である。

しかし、電気盤は金属製の筐体に覆われていることから、盤内構成品の火災が発生しても、筐体により、電気盤外への火災の影響範囲は限定される。更に、電気盤については、片トレンの安全系電源盤自身の火災を想定しても、第 3.1.4.2.1.8 図の火災区域・区画図 (E.L. +4.0m) に示すとおり、異トレンの電源盤が設置されている区画とは耐火壁で分離されており、影響を及ぼすことはない。

よって、電気盤火災は、事象緩和機能への影響は無いと評価する。

2-3-4) ケーブル火災

ケーブルは電氣的に加熱され、着火するおそれがある可燃物である。

しかし、ケーブルが着火したとしても、難燃性材料が使用されているため、延焼し難い。また、筐体や電線管に収納されていることから、ケーブルの火災の影響範囲は限定される。

よって、ケーブル火災は、事象緩和機能への影響は無いと評価する。

2-3-5) 換気空調系フィルタ

換気空調系フィルタ内にあるチャコールフィルタは電気ヒータにより加熱され、着火するおそれがある可燃物である。

しかし、チャコールフィルタが着火したとしても、金属製の筐体に収納されていることから、換気空調

系フィルタの火災の影響範囲は限定される。

よって、換気空調系フィルタ火災は、事象緩和機能への影響は無いと評価する。

2-3-6) モータ絶縁物火災

モータ絶縁物は、電氣的に加熱され、着火するおそれがある可燃物である。

しかし、モータ絶縁物は絶縁物の量が限定されていること、金属製の筐体により覆われており、モータ絶縁物が着火したとしても、火災の影響範囲は限定されること等により、周囲に影響し難いと考えられる。

よって、モータ絶縁物火災は、事象緩和機能への影響は無いと評価する。

2-4) 評価結果まとめ

地震随伴内部火災の安全裕度評価については、設定した評価対象区画において、火災源を選定し、着火時の事象緩和機器への影響の有無を確認、評価した。出力運転時における各可燃物に対する評価結果の一覧を第 3.1.4.2.1.24 表に示す。

第 3.1.4.2.1.24 表に記載の通り、出力運転時において設計上の想定を超える地震の発生を仮定し、評価対象である炉心損傷を防止するための措置の地震単独の安全裕度が、地震随伴内部火災による影響を受けないことを確認した。

b) 運転停止時

1) 評価方法

出力運転時における地震単独の評価に対する随件事象の影響のうち、出力運転時と同様の評価方法を適用する。

ただし、運転停止時において、出力運転時と異なる条件に着目して、火災源の選定を行い、選定された火災源

による事象緩和機能への影響の有無を評価する。

2) 評価結果

2-1) 評価対象区画の設定

運転停止時の炉心損傷を防止するために必要な事象緩和機器が設置されている区画を対象に、第3.1.4.2.1.8 図に示すような火災区域・区画を評価対象区画として設定した。

2-2) 火災源の選定

地震に随伴した内部火災を評価するにあたり、出力運転時と運転停止時の評価において異なる条件に着目して、火災源の選定を行う。

出力運転時の評価において抽出した可燃物について運転停止時と出力運転時とで異なる条件としては、運転停止時には、電気盤及びケーブルが通電されていない状態、水素内包系統については、プラント運転停止時には定められた手順により、水素は放出されている状態が考えられる。電気盤火災及びケーブル火災については、出力運転時の評価として通電状態であることを前提として評価を実施し、水素ガス火災については水素が内包状態であることを前提として評価を実施している。よって、電気盤火災、ケーブル火災及び水素ガス火災の運転停止時における評価については、出力運転時における評価結果に包絡される。

また、運転停止時と出力運転時の評価で燃料油を内包する設備の分離状態に変更は無いことから、燃料油火災については出力運転時での評価結果と同様となる。

従って、出力運転時に抽出した可燃物のうち、運転停止時においても評価対象とする可燃物としては、潤滑油、換気空調系フィルタ及びモータ絶縁物とする。

また、上記の可燃物に加え、運転停止時には

定期点検等の保守作業のため、火気使用作業及び有機溶剤等を使用した保守作業が想定されることから、火気使用作業時に発生する可燃物・引火物及び作業時に持ち込む有機溶剤等の持込可燃物についても、運転停止時にて評価対象とする可燃物とする。

以上のことから、運転停止時における地震単独の評価に対する随件事象の影響評価にとしては、潤滑油、換気空調系フィルタ、モータ絶縁物、火気使用作業時に発生する可燃物・引火物及び作業時に持ち込む有機溶剤等の持込可燃物を火災源とした場合について、事象緩和機能への影響の有無を評価する。

2-3) 火災源の事象緩和機能への影響の有無

2-3-1) 潤滑油火災

運転停止時においては、出力運転時と異なり、潤滑油を内包する機器の保守点検作業による分解点検等により潤滑油内包部位が油拡大防止措置の範囲外に設置されることが想定され、油拡大防止措置の範囲外に設置されていた場合は、潤滑油が漏えい・拡大し、周辺の着火源により着火することが考えられる。しかし、仮に潤滑油火災が発生したとしても、作業中においては常時保守要員が現地に滞在していることから、早期に火災を感知し、消火することが可能であるため、事象緩和機能へ影響を及ぼすような規模の火災になるおそれは無い。また、日々の作業中断時及び作業完了時においては、原子力発電所請負工事一般仕様書にて、周辺を整備し、整理・整頓等を推進すること、及び火気使用作業では後始末を確実に実施すること、火気使用作業管理要領にて火気使用作業の養生管理や作業周辺エリア周辺で可燃物・引火物がないことの確認等を規定しているこ

とから、火災が発生するおそれは無い。

よって、潤滑油火災は、事象緩和機能への影響は無いと評価する。

2-3-2) 換気空調系フィルタ火災

運転停止時においては、出力運転時と異なり、フィルタユニットの点検により分解されていること、及びチャコールフィルタの取替作業が実施されていることが想定される。これらの作業時には、換気空調系フィルタにおいて着火源と考えられる電気ヒータは通電されておらず、仮に試験運転等により通電され、チャコールフィルタ火災が発生したとしても、常時保守要員が現地に滞在していることから、早期に火災を感知し、消火することが可能であるため、事象緩和機能へ影響を及ぼすような規模の火災になるおそれは無い。また、取替えたチャコールフィルタについては、高浜発電所 火災防護計画にて固体廃棄物として処理を行うまでの間、金属製の容器や不燃シートに包んで保管することを規定していることから、使用済みのチャコールフィルタにて火災が発生するおそれは無い。

よって、換気空調系フィルタ火災は、事象緩和機能への影響は無いと評価する。

2-3-3) モータ絶縁物火災

モータ絶縁物は、絶縁物の量が限定されていること、金属製の筐体により覆われており、モータ絶縁物が着火したとしても、火災の影響範囲は限定される。

運転停止時においては、出力運転時と異なり、モータの分解点検により、モータブラケットを取り外すことで、モータ絶縁物が露出し、着火源により着

火されることが想定される。しかし、仮にモータ絶縁物火災が発生したとしても、作業中においては、常時保守要員が現地に滞在していることから、早期に火災を感知し、消火することが可能であるため、事象緩和機能へ影響を及ぼすような規模の火災になるおそれは無い。また、日々の作業中断時及び作業完了時においては、原子力発電所請負工事一般仕様書にて、周辺を整備し、整理・整頓等を推進すること、及び火気使用作業では後始末を確実に実施すること、火気使用作業管理要領にて火気使用作業の養生管理や作業周辺エリア周辺で可燃物・引火物がないことの確認等を規定していることから、火災が発生するおそれは無い。

よって、モータ絶縁物火災は、事象緩和機能への影響は無いと評価する。

2-3-4) 火気使用作業時に発生する可燃物・引火物

火気使用作業により発生する可燃物・引火物については、火気使用作業管理要領にて火気使用作業の養生管理や作業エリア周辺で可燃物・引火物がないことの確認等を規定している。

更に原子力発電所請負工事一般仕様書にて、「作業中は常に現場の状況監視に努め、不安全状態が生じた場合には作業を中断し、適切な処置を行うこと」を規定しており、地震が発生した場合には火気使用作業を中断して、適切な処置を行うことを規定していることから、火気使用作業により火災が発生しても事象緩和機能へ影響を及ぼすような規模の火災になるおそれは無い。

よって、火気使用作業により発生する可燃物・引火物による火災は事象緩和機能への影響は無いと評

価する。

2-3-5) 持込可燃物

火気使用作業管理要領による作業エリア周辺の可燃物管理に加え、現場資機材管理所則では、資機材の固定や、転倒防止を含めた保管管理等について規定している。更に、原子力保守業務要綱において、特定化学物質、有機溶剤及び危険物を取り扱う作業管理が規定していることから、持込可燃物により火災が発生しても事象緩和機能へ影響を及ぼすような規模の火災になるおそれは無い。

よって、持込可燃物により発生する可燃物・引火物による火災は事象緩和機能への影響は無いと評価する。

2-4) 評価結果まとめ

地震随伴内部火災の安全裕度評価については、設定した評価対象区画において、火災源を選定し、着火時の事象緩和機器への影響の有無を確認、評価した。プラント運転停止時における各可燃物に対する評価結果の一覧を第 3.1.4.2.1.25 表に示す。

第 3.1.4.2.1.25 表に記載の通り、プラント運転停止時において、設計上の想定を超える地震の発生を仮定し、評価対象である炉心損傷を防止するための措置の地震単独の安全裕度が、地震随伴内部火災による影響を受けないことを確認した。

(b) 格納容器損傷防止対策への影響

1) 評価方法

地震単独の評価に対する随件事象の影響のうち、出力運転時における炉心損傷防止対策と同様の評価方法を適用する。

なお、評価対象区画は、高浜発電所の既工事計画書にお

いて設定した火災区域・区画に基づき設定するものとし、格納容器損傷を防止するための措置に必要な事象緩和機器が設置されている区画を対象とする。

2) 評価結果

2-1) 評価対象区画の設定

格納容器損傷を防止するために必要な事象緩和機器が設置されている区画を対象に、第 3.1.4.2.1.8 図に示すような火災区域・区画を評価対象区画として設定した。

2-2) 火災源の選定

評価対象区画内の発生する火災事象としては、出力運転時における炉心損傷防止対策と同様であり、火災源も同様とする。

2-3) 火災源の事象緩和機能への影響の有無

2-2)項で火災源として選定された各可燃物に対して、実際に火災が発生した場合の事象緩和機能への影響の有無については、出力運転時における炉心損傷防止対策と同様の評価結果を適用する。

2-4) 評価結果まとめ

地震随伴内部火災の安全裕度評価については、設定した評価対象区画において、火災源を選定し、着火時の事象緩和機器への影響の有無を確認、評価した。出力運転時における各可燃物に対する評価結果の一覧を第 3.1.4.2.1.24 表に示す。

第 3.1.4.2.1.24 表に記載の通り、出力運転時において設計上の想定を超える地震の発生を仮定し、評価対象である格納容器損傷を防止するための措置の地震単独の安全裕度が、地震随伴内部火災による影響を受けないことを確認した。

(c) 使用済燃料ピットの燃料損傷防止対策への影響

1) 評価方法

地震単独の評価に対する随件事象の影響のうち、出力運転時及び運転停止時における炉心損傷防止対策と同様の評価方法を適用する。

なお、評価対象区画は、高浜発電所の既工事計画書において設定した火災区域・区画に基づき設定するものとし、使用済燃料ピットにある燃料の損傷を防止するための措置に必要な事象緩和機器が設置されている区画を対象とする。

2) 評価結果

2-1) 評価対象区画の設定

使用済燃料ピットの燃料損傷を防止するために必要な事象緩和機器が設置されている区画を対象に、第3.1.4.2.1.8 図に示すような火災区域・区画を評価対象区画として設定した。

2-2) 火災源の選定

評価対象区画内で発生する火災事象としては、油火災、電気火災、その他可燃物による火災があり、その原因となる評価対象区画内の可燃物を以下のとおり抽出した。

(油火災)

- ・潤滑油

(電気火災)

- ・電気盤
- ・ケーブル

(その他可燃物火災)

- ・モータ絶縁物
- ・火気使用作業時に発生する可燃物・引火物
- ・持込可燃物

抽出した可燃物については、潤滑油を除き、地震随伴内部火災の火災源となる可能性のあるものとして選定した。

なお、潤滑油を火災源から除外する考え方については

出力運転時及び運転停止時における炉心損傷防止対策と同様の評価結果を適用する。

2-3) 火災源の事象緩和機能への影響の有無

2-2)項で火災源として選定された各可燃物に対して、実際に火災が発生した場合の事象緩和機能への影響の有無については、出力運転時及び運転停止時における炉心損傷防止対策と同様の評価結果を適用する。

2-4) 評価結果まとめ

地震随伴内部火災の安全裕度評価については、設定した評価対象区画において、火災源を選定し、着火時の事象緩和機器への影響の有無を確認、評価した。出力運転時における各可燃物に対する評価結果の一覧を第 3.1.4.2.1.26 表に示す。

第 3.1.4.2.1.26 表に記載の通り、設計上の想定を超える地震の発生を仮定し、評価対象である使用済燃料ピットにある燃料の損傷を防止するための措置の地震単独の安全裕度が、地震随伴内部火災による影響を受けないことを確認した。

参考資料に記載する。

第 3.1.4.2.1.8 図 高浜発電所 3 号機 火災区域・火災区画 (E.L. +4.0m)

第 3.1.4.2.1.22 表 潤滑油の引火点、室内温度及び機器運転時の温度

潤滑油品種	潤滑油内包機器	引火点 [°C]	室内温度 [°C]	機器運転時の 潤滑油温度 [°C]
DN タービン オイル 56	余熱除去ポンプ タービン動補助給水ポンプ 他	約 248	約 40	約 200
			約 33	約 93
DN タービン オイル 32	電動補助給水ポンプ 充てん／高圧注入ポンプ 他	約 220	約 37	約 75
			約 36	約 150
DN スーパー タービンオイル 46	1 次冷却材ポンプ電動機 他	約 236	約 49	約 80
DN マリン オイル SX-40	ディーゼル発電機 他	約 268	約 40	約 75

第 3.1.4.2.1.23 表 プラントウォークダウン結果 (1 / 4)

例

高浜発電所 3 号機 安全性向上評価のための随伴火災プラントウォークダウンチェックシート

S S C 名 : 3A余熱除去ポンプ, 3B余熱除去ポンプ

機器番号 : 3RHP1A, 3RHP1B

可燃物名 : 潤滑油

漏洩拡大防止措置 : 有

漏洩範囲(m², m) : 漏洩拡大防止措置内

区画 : A/B 1-13

機器配置図番号 :

[チェック対象項目]	要	否
A) 火災源の影響の確認	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

総合評価 (モデルへの反映方法、取り扱いについての記載)
 ・ポンプ側にはドレンリムが設置されており、モータ側は漏洩拡大防止措置が無いが、部屋内にサンプ、部屋入口に堰があり、部屋外への油の漏洩拡大は防止できるため、漏洩拡大防止措置を「有」とした。

実施日 : 2017年4月25日

実施者 :

第 3.1.4.2.1.23 表 プラントウォークダウン結果 (2 / 4)

例

機器番号： 3RIP1A, 3RIP1B

Λ) 火災源の影響の確認

I. 漏洩拡大防止措置内又は漏洩範囲内の潤滑油に対して着火源は無い

	Y	N	U	N/A
1. 電気盤は無い	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. 裸火は無い	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. 高温の発熱体は無い	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. その他着火源は無い (Nの場合、具体的着火源を記入)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(記号の説明) Y : YES, N : NO, U : 調査不可, N/A : 対象外



図 19-1 3A 余熱除去ポンプ, 3B 余熱除去ポンプ
銘板



図 19-2 3A 余熱除去ポンプ, 3B 余熱除去ポンプ
機器全体



図19-3 3A余熱除去ポンプ, 3B余熱除去ポンプ
漏洩拡大防止措置

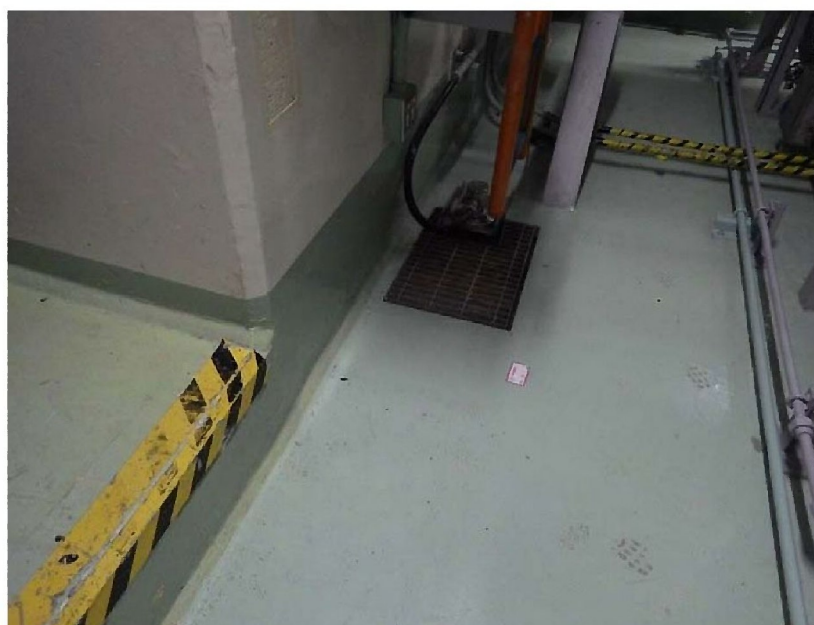


図19-4 3A余熱除去ポンプ, 3B余熱除去ポンプ
部屋入口の堰およびサンプ

第 3.1.4.2.1.24 表 炉心損傷防止対策（出力運転時）及び格納容器損傷防止対策における地震随伴火災影響評価結果一覧表

可燃物種別	評価結果		備考
	火災源選定要否	事象緩和機能への影響有無	
潤滑油	否	—	機器に使用される潤滑油は引火点が高く、また潤滑油を内包する設備の周辺に、着火源となり得る設備は無いことから、火災源には選定しない。
燃料油	要	無	耐火能力を有する隔壁にて、燃料油を内包する設備の A 系と B 系は分離されているため、事象緩和機能への影響は無い。
水素ガス	要	無	水素ガス内包系統の弁及び配管は漏えいしない構造であることから、事業緩和機能への影響は無い。
電気盤	要	無	電気盤は金属製の筐体により覆われており、筐体により火災の範囲は限定される。また、異トレンの電気盤は、耐火能力を有する隔壁で分離されていることから、事象緩和機能への影響は無い。
ケーブル	要	無	難燃性材料の使用や金属製の電線管、トレイへ敷設されており、火災の範囲は限定されるため、事象緩和機能への影響は無い。
換気空調系フィルタ	要	無	換気空調系フィルタは金属製の筐体により覆われており、火災の範囲は限定されるため、事象緩和機能への影響は無い。
モータ絶縁物	要	無	モータ絶縁物火災は、筐体により限定されること、絶縁物の量が限定されていることから、事象緩和機能への影響は無い。

第 3.1.4.2.1.25 表 炉心損傷防止対策（運転停止時）における地震随伴火災影響評価結果一覧表

可燃物種別	評価結果		備 考
	出力運転時の評価結果に包絡されるか否か	事象緩和機能への影響有無	
潤滑油	包絡されない	無	出力運転時との相違点として、保守作業（分解点検等）により、潤滑油内包部位の場所が異なる可能性があるが、作業中は保守要員が現地に常駐していること、作業中断時には養生管理等を確実に実施することを社内ルールに規定していることから、事象緩和機能への影響は無い。
燃料油	包絡される	—	プラント運転停止時においても燃料油を内包する設備の分離状態（耐火能力を有する隔壁）に変更は無いことから、出力運転時の評価結果に包絡される。
水素ガス	包絡される	—	水素内包系統については、プラント運転停止時には定められた手順により、水素ガスを放出しており、系統内に水素は内包していないことから、出力運転時の評価結果に包絡される。
電気盤	包絡される	—	プラント運転停止時にはプラント運転中とは異なり、通電されていない電気盤もあるため、通電状態を前提とした出力運転時の評価結果に包絡される。
ケーブル	包絡される	—	プラント運転停止時にはプラント運転中とは異なり、通電されていないケーブルもあるため、通電状態を前提とした出力運転時の評価結果に包絡される。
モータ絶縁物	包絡されない	無	出力運転時との相違点として、モータケーシングの分解によりモータ絶縁物が露出している状態が想定されるが、作業中は保守要員が現地に常駐していること、作業中断時には養生管理等を確実に実施することを社内ルールに規定していることから、事象緩和機能への影響は無い。
換気空調系フィルタ	包絡されない	無	出力運転時との相違点として、①フィルタユニットの分解、②チャコールフィルタの取替作業等が想定されるが、①については、作業中は保守要員が現地に常駐していること、②については、取替えたチャコールフィルタを固体廃棄物として処理を行うまでの間、金属製の容器等に包んで保管することを社内ルールにて規定していることから、事象緩和機能への影響は無い。
火気使用作業時に発生する可燃物・引火物※ 1	— (出力運転時には無し)	無	養生管理や作業エリア周辺に可燃物・引火物がないことの確認等を社内ルールに規定していることから、事象緩和機能への影響は無い。
持込可燃物※ 1	— (出力運転時には無し)	無	作業エリア周辺の可燃物管理や保管管理、特定化学物質、有機溶剤及び危険物を取り扱う作業管理を社内ルールに規定していることから、事象緩和機能への影響は無い。

※ 1 プラント運転停止時にのみ想定される可燃物である。

第 3.1.4.2.1.26 表 使用済燃料ピットの燃料損傷防止対策における地震随伴火災影響評価結果一覧表

可燃物種別	評価結果		備考
	火災源選定要否	事象緩和機能への影響有無	
潤滑油	否	—	機器に使用される潤滑油は引火点が高く、また潤滑油を内包する設備の周辺に、着火源となり得る設備は無いことから、火災源には選定しない。
電気盤	要	無	電気盤は金属製の筐体により覆われており、筐体により火災の範囲は限定される。また、異トレンの電気盤は、耐火能力を有する隔壁で分離されていることから、事象緩和機能への影響は無い。
ケーブル	要	無	難燃性材料の使用や金属製の電線管、トレイへ敷設されており、火災の範囲は限定されるため、事象緩和機能への影響は無い。
モータ絶縁物	要	無	モータ絶縁物火災は、筐体により限定されること、絶縁物の量が限定されていることから、事象緩和機能への影響は無い。
火気使用作業※1	—	無	養生管理や作業エリア周辺に可燃物・引火物がないことの確認等を社内ルールに規定していることから、事象緩和機能への影響は無い。
持込可燃物※1	—	無	作業エリア周辺の可燃物管理や保管管理、特定化学物質、有機溶剤及び危険物を取り扱う作業管理を社内ルールに規定していることから、事象緩和機能への影響は無い。

※1 プラント運転停止時にのみ想定される可燃物である。

d. 地震随伴外部火災

(a) 炉心損傷防止対策、格納容器損傷防止対策及び使用済燃料ピットの燃料損傷防止対策への影響

地震随伴外部火災については、2015年2月12日、2016年9月28日に許可を受けた原子炉設置（変更）許可申請（以下、「設置許可」という。）及び2015年8月4日に認可を受けた工事計画変更認可申請、2019年8月7日に認可を受けた設計及び工事の計画の認可申請（以下、「工認」という。）において想定されている火災に対して、地震随伴の観点で火災源を選定する。

次に、「3.1.4.2.1(1) 地震単独の評価」を踏まえて特定される、炉心損傷防止対策、格納容器損傷防止対策及び使用済燃料ピットの燃料損傷防止対策に対するクリフエッジを回避するために必要な緩和設備等を選定し、屋外設備等、屋内設備等及びアクセスルートに対する外部火災の影響を評価する。

1) 評価方法

1-1) 地震随伴外部火災として想定する火災源の選定

発電所敷地内（屋外）の火災源としては、設置許可及び工認においては、森林火災、発電所敷地内に存在する危険物タンク火災、航空機墜落による火災及び発電所港湾内に入港する船舶の火災が想定されている。

ここで、森林火災については工認で種々の評価条件を最も保守的に設定した評価を基に防火帯を設けており、仮に地震随伴外部火災が発生したとしても、工認での評価条件に包絡されると考えられる。また、航空機墜落による火災及び発電所港湾内に入港する船舶の火災については、その性質上、地震起因で起こらないと考えられる。従って、森林火災、航空機墜落による火災及び発電所港湾内に入港する船舶の火災については火災源として選定しない。

また、危険物タンクについては、高浜発電所構内には、「補助ボイラ燃料タンク（重油、150kℓ）」、「3号機及び4号機タービン油計量タンク（タービン油、130kℓ）」、「1号機及び2号機タービン油タンク（タービン油、80kℓ）」及び「特重電源設備用燃料貯蔵タンク」がある。このうち、「3号機及び4号機タービン油計量タンク（タービン油、130kℓ）」及び「1号機及び2号機タービン油タンク（タービン油、80kℓ）」については、引火点が高い潤滑油であり、引火点以上に加熱されないと着火しにくく、かつ防油堤内に着火源となり得る設備（電気盤等）が設置されていないことから、火災源として選定しない。また、「特重電源設備用燃料貯蔵タンク」については、コンクリート構造物に収納した地下埋設タンクとなっているため地表面で火災が発生する可能性は低く、輻射熱による防護対象施設へ影響を与えないことから火災源として選定しない。一方で、「補助ボイラ燃料タンク（重油、150kℓ）」については、引火点が高い燃料油であるため、何らかの要因で着火する可能性がある。

以上より、ここでは外部火災源としては補助ボイラ燃料タンク（重油、150kℓ）を想定することとする。

1-2) 防護すべき設備等の選定

「3.1.4.2.1(1) 地震単独の評価」における、「3.1.4.2.1(1)a.(a) ii 評価結果」、「3.1.4.2.1(1)a.(b) ii 評価結果」、「3.1.4.2.1(1)b. ii 評価結果」及び「3.1.4.2.1(1)c. ii 評価結果」を踏まえて特定される、クリフエッジ・エフェクトを回避するために必要な緩和設備等をまとめると、別紙 3.1.4.2.1(2)d-1 のとおり整理された。

2) 評価結果

1-1)項で外部火災源として特定された補助ボイラ燃料タ

ンク（重油、150kl）については、工認において、補助ボイラ燃料タンクに最も近い距離にある建屋である4号機ディーゼル発電機建屋に対する影響評価が実施されており、タンク内の全量が流出し火災が継続したとしても、建屋の許容温度を下回ることを既に確認している。従って、3号機建屋及び特重建屋の健全性は維持されることから、屋内設備等の健全性は維持される。

屋外の防護すべき設備等については、第3.1.4.2.1.9図に示す通り、火災源から十分に距離の離れた3号機背面及び特高背面に保管されている設備を使用することで、別紙3.1.4.2.1(2)d-1に示す必要数量を確保可能である。

アクセスルートへの外部火災の影響を確認した結果、消火活動に必要な設備である可搬式消防ポンプは、第3.1.4.2.1.9図で示す配置図の通り、外部火災源に対して十分な距離が確保されており、また「高浜発電所 防火管理所達」において、消火活動に必要な手順が整備されていることから、適切な消火活動を行えることを確認した。

以上より、クリフエッジを回避するために必要な緩和設備及びアクセスルートに対する外部火災の影響がないことを確認した。

参考資料に記載する。

第3.1.4.2.1.9図 防護すべき設備等の配置場所

参考資料に記載する。

各起因事象における収束シナリオ（地震：出力運転時炉心損傷（区分2））
起因事象：外部電源喪失及び原子炉補機冷却機能喪失

参考資料に記載する。

フロントライン系とサポート系の関連表（地震：出力運転時炉心損傷（区分2））
起因事象：外部電源喪失及び原子炉補機冷却機能喪失

参考資料に記載する。

各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPF及びクリフエッジ評価（地震：出力運転時炉心損傷（区分2））
起因事象：外部電源喪失及び原子炉補機冷却機能喪失

参考資料に記載する。

各起因事象における収束シナリオ（地震：運転停止時炉心損傷（区分2））
起因事象：外部電源喪失及び原子炉補機冷却機能喪失

参考資料に記載する。

フロントライン系とサポート系の関連表（地震：運転停止時炉心損傷（区分2））
起因事象：外部電源喪失及び原子炉補機冷却機能喪失

参考資料に記載する。

各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPF及びクリフェッジ評価（地震：運転停止時炉心損傷（区分2））
起因事象：外部電源喪失及び原子炉補機冷却機能喪失

参考資料に記載する。

各起因事象における収束シナリオ（地震：SFP燃料損傷（区分3））
起因事象：外部電源喪失、SFP冷却機能喪失及び原子炉補機冷却機能喪失

参考資料に記載する。

フロントライン系とサポート系の関連表（地震：SFP燃料損傷（区分3））
起因事象：外部電源喪失、SFP冷却機能喪失及び原子炉補機冷却機能喪失

参考資料に記載する。

各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPF及びクリフエッジ評価（地震：SFP燃料損傷（区分3））
起因事象：外部電源喪失、SFP冷却機能喪失及び原子炉補機冷却機能喪失

参考資料に記載する。

地震におけるクリフエッジ・エフェクト評価

斜面崩壊による影響を
確認する項目

	防護すべき設備等	出力時 炉心損傷防止 (1.28G)	停止時 炉心損傷防止 (1.28G)	出力時 CV損傷防止 (1.28G)	SFP損傷防止 (1.28G)
屋内設備等	・原子炉格納容器、原子炉建屋、原子炉補助建屋、制御建屋、中間建屋、D/G建屋、燃料取扱建屋、特重建屋	○ 屋内設備の防護	○ 屋内設備の防護	—	○ 屋内設備の防護
屋外設備等	・空冷式非常用発電装置(1台)	○ 空冷式非常用発電装置からの給電	○ 空冷式非常用発電装置からの給電	—	—
	・送水車及びホース類(1式)	○ 補助給水によるSG給水(タービン動)のための復水タンクへの給水	—	—	○ 送水車による海水注水
	・大容量ポンプ(1台) ・大容量ポンプホース類(1式)	—	○ 格納容器内自然対流冷却	—	—
	・ブルドーザ(1台)	○ アクセスルート確保	○ アクセスルート確保	—	○ アクセスルート確保
	・タンクローリ(1台) ・重油(燃料油貯油そう(空冷式非常用発電装置、可搬式代替低圧注水ポンプ用電源車及び大容量ポンプ用))	○ 燃料補給	○ 燃料補給	—	—

<凡例>

○:期待する

—:シナリオ上期待しない

各収束シナリオに必要な緩和機能に関連する設備等の一覧

特高開閉所斜面の評価

参考資料に記載する。

参考資料に記載する。

3号機及び4号機背面斜面の評価

参考資料に記載する。

外部火災による影響を
確認する項目

	防護すべき設備等	出力時 炉心損傷防止 (1.28G)	停止時 炉心損傷防止 (1.28G)	出力時 CV損傷防止 (1.28G)	SFP損傷防止 (1.28G)
屋内設備等	・原子炉格納容器、原子炉建屋、原子炉補助建屋、制御建屋、中間建屋、D/G建屋、燃料取扱建屋、特重建屋	○ 屋内設備の防護	○ 屋内設備の防護	—	○ 屋内設備の防護
屋外設備等	・空冷式非常用発電装置(1台)	○ 空冷式非常用発電装置からの給電	○ 空冷式非常用発電装置からの給電	—	—
	・送水車及びホース類(1式)	○ 補助給水によるSG給水(タービン動)のための復水タンクへの給水	—	—	○ 送水車による海水注水
	・大容量ポンプ(1台) ・大容量ポンプホース類(1式)	—	○ 格納容器内自然対流冷却	—	—
	・ブルドーザ(1台)	○ アクセスルート確保	○ アクセスルート確保	—	○ アクセスルート確保
	・タンクローリ(1台) ・重油(燃料油貯油そう(空冷式非常用発電装置、可搬式代替低圧注水ポンプ用電源車及び大容量ポンプ用))	○ 燃料補給	○ 燃料補給	—	—

<凡例>

○:期待する

—:シナリオ上期待しない

各収束シナリオに必要な緩和機能に関連する設備等の一覧

3.1.4.2.2 津波

「(1) 津波単独の評価」では、水面が平らである仮想的な津波でクリフェッジ津波高さを評価する。「(2) 遡上解析による検証」では、上記の評価結果に対して遡上の影響を考慮したクリフェッジ津波高さを評価する。なお、「(1) 津波単独の評価」、「(2) 遡上解析による検証」については第3回届出書の評価条件に変更がないことから結果も相違がなく、「(3) クリフェッジ津波高さの決定」についても、第3回届出書の評価結果と相違がない。

(1) 津波単独の評価

a. 炉心損傷防止対策

(a) 出力運転時

i 評価方法

出力運転時の炉心損傷を防止するための措置について、第1回届出書の評価結果における「3.1.4.2.2(1)a.(a) ii ① 起因事象の選定結果」及び「3.1.4.2.2(1)a.(a) ii ② 各起因事象発生に係る許容津波高さ及び津波高さ区分の特定結果」を基に、以下の評価を実施する。

① 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

第1回届出書の評価結果におけるクリフェッジシナリオに対し、影響緩和機能及び収束シナリオを特定する。

② 各影響緩和機能の喪失に係る許容津波高さの特定

①項にて特定した各影響緩和機能について、フロントライン系及びサポート系の各々に対し、機能喪失を引き起こす設備等とその許容津波高さを特定する。具体的には、影響緩和機能の機能喪失に係る許容津波高さは、フロントライン系とサポート系の機能喪失に至る各々の許容津波高さのうち、小さい方となる。

③ 各収束シナリオの機能喪失に係る許容津波高さの特定

②項にて特定した各影響緩和機能の喪失に係る許容津波高さの結果から、各収束シナリオの機能喪失に係る許

容津波高さを特定する。具体的には、各収束シナリオの機能喪失に係る許容津波高さは、当該収束シナリオに必要な各影響緩和機能の許容津波高さのうち、最も小さいものとなる。

④ クリフエッジ・エフェクト評価

①項にて特定した各起因事象のイベントツリーに対して、起因事象の発生及び各影響緩和機能の喪失による収束シナリオの変化を評価する。また、収束シナリオに変化を及ぼす起因事象の発生及び各影響緩和機能の喪失となる許容津波高さが、各クリフエッジ・エフェクトの津波高さとなる。

ii 評価結果

① 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

第 1 回届出書評価結果における津波高さ区分 2 (15m 以上) で新たに発生する起因事象である「外部電源喪失」、「炉心損傷直結」、「CV機能喪失直結」のうち「炉心損傷直結」については、影響緩和系に期待せず直接炉心損傷に至ることから、津波高さ区分 1 (8m～15m 未満) における影響緩和機能及び収束シナリオを特定する。

津波高さ区分 1 (8m～15m 未満) で発生する起因事象である「原子炉補機冷却機能喪失 (主給水流量喪失、過渡事象)」について、別紙 3.1.4.2.2(1)-1 のとおり、影響緩和機能及び収束シナリオを特定した。

収束シナリオの特定においては、炉心の未臨界性が確保され、かつ、燃料が安定、継続的に冷却される状態に至るシナリオを収束シナリオ (冷却成功) とし、この状態に至らないシナリオを燃料の重大な損傷に至るシナリオ (炉心損傷) とした。

なお、収束シナリオの詳細は以下のとおり。

- ・収束シナリオ①

起因事象発生の後、原子炉の停止及びRCP-SDSの作動に成功した状態において、電動、又はタービン動補助給水ポンプによるSGへの給水が行われる。また、復水タンク枯渇までに海水を補給することにより2次系冷却を継続する。この状態では1次系の保有水量が確保された上で、海水を水源とした安定、継続的な2次系冷却が行われており、燃料の重大な損傷に至る事態は回避される。

・収束シナリオ②

起因事象発生の後、原子炉の停止に成功するものの、RCP-SDSの作動に失敗し、RCPシールLOCAが発生しない状態において、電動、又はタービン動補助給水ポンプによるSGへの給水が行われる。制御用空気システムが使用できないことから、主蒸気逃がし弁は現場の手動操作により開放され、2次系による冷却が行われる。1次系の減圧に伴い蓄圧タンクのほう酸水が給水され、1次冷却材と未臨界性を確保する。その後、蓄圧タンク出口隔離弁を中央制御室からの手動操作により閉止する。また、復水タンク枯渇までに海水を補給することにより2次系冷却を継続する。この状態では未臨界性が確保された上で、海水を水源とした安定、継続的な2次系冷却が行われており、燃料の重大な損傷に至る事態は回避される。

・収束シナリオ③

起因事象発生の後、原子炉の停止に成功するものの、RCP-SDSの作動に失敗し、RCPシールLOCAが発生した状態において、電動、又はタービン動補助給水ポンプによるSGへの給水が行われる。制御用空気システムが使用できないことから、主蒸気逃がし弁は現場の手動操作により開放され、2次系による冷却が

行われる。1次系の減圧に伴い蓄圧タンクのほう酸水が給水され、1次系冷却材と未臨界性を確保する。その後、蓄圧タンク出口隔離弁を中央制御室からの手動操作により閉止する。また、復水タンク枯渇までに海水を補給することにより2次系冷却を継続する。さらにRWS Tを水源として恒設代替低圧注水ポンプによる代替炉心注水により1次系への給水を継続する。大容量ポンプによる補機冷却機能回復後に、余熱除去ポンプ及び充てん／高圧注入ポンプによる高圧再循環運転を行い、格納容器再循環ユニットを用いた格納容器内自然対流冷却により崩壊熱除去を行う。この状態で海を最終ヒートシンクとした安定、継続的な冷却が行われており、燃料の重大な損傷に至る事態は回避される。

② 各影響緩和機能の喪失に係る許容津波高さの特定

①項にて抽出した各影響緩和機能について、フロントライン系とそれに必要なサポート系の関連を整理するとともに、各々の機能喪失を引き起こす設備等の許容津波高さの評価結果を用いて、各影響緩和機能の喪失に係る許容津波高さを別紙 3.1.4.2.2(1)-2 のとおり特定した。

③ 各収束シナリオの機能喪失に係る許容津波高さの特定

「原子炉補機冷却機能喪失」の収束シナリオ①～③の機能喪失に係る許容津波高さについて、別紙 3.1.4.2.2(1)-3 のとおり特定した。

④ クリフエッジ・エフェクト評価

第1回届出書評価結果における津波高さ区分1(8m～15m未満)では、津波高さ8m以上で「原子炉補機冷却機能喪失」の起因事象が発生し、その収束シナリオは①～③の3種類となる。そして、津波高さ15m以上で収束シナリオ①～③の機能が喪失することで、全ての収束シ

ナリオが機能喪失し、炉心損傷に至る。（別紙 3.1.4.2.2(1)-10 参照）

その結果、収束シナリオ①～③は、機能喪失に係る共用津波高さが 15m 以上であることから、津波高さ区分 1（8m～15m 未満）で炉心損傷に至ることはない。

よって、津波高さ区分 2（15m 以上）において、津波高さ 15m 以上により「炉心損傷直結」等の起因事象が新たに発生し直接炉心損傷に至ることから、津波高さ 15m をクリフェッジとして特定した。（別紙 3.1.4.2.2(1)-10 参照）

(b) 運転停止時

i 評価方法

運転停止時の炉心損傷を防止するための措置について、崩壊熱が高く、1次系保有水量が少ない燃料取出前のミッドループ運転中を対象に、第 1 回届出書の評価結果における「3.1.4.2.2(1)a.(b) ii ① 起因事象の選定結果」及び「3.1.4.2.2(1)a.(b) ii ② 各起因事象発生に係る許容津波高さ及び津波高さ区分の特定結果」を基に、以下の評価を実施する

① 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

第 1 回届出書の評価結果におけるクリフェッジシナリオに対し、影響緩和機能及び収束シナリオを特定する。

② 各影響緩和機能の喪失に係る許容津波高さの特定

①項にて特定した各影響緩和機能について、フロントライン系及びサポート系の各々に対し、機能喪失を引き起こす設備等とその許容津波高さを特定する。具体的には、影響緩和機能の機能喪失に係る許容津波高さは、フロントライン系とサポート系の機能喪失に至る各々の許容津波高さのうち、小さい方となる。

③ 各収束シナリオの機能喪失に係る許容津波高さの特定

②項にて特定した各影響緩和機能の喪失に係る許容津波高さの結果から、各収束シナリオの機能喪失に係る許容津波高さを特定する。具体的には、各収束シナリオの機能喪失に係る許容津波高さは、当該収束シナリオに必要な各影響緩和機能の許容津波高さのうち、最も小さいものとなる。

④ クリフエッジ・エフェクト評価

①項にて特定した各起回事象のイベントツリーに対して、起回事象の発生及び各影響緩和機能の喪失による収束シナリオの変化を評価する。また、収束シナリオに変化を及ぼす起回事象の発生及び各影響緩和機能の喪失となる許容津波高さが、各クリフエッジ・エフェクトの津波高さとなる。

ii 評価結果

① 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

第 1 回届出書評価結果における津波高さ区分 2 (15m 以上) で新たに発生する起回事象である「水位維持失敗」、
「余熱除去機能喪失」、「原子炉冷却材圧力バウンダリ機能喪失」、「外部電源喪失」、「炉心損傷直結」及び「CV 機能喪失直結」のうち「炉心損傷直結」については、影響緩和系に期待せず直接炉心損傷に至ることから、津波高さ区分 1 (8m～15m 未満) における影響緩和機能及び収束シナリオを特定する。

津波高さ区分 1 (8m～15m 未満) で発生する起回事象である「原子炉補機冷却機能喪失」について、別紙 3.1.4.2.2(1)-4 のとおり、影響緩和機能及び収束シナリオを特定した。

収束シナリオの特定においては、炉心の未臨界性が確保され、かつ、燃料が安定、継続的に冷却される状態に至るシナリオを収束シナリオ（冷却成功）とし、この状

態に至らないシナリオを燃料の重大な損傷に至るシナリオ（炉心損傷）とした。

なお、収束シナリオの詳細は以下のとおり。

・収束シナリオ①

起因事象発生の後、R W S Tを水源として恒設代替低圧注水ポンプによる代替炉心注水により炉心冷却を行う。大容量ポンプによる補機冷却機能回復後に、余熱除去ポンプによる低圧再循環運転を行い、格納容器再循環ユニットを用いた格納容器内自然対流冷却により崩壊熱除去を行う。この状態で海水を最終ヒートシンクとした安定、継続的な冷却が行われており、燃料の重大な損傷に至る事態は回避される。

② 各影響緩和機能の喪失に係る許容津波高さの特定

①項にて抽出した各影響緩和機能について、フロントライン系とそれに必要なサポート系の関連を整理するとともに、各々の機能喪失を引き起こす設備等の許容津波高さの評価結果を用いて、各影響緩和機能の喪失に係る許容津波高さを別紙 3.1.4.2.2(1)-5 のとおり特定した。

③ 各収束シナリオの機能喪失に係る許容津波高さの特定

「原子炉補機冷却機能喪失」の収束シナリオ①の機能喪失に係る許容津波高さについて、別紙 3.1.4.2.2(1)-6 のとおり特定した。

④ クリフエッジ・エフェクト評価

第 1 回届出書評価結果における津波高さ区分 1（8m～15m 未満）では、津波高さ 8m 以上で「原子炉補機冷却機能喪失」の起因事象が発生し、その収束シナリオは①の 1 種類となる。そして、津波高さ 15m 以上で収束シナリオ①が機能喪失することで、全ての収束シナリオが機能喪失し、炉心損傷に至る。（別紙 3.1.4.2.2(1)-10 参照）

その結果、収束シナリオ①は、機能喪失に係る許容津

波高さが 15m 以上であることから、津波高さ区分 1 (8m ~15m 未満) で炉心損傷に至ることはない。

よって、津波高さ 15m 以上により「炉心損傷直結」等の起因事象が新たに発生し直接炉心損傷に至ることから、津波高さ 15m をクリフエッジとして特定した。(別紙 3.1.4.2.2(1)-10 参照)

b. 格納容器損傷防止対策

i 評価方法

格納容器損傷を防止するための措置について、第 1 回届出書の評価結果における「3.1.4.2.2(1)b. ii ① 起因事象の選定結果」及び「3.1.4.2.2(1)b. ii ② 各起因事象発生に係る許容津波高さ及び津波高さ区分の特定結果」を基に、以下の評価を実施する。

① 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

第 1 回届出書の評価結果におけるクリフエッジシナリオに対し、特重施設等を踏まえた場合の影響緩和機能及び収束シナリオを特定する。

② 各影響緩和機能の喪失に係る許容津波高さの特定

①項にて特定した各影響緩和機能について、フロントライン系及びサポート系の各々に対し、機能喪失を引き起こす設備等とその許容津波高さを特定する。具体的には、影響緩和機能の機能喪失に係る許容津波高さは、フロントライン系とサポート系の機能喪失に至る各々の許容津波高さのうち、小さい方となる。

③ 各収束シナリオの機能喪失に係る許容津波高さの特定

②項にて特定した各影響緩和機能の喪失に係る許容津波高さの結果から、各収束シナリオの機能喪失に係る許容津波高さを特定する。具体的には、各収束シナリオの機能喪失に係る許容津波高さは、当該収束シナリオに必要な各影響緩和機能の許容津波高さのうち、最も小さいものとなる。

④ クリフエッジ・エフェクト評価

①項にて特定した各起因事象のイベントツリーに対して、起因事象の発生及び各影響緩和機能の喪失による収束シナリオの変化を評価する。また、収束シナリオに変化を及ぼす起因事象の発生及び各影響緩和機能の喪失となる許容津波高さが、各クリフエッジ・エフェクトの津波高さとなる。

ii 評価結果

① 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

第 1 回届出書評価結果における津波高さ区分 2 (15m 以上) で新たに発生する起因事象である「外部電源喪失」、「炉心損傷直結」及び「C V 機能喪失直結」のうち、「炉心損傷直結」及び「C V 機能喪失直結」については、影響緩和系に期待せず直接炉心損傷及び格納容器損傷に至るシナリオであるため、緩和機能及び収束シナリオの特定は不要である。

② 各影響緩和機能の喪失に係る許容津波高さの特定

①項に記載したとおり、事象緩和に期待できないことから、影響緩和機能はない。

③ 各収束シナリオの機能喪失に係る許容津波高さの特定

①項に記載したとおり、事象緩和に期待できないことから、収束シナリオはない。

④ クリフエッジ・エフェクト評価

第 1 回届出書評価結果における津波高さ区分 2 (15m 以上) では、15m 以上の津波高さにより「炉心損傷直結」及び「C V 機能喪失直結」等の起因事象が新たに発生し、直接炉心損傷及び格納容器損傷に至ることから、津波高さ 15m をクリフエッジとして特定した。(別紙 3.1.4.2.2(1)-10 参照)

c. 使用済燃料ピットの燃料損傷防止対策

i 評価方法

S F Pにある燃料の損傷を防止するための措置について、第1回届出書の評価結果における「3.1.4.2.2(1)c. ii ① 起因事象の選定結果」及び「3.1.4.2.2(1)c. ii ② 各起因事象発生に係る許容津波高さ及び津波高さ区分の特定結果」を基に、以下の評価を実施する。

① 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

第1回届出書の評価結果におけるクリフエッジシナリオに対し、特重施設等を踏まえた場合の影響緩和機能及び収束シナリオを特定する。

② 各影響緩和機能の喪失に係る許容津波高さの特定

①項にて特定した各影響緩和機能について、フロントライン系及びサポート系の各々に対し、機能喪失を引き起こす設備等とその許容津波高さを特定する。具体的には、影響緩和機能の機能喪失に係る許容津波高さは、フロントライン系とサポート系の機能喪失に至る各々の許容津波高さのうち、小さい方となる。

③ 各収束シナリオの機能喪失に係る許容津波高さの特定

②項にて特定した各影響緩和機能の喪失に係る許容津波高さの結果から、各収束シナリオの機能喪失に係る許容津波高さを特定する。具体的には、各収束シナリオの機能喪失に係る許容津波高さは、当該収束シナリオに必要な各影響緩和機能の許容津波高さのうち、最も小さいものとなる。

④ クリフエッジ・エフェクト評価

①項にて特定した各起因事象のイベントツリーに対して、起因事象の発生及び各影響緩和機能の喪失による収束シナリオの変化を評価する。また、収束シナリオに変化を及ぼす起因事象の発生及び各影響緩和機能の喪失となる許容津波高さが、各クリフエッジ・エフェクトの津波高さとなる。

ii 評価結果

① 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

第 1 回届出書評価結果における津波高さ区分 2 (15m 以上) で発生する起因事象である「原子炉補機冷却機能喪失 (S F P 冷却機能喪失)」及び「外部電源喪失」について、別紙 3.1.4.2.2(1)-7 のとおり、影響緩和機能及び収束シナリオを特定した。

収束シナリオの特定においては、S F P の未臨界性が確保され、かつ、燃料が安定、継続的に冷却される状態に至るシナリオを収束シナリオ (冷却成功) とし、この状態に至らないシナリオを燃料の重大な損傷に至るシナリオ (S F P 燃料損傷) とした。

なお、収束シナリオの詳細は以下のとおり。

・収束シナリオ①

起因事象発生の後、ディーゼル発電機の起動が成功し、非常用所内電源からの給電がなされ、燃料取替用水ポンプを用いて R W S T のほう酸水を S F P に注入することにより安定、継続的な冷却が行われており、燃料の重大な損傷に至る事態は回避される。

・収束シナリオ②

起因事象発生の後、ディーゼル発電機の起動が成功し、非常用所内電源からの給電がなされるが、津波により燃料取替用水ポンプによる注水機能が喪失する。この場合においても送水車を用いて海水を S F P に注入することにより安定、継続的な冷却が行われており、S F P にある燃料の重大な損傷に至る事態は回避される。

・収束シナリオ③

起因事象発生の後、ディーゼル発電機の作動に失敗し、S F P 冷却系の冷却機能及び燃料取替用水ポンプによる注水機能が喪失する。この場合においても送水車を用い

て海水を S F P に注入することにより安定、継続的な冷却が行われており、S F P にある燃料の重大な損傷に至る事態は回避される。

② 各影響緩和機能の喪失に係る許容津波高さの特定

①項にて抽出した各影響緩和機能について、フロントライン系とそれに必要なサポート系の関連を整理するとともに、各々の機能喪失を引き起こす設備等の許容津波高さの評価結果を用いて、各影響緩和機能の喪失に係る許容津波高さを別紙 3.1.4.2.2(1)-8 のとおり特定した。

③ 各収束シナリオの機能喪失に係る許容津波高さの特定

「原子炉補機冷却機能喪失」及び「外部電源喪失」の収束シナリオ①～③の機能喪失に係る許容津波高さについて、別紙 3.1.4.2.2(1)-9 のとおり特定した。

④ クリフエッジ・エフェクト評価

第 1 回届出書評価結果における津波高さ区分 2 (15m 以上) では、「原子炉補機冷却機能喪失」に加えて津波高さ 15m 以上で「外部電源喪失」の起因事象が新たに発生し、その収束シナリオは①～③の 3 種類となる。

ただし、収束シナリオ①、②については許容津波高さが 8m であることから、津波高さ区分 2 (15m 以上) においては収束シナリオ①、②には至らない。

そして、津波高さ 15m 以上で収束シナリオ③の機能が喪失することで、全ての収束シナリオが機能喪失し、S F P 燃料損傷に至る。(別紙 3.1.4.2.2(1)-10 参照)

以上より、津波高さ区分 2 (15m 以上) で S F P 燃料損傷に至ることから、津波高さ 15m をクリフエッジとして特定した。

(2) 遡上解析による検証

クリフエッジ高さの津波を想定した遡上解析を行うことで、発電所敷地内における津波の流況を評価し、プラントに及ぼす影響について確認を行った。なお、「(1) 津波単独の評価」の結果、起因事象を引き起こす設備のうち、最も許容津波高さが低いものが防潮堤であることを踏まえて、敷地への遡上経路の入口にあたる取水口前面をクリフエッジ津波高さとして評価した。

a. 炉心損傷、格納容器損傷及び使用済燃料ピットの燃料損傷防止対策

(a) 遡上解析で考慮する津波の設定

発電所敷地内における津波の遡上状況を分析するため、津波高さがクリフエッジ高さである **E.L.+15.0m** となる仮想的な津波を第1回届出書と同じ入力条件として設定した。

(b) 敷地周辺の遡上・浸水域の評価結果

遡上解析結果のうち、第 3.1.4.2.2.1 図に最高水位分布を、第 3.1.4.2.2.2 図に最大浸水深分布を、第 3.1.4.2.2.3 図に 3, 4号機建屋周辺で遡上波の高さが最大となる時刻付近の流速ベクトル分布を示す。

その結果、遡上波の最高水位は 3, 4号機建屋周辺において **E.L.+15.0m** 以下となっている。また、遡上波は特重建屋には到達しない結果となった。

(c) クリフエッジシナリオへの影響の評価

津波に対する安全裕度評価の結果においては、一様に広がる津波が水密扉及び貫通部止水処置等の施工高さである **E.L.+15.0m** 以下である場合には、クリフエッジシナリオを収束させるための建屋内機器のタービン動補助給水ポンプや電気盤が浸水・水没することなく、炉心損傷や格納容器損傷を防止できることを確認している。

上記における遡上解析の結果、取水口前面で **E.L.+15.0m** の津波が発電所に到来した場合、3, 4号機補助建屋周辺で

の遡上波の高さは最大で約 E.L.+6.7m であり、遡上波は建屋シール高さである E.L.+15.0m を上回らないことを確認した。

① 建屋内機器への影響

建屋内機器への影響確認として、建屋浸水対策への影響及び漂流物による影響について評価を行った。

a) 建屋浸水対策への影響

前述のとおり、3, 4号機補助建屋周辺での遡上波の高さは最大で約 E.L.+6.7m であることから、クリフエッジ高さを上回らないことを確認した。また、水密扉は、E.L.+17m の静水圧に耐えられる設計であり、貫通部止水処置は、E.L.+15m の静水圧に対して水密性を有するシール材の施工をしていることから、遡上波による水密扉及び貫通部止水処置の建屋浸水対策への影響はない。

なお、特重施設建屋については遡上波が到達しないことから、遡上波による建屋浸水対策への影響はない。

b) 漂流物による影響

前述のように、3, 4号機補助建屋周辺の遡上波の高さは最大で約 E.L.+6.7m である。発電所構外及び構内において漂流物となる可能性が否定できない施設・設備等については、津波の流向及び地形、緊急退避の実効性並びに発電所構内の構築物の配置を考慮した結果、水密扉及び貫通部止水処置に対して衝突する恐れのある漂流物とはならないことから、漂流物の影響は考えられない。

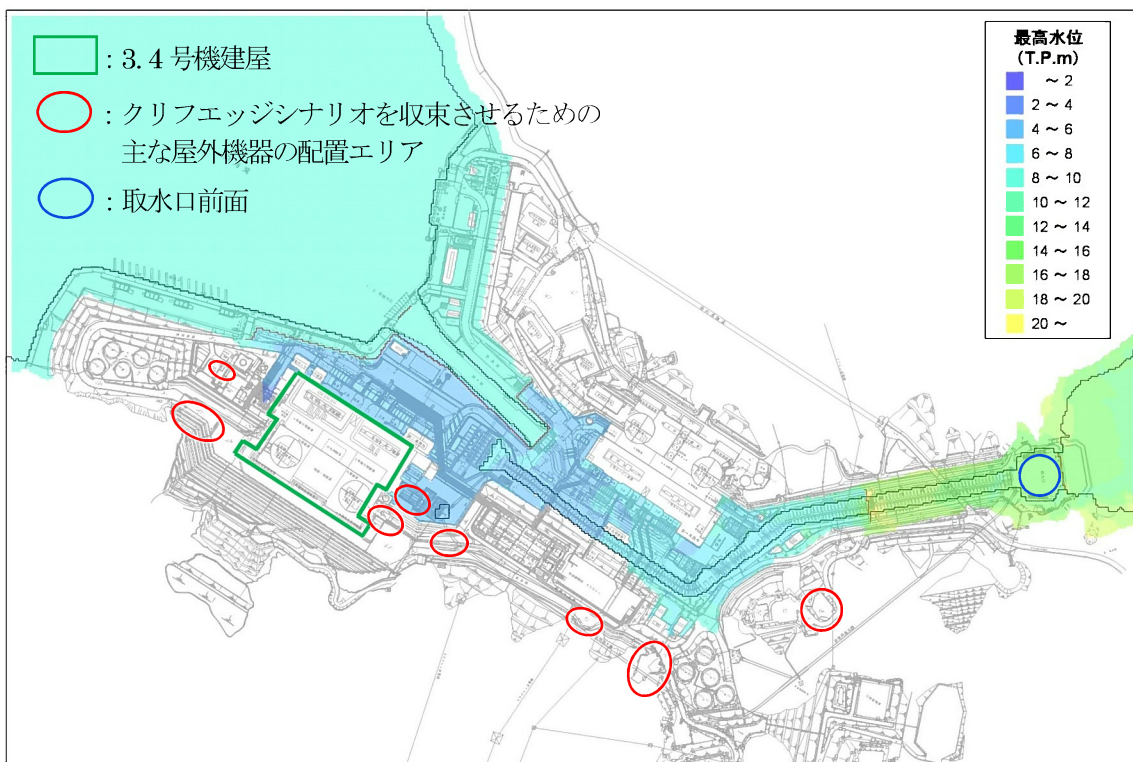
なお、特重施設建屋については遡上波が到達しないことから、漂流物の影響はない。

② 屋外機器への影響

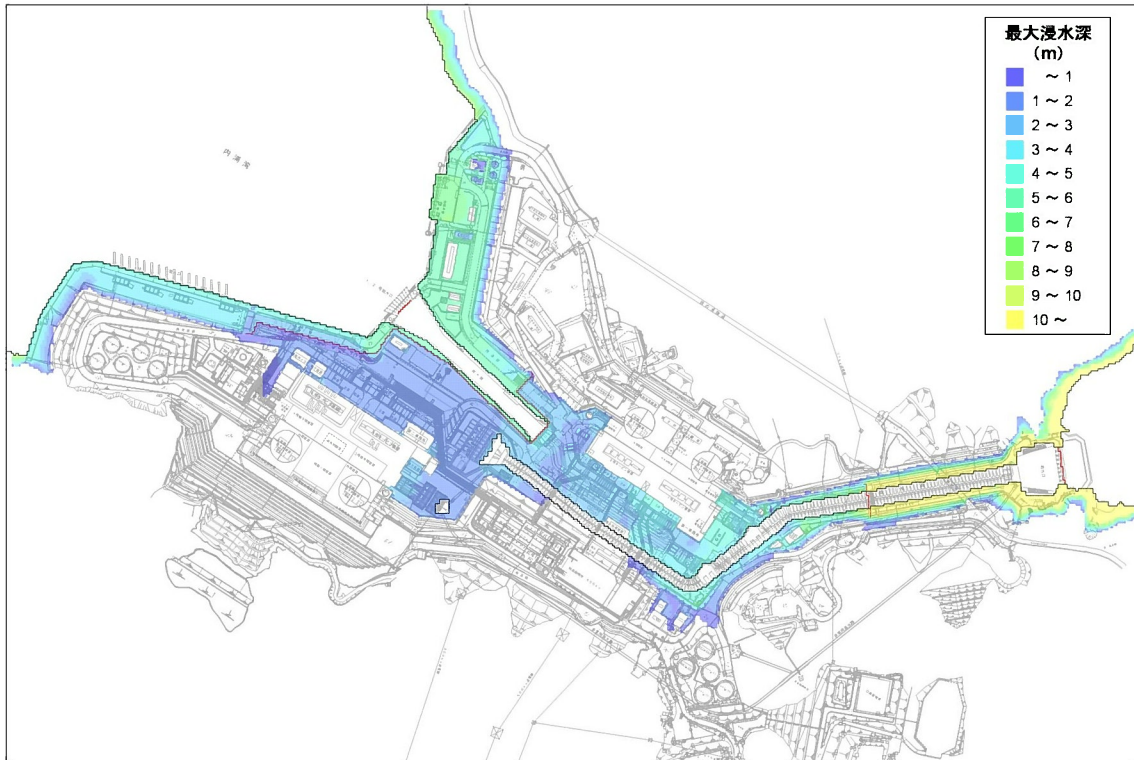
一方、クリフエッジシナリオを収束させるための機器は屋外にも設置されていることから、屋外機器に対する遡上波の影響について評価を行った。結果については、第 3.1.4.2.2.1 図のとおり、クリフエッジシナリオを収束させ

るための屋外機器が浸水の影響を受けないエリアに設置または保管されていることから、影響はない。

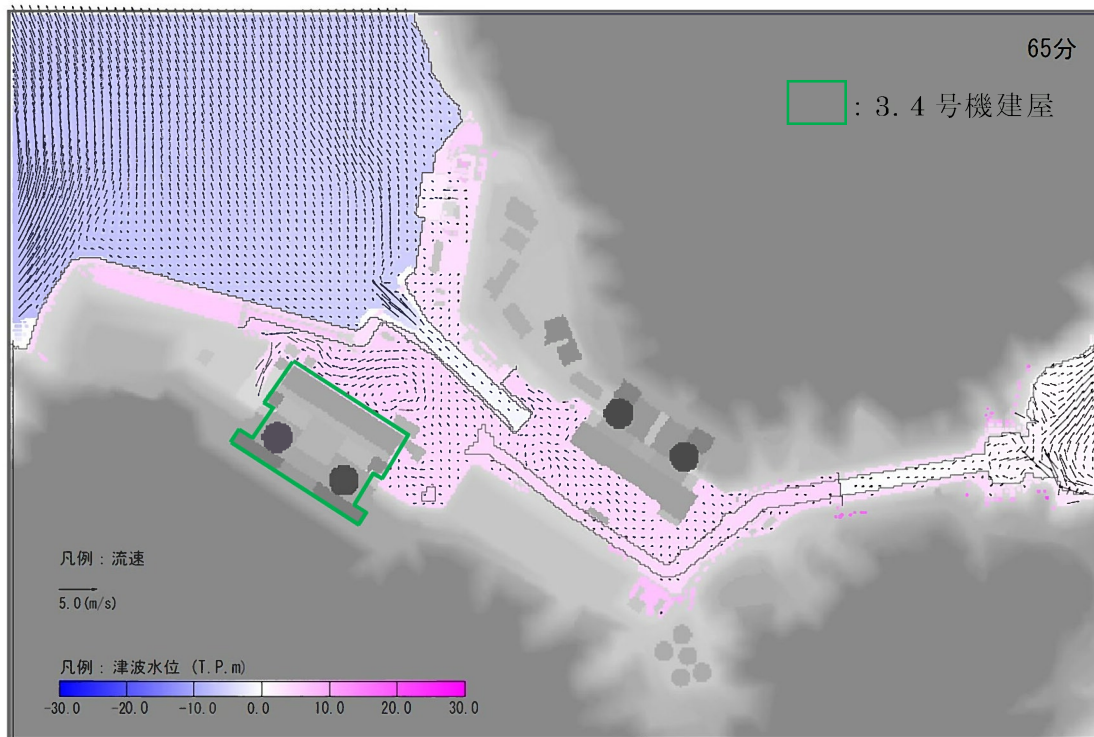
なお、防護すべき屋外機器（第 3.1.4.2.2.4 図）のうち、エリア e に保管されている「燃料油貯油そう」は津波遡上の影響を受けるが、「燃料油貯油そう」は津波が敷地内から引いた後に使用可能である。



第 3.1.4.2.2.1 図 最高水位分布



第 3.1.4.2.2.2 図 最大浸水深分布



第 3.1.4.2.2.3 図 流速ベクトル分布

参考資料に記載する。

第 3.1.4.2.2.4 図 防護すべき設備等の配置場所

(3) クリフエッジ津波高さの決定

a. 炉心損傷、格納容器損傷及び使用済燃料ピットの燃料損傷防止対策

「(1) 津波単独の評価」では、水面が平らである仮想的な津波でクリフエッジ津波高さを評価した。その結果、炉心損傷、格納容器損傷及び使用済燃料ピットの燃料損傷のクリフエッジ津波高さは、建屋シール高さである **15m** と特定された。

「(2) 遡上解析による検証」では、上記の評価結果に対して遡上の影響を確認し、起因事象を引き起こす設備のうち最も許容津波高さが低いものが防潮堤であることを踏まえて、敷地への遡上経路の入口にあたる取水口前面での津波高さをクリフエッジ津波高さとして評価した。その結果、**15m** の津波が発電所に到達した場合、3，4号機補助建屋への遡上波は建屋シール高さである **15m** を上回らないことを確認した。さらに、遡上波による建屋内機器への影響、屋外機器への影響がないことについても確認した。

以上より、「(1) 津波単独の評価」でのクリフエッジ津波高さ **15m** を炉心損傷、格納容器損傷及び使用済燃料ピットの燃料損傷のクリフエッジ津波高さとする。

(4) 津波単独の評価に対する随件事象の影響

a. 津波随伴外部火災

(a) 炉心損傷防止対策、格納容器損傷防止対策及び使用済燃料ピットの燃料損傷防止対策への影響

津波随伴外部火災については、2015年2月12日、2016年9月28日に許可を受けた原子炉設置（変更）許可申請（以下、「設置許可」という。）及び2015年8月4日に認可を受けた工事計画変更認可申請、2019年8月7日に認可を受けた設計及び工事の計画の認可申請（以下、「工認」という。）において想定されている火災に対して、津波随伴の観点で火災源を選定する。

次に、「3.1.4.2.2(1) 津波単独の評価」を踏まえて特定される、炉心損傷防止対策、格納容器損傷防止対策及び使用済燃料ピットの燃料損傷防止対策に対するクリフエッジを回避するために必要な緩和設備等を選定し、屋外設備等、屋内設備等及びアクセスルートに対する外部火災の影響を評価する。

1) 評価方法

1-1) 津波随伴外部火災として想定する火災源の選定

発電所敷地内（屋外）の火災源としては、設置許可及び工認においては、森林火災、発電所敷地内に存在する危険物タンク火災、航空機墜落による火災及び発電所港湾内に入港する船舶の火災が想定されている。

ここで、森林火災については工認で種々の評価条件を最も保守的に設定した評価を基に防火帯を設けており、仮に津波随伴外部火災が発生したとしても、工認での評価条件に包絡されると考えられる。また航空機墜落による火災については、その性質上、津波起因で起こらないと考えられる。従って、森林火災及び航空機墜落による火災については火災源として選定しない。

一方、高浜発電所構内に存在する危険物タンク及び発

電所港湾内に入港する船舶については、クリフエッジ津波高さ以下に設置されているものは遡上した津波により損傷し、内包する油が流出する可能性があるため、火災源として選定することとし、具体的には以下のとおりとする。

【発電所敷地内に存在する危険物タンクと燃料保有量】

- ・ 補助ボイラ燃料タンク（重油、150kℓ）
- ・ 3号機及び4号機タービン油計量タンク（タービン油、130kℓ）
- ・ 1号機及び2号機タービン油タンク（タービン油、80kℓ）

【発電所港湾内に入港する船舶】

- ・ 発電所港湾内に入港する大型輸送船（重油、560kℓ）

1-2) 防護すべき設備等の選定

「3.1.4.2.2(1) 津波単独の評価」における、「3.1.4.2.2(1)a.(a) ii 評価結果」、「3.1.4.2.2(1)a.(b) ii 評価結果」、「3.1.4.2.2(1)b. ii 評価結果」及び「3.1.4.2.2(1)c. ii 評価結果」を踏まえて特定される、クリフエッジを回避するために必要な緩和設備等をまとめると、別紙3.1.4.2.2(4)a-1のとおり整理された。

2) 評価結果

1-1)項で特定された外部火災源が遡上した津波により損傷し、内包する油が流出した場合、火災の発生箇所を特定することは難しいため、津波評価での「3.1.4.2.2(2)遡上解析による検証」で特定される津波の遡上域において火災が発生することとした場合の、屋外設備等、屋内設備等及びアクセスルートに対する外部火災の影響を評価した。

屋外の防護すべき設備等については、保管場所の敷地高さが津波遡上高さに比べて十分に高い、3号機背面及び特

高背面に保管されている設備を使用することで、別紙 3.1.4.2.2(3)a-1 に示す必要数量を確保可能である。

また、屋内の防護すべき設備等が設置されている建屋については、津波評価での「3.1.4.2.2(2)遡上解析による検証」を踏まえると、特重建屋は、津波遡上波により浸水が生じないため津波随伴外部火災の影響はなく、その他建屋については、津波遡上波により浸水している時間は、約 1 時間程度であること、また油が流出した場合には油膜が薄く拡がり長時間燃焼することは考えにくいことを踏まえ、仮に最長で約 1 時間程度燃焼が建屋近傍で継続したとしても、津波遡上範囲における建屋は、耐火性のある鉄筋コンクリート造であるため、建屋の健全性は確保できる。（別紙 3.1.4.2.2(4)a-2（遡上解析結果）参照）

アクセスルートへの外部火災の影響を確認した結果、消火活動に必要な設備である可搬式消防ポンプは、第 3.1.4.2.2.5 図で示す配置図の通り、保管場所の敷地高さが津波遡上高さに比べて十分に高い、3号機背面及び特高背面に保管されおり、また「高浜発電所 防火管理所達」において、消火活動に必要な手順が整備されていることから、適切な消火活動を行えることを確認した。

以上より、クリフエッジを回避するために必要な緩和設備及びアクセスルートに対する外部火災の影響がないことを確認した。

参考資料に記載する。

第 3.1.4.2.2.5 図 防護すべき設備等の配置場所

参考資料に記載する。

各起因事象における収束シナリオ（津波：出力運転時炉心損傷（区分 1））

起因事象：原子炉補機冷却機能喪失

参考資料に記載する。

フロントライン系とサポート系の関連表（津波：出力運転時炉心損傷（区分 1））

起因事象：原子炉補機冷却機能喪失

参考資料に記載する。

各収束シナリオの機能喪失に係る許容津波高さ及びクリフエッジ評価（津波：出力運転時炉心損傷（区分 1））

起回事象：原子炉補機冷却機能喪失

参考資料に記載する。

各起因事象における収束シナリオ（津波：運転停止時炉心損傷（区分 1））

起因事象：原子炉補機冷却機能喪失

参考資料に記載する。

フロントライン系とサポート系の関連表（津波：運転停止時炉心損傷（区分 1））

起因事象：原子炉補機冷却機能喪失

参考資料に記載する。

各収束シナリオの機能喪失に係る許容津波高さ及びクリフエッジ評価（津波：運転停止時炉心損傷（区分1））

起回事象：原子炉補機冷却機能喪失

参考資料に記載する。

各起因事象における収束シナリオ（津波：SFP燃料損傷（区分2））

起因事象：外部電源喪失及び原子炉補機冷却機能喪失

参考資料に記載する。

フロントライン系とサポート系の関連表（津波：SFP燃料損傷（区分2））

起因事象：外部電源喪失及び原子炉補機冷却機能喪失

参考資料に記載する。

各収束シナリオの機能喪失に係る許容津波高さ及びクリフエッジ評価（津波：S F P燃料損傷（区分2））

起因事象：外部電源喪失及び原子炉補機冷却機能喪失

参考資料に記載する。

津波におけるクリフエッジ・エフェクト評価

外部火災による影響を
確認する項目

	防護すべき設備等	出力時 炉心損傷防止 (15m)	停止時 炉心損傷防止 (15m)	出力時 CV損傷防止 (15m)	SFP損傷防止 (15m)
屋内設備等	・原子炉格納容器、原子炉建屋、原子炉補助建屋、制御建屋、中間建屋、D/G建屋、燃料取扱建屋、特重建屋	○ 屋内設備の防護	○ 屋内設備の防護	—	○ 屋内設備の防護
屋外設備等	・空冷式非常用発電装置(1台)	○ 空冷式非常用発電装置からの給電	○ 空冷式非常用発電装置からの給電	—	—
	・送水車及びホース類(1式)	○ 補助給水によるSG給水(タービン動)のための復水タンクへの給水	—	—	○ 送水車による海水注水
	・大容量ポンプ(1台) ・大容量ポンプホース類(1式)	—	○ 格納容器内自然対流冷却	—	—
	・ブルドーザ(1台)	○ アクセスルート確保	○ アクセスルート確保	—	○ アクセスルート確保
	・タンクローリ(1台) ・重油(燃料油貯油そう(空冷式非常用発電装置、可搬式代替低圧注水ポンプ用電源車及び大容量ポンプ用))	○ 燃料補給	○ 燃料補給	—	—

<凡例>

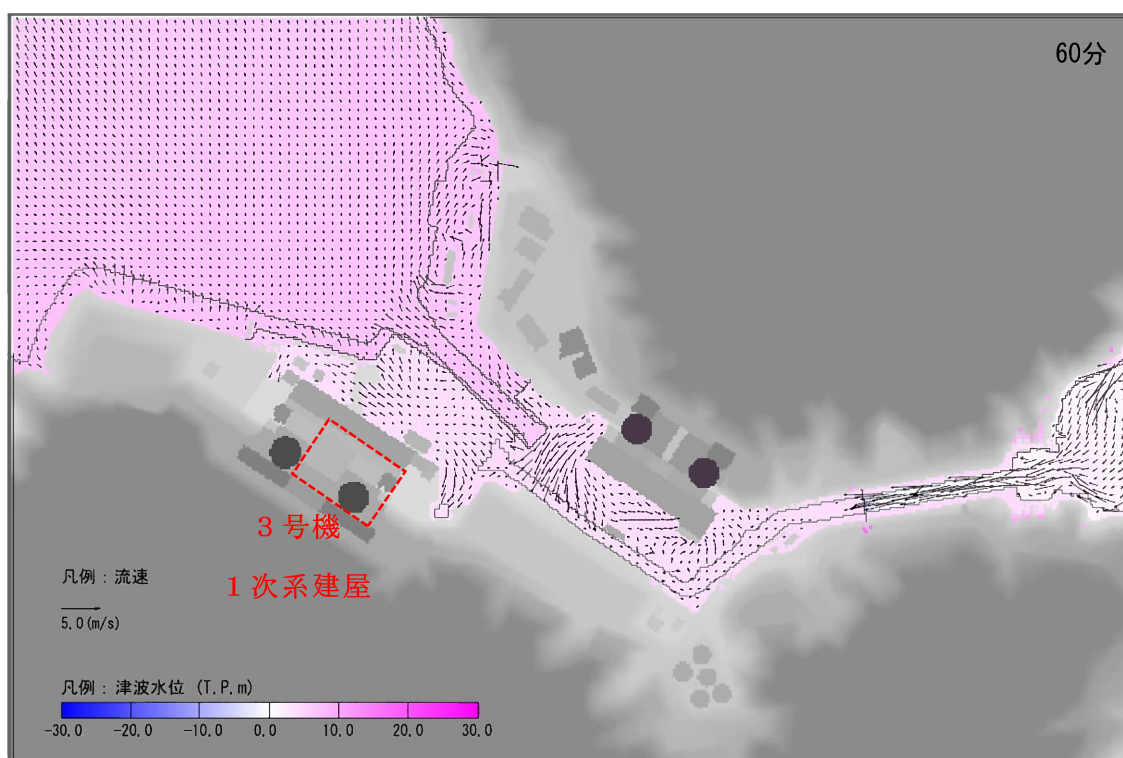
○:期待する

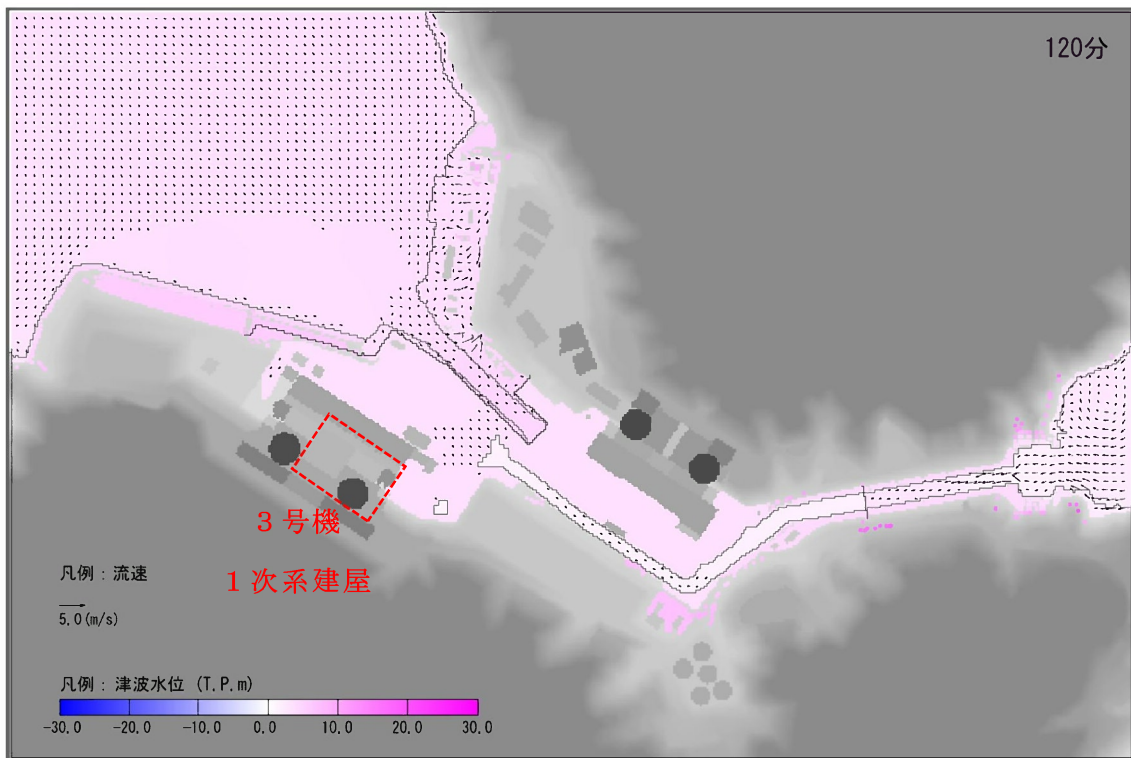
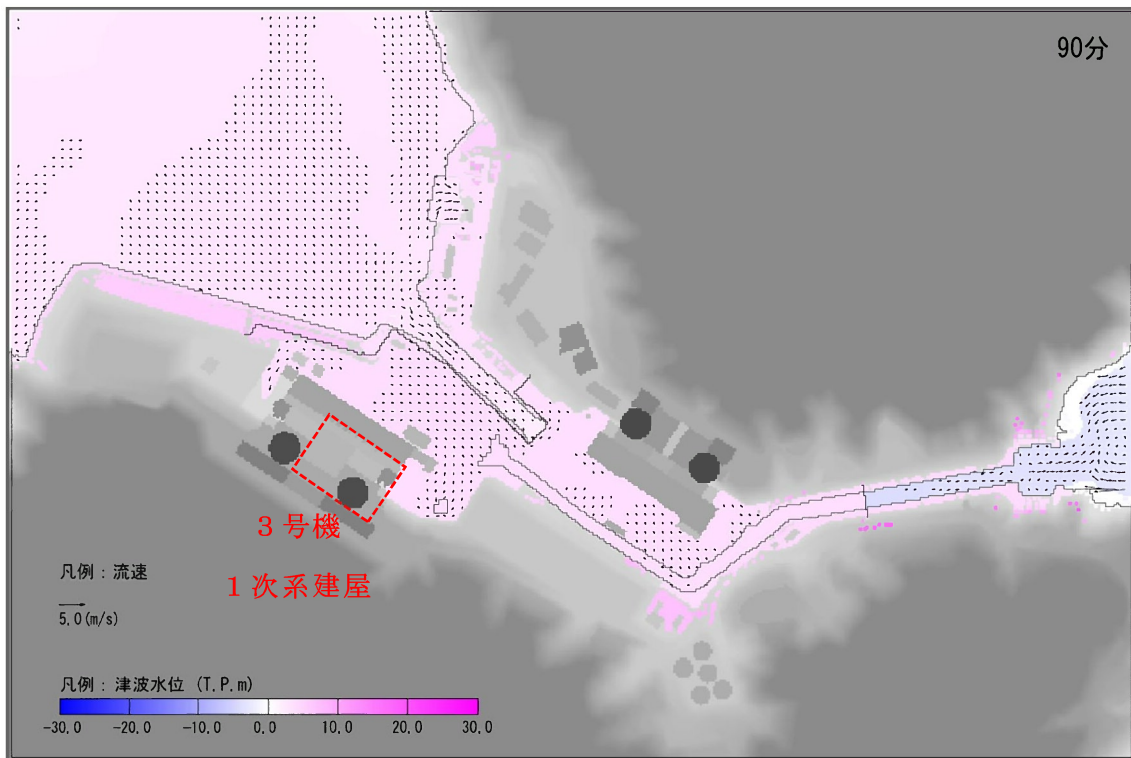
—:シナリオ上期待しない

各収束シナリオに必要な緩和機能に関連する設備等の一覧(外部火災による影響評価)

3号機建屋近傍における津波遡上波の浸水時間について

3号機近傍における津波遡上波の流速ベクトル（事象発生後60分、90分及び120分）の様子を下図に示す。事象発生後60分時点では、津波遡上波は3号機1次系建屋に未到達である。その後、3号機1次系建屋に津波遡上波が到達し（事象発生後90分時点）、事象発生後120分時点では3号機1次系建屋から引いている。以上より、3号機1次系建屋が津波遡上波により浸水している時間は、約1時間程度である。





3.1.4.2.3 地震と津波の重畳事象

地震に伴い発生する津波を考えた場合、その地震と津波の大きさにはある程度の相関性があるものと考えられるが、それを定量的に示すには現段階でデータや知見等が十分ではなく、相関性を適切に考慮することは困難である。そのため、本評価においては、HCLPFと許容津波高さのパラメータは、相互に独立のものとして扱い、両パラメータの全ての組み合わせを考慮することとする。本方法による評価は、地震と津波に対しあらゆる大きさの組み合わせを考慮しており、相関性を考慮した場合に比べ、安全側の評価となる。

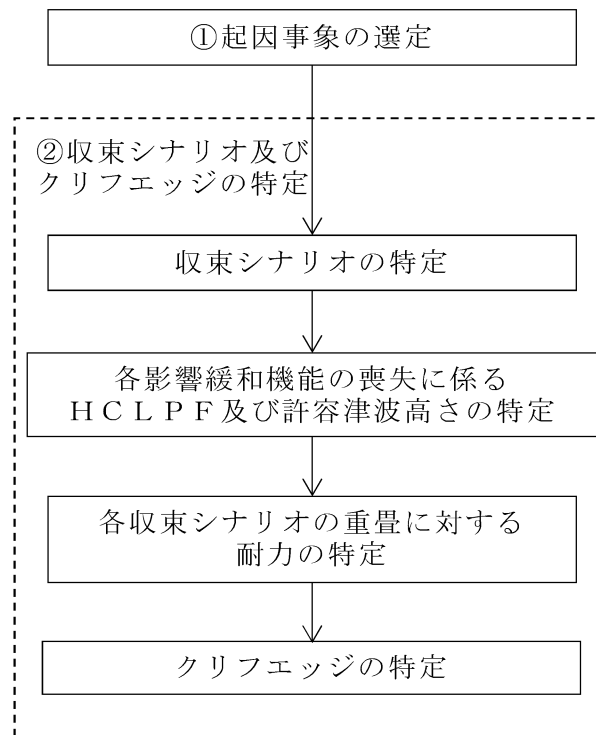
(1) 地震と津波の重畳事象の評価

a. 炉心損傷防止対策

(a) 出力運転時

i 評価方法

出力運転時の炉心損傷を防止するための措置について、以下の評価を実施する（第 3.1.4.2.3.1 図参照）。



第 3.1.4.2.3.1 図 クリフエッジの特定に係るフロー図
(地震と津波の重畳事象)

① 起因事象の選定

3.1.4.2.1(1)a.(a)項及び 3.1.4.2.2(1)a.(a)項において実施した評価結果に基づき特定されたクリフエッジとしての地震加速度及び津波高さまでの範囲で、発生する各起因事象を選定する。具体的には、地震又は津波により引き起こされる起因事象に対する収束シナリオに対して、地震及び津波の影響を評価する。

また、選定された各起因事象発生や各影響緩和機能の喪失に係る HCLPF 又は許容津波高さについては、3.1.4.2.1(1)a.(a)項又は 3.1.4.2.2(1)a.(a)項において評価した結果を用いる。

② 収束シナリオ及びクリフエッジの特定

① 項にて選定した各起因事象について、

3.1.4.2.1(1)a.(a)項又は 3.1.4.2.2(1)a.(a)項の検討において特定されている収束シナリオを対象に、各収束シナリオを成立させるための各影響緩和機能の喪失に係る H C L P F と許容津波高さのそれぞれの最小値を求め、それらの最小値の組み合わせを、当該収束シナリオに対する、地震及び津波への耐力として求める。その上で、全ての収束シナリオから、最も耐力を有するシナリオを抽出し、そのシナリオの耐力を地震と津波の重畳によるクリフエッジとして特定する。

ii 評価結果

① 起因事象の選定結果

3.1.4.2.1(1)a.(a)項並びに 3.1.4.2.2(1)a.(a)項の検討結果から、考慮すべき起因事象として、地震側の起因事象である「外部電源喪失」、「原子炉補機冷却機能喪失」、「C V 機能喪失直結」及び津波側の起因事象である「原子炉補機冷却機能喪失」、「外部電源喪失」、「炉心損傷直結」、「C V 機能喪失直結」を対象とした。

② 収束シナリオ及びクリフエッジの特定結果

(i) 地震による起因事象をベースとした評価

①項の各起因事象について、「外部電源喪失」及び「原子炉補機冷却機能喪失」のイベントツリーを用いて、既に特定されている収束シナリオを対象に評価を行った。具体的には、別紙 3.1.4.2.1(1)-3 で示した各起因事象に対するイベントツリーで示される全ての収束シナリオにおける各影響緩和機能の耐力として、H C L P F 及び許容津波高さの組み合わせの評価を行い、最も耐力を有するシナリオを抽出した（別紙 3.1.4.2.3(1)-1 参照）。

なお、「C V 機能喪失直結」については影響緩和機能に期待せず直接炉心損傷に至るとみなすこと、また、

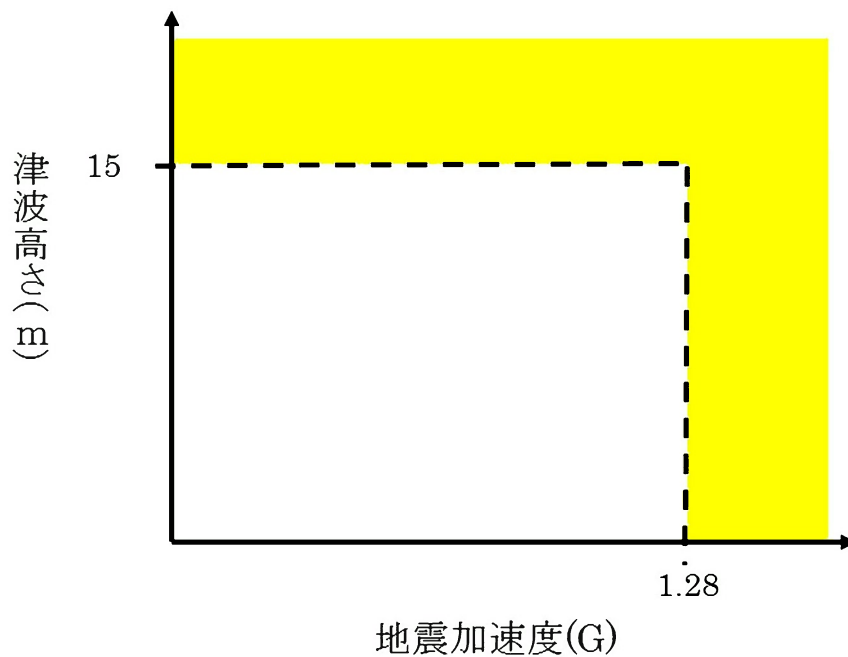
その他の起因事象が同時に発生していることから、「C V機能喪失直結」のHCLPFである 1.28G 以上で、津波高さに関わらず炉心損傷に至ると評価した

(ii) 津波による起因事象をベースとした評価

①項の各起因事象について、地震との重畳を考慮するにあたっては、「外部電源喪失」の発生を想定することから、本評価においては地震単独の評価における「外部電源喪失」及び「原子炉補機冷却機能喪失」のイベントツリーを用いて、既に特定されている収束シナリオを対象に評価を行った。具体的には、別紙 3.1.4.2.2(1)-3 のイベントツリーで示される全ての収束シナリオにおける各影響緩和機能の耐力として、HCLPF 及び許容津波高さの組み合わせの評価を行い、最も耐力を有するシナリオを抽出した（別紙 3.1.4.2.3(1)-2 参照）。

なお、「炉心損傷直結」、「C V機能喪失直結」について、これらのうち「炉心損傷直結」は影響緩和機能に期待せず直接炉心損傷に至るとみなすこと、また、その他の起因事象が同時に発生していることから、「炉心損傷直結」の許容津波高さである 15m で、地震加速度に関わらず炉心損傷に至ると評価した。

この評価結果から、地震加速度が 1.28G 以上又は津波高さが 15m 以上の領域では、炉心にある燃料の重大な損傷を回避する手段がなくなるため、その境界線がクリフエッジとして特定された（第 3.1.4.2.3.2 図参照）。



第 3.1.4.2.3.2 図 地震と津波の重畳に関するクリフエッジ評価結果
(出力運転時炉心)

(b) 運転停止時

i 評価方法

運転停止時の炉心損傷を防止するための措置について、以下の評価を実施する（第 3.1.4.2.3.1 図参照）。

① 起因事象の選定

3.1.4.2.1(1)a.(b)項及び 3.1.4.2.2(1)a.(b)項において実施した評価結果に基づき特定されたクリフエッジとしての地震加速度及び津波高さまでの範囲で、発生する各起因事象を選定する。具体的には、地震又は津波により引き起こされる起因事象に対する収束シナリオに対して、地震及び津波の影響を評価する。

また、選定された各起因事象発生や各影響緩和機能の喪失に係る H C L P F 又は許容津波高さについては、3.1.4.2.1(1)a.(b)項又は 3.1.4.2.2(1)a.(b)項において評価した結果を用いる。

② 収束シナリオ及びクリフエッジの特定

① 項にて選定した各起因事象について、3.1.4.2.1(1)a.(b)項又は3.1.4.2.2(1)a.(b)項の検討において特定されている収束シナリオを対象に、各収束シナリオを成立させるための各影響緩和機能の喪失に係るHCLPFと許容津波高さのそれぞれの最小値を求め、それらの最小値の組み合わせを、当該収束シナリオに対する、地震及び津波への耐力として求める。その上で、全ての収束シナリオから、最も耐力を有するシナリオを抽出し、そのシナリオの耐力を地震と津波の重畳によるクリフエッジとして特定する。

ii 評価結果

① 起因事象の選定結果

3.1.4.2.1(1)a.(b)項並びに3.1.4.2.2(1)a.(b)項の検討結果から、考慮すべき起因事象として、地震側の起因事象である「外部電源喪失」、「原子炉補機冷却機能喪失」、「CV機能喪失直結」及び津波側の起因事象である「原子炉補機冷却機能喪失」、「水位維持失敗」、「余熱除去機能喪失」、「原子炉冷却材圧力バウンダリ機能喪失」、「外部電源喪失」、「炉心損傷直結」、「CV機能喪失直結」を対象とした。

② 収束シナリオ及びクリフエッジの特定結果

(i) 地震による起因事象をベースとした評価

①項の各起因事象について、「外部電源喪失」及び「原子炉補機冷却機能喪失」のイベントツリーを用いて、既に特定されている収束シナリオを対象に評価を行った。具体的には、別紙3.1.4.2.1(1)-6で示した各起因事象に対するイベントツリーで示される全ての収束シナリオにおける各影響緩和機能の耐力として、HCLPF及び許容津波高さの組み合わせの評価を行い、

最も耐力を有するシナリオを抽出した（別紙 3.1.4.2.3(1)-3 参照）。

なお、「C V 機能喪失直結」については影響緩和機能に期待せず直接炉心損傷に至るとみなすこと、また、その他の起因事象が同時に発生していることから、「C V 機能喪失直結」の H C L P F である 1.28G 以上で、津波高さに関わらず炉心損傷に至ると評価した

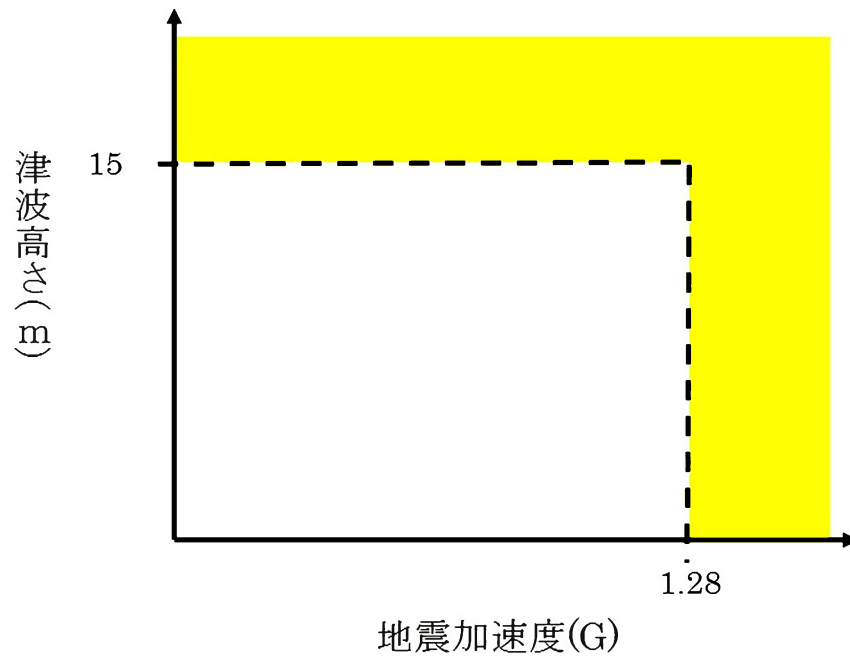
(ii) 津波による起因事象をベースとした評価

①項の起因事象について、地震との重畳を考慮するにあたっては、「外部電源喪失」の発生を想定することから、本評価においては地震単独の評価における「外部電源喪失」及び「原子炉補機冷却機能喪失」のイベントツリーを用いて、既に特定されている収束シナリオを対象に評価を行った。具体的には、別紙 3.1.4.2.2(1)-6 のイベントツリーで示される全ての収束シナリオにおける各影響緩和機能の耐力として、H C L P F 及び許容津波高さの組み合わせの評価を行い、最も耐力を有するシナリオを抽出した（別紙 3.1.4.2.3(1)-4 参照）。

なお、「水位維持失敗」、「余熱除去機能喪失」、「原子炉冷却材圧力バウンダリ機能喪失」、「炉心損傷直結」、「C V 機能喪失直結」について、これらのうち「炉心損傷直結」は影響緩和機能に期待せず直接炉心損傷に至るとみなすこと、また、その他の起因事象が同時に発生していることから、「炉心損傷直結」の許容津波高さである 15m で、地震加速度に関わらず炉心損傷に至ると評価した。

この評価結果から、地震加速度が 1.28G 以上又は津波高さが 15m 以上の領域では、炉心にある燃料の重大な損傷を回避する手段がなくなるため、その境界線が

クリフエッジとして特定された（第 3.1.4.2.3.3 図参照）。



第 3.1.4.2.3.3 図 地震と津波の重畳に関するクリフエッジ評価結果
(運転停止時炉心)

b. 格納容器損傷防止対策

i 評価方法

格納容器損傷を防止するための措置について、以下の評価を実施する（第 3.1.4.2.3.1 図参照）。

① 起因事象の選定

3.1.4.2.1(1)b.項及び 3.1.4.2.2(1)b.項において実施した評価結果に基づき特定されたクリフエッジとしての地震加速度及び津波高さまでの範囲で、発生する各起因事象を選定する。具体的には、地震又は津波により引き起こされる起因事象に対する収束シナリオに対して、地震及び津波の影響を評価する。

また、選定された各起因事象発生や各影響緩和機能の喪失に係る H C L P F 又は許容津波高さについては、3.1.4.2.1(1)b.項又は 3.1.4.2.2(1)b.項において評価した結果を用いる。

② 収束シナリオ及びクリフエッジの特定

①項にて選定した各起因事象について、3.1.4.2.1(1)b.項又は 3.1.4.2.2(1)b.項の検討において特定されている収束シナリオを対象に、各収束シナリオを成立させるための各影響緩和機能の喪失に係る H C L P F と許容津波高さのそれぞれの最小値を求め、それらの最小値の組み合わせを、当該収束シナリオに対する、地震及び津波への耐力として求める。その上で、全ての収束シナリオから、最も耐力を有するシナリオを抽出し、そのシナリオの耐力を地震と津波の重畳によるクリフエッジとして特定する。

ii 評価結果

① 起因事象の選定結果

3.1.4.2.1(1)b.項並びに 3.1.4.2.2(1)b.項の検討結果から、考慮すべき起因事象として、地震側の起因事象である「外部電源喪失」、「原子炉補機冷却機能喪失」、「C V機能喪失

直結」及び津波側の起回事象である「原子炉補機冷却機能喪失」、「外部電源喪失」、「炉心損傷直結」、「C V機能喪失直結」を対象とした。

② 収束シナリオ及びクリフエッジの特定結果

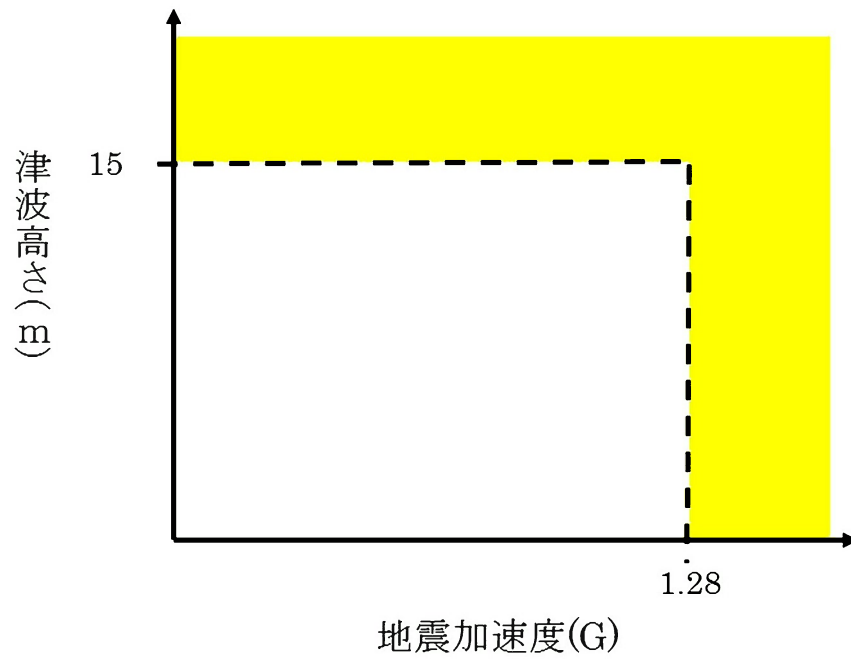
(i) 地震による起回事象をベースとした評価

①項の各起回事象について、「C V機能喪失直結」は影響緩和機能に期待せず直接格納容器損傷に至るとみなすこと、また、その他の起回事象が同時に発生していることから、「C V機能喪失直結」のH C L P Fである 1.28G 以上で、津波高さに関わらず炉心損傷に至ると評価した

(ii) 津波による起回事象をベースとした評価

①項の各起回事象について、「C V機能喪失直結」は影響緩和機能に期待せず直接格納容器損傷に至るとみなすこと、また、その他の起回事象が同時に発生していることから、「C V機能喪失直結」の許容津波高さである 15m で、地震加速度に関わらず格納容器損傷に至ると評価した。

この評価結果から、地震加速度が 1.28G 以上又は津波高さが 15m 以上の領域では、炉心にある燃料の重大な損傷を回避する手段がなくなるため、その境界線がクリフエッジとして特定された（第 3.1.4.2.3.4 図参照）。



第 3.1.4.2.3.4 図 地震と津波の重畳に関するクリフエッジ評価結果
(格納容器損傷)

c. 使用済燃料ピットの燃料損傷防止対策

i 評価方法

S F Pにある燃料の損傷を防止するための措置について、以下の評価を実施する（第 3.1.4.2.3.1 図参照）。

① 起因事象の選定

3.1.4.2.1(1)c.項及び 3.1.4.2.2(1)c.項において実施した評価結果に基づき特定されたクリフエッジとしての地震加速度及び津波高さまでの範囲で、発生する各起因事象を選定する。具体的には、地震又は津波により引き起こされる起因事象に対する収束シナリオに対して、地震及び津波の影響を評価する。

また、選定された各起因事象発生や各影響緩和機能の喪失に係る H C L P F 又は許容津波高さについては、3.1.4.2.1(1)c.項又は 3.1.4.2.2(1)c.項において評価した結果を用いる。

② 収束シナリオ及びクリフエッジの特定

①項にて選定した各起因事象について、3.1.4.2.1(1)c.項又は 3.1.4.2.2(1)c.項の検討において特定されている収束シナリオを対象に、各収束シナリオを成立させるための各影響緩和機能の喪失に係る H C L P F と許容津波高さのそれぞれの最小値を求め、それらの最小値の組み合わせを、当該収束シナリオに対する、地震及び津波への耐力として求める。その上で、全ての収束シナリオから、最も耐力を有するシナリオを抽出し、そのシナリオの耐力を地震と津波の重畳によるクリフエッジとして特定する。

ii 評価結果

① 起因事象の選定結果

3.1.4.2.1(1)c.項並びに 3.1.4.2.2(1)c.項の検討結果から、考慮すべき起因事象として、地震側の起因事象である「外部電源喪失」、「S F P 冷却機能喪失」、「原子炉補機冷却機

能喪失」、「S F P 損傷」及び津波側の起因事象である「原子炉補機冷却機能喪失」、「外部電源喪失」を対象とした。

② 収束シナリオ及びクリフエッジの特定結果

(i) 地震による起因事象をベースとした評価

①項の各起因事象について、「外部電源喪失」、「S F P 冷却機能喪失」及び「原子炉補機冷却機能喪失」のイベントツリーを用いて、既に特定されている収束シナリオを対象に評価を行った。具体的には、別紙 3.1.4.2.1(1)-9 で示した各起因事象に対するイベントツリーで示される全ての収束シナリオにおける各影響緩和機能の耐力として、H C L P F 及び許容津波高さの組み合わせの評価を行い、最も耐力を有するシナリオを抽出した（別紙 3.1.4.2.3(1)-5 参照）。

なお、「S F P 損傷」については、影響緩和機能に期待せず直接燃料の重大な損傷に至るとみなすことから、「S F P 損傷」の H C L P F である 1.86G で、津波高さに関わらず S F P 燃料損傷に至ると評価した。

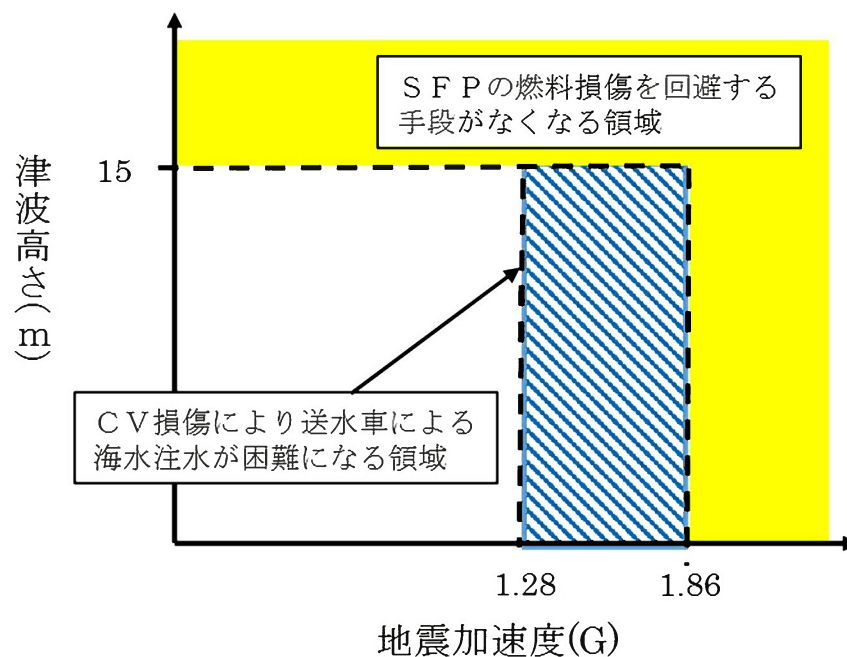
(ii) 津波による起因事象をベースとした評価

①項の各起因事象について、「原子炉補機冷却機能喪失」及び「外部電源喪失」のイベントツリーを用いて、既に特定されている収束シナリオを対象に評価を行った。具体的には、別紙 3.1.4.2.2(1)-9 のイベントツリーで示される全ての収束シナリオにおける各影響緩和機能の耐力として、H C L P F 及び許容津波高さの組み合わせの評価を行い、最も耐力を有するシナリオを抽出した（別紙 3.1.4.2.3(1)-6 参照）。

この評価結果から、地震加速度が 1.86G 以上又は津波高さが 15m 以上の領域では、S F P にある燃料の重大な損傷を回避する手段がなくなる。

ここで、「3.1.4.1.2(1) 各評価項目に対する共通的な前

提条件及び留意事項」の c.項を踏まえ、発電用原子炉及び使用済燃料ピットが同時に影響を受けると想定すると、既に「3.1.4.2.3(1)b.ii 評価結果」にて評価した格納容器損傷防止策のクリフエッジである地震加速度 1.28G 又は津波高さ 15m を超える場合には、環境線量が極めて高くなり使用済燃料ピット損傷防止対策である送水車による S F P 注水（海水）の実施が困難になることが予想される。従って、使用済燃料ピット損傷防止対策のクリフエッジは、格納容器損傷防止対策のクリフエッジと同じ地震加速度 1.28G 及び津波高さ 15m と特定した（第 3.1.4.2.3.5 図参照）。



第 3.1.4.2.3.5 図 地震と津波の重畳に関するクリフエッジ評価結果
(S F P 燃料損傷)

(2) 遡上を考慮したクリフエッジの決定

a. 炉心損傷防止対策、格納容器損傷防止対策及び使用済燃料ピットの燃料損傷防止対策

「3.1.4.2.3(1)a.(a) ii 評価結果」、「3.1.4.2.3(1)a.(b) ii 評価結果」、「3.1.4.2.3(1)b. ii 評価結果」及び「3.1.4.2.3(1)c. ii 評価結果」を踏まえて特定されるクリフエッジに対して、遡上の影響を考慮したクリフエッジを評価する。

「3.1.4.2.2(2) 津波遡上解析による検証」の評価結果より、クリフエッジ津波高さである 15m の津波が発電所に到達した場合、3, 4号機補助建屋への遡上波は建屋シール高さである 15m を上回らないことを確認した。さらに、遡上波による建屋内機器への影響、屋外機器への影響がないことを確認した。

以上より、遡上の影響はないことから、「3.1.4.2.3(1) 地震と津波の重畳事象の評価」と同様の評価結果を適用する。

(3) 地震と津波の重畳事象の評価に対する随件事象の影響

a. 地震随伴溢水

(a) 炉心損傷防止対策（出力運転時）、格納容器損傷防止対策及び使用済燃料ピットの燃料損傷防止対策への影響

1) 建屋内の防護すべき設備に関する溢水評価

地震と津波の重畳事象を考慮した場合においても、建屋境界部において止水処置を実施しているため建屋内への津波の流入はないことから、建屋内の溢水評価に際しては津波を考慮する必要はない。よって、建屋内の評価結果は「3.1.4.2.1(2)a. 地震随伴溢水」における建屋内の評価結果と差異がないため、溢水による影響はない。

2) 建屋外の防護すべき設備に関する溢水評価

地震と津波の重畳事象において防護すべき建屋外の設備は、地震と津波の重畳事象に対する「3.1.4.2.3(1)a.(a) ii 評価結果」、「3.1.4.2.3(1)b.(a) ii 評価結果」及び「3.1.4.2.3(1)c. ii 評価結果」で特定されるクリフエッジシナリオを踏まえると、地震単独の評価に対する随伴溢水の影響評価において選定した「3.1.4.2.1(2)a.(a)②2-1) 防護すべき設備の選定結果」から、「原子炉補機冷却海水ポンプ操作箱」及び「3A,B,C 海水ポンプ」を除いたものとなる。これらの設備は、津波評価での「3.1.4.2.2(2)遡上解析による検証」で確認された、津波遡上の影響を受けないE.L.+15.0m以上のエリアに必要台数が設置または保管されている。津波遡上に加えて地震による屋外での溢水が発生したとしても、津波が敷地内に遡上している状況においては、溢水は津波遡上範囲全体に広がるため水位上昇への寄与は極めて軽微であると考えられることから、前述の防護すべき建屋外の設備の健全性は維持される。

(b) 炉心損傷防止対策（運転停止時）への影響

1) 建屋内の防護すべき設備に関する溢水評価

地震と津波の重畳事象を考慮した場合においても、建屋境界部において止水処置を実施しているため建屋内への津波の流入はないことから、建屋内の溢水評価に際しては津波を考慮する必要はない。よって、建屋内の評価結果は「3.1.4.2.1(2)a. 地震随伴溢水」における建屋内の評価結果と差異がないため、溢水による影響はない。

2) 建屋外の防護すべき設備に関する溢水評価

地震と津波の重畳事象において防護すべき建屋外の設備は、地震と津波の重畳事象に対する「3.1.4.2.3(1)a.(a) ii 評価結果」で特定されるクリフエッジシナリオを踏まえると、地震単独の評価に対する随伴溢水の影響評価において選定した「3.1.4.2.1(2)a.(b)②2-1) 防護すべき設備の選定結果」から、「原子炉補機冷却海水ポンプ操作箱」及び「3A,B,C 海水ポンプ」を除いたものとなる。これらの設備は、炉心（出力時）、CV及びSFPに対する防護すべき建屋外の設備に包絡される。従って、溢水影響は(a)項と同様となり、防護すべき建屋外の設備の健全性は維持される

b. 原子炉建屋の背後斜面等のすべり及び剥落

(a) 炉心損傷防止対策、格納容器損傷防止対策及び使用済燃料ピットの燃料損傷防止対策への影響

1) 評価方法

1-1) 防護すべき設備等の選定

「3.1.4.2.3(1) 地震と津波の重畳事象の評価」における、「3.1.4.2.3(1)a.(a) ii 評価結果」、「3.1.4.2.3(1)a.(b) ii 評価結果」、「3.1.4.2.3(1)b.(a) ii 評価結果」及び「3.1.4.2.3(1)c. ii 評価結果」を踏まえて特定される、クリフエッジ・エフェクトを回避するために必要な緩和設備等を選定する。

ここで、屋内設備等の防護については、それらを設置する建屋を防護すべき設備等とする。

一方、屋外設備等については、その使用継続に必要なとなる燃料等に加え、ホース敷設等の屋外作業に必要なアクセスルートの整備に必要なとなる重機等についても、防護すべき設備等として選定する。

その結果、防護すべき設備等としては、別紙3.1.4.2.3(2)b-1 のとおり整理された。これらの配置場所を第3.1.4.2.3.6 図に示す。

参考資料に記載する。

第3.1.4.2.3.6 図 防護すべき設備等の配置場所

1-2) 防護すべき設備等への影響評価

地震単独の「3.1.4.2.1(2)b. 原子炉建屋の背後斜面等のすべり及び剥落」及び津波評価での「3.1.4.2.2(2) 津波

遡上解析による検証」を踏まえて、防護すべき設備等への斜面崩壊及び津波遡上の影響を評価する。

2) 評価結果

2-1) 屋外設備等に対する評価結果

「3.1.4.2.1 地震」において原子炉建屋の背後斜面等のすべり及び剥落による屋外設備等への影響を評価した「3.1.4.2.1(2)b.(a)2-1) 屋外設備等に対する評価結果」及び「3.1.4.2.2 津波」において津波遡上による屋外機器への影響を評価した「3.1.4.2.2(2)a.(c)② 屋外機器への影響」より、防護すべき設備等の必要台数が確保されることを確認する。

「3.1.4.2.1(2)b.(a)2-1) 屋外設備等に対する評価結果」より、「b. 大容量ポンプ」、「c.送水車及びホース類」、「c. 大容量ポンプホース類」、「d. ブルドーザー」、「b.及び c. タンクローリー」、「f. 空冷式非常用発電装置」及び「e. 重油（燃料油貯油そう）」については使用可能であることを確認した。

このうち、「3.1.4.2.2(2)a.(c)② 屋外機器への影響」より、「e.重油（燃料油貯油そう）」については、津波排出後に使用可能である。

2-2) 屋内設備等に対する評価結果

建屋については、「3.1.4.2.1(2)b.(a)2-2) 屋内設備等に対する評価結果」及び「3.1.4.2.2(2)a.(c)① 建屋内機器への影響」のとおり、斜面及び遡上に対して、建屋の健全性は維持されることから、屋内設備等の健全性は維持される。

2-3) 評価結果まとめ

2-1)項及び 2-2)の評価の結果、クリフエッジ地震加速度及びクリフエッジ津波では、斜面崩壊及び津波遡上が発生する可能性があるが、必要な屋外設備等について、

いずれかの保管場所がその機能を維持出来ることを確認した。

これは防護すべき設備等の機能維持の観点での確認結果であり、接近性、作業性の観点もあいまって格納容器破損を防止できることについては、「3.1.4.3 事象進展と時間評価に関する評価」にて詳細に評価する。

c. 地震随伴内部火災

(a) 炉心損傷防止対策、格納容器損傷防止対策及び使用済燃料ピットの燃料損傷防止対策への影響

津波単独による内部火災は発生せず、事象緩和機能への影響はないため、地震と津波の重畳事象を考慮した場合、地震単独の地震随伴内部火災の評価結果に包絡される。そのため、地震単独の評価に対する随件事象の影響のうち、「3.1.4.2.1(2)c. 地震随伴内部火災」と同様の評価結果を適用する。

d. 地震及び津波随伴外部火災

(a) 炉心損傷防止対策、格納容器損傷防止対策及び使用済燃料ピットの燃料損傷防止対策への影響

地震及び津波随伴外部火災については、「3.1.4.2.1(2)d. 地震随伴外部火災」及び「3.1.4.2.2(3)a. 津波随伴外部火災」を踏まえて同様に、外部火災源に対する屋外設備等、屋内設備等及びアクセスルートに対する外部火災の影響を評価する。

1) 評価方法

1-1) 地震及び津波随伴外部火災として想定する火災源の選定

地震随伴外部火災における外部火災源は「3.1.4.2.1(2)d.(a)1)1-1) 地震随伴外部火災として想定する火災源の選定」のとおり、高浜発電所構内にある危険物タンクのうち補助ボイラ燃料タンク（重油、150kℓ）であり、津波随伴外部火災における外部火災源は「3.1.4.2.2(3)a.(a)1)1-1) 津波随伴外部火災として想定する火災源の選定」のとおり、高浜発電所構内にあるクリフエッジ津波高さ以下に設置されている危険物タンク及び発電所港湾内に入港する船舶である。従って、地震及び津波随伴外部火災における火災源は、これらを両方考慮して選定することとし、具体的には以下のとおりとする。

【発電所敷地内に存在する危険物タンクと燃料保有量】

- ・ 補助ボイラ燃料タンク（重油、150kℓ）
- ・ 3号機及び4号機タービン油計量タンク（タービン油、130kℓ）
- ・ 1号機及び2号機タービン油タンク（タービン油、80kℓ）

【発電所港湾内に入港する船舶】

- ・ 発電所港湾内に入港する大型輸送船（重油、

560kl)

1-2) 防護すべき設備等の選定

「3.1.4.2.3(1) 地震と津波の重畳事象の評価」における、「3.1.4.2.3(1)a.(a) ii 評価結果」、「3.1.4.2.3(1)a.(b) ii 評価結果」、「3.1.4.2.3(1)b.(a) ii 評価結果」及び「3.1.4.2.3(1)c. ii 評価結果」を踏まえて特定される、クリフエッジを回避するために必要な緩和設備等をまとめると、別紙 3.1.4.2.3(2)d-1 のとおり整理された。

2) 評価結果

前項で選定された防護すべき設備等に対する、外部火災源の影響を評価する。ここで、地震随伴外部火災においては、地震による影響として火災源の損傷及び防油堤内での火災を想定している。一方、津波随伴外部火災においては、津波による影響として火災源の損傷及び内包する油が流出した状態での火災を想定している。従って、地震及び津波随伴外部火災においては、より厳しい想定である津波随伴外部火災による影響を想定する。

また、1-1)項で選定された外部火災源及び 1-2)項で選定された防護すべき設備等は、「3.1.4.2.2(3)a. 津波随伴外部火災」と同じである。従って、地震及び津波随伴外部火災の影響評価としては、結果として津波随伴外部火災と同じとなる。

参考資料に記載する。

各収束シナリオの重畳に対する耐力の評価結果（重畳：出力運転時炉心損傷（地震による起因事象をベースとした評価））

参考資料に記載する。

各収束シナリオの重畳に対する耐力の評価結果（重畳：出力運転時炉心損傷（津波による起因事象をベースとした評価））

参考資料に記載する。

各収束シナリオの重畳に対する耐力の評価結果（重畳：運転停止時炉心損傷（地震による起因事象をベースとした評価））

参考資料に記載する。

各収束シナリオの重畳に対する耐力の評価結果（重畳：運転停止時炉心損傷（津波による起因事象をベースとした評価））

参考資料に記載する。

各収束シナリオの重畳に対する耐力の評価結果（重畳：S F P燃料損傷（地震による起因事象をベースとした評価））

参考資料に記載する。

各収束シナリオの重畳に対する耐力の評価結果（重畳：S F P燃料損傷（津波による起因事象をベースとした評価））

斜面崩壊による影響を
確認する項目

	防護すべき設備等	出力時 炉心損傷防止 (1.28G,15m)	停止時 炉心損傷防止 (1.28G,15m)	出力時 CV損傷防止 (1.28G,15m)	SFP損傷防止 (1.28G,15m)
屋内設備等	・原子炉格納容器、原子炉建屋、原子炉補助建屋、制御建屋、中間建屋、D/G建屋、燃料取扱建屋、特重建屋	○ 屋内設備の防護	○ 屋内設備の防護	—	○ 屋内設備の防護
屋外設備等	・空冷式非常用発電装置(1台)	○ 空冷式非常用発電装置からの給電	○ 空冷式非常用発電装置からの給電	—	—
	・送水車及びホース類(1式)	○ 補助給水によるSG給水(タービン動)のための復水タンクへの給水	—	—	○ 送水車による海水注水
	・大容量ポンプ(1台) ・大容量ポンプホース類(1式)	—	○ 格納容器内自然対流冷却	—	—
	・ブルドーザ(1台)	○ アクセスルート確保	○ アクセスルート確保	—	○ アクセスルート確保
	・タンクローリ(1台) ・重油(燃料油貯油そう(空冷式非常用発電装置、可搬式代替低圧注水ポンプ用電源車及び大容量ポンプ用))	○ 燃料補給	○ 燃料補給	—	—

<凡例>

○:期待する

—:シナリオ上期待しない

各収束シナリオに必要な緩和機能に関連する設備等の一覧(斜面崩壊による影響確認)

外部火災による影響を
確認する項目

	防護すべき設備等	出力時 炉心損傷防止 (1.28G,15m)	停止時 炉心損傷防止 (1.28G,15m)	出力時 CV損傷防止 (1.28G,15m)	SFP損傷防止 (1.28G,15m)
屋内設備等	・原子炉格納容器、原子炉建屋、原子炉補助建屋、制御建屋、中間建屋、D/G建屋、燃料取扱建屋、特重建屋	○ 屋内設備の防護	○ 屋内設備の防護	—	○ 屋内設備の防護
屋外設備等	・空冷式非常用発電装置(1台)	○ 空冷式非常用発電装置からの給電	○ 空冷式非常用発電装置からの給電	—	—
	・送水車及びホース類(1式)	○ 補助給水によるSG給水(タービン動)のための復水タンクへの給水	—	—	○ 送水車による海水注水
	・大容量ポンプ(1台) ・大容量ポンプホース類(1式)	—	○ 格納容器内自然対流冷却	—	—
	・ブルドーザ(1台)	○ アクセスルート確保	○ アクセスルート確保	—	○ アクセスルート確保
	・タンクローリ(1台) ・重油(燃料油貯油そう(空冷式非常用発電装置、可搬式代替低圧注水ポンプ用電源車及び大容量ポンプ用))	○ 燃料補給	○ 燃料補給	—	—

<凡例>
○:期待する
—:シナリオ上期待しない

各収束シナリオに必要な緩和機能に関連する設備等の一覧 (外部火災による影響確認)

3.1.4.2.4 その他自然現象に対するリスク評価

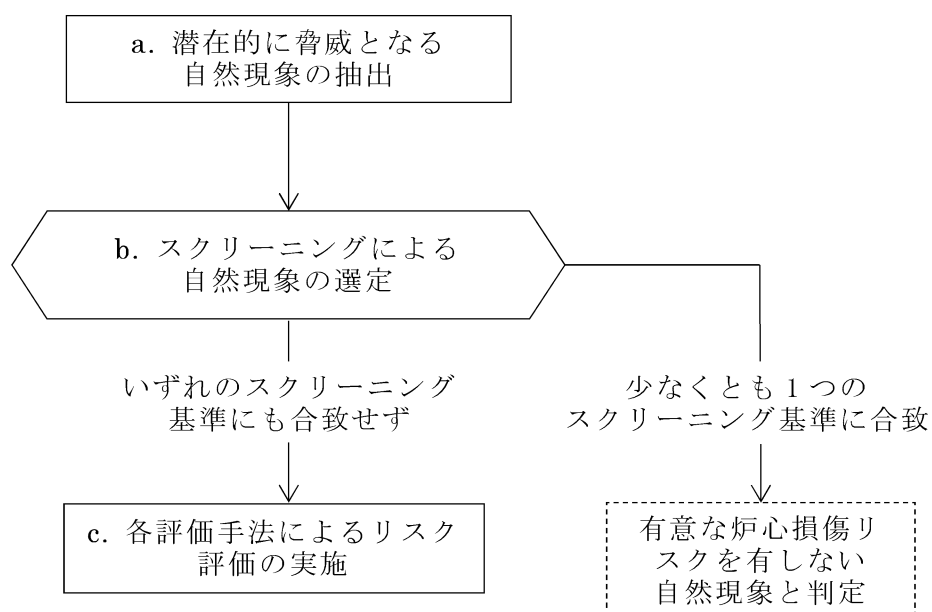
3.1.4.2.4.1 その他自然現象に対する単独評価

(1) 評価方針

地震、津波以外のその他自然現象に対する単独評価では、地震、津波の評価と同様に必ずしもクリフエッジを求めるような安全裕度評価を行うのではなく、各自然現象の特性に応じた評価手法によりリスク評価を実施する。具体的には日本原子力学会標準「外部ハザードに対するリスク評価方法の選定に関する実施基準：2014」（以下「学会標準」という。）を参考に評価を行う。

(2) 評価方法

その他自然現象のリスク評価を実施するにあたり、第3.1.4.2.4.1.1 図のフローに従い各自然現象に対する評価を行った。



第 3.1.4.2.4.1.1 図 その他自然現象の評価に係るフロー図

a. 潜在的に脅威となる自然現象の抽出

プラントに潜在的な脅威を与える自然現象として、2021年5月19日に許可を受けた原子炉設置（変更）許可申請

(以下「設置許可」という。)において、スクリーニングアウトされず評価対象となっている自然現象及び IAEA 特定安全ガイド No.SSG-25「原子力発電所の定期安全レビュー」(以下「No.SSG-25」という。)に記載されている自然現象を抽出した。選定結果を第 3.1.4.2.4.1.1 表に示す。

第 3.1.4.2.4.1.1 表 プラントに潜在的な脅威を与える自然現象

No.	自然現象	引用元	備考
1	竜巻	設置許可	
2	火山	設置許可	
3	生物学的事象	設置許可	
4	森林火災	設置許可	
5	地滑り	設置許可	
6	風(台風)	設置許可	
7	凍結	設置許可	
8	降水	設置許可	
9	積雪	設置許可	
10	落雷	設置許可	
11	洪水	設置許可	
12	高潮	設置許可	
-	津波を含む洪水	No. SSG-25	「3.1.4.2.2 津波」にて評価実施又はNo. 11と同じ
13	竜巻を含む強風	No. SSG-25	
14	火災	No. SSG-25	
15	気象(降雨)	No. SSG-25	
16	気象(高温)	No. SSG-25	
17	気象(低温)	No. SSG-25	
18	気象(霧・もや)	No. SSG-25	
19	気象(かんばつ)	No. SSG-25	
20	気象(降雪)	No. SSG-25	
21	太陽風	No. SSG-25	
22	有毒・腐食性物質(火山灰)	No. SSG-25	
23	水理学的ハザード	No. SSG-25	
-	地震ハザード	No. SSG-25	「3.1.4.2.1 地震」にて評価実施
-	火山ハザード	No. SSG-25	No. 2と同じ
-	生物学的汚染	No. SSG-25	No. 3と同じ
-	落雷	No. SSG-25	No. 10と同じ

b. スクリーニングによる自然現象の選定

a.項で抽出した潜在的に脅威となる自然現象に対し、学会標準を参考とした5つの基準（第3.1.4.2.4.1.2表）によりスクリーニングを行い、有意な炉心損傷リスクを有する可能性のある自然現象を以下のとおりに選定した。また、その結果の詳細を別紙3.1.4.2.4.1(2)bに示す。

＜炉心損傷リスクを有する可能性のある自然現象＞

- ・竜巻を含む強風
- ・火山
- ・生物学的事象
- ・積雪
- ・落雷

第3.1.4.2.4.1.2表 スクリーニング基準

スクリーニング基準		詳細
基準1	頻度	ハザードの発生頻度が極めて小さいことが明確である。
基準2	場所	ハザードがプラントに影響を与えるほど近傍で発生しない。
基準3	タイムスケール	ハザードが進展するタイムスケールがプラントの対処時間に比べて十分に長い。
基準4	起因事象	ハザードがプラントに到達したと仮定しても、炉心損傷につながる起因事象を引き起こさないことが明らかである。
基準5	包含	ハザードが他のハザードに包含される。

c. 評価手法の選定

b.項で選定した炉心損傷リスクを有する可能性のある自然現象に対し、それぞれの特性に応じて学会標準で定められている5つの評価手法（第3.1.4.2.4.1.3表）の中からリスク評価を実施した。

第 3.1.4.2.4.1.3 表 各自然現象に対する評価手法

評価手法	評価の方法
①ハザード影響分析	当該外部ハザードのプラントへの影響を保守的に仮定したとしても、プラントにおける炉心損傷に繋がる起因事象の発生及び安全機能を有する構築物、系統及び機器（S S C）が損なわれないことを、決定論的評価により確認する。
②ハザード頻度分析	プラントに影響を与える可能性のあるハザードレベル（設計基準を有する外部ハザードにおいては設計基準が該当する）を設定し、それを超過する外部ハザードの発生頻度を、保守的な解析により定量的に評価する。 なお、本評価では、発生頻度 10^{-6} /年のハザードレベルと、プラントに影響を与える可能性のあるハザードレベルを比較することで、上記の評価を実施する。
③裕度評価	多数の事故シナリオを対象として、炉心損傷に繋がる起因事象の発生や安全機能を有する S S C の機能喪失に対するハザードの影響を決定論的に設定することにより、炉心損傷リスクが必ず起こるハザードレベル及び支配的な事故シナリオを導出する。 ここで導出されるハザードレベルとプラントに影響を与える可能性のあるハザードレベルとの比を当該ハザードの炉心損傷に対する裕度として算出する。
④決定論的な C D F 評価	炉心損傷につながる支配的な事故シナリオを対象として、炉心損傷につながる起因事象の発生や安全機能を有する S S C の機能喪失に対するハザードの影響を決定論的に設定することにより、ハザードにより引き起こされるプラントの条件付き炉心損傷確率(C C D P)を定量的に評価し、ここで算出された C C D P に、プラントに影響を与える可能性のあるハザードレベルを超過する外部ハザード発生頻度を乗じることにより C D F を評価する。
⑤ P R A 等の詳細なリスク評価	炉心損傷リスクを有すると判断される外部ハザードに対しては、確率論的リスク評価(P R A)を適用する詳細なリスク評価を行う。

(3) リスク評価

a. 竜巻を含む強風

(a) 竜巻を含む強風に対する設計

安全施設は、最大風速 100m/s の竜巻が発生した場合においても、竜巻に伴う風圧による荷重、気圧差による荷重及び飛来物の衝撃荷重を組合せた荷重等に対して安全機能を損なわないために、飛来物の発生防止対策及び竜巻防護対策を行う。

i 飛来物の発生防止対策

竜巻により発電所構内の資機材等が飛来物となり、竜巻防護施設が安全機能を損なわないために、以下の対策を行う。

- ・飛来物となる可能性のあるものを固縛、建屋内収納又は撤去する。

- ・車両の入構の制限、竜巻の襲来が予想される場合の車両の退避又は固縛を行う。

ii 竜巻防護対策

固縛等による飛来物の発生防止対策ができないものが飛来し、安全施設が安全機能を損なわないために、以下の対策を行う。

- ・竜巻防護施設を内包する施設及び竜巻飛来物防護対策設備により、竜巻防護施設を防護し構造健全性を維持し安全機能を損なうことのない設計とする。
- ・竜巻防護施設の構造健全性が維持できない場合には、代替設備又は予備品の確保、損傷した場合の取替又は補修が可能な設計とすることにより安全機能を損なうことのない設計とする。

なお、強風（台風含む）に対する影響については、敷地付近で観測された最大瞬間風速は、舞鶴特別地域気象観測所での観測記録（1947年～2022年）によれば、51.9m/s（2004年10月20日）であることから、竜巻の評価で想定している風荷重による影響及び飛来物による影響の対策に包含される。

(b) 竜巻を含む強風に対するリスク評価（ハザード頻度分析）

本評価では、ハザード発生頻度を定量的に判断することにより当該自然現象がプラントに対して有意な炉心損傷リスクをもたらし得ないと判断できることから、ハザード頻度分析を以下のとおり実施した。

設置許可における竜巻のハザード曲線により算出した年超過確率 10^{-6} 値は、風速 87m/s である。この値は設計値である風速 100m/s を下回っていることから、竜巻を含む強風はプラントに対して有意なリスクはないと評価する。

b. 火山

(a) 火山に対する設計

火山灰による荷重は、敷地周辺の地質調査結果に文献調査結果等も参考にして、堆積厚さ 27cm として荷重を設定し、それに対し機械的強度を有する構造とすることで、安全施設の安全機能を損なうことのない設計としている。また、仮に設計を超える火山灰の堆積が発生したとしても、除灰による緩和措置をとることが可能であることから、安全施設の安全機能を損なうおそれはない。加えて、火山灰によるフィルタ等の閉塞が考えられるが、フィルタ交換による緩和措置をとることが可能であることから、安全施設の安全機能を損なうおそれはない。

(b) 火山に対するリスク評価（裕度評価）

本評価では、除灰等による緩和措置を実施可能であることと、評価対象（建屋）が明確かつ耐力の評価が可能であることから、裕度評価を以下のとおり実施した。

安全上重要な建屋における許容降灰厚さを第 3.1.4.2.4.1.4 表に示す。

第 3.1.4.2.4.1.4 表 安全上重要な建屋の火山灰の許容降灰層厚さ

建屋	許容層厚※(cm)
外部しゃへい建屋	100以上
外周建屋	54
燃料取扱建屋	46
原子炉補助建屋	100以上
中間建屋	100以上
ディーゼル発電機建屋	63
燃料取替用水タンク建屋	100以上

※応力度による評価。

第 3.1.4.2.4.1.4 表のとおり、安全上重要な建屋のうち、最も許容降灰層厚さが低いものは燃料取扱建屋の 46cm となる。この値は設計基準の値に対して大きな値であり、仮に 46cm を超える火山灰が発生したとしても、当該事象の進展は緩慢であることから、除灰等による緩和措置を実施する

ことができる。

なお、火山灰による絶縁不良により起因事象として「外部電源喪失」が発生する可能性があるが、上記のとおり、安全上重要な建屋の許容降灰層厚さは十分大きく、除灰による緩和措置も実施可能であることから、「外部電源喪失」の収束シナリオのとおり対応可能である。よって、火山による降灰はプラントに対して有意なリスクはないと評価する。

c. 生物学的事象

(a) 生物学的事象に対する設計

生物学的事象に対して、クラゲ等の海生生物の発生、小動物の侵入を考慮する。

安全施設は、クラゲ等の海生生物の発生に対して、原子炉補機冷却海水設備に除塵装置を設け、また、小動物の侵入に対して、屋外装置の端子箱貫通部等にシールを行うことにより、安全機能を損なうことのない設計とする。

除塵装置を通過する貝等の海生生物については、海水ストレーナや復水器細管洗浄装置により、原子炉補機冷却水冷却器や復水器等への影響を防止する設計とする。さらに、定期的な開放点検、清掃をできるように点検口等を設ける設計とする。

(b) 生物学的事象に対するリスク評価（ハザード影響分析）

本評価では、プラントに対する影響を保守的に仮定したとしても当該自然現象がプラントに対して有意な炉心損傷リスクをもたらし得ないと判断できるため、ハザード影響分析を以下のとおり実施した。

小動物の侵入に対しては、(a)項で記載したとおり屋外装置の端子箱貫通部等にシールを行っていることから、プラントに対する影響を保守的に仮定したとしても安全機能に対して影響はない。

クラゲ等の海生生物の発生に対しては、(a)項で記載したとおり除塵装置を設けることによって、安全機能を損なうことのない設計としている。保守的な仮定として、取水路の閉塞等により原子炉補機冷却海水設備に影響を与え、起因事象として「原子炉補機冷却機能喪失」が発生したとしても別紙 3.1.4.2.4.1(3)c-1 に示す「原子炉補機冷却機能喪失」の収束シナリオのとおり対応可能である。

以上より、生物学的事象はプラントに対して有意なリスクはないと評価する。

d. 積雪

(a) 積雪に対する設計

敷地付近で観測された積雪の深さの月最大値は、舞鶴特別地域気象観測所での観測記録（1947～2022年）によれば、87cm（2012年2月2日）である。積雪荷重は、建築基準法に基づき、積雪量 100cm として積雪荷重を設定し、それに対し機械的強度を有する構造とすることで、安全施設の安全機能を損なうことのない設計としている。

また、仮に設計を超える積雪が発生したとしても、除雪による緩和措置をとることが可能であることから、安全施設の安全機能を損なうおそれはない。

(b) 積雪に対するリスク評価（裕度評価）

本評価では、除雪等による緩和措置を実施可能であることと、評価対象（建屋）が明確かつ耐力の評価が可能であることから、裕度評価を以下のとおり実施した。

安全上重要な建屋における許容積雪厚さを第 3.1.4.2.4.1.5 表に示す。

第 3.1.4.2.4.1.5 表 安全上重要な建屋の許容積雪厚さ

建屋	許容積雪荷重 (N/m ²)	許容積雪厚さ※(cm)
外部しゃへい建屋	10,035	334
外周建屋	4,760	158
燃料取扱建屋	4,650	155
原子炉補助建屋	4,640	154
中間建屋	7,100	236
ディーゼル発電機建屋	7,100	236
燃料取替用水タンク建屋	4,840	161

※：積雪の単位荷重は1cm当たり30N/m²とする。

第 3.1.4.2.4.1.5 表のとおり、安全上重要な建屋のうち、最も許容積雪厚さが低いものは原子炉補助建屋の 154cm となる。この値は設計基準の値に対して大きな値であり、仮に 154cm を超える積雪が発生したとしても、当該事象の進展は緩慢であり、また、事前に当該事象の予測が可能であることから、除雪等による緩和措置を実施することができる。

積雪では絶縁不良により起因事象として「外部電源喪失」が発生する可能性がある。しかし、上記のとおり、安全上重要な建屋の許容積雪厚さは 154cm と十分大きく、除雪による緩和措置も実施可能であることから、「外部電源喪失」の収束シナリオのとおり対応可能である。「外部電源喪失」のイベントツリーを別紙 3.1.4.2.4.1(3)d-1 に示す。

以上により、積雪はプラントに対して有意なリスクはないと評価する。

e. 落雷

(a) 落雷に対する設計

雷害防止対策として、建築基準法に基づき高さ 20m を超える原子炉格納施設等へ日本産業規格 (J I S) に準拠した避雷設備を設置するとともに、構内接地網と接続することにより、接地抵抗の低減や雷撃に伴う構内接地系の電位

分布の平坦化を図っている。さらに、安全保護回路への雷サージ電流抑制を図る回路設計としていることから、安全施設の安全機能を損なうことのない設計としている。

(b) 落雷に対するリスク評価（ハザード影響分析）

本評価では、プラントに対する影響を保守的に仮定したとしても当該自然現象がプラントに対して有意な炉心損傷リスクをもたらし得ないと判断できるため、ハザード影響分析を以下のとおり実施した。

i 評価の前提条件

落雷により影響を受けると考えられる設備は、それぞれ分散されていることから、落雷により同時損傷する可能性は非常に小さいと考えられるが、本評価では保守的に複数設備の同時損傷を考慮している。また、直撃雷の最大電撃電流値及び誘導雷サージの雷サージ電圧値に関わらず、対象とする設備が保守的に必ず損傷するものとして、以下の前提条件のもと評価を行う。また、以下の前提条件のイメージを別紙 3.1.4.2.4.1(3)e-1 に示す。

① 直撃雷による設備損傷

屋外設備への直撃雷により、直撃雷を受けた設備の機能喪失を想定する。ただし、連続して複数の構内屋外設備に直撃雷は生じないものとする。

② 誘導雷サージによる設備損傷

落雷により周囲の屋外ケーブル（金属材料が使われていない光ケーブルを除く）に大規模な誘導雷サージが発生し、それにより当該ケーブルに接続された設備にサージ電流が流れることで機能喪失に至ることを想定する。誘導雷サージによる機能喪失範囲としては、屋外ケーブルで常時接続されている屋外機器及び屋内機器の接続部位まで持つ機能が同時に全て喪失することとする。ただし、連続して大規模な誘導雷サージが

発生するような落雷は生じないものとする。

また、建屋内機器の接続部位がしゃ断器等で開放又は引出位置で縁切りされている場合には、接続されている屋外機器のみが誘導雷サージの影響を受け、機能喪失することとする。

③ 誘導雷サージによる誤信号の発信

設計想定以上の雷サージにより機器が誤動作する可能性があるが、機器の誤動作が生じたとしても、落雷による瞬間的な誤信号であれば、運転員による適切な評価がなされることから、影響はないとする。

④ 建屋内のみで構成される機器

建屋内のみで構成される機器については、建屋が鉄筋コンクリート造であり、かつ、十分に接地されており、また、その鉄筋量は一般建屋よりも多く緻密な格子状の空間遮蔽が形成されていることから、耐雷サージ性の高いファラデーケージになっており、建屋内部の過度電位分布が平坦化されることから、影響はないとする。

ii 評価の結果

送電線は架空地線で直撃雷の低減対策を実施しており、また、安全系母線は複数の送電線系から受電可能のため、直撃雷により「外部電源喪失」に至る可能性は極めて低いと考えられるが、複数設備の同時損傷を考慮し、保守的に「外部電源喪失」の発生を想定する。

海水ポンプは、防護壁及び防護竜巻ネットで構成される対雷サージ性の高いファラデーケージ内に設置されており、直撃雷により機能喪失することは考えられない。また、しゃ断器の保護継電器により、誘導雷サージによるサージ電流が発生したとしてもしゃ断器が開放することで機器の損傷を回避する設計となっている。さらに、

海水ポンプは複数機存在するため、全てが誘導雷サージにより同時に損傷する可能性は極めて低いと考えられるが、設計基準を超えた落雷を受けることから、保守的に誘導雷サージにより海水ポンプの機能喪失が喪失することとし、「原子炉補機冷却機能喪失」の発生を想定する。

上記により、落雷により「外部電源喪失」及び「原子炉補機冷却機能喪失」の起因事象が発生する。当該起因事象発生時のイベントツリーを3.1.4.2.4.1(3)e-2に示す。また、当該起因事象発生時の緩和機能に必要な設備のうち、誘導雷サージにより損傷する可能性のある屋外設備を第3.1.4.2.4.1.6表に示す。

第3.1.4.2.4.1.6表 緩和機能に必要な屋外設備

設備	取り合うケーブルの通常時の接続状態 ●:常時接続 -:常時切り離し	取り合うケーブルの金属材料の有無 ●:金属あり -:金属なし
復水タンク水位計	●	●
タービン動補助給水ポンプ復水タンク側入口弁	●	●
空冷式非常用発電装置	●※	●
3号機 B-空冷式非常用発電装置 信号処理盤	●	- (光ケーブル)
送水車	-	
タンクローリー	-	
大容量ポンプ	-	

※通常時、しゃ断器は開放状態

第3.1.4.2.4.1.6表のとおり、緩和機能に必要な設備のうち、金属材料のケーブルが常時接続されている設備は復水タンク水位計、タービン動補助給水ポンプ復水タンク側入口弁、空冷式非常用発電装置であり、当該設備は誘導雷サージの影響を受ける可能性がある。

しかし、復水タンク水位計については、機能喪失したとしても代替パラメータによる復水タンク水位の監視が手順として整備されており、蒸気発生器補助給水流量等の復水タンクを水源とするポンプの注入量の合計により、使用量を推定することができる。

タービン動補助給水ポンプ復水タンク側入口弁については、通常時は開状態であり、緩和操作時に必要な状態も開状態であることから操作は不要であり、機能喪失したとしても影響はない。仮に、誘導雷サージによる誤信号により閉止したとしても、運転員による手動操作により対応可能である。

空冷式非常用発電装置については、通常時はしゃ断器が開放状態であり、それにより縁切りされているため、誘導雷サージの影響は受けない。

以上より、落雷により「外部電源喪失」、「原子炉補機冷却機能喪失」の起因事象が発生したとしても、緩和機能に必要な設備は落雷の影響を受けない、あるいは代替措置が実施可能なことから炉心損傷を回避することができる。よって、落雷はプラントに対して有意なリスクはないと評価する。

3.1.4.2.4.2 地震又は津波に対するその他の自然現象の重畳

クリフエッジとなる地震及び津波が発生した状況に加え、地震又は津波とは独立なその他の自然現象の重畳が生じた場合に、クリフエッジに大きな影響を及ぼす可能性がある場合には、それを考慮したクリフエッジを特定する必要がある。

ここでは、高浜発電所の立地条件を踏まえて、クリフエッジとなる地震及び津波が発生した状況に加え、その他の自然現象が重畳して発生する可能性を十分に考慮し、クリフエッジの発生を防止するために必要な設備（以下「防護対象設備」という。）の機能

維持、作業性及び接近性の観点から、その他の自然現象の重畳による影響を評価する。

なお、その他の自然現象の規模について、高浜発電所の敷地付近における観測データの最大規模等を考慮して設定することとし、具体的には高浜発電所3号機について、2021年5月19日に許可を受けた設置許可における想定と同等とする。

(1) その他の自然現象の重畳を考慮する自然現象の特定

高浜発電所の立地条件を踏まえて、クリフエッジとなる地震及び津波が発生した状況に加えて、重畳して発生する可能性があると考えられるその他の自然現象を特定するにあたり、設計上考慮されている自然現象（地震と津波を除く。）として、設置（変更）許可で整理された以下の12事象を対象に検討した。

- ・ 風（台風）
- ・ 火山
- ・ 降水
- ・ 凍結
- ・ 積雪
- ・ 落雷
- ・ 竜巻
- ・ 生物学的事象
- ・ 森林火災
- ・ 洪水
- ・ 高潮
- ・ 地滑り

ここで、火山については、設置許可及び工認での想定と同様に、地震、津波とは独立事象として扱い、クリフエッジとなる地震及び津波と、設計基準想定の高山の噴火の各頻度が十分小さいことから、クリフエッジとなる地震及び津波が発生した状況に加えて、重畳して発生することは考慮しない。

竜巻については、地震、津波とは独立事象であり、クリフエ

ツジとなる地震及び津波と、設計基準想定の高潮の各頻度が十分小さいことから、クリフエッジとなる地震及び津波が発生した状況に加えて、重畳して発生することは考慮しない。

洪水については、河川は発電所と 200m を超える山を挟んだ反対側の位置にあることから、重畳の影響を考慮する必要はない。

高潮については、「3.1.4.2.3 地震と津波の重畳事象」の評価に包含されるため、重畳の影響を考慮する必要はない。

また、地滑りについては、主な誘因として地震と大雨があるが、地震に起因する地滑りについては、「3.1.4.2.1(2)b. 原子炉建屋の背後斜面等のすべり及び剥落」の評価結果のとおり、クリフエッジ地震動に対しては斜面崩壊によりクリフエッジシナリオに必要な緩和機器に影響を与えないことを確認している。また、大雨に起因する地滑りについては、土石流危険区域に土石流が流れ込むことを防止するための堰堤を設置するとともに、土石流が発生した場合には土石流と基準地震動の組合せの発生確率から、7日間以内に応急的な土砂撤去で堆積制限以下にできないと判断した場合にはプラントを停止する運用を定めている。よって、重畳の影響を考慮する必要はない。

以上より、高浜発電所の立地条件を踏まえて、クリフエッジとなる地震及び津波が発生した状況に加えて、重畳して発生する可能性があると考えられるその他の自然現象を以下のとおり特定した。

- ・ 風（台風）
- ・ 降水
- ・ 凍結
- ・ 積雪
- ・ 落雷
- ・ 生物学的影響
- ・ 森林火災

(2) その他の自然現象の重畳の影響評価

a. 機能維持

クリフエッジとなる地震及び津波が発生した状況に加え、前項にて特定したその他の自然現象が重畳して発生した場合を想定し、防護対象設備に対して、機能維持の観点から、その他の自然現象の重畳による影響を評価した。

ここで、その他の自然現象の重畳による影響が生じる場合とは、地震と津波がプラントに及ぼす影響と同等の影響を有する場合（例えば地震による荷重に加えて、その他自然現象による荷重が重なる場合等）であり、プラントに及ぼす影響が異なる自然現象を、地震と津波に組合せたとしても（例えば地震による荷重に、落雷による電気的影響が加わる場合等）、各々の個別評価と変わることはない。

設置許可においては、各自然現象がプラントに及ぼす影響について別紙 3.1.4.2.4.2(2)a-1 のとおり整理されており、機能維持の観点でプラントに及ぼす影響としては荷重、温度、閉塞、浸水、電気的影響、腐食及び磨耗が該当するところ、これらのうち、地震と津波がプラントに及ぼす影響である荷重と浸水と同じ影響を有する自然現象を特定した結果、荷重に関しては風（台風）、及び積雪、また浸水に関しては降水が特定された。

このうち、荷重の観点では、まず風（台風）の重畳について、工認での整理と同様に、屋外の防護対象設備については風による受圧面積が相対的に小さいこと、また屋内の防護対象設備についてはコンクリート構造物等の自重が大きい建屋等内に設置されていること等から、風荷重の影響は小さいと考えられるため、重畳の影響を考慮する必要は無い。

また、積雪との重畳については、大雪が予想される場合には事前に除雪体制を整えるとともに、大雪が発生した場合には防護対象設備の除雪を行うこととしているため、重畳の影

響を考慮する必要は無い。

浸水の観点では、降水の影響は津波に包絡されるため、重畳の影響を考慮する必要は無い。

以上より、クリフエッジとなる地震及び津波が発生した状況に対し、防護対象設備の機能維持の観点で、その他自然現象の重畳が影響を及ぼすことはない。

b. 接近性

接近性の観点は、別紙 3.1.4.2.4.2(2)a-1 のアクセス性が該当するところ、屋外アクセスルートに対しては、設置許可、工認において、その他自然現象による影響を想定し、複数のアクセスルートの中から早期に復旧可能なルートを確認するとともに、必要に応じてブルドーザにより障害物を除去し、アクセスルートを確認できることを確認している。

また、屋内アクセスルートに対しては、その他自然現象による影響に対して、外部からの衝撃による損傷の防止が図られた建屋内に確保している。

以上より、クリフエッジとなる地震及び津波が発生した状況に対し、防護対象設備への接近性の観点で、その他自然現象の重畳が影響を及ぼすことはない。

c. 作業性

作業性の観点では、高線量下、夜間、悪天候及び照明機能喪失等を考慮する必要があるが、高浜発電所においては、実働訓練においてこれらの悪条件を想定し、必要な防保護具や資機材等を活用した訓練を実施している。

以上より、クリフエッジとなる地震及び津波が発生した状況に対し、防護対象設備の作業性の観点で、その他自然現象の重畳が影響を及ぼすことはない。

スクリーニングによる自然現象の選定

No.	自然現象	引用元	スクリーニング基準*					選定結果	備考
			基準1 (頻度)	基準2 (場所)	基準3 (タイム スケール)	基準4 (起因 事象)	基準5 (包含)		
1	竜巻	設置許可					✓	×	No.13 竜巻を含む強風に包含される。
2	火山	設置許可						○	評価対象とする。
3	生物学的事象	設置許可						○	評価対象とする。
4	森林火災	設置許可				✓		×	発電所において最も厳しい条件で森林火災の影響評価を行い、評価上必要以上の防火帯を確保していることから、起因事象は発生しない。
5	地滑り	設置許可				✓		×	高浜発電所周辺の地滑り地形の箇所地滑りに対して、安全施設の安全機能を損なうことのない設計としていることから、起因事象は発生しない。
6	風(台風)	設置許可					✓	×	No.13 竜巻を含む強風に包含される。
7	凍結	設置許可				✓		×	安全施設は屋外機器で凍結のおそれのあるものに保温等の凍結防止対策を行うことにより、安全機能を損なうことのない設計としていることから、起因事象は発生しない。
8	降水	設置許可				✓		×	敷地に溢れた雨水はこの付近で最もエレベーションの低い循環水ポンプの取水路に流入すること、及び浸水防止措置を行うことにより、安全施設の安全機能を損なうことのない設計としていることから、起因事象は発生しない。
9	積雪	設置許可						○	評価対象とする。
10	落雷	設置許可						○	評価対象とする。
11	洪水	設置許可		✓				×	高浜発電所周辺地域における河川としては、高浜発電所敷地西側境界に接して溪流(才谷川)があるが、高浜発電所は才谷川とは山を挟んだ反対側に立地している。敷地の地形及び表流水の状況から判断して、敷地が洪水による被害を受けることはない。
12	高潮	設置許可					✓	×	津波評価に包含される。
13	竜巻を含む強風	No. SSG-25						○	評価対象とする。
14	火災	No. SSG-25				✓	✓	×	No.4 森林火災に包含される。
15	気象(降雨)	No. SSG-25				✓	✓	×	No.8 降水に包含される。
16	気象(高温)	No. SSG-25				✓		×	気温の上昇は緩慢であり、一過性のものである。また、各設備は大きな熱容量を有していることから、気象による高温の影響はなく、起因事象は発生しない。
17	気象(低温)	No. SSG-25				✓	✓	×	No.7 凍結に包含される。
18	気象(霧・もや)	No. SSG-25				✓		×	屋外設備は防滴・防水仕様となっており、高湿度・濃霧等の影響は生じない。また、屋内設備についても空調で管理されていることから、起因事象は発生しない。
19	気象(早魃)	No. SSG-25				✓		×	取水源は海水であり、早魃の影響を受けないことから起因事象は発生しない。
20	気象(降雪)	No. SSG-25					✓	×	No.9 積雪に包含される。
21	太陽風	No. SSG-25				✓		×	太陽フレアによる磁気嵐により誘導電流が発生する可能性があるが、日本では、磁気緯度、大地抵抗率の条件から地磁気変動が電力系統に影響を及ぼす可能性は極めて小さい。また太陽フレアによる電磁的障害については、上記の通りわが国における影響は極めて小さいことを鑑みれば、安全保護回路等には、落雷や電磁波対策を行い、鋼製筐体に収納され、遮蔽されていることから、起因事象は発生しない。
22	有毒・腐食性物質(火山灰)	No. SSG-25					✓	×	No.2 火山に包含される。
23	水理学的ハザード	No. SSG-25					✓	×	津波評価に包含される。

※：スクリーニング基準は以下の通り。

基準1：ハザードの発生頻度が極めて小さいことが明確である。

基準2：ハザードがプラントに影響を与えるほど近傍で発生しない。

基準3：ハザードが進展するタイムスケールがプラントの対処時間に比べて十分に長い。

基準4：ハザードがプラントに到達したと仮定しても、炉心損傷につながる起因事象を引き起こさないことが明らかである。

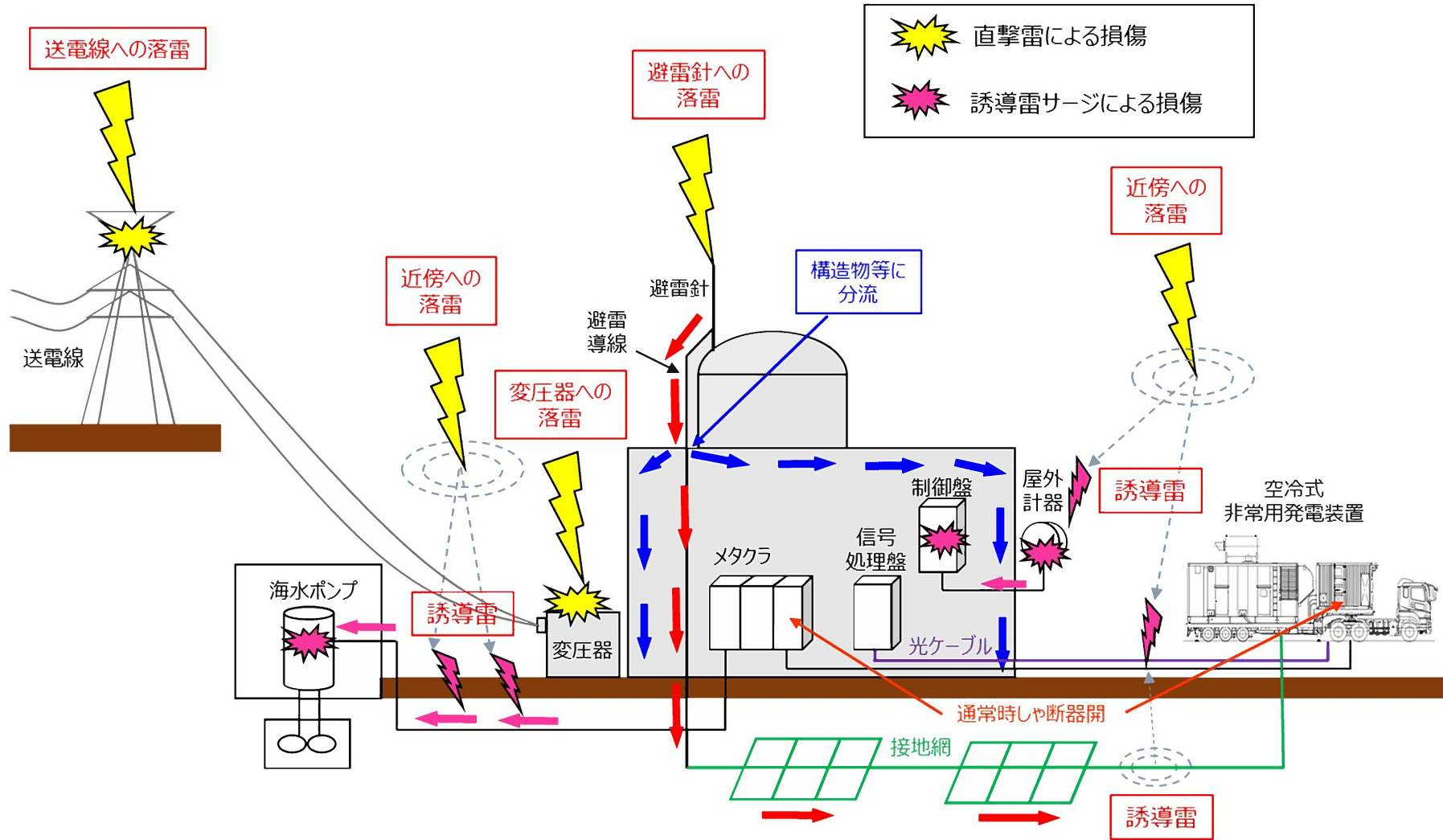
基準5：ハザードが他のハザードに包含される。

起因事象「原子炉補機冷却機能喪失」における収束シナリオ

参考資料に記載する。

参考資料に記載する。

起因事象「外部電源喪失」における収束シナリオ



落雷による影響のイメージ

起因事象「外部電源喪失」及び「原子炉補機冷却機能喪失」における収束シナリオ

参考資料に記載する。

	プラントに及ぼす影響								
	機能維持							接近性	視認性
	荷重	温度	閉塞	浸水	電氣的影響	腐食	磨耗	アクセス性	
風 (台風)	○	—	—	—	—	—	—	○	—
竜巻	○	—	—	—	—	—	—	○	—
凍結	—	○	○	—	—	—	—	○	—
降水	—	—	—	○	—	—	—	—	○
積雪	○	—	—	—	—	—	—	○	○
落雷	—	—	—	—	○	—	—	—	—
地滑り	○	—	—	—	—	—	—	○	—
火山	○	—	○	—	○	○	○	○	○
生物学的影響	—	—	○	—	○	—	—	—	—
森林火災	—	○	○	—	○	—	○	○	○
地震	○	—	—	—	—	—	—	○	○
津波	○	—	—	○	—	—	—	○	—

「○」：影響あり、「—」：影響なし

高浜発電所において想定される自然現象とプラントに及ぼす影響

3.1.4.3 事象進展と時間評価に関する評価

3.1.4.3.1 余裕時間に関する評価

(1) 評価の方針

「3.1.4.2.3 地震と津波の重畳事象」までのイベントツリーを用いたクリフエッジ評価においては、設計想定を超える地震または津波に対する各緩和手段の地震又は津波に対する裕度を確認している。

ここで、設計想定を超える地震によって付随的に発生する背後斜面の崩壊や、津波防護施設を乗り越えるような津波の遡上波の影響には、大きな不確実さがあることから、アクセスルート確保や可搬設備を用いた屋外作業の準備時間に影響を与える可能性がある。

以上を踏まえ、本評価においては、緩和手段の準備等にかかる時間的余裕を把握することで、自然現象の持つ不確実さに対して脆弱点がないかについて確認する。

なお、屋内作業に関しては、それらの影響を受けないことから、本評価の対象外とする。

また、格納容器損傷防止対策においては、クリフエッジが格納容器機能喪失直結事象となっており、影響緩和手段がないことから本評価の対象外とする。

(2) 炉心損傷防止にかかる余裕時間

1) 評価対象

「3.1.4.2.3 地震と津波の重畳事象」において特定される、最も耐力を有する収束シナリオを評価対象とする。

ここで、出力運転時の炉心損傷防止及び運転停止時の炉心損傷防止のそれぞれに最も耐力を有する収束シナリオがあり、各収束シナリオにおける緩和手段の使用可否を整理した。余裕時間を確認する項目としては下表のとおり「送水車を用いた復水タンクへの海水補給」とする。（整理結果の詳細については別紙 3.1.4.3.1(2)-1 参照）

収束シナリオで期待する屋外作業の一覧

緩和手段のうち屋外作業を伴うもの	取り扱い及び考え方
<ul style="list-style-type: none"> ・ 補助給水による S G 給水 (タービン動) ・ <u>2 次系水源の確保 (送水車を用いた復水タンクへの海水補給)</u> 	<p><u>余裕時間評価対象</u></p> <p>設置許可の有効性評価において最も早期に必要なとなる屋外作業であるため。</p>
大容量ポンプによる補機冷却	<p><u>余裕時間評価対象外</u></p>
低圧注入による再循環炉心冷却 (海水冷却)	<p>設置許可の有効性評価において制限時間が 55 時間以上と評価されており十分に長いため。</p>
格納容器内自然対流冷却 (海水冷却)	<p><u>余裕時間評価対象外</u></p> <p>炉心損傷以降に必要なとなる手段であることから、炉心損傷を防止できる時間を確認することで定性的に考察する。</p>

また、余裕時間の定義については、下式のとおりとする。

$$\text{余裕時間} = \text{復水タンク枯渇時間} - \text{送水車を用いた復水タンクへの海水補給の準備完了時間}$$

2) 解析による制限時間の確認

2-1) 解析条件

余裕時間を算出するにあたり必要となる制限時間、すなわち屋外作業完了の目標時間について、解析コードを用いた事象進展解析を実施する。解析条件については下表のとおり。

主要な解析条件

項目	評価条件	考え方
解析コード	M-RELAP5	本評価シナリオと同種事象の有効性評価に用いた解析コード。
起回事象	SBO+CCW 喪失	地震津波重畳の出力運転時炉心損傷評価（別紙 3.1.4.2.3(1)-1 における収束シナリオ考慮。(地震加速度 1.28G、津波高さ 15m)
RCP シールからの漏えい	健全	RCP-SDS の正常作動を想定し、漏えい量は各 RCP で 0m ³ /h と設定。
蓄圧タンク	機能喪失	1.18G を超える地震加速度により損傷することを想定。
直流電源	機能喪失	1.19G を超える地震加速度により蓄電池が損傷し直流電源の喪失を想定。
タービン動補助給水ポンプ	事象発生から 50 分後に起動	直流電源喪失に伴い自動起動せず、運転員による手動起動を想定。
復水タンク水量	747m ³	運用管理値として設定。
2 次系強制冷却開始（主蒸気逃がし弁開）	事象発生から 75 分後	タービン動補助給水ポンプの手動起動後に実施することを想定。
充てん/高圧注入ポンプ(自冷)によるほう酸注入 ・ 注入流量 ・ 開始時間 ・ 停止条件	<ul style="list-style-type: none"> ・ 17m³/h ・ 事象発生から 8 時間後 ・ 1 次系圧力が 12MPa[gage]となった場合、又は、必要ほう酸添加量 (17.7m³)が確保できた場合 	長期的な炉心未臨界維持のための RCP-SDS 正常作動時のほう酸添加操作。昇温操作による未臨界維持操作が不要となる 8 時間後のほう酸添加を想定。

本表に記載されていない主要な解析条件については、設置変更許可における有効性評価「外部電源喪失+非常用所内交流電源喪失+原子炉補機冷却機能喪失」と同じ。

2-2) 解析結果及び事象進展

本評価シナリオにおいては、運転員が事象発生の 50 分後に現場にてポンプを手動起動した後、事象発生の 75 分後に主蒸気逃がし弁の開放による 2 次系強制冷却を開始する。その後、2 次系強制冷却の効果により 1 次系の減温、減圧が進み、1 次系高温側配管温度が約 208℃に到達した後、その状態を維持する。炉心の再臨界を防止するため、事象発生後 8 時間に自己冷却運転による充てん／高圧注入ポンプからのほう酸注入を開始する。事象発生後約 9.1 時間にほう酸添加量が必要ほう酸添加量(17.7m³)に達し、ほう酸注入を停止する。ほう酸注入停止後、1 次系高温側配管温度を約 170℃に維持する。事象発生後約 15.1 時間で復水タンクが枯渇するため 2 次系強制冷却を停止すると、1 次系の温度、圧力が一旦上昇するが、2 次系圧力が上昇し主蒸気安全弁からの蒸気放出が開始されることで、1 次系の温度、圧力の上昇は抑えられる。主蒸気安全弁からの蒸気放出により蒸気発生器保有水量は徐々に低下し、S G ドライアウトに至ることで 1 次系の温度、圧力が再び上昇する。その後、1 次系保有水量の低下に伴い、事象発生後約 29.6 時間で燃料被覆管温度が 1200℃に到達する。以上の事象進展について別紙 3.1.4.3.1(2)-2 に示す。

3) 屋外作業時間の評価

3-1) アクセスルートの選定

送水車については、斜面崩壊や津波による浸水の影響を考慮し、第 3.1.4.3.1.1 図に示す保管場所に設置されているものを使用する。

ここで、送水車から復水タンクまでのホース敷設の最短ルートを考慮した結果、屋外作業に係るアクセスルートは第 3.1.4.3.1.1 図のとおりとなる。

参考資料に記載する。

第 3.1.4.3.1.1 図 保管場所及びアクセスルート図

3-2) 屋外作業の時間評価

屋外作業の余裕時間を評価するにあたり、以下の項目について各々評価した。

3-2-1) 屋外作業の開始時間

津波評価での「3.1.4.2.2(2) 遡上解析による検証」の結果を踏まえると、事象発生約 2 時間後には津波は防潮堤内から外部へ排出され、潮位はほぼ通常時の高さに戻る結果となっている。

しかし、今回のような想定を越える津波が発生した場合、現実的には大津波警報が継続して発信されていることも想定される。ここでは、屋外作業の開始に関する具体的な判断基準として、大津波警報が解除されることに加え、潮位がほぼ通常時の高さに戻り、一定時間（目安としては潮位が戻るまでに要した時間の 2 倍程度）有意な変動が無いことを確認でき次第、屋外作業に着手することで作業員の安全を確保することとし、津波遡上範囲での作業着手を 5 時間後からとした。

ただし、発電所敷地内で標高が高く、津波が遡上しなかった範囲については、上記の判断を待たず、必要な準備が出来次第、屋外作業に着手することとした。

3-2-2) 斜面崩壊発生箇所等の復旧時間

選定したアクセスルートについて、地下構造物及び地層変化部による段差発生箇所の復旧並びに周辺斜面の崩壊によ

り発生した堆積土砂及び津波により発生したガレキの撤去に要する作業時間を評価する。

a. 復旧条件

アクセスルート上に発生した段差はブルドーザにより復旧する。堆積土砂及びガレキはブルドーザにより道路脇に運搬することにより撤去する。復旧条件は以下のとおりとする。

- ・ガレキ除去要員は、事象発生後周辺の状況を確認しつつ、ブルドーザまで移動しアクセスルート復旧作業を開始する。
- ・ブルドーザにはヘッドライトがついているので、夜間でも作業は可能である。
- ・復旧箇所は、通行車両の規格を考慮して、幅員 3.0m とし、勾配 15%以下とする。
- ・アクセスルートの復旧に要する時間は、被害想定をもとに、構内の移動時間や段差復旧並びに堆積土砂及びガレキ撤去に要する時間を考慮することにより算出する。
- ・アクセスルートの復旧開始時間は、要員の移動時間に余裕を見込んで事象発生 30 分後とする。
- ・地下構造物及び地層変化部による段差の復旧時間については、評価及び訓練の結果から、1 箇所の段差につき 10 分と評価する。
- ・ブルドーザの移動及び復旧速度は、評価及び訓練の結果から、下表のとおりとする。

ブルドーザの移動及び復旧速度

	土砂崩落なし	土砂崩落あり
津波非冠水箇所 (ガレキを想定しない)	2km/h	85m/h (7分/10m)
津波冠水箇所 (ガレキを想定する)	1.3km/h	50m/h

b. 復旧時間評価

アクセスルート復旧におけるブルドーザの移動ルート及び時間経過を示す。以下に示す第 3.1.4.3.1.2 図で①→⑦までを 8 時間 30 分(約 8.5 時間)にて復旧可能である。

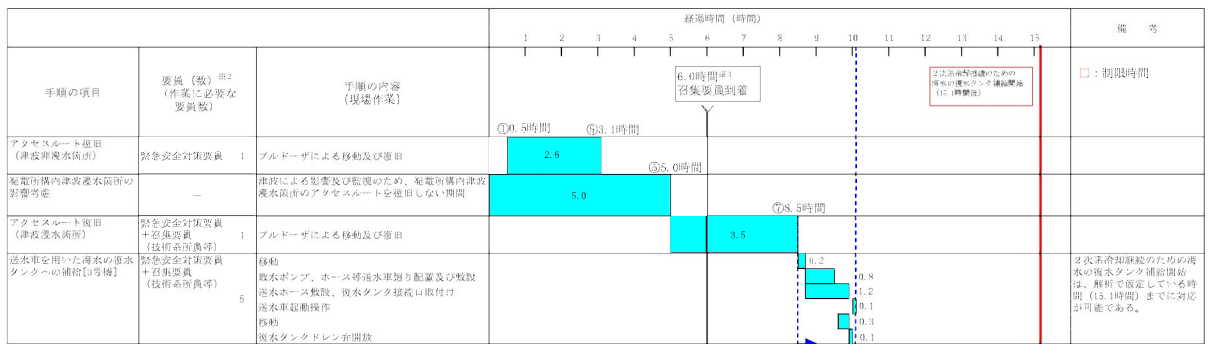
参考資料に記載する。

第 3.1.4.3.1.2 図 アクセスルートの復旧時間

3-2-3) 屋外作業の準備完了時間の評価

アクセスルート復旧時間評価を踏まえ、屋外作業の準備完了時間を評価した。

蒸気発生器による炉心冷却(2次系冷却)継続のための復水タンクへの海水補給については、第 3.1.4.3.1.3 図、第 3.1.4.3.1.4 図に示すとおり、約 10.1 時間で準備完了となる。



※1: 送水車を用いた海水の復水タンクへの補給作業は、召集要員の準備時間に余裕を見込み事故発生後4時間以降から開始とした。
 ※2: 要員については4時間後に3名以上が開始出来るため、制限時間内に実行する余裕が向上する。
 ※3: 新規基準審議時と同様に、要員負荷軽減の観点から使用時間に対して1時間の余裕を確保する。

第 3.1.4.3.1.3 図 2次系冷却継続のための海水の復水タンク補給の対応手順と所要時間

参考資料に記載する。

第 3.1.4.3.1.4 図 2次系冷却継続のための海水の復水タンク補給の屋外作業場所

4) 余裕時間の評価

2)項の制限時間及び3)項の準備完了時間の評価結果を踏まえ、余裕時間の算出を行った。結果は下表のとおりであり、炉心損傷防止にかかる対策は、制限時間内に対して約 5 時間の余裕があることを確認した。

余裕時間の評価結果

制限時間 (A)	準備完了時間 (B)	余裕時間 (A) - (B)
約 15.1 時間 (復水タンク枯渇時間)	約 10.1 時間 (送水車による復水タンクへの 海水補給)	約 5 時間

この余裕時間に対しては、自然現象の持つ不確実さに対して十分とは考えにくいいため、今後の安全性向上の観点で、炉心損傷防止対策にかかる余裕時間をさらに確保する方策を検討し、事故対応能力の向上を図ることが有効であると考え。(3.1.4.4 参照)

(3) 使用済燃料ピットの燃料損傷防止にかかる余裕時間

1) 評価対象

本評価は、「3.1.4.2.3 地震と津波の重畳事象」で評価した、使用済燃料ピットの燃料損傷防止対策のクリフエッジである地震加速度 1.28G 及び津波高さ 15m での収束シナリオのうち、「送水車による海水注水」の時間余裕を確認する。

また、本評価で取り扱う収束シナリオは、起因事象として外部電源喪失と原子炉補機冷却機能喪失が発生し、さらに非常用所内電源からの給電機能が喪失することで全交流電源喪失に至った状態において、屋外に保管されている送水車を用いて使用済燃料ピットへ海水を補給することで使用済燃料ピットの燃料の健全性を確保する。

これを踏まえ、本評価では下式に示す余裕時間を確認する。

$$\text{余裕時間} = \frac{\text{使用済燃料ピット水位が放射線の遮蔽が維持できる最低水位まで低下する時間}}{\text{送水車による海水注水の準備完了時間}}$$

2) 制限時間の確認

余裕時間を算出するにあたり必要となる制限時間、すなわち屋外作業完了の目標時間については、本評価で対象とする収束シナリオと、設置許可における使用済燃料ピットにおける重大事故に至るおそれがある事故のうち「想定事故1」の想定が同一であることから、この有効性評価の結果を用いる。

具体的には別紙 3.1.4.3.1(3)-1 に示すとおり、原子炉補機冷却機能喪失と全交流電源喪失が発生し、S F P 冷却機能及び注水機能が喪失した場合、使用済燃料ピット水温が徐々に上昇し、約 9 時間で 100℃に到達し、S F P 水位は緩慢に低下する。その後、S F P 水位が放射線の遮蔽が維持できる最低水位まで低下するのは、事象発生約 2.1 日後である。

以上を踏まえ、「送水車による海水注水」の制限時間については約 2.1 日と評価した。

3) 屋外作業時間の評価

3-1) アクセスルートの選定

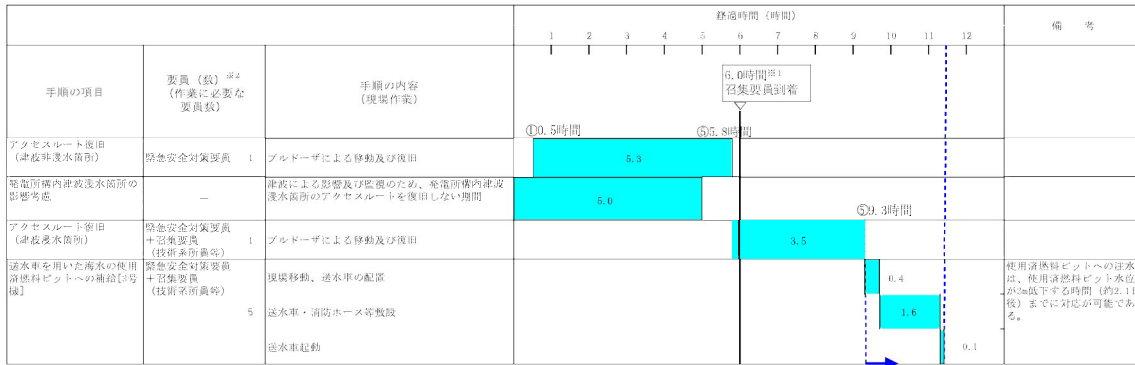
送水車については、斜面崩壊や津波による浸水の影響を考慮し、第 3.1.4.3.1.7 図に示す保管場所に設置されているものを使用する。また、取水ポイントについては最短ルートを考慮し、第 3.1.4.3.1.5 図に示す海水取水部とする。

参考資料に記載する。

第 3.1.4.3.1.5 図 保管場所及びアクセスルート図

3-2) 屋外作業の準備完了時間の評価

屋外作業の余裕時間を評価するにあたっては、(2)項「炉心損傷防止にかかる余裕時間」と同じ条件で以下の項目について各々評価した結果、第 3.1.4.3.1.6 図、第 3.1.4.3.1.7 図に示すとおり、約 11.4 時間で準備完了となる。



※1: 送水車を用いた海水の使用済燃料ピットへの補給作業は、召集要員の参集時間に余裕を見込み事故発生後時間以降から開始とした。
 ※2: 要員については6時間以内に38名以上が順次到着するため、制限時間内に行うことが可能であると見込まれる。
 ※3: 新規制基準審査時と同様に、要員負荷軽減の観点から経過時間に対して1時間の余裕を確保する。

第 3.1.4.3.1.6 図 使用済燃料ピットへの送水車による海水注水の対応手順と所要時間

参考資料に記載する。

第 3.1.4.3.1.7 図 使用済燃料ピットへの送水車による海水注水の屋外作業場所

4) 余裕時間の評価

2)項の制限時間及び3)項の準備完了時間の評価結果を踏まえ、余裕時間の算出を行った。結果は下表のとおり約39時間であり、使用済燃料ピットの燃料損傷防止にかかる対策は、制限時間内に十分に余裕をもって準備を完了させることができることを確認した。

余裕時間の評価結果

制限時間 (A)	準備完了時間 (B)	余裕時間 (A) - (B)
約 2.1 日 (約 51 時間 (最低水位までの 低下時間))	約 11.4 時間 (送水車による使用済 燃料ピットへの海水注水)	約 39 時間 (39.6 時間)

3.1.4.3.2 緩和機能の継続を必要とする時間の評価

(1) 評価の方針

本検討は、「3.1.4.3.1 余裕時間に関する評価」の評価結果を踏まえ、駆動用の燃料補給を必要とする影響緩和機能を対象として、発電所内に備蓄している燃料で事故対応が可能かどうかを評価する。評価期間については、設置許可での想定と同じく外部からの支援が期待できない期間として7日間を設定する。

なお、水源の枯渇時間に関しては「3.1.4.3.1 余裕時間に関する評価」において、復水タンクの枯渇時間を評価する。

(2) 継続時間評価

本評価においては「3.1.4.3.1(2) 炉心損傷防止にかかる余裕時間」で取り扱うシナリオに対して、復水タンクへの海水補給準備を制限時間内に完了し、その後も海水補給を継続することで炉心損傷を防止するシナリオを想定し、その際に使用する燃料の消費量について評価を行う。また、送水車を用いた使用済燃料ピットへの海水補給も平行して実施することとなるため、その分の燃料の消費量の評価を行う。なお、使用済燃料ピットへの必要給水量については、設置許可における想定事故1と同じく炉心から取り出された燃料が使用済燃料ピット内に保管されている状態を想定した保守的な値を用いる。

ここで、上記の各シナリオについては、有効性評価において全交流電源喪失とし、事象発生直後から補機類が起動した最も厳しい条件にて発電所内に備蓄している燃料により必要な対策を7日間継続することが可能であることを第3.1.4.3.2.1表の通り確認している。(詳細については別紙3.1.4.3.2(2)・1参照)

また、「3.1.4.2.3 地震と津波の重畳事象」における「3.1.4.2.3(2)b. 原子炉建屋の背後斜面等のすべり及び剥落」の評価結果より、燃料を備蓄してある燃料油貯油そうは斜面崩壊及び津波遡上の影響を受けないことを確認した。

以上より、当該の緩和手段を7日間継続することができる。

第 3.1.4.3.2.1 表 燃料の消費量及び備蓄量

起動を想定する補機	7日間総消費量	備蓄量
<ul style="list-style-type: none"> ・ 空冷式非常用発電装置 ・ 送水車 等	195.6kℓ	426kℓ

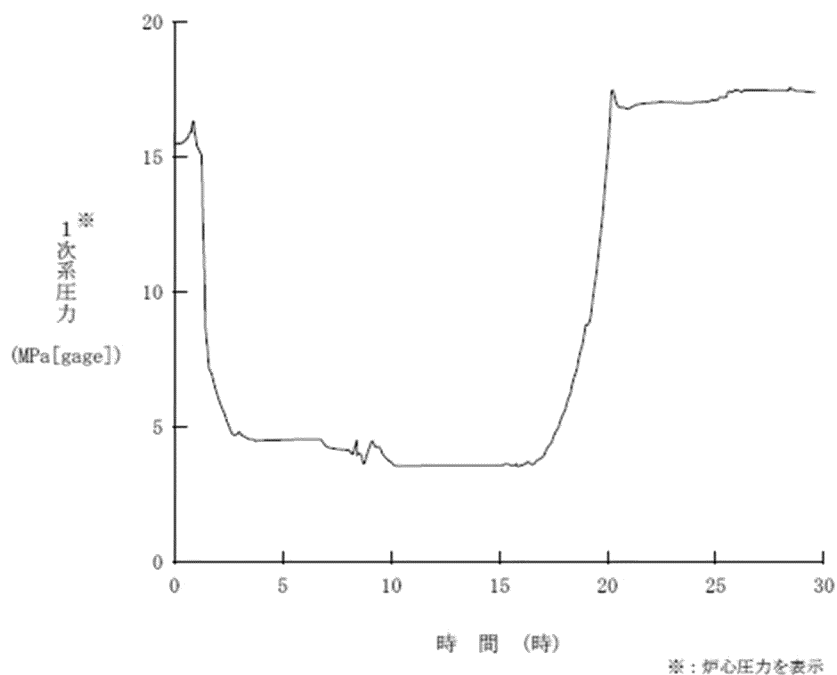
各収束シナリオにおける緩和手段の使用可否一覧

緩和手段 (イベントツリーのヘディング)	主な 操作場所	出力時 炉心損傷防止 (1.28G,15m)	停止時 炉心損傷防止 (1.28G,15m)	評価シナリオにおける考え方
RCPシャットダウンシールの作動	屋内	○	—	機能喪失しない。
・補助給水によるSG給水(タービン動) ・2次系水源の確保(送水車を用いた復水タンクへの海水補給)	屋内 および 屋外	○	—	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <p style="text-align: center;">余裕時間を確認する項目</p> <p>・SG給水は復水タンク枯渇まで実施できるとし、炉心損傷防止の観点で、屋外作業である送水車を用いた補給(海水)までの余裕時間を事象進展解析により確認する。</p> </div>
代替交流電源からの給電	屋内	○	○	機能喪失しない。
恒設代替低圧注水ポンプによる原子炉への注水	屋内	— (※1)	○	機能喪失しない。 ※1: シールLOCAシナリオでは期待する(以下同様)
大容量ポンプによる補機冷却	屋外	— (※1) (※2)	○ (※2)	※2: 設置許可の有効性評価において制限時間が55時間以上と十分に長いことを評価済みであり確認項目としない。
余熱除去ポンプによるブースティングおよび高圧注入による再循環炉心冷却(海水冷却) または低圧注入による再循環炉心冷却(海水冷却)	屋内 および 屋外	— (※1) (※2)	○ (※2)	
格納容器内自然対流冷却(海水冷却)	屋外	— (※1)	○ (※2)	

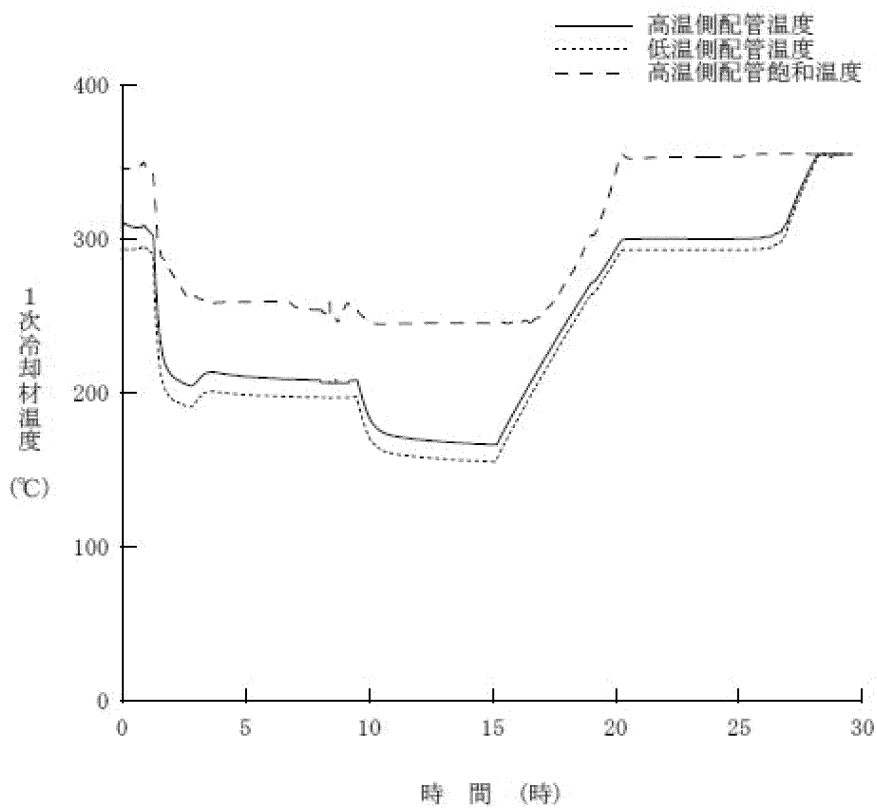
<使用可否にかかる凡例>

- : 期待できる △: 条件付きで期待できる
- ×: 地震または津波により損傷 —: シナリオ上期待しない

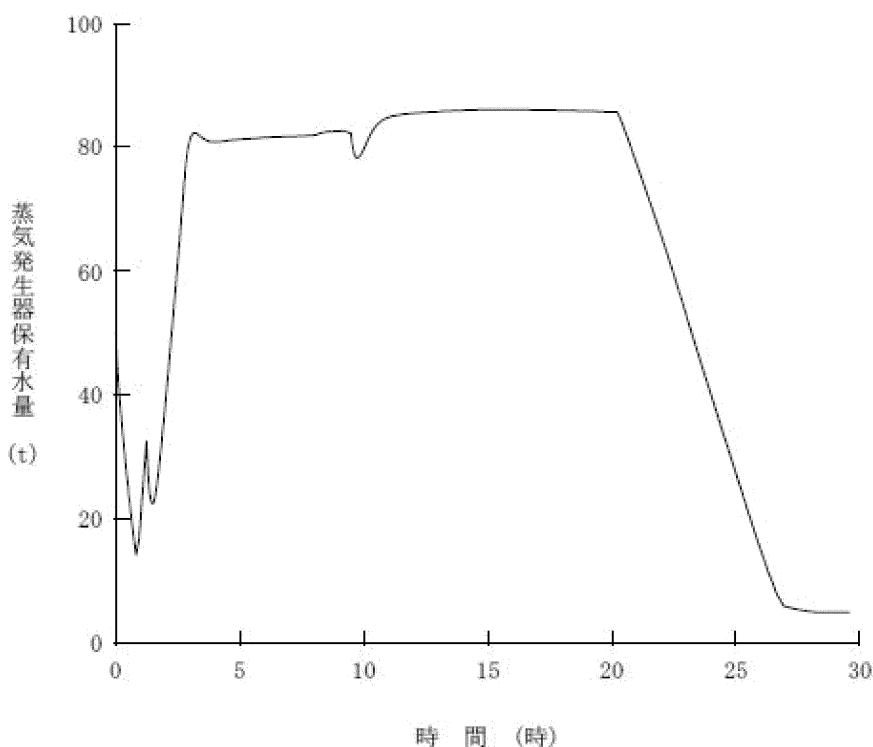
各収束シナリオにおける緩和手段の使用可否一覧



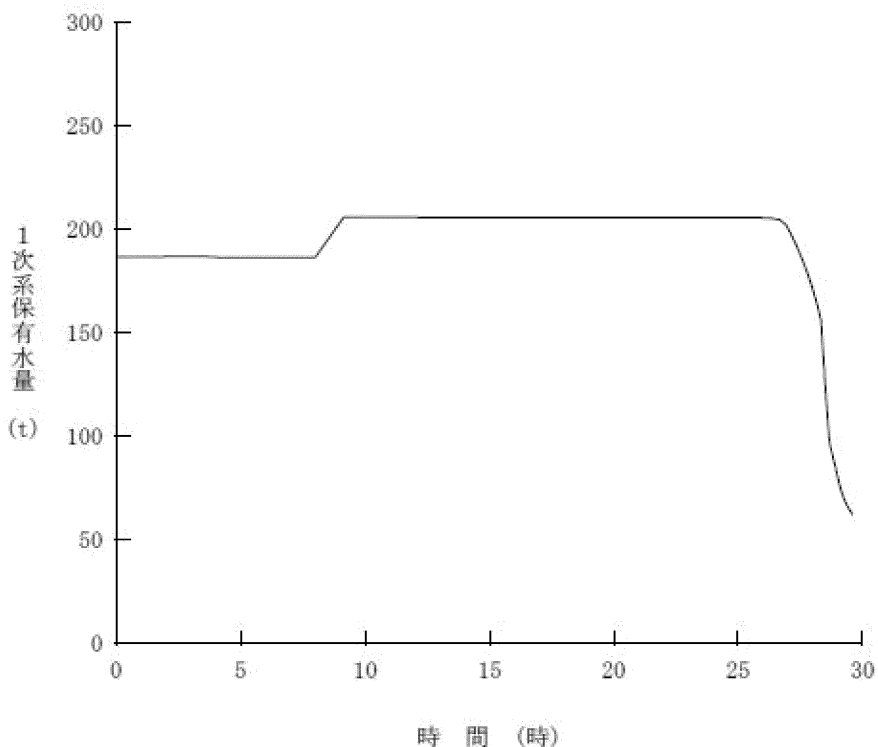
1次系圧力の推移 (SBO+LUHS+蓄圧注入失敗+RCP-SDS正常作動)



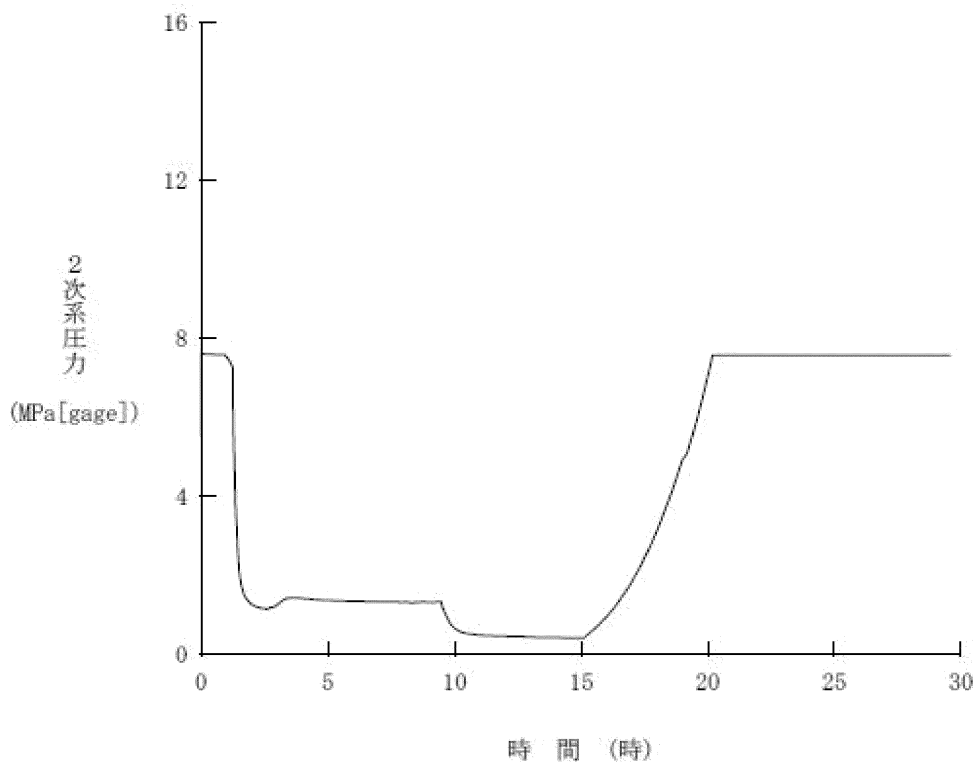
1次冷却材温度の推移 (SBO+LUHS+蓄圧注入失敗+RCP-SDS正常作動)



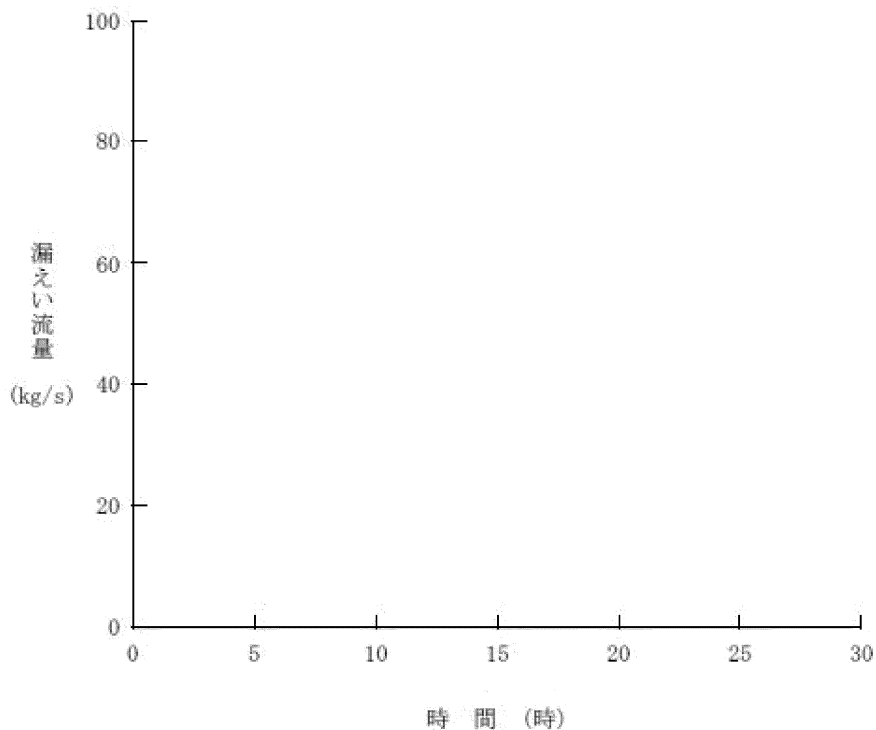
蒸気発生器保有水量の推移 (SBO+LUHS+蓄圧注入失敗+RCP-SDS正常作動)



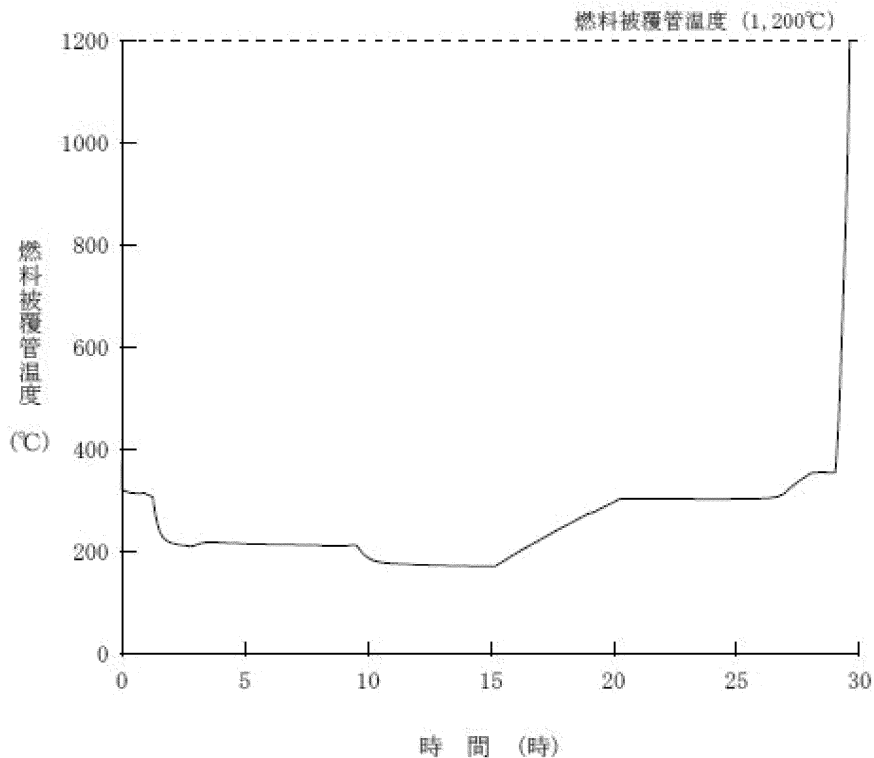
1次系保有水量の推移 (SBO+LUHS+蓄圧注入失敗+RCP-SDS正常作動)



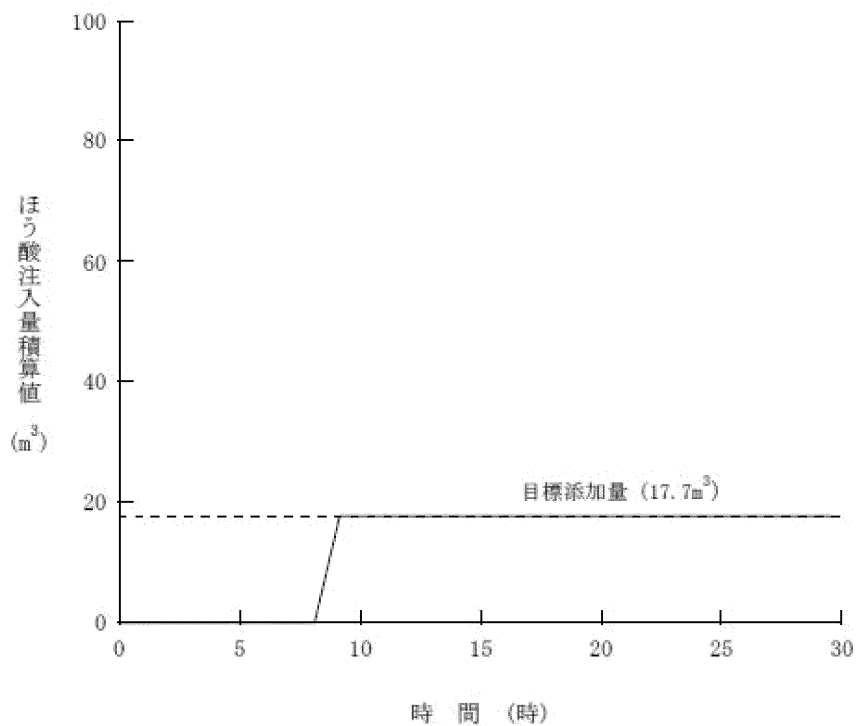
2次系圧力の推移 (SBO+LUHS+蓄圧注入失敗+RCP-SDS正常作動)



漏えい流量の推移 (SBO+LUHS+蓄圧注入失敗+RCP-SDS正常作動)



燃料被覆管温度の推移 (SBO+LUHS+蓄圧注入失敗+RCP-SDS
正常作動)



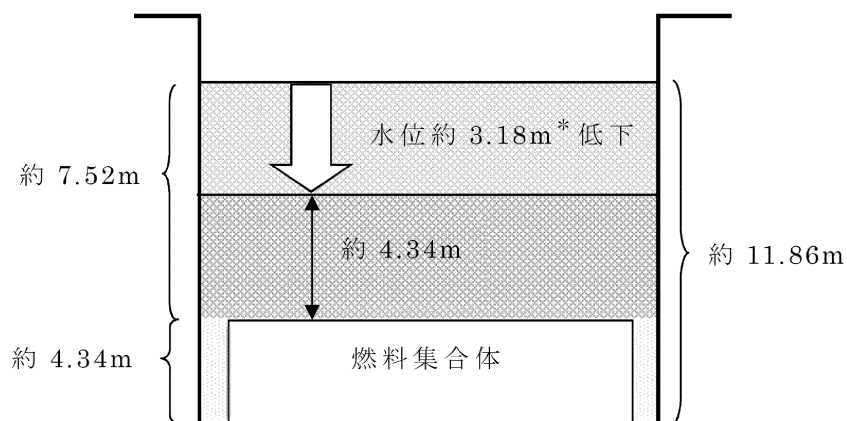
ほう酸注入量積算値の推移 (SBO+LUHS+蓄圧注入失敗+RCP-SDS
正常作動)

第 7.3.1.2 表 「想定事故 1」 の主要評価条件（使用済燃料ピット冷却系及び補給水系の故障）（1 / 2）

項目		主要評価条件	条件設定の考え方
初期条件	使用済燃料ピット崩壊熱	10.408MW	核分裂生成物が多く崩壊熱が高めとなるように、原子炉の運転停止後に取り出された全炉心分の燃料と過去に取り出された燃料（1、2、4（3）号炉分含む。）を合わせて、使用済燃料ピット貯蔵容量満杯にした状態を設定。なお、MOX燃料の使用も考慮したものである。崩壊熱の計算に当たっては、F P については日本原子力学会推奨値、アクチニドについてはORIGEN2を用いて算出。
	事象発生前使用済燃料ピット水温（初期水温）	40℃	使用済燃料ピット水温の実測値に基づき、標準的な温度として設定。
	事象発生前使用済燃料ピット水位（初期水位）	燃料頂部より 7.34m	使用済燃料ピット水位の実運用に基づき設定。使用済燃料ピット中央水面の線量率が燃料取替時の遮蔽設計基準値（0.15mSv/h）以下となるための許容水位低下量は約 3.18m であり、評価に使用する水位低下量を保守的に 3m とする。これにより、使用済燃料ピット水位は燃料頂部より 7.52m であるが、初期水位を燃料頂部より 7.34m と設定。
事故条件	使用済燃料ピットに隣接するピットの状態	Aピット、Bピット、燃料取替キヤナル及び燃料検査ピット接続	燃料取出直後の状態に基づき設定するが、水温100℃まで上昇する時間の評価は、Aピットのみを考慮し設定。また、水量は使用済燃料、ラック等の体積を除いて算出。
	安全機能の喪失に対する仮定	使用済燃料ピット冷却機能及び注水機能喪失	使用済燃料ピット冷却機能及び注水機能が喪失するものとして設定。
	外部電源	外部電源なし	外部電源がない場合とある場合では、事象進展は同じであることから、資源の評価の観点で厳しくなる外部電源がない場合を想定。

第 7.3.1.2 表 「想定事故 1」 の主要評価条件（使用済燃料ピット冷却系及び補給水系の故障）（2 / 2）

項目		条件設定の考え方	
		主要評価条件	
重大事故等対策に 関連する機器 条件	放射線の遮蔽が維持できる 最低水位	燃料頂部から約 4.34m	使用済燃料ピット中央水面の線量率が燃料取替時の遮蔽設計 基準値（0.15mSv/h）となる水位を設定。
	消防ポンプの使用済燃料 ピットへの注水流量	20m ³ /h	崩壊熱による蒸発水量に対して燃料損傷防止が可能な流量と して設定。
	消防ポンプによる使用済 燃料ピットへの注水開始	事象発生後の 6 時間 30 分後	使用済燃料ピット水位を放射線の遮蔽が維持できる水位に保 つ必要があり、放射線の遮蔽が維持でき最低水位に到達す るまでに注水操作を実施するとして、事象発生の確認及び移 動に必要な時間等を考慮して設定。



使用済燃料ピット水位概要図

		評価結果
① 3m*分の評価水量 (m ³)		—
	Aピット	約 378m ³
	Aピット－燃料検査ピット間	約 6m ³
	燃料検査ピット	約 97m ³
	Aピット－燃料取替用キャナル間	約 6m ³
	燃料取替用キャナル	約 32m ³
	燃料取替用キャナル－Bピット	約 6m ³
	Bピット	約 216 m ³
計		約 741m ³
② 崩壊熱による保有水蒸発水量		約 17.33 m ³ /h
③ 3m*水位低下時間 (①/②)		約 1.7 日間
④ 水温 100℃までの時間		約 9 時間
合計 (③+④)		約 2.1 日間

* 使用済燃料ピット中央水面の線量率が燃料取替時の遮蔽設計基準値 (0.15mSv/h) 以下となるための許容水位低下量は 3.18m であり、評価に使用する水位低下量を保守的に 3m とした。

第 7.3.1.4 図 「想定事故 1」 の使用済燃料ピット水位低下時間評価結果

燃料種別		重油	
号炉		3号炉	4号炉
時系列	事象発生直後～7日間 (=168h)	空冷DG (3号炉用2台) 起動。 (保守的に事象発生後すぐの起動を想定) 燃費約 397L/h (定格負荷) × 2台 × 24h × 7日間 = 約 133,392L	空冷DG (4号炉用2台) 起動。 (保守的に事象発生後すぐの起動を想定) 燃費約 397L/h (定格負荷) × 2台 × 24h × 7日間 = 約 133,392L
	事象発生後 15h～事象発生後 7日間 (=153h)	大容量ポンプ (3号炉用1台) 起動。 燃費約 310L/h (定格負荷) × 153h = 約 47,430L	大容量ポンプ (4号炉用1台) 起動。 燃費約 310L/h (定格負荷) × 153h = 約 47,430L
	事象発生直後～7日間 (=168h)	電源車 (緊急時対策所用) 起動 (保守的に事象発生後すぐの起動を想定) 燃費約 49.3L/h × 1台 × 24h × 7日間 = 約 8,283L	電源車 (緊急時対策所用) 起動 (保守的に事象発生後すぐの起動を想定) 燃費約 49.3L/h × 1台 × 24h × 7日間 = 約 8,283L
	事象発生後 7.4h～7日間 (=160.6h)	送水車起動。 燃費約 40L/h (定格負荷) × 160.6h = 約 6,424L	送水車起動。 燃費約 40L/h (定格負荷) × 126.5h = 約 6,424L
合計		7日間 3号炉で消費する重油量の合計 約 195,529L	7日間 4号炉で消費する重油量の合計 約 195,529L
結果		3号炉用非常用DG燃料油貯油そのの合計油量のうち、使用可能量は426kLであることから、7日間は十分に対応可能。	4号炉用非常用DG燃料油貯油そのの合計油量のうち、使用可能量は426kLであることから、7日間は十分に対応可能。

燃料消費に関する評価結果

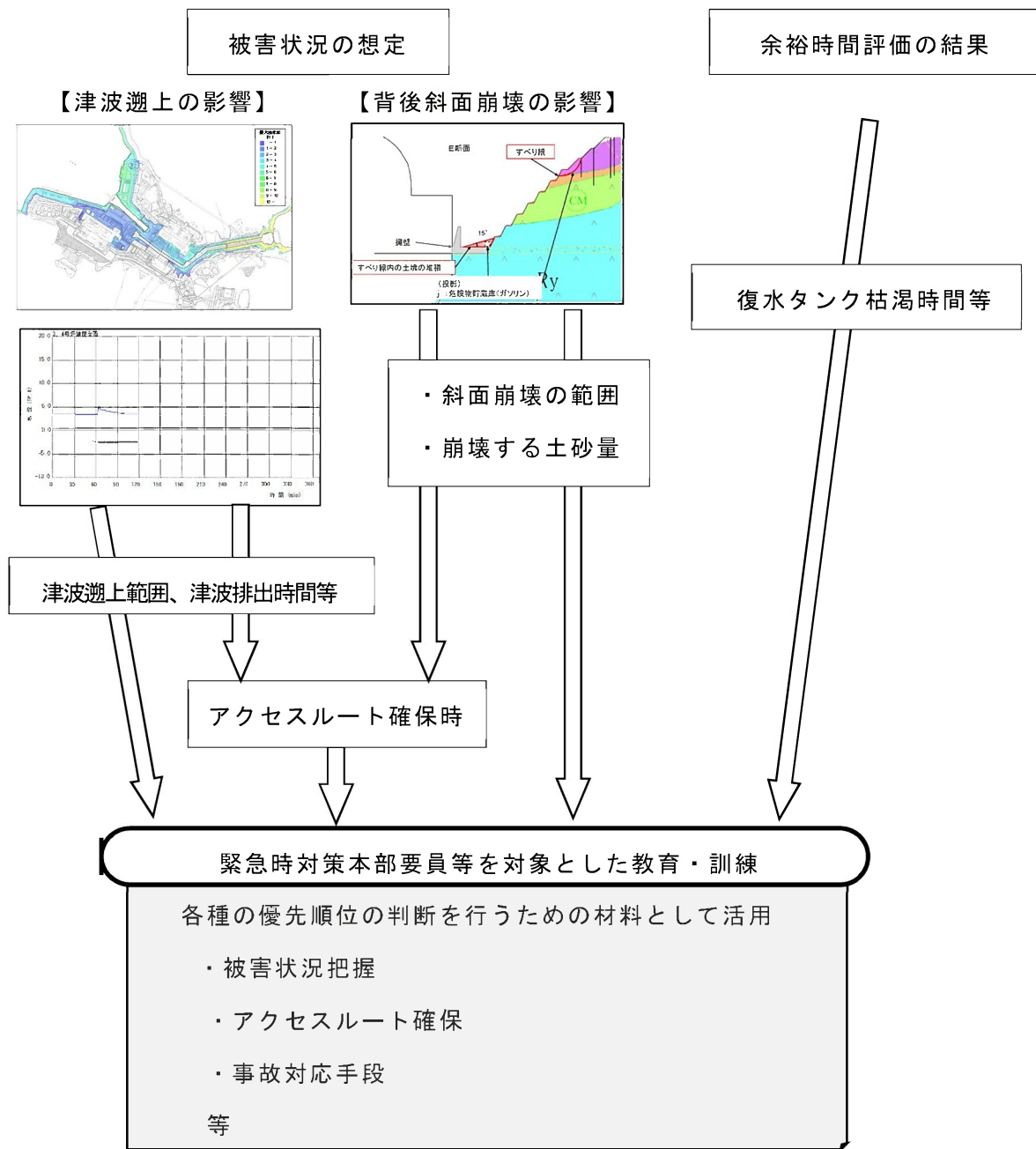
3.1.4.4 安全裕度評価より抽出された追加措置

安全裕度評価により抽出された追加措置及び期待される効果について以下に示す。

(1) 緊急時対策本部要員等を対象とした教育・訓練への活用

前項までの評価より、地震と津波の重畳事象及び随件事象等が発生し、クリフエッジに到達した際には、使用可能な機器が限定されることに加えて、限られた時間余裕の中で必要な作業等を完了させる必要があることを確認した。

これらの評価から得られた被害状況の想定や、屋外作業の時間余裕にかかる知見を、今後の発電所での教育・訓練に活用することにより想定を超える自然現象への対応の強化が期待される。(第 3.1.4.4.1 図)



第 3.1.4.4.1 図 緊急時対策本部要員等を対象とした教育・訓練への活用のイメージ