

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 1 回安全性向上評価届出書（2018 年 1 月 10 日付け関原発第 362 号）（以下「第 1 回届出書」という。）で実施した安全裕度評価に対して、新たに「その他自然現象に対する単独評価」について評価を実施する。

また、本届出書の評価対象期間において、大規模な工事等に該当する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。）、送水車が供用開始したことから、第 2 回安全性向上評価届出書（2019 年 6 月 10 日付け関原発第 93 号）までの安全裕度評価の結果が変わることが見込まれる。更に、本届出書の評価対象期間において、大規模な工事等には該当しないものの R C P シャットダウンシールが供用を開始した。よって、本届出書では第 1 回届出書で実施した地震、津波及び地震と津波の重畳事象を対象に、特重施設、第 3 バッテリー、送水車、R C P シャットダウンシール（以下「特重施設等」という。）を考慮した安全裕度評価を実施し、そのリスク低減効果を確認する。

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
- ・ その他自然現象に対するリスク評価（その他自然現象に対する単独評価）

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、特重施設等を踏まえた地震、津波及び地震と津波の重畳事象の随伴事象評価、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は高浜3号機第4回届出時に、号機間相互影響評価については高浜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. 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。
 - d. 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。
 - e. 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。
- (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。

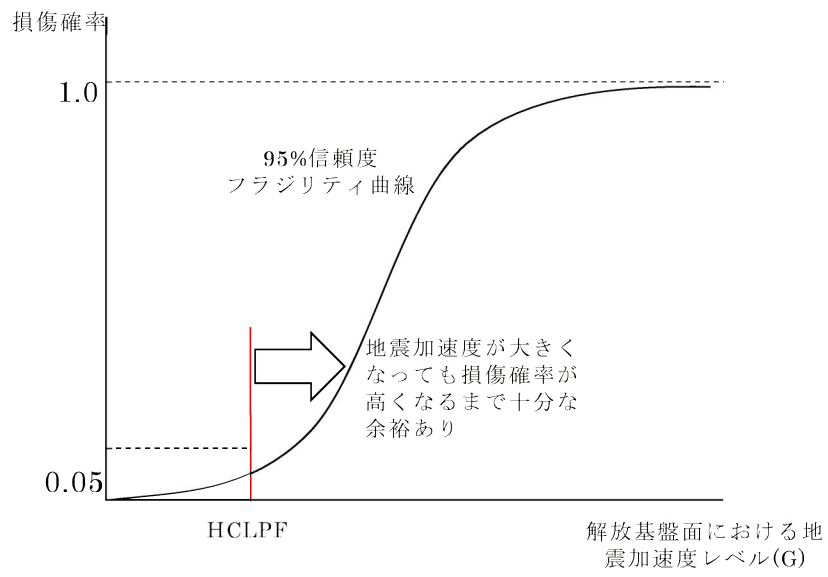
安全裕度評価においては、構造部材の現実的耐力を求める際、引張り強さ等の物性値に一般データを用いている場合の不確実さや、評価に用いる解析モデル自体が持つ不確実さ等に、この認識論的不確実さを考慮している。

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

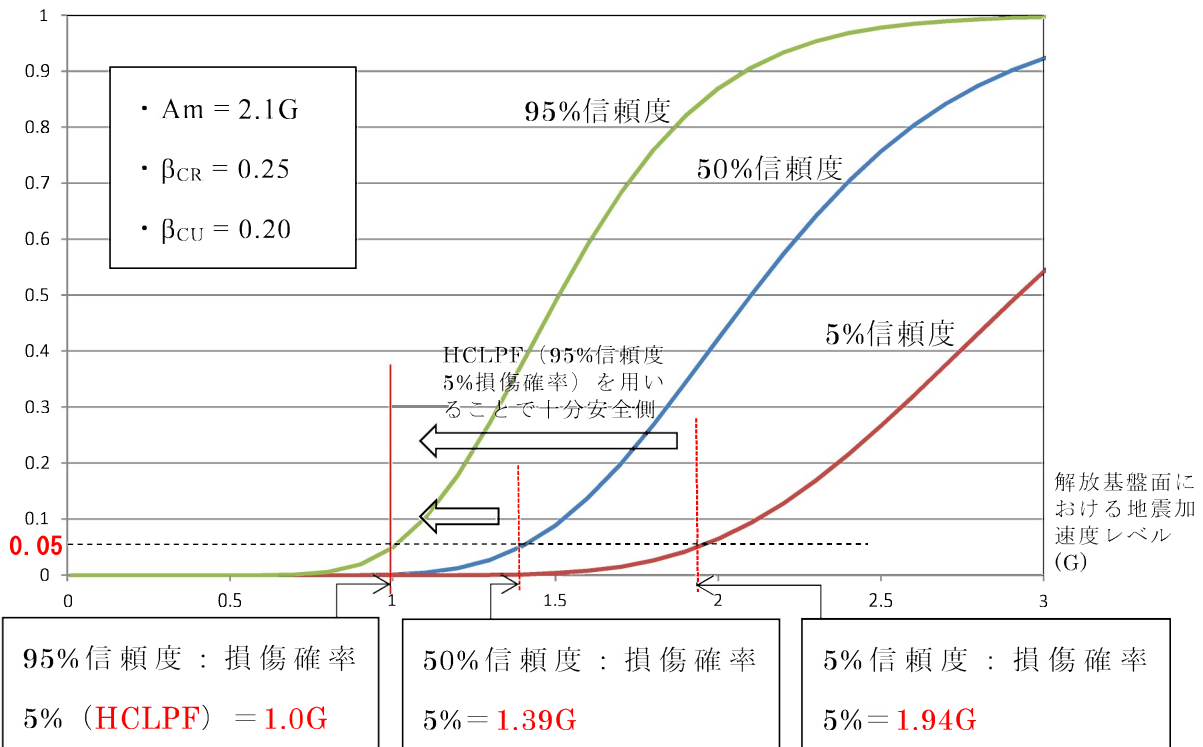
3.1.4.1.2.1 図に示すとおり、HCLPFに相当する地震加速度が生じても、損傷確率が高くなる地震加速度までは十分な余裕があることから、必ずクリフエッジ・エフェクトが発生することを意味するものではない。

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。

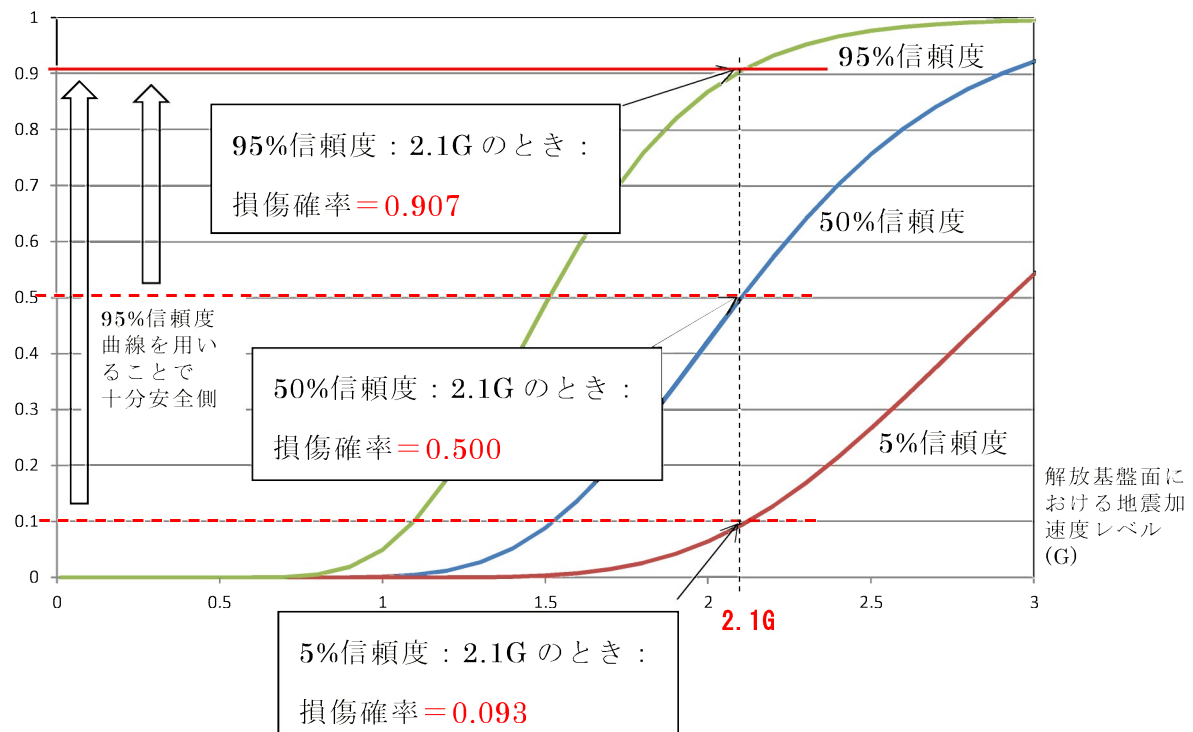


第 3.1.4.1.2.1 図 建物・構築物、機器等の損傷確率

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数 ($\Phi^{-1}(p)$)

$p=5\%$ 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かさ、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かさを考慮している。

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. + 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 P R A に適用した漂流物衝突のフラジリティを考慮する必要は無い。

⑤ 海底砂移動

津波 P R A 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フラジリティとしては、土砂堆積厚の解析手法に関する不確かさを考慮している。

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 3.1.3.2.2.1.7 表に示すとおりであり、H C L P F 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 P R A に適用した海底砂移動のフラジリティ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、津波に関するフラジリティは考慮せず、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 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 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、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、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HCLPF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^{*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。なお、特重施設の各影響緩和機能に関わるHCLPFについては、「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）」に示すレベル2地震PRAの評価結果を踏まえて特定する。

*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

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。

③ 各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPFの特定

②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

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HCLPFが、各クリフエッジ・エフェクトの地震加速度となる。

⑤ 特重施設等の導入によるリスク低減効果の確認

④項により得られた結果と第1回届出書における炉心損傷防止対策の結果を基に、特重施設等の導入によるリスク低減効果について確認する。

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（主給水流量喪失）」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シャットダウンシール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シャットダウンシールの作動に失敗し、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シャットダウンシールの作動に失敗し、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、R C Pシャットダウンシール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S G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シャットダウンシールの作動に失敗し、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シャットダウンシ

ールの作動に失敗し、RCPシールLOCA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。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。

② 各影響緩和機能の喪失に係るHCLPF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。

③ 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。

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 1.26G 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。(別紙 3.1.4.2.1(1)-17 参照)

以上より、当該の地震加速度 2 (1.05G～1.28G 未満) で炉心損傷に至ることから、地震加速度 1.26G をクリフエッジとして特定した。

⑤ 特重施設等の導入によるリスク低減効果の確認

別紙 3.1.4.2.1(1)-4 に第 1 回届出書における炉心損傷防止対策の結果を示す。同シナリオでは収束シナリオが 4 つあり、地震加速度 1.18G 以上で蓄圧タンクが損傷し、蓄圧注入による炉心への注水機能が喪失することで炉心損傷に至ることから、地震加速度 1.18G を炉心損傷のクリフエッジとして特定している。

一方で、特重施設等を考慮した今回の評価結果においては、④項に示すとおり収束シナリオが 6 つあり、地震加速度 1.26G がクリフエッジとして特定された。

収束シナリオ数の変化については、RCP シャットダウンシールの導入により、RCP シールリーク及び RCP シール LOCA が発生しないシナリオが追加されたことから、収束シナリオ数が 4 つから 6 つへ向上した。

クリフエッジ地震加速度の変化については、RCP シャットダウンシールの導入により RCP シャットダウンシ

ール作動時には蓄圧注入による炉心への注水機能（H C L P F 1.18G）が不要となったことに加えて、第3バッテリーの導入により補助給水による蒸気発生器への給水（タービン動）機能のH C L P Fが 1.19G から 1.26G へ増加したこと等からクリフエッジ地震加速度は 1.18G から 1.26G へと向上した。

以上より、特重施設等の導入により収束シナリオ数は4つから6つへ向上し、クリフエッジ地震加速度は 1.18G から 1.26G へ向上したことから、リスク低減効果を確認できた。

(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「3.1.4.2.1(1)a.(b) ii ① 起回事象の選定結果」及び「3.1.4.2.1(1)a.(b) 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 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HCLPF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。

③ 各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPFの特定

②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

③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。

⑤ 特重施設等の導入によるリスク低減効果の確認

④項により得られた結果と第1回届出書における炉心損傷防止対策の結果を基に、特重施設等の導入によるリスク低減効果について確認する。

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地震加速度区分2(1.05G～1.26G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)-5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、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、空冷式非常用発電装置又は特重電源設備による交流電源を復旧給電させた状態で、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HCLPF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)-6 のとおり特定した。

③ 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①～②の機能喪失に係るHCLPFについて、別紙 3.1.4.2.1(1)-7 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地震加速度区分 2 (1.05G～1.26G 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 1.26G 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。(別紙 3.1.4.2.1(1)-17 参照)

その結果、収束シナリオ①～②は、機能喪失に係る HCLPF が 1.26G 以上であることから、地震加速度区分 2 (1.05G～1.26G 未満) で炉心損傷に至ることはない。

ただし、地震加速度区分 2 (1.05G～1.26G 未満) において地震加速度 1.26G 以上で炉心損傷に至ると評価されたことから、地震加速度区分 3 (1.26G～1.28G 未満) においても、地震加速度 1.26G 以上で「余熱除去機能喪失」、「原子力冷却材圧力バウンダリ機能喪失」の起因事象が新たに発生すると同時に炉心損傷に至ることとなる。よって地震加速度 1.26G をクリフエッジとして特定した。

(別紙 3.1.4.2.1(1)-17 参照)

⑤ 特重施設等の導入によるリスク低減効果の確認

別紙 3.1.4.2.1(1)-8 に第 1 回届出書における炉心損傷防止対策の結果を示す。同シナリオでは収束シナリオが 2 つあり、地震加速度 1.19G 以上でバッテリーが損傷し、非常用所内電源からの給電機能及び空冷式非常用発電装置からの給電機能が喪失することで炉心損傷に至ることから、地震加速度 1.19G を炉心損傷のクリフエッジとして特定している。

一方で、特重施設等を考慮した今回の評価結果においては、④項に示すとおり収束シナリオが 2 つあり、地震加速度 1.26G がクリフエッジとして特定された。

収束シナリオ数の変化については、特重施設等の導入による収束シナリオ数の向上は認められなかった。

クリフエッジ地震加速度の変化については、代替交流電源からの給電機能において、特重施設の導入により空冷式非常用発電装置に加えて特重電源設備からも給電可

能となったことと、空冷式非常用発電装置からの給電機能において「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）」に示すレベル1内的出力時P R Aの評価結果を踏まえてしゃ断器の手動操作によるリカバリー操作の確からしさを確認し、バッテリー（H C L P F 1.19G）からの給電を不要と整理できたことから、クリフエッジ地震加速度は 1.19G から 1.26G へと向上した。

以上より、特重施設等の導入により収束シナリオ数の変化は認められなかったものの、クリフエッジ地震加速度は 1.19G から 1.26G へ向上したことから、リスク低減効果を確認できた。

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「3.1.4.2.1(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 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HCLPF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。なお、特重施設の各影響緩和機能に関わるHCLPFについては、「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）」に示すレベル2地震PRAの評価結果を踏まえて特定する。

③ 各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPFの特定

②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

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HCLPFが、各クリフエッジ・エフェクトの地震加速度となる。

⑤ 特重施設等の導入によるリスク低減効果の確認

④項により得られた結果と第1回届出書における格納容器損傷防止対策の結果を基に、特重施設等の導入によるリスク低減効果について確認する。

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)・9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、炉心が損傷した状態において原子炉格納容器内の除熱が安定的に継続されるシナリオが収束シナリオ（格納容器健全）とする。

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

炉心損傷発生の後、代替交流電源（空冷式非常用発電装置又は特重電源設備）から給電されている状態で、格納容器隔離を行う。イグナイタ及びPARにより水素濃度の低減を図り、1次系圧力が高い状態での原子炉容器破損を防止するために加圧器逃がし弁による1次系の減圧を行う。熔融炉心・コンクリート相互作用によるコンクリート侵食及びこれに伴う非凝縮性ガスの発生を抑制する観点から、恒設代替低圧注水ポンプによって原子炉下部キャビティへ注水を行う。原子炉格納容器圧力及び温度の上昇を抑制する観点から、恒設代替低圧注水ポンプによる代替格納容器スプレイ、並びに原子炉格納容器

再循環ユニットによる格納容器内自然対流冷却を行う。
これらにより、格納容器機能喪失を防止する。

・収束シナリオ②

炉心損傷発生の後、代替交流電源（空冷式非常用発電装置又は特重電源設備）から給電されている状態で、格納容器隔離を行う。イグナイタ及びPARにより水素濃度の低減を図り、1次系圧力が高い状態での原子炉容器破損を防止するために加圧器逃がし弁による1次系の減圧を行う。溶融炉心・コンクリート相互作用によるコンクリート侵食及びこれに伴う非凝縮性ガスの発生を抑制する観点から、恒設代替低圧注水ポンプによって原子炉下部キャビティへ注水を行う。原子炉格納容器圧力及び温度の上昇を抑制する観点から、恒設代替低圧注水ポンプによる代替格納容器スプレイ、並びに原子炉格納容器再循環ユニットによる格納容器内自然対流冷却を実施するが、成功パス①で期待していた原子炉格納容器再循環ユニットによる格納容器内自然対流冷却に失敗した場合に、特重電源設備から特重施設に給電するとともにフィルタベントを行う。これらにより、格納容器機能喪失を防止する。

・収束シナリオ③

炉心損傷発生の後、代替交流電源（空冷式非常用発電装置又は特重電源設備）から給電されている状態で、格納容器隔離を行う。イグナイタ及びPARにより水素濃度の低減を図り、1次系圧力が高い状態での原子炉容器破損を防止するために加圧器逃がし弁による1次系の減圧を行う。成功パス①で期待していた恒設代替低圧注水ポンプによる代替格納容器スプレイに失敗した場合に、溶融炉心・コンクリート相互作用によるコンクリート侵食及びこれに伴う非凝縮性ガスの発生を抑制する観点か

ら、特重電源設備から特重施設に給電するとともに特重施設による代替格納容器スプレイによって原子炉下部キャビティへ注水を行う。原子炉格納容器圧力及び温度の上昇を抑制する観点から、特重施設による代替格納容器スプレイ、並びに原子炉格納容器再循環ユニットによる格納容器内自然対流冷却を行う。これらにより、格納容器機能喪失を防止する。

・収束シナリオ④

炉心損傷発生の後、代替交流電源（空冷式非常用発電装置又は特重電源設備）から給電されている状態で、格納容器隔離を行う。イグナイタ及びPARにより水素濃度の低減を図り、1次系圧力が高い状態での原子炉容器破損を防止するために加圧器逃がし弁による1次系の減圧を行う。成功パス①で期待していた恒設代替低圧注水ポンプによる代替格納容器スプレイに失敗した場合に、溶融炉心・コンクリート相互作用によるコンクリート侵食及びこれに伴う非凝縮性ガスの発生を抑制する観点から、特重電源設備から特重施設に給電するとともに特重施設による代替格納容器スプレイによって原子炉下部キャビティへ注水を行う。原子炉格納容器圧力及び温度の上昇を抑制する観点から、特重施設による代替格納容器スプレイ、並びに原子炉格納容器再循環ユニットによる格納容器内自然対流冷却を実施するが、成功パス③で期待していた原子炉格納容器再循環ユニットによる格納容器内自然対流冷却に失敗した場合に、フィルタベントを行う。これらにより、格納容器機能喪失を防止する。

② 各影響緩和機能の喪失に係るHCLPF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)-10 のとおり特定した。

③ 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①～④の機能喪失に係るHCLPFについて、別紙 3.1.4.2.1(1)-11 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地震加速度区分2（1.05G～1.28G未満）では、1.26G以上の地震加速度により「外部電源喪失」及び「原子炉補機冷却機能喪失」による炉心損傷が発生し、その収束シナリオは①～④の4つである。

ただし、収束シナリオ②、④についてはHCLPFが1.04Gであることから、地震加速区分2（1.05G～1.28G未満）においては収束シナリオ②、④には至らない。

また、収束シナリオ①、③についてはHCLPFが1.26Gであることから、地震加速度1.26G以上で炉心損傷の発生と同時に機能喪失することとなり、これにより全ての収束シナリオが機能喪失することで格納容器損傷に至る。

（別紙 3.1.4.2.1(1)-17 参照）

以上より、当該の地震加速度2（1.05G～1.28G未満）で格納容器損傷に至ることから、地震加速度1.26Gをクリフエッジとして特定した。

⑤ 特重施設等の導入によるリスク低減効果の確認

別紙 3.1.4.2.1(1)-12 に第1回届出書における格納容器損傷防止対策の結果を示す。同シナリオでは収束シナリオが1つあり、地震加速度1.26G以上で代表弁等が損傷し、格納容器隔離器機能等が喪失することで格納容器損傷に至ることから、地震加速度1.26Gを格納容器損傷のクリフエッジとして特定している。

一方で、特重施設等を考慮した今回の評価結果において

は、④項に示すとおり収束シナリオが 4 つあり、地震加速度 1.26G がクリフエッジとして特定された。

収束シナリオ数の変化については、特重施設を導入したことによる特重施設を活用した影響緩和操作の追加により、収束シナリオ数が 1 つから 4 つへ向上した。

クリフエッジ地震加速度の変化については、特重施設等の導入によるクリフエッジ地震加速度の向上は認められなかった。

以上より、特重施設等の導入によりクリフエッジ地震加速度の変化は認められなかったものの、収束シナリオ数が 1 つから 4 つへ向上したことから、リスク低減効果を確認できた。

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 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HCLPF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。

③ 各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPFの特定

②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

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HCLPFが、各クリフエッジ・エフェクトの地震加速度となる。

⑤ 特重施設等の導入によるリスク低減効果の確認

④項により得られた結果と第 1 回届出書における S F P 燃料損傷防止対策の結果を基に、特重施設等の導入によるリスク低減効果について確認する。

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地震加速度区分 4 (1.86G 以上) で発生する起因事象である「S F P 損傷」については、影響緩和系に期待せず直接 S F P 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」、「S F P 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)-13 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、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SFP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、SFP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、SFP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SFP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、SFP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HCLPF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)-14 のとおり特定した。

③ 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」、「SFP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HCLPFについて、別紙 3.1.4.2.1(1)-15 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地震加速度区分3（1.05G～1.86G未満）では、「外部電源喪失」及び「SFP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

で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 3.1.4.2.1(1)-17 参照)

その結果、収束シナリオ①～③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)-17 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ェッジである地震加速度 1.26G 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ェッジは、格納容器損傷防止対策のクリフェッジと同じ地震加速度 1.26G と特定した。

⑤ 特重施設等の導入によるリスク低減効果の確認

別紙 3.1.4.2.1(1)-16 に第 1 回届出書における S F P 燃料損傷防止対策の結果を示す。同シナリオでは収束シナリオが 3 つあり、地震加速度 1.86G 以上で「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。ただし、格納容器損傷防止対策のクリフェッジである地震加速度 1.26G を超える場合には環境線量が極めて高くなり S F P 燃料損傷防止対策である消防ポンプによる海水注水の実施が困難になることが予想されることから、格納容器損傷防止対策のクリフェッジと同じ地震加速度 1.26G を S F P 燃料損傷防止対策のクリフェッジとして特定している。

一方で、特重施設等を考慮した今回の評価結果においては、④項に示すとおり収束シナリオが 3 つあり、地震加速度 1.26G がクリフエッジとして特定された。

以上より、特重施設等の導入により収束シナリオ数、クリフエッジ地震加速度は変わらなかった。

参考資料－５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－５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－５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：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－５に記載する。

第 1 回届出書における出力運転時炉心損傷防止対策の結果
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－ 5 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－５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－５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：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－５に記載する。

第 1 回届出書における運転停止時炉心損傷防止対策の結果
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－５に記載する。

各起因事象における収束シナリオ（地震：格納容器損傷（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－５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：格納容器損傷（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－ 5 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：格納容器損傷（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－5に記載する。

第1回届出書における格納容器損傷防止対策の結果
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－５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－５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－５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：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－５に記載する。

第 1 回届出書における S F P 燃料損傷防止対策の結果
起因事象：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

参考資料－５に記載する。

地震におけるクリフエッジ・エフェクト評価

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。

(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、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。なお、特重施設の各影響緩和機能に関わる許容津波高さについては、「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)」に示すレベル2津波PRAの評価結果を踏まえて特定する。

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。

⑤ 特重施設等の導入によるリスク低減効果の確認

④項により得られた結果と第 1 回届出書における炉心損傷防止対策の結果を基に、特重施設等の導入によるリスク低減効果について確認する。

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R C Pシャットダウンシール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S G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、R C Pシャットダウンシールの作動に失敗し、R C PシールL O C Aが発生しない状態において、電動、又は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シャットダウンシールの作動に失敗し、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。

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)-13 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 をクリフエッジとして特定した。(別紙 3.1.4.2.1(1)-13 参照)

⑤ 特重施設等の導入によるリスク低減効果の確認

別紙 3.1.4.2.2(1)-4 に第 1 回届出書における炉心損傷防止対策の結果を示す。同シナリオでは収束シナリオが 2 つあり、津波高さ 15m 以上で「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 を炉心損傷のクリフエッジとして特定している。

一方で、特重施設等を考慮した今回の評価結果においては、RCP シャットダウンシールの導入により RCP シールリーク及び RCP シール LOCA が発生しないシナリオが追加されたことから、収束シナリオ数が 2 つから 3 つへ向上した。また、津波高さ 15m を超える場合には、建屋内の機器のほとんどが浸水・水没するため、プラントの重要な制御・保護機能が喪失し、「炉心損傷直結」等の起因事象が発生し、特重施設等の緩和策に期待でき

ないことから、津波高さ **15m** がクリフエッジとして特定され、特重施設等の導入によるクリフエッジ津波高さの向上は認められなかった。

以上より、特重施設等の導入によりクリフエッジ津波高さの変化は認められなかったものの、収束シナリオ数が 2 つから 3 つへ向上したことから、リスク低減効果を確認できた。

(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

③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

東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。

⑤ 特重施設等の導入によるリスク低減効果の確認

④項により得られた結果と第 1 回届出書における炉心損傷防止対策の結果を基に、特重施設等の導入によるリスク低減効果について確認する。

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「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) で発生する起因事象である「原子炉補機冷却機能喪失」について、別紙 3.1.4.2.2(1)-5 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)-6 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)-7 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)-13 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)-13 参照)

⑤ 特重施設等の導入によるリスク低減効果の確認

別紙 3.1.4.2.2(1)-8 に第 1 回届出書における炉心損傷防止対策の結果を示す。同シナリオでは収束シナリオが 1 つあり、津波高さ 15m 以上で「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 を炉心損傷のクリフエッジとして特定している。

一方で、特重施設等を考慮した今回の評価結果においては、特重施設等の導入によって追加された収束シナリオはなかった。また、津波高さ 15m を超える場合には、建屋内の機器のほとんどが浸水・水没するため、プラントの重要な制御・保護機能が喪失し、「炉心損傷直結」等の起因事象が発生し、特重施設等の緩和策に期待できないことから、津波高さ 15m がクリフエッジとして特定され、特重施設等の導入によるクリフエッジ津波高さの向上は認められなかった。

以上より、特重施設等の導入により収束シナリオ数、クリフエッジ津波高さは変わらなかった。

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。なお、特重施設の各影響緩和機能に関わる許容津波高さについては、「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）」に示すレベル 2 津波 PRA の評価結果を踏まえて特定する。

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。

⑤ 特重施設等の導入によるリスク低減効果の確認

④項により得られた結果と第 1 回届出書における格納容器損傷防止対策の結果を基に、特重施設等の導入によるリスク低減効果について確認する。

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)-13 参照)

⑤ 特重施設等の導入によるリスク低減効果の確認

第 1 回届出書における格納容器損傷防止対策の結果では、津波高さ 15m 以上で「炉心損傷直結」及び「C V機能喪失直結」の起因事象が新たに発生することで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 を格納容器損傷のクリフェッジとして特定している。

一方で、特重施設等を考慮した今回の評価結果においては、特重施設等の導入によって追加された収束シナリオはなかった。また、津波高さ 15m を超える場合には、建屋内の機器のほとんどが浸水・水没するため、プラントの重要な制御・保護機能やC V隔離機能等が喪失し、「C V機能喪失直結」等の起因事象が発生し、特重施設等の緩和策に期待できないことから、津波高さ 15m がクリフェッジとして特定され、特重施設等の導入によるクリフェッジ津波高さの向上は認められなかった。

以上より、特重施設等の導入により収束シナリオ数、クリフェッジ津波高さは変わらなかった。

c. 使用済燃料ピットの燃料損傷防止対策

i 評価方法

SFP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。

⑤ 特重施設等の導入によるリスク低減効果の確認

④項により得られた結果と第1回届出書におけるSFP燃料損傷防止対策の結果を基に、特重施設等の導入によるリスク低減効果について確認する。

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(SFP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)-9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RWS Tのほう酸水をSFP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SFP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、SFP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)-10 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)-11 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)-13 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。

⑤ 特重施設等の導入によるリスク低減効果の確認

別紙 3.1.4.2.2(1)-12 に第 1 回届出書における S F P 燃料損傷防止対策の結果を示す。同シナリオでは収束シナリオが 3 つあり、津波高さ 32m 以上で 3 A 使用済燃料ピット給水用消防ホース β の設置高さを超えることで、消防ポンプによる海水注水機能が喪失し、S F P 燃料損傷に至る。ただし、格納容器損傷防止対策のクリフエッジである津波高さ 15m を超える場合には環境線量が極めて高くなり S F P 燃料損傷防止対策である消防ポンプによる海水注水の実施が困難になることが予想されることから、格納容器損傷防止対策のクリフエッジと同じ津波高さ 15m を S F P 燃料損傷防止対策のクリフエッジとして特定している。

一方で、特重施設等を考慮した今回の評価結果においては、特重施設等の導入によって追加された収束シナリオはなかった。また、津波高さ 15m を超える場合には、特重施設等の緩和策に期待できないことから、クリフエッジ津波高さの向上は認められなかった。

以上より、特重施設等の導入により収束シナリオ数、クリフエッジ津波高さは変わらなかった。

(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、第 3.1.4.2.2.1 表に主要な設備等における遡上波の高さを示す。

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。

(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

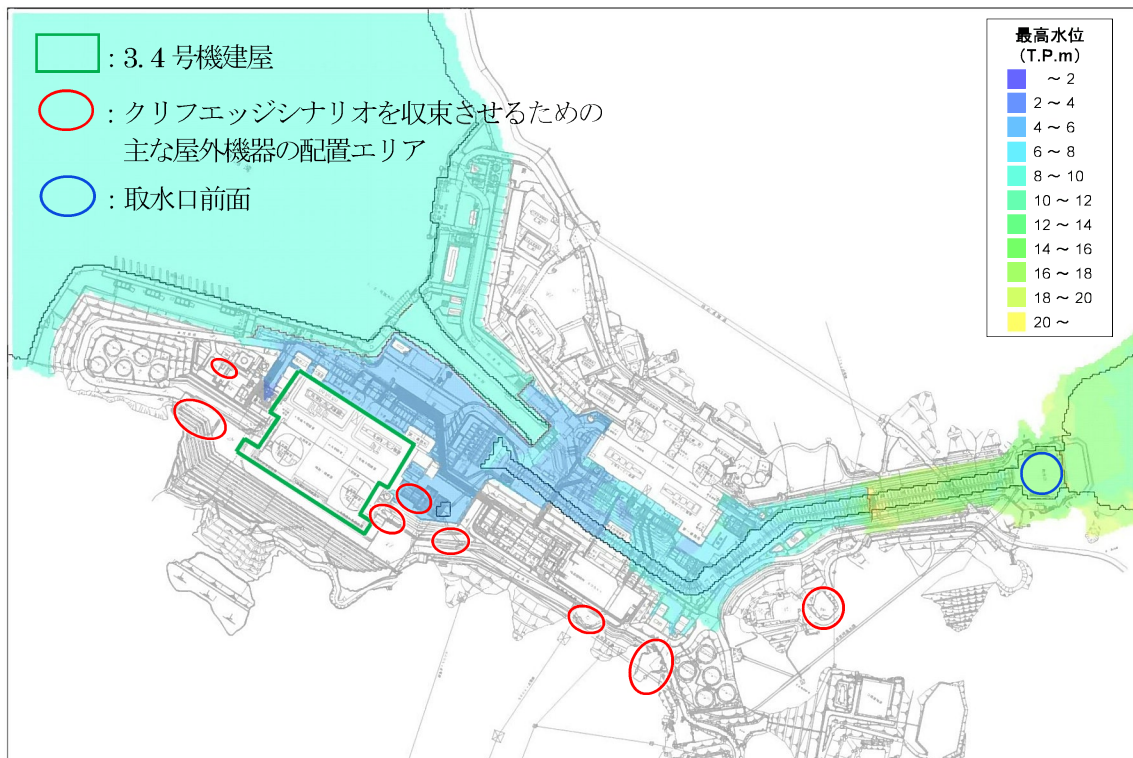
一方、クリフエッジシナリオを収束させるための機器は屋外にも設置されていることから、屋外機器に対する遡上波の影響について評価を行った。結果については、第 3.1.4.2.2.2 図のとおり、クリフエッジシナリオを収束させ

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。

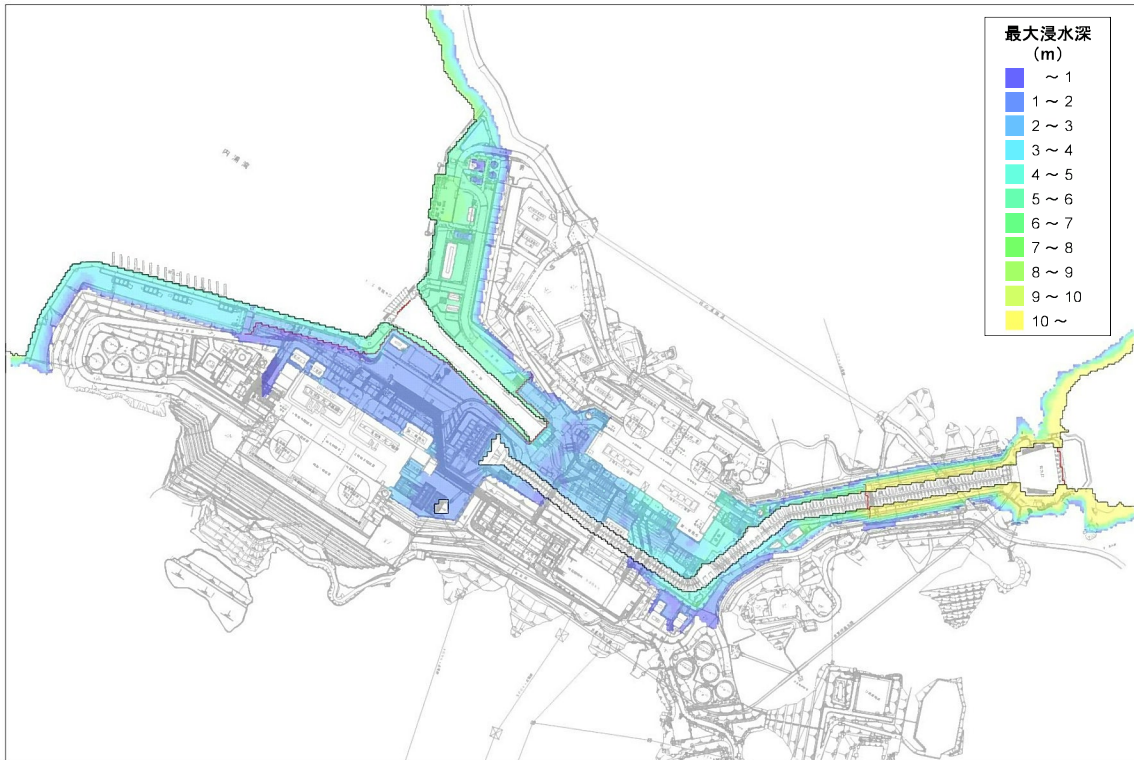
なお、防護すべき屋外機器（第 3.1.4.2.2.4 図）のうち、エリア e に保管されている「燃料油貯油そう」は津波遡上の影響を受けるが、「燃料油貯油そう」は津波が敷地内から引いた後に使用可能である。

第 3.1.4.2.2.1 表 主要な設備等における遡上波の高さ及び流速

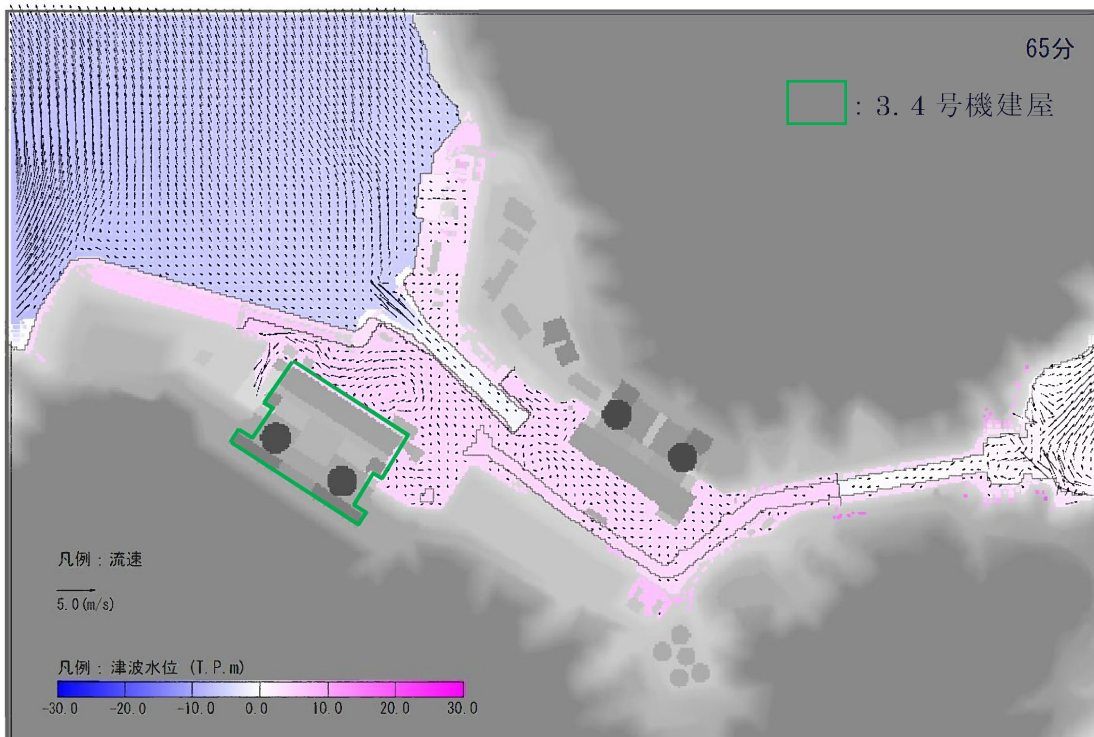
| 評価位置 | 遡上波の高さ(EL.m) | 遡上波の流速(m/s) |
|--------------|--------------|-------------|
| 取水口前面 | 15.0 | 4.9 |
| 3, 4号機補助建屋周辺 | 6.7 | 3.4 |
| 特重施設建屋周辺 | 遡上波が到達せず | 遡上波が到達せず |



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－５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。

参考資料－ 5 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－ 5 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－５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（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－５に記載する。

第 1 回届出書における出力運転時炉心損傷防止対策の結果
起因事象：原子炉補機冷却機能喪失

参考資料－５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－５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－５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1））

起因事象：原子炉補機冷却機能喪失

参考資料－５に記載する。

第 1 回届出書における運転停止時炉心損傷防止対策の結果
起因事象：原子炉補機冷却機能喪失

参考資料－５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－5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－5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（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－５に記載する。

第 1 回届出書における S F P 燃料損傷防止対策の結果
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－５に記載する。

津波におけるクリフエッジ・エフェクト評価

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。

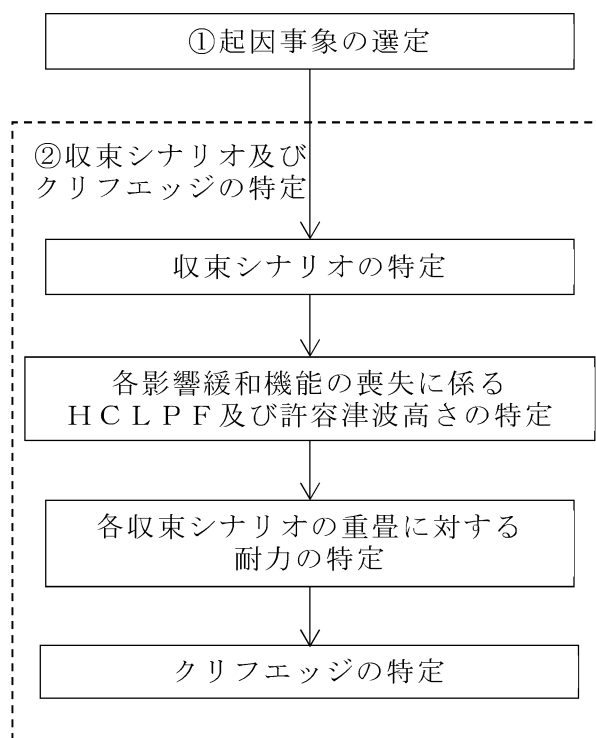
(1) 地震と津波の重畳事象の評価

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 クリフェ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.(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)項ならびに 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」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

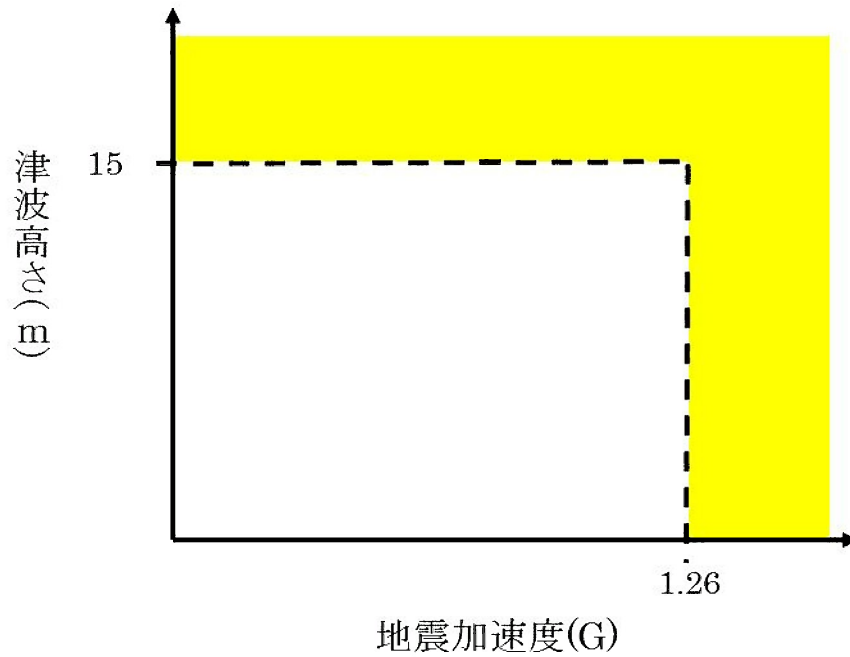
①項の各起因事象について、「外部電源喪失」及び「原子炉補機冷却機能喪失」のイベントツリーを用いて、既に特定されている収束シナリオを対象に評価を行った。具体的には、別紙 3.1.4.2.1(1)-3 で示した各起因事象に対するイベントツリーで示される全ての収束シナリオにおける各影響緩和機能の耐力として、HCLPF 及び許容津波高さの組み合わせの評価を行い、最も耐力を有するシナリオを抽出した（別紙 3.1.4.2.3(1)-1 参照）。

(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 3.1.4.2.1(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」、「CV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、地震加速度にかか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 1.26G 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 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.(b)項ならびに 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」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)-7 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）。

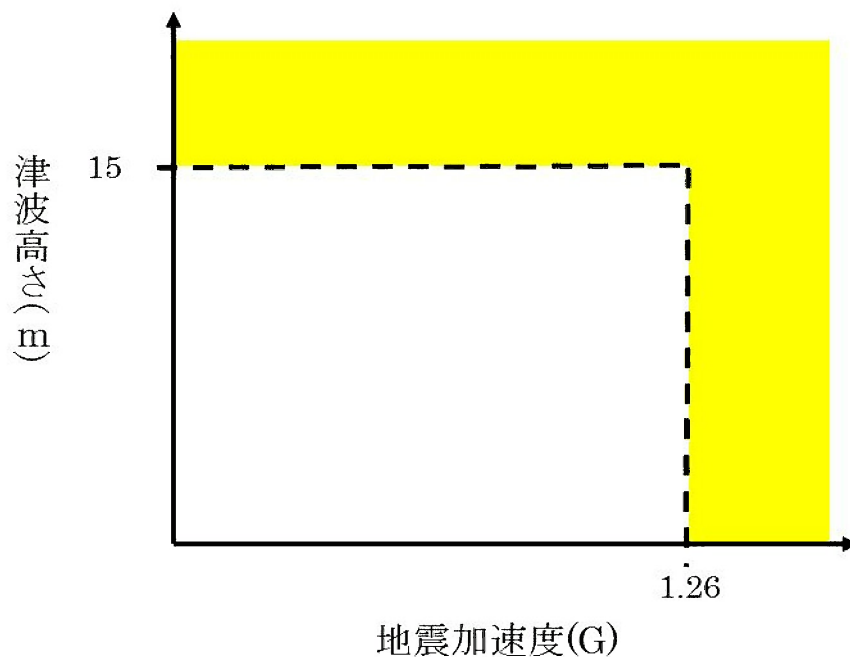
(ii) 津波による起因事象をベースとした評価

①項の起因事象について、地震との重畳を考慮することにあたっては、「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 3.1.4.2.1(1)-7 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)-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」、

「CV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、地震加速度にかか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 1.26G 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.項ならびに 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」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」、「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

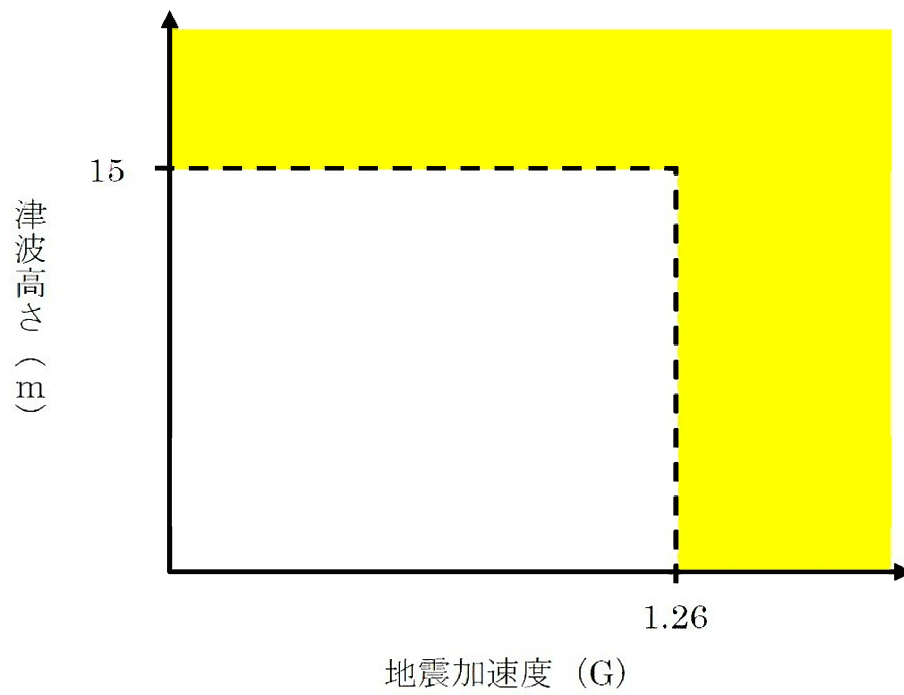
(i) 地震による起因事象をベースとした評価

①項の各起因事象について、「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)-11 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)-5 参照）。

(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、「CV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、その他の起因事象が同時に発生していることから、「CV機能喪失直結」の許容津波高さである 15m で、地震加速度にかか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 1.26G 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.項ならびに 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)-15 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)-6 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、津波高さにかかわらず S F P 燃料損傷に至ると評価した。

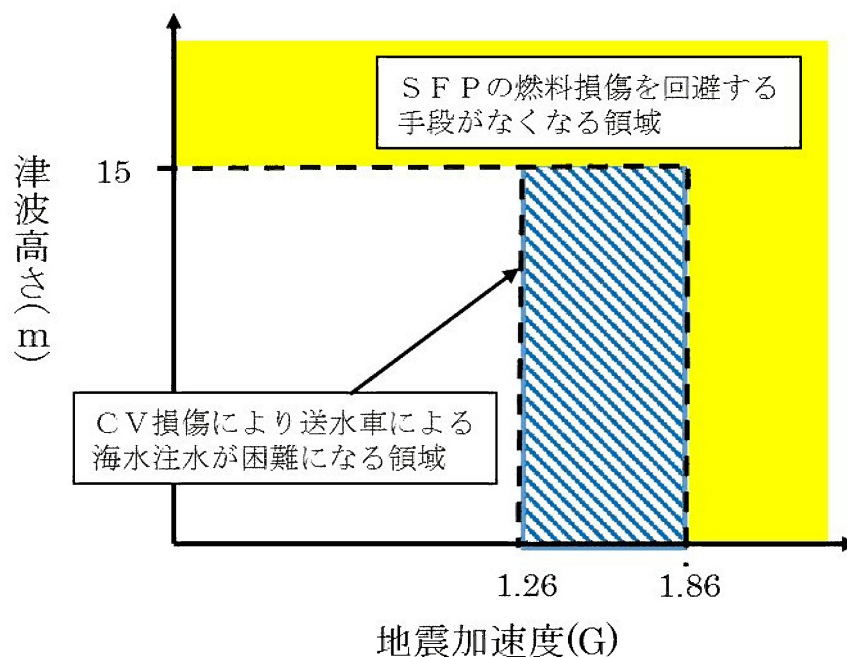
(ii) 津波による起因事象をベースとした評価

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)-11 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)-7 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 1.26G 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 1.26G 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。

参考資料－５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－５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－５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－５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－５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：格納容器損傷（地震による起因事象をベースとした評価））

参考資料－５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：SFP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－５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：SFP燃料損傷（津波による起因事象をベースとした評価））

3.1.4.2.4 その他自然現象に対するリスク評価

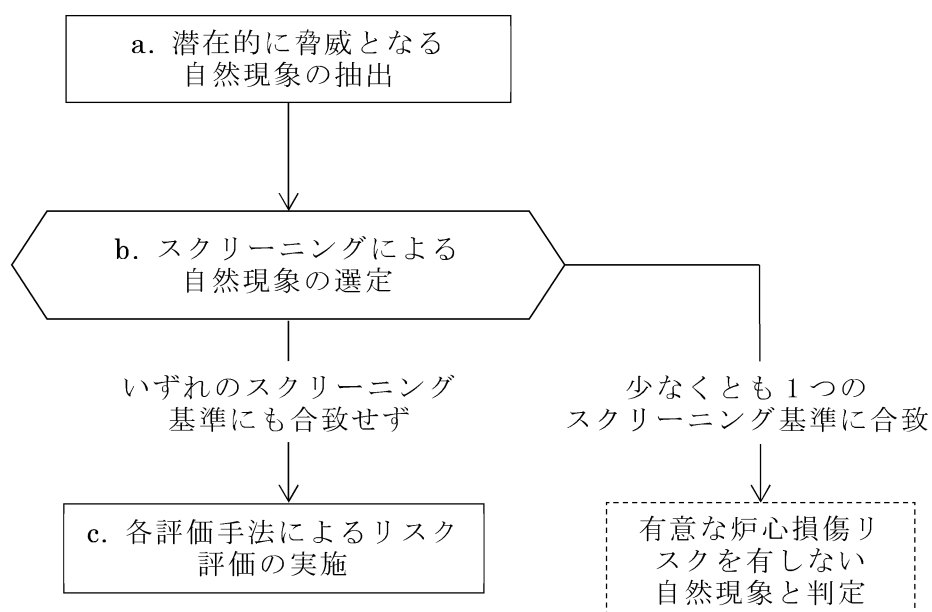
3.1.4.2.4.1 その他自然現象に対する単独評価

(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、2015 年 2 月 12 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 I A E A 特定安全ガイド No. S S G - 2 5 「原子力発電所の定期安全レビュー」(以下「No. S S G - 2 5」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。

なお、火山については、「第1.1.1.6表 高浜3号機に係るバックフィットへの対応」のうち「No9 大山生竹テフラ（DNP）に関する対応」に示す状況にあり、許認可の状況等を踏まえて、次回届出以降に評価を検討することとする。

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。 |

[有意な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

c. 評価手法の選定

b.項で選定した火山以外の有意な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（SSC）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SSC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CDF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SSC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(CCDP)を定量的に評価し、ここで算出されたCCDP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CDFを評価する。 |
| ⑤PRA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(PRA)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～2012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. 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す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)b-1 に示す第 1 回届出書における「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。

c. 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（1947～2012 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 3.1.4.2.4.1.4 表に示す。

第 3.1.4.2.4.1.4 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 3.1.4.2.4.1.4 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。第 1 回届出書における「外部電源喪失」のイベントツリーを別紙 3.1.4.2.4.1(3)c-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。

d. 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)d-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。第 1 回届出書におけ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)d-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 3.1.4.2.4.1.5 表に示す。

第 3.1.4.2.4.1.5 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 | ●※ | ● |
| 空冷式非常用発電装置 信号処理盤 | ● | － (光ケーブル) |
| 消防ポンプ | － | |
| 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 3.1.4.2.4.1.5 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。

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の地滑りに対して、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。

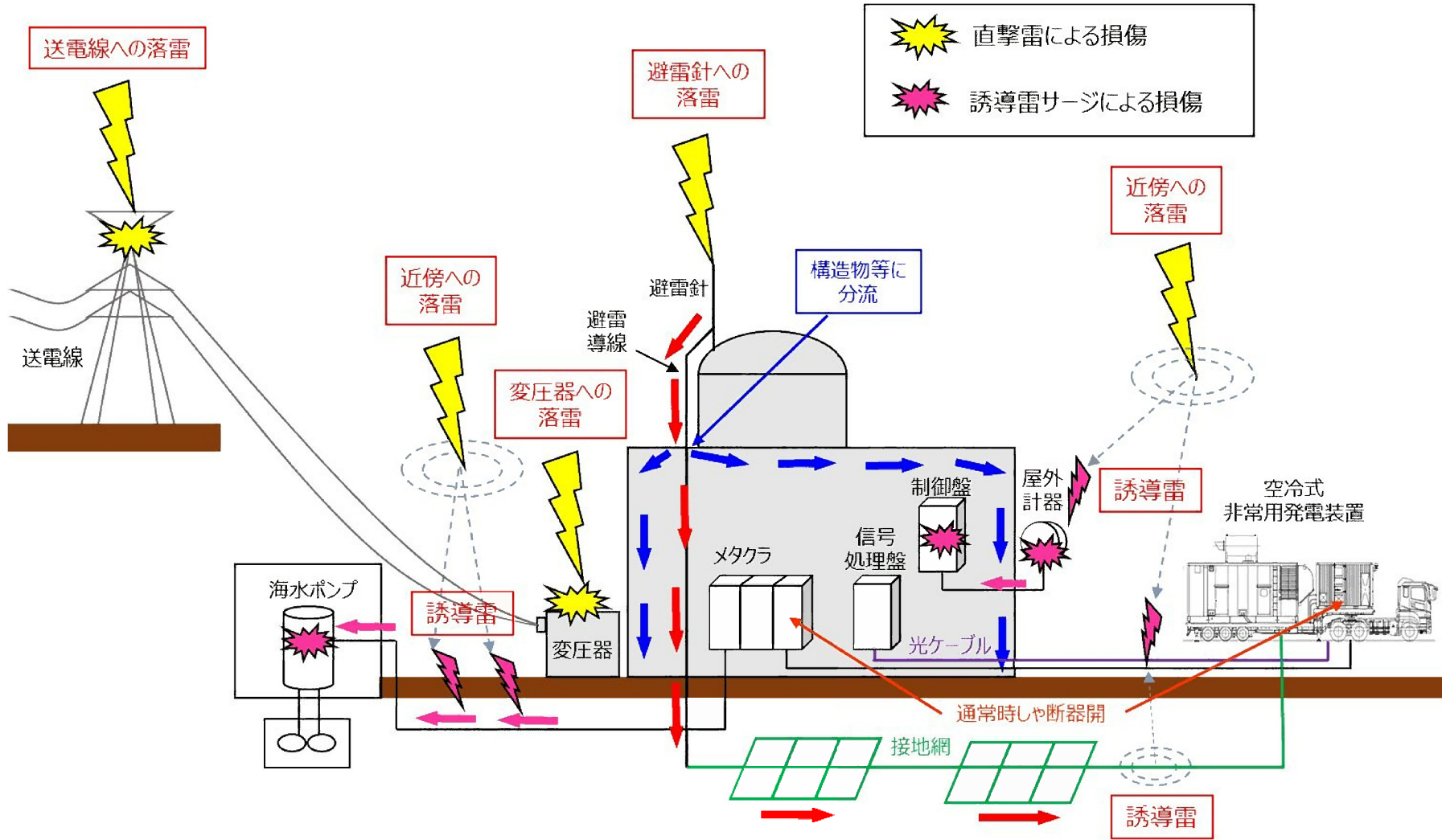
基準5：ハザードが他のハザードに包含される。

参考資料－5に記載する。

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－５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

参考資料－5に記載する。

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