

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（2020年8月27日付け関原発第285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。また、本届出書の評価対象期間において、大規模な工事等には該当しないもののRCP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回安全性向上評価届出書（2019年3月29日付け関原発第587号）

（以下「第1回届出書」という。）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、RCP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

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、号機間相互影響評価並びに追加措置の抽出については第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、地震及び津波とし、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。各分布の作成にあたっては、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
高い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 と不確かさ 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} : 偶然的不確かさ

β_{CU} : 認識論的不確かさ

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かさ、並びに知識及び認識の不足に関係する不確かさを、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} : 偶然的不確かさ

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」による不確かさである。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、この不確かさ 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）の不確かさや、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かさ等に、この偶然的な不確かさを考慮している。

・ β_{CU} : 認識論的不確かさ

知識及び認識の不足に関係する不確かさである。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。

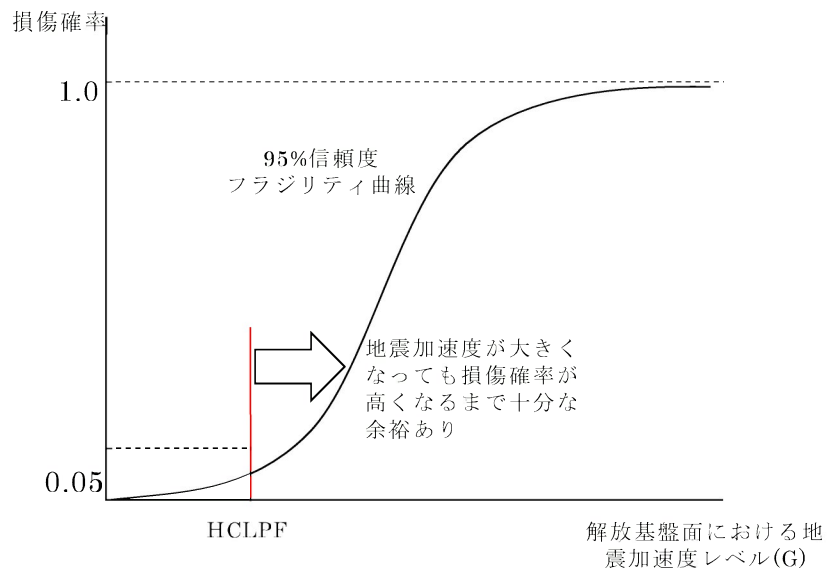
この不確実さ β_{cu} はフラジリティ曲線の信頼度と関連しており、第 3.1.4.1.2.2 図における 95%信頼度フラジリティ曲線と 5%信頼度フラジリティ曲線の値の開き（同一損傷確率における地震加速度レベルの値の差）は、 β_{cu} が大きくなるほど大きくなる。評価においてより高い信頼度を必要とするほど、フラジリティ曲線は図の左側（地震加速度が小さい側）に移動し、不確実さ β_{cu} の影響を考慮しない場合（50%信頼度のフラジリティ曲線に相当）に比べ、より小さい加速度で高い損傷確率を示すようになる。

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。

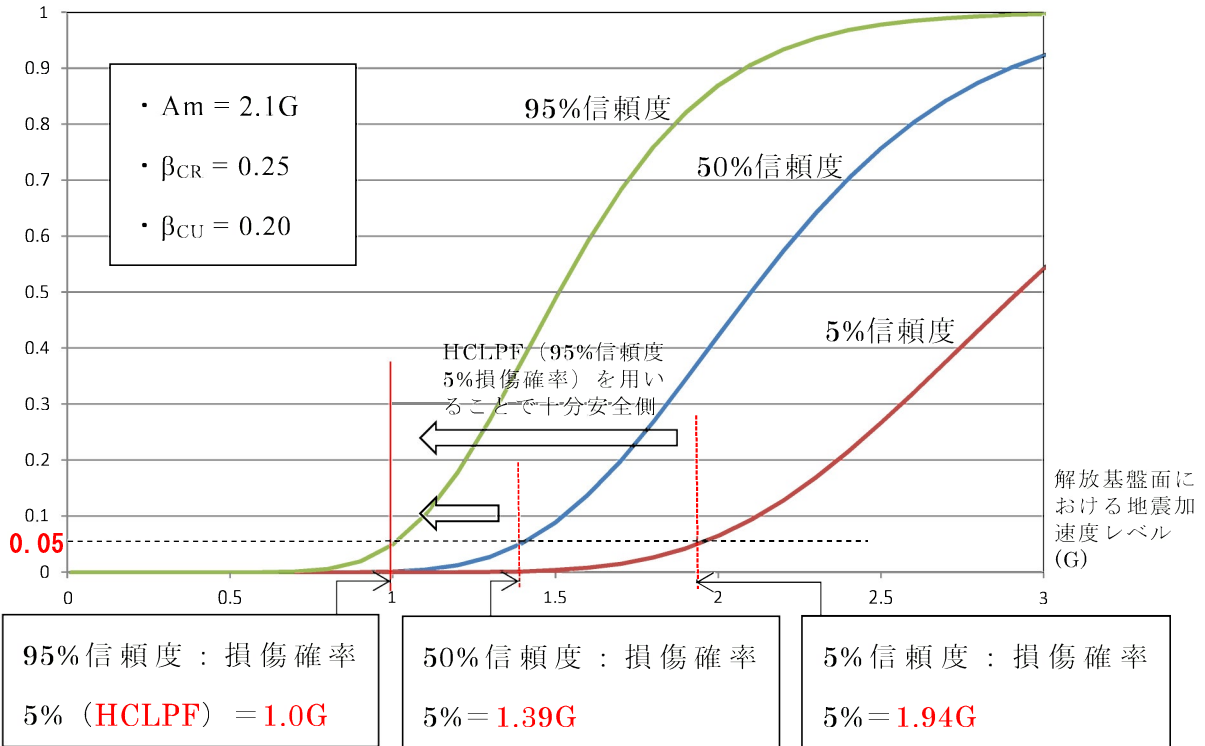
なお、今回の評価においてはクリフエッジ・エフェクト地震加速度を解放基盤面における加速度レベル(G)で記載しているが、上記のとおり HCLPF の定義を踏まえれば、第 3.1.4.1.2.1 図に示すとおり、HCLPF に相当する地震加速度が生じても、損傷確率が高くなる地震加速度までは十分な余裕があることから、必ずクリフエッジ・エフェクトが発生することを意味するものではない。

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。

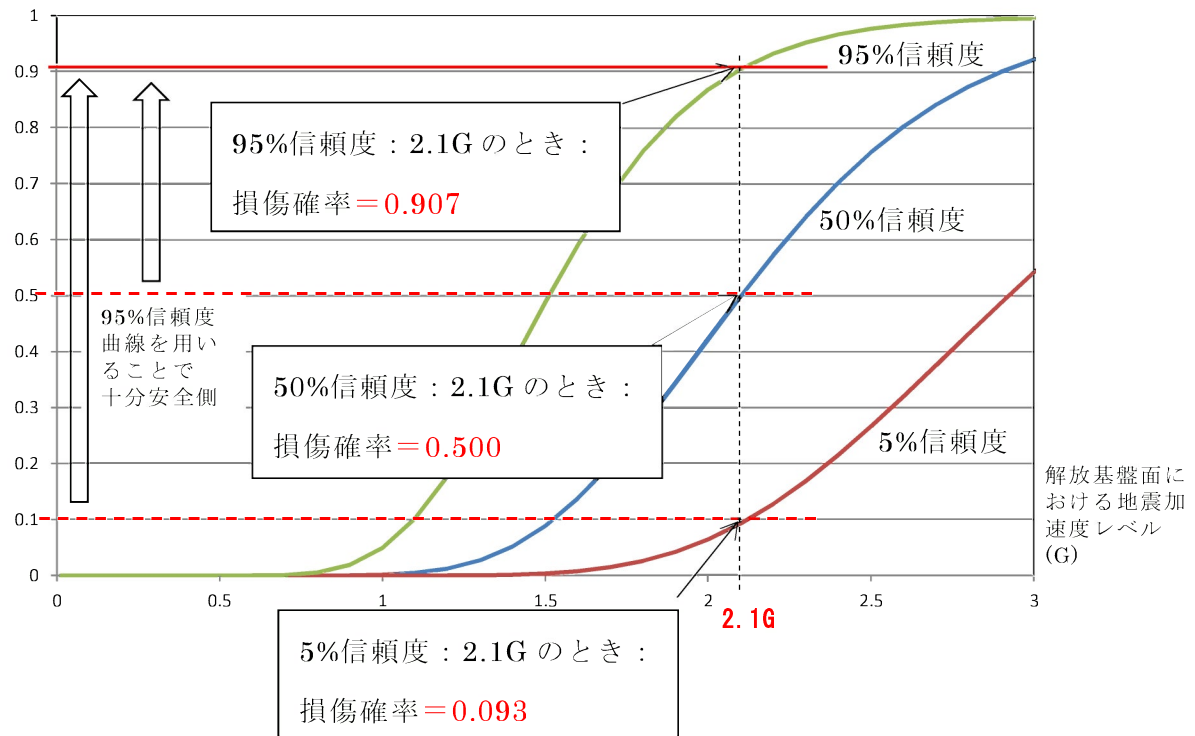


第 3.1.4.1.2.1 図 建物・構築物、機器等の損傷確率

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（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 3.1.3.2.2.1.7 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 起回事象の選定結果」及び「3.1.4.2.1(1)a.(a) 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、地震により生じる起回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（HCLPF 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HCLPF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、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H C L P F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)-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H C L P F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

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)-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、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、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エ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エ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 (P R A)」に示すレベル 2 津波 P R A 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（P R A）」に示すレベル 2 津波 P R A 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「CV機能喪失直結」のうち、「炉心損傷直結」及び「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「CV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

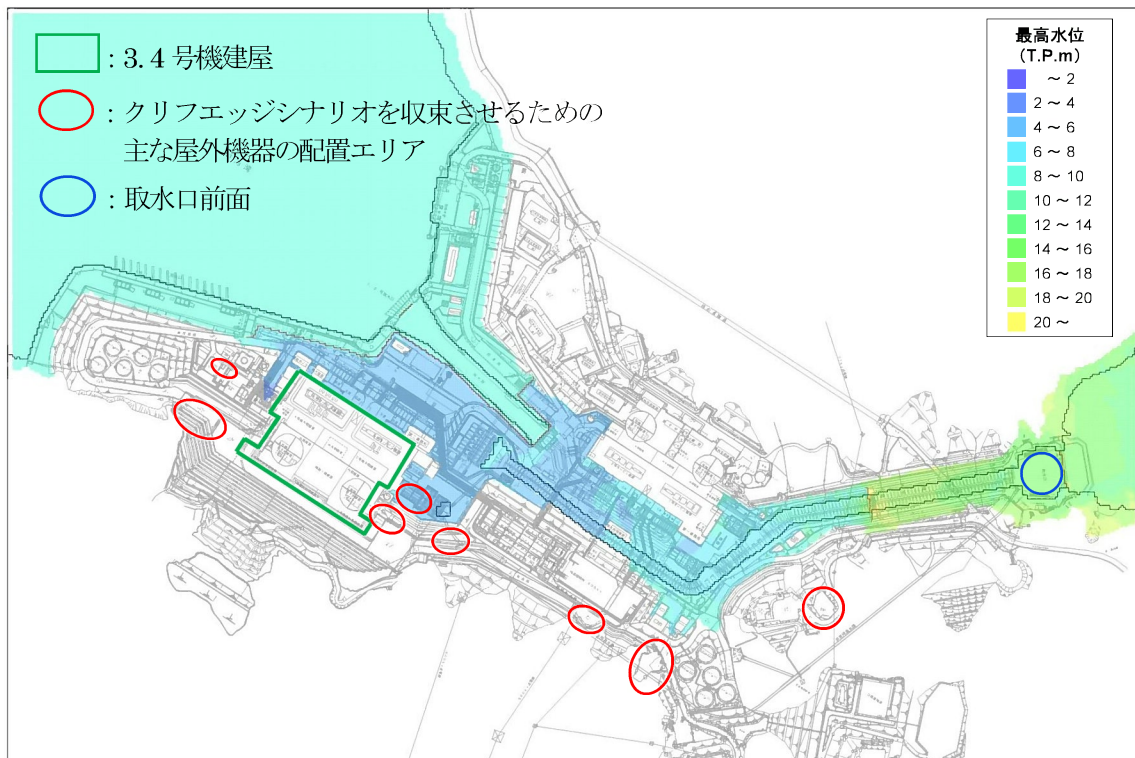
一方、クリフエッジシナリオを収束させるための機器は屋外にも設置されていることから、屋外機器に対する遡上波の影響について評価を行った。結果については、第 3.1.4.2.2.2 図のとおり、クリフエッジシナリオを収束させ

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。

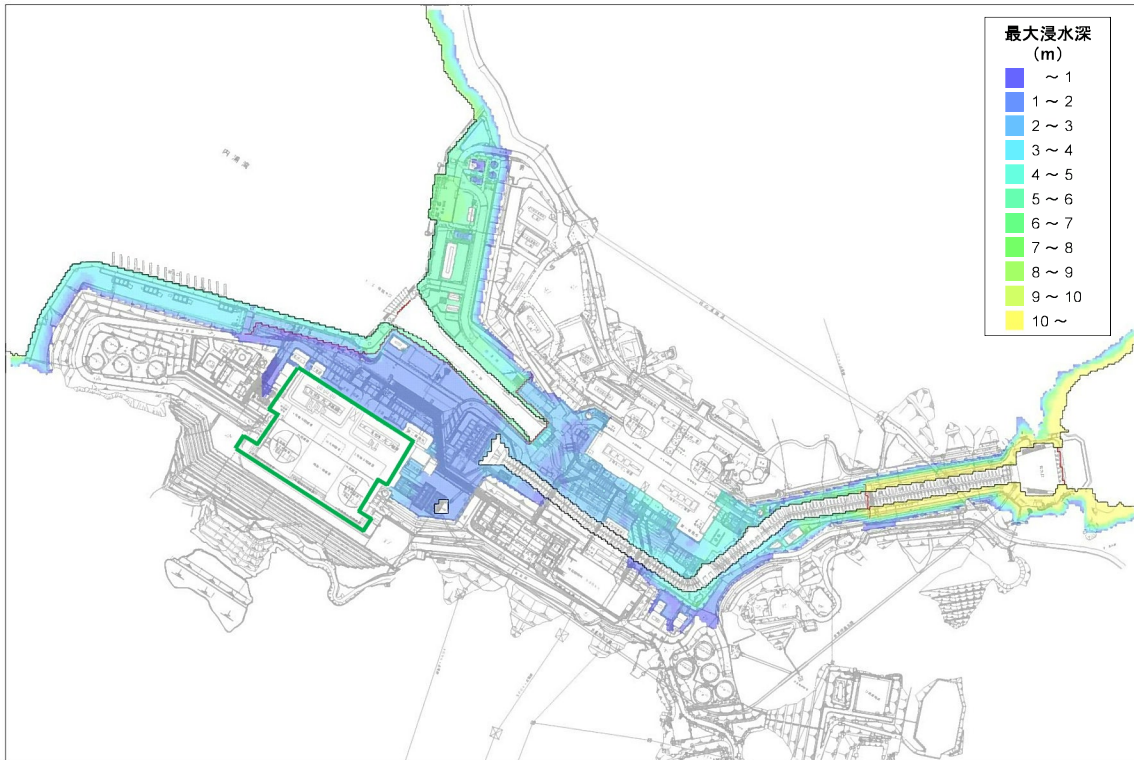
なお、防護すべき屋外機器（第 3.1.4.2.2.4 図）のうち、エリア e に保管されている「燃料油貯油そう」は津波遡上の影響を受けるが、「燃料油貯油そう」は津波が敷地内から引いた後に使用可能である。

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

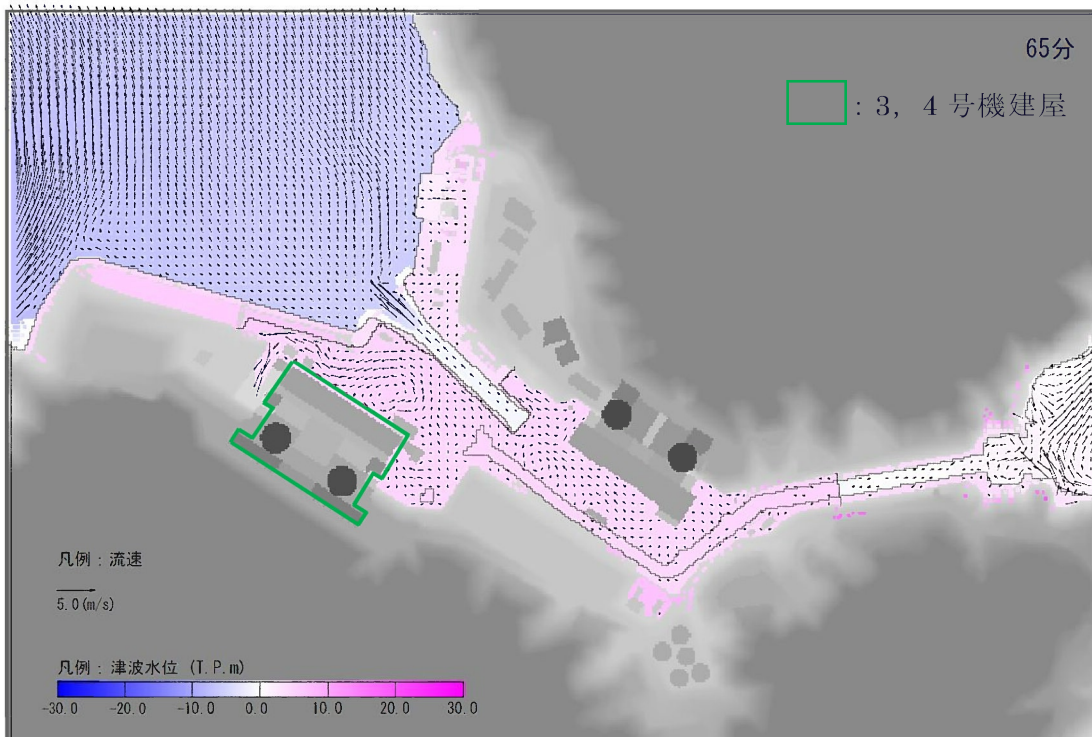
評価位置	遡上波の高さ(EL.m)	遡上波の流速(m/s)
取水口前面	15.0	4.9
3, 4号機補助建屋周辺	6.7	3.4
特重施設建屋周辺	遡上波が到達せず	遡上波が到達せず



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。

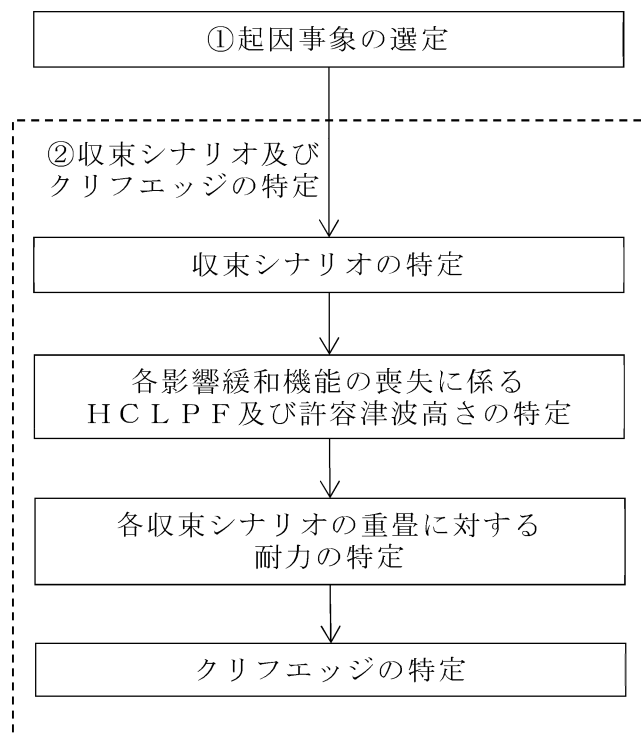
(1) 地震と津波の重畳事象の評価

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

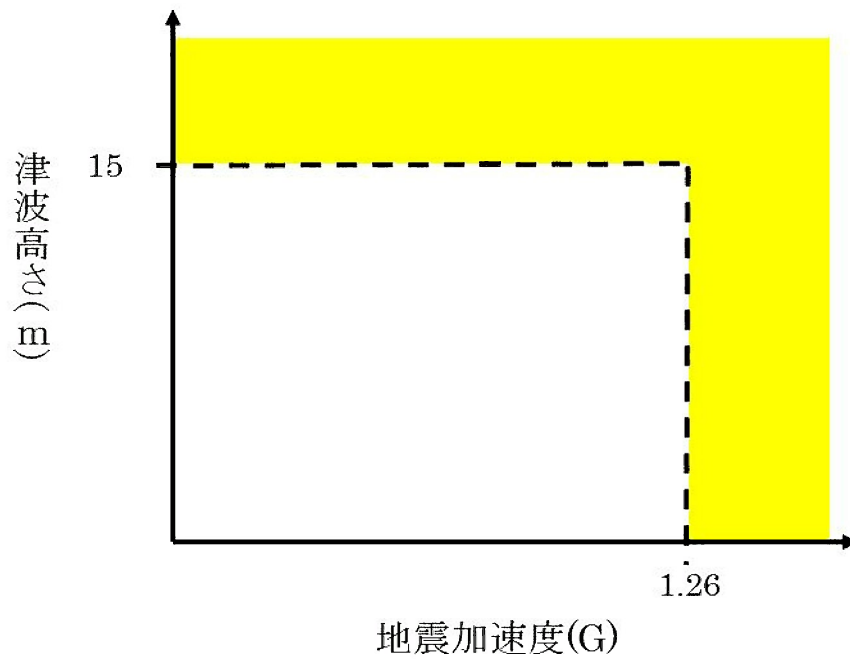
①項の各起因事象について、「外部電源喪失」及び「原子炉補機冷却機能喪失」のイベントツリーを用いて、既に特定されている収束シナリオを対象に評価を行った。具体的には、別紙 3.1.4.2.1(1)-3 で示した各起因事象に対するイベントツリーで示される全ての収束シナリオにおける各影響緩和機能の耐力として、HCLPF 及び許容津波高さの組み合わせの評価を行い、最も耐力を有するシナリオを抽出した（別紙 3.1.4.2.3(1)-1 参照）。

(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）。

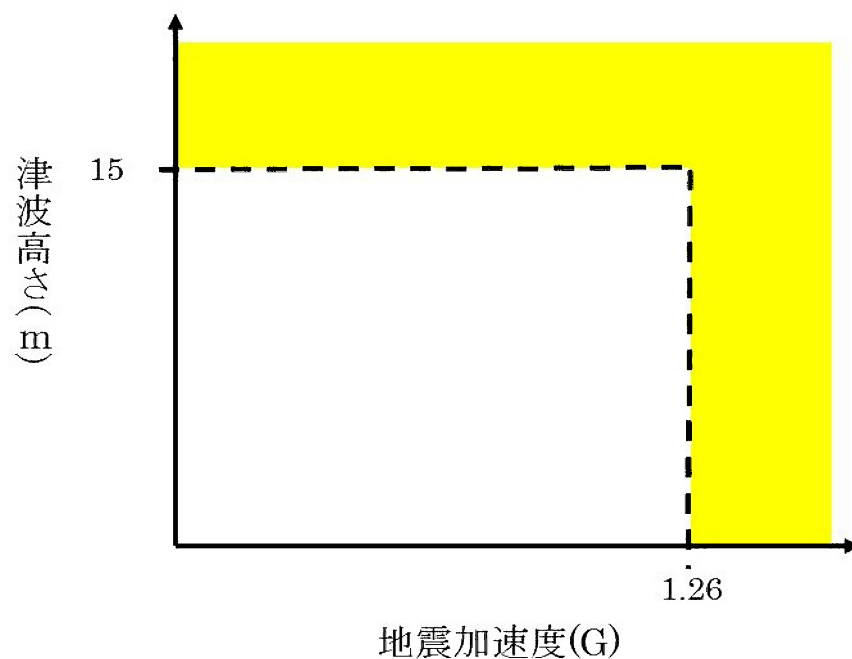
(ii) 津波による起因事象をベースとした評価

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

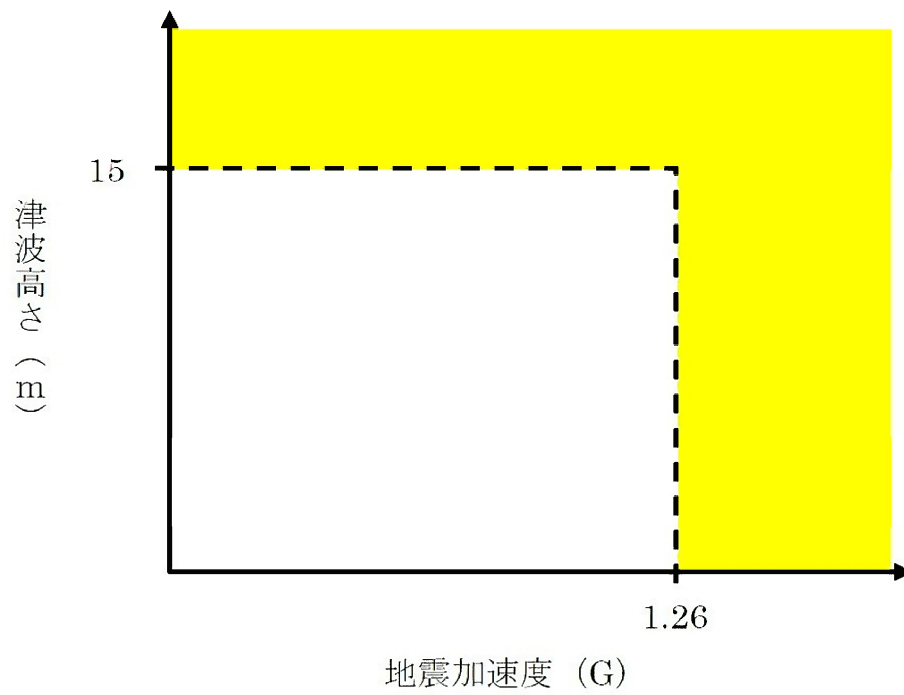
(i) 地震による起因事象をベースとした評価

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 15 m 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。

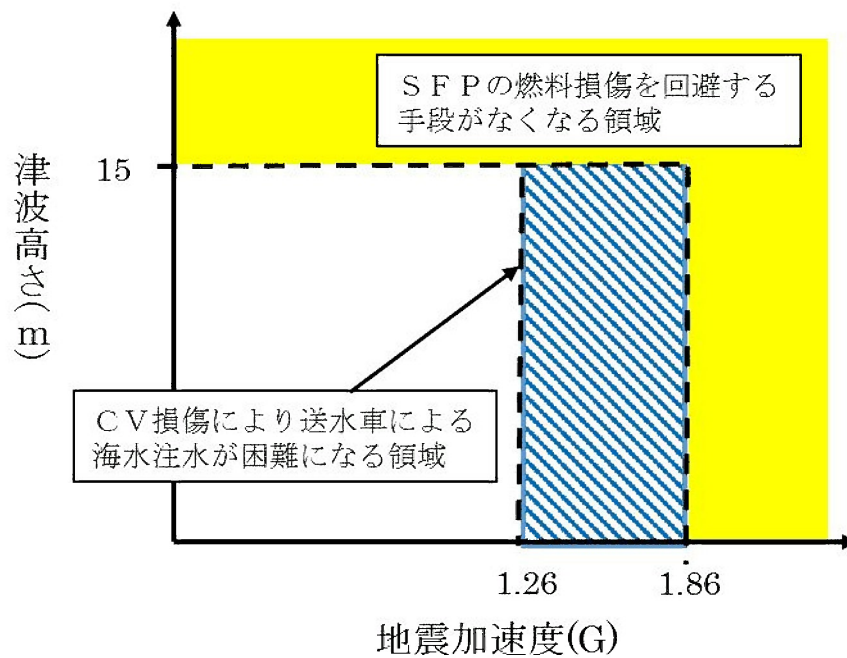
(ii) 津波による起因事象をベースとした評価

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：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））