

#### 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。

### 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。)に基づき、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、地震、津波及び地震と津波の重畳事象の随件事象評価、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次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、地震及び津波とする。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。
- f. 評価時点までに対応を実施した対策を含め、最新の情報を反映した評価を実施する。
- g. 運転開始以降の設備の状態に関し、事象発生後における設備の機能維持、相互干渉、二次的影響、防護措置に係る作業性及び接近性等について情報を収集し、防護措置に係る成立性及び頑健性を確認するため、安全裕度評価の実施方法に照らして確認すべき観点を明確にしたうえで、プラント・ウォークダウンを体系的に実施する。

なお、実施に当たっては、新規制基準への適合性確認やPRA等、これまでに実施したプラント・ウォークダウンの結果が活用できる場合は、これを活用する。

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

### a. 地震に対する耐力評価の指標

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

今回の地震に対する安全裕度評価では、地震に対する耐力評

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

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

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

応答値：保守的な減衰定数の使用、床応答曲線の拡幅、保守的な解析モデル等

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

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

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

なお、地震に係る安全裕度評価においては、第 3.1.4.1.2.1 図

に示すフラジリティに対して、95%信頼度における5%損傷確率に相当する地震加速度レベル（以下「HCLPF」という。ここで、HCLPFは High Confidence of Low Probability of Failure（高信頼度低損傷確率）の略称である。）を用いてクリフエッジ・エフェクトの値（以下「クリフエッジ・エフェクト地震加速度」という。）を表わすこととし、HCLPFを評価における指標とする。工学分野においては、高い信頼度を求める場合には慣例的に信頼度95%（有意水準5%）が設定されることから、本評価の指標としてHCLPFを使用することは、十分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  $\beta_{CR}$  及び  $\beta_{CU}$  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）

$\beta_{CR}$  : 偶然的な不確かさ

$\beta_{CU}$  : 認識論的な不確かさ

である。

$\beta_{CR}$  及び  $\beta_{CU}$  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。

・  $\beta_{CR}$  : 偶然的な不確かさ

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  $\beta_{CR}$  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。

・  $\beta_{cu}$ ：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  $\beta_{cu}$  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、 $\beta_{cu}$  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  $\beta_{cu}$  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。

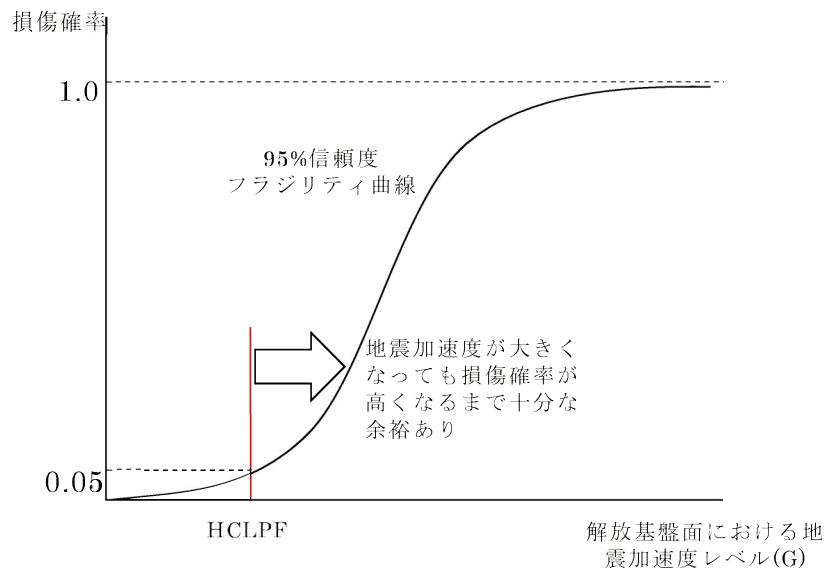
安全裕度評価においては、構造部材の現実的耐力を求める際、引張り強さ等の物性値に一般データを用いている場合の不確実さや、評価に用いる解析モデル自体が持つ不確実さ等に、この認識論的不確実さを考慮している。

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。

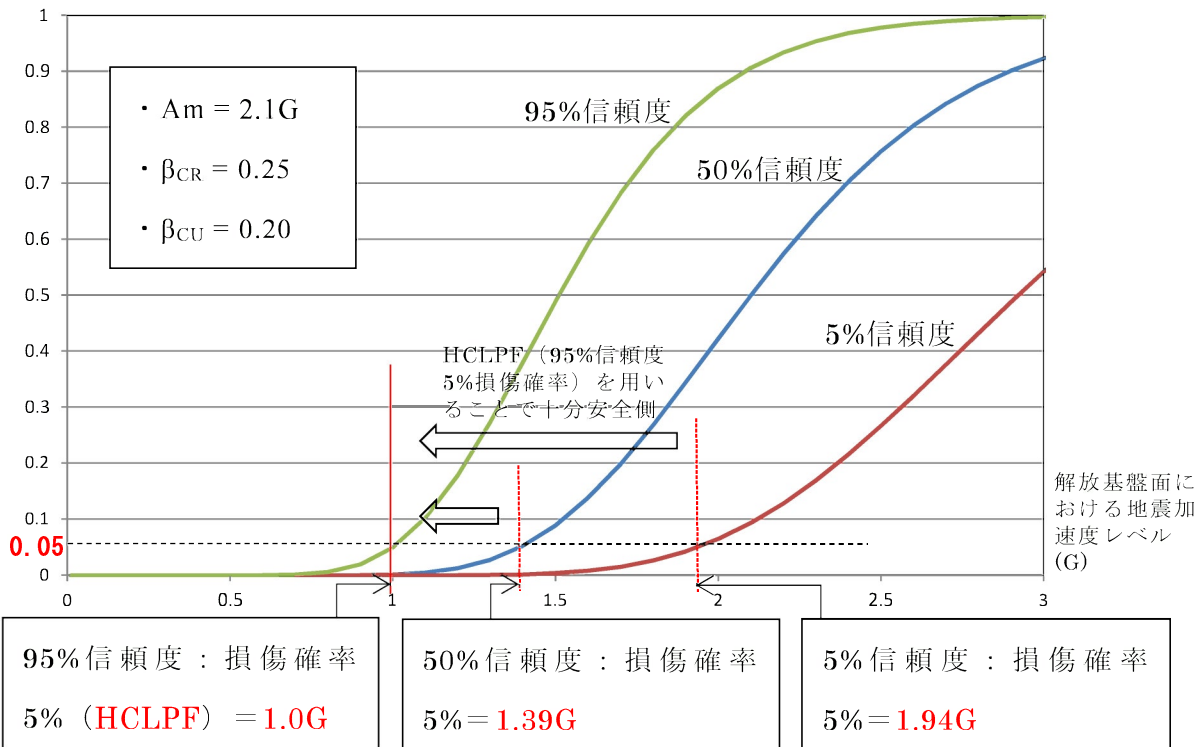
さらに、HCLPFが意味する損傷確率5%の加速度レベルは、前述の通り95%信頼度に基づく値であることを考慮すると、第3.1.4.1.2.2 図に示すとおり、信頼度の観点からも十分安全側（保守的）に設定されている値である。



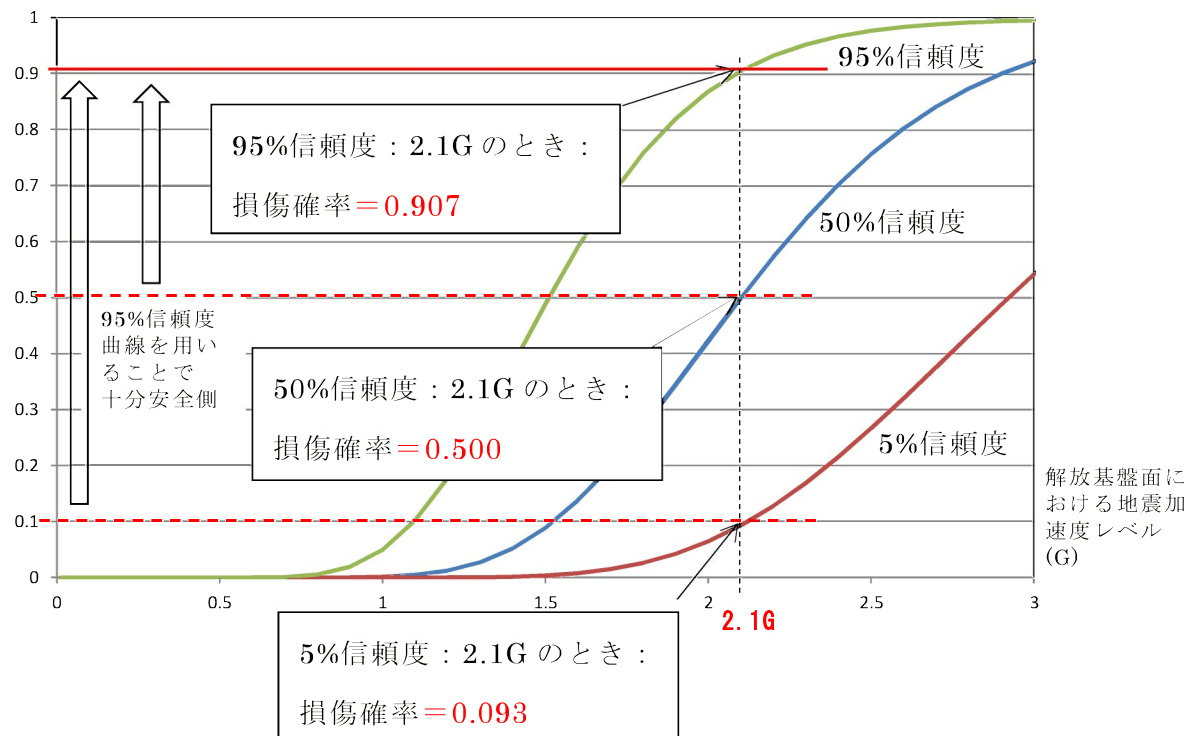
第 3.1.4.1.2.1 図 建物・構築物、機器等の損傷確率



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<sup>注)</sup>

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

注) 各信頼度における fragility 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

$\Phi$ : 標準正規累積分布関数

$A$ : 入力加速度

$Am$ : fragility 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))

$\beta_{c_R}$ : 偶然的な不確かさ要因の対数標準偏差

$\beta_{c_U}$ : 認識論的な不確かさ要因の対数標準偏差

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

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

$\beta_{R-s}$ : 現実的耐力の偶然的な不確かさ

$\beta_{R-r}$ : 現実的応答の偶然的な不確かさ

$\beta_{U-s}$ : 現実的耐力の認識論的な不確かさ

$\beta_{U-r}$ : 現実的応答の認識論的な不確かさ

$X$ : fragility 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（P R A）」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P R A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P R Aに適用した屋外設備の被水・没水に対するフラジリティを用いる必要は無く、屋外設備の設置高さに津波が到達した時点で、屋外設備が機能喪失するものとする。

### ② 被水・没水（屋内設備）

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

ここで、遡上応答に係る不確実さについて、津波に対する安全裕度評価では、クリフエッジ津波高さでの遡上評価を行い津波の遡上による影響を直接評価することで、これに代えることとしている。このため、津波に対する安全裕度評価では、津波 P R A に適用した屋内設備の被水・没水に対するフラジリティを用いる必要は無く、建屋シール等の設置高さ（E.L.+10.1m）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。

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

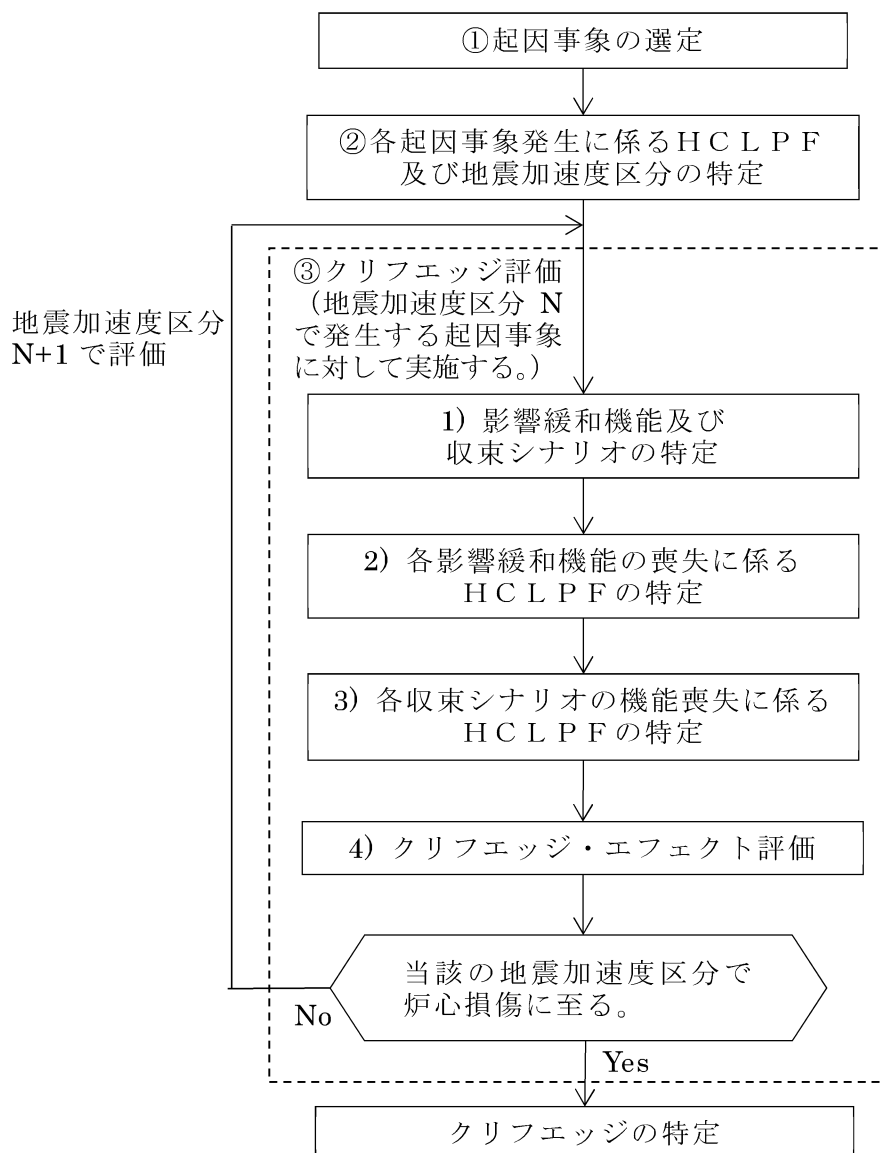
##### (1) 地震単独の評価

###### 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、以下の評価を実施する（第 3.1.4.2.1.1 図参照）。



第 3.1.4.2.1.1 図 クリフエッジの特定に係るフロー図  
(地震：出力運転時炉心損傷)

① 起因事象の選定

地震発生時の安全裕度評価における起因事象は、「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）」に示す地震PRAの検討結果を踏まえて選定する。

② 各起因事象発生に係るHCLPF及び地震加速度区分の特定

①項にて選定した各起因事象を引き起こす建屋、系統、機器（以下「設備等」という。）とそのHCLPFを、「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）」に示す地震PRAの検討結果を踏まえて特定する。

また、この結果を踏まえ、発生する起因事象に対応する地震加速度区分を設定する。

③ クリフエッジ評価

②項にて設定した地震加速度区分の小さい順に、各区分で発生する起因事象に対して以下の1)～4)の評価を実施するとともに、当該区分で炉心損傷に至るかを評価する。

ここで、当該区分で炉心損傷に至らない場合は、次の地震加速度区分を対象とし、新たな起因事象が追加して発生することを考慮して、以下の1)～4)の評価を実施する。

評価対象の地震加速度区分において炉心損傷に至る場合、起因事象に対する各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPFのうち、最も大きいものがクリフエッジの地震加速度となる。

1) 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

当該の地震加速度区分で発生する起因事象に対し、「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）」に示す地震P R Aの検討結果を踏まえて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H C L P F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<sup>※1</sup>及びサポート系<sup>※2</sup>の各々に対し、機能喪失を引き起こす設備等とそのH C L P Fを、「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）」に示す地震P R Aの検討結果を踏まえて特定する。具体的には、影響緩和機能の機能喪失に係るH C L P Fは、フロントライン系とサポート系の機能喪失に至る各々のH C L P Fのうち、小さい方となる。

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

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

## 3) 各収束シナリオの機能喪失に係るH C L P Fの特定

2)項にて特定した各影響緩和機能の喪失に係るH C L P Fの結果から、各収束シナリオの機能喪失に係るH C L P F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H C L P Fは、当該収束シナリオに必要な各影響緩和機能のH C L P F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。

#### ii 評価結果

##### ① 起因事象の選定結果

地震発生時の安全裕度評価における起因事象については、「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）」に示す地震PRAの検討結果を踏まえて、以下の11事象を選定した。

- ・ 主給水流量喪失
- ・ 外部電源喪失
- ・ 原子炉補機冷却水系の全喪失
- ・ 主蒸気管破断（主蒸気隔離弁上流）
- ・ 主蒸気管破断（主蒸気隔離弁下流）
- ・ 主給水管破断
- ・ 大破断LOCA
- ・ 中破断LOCA
- ・ 小破断LOCA
- ・ 炉心損傷直結
- ・ CV機能喪失直結

なお、ここで地震PRAと一部取扱いが異なる起因事象について、安全裕度評価においてはクリフエッジシナリオ及びクリフエッジ地震加速度を特定する目的から、評価を合理的に行うために起因事象をグループ化した。

具体的には、「炉心損傷直結」事象は地震PRAにおける「Excess LOCA」に該当し、「CV機能喪失



直結」事象は地震P R Aにおける「蒸気発生器伝熱管破損（複数本破損）」、「原子炉格納容器損傷」及び「原子炉建屋損傷」に該当する。

② 各起因事象発生に係るH C L P F及び地震加速度区分の特定結果

各起因事象を引き起こす設備等とそのH C L P Fを第3.1.4.2.1.1表のとおり特定した。

ここで、「主給水流量喪失」及び「外部電源喪失」については耐震B，Cクラス設備等の破損により発生することから、地震加速度の大きさによらず発生するものとした。

また、この結果を踏まえ、発生する起因事象に対応する地震加速度区分1～8は同表のとおり決まる。

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

地震加速度区分		各加速度区分で追加して発生する起因事象	各起因事象を引き起こす設備等とHCLPF	
区分 1	0.95G 未満	主給水流量喪失	—	—
		外部電源喪失	—	—
区分 2	0.95～ 1.18G 未満	主給水管破断	蒸気発生器（2次冷却系の破断） （給水入口管台）	0.95G
区分 3	1.18～ 1.25G 未満	CV機能喪失直結	蒸気発生器（格納容器バイパス） （下部支持構造物サポートビーム）	1.18G
区分 4	1.25～ 1.30G 未満	小破断LOCA	原子炉容器 （空気抜管台）	1.25G
区分 5	1.30～ 1.33G 未満	原子炉補機冷却水系の 全喪失	ほう酸回収装置蒸留液クーラ （胴板）	1.30G
		炉心損傷直結	1次冷却材管（Excess LOCA） （ホットレグ）	1.30G
区分 6	1.33～ 1.44G 未満	大破断LOCA	加圧器 （上部支持構造物連結ボルト）	1.33G
区分 7	1.44～ 1.58G 未満	中破断LOCA	低圧注入配管 （配管本体）	1.44G
		主蒸気管破断 （主蒸気隔離弁上流）	主蒸気ライン配管 （配管本体）	1.44G
区分 8	1.58G 以上	主蒸気管破断 （主蒸気隔離弁下流）	ソレノイド弁分電盤	1.58G

③ クリフエッジ評価結果

イ) 地震加速度区分 1（0.95G 未満）に対する評価結果

1) 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

地震加速度区分 1 で発生する起因事象である「主給水流量喪失」及び「外部電源喪失」について、別紙 3.1.4.2.1(1)-1 のとおり、地震PRAのイベントツリーを踏まえて、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。

別紙 3.1.4.2.1(1)-1 に示すとおり、地震加速度区分 1 においては、外部電源が期待できないことを考えると「主給水流量喪失」と「外部電源喪失」の収束シナリオは同様のものとなるため、「主給水流量喪失」と「外部電源喪失」は、「外部電源喪失」にまとめて評価することとした。

なお、収束シナリオの詳細は以下の通り。

・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ている状態で、電動また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。その後、充てん系によるほう酸の添加により未臨界性を確保した上で、主蒸気逃がし弁を中央制御室からの手動操作により開放し、2 次系による冷却が行われる。加えて、加圧器逃がし弁による減圧操作により、1 次系の温度、圧力を余熱除去系による冷却が可能な条件にまで低下させた後、余熱除去系を用いて 1 次系冷却を行う。この状態では未臨界性が確保された上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ている状態で、収束シナリオ①で期待していた手段のいずれかに失敗した場合、充てん／高圧注入ポンプの起動及び加圧器逃がし弁の開放を中央制御室からの手動操作により行い、R

W S Tのほう酸水を炉心へ注水し、1次系の冷却を行う。また、格納容器の圧力上昇により内部スプレポンプが起動し格納容器除熱を行う。R W S Tの水位低下後、再循環切替を行い、余熱除去クーラ及び内部スプレクーラを用いて継続した1次系冷却を行う。この状態では未臨界性が確保された上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ている状態で、収束シナリオ②で期待していた内部スプレポンプを用いた再循環運転に失敗した場合、格納容器循環冷暖房ユニットによる格納容器内自然対流冷却を行う。この状態では未臨界性が確保された上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ている状態で、収束シナリオ②で期待していた内部スプレポンプの起動に失敗した場合、R W S Tの水位低下後、再循環切替を行い、余熱除去クーラを用いて継続した1次系冷却を行うとともに、格納容器循環冷暖房ユニットによる格納容器内自然対流冷却を行う。この状態では未臨界性が確保された上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が失敗した場合、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。RCPシールLOCAが発生しない状態において、代替交流電源（空冷式非常用発電装置（SA）又は特重電源設備）により交流電源を復旧させた後、制御用空気系が使用できないことから主蒸気逃がし弁を現場の手動操作により開放し、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が失敗した場合、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。RCPシールLOCAが発生した状態において、代替交流電源（空冷式非常用発電装置（SA）又は特重電源設備）により交流電源を復旧させた後、制御用空気系が使用できないことから主蒸気逃がし弁を現場の手動操作により開放し、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を水源とした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／高圧注入ポンプを用いた再循環運転、及び格納容器循環冷暖房ユニットを用いた格納容器内自然対流冷却を行う。この状態では未臨界性が確保された上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」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

「外部電源喪失」等の起因事象が発生し、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0.95G以上で収束シナリオ①、⑤、⑥の機能が喪失し、1.19G以上で収束シナリオ②～④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することとなる。(別紙 3.1.4.2.1(1)-16 参照)

評価の結果、「外部電源喪失」が発生する地震加速度区分 1 (0.95G 未満) においては、上記起因事象の収束シナリオ②～④に係る H C L P F が、0.95G 以上であることから、収束シナリオが存在し、炉心損傷に至ることはない。

よって、次の地震加速度区分 2 (0.95～1.18G 未満) に対して評価を実施した。

ロ) 地震加速度区分 2 (0.95～1.18G 未満) に対する評価結果

1) 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

地震加速度区分 2 において新たに追加して発生する起因事象である「主給水管破断」について、別紙 3.1.4.2.1(1)-4 のとおり、地震 P R A のイベントツリーを踏まえて、影響緩和機能及び収束シナリオを特定した。

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)-5 のとおり特定した。

なお、収束シナリオの詳細は以下の通り。

・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ている状態で、主蒸気隔離及び破断ループへの補助給水ラインの隔離を行った後、電

動また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。その後、充てん系によるほう酸の添加により未臨界性を確保した上で、主蒸気逃がし弁を中央制御室からの手動操作により開放し、2次系による冷却が行われる。加えて、加圧器逃がし弁による減圧操作により、1次系の温度、圧力を余熱除去系による冷却が可能な条件にまで低下させた後、余熱除去系を用いて1次系冷却を行う。この状態では未臨界性が確保された上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②～④

それぞれ、「外部電源喪失」の収束シナリオ②～④と同じ。

### 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」、「主給水管破断」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)-6のとおり特定した。

### 4) クリフエッジ・エフェクト評価

地震加速度0.95G以上で、「主給水管破断」の起回事象が新たに発生し、その収束シナリオは①～④の4種類となる。そして、地震加速度0.95G以上で収束シナリオ①の機能が喪失し、1.19G以上で収束シナリオ②～④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することとなる。(別紙3.1.4.2.1(1)-16参照)

評価の結果、「外部電源喪失」に加えて「主給水管破断」が発生する地震加速度区分2(0.95～1.18G未



満) においては、上記起因事象の収束シナリオ②～④に係るHCLPFが、1.18G 以上であることから、収束シナリオが存在し、炉心損傷に至ることはない。

よって、次の地震加速度区分3 (1.18～1.25G 未満) に対して評価を実施した。

#### ハ) 地震加速度区分3 (1.18～1.25G 未満) に対する評価結果

##### 1) 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

地震加速度区分3 において新たに追加して発生する起因事象は、「CV機能喪失直結」であり、蒸気発生器(格納容器バイパス)が損傷するため、事象緩和に期待できず直接炉心損傷及び格納容器損傷に至るシーケンスであるため、影響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HCLPF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HCLPFの特定

1)項に記載した通り、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

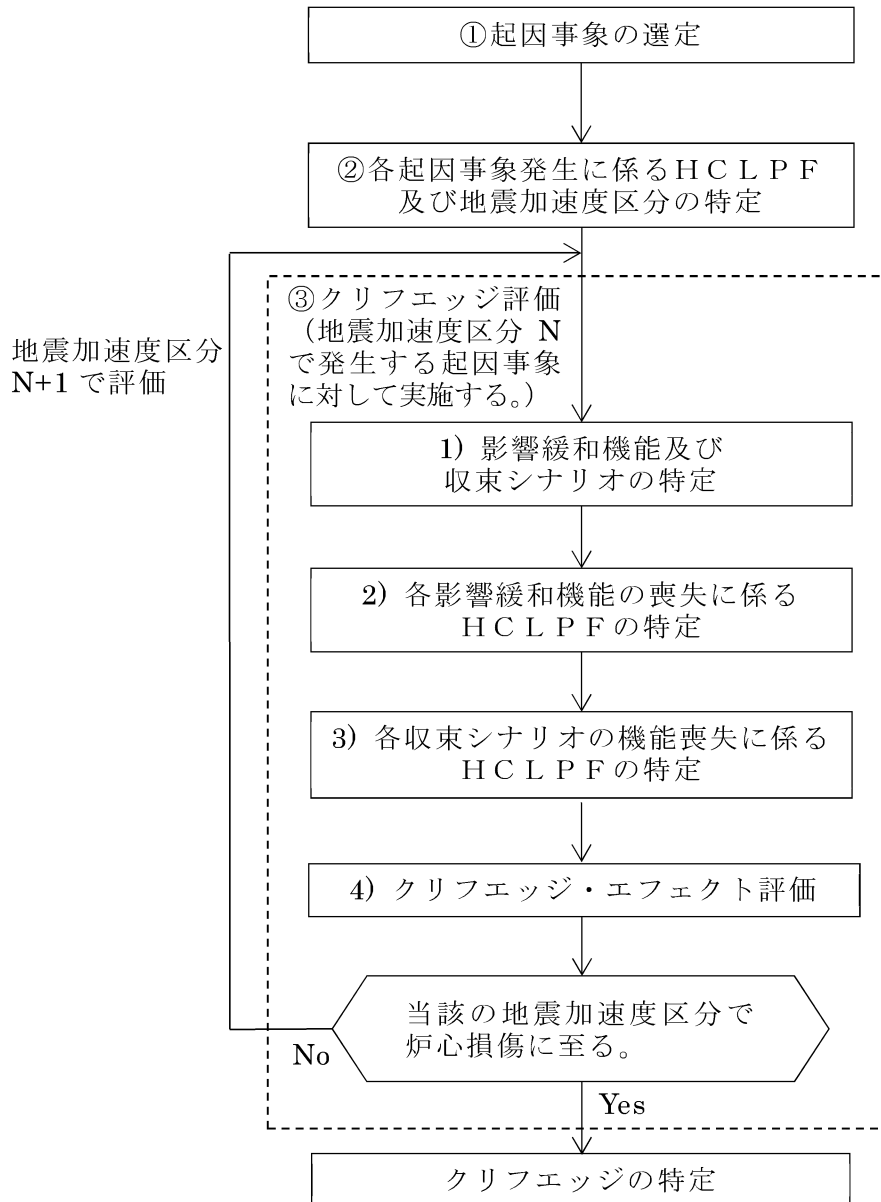
1.18G 以上の地震により「CV機能喪失直結」の起因事象が新たに発生する。ここで、「CV機能喪失直結」は、蒸気発生器(格納容器バイパス)が損傷するため、事象緩和に期待できず直接炉心損傷に至ると評価される。(別紙3.1.4.2.1(1)-16 参照)

よって、出力運転時の地震に係るクリフエッジは1.18G となる。

(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、以下の評価を実施する（第3.1.4.2.1.2図参照）。



第 3.1.4.2.1.2 図 クリフエッジの特定に係るフロー図  
(地震：運転停止時炉心損傷)

① 起因事象の選定

地震発生時の安全裕度評価における起因事象は、「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）」に示す内部事象停止時PRA及び地震PRAの検討結果を踏まえて選定する。

② 各起因事象発生に係るHCLPF及び地震加速度区分の特定

①項にて選定した各起因事象を引き起こす設備等とそのHCLPFを特定する。

また、この結果を踏まえ、発生する起因事象に対応する地震加速度区分を設定する。

③ クリフエッジ評価

②項にて設定した地震加速度区分の小さい順に、各区分で発生する起因事象に対して以下の1)～4)の評価を実施するとともに、当該区分で炉心損傷に至るかを評価する。

ここで、当該区分で炉心損傷に至らない場合は、次の地震加速度区分を対象とし、新たな起因事象が追加して発生することを考慮して、以下の1)～4)の評価を実施する。

評価対象の地震加速度区分において炉心損傷に至る場合、起因事象に対する各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPFのうち、最も大きいものがクリフエッジの地震加速度となる。

1) 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

当該の地震加速度区分で発生する起因事象に対し、影響緩和機能及び収束シナリオを特定する。

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

ii 評価結果

① 起因事象の選定結果

地震発生時の安全裕度評価における起因事象については、「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）」に示す内部事象停止時PRA及び地震PRAの検討結果を踏まえて、以下のとおり検討した。

a) 地震PRAにおける起因事象に対する検討

地震PRAの起因事象のうち、運転停止時の地震に対する安全裕度評価で考慮すべき起因事象を第3.1.4.2.1.2表のとおり検討し、以下のとおり抽出した。

- ・原子炉格納容器損傷
- ・原子炉建屋損傷

- ・ E x c e s s L O C A

- ・ 原子炉冷却材圧力バウンダリ機能喪失
- ・ 原子炉補機冷却水系の全喪失
- ・ 外部電源喪失

b) 内部事象停止時 P R A における起因事象に対する検討

内部事象停止時 P R A の起因事象のうち、運転停止時の地震に対する安全裕度評価で考慮すべき起因事象を第 3.1.4.2.1.3 表のとおり検討し、以下のとおり抽出した。

- ・ 原子炉冷却材圧力バウンダリ機能喪失
- ・ 水位維持失敗
- ・ 原子炉補機冷却水系の全喪失
- ・ 外部電源喪失
- ・ 余熱除去機能喪失

c) 運転停止時の地震に対する安全裕度評価で想定する起因事象の選定結果

運転停止時の地震に対する安全裕度評価の対象とする起因事象としては、a) 及び b) 項で抽出された起因事象を全て考慮し、停止時地震安全裕度評価固有の起因事象として原子炉冷却材圧力バウンダリ機能喪失（格納容器バイパス）を加え、以下の 8 事象を選定した。

- ・ 原子炉冷却材圧力バウンダリ機能喪失
- ・ 原子炉冷却材圧力バウンダリ機能喪失（格納容器バイパス）
- ・ 水位維持失敗
- ・ 余熱除去機能喪失
- ・ 原子炉補機冷却水系の全喪失
- ・ 外部電源喪失
- ・ 炉心損傷直結

- ・ CV機能喪失直結

なお、ここで「炉心損傷直結」事象は「E x c e s  
s L O C A」、「CV機能喪失直結」事象は「原子炉  
格納容器損傷」及び「原子炉建屋損傷」である。

第 3.1.4.2.1.2 表 地震 P R A における起因事象に対する検討

地震 P R A における起因事象	今回の安全裕度評価 における想定要否	備考
蒸気発生器伝熱管破損 (複数本破損)	×	ミッドループ運転中に発生しても、崩壊熱除去機能に影響を与えないため想定不要とする。
原子炉格納容器損傷	○	—
原子炉建屋損傷	○	—
E x c e s s L O C A	○	—
大破断 L O C A	○	「原子炉冷却材圧力バウンダリ機能喪失」として想定する。
中破断 L O C A	○	
小破断 L O C A	○	
主給水管破断	×	ミッドループ運転中に発生しても、崩壊熱除去機能に影響を与えないため想定不要とする。
主蒸気管破断 (主蒸気隔離弁上流)	×	
主蒸気管破断 (主蒸気隔離弁下流)	×	
原子炉補機冷却水系の全喪失	○	—
外部電源喪失	○	—
主給水流量喪失	×	ミッドループ運転中に発生することはないため想定不要とする。
制御建屋損傷	×	地震で必ず発生する外部電源の緩和機能又はサポート系としてモデル化するため、想定不要とする。
1次系流路閉塞による 2次系除熱機能喪失	×	
燃料集合体及び制御棒クラスタ損傷による原子炉停止機能喪失	×	
A T W S	×	停止時は原子炉停止後／起動前であり、想定不要とする。

○：要、×：否

第 3.1.4.2.1.3 表 内部事象停止時 P R A における起因事象に対する検討

内部事象停止時 P R A における起因事象	今回の安全裕度評価における想定要否	備考
加圧器逃がし弁／安全弁 L O C A	×	ミッドループ運転中に発生することはないため想定不要とする。
原子炉冷却材圧力バウンダリ機能喪失	○	—
オーバードレン	×	安全裕度評価では地震時に運転員が誤操作することを想定しない。
水位維持失敗	○	—
余熱除去機能喪失	○	—
原子炉補機冷却水系の全喪失	○	—
原子炉補機冷却水系の部分喪失 (A 又は B ヘッダ)	×	地震では部分喪失は想定せず、全喪失事象を想定する。
原子炉補機冷却水系の部分喪失 (C ヘッダ)	×	
原子炉補機冷却海水系の全喪失	×	原子炉補機冷却水系の全喪失で代表する。
原子炉補機冷却海水系の部分喪失	×	地震では部分喪失は想定せず、全喪失事象を想定する。
外部電源喪失	○	—
安全系高圧交流母線の部分喪失	×	地震で必ず発生する外部電源の緩和機能又はサポート系としてモデル化するため、想定不要とする。
安全系高圧交流母線の全喪失	×	
安全系低圧交流母線の部分喪失	×	
安全系低圧交流母線の全喪失	×	
安全系直流母線の部分喪失	×	
安全系直流母線の全喪失	×	
制御用空気系の部分喪失	×	地震で必ず発生する外部電源の緩和機能又はサポート系としてモデル化するため、想定不要とする。
制御用空気系の全喪失	×	
主給水流量喪失	×	ミッドループ運転中に発生することはないため想定不要とする。
反応度の誤投入	×	地震を起因とする弁の誤動作は、想定できないことから、想定不要とする。

○：要、×：否

② 各起因事象発生に係る H C L P F 及び地震加速度区分の特定結果

各起因事象を引き起こす設備等とその H C L P F を第 3.1.4.2.1.4 表のとおり特定した。

ここで、「外部電源喪失」については耐震 B, C クラス



設備等の破損により発生することから、地震加速度の大きさによらず発生するものとした。

また、この結果を踏まえ、発生する起因事象に対応する地震加速度区分 1～7 は同表のとおり決まる。

第 3.1.4.2.1.4 表 各起因事象発生に係る H C L P F 及び地震加速度区分の  
特定結果

地震加速度区分		各加速度区分で追加して発生する起因事象	各起因事象を引き起こす設備等と H C L P F	
区分 1	1.18G 未満	外部電源喪失	—	—
区分 2	1.18～ 1.25G 未満	C V 機能喪失直結	蒸気発生器（格納容器バイパス） （下部支持構造物サポートビーム）	1.18G
区分 3	1.25～ 1.30G 未満	原子炉冷却材圧力 バウンダリ機能喪失	原子炉容器 （空気抜管台）	1.25G
区分 4	1.30～ 1.42G 未満	原子炉補機冷却水系の 全喪失	ほう酸回収装置蒸留液クーラ （胴板）	1.30G
		炉心損傷直結	1 次冷却材管（Excess LOCA） （ホットレグ）	1.30G
区分 5	1.42～ 1.51G 未満	余熱除去機能喪失	S A 監視操作盤 （フレーム）	1.42G
区分 6	1.51～ 1.67G 未満	水位維持失敗	充てん／高圧注入ポンプ 現場操作箱	1.51G
区分 7	1.67G 以上	原子炉冷却材圧力バウンダリ 機能喪失（格納容器バイパス）	余熱除去クーラ （胴板）	1.67G

### ③ クリフエッジ評価結果

#### イ) 地震加速度区分 1（1.18G 未満）に対する評価結果

##### 1) 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

地震加速度区分 1 で発生する起因事象である「外部電源喪失」について、別紙 3.1.4.2.1(1)-7 のとおり、影響緩和機能及び収束シナリオを特定した。

収束シナリオの特定においては、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通り。

・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、余熱除去系を用いて1次系冷却を行う。この状態では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ている状態で、余熱除去系による冷却に失敗した場合、充てん／高圧注入ポンプによりRWS Tのほう酸水を炉心へ注水し、1次系の冷却を行う。RWS Tの水位低下後、再循環切替を行い、内部スプレポンプを用いた代替再循環炉心冷却を行う。この状態では未臨界性が確保された上で、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③

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、余熱除去系による冷却及び充てん／高圧注入ポンプによる炉心注水に失敗した場合、恒設代替低圧注水ポンプによりRWS Tのほう酸水を炉心へ注水し、1次系の冷却を行う。RWS Tの水位低下後、再循環切替を行い、内部スプレポンプを用いた代替再循環炉心冷却を行う。この状態では未臨界性が確保された上で、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、ディーゼル発電機の起動が失敗した場合、代替交流電源（空冷式非常用発電装置（S A）又は特重電源設備）により交流電源を復旧させた後、恒設代替低圧注水ポンプにより R W S T のほう酸水を炉心へ注水し、1次系の冷却を行う。大容量ポンプによる補機冷却機能回復後に、余熱除去ポンプを用いた再循環運転、及び格納容器循環冷暖房ユニットによる格納容器内自然対流冷却を行う。この状態では未臨界性が確保された上で、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 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)-8 のとおり特定した。

3) 各収束シナリオの機能喪失に係る H C L P F の特定

「外部電源喪失」の収束シナリオ①～④の機能喪失に係る H C L P F について、別紙 3.1.4.2.1(1)-9 のとおり特定した。

4) クリフエッジ・エフェクト評価

「外部電源喪失」の起因事象が発生し、その収束シナリオは①～④の 4 種類となる。そして、地震加速度 1.19G 以上で収束シナリオ①～④が機能喪失す

ることで、全ての収束シナリオが機能喪失することとなる。(別紙 3.1.4.2.1(1)-16 参照)

評価の結果、「外部電源喪失」が発生する地震加速度区分 1 (1.18G 未満) においては、上記起因事象の収束シナリオ①～④に係る H C L P F が、1.18G 以上であることから、収束シナリオが存在し、炉心損傷に至ることはない。よって、次の地震加速度区分 2 (1.18～1.25G 未満) に対して評価を実施した。

ロ) 地震加速度区分 2 (1.18～1.25G 未満) に対する評価結果

1) 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

地震加速度区分 2 において新たに追加して発生する起因事象は、「C V 機能喪失直結」であり、蒸気発生器 (格納容器バイパス) が損傷するため、事象緩和に期待できず直接炉心損傷及び格納容器損傷に至るシーケンスであるため、影響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 H C L P F 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 H C L P F の特定

1) 項に記載した通り、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

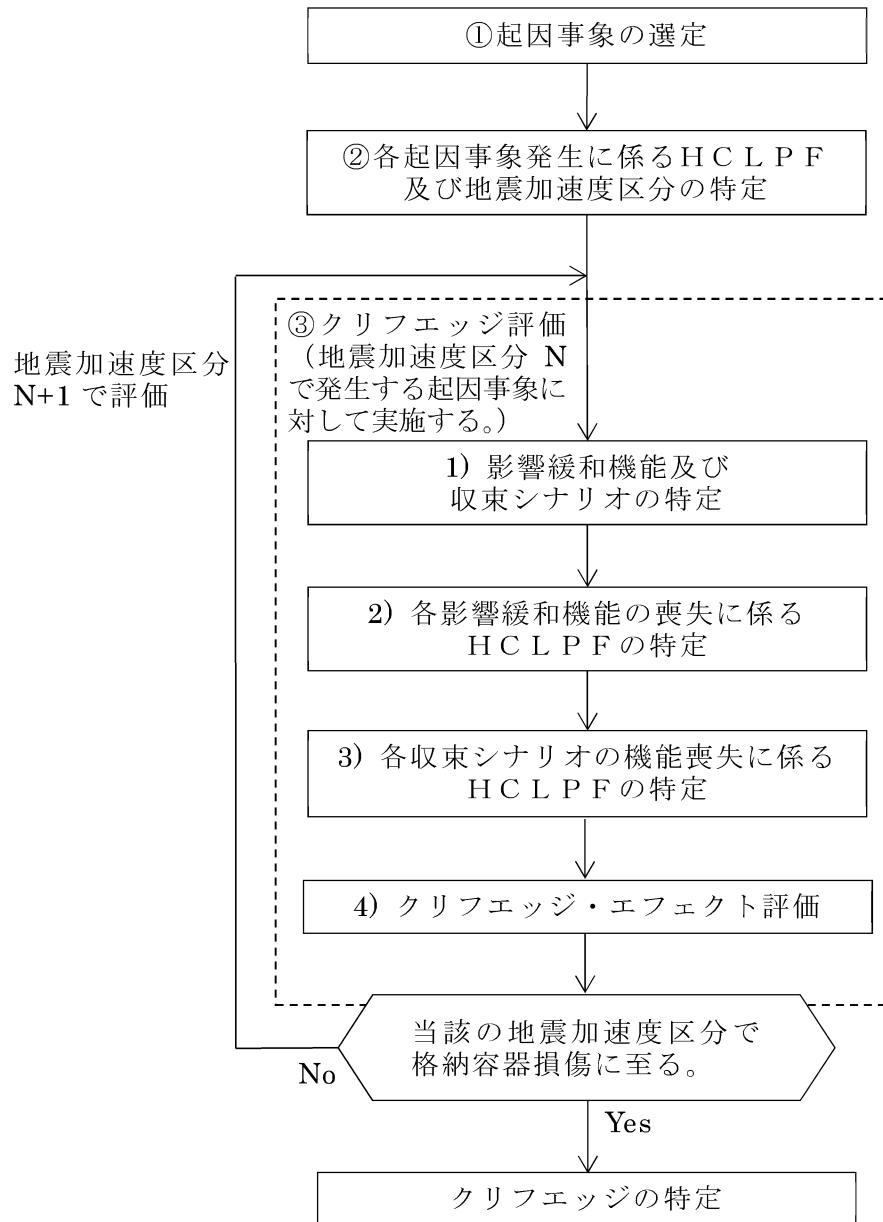
1.18G 以上の地震により「C V 機能喪失直結」の起因事象が新たに発生する。ここで、「C V 機能喪失直結」は、蒸気発生器 (格納容器バイパス) が損傷するため、事象緩和に期待できず直接炉心損傷に至ると評価される。(別紙 3.1.4.2.1(1)-16 参照)

よって、運転停止時の地震に係るクリフエッジは  
1.18G となる。

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 3.1.4.2.1.3 図参照）。



第 3.1.4.2.1.3 図 クリフエッジの特定に係るフロー図  
(地震：格納容器損傷)

#### ① 起因事象の選定

地震発生時の安全裕度評価における起因事象は、「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）」に示す地震P R Aの検討結果を踏まえて選定する。

#### ② 各起因事象発生に係るH C L P F及び地震加速度区分の特定

①項にて選定した各起因事象を引き起こす設備等とそのH C L P Fを、「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）」に示す地震P R Aの検討結果を踏まえて特定する。

また、この結果を踏まえ、発生する起因事象に対応する地震加速度区分を設定する。

#### ③ クリフエッジ評価

②項にて設定した地震加速度区分の小さい順に、各区分で発生する起因事象に対して以下の1)～4)の評価を実施するとともに、当該区分で格納容器損傷に至るかを評価する。ここで、当該区分で格納容器損傷に至らない場合は、次の地震加速度区分を対象とし、新たな起因事象が追加して発生することを考慮して、以下の1)～4)の評価を実施する。

評価対象の地震加速度区分において格納容器損傷に至る場合、起因事象に対する各収束シナリオの機能喪失に係るH C L P Fのうち、最も大きいものがクリフエッジの地震加速度となる。

##### 1) 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

当該の地震加速度区分で発生する起因事象に対し、「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）」に示す地震P R Aの検討結果を踏まえて、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H C L P F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、「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）」に示す地震PRAの検討結果を踏まえて特定する。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因事象のイベントツリーに対して、起因事象の発生及び各影響緩和機能の喪失による収束シナリオの変化を評価する。また、収束シナリオに変化を及ぼす起因事象の発生及び各影響緩和機能の喪失となるHCLPFが、各クリフエッジ・エフェクトの地震加速度となる。

## ii 評価結果

### ① 起因事象の選定結果

「3.1.4.2.1(1)a.(a) ii ① 起因事象の選定結果」と同様に、以下の11事象を選定した。

- ・主給水流量喪失
- ・外部電源喪失
- ・原子炉補機冷却水系の全喪失
- ・主蒸気管破断（主蒸気隔離弁上流）
- ・主蒸気管破断（主蒸気隔離弁下流）



- ・主給水管破断
- ・大破断 L O C A
- ・中破断 L O C A
- ・小破断 L O C A
- ・炉心損傷直結
- ・C V機能喪失直結

② 各起因事象発生に係る H C L P F 及び地震加速度区分の  
特定結果

「3.1.4.2.1(1)a.(a) ii ② 各起因事象発生に係る H C L P F 及び地震加速度区分の特定結果」より、各起因事象を引き起こす設備等とその H C L P F を第 3.1.4.2.1.5 表のとおり特定し、発生する起因事象に対応する地震加速度区分 1～8 は同表のとおり決まる。

第 3.1.4.2.1.5 表 各起因事象発生に係る H C L P F 及び地震加速度区分の  
特定結果

地震加速度区分		各加速度区分で追加して発生する起因事象	各起因事象を引き起こす設備等と H C L P F	
区分 1	0.95G 未満	主給水流量喪失	—	—
		外部電源喪失	—	—
区分 2	0.95～ 1.18G 未満	主給水管破断	蒸気発生器（2次冷却系の破断） （給水入口管台）	0.95G
区分 3	1.18～ 1.25G 未満	C V機能喪失直結	蒸気発生器（格納容器バイパス） （下部支持構造物サポートビーム）	1.18G
区分 4	1.25～ 1.30G 未満	小破断 L O C A	原子炉容器 （空気抜管台）	1.25G
区分 5	1.30～ 1.33G 未満	原子炉補機冷却水系の 全喪失	ほう酸回収装置蒸留液クーラ （胴板）	1.30G
		炉心損傷直結	1次冷却材管（Excess LOCA） （ホットレグ）	1.30G
区分 6	1.33～ 1.44G 未満	大破断 L O C A	加圧器 （上部支持構造物連結ボルト）	1.33G
区分 7	1.44～ 1.58G 未満	中破断 L O C A	低圧注入配管 （配管本体）	1.44G
		主蒸気管破断 （主蒸気隔離弁上流）	主蒸気ライン配管 （配管本体）	1.44G
区分 8	1.58G 以上	主蒸気管破断 （主蒸気隔離弁下流）	ソレノイド弁分電版	1.58G

③ クリフエッジ評価結果

クリフエッジの評価にあたっては「3.1.4.2.1(1)a.(a) ii ③ クリフエッジ評価結果」の結果より、区分 1 及び区分 2 では炉心損傷に至らないことから、区分 3 より評価を実施した。

イ) 地震加速度区分 3（1.18～1.25G 未満）に対する評価結果

1) 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

地震加速度区分 3 で発生する起因事象は、「C V機能喪失直結」である。

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。

ここで、当該地震加速度区分で発生する「C V機能喪失直結」は、蒸気発生器（格納容器バイパス）が損傷するため、事象緩和に期待できず直接炉心損傷及び格納容器損傷に至るシーケンスであるため、影響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H C L P Fの特定

1)項に記載したとおり、直接格納容器損傷に至ることから、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H C L P Fの特定

1)項に記載した通り、直接格納容器損傷に至ることから、収束シナリオはない。

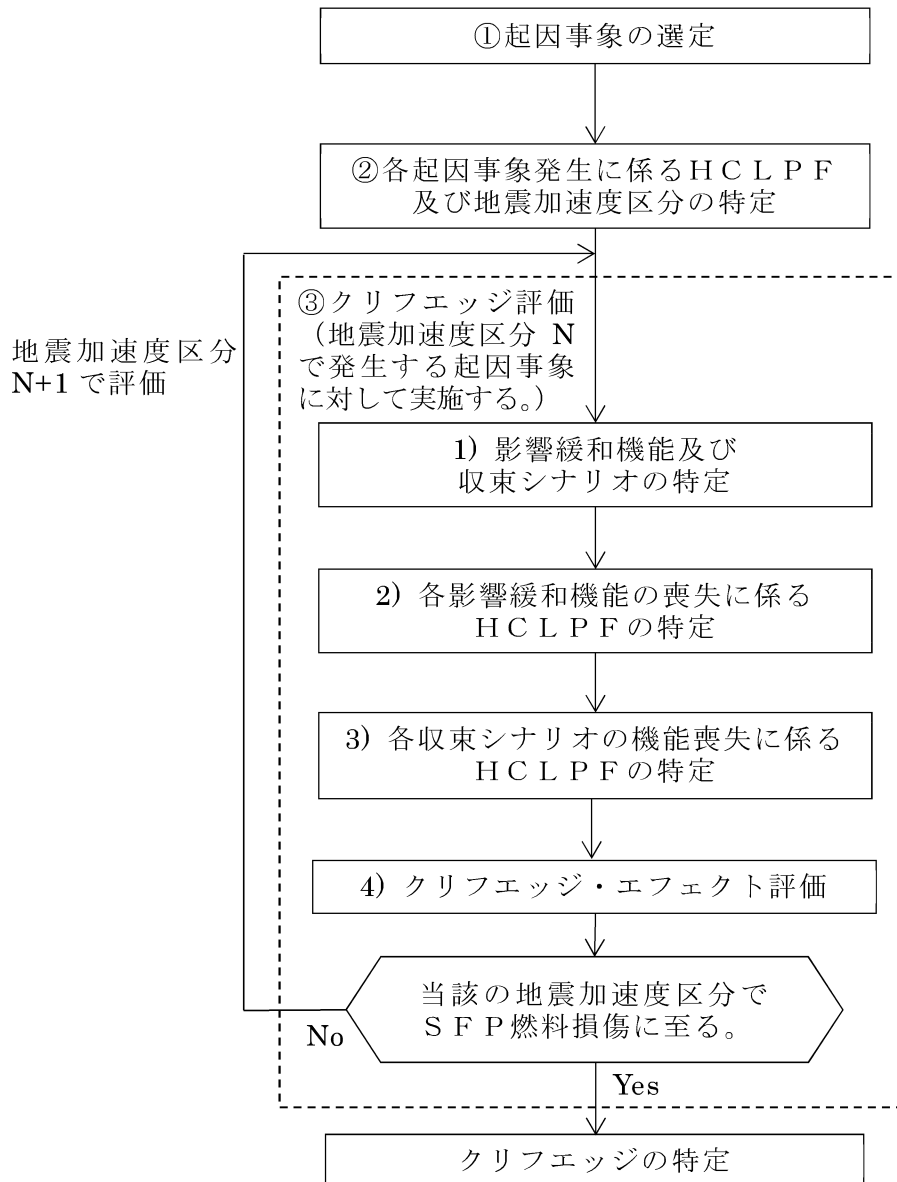
4) クリフエッジ・エフェクト評価

1.18G 以上の地震加速度により「C V機能喪失直結」が発生し、事象緩和に期待できず直接格納容器機能喪失に至ると評価されることから、これをクリフエッジとして特定した。（別紙 3.1.4.2.1(1)-16 参照）

c. 使用済燃料ピットの燃料損傷防止対策

i 評価方法

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、以下の評価を実施する（第 3.1.4.2.1.4 図参照）。



第 3.1.4.2.1.4 図 クリフエッジの特定に係るフロー図  
(地震：SFP燃料損傷)

#### ① 起因事象の選定

S F P の燃料の損傷に至る事象として、S F P 冷却系の機能喪失、S F P 保有水の流出を考慮する。S F P 冷却系の機能喪失の原因として、S F P ポンプ、S F P 冷却器等の故障及びS F P 冷却系の運転をサポートする機器の故障を考慮して、起因事象を選定する。また、S F P 保有水の流出原因として、S F P の本体損傷等を考慮する。

#### ② 各起因事象発生に係るH C L P F 及び地震加速度区分の特定

①項にて選定した各起因事象を引き起こす設備等とそのH C L P F を特定する。

また、この結果を踏まえ、発生する起因事象に対応する地震加速度区分を設定する。

#### ③ クリフエッジ評価

②項にて設定した地震加速度区分の小さい順に、各区分で発生する起因事象に対して以下の 1)～4) の評価を実施するとともに、当該区分でS F P 燃料の損傷に至るかを評価する。

ここで、当該区分でS F P 燃料の損傷に至らない場合は、次の地震加速度区分を対象とし、新たな起因事象が追加して発生することを考慮して、以下の 1)～4) の評価を実施する。

評価対象の地震加速度区分においてS F P 燃料損傷に至る場合、起因事象に対する各収束シナリオの機能喪失に係るH C L P F のうち、最も大きいものがクリフエッジの地震加速度となる。

##### 1) 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

当該の地震加速度区分で発生する起因事象に対し、影響緩和機能及び収束シナリオを特定する。

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

## ii 評価結果

### ① 起因事象の選定結果

地震発生時の安全裕度評価における起因事象については以下の4事象を選定した。

- ・外部電源喪失
- ・SFP冷却機能喪失
- ・原子炉補機冷却水系の全喪失
- ・SFP燃料損傷直結

### 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

各起回事象を引き起こす設備等とそのHCLPFを第3.1.4.2.1.6表のとおり特定した。

ここで、「外部電源喪失」については耐震B、Cクラス設備等の破損により発生することから、地震加速度の大きさによらず発生するものとした。

また、この結果を踏まえ、発生する起回事象に対応する地震加速度区分1～4は同表のとおり決まる。

第3.1.4.2.1.6表 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

地震加速度区分		各加速度区分で追加して発生する起回事象	各起回事象を引き起こす設備等とHCLPF	
区分1	1.30G未満	外部電源喪失	—	—
区分2	1.30～1.43G未満	原子炉補機冷却水系の全喪失	ほう酸回収装置蒸留液クーラ(胴板)	1.30G
区分3	1.43～1.53G未満	SFP燃料損傷直結	使用済燃料ピット	1.43G
区分4	1.53G以上	SFP冷却機能喪失	使用済燃料ピットポンプ 現場操作箱	1.53G

### ③ クリフエッジ評価結果

#### イ) 地震加速度区分1 (1.30G未満) に対する評価結果

##### 1) 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

地震加速度区分1で発生する起回事象である「外部電源喪失」について、別紙3.1.4.2.1(1)-10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通り。

- ・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、SFP冷却系による冷却が行われることにより安定、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ている状態で、収束シナリオ①で期待していたSFP冷却系による冷却に失敗した場合、燃料取替用水ポンプを用いてRWS Tのほう酸水をSFPに注水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、収束シナリオ①で期待していたSFP冷却系による冷却及び収束シナリオ②で期待していた燃料取替用水ポンプによる注水に失敗した場合、送水車を用いて海水をSFPに注水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④

起因事象発生の後、ディーゼル発電機の起動が失敗した場合、送水車を用いて海水をSFPに注水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)-11 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」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)-12 のとおり特定した。

4) クリフエッジ・エフェクト評価

「外部電源喪失」の起因事象が発生し、その収束シナリオは①～④の4種類となる。そして、地震加速度1.12G以上で収束シナリオ①、②の機能が喪失し、1.19G以上で収束シナリオ③の機能が喪失し、1.43G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することとなる。(別紙 3.1.4.2.1(1)-16 参照)

評価の結果、「外部電源喪失」が発生する地震加速度区分1(1.30G未満)においては、上記起因事象の収束シナリオ④に係るHCLPFが、1.30G以上であることから、収束シナリオが存在し、SFP燃料損傷に至ることはない。

よって、次の地震加速度区分2(1.30～1.43G未満)に対して評価を実施した。

ロ) 地震加速度区分2(1.30～1.43G未満)に対する評価結果

1) 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

地震加速度区分2において新たに追加して発生する起因事象である「原子炉補機冷却水系の全喪失」については、別紙 3.1.4.2.1(1)-13 のとおり、地震PRAの

イベントツリーを踏まえて、影響緩和機能及び収束シナリオを特定した。

なお、収束シナリオの詳細は以下の通り。

・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、燃料取替用水ポンプによる注水が行われることにより安定、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ている状態で、収束シナリオ①で期待していた燃料取替用水ポンプによる注水に失敗した場合、送水車を用いて海水をSFPに注水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起動が失敗した場合、送水車を用いて海水をSFPに注水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」、「原子炉補機冷却水系の全喪失」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)-15 のとおり特定した。

4) クリフエッジ・エフェクト評価

「原子炉補機冷却水系の全喪失」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、地震加速度 1.12G 以上で収束シナリオ①の機能が喪失し、1.19G 以上で収束シナリオ②の機能が喪失し、1.43G 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することとなる。(別紙 3.1.4.2.1(1)-16 参照)

評価の結果、「外部電源喪失」に加えて「原子炉補機冷却水系の全喪失」が発生する地震加速度区分 2 (1.30～1.43G 未満) においては、上記起因事象の収束シナリオ③に係るHCLPFが、1.43G 以上であることから、収束シナリオが存在し、SFP燃料損傷に至ることはない。

よって、次の地震加速度区分 3 (1.43～1.53G 未満) に対して評価を実施した。

ハ) 地震加速度区分 3 (1.43～1.53G 未満) に対する評価結果

1) 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

地震加速度区分 3 において新たに追加して発生する起因事象である「SFP燃料損傷直結」については、影響緩和機能に期待できず、直接SFP燃料の重大な損傷に至ることから、収束シナリオはない。

2) 各影響緩和機能の喪失に係るHCLPFの特定

1)項のとおり、直接SFP燃料損傷に至ることから、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HCLPFの特定

1)項のとおり、直接SFP燃料損傷に至ることから、収束シナリオはない。

4) クリフエッジ・エフェクト評価

1.43G 以上で使用済燃料ピットが損傷することで、「SFP燃料損傷直結」の起因事象が発生するが、1)項のとおり、SFPの保有水の喪失により、直接SFP燃料損傷に至ることから、収束シナリオはない。

よって、「SFP燃料損傷直結」のHCLPFである1.43G でSFP燃料損傷に至ると評価される。(別紙3.1.4.2.1(1)-16 参照)

ここで、「3.1.4.1.2(1) 各評価項目に対する共通的な前提条件及び留意事項」の c.項を踏まえ、発電用原子炉及び使用済燃料ピットが同時に影響を受けると想定すると、既に「3.1.4.2.1(1)b. ii 評価結果」にて評価した格納容器損傷防止策のクリフエッジである地震加速度 1.18G 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SFP注水(海水)の実施が困難になることが予想される。従って、使用済燃料ピット燃料損傷防止対策のクリフエッジは、格納容器損傷防止対策のクリフエッジと同じ地震加速度 1.18G と特定した。

参考資料に記載する。

各起因事象における収束シナリオ（地震：出力運転時炉心損傷（区分1））  
起因事象：外部電源喪失

参考資料に記載する。

フロントライン系とサポート系の関連表（地震：出力運転時炉心損傷（区分 1））  
起因事象：外部電源喪失

参考資料に記載する。

各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPF及びクリフェッジ評価（地震：出力運転時炉心損傷（区分1））  
起因事象：外部電源喪失

参考資料に記載する。

各起因事象における収束シナリオ（地震：出力運転時炉心損傷（区分2））  
起因事象：外部電源喪失及び主給水管破断



参考資料に記載する。

フロントライン系とサポート系の関連表（地震：出力運転時炉心損傷（区分2））  
起因事象：外部電源喪失及び主給水管破断

参考資料に記載する。

各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPF及びクリフェッジ評価（地震：出力運転時炉心損傷（区分2））  
起因事象：外部電源喪失及び主給水管破断

参考資料に記載する。

各起因事象における収束シナリオ（地震：運転停止時炉心損傷（区分1））  
起因事象：外部電源喪失

参考資料に記載する。

フロントライン系とサポート系の関連表（地震：運転停止時炉心損傷（区分 1））  
起因事象：外部電源喪失

参考資料に記載する。

各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPF及びクリフェッジ評価（地震：運転停止時炉心損傷（区分1））  
起因事象：外部電源喪失

参考資料に記載する。

各起因事象における収束シナリオ（地震：SFP燃料損傷（区分1））  
起因事象：外部電源喪失

参考資料に記載する。

フロントライン系とサポート系の関連表（地震：SFP燃料損傷（区分1））  
起因事象：外部電源喪失

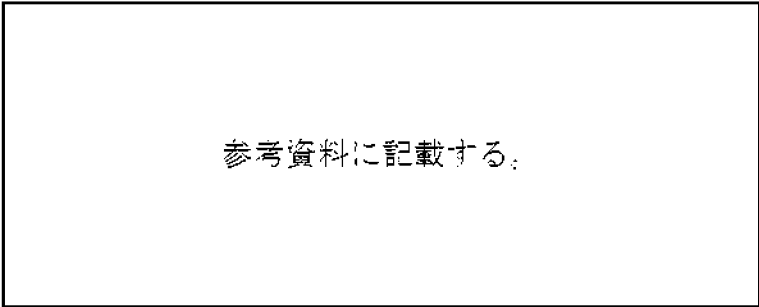
参考資料に記載する。

各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPF及びクリフェッジ評価（地震：SFP燃料損傷（区分1））  
起因事象：外部電源喪失



参考資料に記載する。

各起因事象における収束シナリオ（地震：SFP燃料損傷（区分2））  
起因事象：外部電源喪失及び原子炉補機冷却水系の全喪失



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2））  
起因事象：外部電源喪失及び原子炉補機冷却水系の全喪失

参考資料に記載する。

各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPF及びクリフェッジ評価（地震：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水系の全喪失

地震におけるクリフエッジ・エフェクト評価

参考資料に記載する。

#### 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。

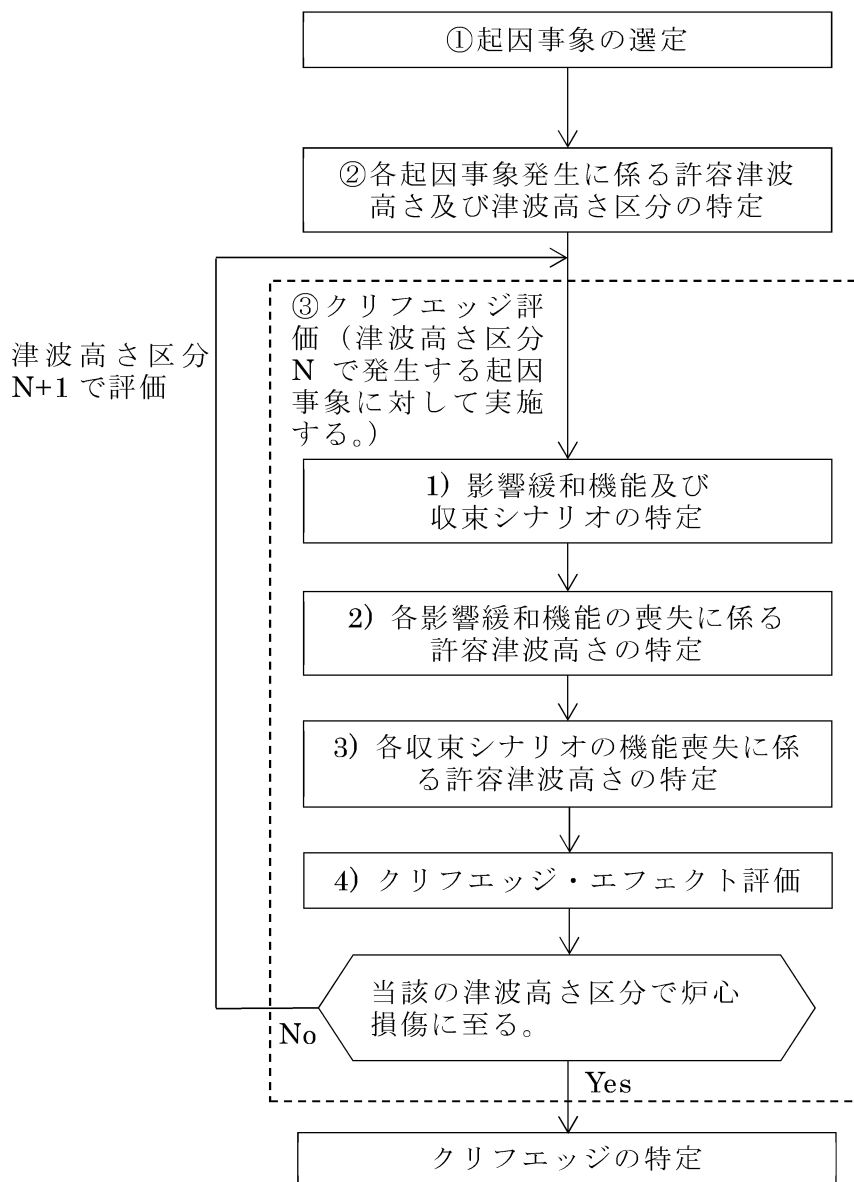
##### (1) 津波単独の評価

##### 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、以下の評価を実施する（第 3.1.4.2.2.1 図参照）。



第 3.1.4.2.2.1 図 クリフエッジの特定に係るフロー図

(津波：出力運転時炉心損傷)

① 起因事象の選定

津波発生時の安全裕度評価における起因事象は、「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)」に示す津波 P R A の検討結果を踏まえて選定する。

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

①項にて選定した各起因事象を引き起こす設備等とその許容津波高さを、「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）」に示す津波P R Aの検討結果を踏まえて特定する。

また、この結果を踏まえ、発生する起因事象に対応する津波高さ区分を設定する。

### ③ クリフエッジ評価

②項にて設定した津波高さ区分の小さい順に、各区分で発生する起因事象に対して以下の 1)～4)の評価を実施するとともに、当該区分で炉心損傷に至るかを評価する。

ここで、当該区分で炉心損傷に至らない場合は、次の津波高さ区分を対象とし、新たな起因事象が追加して発生することを考慮して、以下の 1)～4)の評価を実施する。

評価対象の津波高さ区分において炉心損傷に至る場合、起因事象に対する各収束シナリオの機能喪失に係る許容津波高さのうち、最も大きいものがクリフエッジの津波高さとなる。

#### 1) 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

当該の津波高さ区分で発生する起因事象に対し、「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）」に示す津波P R Aの検討結果を踏まえて、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、「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）」に示す津波P R Aの検討結果を踏まえて整理する。具体的には、影響緩和機能の機能喪失に係る許容津波高

さは、フロントライン系とサポート系の機能喪失に至る各々の許容津波高さのうち、小さい方となる。

### 3) 各収束シナリオの機能喪失に係る許容津波高さの特定

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

### 4) クリフエッジ・エフェクト評価

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

## ii 評価結果

### ① 起回事象の選定結果

津波発生時の安全裕度評価における起回事象については、「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）」に示す津波P R Aの検討結果を踏まえて、以下の4事象を選定した。

- ・外部電源喪失
- ・原子炉補機冷却海水系の全喪失
- ・炉心損傷直結（複数の信号系損傷）
- ・C V機能喪失直結（複数の信号系損傷）

なお、ここで津波P R Aと一部扱いが異なる起回事象について、「複数の信号系損傷」については、影響を明確化するために「炉心損傷直結」及び「C V機能喪失直結」



事象とした。

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

各起因事象を引き起こす設備等とその許容津波高さを第 3.1.4.2.2.1 表のとおり特定した。

また、この結果を踏まえ、発生する起因事象に対応する津波高さ区分 1～3 は同表のとおり決まる。

第 3.1.4.2.2.1 表 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

津波高さ区分		各津波高さ区分で追加して発生する起因事象	各起因事象を引き起こす設備等と許容津波高さ		備考
—	4.0m 未満	—	—	—	—
区分 1	4.0～6.0m 未満	外部電源喪失	起動変圧器 しゃ断器	4.0m	—
区分 2	6.0～10.1m 未満	原子炉補機冷却海水系の全喪失	海水ポンプ	6.0m	—
区分 3	10.1m 以上	炉心損傷直結 CV機能喪失直結	建屋シール等	10.1m	建屋内（CV内を除く）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、炉心損傷直結及びCV機能喪失直結となる。

③ クリフエッジ評価結果

イ) 津波高さ区分 1（4.0～6.0m 未満）に対する評価結果

### 1) 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

津波高さ区分1で発生する起因事象である「外部電源喪失」について、別紙3.1.4.2.2(1)-1のとおり、津波PRAのイベントツリーを踏まえ、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通り。

#### ・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ている状態で、電動また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。その後、充てん系によるほう酸の添加により未臨界性を確保した上で、主蒸気逃がし弁を中央制御室からの手動操作により開放し、2次系による冷却が行われる。加えて、加圧器逃がし弁による減圧操作により、1次系の温度、圧力を余熱除去系による冷却が可能な条件にまで低下させた後、余熱除去系を用いて1次系冷却を行う。この状態では未臨界性が確保された上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ている状態で、収束シナリオ①で期

待していた手段のいずれかに失敗した場合、充てん／高圧注入ポンプの起動及び加圧器逃がし弁の開放を中央制御室からの手動操作により行い、RWS Tのほう酸水を炉心へ注水し、1次系の冷却を行う。また、格納容器の圧力上昇により内部スプレポンプが起動し格納容器徐熱を行う。RWS Tの水位低下後、再循環切替を行い、余熱除去クーラ及び内部スプレクーラを用いて継続した1次系冷却を行う。この状態では未臨界性が確保された上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ている状態で、収束シナリオ②で期待していた内部スプレポンプを用いた再循環運転に失敗した場合、格納容器循環冷暖房ユニットによる格納容器内自然対流冷却を行う。この状態では未臨界性が確保された上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ている状態で、収束シナリオ②で期待していた内部スプレポンプの起動に失敗した場合、RWS Tの水位低下後、再循環切替を行い、余熱除去クーラを用いて継続した1次系冷却を行うとともに、格納容器循環冷暖房ユニットによる

格納容器内自然対流冷却を行う。この状態では未臨界性が確保された上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が失敗した場合、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。RCPシールLOCAが発生しない状態において、代替交流電源（空冷式非常用発電装置（SA）又は特重電源設備）により交流電源を復旧させた後、制御用空気系が使用できないことから主蒸気逃がし弁を現場の手動操作により開放し、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が失敗した場合、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。RCPシールLOCAが発生した状態において、代替交流電源（空冷式非常用発電装置（SA）又は特重電源設備）により交流電源を復旧させた後、制御用空気系が使用できないことか

ら主蒸気逃がし弁を現場の手動操作により開放し、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を水源とした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／高圧注入ポンプを用いた再循環運転、及び格納容器循環冷暖房ユニットを用いた格納容器内自然対流冷却を行う。この状態では未臨界性が確保された上で、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

「外部電源喪失」の収束シナリオ①～⑥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

津波高さ 4.0m 以上で「外部電源喪失」の起因事象

が発生し、その収束シナリオは①～⑥の 6 種類となる。そして、津波高さ 5.5m で①～④の機能が喪失し、建屋シール高さに該当する津波高さ 10.1m 以上で収束シナリオ⑤、⑥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することとなる。(別紙 3.1.4.2.2(1)-19 参照)

評価の結果、「外部電源喪失」が発生する津波高さ区分 1 (4.0~6.0m 未満) においては、上記起因事象の収束シナリオ⑤、⑥の機能喪失に係る津波高さが 10.1m 以上であることから、収束シナリオが存在し、炉心損傷に至ることはない。

よって、次の津波高さ区分 2 (6.0~10.1m 未満) に対して評価を実施した。

ロ) 津波高さ区分 2 (6.0~10.1m 未満) に対する評価結果

#### 1) 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

津波高さ区分 2 において新たに追加して発生する起因事象である「原子炉補機冷却海水系の全喪失」について、別紙 3.1.4.2.2(1)-4 のとおり、津波 P R A のイベントツリーを踏まえ、影響緩和機能及び収束シナリオを特定した。

なお、収束シナリオの詳細は以下の通り。

##### ・収束シナリオ①

起因事象発生の後、原子炉の停止に成功し、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。R C P シール L O C A が発生しない状態において、代替交流電源 (空冷式非常用発電装置 (S A) 又は特重電源設備) により交流電源を復旧させた後、制御用空気系が使用できないことから主蒸気逃がし弁を現場の手動操作により開放し、

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②

起因事象発生の後、原子炉の停止に成功し、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。RCPシールLOCAが発生した状態において、代替交流電源（空冷式非常用発電装置（SA）又は特重電源設備）により交流電源を復旧させた後、制御用空気系が使用できないことから主蒸気逃がし弁を現場の手動操作により開放し、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を水源とした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／高圧注入ポンプを用いた再循環運転、及び格納容器循環冷暖房ユニットを用いた格納容器内自然対流冷却を行う。この状態では未臨界性が確保された上で、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)-5 のとおり特定した。

3) 各収束シナリオの機能喪失に係る許容津波高さの特定

「外部電源喪失」、「原子炉補機冷却海水系の全喪失」の収束シナリオ①、②の機能喪失に係る許容津波高さについて、別紙 3.1.4.2.2(1)-6 のとおり特定した。

4) クリフエッジ・エフェクト評価

津波高さ 6.0m 以上で「原子炉補機冷却海水系の全喪失」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、建屋シール高さに該当する津波高さ 10.1m 以上で収束シナリオ①、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することとなる。(別紙 3.1.4.2.2(1)-19 参照)

評価の結果、「外部電源喪失」に加えて「原子炉補機冷却海水系の全喪失」が発生する津波高さ区分 2 (6.0~10.1m 未満) においては、上記起因事象の収束シナリオ①、②の機能喪失に係る津波高さが 10.1m 以上であることから、収束シナリオが存在し、炉心損傷に至ることはない。

よって、次の津波高さ区分 3 (10.1m 以上) に対して評価を実施した。



#### ハ) 津波高さ区分3 (10.1m 以上) に対する評価結果

##### 1) 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

津波高さ区分3において新たに追加して発生する起因事象は、「炉心損傷直結」及び「CV機能喪失直結」であり、建屋シール高さである10.1m以上の津波によって建屋内(CV内を除く)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、事象緩和に期待できず、炉心損傷に至るシーケンスであるため、影響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)項に記載した通り、事象緩和に期待できないことから、収束シナリオはない。

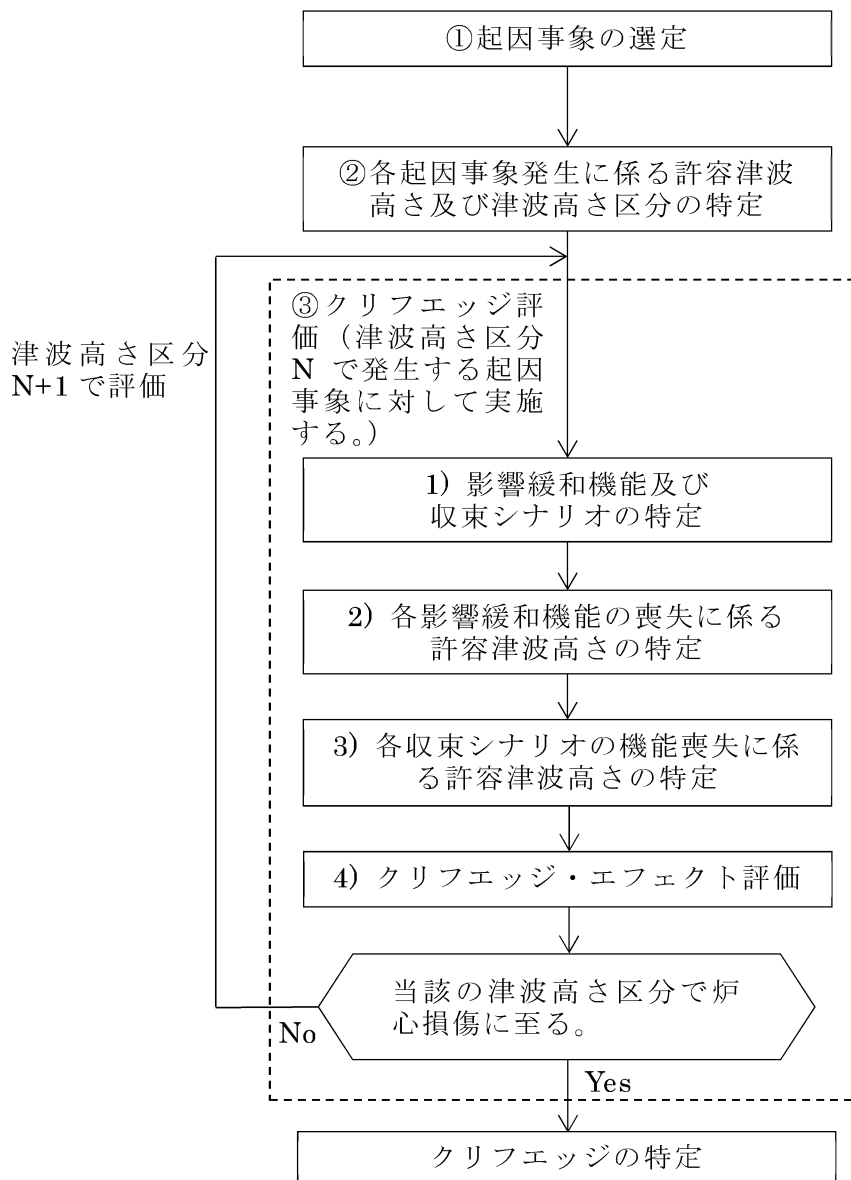
##### 4) クリフエッジ・エフェクト評価

10.1m以上の津波により「炉心損傷直結」の起因事象が新たに発生し、事象緩和に期待できず、直接炉心損傷に至ると評価されることから、これをクリフエッジとして特定した。(別紙3.1.4.2.2(1)-19参照)

(b) 運転停止時

i 評価方法

運転停止時の炉心損傷を防止するための措置について、崩壊熱が高く、1次系保有水量が少ない燃料取出前のミッドループ運転中を対象に、以下の評価を実施する（第3.1.4.2.2.2図参照）。



第 3.1.4.2.2.2 図 クリフェッジの特定に係るフロー図

(津波：運転停止時炉心損傷)

#### ① 起回事象の選定

津波発生時の安全裕度評価における起回事象は、「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）」に示す内部事象停止時P R A及び津波P R Aの検討結果を踏まえて選定する。

#### ② 各起回事象発生に係る許容津波高さ及び津波高さ区分の特定

①項にて選定した各起回事象を引き起こす設備等とその許容津波高さを特定する。

また、この結果を踏まえ、発生する起回事象に対応する津波高さ区分を設定する。

#### ③ クリフエッジ評価

②項にて設定した津波高さ区分の小さい順に、各区分で発生する起回事象に対して以下の 1)～4)の評価を実施するとともに、当該区分で炉心損傷に至るかを評価する。

ここで、当該区分で炉心損傷に至らない場合は、次の津波高さ区分を対象とし、新たな起回事象が追加して発生することを考慮して、以下の 1)～4)の評価を実施する。

評価対象の津波高さ区分において炉心損傷に至る場合、起回事象に対する各収束シナリオの機能喪失に係る許容津波高さのうち、最も大きいものがクリフエッジの津波高さとなる。

##### 1) 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

当該の津波高さ区分で発生する起回事象に対し、影響緩和機能及び収束シナリオを特定する。

##### 2) 各影響緩和機能の喪失に係る許容津波高さの特定

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

さは、フロントライン系とサポート系の機能喪失に至る各々の許容津波高さのうち、小さい方となる。

### 3) 各収束シナリオの機能喪失に係る許容津波高さの特定

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

### 4) クリフエッジ・エフェクト評価

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

## ii 評価結果

### ① 起回事象の選定結果

津波発生時の安全裕度評価における起回事象については、「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）」に示す内部事象停止時P R A及び津波P R Aの検討結果を踏まえて、以下のとおり検討した。

#### a) 津波P R Aにおける起回事象に対する検討

津波P R Aの起回事象のうち、運転停止時の津波に対する安全裕度評価で考慮すべき起回事象を第3.1.4.2.2.2表のとおり検討し、以下のとおり抽出した。

- ・ 外部電源喪失
- ・ 原子炉補機冷却海水系の全喪失
- ・ 複数の信号系損傷

b) 内部事象停止時 P R A における起因事象に対する検討

内部事象停止時 P R A の起因事象のうち、運転停止時の津波に対する安全裕度評価で考慮すべき起因事象を第 3.1.4.2.2.3 表のとおり検討し、以下のとおり抽出した。

- ・外部電源喪失
- ・原子炉補機冷却海水系の全喪失
- ・原子炉冷却材圧力バウンダリ機能喪失
- ・水位維持失敗
- ・余熱除去機能喪失
- ・反応度の誤投入

c) 運転停止時の津波に対する安全裕度評価で想定する起因事象の選定結果

運転停止時の津波に対する安全裕度評価の対象とする起因事象としては、a) 及び b) 項で抽出された起因事象を全て考慮することとし、以下の 7 事象を選定した。

- ・原子炉補機冷却海水系の全喪失
- ・外部電源喪失
- ・水位維持失敗
- ・余熱除去機能喪失
- ・反応度の誤投入
- ・炉心損傷直結（複数の信号系損傷）
- ・原子炉冷却材圧力バウンダリ機能喪失

第 3.1.4.2.2.2 表 津波 P R A における起因事象に対する検討

津波 P R A における起因事象	今回の安全裕度 評価における 想定要否	備考
外部電源喪失	○	—
原子炉補機冷却海水系の全 喪失	○	—
複数の信号系喪失	○	—

○：要、×：否

第 3.1.4.2.2.3 表 内部事象停止時 P R A における起因事象に対する検討

内部事象停止時 P R A における 起因事象	今回の安全裕度 評価における 想定要否	備考
加圧器逃し弁／安全弁 LOCA	×	ミッドループ運転中に発生することはないため想定不要とする。
原子炉冷却材圧力バウンダリ機能喪失	○	—
オーバードレン	×	安全裕度評価では津波時に運転員が誤操作することを想定していない。
水位維持失敗	○	—
余熱除去系機能喪失	○	—
原子炉補機冷却水系の 全喪失	×	配置情報に基づき「原子炉補機冷却海水系の全喪失」で代表する。
原子炉補機冷却水系の 部分喪失（A又はBヘッダ）	×	配置情報に基づき想定不要とする。
原子炉補機冷却水系の 部分喪失（Cヘッダ）	×	配置情報に基づき想定不要とする。
原子炉補機冷却海水系の 全喪失	○	—
原子炉補機冷却海水系の 部分喪失	×	配置情報に基づき想定不要とする。
外部電源喪失	○	—
安全系高圧交流母線の 部分喪失	×	部分喪失：配置情報に基づき想定不要とする。  全喪失：配置情報に基づき「複数の信号系損傷」で代表する。
安全系高圧交流母線の 全喪失	×	
安全系低圧交流母線の 部分喪失	×	
安全系低圧交流母線の 全喪失	×	
安全系直流母線の部分 喪失	×	
安全系直流母線の全喪 失	×	
制御用空気系の全喪失	×	配置情報に基づき「複数の信号系損傷」で代表する。
制御用空気系の部分喪 失	×	配置情報に基づき想定不要とする。
主給水流量喪失	×	ミッドループ運転中に発生することはないため想定不要とする。
反応度の誤投入	○	—

○：要、×：否

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

各起因事象を引き起こす設備等とその許容津波高さを第 3.1.4.2.2.4 表のとおり特定した。

また、この結果を踏まえ、発生する起因事象に対応する津波高さ区分 1～3 を同表のとおり設定した。

第 3.1.4.2.2.4 表 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

津波高さ区分	各津波高さ区分で追加して発生する起因事象	各起因事象を引き起こす設備等と許容津波高さ	備考	
—	4.0m 未満	—	—	
区分 1	4.0~6.0m 未満	外部電源喪失	起動変圧器しゃ断器 4.0m	
区分 2	6.0~10.1m 未満	原子炉補機冷却海水系の全喪失	海水ポンプ 6.0m	
区分 3	10.1m 以上	余熱除去機能喪失	建屋シール等 10.1m	建屋内（CV内を除く）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、炉心損傷直結となる。
		水位維持失敗		
		反応度の誤投入		
		炉心損傷直結		
	原子炉冷却材圧力バウンダリ機能喪失			

③ クリフエッジ評価結果

イ) 津波高さ区分 1（4.0~6.0m 未満）に対する評価結果

1) 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

津波高さ区分 1 で発生する起因事象である「外部電源喪失」について、別紙 3.1.4.2.2(1)-7 のとおり、影響緩和機能及び収束シナリオを特定した。

収束シナリオの特定においては、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通り。

・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、余熱除去系を用いて1次系冷却を行う。この状態では未臨界性が確保された上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ている状態で、余熱除去系による冷却に失敗した場合、充てん／高圧注入ポンプによりRWS Tのほう酸水を炉心へ注水し、1次系の冷却を行う。RWS Tの水位低下後、再循環切替を行い、内部スプレポンプを用いた代替再循環炉心冷却を行う。この状態では未臨界性が確保された上で、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③

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、余熱除去系による冷却及び充てん／高圧注入ポンプによる炉心注水に失敗した場合、恒設代替低圧注水ポンプによりRWS Tのほう酸水を炉心へ注水し、1次系の冷却を行う。RWS Tの水位低下後、再循環切替を行い、内部スプレポ

ンプを用いた代替再循環炉心冷却を行う。この状態では未臨界性が確保された上で、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、ディーゼル発電機の起動が失敗した場合、代替交流電源（空冷式非常用発電装置（SA）又は特重電源設備）により交流電源を復旧させた後、恒設代替低圧注水ポンプにより R W S T のほう酸水を炉心へ注水し、1次系の冷却を行う。大容量ポンプによる補機冷却機能回復後に、余熱除去ポンプを用いた再循環運転、及び格納容器循環冷暖房ユニットを用いた格納容器内自然対流冷却を行う。この状態では未臨界性が確保された上で、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)-8 のとおり特定した。

3) 各収束シナリオの機能喪失に係る許容津波高さの特定

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

4) クリフエッジ・エフェクト評価

4.0m 以上の津波で「外部電源喪失」の起因事象が発生し、その収束シナリオは①～④の 4 種類となる。そして、津波高さ 5.5m 以上で収束シナリオ①～③の機能が喪失し、建屋シール高さに該当する津波高さ 10.1m 以上で収束シナリオ④が機能喪失することで、全ての収束シナリオが機能喪失することとなる。(別紙 3.1.4.2.2(1)-19 参照)

評価の結果、「外部電源喪失」が発生する津波高さ区分 1 (4.0~6.0m 未満) においては、上記起因事象の収束シナリオ④の機能喪失に係る津波高さが 10.1m 以上であることから、収束シナリオが存在し、炉心損傷に至ることはない。

よって、次の津波高さ区分 2 (6.0~10.1m 未満) に対して評価を実施した。

ロ) 津波高さ区分 2 (6.0~10.1m 未満) に対する評価結果

#### 1) 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

津波高さ区分 2 において新たに追加して発生する起因事象である「原子炉補機冷却海水系の全喪失」について、別紙 3.1.4.2.2(1)-10 のとおり、津波 P R A のイベントツリーを踏まえ、影響緩和機能及び収束シナリオを特定した。

なお、収束シナリオの詳細は以下の通り。

##### ・収束シナリオ①

起因事象発生の後、代替交流電源(空冷式非常用発電装置(SA)又は特重電源設備)により交流電源を復旧させた後、恒設代替低圧注水ポンプにより R W S T のほう酸水を炉心へ注水し、1次系の冷却を行う。大容量ポンプによる補機冷却機能回復後に、余熱除去ポンプを用いた再循環運転、及び格納容器

循環冷暖房ユニットを用いた格納容器内自然対流冷却を行う。この状態では未臨界性が確保された上で、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)-11 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

「外部電源喪失」、「原子炉補機冷却海水系の全喪失」の収束シナリオ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)-12 のとおり特定した。

#### 4) クリフエッジ・エフェクト評価

津波高さ 6.0m 以上で「原子炉補機冷却海水系の全喪失」の起因事象が新たに発生し、その収束シナリオは①のみとなる。そして、建屋シール高さに該当する津波高さ 10.1m 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することとなる。(別紙 3.1.4.2.2(1)-19 参照)

評価の結果、「外部電源喪失」に加えて「原子炉補機冷却海水系の全喪失」が発生する津波高さ区分 2 (6.0~10.1m 未満) においては、上記起因事象の収束シナリオ①の機能喪失に係る津波高さが 10.1m 以上であることから、収束シナリオが存在し、炉心損傷に至ることはない。

よって、次の津波高さ区分3（10.1m 以上）に対して評価を実施した。

#### ハ) 津波高さ区分3（10.1m 以上）に対する評価結果

##### 1) 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

津波高さ区分3において新たに追加して発生する起因事象は、「余熱除去機能喪失」、「水位維持失敗」、「反応度の誤投入」、「原子炉冷却材圧力バウンダリ機能喪失」「炉心損傷直結」である。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から収束シナリオは作成していない。「余熱除去機能喪失」、「水位維持失敗」、「反応度の誤投入」、「原子炉冷却材圧力バウンダリ機能喪失」は影響緩和機能に期待できるものの、同時に「炉心損傷直結」が発生していることから、影響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)項のとおり、津波高さ10.1m 以上では、「原子炉補機冷却海水系の全喪失」及び「外部電源喪失」の起因事象に係る収束シナリオの機能は喪失する。

##### 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

1)項に記載した通り、事象緩和に期待できないことから、収束シナリオはない。

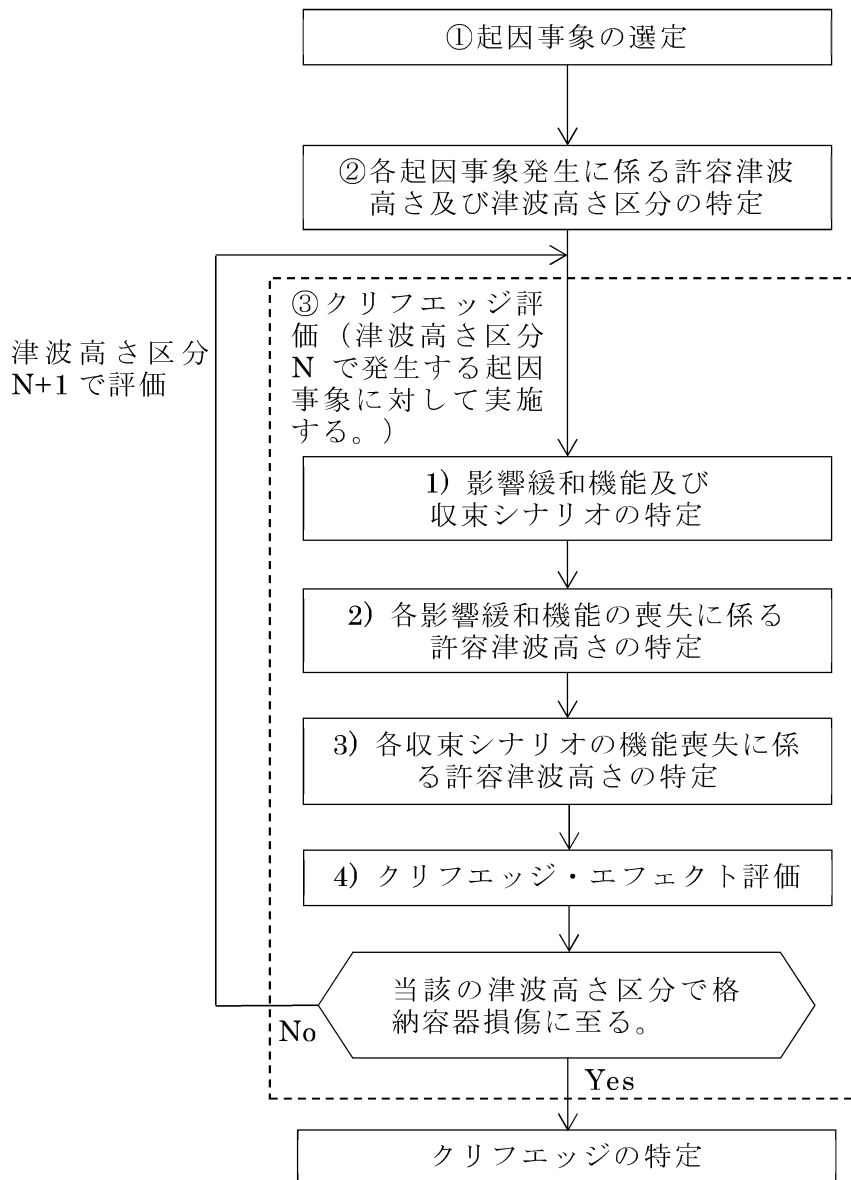
##### 4) クリフエッジ・エフェクト評価

建屋シール高さに該当する津波高さ10.1m 以上の津波により「炉心損傷直結」の起因事象が新たに発生し、事象緩和に期待できず、直接炉心損傷に至ると評価されることから、これをクリフエッジとして特定した。（別紙3.1.4.2.2(1)-19参照）

b. 格納容器損傷防止対策

i. 評価方法

格納容器損傷を防止するための措置について、以下の評価を実施する（第 3.1.4.2.2.3 図参照）。



第 3.1.4.2.2.3 図 クリフエッジの特定に係るフロー図

(津波：格納容器損傷)

#### ① 起因事象の選定

津波発生時の安全裕度評価における起因事象は、「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）」に示す津波P R Aの検討結果を踏まえて選定する。

#### 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

①項にて選定した各起因事象を引き起こす設備等とその許容津波高さを、「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）」に示す津波P R Aの検討結果を踏まえて特定する。

また、この結果を踏まえ、発生する起因事象に対応する津波高さ区分を設定する。

#### ③ クリフエッジ評価

②項にて設定した津波高さ区分の小さい順に、各区分で発生する起因事象に対して以下の 1)～4)の評価を実施するとともに、当該区分で格納容器損傷に至るかを評価する。

ここで、当該区分で格納容器損傷に至らない場合は、次の津波高さ区分を対象とし、新たな起因事象が追加して発生することを考慮して、以下の 1)～4)の評価を実施する。

評価対象の津波高さ区分において格納容器損傷に至る場合、起因事象に対する各収束シナリオの機能喪失に係る許容津波高さのうち、最も大きいものがクリフエッジの津波高さとなる。

##### 1) 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

当該の津波高さで発生する起因事象に対し、「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）」に示す津波P R Aの検討結果を踏まえて、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、「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）」に示す津波P R Aの検討結果を踏まえて特定する。具体的には、影響緩和機能の機能喪失に係る許容津波高さは、フロントライン系とサポート系の機能喪失に至る各々の許容津波高さのうち、小さい方となる。

### 3) 各収束シナリオの機能喪失に係る許容津波高さの特定

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

### 4) クリフエッジ・エフェクト評価

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

## ii 評価結果

### ① 起因事象の選定結果

「3.1.4.2.2(1)a.(a) ii ①起因事象の選定結果」と同様に、以下の4事象を選定した。

- ・外部電源喪失
- ・原子炉補機冷却海水系の全喪失
- ・炉心損傷直結（複数の信号系損傷）
- ・C V機能喪失直結（複数の信号系損傷）

### 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

「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」より、各起因事象を引き起こす設備等とその許容津波高さを第 3.1.4.2.2.5 表のとおり特定し、発生する起因事象に対応する津波高さ区分 1～3 は同表のとおり決まる。

第 3.1.4.2.2.5 表 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

津波高さ区分		各津波高さ区分で追加して発生する起因事象	各起因事象を引き起こす設備等と許容津波高さ	備考
—	4.0m 未満	—	—	—
区分 1	4.0～6.0m 未満	外部電源喪失	起動変圧器 しゃ断器	4.0m —
区分 2	6.0～10.1m 未満	原子炉補機冷却海水系の全喪失	海水ポンプ	6.0m —
区分 3	10.1m 以上	炉心損傷直結 C V機能喪失直結	建屋シール等	10.1m 建屋内（C V内を除く）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、炉心損傷直結及びC V機能喪失直結となる。

③ クリフエッジ評価結果

クリフエッジの評価にあたっては「3.1.4.2.2(1)a.(a) ii ③ クリフエッジ評価結果」より、区分 1 及び区分 2 では炉心

損傷に至らないことから、区分3より評価を実施した。

イ) 津波高さ区分3 (10.1m 以上) に対する評価結果

1) 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

津波高さ区分3では、「外部電源喪失」、「原子炉補機冷却機能喪失」、「炉心損傷直結」及び「CV機能喪失直結」が起因事象となる。これらのうち「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から収束シナリオは作成していない。「外部電源喪失」及び「原子炉補機冷却機能喪失」は影響緩和機能に期待できるものの、同時に「CV機能喪失直結」が発生していることから、影響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、直接格納容器損傷に至ることから、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)項のとおり、直接格納容器機能喪失に至ることから、収束シナリオはない。

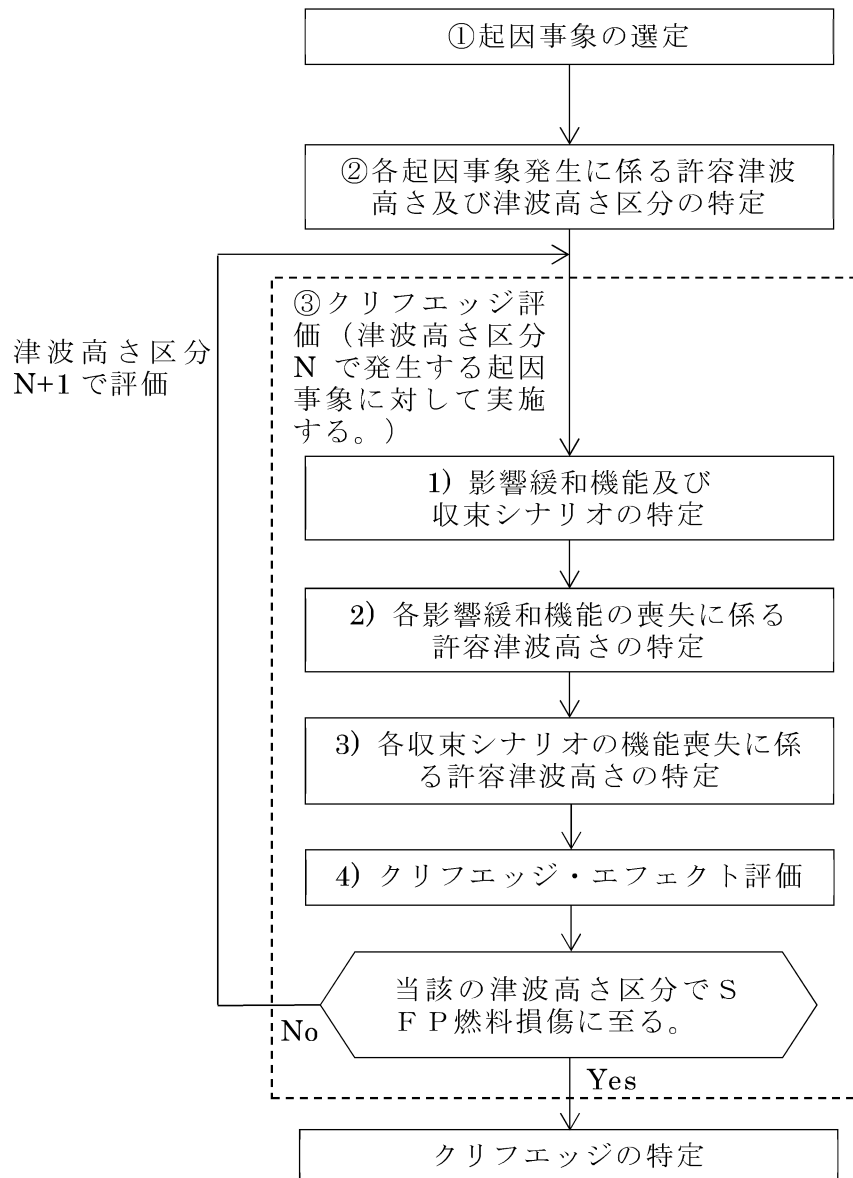
4) クリフエッジ・エフェクト評価

建屋シール高さに該当する津波高さ 10.1m 以上の津波により「CV機能喪失直結」の起因事象が新たに発生し、事象緩和に期待できず直接格納容器機能喪失に至ると評価されることから、これをクリフエッジとして特定した。(別紙 3.1.4.2.2(1)-19 参照)

c. 使用済燃料ピットの燃料損傷防止対策

i 評価方法

S F Pにある燃料の損傷を防止するための措置について、以下の評価を実施する（第 3.1.4.2.2.4 図参照）。



第 3.1.4.2.2.4 図 クリフエッジの特定に係るフロー図（津波：S F P 燃料損傷）

#### ① 起回事象の選定

S F P の燃料の損傷に至る事象として、S F P 冷却系の機能喪失、S F P 保有水の流出を考慮する。S F P 冷却系の機能喪失の原因として、S F P ポンプ・S F P 冷却器等の故障及びS F P 冷却系の運転をサポートする機器の故障を考慮して、起回事象を選定する。なお、S F P 保有水の流出原因として、S F P の本体損傷等が考えられるものの、津波を起因としてS F P が破損することは考えにくいいため、起回事象としては考慮しない。

#### ② 各起回事象発生に係る許容津波高さ及び津波高さ区分の特定

①項にて選定した各起回事象を引き起こす設備等とその許容津波高さを特定する。

また、この結果を踏まえ、発生する起回事象に対応する津波高さ区分を設定する。

#### ③ クリフエッジ評価

②項にて設定した津波高さ区分の小さい順に、各区分で発生する起回事象に対して以下の 1)～4) の評価を実施するとともに、当該区分でS F P 燃料の損傷に至るかを評価する。

ここで、当該区分でS F P 燃料の損傷に至らない場合は、次の津波高さ区分を対象とし、新たな起回事象が追加して発生することを考慮して、以下の 1)～4) の評価を実施する。

評価対象の津波高さ区分においてS F P 燃料損傷に至る場合、起回事象に対する各収束シナリオの機能喪失に係る許容津波高さのうち、最も大きいものがクリフエッジの津波高さとなる。

##### 1) 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

当該の津波高さで発生する起回事象に対し、影響緩和機能及び収束シナリオを特定する。

## 2) 各影響緩和機能の喪失に係る許容津波高さの特定

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

## 3) 各収束シナリオの機能喪失に係る許容津波高さの特定

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

## 4) クリフエッジ・エフェクト評価

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

### ii 評価結果

#### ① 起因事象の選定結果

津波発生時の安全裕度評価における起因事象については、以下の3事象を選定した。

- ・外部電源喪失
- ・原子炉補機冷却海水系の全喪失
- ・SFP冷却機能喪失

#### 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

各起因事象を引き起こす設備等とその許容津波高さを第 3.1.4.2.2.6 表のとおり特定した。

また、この結果を踏まえ、発生する起因事象に対応する津波高さ区分 1、2 は同表のとおり決まる。

第 3.1.4.2.2.6 表 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

津波高さ区分		各津波高さ区分で追加して発生する起因事象	各起因事象を引き起こす設備等と許容津波高さ	備考	
—	4.0m 未満	—	—	—	
区分 1	4.0～6.0m 未満	外部電源喪失	起動変圧器 しゃ断器	4.0m	—
区分 2	6.0m 以上	原子炉補機冷却海水系の全喪失 (SFP冷却機能喪失)	海水ポンプ	6.0m	「原子炉補機冷却海水系の全喪失」の発生に伴い SFP 冷却器の冷却機能が喪失するため、従属的に「SFP冷却機能喪失」が発生する

### ③ クリフエッジ評価結果

#### イ) 津波高さ区分 1 (4.0~6.0m 未満) に対する評価結果

##### 1) 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

津波高さ区分 1 で発生する起因事象である「外部電源喪失」について、別紙 3.1.4.2.2(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通り。

・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、SFP冷却系による冷却が行われることにより安定、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ている状態で、収束シナリオ①で期待していたSFP冷却系に冷却に失敗した場合、燃料取替用水ポンプを用いてRWS Tのほう酸水をSFPに注水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、収束シナリオ①で期待していたSFP冷却系による冷却及び収束シナリオ②で期待していた燃料取替用水ポンプによる注水に失敗した場合、送水車を用いて海水をSFPに注水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④

起因事象発生の後、ディーゼル発電機の起動が失敗した場合、送水車を用いて海水をSFPに注

水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)-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許容津波高さの特定

「外部電源喪失」の収束シナリオ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)-15 のとおり特定した。

## 4) クリフエッジ・エフェクト評価

津波高さ 4.0m 以上で「外部電源喪失」の起因事象が発生し、その収束シナリオは①～④の 4 種類となる。そして、津波高さ 5.5m 以上で収束シナリオ①～③の機能が喪失し、津波高さ 10.1m 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することとなる。(別紙 3.1.4.2.2(1)-19 参照)

評価の結果、「外部電源喪失」が発生する津波高さ区分 1 (4.0～6.0m 未満) においては、上記起因事象の収束シナリオ④の機能喪失に係る津波高さが 10.1m 以上であることから、収束シナリオが存在し、SFP 燃料損傷に至ることはない。

よって、次の津波高さ区分 2 (6.0m 以上) に対して評価を実施した。

## ロ) 津波高さ区分 2 (6.0m 以上) に対する評価結果



### 1) 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

津波高さ区分2において新たに追加して発生する起因事象である「原子炉補機冷却海水系の全喪失」及び「SFP冷却機能喪失」について、別紙 3.1.4.2.2(1)-16 のとおり、影響緩和機能及び収束シナリオを特定した。

ここで、「原子炉補機冷却海水系の全喪失」に対して、「SFP冷却機能喪失」が従属的に発生する場合であっても、原子炉補機冷却水を必要としない緩和機能に期待できれば、燃料を安定、継続的に冷却することができるため、別紙 3.1.4.2.2(1)-16 に示すとおり「原子炉補機冷却海水系の全喪失」の緩和機能に対して評価を実施することとした。

なお、収束シナリオの詳細は以下の通り。

#### ・収束シナリオ①

起因事象発生の後、送水車を用いて海水をSFPに注水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)-17 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

「外部電源喪失」、「原子炉補機冷却海水系の全喪失」の収束シナリオの機能喪失に係る許容津波高さについて

て、別紙 3.1.4.2.2(1)-18 のとおり特定した。

#### 4) クリフエッジ・エフェクト評価

津波高さ 6.0m 以上で「原子炉補機冷却海水系の全喪失」の起因事象が新たに発生し、その収束シナリオは①のみである。そして、津波高さ 10.1m 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することとなる。(別紙 3.1.4.2.2(1)-19 参照)

評価の結果、「外部電源喪失」に加えて「原子炉補機冷却海水系の全喪失」が発生する津波高さ区分 2 (6.0m 以上) においては、上記起因事象の収束シナリオ①の機能喪失に係る津波高さが 10.1m 以上であることから、これをクリフエッジとして特定した。(別紙 3.1.4.2.2(1)-19 参照)。

## (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」の結果を踏まえ、基準津波の評価地点である 3 号機取水口前での津波高さ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津波高さである **E.L.+10.1m**（建屋シール高さに該当）となる仮想的な津波を入力条件として設定した。

津波の波源は基準津波と同じ、若狭海丘列付近断層と隠岐トラフ海底地すべり（エリア B）の重畳とし、発電所に到来する津波高さが 3 号機取水口前で **E.L.+10.1m** となるように基準津波の波形を比例倍して、遡上解析で考慮する津波を設定した。

津波の計算は非線形長波理論に基づき、平面二次元の差分法を用いて数値シミュレーションを行った。数値シミュレーションの計算条件を第 3.1.4.2.2.7 表、計算格子分割を第 3.1.4.2.2.5 図に示す。また、遡上解析で想定する入力津波の時刻歴波形を第 3.1.4.2.2.6 図に示す。

#### (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 3.1.4.2.2.7 図に最高水位分布を示す。

遡上波の最高水位は、3 号機建屋周辺において約 **E.L.+10.8m** となった。

#### (c) クリフエッジシナリオへの影響の評価

津波に対する安全裕度評価の結果においては、一様に広が

る津波が水密扉及び貫通部止水処置等の施工高さである E.L. +10.1m 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。

しかし、遡上解析の結果、3号機建屋周辺での遡上津波の高さは約 E.L.+10.8m であることから、クリフエッジ津波高さを上回ってしまい、炉心損傷や格納容器損傷を回避できなくなる可能性がある。

よって、3号機建屋周辺で遡上波の高さが E.L.+10.1m となるような遡上津波を再設定し、その遡上津波における3号機取水口前での津波高さを求めるとともに、当該津波がプラントに及ぼす影響について再評価を行う。

#### (d) 遡上解析で考慮する津波の再設定

津波の波源は基準津波と同じ、若狭海丘列付近断層と隠岐トラフ海底地すべり（エリアB）の重畳とし、発電所に到来する津波高さが3号機建屋周辺で E.L.+10.1m となるように基準津波の波形を比例倍して、遡上解析で考慮する津波を設定した。

津波の計算は非線形長波理論に基づき、平面二次元の差分法を用いて数値シミュレーションを行った。数値シミュレーションの計算条件及び計算格子分割は(a)項の条件と同一とする。また、遡上解析で想定する入力津波の時刻歴波形を第 3.1.4.2.2.8 図に示す。

#### (e) 敷地周辺の遡上・浸水域の再評価結果

遡上解析結果のうち、第 3.1.4.2.2.9 図に最高水位分布を、第 3.1.4.2.2.10 図に最大浸水深分布を、第 3.1.4.2.2.11 図に3号機建屋周辺で遡上波の高さが最大となる時刻付近の流速ベクトル分布を示す。

3号機取水口前における遡上津波の高さは約 E.L.+9.4m と

なった。

(f) 遡上を考慮したクリフエッジ津波高さ

上記における遡上解析の結果、3号機取水口前で E.L.+10.1m の津波が発電所に到来した場合、津波が遡上することで3号機建屋周辺での最大津波高さは E.L.+10.8m となり、クリフエッジ津波高さである E.L.+10.1m（建屋シール高さに該当）を超えることとなる。3号機建屋周辺で E.L.+10.1m の高さとなる遡上津波は、3号機取水口前での津波高さは E.L.+9.4m であることから、遡上を踏まえたクリフエッジ津波高さを E.L.+9.4m とする。

(g) クリフエッジシナリオへの影響の再評価

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

第 3.1.4.2.2.8 表に、主な設備等における遡上波の高さを示す。解析条件の通り、3号機建屋周辺での遡上波の高さは E.L.+10.1m であり、水密扉及び貫通部止水処置はこれと同等の高さの静水圧に耐えられる設計であることから、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。

b) 漂流物による影響

第 3.1.4.2.2.8 表に示した遡上波の流速は、3号機建屋周辺で最大約 5.0m/s である。また、前述のように、3号機建屋周辺の遡上波の高さは最大で約 E.L.+10.1m 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ものについては、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等を考慮した結果、漂流物による建屋内機器への影響はない。

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3.1.4.2.2.12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又は保管されていることから、影響はない。

なお、「3.1.4.2.2(1) 津波の単独評価」における「3.1.4.2.2.(1)a.(a) ii 評価結果」、「3.1.4.2.2.(1)a.(b) ii 評価結果」、「3.1.4.2.2.(1)b. ii 評価結果」及び「3.1.4.2.2.(1)c. ii 評価結果」を踏まえて整理した防護すべき屋外機器（第3.1.4.2.2.12図）のうち、エリアcに保管されている「燃料油貯蔵タンク」は津波遡上の影響を受ける。ただし、これらのタンクは地下に埋設し密閉されているため、津波遡上により損傷せず、津波が敷地内から引いた後に使用可能である。

第 3.1.4.2.2.7 表 数値シミュレーションの主な計算条件

項目	計算条件
計算時間間隔	0.025 秒
計算領域	美浜発電所周辺（南北約 49.5km、東西約 88.2km）
格子分割サイズ	150m→50m→25m→12.5m→6.25m→3.125m
基礎方程式	非線形長波理論式及び連続式（後藤・小川(1982)）
境界条件	沖側境界：自由透過の条件（後藤・小川(1982)） 陸側境界：完全反射条件（敷地外） 遡上条件（敷地内）
潮位条件	E.L.+0.48m（朔望平均満潮位）
海底摩擦係数	マンニングの粗度係数 $n=0.030\text{m}^{-1/3}\cdot\text{s}$ （土木学会(2016)）
水平渦動粘性係数	$0.0\text{m}^2/\text{s}$
地殻変動量	考慮しない
計算時間	地震発生後 3 時間まで

基礎方程式：非線形長波理論式及び連続式（後藤・小川(1982)）

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} - K_h \left( \frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} \right) + \frac{gn^2}{D^{7/3}} M \sqrt{M^2 + N^2} = 0$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{N^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} - K_h \left( \frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right) + \frac{gn^2}{D^{7/3}} N \sqrt{M^2 + N^2} = 0$$

ここに、 $t$ ：時間、 $x$ 、 $y$ ：平面座標、

$\eta$ ：静水面から鉛直上方にとった水位変動量、

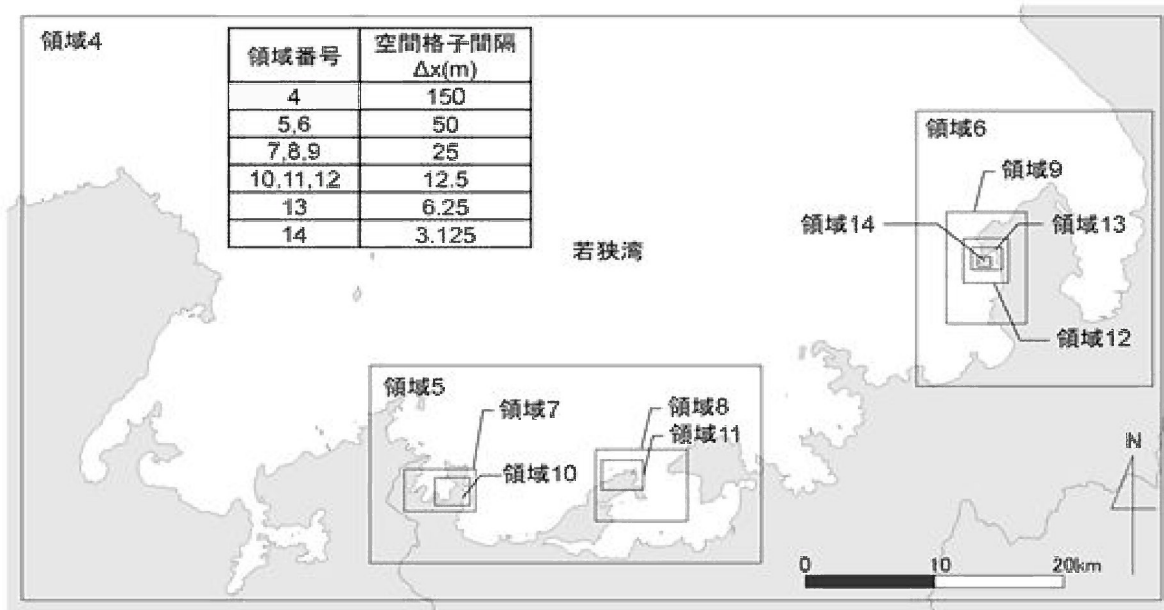
$M$ ： $x$  方向の線流量、 $N$ ： $y$  方向の線流量、 $h$ ：静水深、

$D$ ：全水深( $D=h+\eta$ )、 $g$ ：重力加速度、

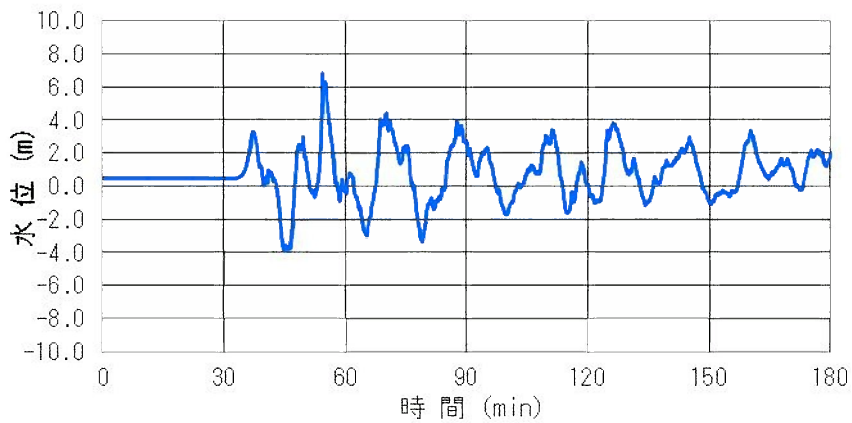
$K_h$ ：水平渦動粘性係数、 $n$ ：マンニングの粗度係数

第 3.1.4.2.2.8 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(E.L.m)	遡上波の流速(m/s)
3号機取水口前	9.4	—
3号機建屋周辺	10.1	5.0



第 3.1.4.2.2.5 図 数値シミュレーションの計算格子分割



第 3.1.4.2.2.6 図 遡上解析で想定する入力津波の時刻歴波形

(3号機放水口前から約 2km 離れた海域 (水深 50m 地点))

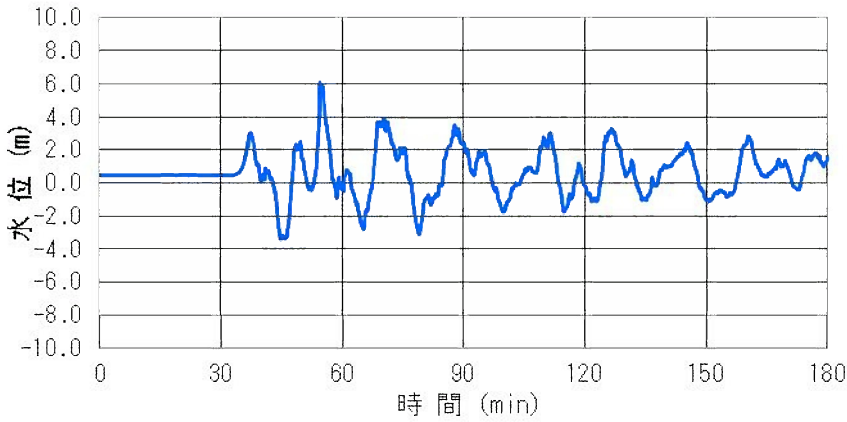
(3号機取水口前潮位 : E.L.10.1m)

(初期潮位 : E.L.+0.48m)



参考資料に記載する。

第 3.1.4.2.2.7 図 最高水位分布  
(3号機取水口前潮位 : E.L. + 10.1m)



第 3.1.4.2.2.8 図 遡上解析で想定する入力津波の時刻歴波形  
(3号機放水口前から約 2km 離れた海域 (水深 50m 地点) )  
(3号機取水口前潮位 : E.L. + 9.4m)  
(初期潮位 : E.L. + 0.48m)

参考資料に記載する。

第 3.1.4.2.2.9 図 最高水位分布  
(3号機取水口前潮位 : E.L. + 9.4m)

参考資料に記載する。

第 3.1.4.2.2.10 図 最大浸水深分布  
(3号機取水口前潮位 : E.L.+9.4m)

参考資料に記載する。

第 3.1.4.2.2.11 図 流速ベクトル分布  
(3号機取水口前潮位 : E.L.+9.4m)

参考資料に記載する。

第 3.1.4.2.2.12 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 **10.1m** 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、基準津波の評価地点である3号機取水口前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、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、**9.4m** と特定された。

以上より、「(1) 津波単独の評価」でのクリフエッジ津波高さ **10.1m** よりも「(2) 遡上解析による検証」でのクリフエッジ津波高さ **9.4m** の方が低くなることを踏まえて、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、**9.4m** とする。

参考資料に記載する。

各起因事象における収束シナリオ（津波：出力運転時炉心損傷（区分1））  
起因事象：外部電源喪失

参考資料に記載する。

フロントライン系とサポート系の関連表（津波：出力運転時炉心損傷（区分 1））  
起因事象：外部電源喪失

参考資料に記載する。

各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPF及びクリフェッジ評価（津波：出力運転時炉心損傷（区分1））  
起因事象：外部電源喪失

参考資料に記載する。

各起因事象における収束シナリオ（津波：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海水系の全喪失

参考資料に記載する。

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



参考資料に記載する。

各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPF及びクリフェッジ評価（津波：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海水系の全喪失

参考資料に記載する。

各起因事象における収束シナリオ（津波：運転停止時炉心損傷（区分1））  
起因事象：外部電源喪失

参考資料に記載する。

フロントライン系とサポート系の関連表（津波：運転停止時炉心損傷（区分 1））  
起因事象：外部電源喪失

参考資料に記載する。

各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPF及びクリフェッジ評価（津波：運転停止時炉心損傷（区分1））  
起因事象：外部電源喪失

参考資料に記載する。

各起因事象における収束シナリオ（津波：運転停止時炉心損傷（区分2））  
起因事象：外部電源喪失及び原子炉補機冷却海水系の全喪失

参考資料に記載する。

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

参考資料に記載する。

各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPF及びクリフェッジ評価（津波：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海水系の全喪失

参考資料に記載する。

各起因事象における収束シナリオ（津波：SFP燃料損傷（区分1））  
起因事象：外部電源喪失



参考資料に記載する。

フロントライン系とサポート系の関連表（津波：SFP燃料損傷（区分1））  
起因事象：外部電源喪失

参考資料に記載する。

各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPF及びクリフェッジ評価（津波：SFP燃料損傷（区分1））  
起因事象：外部電源喪失

参考資料に記載する。

各起因事象における収束シナリオ（津波：SFP燃料損傷（区分2））  
起因事象：外部電源喪失及び原子炉補機冷却海水系の全喪失

参考資料に記載する。

フロントライン系とサポート系の関連表（地震：SFP燃料損傷（区分2））  
起因事象：外部電源喪失及び原子炉補機冷却水系の全喪失

参考資料に記載する。

各収束シナリオの機能喪失に係るHCLPF及びクリフェッジ評価（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海水系の全喪失

津波におけるクリフエッジ・エフェクト評価

参考資料に記載する。

### 3.1.4.2.3 地震と津波の重畳事象

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

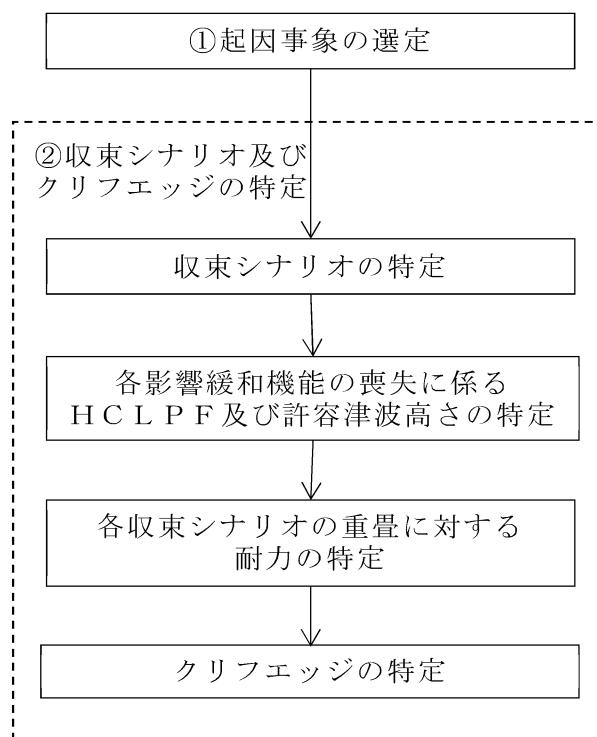
#### (1) 地震と津波の重畳事象の評価

##### 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HCLPF又は許容津波高さについては、「3.1.4.2.1(1)a.(a) 出力運転時」又は「3.1.4.2.2(1)a.(a) 出力運転時」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HCLPFと許容津波高さのそれぞれの最小値を求め、それらの最小値の組合せを、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「主給水流量喪失」、「外部電源喪失」、「主給水管破断」、「CV機能喪失直結」及び津波側の起因事象である「外部電源喪失」、「原子炉補機冷却海水系の全喪失」、「炉心損傷直結」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

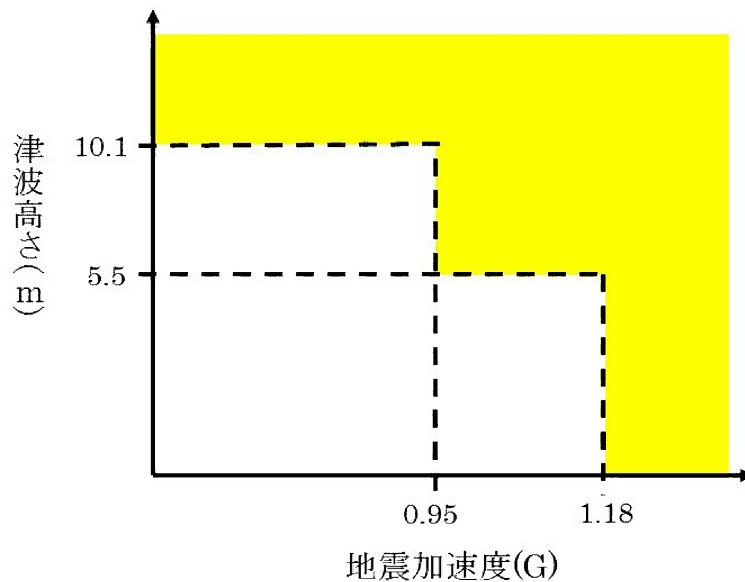
①項の各起因事象について、「3.1.4.2.1(1)a.(a) ii ③ クリフエッジ評価結果」で述べたように、「主給水流量喪失」と「外部電源喪失」は「外部電源喪失」にまとめて評価をすることができる。そのため、本評価においては「外部電源喪失」のイベントツリーを用いて、既に特定されている収束シナリオを対象に評価を行った。具体的には、別紙 3.1.4.2.1(1)-1 及び別紙 3.1.4.2.1(1)-4 で示した各起因事象に対するイベントツリーで示される全ての収束シナリオにおける各影響緩和機能の耐力として、HCLPF 及び許容津波高さの組合せの評価を行い、最も耐力を有するシナリオを抽出した（別紙 3.1.4.2.3(1)-1 及び別紙 3.1.4.2.3(1)-2 参照）。また、「CV機能喪失直結」については影響緩和機能に期待せず直接炉心損傷に至るとみなすことから、「CV機能喪失直結」のHCLPFである 1.18G 以上で、津波高さに関わらず炉心損傷に至ると評価した。

### (ii) 津波による起因事象をベースとした評価

①項の各起因事象について、地震との重畳を考慮するにあたっては、「外部電源喪失」の発生を想定することから、本評価においては、「外部電源喪失」及び「原子炉補機冷却海水系の全喪失」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)-1 で示した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合せの評価を行い、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 及び別紙 3.1.4.2.3(1)-4 参照）。また、「炉心損傷直結」

については影響緩和機能に期待せず直接炉心損傷に至るとみなすことから、「炉心損傷直結」の発生する津波高さである 10.1m 以上で、地震加速度に関わらず炉心損傷に至ると評価した。

(i)項、(ii)項の評価結果から、地震加速度 1.18G 以上、津波高さ 10.1m 以上及び地震加速度 0.95G 以上と津波高さ 5.5m 以上が重畳する領域では、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合せを、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」、「C V機能喪失直結」及び津波側の起因事象である「外部電源喪失」、「原子炉補機冷却海水系の全喪失」、「炉心損傷直結」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

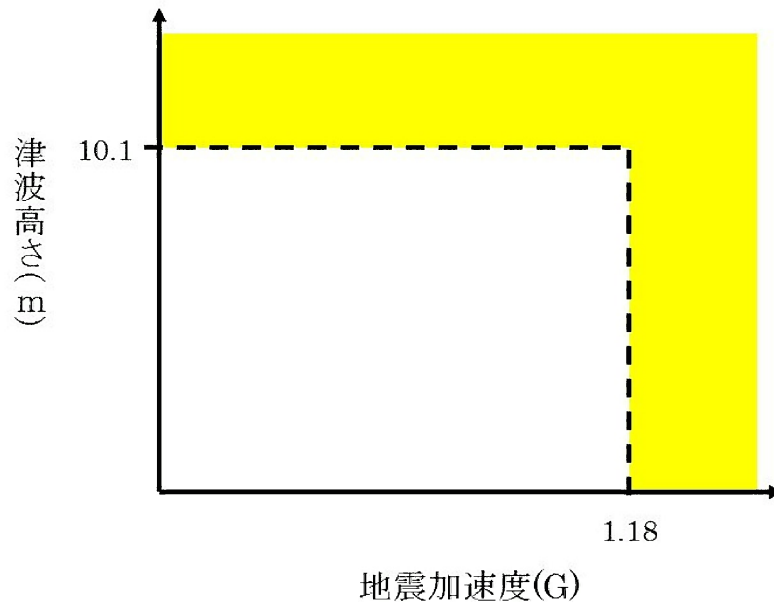
①項の各起因事象について、「外部電源喪失」のイベントツリーを用いて、既に特定されている収束シナリオを対象に評価を行った。具体的には、別紙 3.1.4.2.1(1)-7 で示した起因事象に対するイベントツリーで示される全ての収束シナリオにおける各影響緩和機能の耐力として、H C L P F 及び許容津波高さの組合せの評価を行い、最も耐力を有するシナリオを抽出した（別紙 3.1.4.2.3(1)-5 参照）。また、「C V機能喪失直結」については影響緩和機能に期待せず直接炉心損傷に至るとみなすことから、「C V機能喪失直結」のH C L P Fである 1.18G 以上で、津波高さに関わらず炉心損傷に至ると評価した。

(ii) 津波による起因事象をベースとした評価

①項の各起因事象について、地震との重畳を考慮するにあたっては、「外部電源喪失」の発生を想定することから、本評価においては、「原子炉補機冷却海水系の全喪失」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)-7 及び別紙 3.1.4.2.2(1)-10 で示した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合せの評価を行い、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 及び別紙 3.1.4.2.3(1)-7 参照）。

また、「炉心損傷直結」については影響緩和機能に期待せず直接炉心損傷に至るとみなすことから、「炉心損傷直結」の発生する津波高さである 10.1m 以上で、地震加速度に関わらず炉心損傷に至ると評価した。

(i)項、(ii)項の評価結果から、地震加速度 1.18G 以上、津波高さ 10.1m 以上が重畳する領域では、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合せを、当該収束シナリオに対する、地震及び津波への耐力として求める。その上で、全ての収束シナリオから、最も耐力を有するシナリオを抽出し、そのシナリオの耐力を地震と津波の重畳によるクリフエッジとして特定する。

### ii 評価結果

#### ① 起因事象の選定結果

3.1.4.2.1(1)b.項並びに 3.1.4.2.2(1)b.項の検討結果から、考慮すべき起因事象として、地震側の起因事象である「主給水流量喪失」、「外部電源喪失」、「主給水管破断」、「C V

機能喪失直結」及び津波側の起因事象である「外部電源喪失」、「原子炉補機冷却海水系の全喪失」、「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、3.1.4.2.1(1)b. ii ③項で述べたように、「主給水流量喪失」、「外部電源喪失」及び「主給水管破断」が発生する地震加速度区分では炉心損傷に至らず、1.18Gの地震により「CV機能喪失直結」が発生し、事故収束シナリオが成立せず炉心損傷に至る結果となっている。ただし、津波との重畳を考える場合には1.18Gよりも低い地震加速度で炉心損傷に至る場合もあることから、本評価においては「主給水流量喪失」、「外部電源喪失」及び「主給水管破断」のイベントツリーを用いて評価を行った。具体的には、「主給水流量喪失」、「外部電源喪失」及び「主給水管破断」のイベントツリーで示されるすべ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合せの評価を行い、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)-8参照）。また、「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から、「CV機能喪失直結」のHCLPFである1.18G以上で、津波高さに関わらず格納容器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

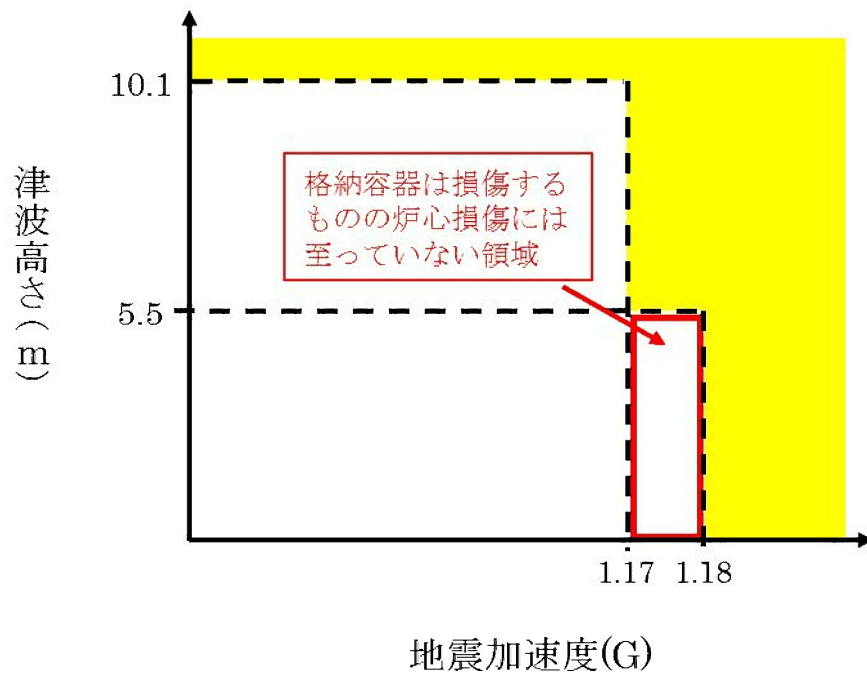
①項の各起因事象について、3.1.4.2.2(1)b. ii ③項で述べたように、「外部電源喪失」及び「原子炉補機冷却海水系の全喪失」が発生する津波高さ区分では炉心損傷に至らず、10.1mの津波によって「炉心損傷直結」及び「CV機能喪失直結」が発生し、事故収束シナリオが成立せ

ず炉心損傷に至る結果となっている。ただし、地震との重疊を考える場合には 10.1m よりも低い津波高さで炉心損傷に至る場合もあることから、本評価においては「外部電源喪失」及び「原子炉補機冷却海水系の全喪失」のイベントツリーを用いて評価を行った。具体的には、「外部電源喪失」及び「原子炉補機冷却海水系の全喪失」のイベントツリーで示されるすべ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合せの評価を行い、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)・9 参照）。また、「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から、「CV機能喪失直結」の発生する津波高さである 10.1m 以上で、地震加速度に関わらず格納容器損傷に至ると評価した。

(i)項、(ii)項の評価結果から、地震加速度 1.17G 以上、津波高さ 10.1m 以上が重疊する領域では、格納容器の重大な損傷を回避する手段がなくなることとなる。

ここで、3.1.4.2.3(1)a.(a) ii 項の通り、炉心損傷（出力運転時）のクリフエッジは地震加速度 1.18G、津波高さ 10.1m 及び地震加速度 0.95G と津波高さ 5.5m の重疊となるが、当該クリフエッジ地震加速度及びクリフエッジ津波高さ未満の領域では炉心損傷に至らないため、格納容器が損傷したとしても放射性物質が環境中に放出されることはない。よって、格納容器損傷のクリフエッジとしては、地震加速度 1.18G 以上、津波高さ 10.1m 以上並びに地震加速度 1.03G と津波高さ 8.5m の重疊及び地震加速度 1.17G と津波高さ 5.5m の重疊と特定された（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合せを、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、すべての収束シナリオから、最も耐力を有するシナリオを抽出し、そのシナリオの耐力を地震と津波の重畳によるクリフエッジとして特定する。

ii 評価結果

① 起因事象の選定結果

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

料損傷直結」及び津波側の起因事象である「外部電源喪失」、  
「原子炉補機冷却海水系の全喪失（SFP冷却機能喪失）」  
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

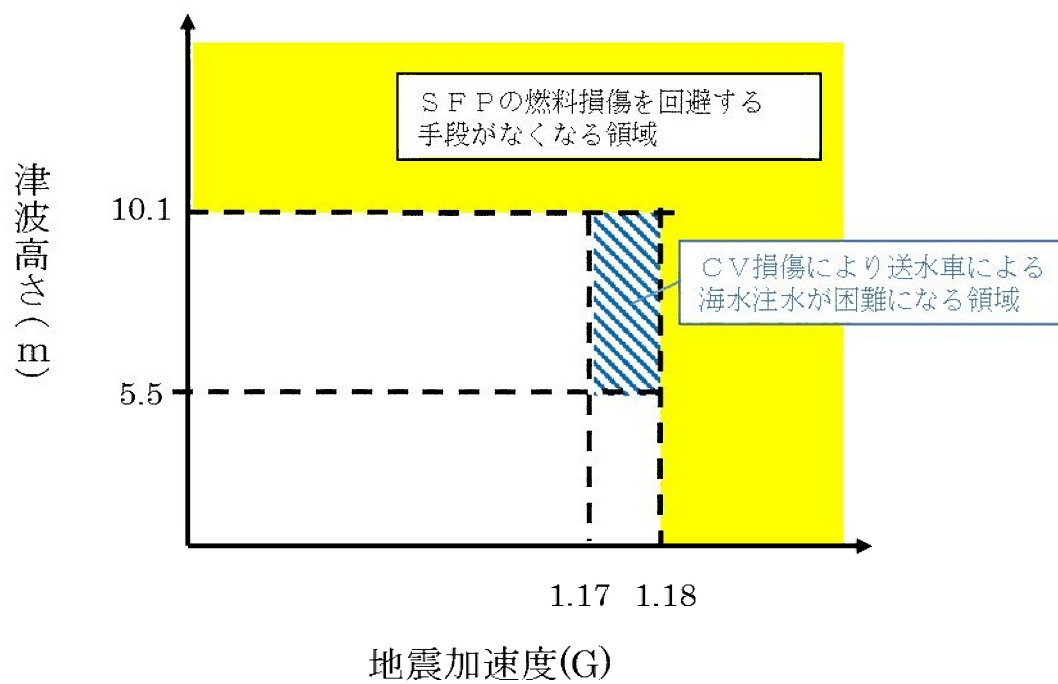
①項の各起因事象について、「外部電源喪失」及び「原子炉補機冷却水系の全喪失」のイベントツリーを用いて、既に特定されている収束シナリオを対象に評価を行った。具体的には、別紙 3.1.4.2.1(1)-10 及び別紙 3.1.4.2.1(1)-13 で示した起因事象に対するイベントツリーで示される全ての収束シナリオにおける各影響緩和機能の耐力として、HCLPF及び許容津波高さの組合せの評価を行い、最も耐力を有するシナリオを抽出した（別紙 3.1.4.2.3(1)-10 及び別紙 3.1.4.2.3(1)-11 参照）。また、「SFP燃料損傷直結」については、影響緩和機能に期待せず直接燃料の重大な損傷に至るとみなすことから、「SFP燃料損傷直結」のHCLPFである 1.43G 以上で、津波高さに関わらずSFP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、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、「外部電源喪失」及び「原子炉補機冷却海水系の全喪失」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)-13 及び 3.1.4.2.2(1)-16 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合せの評価を行い、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)-12 及び別紙 3.1.4.2.3(1)-13 参照）。

(i)項、(ii)項の評価結果から、地震加速度が 1.43G 以上又は津波高さが 10.1m 以上の領域では、SFP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 d.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 1.18G 以上、津波高さ 10.1m 以上並びに地震加速度 1.17G と津波高さ 5.5m の重畳を超える場合には、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海水注水の実施が困難になることが予想される。したがって、使用済燃料ピットの燃料損傷防止対策のクリフエッジは、格納容器損傷防止対策のクリフエッジと同じ地震加速度 1.18G 以上、津波高さ 10.1m 以上並びに地震加速度 1.17G と津波高さ 5.5m の重畳と特定した（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  
(SFP燃料損傷)

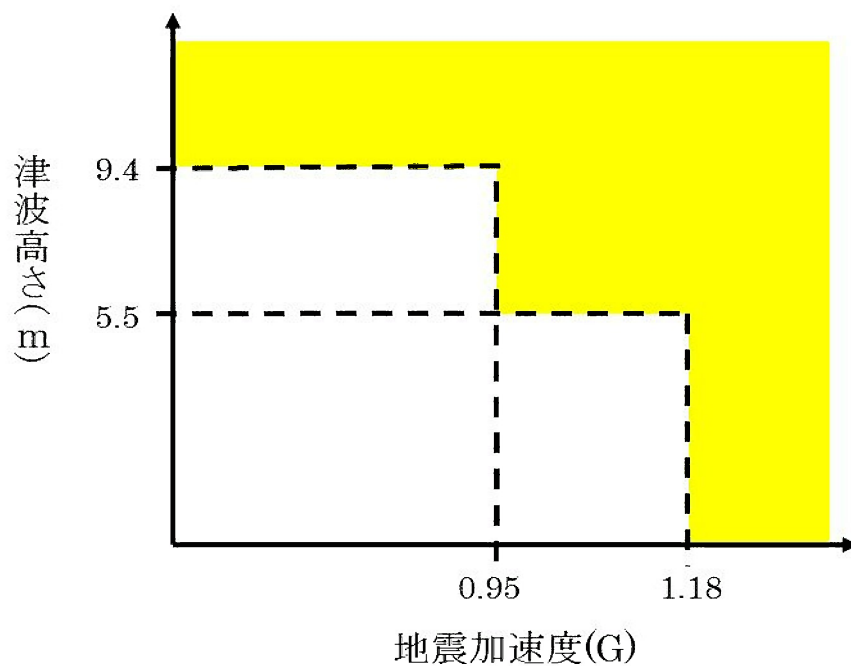
(2) 遡上を考慮したクリフエッジの決定

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

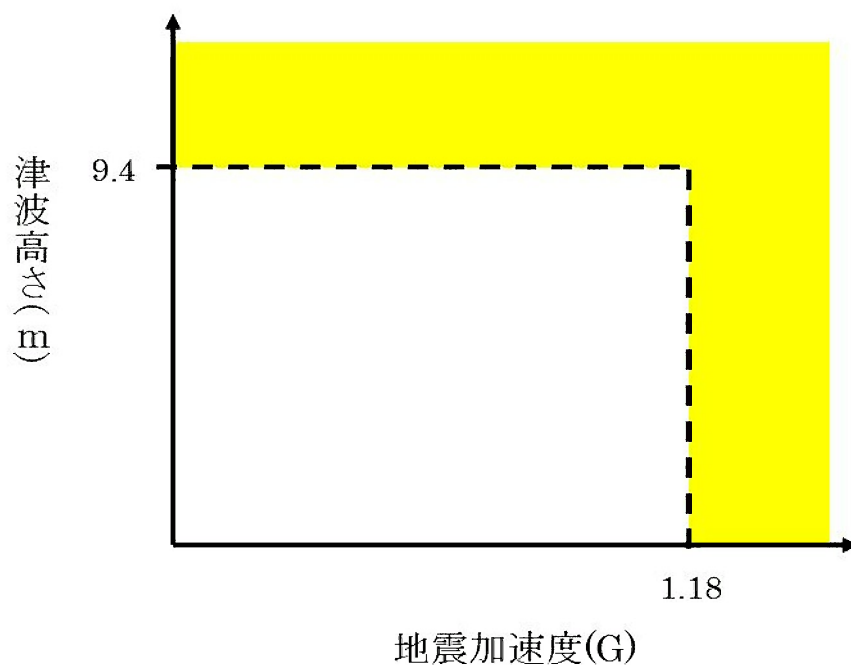
「3.1.4.2.3(1)a.(a) ii 評価結果」、「3.1.4.2.3(1)a.(b) ii 評価結果」、「3.1.4.2.3(1)b. ii 評価結果」及び「3.1.4.2.3(1)c. ii 評価結果」を踏まえて特定されるクリフエッジに対して、遡上の影響を考慮したクリフエッジを評価する。

「3.1.4.2.2(2) 津波遡上解析による検証」の評価結果より、炉心損傷、格納容器損傷及び使用済燃料ピットの燃料のクリフエッジ津波高さは、建屋シールに該当する 10.1m から遡上を考慮すると 9.4m（3号機取水口前での津波高さ）となる。

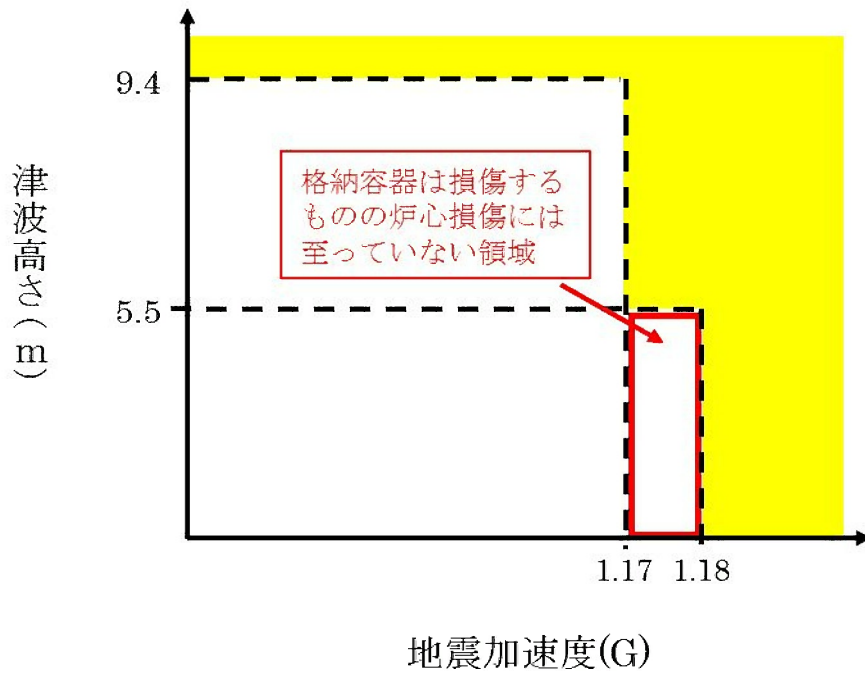
以上より、クリフエッジ地震加速度及びクリフエッジ津波高さは、炉心損傷については第 3.1.4.2.3.2 図及び第 3.1.4.2.3.3 図から第 3.1.4.2.3.6 図及び第 3.1.4.2.3.7 図へ、格納容器損傷については第 3.1.4.2.3.4 図から第 3.1.4.2.3.8 図へ、使用済燃料ピットの燃料については第 3.1.4.2.3.5 図から第 3.1.4.2.3.9 図へと変化する。



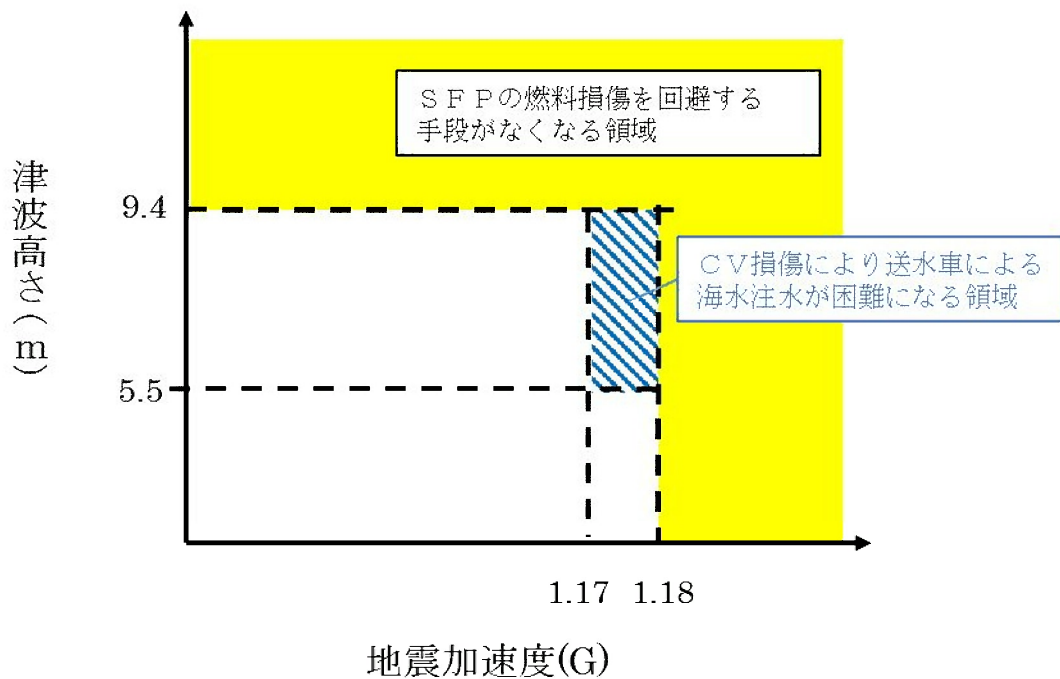
第 3.1.4.2.3.6 図 遡上を考慮した地震と津波の重畳に関するクリフエッジ評価結果（出力運転時炉心）



第 3.1.4.2.3.7 図 遡上を考慮した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）



第 3.1.4.2.3.8 図 遡上を考慮した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）



第 3.1.4.2.3.9 図 遡上を考慮した地震と津波の重畳に関するクリフエッジ評価結果（SFP燃料損傷）



参考資料に記載する。

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

参考資料に記載する。

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

参考資料に記載する。

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

参考資料に記載する。

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

参考資料に記載する。

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

参考資料に記載する。

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

参考資料に記載する。

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

参考資料に記載する。

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

参考資料に記載する。

各収束シナリオの重畳に対する耐力の評価結果（重畳：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））

参考資料に記載する。

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