

添付資料－４（１） 高浜発電所 3，4号機 設計の経年化評価
（地震事象）

1. 設計の経年化評価ガイドラインに基づく評価（地震事象）

時間の経過にしたがって原子力発電所（以下「プラント」という。）の設計に関する知見が蓄積されることにより、プラント設計そのものが変遷し、新旧プラントの差異（設計経年化）が生じる。このため、新旧プラント設計の違いに着目して安全性を評価する仕組みを事業者自主の仕組みとして導入することとし、その具体的取組み方法について標準化・明確化するため、ATENAが2020年9月25日にガイド文書「ATENA 20-ME03 設計の経年化評価ガイドライン」（以下「ガイドライン」という。）を発行した。

本項では、ガイドライン（2023年6月6日改訂 ATENA 20-ME03（Rev.1））及びATENA実施計画に基づき、外的事象のうち、地震に係る評価を実施し、プラントの設計差異に関して安全上の得失を原子炉リスクの観点から分析して、プラントの安全性の特徴を理解するとともに、必要に応じてハード対策及びソフト対策を検討する。

なお、外的事象については、共通的に外力が働く事象であるため、個別の設備等の比較結果で設計経年化の着眼点を抽出することは困難である。そこで、プラントの地震ハザードに対する脆弱性を評価する地震PRAを活用することが効果的と考えられる。

したがって、地震PRAの結果を精査することで、高浜発電所3，4号機の地震に対する脆弱性を把握し、対策案を検討する。加えて、他プラントとの設計の違いから生ずる脆弱性にも着目し、地震に対する対策案を検討する。

2. 評価方法

ガイドラインに従い、2.1項から2.2項に示す手順に基づき、設計基準内の領域（基準地震動以下）に加えて設計差異による影響が現れると考えられる設計基準超の領域も対象とし、原子炉リスクへの影響を評価して安全上の重要度を確認する対象となる設計経年化の着眼点を抽出する。具体的には、個別プラントのリスク評価結果への影響が有意となる設備損傷に関連する基事象を抽出し、当該の基事象による影響が大きくなった要因を分析する。加えて、カットセットの分析を行い、主要なシナリオの要因を分析する。また、リスク評価結果のプラント間比較を行い、特定のプラントで設計差異に起因

する特徴がないか確認する。

なお、高浜発電所 3 号機と高浜発電所 4 号機はツインプラントであり、高浜発電所 4 号機の第 4 回届出書に記載のとおり、高浜発電所 3 号機と高浜発電所 4 号機の地震 P R A 結果は同等と判断しているため、以下では、高浜発電所 3 号機で代表して評価結果を示す。

2.1 個別プラントの脆弱性把握

(1) FV 重要度及びフラジリティに着目した抽出・分析

安全性向上評価で実施した地震 P R A 評価結果を用いて、高浜発電所 3 号機を対象に全炉心損傷頻度（以下「CDF」という。）及び全格納容器機能喪失頻度（以下「CFF」という。）への影響が有意である FV 重要度 0.01 以上となる設備損傷に関連する基事象を抽出する。当該の基事象については建屋応答等のサイト影響や設計差異の影響が考えられるため、FV 重要度が高い理由を確認する。確認の結果、設計差異による機器の耐震性^{*}への影響が考えられる場合、その影響について基事象の設定条件等に立ち返り分析する。なお、基事象の抽出に当たっては、設計経年化を評価する観点から、設備損傷以外の基事象（人的過誤に関連する基事象など）は除外する。

※ここでは、地震 P R A において、各機器等の損傷確率を求めるうえで作成したフラジリティ曲線を基に、95%信頼度における 5%損傷確率（HCLPF：High Confidence of Low Probability of Failure（高信頼度低損傷確率の略称））を参照するものとする。

(2) カットセットに着目した抽出・分析

炉心損傷や格納容器破損に至るシナリオを把握するため、安全性向上評価で実施した高浜発電所 3 号機の地震 P R A 評価結果を用いて、カットセットの分析を行う。

まず、CDF/CFF への寄与割合が目安として 0.5%以上となるカットセットを対象とする（同種のカットセットを合算すると CDF/CFF への寄与割合が 1%以上となり影響が有意となる可能性があるため）。これらのカットセットのうち、同一の基事象が複数回登場するものを、重要な基事象として抽出する。

次に、重要な基事象が含まれるカットセットについて、基事象の組み合わせであるカットセットからのみでは、どのような想定で炉心損傷や格納容器破損に至るかが読み取り難いため、基事象と機能喪失の関連性を、プラントの系統構成等を踏まえ、基事象の設定条件に立ち返り分析する。

2.2 他プラントとの設計差異からの改善点の把握

(1) FV 重要度及びフラジリティのプラント間比較による抽出・分析

安全性向上評価実施済の以下のプラント*について、地震PRAの評価結果を用いて、CDF/CFF への影響が有意である FV 重要度 0.01 以上となる設備損傷に関連する基事象を抽出する。

※プラント間比較の前提条件を揃える観点から、特定重大事故等対処施設（以下「特重施設」という。）設置前の状態について、地震PRAを実施したプラントを対象とした。

【対象プラント】

- | | |
|-----------|------------------------------------|
| ・九州電力株式会社 | 川内発電所 1 及び 2 号機
玄海発電所 3 及び 4 号機 |
| ・四国電力株式会社 | 伊方発電所 3 号機 |
| ・関西電力株式会社 | 高浜発電所 3 及び 4 号機
大飯発電所 3 及び 4 号機 |

次に、プラントと FV 重要度 0.01 以上の基事象の星取表を整理する。そして、FV 重要度 0.01 以上となるプラント数が全体の 3 割程度以上となる基事象は、各プラントに共通して CDF/CFF への影響が大きい傾向であると考えられることから、重点的にプラント間比較を行う。比較の結果、特定のプラントで FV 重要度が大きくなっている場合、その理由が設備の差異や運用の差異に起因しないか、基事象の設定条件等に立ち返り分析する。

3. 評価結果

3.1. 個別プラントの脆弱性把握

3.1.1. FV 重要度及びフラジリティに着目した抽出・分析

(1) 基事象の抽出・分析

第 4 回安全性向上評価で実施した高浜発電所 3 号機の地震 P R A での CDF/CFR 算出において、FV 重要度 0.01 以上となる設備損傷に関連する基事象を抽出した。抽出に当たっては、設備の設計経年の影響検討という観点から、人的過誤やランダム故障といった、地震損傷以外の基事象については除外した。また、建屋や代表評価を行っているもの（弁・ケーブルトレイ・配管）についても同じく除外した。第 3-1 表に CDF 算出に係る設備の抽出結果を、第 3-2 表に CFR 算出に係る設備の抽出結果を示す。第 3-1 表及び第 3-2 表に抽出された各機器に対して、FV 重要度上位となった、すなわち HCLPF が小さめの値となった理由として考えられるものを、フラジリティ評価において考慮される機器の応答、機器の耐力及び建屋応答の観点から、それぞれ以下のとおり抽出した。なお、第 3-1 表及び第 3-2 表については参考資料に示す。

・ 機器の応答：

HCLPF が小さくなる要因として、機器の応答加速度や発生応力が大きいことを抽出した。ここで、応答加速度については、設置 EL が高い、固有値が柔（30Hz より小）等の場合に大きくなるためそのような事項を要因とした。

・ 機器の耐力：

評価対象部位の材質の強度や機能限界加速度が十分に大きくない場合に HCLPF が小さくなるため、これらの事項を要因とした。

・ 建屋応答：

建屋応答については、建屋応答係数の大小が直接 HCLPF の大小

に關与するため、評価対象機器に使用される建屋応答係数を同プラントの他の建屋と比べたときの大小を要因とした。

第 3-1 表及び第 3-2 表の各項目について、特段 HCLPF が小さい要因となっていないと考えられるものについては「特記無し」としている。ここで、CDF/CFE 算出における FV 重要度 0.01 以上の設備の抽出に当たっては、特重施設が反映された地震 P R A の評価結果を活用することとしたが、当該設備の損傷に關連する基事象の FV 重要度は 0.01 未満であることから、分析対象として抽出されなかった。

設計経年による影響検討の結果、第 3-1 表及び第 3-2 表に抽出された機器については、全体的に設置場所や機器固有周期の影響により応答が大きめとなっていることが FV 重要度 0.01 以上となった要因と考えられる。

3.1.2. カットセットに着目した抽出・分析

(1) カットセット上位に複数回登場する基事象の抽出

高浜発電所 3 号機の安全性向上評価にて実施済の地震 P R A での CDF/CFE 算出におけるカットセットのうち、寄与割合が 0.5%以上となるカットセットを対象とし、複数回登場する基事象を重要な基事象として抽出した。なお、加速度区分ごとに複数回登場する同一の基事象については 1 つの基事象として纏めることとした。抽出した重要な基事象について、機能喪失との関連性（事故シナリオ）をプラントの系統構成等を踏まえて分析を行った。第 3-3 表に CDF 算出におけるカットセットの抽出・分析結果を、第 3-4 表に CFE 算出におけるカットセットの抽出・分析結果をそれぞれ示す。抽出・分析の結果、万一基準地震動を超える地震発生時には、現場へのアクセス性の悪化により、炉心損傷防止のための緩和操作が適切に実施できない可能性が高まることから、このような状況への備えが重要であることが分かった。なお、第 3-3 表及び第 3-4 表については参考資料に示す。

3.2. 他プラントとの設計差異からの改善点の把握

3.2.1. FV 重要度及びフラジリティのプラント間比較による抽出・分析

(1) プラント間比較による基事象の抽出・分析

2.2.(1)に示す安全性向上評価実施済のプラントを対象として、地震 P R Aの結果を分析し、各プラントで FV 重要度の高い設備を抽出し整理した。ここで、高浜発電所 4 号機及び大飯発電所 4 号機については、地震 P R Aの評価結果が高浜発電所 3 号機及び大飯発電所 3 号機と同等であることから、プラント間比較においては、高浜発電所 3 及び 4 号機、大飯発電所 3 及び 4 号機をそれぞれ共通のものとして扱った。また、地震 P R Aにおける CFF の算出は、炉心損傷が発生した前提で行うものであることから、設計経年が地震によるリスクに与える影響があるとすれば炉心損傷を対象とする CDF 算出の範囲が主となると考えられるため、本検討では CDF 算出に当たっての FV 重要度をプラント間比較の対象とした。さらに、2.2.(1)に示す安全性向上評価実施済のプラントのうち、川内発電所 1 及び 2 号機、高浜発電所 3 及び 4 号機、大飯発電所 3 及び 4 号機については、第 1 回安全性向上評価において地震 P R Aを実施した後、特重施設を反映した地震 P R Aを最新の安全性向上評価にて実施している。本検討では、特重施設設置前の状態でプラント間比較の前提条件を揃える観点から、これらのプラントについて、第 1 回安全性向上評価で実施した地震 P R Aの評価結果を活用することとした。第 3-5 表に FV 重要度上位の機器を整理した結果を示す。なお、第 3-5 表については参考資料に示す。

第 3-5 表に抽出された各機器について、機器の応答、機器の耐力及び建屋応答の各観点から HCLPF が小さめとなっている要因を抽出した。抽出された機器のうち、3 プラント以上に共通する機器について、プラント間での比較のため機器ごとに整理し直し、プラント間の相違が設計経年によるものかどうか、設計経年による場合はその要因について、検討を行った。第 3-6 表に検討結果を示す。検討に当たっては、3.1.1.(1)と同じく、機器の応答、機器の耐力及び建屋応答の各観点か

ら、HCLPF が小さくなる要因を抽出した。なお、第 3-6 表については参考資料に示す。

第 3-6 表の各項目について、特段 HCLPF が小さい要因となっていないと考えられるものについては「特記無し」としている。また、第 3-6 表では他プラントとの比較のために FV 重要度が「-」（FV 重要度 0.01 未満）のものも記載しているが、これらについては、比較のための耐力・応答の内容のみを記載した。

なお、第 3-5 表において、特定プラントのみで FV 重要度上位（FV 重要度 0.01 以上）として抽出された機器については、以下の理由により、設計経年が耐震性に影響したことが原因ではないと判断した。

- ・ FV 重要度として突出したものが少ないため FV 重要度が低いものが多数現れること
- ・ FV 重要度上位に人的過誤の要因が多いことから他プラントでは登場しない機器が FV 重要度上位にあがっていること
- ・ いずれも HCLPF が極端に小さいものではないこと

設計経年による影響検討の結果、FV 重要度が高い機器のうち、静的機器については応答の影響により発生値が大きくなっているものがあり、必ずしも設計経年によるものとは言えないが、メタクラッドスイッチギアについては保護リレーに機械式リレーが存在することにより、保護リレーがデジタル化されているものに比べて耐力が低めになっているものがあり、これは設計経年による影響と判断した。

第 3-1 表 高浜発電所 3 号機 CDF 算出における FV 重要度に着目した着眼点の抽出・分析の検討結果

参考資料に記載する。

第 3-2 表 高浜発電所 3 号機 CFF 算出における FV 重要度に着目した着眼点の抽出・分析の検討結果

参考資料に記載する。

第 3-3 表 高浜発電所 3 号機 CDF 算出におけるカットセットに着目した着眼点の抽出・分析の検討結果

参考資料に記載する。

第 3-4 表 高浜発電所 3 号機 CFF 算出におけるカットセットに着目した着眼点の抽出・分析の検討結果

参考資料に記載する。

第 3・5 表 プラント間比較による FV 重要度上位機器の抽出結果

参考資料に記載する。

第 3-6 表 炉心損傷に影響の大きい機器のプラント間比較

参考資料に記載する。

4. まとめ

今回は、「設計の経年化評価ガイドライン（2023年6月6日改訂 ATENA 20-ME03（Rev.1）」及びATENA実施計画に基づき、高浜発電所3，4号機の炉心損傷や格納容器破損に至るシナリオの把握を目的に、安全性向上評価で実施した地震PRAの評価結果を用いて、FV重要度0.01以上となる基事象についても、FV重要度が高い理由を確認のうえ、これらに対してもFV重要度が大きくなっている理由を分析した。

また、CDF/CFFへの寄与割合が0.5%以上となるカットセットのうち、同一の基事象が複数回登場するものを重要な基事象として抽出し、基事象と機能喪失の関連性を、プラントの系統構成等を踏まえ、基事象の設定条件に立ち返って分析した。

以上の分析の結果、万一基準地震動を超える地震発生時には、現場へのアクセス性の悪化により、炉心損傷防止のための緩和操作が適切に実施できない可能性が高まることから、このような状況への備えが重要であることが分かった。これを踏まえて、効果的に意識を高め事故対応能力を向上させることが重要と考え、若年層及び緊急時対策要員への知識付与及び反復的な注意喚起を目的に、設計経年化評価から得られた知見の技術資料（教育資料等）への反映を対策として抽出した。

加えて、安全性向上評価実施済プラントの地震出力時PRAのリスク評価結果から、FV重要度のプラント間比較により、CDF/CFFへの影響が大きい傾向であると考えられるFV重要度0.01以上となる基事象を着眼点として抽出し、FV重要度が大きくなっている理由について、設備の差異や運用の差異に起因しないか、基事象の設定条件等に立ち返り分析した。

FV重要度のプラント間比較の結果、メタクラッドスイッチギアについて保護リレーに機械式リレーを採用しているプラントについては、保護リレーを機械式からデジタル式に変更する対策案が考えられる。高浜発電所3，4号機については、既にデジタル式保護リレーを採用しており、設備対策が不要であることを確認した。

添付資料－４（２） 高浜発電所 ３，４号機 設計の経年化評価
（津波事象）

1. 設計の経年化評価ガイドラインに基づく評価（津波事象）

A T E N A が 2020 年 9 月 25 日に発行したガイド文書「ATENA 20-ME03 設計の経年化ガイドライン」（以下「ガイドライン」という。）は、時間の経過にしたがって原子力発電所（以下「プラント」という。）の設計に関する知見が蓄積されることによりプラント設計が変遷すること（設計経年化）によって生じる、新旧プラント設計の違いに着目して安全性を評価する仕組みを、事業者自主の仕組みとして導入することとし、その具体的取組み方法について共通的なガイドラインとして標準化・明確化されたものである。

本届出書では、ガイドライン（2023 年 6 月 6 日改訂 ATENA 20-ME03(Rev.1)）及び A T E N A 実施計画に基づき、外的事象のうち、津波に係る評価を実施し、プラントの安全性の特徴を理解するとともに、必要に応じてハード対策及びソフト対策を検討する。

なお、津波評価については、敷地内及び建屋内が大規模に浸水することを想定するため、共通的に影響が生じることから、個別の設備等の比較結果で設計経年化の着眼点を抽出することは困難である。そこで、津波による敷地内浸水時における設計経年化の着眼点を抽出するため、敷地内及び建屋内の浸水状況をストレステスト的に評価する。評価に当たっては、高浜発電所 3 号機第 4 回安全性向上評価届出書における「3.1.4 安全裕度評価」及び高浜発電所 4 号機第 4 回安全性向上評価届出書における「3.1.4 安全裕度評価」に示す、津波に対する評価での成果を活用する。また、高浜発電所 3, 4 号機はツインプラントであり、基本的には高浜発電所 3 号機と 4 号機は共通的な評価となるが、プラントによって異なる場合は、その旨明示する。

2. 評価の進め方

(1) 評価の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、最も厳しい発電用原子炉の状態を設定する。
- b. 出力運転時炉心損傷防止対策及び格納容器損傷防止対策を評価対象とする。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. 防護措置の評価に当たっては、合理的な場合を除き、一度機能を失った機能は回復しない及び外部からの支援は受けられないなど、厳しい状況を仮定する。
- d. 高浜発電所3号機第4回安全性向上評価届出書における「3.1.4 安全裕度評価」及び高浜発電所4号機第4回安全性向上評価届出書における「3.1.4 安全裕度評価」に示す、津波に対する評価結果を踏まえた評価を実施する。
- e. 本評価は、ATENAガイドラインに基づき設計基準を超える津波が到達する非常に低い頻度の事象に対する評価であるが、福島第一原子力発電所事故の反省を踏まえ、低頻度高影響（発生する確率は低いですが、万が一発生した場合に原子力安全に及ぼす影響が高い）事象時のプラントの挙動を把握しておくことの重要性を認識しておくことに留意する。

(2) ガイドラインに基づく津波の想定

ガイドラインに基づく津波評価において想定する津波高さ（以下、「評価用津波」という。）は、新規制基準において策定が求められている基準津波を大きく超える高さの押し波である。

評価用津波が発電所に到達し、敷地高さを超えることにより、敷地内が浸水することを想定する。また、敷地内に浸水した津波は、建屋に繋がる開口部から建屋内に浸水することを想定する。

建屋内への浸水後は、浸水開始箇所や浸水速度、浸水ルート等の違いにより建屋内の同一階層に設置した設備等の機能喪失までの時間が異なる可

能性があるが、ここでは階層ごとに一律に浸水し機能喪失することを想定する。

(3) 津波に対する耐力評価の指標

(2)に示すとおり、評価用津波が発電所に到達し、敷地内が浸水すること、及び建屋内に浸水することを想定するため、本評価における耐力評価の指標としては、機器等の設置高さを用いて決定論的に評価することとする。

3. 評価

(1) 出力運転時炉心損傷防止対策

a. 評価方法

(a) 評価用津波高さ及び起因事象の設定

本評価にて使用する評価用津波高さは、高浜発電所3号機第4回安全性向上評価における3.1.4.2.2(1)a.(a) 出力運転時炉心損傷防止対策及び高浜発電所4号機第4回安全性向上評価における3.1.4.2.2(1)a.(a) 出力運転時炉心損傷防止対策にて特定した、クリフエッジ津波高さを踏まえて選定する。

また、本評価にて想定する起因事象は、高浜発電所3号機第1回安全性向上評価における3.1.4.2.2(1)a.(a) 津波出力運転時炉心損傷防止対策及び高浜発電所4号機第1回安全性向上評価における3.1.4.2.2(1)a.(a) 津波出力運転時炉心損傷防止対策における、津波高さ区分1(8m～15m未満)で発生する起因事象を選定する。

その理由として、本項にて選定する評価用津波高さの津波が発電所に到達し、津波が開口部から建屋内に侵入した際に、上記の起因事象に対する収束シナリオに必要な機器が水没し、起因事象の収束が不可能となる階層を特定するためである。

(b) 起因事象に対する影響緩和機能及び収束シナリオの特定

(a)項にて選定した起因事象発生時において、高浜発電所3号機第4回安全性向上評価における3.1.4.2.2(1)a.(a) 出力運転時炉心損傷防止

対策及び高浜発電所4号機第4回安全性向上評価における
3.1.4.2.2(1)a.(a) 出力運転時炉心損傷防止対策にて特定した、炉心損傷を防止するために必要な影響緩和機能及び一連の操作（収束シナリオ）を活用する。

(c) 各影響緩和機能の喪失に係る階層区分の特定

(b)項にて選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、その設備等が設置される階層区分を特定する。具体的には、影響緩和機能の機能喪失に係る階層区分は、フロントライン系とサポート系の機能喪失に係る各々の階層区分のうち、小さい方となる。

階層区分は、プラント配置をもとに、建屋の階層毎の設置高さを7つの階層区分に分類した。なお、建屋へ津波が侵入する高さまで津波が到達することが前提条件であることを踏まえ、屋外に配置している設備、機器のうち、評価用津波高さより低いものは津波到達時点で機能喪失しているため、第1階層に区分している。設定した建屋の設置高さごとの階層区分を第3-1表に示す。また、区分ごとの建屋配置の概略図を第3-1図に示す。

(d) 各収束シナリオの機能喪失に係る階層区分の特定

(c)項にて特定した各影響緩和機能の喪失に係る階層区分の結果から、各収束シナリオの機能喪失に係る階層区分を特定し、すべての収束シナリオにおいて炉心損傷に至ると評価される階層区分を特定する。具体的には、各収束シナリオの機能喪失に係る階層区分は、当該収束シナリオに必要な各影響緩和機能の階層区分のうち、最も小さいものとなる。

b. 評価結果

(a) 評価用津波高さ及び起因事象の設定

a.(a)のとおり、本評価にて使用する評価用津波高さは、高浜発電所

3号機第4回安全性向上評価における3.1.4.2.2(1)a.(a) 出力運転時炉心損傷防止対策及び高浜発電所4号機第4回安全性向上評価における3.1.4.2.2(1)a.(a) 出力運転時炉心損傷防止対策にて特定した、クリフエッジ津波高さ15mとした。

また、本評価にて想定する起因事象は、高浜発電所3号機第1回安全性向上評価における3.1.4.2.2(1)a.(a) 出力運転時炉心損傷防止対策及び高浜発電所4号機第1回安全性向上評価における3.1.4.2.2(1)a.(a) 出力運転時炉心損傷防止対策での、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)」を選定した。

(b) 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

「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、高浜発電所第3号機第4回安全性向上評価における3.1.4.2.2(1)a.(a) 出力運転時炉心損傷防止対策及び高浜発電所第4号機第4回安全性向上評価における3.1.4.2.2(1)a.(a) 出力運転時炉心損傷防止対策にて特定した影響緩和機能及び収束シナリオを活用した。影響緩和機能及び収束シナリオを第3-2図に示す。なお、収束シナリオの詳細及び第3-2図については参考資料に示す。

(c) 各影響緩和機能の喪失に係る階層区分の特定

(b)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が設置される階層区分を用いて、各影響緩和機能の喪失に係る階層区分を第3-2表のとおり特定した。なお、第3-2表については参考資料に示す。

(d) 各収束シナリオの機能喪失に係る津波高さ及び階層区分の特定

「原子炉補機冷却機能喪失(主給水流量喪失、過渡事象)」の収束シナリオ①～③の機能喪失に係る階層区分について、第3-3図のとおり

特定した。なお、階層特定の詳細及び第 3-3 図については参考資料に示す。

以上より、すべての収束シナリオにおいて炉心損傷に至ると評価される階層区分は第 1 階層(I/B EL.-2.0m)であると特定した。

(2) 格納容器損傷防止対策

a. 評価方法

(a) 評価用津波高さ及び起因事象の設定

本評価にて使用する評価用津波高さは、高浜発電所 3 号機第 4 回安全性向上評価における 3.1.4.2.2(1)b. 格納容器損傷防止対策及び高浜発電所 4 号機第 4 回安全性向上評価における 3.1.4.2.2(1)b. 格納容器損傷防止対策にて特定した、クリフエッジ津波高さを踏まえて選定する。

なお、高浜発電所 3 号機第 1 回安全性向上評価における 3.1.4.2.2(1)b. 格納容器損傷防止対策及び高浜発電所 4 号機第 1 回安全性向上評価における 3.1.4.2.2(1)b. 格納容器損傷防止対策では、津波高さ区分 1 (8m～15m 未満) では炉心損傷に至らず、15m の津波によって「外部電源喪失」、「炉心損傷直結」及び「CV機能喪失直結」が発生している。これらのうち「CV機能喪失直結」に対しては影響緩和機能に期待できないことから、事故収束シナリオが成立せず直接格納容器損傷に至る結果となっている。

一方で、本評価では、評価用津波高さの津波が発電所に到達し、津波が開口部から建屋内に侵入した際に、起因事象に対する収束シナリオに必要な機器が水没し、起因事象の収束が不可能となる階層を特定することを目的としている。そのため、事象緩和に期待できない「炉心損傷直結」及び「CV機能喪失直結」については、評価対象とする起因事象からは除外することとする。

したがって、本項においては、津波高さ区分 1 (8m～15m 未満) で発生する起因事象を選定する。

(b) 起因事象に対する影響緩和機能及び収束シナリオの特定

(a)項にて選定した起因事象におけるイベントツリーを活用し、格納容器損傷を防止するために必要な影響緩和機能及び一連の操作（収束シナリオ）を特定する。

(c) 各影響緩和機能の喪失に係る階層区分の特定

(b)項にて選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、その設備等が設置される階層区分を特定する。具体的には、影響緩和機能の機能喪失に係る階層区分は、フロントライン系とサポート系の機能喪失に係る各々の階層区分のうち、小さい方となる。なお、階層区分の分類については、3.(1)a.(c)項と同様とする。

(d) 各収束シナリオの機能喪失に係る津波高さ及び階層区分の特定

(c)項にて特定した各影響緩和機能の喪失に係る階層区分の結果から、各収束シナリオの機能喪失に係る階層区分を特定し、すべての収束シナリオにおいて炉心損傷に至ると評価される階層区分を特定する。具体的には、各収束シナリオの機能喪失に係る階層区分は、当該収束シナリオに必要な各影響緩和機能の階層区分のうち、最も小さいものとなる。

b. 評価結果

(a) 評価用津波高さ及び起因事象の設定

a.(a)のとおり、本評価にて使用する評価用津波高さは、高浜発電所3号機第4回安全性向上評価における3.1.4.2.2(1)b 格納容器損傷防止対策及び高浜発電所4号機第4回安全性向上評価における3.1.4.2.2(1)b 格納容器損傷防止対策にて特定した、クリフエッジ津波高さ15mとした。

また、本評価にて想定する起因事象は、高浜発電所3号機第1回安全性向上評価における3.1.4.2.2(1)b 格納容器損傷防止対策及び高浜

発電所4号機第1回安全性向上評価における3.1.4.2.2(1)b 格納容器損傷防止対策での、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)」を選定した。

(b) 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

「原子炉補機冷却機能喪失(主給水流量喪失、過渡事象)」のイベントツリーを用いて、当該のイベントツリーに示される影響緩和機能及び収束シナリオを特定した。特定した影響緩和機能及び収束シナリオを第3-4図に示す。なお、詳細シナリオ及び第3-4図については参考資料に示す。

(c) 各影響緩和機能の喪失に係る階層区分の特定

(b)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が設置される階層区分を用いて、各影響緩和機能の喪失に係る階層区分を第3-3表のとおり特定した。なお、第3-3表については参考資料に示す。

(d) 各収束シナリオの機能喪失に係る津波高さ及び階層区分の特定

「原子炉補機冷却機能喪失(主給水流量喪失、過渡事象)」の収束シナリオ①~④の機能喪失に係る階層区分について、第3-5図のとおり特定した。なお、階層特定の詳細及び第3-5図については参考資料に示す。

以上より、格納容器損傷に至ると評価される階層区分は第2階層(D/G EL.4.0m)であると特定した。

4. 安全性向上措置候補の抽出、まとめ

今回は、「ATENA 20-ME03 設計の経年化評価ガイドライン(2023年6月6日改訂 ATENA 20-ME03(Rev.1))」に基づき、外的事象のうち、津波に係

る評価を実施した。

本評価は設計基準を超える津波が到達する非常に低い頻度の事象に対する評価である。しかし、低頻度高影響事象において、発生した場合の挙動や脆弱性を把握しておくことは、重大事故等発生時の事故収束対応のレジリエンス向上に繋がる。

したがって、本評価により抽出された追加措置及び期待される効果について以下に示す。

(a) 設計経年化（津波）評価結果の教育








以下の観点について教育を実施することで、重大事故等発生時の事故収束対応のレジリエンス向上に期待できる。

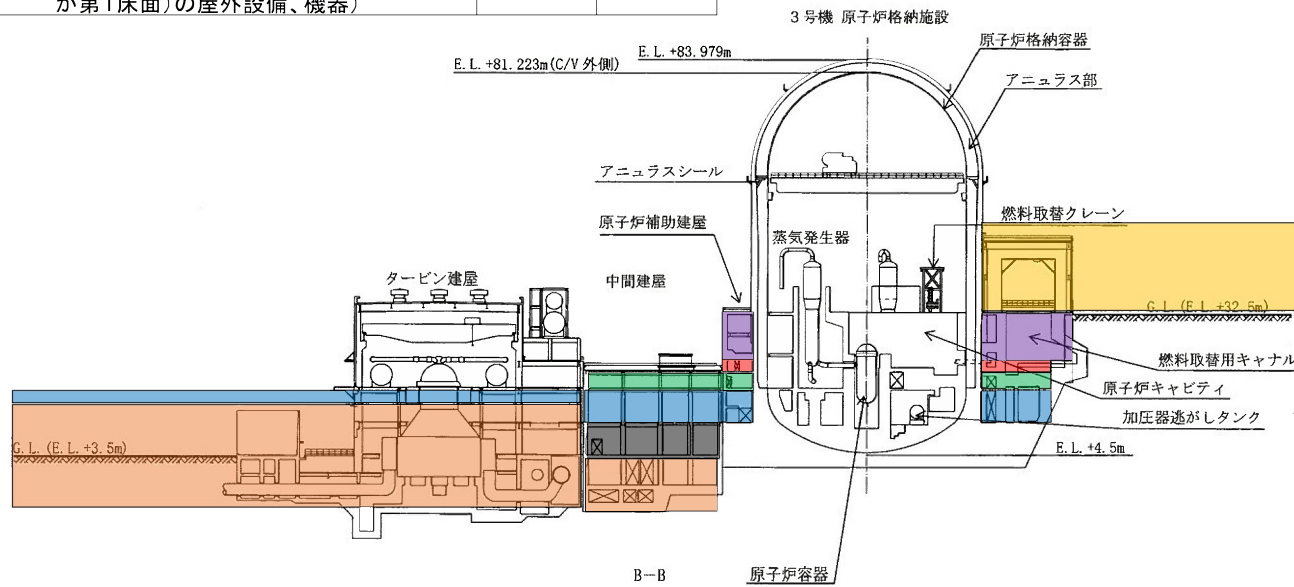
- ・設計基準を大きく超える津波が起こり、建屋内に流入した際に予想されるプラント挙動の把握（建屋内に津波が侵入し、最下層から順に水没した場合の最弱箇所含む）

今後、他プラントの評価結果（階層ごとに一律に浸水し機能喪失）と比較し、自プラントとの設計差異が抽出された際には別途対策の実施も含め検討する。

第 3-1 表 設置高さごとの階層区分








設置高さ	階層区分
E.L.+32.8m 以上	第 7 階層
E.L.+24.5m～E.L.+32.8m 未満	第 6 階層
E.L.+20.4m～E.L.+24.5m 未満	第 5 階層
E.L.+17.5m～E.L.+20.4m 未満	第 4 階層
E.L.+10.5m～E.L.+17.5m 未満 (E.L.15.0m 未満の屋外設備、機器は第 1 階層)	第 3 階層
E.L.+4.0m～E.L.+10.5m 未満 (E.L.15.0m 未満の屋外設備、機器は第 1 階層)	第 2 階層
E.L.+4.0m 未満 (E.L.15.0m 未満 (屋外の設備は、建屋シール高さ 以下が第 1 床面) の屋外設備、機器)	第 1 階層

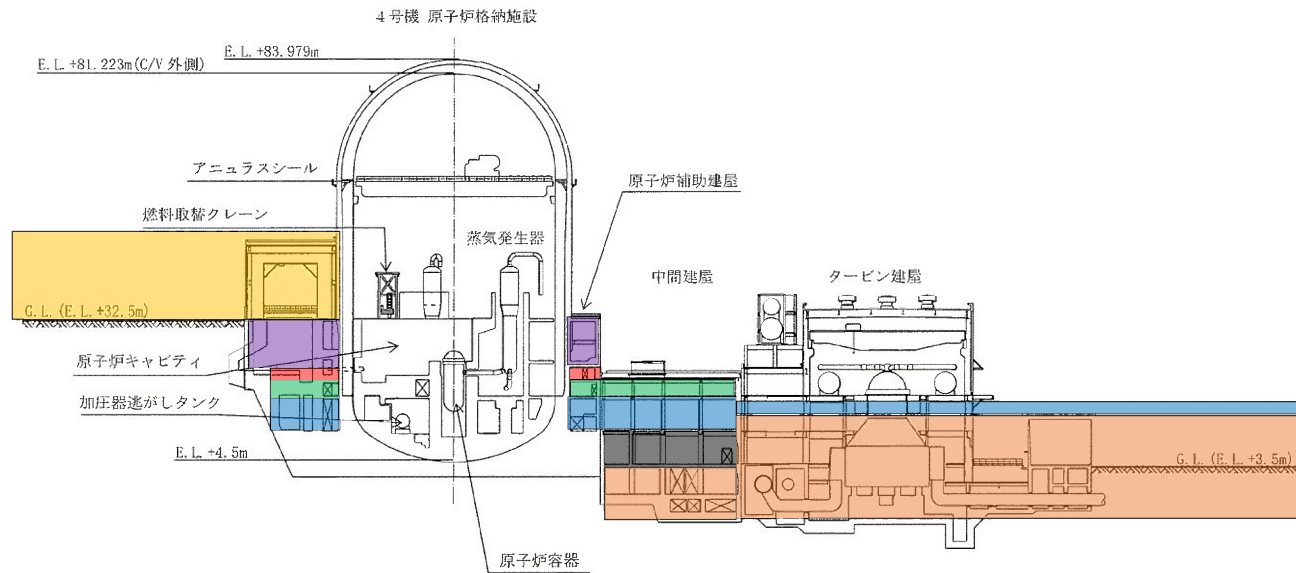
設置高さ	階層区分	該当階層
E.L.+32.8m以上	第7階層	
E.L.+24.5m～E.L.+32.8m未満	第6階層	
E.L.+20.4m～E.L.+24.5m未満	第5階層	
E.L.+17.5m～E.L.+20.4m未満	第4階層	
E.L.+10.5m～E.L.+17.5m未満 (E.L.15.0m未満の屋外設備、機器は第1階層)	第3階層	
E.L.+4.0m～E.L.+10.5m未満 (E.L.15.0m未満の屋外設備、機器は第1階層)	第2階層	
E.L.+4.0m未満 (E.L.15.0m未満(屋外の設備は、建屋シール高さ以下が第1床面)の屋外設備、機器)	第1階層	



(3 号機)

第 3-1 図 区分ごとの建屋配置の概略図(1/2)

設置高さ	階層区分	該当階層
E.L.+32.8m以上	第7階層	
E.L.+24.5m～E.L.+32.8m未満	第6階層	
E.L.+20.4m～E.L.+24.5m未満	第5階層	
E.L.+17.5m～E.L.+20.4m未満	第4階層	
E.L.+10.5m～E.L.+17.5m未満 (E.L.15.0m未満の屋外設備、機器は第1階層)	第3階層	
E.L.+4.0m～E.L.+10.5m未満 (E.L.15.0m未満の屋外設備、機器は第1階層)	第2階層	
E.L.+4.0m未満 (E.L.15.0m未満(屋外の設備は、建屋シール高さ以下が第1床面)の屋外設備、機器)	第1階層	



(4 号機)

第 3-1 図 区分ごとの建屋配置の概略図(2/2)

参考資料に記載する。

第 3-2 図 選定した起因事象における収束シナリオ（出力運転時炉心損傷）

（起因事象：原子炉補機冷却機能喪失）

第 3-2 表 フロントライン系とサポート系の関連表（出力運転時炉心損傷）（1/2）（3号機）

参考資料に記載する。

第 3-2 表 フロントライン系とサポート系の関連表（出力運転時炉心損傷）(2/2) （4号機）

参考資料に記載する。

参考資料に記載する。

第 3-3 図 各収束シナリオの機能喪失に係る階層区分（出力運転時炉心損傷）

参考資料に記載する。

第 3-4 図 選定した起因事象における収束シナリオ（出力運転時格納容器損傷）
（起因事象：原子炉補機冷却機能喪失（中高圧事象））

第 3-3 表 フロントライン系とサポート系の関連表（出力運転時格納容器損傷）（1/2）（3号機）

参考資料に記載する。

第 3-3 表 フロントライン系とサポート系の関連表（出力運転時格納容器損傷）(2/2) （4号機）

参考資料に記載する。

参考資料に記載する。

第 3-5 図 各収束シナリオの機能喪失に係る階層区分（出力運転時格納容器損傷）