

添付資料－4 大飯発電所 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）

原子力エネルギー協会が 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 ATENA 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、大飯発電所第 3 号機 第 3 回安全性向上評価届出書における「3.1.4 安全裕度評価」及び大飯発電所第 4 号機 第 3 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、大飯発電所 3, 4 号機はツインプラントであり、基本的には大飯発電所 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. 起回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. 大飯発電所第3号機 第3回安全性向上評価届出書における「3.1.4 安全裕度評価」及び大飯発電所第4号機 第3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、ここでは階層毎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、大飯発電所第3号機第3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大飯発電所第4号機第3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、大飯発電所第3号機第3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大飯発電所第4号機第3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おける、津波高さ区分2(9.7m～15.8m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、大飯発電所第3号機第3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大飯発電所第4号機第3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5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毎の階層区分を第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、大飯発電所第3号機第3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大飯発電所第4号機第3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、クリフェッジ津波高さ11.4mとした。

また、本評価にて想定する起因事象は、大飯発電所第3号機第3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大飯発電所第4号機第3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2

(9.7m～15.8m 未満) で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」、「外部電源喪失」を選定した。

(b) 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

「原子炉補機冷却海水系の全喪失」、「外部電源喪失」について、大飯発電所第3号機第3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大飯発電所第4号機第3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

「原子炉補機冷却海水系の全喪失」、「外部電源喪失」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(E/B EL.3.5m)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、大飯発電所第3号機第3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大飯発電所第4号機第3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。

また、本評価にて想定する起因事象は、大飯発電所第3号機第3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大飯発電所第4号機第3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おける、津波高さ区分 2 (9.7m～15.8m 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、大飯発電所第3号機第3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大飯発電所第4号機第3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、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、大飯発電所第3号機第3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大飯発電所第4号機第3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15.8mとした。

また、本評価にて想定する起因事象は、大飯発電所第3号機第3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大飯発電所第4号機第3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2(9.7m～15.8m未満)で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」、「外部電源喪失」を選定した。

(b) 影響緩和機能及び収束シナリオの特定

「原子炉補機冷却海水系の全喪失」、「外部電源喪失」について、大飯発電所第3号機第3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大飯発電所第4号機第3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影響緩和機能及び収束シナリオを活用した。活用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、収束シナリオの詳細及び第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

「原子炉補機冷却海水系の全喪失」、「外部電源喪失」の収束シナリオ①～⑥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 3 階層 (C/B EL.15.8m) 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。

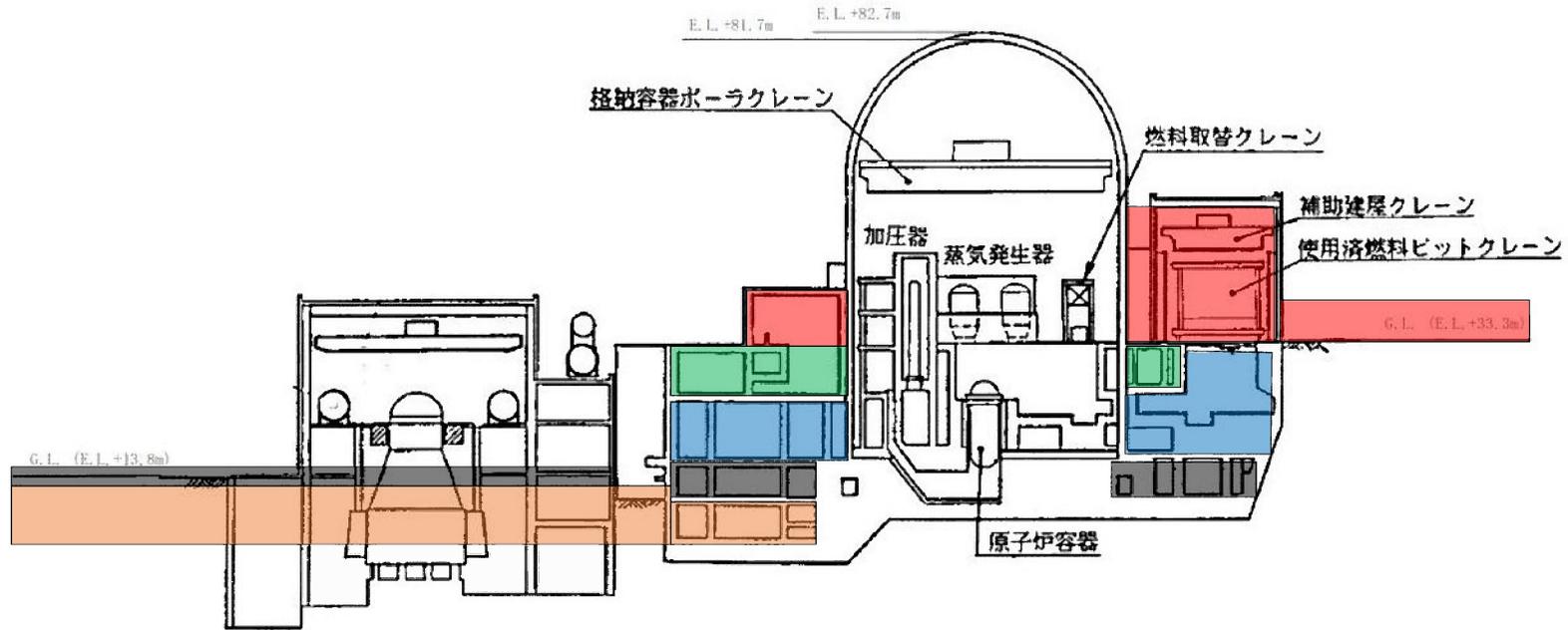
- ・設計基準を大きく超える津波が起こり、建屋内に流入した際に予想されるプラント挙動の把握（建屋内に津波が侵入し、最下層から順に水没した場合の最弱箇所含む）

今後、他プラントの評価結果（階層毎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.+33.6m 以上	第 5 階層
E.L.+26.0m～E.L.+33.6m 未満	第 4 階層
E.L.+15.8m～E.L.+26.0m 未満	第 3 階層
E.L.+10.0m～E.L.+15.8m 未満 (E.L.11.4m～E.L.15.8m 未満の屋外設備、機器)	第 2 階層
E.L.+10.0m 未満 (E.L.11.4m 未満の屋外設備、機器)	第 1 階層

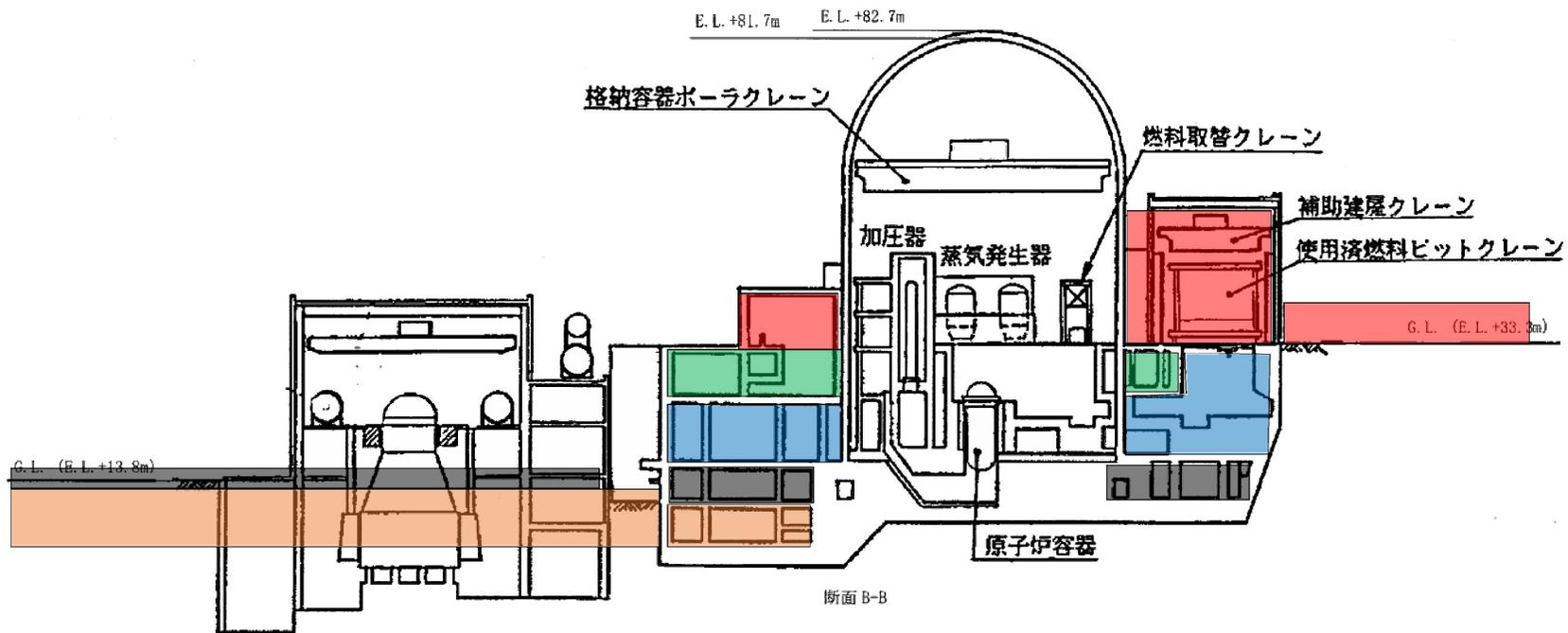
設置高さ	階層区分	該当階層
E.L.+33.6m以上	第5階層	
E.L.+26.0m～E.L.+33.6m未満	第4階層	
E.L.+15.8m～E.L.+26.0m未満	第3階層	
E.L.+10.0m～E.L.+15.8m未満 (E.L.11.4m～E.L.15.8m未満の屋外設備、機器)	第2階層	
E.L.+10.0m未満 (E.L.11.4m未満の屋外設備、機器)	第1階層	



(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.+33.6m以上	第5階層	
E.L.+26.0m～E.L.+33.6m未満	第4階層	
E.L.+15.8m～E.L.+26.0m未満	第3階層	
E.L.+10.0m～E.L.+15.8m未満 (E.L.11.4m～E.L.15.8m未満の屋外設備、機器)	第2階層	
E.L.+10.0m未満 (E.L.11.4m未満の屋外設備、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)