

3. 安全性向上のため自主的に講じた措置の調査及び分析

3.1 安全性向上に係る活動の実施状況の評価

3.1.1 決定論的安全評価

3.1.1.1 決定論的安全評価

3.1.1.1.1 決定論的安全評価の見直し要否

3.1.1.1.1.8 第 5 回安全性向上評価届出（評価時点：令和 8 年 1 月

21 日）に係る決定論的安全評価の見直し要否

決定論的安全評価は、第 4 回安全性向上評価届出の評価時点（令和 6 年 11 月 12 日）以降、評価結果が変わるような大規模な工事等を行っていないため、改めて調査、分析または評価を実施する必要はない。

なお、今後講じる措置等に応じて、その効果を適切に評価すること等を目的として、最新知見を取り入れた評価手法（最適評価コード、統計的安全評価手法等）についても調査、研究・開発に取り組んでいる。

3.1.1.2 安全裕度評価

安全裕度評価においては、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、安全裕度を評価している。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している。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、総合的に評価している。

至近では、第 4 回安全性向上評価において、評価時点（令和 6 年 11 月 12 日）のプラント設計情報及び運用情報を基にするとともに、確率論的リスク評価と同様、米国における確率論的地震ハザード解析の評価の手順を定めた Senior Seismic Hazard Analysis Committee ガイドラインのレベル 3 を適用した伊方 S S H A C プロジェクトの成果として得られた地震ハザード（以下「S S H A C ハザード」という。）を用いて、5 年ごとの改訂として評価を行った。

第 5 回安全性向上評価においては、第 4 回安全性向上評価届出の評価時点以降、評価結果が変わるような大規模な工事等を行っていないため、改めて調査、分析又は評価を実施する必要はない。なお、

次回の5年ごとの改訂に係る評価は、評価を実施した直近の届出に係る評価時点（令和6年11月12日）を起算日とし、5年の期間を経過する日（令和11年11月12日）以後最初の定期事業者検査の終了後に行う安全性向上評価となる。

第5回安全性向上評価においては、その他自然現象に対するリスク評価を行う。

3.1.1.2.1 評価実施方法

3.1.1.2.1.3 第 5 回安全性向上評価における評価項目

その他自然現象に対する安全裕度評価として、発電所周辺において発生が想定される自然現象について、地域特性等によりプラントに潜在的な脅威を与える自然現象を対象に、設計を超えるハザードレベルを想定して、それぞれの特性に応じたリスク評価を実施する。

3.1.1.2.2 評価結果

3.1.1.2.2.5 その他自然現象に対するリスク評価

3.1.1.2.2.5.1 スクリーニングによる自然現象の選定

発電所周辺において発生が想定される自然現象について、網羅的に抽出するために国内外の基準等を収集して評価対象の候補となる自然現象をリストアップし、その中から評価対象とする自然現象を抽出する。

(1) 自然現象に係る外部ハザードのリストアップ

プラントに潜在的な脅威を与え、評価対象とする自然現象を選定するにあたって、第3.1.1.2.2.5.1.1表に示すように、新規制基準適合性審査の際に設計基準において想定される自然現象を選定する過程で国内外の基準等からリストアップしたものを活用するとともに、IAEA特定安全ガイド Specific Safety Guide (SSG-25) 「Periodic Safety Review for Nuclear Power Plants(2013)」に記載されている自然現象も対象に加え、リストアップした。

第3.1.1.2.2.5.1.2表に抽出した結果を示す。本検討では、第3.1.1.2.2.5.1.2表に示す54の自然現象から、リスク評価の対象となる事象を選定する。

(2) リスク評価を行う自然現象の選定

(1)で網羅的に抽出した外部ハザードについて、リスク評価の対象とする事象を選定するため、敷地の自然環境や敷地及び敷地周辺の状況を考慮し、海外での評価手法を参考とした以下の基準により事象の選定を行った。いずれか一つの基準が該当した場合、評価の対象外とする。

選定の基準

基準	補足
基準 A	プラントに影響を及ぼすほど接近した場所に発生しない（例：砂嵐）
基準 B	ハザード進展・襲来が遅く、事前にそのリスクを予知・検知することによりハザードを排除できる。（例：海岸浸食）
基準 C	プラント設計上、考慮された事象と比較して設備等への影響度が同等若しくはそれ以下、又はプラントの安全性が損なわれることがない。 （例：濃霧）
基準 D	影響が他の事象に包含される。（例：満潮）
基準 E	発生頻度が他の事象と比較して非常に低い。（例：隕石）
基準 F	別途評価している地震事象又は津波事象に包絡される。（例：地震活動）

各自然現象の選定基準に対するスクリーニング結果を第 3.1.1.2.2.5.1.3 表に示す。結果として、以下に示す 11 事象をリスク評価を行う自然現象として選定した。

- | | |
|------------|---------------|
| a. 凍結（低温） | 「極低温（凍結）」 |
| b. 降水（降雨） | 「豪雨（降水）」 |
| c. 積雪 | 「積雪（暴風雪）」 |
| d. 落雷 | 「落雷」 |
| e. 地滑り | 「地滑り」 |
| f. 生物学的事象 | 「生物学的事象」 |
| g. 森林火災 | 「森林火災」 |
| h. 竜巻を含む強風 | 「竜巻」，「暴風（台風）」 |
| i. 気温（高温） | 「極高温」 |
| j. 太陽風 | 「太陽フレア，磁気嵐」 |
| k. 火山 | 「火山活動・降灰」 |

（「」内は第 3.1.1.2.2.5.1.3 表での表現）

3.1.1.2.2.5.2 各自然現象に対する評価方法の選定

選定した自然現象に対し、それぞれの特性に応じて、日本原子力学会標準「外部ハザードに対するリスク評価方法の選定に関する実施基準：2024」（以下「学会標準」という。）で定められている5つの評価手法のうち、第3.1.1.2.2.5.2.1表に示す3つの手法を用いてリスク評価を実施した。

それぞれの自然現象に対して、用いた評価方法は以下のとおり。

a. 凍結（低温）	影響度分析によるリスク評価
b. 降水（降雨）	影響度分析によるリスク評価
c. 積雪	影響度分析によるリスク評価
d. 落雷	影響度分析によるリスク評価
e. 地滑り	影響度分析によるリスク評価
f. 生物学的事象	影響度分析によるリスク評価
g. 森林火災	影響度分析によるリスク評価
h. 竜巻を含む強風	影響度分析によるリスク評価
i. 気温（高温）	影響度分析によるリスク評価
j. 太陽風	影響度分析によるリスク評価
k. 火山	裕度評価

なお、影響度分析によるリスク評価では、外部ハザードの定量的リスク評価における判断基準値の例として学会標準に示されているスクリーニング基準を参考にした年超過確率 10^{-6} 相当の値を対象とし、その状況で想定される起因事象の発生、安全機能の健全性などについて、伊方3号機における過去の整理も参考に、決定論的に評価した。

3.1.1.2.2.5.3 各自然現象に対するリスク評価

3.1.1.2.2.5.3.1 凍結（低温）

(1) 低温に対する設計について

低温に対する設計では、宇和島特別地域気象観測所において観測された極値 -6.2°C （1977年2月19日）を下回る -7.0°C を設定しており、屋外機器で凍結のおそれがあるものについては、保温材取付け、補助蒸気による加温等の凍結防止対策を必要に応じて行うことにより、安全機能を損なうことのない設計としている。

(2) 年超過確率 10^{-6} 相当の低温の評価

伊方発電所近傍の気象官署で記録されている過去の気象データより年超過確率 10^{-6} 相当の低温を求めることとしたいが、単体の気象官署に蓄積されたデータは長くとも140年分程度であり、 10^{-6} 相当の低温を求めるにはデータ数が少ないため、下記の方法で評価を行うこととした。

国内の原子力施設周辺の気象官署32地点における各観測開始年から2025年までの日最低気温データをStation Year法（以下「SY法」という。）により合併し、合併したデータに基づく最適極値分布から伊方原子力発電所周辺の気象官署2地点（松山、宇和島）の年超過確率 10^{-6} 相当の日最低気温を求め、これらのうちの最小値とした。

各地点における、年超過確率値の算出手順を別紙3.1.1.2.2.5.3.1-1に示す。この結果、年超過確率 10^{-6} に相当する低温は -9.9°C となる。設計条件を超過しているため、この温度に対する設備の機能への影響の有無を確認し、発電所への影響を評価する。

(3) 年超過確率 10^{-6} 相当の低温に対する各設備の影響評価

凍結（低温）により，安全上重要な屋外設備に発生する可能性のある影響について，以下のとおり評価した。

a. 起回事象の特定

(a) 設備等の損傷・機能喪失の抽出

凍結（低温）事象により設備等に発生する可能性のある影響について，以下のとおり損傷・機能喪失モードを抽出した。

イ. 屋外タンク及び配管内流体の「凍結」

ロ. ヒートシンク（海水）の「凍結」

ハ. 「着氷」による送変電設備の相間短絡

(b) 評価対象設備等及びシナリオの選定

(a) 項で抽出した影響の考慮により，プラントの安全性に影響を及ぼす可能性のある設備及びシナリオは以下に示すとおりである。

イ. 屋外タンク及び配管内流体の「凍結」

(イ) ディーゼル発電機燃料油貯油槽の重油凍結

低温によりディーゼル発電機燃料油貯油槽内の重油が凍結した場合，同時に外部電源喪失の発生を想定すれば，ディーゼル発電機の燃料枯渇により全交流電源喪失に至る。

(ロ) 補助給水タンクの純水凍結

低温により補助給水タンクの純水が凍結し，補助給水による冷却が不可能になる。補助給水タンクが機能喪失した場合，同時に外部電源喪失の発生を仮定すると2次冷却系からの除熱機能喪失となる。

ロ. ヒートシンク（海水）の「凍結」

伊方発電所の地域特性を考慮すると、海水が凍結することは起こり得ないと判断されるため、本損傷・機能喪失モードは考慮しない。

ハ. 「着氷」による送変電設備の相間短絡

送電線又は碍子への着氷によって相間短絡を起こし、外部電源喪失に至ることが考えられる。しかし、伊方発電所の地域特性を考慮すると、送電線又は碍子への着氷による相間短絡は起こり得ないと判断されるため、本損傷・機能喪失モードは考慮しない。

(c) 起回事象の特定

(b)項で選定した各シナリオについて、年超過確率 10^{-6} 相当の凍結（低温）事象に対して、リスク評価を実施した。

イ. 屋外タンク及び配管内流体の「凍結」

(イ) ディーゼル発電機燃料油貯油槽等内の重油凍結

ディーゼル発電機燃料油貯油槽等内の重油が凍結に至る温度は十分低く、凍結事象については事前の予測が十分に可能である。したがって、温度管理が可能であることから、凍結事象によるディーゼル発電機燃料油貯油槽等の凍結事象の発生可能性は非常に稀であり、全交流電源喪失には至らない。

なお、仮にディーゼル発電機の機能が喪失した場合であっても、既に整備している屋内設備となる非常用ガスタービン発電機による代替交流動力電源確保等の全交流動力電源喪失時の手順により、炉心損傷に至ることなく、発電所を安全に停止できる。

(ロ) 補助給水タンクの純水凍結

補助給水タンクが凍結により機能喪失した場合、同時に外部電源喪失の発生を想定すれば2次冷却系からの除熱機能が喪失する。しかし、保温材取付け、補助蒸気による加温等の凍結防止対策を講じることで、2次冷却系の除熱機能喪失には至らない。

なお、仮に2次冷却系からの除熱機能が喪失した場合であっても、既に整備している2次冷却系からの除熱機能喪失時の手順により、炉心損傷に至ることなく、発電所を安全に停止できる。

ロ. ヒートシンク（海水）の「凍結」

(b)ロ. 項に記載のとおり、本損傷・機能喪失モードは考慮しないため、想定するシナリオはない。

ハ. 「着氷」による送変電設備の相間短絡

(b)ハ. 項に記載のとおり、本損傷・機能喪失モードは考慮しないため、想定するシナリオはない。

b. 事故シーケンスの特定

a. 項の検討より、設計を超える凍結（低温）事象が発電所に襲来した場合でも、保温材取付け、補助蒸気による加温等の凍結防止対策を講じることにより、プラントに影響を与えるような起因事象が発生することはない。仮に、凍結（低温）事象が起因となるような事故シーケンスが発生した場合でも、既に整備している手順により、炉心損傷に至ることなく、発電所を安全に停止できる。

(4) 年超過確率 10^{-6} 相当の低温に対する発電所への影響の評価

(3)項の評価結果から、年超過確率 10^{-6} 相当の低温に対し、影響を受けると思われる屋外設備を評価した結果、凍結による影響はないと評価した。なお、保温材取付け、補助蒸気による加温等の凍結防止対策については、当該事象の進展が遅く、公的機関等の情報により事前の予測が十分可能であることから、実施可能である。

以上より、凍結（低温）はプラントに対して有意なリスクはないと評価する。

3.1.1.2.2.5.3.2 降水（降雨）

(1) 降水（降雨）に対する設計について

伊方発電所近傍の気象官署である松山地方気象台及び宇和島特別地域気象観測所での観測記録（観測開始～2025年12月）によれば、発電所周辺地域における日最大1時間降水量の最大値は78.0mm（松山地方気象台，2024年11月2日）である。

安全施設は、降水に対して、構内排水路で集水し海域へ排出を行うことにより、安全機能を損なうことのない設計としている。

構内排水設備の設計降雨強度は139.6mm/hであり、発電所周辺地域における日最大1時間降水量に比べ十分な余裕がある。

(2) 過去最大値（極値）に対する影響評価

四国地方における至近の降雨事象として平成30年7月豪雨（以下「西日本豪雨」という。）がある。

2018年（平成30年）6月28日から7月8日にかけて、西日本を中心に北海道や中部地方を含む全国的に広い範囲で発生した、台風7号及び梅雨前線等の影響による集中豪雨であり、四国地方においても記録的な大雨となった。

四国地方では、6月28日～7月8日までの総降水量が多いところで500mm/dayを超えるなど、7月の月降水量平年値を大幅に超過する地点が散見された。また、複数の地点で日降水量が通年での観測史上1位の値を更新するなど、これまでの観測記録を更新する大雨となった。第3.1.1.2.2.5.3.2.1表に西日本豪雨における降水量を示す。

なお、日本最大の降水記録は、1時間降水量：153mm/h（千葉県

香取 1999 年 10 月 27 日及び長崎県長浦岳 1982 年 7 月 23 日)，日降水量：922.5mm/day（神奈川県箱根 2019 年 10 月 12 日）である。

上記日本最大の降水記録は伊方発電所構内排水設備の設計降雨強度（139.6mm/h）を超えているため，年超過確率 10^{-6} 相当の日最大 1 時間降水量との関係性を確認した上で発電所への影響を評価することとした。

(3) 年超過確率 10^{-6} 相当の降水（降雨）の評価

国内の原子力施設周辺の気象官署 32 地点における各観測開始年から 2025 年までの日最大 1 時間降雨量データを SY 法により合併し，合併したデータを基に最適極値分布を求め，これから伊方原子力発電所周辺の気象官署 2 地点（松山，宇和島）の年超過確率 10^{-6} 相当の日最大 1 時間降水量を求め，これらのうちの最大値とした。

この結果，年超過確率 10^{-6} に相当する 1 時間降水量は 167.4mm/h となる。(2)項で述べた日本最大の降水記録及び伊方発電所の設計条件を超過しているため，この降水量に対する設備の機能への影響の有無を確認し，発電所への影響を評価する。

年超過確率 10^{-6} に相当する 167.4mm/h の雨が降った場合，発電所の設計降雨強度 139.6mm/h を超えてしまうことになるが，降雨が発電所内にもたらすと考えられる影響は，降雨により発生する敷地内の洪水（浸水），あるいは，構内排水設備が水を排出できないことにより，屋根の上等に水が溜まり，その重さで建屋が崩壊する，といった状況である。

(4) 年超過確率 10^{-6} 相当の降水（降雨）に対する各設備の影響評価

a. 降雨による影響

(a) 発電所敷地

年超過確率 10^{-6} に相当する 167.4mm/h の雨が降った場合、伊方発電所の設計降雨強度を超過するものの、実際の設備設計では設計降雨強度の大雨でも余裕をもって排水可能な造りとなっており、万が一発電所の構内排水設備の排水能力を超えた場合にも、EL. +10.0m の敷地で溢れた水は、海側に向かって敷地の下り勾配を自然流下し海域に流出するため、大雨が降り続いたとしても、EL. +10.0m の敷地に雨水が貯留し続けることはなく、許容津波高さ（EL. +14.2m）を超えることはないと考えられ、またその経路上に安全上重要な設備もないことから、発電所への影響はないと評価される。

(b) 建屋屋上

各建屋の屋上についても、排水設備を備えており、発電所の構内に設置された排水系統を通じて海域に放出している。屋上の排水設備の排水能力を超えた場合、雨水は建屋屋上から溢れ、壁を伝い、敷地側溝へと自然流下するため、屋上貯留される雨水は限定的である。

なお、屋上の貫通配管部については、シール施工され建屋内部に雨水は流入しないことを確認している。

(c) 海水ピット

海水ピットについては、海水ポンプ設置エリア、海水ストレーナ設置エリア、海水管ダクトに設置されている床 dren ラインで排水する仕組みとなっているが、排水能力を上回る場合には、排

水ピットに設置されている水位計が水位上昇を検知し、中央制御室に警報を発する。この場合、一般的な可搬型水中ポンプにて排水することが可能である。

ただし、大規模な降雨事象に伴う海水ポンプモータ水没の可能性を否定できないことから、水没による設備の損傷に起因する原子炉補機冷却機能喪失事象の発生を想定する。

b. 流木による影響（海水取水口の閉塞事象）

西日本豪雨のような大規模降雨による斜面崩壊に伴い、海域に流出した流木が発電所周辺の海域へ押し寄せ、海水ポンプや循環水ポンプの取水に伴う海水の流れにより、取水口へ流入し、海水取水経路の閉塞を引き起こすことが想定される。

取水口には、除塵装置として、ウォッシュポンプ、回転バースクリーン、トラベリングスクリーンが設置されており、流木その他漂流物を除去できる設計となっているが、除塵装置の処理能力を上回る流木等の襲来による海水取水経路閉塞の可能性を否定できないことから、取水機能喪失に起因する原子炉補機冷却機能喪失事象の発生を想定する。

c. 事故シーケンスの特定

a. 項及び b. 項の検討より、起因事象を以下のとおり選定した。

- ・海水ポンプモータ水没、若しくは、海水取水経路の閉塞による原子炉補機冷却機能喪失

(5) 年超過確率 10^{-6} 相当の降水（降雨）に対する発電所への影響評価

(4) 項の評価結果より，発電所の構内排水設備の排水能力を超える可能性があるが，溢れた水は海側に向かって敷地の下り勾配を自然流下するため，雨水が貯留し続けることはなく，建屋内への浸水となる許容津波高さ EL. +14.2m を超えることがないため，安全上重要な建屋内に雨水は流入しない。

一方，大規模な降雨事象による海水ポンプのモータ水没若しくは発電所周辺の海域へ押し寄せた流木及びその他漂流物による海水取水経路の閉塞によって，原子炉補機冷却機能喪失の可能性があるが，既に整備している原子炉補機冷却機能全喪失への対応手順により，炉心損傷に至ることなく，原子炉を安全に停止できる。このほか，降水に関連して発生する可能性がある自然現象としては，土石流，土砂崩れ及び地滑りが考えられる。重要安全施設は，土石流に対し，土石流が発生するおそれのない位置に設置することにより，安全機能を損なうことのない設計としている。重要安全施設以外の安全施設は，土石流に対し，本原子炉施設の安全上の機能別重要度分類に応じて要求される安全機能を損なわない設計とし，構築物にあっては，相応の頑健性を有する鉄筋コンクリート造とするとともに，損傷した場合には速やかに補修を行う。また，必要に応じて放射線量を測定し，遮蔽等の運用上の措置を講じることとしている。土砂崩れについては，発電所敷地内には急傾斜地崩壊危険箇所はない。地滑りについては，「3.1.1.2.5.3.5 地滑り」にて評価を実施する。

以上より，降水（降雨）はプラントに対して有意なリスクはないと評価する。

3.1.1.2.2.5.3.3 積雪

(1) 積雪に対する設計について

伊方発電所敷地付近の積雪記録（1857～1963 年）及び近傍の気象官署である松山地方気象台（観測開始～2025 年 12 月）並びに宇和島特別地域気象観測所（観測開始～2005 年 9 月）での観測記録によれば、積雪の深さの月最大値は、52cm（1960 年 12 月 29 日～1961 年 1 月 4 日）であり、安全施設は、積雪荷重を建築基準法に基づき設定し、それに対し機械的強度を有することにより、安全機能を損なうことのない設計としている。

(2) 年超過確率 10^{-6} 相当の積雪の評価

国内の原子力施設周辺の気象官署 32 地点における、各観測開始年から 2025 年までの月最深積雪データを SY 法により合併し、合併したデータを基に最適極値分布を求め、これから伊方原子力発電所近傍の気象官署 2 地点（松山、宇和島）の年超過確率 10^{-6} 相当の月最深積雪を求め、これらのうちの最大値とした。

この結果、年超過確率 10^{-6} に相当する積雪量は 87.6cm となる。設計条件を超過しているため、この積雪量に対する設備の機能への影響の有無を確認し、発電所への影響を評価する。

(3) 年超過確率 10^{-6} 相当の積雪に対する各設備の影響評価

積雪により、安全上重要な屋外設備に発生する可能性のある影響について、以下のとおり評価した。

a. 起因事象の特定

(a) 設備等の損傷・機能喪失の抽出

積雪事象により設備等に発生する可能性のある影響について、以下のとおり、損傷・機能喪失モードを抽出した。

- イ. 「雪の多量吸い込み」による吸排気口及び冷却口の閉塞
- ロ. 「積雪荷重」による建屋天井及び屋外設備に対する荷重
- ハ. 「着雪」による送変電設備の機能阻害

(b) 評価対象設備等及びシナリオの選定

(a) 項で抽出した影響の考慮により、プラントの安全性に影響を及ぼす可能性のある設備及びシナリオは以下に示すとおりである。

- イ. 「雪の多量吸い込み」による吸排気口及び冷却口の閉塞
 - (イ) ディーゼル発電機の吸排気口閉塞により、ディーゼル発電機の機能が喪失する。これと同時に、外部電源喪失の発生を仮定すると全交流動力電源喪失に至る。
 - (ロ) 積雪によって海水ポンプモータの冷却口が閉塞するため、海水ポンプがトリップし原子炉補機冷却機能が喪失する。
- ロ. 「積雪荷重」による建屋天井及び屋外設備に対する荷重
 - (イ) 補助給水タンク損傷

補助給水タンクが座屈で損傷した場合、補助給水による冷却が不可能になる。

積雪荷重による座屈で補助給水タンクが損傷した場合、同時に外部電源喪失又は主給水流量喪失の発生を想定すれば、2次冷却系からの除熱機能が喪失する。

(ロ) 建屋崩落

荷重により建屋が崩落した場合、建屋に設置している設備等に影響が及ぶ。本評価においては、タービン建屋の崩落を考慮し、外部電源喪失事象、2次冷却系の破断事象及び主給水流量喪失事象を考慮する。

ハ. 「着雪」による送変電設備の機能阻害

(イ) 外部送電系の機能喪失（着雪による絶縁不良及び倒木による送電機能阻害）

送電線若しくは碍子への着雪又は積雪荷重による倒木により、送電線が短絡し外部電源が喪失する。

着雪及び倒木に対して設計上の配慮はなされているものの、設計基準を超える積雪事象に対して発生を否定できない。したがって、送変電設備の損傷に伴う外部電源喪失を考慮すべきシナリオとして選定する。

(c) 起因事象の特定

(b)項で選定した各シナリオについて、年超過確率 10^{-6} 相当の積雪事象に対しての裕度評価を実施した。

イ. 「雪の多量吸い込み」による吸排気口及び冷却口の閉塞

第3.1.1.2.2.5.3.3.1表に吸排気口及び冷却口の高さと 10^{-6} 相当の積雪深さの比較を示す。

ディーゼル発電機の吸排気口及び海水ポンプモータ排気口は設置高さが確保されているため、雪の多量吸込による閉塞は発生しない。

ロ. 「積雪荷重」による建屋天井及び屋外設備に対する荷重

第3.1.1.2.2.5.3.3.2表に各建屋の積雪荷重に対する強度評価結果を示す。

安全上重要な建屋は、積雪荷重に対して十分な余裕を有しているが、タービン建屋については積雪の荷重による崩落の可能性を否定できないことから、建屋崩落による設備の損傷に起因する外部電源喪失事象、2次冷却系の破断事象及び主給水流量喪失事象を想定する。

また、外部電源喪失又は主給水流量喪失の同時発生を含む補助給水タンク損傷による2次冷却系の除熱機能喪失の発生を想定する。

ハ. 「着雪」による送変電設備の機能阻害

(イ) 外部送電系の機能喪失（着雪による絶縁不良及び倒木による送電機能阻害）

(b)項のとおり、送変電設備の損傷に伴う外部電源喪失の発生を想定する。

b. 事故シーケンスの特定

a. 項の検討より、起因事象を以下のとおり選定した。

- ・タービン建屋損傷による2次冷却系の除熱機能喪失
- ・タービン建屋損傷による主給水流量喪失
- ・補助給水タンク損傷による2次冷却系の除熱機能喪失
- ・タービン建屋損傷、送電線若しくは碍子への着雪又は積雪荷重による倒木に伴う外部電源喪失

(4) 年超過確率 10^{-6} 相当の積雪に対する発電所への影響評価

(3)項より、年超過確率 10^{-6} 相当の積雪時には、タービン建屋、補助給水タンク及び送電線以外の建屋・設備については影響がないと評価した。また、タービン建屋の損傷又は補助給水タンク損傷による2次冷却系の除熱機能喪失、タービン建屋損傷による主給水流量喪失及びタービン建屋損傷又は送電線への着雪等による外部電源喪失が発生する可能性はあるが、それぞれの事象が発生した場合でも、既に整備している2次冷却系からの除熱機能喪失時の手順、主給水流量喪失時の手順、若しくは、外部電源喪失時の手順により、発電所を安全に停止できる。なお、当該事象の進展は遅く、公的機関等の情報により、事前の予測が十分可能であり、除雪等を行うことにより、アクセスルート等の確保が可能である。

以上より、積雪はプラントに対して有意なリスクはないと評価する。

3.1.1.2.2.5.3.4 落雷

(1) 落雷に対する設計について

落雷の規格基準として、一般財団法人 電力中央研究所の研究報告「発電所及び地中送電線の耐雷設計ガイド」を参照し、500kV 発電所の最大想定雷撃電流推奨値である 150kVA を設計雷撃電流とし、以下のとおり対策している。

安全施設は、雷害防止対策として、原子炉格納施設等への避雷針の設置、接地網の布設による接地抵抗の低減等を行うとともに、安全保護系への雷サージ侵入の抑制を図る回路設計を行い、安全機能を損なうことのない設計としている。

(2) 年超過確率 10^{-6} 相当の落雷の評価

当社の落雷位置標定システム（以下「LLS」という。）からのデータを基に、年超過確率 10^{-6} に相当する最大雷撃電流値を求めた。この値は、「原子力施設の耐雷指針（JEAG4608-2020）」に基づき、以下のようを求めることができる。

a. 用いたデータ

当社が保有している LLS の落雷データ 10 ヶ年分（2015 年 3 月～2025 年 3 月）を用いて評価を行う。

b. 収集範囲

発電所の立地県である愛媛県を概ね包絡した範囲として、第 3.1.1.2.2.5.3.4.1 図の赤枠を収集面積として落雷データを収集する。収集したデータから、エリア内で発生した落雷の最大電流値毎の雷撃回数を累積した曲線（累積頻度分布曲線）を求める。

c. 評価範囲

評価範囲は、伊方発電所1～3号機の防護対象設備である原子炉建屋（補助建屋を含む）及び海水ピットを評価対象とし、これらに回転球体半径を考慮して保守的に算出した面積の和を評価面積とする。収集面積に対する評価面積の比を求め、収集データ数にこれに乗じて評価面積に対する年間雷撃回数を求める。

d. 電流値

c. 項で求めた年間雷撃回数を基に、年超過確率 10^{-6} 相当の標的面積に対する雷撃回数を求め、この逆数に対応する電流値を b. 項の累積頻度分布曲線から読み取る。

この結果、年超過確率 10^{-6} に対する最大雷撃電流は 316kA となる。設計条件を超過しているため、この雷撃電流に対する設備の機能への影響の有無を確認し、発電所への影響を評価する。

(3) 年超過確率 10^{-6} 相当の落雷に対する各設備の影響評価

落雷により、設備等に発生する可能性のある影響について、以下のとおり、損傷、機能喪失を評価した。

なお、落雷により影響を受けると考えられる設備は、それぞれ位置的な分散を図っていることから、落雷により同時損傷する可能性は非常に小さいと考えられるが、本評価では複数設備の同時損傷を考慮している。また、簡単化のため、直撃雷の最大電流値及び誘導雷サージの雷サージ電圧値に関わらず対象とする設備が必ず損傷するものとしており、年超過確率 10^{-6} に相当する最大雷撃電流及び雷撃位置、その落雷により各設備に発生する雷サージ電圧を算出し、各設備の耐力との比較を行うことはせず、以下の前提条件のもと評

価を行う。

a. 起因事象の特定

(a) 設備等の損傷・機能喪失の抽出

落雷事象により設備等に発生する可能性のある影響について、以下のとおり、損傷・機能喪失モード及び機器の配置・構成を抽出した。

- イ. 直撃雷による設備損傷
- ロ. 誘導雷サージによる設備損傷
- ハ. 誘導雷サージによる誤信号の発信
- ニ. 建屋内のみで構成される機器
- ホ. 屋外にある可搬型重大事故等対処設備

(b) 評価対象設備等及びシナリオの選定

(a)項で抽出した影響の考慮により、プラントの安全性に影響を及ぼす可能性のある設備及びシナリオは以下に示すとおりである。

イ. 直撃雷による設備損傷

屋外設備（送電線、海水ポンプ等）への直撃雷により、直撃雷を受けた設備の機能喪失を想定する。

ロ. 誘導雷サージによる設備損傷

屋外ケーブル（金属材料が使われていない光ケーブルを除く）からの誘導雷サージが、それに接続される設備へ流れ、当該回路の機能喪失に至ると想定する。誘導雷サージによる機能喪失範囲は、屋外ケーブルで常時接続されている屋外機器並びに建屋内機器の接続部位までが持つ機能が喪失することとする。

なお、建屋内機器の接続部位が遮断器等の開放又は引き出し

位置で縁切りされている場合には、接続されている屋外機器のみが誘導雷サージの影響を受け、機能喪失することとする。

ハ. 誘導雷サージによる誤信号の発信

設計想定以上の雷サージにより機器が誤動作する可能性があるが、機器の誤動作が起こったとしても、落雷による瞬間的な誤信号であれば、運転員による適切な操作がなされることから、影響はないものとし、本損傷・機能喪失モードは考慮しない。

ニ. 建屋内のみで構成される機器

建屋内のみで構成される機器については、建屋が鉄筋コンクリート造りであり、かつ、十分に接地されており、また、その鉄筋量は一般建屋よりも多く緻密な格子状の空間遮断が形成されていることから、耐雷サージ性の高いファラデーケージになっており、建屋内部の過渡電位分布が平坦化されるため、影響はないとして考慮しない。

ホ. 屋外にある可搬型重大事故等対処設備

屋外にある可搬型重大事故等対処設備については、原子炉建屋、海水ピットから離隔をとり、それらと同時に影響を受けない場所に分散して配備しているとともに、可搬型重大事故等対処設備同士の距離についても十分に離して複数個所に分散して保管していることから、落雷により、同時にすべての設備が機能喪失することはないとして考慮しない。

(c) 起回事象の特定

(b)項で選定した各シナリオについて、年超過確率 10^{-6} 相当の雷撃電流に対して、リスク評価を実施した。

イ. 直撃雷による設備損傷

送電線は架空地線で直撃雷の低減対策を実施しており、また、送電線は独立性を有する複数ルート、複数回線の送電系統から受電可能なため、直撃雷により外部電源喪失に至る可能性は極めて低いと考えられるが、複数設備の同時損傷を考慮し、保守的に外部電源喪失の発生を想定する。

ロ. 誘導雷サージによる設備損傷

落雷による誘導雷サージを接地網へ効果的に導くことが出来ない場合、電気盤内の絶縁耐力が低い電子回路が損傷し、原子炉施設の安全保護系機能が喪失する。

ただし、安全保護系の電子回路に使用するケーブルは、シールドケーブルを使用してシールドを接地し、かつ検出器から制御設備までのケーブルは基本的に建屋内に設置されているため、有意なサージの侵入はないと考えられる。

また、屋外との取合いがあるその他制御設備の電子回路についても、避雷器及び絶縁トランスによるサージ対策が講じられていることから、電子回路が影響を受けるような誘導雷サージの侵入はないものと判断される。

海水ポンプは、防護壁及び防護ネットで構成される耐雷サージ性の高いファラデーケージ内に設置されているが、想定を超える雷撃によって機能喪失する可能性を否定できないため、保守的に誘導雷サージにより海水ポンプの機能喪失が発生することとし、原子炉補機冷却海水系の全喪失の発生を仮定する。

b. 事故シーケンスの特定

a. 項の検討より，起因事象を以下のとおり選定した。

- ・外部送電系への直撃雷による外部電源喪失
- ・海水ポンプ損傷による原子炉補機冷却機能喪失

(4) 年超過確率 10^{-6} 相当の落雷に対する発電所への影響評価

(3) 項から，年超過確率 10^{-6} 相当の落雷時には，誘導雷サージによる誤信号の発信，建屋内のみで構成される機器，屋外にある可搬型重大事故等対処設備については影響がないと評価した。また，落雷により外部電源喪失及び原子炉補機冷却海水系の全喪失の起因事象が発生する可能性があり，これらの事象が発生した場合でも，既に整備している外部電源喪失時，若しくは，原子炉補機冷却海水系の全喪失時の手順により対応可能であるが，落雷時の緩和機能に必要な設備影響を確認する。当該起因事象発生時の緩和機能に必要な設備のうち，誘導雷サージにより損傷する可能性のある屋外設備を第 3.1.1.2.2.5.3.4.1 表に示す。第 3.1.1.2.2.5.3.4.1 表のとおり，緩和機能に必要な設備のうち，金属材料のケーブルが常時接続されている設備は空冷式非常用発電装置であり，当該設備は誘導雷サージの影響を受ける可能性がある。

しかし，空冷式非常用発電装置は通常時，遮断器が開放状態であり，それにより縁切りされているため，誘導雷サージの影響を受けることはない。

電動補助給水ポンプ補助給水タンク側入口弁及びタービン動補助給水ポンプ補助給水タンク側入口弁については，通常開の電動

弁であり、緩和操作に必要な状態も開状態であることから操作は不要となるため機能喪失したとしても影響はない。また仮に、誘導雷サージによる誤信号で閉止したとしても、運転員による手動操作により対応可能である。

以上より、落雷により外部電源喪失及び原子炉補機冷却海水系の全喪失の起因事象が発生したとしても、緩和機能に必要な設備は落雷の影響を受けないことから、既に整備している外部電源喪失時や原子炉補機冷却機能の全喪失時の手順により、炉心損傷を回避することができる。

以上より、落雷はプラントに対して有意なリスクはないと評価する。

3.1.1.2.2.5.3.5 地滑り

(1) 地滑りに対する設計について

重要安全施設は、地滑りが発生するおそれのない位置に設置することにより、安全機能を損なうことのない設計としている。

重要安全施設以外の安全施設は、地滑りに対し、本原子炉施設の安全上の機能別重要度分類に応じて要求される安全機能を損なわない設計とし、構築物にあつては、相応の頑健性を有する鉄筋コンクリート造とするとともに、損傷した場合には速やかに補修を行うこととしている。また、必要に応じて放射線量を測定し、遮蔽等の運用上の措置を講じることとしている。

(2) 設計を超える地滑りに対する各設備の影響評価

a. 起因事象の特定

構築物等が損壊する可能性があるが、安全上重要な原子炉建屋等の構築物周辺には、地滑りを想定すべき急斜面、地滑り地形はないため考慮しない。

発電所周辺では倒壊に伴う送電線等の機能喪失による外部電源喪失の発生が想定される。

b. 事故シーケンスの特定

a. 項の検討より、起因事象を以下のとおり選定した。

- ・送電線等の倒壊に伴う外部電源喪失

(3) 設計を超える地滑りに対する発電所への影響評価

(2)項の評価結果より、安全上重要な原子炉建屋等の構築物周辺は地滑り地形でないことから、地滑りによる影響はないと評価した。

また、万が一送電鉄塔等の倒壊により外部送電系の機能喪失となった場合であっても、既に整備している外部電源喪失時の手順により、発電所を安全に停止できる。

以上より、地滑りはプラントに対して有意なリスクはないと評価する。

3.1.1.2.2.5.3.6 生物学的事象

(1) 生物学的事象に対する設計について

生物学的事象に対して、クラゲ等の海生生物の発生、小動物の侵入を考慮する。

安全施設は、クラゲ等の海生生物の発生に対して、原子炉補機冷却海水設備及び循環水設備に除塵装置を設けることで、安全機能を損なわない設計としている。除塵装置を通過する貝等の海生生物については、ストレーナや復水器ボール洗浄装置により、原子炉補機冷却水冷却器や復水器等への影響を防止する。さらに、定期的に開放点検、清掃ができるよう、点検口等を設ける設計としている。

また、安全施設は小動物の侵入に対して、屋外装置の端子箱貫通部等にシールを行うことにより、安全機能を損なうことのない設計としている。

(2) 設計を超える生物学的事象に対する各設備の影響評価

a. 起因事象の特定

クラゲ等の海生生物の発生に対しては、(1)項で記載したとおり、除塵装置等を設けることによって、安全機能を損なうことのない設計としている。ただし、除塵装置等の能力を超える規模の海生生物襲来による海水取水経路閉塞の可能性を否定できないことから、海水取水経路閉塞に起因する原子炉補機冷却機能喪失事象の発生を想定する。

小動物の侵入に対しては、(1)項で記載したとおり、屋外装置の端子箱貫通部等にシールを行っていることから、プラントに対する影響を保守的に仮定したとしても安全機能に対して影響はな

いため考慮しない。

b. 事故シーケンスの特定

a. 項の検討より，起因事象を以下のとおり選定した。

- ・クラゲ等の海生生物 による海水取水経路の閉塞に起因する 原子炉補機冷却機能喪失

(3) 設計を超える生物学的事象に対する発電所への影響評価

(2)項の評価結果から，クラゲ等の海生生物の発生に対しては，海水取水経路の閉塞等により原子炉補機冷却海水系の全喪失が発生したとしても，既に整備している原子炉補機冷却海水系の全喪失時の手順により，炉心損傷に至ることなく，発電所を安全に停止できる。

また，小動物の侵入に対しては，屋外装置の端子箱貫通部等にシールを行っていることから，生物学的事象による影響はないと評価した。

以上より，生物学的事象はプラントに対して有意なリスクはないと評価する。

3.1.1.2.2.5.3.7 森林火災

(1) 森林火災に対する設計について

森林火災に対する設計では、想定される森林火災において、最も厳しい火災が発生した場合においても安全機能を損なわない設計としており、自然現象として想定される森林火災の延焼防止を目的として、発電所周辺の植生を確認し、作成した植生データ等を基に求めた最大火線強度から算出される防火帯（約 35m）を敷地内に設けている。

防火帯は延焼防止効果を損なわない設計とし、防火帯に可燃物を含む機器等を設置する場合は必要最小限とする。

また、森林火災による熱影響については、火炎輻射強度（ $1,200\text{kW/m}^2$ ）の影響を考慮した場合においても、離隔距離の確保等により安全施設の安全機能を損なわない設計としている。

(2) 設計を超える森林火災に対する各設備の影響評価

森林火災により、安全上重要な屋外設備に発生する可能性のある影響について、以下のとおり評価した。

a. 起因事象の特定

(a) 設備等の損傷・機能喪失の抽出

森林火災事象により設備等に発生する可能性のある影響について、以下のとおり、損傷・機能喪失モードを抽出した。

イ. 輻射熱による設備等への影響

ロ. ばい煙による空調吸気口の閉塞

ハ. 外部電源への影響

(b) 評価対象設備等及びシナリオの選定

(a) 項で抽出した影響を考慮し、プラントの安全性に影響を及ぼす可能性のある設備等及びシナリオは以下に示すとおりである。

イ. 輻射熱による設備等への影響

(イ) 建屋損傷

森林火災の輻射熱により原子炉格納容器等のコンクリート外壁の温度が過度に上昇し、損傷する事象

(ロ) 海水ポンプ損傷

森林火災の輻射熱により海水ポンプの冷却空気温度が限界値を超え、損傷する事象

(ハ) 補助給水タンク損傷

外部火災の輻射熱により補助給水タンク内の水温が過度に上昇し、補助給水系統の設計温度を大幅に超え、補助給水系統が損傷する事象

ロ. ばい煙による空調給気口の閉塞

ディーゼル発電機室空調の給気口閉塞により空調設備が機能喪失に至り、ディーゼル発電機の機能が喪失する。ディーゼル発電機室空調が閉塞により機能喪失し、同時に下記ハ. 項の外部電源喪失の発生を想定した場合、全交流動力電源喪失に至る。

ハ. 外部電源への影響

火災又は火災に伴う倒木により送電線等の機器が損傷し、外部電源喪失が発生する。

(c) 起回事象の特定

(b) 項で選定した各シナリオについて、想定を超える外部火災事象に対して、リスク評価を実施し、事故シーケンスグループ抽

出に当たって考慮すべき起因事象の特定を行った。

4. 輻射熱による設備等への影響

(イ) 建屋損傷

森林火災の輻射熱による建屋影響について、森林火災の年超過頻度等の定量評価は困難である。しかし、事象進展を考慮すると、24 時間駐在している自衛消防隊による早期の消火体制確立が可能であり、森林火災に対する影響緩和策を講じることができる。また、設計基準での非常に保守的な火災影響評価において、防火帯外縁（火炎側）から十分な離隔距離があることを考慮すると、建屋の許容温度を下回り、実際に各建屋の機能が損傷するにはさらに余裕があるため、建屋損傷には至らない。

(ロ) 海水ポンプ損傷

森林火災の輻射熱による海水ポンプへの影響についても、建屋の検討と同様に考慮すべきシナリオとしては抽出不要とする。なお、海水ポンプの損傷により、最終ヒートシンクが喪失し、原子炉補機冷却水系統及びディーゼル発電機の機能が喪失するが、既に整備している原子炉補機冷却機能の全喪失及び全交流動力電源喪失時の手順により、炉心損傷に至ることなく、発電所を安全に停止できる。

(ハ) 補助給水タンク損傷

森林火災の輻射熱による補助給水タンクへの影響についても、建屋の検討と同様に考慮すべきシナリオとしては抽出不要とする。なお、補助給水系が機能喪失した場合に2次冷却系からの除熱機能喪失となるが、既に整備している2次冷却系からの除熱機能喪失時の手順により、炉心損傷に至ることなく、発電所

を安全に停止できる。

ロ. ばい煙による空調給気口の閉塞

森林火災で発生するばい煙の多くは、大規模な火災で発生する強い上昇気流によってプラントの遥か上空に運ばれるため、基本的に高濃度のばい煙が空調給気口に直接到達する確率は非常に小さいものと考えられる。また、空調給気口までばい煙が到達したとしても、給気口にある給気フィルタにより粒径の大きいばい煙は捕捉され、通過したばい煙粒子は過給機等に進入するものの、機器の間隙は一般的なばい煙粒子より大きいと考えられる。したがって、ディーゼル発電機の機能に影響を及ぼすことはないと判断し、本評価の対象外とした。

ハ. 外部電源への影響

森林火災に伴う送電線等の機能喪失の可能性を否定できないため、送電系統の故障による外部電源喪失の発生を想定する。

b. 事故シーケンスの特定

a. 項の検討より、起因事象を以下のとおり選定した。

- ・火災又は火災に伴う倒木に伴う送電線等の機器損傷による外部電源喪失

(3) 設計を超える森林火災に対する発電所への影響の評価

(2)項の評価結果から、影響を受けると考えられる設備を評価した結果、森林火災による輻射熱による設備等への影響、ばい煙による空調給気口の閉塞による影響はないと評価した。また、外部電源への影響については、送電線等の機能喪失により外部送電系の機能喪失となった場合であっても、既に整備している外部電源喪失時の

手順により、発電所を安全に停止できる。

以上より、森林火災はプラントに対して有意なリスクはないと評価する。

3.1.1.2.2.5.3.8 竜巻を含む強風

(1) 竜巻を含む強風に対する設計について

安全施設は、想定される竜巻が発生した場合においても、作用する設計荷重に対して、その安全機能を損なわない設計としている。また、安全施設は、過去の竜巻被害状況及び伊方発電所のプラント配置から想定される竜巻に随伴する事象に対して、安全機能を損なわない設計としている。

竜巻に対する防護設計を行うための設計竜巻の最大風速は、100m/s とし、設計荷重は、設計竜巻による風圧力による荷重、気圧差による荷重及び飛来物が安全施設に衝突する際の衝撃荷重を組み合わせた設計竜巻荷重、並びに、安全施設に常時作用する荷重、運転時荷重及びその他竜巻以外の自然現象による荷重等を適切に組み合わせたものとして設定している。

安全施設の安全機能を損なわないようにするため、安全施設に影響を及ぼす飛来物の発生防止対策を実施するとともに、作用する設計荷重に対する安全施設の構造健全性の維持、安全施設を内包する区画の構造健全性の確保、若しくは、飛来物による損傷を考慮し安全上支障のない期間での修復等の対応、又は、それらを適切に組み合わせた設計としている。

(2) 年超過確率 10^{-6} 相当の竜巻を含む強風の評価

伊方発電所第3号炉設置変更許可（平成27年7月15日許可）添付書類六に記載されている竜巻のハザード曲線により算出した年超過確率 10^{-6} 相当の風速は約 103.8m/s である。設計条件を超過しているため、この風速による発電所施設の設備への影響の有無を確認

することで、発電所への影響を評価する。

なお、厳密には、各評価項目の結果は非線形特性であるが、本評価では、103.8m/s が 100.0m/s とあまり差がないことから簡易的に比較を行い、定量的に評価することとした。

具体的には、伊方発電所第3号炉設置変更許可（平成27年7月15日許可）における竜巻（暴風）が原子炉施設へ与える影響のうち、建屋の竜巻荷重に対する構造骨組の健全性評価結果及び設備の構造健全性評価結果において、設計竜巻（100.0m/s）がもたらす荷重及び応力値を評価しており、これらは風速の自乗に比例することから、103.8m/s の風速に対する評価は 100.0m/s との比の自乗（=1.10）倍となる。

一方で、各評価における許容値と風速 100.0m/s 時のこれらの評価値との比を裕度として定義すると、この裕度が前述の風速比の自乗（=1.10）を上回っていることを確認できれば、建屋・機器の健全性は確保されると評価できる。

なお、暴風については、伊方発電所近傍の気象官署におけるこれまでの観測記録に基づく最大風速が 72.3m/s であるのに対し、年超過確率 10^{-6} 相当となる竜巻の風速が 103.8m/s であることから、竜巻の評価に包含されるものと判断した。

(3) 年超過確率 10^{-6} 相当の竜巻を含む強風に対する各設備の影響評価

a. 起因事象の特定

(a) 構築物、系統及び機器（以下「設備等」という。）の損傷・機能喪失の抽出

竜巻事象により設備等に発生する可能性のある影響について、
以下のとおり損傷・機能喪失モードを抽出した。

イ. 竜巻荷重による設備等の損傷

ロ. 竜巻によりもたらされる飛来物による設備等の損傷

(b) 評価対象設備等及びシナリオの選定

(a)で抽出した影響の考慮により、プラントの安全性に影響を
及ぼす可能性のある設備等及びシナリオは以下に示すとおりであ
る。

イ. 竜巻荷重による設備等の損傷

(建 屋)

・ 建屋倒壊

安全上重要な機器が設置されている原子炉建屋，原子炉
補助建屋等の建屋及びタービン建屋については，発生頻度
が極めて小さい風速 100m/s の竜巻による荷重を想定して
も頑健性は維持できることを確認している。

(屋外設備)

・ 補助給水タンク及び海水ポンプ損傷

屋外に設置されている安全上重要な設備等については，
発生頻度が極めて小さい風速 100m/s の竜巻による荷重を
想定しても頑健性は維持できることを確認している。

・ 送電鉄塔倒壊

竜巻による荷重によって，送電鉄塔の倒壊，送電線の切
断等が発生し，外部電源が喪失する。

ロ. 竜巻によりもたらされる飛来物による設備等の損傷

(建 屋)

・ 建屋貫通

安全上重要な機器が設置されている各建屋は、鉄筋コンクリート造であり、また飛来物衝突に対して十分な厚さの外壁を有する。したがって、発生頻度が極めて小さい風速100m/sの竜巻による飛来物衝突を想定しても、建屋貫通による内包設備への影響はない。使用済燃料ピットが設置されている燃料取扱棟は、飛来物が侵入するものの、使用済燃料ピット（貯蔵している燃料集合体を含む。）の構造健全性が維持できることを確認している。なお、タービン建屋については飛来物衝突による建屋貫通の可能性を否定できず、その場合2次系設備の損傷に起因する事象が発生する。

(屋外設備)

屋外に設置されている安全上重要な設備等は、防護金網、防護板及び防護材の設置により、発生頻度が極めて小さい風速100m/sの竜巻による飛来物衝突を想定しても、貫通による設備への影響はないと考えられる。しかし、シナリオの選定に当たっては、以下のとおり設備が損傷することを想定した。

・ 補助給水タンク損傷

補助給水タンクの損傷により起因事象が発生した場合に、補助給水による冷却が不可能になる。補助給水タンクが損傷した場合、同時に上記イ.項の外部電源喪失の発生を想定

すると、2次系からの除熱機能喪失となる。

- ・海水ポンプ損傷

海水ポンプ4台すべてが損傷することにより、従属的にディーゼル発電機及び原子炉補機冷却機能が喪失する。ディーゼル発電機が機能喪失した場合、同時に上記イ.項の外部電源喪失の発生を想定すると、全交流動力電源喪失となる。

(c) 起因事象の特定

(b)で選定した各シナリオについて、想定を超える竜巻事象に対しての裕度評価（起因事象の発生可能性の評価）を実施し、事故シーケンスグループ抽出に当たって考慮すべき起因事象の特定を行った。

イ. 竜巻荷重による設備等の損傷

（建 屋）

- ・建屋崩壊

風速については、(2)項にて評価した年超過確率 10^{-6} 相当の風速 103.8m/s を想定する。第 3.1.1.2.2.5.3.8.1 表に示すとおり、いずれの建屋においても評価基準値を設計竜巻荷重で除した裕度が風速比の自乗を上回っていることから、風速 103.8m/s の竜巻を含む強風に対しても、各建屋の健全性は確保されると評価できる。したがって、有意な頻度又は影響のある事故シーケンスとはなり得ないと考えられるため、考慮すべき起因事象としては選定不要であると判断される。

(屋外設備)

・送電鉄塔崩壊

風荷重に対して設計上の配慮はなされているものの、設計基準を超える荷重に対して倒壊のおそれを否定できないため、送電鉄塔の崩壊による外部電源喪失を考慮すべきシナリオとして選定する。

・海水ポンプ及び補助給水タンク損傷

風速 103.8m/s の竜巻を含む強風による風荷重に対する影響評価結果を第 3.1.1.2.2.5.3.8.2 表に示す。いずれの設備においても、裕度が風速比の自乗を上回っていることから、風速 103.8m/s の竜巻を含む強風に対しても、各設備の健全性は確保されると評価できる。

このことから、有意な頻度又は影響のある事故シーケンスとはなり得ないと考えられるため、考慮すべき起因事象としては選定不要であると判断される。

ロ. 竜巻によってもたらされる飛来物による建屋，設備等の損傷
(建 屋)

・建屋貫通

安全上重要な機器が設置されている各建屋については、風速 103.8m/s の竜巻による飛来物衝突を想定しても、貫通は生じない。しかし、タービン建屋については飛来物衝突による貫通を否定できないため、外部電源喪失，2 次冷却系の破断事象及び主給水流量喪失事象の発生を考慮する。

(屋外設備)

・補助給水タンク損傷

風速 103.8m/s の竜巻が発生し、かつ飛来物が対象設備に衝突する確率は小さいと考えられるが、その可能性は否定できない。このため、補助給水タンク損傷による補助給水機能喪失を考慮すべきシナリオとして選定する。

・海水ポンプ損傷

風速 103.8m/s の竜巻が発生し、かつ飛来物が対象設備に衝突する確率は小さいと考えられるが、その可能性は否定できない。このため、海水ポンプ損傷による原子炉補機冷却機能喪失を考慮すべきシナリオとして選定する。

なお、補助給水タンク及び海水ポンプに飛来物が同時に衝突し、設備が損傷することは極めて稀であると考えられる。また、資機材等の飛散防止のために、固縛等による飛来物の発生防止対策、飛来物の衝突から対象設備を守る防護板、金網に期待できる。これらのことから、飛来物衝突による補助給水タンク及び海水ポンプの同時損傷は本評価の対象外とする。

b. 事故シーケンスの特定

a. 項の検討より、起因事象を以下のとおり選定した。

- ・タービン建屋損傷による2次冷却系の破断
- ・タービン建屋損傷による主給水流量喪失
- ・タービン建屋損傷又は外部送電系機能喪失による外部電源喪失
- ・補助給水タンク損傷による補助給水機能喪失
- ・海水ポンプ損傷による原子炉補機冷却機能喪失

(4) 年超過確率 10^{-6} 相当の竜巻を含む強風に対する発電所への影響

(3)項の評価の結果より、安全上重要な設備が設置されている原子炉建屋、原子炉補助建屋及び屋外設備は、風荷重に対する健全性が確認できていることから、安全上重要な設備に影響は発生せず、炉心及び使用済燃料ピット内の使用済燃料の健全性は損なわれないことを確認した。

また、事故シーケンス抽出に当たって考慮すべき起因事象は、2次冷却系の破断、主給水流量喪失、外部電源喪失、補助給水機能喪失及び原子炉補機冷却機能喪失である。外部電源喪失と2次冷却系の破断又は主給水流量喪失と補助給水タンク損傷による補助給水機能喪失が同時に発生した場合には、2次冷却系からの除熱機能喪失となる。また、外部電源喪失と海水ポンプ損傷による非常用所内交流動力電源喪失が同時に発生した場合には、全交流動力電源喪失となる。これら以外の組合せシーケンスは考えにくく、竜巻事象を要因として発生し得る有意な頻度又は影響のある事故シーケンスは新たに生じないと判断される。いずれの事象についても、既に整備している2次冷却系の破断、主給水流量喪失、外部電源喪失、補助給水機能喪失及び原子炉補機冷却機能喪失時の手順により、炉心損傷に至ることなく、発電所を安全に停止できる。

以上より、竜巻を含む強風はプラントに対して有意なリスクはないと評価する。

3.1.1.2.2.5.3.9 気温（高温）

(1) 気温（高温）に対する設計について

高温に対する設計では、外気温 33.0℃と設定しており、屋外機器等は使用温度 50℃のものを設置している。

(2) 年超過確率 10^{-6} 相当の気温（高温）の評価

国内の原子力施設周辺の気象官署 32 地点における各観測開始年から 2025 年までの日最高気温データを SY 法により合併し、合併したデータを基に最適極値分布を求め、これから伊方原子力発電所周辺の気象官署 2 地点（松山、宇和島）の年超過確率 10^{-6} 相当の日最高気温を求め、これらのうちの最大値とした。

この結果、年超過確率 10^{-6} に相当する高温は 42.4℃となる。設計条件を超過しているため、この温度に対する設備の機能への影響の有無を確認し、発電所への影響を評価する。

(3) 年超過確率 10^{-6} 相当の気温（高温）に対する発電所への影響評価

(1)項のとおり、安全上重要な屋外設備については設計温度内であることから、それらの機能は維持される。安全上重要な屋内設備については、原子炉補機冷却海水を用いた空調により冷却することが可能なため問題ない。また、高温の影響により海水温度が上昇し、十分な冷却機能が得られない場合には、海水ポンプ、原子炉補機冷却水冷却器・ポンプの追加起動を行うことで対応することができる。

以上より、気温（高温）はプラントに対して有意なリスクはないと評価する。

3.1.1.2.2.5.3.10 太陽風

(1) 太陽風に対する設計について

太陽活動（以下「太陽フレア等」という。）が通信連絡設備等に及ぼす影響については、国立研究開発法人情報通信研究機構（N I C T）の検討会報告書及び 2024 年 4 月に N I C T より聴取した情報を元に、一般社団法人 原子力エネルギー協議会が以下の 5 要素に絞り込んでいる。

- a. 地上設備（無線）へのノイズ影響
- b. 電離圏の変化による短波の擾乱
- c. 宇宙衛星への電氣的影響
- d. 磁気誘導電流が設備に及ぼす影響
- e. 電離圏の変化による L 帯の擾乱

これら 5 つの要素について、発電所設備への影響有無を確認した結果を第 3.1.1.2.2.5.3.10.1 表へ示す。a. 項，c. 項，e. 項の 3 つについて通信連絡設備等へ影響を及ぼす可能性があることが分かった。

(2) 設計を超える太陽風に対する各設備の損傷評価

太陽フレア等により具体的に影響を受ける可能性がある原子力発電所内の通信連絡設備等は、第 3.1.1.2.2.5.3.10.2 表のように整理することができる。

具体的影響が顕在化した場合においても、第 3.1.1.2.2.5.3.10.2 表へ示すとおり、太陽フレア等の影響を受けない代替措置が備わっていることから、通信連絡設備等の機能維持は可能と考えられる。

(3) 発電所への影響の評価

(2)項へ示したように、太陽フレア等により発電所内の通信連絡設備等が影響を受ける可能性があるが、いずれも太陽フレア等の影響を受けない代替措置が備わっている。

また、原子力発電所の警戒レベルとして、NICTから社会的影響を踏まえ制定した新宇宙天気イベント通報（SAFIR）における新警報基準の警報※が発信された場合には、警戒態勢を整え、太陽フレア等により影響を受ける可能性のある通信連絡設備等及び当該設備の代替措置の健全性を確認することとし、これを3日間維持することとしている。

※太陽フレアに関する警報は、「太陽フレア警報」、「プロトン現象警報」、「放射線帯電子警報」の3種類であり、NICTから配信されるイベント通報については平常（Lv1）、注意（Lv2）、警報（Lv3）の3段階が設定されている。

太陽フレアに関する警報のうち、どれか1つでも「警報（Lv3）」を受信した場合には、前述の警戒態勢を整えて対策を講じることとしている。

以上より、太陽風はプラントに対して有意なリスクはないと評価する。

3.1.1.2.2.5.3.11 火山

(1) 評価実施方法

火山のリスク評価については、第2回安全性向上評価で実施した評価の内容を記載する。

火山事象の影響については、「原子力発電所の火山影響評価ガイド」（以下「火山ガイド」という。）に基づき、発電所運用期間中の活動可能性を考慮すべき火山として、5火山（鶴見岳，由布岳，九重山，阿蘇，阿武火山群）を抽出し、評価条件を設定（九重山での噴出量 6.2km^3 ，降下火砕物厚さ 15cm ，気中降下火砕物濃度 3.1g/m^3 ）し、各種対策を整備している。

伊方発電所で想定される火山事象は「降下火砕物」であるため、今回の安全裕度評価では、設計上の想定である 15cm を超える層厚を仮定し、評価を実施する。

具体的には、伊方発電所に堆積する降下火砕物の層厚（層厚に比例する気中降下火砕物濃度含む）を増加させて、炉心冷却手段の限界層厚を特定する。ここで、使用済燃料ピット（以下「SFP」という。）にある燃料については、燃料取扱棟の限界層厚が 89cm ^{注1}であり、また、全交流動力電源が喪失しSFPの冷却が停止した後、SFP水が沸騰を開始し、SFP水面での線量率が遮へい設計基準（ 0.15mSv/h ）となる 3m の水位低下まで約 1.9日 ^{注2}と火山事象に対して、余裕があることから評価対象外とし、今回の評価については、炉心にある燃料を対象に、出力運転中の状態に対し、実施する。

注1：建設時と同様の部材設計法による応力を用いた詳細評価

注2：平成30年12月17日付け原規規発第1812178号にて認可された保安規定の審査資料 TS(66)-02-01（改5） 添付資料1 長期的な炉心冷却等の対応について

また、層厚以外の降下火砕物の特性について、今回の評価においては、降下火砕物の密度は対象火山や噴出規模に関わらず設定する値であることから、設計上の想定と同様とし、気中降下火砕物濃度については、対象火山の条件を包絡した値を用いることとする。

(別紙 3.1.1.2.2.5.3.11-1)

なお、降下火砕物の層厚を増加させた場合に考慮すべき影響因子について整理した結果、荷重と閉塞以外の影響因子については、考慮不要と判断した。

(別紙 3.1.1.2.2.5.3.11-2)

火山事象により、1次冷却材ポンプ（以下「RCP」という。）シールLOCAは発生しないことから、シナリオ上考慮しない。

a. 評価実施事項

- (a) 降下火砕物の層厚が、設計上の想定を超える程度に応じて、炉心冷却手段に関係し得る施設が損傷・機能喪失するか否かを評価する。
- (b) (a)項の評価結果を踏まえて、炉心冷却手段が成立しない事象の過程を同定し、クリフエッジの所在を特定する。また、その時の降下火砕物の限界層厚を明らかにする。
- (c) 特定されたクリフエッジへの対応を含め、炉心冷却手段を成立させるための措置について検討し、その効果を示す。

b. 詳細評価方法

炉心冷却手段を対象に、第 3.1.1.2.2.5.3.11.1 図のクリフエッジ評価に係るフロー図に従い、以下の評価を実施する。

(a) 起因事象の選定

火山事象を起因として炉心損傷に至る事象を、これまで実施している内部事象PRA（確率論的リスク評価）での起因事象及び火山事象の影響として固有に考慮すべき事象を勘案の上、起因事象として選定する。

(b) 影響緩和機能の抽出及び収束シナリオの特定

選定した各起因事象に対して、事象の影響緩和に必要な機能を抽出し、炉心冷却手段に係るイベントツリーを作成の上、事象の進展を収束させる収束シナリオを特定する。

なお、イベントツリーは、内部事象PRAで用いられている成功基準、事故シーケンス分析の結果に基づき展開された起因事象に対するイベントツリーを基本にして作成する。

(c) 起因事象、影響緩和機能に関連する施設の抽出

抽出対象は、炉心冷却手段に関係し得る施設とする。

具体的には、(a)項にて選定した起因事象に直接関連する施設に加え、影響緩和機能に関連する施設（フロントライン系に必要な施設及びサポート系に必要な施設）について、起因事象を収束させるのに必要なものを対象として抽出する。

なお、抽出した施設のうち、建屋内に設置している施設については、ダンパを閉止することで、火山事象に対する影響を防ぐことができ、建屋が崩壊しない限り機能喪失することはないので、建屋の評価で代表させる。

(d) 起因事象、影響緩和機能に関連する施設等の火山影響の評価

(c)項で抽出した施設について、当該施設が機能維持できる限界層厚を評価する。

(e) 起因事象発生に係る限界層厚の特定

(a)項において選定した各起因事象について、(d)項で求めた各施設の限界層厚の評価結果を用いて、どの程度の降灰でどのような起因事象が発生するかを特定する。

(f) 影響緩和機能の限界層厚の特定

(e)項で求めた各起因事象発生に係る限界層厚が小さい起因事象から順に、(d)項で求めた施設の限界層厚を使用し、当該起因事象を起点とするイベントツリーの収束シナリオに含まれる影響緩和機能の限界層厚を特定する。

具体的には、各施設の限界層厚から、各影響緩和機能の限界層厚を特定する。

(g) イベントツリーの限界層厚の特定

イ. (f)項で求めた各収束シナリオの影響緩和機能の限界層厚から、各収束シナリオの限界層厚を特定する。

限界層厚は、収束シナリオに必要な各影響緩和機能の限界層厚のうち、最も小さいものとする。

ロ. 収束シナリオの限界層厚から、起因事象を起点とするイベントツリーの限界層厚（以下「イベントツリーの限界層厚」という。）を特定する。

当該イベントツリーの限界層厚は、収束シナリオが複数ある場合には、各シナリオの限界層厚のうち、最も大きいものとする。

(h) クリフエッジの特定

起因事象発生に係る限界層厚が小さいイベントツリーから順に、起因事象発生に係る限界層厚と(g)項で求めたイベントツリーの

限界層厚を比較することにより、クリフエッジを特定する。

イベントツリーの限界層厚が、次の起因事象発生に係る限界層厚未満になる場合には、当該イベントツリーの限界層厚がクリフエッジとなる。

(i) 事象の過程の進展を防止する措置の効果の評価

事象の過程の進展を防止する措置を検討し、その前後のクリフエッジを比較することで、その効果を評価する。

c. 評価条件

評価条件は、以下のとおりとする。

(a) 降下火砕物の特性等について

イ. 伊方発電所への降下火砕物の影響が継続する時間は火山ガイドを参照し、24 時間で全ての降下火砕物が降灰すると仮定する。そのため、層厚の増加に比例して気中降下火砕物濃度も増加するとして評価を行う。

ロ. 今回の評価においては、降下火砕物の密度は対象火山や噴出規模に関わらず設定する値であることから、設計上の想定と同様とし、気中降下火砕物濃度については、対象火山の条件を包絡した値を用いることとする。

ハ. 火山の噴火から伊方発電所への降灰が始まるまでの時間は、設計時に想定した噴火地点から伊方発電所までの距離と発電所方向への水平方向の最大風速から算出した降灰到達時間と同じ80分とする。

なお、平成28年10月8日の阿蘇山中岳第一火口噴火での伊方発電所降灰到達時間は174分であった。

- ニ. 降下火砕物の降灰量と気中降下火砕物濃度は、降灰開始から24時間一定とする。

(b) 成功基準等について

- イ. 火山事象収束後には、電源の復旧が期待でき、それ以降に低温停止に移行させることが可能であることから、本評価においては、炉心の未臨界性が確保され、降灰開始後から24時間、高温停止状態が維持される状態を炉心冷却成功の判断基準とする。
- ロ. 屋内施設を内包する建屋が限界層厚を超えた場合は直ちに炉心損傷に至るものとする。（屋内施設の限界層厚について、現実的には施設が設置されている建屋が限界層厚を超えたとしても直ちに機能喪失するとは考え難いものの、今回の評価においては、保守的に屋内施設の限界層厚を内包する建屋の限界層厚と同じとする。）

(c) 施設評価について

- イ. 屋外施設のうち、降灰時に機能を期待しない施設（空冷式非常用発電装置、非常用ガスタービン発電機等）については、本評価でも期待しない。
- ロ. 降下火砕物の影響で停止した施設については、降灰時に機能回復することを期待しない。

(d) 手順書の考慮について

- イ. クリフエッジの特定にあたっては、降下火砕物の降灰時に備えて予め整備された手順に従った対応を前提とし、手順書に明記された以外の行動には期待しない。

(2) 評価結果

a. 起因事象の選定結果

(a) 内部事象PRAを考慮した起因事象の検討

これまで評価を実施している内部事象PRAにおける起因事象をベースに検討した。

その結果、火山事象を起因として炉心損傷に至る起因事象として、第3.1.1.2.2.5.3.11.1表により、「外部電源喪失」及び「補機冷却水の喪失」（以下「CCW喪失」という。）の2事象を選定した。

(b) 火山影響を検討する上で固有に考慮すべき起因事象の検討

火山事象固有のプラントへの影響としては、降灰に伴う外的要因により建屋が崩壊し、「炉心損傷直結」となる事象が考えられる。その他、送電系統への影響や海水取水系統への影響などを考慮する必要があるが、展開される事故シーケンスが同様となることから、起因事象としては、それぞれ「外部電源喪失」と「CCW喪失」で代表することができる。

以上のことから、以下の3事象を、火山の影響により発生を考慮すべき事象として選定した。

- イ. 外部電源喪失
- ロ. CCW喪失
- ハ. 炉心損傷直結

b. 影響緩和機能の抽出及び収束シナリオの特定結果

上記の各起因事象について、事象の影響緩和に必要な機能を抽

出して第3.1.1.2.2.5.3.11.2図のとおりイベントツリーを作成し、収束シナリオを特定した。

なお、「炉心損傷直結」については、影響緩和機能に期待せず、炉心損傷に至るとみなすことから、イベントツリーは作成していない。

c. 起因事象、影響緩和機能に関連する施設の抽出結果

起因事象及び影響緩和機能（フロントライン系及びサポート系）に関連する施設を抽出した。

d. 起因事象、影響緩和機能に関連する施設等の火山影響の評価結果

c.項で抽出した施設について、当該施設が機能維持できる限界層厚を評価した。

e. 起因事象発生に係る限界層厚の特定結果

各起因事象について、各施設の限界層厚の評価結果を用いて、どの程度の降灰でどの起因事象が発生するか、第3.1.1.2.2.5.3.11.2表のとおり特定した。

f. 影響緩和機能の限界層厚の特定結果

イベントツリーに係る各影響緩和機能について、d.項で求めた各施設の限界層厚から、各影響緩和機能の限界層厚を第3.1.1.2.2.5.3.11.3表のとおり評価した。

g. イベントツリーの限界層厚の特定

f. 項で求めた各収束シナリオの影響緩和機能の限界層厚から、後記するような事象の過程の進展を防止する措置を講じない場合の各収束シナリオの限界層厚を第 3.1.1.2.2.5.3.11.3 図のとおり特定した。

具体的には、まず、起因事象の限界層厚 0 cm の「外部電源喪失」のイベントツリーの限界層厚を求めた。火山事象発生に伴い、外部電源喪失が発生すると、層厚 19cm で非常用ディーゼル発電機の火山灰フィルタが閉塞し、非常用ディーゼル発電機からの給電に失敗するため、タービン動補助給水ポンプによる蒸気発生器への給水に移行する。次に、タービン動補助給水ポンプによる蒸気発生器への給水では、層厚 25cm で2次系純水タンクが構造損傷し水源を失い、かつ、中型ポンプ車等を設置しているタービン建屋（脱気器）の限界層厚は 24cm で層厚 25cm 時には中型ポンプ車及び加圧ポンプ車による蒸気発生器への給水には移行できないため炉心損傷に至る。

よって、外部電源喪失のイベントツリーの限界層厚は、25cm である。また、外部電源喪失の次に発生する起因事象は、層厚 70cm の「CCW喪失」及び「炉心損傷直結」であるが、外部電源喪失のイベントツリーの限界層厚が 25cm であり、「CCW喪失」及び「炉心損傷直結」が発生する前に炉心損傷に至ることから、これらの起因事象は評価不要である。

h. クリフエッジの特定

火山事象に対するクリフエッジは、外部電源喪失のイベントツ

リーの限界層厚 25cm であり、これは、2 次系純水タンクの構造損傷の発生に伴い炉心冷却に失敗するシナリオによるものである。また、非常用ディーゼル発電機についても、限界層厚が 19cm であり、クリフエッジではないものの、限界層厚が小さいことを特定した。

i. 事象の過程の進展を防止する措置の効果の評価結果

h. 項で特定したとおり、2 次系純水タンク及び非常用ディーゼル発電機については、限界層厚が小さい。そこで、以下の事象の過程の進展を防止する措置を検討した。

(a) 2 次系純水タンク

2 次系純水タンクの限界層厚は除灰量を基に評価している。除灰量は、人的要因（除灰要員数・除灰速度）で決まることから、これら人的要因を整理し、代表的な 2 ケースについて事象の過程の進展を防止する措置を検討し、限界層厚を算出した。

その結果、参集要員を 2 次系純水タンクの除灰に優先的に配員することで、限界層厚は 52cm～74cm 程度に向上する。

(別紙 3.1.1.2.2.5.3.11-3)

(b) 非常用ディーゼル発電機

非常用ディーゼル発電機が 2 基同時停止することは考え難いため、降下火砕物の影響により停止した非常用ディーゼル発電機の要員を含め、運転側非常用ディーゼル発電機の火山灰フィルタ取替え・清掃に注力することで、61cm まで閉塞せず運転を継続できるが、吸気消音器の上部に堆積した降下火砕物の荷重による影響においては限界層厚が 45cm であるため、保守的に非常用ディ

ーゼル発電機の限界層厚を 45cm とする。

(別紙 3.1.1.2.2.5.3.11-4)

これらの措置を講じることで、第 3.1.1.2.2.5.3.11.4 図に示すとおり、層厚 45cm まで電源を維持し、複数の炉心冷却手段を確保することができるとともに、クリフエッジが層厚 52cm～70cm 程度まで引き上げられ、プラント全体の安全性が向上する。

なお、高濃度の降下火砕物環境下での作業性について、「平成 30 年 12 月 17 日付原規規発第 1812178 号にて認可された保安規定の審査資料 TS(66)-02-01(改5) 別紙 4 作業の成立性について」において確認した項目の観点で検討し、第 3.1.1.2.2.5.3.11.4 表に示すとおり、問題ないことを確認している。

(3) 評価における定性的な保守性

今回の火山事象に対する安全裕度評価は、決定論的な考え方に基づき、一定の条件下で定量化可能な範囲で実施した。

参集要員の参集時間や非常用ディーゼル発電機吸気量等に定量化が困難な保守性もあることから、今回の評価結果は更に余裕があると考えられる。

(別紙 3.1.1.2.2.5.3.11-5)

また、今回の安全裕度評価では、伊方発電所への降下火砕物の影響が継続する時間は火山ガイドを参照し、24 時間ですべての降下火砕物が降灰すると仮定し、補助給水タンク及び2次系純水タンクを水源とした評価を実施したが、伊方発電所には、これらのタンク以外の水源も考慮した場合、全交流動力電源喪失時に原子炉を冷却することが可能な水源の量を単純に評価すると約 20 日分(1, 2

号機用の水源も考慮すると約 65 日分)^{注3}の様々な水源を有している。加えて、令和3年2月8日に非常用ガスタービン発電機を運用開始し、当該設備を設置している建屋の地下に貯水槽を設置した。この対応により、降下火砕物に対して更に強固な水源として約6日分追加(1, 2号機用の水源も考慮した場合は約8日分追加)でき、合計で約26日分(1, 2号機用の水源も考慮すると約73日分)の水源を確保できた。本評価結果を第3.1.1.2.2.5.3.11.5図に示す

注3：平成29年6月22日 降下火砕物の影響評価に関する検討チーム
第3回会合 資料1-1-1 降下火砕物濃度に対するプラント
の影響評価(PWR)

これらの定性的な保守性を理解すれば、事象の進展を適切に予測でき、原子力防災管理者等の判断の根拠として助けとなり有用である。

(4) まとめ

決定論的な考え方にに基づき、伊方発電所への降下火砕物の影響が継続する時間は火山ガイドを参照し、24時間ですべての降下火砕物が降灰すると仮定して、定量化可能な範囲で火山事象に対する安全裕度評価を実施し、クリフエッジを特定し改善点を抽出した。

具体的には、事象の過程の進展を防止する措置を講じない場合のクリフエッジは、2次系純水タンクの構造損傷に起因する層厚25cmであるが、人員を適切に配員すること等で、本タンクの構造損傷を防止することができ、クリフエッジを層厚52cm～70cmまで向上させることができることを確認した。

また、非常用ディーゼル発電機の火山灰フィルタ取替え・清掃作

業についても運用を改善することで、61cm まで閉塞せず運転を継続できるが、吸気消音器の上部に堆積した降下火砕物の荷重による影響においては限界層厚が 45cm であるため、層厚 45cm まで電源を維持し、複数の炉心冷却手段を確保することができることを確認した。

これらの事象の過程の進展を防止する措置については、整備済みの手順に影響を及ぼす内容ではないが、内規等に明記することで、各収束シナリオの确实性を高めることができることから、令和2年10月に内規等に反映し、以降運用している。

3.1.1.2.2.5.4 各自然現象に対するリスク評価結果

発電所周辺において発生が想定される自然現象について、地域特性等によりプラントに潜在的な脅威を与える自然現象を対象に、設計を超えるハザードレベルを想定して、それぞれの特性に応じたリスク評価を実施した。その結果、設計を超える規模の自然現象が発電所に襲来したとしても、既に整備している設計基準事故、重大事故等へ対処するための手順を活用することにより、発電所を安全に停止できることを確認した。

第3.1.1.2.2.5.1.1表 網羅的な外部ハザードの抽出に用いた文書

- | |
|--|
| <p>① DIVERSE AND FLEXIBLE COPING STRATEGIES (FLEX) IMPLEMENTATION GUIDE (NEI 12-06 August 2012)</p> <p>② 「日本の自然災害」国会史料編纂会 1988年</p> <p>③ Specific Safety Guide (SSG-3) "Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants", IAEA, April 2010</p> <p>④ 「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」(制定：平成25年6月19日)</p> <p>⑤ NUREG/CR-2300 "PRA PROCEDURES GUIDE", NRC, January 1983</p> <p>⑥ 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」(制定：平成25年6月19日)</p> <p>⑦ ASME/ANS RA-Sa-2009 "Addenda to ASME/ANS RA-S-2008 Standard for Level 1/ Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications"</p> <p>⑧ B.5.b Phase2&3 Submittal Guideline (NEI-06-12 December 2006)-2011.5 NRC公表</p> <p>⑨ Specific Safety Guide (SSG-25) "Periodic Safety Review for Nuclear Power Plants", IAEA, 2013</p> |
|--|

※：①～⑧の文書については伊方発電所第3号機設置変更許可申請において、安全機能を損なわないために抽出した想定される自然現象の検討に使用したものである。

第3.1.1.2.2.5.1.2表 外部ハザードの抽出結果（1/2）

No.	事象	抽出に用いた文書 (番号は第3.1.1.2.2.5.1.1表に同じ)								
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
1	極低温（凍結）	○		○	○	○	○	○		○
2	隕石	○		○		○		○		
3	豪雨（降水）	○	○	○	○	○	○	○		○
4	河川の迂回	○				○		○		
5	砂嵐	○		○		○		○		
6	静振	○				○		○		○
7	地震活動（※）	○	○	○	○	○	○	○		○
8	積雪（暴風雪）	○	○	○	○	○	○	○		○
9	土壌の収縮又は膨張	○				○		○		
10	高潮	○	○			○		○		
11	津波（※）	○	○	○	○	○	○	○		○
12	火山活動・降灰	○	○	○	○	○	○	○		○
13	波浪・高波	○	○			○		○		
14	雪崩	○	○	○		○		○		
15	生物学的事象	○			○		○	○		○
16	海岸浸食	○				○		○		
17	干ばつ	○	○	○		○		○		○
18	外部洪水	○	○			○	○	○		○
19	暴風（台風）	○	○	○	○	○	○	○		○
20	竜巻	○	○	○	○	○	○	○		
21	濃霧	○				○		○		○
22	森林火災	○	○		○	○	○	○		○
23	霜・白霜	○	○	○		○		○		
24	草原火災	○								○
25	ひょう・あられ	○	○	○		○		○		
26	極高温	○	○	○		○		○		○
27	満潮	○				○		○		
28	ハリケーン	○				○		○		
29	氷結	○		○		○		○		
30	氷晶			○						

第 3.1.1.2.2.5.1.2 表 外部ハザードの抽出結果 (2/2)

No.	事象	抽出に用いた文書 (番号は第 3.1.1.2.2.5.1.1 表に同じ)								
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
31	氷壁			○						
32	土砂崩れ (山崩れ, がけ崩れ)		○							
33	落雷	○	○	○	○	○	○	○		○
34	湖又は河川の水位低下	○		○		○		○		
35	湖又は河川の水位上昇			○		○				
36	陥没・地盤沈下・地割れ	○	○							
37	極限的な圧力 (気圧高低)			○						
38	もや			○						○
39	塩害・塩雲			○						
40	地面の隆起		○	○						
41	動物			○						
42	地滑り	○	○	○	○	○	○	○		
43	カルスト			○						
44	地下水による浸食			○						○
45	海水面低			○						
46	海水面高			○						
47	地下水による地滑り			○						○
48	水中の有機物			○						
49	太陽フレア, 磁気嵐	○								○
50	高温水 (海水温高)			○						
51	低温水 (海水温低)		○	○						
52	泥湧出		○							
53	土石流		○							
54	毒性ガス	○				○		○		

第3.1.1.2.2.5.1.3表 各自然現象の選定基準に対するスクリーニング結果（1/3）

No.	事象	選定基準※1						選定結果	備考
		A	B	C	D	E	F		
1	極低温（凍結）							○	地域の特性を踏まえ評価対象とする。
2	隕石					レ			安全施設の機能に影響を与える規模の隕石が衝突する可能性は極めて小さい。
3	豪雨（降水）							○	地域の特性を踏まえ評価対象とする。
4	河川の迂回	レ							河川は発電所の取水源ではない。
5	砂嵐	レ							発電所付近には砂漠がないため発生しない。
6	静振	レ							発電所は湾及び湖沼に面しておらず発生しない。
7	地震活動						レ		地震事象の安全裕度評価を実施済。 （3.1.1.2.2.1 地震）
8	積雪（暴風雪）							○	地域の特性を踏まえ評価対象とする。
9	土壌の収縮又は膨張				レ				地盤の脆弱性に係る影響であるため、「地震」（地盤）による評価に包含される。
10	高潮				レ				「津波」による評価に包含される。
11	津波						レ		津波事象の安全裕度評価を実施済。 （3.1.1.2.2.2 津波）
12	火山活動・降灰							○	地域の特性を踏まえ評価対象とする。
13	波浪・高波				レ				「津波」による評価に包含される。
14	雪崩	レ							積雪が長期間継続することではなく、雪崩の原因となる層構造になることは考え難い。
15	生物学的事象							○	地域の特性を踏まえ評価対象とする。
16	海岸浸食		レ						海岸浸食は進展が遅く、補強工事等により浸食を食い止めることができるため、安全施設の機能に影響を及ぼすことはない。
17	干ばつ	レ							河川は取水源ではない。
18	外部洪水				レ				伊方発電所周辺地域に河川は無く、敷地が洪水による被害を受けることはない。
19	暴風（台風）							○	地域の特性を踏まえ評価対象とする。
20	竜巻							○	地域の特性を踏まえ評価対象とする。
21	濃霧			レ					安全施設の機能に影響を及ぼすことはない。 なお、発電所内の設置機器は基本的に建屋内にあり、屋外作業についても全く作業ができなくなる程の視界となることは考え難い。
22	森林火災							○	地域の特性を踏まえ評価対象とする。
23	霜・白霜				レ				極低温（凍結）による評価に包含される。
24	草原火災				レ				外部火災評価として発電所周辺の植生を適切に考慮するため、「森林火災」による評価に包含される。

第3.1.1.2.2.5.1.3表 各自然現象の選定基準に対するスクリーニング結果（2/3）

No.	事象	選定基準※1						選定結果	備考
		A	B	C	D	E	F		
25	ひょう・あられ				レ				竜巻評価として鋼製材等の飛来物による衝撃荷重を考慮するため、「竜巻」による評価に包含される。 また、ひょうは主に初夏に極短時間起こる事象であることから、積もることによる設備への影響は軽微であり、「積雪」等の評価に包含される。
26	極高温 ※2							○	昨今の温暖化傾向や地域の特性を踏まえ評価対象とする。
27	満潮				レ				「津波」による評価に包含される。
28	ハリケーン				レ				台風と同一の気象現象であるため、「暴風（台風）」による評価に包含される。
29	氷結				レ				影響は極低温と同じと考えられるため、「極低温（凍結）」による評価に包含される。
30	氷晶				レ				
31	氷壁				レ				
32	土砂崩れ （山崩れ， がけ崩れ）				レ				降水に起因すると考えられるため、「豪雨（降水）」による評価に包含される。
33	落雷							○	地域の特性を踏まえ評価対象とする。
34	湖又は河川の水位低下	レ							湖又は河川は取水源ではない。
35	湖又は河川の水位上昇	レ							湖又は河川は取水源ではない。
36	陥没・地盤沈下・地割れ				レ				地盤の脆弱性に係る影響であるため、「地震」（地盤）による評価に包含される。
37	極限的な圧力 （気圧高低）				レ				竜巻評価として気圧差による荷重を考慮するため、「竜巻」による評価に包含される。
38	もや			レ					安全施設の機能に影響を及ぼすことはない。 なお、発電所内の設置機器は基本的に建屋内にあり、屋外作業についても全く作業ができなくなる程の視界となることは考え難い。
39	塩害・塩雲		レ						塩害については、屋外機器は塗装の施工及び維持により、海塩粒子の付着を防止している。また、建屋換気空調系の給気口には除塩機能を有したフィルタを設置している。建屋内については環境が穏やかであるものの、外気の流入する空気吹出し口付近の機器については、定期的な塩分測定、必要に応じて純水拭きを行っている。 塩雲については、発電所付近には塩湖がないため発生しない。

第 3.1.1.2.2.5.1.3 表 各自然現象の選定基準に対するスクリーニング結果 (3/3)

No.	事象	選定基準※1						選定結果	備考
		A	B	C	D	E	F		
40	地面の隆起				レ				地盤の脆弱性に係る影響であるため、「地震」(地盤)による評価に包含される。
41	動物				レ				「生物学的事象」による評価に包含される。
42	地滑り							○	地域の特性を踏まえ評価対象とする。
43	カルスト	レ							発電所付近はカルスト地形ではない。
44	地下水による浸食				レ				地盤の脆弱性に係る影響であるため、「地震」(地盤)による評価に包含される。
45	海水面低				レ				影響は津波と同じと考えられるため、「津波」による評価に包含される。
46	海水面高				レ				
47	地下水による地滑り				レ				地盤の脆弱性に係る影響であるため、「地震」(地盤)による評価に包含される。
48	水中の有機物				レ				クラゲ等の海生生物を生物学的事象として考慮するため、「生物学的事象」による評価に包含される。
49	太陽フレア, 磁気嵐 ※2							○	近年の太陽活動の活発化を踏まえ評価対象とする。
50	高温水 (海水温高)		レ						長期間継続することではなく、長期的には水温上昇は緩慢であることから、出力低下等の措置を講じることができるとするため、安全施設の機能に影響を及ぼすことはない。
51	低温水 (海水温低)	レ							取水源 (海水) が凍結することはない。
52	泥湧出				レ				地盤の脆弱性に係る影響であるため、「地震」(地盤)による評価に包含される。
53	土石流				レ				降水に起因すると考えられるため、「豪雨 (降水)」による評価に包含される。
54	毒性ガス				レ				地層から湧出する天然ガス等は地盤の性状に由来するため、「地震」(地盤)による評価に包含される。

※1：基準 A プラントに影響を及ぼすほど接近した場所に発生しない (例：砂嵐)

基準 B ハザード進展・襲来が遅く、事前にそのリスクを予知・検知することによりハザードを排除できる。

(例：海岸浸食)

基準 C プラント設計上、考慮された事象と比較して設備等への影響度が同等若しくはそれ以下、又はプラントの安全性が損なわれることがない。(例：濃霧)

基準 D 影響が他の事象に包含される。(例：満潮)

基準 E 発生頻度が他の事象と比較して非常に低い。(例：隕石)

基準 F 外部からの衝撃による損傷の防止とは別の条項により評価を実施している。(例：地震活動)

※2：伊方 3 号機 発電用原子炉設置変更許可申請書 添付書類十追補 2 別紙 1-1 にて設計基準において想定される自然現象 (地震及び津波を除く。) としては抽出されていないが、昨今の温暖化傾向や太陽活動の活発化を踏まえ、安全性向上の観点から評価を実施した。

第 3.1.1.2.2.5.2.1 表 リスク評価の方法

①ハザード発生頻度分析によるリスク判断
ハザード発生頻度分析を行う場合には、プラントに影響を与える可能性のあるハザードレベル（設計基準を有する外部ハザードにおいては設計基準が該当する）を設定し、それを超過する外部ハザード発生頻度を、保守的な解析により定量的に評価する。この結果、当該ハザード発生頻度が判断基準値を下回ると判断できる場合には、当該ハザードは有意な炉心損傷リスクを有しないものと判断する。 本評価では、外部ハザードの定量的リスク評価における判断基準の例として学会標準に示されているスクリーニング基準を準用して、年超過確率 10^{-6}/年のハザードレベルを対象とすることとした。
②影響度分析によるリスク判断
影響頻度分析を行う場合には、当該外部ハザードのプラントへの影響を保守的に仮定したとしても、プラントにおける炉心損傷につながる起因事象の発生、及び、安全機能を有する構築物・系統・機器（以下「SSC」という。）が損なわれることが無いことを、決定論的评价により確認する。本評価においても、①と同様に、年超過確率 10^{-6}/年のハザードレベルを対象とすることとした。この確認ができる場合には、当該ハザードは有意な炉心損傷リスクを有しないものと判断する。
③裕度評価
多数の事故シナリオを対象として、炉心損傷につながる起因事象の発生や安全機能を有する SSC の機能喪失に対するハザードの影響を決定論的に設定することにより、炉心損傷リスクが必ず起こるハザードレベル、及び、支配的なシナリオを導出する。ここで多数の事故シナリオとしては、内部事象を対象とした事故シナリオが使用可能である。 ここで導出されるハザードレベルとプラントに影響を与える可能性のあるハザードレベルとの比を当該ハザードの炉心損傷に対する裕度として算出する。 この結果、裕度が判断基準値を上回ると評価できる場合には、当該ハザードは有意な炉心損傷リスクを有しないものと判断する。 炉心損傷に対する裕度評価手法の例としては、地震事象に対する耐震余裕評価手法、福島第一原子力発電所における事故を踏まえた安全性に関する総合評価（ストレステスト）がある。

第 3. 1. 1. 2. 2. 5. 3. 2. 1 表 西日本豪雨における 7 月降水量観測史上 1 位の地点

(※：通年 1 位)

観測地点		観測日	日最大降水量[mm/day]
香川県	財田	7 月 6 日	160.5
徳島県	京上	7 月 6 日	326.0
	池田 (※)	7 月 6 日	262.0
愛媛県	今治 (※)	7 月 6 日	240.0
	玉川	7 月 6 日	240.0
	大三島 (※)	7 月 6 日	207.0
	八幡浜	7 月 7 日	183.5
	瀬戸	7 月 7 日	144.0
高知県	本山 (※)	7 月 6 日	510.5
	大柝 (※)	7 月 5 日	378.0
	宿毛	7 月 8 日	376.5
	須崎	7 月 7 日	216.0

第 3.1.1.2.2.5.3.3.1 表 各吸排気口の高さと積雪高さの比較

吸排気口	設置高さ [cm]	積雪深さ [cm]	結果
ディーゼル発電機の吸気口	地上高さ約 1,190	87.6	○
ディーゼル発電機の排気口	地上高さ約 1,780		
海水ポンプモータのモータ 排気口（モータ下端高さ）	基礎からの高さ約 176		

第 3.1.1.2.2.5.3.3.2 表 各建屋の積雪荷重に対する強度評価結果

建屋	長期荷重① [N/m ²]	短期荷重として 負担できる荷重② [N/m ²]	積載荷重の余裕 (②-①) [N/m ²]	積雪荷重 [N/m ²]	結果
				積雪量 【87.6cm】	
原子炉建屋	9,000	13,500	4,500	1,752	○
原子炉補助建屋	13,000	19,500	6,500		

第 3.1.1.2.2.5.3.4.1 表 緩和機能に必要な屋外設備

設備	取り合うケーブルの 通常時の接続状態 ●：金属あり －：金属なし	取り合うケーブルの 金属材料の有無 ●：金属あり －：金属なし
空冷式非常用発電 装置信号処理盤	●	－（光ケーブル）
空冷式非常用発電 装置	●※	●
電動補助給水ポンプ 補助給水タンク側入 口弁及びタービン動 補助給水ポンプ補助 給水タンク側入口弁	●	●
ミニローリー	－	
加圧ポンプ車	－	
中型ポンプ車	－	

※通常，遮断器（空冷式非常用発電装置側及びプラント安全系母線側）
は開放状態。

第 3.1.1.2.2.5.3.8.1 表 年超過確率 10^{-6} 相当の竜巻を含む

強風に対する各建屋の構造骨組の健全性評価結果

建屋		設計竜巻荷重 ① [kN]	評価基準値 ② [kN]	裕度 (②/①)	結果
原子炉 建屋	外周コンクリート壁	22,332	312,439	13.9	○
	原子炉周辺建屋	18,777	94,732	5.0	○
	燃料取扱棟	11,942	28,504	2.3	○
原子炉補助建屋		12,811	248,696	19.4	○
タービン建屋		22,041	34,306	1.5	○

※各建屋の部材で、最も裕度が低く評価されたケースを示している。

第 3.1.1.2.2.5.3.8.2 表 年超過確率 10^{-6} 相当の竜巻を含む

強風に対する屋外設備の構造健全性評価結果

設備	応力値 [MPa]	裕度 (許容値/応力値)	結果
海水ポンプ（据付面基礎ボルト）	33	4.6	○
海水ポンプモータ （外扇カバー取付けボルト）	51	3.0	○
補助給水タンク（基礎ボルト）	6	53.7	○

※応力値は最も裕度（許容値/応力値）が低く評価されたケースを示している。

第 3.1.1.2.2.5.3.10.1 表 太陽フレア等による発電所設備への影響有無

太陽活動	地球に与える影響	通信連絡設備等への影響 (期間：2週間程度)	原子力発電所通信連絡設備等の影響有無				
			衛星(無線)		地上	地上(無線)	
			UHF	SHF	(有線)	UHF	SHF
光エネルギー (太陽電波バースト)の放出	a <u>地上設備(無線)へのノイズ影響</u> 昼間の間、超短波(VHF)～極超短波(UHF)の電磁波が地表面に降り注ぐ。	降り注ぐ電磁波が通信連絡設備等(受信側)のノイズとして作用し、昼間の間、断続的に通信障害が発生する可能性がある。	○	－	－	○	－
	b <u>電離圏の変化による短波の擾乱</u> 電磁波が電離圏のD層(地上60～90km)に作用し、電子密度が高まる(デリンジャー現象)。	デリンジャー現象は、短波(HF)を使う通信連絡設備等が発する電波の擾乱となり、昼夜問わず通信障害が発生する可能性がある。	－	－	－	－	－
高エネルギー粒子の放出	c <u>宇宙衛星への電氣的影響</u> 荷電粒子が衛星軌道上の物体に衝突する。	荷電粒子が衛星の電子機器に衝突することで電子機器の誤動作を発生させる可能性がある。	○	○	－	－	－
太陽風(帯電粒子のガス)の放出	d <u>磁気誘導電流が設備に及ぼす影響</u> 地球に衝突し、磁気圏内に誘導電流が流れる。これに伴い、地表面などに誘導電流が発生する。	長い導体の間で磁気誘導電流(GIC)が発生し、設備に影響を及ぼす可能性がある。ただし、シールド線の構内接地を行い、設備間で電位差が生じないようにしておけば影響はない。	－	－	－	－	－
(複合要因)	e <u>電離圏の変化によるL帯の擾乱</u> 電離圏の一部に空孔(プラズマバブル)が生じる。	宇宙衛星から発するL帯(周波数約1GHz～2GHz、波長約23cmのマイクロ波)の電波の擾乱となり、昼夜問わず通信障害が発生する可能性がある。	○	－	－	－	－

第 3.1.1.2.2.5.3.10.2 表 太陽フレア等により具体的に影響を受け得る通信連絡設備等

宇宙天気予報 の項目	通信連絡設備等に 影響を与える起因事象	影響を受ける通信連絡設備等		具体的影響	影響が顕在化した場合の運転継続可能性	
		種別	具体的設備			
太陽フレア	光エネルギー(太陽電磁波 バースト)の放出	地上 (無線)	・ 保安電話(可搬型) ・ 無線通信装置★ ・ モニタリングステーション ・ モニタリングポスト	断続的な通信障 害(昼間の間)	運転継続 可能	・ 保安電話(可搬型)：他種の通信連絡設備を使用することにより運転継続は可能。 ・ 無線通信装置：LCOの逸脱に至る可能性がある。ただし、保安規定に従い、連絡要員の追加や、他種の通信手段の確保による代替措置を講じることは可能であり、継続運転可能。 ・ モニタリングステーション、モニタリングポスト：有線系による通信は問題ないため、運転継続は可能。
	高エネルギー粒子の放出	衛星	・ 衛星電話(固定型)★ ・ 衛星電話(可搬型)★ ・ 安全パラメータ表示システム★ ・ 原子力総合防災ネットワークに接続する通信連絡設備★	宇宙衛星からの 電波の擾乱	運転継続 可能	・ 衛星電話設備：LCOの逸脱に至る可能性がある。ただし、保安規定に従い、連絡要員の追加や、他種の通信手段の確保による代替措置を講じることは可能であり、継続運転可能。 ・ 安全パラメータ表示システム：LCOの要求は2系統あるうちのいずれかにより有線系、無線系または衛星系回線で所内及び所外へ伝送可能であることをいい、有線系による通信は可能であることから運転継続は可能。また、代替措置として所要の確認パラメータを記録、連絡する要員を確保することも可能。
プロトン現象	電離圏へのプラズマバブルの発生	衛星		宇宙衛星の絶縁破壊		・ 原子力総合防災ネットワークに接続する通信連絡設備：LCOの逸脱に至る可能性がある。ただし、保安規定に従い、他種の通信手段の確保による代替措置を講じることは可能であり、継続運転可能。

★：保安規定上の運転上の制限（LCO）設定機器

第 3.1.1.2.2.5.3.11.1 表

火山事象を起因とした炉心損傷に至る起因事象

内部事象 PRA における起因事象	発生可能性 の有無	検討内容
1. 原子炉容器破損	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
2. 大破断 LOCA	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
3. 中破断 LOCA	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
4. 小破断 LOCA	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
5. 加圧器逃がし弁／安全弁 LOCA	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
6. 極小 LOCA	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
7. インターフェイスシステム LOCA (余熱除去系)	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
8. インターフェイスシステム LOCA (充てん／抽出のアンバランス)	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
9. インターフェイスシステム LOCA (余熱除去系及び充てん／抽出のアンバランス以外)	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
10. 1 次冷却材ポンプ封水リーク	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
11. 主給水流量喪失	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
12. 負荷の喪失	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
13. 主蒸気隔離弁の誤閉止 (1 又は 2 弁)	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
14. 主蒸気隔離弁の誤閉止 (全弁)	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
15. 過渡事象 1 (加圧器逃がし弁作動無)	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
16. 過渡事象 2 (加圧器逃がし弁作動有)	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
17. 主給水管破断	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
18. 主蒸気管破断 (主蒸気隔離弁上流)	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
19. 主蒸気管破断 (主蒸気隔離弁下流)	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
20. 蒸気発生器伝熱管破損	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
21. 外部電源喪失	有	外部電源喪失シナリオとして考慮
22. 制御用空気系の部分喪失	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
23. 制御用空気系の全喪失	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
24. 原子炉補機冷却水系の部分喪失 (A 又は B ヘッド)	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
25. 原子炉補機冷却水系の部分喪失 (C ヘッド)	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
26. 原子炉補機冷却水系の全喪失	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
27. 原子炉補機冷却海水系の部分喪失	有	補機冷却水の喪失シナリオとして考慮
28. 原子炉補機冷却海水系の全喪失	有	補機冷却水の喪失シナリオとして考慮
29. 安全系高圧交流母線の部分喪失	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
30. 安全系高圧交流母線の全喪失	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
31. 安全系低圧交流母線の部分喪失	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
32. 安全系低圧交流母線の全喪失	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
33. 安全系直流母線の部分喪失	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
34. 安全系直流母線の全喪失	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
35. 安全系計装用母線の部分喪失	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
36. 安全系計装用母線の全喪失	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
37. 中央制御室空調系の喪失	有	各シナリオの緩和系イベントツリーにおいて考慮する。
38. 安全補機閉器室空調系の部分喪失	有	各シナリオの緩和系イベントツリーにおいて考慮する。
39. 安全補機閉器室空調系の全喪失	有	各シナリオの緩和系イベントツリーにおいて考慮する。
40. 空調用冷水系の部分喪失	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
41. 空調用冷水系の全喪失	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
42. 手動停止	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
43. ATWS 1 (タービントリップが必要な事象)	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。
44. ATWS 2 (タービントリップが不要な事象)	無	関連施設が屋内に設置されていることから発生しない。

第 3.1.1.2.2.5.3.11.2 表 各起因事象の対象施設及び限界層厚

起因事象	施設	限界層厚
外部電源喪失	工学的判断※	0 cm
C C W 喪失	原子炉建屋	70cm
炉心損傷直結	原子炉建屋	70cm

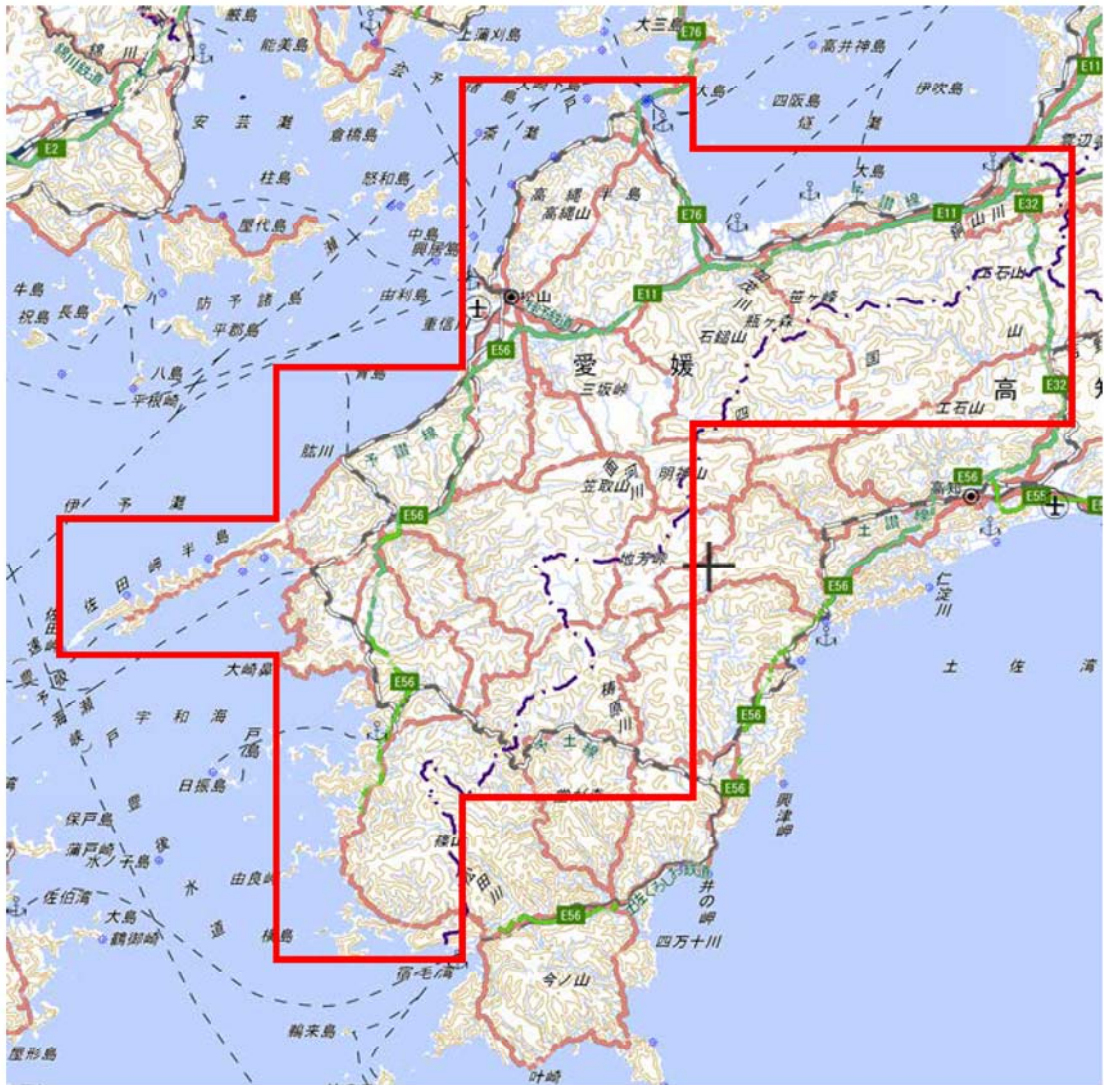
※ 発電所外部の設備である外部電源は、降灰時には保守的に期待しないと想定する。

第 3.1.1.2.2.5.11.3 表 フロントライン系とサポート系の関連表（火山：出力運転時炉心損傷）

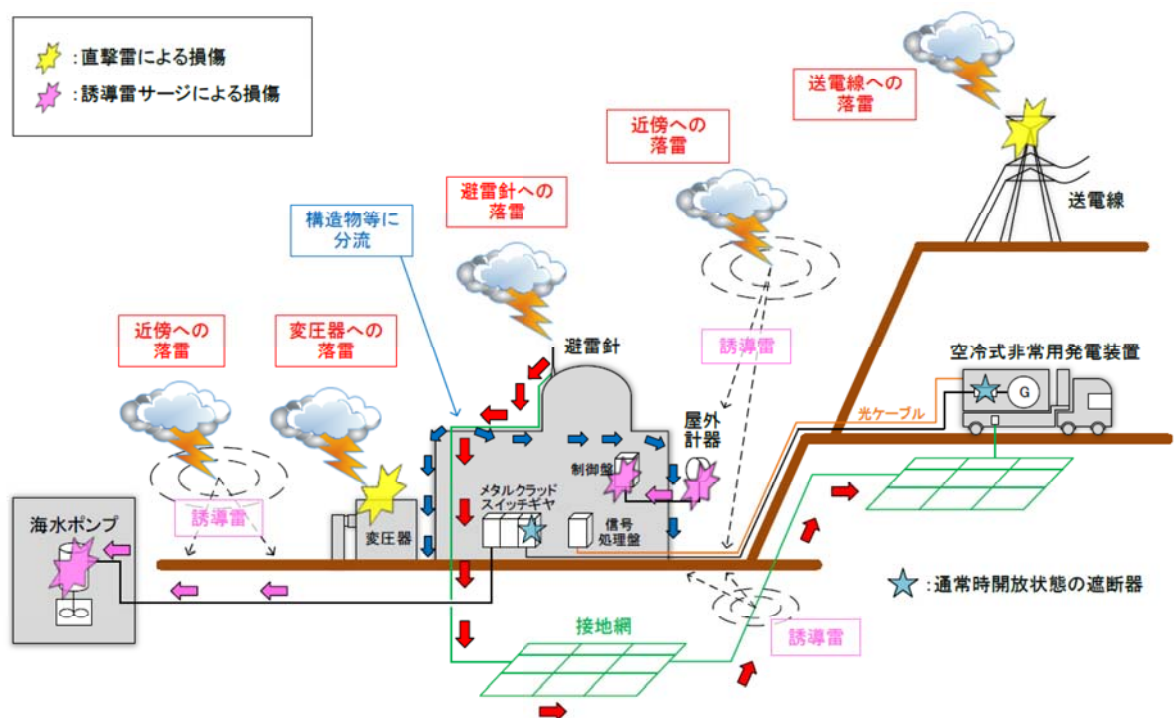
参考資料 5 に記載する。

第 3.1.1.2.2.5.11.4 表 高濃度の降下火砕物環境下での作業性の検討結果

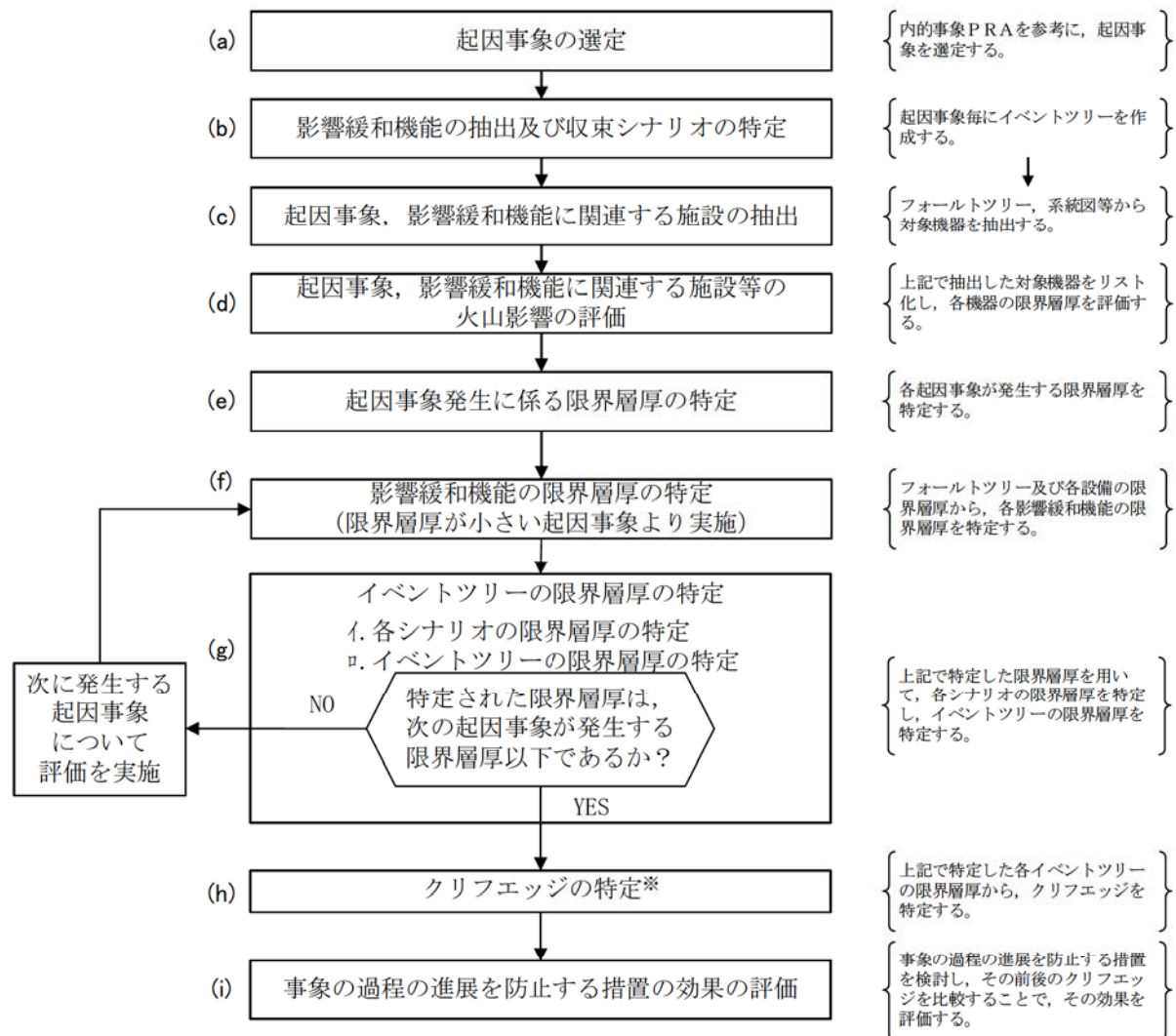
検討内容	火山灰フィルタ取替え・清掃	2次系純水タンクの除灰作業
アクセス性	作業エリアまでのアクセス通路等には手すり等が設置されており、夜間においても、ヘッドライト等を携行していることから、高濃度の降下火砕物環境下でもアクセス可能である。	同左
作業環境	作業エリアには、作業を行う上で支障となる設備はなく、作業員はヘッドライト等を携行し、ランタンを設置することから、高濃度の降下火砕物環境下でも作業は実施可能である。 なお、降灰時の視界についても確認を行っており、問題なく作業できる見込みである。	同左
作業性	【装備】 作業時は、作業着を着用の上、ヘルメット、ゴーグル、マスク、手袋を着用する。また、作業性向上の観点で、昼夜を問わずヘッドライトを着用する。さらに、降灰の状況により必要に応じて雨合羽を着用する。 【資機材】 降灰の影響を受けないよう養生蓋や清掃ボックスを使用することとしており、高濃度の降下火砕物環境下でも作業は実施可能である。	【装備】 同左 【資機材】 角型コンパクトショベル（スコップ型）やほうき（T型）を使用する。除灰で使用する資機材は特殊なものではなく、一般的な作業であることから、高濃度の降下火砕物環境下でも作業可能である。
連絡手段	中央制御室や緊急時対策所（EL.32m）と通話可能な、バッテリー内蔵型や有線系の設備を複数手段確保している。また、隣接する建屋内に移動すれば通信手段の確保が可能である。	中央制御室や緊急時対策所（EL.32m）と通話可能な、バッテリー内蔵型や有線系の設備を複数手段確保している。なお、高濃度の降下火砕物の影響で通信が出来ない場合でも、付近の緊急時対策所（EL.32m）に直接アクセスすることが可能である。



第 3.1.1.2.2.5.3.4.1 図 落雷データ収集面積
(赤枠内を対象範囲とする)



第 3. 1. 1. 2. 2. 5. 3. 4. 2 図 落雷による影響のイメージ



第 3.1.1.2.2.5.3.11.1 図 クリフエッジ評価に係るフロー図

起因事象:外部電源喪失
起因事象:補機冷却水の喪失

参考資料 5 に記載する。

第 3. 1. 1. 2. 2. 5. 3. 11. 2 図 各起因事象におけるイベントツリー

起因事象:外部電源喪失

参考資料 5 に記載する。

第 3.1.1.2.2.5.3.11.3 図 各起因事象におけるイベントツリーの限界層厚評価結果

起因事象:外部電源喪失

参考資料 5 に記載する。

第 3.1.1.2.2.5.3.11.4 図 (1/4) 事象の過程の進展を防止する措置実施後の限界層厚評価結果
(2 次系純水タンクの事象の過程の進展を防止する措置 (ケース 1-1) 適用)

起因事象:外部電源喪失

参考資料 5 に記載する。

第 3.1.1.2.2.5.3.11.4 図 (2/4) 事象の過程の進展を防止する措置実施後の限界層厚評価結果
(2 次系純水タンクの事象の過程の進展を防止する措置 (ケース 1-2) 適用)

起因事象:外部電源喪失

参考資料 5 に記載する。

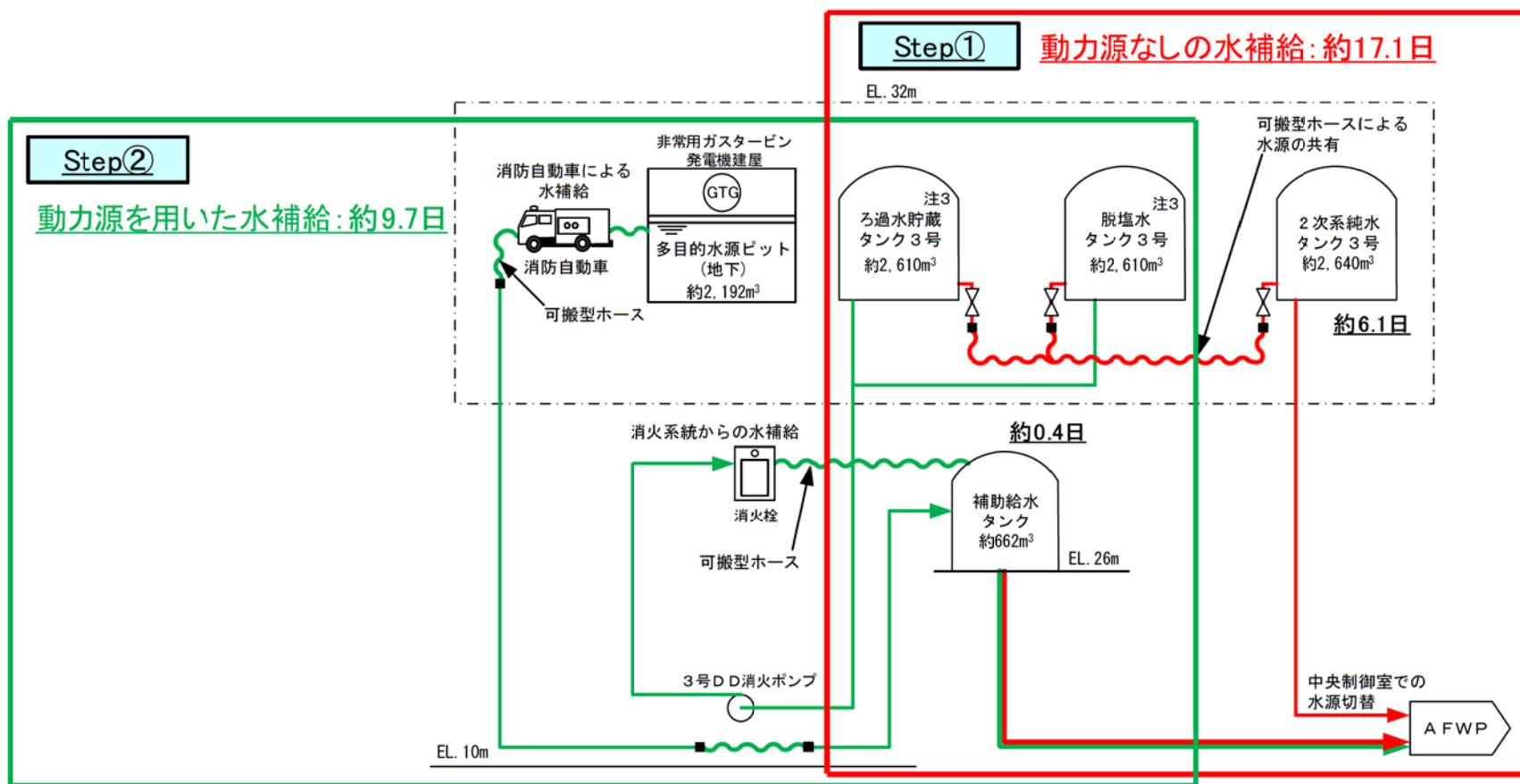
第 3.1.1.2.2.5.3.11.4 図 (3/4) 事象の過程の進展を防止する措置実施後の限界層厚評価結果
(2 次系純水タンクの事象の過程の進展を防止する措置 (ケース 2-1) 適用)

起因事象：外部電源喪失

参考資料 5 に記載する。

第 3.1.1.2.2.5.3.11.4 図 (4/4) 事象の過程の進展を防止する措置実施後の限界層厚評価結果
(2 次系純水タンクの事象の過程の進展を防止する措置 (ケース 2-2) 適用)

全交流動力電源喪失時に発電所構内の水源を用いて水補給が可能な期間は、約26.8日^{注1, 2}



Step③ 更なる対応として、万一水源枯渇の場合には中型ポンプ車等を用いて海水補給

注1: 水源については、降下火砕物の層厚増加の進展状況によっては除灰が必要なタンクや、可搬型設備を使用する必要のある水源もあるが、それらの降下火砕物環境下での詳細な状況は考慮せず、単純に水源の量を評価しているため、降下火砕物のその時々の変化状況に応じて、適切な水源を準備・選択することが重要である。

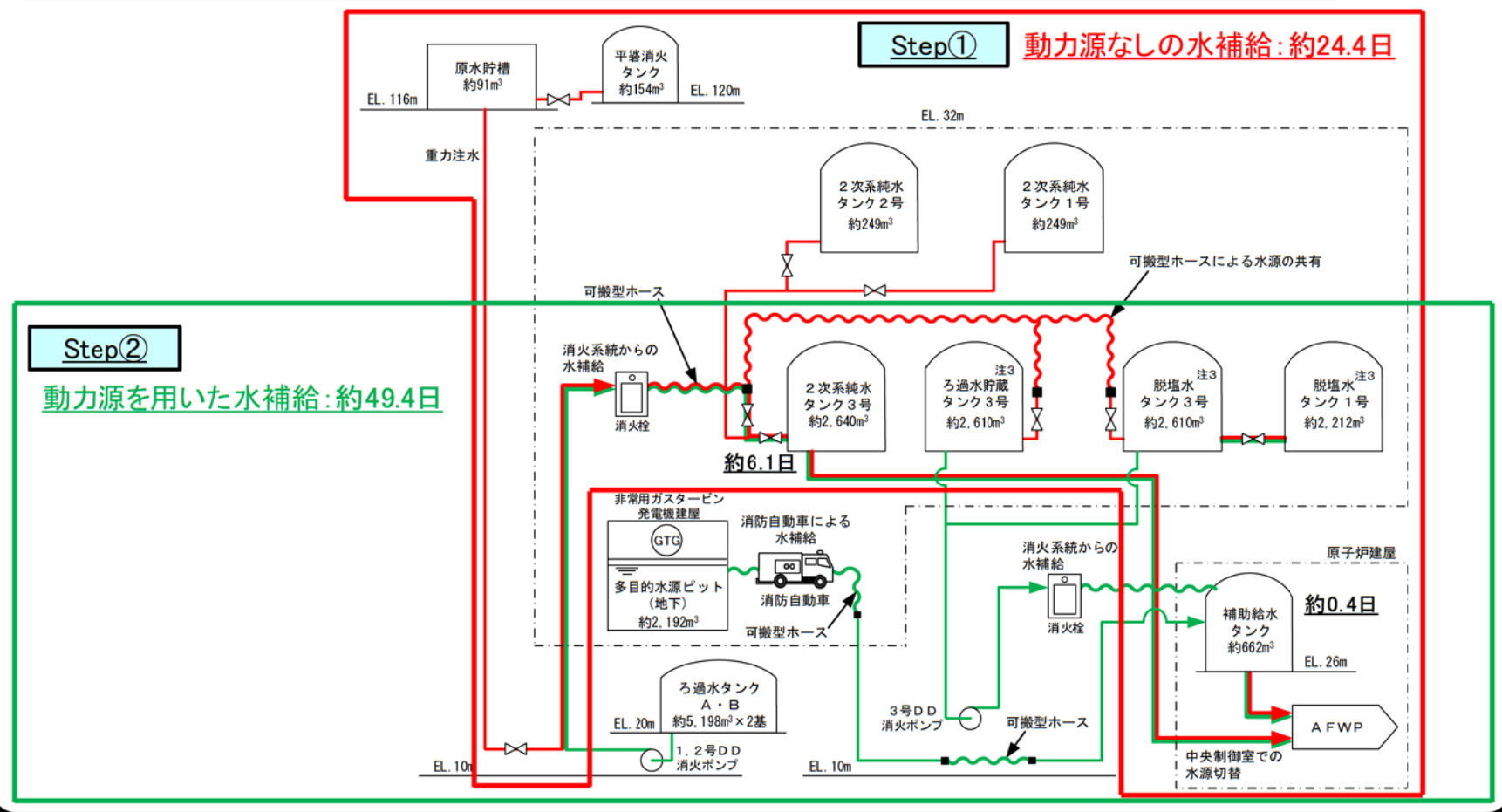
注2: 全交流動力電源喪失時のタービン動補助給水ポンプ等を用いた長期的な炉心冷却の対応については、平成30年12月17日付け原規規発第1812178号にて認可された保安規定の審査資料TS(66)-02-01(改5) 添付資料1 長期的な炉心冷却等の対応についてを参照。

注3: 可搬型ホース接続配管の立ち上がり高さと消火ポンプ取出管台高の差により、動力源を用いれば更に給水可能なタンク。

第 3.1.1.2.2.5.3.11.5 図 (1/2) 全交流動力電源喪失時に発電所構内の水源を用いて水補給が可能な期間 (3号機用の水源を考慮した場合)

1. 2号機用の水源も考慮した場合の

全交流動力電源喪失時に発電所構内の水源を用いて水補給が可能な期間は、約73.8日^{注1, 2}



Step③

更なる対応として、万一水源枯渇の場合には中型ポンプ車等を用いて海水補給

注1: 水源については、降下火砕物の層厚増加の進展状況によっては除灰が必要なタンクや、可搬型設備を使用する必要がある水源もあり、また、1, 2号機の水源地は現状の水源地の量であるが、それらの降下火砕物環境下での詳細な状況は考慮せずに評価しているため、降下火砕物のその時々の変化状況に応じて、適切な水源を準備・選択することが重要である。

注2: 全交流動力電源喪失時のタービン動補助給水ポンプ等を用いた長期的な炉心冷却の対応については、平成30年12月17日付け原規規発第1812178号にて認可された保安規定の審査資料 TS(66)-02-01(改5) 添付資料1 長期的な炉心冷却等の対応について を参照。

注3: 可搬型ホース接続配管の立ち上がり高さと消火ポンプ取出管台高さの違いにより、動力源を用いれば更に給水可能なタンク。

第 3.1.1.2.2.5.3.11.5 図 (2/2) 全交流動力電源喪失時に発電所構内の水源を用いて水補給が可能な期間 (1, 2号機用の水源も考慮した場合)