

第 3 章 安全性の向上のため自主的に講じた措置の調査及び分析

目 次

3. 安全性の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 内部事象及び外部事象に係る評価	3.1.1-1
3.1.2 決定論的安全評価	3.1.2-1
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)	3.1.3-1
3.1.4 安全裕度評価	3.1.4-1
3.1.4.1 火山(降灰)に対する評価	3.1.4-2
3.2 安全性向上に係る活動の実施状況に関する中長期的な評価	3.2-1

3. 安全性の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 内部事象及び外部事象に係る評価

内部事象及び外部事象に係る評価は、川内原子力発電所第 2 号機 第 2 回安全性向上評価届出書(平成 31 年 3 月 28 日付け原発本第 326 号)(以下「第 2 回届出書」という。)の評価時点以降、安全評価の前提となっている内部事象及び外部事象の評価を見直す必要があるような科学的知見及び技術的知見は得られていない。(「第 2 章 2.2.2 国内外の最新の科学的知見及び技術的知見」参照)

また、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、分析又は評価をする必要がなく、第 1 回安全性向上評価届出書(平成 29 年 9 月 25 日付け原発本第 156 号、平成 30 年 3 月 30 日付け原発本第 360 号にて一部補正)(以下「第 1 回届出書」という。)及び第 2 回届出書の記載内容から大きな変更はないため、改訂の必要はない。

3.1.2 決定論的安全評価

決定論的安全評価は、第 2 回届出書の評価時点以降、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、分析又は評価をする必要がなく、第 1 回届出書及び第 2 回届出書の記載内容から大きな変更はないため、改訂の必要はない。

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)

内部事象及び外部事象に係る確率論的リスク評価(PRA)は、第2回届出書の評価時点以降、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、分析又は評定をする必要がなく、第1回届出書及び第2回届出書の記載内容から大きな変更はないため、改訂の必要はない。

3.1.4 安全裕度評価

安全裕度評価は、第 2 回届出書の評価時点以降、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、分析又は評定する必要がなく、第 1 回届出書及び第 2 回届出書の記載内容から大きな変更はないため、改訂の必要はない。

なお、安全裕度評価は、設計上の想定を超える事象の発生を仮定し、設備の潜在的な脆弱性を明らかにする上で、有用な手法であることから、これまで実施した安全裕度評価のうち、定性的な評価にとどまっていた項目の中で、定量的な想定が可能になってきたものについて、順次、評価を行っていくこととしている。

今回は、第 2 回届出書において実施したその他の自然現象に対する評価の項目である火山(火山活動、降灰)のうち、発電所に影響を及ぼし得る火山事象である火山(降灰)に対して、火山灰シミュレーションを用いて設計を超えるハザードの規模を設定し、安全裕度評価を実施する。

次項以降に、火山(火山活動、降灰)のうち火山(降灰)に対する安全裕度評価について示す。

3.1.4.1 火山(降灰)に対する評価

(1) はじめに

第 1 回届出書において、地震、津波並びに地震及び津波の重畳事象について評価を実施した。また、第 2 回届出書においては、地震及び津波随件事象並びにその他の自然現象に対する評価を実施している。

a. 第 2 回届出書におけるその他の自然現象に対する評価内容

地震、津波以外のその他の自然現象に対する安全裕度評価については、欧州での訪問調査結果をもとに、設計基準事故及び重大事故の設計で想定されている事象より規模が大きく、かつ、かなり可能性の低い事象として、年超過確率 10^{-6} 相当のハザードが及ぼす発電所への影響を評価することとしている。しかし、火山(火山活動、降灰)については、確率論的評価手法を前提とした定量的評価手法がないことから、年超過確率が算出できない事象として扱うこととした。その上で、「原子力発電所の火山影響評価ガイド」(令和元年 12 月 18 日 原規技発第 1912182 号 原子力規制委員会決定)(以下「火山ガイド」という。)に従い、火山活動のモニタリングに関する実施事項の 1 つとして、「観測データの有意な変化を把握した場合の対処として、原子炉の停止、適切な核燃料の搬出等を実施する方針」を整備していることから、破局的噴火への発展の可能性がある場合について評価を行い、予想される影響が運用で対処できるものとして、影響がないと評価した。

b. 第 3 回届出書(今回)における評価内容

安全裕度評価における火山(火山活動、降灰)のうち火山(降灰)のハザード規模については、現在の火山学の分野においては確率論的評価手法が確立していないことから、今回の火山(降灰)に対する安全裕度評価でも、年超

過確率を定めたハザードは設定せず、設計で想定している火山(降灰)の層厚より大きい規模、かつ、設計よりも可能性の低い規模の火山灰ハザードを想定する。具体的には、火山灰シミュレーションにおける計算条件を、設計段階に比べて更に保守的に扱うことで算出される火山灰層厚、気中火山灰濃度(以下「空气中濃度」という。)及び噴火開始から火山(降灰)が発電所敷地に到達するまでの時間(以下「発電所への到達時間」という。)を対象に安全裕度評価を行うこととし、炉心(出力運転中)、炉心(停止中)及び SFP 内の使用済燃料について評価する。

なお、今回実施する火山灰シミュレーションは、桜島近郊の気象条件に関し既許可の評価を見直す必要があるような客観的なデータが取得されたために実施したものではなく、より保守的なシミュレーションによる安全裕度の確認とその向上を図ることを目的に実施したものであり、最新の文献や調査等から得られた国内外の最新の科学的知見及び技術的知見には該当しない。

(2) 火山(降灰)に対する安全裕度評価

a. 火山(降灰)

(a) 評価方法

火山(降灰)に対する安全裕度評価は、以下の流れで評価を実施する。

イ 安全裕度評価に用いる火山灰ハザードの設定

設計を超えて発電所へ降灰する現象として、仮想風を考慮した火山灰シミュレーションを行い、火山灰層厚、空気中濃度、発電所への到達時間及び粒径の観点から火山灰ハザードの設定を行う。

ロ 安全裕度評価で想定すべき起因事象の選定

火山(降灰)により炉心損傷等につながると想定され得る起因事象を選定する。

ハ 選定した起因事象に対する影響緩和機器の火山(降灰)の影響評価

選定した起因事象のシナリオで期待する影響緩和機器のうち、火山(降灰)の影響を受ける機器を抽出し、その機能が期待できるか否かを評価する。

ニ 安全裕度評価の実施及び更なる安全性向上対策の立案

イ項で設定した火山灰ハザードに対する、ハ項で抽出した機器の安全裕度評価を実施し、発電所の耐性を評価する。なお、機器の耐力評価に当たっては、設計評価に用いる保守的な条件ではなく、現実的な条件を用いる。

(b) 評価結果

イ 安全裕度評価に用いる火山灰ハザードの設定

(イ) 火山灰ハザード評価について

I 設計基準のハザード規模

川内原子力発電所 2 号炉 発電用原子炉設置変更許可申請書 (平成 25 年 7 月 8 日付け発本原第 86 号、平成 26 年 9 月 10 日付け原規規発第 1409102 号にて許可) (以下「既許可」という。)においては、火山ガイドに基づき、桜島薩摩噴火に伴う火山灰を想定し、文献調査及び地質調査を踏まえ、設計層厚を保守的に 15cm と設定している。

また、参考として、気象庁による 1981 年から 2010 年までの 30 年間の風向・風速の月平均値データ(鹿児島地点)を用いた火山灰シミュレーションを補助的な位置付けで実施しており、発電所への影響が最も大きい 8 月のデータを使用した場合の層厚が 11 cm となることを確認している。

第 3.1.4-1 図に火山灰シミュレーションに用いた高度別風向・風速分布を、第 3.1.4-2 図に火山灰シミュレーション結果(既許可)を示す。

II 設計を超えるハザード規模

桜島薩摩噴火に伴う火山灰を対象に、設計を超えて発電所へ降灰する現象を仮想的に再現するため、仮想風を考慮した火山灰シミュレーションを行った。仮想風については、気象庁による 1990 年から 2010 年までの 21 年間の 8 月における高度毎の風向・風速の観測データ(2 データセット/日、鹿児島地点)のうち、データセットの平均風向が桜島から発電所に向かう(発電所方向 $\pm 11.25^\circ$: 風向を 16 方位に区分した際の 1 方位の角度である 22.5° をもとに設定)データセットのみを抽

出し、高度毎に風向・風速を平均して作成した。シミュレーションにおいては、この風向、風速が仮想的に継続するとして実施している。

この仮想風による火山灰シミュレーションの結果、火山灰層厚：25 cm、空气中濃度：2.6g/m³、発電所への到達時間：68 分を得た。

第 3.1.4-1 図に火山灰シミュレーションに用いた高度別風向・風速分布を、第 3.1.4-3 図に火山灰シミュレーション結果（仮想風）を示す。

なお、今回実施した火山灰シミュレーションは、桜島近郊の気象条件に関し既許可の評価を見直す必要があるような客観的なデータが取得されたために実施したものではなく、より保守的なシミュレーションによる安全裕度の確認とその向上を図ることを目的に実施したものであり、最新の文献や調査等から得られた国内外の最新の科学的知見及び技術的知見には該当しない。また、既許可の設計層厚は、文献調査、地質調査結果をもとに決定しており、火山灰シミュレーションは、火山ガイドに基づき補助的な位置づけとして実施したものである。

(ロ) 今回の安全裕度評価に用いる火山灰ハザードの設定

(イ) 項のとおり、火山灰シミュレーションにより得られた結果を第 3.1.4-1 表に示す。今回の安全裕度評価において、以下の観点で火山灰ハザードの設定を行うこととする。

I 火山灰層厚

火山灰層厚は設計層厚の 15cm を超える 25cm となったため、建屋・構造物、屋外機器において火山灰層厚 25cm の堆積荷重による影響を評価する必要があることから、ハザードに設定する。なお、降雨により水を含んだ場合、負荷が大きくなることから、水を含んだ場合（飽和状態）における負荷を考慮する。主蒸気逃がし弁（消音器）及び主蒸気

安全弁(排気管)は、火山灰が侵入した場合においても、排気により火山灰を大気へ放出可能とすることで閉塞しない設計としていることから、火山灰ハザードに対する評価の対象外とする。

II 空気中濃度

空気中濃度に関しては、ディーゼル発電機の吸気に接続するフィルタコンテナに設置されているフィルタの設計条件である $3.3\text{g}/\text{m}^3$ より小さい $2.6\text{g}/\text{m}^3$ となるため、フィルタの閉塞に対しては、影響が緩和されることから、ハザードとしては設定不要とする。

なお、仮想風による火山灰シミュレーション結果では、火山灰層厚が大きくなるものの、粒径の小さい火山灰より粒径の大きな火山灰の割合が多くなったことから空気中濃度は小さくなっている。

III 発電所への到達時間

仮想風を想定することにより、発電所への到達時間が、80分から68分と短くなっているが、噴火後52分でフィルタコンテナをディーゼル発電機に接続が可能なることから、ハザードとしては設定不要とする。

IV 粒径

粒径については、各種試験結果からの設定のため、シミュレーション結果によらず設計条件と同じ4mm以下から変更はないため、ハザードとしては設定不要とする。

ロ 安全裕度評価で想定すべき起因事象の選定

火山(降灰)に対する安全裕度評価における起因事象については、川内2号機の第1回届出書及び第2回届出書における安全裕度評価において網羅的に起因事象が分類され、抽出されていることから、当該届出書において抽出した起因事象の中から選定する。また、起因事象の選定に際しては、川内原子力発電所第2号機の既工事計画認可申請書(平成25年7月8日付け発本原第88号、平成25年5月22日付け発規規発第1505221号にて認可)(以下「既工認」という。)における火山に関する評価事項を踏まえて検討する。

川内2号機の第1回届出書及び第2回届出書における安全裕度評価から抽出した起因事象の中から、第3.1.4-2表に示すとおり、火山(降灰)により発生する可能性のある起因事象として、以下の5事象を選定した。

- ・ 外部電源喪失
- ・ 炉心損傷直結、CV機能喪失直結、SFP損傷
- ・ 原子炉補機冷却機能の全喪失(原子炉補機冷却機能喪失)

さらに、既工認では、火山灰の影響を考慮する施設の設計方針において、荷重、閉塞、磨耗、腐食等の影響因子に応じて施設を分類して設計を行っていることから、火山灰により上記起因事象を引き起こすと考えられる設備等についての影響を第3.1.4-3表のとおり検討した。イ項において示すとおり、今回のハザードは、設計基準のハザードを超えるのは火山灰層厚のみであるため、第3.1.4-3表で抽出された構造物への荷重を考慮する必要のある各建屋及び海水系の設備(海水ポンプ、海水ストレーナ)についての火山灰層厚25cmに対する裕度評価を第3.1.4-4表に示す。その結果、火山灰による荷重に対して問題ないことを確認した。なお、この評

価においては、設計評価に用いる保守的な条件ではなく、以下のとおり現実的な条件を用いた。

- ・火山灰シミュレーションは 8 月を想定しているので、積雪荷重(38cm)は考慮しない。

- ・海水ポンプ、海水ストレーナの耐力評価に当たっては評価温度を現実的な 40℃とする。

以上を踏まえて、第 3.1.4-5 表に示すとおり、発生する起因事象としては、外部電源喪失の 1 事象を選定した。

ハ 選定した起因事象に対する影響緩和機器の火山灰影響評価

選定した起因事象である外部電源喪失に対して、事故収束に必要な影響緩和系機器を選定し、各機器の成功・失敗の分岐によりイベントツリーの形式に整理した。

さらに、イベントツリー中において必要となる影響緩和系機器（フロントライン系及びサポート系）の関連表を作成し、それぞれに対する火山灰の影響有無を評価することにより、火山灰により影響を受ける機器を抽出した。そして、抽出された機器が今回の火山灰ハザードに対して健全か否かを評価しイベントツリーに示す収束が可能かどうかを検討した。

ここでは、炉心（出力運転中）、炉心（停止中）及び SFP 内の使用済燃料に対して、前項で選定した外部電源喪失を対象とし評価を行う。

(イ) 炉心（出力運転中）の健全性評価

I 外部電源喪失に対する収束シナリオ

火山灰層厚 25cm の影響により、外部電源喪失に至ると想定し、外部電源喪失を起因事象とするイベントツリーの評価シナリオを第 3.1.4-4 図のとおり想定する。

収束シナリオ①、②、③、④、⑤、⑥の概要は以下のとおり。

・ 収束シナリオ①:

起因事象発生の後、原子炉の停止及びディーゼル発電機の起動に成功し、非常用所内電源から給電されている状態で、電動又はタービン動補助給水ポンプによる蒸気発生器への給水を行う。その後、充てん系によるほう酸の注入を行い、未臨界性を確保した上で中央制御室からの操作により主蒸気逃がし弁を開放し、2 次系に

よる冷却を行い、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、余熱除去系を用いた1次系冷却を行うことで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に成功し、非常用所内電源から給電されている状態で、収束シナリオ①で期待していた「電動又はタービン動補助給水ポンプによる蒸気発生器への給水」、「充てん系によるほう酸の注入」、「主蒸気逃がし弁の開放」、「加圧器逃がし弁による減圧」及び「余熱除去系による冷却」のいずれかに失敗した場合、燃料取替用水タンク水を充てん／高圧注入ポンプにより原子炉へ注入する操作と加圧器逃がし弁による原子炉格納容器内部へ原子炉冷却材を放出する操作を組み合わせた1次系のフィードアンドブリードにより原子炉を冷却する。また、格納容器の圧力上昇により格納容器スプレイポンプが起動する。燃料取替用水タンクの水位低下後は再循環切替を行い、余熱除去冷却器及び格納容器スプレイ冷却器を用いて継続した1次系冷却を行うことで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に成功し、非常用所内電源から給電されている状態で、収束シナリオ②で期待していた格納容器スプレイ再循環運転に失敗した

場合に、原子炉格納容器再循環ユニットによる格納容器内自然対流冷却を行うことで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に成功し、非常用所内電源から給電されている状態で、収束シナリオ②で期待していた格納容器スプレイポンプによる格納容器除熱に失敗した場合に、原子炉格納容器再循環ユニットによる格納容器内自然対流冷却を行うことで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、原子炉の停止に成功したもののディーゼル発電機の起動失敗等により非常用所内電源からの給電がない状態で、タービン動補助給水ポンプによる蒸気発生器への給水を行う。制御用空気系統が使用できないことから、主蒸気逃がし弁は現場の手動操作により開放し、2次系による冷却を行う。1次系の減圧に伴い蓄圧タンクのほう酸水が注入され、1次冷却材と未臨界性を確保した上で、大容量空冷式発電機による交流電源を復旧させた後、蓄圧タンク出口隔離弁を中央制御室からの手動操作により閉止する。また、復水タンク枯渇までに海水又は淡水を補給することにより2次系冷却を継続することで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失敗等により非常用所内電源からの給電がなく、RCP シール LOCA が発生した状態で、タービン動補助給水ポンプによる蒸気発生器への給水を行う。制御用空気系統が使用できないことから、主蒸気逃がし弁を現場の手動操作により開放し、2次系による冷却を行う。1次系の減圧に伴い蓄圧タンクのほう酸水が注入され、1次系冷却材と未臨界性を確保した上で、大容量空冷式発電機による交流電源を復旧させた後、蓄圧タンク出口隔離弁を中央制御室からの手動操作により閉止する。また、復水タンク枯渇までに海水又は淡水を補給することにより2次系冷却を継続する。更に燃料取替用水タンクを水源とした常設電動注入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。移動式大容量ポンプ車による補機冷却機能回復後に余熱除去ポンプ及び充てん／高圧注入ポンプによる高圧再循環運転を行い、格納容器再循環ユニットを用いた格納容器内自然対流冷却により崩壊熱除去を行うことで燃料の重大な損傷に至る事態は回避される。

II 収束シナリオで期待する影響緩和機器の火山灰の影響評価

収束シナリオで期待する影響緩和機器(フロントライン系及びサポート系)の関連表を第 3.1.4-6 表に示す。これらの影響緩和機器(フロントライン系及びサポート系)について、以下の観点から、火山灰の影響を受ける設備を抽出し、火山灰の各影響因子について検討した。その検討結果を第 3.1.4-7 表に示す。

(I) 当該機器を収納する建屋が健全であることから、火山灰の影響を受けない機器

建屋が 25cm の火山灰の荷重に対して健全であることから、屋内設置機器については除外する。

(II) 屋外設置機器であり火山灰の堆積による静的荷重の影響を受ける機器

屋外設置のタンク、海水ポンプ等の火山灰の静的荷重の影響を確認する。

(III) 屋内設備であっても、火山灰を取り込む恐れがある設備

火山灰を含む海水の流路となる設備、火山灰を含む空気の流路となる設備、屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する設備について影響を確認する。

(IV) 屋外で連続して運転又は設置が必要な機器

屋外操作(大容量空冷式発電機からの給電、移動式大容量ポンプ車による補機冷却等)は、運転又は設置に関し火山灰の影響を受けると想定される。今回、屋外で長時間にわたり継続して使用する可搬型重大事故等対処設備については期待しないものとする。

イ項で述べたとおり、今回のハザードは設計基準のハザードと比べて、火山灰層厚の変更に伴う構造物への荷重に対して影響を及ぼすものであり、その他の影響因子である閉塞、磨耗、腐食等については問題とならない。

上記の結果から、外部電源喪失を起因事象とするシナリオに必要であり、かつ、火山灰により影響を受ける恐れのある機器を抽出し、火山灰影響評価の観点からその機能に期待できるか否かを評価した結果を第 3.1.4-8 表に示す。

屋外設置のタンク、海水系(海水ポンプ、海水ストレーナ)が火山灰の層厚次第では機能に期待できない設備として抽出された。

(ロ) 炉心(停止中)の健全性評価

I 外部電源喪失に対する収束シナリオ

火山灰層厚 25cm の影響により、外部電源喪失に至ると想定し、外部電源喪失を起因事象とするイベントツリーの評価シナリオを第 3.1.4-5 図のとおり想定する。

収束シナリオ①、②、③、④、⑤の概要は以下のとおり。

- ・ 収束シナリオ①:

ミッドループ運転時に起因事象発生の後、ディーゼル発電機の起動に成功し、非常用所内電源から給電されている状態で、余熱除去系を用いた 1 次系冷却を行うことで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:

ミッドループ運転時に起因事象発生の後、ディーゼル発電機の起動に成功し、非常用所内電源から給電されている状態で、収束シナリオ①で期待していた余熱除去系による冷却に失敗した場合に、燃料取替用水タンクを水源とした充てん／高圧注入ポンプ(充

てん注入モード)による炉心注水により炉心冷却を行う。更に格納容器スプレイポンプを用いた代替再循環運転により崩壊熱除去を行うことで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:

ミッドループ運転時に起因事象発生の後、ディーゼル発電機の起動に成功し、非常用所内電源から給電されている状態で、収束シナリオ②で期待していた充てん／高圧注入ポンプ(充てん注入モード)による炉心注水に失敗した場合に、充てん／高圧注入ポンプ(高圧注入モード)による炉心注水により炉心冷却を行う。更に格納容器スプレイポンプを用いた代替再循環運転により崩壊熱除去を行うことで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:

ミッドループ運転時に起因事象発生の後、ディーゼル発電機の起動に成功し、非常用所内電源から給電されている状態で、収束シナリオ③で期待していた充てん／高圧注入ポンプ(高圧注入モード)による炉心注水に失敗した場合に、燃料取替用水タンクを水源とした常設電動注入ポンプによる代替炉心注水により炉心冷却を行う。更に格納容器スプレイポンプを用いた代替再循環運転により崩壊熱除去を行うことで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:

ミッドループ運転時に起因事象発生の後、ディーゼル発電機の

起動失敗等により非常用所内電源からの給電がない状態で、大容量空冷式発電機により交流電源を復旧させ、燃料取替用水タンクを水源とした常設電動注入ポンプによる代替炉心注水により炉心冷却を行う。移動式大容量ポンプ車による補機冷却機能回復後に余熱除去ポンプによる低圧再循環運転を行い、格納容器再循環ユニットを用いた格納容器内自然対流冷却により崩壊熱除去を行うことで燃料の重大な損傷に至る事態は回避される。

II 収束シナリオで期待する影響緩和機器の火山影響評価

収束シナリオで期待する影響緩和機器（フロントライン系及びサポート系）の関連表を第 3.1.4-9 表に示す。これらの影響緩和機器（フロントライン系及びサポート系）について、以下の観点から、火山灰の影響を受ける設備を抽出し、火山灰の各影響因子について検討した。その検討結果を第 3.1.4-10 表に示す。

（I）当該機器を収納する建屋が健全であることから、火山灰による影響を受けない機器

建屋が 25cm の火山灰の荷重に対して健全であることから、屋内設置機器については除外する。

（II）屋外設置機器であり、火山灰の堆積による静的荷重の影響を受ける機器

屋外設置のタンク、海水ポンプ等の火山灰の静的荷重の影響を確認する。

(Ⅲ) 屋内設備であっても、火山灰を取り込む恐れがある設備

火山灰を含む海水の流路となる設備、火山灰を含む空気の流路となる設備、屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する設備について影響を確認する。

(Ⅳ) 屋外で連続して運転又は設置が必要な機器

屋外操作(大容量空冷式発電機からの給電、移動式大容量ポンプ車による補機冷却等)は、運転又は設置に関し火山灰の影響を受けると想定される。今回、屋外で長時間にわたり継続して使用する可搬型重大事故等対処設備については期待しないものとする。

イ項で述べたとおり、今回のハザードは設計基準のハザードと比べて、火山灰層厚の変更に伴う構造物への荷重に対して影響を及ぼすものであり、その他の影響因子である閉塞、磨耗、腐食等については問題とならない。

上記の結果から、外部電源喪失を起因事象とするシナリオに必要であり、かつ、火山灰により影響を受ける恐れのある機器を抽出し、火山灰影響評価の観点から、その機能に期待できるか否かを評価した結果を第 3.1.4-11 表に示す。

(ハ) SFP 内の使用済燃料の健全性評価

I 外部電源喪失に対する収束シナリオ

火山灰層厚 25cm の影響により、外部電源喪失に至ると想定し、外部電源喪失を起因事象とするイベントツリーの評価シナリオを第 3.1.4-6 図のとおり想定する。

収束シナリオ①、②、③、④の概要は以下のとおり。

- ・ 収束シナリオ①:

起因事象発生の後、ディーゼル発電機の起動に成功し、非常用所内電源から給電されている状態で、SFP 冷却系による冷却を行うことで 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に成功し、非常用所内電源から給電されている状態で、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に、燃料取替用水ポンプにより燃料取替用水タンクのほう酸水を SFP に注入することで 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に成功し、非常用所内電源から給電されている状態で、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に、使用済燃料ピット補給用水中ポンプ／取水用水中ポンプにより海水又は淡水を SFP に注入することで 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失敗等により非常用所内電源からの給電がない状態で、使用済燃料ピット補給用水

中ポンプ／取水用水中ポンプにより海水又は淡水を SFP に注入することで SFP にある燃料の重大な損傷に至る事態は回避される。

II 収束シナリオで期待する影響緩和機器の火山灰影響評価

収束シナリオで期待する影響緩和機器（フロントライン系及びサポート系）の関連表を第 3.1.4-12 表に示す。これらの影響緩和機器（フロントライン系及びサポート系）について、以下の観点から、火山灰の影響を受ける設備を抽出し、火山灰の各影響因子について検討した。その検討結果を第 3.1.4-13 表に示す。

（I）当該機器を収納する建屋が健全であることから、火山灰による影響を受けない機器

建屋が 25cm の火山灰の荷重に対して健全であることから、屋内設置機器については除外する。

（II）火山灰の静的荷重の影響を受ける屋外設置機器

屋外設置のタンク、海水ポンプ等の火山灰の静的荷重の影響を確認する。

（III）屋内設備であっても、火山灰を取り込む恐れがある設備

火山灰を含む海水の流路となる設備、火山灰を含む空気の流路となる設備、屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する設備について影響を確認する。

(IV) 屋外で連続して運転又は設置が必要な機器

屋外操作(大容量空冷式発電機からの給電、移動式大容量ポンプ車による補機冷却等)は、運転又は設置に関し火山灰の影響を受けると想定される。今回、屋外で長時間にわたり継続して使用する可搬型重大事故等対処設備については期待しないものとする。

イ項で述べたとおり、今回のハザードは設計基準のハザードと比べて、火山灰層厚の変更に伴う構造物への荷重に対して影響を及ぼすものであり、その他の影響因子である閉塞、磨耗、腐食等については問題とならない。

上記の結果から、外部電源喪失を起因事象とするシナリオに必要であり、かつ、火山灰により影響を受ける恐れのある機器を抽出し、その機能に期待できるか否かを評価した結果を第 3.1.4-14 表に示す。

ニ 安全裕度評価の実施及び更なる安全性向上対策の立案

(イ) 安全裕度評価の実施

前項までの評価結果を踏まえ、火山灰の層厚次第では機能に期待できないとした機器について火山灰層厚 25cm に対する裕度を評価し、その評価結果を第 3.1.4-15 表に示す。火山灰層厚 25cm に対して問題とならないことを確認した。

なお、この評価においては、設計評価に用いる保守的な条件ではなく、以下のとおり現実的な条件を用いた。

- ・火山灰シミュレーションは 8 月を想定しているので、設計で考慮した積雪荷重(38cm)は考慮しない。
- ・耐力評価に当たっては評価温度を現実的な 40℃とする。

上記並びにハ項でのイベントツリーの想定及び必要な機器の評価結果を踏まえ、炉心（出力運転中）、炉心（停止中）、SFP 内の使用済燃料のすべての収束シナリオにおいて、屋外操作（大容量空冷式発電機からの給電、移動式大容量ポンプ車による補機冷却）は、火山灰の影響により、連続した運転又は設置の実施可否の判断が難しいため期待しないとしたことから、これらに期待する収束シナリオは削除されるものの、第 3.1.4-7 図～第 3.1.4-9 図に示すとおり、事故収束に必要であり、かつ、火山灰により影響を受ける恐れのある機器について、影響がないことを確認した。

以上のことから、今回想定した火山灰ハザードの影響により、変圧器・送電線等の機能喪失から外部電源喪失が発生したことを仮定しても、収束シナリオに必要な影響緩和機器は影響を受けないため、収束シナリオを達成することができる。

よって、火山灰層厚 25cm の影響を評価した結果、発電所への影響はないことを確認した。

(ロ) 更なる安全性向上対策の立案

第 3.1.4-15 表に示すとおり、燃料取替用水タンクは裕度が 1.11 であるが、川内 1 号機と同様、燃料取替用水タンクにおいて、自主的に安全性向上工事を行うことで、更なる裕度を確保することとする。

安全裕度評価により抽出された更なる安全性向上に向けた自主的な取り組みにおける運用方針及び期待される効果について、第 3.1.4-16 表に示す。

第 3.1.4-1 表 火山灰シミュレーションで得られた結果

項目	今回想定 の ハザード	(参考) 設計基準	備考
火山灰層厚	25cm	15cm	設計層厚より大きくなり、ハザードとして設定する。
空気中濃度	2.6g/m ³	3.3g/m ³	粒径の大きいものの割合が増えたことから空気中濃度は小さくなる。このため、フィルタ閉塞に対しては影響が緩和されることから、ハザードとして設定不要とする。
発電所への 到達時間	68 分	80 分	発電所への火山灰の到達時間は短くなるが、火山灰の到達時間前にフィルタコンテナをディーゼル発電機に十分接続可能であることから、ハザードとして設定不要とする。
粒径	4mm 以下	4mm 以下	各種試験結果からの設定のため、シミュレーション結果によらず、ハザードとしては設定不要とする。

第 3.1.4-2 表 川内 2 号機の第 1 回届出書及び第 2 回届出書における安全裕度評価から抽出した起因事象のうち火山灰による安全裕度評価における想定要否(1/3)

炉心(出力運転中)

第 1 回届出書及び第 2 回届出書における起因事象	火山灰による安全裕度評価における想定要否	備考
大破断 LOCA	×	関連設備が屋内に設置されていることから発生しない。
中破断 LOCA	×	同上
小破断 LOCA	×	同上
主蒸気管破断 (主蒸気隔離弁上流)	×	同上
主蒸気管破断 (主蒸気隔離弁下流)	×	同上
主給水管破断	×	同上
主給水流量喪失	×	同上
CV 機能喪失直結	○	火山灰の静的荷重により建屋が崩落し、CV 機能が喪失する。事象緩和手段がなく炉心損傷に加えて格納容器機能喪失も回避できなくなる。
原子炉補機冷却機能の全喪失	○	火山灰による取水口及び海水系の閉塞により発生する。
外部電源喪失	○	変圧器、開閉所の絶縁低下により発生する。
炉心損傷直結(CV 機能喪失直結を除く)	○	火山灰の静的荷重により建屋が崩落し、炉心冷却機能が喪失する。発生時には事象緩和手段がなく炉心損傷を回避できない。

第 3.1.4-2 表 川内 2 号機の第 1 回届出書及び第 2 回届出書における安全裕度評価から抽出した起因事象のうち火山灰による安全裕度評価における想定要否(2/3)

炉心(停止中)

第 1 回届出書及び第 2 回届出書における起因事象	火山灰による安全裕度評価における想定要否	備考
原子炉冷却材圧力バウンダリ機能喪失(大破断LOCA、中破断LOCA、小破断LOCAを含む)	×	関連設備が屋内に設置されていることから発生しない。
原子炉補機冷却機能の全喪失	○	火山灰による取水口及び海水系の閉塞により発生する。
外部電源喪失	○	変圧器、開閉所の絶縁低下により発生する。
水位維持失敗	×	関連設備が屋内に設置されていることから発生しない。
余熱除去機能喪失	×	関連設備が屋内に設置されていることから発生しない。
炉心損傷直結(CV機能喪失直結を除く)	○	火山灰の静的荷重により建屋が崩落し、炉心冷却機能が喪失する。発生時には事象緩和手段がなく炉心損傷を回避できない。
CV機能喪失直結	○	火山灰の静的荷重により建屋が崩落し、CV機能が喪失する。事象緩和手段がなく炉心損傷に加えて格納容器機能喪失も回避できなくなる。

第 3.1.4-2 表 川内 2 号機の第 1 回届出書及び第 2 回届出書における安全裕度評価から抽出した起因事象のうち火山灰による安全裕度評価における想定要否(3/3)

SFP 内の使用済燃料

第 1 回届出書及び第 2 回届出書における起因事象	火山灰による安全裕度評価における想定要否	備考
原子炉補機冷却機能喪失	○	火山灰による取水口及び海水系の閉塞により発生する。
SFP 冷却機能喪失	×	関連設備が屋内に設置されていることから発生しない。
外部電源喪失	○	変圧器、開閉所の絶縁低下により発生する。
SFP 損傷	○	火山灰の静的荷重により燃料取扱建屋が崩壊し、SFP が損傷する。発生時には事象緩和手段がなく SFP 損傷を回避できない。

第 3.1.4-3 表 起因事象選定において火山灰の影響を考慮する施設と影響因子の組合せ

影響因子 火山灰の影響を考慮する施設	構造物への荷重	水循環系の閉塞	換気系、電気系及び計装制御系における閉塞	水循環系、換気系、電気系及び計装制御系における磨耗	構造物、水循環系、換気系、電気系及び計装制御系における腐食	発電所周辺の大気汚染	絶縁低下
原子炉建屋、 原子炉補助建屋、 燃料取扱建屋、 ディーゼル建屋、 主蒸気管室建屋	△	－ ④	－ ④	－ ④	○	－ ④	－ ④
海水ポンプ	△	○ ポンプ	○ モータ	○	○	－ ④	－ ③
海水ストレーナ	△	○	－ ④	○	○	－ ④	－ ④
取水ピット	－ ①	○	－ ④	○	○	－ ④	－ ④
原子炉補機冷却系 (冷却器)	－ ①	○	－ ④	○	○	－ ④	－ ④
ディーゼル発電機 (機関、消音器、冷却器)	－ ①	○ 冷却器	○ 機関、消音器	○ 機関、冷却器	○ 機関、消音器、 冷却器	－ ④	－ ③
換気空調設備 (外気取入口)	－ ①	－ ④	○ 給気を供給する設備を含む	－ ④	－ ②	○ 給気を供給する設備を含む	－ ④

○: 今回の火山灰ハザード(設計条件から変更ない項目)については、影響因子に対して問題とならない。

△: 層厚 25cm に対して評価し、問題とならないことを確認する。

－: 除外

(除外理由)

① 荷重の影響を受けにくい構造

③ 電源盤が盤内部に空気を取り込む機構を持たない、及び屋内に設置されている

② 腐食があっても、機能に有意な影響を受けにくい

④ 影響因子と直接関連しない

第 3.1.4-4 表 構造物への荷重評価

機器・建屋・構造物	火山灰層厚 25cm に対する裕度※	火山灰層厚 25cm に対する 健全性評価結果
原子炉建屋	5.01	○
原子炉補助建屋	2.21	○
燃料取扱建屋	5.07	○
ディーゼル建屋	4.67	○
主蒸気管室建屋	1.97	○
海水ポンプ	31.3	○
海水ストレータ	24.0	○

※ (許容限界) ÷ (発生値)として計算。

第 3.1.4-5 表 各起因事象発生を引き起こす設備等と今回の火山灰ハザードによる
損傷発生の有無の評価結果

起因事象	各起因事象を引き起こす設備等	火山灰により想定される影響	火山灰による評価	発生の有無
外部電源喪失	変圧器、開閉所 (変圧器、開閉所の絶縁影響)	火山灰が送電線の碍子や変圧器に付着し、降雨等の水分を吸収し、相间短絡を起こし外部電源喪失に至る。	湿った火山灰が送電線の碍子及び特高開閉所施設の充電露出部に付着し、絶縁低下が生じ、外部電源喪失の可能性が考えられる。	○
炉心損傷直結、CV機能喪失直結、SFP損傷	原子炉建屋、原子炉補助建屋、燃料取扱建屋、ディーゼル建屋、主蒸気管建屋 (火山灰の堆積荷重による静的負荷、腐食)	火山灰の荷重や腐食により建屋が崩落した場合に、建屋内の設置機器等の機能喪失に至る。	層厚 25cm に対して建屋は頑健である。また、屋外設備は外装の塗装や耐腐食材料の使用等により、短期間で機能喪失に至る腐食の発生はない。	×
原子炉補機冷却機能の全喪失 (原子炉補機冷却機能喪失)	海水ポンプ、海水ストレーナ、取水ピット、原子炉補機冷却水冷却器 (火山灰による取水口及び海水系の荷重、閉塞、磨耗、腐食等)	海水ポンプ、海水ストレーナ等の構造物への荷重、水循環系の閉塞、磨耗、腐食等により機能喪失に至る。	閉塞、磨耗、腐食等については、その影響因子である空气中濃度、粒径がハザードとして設定不要であることから発生しない。 また、構造物への荷重については、層厚 25cm に対して頑健である。	×※

※ 直接的な起因事象としての評価は行わないが、外部電源シナリオの検討の過程で、一部機能の喪失の有無を確認する。第 3.1.4-15 表に結果を示す。

第 3.1.4-7 表 外部電源喪失を起因事象とするシナリオに必要な機器の火山灰の影響検討表

(炉心(出力運転中):フロントライン系)(1/5)

影響因子		影響緩和機能	構造物への荷重	水循環系の閉塞	換気系、電気系及び計装制御系における閉塞	水循環系、換気系、電気系及び計装制御系における磨耗	構造物、水循環系、換気系、電気系及び計装制御系における腐食	発電所周辺の大気汚染	絶縁低下
原子炉停止系		—	(屋内)	— ④	— ④	— ④	— ④	— ④	— ④
非常用所内電源からの給電		—	(屋内)	○ 冷却器	○ 機関、消音器	○ 機関、冷却器	○ 機関、消音器、冷却器	— ④	— ③
電動補助給水ポンプ	復水タンク	△	—	— ④	— ④	— ④	— ②	— ④	— ④
	主蒸気安全弁	— ①	—	— ④	○	— ④	— ②	— ④	— ④
	その他 屋内設備	—	(屋内)	— ④	— ④	— ④	— ④	— ④	— ④

○: 今回の火山灰ハザード(設計条件から変更ない項目)については、影響因子に対して問題とならない。

△: 層厚 25cm に対して評価し、問題とならないことを確認する。

—: 除外

(除外理由)

① 荷重の影響を受けにくい構造

③ 電源盤が盤内部に空気を取り込む機構を持たない、及び屋内に設置されている

② 腐食があっても、機能に有意な影響を受けにくい ④ 影響因子と直接関連しない

第 3.1.4-7 表 外部電源喪失を起因事象とするシナリオに必要な機器の火山灰の影響検討表

(炉心(出力運転中):フロントライン系)(2/5)

影響因子 影響緩和機能		構造物への荷重	水循環系の閉塞	換気系、電気系及び計装制御系における閉塞	水循環系、換気系、電気系及び計装制御系における磨耗	構造物、水循環系、換気系、電気系及び計装制御系における腐食	発電所周辺の大気汚染	絶縁低下
タービン動補給水ポンプによるSG給水	復水タンク	△	— ④	— ④	— ④	— ②	— ④	— ④
	主蒸気安全弁	— ①	— ④	○	— ④	— ②	— ④	— ④
	蒸気大気放出管	— ①	— ④	— ④	— ④	— ②	— ④	— ④
	その他屋内設備	— (屋内)	— ④	— ④	— ④	— ④	— ④	— ④
充てん系によるほう酸の添加		— (屋内)	— ④	— ④	— ④	— ④	— ④	— ④
主蒸気逃がし弁による熱放出		— ①	— ④	○	— ④	— ②	— ④	— ④

○: 今回の火山灰ハザード(設計条件から変更ない項目)については、影響因子に対して問題とならない。

△: 層厚 25cm に対して評価し、問題とならないことを確認する。 —: 除外

(除外理由)

① 荷重の影響を受けにくい構造

③ 電源盤が盤内部に空気を取り込む機構を持たない、及び屋内に設置されている

② 腐食があっても、機能に有意な影響を受けにくい④ 影響因子と直接関連しない

第 3.1.4-7 表 外部電源喪失を起因事象とするシナリオに必要な機器の火山灰の影響検討表
(炉心(出力運転中):フロントライン系)(4/5)

影響因子 影響緩和機能	構造物への荷重	水循環系の閉塞	換気系、電気系及び計装制御系における閉塞	水循環系、換気系、電気系及び計装制御系における磨耗	構造物、水循環系、換気系、電気系及び計装制御系における腐食	発電所周辺の大気汚染	絶縁低下
高圧注入による再循環炉心冷却	— (屋内)	— ④	— ④	— ④	— ④	— ②	— ④
格納容器スプレイによる再循環格納容器冷却	— (屋内)	— ④	— ④	— ④	— ④	— ②	— ④
格納容器内自然対流冷却による格納容器除熱(CCW冷却)	— (屋内)	— ④	— ④	— ④	— ④	— ②	— ④
蓄圧注入による炉心への注水	— (屋内)	— ④	— ④	— ④	— ④	— ②	— ④

○: 今回の火山灰ハザード(設計条件から変更ない項目)については、影響因子に対して問題とならない。

△: 層厚 25cm に対して評価し、問題とならないことを確認する。

—: 除外

(除外理由)

① 荷重の影響を受けにくい構造

③ 電源盤が盤内部に空気を取り込む機構を持たない、及び屋内に設置されている

② 腐食があっても、機能に有意な影響を受けにくい④ 影響因子と直接関連しない

第 3.1.4-7 表 外部電源喪失を起因事象とするシナリオに必要な機器の火山灰の影響検討表
(炉心(出力運転中):フロントライン系)(5/5)

影響因子	構造物への荷重	水循環系の閉塞	換気系、電気系及び計装制御系における閉塞	水循環系、換気系、電気系及び計装制御系における磨耗	構造物、水循環系、換気系、電気系及び計装制御系における腐食	発電所周辺の大気汚染	絶縁低下
影響緩和機能	大容量空冷式発電機からの給電	火山灰の影響により連続運転の可否判断が困難なためその作動を期待しない。					
	移動式大容量ポンプ車による補機冷却						
	常設電動注入ポンプによる炉心への注水	大容量空冷発電機からの給電がないので期待できない。					
	余熱除去ポンプによるブースティング(海水)	移動式大容量ポンプ車による補機冷却がないので期待できない。					
	高圧注入による再循環炉心冷却(海水)						
	格納容器内自然対流冷却による格納容器除熱(海水除熱)						

○: 今回の火山灰ハザード(設計条件から変更ない項目)については、影響因子に対して問題とならない。

△: 層厚 25cm に対して評価し、問題とならないことを確認する。

—: 除外

(除外理由)

- ① 荷重の影響を受けにくい構造
- ② 腐食があっても、機能に有意な影響を受けにくい
- ③ 電源盤が盤内部に空気を取り込む機構を持たない、及び屋内に設置されている
- ④ 影響因子と直接関連しない

第 3.1.4-7 表 外部電源喪失を起因事象とするシナリオに必要な機器の火山灰の影響検討表
(炉心(出力運転中):サポート系)(1/3)

影響因子 影響緩和機能	構造物への荷重	水循環系の閉塞	換気系、電気系及び計装制御系における閉塞	水循環系、換気系、電気系及び計装制御系における磨耗	構造物、水循環系、換気系、電気系及び計装制御系における腐食	発電所周辺の大気汚染	絶縁低下
6.6kV AC 電源	— (屋内)	— ④	— ④	— ④	— ②	— ④	— ④
440V AC 電源	— (屋内)	— ④	— ④	— ④	— ②	— ④	— ④
125V DC 電源	— (屋内)	— ④	— ④	— ④	— ②	— ④	— ④
115V AC 電源	— (屋内)	— ④	— ④	— ④	— ②	— ④	— ④
バッテリー	— (屋内)	— ④	— ④	— ④	— ②	— ④	— ④
移動式大容量ポンプ車	火山灰の影響により連続運転の可否判断が困難なためその作動を期待しない。						

○: 今回の火山灰ハザード(設計条件から変更ない項目)については、影響因子に対して問題とならない。

△: 層厚 25cm に対して評価し、問題とならないことを確認する。

—: 除外

(除外理由)

① 荷重の影響を受けにくい構造

③ 電源盤が盤内部に空気を取り込む機構を持たない、及び屋内に設置されている

② 腐食があっても、機能に有意な影響を受けにくい④ 影響因子と直接関連しない

第 3.1.4-7 表 外部電源喪失を起因事象とするシナリオに必要な機器の火山灰の影響検討表(出力運転中:サポート系)(2/3)

影響因子		建築物への荷重	水循環系の閉塞	換気系、電気系及び計装制御系における閉塞	水循環系、換気系、電気系及び計装制御系における磨耗	建築物、水循環系、換気系、電気系及び計装制御系における腐食	発電所周辺の大気汚染	絶縁低下
影響緩和機能								
原子炉補機冷却系		— (屋内)	○	— ④	○	○	— ④	— ④
海水系	海水ポンプ	△	○ ポンプ	○ モータ	○	○	— ④	— ③
	海水ストレーナ	△	○	— ④	○	○	— ④	— ④
	取水ピット	— ①	○	— ④	○	○	— ④	— ④
制御用空気系		— (屋内)	— ④	— ④	○	— ②	— ④	— ③
再循環切替		— (屋内)	— ④	— ④	— ④	— ④	— ④	— ④
燃料取替用水タンク		△	— ④	— ④	— ④	○	— ④	— ④

○: 今回の火山灰ハザード(設計条件から変更ない項目)については、影響因子に対して問題とならない。

△: 層厚 25cm に対して評価し、問題とならないことを確認する。 —: 除外

(除外理由)

① 荷重の影響を受けにくい構造

③ 電源盤が盤内部に空気を取り込む機構を持たない、及び屋内に設置されている

② 腐食があっても、機能に有意な影響を受けにくい④ 影響因子と直接関連しない

第 3.1.4-7 表 外部電源喪失を起因事象とするシナリオに必要な機器の火山灰の影響検討表
(炉心(出力運転中):サポート系)(3/3)

影響因子 影響緩和機能	建造物への荷重	水循環系の閉塞	換気系、電気系及び計装制御系における閉塞	水循環系、換気系、電気系及び計装制御系における磨耗	建造物、水循環系、換気系、電気系及び計装制御系における腐食	発電所周辺の大気汚染	絶縁低下
制御用空気圧縮機室換気系	－ (屋内)	－ ④	○ 給気を供給する設備を含む	－ ④	－ ②	○ 給気を供給する設備を含む	－ ④
電動補助給水ポンプ室換気系	－ (屋内)	－ ④	○ 給気を供給する設備を含む	－ ④	－ ②	○ 給気を供給する設備を含む	－ ④
タービン動補助給水ポンプ室空調系	－ (屋内)	－ ④	○ 給気を供給する設備を含む	－ ④	－ ②	○ 給気を供給する設備を含む	－ ④
ディーゼル発電機室換気系	－ (屋内)	－ ④	○ 給気を供給する設備を含む	－ ④	－ ②	○ 給気を供給する設備を含む	－ ④

○: 今回の火山灰ハザード(設計条件から変更ない項目)については、影響因子に対して問題とならない。

△: 層厚 25cm に対して評価し、問題とならないことを確認する。

－: 除外

(除外理由)

① 荷重の影響を受けにくい構造

③ 電源盤が盤内部に空気を取り込む機構を持たない、及び屋内に設置されている

② 腐食があっても、機能に有意な影響を受けにくい④ 影響因子と直接関連しない

第 3.1.4-8 表 外部電源喪失を起因事象とするシナリオに必要であり、かつ、火山灰により影響を受ける恐れのある機器の抽出結果及び火山灰の影響評価の観点(炉心(出力運転中))

機器		火山灰の影響評価の観点	機能※
フロントライン系	電動及びタービン 動補助給水による SG への給水(復水 タンク)	火山灰の静的荷重が構造物に与える影響を 確認する。	△
	大容量空冷式発 電機からの給電	火山灰の影響により、連続運転の可否判断が 困難なため期待しない。	×
	移動式大容量ポン プ車による補機冷 却	火山灰の影響により、連続運転の可否判断が 困難なため期待しない。	×
サポート系	海水系 海水ポンプ	火山灰の静的荷重による構造物の影響を確認 する。	△
	海水系 海水ストレーナ	火山灰の静的荷重による構造物の影響を確認 する。	△
	燃料取替用水タン ク	火山灰の静的荷重が構造物に与える影響を 確認する。	△

※○:機能に期待できる、×:機能に期待できない、△:火山灰の層厚次第では機能に期待できない。

第 3.1.4-9 表 影響緩和機器(フロントライン系とサポート系)の関連表(炉心(停止中))

影響緩和機能		フロントライン系												
		影響緩和機能	非常用所内電源からの給電	余熱除去系による冷却	充てん注入による炉心への注水	高圧注入による炉心への注水	常設電動注入ポンプによる炉心への注水	格納容器スプレイによる代替再循環炉心冷却	大容量空冷式発電機からの給電	常設電動注入ポンプによる炉心への注水	移動式大容量ポンプ車による補機冷却	低圧注入による再循環炉心冷却	格納容器内自然対流冷却による格納容器除熱(海水冷却)	
		設置場所 ¹⁾	D/G	A/B	A/B	A/B	A/B	A/B	屋外	A/B	屋外	A/B	A/B	
影響緩和機能	設置場所 ¹⁾													
6.6kV AC 電源	A/B		○	○	○	○	○	○	○					
440V AC 電源	A/B		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
125V DC 電源	A/B		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
115V AC 電源	A/B		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
バッテリー	A/B		○							○				
移動式大容量ポンプ車	屋外											○	○	
原子炉補機冷却系	A/B			○	○	○			○					
海水系	屋外		○	○	○	○			○					
再循環切替	A/B											○		
燃料取替用水タンク	A/B				○	○	○			○				
ディーゼル発電機室換気系	D/G		○											

○:フロントライン系の機能に必要なサポート系であることを示す

注 1) A/B: 補助建屋、C/V: 原子炉建屋、D/G: ディーゼル建屋、なお設置場所はそのシステムの主機が存在する場所を示す。

第 3.1.4-10 表 外部電源喪失を起因事象とするシナリオに必要な機器の火山灰の影響検討表
(炉心(停止中):フロントライン系)(1/2)

影響因子 影響緩和機能	構造物への荷重	水循環系の閉塞	換気系、電気系及び計装制御系における閉塞	水循環系、換気系、電気系及び計装制御系における磨耗	構造物、水循環系、換気系、電気系及び計装制御系における腐食	発電所周辺の大気汚染	絶縁低下
非常用所内電源からの給電	— (屋内)	○ 冷却器	○ 機関、消音器	○ 機関、冷却器	○ 機関、消音器、冷却器	— ④	— ③
余熱除去系による冷却	— (屋内)	— ④	— ④	— ④	— ④	— ②	— ④
充てん注入による炉心への注水	— (屋内)	— ④	— ④	— ④	— ④	— ④	— ④
高圧注入による炉心への注水	— (屋内)	— ④	— ④	— ④	— ④	— ②	— ④
常設電動注入ポンプによる炉心への注水	— (屋内)	— ④	— ④	— ④	— ④	— ②	— ④
格納容器スプレイによる代替再循環炉心冷却	— (屋内)	— ④	— ④	— ④	— ④	— ②	— ④

○: 今回の火山灰ハザード(設計条件から変更ない項目)については、影響因子に対して問題とならない。

△: 層厚 25cm に対して評価し、問題とならないことを確認する。

—: 除外

(除外理由)

① 荷重の影響を受けにくい構造

③ 電源盤が盤内部に空気を取り込む機構を持たない、及び屋内に設置されている

② 腐食があっても、機能に有意な影響を受けにくい④ 影響因子と直接関連しない

第 3.1.4-10 表 外部電源喪失を起因事象とするシナリオに必要な機器の火山灰の影響検討表
(炉心(停止中):フロントライン系)(2/2)

影響因子 影響緩和機能	建造物への荷重	水循環系の閉塞	換気系、電気系及び計装制御系における閉塞	水循環系、換気系、電気系及び計装制御系における磨耗	建造物、水循環系、換気系、電気系及び計装制御系における腐食	発電所周辺の大気汚染	絶縁低下
大容量空冷式発電機からの給電	火山灰の影響により連続運転の可否判断が困難なためその作動を期待しない。						
移動式大容量ポンプ車による補機冷却							
低圧注入による再循環炉心冷却	大容量空冷式発電機による給電及び移動式大容量ポンプ車による補機冷却がないので期待できない。						
格納容器内自然対流冷却による格納容器除熱(海水冷却)	移動式大容量ポンプ車による補機冷却がないので期待できない。						

○: 今回の火山灰ハザード(設計条件から変更ない項目)については、影響因子に対して問題とならない。

△: 層厚 25cm に対して評価し、問題とならないことを確認する。

—: 除外

(除外理由)

- ① 荷重の影響を受けにくい構造
- ② 腐食があっても、機能に有意な影響を受けにくい
- ③ 電源盤が盤内部に空気を取り込む機構を持たない、及び屋内に設置されている
- ④ 影響因子と直接関連しない

第 3.1.4-10 表 外部電源喪失を起因事象とするシナリオに必要な機器の火山灰の影響検討表(炉心(停止中):サポート系)(1/2)

影響因子 影響緩和機能	構造物への荷重	水循環系の閉塞	換気系、電気系及び計装制御系における閉塞	水循環系、換気系、電気系及び計装制御系における磨耗	構造物、水循環系、換気系、電気系及び計装制御系における腐食	発電所周辺の大気汚染	絶縁低下
6.6kV AC 電源	— (屋内)	— ④	— ④	— ④	— ②	— ④	— ④
440V AC 電源	— (屋内)	— ④	— ④	— ④	— ②	— ④	— ④
125V DC 電源	— (屋内)	— ④	— ④	— ④	— ②	— ④	— ④
115V AC 電源	— (屋内)	— ④	— ④	— ④	— ②	— ④	— ④
バッテリー	— (屋内)	— ④	— ④	— ④	— ②	— ④	— ④
移動式大容量ポンプ車	火山灰の影響により連続運転の可否判断が困難なためその作動を期待しない。						
原子炉補機冷却系	— (屋内)	○	— ④	○	○	— ④	— ④
再循環切替	— (屋内)	— ④	— ④	— ④	— ④	— ②	— ④

○: 今回の火山灰ハザード(設計条件から変更ない項目)については、影響因子に対して問題とならない。

△: 層厚 25cm に対して評価し、問題とならないことを確認する。

—: 除外

(除外理由)

① 荷重の影響を受けにくい構造

③ 電源盤が盤内部に空気を取り込む機構を持たない、及び屋内に設置されている

② 腐食があっても、機能に有意な影響を受けにくい④ 影響因子と直接関連しない

第 3.1.4-10 表 外部電源喪失を起因事象とするシナリオに必要な機器の火山灰の影響検討表(炉心(停止中):サポート系)(2/2)

影響因子		構造物への荷重	水循環系の閉塞	換気系、電気系及び計装制御系における閉塞	水循環系、換気系、電気系及び計装制御系における磨耗	構造物、水循環系、換気系、電気系及び計装制御系における腐食	発電所周辺の大気汚染	絶縁低下
影響緩和機能								
海水系	海水ポンプ	△	○ ポンプ	○ モータ	○	○	— ④	— ③
	海水ストレータ	△	○	— ④	○	○	— ④	— ④
	取水ピット	— ①	○	— ④	○	○	— ④	— ④
燃料取替用水タンク		△	— ④	— ④	— ④	○	— ④	— ④
ディーゼル発電機室換気系		— (屋内)	— ④	○ 給気を供給する設備を含む	— ④	— ②	○ 給気を供給する設備を含む	— ④

○: 今回の火山灰ハザード(設計条件から変更ない項目)については、影響因子に対して問題とならない。

△: 層厚 25cm に対して評価し、問題とならないことを確認する。

—: 除外

(除外理由)

① 荷重の影響を受けにくい構造

③ 電源盤が盤内部に空気を取り込む機構を持たない、及び屋内に設置されている

② 腐食があっても、機能に有意な影響を受けにくい④ 影響因子と直接関連しない

第 3.1.4-11 表 外部電源喪失を起因事象とするシナリオに必要であり、かつ、火山灰により影響を受ける恐れのある機器の抽出結果及び火山灰の影響評価の観点(炉心(停止中))

機器		火山灰の影響評価の観点	機能※	
サ ポ ー ト 系	海水系	海水ポンプ	火山灰の静的荷重による構造物の影響を確認する。	△
		海水ストレータ	火山灰の静的荷重による構造物の影響を確認する。	△
		燃料取替用水タンク	火山灰の静的荷重が構造物に与える影響を確認する。	△

※○:機能に期待できる、×:機能に期待できない、△:火山灰の層厚次第では機能に期待できない。

第 3.1.4-12 表 影響緩和機器（フロントライン系とサポート系）の関連表（SFP 内の使用済燃料）

			フロントライン系				
			影響緩和機能	非常用所内電源からの給電	SFP 冷却系による冷却	燃料取替用水ポンプによる注水	SFP 補給用水中ポンプによる海水注水
			設置場所 ^{注1)}	D/G	A/B	A/B	屋外
サポート系	影響緩和機能	設置場所 ^{注1)}					
	6.6kV AC 電源	A/B		○	○	○	
	440V AC 電源	A/B		○	○	○	
	125V DC 電源	A/B		○	○		
	115V AC 電源	A/B		○	○	○	
	バッテリー	A/B		○			
	原子炉補機冷却系	A/B			○		
	海水系	屋外		○	○		
	ディーゼル発電機室換気系	D/G		○			

○：フロントライン系の機能に必要なサポート系であることを示す

注 1) A/B: 補助建屋、C/V: 原子炉建屋、D/G: ディーゼル建屋、なお設置場所はそのシステムの主機が存在する場所を示す。

第 3.1.4-13 表 外部電源喪失を起因事象とするシナリオに必要な機器の火山灰の影響検討表
(SFP 内の使用済燃料:サポート系)(2/2)

影響因子		影響緩和機能	建造物への荷重	水循環系の閉塞	換気系、電気系及び計装制御系における閉塞	水循環系、換気系、電気系及び計装制御系における磨耗	建造物、水循環系、換気系、電気系及び計装制御系における腐食	発電所周辺の大気汚染	絶縁低下
影響因子	影響緩和機能								
海水系	海水ポンプ	△	○ ポンプ	○ モータ	○	○	— ④	— ③	
	海水ストレータ	△	○	— ④	○	○	— ④	— ④	
	取水ピット	— ①	○	— ④	○	○	— ④	— ④	
ディーゼル発電機室 換気系		— (屋内)	— ④	○ 給気を供給する 設備を含む	— ④	— ②	○ 給気を供給する 設備を含む	— ④	

○: 今回の火山灰ハザード(設計条件から変更ない項目)については、影響因子に対して問題とならない。

△: 層厚 25cm に対して評価し、問題とならないことを確認する。

—: 除外

(除外理由)

① 荷重の影響を受けにくい構造

③ 電源盤が盤内部に空気を取り込む機構を持たない、及び屋内に設置されている

② 腐食があっても、機能に有意な影響を受けにくい

④ 影響因子と直接関連しない

第 3.1.4-14 表 外部電源喪失を起因事象とするシナリオに必要であり、かつ、火山灰により影響を受ける恐れのある機器の抽出結果及び火山灰の影響評価の観点(SFP 内の使用済燃料)

機器		火山灰の影響評価の観点	機能※
ラインシステム	SFP 補給用水中ポンプによる海水注入	火山灰の影響により、連続運転の可否判断が困難なため期待しない。	×
サポート系	海水系 海水ポンプ	火山灰の静的荷重による構造物の影響を確認する。	△
	海水系 海水ストレナ	火山灰の静的荷重が構造物に与える影響を確認する。	△

※ ○:機能に期待できる、×:機能に期待できない、△:火山(降灰)の層厚次第では機能に期待できない。

第 3.1.4-15 表 火山灰層厚次第では機能に期待できない機器とその評価結果

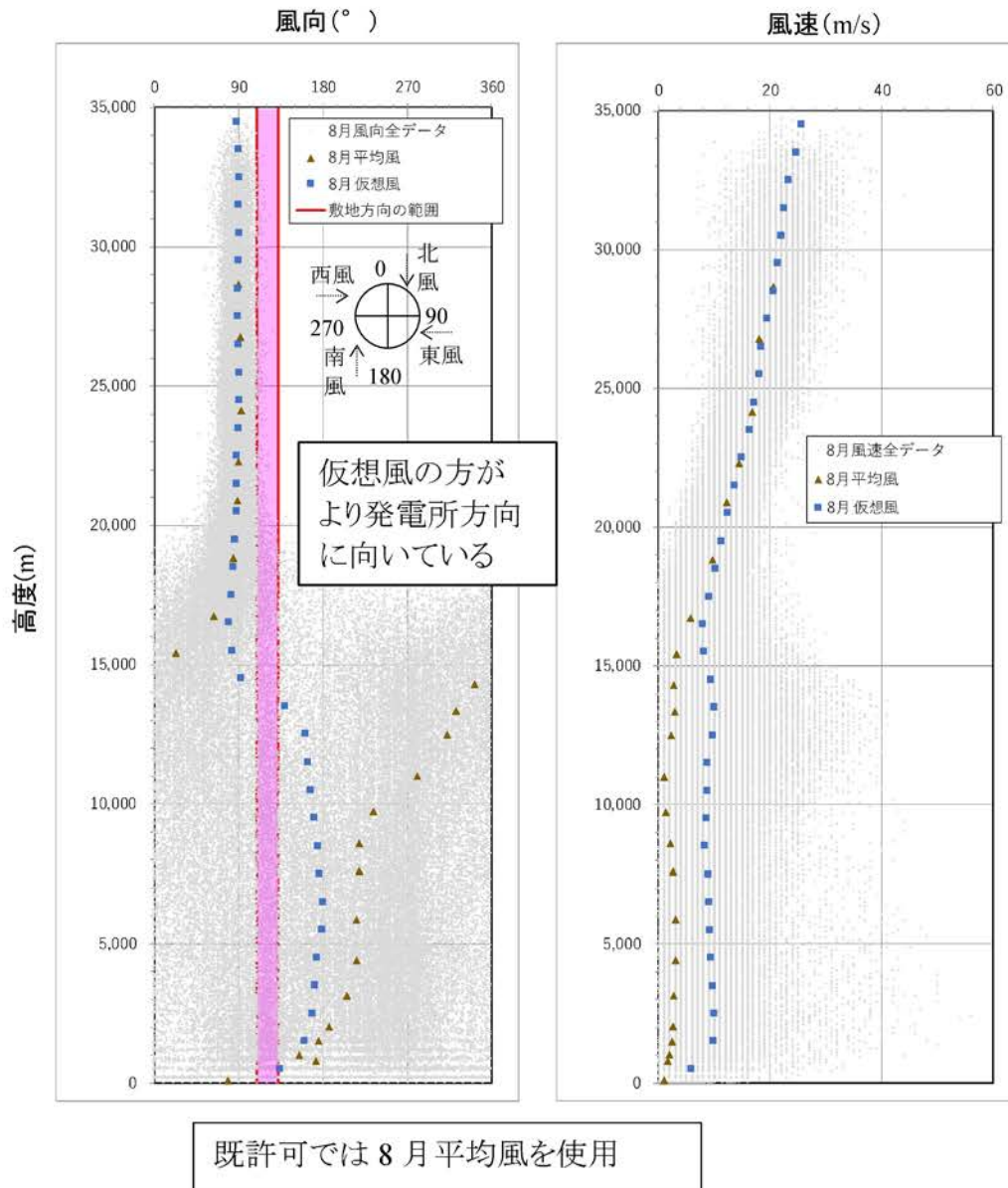
機器・建屋・構造物	火山灰層厚 25cm に対する裕度※	火山灰層厚 25cm に対する健全性評価結果
復水タンク	1.72	○
燃料取替用水タンク	1.11	○
海水ポンプ	31.3	○
海水ストレナ	24.0	○

※ (許容限界) ÷ (発生値)として計算。

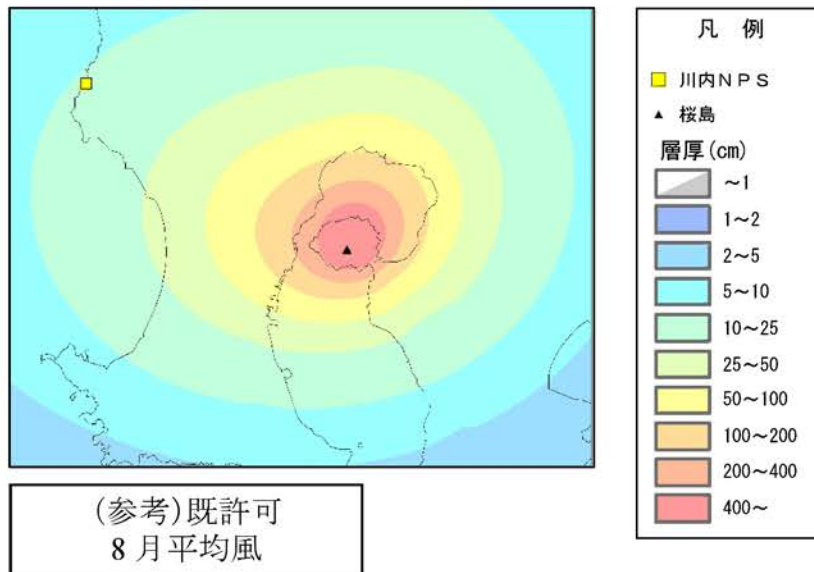
第 3.1.4-16 表 安全裕度評価により抽出された措置

追加措置	運用方針	期待される効果
燃料取替用水タンクの安全性向上工事※	変更なし	火山(降灰)に対して更なる安全裕度が確保できる。

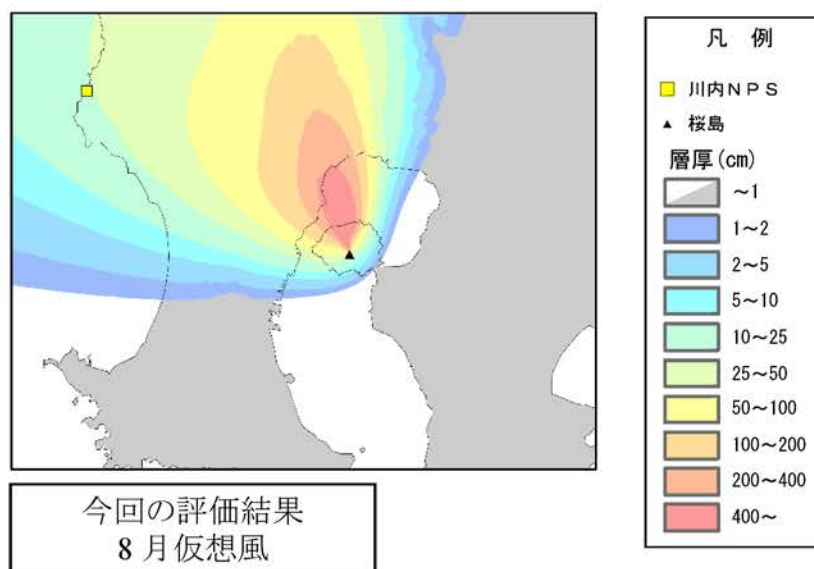
※ 燃料取替用水タンクの胴板上部形鋼と屋根板の溶接部の溶接線の脚長を伸ばすことにより、更なる裕度を確保する。



第 3.1.4-1 図 火山灰シミュレーションに用いた高度別風向・風速分布

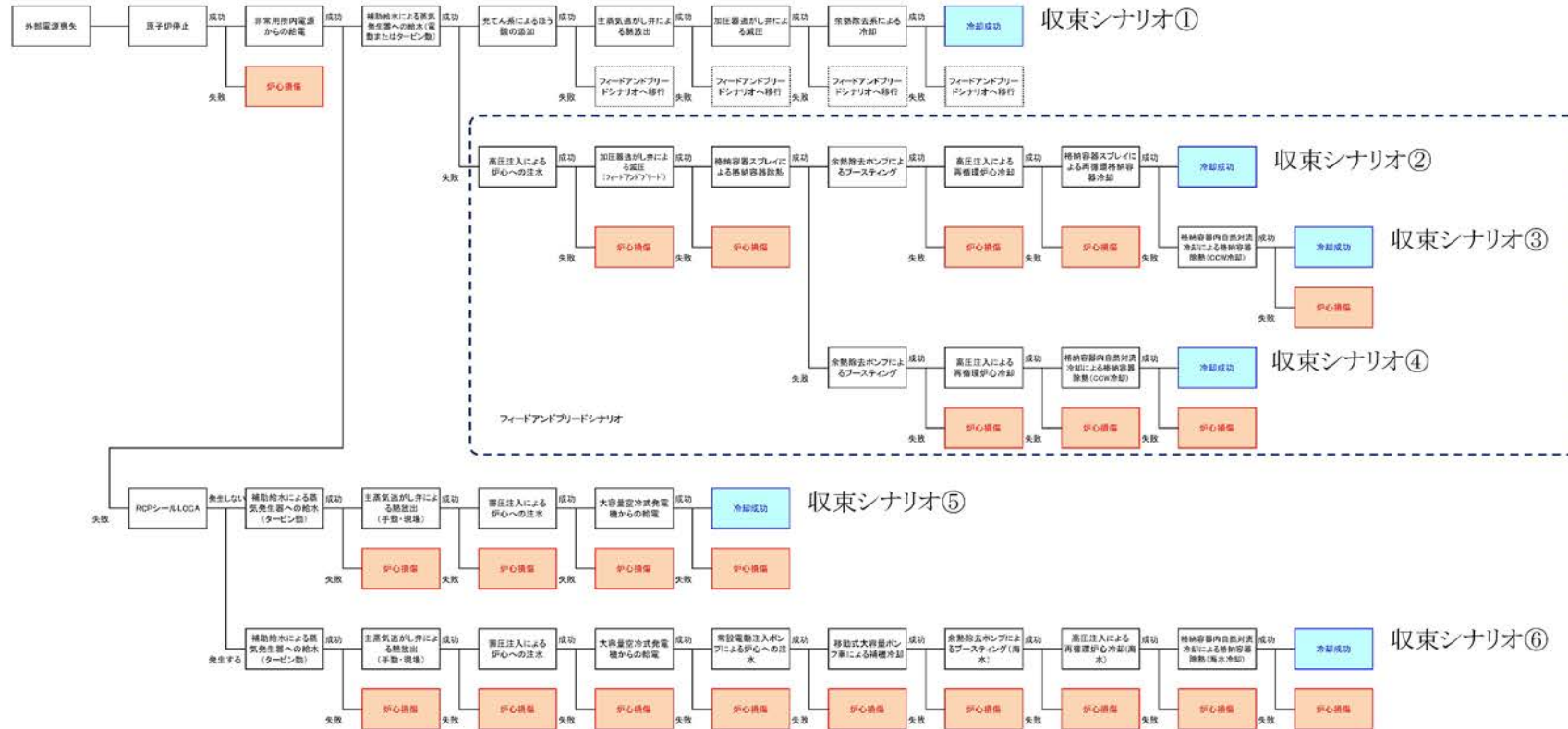


第 3.1.4-2 図 火山灰シミュレーション結果(既許可)

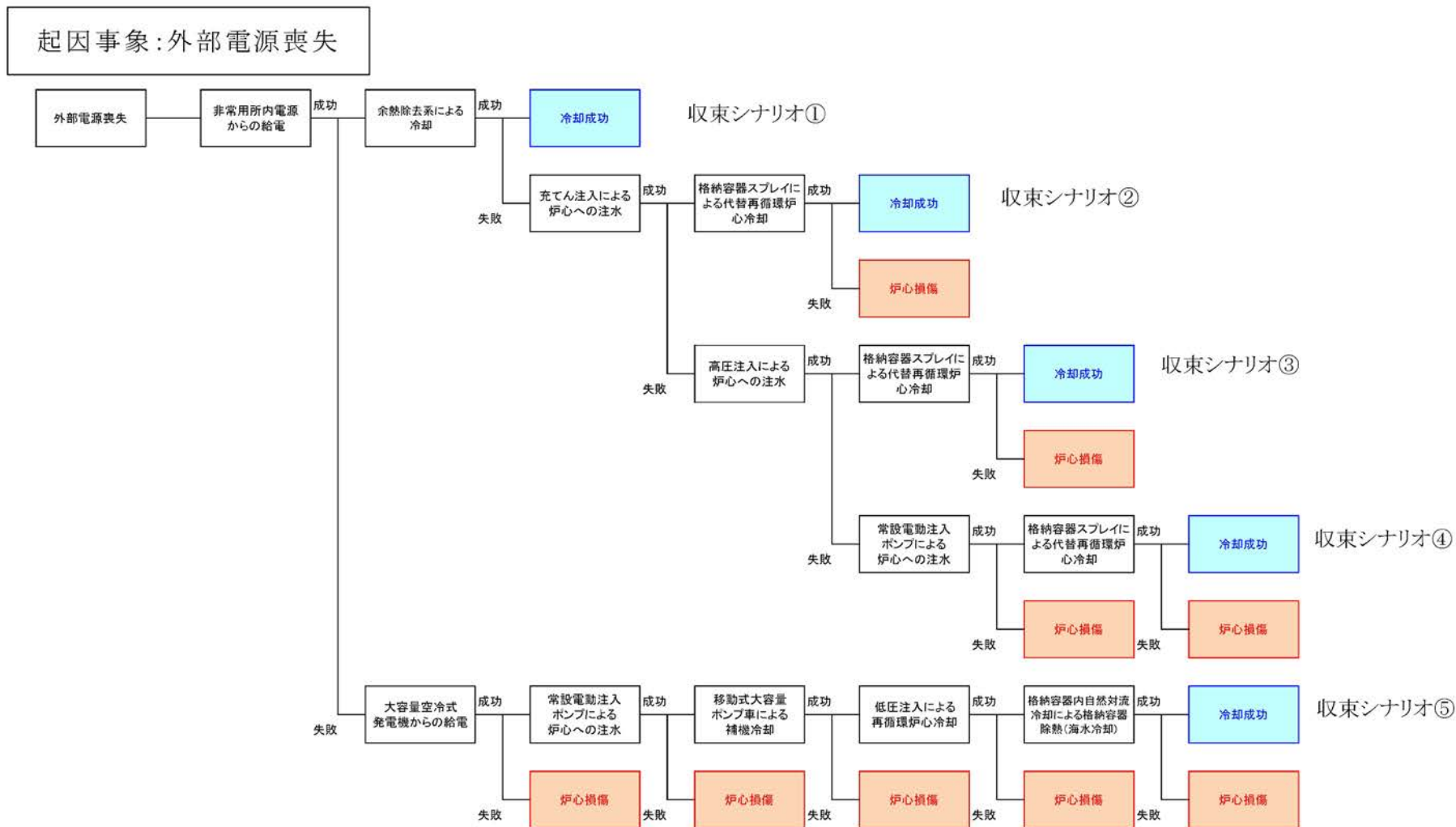


第 3.1.4-3 図 火山灰シミュレーション結果(仮想風)

起因事象:外部電源喪失

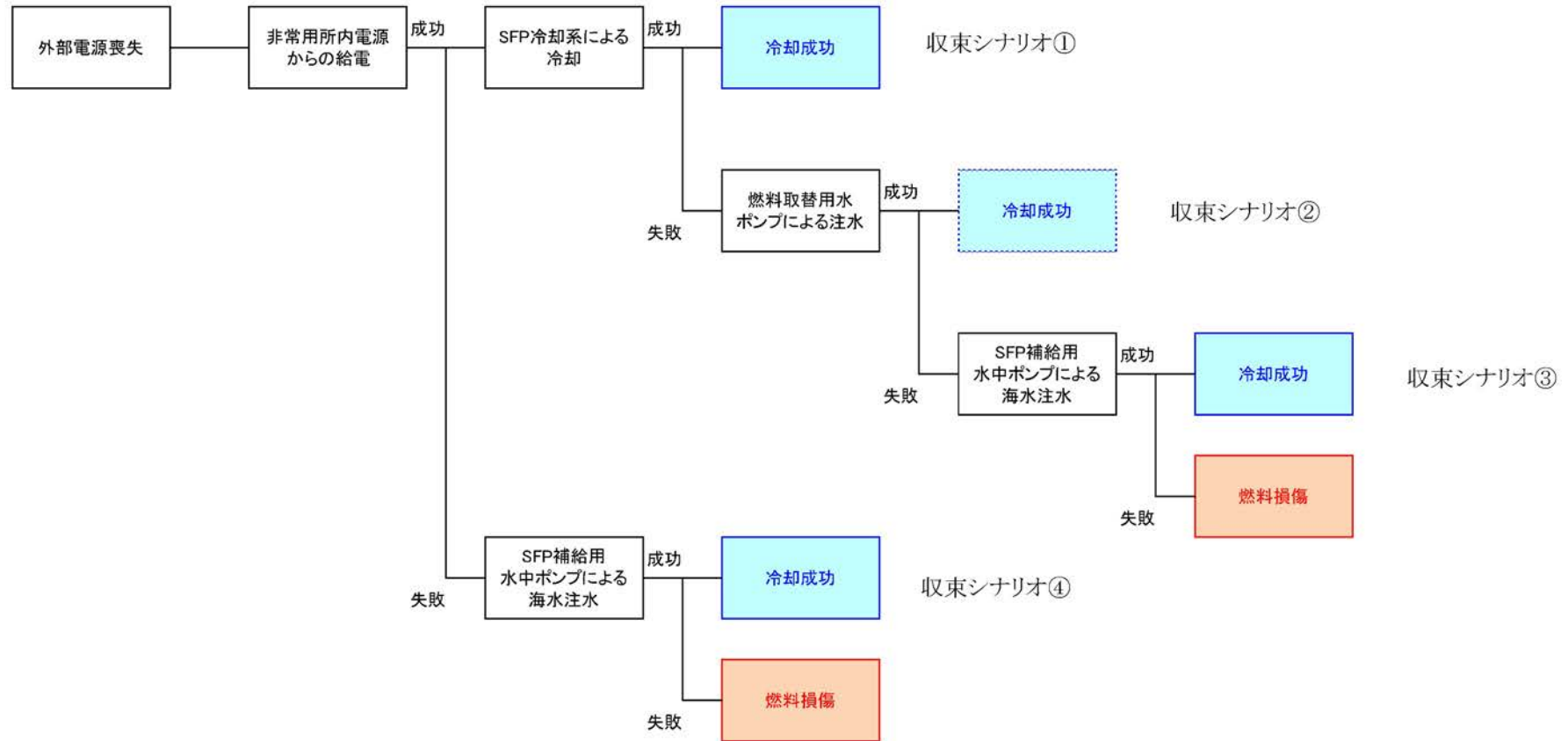


第 3.1.4-4 図 火山(降灰)評価における評価シナリオ(炉心(出力運転中))



第 3.1.4-5 図 火山(降灰)評価における評価シナリオ(炉心(停止中))

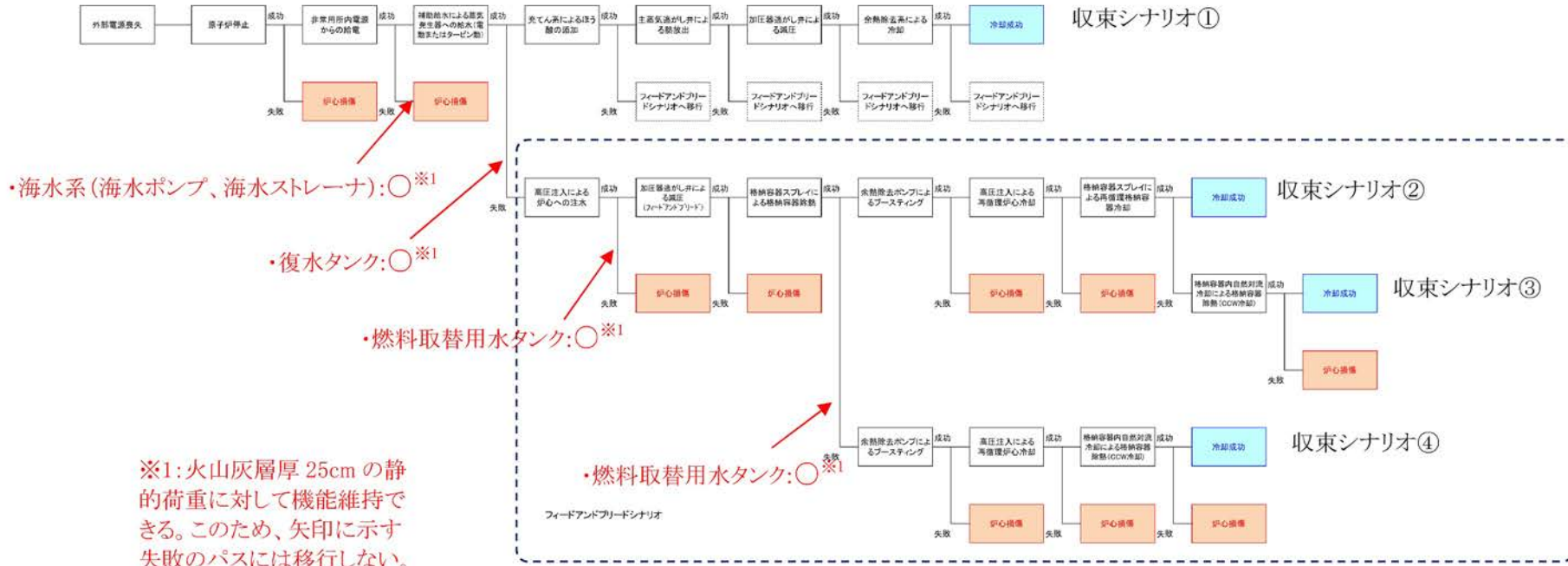
起因事象:外部電源喪失



3.1.4-55

第 3.1.4-6 図 火山(降灰)評価における評価シナリオ(SFP 内の使用済燃料)

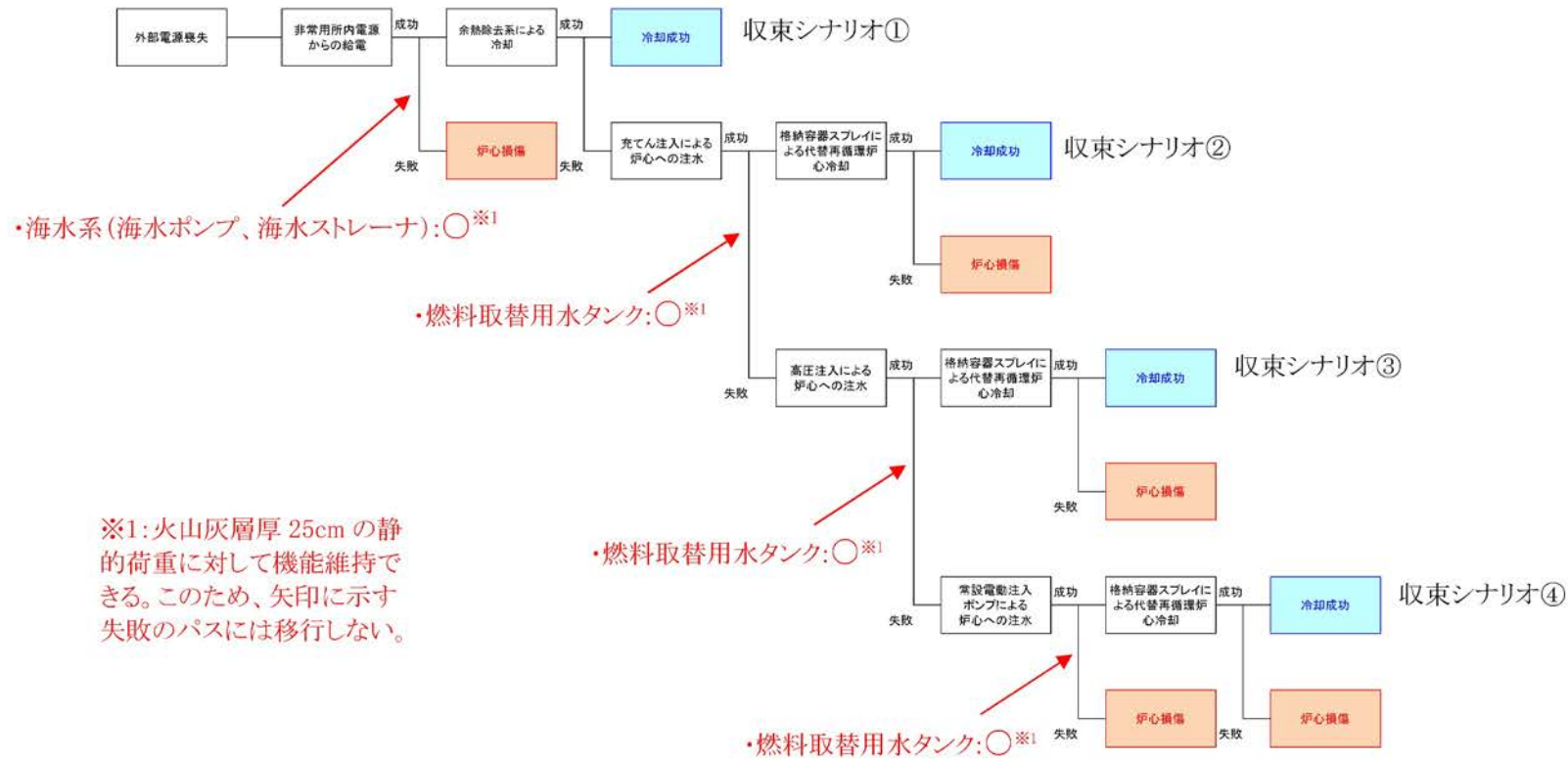
起因事象:外部電源喪失



3.1.4-56

第 3.1.4-7 図 各シナリオ及び火山灰層厚 25cm に対する評価結果(炉心(出力運転中))

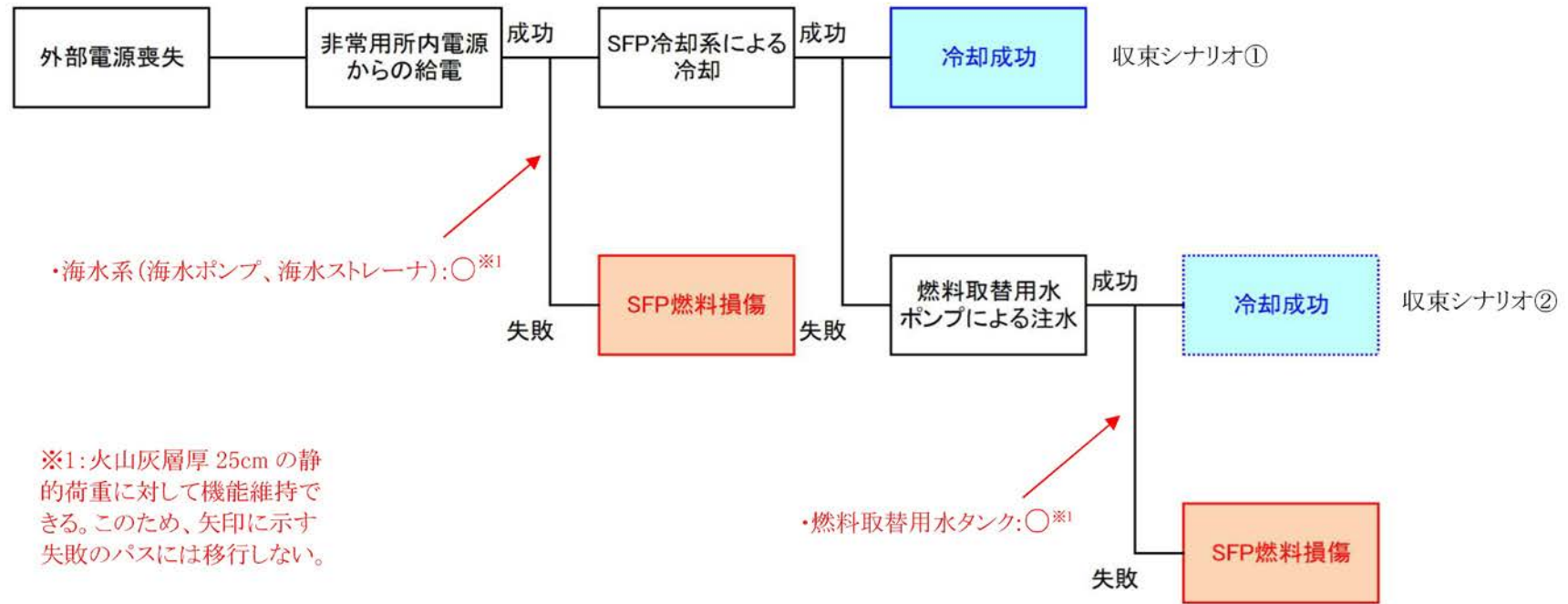
起因事象:外部電源喪失



※1:火山灰層厚 25cm の静的荷重に対して機能維持できる。このため、矢印に示す失敗のパスには移行しない。

第 3.1.4-8 図 各シナリオ及び火山灰層厚 25cm に対する評価結果(炉心(停止中))

起因事象:外部電源喪失



第 3.1.4-9 図 各シナリオ及び火山灰層厚 25cm に対する評価結果(SFP 内の使用済燃料)

3.2 安全性向上に係る活動の実施状況に関する中長期的な評価

安全性向上に係る活動の実施状況に関する中長期的な評価の実施に当たっては、IAEA特定安全ガイドNo.SSG-25「原子力発電所の定期安全レビュー」（以下「IAEA SSG-25」という。）に基づく評価を実施する。この評価を実効的に行うためには、新規制基準に基づく運転実績、運転経験を入力とすることが必要と考えており、現在、これらを蓄積しているところである。

このことから、評価を行うために必要かつ十分なデータが蓄積すると考えられる新規制基準への適合性審査合格後約5年が経過する、特定重大事故等対処施設の設置後の届出時にIAEA SSG-25に基づく評価を実施する。

それまでの期間は、「第2章 2.2.1 保安活動の実施状況」において、保安活動の実施状況調査及びその傾向分析を継続する。

【評価計画】

2018年度	2019年度	2020年度	2021年度以降
	★ 第2回 届出	第3回 ☆ 届出	評価の実施
		特定重大事故等 対処施設の設置 ▽	
			

★:実績、☆:予定