

関西電力(株)美浜3号炉、 高浜1～4号炉、大飯3, 4号炉の 大山生竹テフラの噴出規模見直しに係る 審査の概要 (案)

原子力規制庁

※ 本資料は、関西電力(株)美浜3号炉、高浜1～4号炉、大飯3, 4号炉の大山生竹テフラの噴出規模見直しに係る審査の概要の概要を分かりやすく表現することを目的としているため、技術的な厳密性よりもできる限り平易な記載としています。正確な審査内容及び審査結果については、審査書案をご参照ください。

目次

1. 審査の経緯	P.3
2. 火山事象の影響評価(降下火砕物)	P.5
3. 施設等への影響評価	P.6
(参考)		
・ 保安規定で定める火山影響等発生時の対策 (高濃度火山灰対策)への影響評価	P.11

1. 審査の経緯(1/2)

- 平成31年4月17日
 - 原子力規制委員会は、大山火山の大山生竹テフラ(以下「DNP」いう。)の噴出規模が11 km³程度と見込まれること、及び、上記噴出規模のDNPは本件発電用原子炉施設の火山影響評価において想定すべき自然現象であることを認定
- 令和元年5月29日
 - 原子力規制委員会は、上記の認定された事実に基づけば、降下火砕物の最大層厚の設定は、火山事象に係る「想定される自然現象」の設定として明らかに不相当(設置許可基準規則第6条第1項への不適合)であり、基本設計ないし基本的設計方針(以下「基本設計等」)を変更することを命ずる方針を決定
- 令和元年6月19日
 - 原子力規制委員会は、関西電力に対し、原子炉等規制法第43条の3の6第1項第4号の基準(設置許可基準規則で定める基準)に適合するように基本設計等を変更すべく、設置変更許可申請を行うよう命令を発出
- 令和元年9月26日
 - 関西電力から、本件発電用原子炉に係る設置変更許可申請書を受理

1. 審査の経緯(2/2)

- 令和元年10月15日～令和3年1月14日
 - 公開の審査会合を実施(計9回)

- 令和3年1月26日、令和3年2月26日
 - 関西電力から、本件発電用原子炉に係る設置変更許可申請書の補正を受理

- 審査として、以下の2項目を確認した。
 - (1) 火山影響評価(立地及び影響評価) ⇒ (対象:全プラント)
 - (2) 施設等への影響評価 ⇒ (対象:全プラント)

なお、審査の過程において、本件許可後に行われる設計及び工事の計画の認可申請等の対応方針を確認したところ、関西電力から、美浜3及び高浜1, 2については、最大層厚の変更後においても保安規定にて定める火山影響等発生時の対策に成立性があるため、保安規定の変更はしないとの見解が示された。そのため、参考として、以下の項目についても確認を行った。

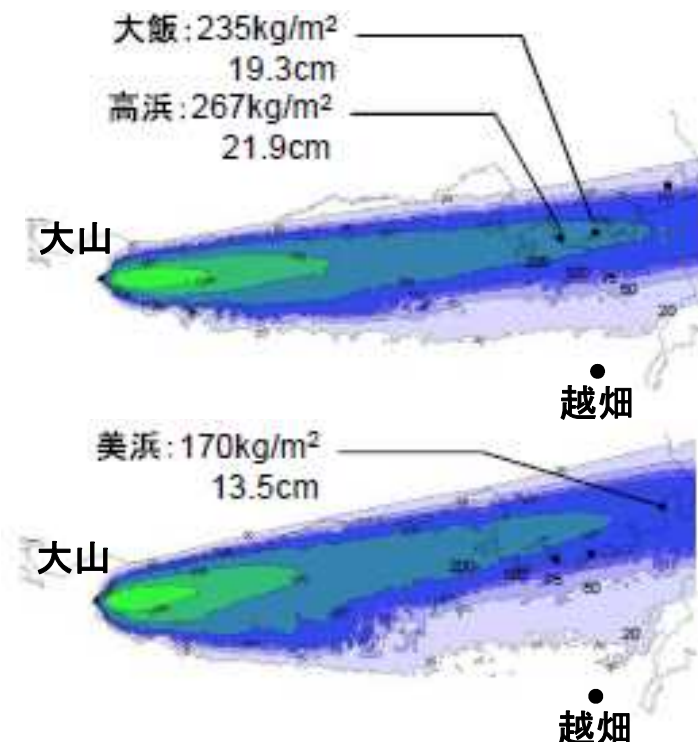
- ・ 保安規定で定める火山影響等発生時の対策(高濃度火山灰対策)への影響評価
⇒ (対象:美浜3及び高浜1, 2※)

※ 高浜3, 4及び大飯3, 4については、蒸気発生器補給用仮設中圧ポンプ用の電源車の設置位置を変更するため、保安規定の変更認可申請を行う予定。

2. 火山事象の影響評価(降下火砕物)

【要求事項】火山事象が発生した場合においても安全施設の安全機能が損なわれないように設計する。

【DNPの降下火砕物シミュレーション結果と各発電所までの距離】



(第868回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合資料(令和2年6月19日)に加筆<<https://www2.nsr.go.jp/data/000314644.pdf>>)

- 運用期間中に考慮すべき噴火規模は、DKP噴火以外の噴火の中で最大規模となるDNP噴火の可能性を想定して噴出量11km³規模の噴火を考慮し、移流拡散モデルを用いたシミュレーションを実施した結果、敷地における最大層厚は高浜発電所で21.9cm、大飯発電所で19.3cm、美浜発電所で13.5cmであった。
- 規制委員会は審査の過程において、原子力規制委員会(2018)に示された京都市越畑(こしはた)地点におけるDNPの実績層厚25cmと大山から越畑地点及び高浜、大飯、美浜の各発電所との距離関係を踏まえて、敷地において設計に用いる降下火砕物の最大層厚を再評価するように求めたところ、規制委員会の指摘を踏まえて、**降下火砕物の最大層厚**を申請時から、以下のように**見直し**した。

	大山からの距離 (km)	最大層厚(cm) (申請時) → (見直し後)
越畑	191.0	25
高浜発電所	179.2	25 → 27
大飯発電所	192.8	22 → 25
美浜発電所	222.9	15 → 22

※申請前の既許可の最大層厚は各発電所10cm

【審査結果】

- 降下火砕物の最大層厚等は、最新の文献調査及び地質調査結果を踏まえ、降下火砕物の分布状況、不確かさを考慮した降下火砕物シミュレーション結果及び京都市越畑地点におけるDNPの実績層厚と大山から各発電所までの距離の関係から総合的に評価し、適切に設定されていることから、妥当であると判断した。

3. 施設等への影響評価

(1) 概要

【要求事項】 降下火砕物に対して、安全施設の安全機能が損なわれないこと。

<申請者の説明概要>

- 降下火砕物の最大層厚の変更に対し、影響確認の対象となる項目を抽出、以下の項目の評価を行い、安全施設の安全機能が損なわれないことを確認した。
 - ① 施設を内包する建屋及び屋外施設に対する静的荷重の影響
 - ② 屋外との接続のある施設に対する閉塞の影響
 - ③ 降下火砕物の除去に対する影響
- 重大事故等対処施設(特定重大事故等対処施設を含む)についても、同様に建屋等に対する静的荷重の影響及び降下火砕物の除去に対する影響について評価を行い、必要な機能が損なわれないことを確認した。
- 以上から、降下火砕物の最大層厚の変更を除き、基本設計等の変更は不要。

【審査結果】

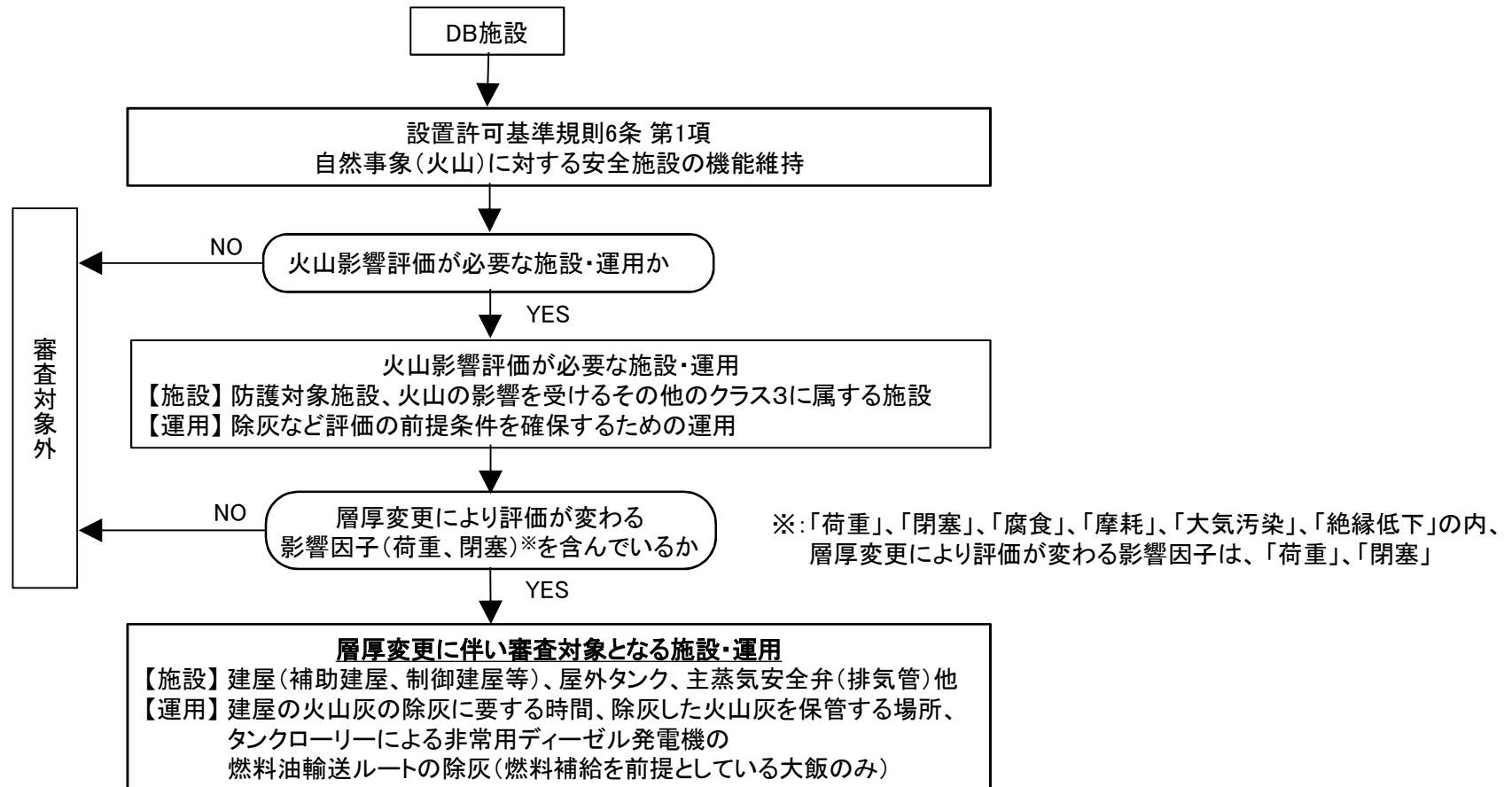
- 降下火砕物の最大層厚の変更後も、それ以外の基本設計等に技術的成立性があることから、降下火砕物の最大層厚以外の基本設計等を変更しないとの申請者の方針は妥当であると判断した。

3. 施設等への影響評価

(2) 基本設計等の技術的成立性の確認(1/4)

- 申請者は、降下火砕物の層厚変更に伴い、影響確認の対象項目を抽出している。
(評価が変わる影響因子は「荷重」及び「閉塞」。)

◆ 設計基準対象施設のうち審査対象となる施設・運用の抽出フロー



3. 施設等への影響評価

(2) 基本設計等の技術的成立性の確認(2/4)

- 申請者は、降下火砕物の層厚変更の影響がある以下の項目について、降下火砕物の最大層厚基本設計等の技術的成立性があるとの検討結果を示している。

① 施設を内包する建屋及び屋外施設に対する静的荷重の影響

- 降下火砕物の堆積荷重※の影響について、荷重等による簡易評価を行い、発生値が許容限界を下回ることから、構造健全性は維持されるとの結果が得られた。

※ 積雪による荷重の組合せを含む、以下同じ

◆ 建屋の静的荷重評価結果(美浜3の例)

建屋	発生値※	許容値※	裕度	構造健全性
外部しゃへい建屋	軸力 482 kN/m	許容軸力 1,780 kN/m	3.69	○
原子炉補助建屋	曲げモーメント 277 kN・m	許容曲げモーメント 462 kN・m	1.67	○
燃料取扱建屋	曲げモーメント 271 kN・m	許容曲げモーメント 302 kN・m	1.11	○
中間建屋	曲げモーメント 859 kN・m	許容曲げモーメント 1,460 kN・m	1.70	○
ディーゼル建屋	曲げモーメント 667 kN・m	許容曲げモーメント 1,250 kN・m	1.87	○
制御建屋	曲げモーメント 1,710 kN・m	許容曲げモーメント 2,690 kN・m	1.57	○

※許容値に対して発生値の割合が最も大きくなる評価項目について計算している。

3. 施設等への影響評価

(2) 基本設計等の技術的成立性の確認(3/4)

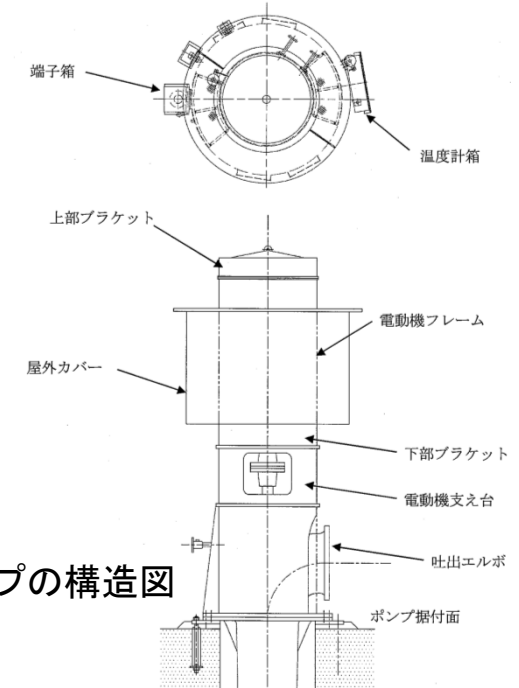
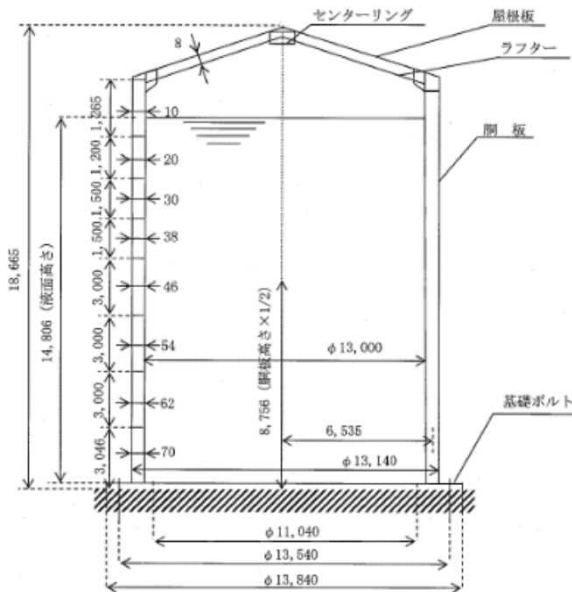
① 施設を内包する建屋及び屋外施設に対する静的荷重の影響(続き)

◆ 屋外タンクの静的荷重評価結果(美浜3の例)

建物	発生応力 (計算値)	許容応力	裕度※	構造 健全性
復水タンク	287 MPa	340 MPa	1.18	○
燃料取替用水タンク	253 MPa	259 MPa	1.02	○

※ 許容応力/発生応力

◆ 燃料取替用水タンクの構造図



◆ 海水ポンプの構造図

◆ 海水ポンプの静的荷重評価(美浜3の例)

構築物	モータフレーム に生じる応力	算定応力	許容応力	裕度※	構造 健全性
海水ポンプ	曲げ応力	16 MPa	282 MPa	17	○
	圧縮応力	8 MPa	244 MPa	30	○

※ 許容応力/算定応力

3. 施設等への影響評価

(2) 基本設計等の技術的成立性の確認(4/4)

② 屋外との接続のある施設に対する閉塞の影響

- 主蒸気逃がし弁等に対する閉塞の影響について、堆積荷重及び噴出力の評価を行い、出口配管内へ降下火砕物が侵入・堆積した場合も、堆積荷重と比較して噴出力が十分に大きく閉塞は生じず、機能が維持されるとの結果が得られた。

③ 降下火砕物の除去に対する影響

- 建屋の屋根部、屋外タンク等からの降下火砕物の除去に対する影響について、堆積量から作業量及び作業時間の評価を行い、30日以内の除去が可能、かつ、降下火砕物の保管場所は十分な容量があるとの結果が得られた。
- 外部電源の喪失(7日間)を想定した場合における、タンクローリーによる非常用ディーゼル発電機の燃料輸送に対する影響について、アクセスルートの復旧時間の評価を行い、燃料輸送が必要となる3日に対し十分な時間余裕があり、燃料輸送は可能との結果が得られた。(大飯3, 4)

※ 美浜3及び高浜1～4は燃料油貯蔵タンク等の容量により7日間の電力供給が可能であり、タンクローリーによる燃料輸送は不要。

■ 降下火砕物の最大層厚の変更後も、それ以外の基本設計等に技術的成立性があることを確認した。

(参考)保安規定で定める火山影響等発生時の対策 (高濃度火山灰対策)への影響評価

- 審査の過程において、本件許可後に行われる設計及び工事の計画の認可申請等の対応方針を確認したところ、申請者は、美浜3及び高浜1, 2※について、保安規定に定める火山事象による影響が発生し、又は発生するおそれがある場合における発電用原子炉施設の保全に関する措置について、降下火砕物の最大層厚の変更後においても当該措置に技術的成立性があるため、保安規定の変更はしないとの見解を示した。
※ 高浜3, 4及び大飯3, 4は、蒸気発生器補給用仮設中圧ポンプ用の電源車の設置位置を変更することから、別途、保安規定変更認可申請を行う予定。
- このため、実用炉規則第83条第1号ロに掲げる対策について、降下火砕物の最大層厚の変更によって影響を受ける項目を整理した上で、それらの技術的成立性を詳細に説明するよう求めた。
- 審査の結果、次に掲げる事項を確認できたことから、現行の保安規定に定める措置により、降下火砕物の最大層厚の変更後においても発電用原子炉施設の保全のために必要な活動を行うことが可能であり、保安規定を変更しないとの申請者の方針は妥当であると判断した。

(参考)保安規定で定める火山影響等発生時の対策 (高濃度火山灰対策)への影響評価

(2) 非常用ディーゼル発電機の改良型フィルタ取替運用に対する影響 (1/2)

フィルタ性能試験に基づく基準捕集容量の設定

- ・ 降下火砕物の最大層厚から推定した気中降下火砕物濃度に基づき、フィルタ性能試験を実施。
- ・ フィルタ性能試験で求めた最大捕集容量を踏まえ、取替のための基準捕集容量と取替時間を再設定

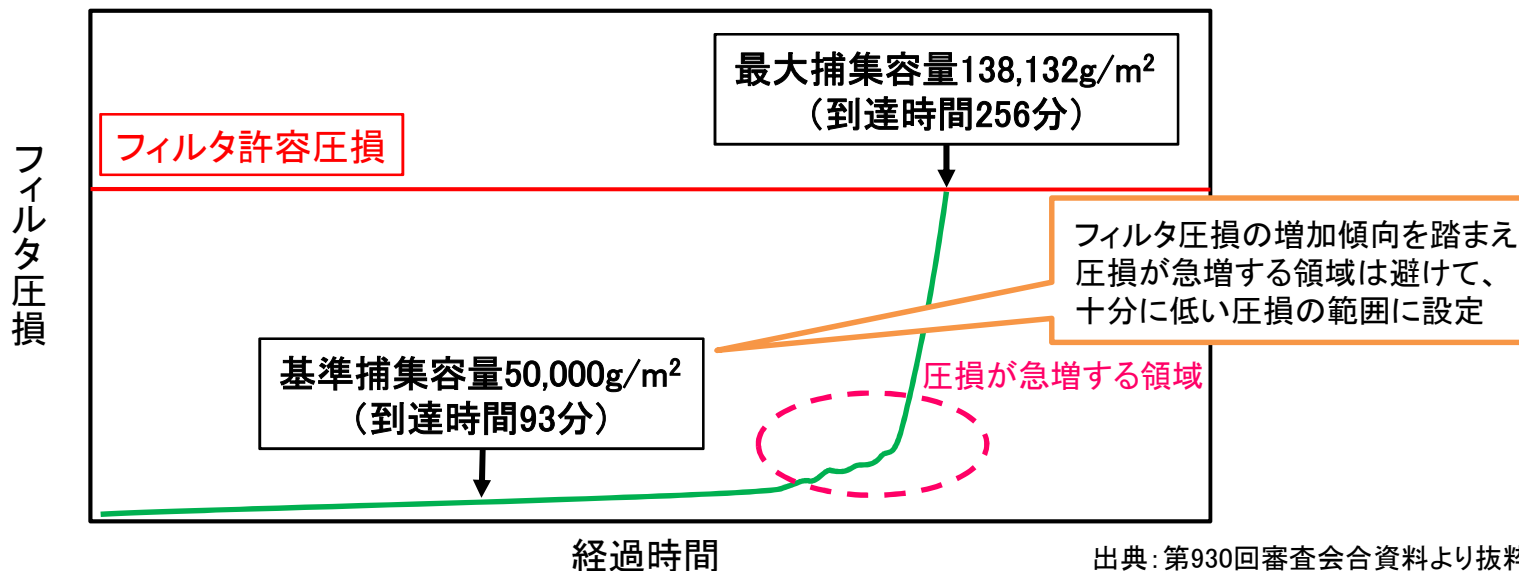
◆ 最大捕集容量と基準捕集容量の設定

プラント	試験濃度	最大捕集容量	基準捕集容量	取替時間
美浜3	3.91g/m ³ (※1)	138,132g/m ² (256分)	50,000 g/m ² (93分相当(※2))	90分 (←130分)
高浜1, 2	3.78g/m ³ (※1)	405,314g/m ² (777分)	250,000 g/m ² (479分相当(※2))	450分 (←650分)

※1 層厚変更前(10cm)の気中降下火砕物濃度は、美浜3は1.75g/m³、高浜1, 2は1.4g/m³

※2 層厚変更前の評価では、美浜3は137分、高浜1, 2は828分

◆ フィルタ性能試験結果と基準捕集量の関係(イメージ)



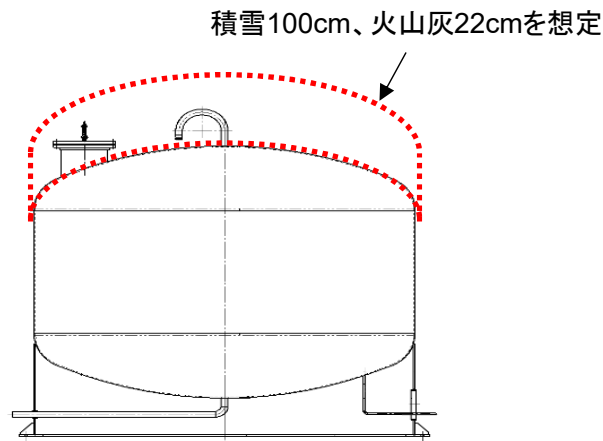
(参考)保安規定で定める火山影響等発生時の対策 (高濃度火山灰対策)への影響評価

(3) 火山影響等発生時の対策に使用する屋外施設に対する静的荷重の影響

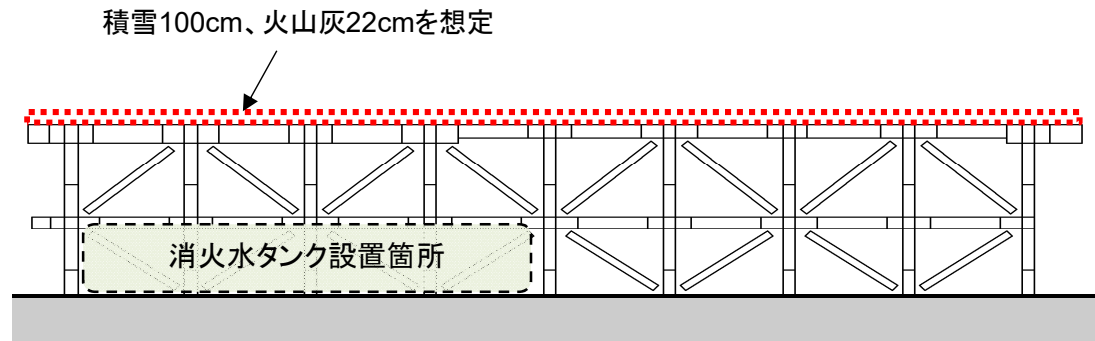
消火水タンクを用いた手順

火山影響等発生時に、電動補助給水ポンプ、タービン動補助給水ポンプ又は蒸気発生器補給用仮設中圧ポンプ(電動)を用いて復水タンクから蒸気発生器に注水し1次系の冷却を行うが、さらに消火水タンクから復水タンクへ補給を行うことにより継続的な注水が可能となる。

消火水タンク(美浜3号機)



構台(美浜3号機)



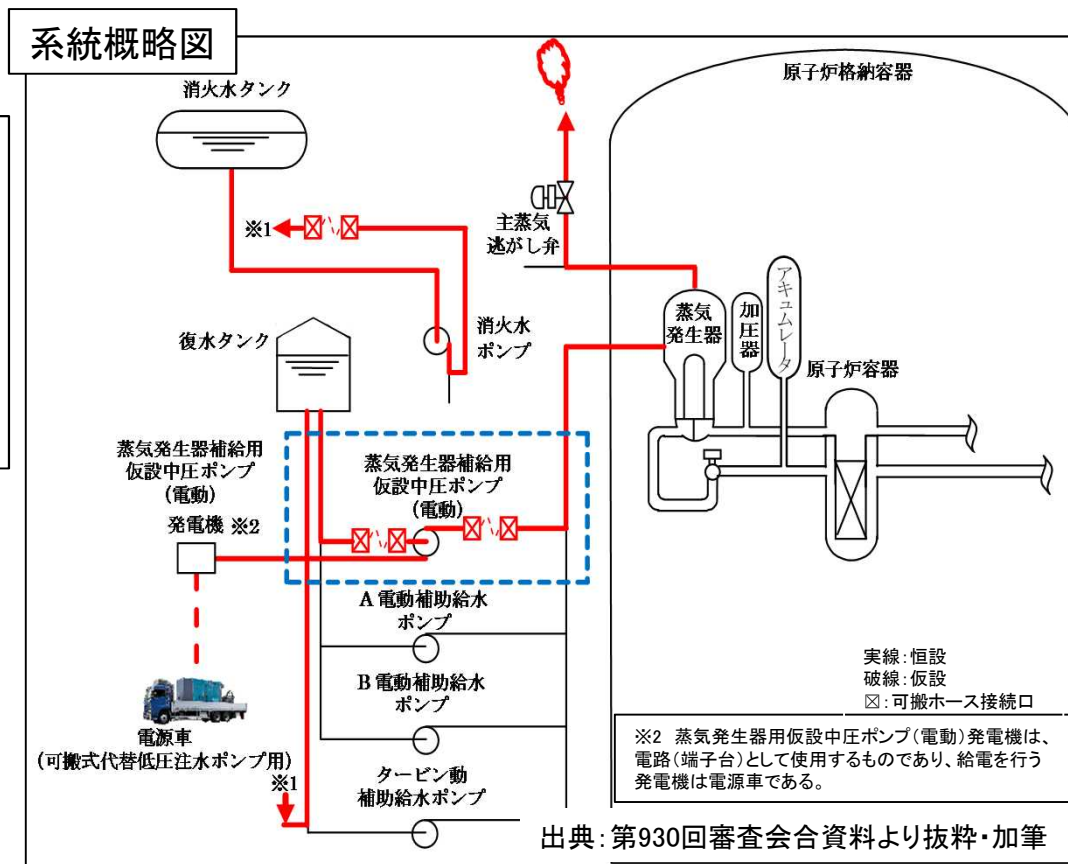
- 消火水タンク及びその上部に設置された構台(美浜3のみ)に対する降下火砕物の堆積荷重の影響について、荷重による評価を行い、構造健全性は確保されたとの評価結果が得られた。

(参考)保安規定で定める火山影響等発生時の対策 (高濃度火山灰対策)への影響評価

(4) 蒸気発生器補給用仮設中圧ポンプを用いた蒸気発生器への注水による 炉心冷却への影響(1/3)

蒸気発生器(SG)補給用仮設中圧ポンプを用いた蒸気発生器への注水

交流動力電源が喪失した場合における炉心の著しい損傷を防止するための対策として、電源車を動力源としたSG補給用仮設中圧ポンプ(電動)により、SG2次側へ注水することにより炉心を冷却する。

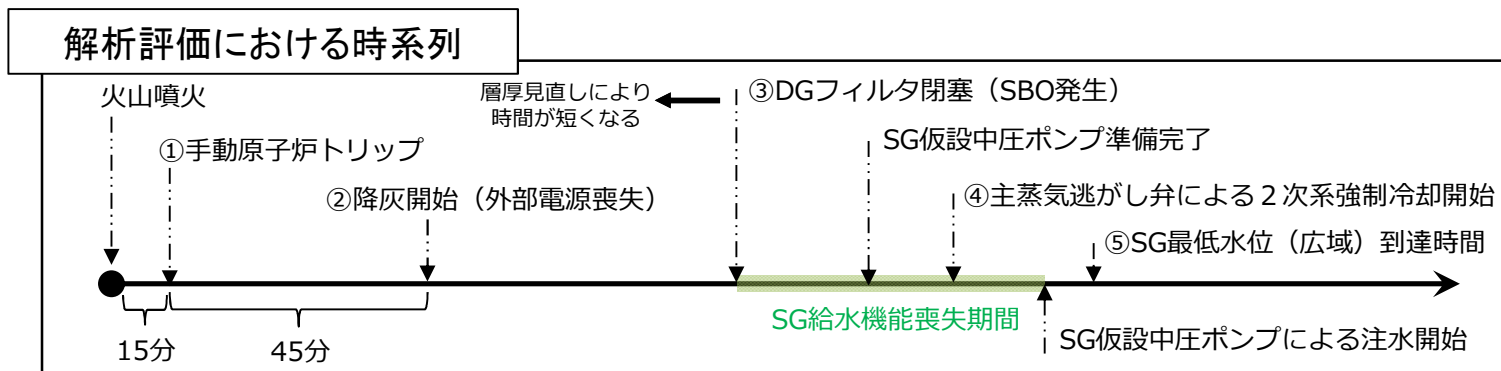


➤ 非常用ディーゼル発電機の改良型フィルタの取替ができないと仮定した場合、フィルタの閉塞までの想定時間が短くなり、電動補助給水ポンプの機能喪失が早まるものの、以下の事項から継続的な炉心冷却は可能との評価結果が得られた。

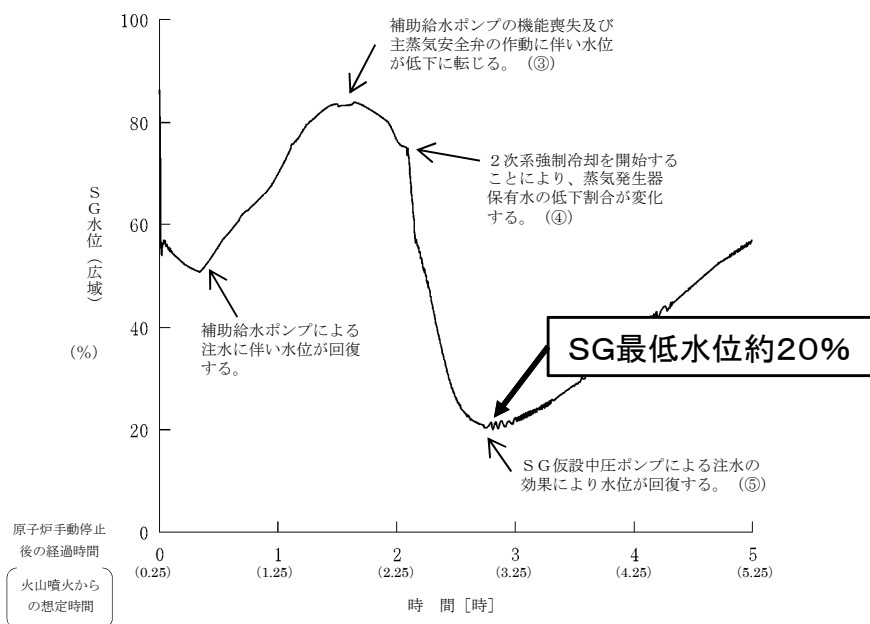
- ① SG補給用仮設中圧ポンプでの注水によりSG2次側保有水が確保されること
- ② 1次系の保有水が確保されること
- ③ ①、②により、主蒸気逃がし弁による2次系強制冷却で1次系の自然循環冷却が維持されること

(参考)保安規定で定める火山影響等発生時の対策 (高濃度火山灰対策)への影響評価

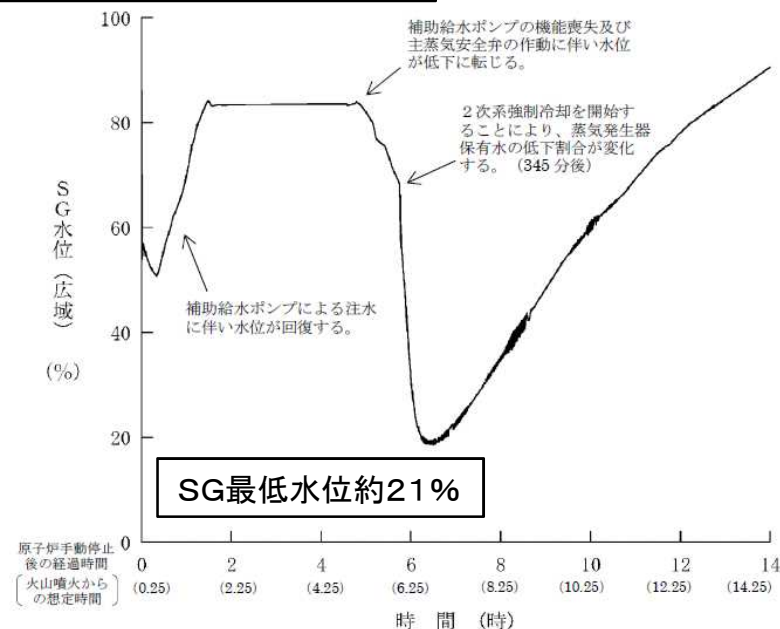
(4) 蒸気発生器補給用仮設中圧ポンプを用いた蒸気発生器への注水による 炉心冷却への影響(2/3)



SG水位(広域) [美浜3]



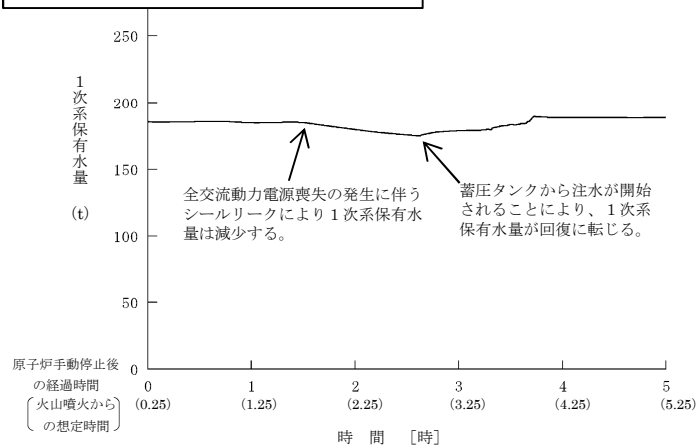
SG水位(広域) [高浜1, 2]



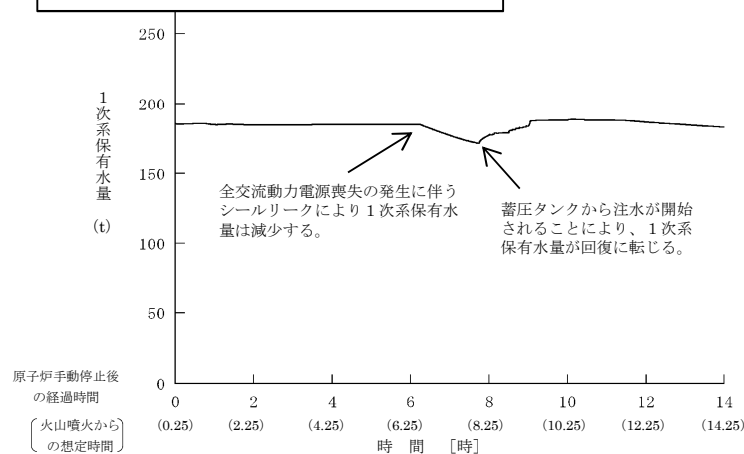
(参考)保安規定で定める火山影響等発生時の対策 (高濃度火山灰対策)への影響評価

(4) 蒸気発生器補給用仮設中圧ポンプを用いた蒸気発生器への注水による炉心冷却への影響(3/3)

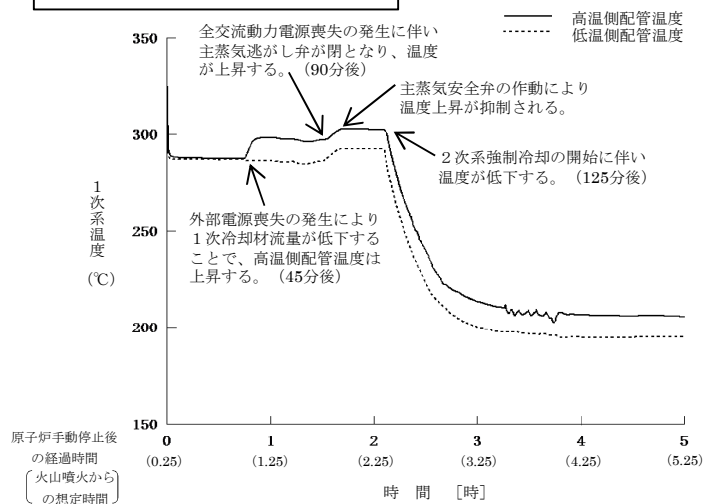
1次系保有水量[美浜3]



1次系保有水量[高浜1, 2]



1次系温度[美浜3]



1次系温度[高浜1, 2]

