

柏崎刈羽原子力発電所保安規定審査資料	
資料番号	TS-78 (改訂1)
提出年月日	令和2年5月20日

柏崎刈羽原子力発電所7号炉

高濃度火山灰対応について

令和2年5月

東京電力ホールディングス株式会社

枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません

高濃度火山灰対応について

< 目次 >

- 資料1 柏崎刈羽原子力発電所7号炉 実用炉規則第八十四条の二[※]に係る対応
の概要
- 資料2 火山影響等発生時における発電用原子炉施設の保全のための活動を行
う体制の整備について
- 資料3 非常用ディーゼル発電機への改良型フィルタ設置について
- 資料4 降下火砕物に対して評価すべき施設の抽出

※令和2年1月23日の実用炉規則改訂により
下記の通り読み替える。

第八十四条の二→第八十三条

五号イ→1号 ロ(1)

五号ロ→1号 ロ(2)

五号ハ→1号 ロ(3)

六号→四号

柏崎刈羽原子力発電所 7号炉 实用炉規則第八十四条の二※に係る対応の概要



※令和2年1月23日の实用炉規則改訂により下記の通り読み替える。

第八十四条の二→第八十三条

五号イ→1号 □ (1)

3 五号ロ→1号 □ (2)

五号ハ→1号 □ (3)

六号→四号

1. 概要（全体方針）

柏崎刈羽原子力発電所第7号炉の実用炉規則第八十四条の二に係る対応について概要を説明する。

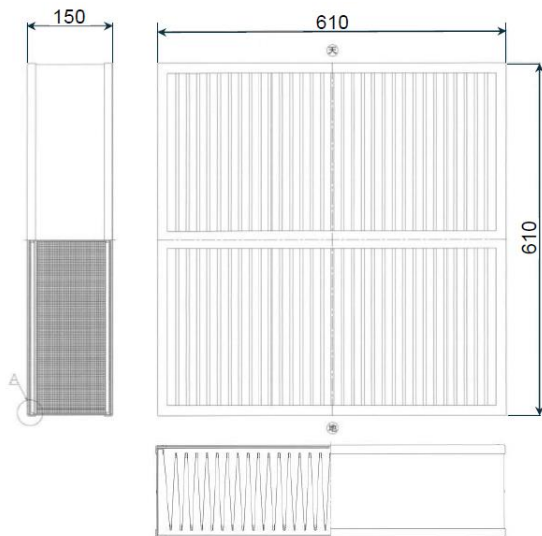
表1. 実用炉規則第八十四条の二 五号イ、ロ、ハ及び六号の対応について

	要求事項	対応方針
五号 イ →スライド3P	火山影響等発生時における非常用交流動力電源設備の機能を維持するための対策に関すること。	非常用ディーゼル発電機のA系及びB系の吸気ラインに改良型フィルタを取り付け、2台運転を行う。
五号 ロ →スライド4P	イに掲げるもののほか、火山影響等発生時における代替電源設備その他の炉心を冷却するために必要な設備の機能を維持するための対策に関すること。	高圧代替注水系ポンプを使用し、原子炉圧力容器内へ注水することにより炉心の冷却を行う。
五号 ハ →スライド5P	ロに掲げるもののほか、火山影響等発生時に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に関すること。	原子炉隔離時冷却系ポンプを使用し、原子炉圧力容器内へ注水することにより炉心の冷却を行う。
六号 →スライド6P	前各号に掲げるもののほか、火山影響等発生時における発電用原子炉施設の保全のための活動を行うために必要な体制を整備すること。	緊急時対策所の居住性確保、通信連絡設備の機能確保のための手順を整備する。

2-1.五号イの対応方針について

火山灰による既設フィルタの閉塞を防止するため、降灰開始前までに非常用ディーゼル発電機の給気ラインに改良型フィルタを設置する。

フィルタ設置から24時間は、降灰によって閉塞しないことをモックアップ試験によって確認済み。



重量：12kg
枚数：44枚×2系統

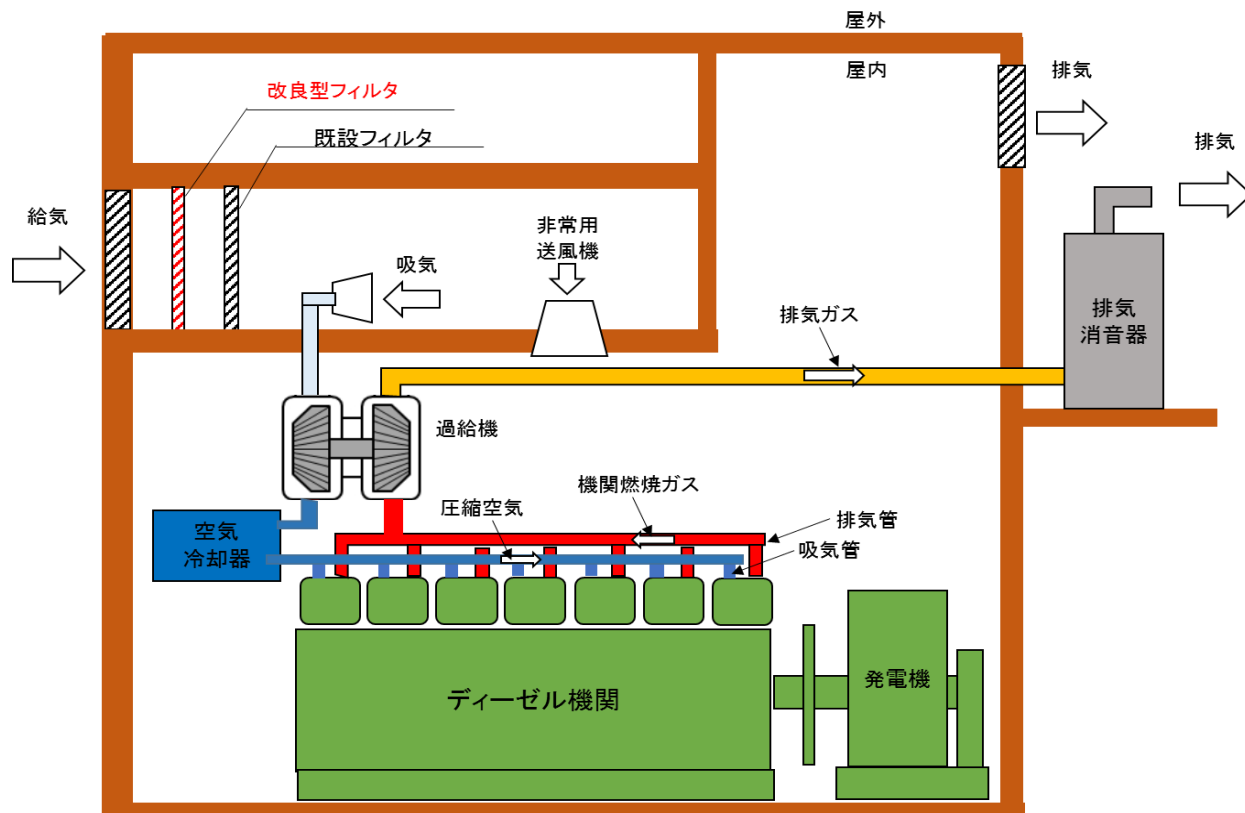


図2-1. フィルタ外形図 及び非常用ディーゼル発電機の給気ライン概略図

2-2.五号口の対応方針について

全交流動力電源喪失かつ原子炉隔離時冷却系喪失となった場合は、高圧代替注水系（タービン駆動の常設施設）により炉心冷却を実施する。

上記施設は降灰に対して強度を有する建屋内に設置された常設施設であり、中央制御室内の操作により容易な起動が可能である。当該の対応は、有効性評価（SBO+RCIC喪失）において炉心冷却を24時間継続できることを確認している。また、必要注水量は復水貯蔵槽の貯水量によって確保されている。

なお、全交流動力電源喪失時においては、残留熱除去系の機能喪失により格納容器圧力が上昇するため、約16時間で格納容器ベントを実施する必要がある。

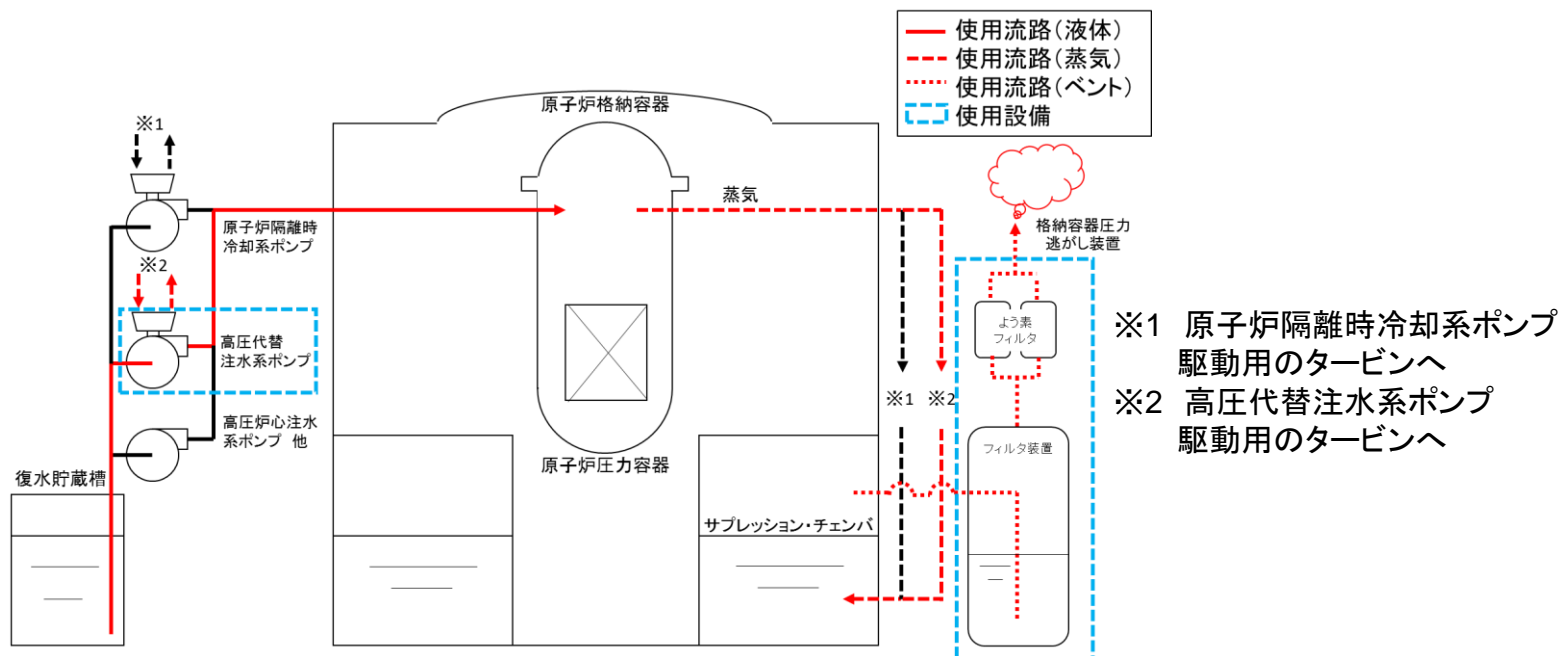


図2-2. 高圧代替注水系使用時の系統図

2-3.五号八の対応方針について

全交流動力電源喪失となった場合は、原子炉隔離時冷却系（タービン駆動の常設施設）により炉心冷却を実施する。

上記施設は降灰に対して強度を有する建屋内に設置された常設施設であり、自動起動により容易に注水が可能である。当該の対応は、有効性評価（長期TB）において炉心冷却を24時間継続できることを確認している。また、必要注水量は復水貯蔵槽の貯水量によって確保されている。

なお、全交流動力電源喪失時においては、残留熱除去系の機能喪失により格納容器圧力が上昇するため、約16時間で格納容器ベントを実施する必要がある。

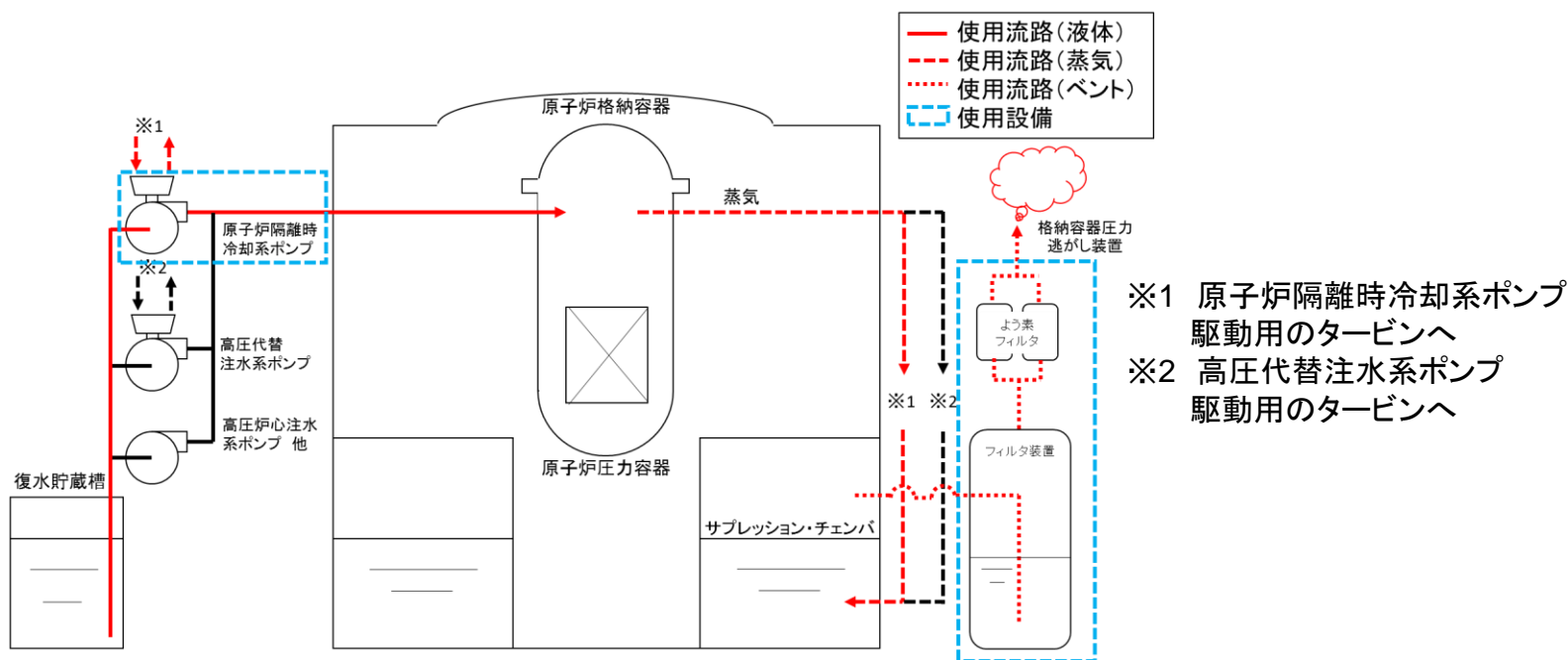


図2-3. 原子炉隔離時冷却系使用時の系統図

2-4.六号 の対応方針について

通信連絡設備について、全交流動力電源喪失時においても機能維持が可能な様に、5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備による給電又は乾電池により使用する。

上記可搬型電源設備は、火山灰の影響を受けないように降灰に対して強度を有する建屋（7号炉タービン建屋海水熱交換器区域）内に移動、給電を行う。なお、24時間の給電に必要な燃料は、あらかじめ当該設備に搭載されている。

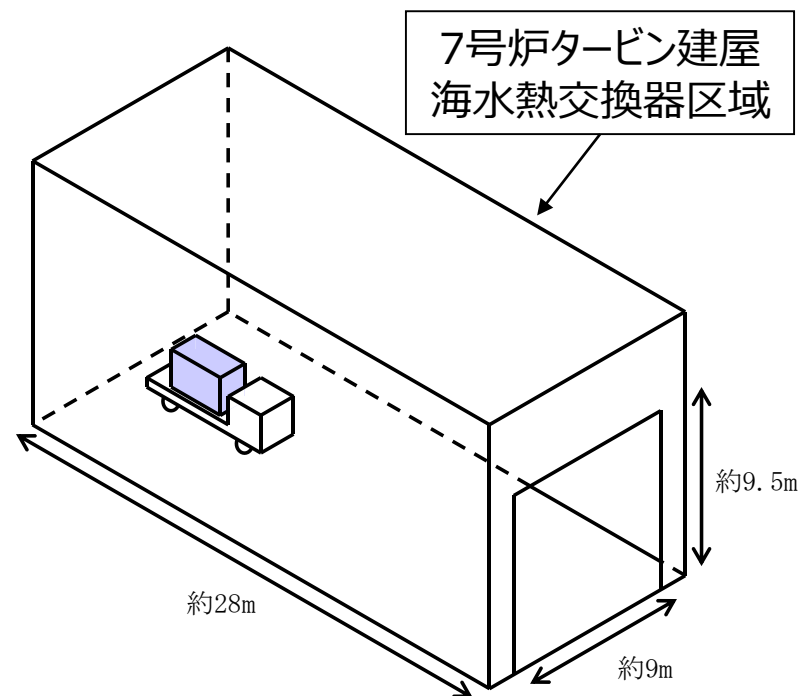
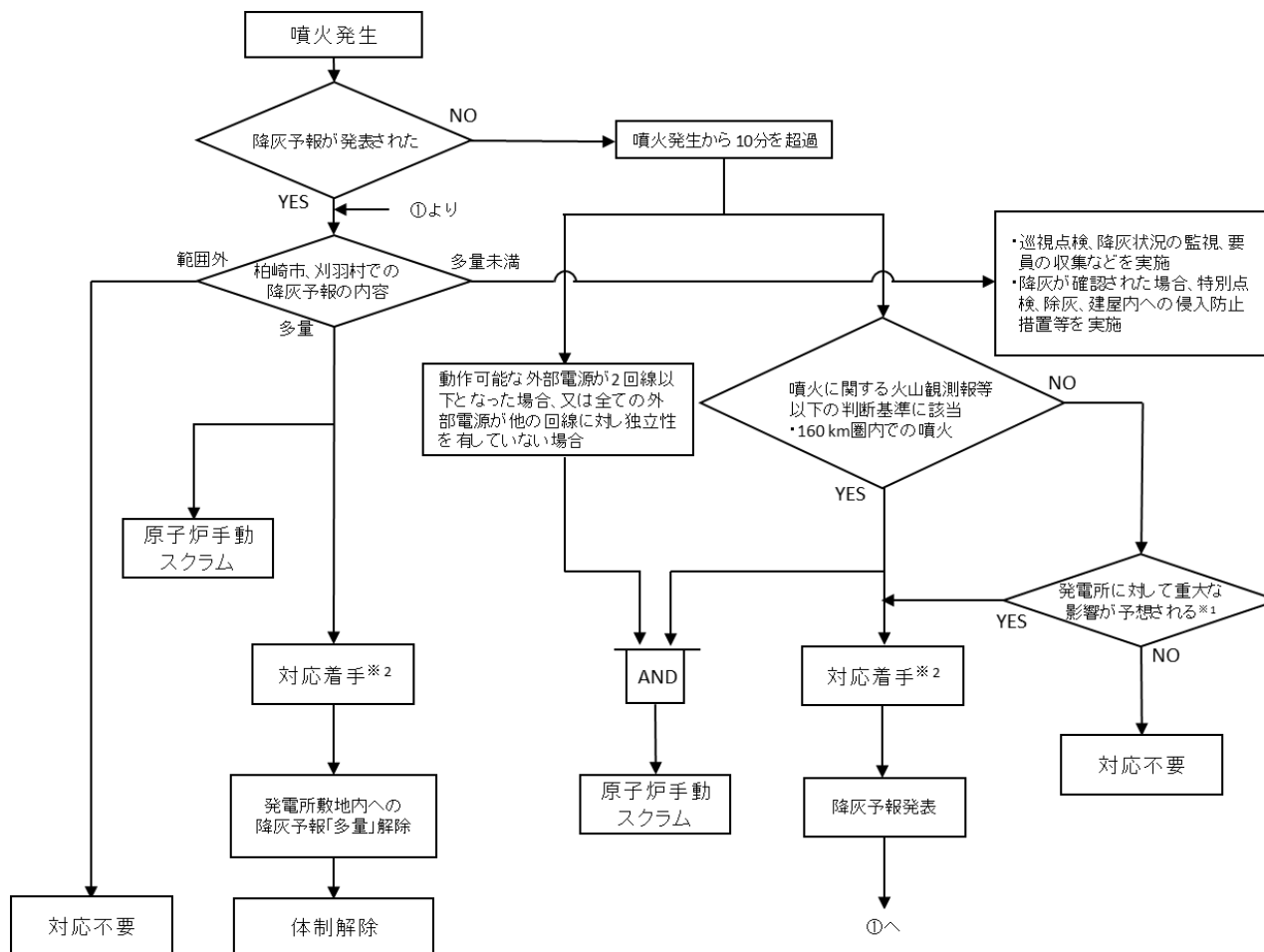


図 2-4. 5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備
及び7号炉タービン建屋海水熱交換器区域内での配置イメージ図

2-5.原子炉の停止基準及び火山灰対応の着手基準について

降灰による全交流動力電源喪失のリスクに対して、早期に崩壊熱の除去を開始することでリスクの低減を図る目的で停止基準を設定している。また、降灰による事象の進展に備え、必要な対応を早期に着手するための着手基準を設定している。



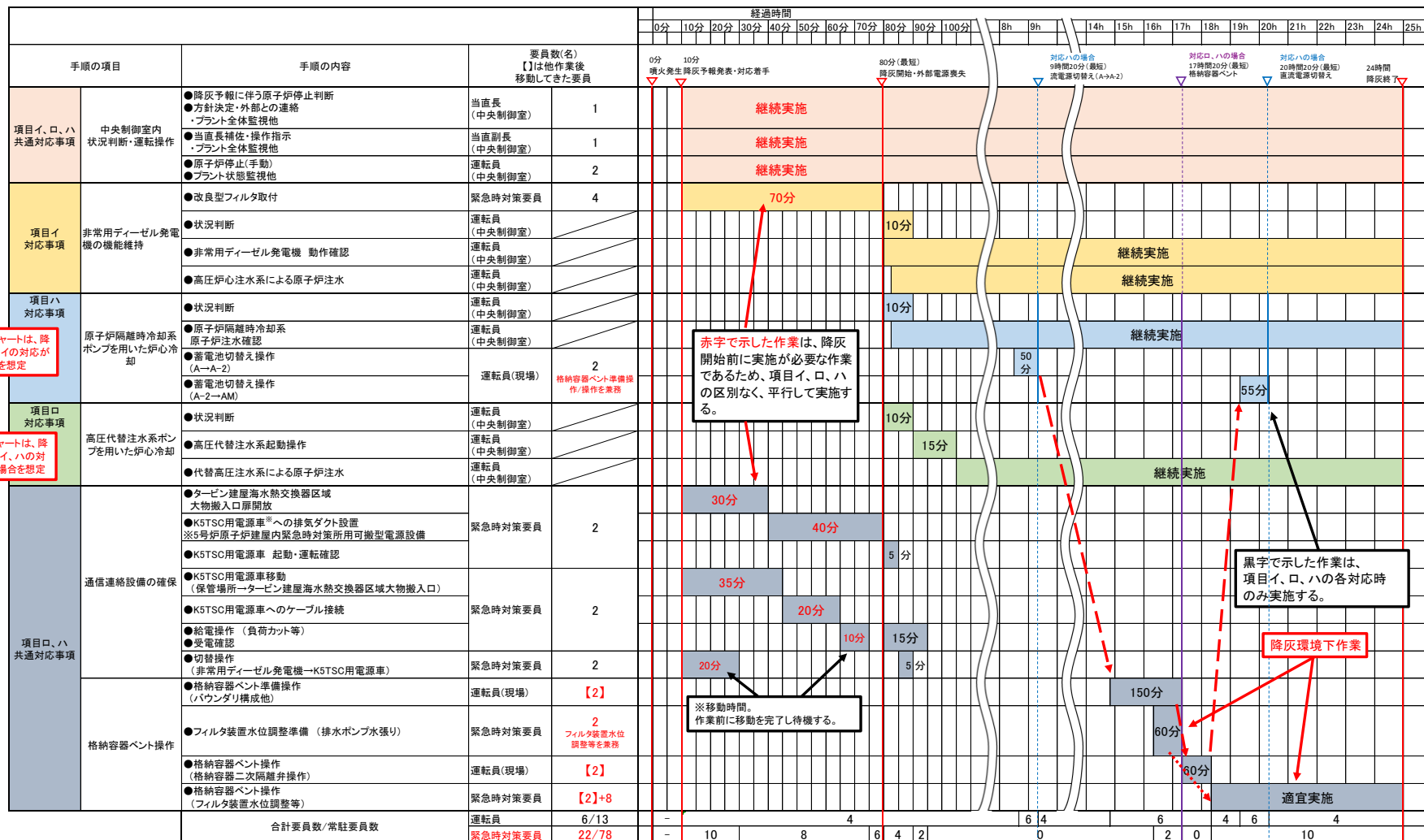
※1 報道(TV、ラジオ、インターネット等)、気象情報(風向、風速等)周辺地域の降灰状況等により、総合的に判断する。

※2 対応着手の内容
 ・非常用ディーゼル発電機への改良型フィルタ取付
 ・緊急時対策所の居住性確保
 ・通信連絡設備の確保

図2-5. 原子炉の停止基準及び火山灰対応の着手基準判断フロー図

2-6.降灰時の対応の流れについて

降灰時の対応の流れについて、下記タイムチャートにて示す。



※項目ハのタイムチャートは、降灰開始と同時に項目イの対応が不可能となった場合を想定

※項目ロのタイムチャートは、降灰開始と同時に項目イ、ハの対応が不可能となった場合を想定

赤字で示した作業は、降灰開始前に実施が必要な作業であるため、項目イ、ロ、ハの区別なく、平行して実施する。

黒字で示した作業は、項目イ、ロ、ハの各対応時のみ実施する。

降灰環境下作業

適宜実施

3-1.5号 イの対応について【先行との比較】

柏崎刈羽原子力発電所7号炉における対策について、先行電力（関西電力 大飯発電所3,4号炉を例示）との比較を示す。

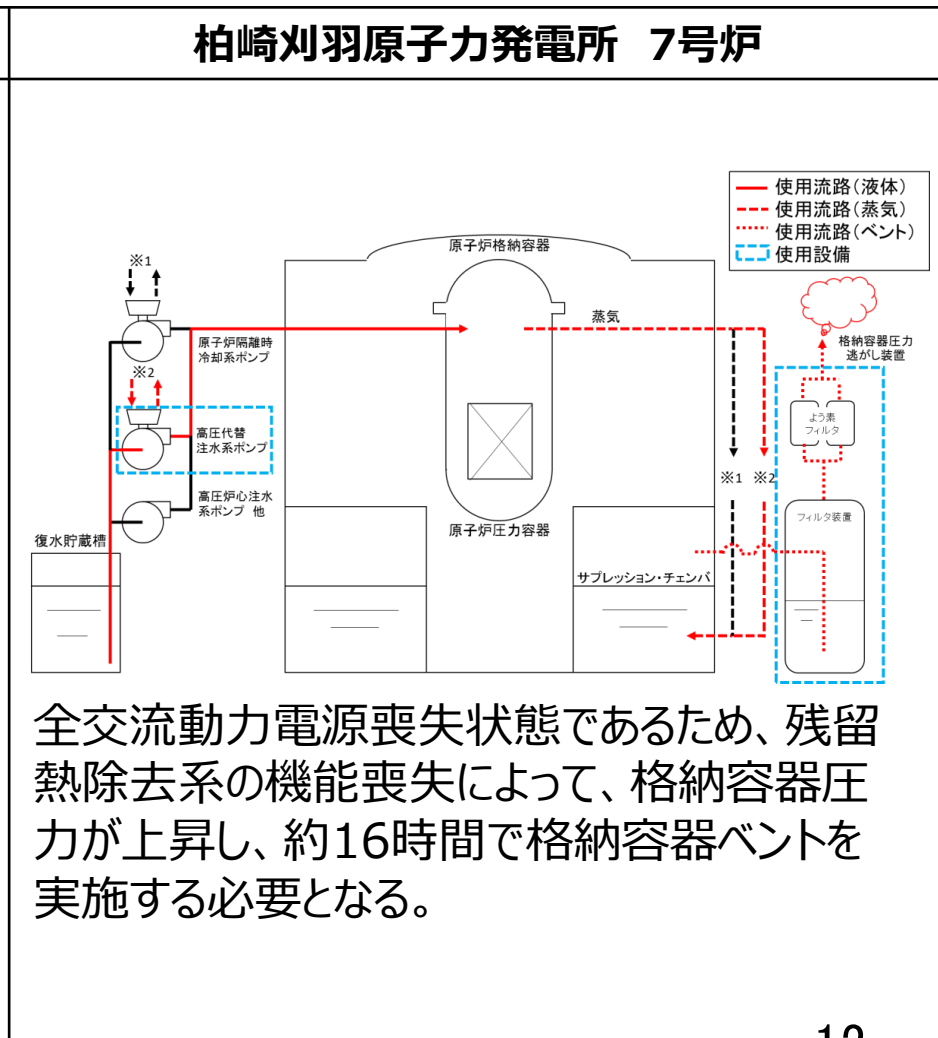
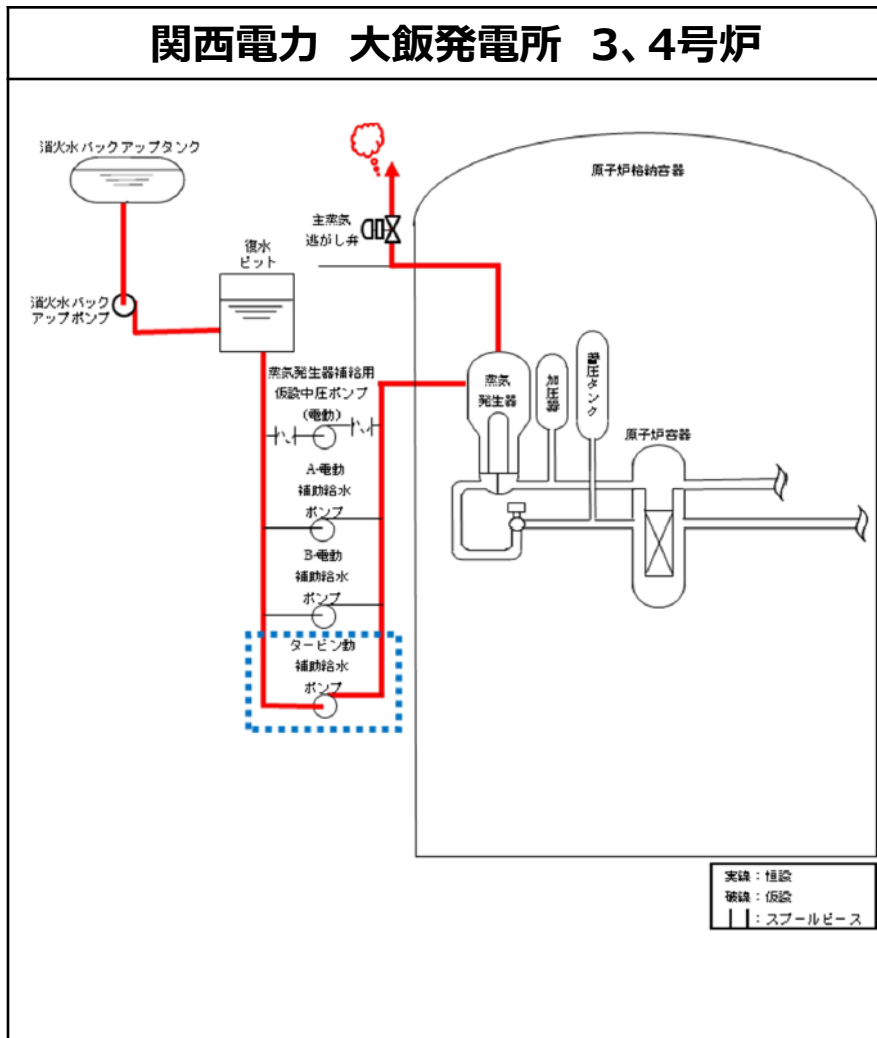
イの対応方針は、大飯発電所と同様に、改良型フィルタ設置による非常用ディーゼル発電機の機能維持を実施する。なお、モックアップ試験によって改良型フィルタ及び既設フィルタを交換・清掃しなくても、24時間以上閉塞せず、非常用ディーゼル発電機を継続運転できることを確認している。

表3-1. 実用炉規則第八十四条の2 5号 イの対応についての比較

	関西電力 大飯発電所 3、4号炉	柏崎刈羽原子力発電所 7号炉
対応方針	ディーゼル発電機の吸気ラインに改良型フィルタを取り付け、2台運転。電動補助給水ポンプにより炉心の冷却を行う。	非常用ディーゼル発電機の吸気ラインに改良型フィルタを取り付け、2台運転を行う。
改良型フィルタ閉塞時間の推定手法	試験によって系統の許容差圧への到達時間を測定	試験によって系統の許容差圧への到達時間を測定
改良型フィルタ閉塞時間	310分	24時間以上 (24時間時点で許容差圧未満)
保安規定上での運用	交換・清掃を実施	交換・清掃を必要としない

3-2.5号 口の対応について【先行との比較】

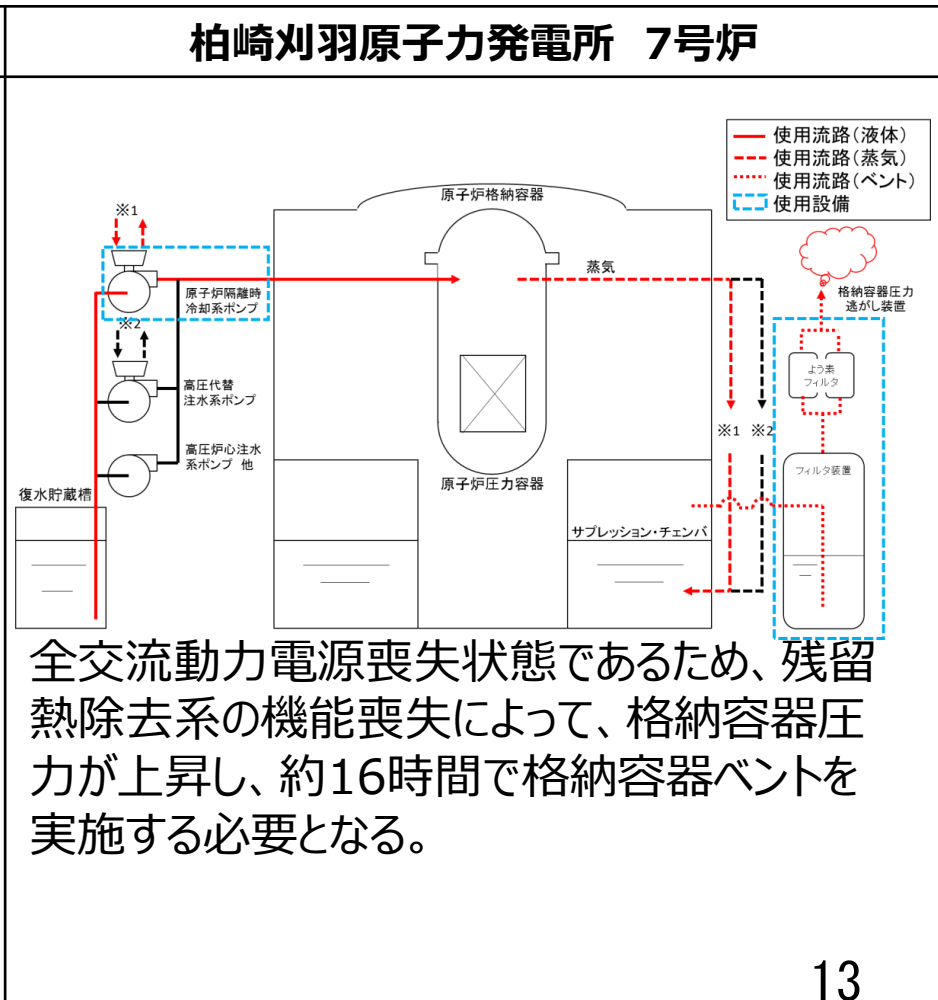
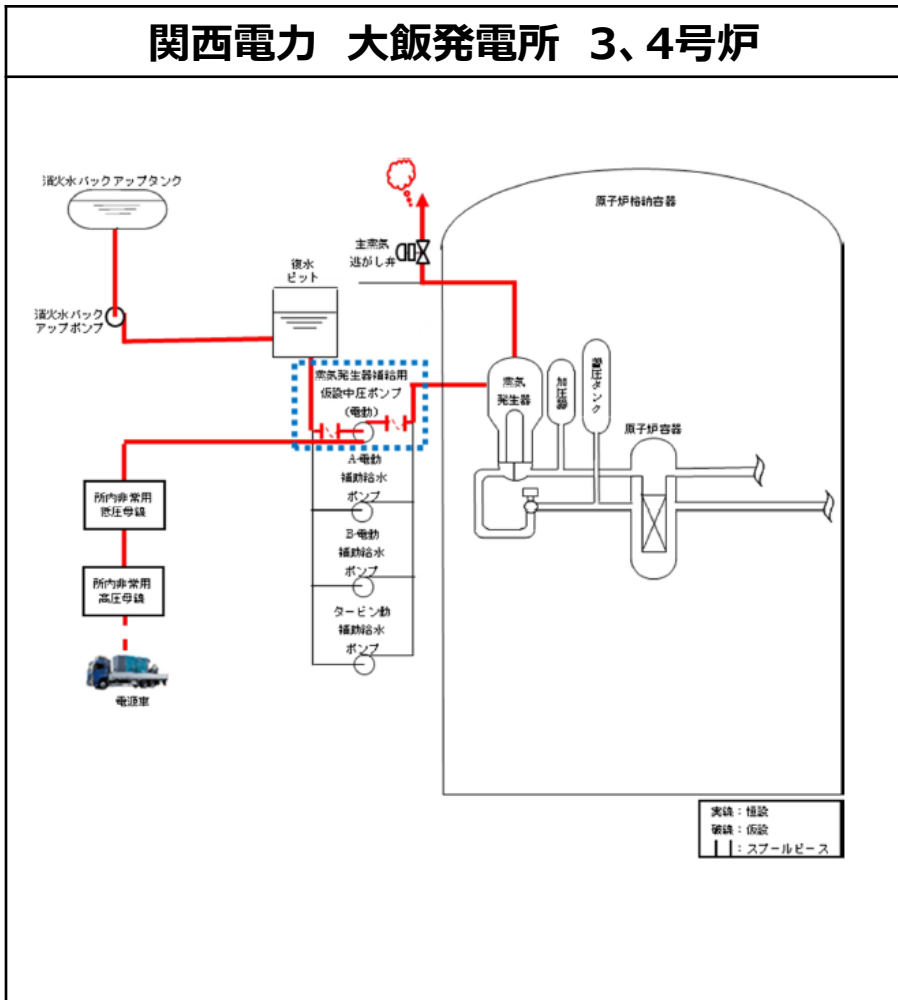
口の対応方針は大飯発電所と同様に、タービン駆動の常設設備による炉心冷却としている。ただし、PWRとBWRの設備構成の違いにより、格納容器ベントが必要となる。



全交流動力電源喪失状態であるため、残留熱除去系の機能喪失によって、格納容器圧力が上昇し、約16時間で格納容器ベントを実施する必要となる。

3-3.5号 八の対応について【先行との比較】

八の対応方針は、大飯発電所の電源車を用いる対応に対し、柏崎刈羽原子力発電所はタービン駆動の常設設備による炉心冷却を用いる。



3-4. 通信連絡設備に対する対策について【先行との比較】

通信連絡設備に対する対策として、ディーゼル発電機の機能が喪失した場合、柏崎刈羽原子力発電所では、タービン建屋に移動した5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備からの給電又は乾電池により通信連絡設備を使用する。その場合、最低限必要となる発電所内の通信連絡機能を確保するため、乾電池で使用可能な携帯型音声呼出電話を使用し、また、計測等を行った特に重要なパラメータを発電所外の必要な場所で共有する場合については、専用電話及び統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備を使用する。なお、安全パラメータ表示システム（SPDS）及びデータ伝送設備によるデータ伝送については、無停電電源装置（充電器等含む）が給電できる間は連続して使用可能である。

関西電力 大飯発電所 3、4号炉	柏崎刈羽原子力発電所 7号炉
○火山影響等発生時における通信連絡について、降下火砕物の影響を受けない有線系の設備を複数手段確保することにより機能を維持する。ディーゼル発電機の機能が喪失した場合には、3号及び4号炉タービン建屋内に配置した電源車および1号および2号炉燃料取扱建屋内に配置した電源車（緊急時対策所用）（DB）から給電する。	○火山影響等発生時における通信連絡について、降下火砕物の影響を受けない有線系の設備を複数手段確保することにより機能を確保する。非常用ディーゼル発電機の機能が喪失した場合には、タービン建屋内に配置した5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備から5号炉原子炉建屋内緊急時対策所内の通信連絡設備へ給電する。

3-5. 火山灰対応の着手基準について【先行との比較】

火山灰対応の着手基準において、噴火後10分以内に降灰予報が発表されない場合、柏崎刈羽原子力発電所は噴煙の高さの着手条件を無くし、噴煙高さが不明な場合でも着手を行うこととする。

関西電力 大飯発電所 3、4号炉	柏崎刈羽原子力発電所 7号炉
<p>○噴火発生時において、気象庁が発表する降灰予報（「速報」及び「詳細」）により発電所（おおい町）への「多量」の降灰が予想された場合、気象庁が発表する噴火に関する火山観測報において地理的領域（発電所敷地から半径160km）内の活火山に20km 以上の噴煙が観測されたが噴火後10分以内に降灰予報が発表されない場合又は降下火砕物による発電所への重大な影響が予想される場合、対応に着手する。</p>	<p>○気象庁が発表する降灰予報（「速報」又は「詳細」）により柏崎刈羽発電所を含む地域（柏崎市、刈羽村）への「多量」の降灰が予想された場合、気象庁が発表する噴火に関する火山観測報において、地理的領域（発電所敷地から半径160km）内の火山に噴火が確認されたが、噴火後10分以内に降灰予報が発表されない場合又は降下火砕物による発電所への重大な影響が予想される場合。</p>

3-6. 原子炉の停止基準について【先行との比較】

原子炉の停止基準について、柏崎刈羽原子力発電所では噴火後、降灰予報が発表されない場合において、噴火した火山との距離を踏まえ外部電源の劣化に応じて停止判断を行う。

関西電力 大飯発電所 3、4号炉	柏崎刈羽原子力発電所 7号炉
<ul style="list-style-type: none">○火山影響等発生時において、発電所を含む地域（おおい町）に降灰予報「多量」が発表された場合。○降灰予報「多量」が発表されていない場合においても、火山影響等発生時の対応に着手し、かつ、保安規定第78条の3に定める外部電源5回線のうち、3回線以上が動作不能となり、動作可能な外部電源が2回線以下となった場合（送電線の点検時を含む。）又は全ての外部電源が他の回線に対し独立性を有していない場合。	<ul style="list-style-type: none">○柏崎刈羽原子力発電所を含む地域（柏崎市、刈羽村）に降灰予報「多量」が発表された場合。○発電所より半径160km以内の火山が噴火したが、降灰予報が発表されない場合において、外部電源5回線のうち、3回線以上が動作不能となり、動作可能な外部電源が2回線以下となった場合（送電線の点検時を含む。）又は全ての外部電源が他の回線に対し独立性を有していない場合。

気中火山灰濃度の算出方法については、大飯発電所と同様に、原子力発電所における火山影響評価ガイドにおける、「降灰継続時間を仮定して降灰量から気中降下火砕物濃度を推定する手法」を用いている。

表3-6. 気中火山灰濃度の推定方法についての比較

	関西電力 大飯発電所 3、4号炉	柏崎刈羽原子力発電所 7号炉
推定手法	原子力発電所における火山影響評価ガイド記載の「降灰継続時間を仮定して降灰量から気中降下火砕物濃度を推定する手法」	原子力発電所における火山影響評価ガイド記載の「降灰継続時間を仮定して降灰量から気中降下火砕物濃度を推定する手法」
堆積量	10cm	35cm
粒径分布	Tephra2による算出結果	Tephra2による算出結果
気中火山灰濃度	1.44g/m ³	3.3g/m ³

4. 参考資料 PWRとBWRにおける対策例

降灰により作業環境が悪化している状況において原子炉を減圧・冷却もしくは冷温停止するための対策(例)の概要

第84条の2第5項(ハ)SBO対策

原子炉隔離時冷却系(RCIC)



第84条の2第5項(ロ)

代替電源設備その他の炉心冷却設備の機能維持

例1 高圧炉心注入ポンプ等+代替電源(常設or可搬)

代替電源(可搬)+
フィルター×必要台数

or

DB以外の発電機(常設)
+フィルター

or

例2 HPAC等

などのいずれか

第84条の2第5項(イ)

非常用交流動力電源設備の機能維持(A・B2系統)

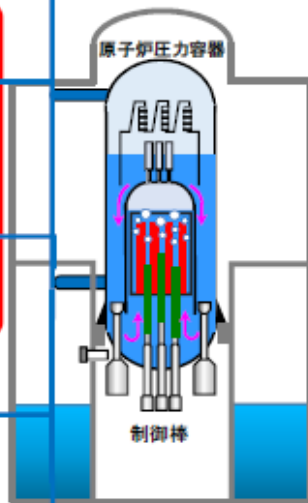
残留熱除去系(RHR)A系統等

非常用ディーゼル発電機(EDG)フィルター付

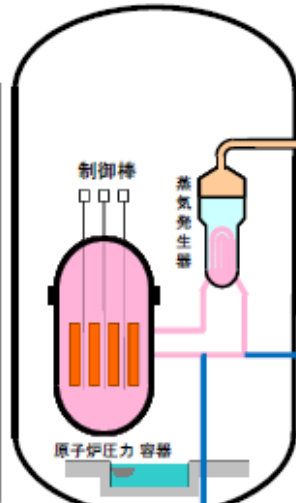
残留熱除去系(RHR)B系統等

非常用ディーゼル発電機(EDG)フィルター付

BWR
原子炉格納容器



PWR
原子炉格納容器



第84条の2第5項(ハ)SBO対策

タービン動補助給水ポンプ(T/D(AFWP))



第84条の2第5項(ロ)

代替電源設備その他の炉心冷却設備の機能維持

例1 電動補助給水ポンプもしくは常設電動注入
ポンプ等+代替電源(常設or可搬)

代替電源(可搬)+フィルター
×必要台数

or

DB以外の発電機(常設)
+フィルター

or

例2 可搬型ディーゼル注入ポンプ等+フィルター



などのいずれか

第84条の2第5項(イ)

非常用交流動力電源設備の機能維持(A・B2系統)

余熱除去設備(RHRS)A系統等

非常用ディーゼル発電機+フィルター

余熱除去設備(RHRS)B系統等

非常用ディーゼル発電機+フィルター

(別添1)

柏崎刈羽原子力発電所

火山影響等発生時における発電用原子炉施設の保全のための

活動を行う体制の整備について

火山影響等発生時における発電用原子炉施設の保全のための
活動を行う体制の整備について

< 目次 >

- 1 概要
 - (1) 要求事項及び当社の対応
 - (2) 火山影響等発生時の想定
- 2 要員の配置
 - (1) 要員の非常召集
 - (2) 火山影響等発生時の体制
 - a. 非常用ディーゼル発電機の機能維持
 - b. 高圧代替注水系を用いた炉心冷却
 - c. 原子炉隔離時冷却系を用いた炉心冷却
 - d. 緊急時対策所の居住性確保
 - e. 通信連絡設備の確保
- 3 教育訓練の実施
 - (1) 非常用ディーゼル発電機の機能維持
 - (2) 高圧代替注水ポンプを用いた炉心冷却
 - (3) 原子炉隔離時冷却系を用いた炉心冷却
 - (4) 緊急時対策所の居住性確保
 - (5) 通信連絡設備の確保
- 4 資機材の整備
 - (1) 非常用ディーゼル発電機の機能維持
 - (2) その他
- 5 体制及び手順書の整備
 - (1) 火山影響等発生時における炉心冷却のための対応手段と設備の選定
 - a. 対応手段の選定について
 - b. 各対応手段に対する必要設備について
 - (a) 非常用ディーゼル発電機の機能維持
 - (b) 原子炉隔離時冷却系を用いた炉心冷却
 - (c) 高圧代替注水ポンプを用いた炉心冷却
 - (2) 非常用ディーゼル発電機の機能維持のための手順等

- a. 非常用ディーゼル発電機への改良型フィルタ取り付け
 - (a) 手順着手の判断基準
 - (b) 作業手順
 - (c) 作業の成立性
 - b. 非常用ディーゼル発電機による給電
 - (a) 手順着手の判断基準
 - (b) 作業手順
 - c. 高圧炉心注水系等を用いた炉心冷却
 - (a) 手順着手の判断基準
 - (b) 作業手順
 - (c) 炉心冷却の成立性
- (3) 原子炉隔離時冷却系を用いた炉心冷却のための手順等
- (a) 手順着手の判断基準
 - (b) 作業手順
 - (c) 炉心冷却の成立性
- (4) 高圧代替注水系を用いた炉心冷却のための手順等
- (a) 手順着手の判断基準
 - (b) 作業手順
 - (c) 炉心冷却の成立性
- (5) 必要な資源について
- a. 非常用ディーゼル発電機の機能維持
 - (a) 水源
 - (b) 電源
 - (c) 燃料
 - b. 高圧代替注水系を用いた炉心冷却
 - (a) 水源
 - (b) 電源
 - c. 原子炉隔離時冷却系を用いた炉心冷却
 - (a) 水源
 - (b) 電源
- (6) 火山影響等発生時における原子炉停止措置
- (7) その他体制の整備に係る手順等
- a. 緊急時対策所の居住性確保に関する手順等

- (a) 手順着手の判断基準
 - (b) 作業手順
 - (c) 作業の成立性
 - b. 通信連絡設備に関する手順等
 - (a) 対応手段と設備の選定の考え方
 - (b) 対応手段と設備の選定の結果
 - (c) 手順着手の判断基準
 - (d) 作業手順
 - (e) 作業の成立性
 - (f) 必要な資源について
- 6 定期的な評価

(図一覧)

- 第 1 図 火山影響等発生時の体制の概略 (防災組織図)
- 第 2 図 火山影響等発生時の体制の概略
(保安規定第 12 条 (運転員等の確保) に定める要員)
- 第 3 図 火山影響等発生時の体制の概略 (要員の対応内容)
- 第 4 図 火山影響等発生時における対応のタイムチャート
- 第 5 図 火山影響等発生時における炉心冷却のための対応フロー
- 第 6 図 対策の概略系統図
- 第 7 図 対応手順の概要
- 第 8 図 改良型フィルタ取り付け 概略図
- 第 9 図 改良型フィルタ取り付け タイムチャート
- 第 10 図 対策の概略系統図
- 第 11 図 対応手順の概要
- 第 12 図 対策の概略系統図
- 第 13 図 対応手順の概要
- 第 14 図 5 号炉緊急時対策所図 (原子炉建屋 地上 3 階)
- 第 15 図 携帯型音声呼出電話機による発電所内の通信連絡の概要
- 第 16 図 火山影響等発生時に使用する通信連絡設備の概要
- 第 17 図 通信連絡設備の電源系統の概要
- 第 18 図 5 号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備による給電の概要
- 第 19 図 5 号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備による給電準備及び給

電開始タイムチャート

(別紙一覧)

- 別紙 1 降灰環境下における作業時の対応について
- 別紙 2 火山影響等発生時の炉心冷却に有効な手段の選定について
- 別紙 3 降灰予報等を用いた対応着手の判断について
- 別紙 4 作業の成立性について
- 別紙 5 5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備の容量について

1 概要

本章では、実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則の改正（平成 29 年 12 月 14 日原子力規制委員会規則第十六号）にて、第八十四条の二に「火山影響等発生時における発電用原子炉施設の保全のための活動」が追加されたことから、これに対する当社の対応の概要を以下に示す。

(1) 要求事項及び当社の対応

実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則の第八十四条の二の五のイ、ロ、ハにおいて、火山現象による影響が発生するおそれがある場合又は発生した場合（以下「火山影響等発生時」という。）における発電用原子炉施設の保全のための活動は以下のとおり定められており、それに対する当社の対策を示す。また、第八十四条の二の六に前各号に掲げるもののほか、火山影響等発生時における発電用原子炉施設の保全のための活動を行うために、緊急時対策所の居住性の確保及び通信連絡設備の確保を行う。

第八十四条の二		当社の対応	
第五号	イ	火山影響等発生時における非常用交流動力電源設備の機能を維持するための対策に関すること。	非常用ディーゼル発電機の A 系及び B 系 の吸気ラインに改良型フィルタを取り付け、2 台運転を行う。
	ロ	イに掲げるもののほか、火山影響等発生時における代替電源設備その他の炉心を冷却するために必要な設備の機能を維持するための対策に関すること。	高圧代替注水系ポンプを使用し、原子炉圧力容器内へ注水することにより炉心の冷却を行う。
	ハ	ロに掲げるもののほか、火山影響等発生時に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に関すること。	原子炉隔離時冷却系ポンプにより原子炉圧力容器内へ注水することにより炉心の冷却を行う。
第六号	前各号に掲げるもののほか、火山影響等発生時における発電用原子炉施設の保全のための活動を行うために必要な体制を整備すること。	緊急時対策所の居住性確保、通信連絡設備の機能確保のための手順を整備する。	

また、これらに対して要員の配置、教育訓練の実施、資機材の整備を含む計画の策定、体制及び手順書の整備並びに定期的な評価を行う。

(2) 火山影響等発生時の想定

第八十四条の二の五のイにおいては、火山影響等発生時の想定として、「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に示す手法に従い、当該発電所の降灰量(35cm)が24時間継続すると仮定することにより気中降下火砕物濃度を推定し、その環境下での対策を検討した。

第八十四条の二の五のロ、ハ及び第八十四条の二の六においては、気中降下火砕物濃度によらず、その動作に期待できる対策を検討した。

2 要員の配置

火山影響等発生時に備え、必要な要員を配置する。また、夜間及び休日（平日の勤務時間帯以外）に発生した場合に備え、保安規定第12条（運転員等の確保）に定める必要な要員を配置する。

第1図、第2図及び第3図に火山影響等発生時の体制の概略を示す。

(1) 要員の非常召集

所長は、降灰予報等により発電所（柏崎市及び刈羽村）への多量の降灰が予想される場合、マニュアルに定める組織の要員を召集して活動する。

なお、夜間及び休日（平日の勤務時間帯以外）においては、マニュアルに定める組織が構築されるまでの間、保安規定第12条に定める重大事故等の対応を行う要員を活用する。

(2) 火山影響等発生時の体制

火山影響等発生時における対応は、以下の体制にて実施する。

第4図に火山影響等発生時における対応のタイムチャートを示す。

a. 非常用ディーゼル発電機の機能維持

非常用ディーゼル発電機の機能を維持するための対策については、号炉あたり緊急時対策要員4名（非常用ディーゼル発電機A系及びB系に対して2名1班）にて準備する。

なお、夜間及び休日（平日の勤務時間帯以外）についても同様に実施する。

b. 高圧代替注水系を用いた炉心冷却

高圧代替注水系を用いた炉心冷却については、中央制御室運転員 2 名にて実施する。

なお、夜間及び休日（平日の勤務時間帯以外）についても同様に実施する。

c. 原子炉隔離時冷却系を用いた炉心冷却

原子炉隔離時冷却系を用いた炉心冷却については、中央制御室運転員 2 名にて実施する。

なお、夜間及び休日（平日の勤務時間帯以外）についても同様に実施する。

d. 緊急時対策所の居住性確保

緊急時対策所の居住性を確保するための対策については、緊急時対策要員 1 名にて実施する。

なお、夜間及び休日（平日の勤務時間帯以外）についても同様に実施する。

e. 通信連絡設備の確保

統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備（テレビ会議システム、IP-電話機及び IP-FAX）等の通信連絡を行うために必要な設備（以下「通信連絡設備」という。）を確保するための対策については、緊急時対策要員 6 名にて実施する。

なお、夜間及び休日（平日の勤務時間帯以外）についても同様に実施する。

3 教育訓練の実施

第 2 項の要員に対して、火山影響等発生時の非常用ディーゼル発電機の機能を維持するための対策及び炉心の著しい損傷を防止するための対策等に関する教育訓練を定期的実施する。

(1) 非常用ディーゼル発電機の機能維持

緊急時対策要員に対して、非常用ディーゼル発電機の機能を維持するための

対策（改良型フィルタの設置等）に係る教育訓練を1年に1回以上実施する。

(2) 高圧代替注水ポンプを用いた炉心冷却

運転員に対する高圧代替注水ポンプを用いた炉心冷却に係る教育訓練については、1年に1回以上実施する。

(3) 原子炉隔離時冷却系を用いた炉心冷却

運転員に対する原子炉隔離時冷却系を用いた炉心冷却に係る教育訓練については、1年に1回以上実施する。

(4) 緊急時対策所の居住性確保

緊急時対策要員に対して、緊急時対策所の居住性確保に係る教育訓練を1年に1回以上実施する。

(5) 通信連絡設備の確保

緊急時対策要員に対して、通信連絡設備の確保に係る教育訓練を1年に1回以上実施する。

4 資機材の整備

火山影響等発生時の対応に必要な以下の資機材を配備するとともに、必要時に使用可能なよう適切に管理する。

また、必要な保護具については別紙1に示す。

(1) 非常用ディーゼル発電機の機能維持

非常用ディーゼル発電機の機能維持に必要な改良型フィルタを必要数配備する。

改良型フィルタ	1台×2系列
フィルタ数	44枚（1系列あたり）

(2) その他

緊急時対策所の居住性確保及び通信連絡設備の確保に必要な資機材を配備する。

5 体制及び手順書の整備

(1) 火山影響等発生時における炉心冷却のための対応手段と設備の選定

a. 対応手段の選定について

火山影響等発生時における炉心冷却のための対応フローを第 5 図に示す。また、火山影響等発生時の炉心冷却に有効な手段の選定を別紙 2 に示す。

火山影響等発生時において、原子炉停止後、外部電源喪失が発生した場合は、炉心崩壊熱の除去を維持継続する必要があるため、非常用ディーゼル発電機からの給電により原子炉圧力容器への注水による炉心冷却を行う。この場合、継続して非常用ディーゼル発電機の機能を維持する必要がある。

(実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則 第八十四条の二 第五号 イ)

また、上記の状態において、全ての非常用ディーゼル発電機の機能が喪失した場合は全交流動力電源喪失となるが、降下火砕物の影響によりガスタービン発電機からの代替受電が不可能なため、原子炉隔離時冷却系ポンプを用いた原子炉圧力容器への注水による炉心冷却を行う。

(実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則 第八十四条の二 第五号 ハ)

さらに、原子炉隔離時冷却系ポンプによる炉心冷却ができない場合は、高圧代替注水系ポンプを用いた原子炉圧力容器への注水による炉心冷却を行う。

(実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則 第八十四条の二 第五号 ロ)

なお、非常用ディーゼル発電機が維持されている際の注水手段として、原子炉隔離時冷却系ポンプ、高圧代替注水系ポンプ、高圧炉心注水系ポンプ、残留熱除去系ポンプ、復水移送ポンプ等が使用可能であるため、上記注水手段の中から適切な注水手段を選択、使用する方針とする。

ただし、実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則の第八十四条の二の第五号ロ、ハの対応において、原子炉隔離時冷却系ポンプ、並びに高圧代替注水系ポンプによる炉心冷却の成立性を確認することから、イにおける注水手段については高圧代替注水系ポンプ、及び原子炉隔離時冷却系ポンプ以外の注水手段として、高圧炉心注水系ポンプでの炉心冷却の成立性を示すこととする。

b. 各対応手段に対する必要設備について

(a) 非常用ディーゼル発電機の機能維持

非常用ディーゼル発電機の機能維持に必要な設備は，設置許可基準規則の適合性審査において下記の通りとしている。

- ・非常用ディーゼル発電機
- ・原子炉補機冷却水ポンプ
- ・原子炉補機冷却海水ポンプ
- ・原子炉補機冷却水系熱交換器
- ・軽油タンク
- ・燃料移送ポンプ
- ・燃料ディタンク

また，高圧炉心注水系ポンプの機能維持に必要な設備は下記の通りである。

- ・高圧炉心注水系ポンプ
- ・復水貯蔵槽
- ・サプレッション・チェンバ
- ・逃がし安全弁

非常用ディーゼル発電機については，外気取入れ箇所に設置された給気フィルタが降下火砕物によって閉塞することが想定されるため，対策として火山影響等発生時には閉塞を防止するための改良型フィルタを取り付けることによって機能維持が可能である。具体的な対策手順等は「5 (2) 非常用ディーゼル発電機の機能維持のための手順等」に示す。

軽油タンクにおいては降下火砕物堆積荷重に対して構造健全性を有してしており，降下火砕物の影響を受けることはない。

原子炉補機冷却水ポンプ，原子炉補機冷却海水ポンプ，原子炉補機冷却水系熱交換器，燃料移送ポンプ，燃料ディタンク，高圧炉心注水系ポンプ，復水貯蔵槽及びサプレッション・チェンバ，逃がし安全弁については，いずれも降下火砕物堆積荷重に対して構造健全性を有する建屋内に設置されており，降下火砕物の影響を受けることはない。

(b) 原子炉隔離時冷却系を用いた炉心冷却

原子炉隔離時冷却系を用いた炉心冷却機能維持に必要な設備は、設置許可基準規則の適合性審査において下記の通りとしている。

- ・原子炉隔離時冷却系ポンプ
- ・復水貯蔵槽
- ・サプレッション・チェンバ
- ・直流 125V 蓄電池 A
- ・直流 125V 蓄電池 A-2
- ・AM 用直流 125V 蓄電池
- ・直流 125V 充電器 A
- ・直流 125V 充電器 A-2
- ・AM 用直流 125V 充電器
- ・逃がし安全弁

また、上記の他、5号炉原子炉建屋内緊急時対策所における通信連絡設備への電源として、下記設備が必要となる。

- ・5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備

さらに、交流動力電源喪失時においては、残留熱除去系の機能喪失により格納容器圧力が上昇するため、格納容器ベントを実施するために、下記設備が必要となる。

- ・格納容器圧力逃がし装置

原子炉隔離時冷却系ポンプ、復水貯蔵槽、サプレッション・チェンバ、直流 125V 蓄電池 A、直流 125V 蓄電池 A-2、AM 用直流 125V 蓄電池、逃がし安全弁については、降下火砕物堆積荷重に対して構造健全性を有する建屋内に設置されており、降下火砕物の影響を受けることはない。

格納容器圧力逃がし装置においては降下火砕物堆積荷重に対して構造健全性を有しており、降下火砕物の影響を受けることはない。

5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備は、降灰前に降下火砕物堆積荷重に対して構造健全性を有する建屋内に移動させることから、降下火砕物の影響を受けることはない。

直流 125V 充電器 A、直流 125V 充電器 A-2、AM 用直流 125V 充電器については、全交流動力電源喪失事象より 24 時間以内はこれら機器の機能維持に関わらず原子炉隔離時冷却系を用いた炉心冷却機能の維持が可能である。

具体的な対策手順等は「5 (3) 原子炉隔離時冷却系を用いた炉心冷却のための手順等」に示す。

(c) 高圧代替注水ポンプを用いた炉心冷却

高圧代替注水系を用いた炉心冷却機能維持に必要な設備は、設置許可基準規則の適合性審査において下記の通りとしている。

- ・ 高圧代替注水系ポンプ
- ・ 復水貯蔵槽
- ・ AM 用直流 125V 蓄電池
- ・ AM 用直流 125V 充電器
- ・ 逃がし安全弁

また、上記の他、5 号炉原子炉建屋内緊急時対策所における通信連絡設備への電源として、下記設備が必要となる。

- ・ 5 号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備

さらに、交流動力電源喪失時には、残留熱除去系の機能喪失により格納容器圧力が上昇するため、格納容器ベントを実施するために、下記設備が必要となる。

- ・ 格納容器圧力逃がし装置

高圧代替注水系ポンプ、復水貯蔵槽、AM 用直流 125V 蓄電池、逃がし安全弁は、降下火砕物堆積荷重に対して構造健全性を有する建屋内に設置されており、降下火砕物の影響を受けることはない。

格納容器圧力逃がし装置においては降下火砕物堆積荷重に対して構造健全性を有しており、降下火砕物の影響を受けることはない。

5 号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備は、降灰前に降下火砕物堆積荷重に対して構造健全性を有する建屋内に移動させることから、降下火砕物の影響を受けることはない。

AM 用直流 125V 充電器については、全交流動力電源喪失事象より 24 時間以内はこれら機器の機能維持に関わらず高圧代替注水系を用いた炉心冷却機能の維持が可能である。

具体的な対策手順等は「5 (4) 高圧代替注水系ポンプを用いた炉心冷却のための手順等」に示す。

(2) 非常用ディーゼル発電機の機能維持のための手順等

「(1)b. 各対応手段に対する必要設備について」を踏まえた対策の概略系統図を第 6 図に、対応手順の概要を第 7 図に示すとともに、対策手順等を以下に示す。

a. 非常用ディーゼル発電機への改良型フィルタ取り付け

火山影響等発生時において非常用ディーゼル発電機の機能を維持するための対策として、**非常用ディーゼル発電機 A 系及び B 系**に対して改良型フィルタを取り付けるための手順を整備する。

(a) 手順着手の判断基準

気象庁が発表する降灰予報（「速報」又は「詳細」）により柏崎刈羽発電所を含む地域（柏崎市，刈羽村）への「多量」の降灰が予想された場合、気象庁が発表する噴火に関する火山観測報において、地理的領域（発電所敷地から半径 160km）内の火山に噴火が確認されたが、噴火後 10 分以内に降灰予報が発表されない場合。

なお、その後降灰予報が発表され、発電所への降灰が「多量」未満もしくは範囲外となった場合は、体制を解除する。

降灰予報等を用いた対応着手の判断については別紙 3 に示す。

(b) 作業手順

非常用ディーゼル発電機への改良型フィルタ取り付けの概略手順は以下のとおり。第 8 図に概略図，第 9 図にタイムチャートを示す。

- ① 発電所対策本部長は、緊急時対策要員**に対して非常用ディーゼル発電機 A 系及び B 系への改良型フィルタ取り付け**を指示する。
- ② 緊急時対策要員は、改良型フィルタ取り付けエリアまで移動する。
- ③ 緊急時対策要員は、改良型フィルタ取り付けエリア付近に収納している作業に必要な資機材を準備する。
- ④ 緊急時対策要員は、改良型フィルタ取り付けエリアにて改良型フィルタを取り付ける。

(c) 作業の成立性

作業の成立性について、確認結果を別紙 4 に示す。

降下火砕物が発電所敷地に到達する前に実施するため、降灰による影響はない。

b. 非常用ディーゼル発電機による給電

火山影響等発生時において、原子炉停止後、外部電源喪失が発生した場合は、炉心崩壊熱の除去を維持継続する必要があるため、非常用ディーゼル発電機からの給電により高圧炉心注水系等による炉心冷却を行う。

(a) 手順着手の判断基準

火山影響等発生時において外部電源喪失が発生した場合。

(b) 作業手順

非常用ディーゼル発電機は、外部電源喪失により自動起動し所内非常用電源に給電する。非常用ディーゼル発電機が自動起動しない場合は、通常の運転操作により手動起動し所内非常用電源に給電する。

c. 高圧炉心注水系等を用いた炉心冷却

火山影響等発生時において、原子炉停止後、外部電源喪失が発生した場合は、炉心崩壊熱の除去を維持継続する必要があるため、非常用ディーゼル発電機からの給電により高圧炉心注水系等による炉心冷却を行う。

なお、以下の作業手順及び炉心冷却の成立性では、代表例として高圧炉心注水系を用いた炉心冷却について説明する。

(a) 手順着手の判断基準

火山影響等発生時において外部電源喪失が発生し、非常用ディーゼル発電機による給電を開始した場合。

(b) 作業手順

高圧炉心注水系を用いた炉心冷却に係る作業手順は通常の運転操作による。
なお、水源は復水貯蔵槽又はサプレッション・チェンバを使用する。

(c) 炉心冷却の成立性

高圧炉心注水系による炉心冷却は、通常の運転操作と同様に非常用ディーゼル発電機からの給電を行うため、本シナリオにおいても炉心冷却に必要な流量を確保できる。

(3) 原子炉隔離時冷却系を用いた炉心冷却のための手順等

「(1)b. 各対応手段に対する必要設備について」を踏まえた対策の概略系統図を第 10 図に、対応手順の概要を第 11 図に示すとともに、対策手順等を以下に示す。

火山影響等発生時において、原子炉停止後、外部電源が喪失し非常用ディーゼル発電機から給電中に全ての非常用ディーゼル発電機が機能喪失した場合に、原子炉隔離時冷却系を用いた炉心冷却を行う。

なお、原子炉格納容器内の減圧及び除熱は、格納容器圧力逃がし装置で行う。

(a) 手順着手の判断基準

火山影響等発生時において外部電源喪失が発生し、非常用ディーゼル発電機 3 台がともに機能喪失した場合。

(b) 作業手順

原子炉隔離時冷却系を用いた炉心冷却、格納容器圧力逃がし装置を用いた原子炉格納容器内の減圧及び除熱に係る作業手順は、設置（変更）許可添付書類十追補による。

なお、原子炉隔離時冷却系の水源は復水貯蔵槽又はサプレッション・チェンバを使用する。

(c) 炉心冷却の成立性

全交流動力電源喪失シナリオにおいては、原子炉水位低（レベル 2）となった場合、原子炉隔離時冷却系が自動起動し、原子炉圧力容器への注水を開始することで、炉心の著しい損傷を防止できることを確認している。

（添付－1）

(4) 高圧代替注水系を用いた炉心冷却のための手順等

「(1)b. 各対応手段に対する必要設備について」を踏まえた対策の概略系統図を第 12 図に、対応手順の概要を第 13 図に示すとともに、対策手順等を以下に示す。

火山影響等発生時において、原子炉停止後、外部電源が喪失し非常用ディーゼル発電機から給電中に全ての非常用ディーゼル発電機が機能喪失し、原子炉隔離

時冷却系による炉心冷却ができない場合に、高圧代替注水系を用いた炉心冷却を行う。

なお、原子炉格納容器内の減圧及び除熱は、格納容器圧力逃がし装置で行う。

(a) 手順着手の判断基準

火山影響等発生時において外部電源喪失が発生し、非常用ディーゼル発電機 3 台がともに機能喪失し、原子炉隔離時冷却系による炉心冷却ができない場合。

(b) 作業手順

高圧代替注水系を用いた炉心冷却、格納容器圧力逃がし装置を用いた原子炉格納容器内の減圧及び除熱に係る作業手順は、設置（変更）許可添付書類十追補による。

なお、高圧代替注水系の水源は復水貯蔵槽を使用する。

(c) 炉心冷却の成立性

全交流動力電源喪失シナリオにおいて、事象発生から 25 分後に高圧代替注水系を用いた原子炉圧力容器への注水を開始することで、炉心を十分に冷却することができることを確認している。（添付-2）

(5) 必要な資源について

a. 非常用ディーゼル発電機の機能維持

(a) 水源

復水貯蔵槽の有効水量は 1700m³ であり、高圧炉心注水系等を用いた原子炉圧力容器への注水は 24 時間継続可能である。

(b) 電源

必要な負荷は非常用ディーゼル発電機(5,000kW)により給電が可能である。

(c) 燃料

軽油タンクの容量は 1020kL であり、非常用ディーゼル発電機が全出力で運転した場合でも 168 時間の給電継続が可能である。

b. 高圧代替注水系を用いた炉心冷却

(a) 水源

復水貯蔵槽の有効水量は 1700m³ であり、高圧代替注水系を用いた原子炉圧力容器への注水は 24 時間継続可能である。

(b) 電源

高圧代替注水系の起動及び運転員等による監視計器（原子炉圧力・水位等）への給電に必要な蓄電池は、全交流動力電源喪失から AM 用直流 125V 蓄電池による給電により 24 時間にわたって電力を供給できる容量を有する設計としている。

c. 原子炉隔離時冷却系を用いた炉心冷却

(a) 水源

復水貯蔵槽の有効水量は 1700m³ であり、原子炉隔離時冷却系を用いた原子炉圧力容器への注水は 24 時間継続可能である。

(b) 電源

原子炉隔離時冷却系の起動及び運転員等による監視計器（原子炉圧力・水位等）への給電に必要な蓄電池は、全交流動力電源喪失から 8 時間経過するまでに、直流 125V 蓄電池 A から直流 125V 蓄電池 A-2 による給電に切り替えを実施する。全交流動力電源喪失から 19 時間経過するまでに、直流 125V 蓄電池 A-2 から AM 用直流 125V 蓄電池による給電に切り替えることで、24 時間にわたって電力を供給できる容量を有する設計としている。

(6) 火山影響等発生時における原子炉停止措置

火山影響等発生時において、発電所を含む地域（柏崎市、刈羽村）に降灰予報「多量」が発表された場合、原子炉停止措置を講じる。具体的な原子炉停止の判断基準を以下に示す。

以下 2 項目のうち、いずれかに該当した場合は原子炉停止措置を講じる。

○柏崎刈羽原子力発電所を含む地域（柏崎市、刈羽村）に降灰予報「多量」が発表された場合。

○発電所より半径 160km 以内の火山が噴火したが、降灰予報が発表されない場合において、外部電源 5 回線のうち、3 回線以上が動作不能となり、動作可

能な外部電源が2回線以下となった場合（送電線の点検時を含む。）又は全ての外部電源が他の回線に対し独立性を有していない場合

(7) その他体制の整備に係る手順等

a. 緊急時対策所の居住性確保に関する手順等

火山影響等発生時において、必要な数の要員を収容する等の発電所緊急時対策本部としての機能を維持するため、緊急時対策所の居住性を確保する。

緊急時対策所は、5号炉原子炉建屋内に配置していること、可搬型陽圧化空調機及び活性炭フィルタも5号炉原子炉建屋内に配置し、建屋内の空気を給気することができることから、降灰時においてフィルタが閉塞する懸念はない。なお、緊急時対策所の居住性は、緊急時対策所扉を開放することにより居住性を確保する。概要を第14図に示す。

(a) 手順着手の判断基準

気象庁が発表する降灰予報（「速報」又は「詳細」）により柏崎刈羽発電所を含む地域（柏崎市、刈羽村）への「多量」の降灰が予想された場合、気象庁が発表する噴火に関する火山観測報において、地理的領域（発電所敷地から半径160km）内の火山に噴火が確認されたが、噴火後10分以内に降灰予報が発表されない場合又は降下火砕物による発電所への重大な影響が予想される場合。

(b) 作業手順

緊急時対策所の居住性確保のための概略手順は以下のとおり。

- ① 本部長は、緊急時対策要員へ緊急時対策所扉の開放を指示する。
- ② 緊急時対策要員は、緊急時対策所の扉を開放する。

(c) 作業の成立性

(b) 項の対応は、緊急時対策要員1名により降灰開始前に実施することが可能である。緊急時対策要員は、緊急時対策所に設置されている酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計を監視し、酸素濃度18%以上及び二酸化炭素濃度0.5%以下を維持できていることを確認する。

いずれも屋内作業であるため降灰による影響はない。

b. 通信連絡設備に関する手順等

(a) 対応手段と設備の選定の考え方

火山影響等発生時における通信連絡については、新規規制基準対応として整備した設計基準対象施設（重大事故等対処設備との兼用を含む。）及び重大事故等対処設備の通信連絡設備のうち、降下火砕物の影響を受けない有線系の設備を複数手段確保することにより機能を確保する。なお、発電所外への通信連絡設備については、輻輳等による制限を受けない専用通信回線に接続している。

火山影響等発生時に使用する通信連絡設備は、外部電源が期待できない場合でも非常用ディーゼル発電機又は無停電電源装置（充電器等を含む。）からの給電により電力保安通信用電話設備、携帯型音声呼出電話機、5号炉屋外緊急連絡用インターフォン、テレビ会議システム、専用電話設備、統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備（テレビ会議システム、IP-電話機及びIP-FAX）、安全パラメータ表示システム（SPDS）及びデータ伝送設備が使用可能である。

また、非常用ディーゼル発電機の機能が喪失した場合においても、タービン建屋に移動した5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備からの給電又は乾電池により5号炉屋外緊急連絡用インターフォン、テレビ会議システム、専用電話設備及び統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備（テレビ会議システム、IP-電話機及びIP-FAX）、携帯型音声呼出電話機が使用可能である。なお、計測等を行った特に重要なパラメータを発電所外（社内外）の必要な場所で共有する場合については、専用電話設備及び統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備（テレビ会議システム、IP-電話機及びIP-FAX）を使用することで可能である。

さらに、5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備の機能が喪失した場合には、火山影響等発生時の手順において最低限必要となる発電所内の通信連絡機能を確保するため、乾電池で使用可能な携帯型音声呼出電話機を使用する。なお、携帯型音声呼出電話機については、使用場所（中央制御室及び屋内の作業場所）に専用通信線及び専用接続箱が常設されているため、携帯型音声呼出電話機を専用接続箱に接続することにより容易に使用することが可能である。また、使用場所（中央制御室及び5号炉原子炉建屋内緊急時対策所）に電力保安通信用電話設備の通信線が常設されているため、携帯型音声呼出電話機を通信線に接続することにより容易に使用することが

可能である。

携帯型音声呼出電話機による発電所内の通信連絡の概要を第 15 図に示す。

(b)対応手段と設備の選定の結果

火山影響等発生時に使用する通信連絡設備は以下のとおり。発電所内外の通信連絡設備の概要を第 16 図に示す。

- ・電力保安通信用電話設備
- ・携帯型音声呼出電話機
- ・5号炉屋外緊急連絡用インターフォン
- ・安全パラメータ表示システム（SPDS）
- ・テレビ会議システム
- ・専用電話設備
- ・統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備（テレビ会議システム、IP-電話機及びIP-FAX）
- ・データ伝送設備

なお、送受話器（警報装置を含む。）については、無停電源装置（充電器等を含む。）が給電できる間は連続して使用可能である。

建屋外設置の5号炉屋外緊急連絡用インターフォンを除くこれらの設備については、降下火砕物堆積荷重に対して構造健全性を有する建屋内に設置されており、また有線系の通信回線を有することから降下火砕物の影響を受けることはない。なお、建屋外設置の5号炉屋外緊急連絡用インターフォンについては、灰が積もりにくい形状であることから降下火砕物の影響を受けることはない。

外部電源が期待できない場合は非常用ディーゼル発電機、乾電池又はタービン建屋に移動した5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備からの給電により、携帯型音声呼出電話機、専用電話設備及び統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備（テレビ会議システム、IP-電話機及びIP-FAX）を使用するが、これらの設備及び電源は、建屋内の設置及び操作となることから降下火砕物の影響を受けることはない。

計測等を行った特に重要なパラメータを発電所外（社内外）の必要な場所で共有する場合については、専用電話設備及び統合原子力防災ネットワーク

を用いた通信連絡設備（テレビ会議システム、IP-電話機及びIP-FAX）を使用することで可能である。なお、安全パラメータ表示システム（SPDS）及びデータ伝送設備によるデータ伝送については、無停電源装置（充電器等を含む。）が給電できる間は連続して使用可能である。

また、全ての電源が期待できない場合は、乾電池を用いた携帯型音声呼出電話機を使用するが、建屋内の設置、操作となることから降下火砕物の影響を受けることはない。

火山影響等発生時において、通信連絡設備の機能を確保するための電源系統の概要を第17図に、5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備による給電の概要を第18図に示すとともに、対策手順等を以下に示す。

(c) 手順着手の判断基準

ア. 5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備による給電準備

気象庁が発表する降灰予報（「速報」又は「詳細」）により柏崎刈羽原子力発電所を含む地域（柏崎市、刈羽村）への「多量」の降灰が予想された場合、気象庁が発表する噴火に関する火山観測報において、地理的領域（発電所敷地から半径160km）内の火山に噴火が確認されたが、噴火後10分以内に降灰予報が発表されない場合又は降下火砕物による発電所への重大な影響が予想される場合。

なお、その後降灰予報が発表され、発電所への降灰が「多量」未満もしくは範囲外となった場合は、体制を解除する。

イ. 5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備による給電開始

火山影響等発生時において外部電源喪失が発生し、非常用ディーゼル発電機からの受電が不能となった場合、5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備による給電を開始する。

(d) 作業手順

通信連絡設備への給電準備及び給電開始の概略手順は以下のとおり。

第19図に給電準備及び給電開始のタイムチャートを示す。

ア. 5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備による給電準備

① 発電所対策本部長は、緊急時対策要員へ5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備による給電準備を指示する。

- ②緊急時対策要員は、保管場所から、7号炉タービン建屋大物搬入口の扉を開放し、搬入口内へ5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備を移動する。
- ③緊急時対策要員は、5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備から5号炉原子炉建屋内緊急時対策所内の通信連絡設備まで給電できるように電源ケーブルを敷設・接続する。
- ④緊急時対策要員は、7号炉タービン建屋大物搬入口内に排気ダクトを敷設・接続する。

イ. 5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備による給電開始

- ① 発電所対策本部長は、緊急時対策要員に5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備による給電開始を指示する。
- ②緊急時対策要員は、5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備を起動し、運転状態を確認する。
- ③緊急時対策要員は、5号炉 TSC 用 6/7 号炉電源切替盤にて給電切替操作を実施する。
- ④緊急時対策要員は、5号炉 TSC 用受電盤にて給電操作を実施し、受電状態を確認する。

(e) 作業の成立性

ア. 5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備による給電準備及び給電開始

作業の成立性について、確認結果を別紙4に示す。

5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備の給電準備の内、屋外作業は降灰前に完了させるため、降灰による影響はない。

(f) 必要な資源について

ア. 電源

通信連絡設備の負荷は、緊急時対策所で約20kWであり、5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備（200kVA^{*1}により給電が可能である（別紙5））。

携帯型音声呼出電話機については、電源である乾電池を交換することで24時間にわたって使用することができる。

携帯型音声呼出電話機による発電所内の通信連絡の概要を第 15 図に示す。

※1：換気空調設備，照明設備（コンセント負荷含む）及び放射線管理設備の負荷約 51kW を考慮しても合計約 71kW であり，給電可能である。

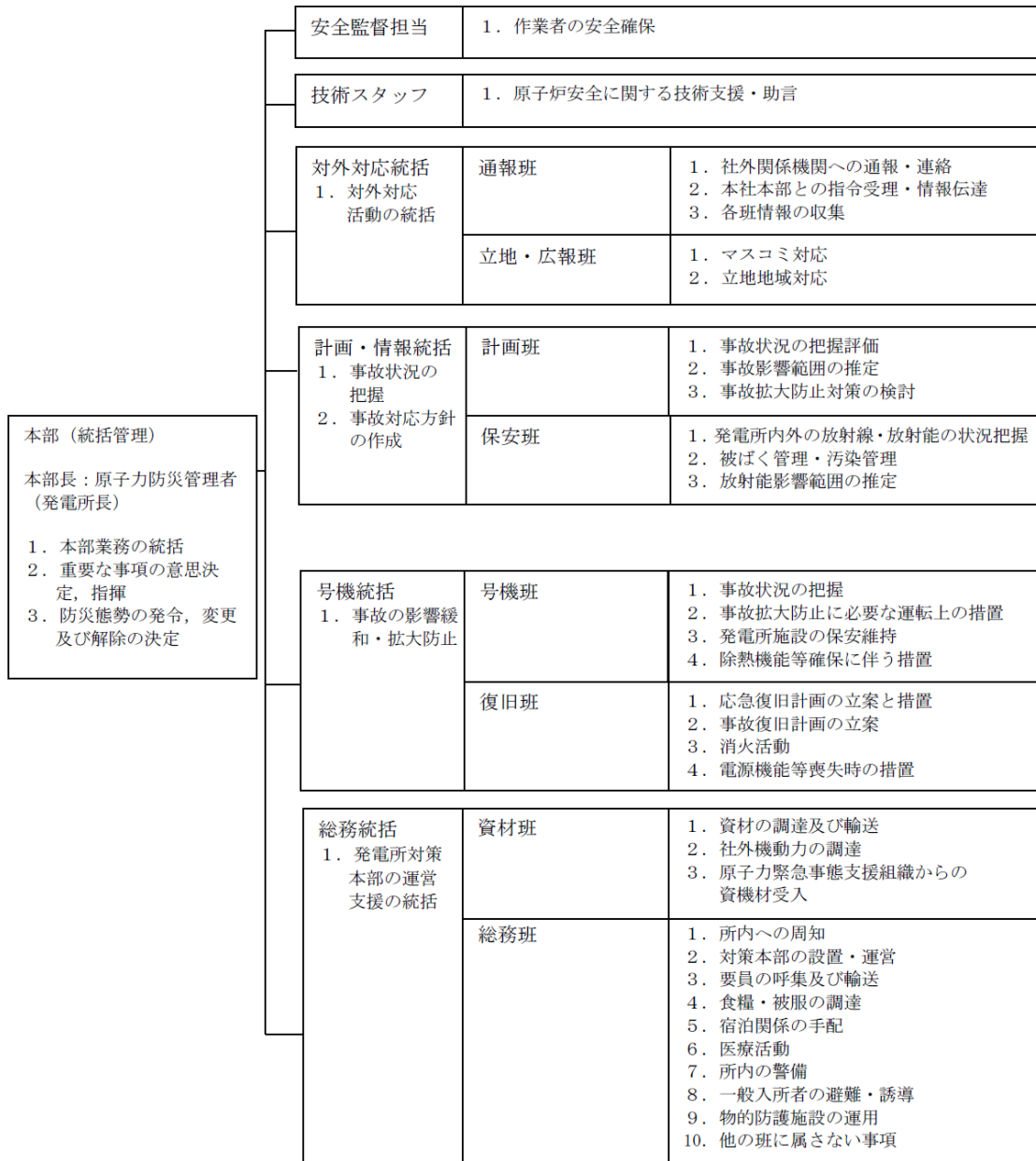
イ．燃料

5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備が降灰継続の24時間に亘って連続運転するために必要な燃料は約400Lであるが，燃料タンクで910L確保しているため，降灰継続の間，連続で通信連絡設備に給電することが可能である。

6 定期的な評価

第 2 項から第 5 項の活動の実施結果について，定期的に評価を行うとともに，評価の結果に基づき必要な措置を講じる。

- (1) 各GMは，第 2 項から第 5 項の活動の実施結果について，1 年に 1 回以上定期的に評価を行うとともに，評価結果に基づき，より適切な活動となるように必要に応じて，計画の見直しを行い，技術計画GMに報告する。
- (2) 技術計画GMは，各GMからの報告を受け，必要に応じて計画の見直しを行う。



第1図 火山影響等発生時の体制の概略
(防災組織図)

第 12 条（運転員等の確保）

第一運転管理部長及び第二運転管理部長（以下「運転管理部長」という。）は、原子炉の運転に必要な知識を有する者を確保する。なお、原子炉の運転に必要な知識を有する者とは、原子炉の運転に関する実務の研修を受けた者をいう。

2. 運転管理部長は、原子炉の運転にあたって前項で定める者の中から、1 班あたり表 12-1 に定める人数の者をそろえ、5 班以上編成した上で 2 交替勤務を行わせる。なお、特別な事情がある場合を除き、運転員は連続して 24 時間を超える勤務を行ってはならない。また、表 12-1 に定める人数のうち、1 名は当直長とし、運転責任者として原子力規制委員会が定める基準に適合した者の中から選任された者とする。

<中略>

4. 各 GM は、重大事故等の対応のための力量を有する者を確保する。また、防災安全 GM は、重大事故等対応を行う要員として、表 12-3 に定める人数を常時確保する。

<以下、省略>

表 12-1

中央制御室名 原子炉の状態	1 号炉 ^{※1}	2号炉, 3号炉, 4号炉及び5号炉 ^{※1}	6 / 7 号炉 ^{※1}
運転, 起動, 高温停止の場合	—	—	13 名以上 ^{※3}
低温停止, 燃料交換の場合	4 名以上 ^{※2}	3 名以上 ^{※2}	10 名以上 ^{※4}

表 12-3

要員名	緊急時対策要員	自衛消防隊
常駐	50 名以上 ^{※5}	10 名以上
召集	114 名以上 ^{※6}	18 名以上 ^{※7}

※1：1号炉, 2号炉, 3号炉, 4号炉, 5号炉及び6号炉については、原子炉への燃料装荷を行わない

※2：1号炉から5号炉合わせて22名以上常時確保する

※3：7号炉1基が該当する場合

※4：原子炉が2基とも該当する場合

※5：50名以上のうち、6名以上を1号炉, 2号炉, 3号炉, 4号炉及び5号炉の要員、44名以上を6号炉及び7号炉の要員とする。

※6：114名以上のうち、8名以上を1号炉, 2号炉, 3号炉, 4号炉及び5号炉の要員、106名以上を6号炉及び7号炉の要員とする。

※7：火災の規模に応じ召集する。

出典：柏崎刈羽原子力発電所原子炉施設保安規定第 12 条（運転員等の確保）表 12-1, 表 12-3

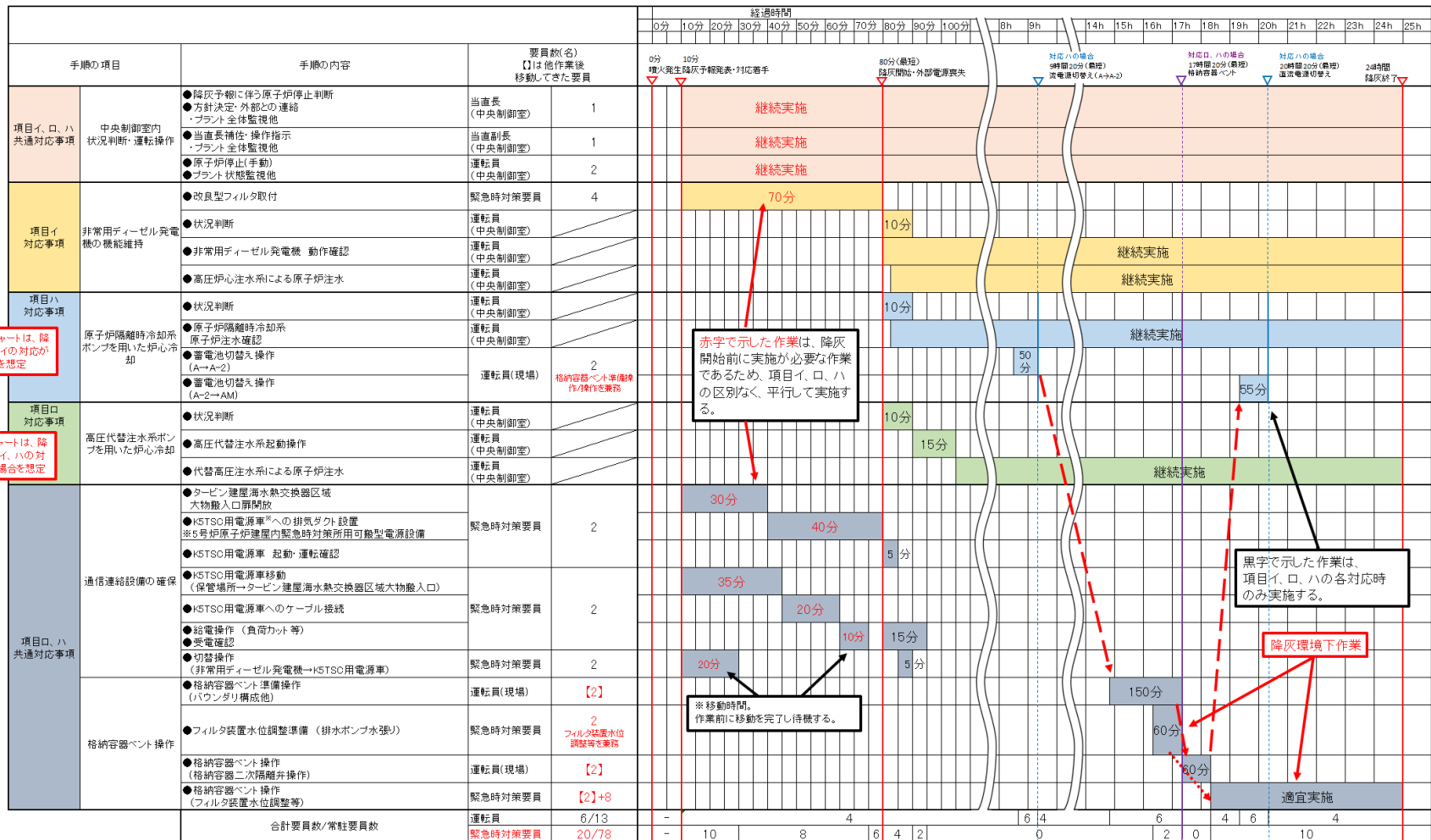
第 2 図 火山影響等発生時の体制の概略

（保安規定第 12 条（運転員等の確保）に定める要員）

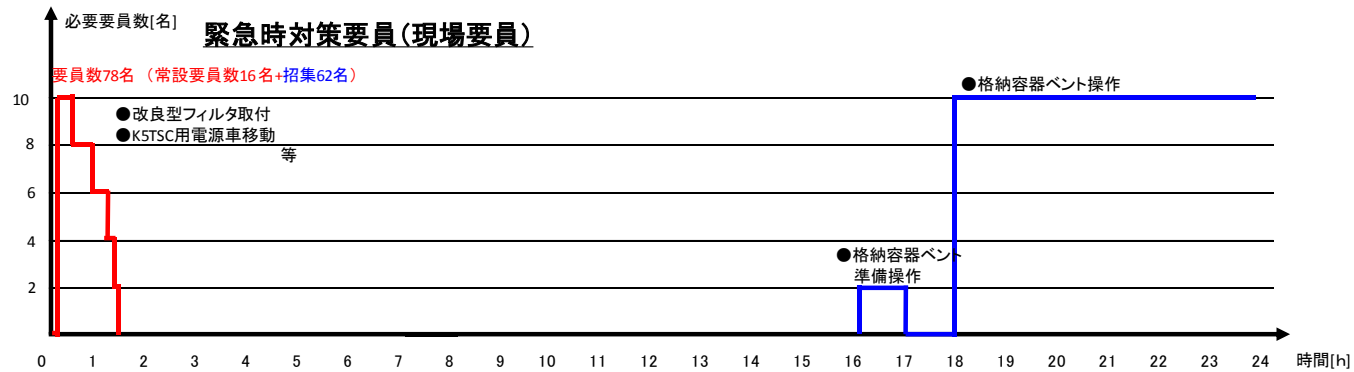
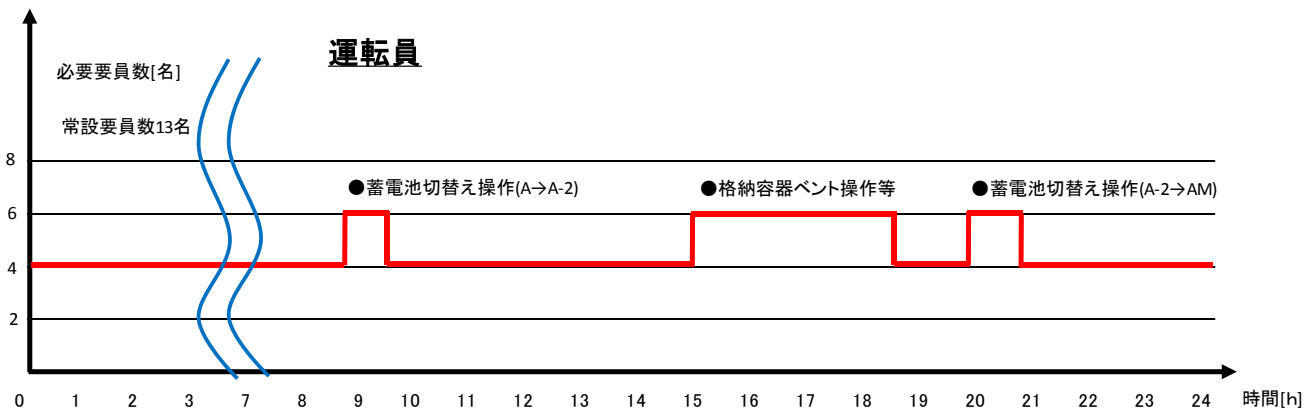
保安規定第 12 条に定める要員		火山影響等発生時の対応要員		対応内容
運転員	6,7 号炉 13 名 ^{※1}	運転員	6,7 号炉 13 名 ^{※1}	<ul style="list-style-type: none"> ・降灰予報に伴う原子炉停止判断（当直長） ・方針決定，外部との連絡，プラント全体監視他（当直長） ・当直長補佐，操作指示，プラント全体監視他（当直副長） ・原子炉停止 ・プラント状態監視他 ・非常用ディーゼル発電機運転確認 ・HPAC 起動操作 ・HPCF, HPAC, RCIC 運転確認 ・直流電源（蓄電池）切替え ・格納容器ベント準備操作（バウンダリ構成他） ・格納容器ベント操作（格納容器二次隔離弁操作）
緊急時対策要員	6, 7 号炉 常駐 44 名 召集 106 名	緊急時対策要員 （本部要員）	6, 7 号炉 常駐 28 名 （召集 44 名）	<ul style="list-style-type: none"> ・統括管理及び全体指揮 ・原子炉ごとの統括管理及び原子炉ごとの指揮 ・通報連絡
		緊急時対策要員 （現場要員）	6, 7 号炉 常駐 16 名 （召集 62 名）	<ul style="list-style-type: none"> ・改良型フィルタ取付 ・フィルタ装置水位調整準備（排水ポンプ水張り） ・格納容器ベント操作（フィルタ装置水位調整等） ・大物搬入口扉開放 ・排気ダクト設置 ・可搬型電源設備移動，ケーブル接続，起動，運転確認，給電操作，受電確認（通信連絡設備の確保）

※1：7 号炉のみ運転中の場合の人数を示す。

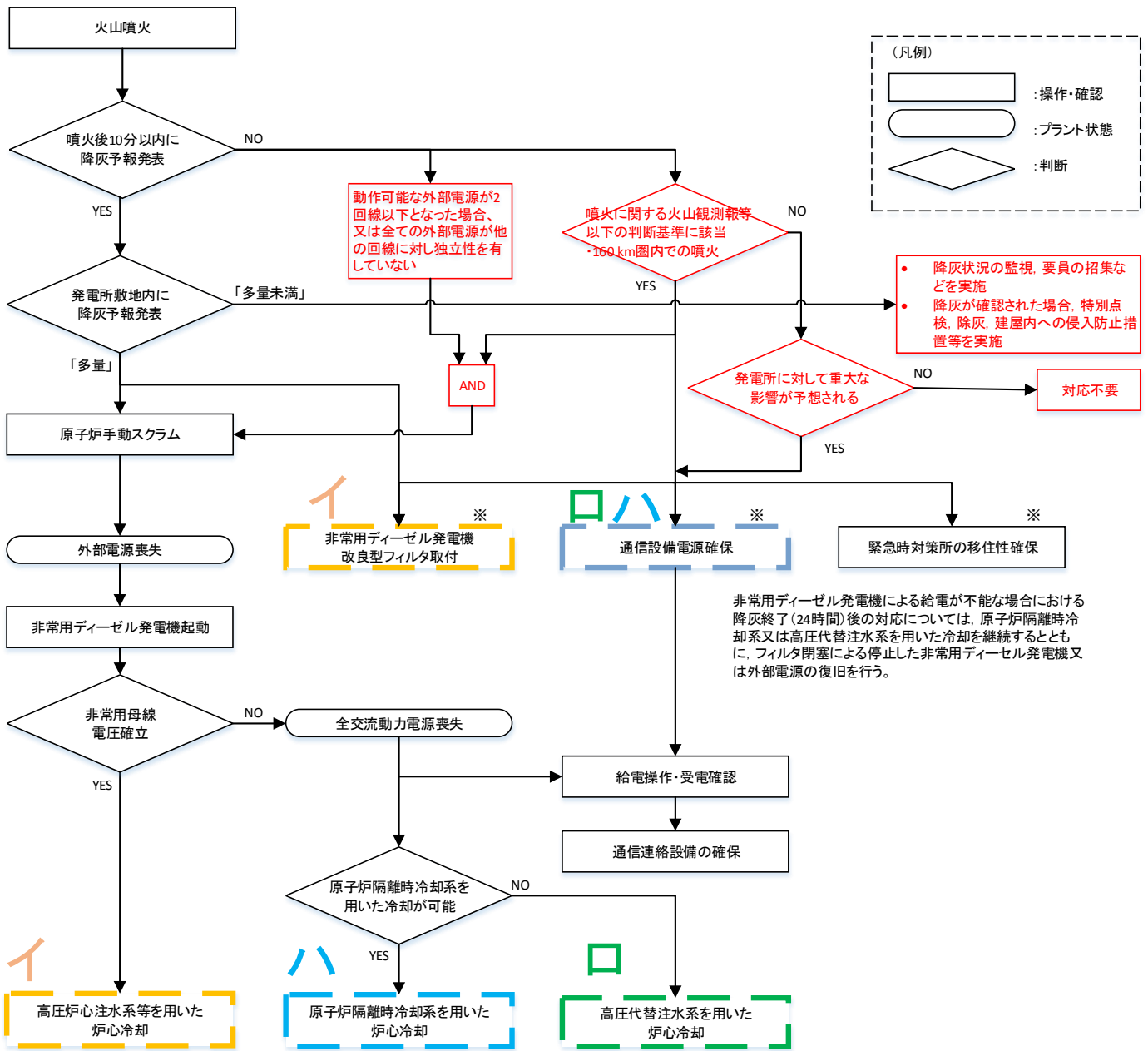
第 3 図 火山影響等発生時の体制の概略（要員の対応内容）



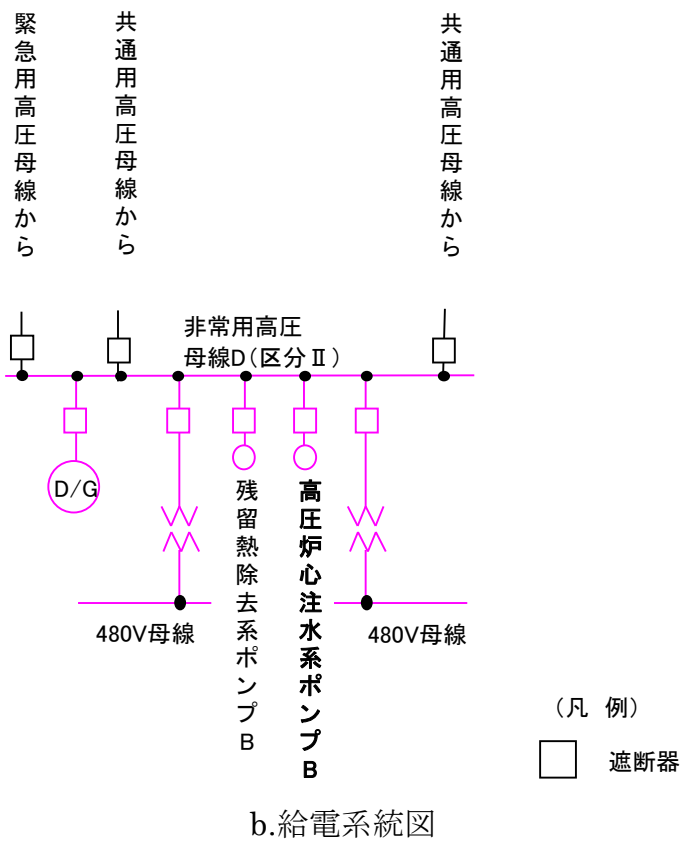
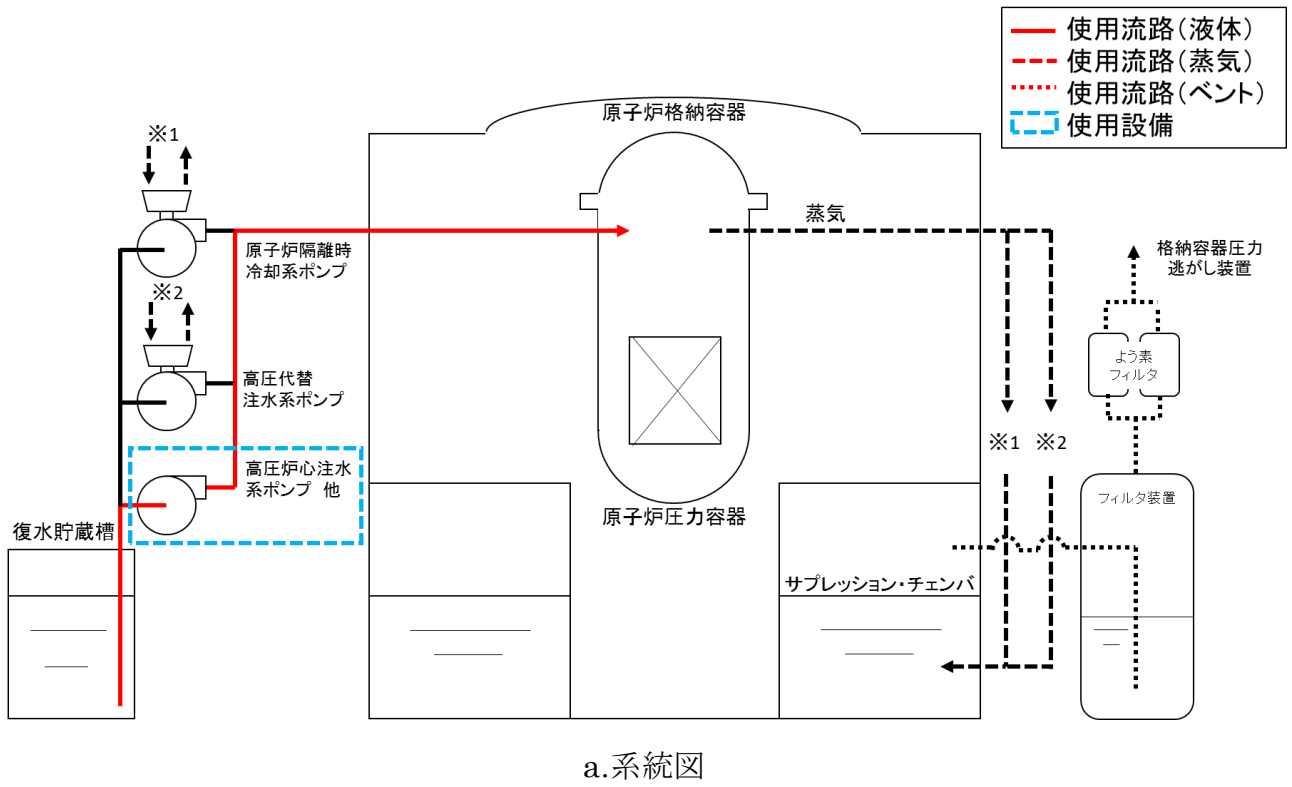
第4図 火山影響等発生時における対応のタイムチャート (1/2)



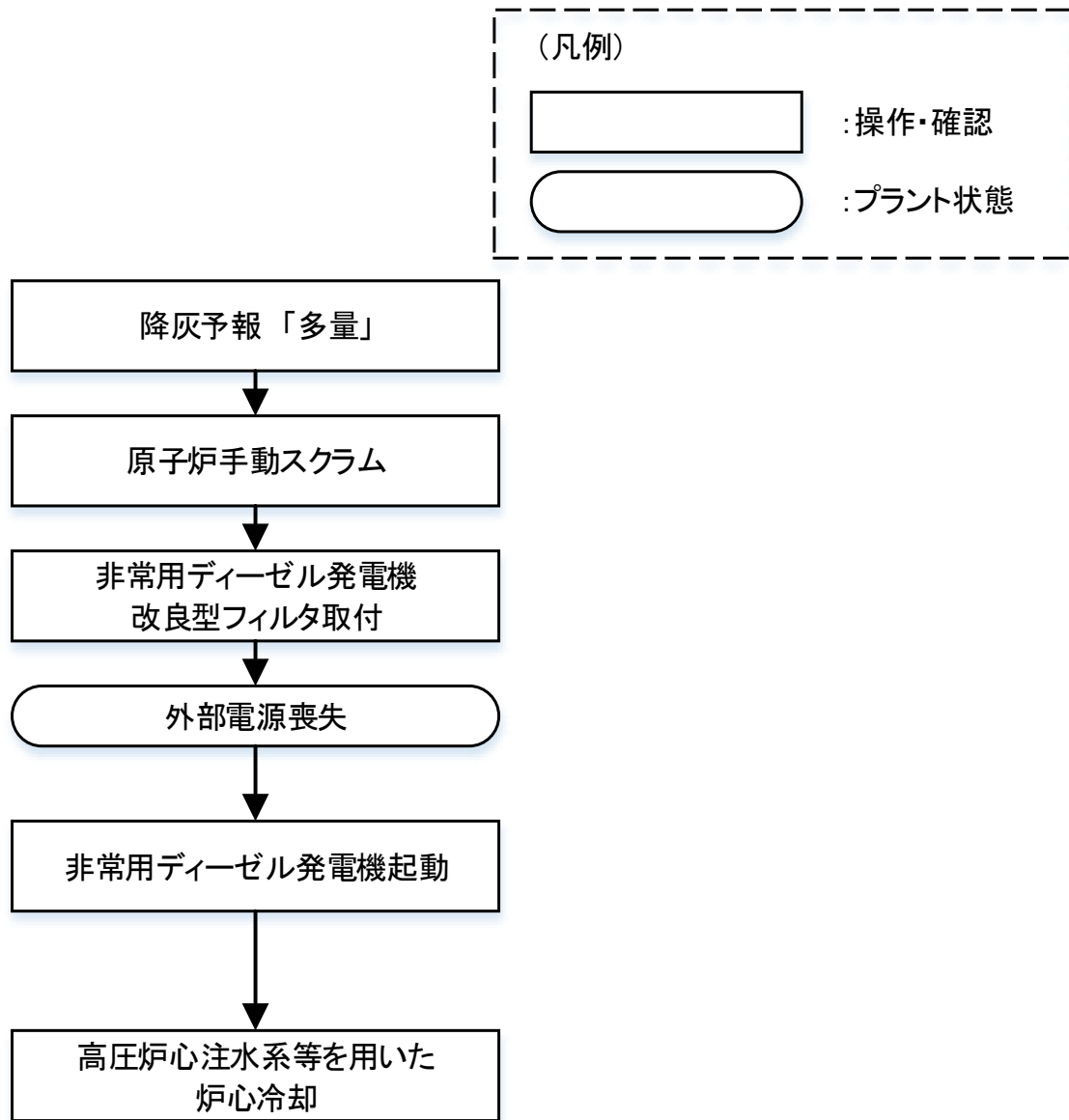
第4図 火山影響等発生時における対応のタイムチャート (2/2)
(対応必要人数の時間経過)



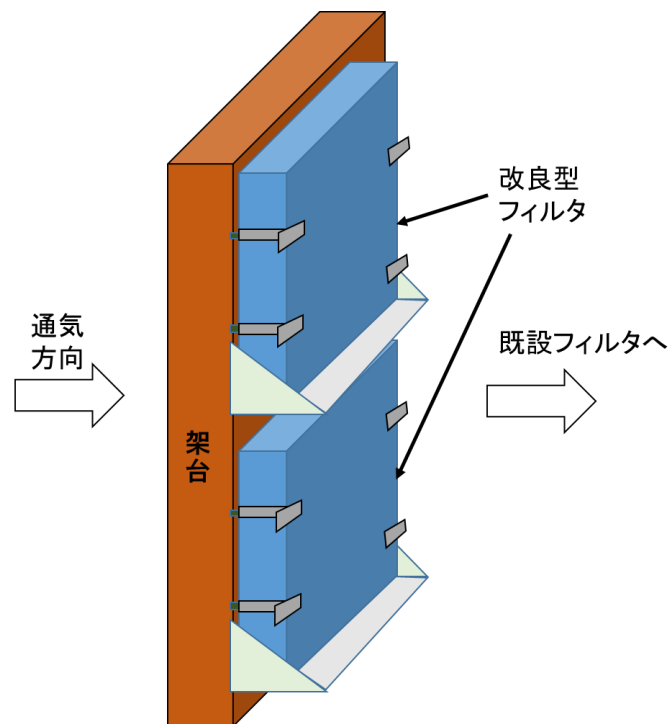
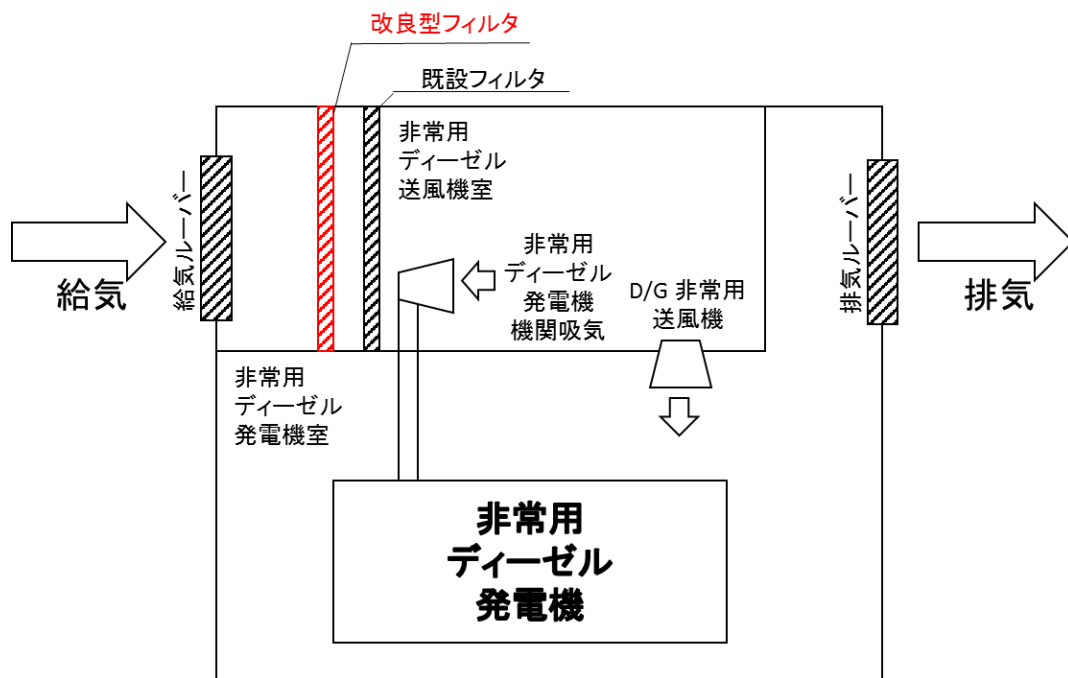
第5図 火山影響等発生時における炉心冷却のためのイ、ロ、ハの各対応の全体フロー



第6図 対策の概略系統図 (非常用ディーゼル発電機の機能維持)
(イの対応)



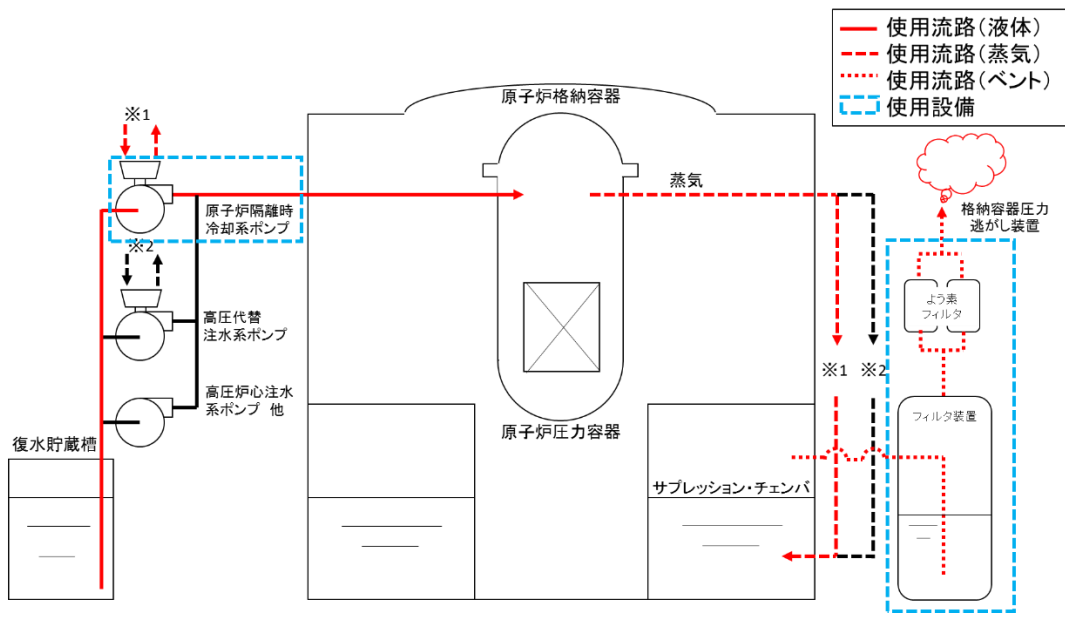
第7図 非常用ディーゼル発電機の機能維持のための対応手順の概要
(イの対応)



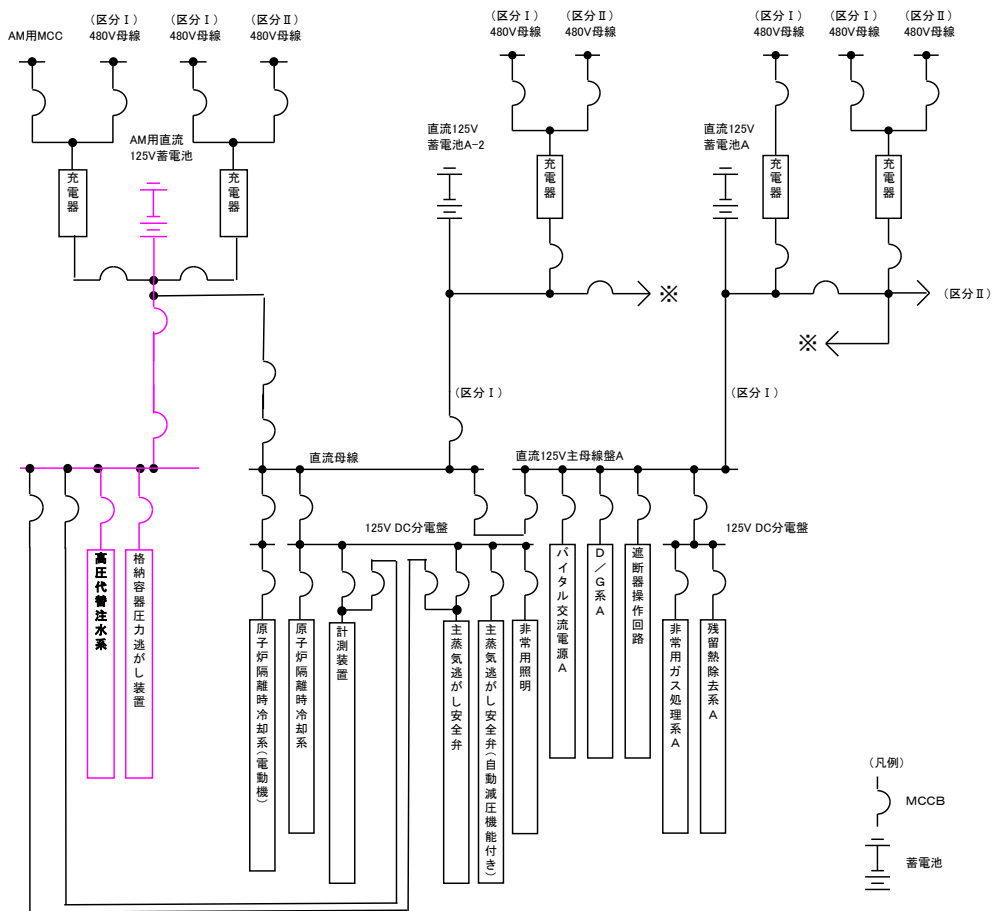
第8図 非常用ディーゼル発電機への改良型フィルタ取付 概略図
(イの対応)

			経過時間(分)								
			0	10	20	30	40	50	60	70	80
手順の項目	要員	要員数 (名)	0分 噴火発生	約10分 降灰予報発表・対応着手							80分(最短) 降灰開始
非常用ディーゼル 発電機(A系) 改良型フィルタ 取付	緊急時対策要員	2		移動							
					非常用ディーゼル発電機(A系) 改良型フィルタ取付						
非常用ディーゼル 発電機(B系) 改良型フィルタ 取付	緊急時対策要員	2		移動							
					非常用ディーゼル発電機(B系) 改良型フィルタ取付						

第9図 非常用ディーゼル発電機への改良型フィルタ取付 タイムチャート
(イの対応)

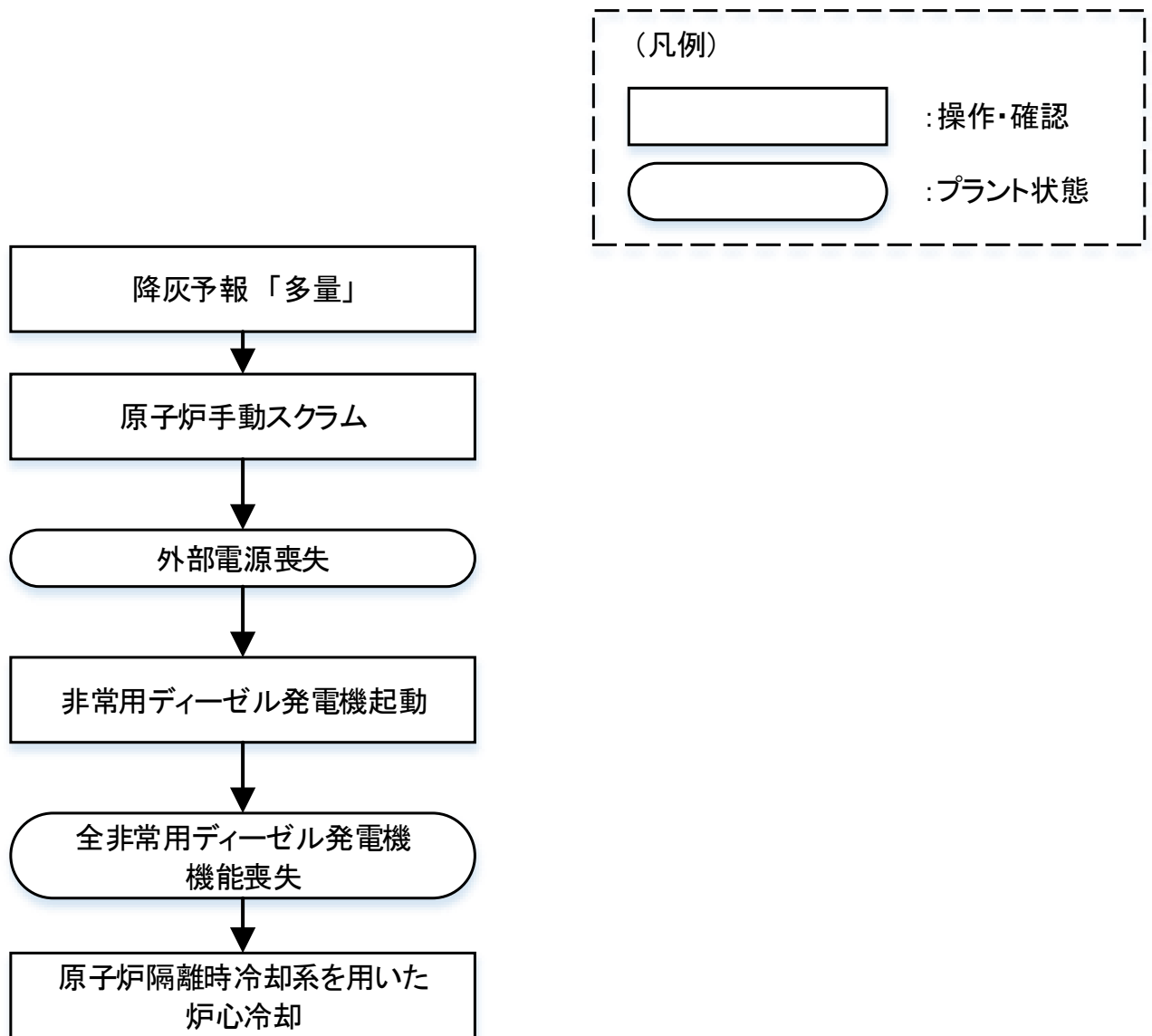


a. 系統図

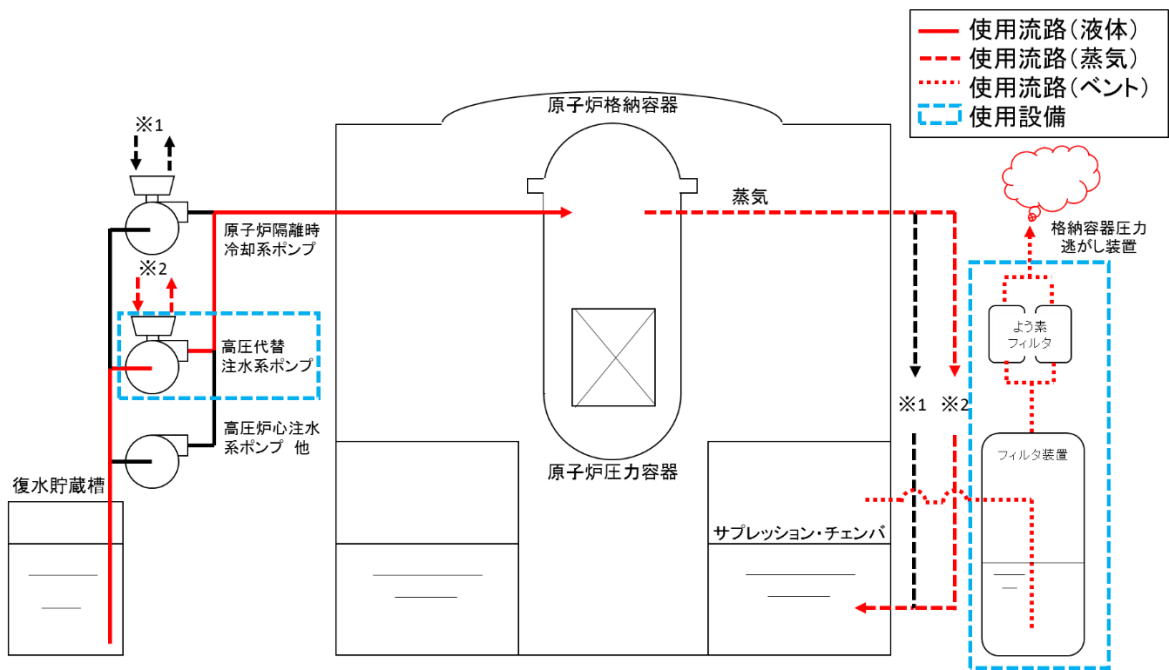


b. 給電系統図

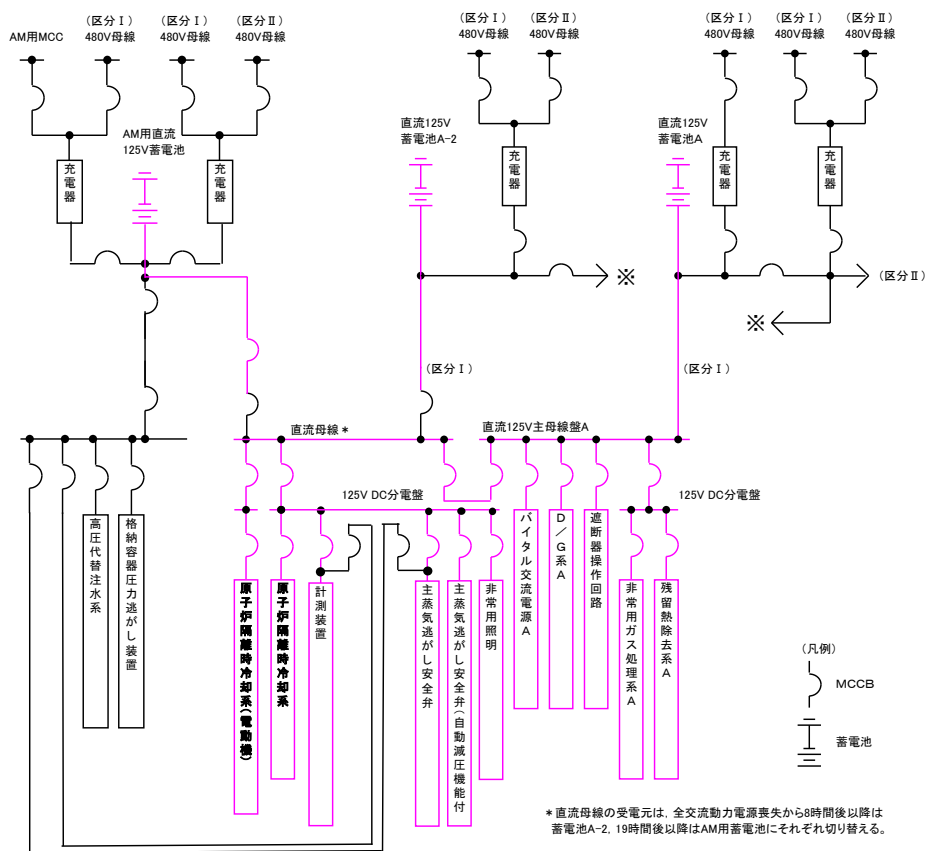
第10図 対策の概略系統図 (原子炉隔離時冷却系を用いた炉心冷却) (ハの対応)



第 11 図 原子炉隔離時冷却系を用いた炉心冷却のための対応手順の概要
(ハの対応)

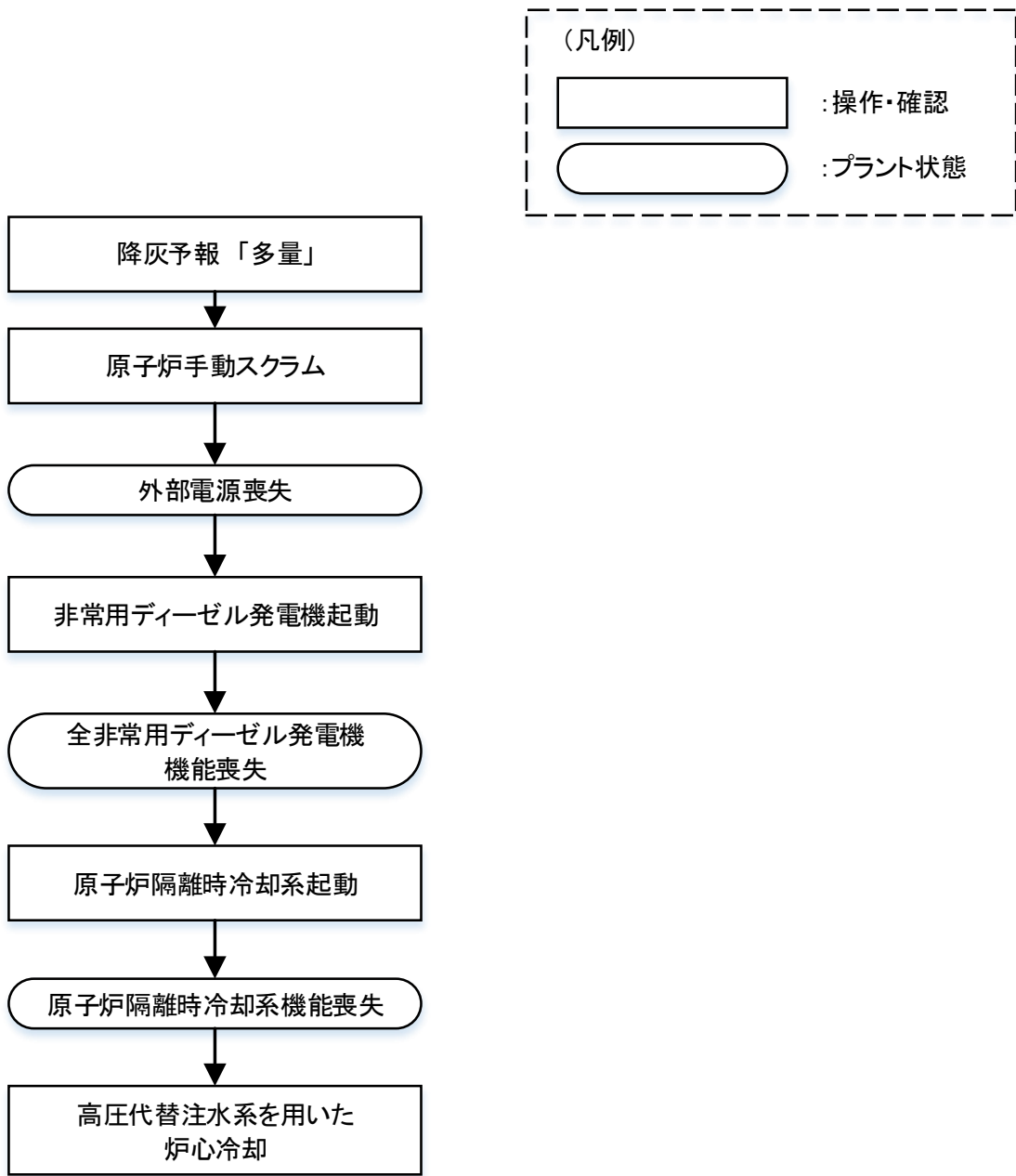


a.系統図

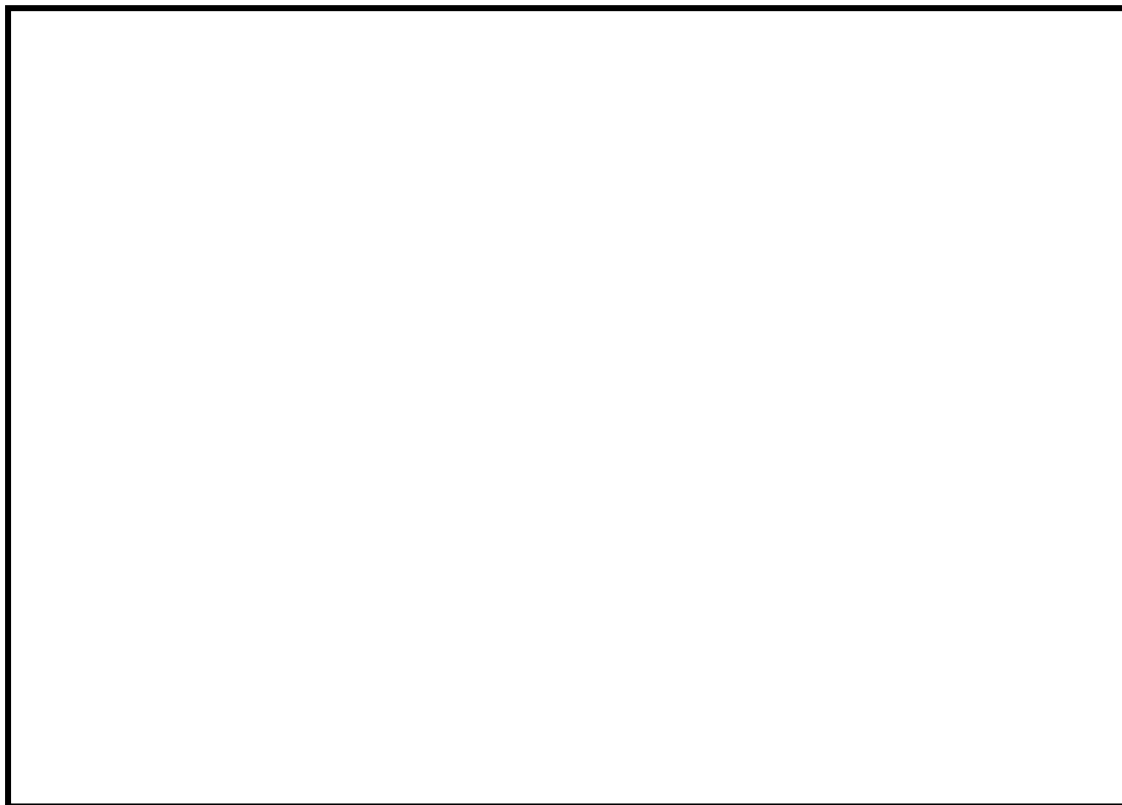


b.給電系統図

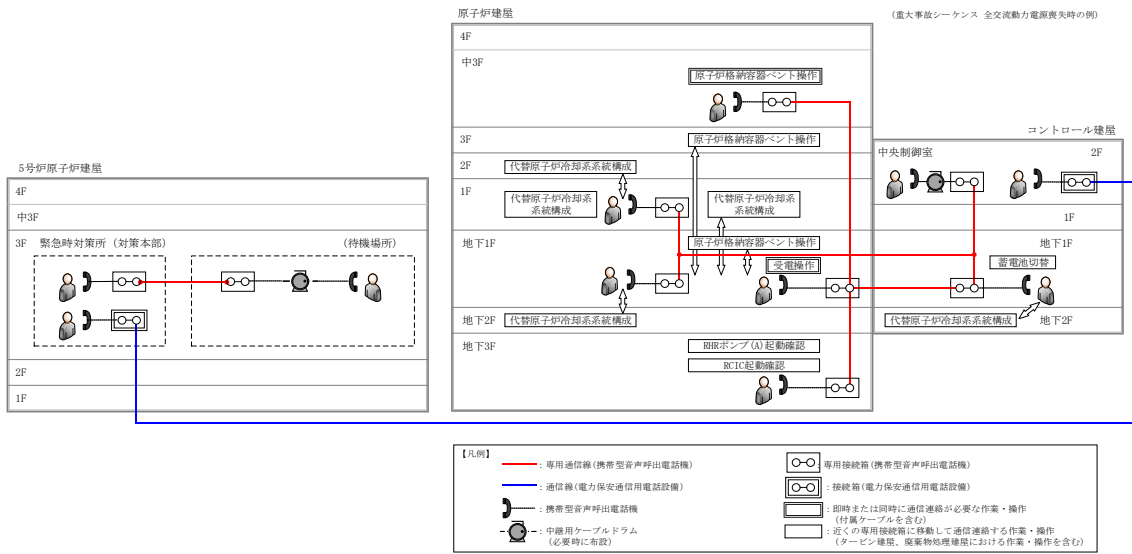
第 12 図 対策の概略系統図 (高圧代替注水系を用いた炉心冷却)
(口の対応)



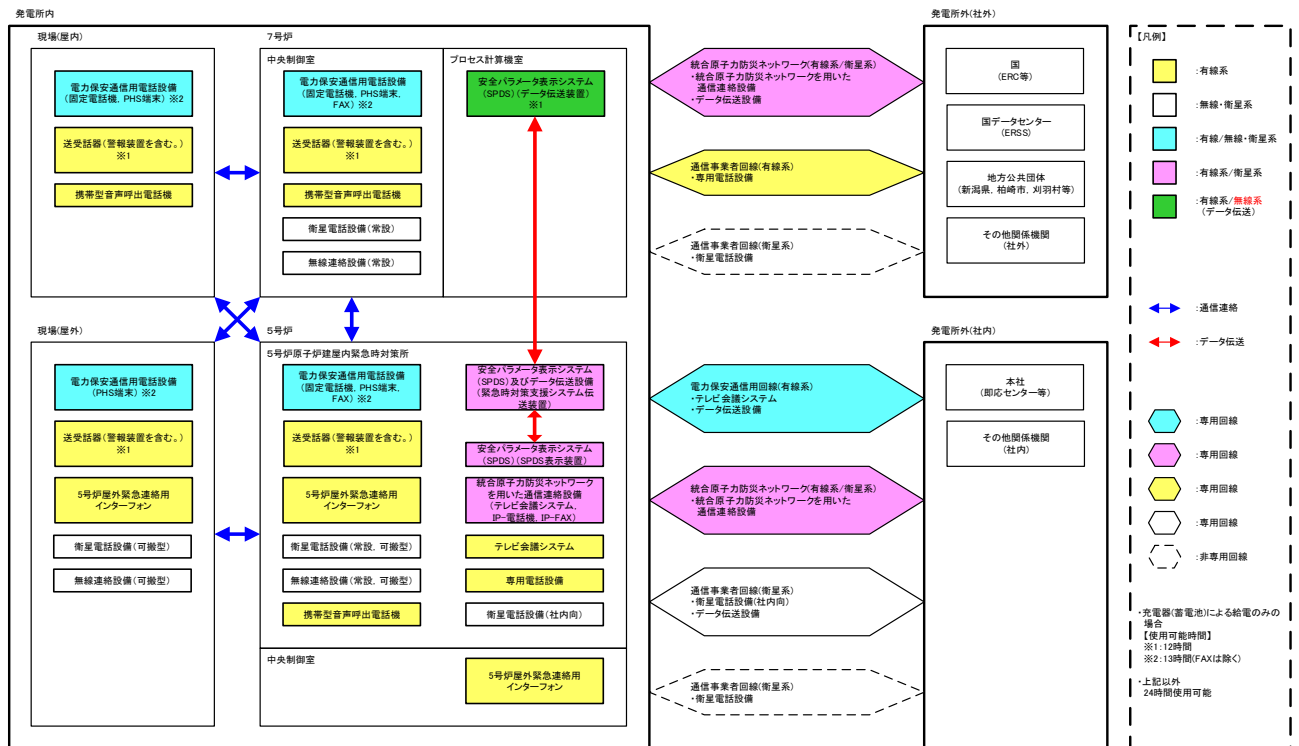
第 13 図 高圧代替注水系を用いた炉心冷却のための対応手順の概要
(口の対応)



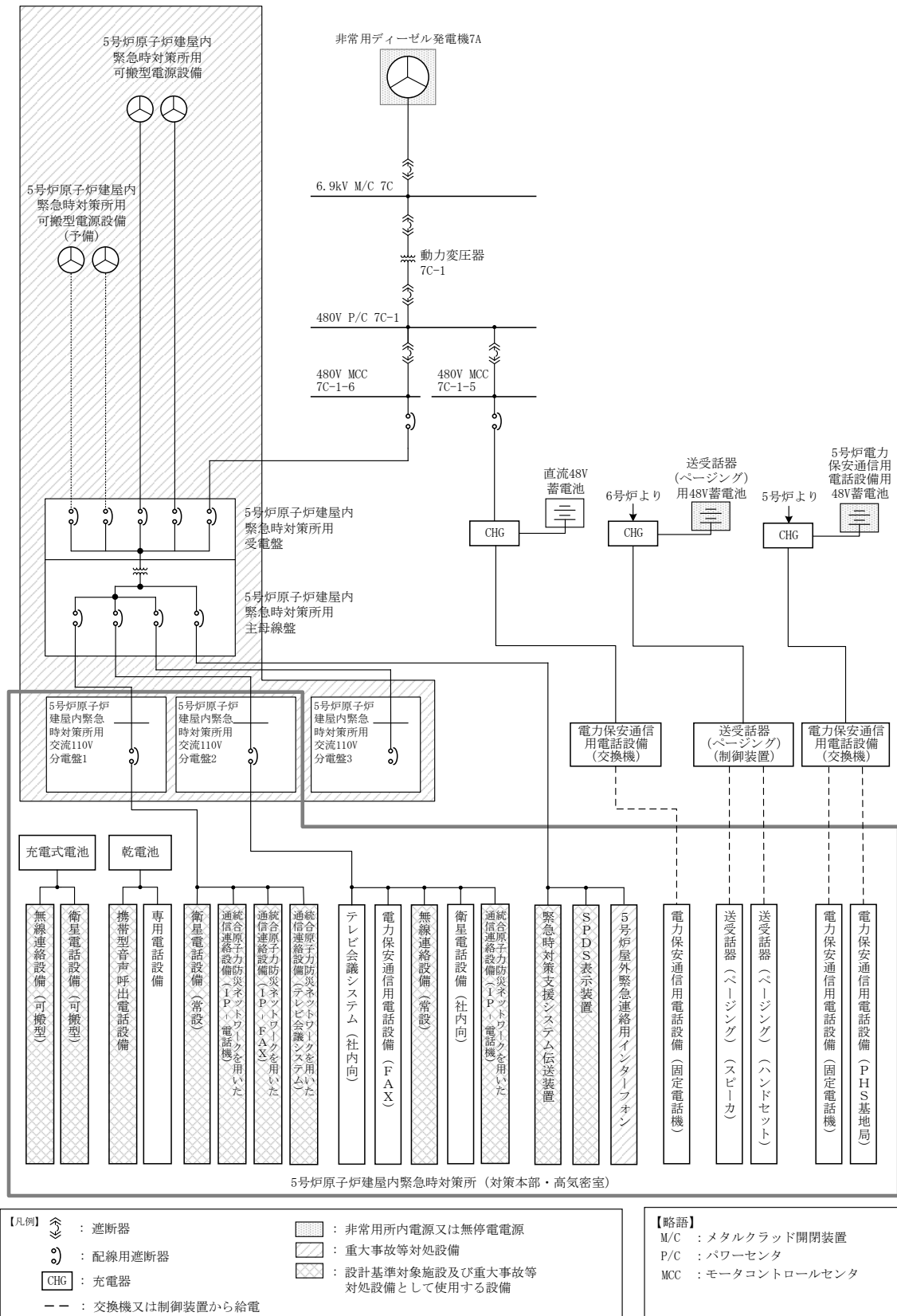
第 14 図 5 号炉緊急時対策所図（原子炉建屋 地上 3 階）換気経路の確保



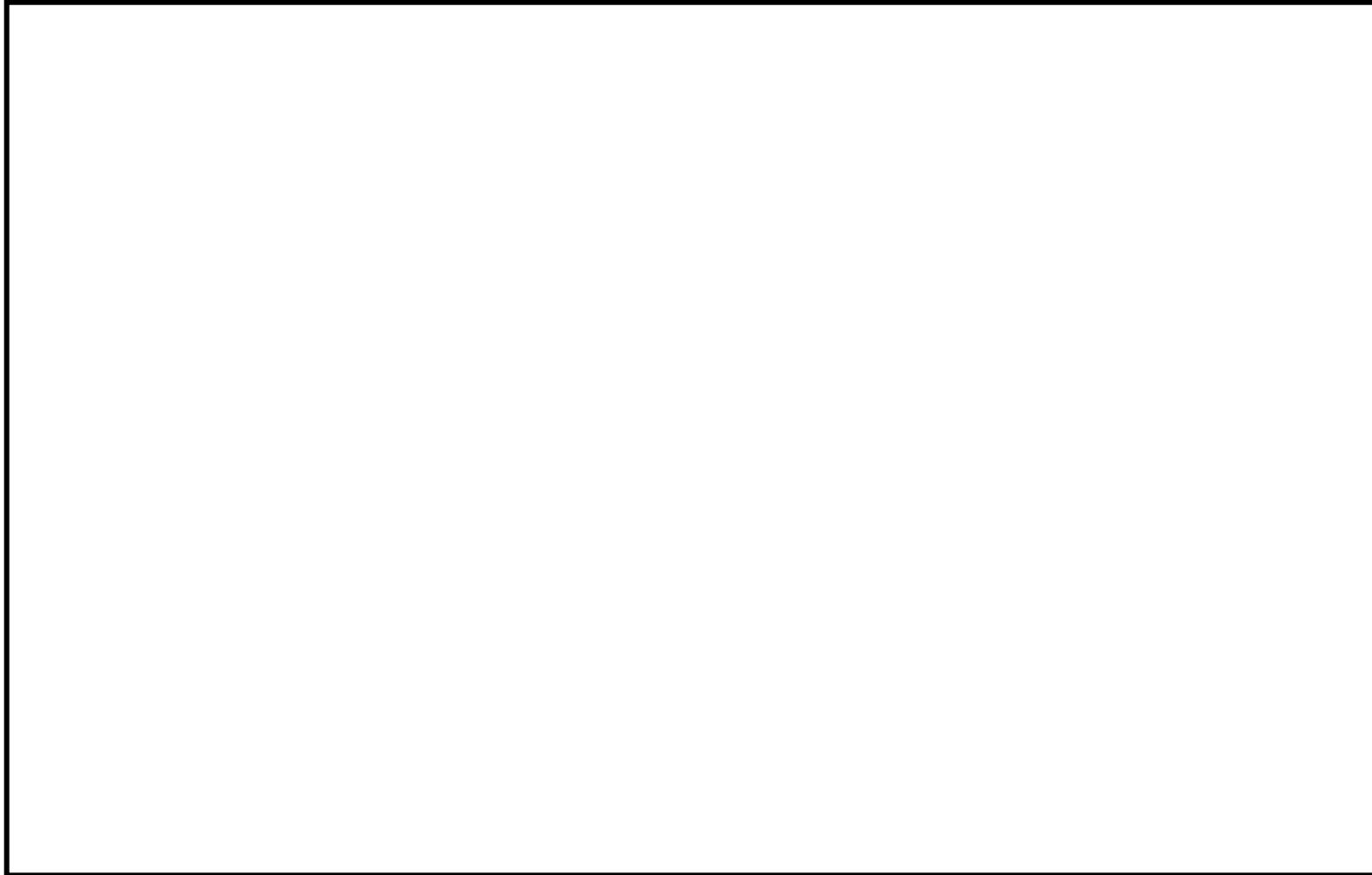
第 15 図 携帯型音声呼出電話機による発電所内の通信連絡の概要



第 16 図 火山影響等発生時に使用する通信連絡設備の概要



第17図 通信連絡設備の電源システムの概要



第 18 図 5 号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備による給電の概要



第 19 図 5 号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備による給電準備及び給電開始タイムチャート

設置変更許可添付書類十 「7.1.3.1 全交流動力電源喪失」
(外部電源喪失+DG喪失) より抜粋

本重要事故シーケンスにおける原子炉圧力，原子炉水位（シュラウド内及びシュラウド内外）^{※3}，注水流量，逃がし安全弁からの蒸気流量，原子炉圧力容器内の保有水量の推移を第 7.1.3.1-7 図から第 7.1.3.1-12 図に，燃料被覆管温度，高出力燃料集合体のボイド率及び炉心下部プレナム部のボイド率の推移を第 7.1.3.1-13 図から第 7.1.3.1-15 図に，

10-7-1-62 (その2) ⑧

格納容器圧力，格納容器温度，サプレッション・チェンバ・プール水位及び水温の推移を第 7.1.3.1-16 図から第 7.1.3.1-19 図に示す。

※3 シュラウド内は，炉心部から発生するボイドを含んだ二相水位を示しているため，シュラウド外の水位より，見かけ上高めの水位となる。一方，非常用炉心冷却系の起動信号となる原子炉水位計（広帯域）の水位及び運転員が炉心冠水状態において主に確認する原子炉水位計（広帯域・狭帯域）の水位は，シュラウド外の水位であることから，シュラウド内外の水位を併せて示す。なお，水位が有効燃料棒頂部付近となった場合には，原子炉水位計（燃料域）にて監視する。6 号炉の原子炉水位計（燃料域）はシュラウド内を，7 号炉の原子炉水位計（燃料域）はシュラウド外を計測している。

a. 事象進展

全交流動力電源喪失後，タービン蒸気加減弁急速閉信号が発生して原子炉がスクラムし，また，原子炉水位低（レベル 2）で原子炉隔離時冷却系が自動起動して原子炉水位は維持される。再循環ポンプについては，外部電源喪失により，事象発生とともに 10 台全てがトリップする。

所内蓄電式直流電源設備は，負荷切離しを行わずに 8 時間，その後は不要な負荷の切離し及び直流電源切替え（蓄電池 A から蓄電池 A-2）を実施し，加えて事象発生から 19 時間経過するまで直流電源切替え（蓄電池 A-2 から AM 用直流 125V 蓄電池）を実施し，更に 16 時間の合計 24 時間にわたり，重大事故等の対応に必要な設備に電源を供給する。この間，原子炉隔離時冷却系が原子炉水位低（レベル 2）での自動起動及び原子炉水位高（レベル 8）でのトリップを繰り返すことによって，原子炉水位は適切に維持される。

事象発生から 24 時間経過した時点で、常設代替交流電源設備による交流電源の供給を開始し、その後、中央制御室からの遠隔操作により逃がし安全弁 2 個を手動開することで、原子炉の急速減圧を実施し、原子炉減圧後に残留熱除去系（低圧注水モード）による原子炉注水を開始する。原子炉の急速減圧を開始すると、原子炉冷却材の流出により原子炉水位は低下するが、残留熱除去系（低圧注水モード）による原子炉注水が開始され、原子炉水位が回復する。

崩壊熱除去機能を喪失しているため、原子炉圧力容器内で崩壊熱により発生する蒸気が原子炉格納容器内に流入することで、格納容器圧力及び温度は徐々に上昇する。そのため、格納容器圧力逃がし装置等による原子炉格納容器除熱を行う。原子炉格納容器除熱は、事象発生から約 16 時間経過した時点で実施する。なお、原子炉格納容器除熱時のサプレッション・チェンバ・プール水位は、真空破壊装置（約 14m）及びベントライン（約 17m）に対して、十分に低く推移するため、真空破壊装置の健全性は維持される。この点と、蒸気の流入によってサプレッション・チェンバ・プール水温が上昇することを考慮し、その確実な運転継続を確保する観点から、原子炉隔離時冷却系の水源は復水貯蔵槽とする。常設代替交流電源設備による電源供給を開始した後は、ベントラインを閉じて、代替原子炉補機冷却系を介した残留熱除去系による原子炉格納容器除熱を行うものとする。

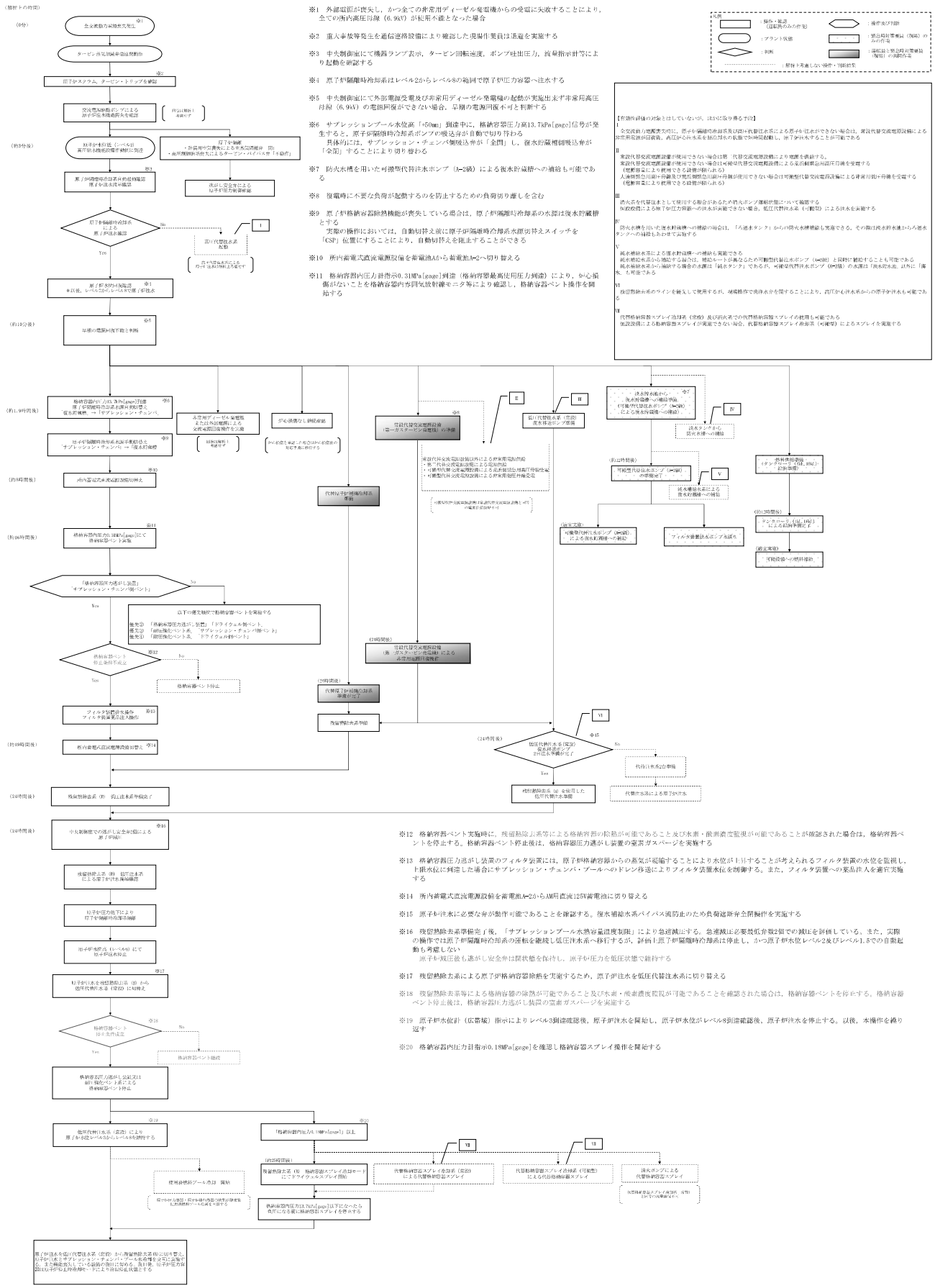
b. 評価項目等

燃料被覆管の最高温度は、第 7.1.3.1-13 図に示すとおり、初期値をわずかに上回る約 311℃となるが、1,200℃以下となる。また、燃料被覆管の酸化量は酸化反応が著しくなる前の燃料被覆管厚さの 1%以下であり、15%以下となる。

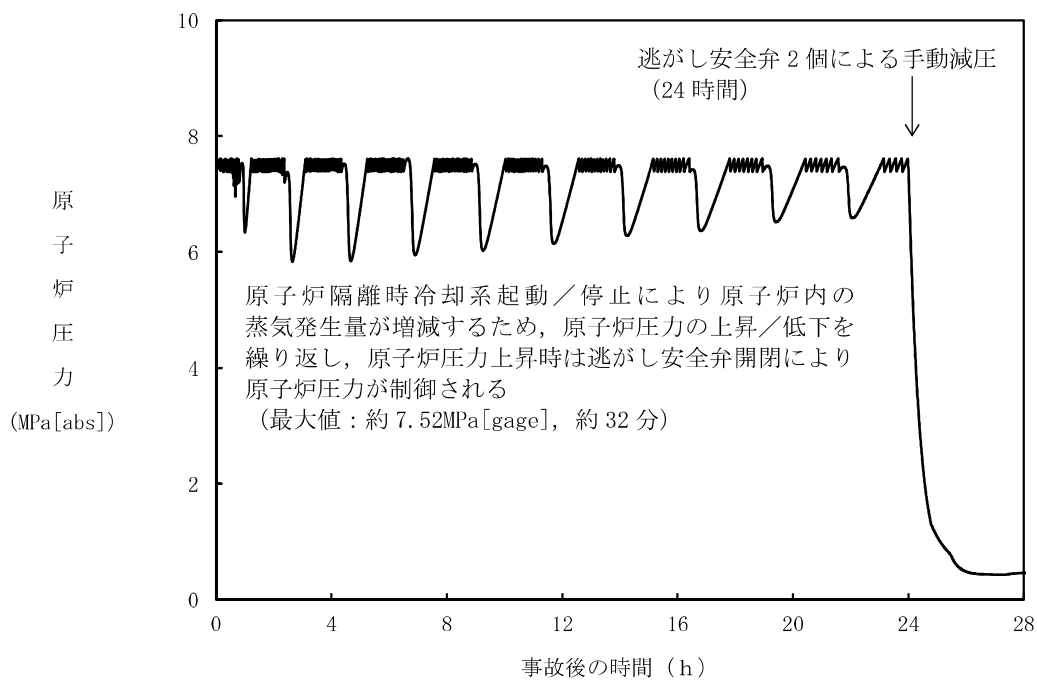
原子炉圧力は、第 7.1.3.1-7 図に示すとおり、逃がし安全弁の作動により、約 7.52MPa[gage]以下に抑えられる。原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力は、原子炉圧力と原子炉圧力容器底部圧力との差（高々約 0.3MPa）を考慮しても、約 7.82MPa[gage]以下であり、最高使用圧力の 1.2 倍（10.34MPa[gage]）を十分下回る。

また、崩壊熱除去機能を喪失しているため、原子炉圧力容器内で崩壊熱により発生する蒸気が原子炉格納容器内に流入することによって、格納容器圧力及び温度は徐々に上昇するが、格納容器圧力逃がし装置等による原子炉格納容器除熱を行うことによって、原子炉格納容器バウンダリにかかる圧力及び温度の最大値は、約 0.31MPa[gage]及び約 144℃に抑えられ、原子炉格納容器の限界圧力及び限界温度を下回る。

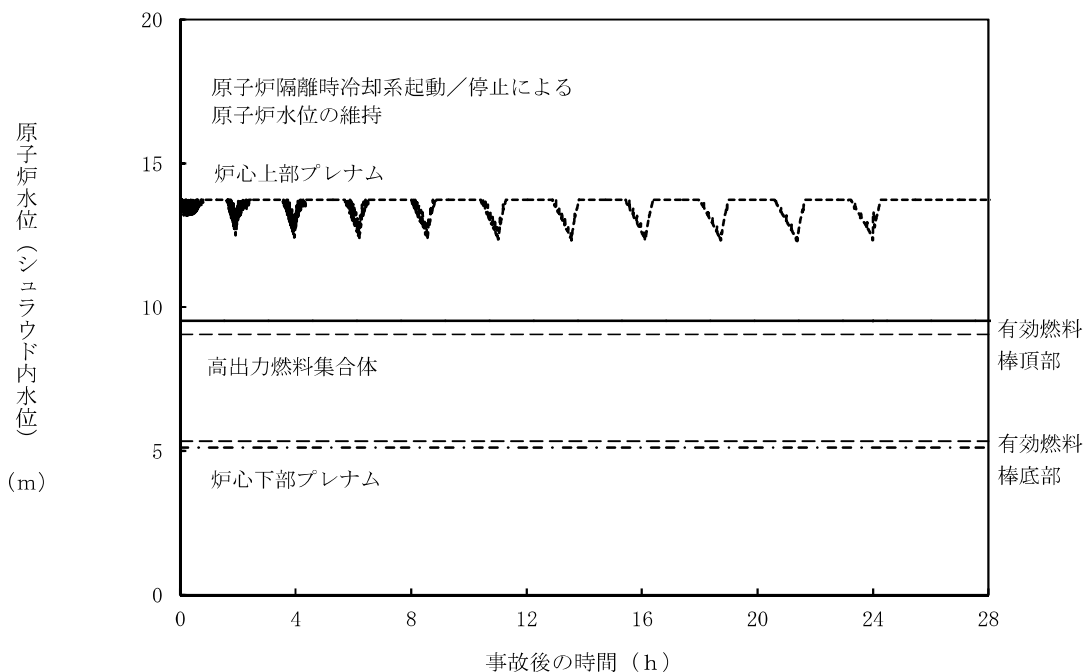
第 7.1.3.1-8 図に示すとおり、原子炉隔離時冷却系による注水継続により炉心が冠水し、炉心の冷却が維持される。その後は、約 16 時間後に格納容器圧力逃がし装置等による原子炉格納容器除熱を開始し、さらに代替原子炉補機冷却系を介した残留熱除去系による原子炉格納容器除熱を実施することで安定状態が確立し、また、安定状態を維持できる。



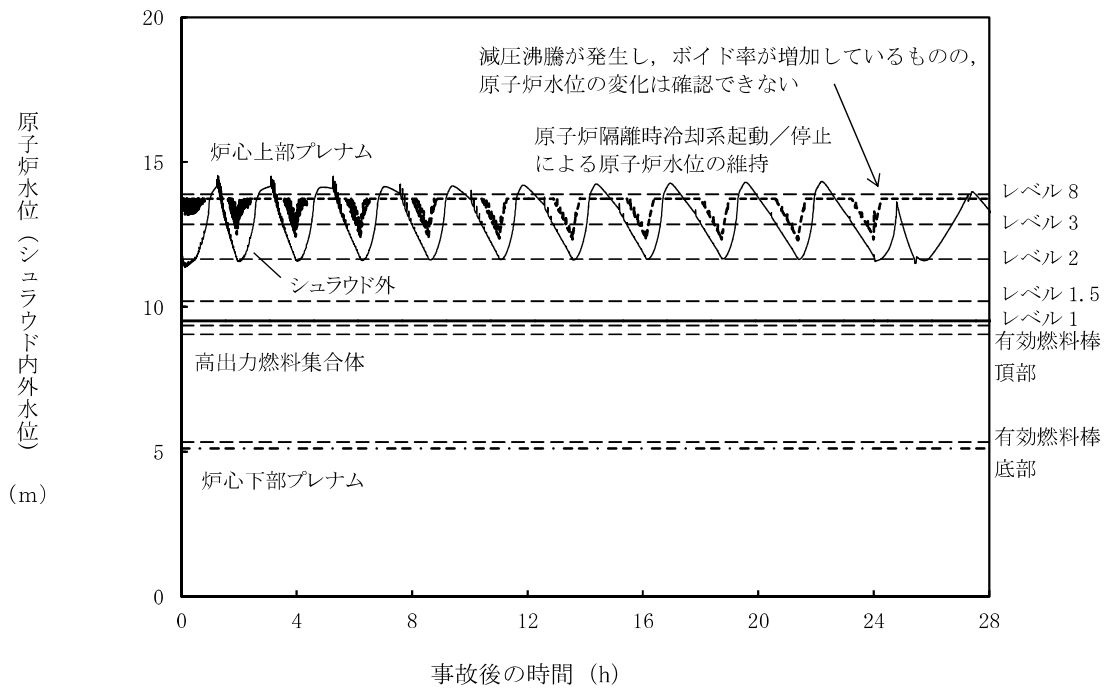
第 7.1.3.1-5 図 「全交流動力電源喪失（外部電源喪失+DG 喪失）」の対応手順の概要



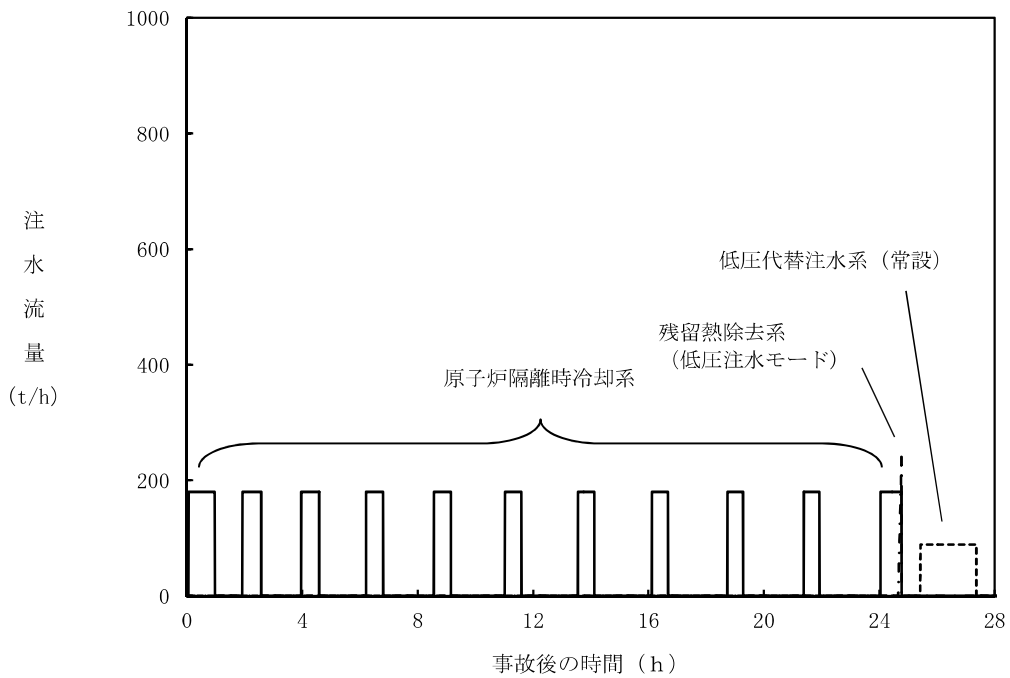
第 7.1.3.1-7 図 原子炉圧力の推移



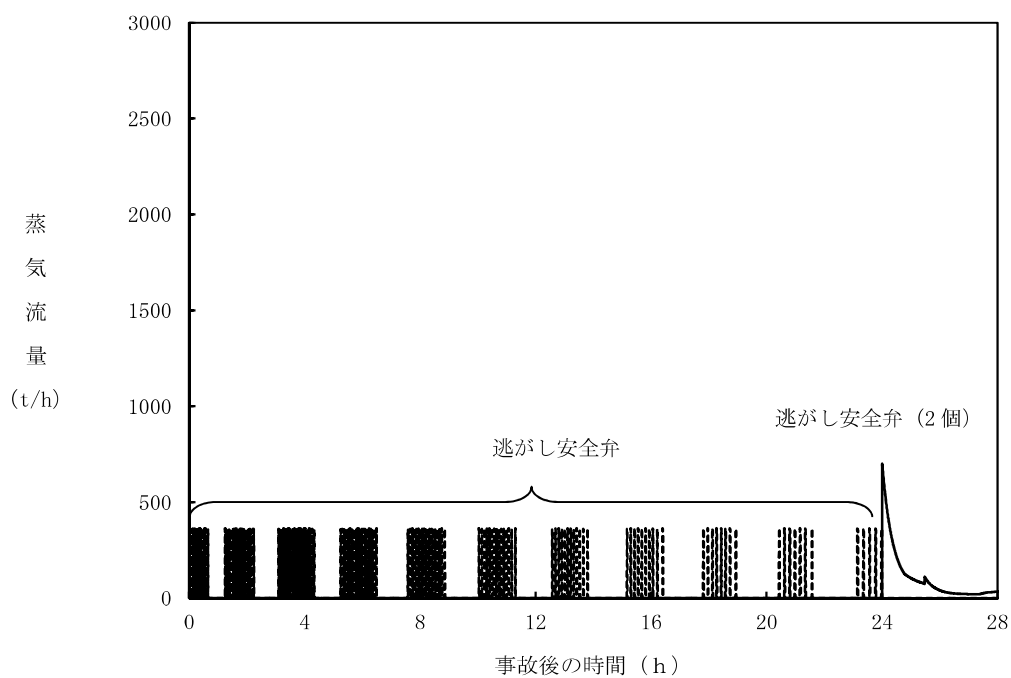
第 7.1.3.1-8 図 原子炉水位 (シユラウド内水位) の推移



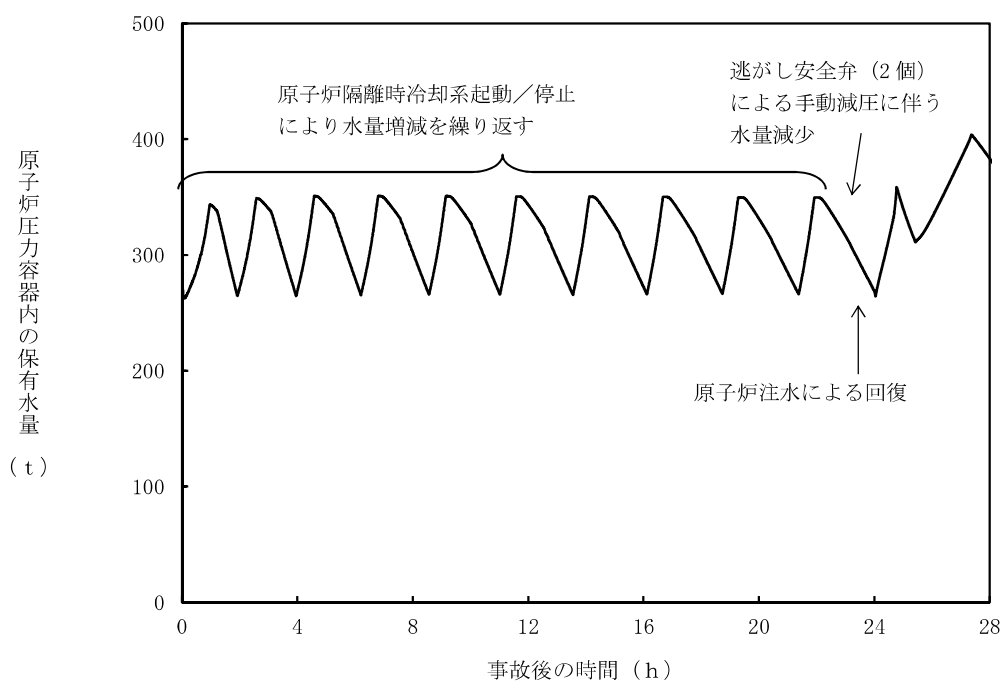
第 7. 1. 3. 1-9 図 原子炉水位（シュラウド内外水位）の推移



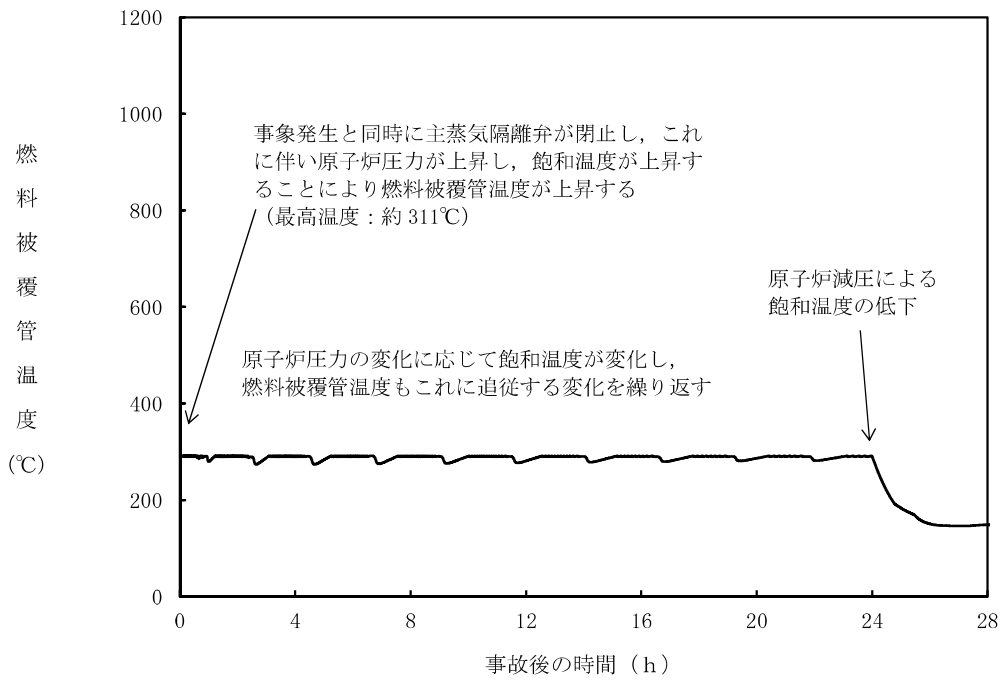
第 7. 1. 3. 1-10 図 注水流量の推移



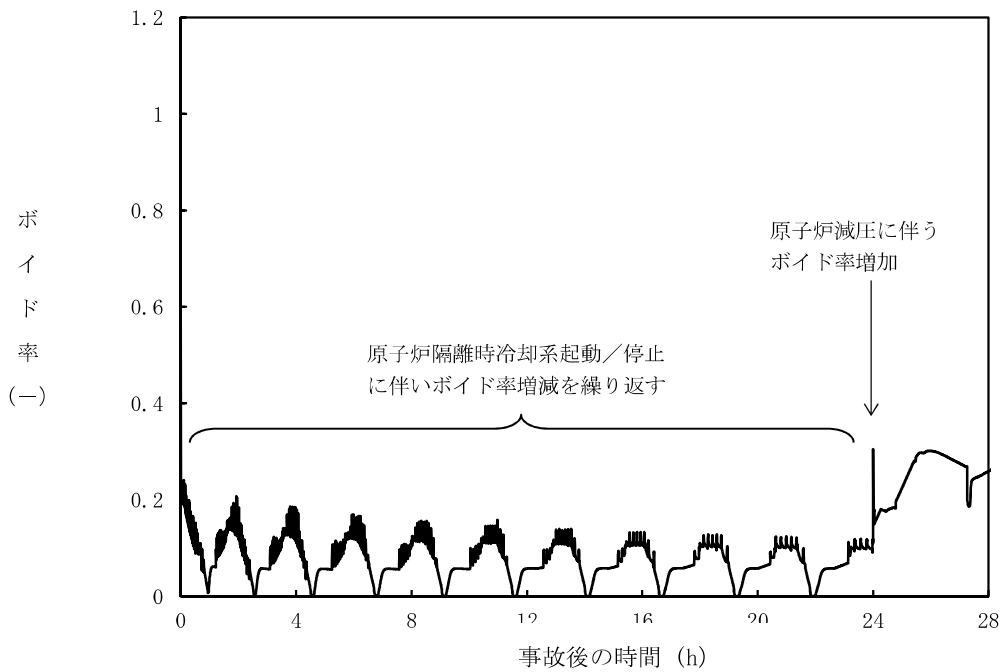
第7.1.3.1-11 図 逃がし安全弁からの蒸気流量の推移



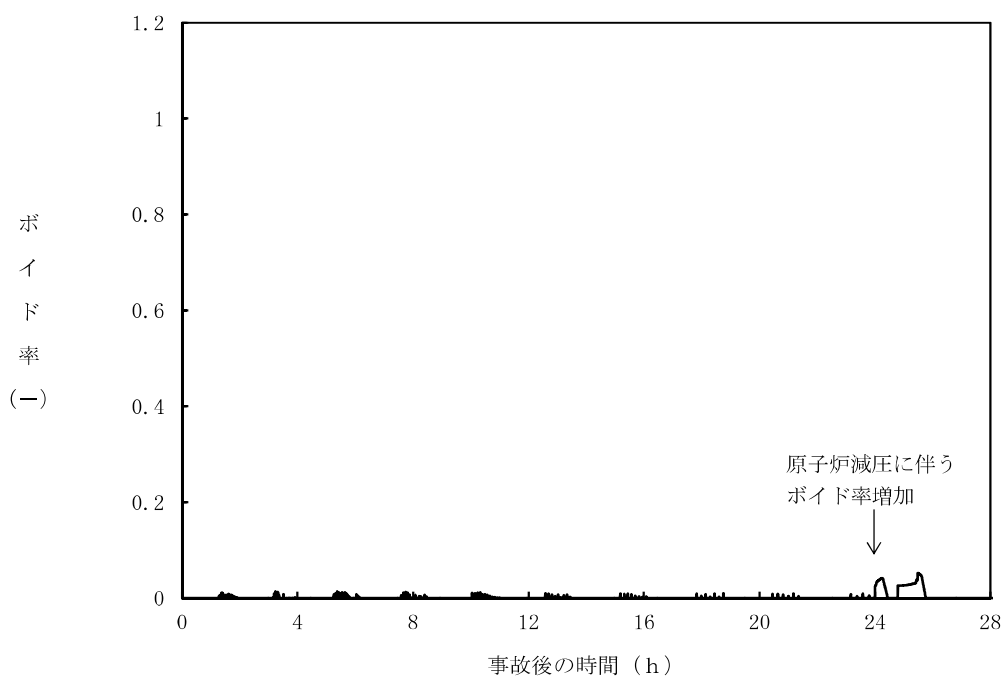
第7.1.3.1-12 図 原子炉压力容器内の保有水量の推移



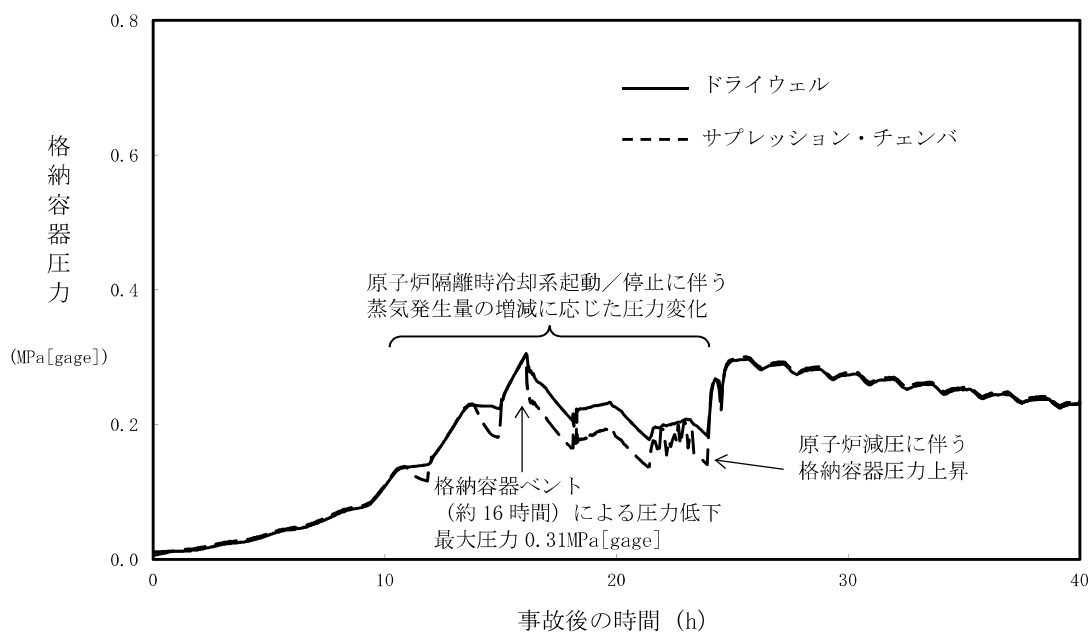
第 7. 1. 3. 1-13 図 燃料被覆管温度の推移



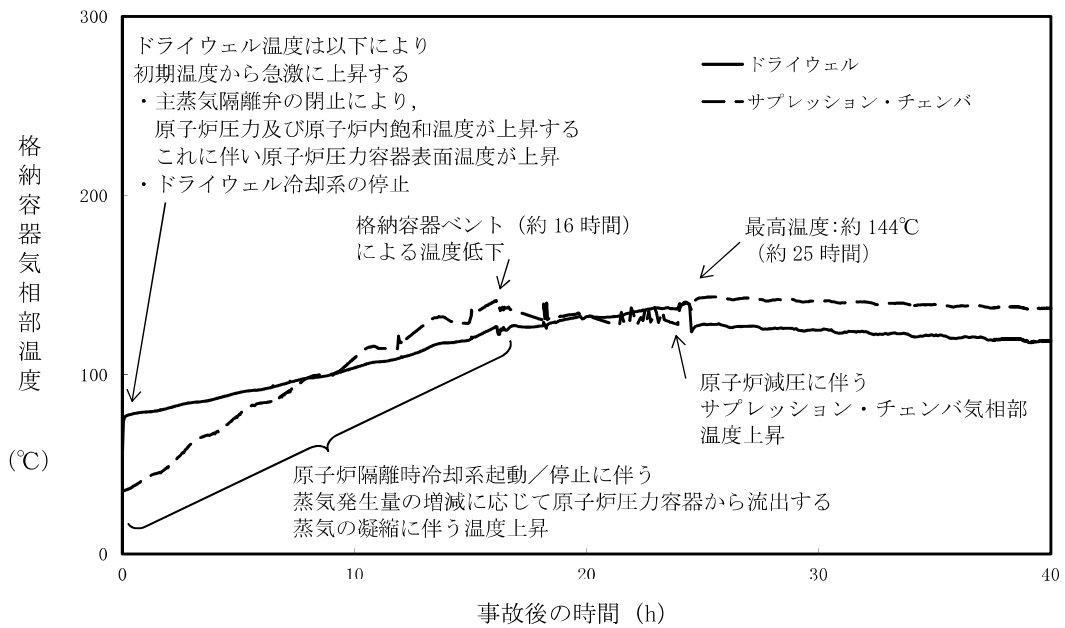
第 7. 1. 3. 1-14 図 高出力燃料集合体のボイド率の推移



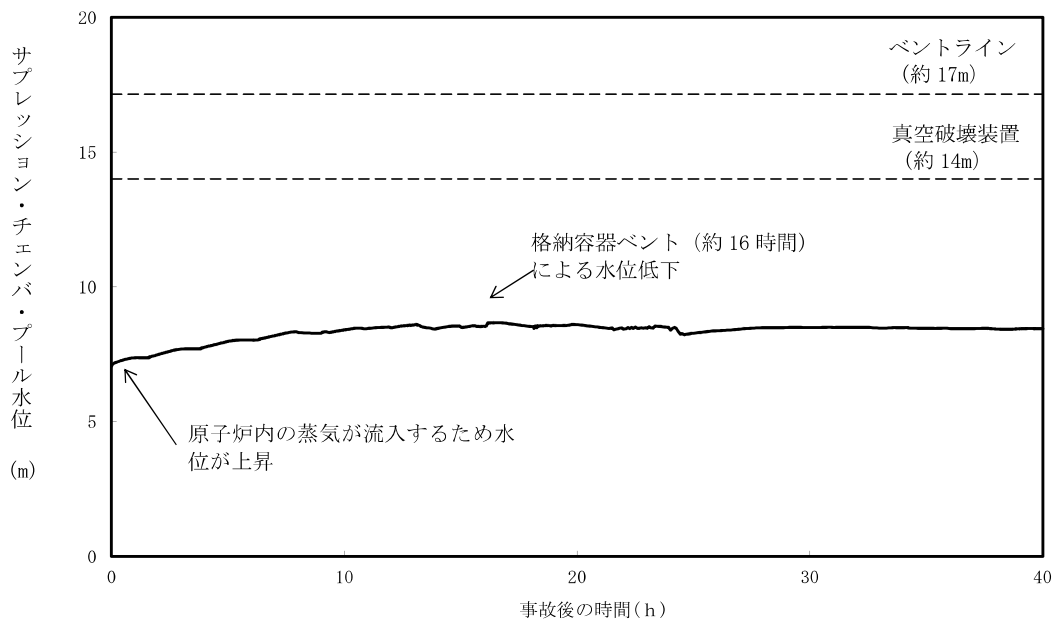
第 7. 1. 3. 1-15 図 炉心下部プレナム部のボイド率の推移



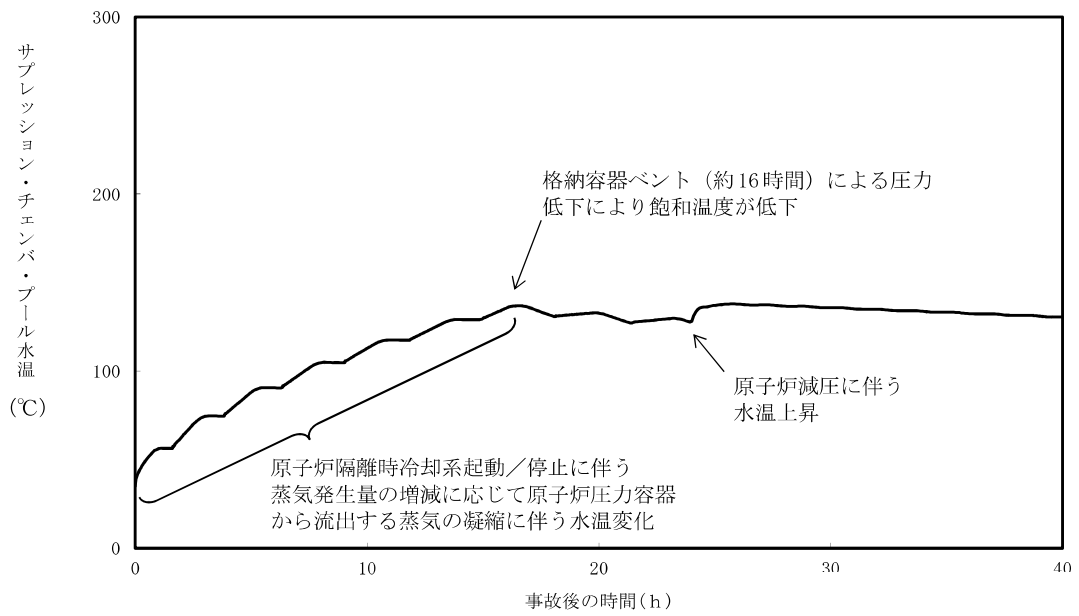
第 7. 1. 3. 1-16 図 格納容器圧力の推移



第 7. 1. 3. 1-17 図 格納容器気相部温度の推移



第 7. 1. 3. 1-18 図 サブプレッション・チェンバ・プール水位の推移



第 7. 1. 3. 1-19 図 サプレッション・チェンバ・プール水温の推移

設置変更許可添付書類十 「7.1.3.2 全交流動力電源喪失」
(外部電源喪失+DG喪失) +RCIC失敗 より抜粋

本重要事故シーケンスにおける原子炉圧力，原子炉水位（シュラウド内及びシュラウド内外）^{※2}，注水流量，逃がし安全弁からの蒸気流量，原子炉圧力容器内の保有水量の推移を第 7.1.3.2-7 図から第 7.1.3.2-12 図に，燃料被覆管温度，高出力燃料集合体のボイド率及び炉心下部プレナム部のボイド率の推移を第 7.1.3.2-13 図から第 7.1.3.2-15 図に，格納容器圧力，格納容器温度，サプレッション・チェンバ・プール水位及び水温の推移を第 7.1.3.2-16 図から第 7.1.3.2-19 図に示す。

※2 シュラウド内は，炉心部から発生するボイドを含んだ二相水位を示しているため，シュラウド外の水位より，見かけ上高めの水位となる。一方，非常用炉心冷却系の起動信号となる原子炉水位計（広帯域）の水位及び運転員が炉心冠水状態において主に確認する原子炉水位計（広帯域・狭帯域）の水位は，シュラウド外の水位であることから，シュラウド内外の水位を併せて示す。なお，水位が有効燃料棒頂部付近となった場合には，原子炉水位計（燃料域）にて監視する。6 号炉の原子炉水位計（燃料域）はシュラウド内を，7 号炉の原子炉水位計（燃料域）はシュラウド外を計測している。

a. 事象進展

全交流動力電源喪失後，タービン蒸気加減弁急速閉信号が発生して

10-7-1-88 (その2) ⑧

原子炉がスクラムし、また、原子炉水位低（レベル 2）で原子炉隔離時冷却系の自動起動に失敗した後、高圧代替注水系を手動起動することにより原子炉水位は維持される。再循環ポンプについては、外部電源喪失により、事象発生とともに 10 台全てがトリップする。

事象発生から 24 時間経過した時点で、常設代替交流電源設備による交流電源の供給を開始し、その後、中央制御室からの遠隔操作により逃がし安全弁 2 個を手動開することで、原子炉の急速減圧を実施し、原子炉減圧後に残留熱除去系（低圧注水モード）による原子炉注水を開始する。原子炉の急速減圧を開始すると、原子炉冷却材の流出により原子炉水位は低下するが、残留熱除去系（低圧注水モード）による原子炉注水が開始され、原子炉水位が回復する。

崩壊熱除去機能を喪失しているため、原子炉圧力容器内で崩壊熱により発生する蒸気が原子炉格納容器内に流入することで、格納容器圧力及び温度は徐々に上昇する。そのため、格納容器圧力逃がし装置等による原子炉格納容器除熱を行う。原子炉格納容器除熱は、事象発生から約 16 時間経過した時点で実施する。なお、原子炉格納容器除熱時のサプレッション・チェンバ・プール水位は、真空破壊装置（約 14m）及びベントライン（約 17m）に対して、十分に低く推移するため、真空破壊装置の健全性は維持される。常設代替交流電源設備による電源供給を開始した後は、ベントラインを閉じて、代替原子炉補機冷却系を介した残留熱除去系による原子炉格納容器除熱を行うものとする。

b. 評価項目等

燃料被覆管の最高温度は、第 7.1.3.2-13 図に示すとおり、初期値をわずかに上回る約 311℃となるが、1,200℃以下となる。また、燃料被覆管の酸化量は酸化反応が著しくなる前の燃料被覆管厚さの 1%以下

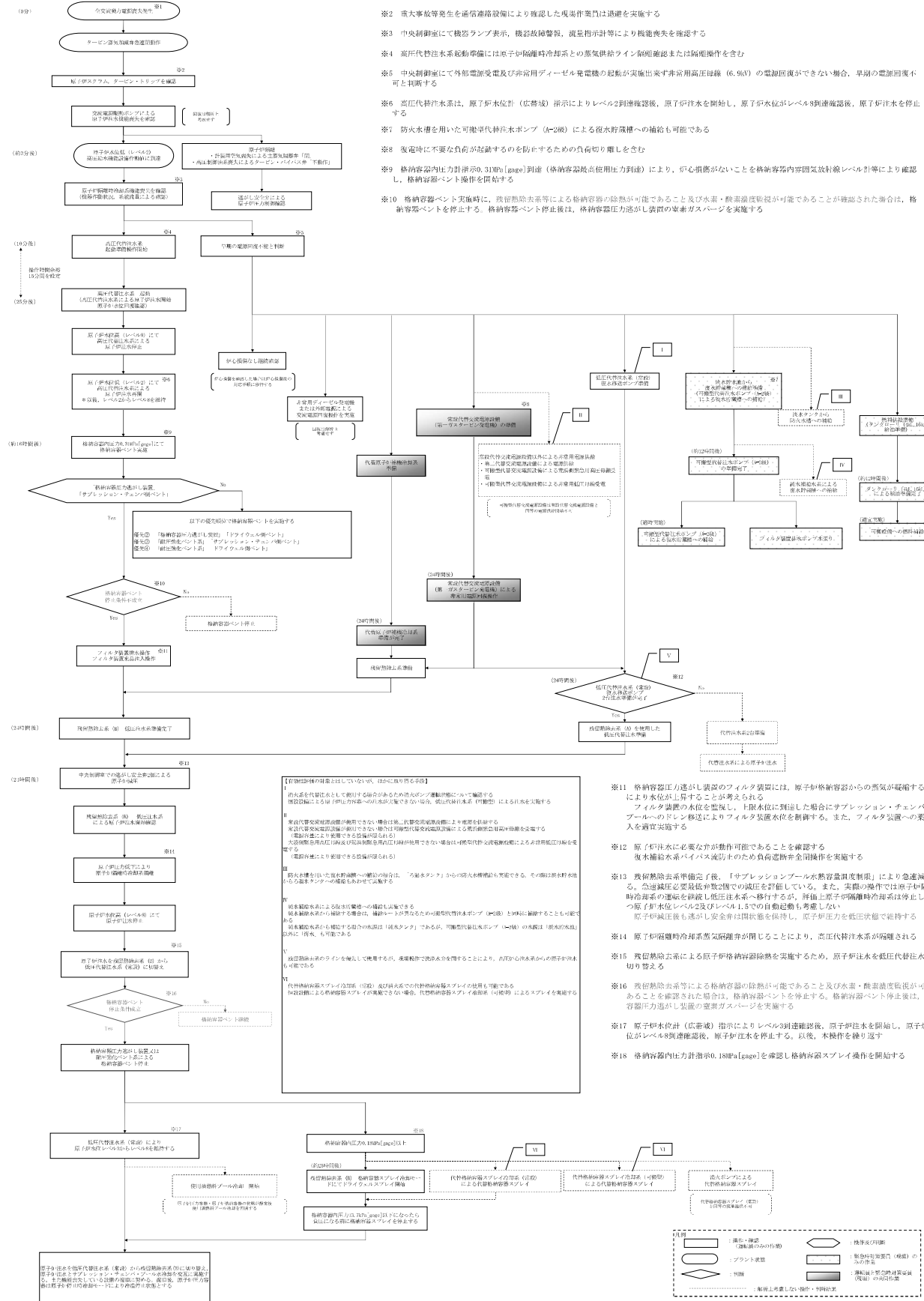
であり、15%以下となる。

原子炉圧力は、第 7.1.3.2-7 図に示すとおり、逃がし安全弁の作動により、約 7.52MPa[gage]以下に抑えられる。原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力は、原子炉圧力と原子炉圧力容器底部圧力との差（高々約 0.3MPa）を考慮しても、約 7.82MPa[gage]以下であり、最高使用圧力の 1.2 倍（10.34MPa[gage]）を十分下回る。

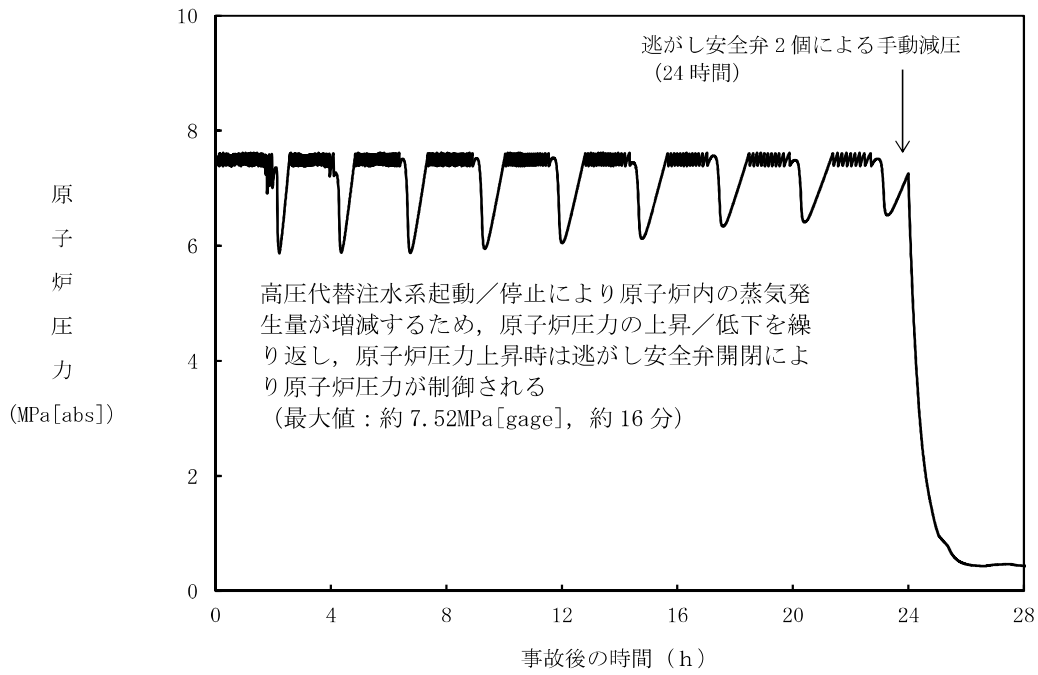
また、崩壊熱除去機能を喪失しているため、原子炉圧力容器内で崩壊熱により発生する蒸気が原子炉格納容器内に流入することによって、格納容器圧力及び温度は徐々に上昇するが、格納容器圧力逃がし装置等による原子炉格納容器除熱を行うことによって、原子炉格納容器バウンダリにかかる圧力及び温度の最大値は、約 0.31MPa[gage]及び約 146°Cに抑えられ、原子炉格納容器の限界圧力及び限界温度を下回る。

第 7.1.3.2-8 図に示すとおり、高圧代替注水系による注水継続により炉心が冠水し、炉心の冷却が維持される。その後は、約 16 時間後に格納容器圧力逃がし装置等による原子炉格納容器除熱を開始し、さらに代替原子炉補機冷却系を介した残留熱除去系による原子炉格納容器除熱を実施することで安定状態が確立し、また、安定状態を維持できる。

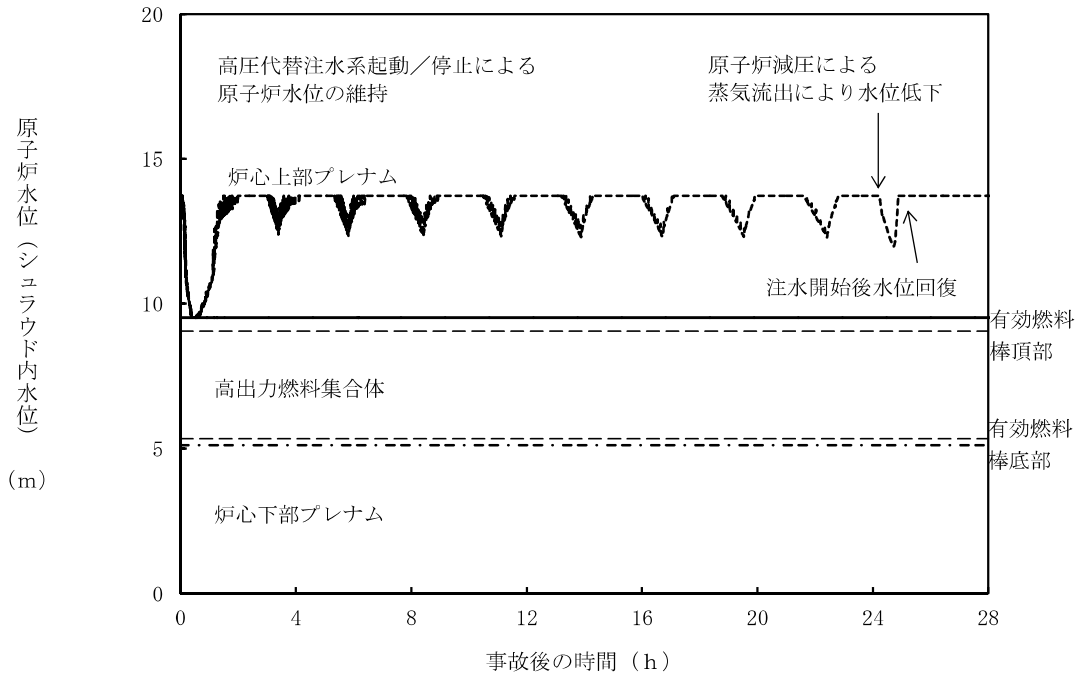
(概算上の時間)



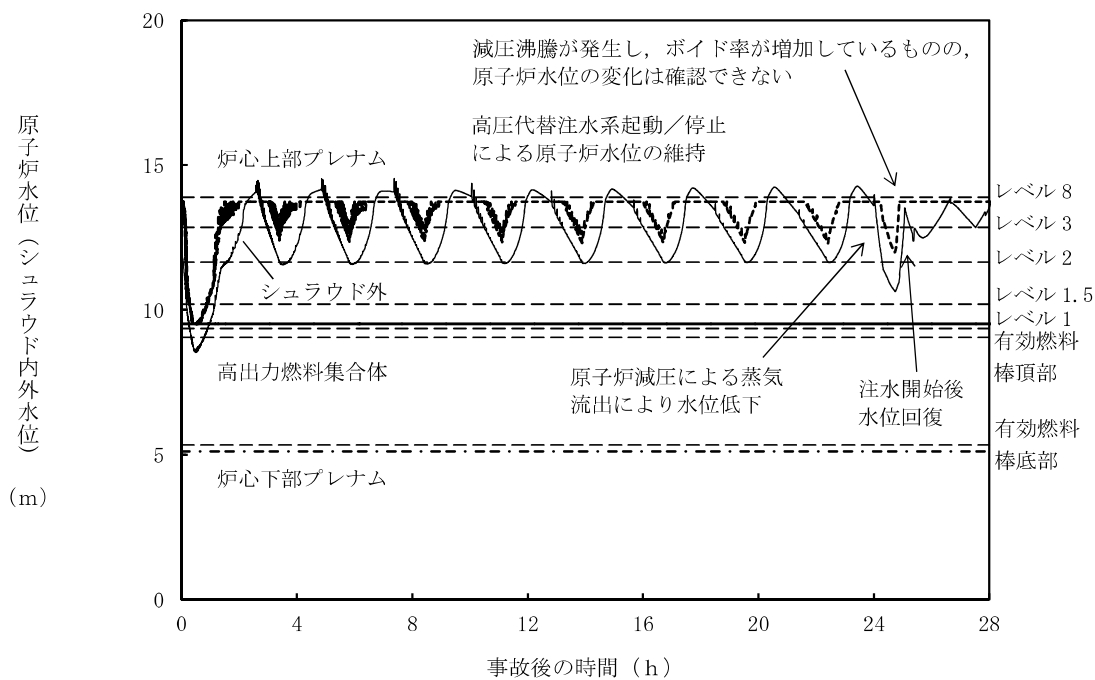
第 7.1.3.2-5 図 「全交流動力電源喪失 (外部電源喪失+DG 喪失) +RCIC 失敗」の対応手順の概要



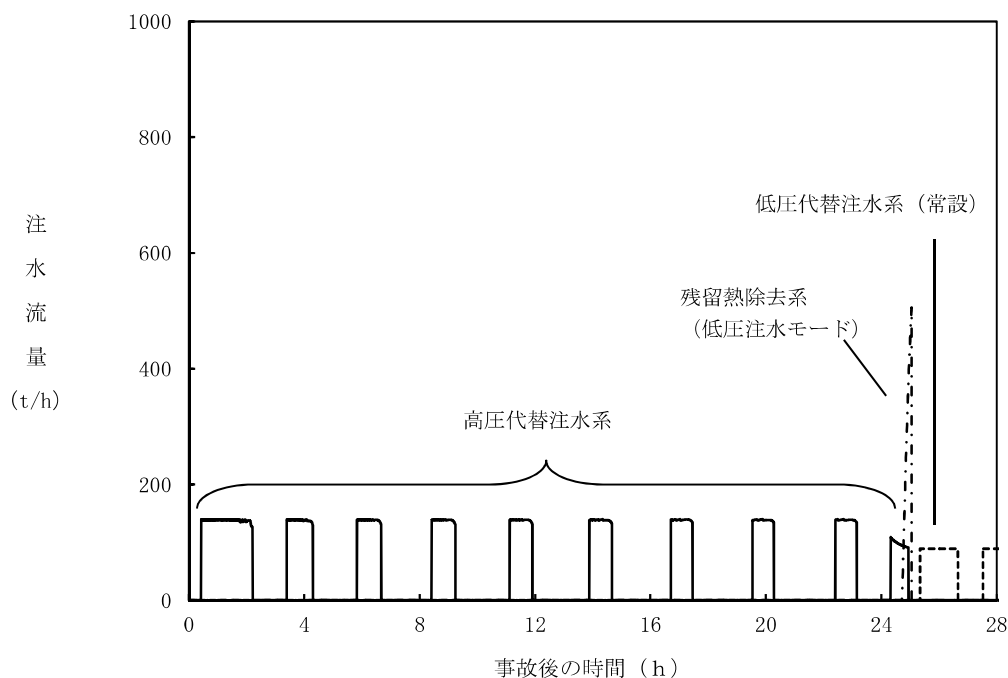
第 7. 1. 3. 2-7 図 原子炉圧力の推移



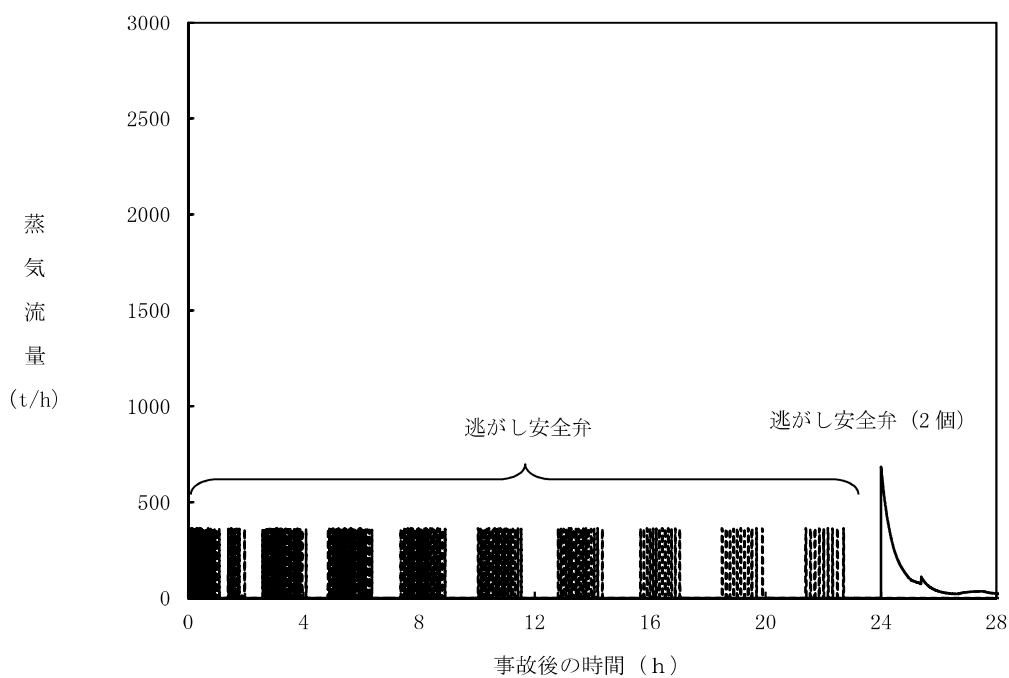
第 7. 1. 3. 2-8 図 原子炉水位 (シユラウド内水位) の推移



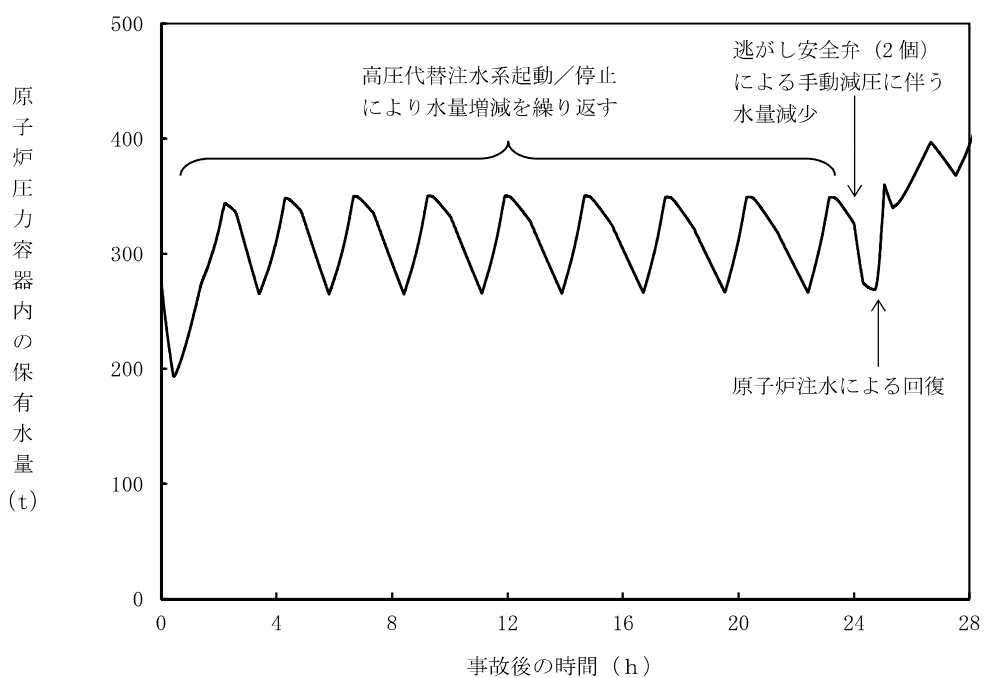
第 7.1.3.2-9 図 原子炉水位（シユラウド内外水位）の推移



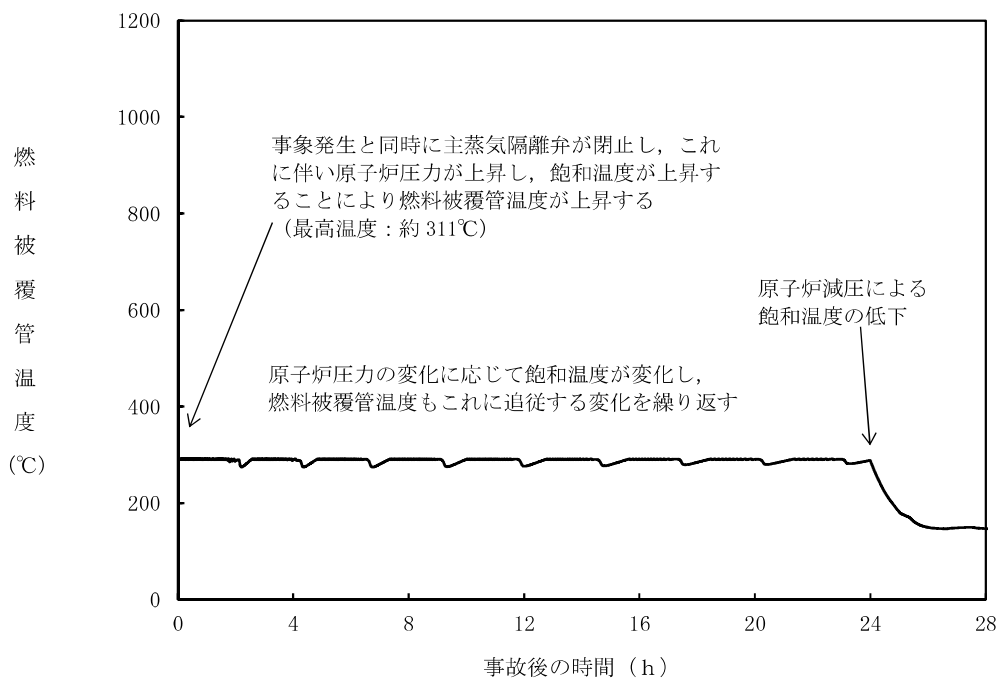
第 7.1.3.2-10 図 注水流量の推移



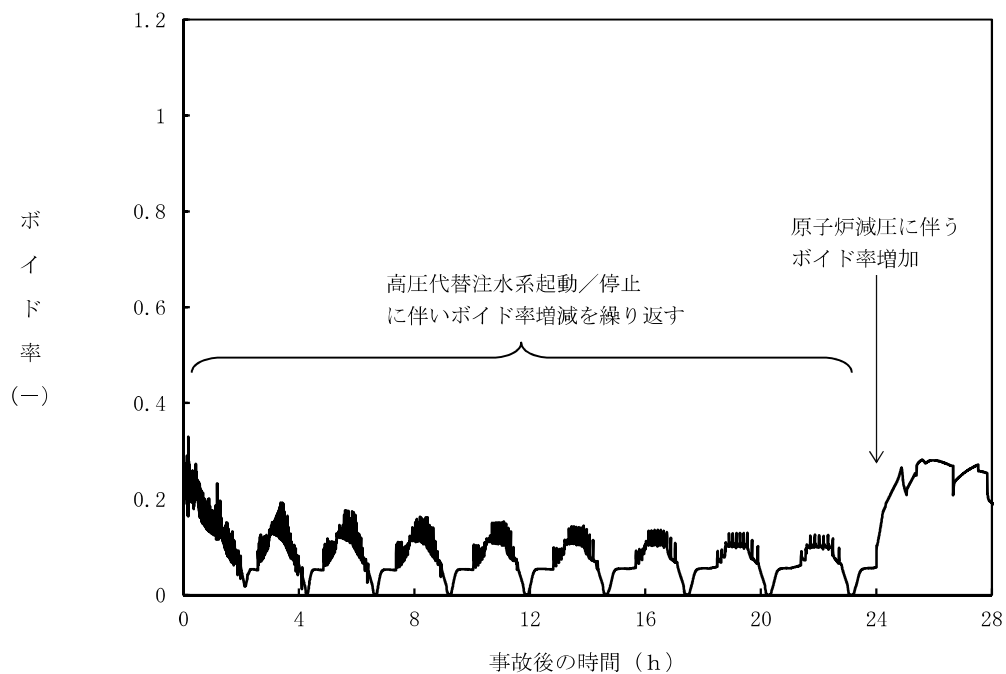
第 7. 1. 3. 2-11 図 逃がし安全弁からの蒸気流量の推移



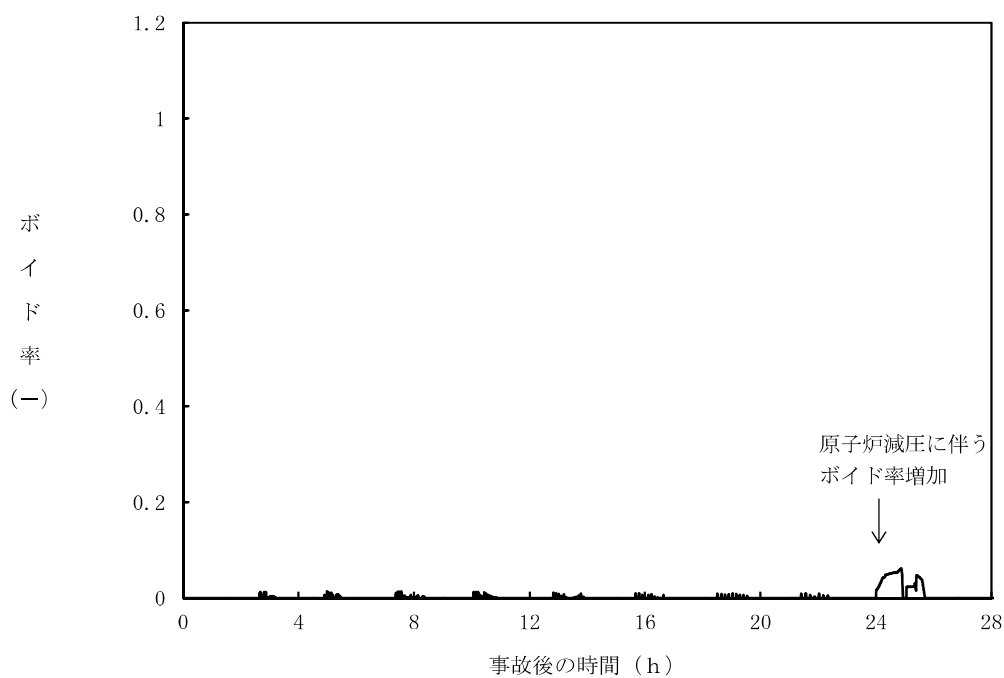
第 7. 1. 3. 2-12 図 原子炉压力容器内の保有水量の推移



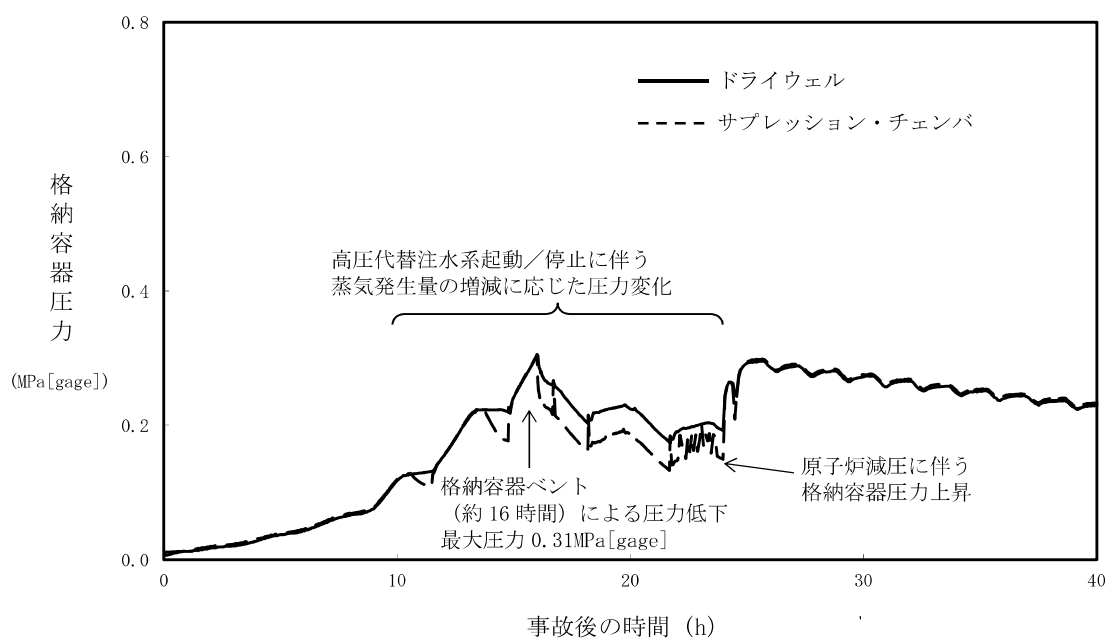
第 7. 1. 3. 2-13 図 燃料被覆管温度の推移



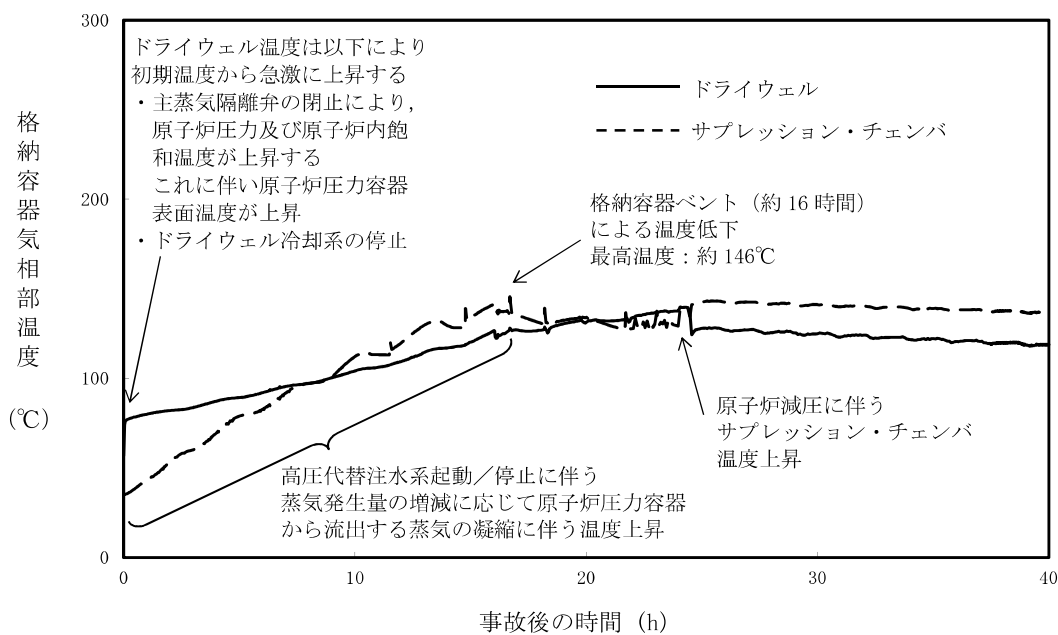
第 7. 1. 3. 2-14 図 高出力燃料集合体のボイド率の推移



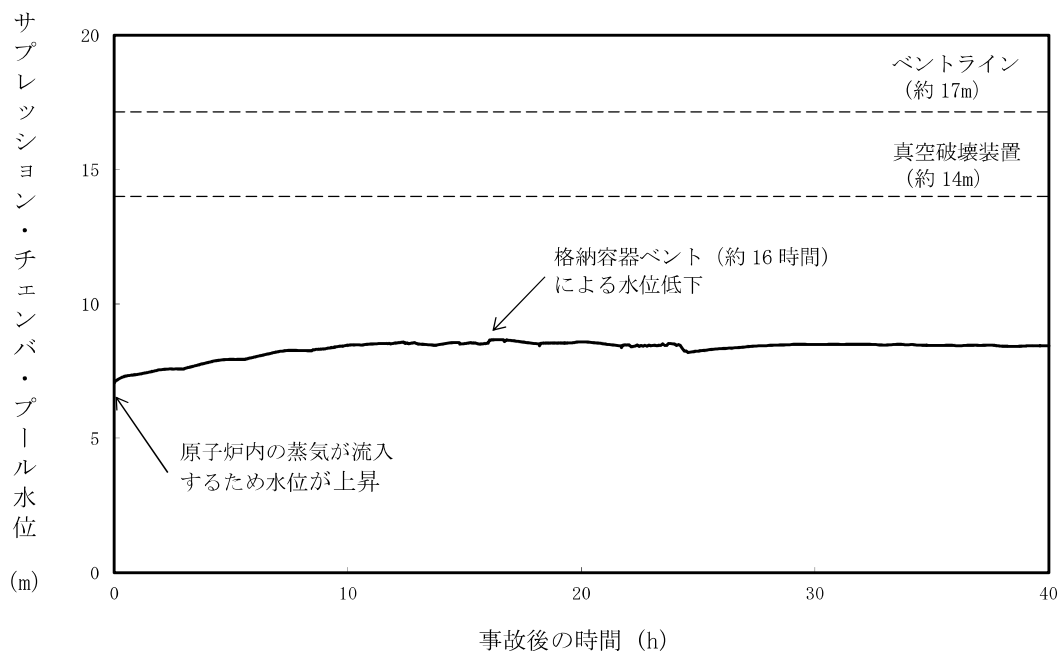
第 7.1.3.2-15 図 炉心下部プレナム部のボイド率の推移



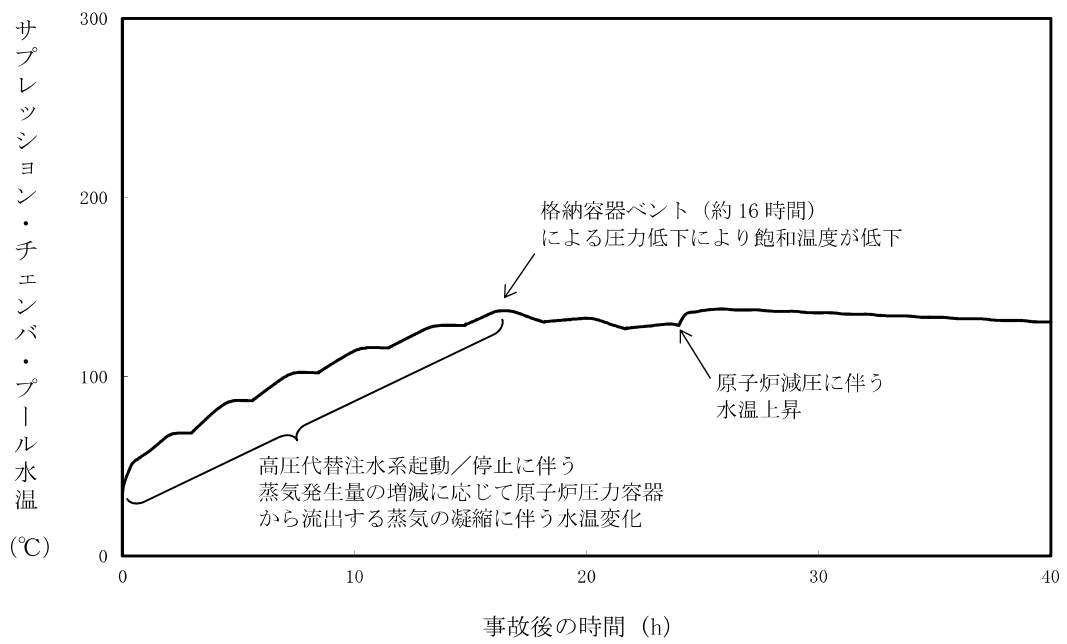
第 7.1.3.2-16 図 格納容器圧力の推移



第 7. 1. 3. 2-17 図 格納容器気相部温度の推移



第 7. 1. 3. 2-18 図 サプレッション・チェンバ・プール水位の推移



第7.1.3.2-19 図 サプレッション・チェンバ・プール水温の推移

降灰環境下における作業時の対応について

1 概要

火山影響等発生時に屋外にて行う作業は高濃度の降下火砕物環境下で実施する。作業時に装着する防護具、視認性向上のための対応について取りまとめる。

2 火山影響等発生時に屋外において実施する作業項目

火山影響等発生時に屋外にて行う主な作業は下記の通りである。

- ・ 5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備による給電作業
- ・ フィルタ装置水位調整準備（排水ポンプ水張り）
- ・ 格納容器ベント操作（フィルタ装置水位調整等）

5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備による給電作業については、資料2第19図に示す通り、降下火砕物が発電所敷地に到達する前までに完了することから、高濃度の降下火砕物環境下での作業とはならない。

格納容器ベント操作（排水ポンプ水張り）については、降灰環境下の作業であるが当該作業は複雑な手順を要求されない作業であるため、広範囲の視界が必要となるものではない。

格納容器ベント操作（フィルタ装置水位調整等）については、噴火24時間後までに当該作業は発生しないことから、高濃度の降下火砕物環境下での作業とはならない。

3 降灰環境下での作業時に着用する防護具

高濃度の降下火砕物環境下での作業時は、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。図1に降灰環境下での作業時に着用する防護具の状況を示す。

4 まとめ

火山影響等発生時に屋外において実施する作業にあたっては、作業員防護の観点からヘルメット、ゴーグル、マスク、手袋等の防護具を適切に着用するとともに、視界が悪くなることを考慮して、ヘッドライトを着用する。



図 1 降灰環境下における作業時の防護具着用状況

降灰状況における視界について

1 概要

高濃度の降下火砕物環境下では、視界が悪化し各種の作業に影響が生じる可能性があるため、参考としてどの程度の視界となるか確認を行った。

2 確認方法

降下火砕物による視認性への影響を確認するため、図 1 に示す装置を用いて、カメラの前に火山灰付着シートを挿入し目標物の撮影を行う。

火山灰付着シートは火山灰を粘着シートにふるいで一様に分散させて作成する。

火山灰付着シートへの火山灰付着量 (g/m^2) は、想定する気中降下火砕物濃度 ($3.3\text{g}/\text{m}^3$) を包絡する濃度 ($4.0\text{g}/\text{m}^3$) と視認距離 (m) の積により決定し、火山灰付着量を変化させて写真を撮影する。なお、降下火砕物環境下では照度も低下するため、ヘッドライトを照らしながら実施する。

3 確認結果

確認結果を図 2 に示す。

今回実施した確認においては、少なくとも視認距離 6m 程度までは目標物の輪郭が明確に視認できる結果となった。また、視認距離 10m でも目標物自体の視認性に問題はなく、想定する気中降下火砕物濃度を越える濃度であったとしても、屋外作業が必要な範囲で目標物の視認が可能である。

4 火山灰付着シートの設置位置及び枚数による影響について

今回の確認においては、視点と目標物との空間に存在する降下火砕物を平面上に落とし込んで火山灰付着量を決定しているため、「3.」で目標物の輪郭が視認できるようになった視認距離 6m に相当する火山灰付着量 $24\text{g}/\text{m}^2$ を用いて、火山灰付着シートの設置位置及び枚数を変化させ影響確認を行った。確認結果を図 3 に示す。見え方に差異はあるものの、いずれも目標物の視認は可能である。

5 結論

降下火砕物環境下では、視認距離は 6m 程度確保でき、目標物も視認できることから、降下火砕物環境下においてヘッドライトを着用することで作業が可能である。

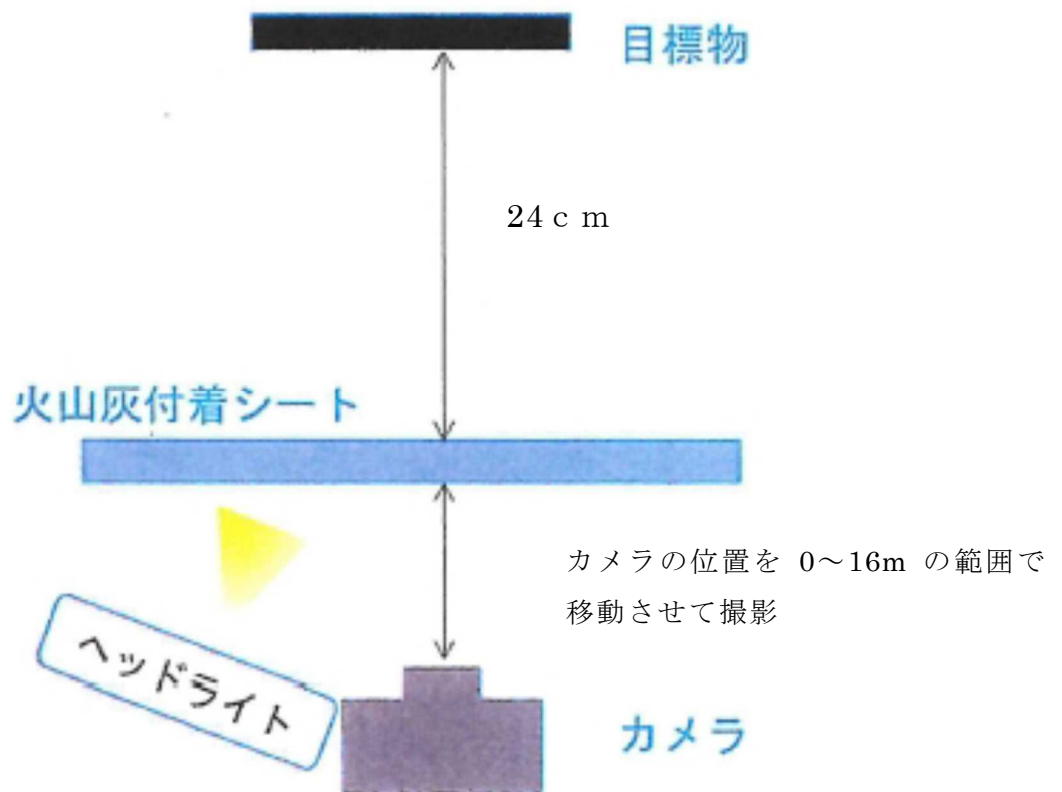


図1 装置概要












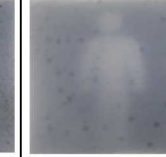
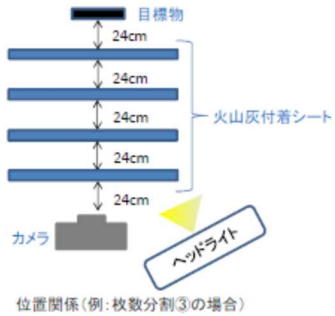
視認距離 (m)	0	1
火山灰付着量 (g/m ²)	0	4.0
写真		
視認距離 (m)	2	4
火山灰付着量 (g/m ²)	8.0	16.0
写真		
視認距離 (m)	6	10
火山灰付着量 (g/m ²)	24.0	40.0
写真		
視認距離 (m)	14	16
火山灰付着量 (g/m ²)	56.0	64.0
写真		

図 2 確認結果

		基本ケース	位置変更①	位置変更②	枚数分割①	枚数分割③
視認確認		6m(24g/m ²)				
シート①	火山灰付着量	24g/m ²	24g/m ²	24g/m ²	12g/m ²	6g/m ²
	設置位置※	40cm	20cm	100cm	40cm	24cm
シート②	火山灰付着量				12g/m ²	6g/m ²
	設置位置※				80cm	48cm
シート③	火山灰付着量	-	-	-		6g/m ²
	設置位置※					72cm
シート④	火山灰付着量					6g/m ²
	設置位置※					96cm
写真						
試験状況		 <p>位置関係(例:枚数分割③の場合)</p>				

※：目標物からの距離

図3 火山灰付着シートの設置位置及び枚数による影響確認結果

火山影響等発生時の炉心冷却に有効な手段の選定について

【手段を選定する上での前提条件】

- ・イ、ロ、ハにおける対応手段の選定は、既に整備されている手順への降下火砕物による影響を加味し、その対策も含め検討する。ただし、実際の火山影響が発生時において、選定外とした手段が使用可能な場合は適宜使用するものとする。
- ・降下火砕物の影響により、外部電源が喪失した状態を想定し、原子炉圧力容器への注水による炉心冷却を行う。
- ・降灰は 24 時間継続するものとする。
- ・イ、ロ、ハの各対応手段に必要な関連機器についても、機能維持可能であることを確認している(資料 4 参照)。

分類	降下火砕物による影響及び対策後の評価				
	対応手段	影響有無※1	影響及び対策	対策後評価	選定結果
電源	非常用ディーゼル発電機	×	外気取入れ用給気フィルタの閉塞が想定されるが、対策として改良型フィルタを設置することで、閉塞の防止、及び機能維持が可能である。よって、イの対応として用いることとした。	○	イ
	第一ガスタービン発電機	×	屋外に設置しているため吸気用フィルタの閉塞が想定される。また、ガスタービンエンジンは吸気量が大きく対策も困難であることから、対応手段として選定しないこととした。	×	－
	号炉間電力融通ケーブル(常設)	△	号炉間電力融通ケーブルが降灰の影響を受けることはないが、融通元である他号炉の非常用ディーゼル発電機において、外気取入れ用給気フィルタの閉塞が想定されるため、対応手段として選定しないこととした。	×	－
	可搬型代替交流電源設備	×	屋外に設置しているため吸気用フィルタの閉塞が想定されるが、対策として建屋内に搬入することで閉塞の防止、及び機能維持が可能である。ただし、発電容量が小さく駆動できるポンプに限られる上、燃料補給が必要となるため、炉心冷却用の電源としては対応手段に選定しないこととした。	○	－
	号炉間電力融通ケーブル(可搬型)	△	号炉間電力融通ケーブルが降灰の影響を受けることはないが、融通元である他号炉の非常用ディーゼル発電機において、外気取入れ用給気フィルタの閉塞が想定されるため対応手段として選定しないこととした。	×	－
原子炉圧力容器内への注水による炉心冷却	原子炉隔離時冷却系ポンプ	○	交流電源が不要、かつ、建屋内に設置されているため降下火砕物の影響がない。よって、ハの対応に用いることとした。	○	ハ
	高圧炉心注水系ポンプ	△	建屋内に設置されているため直接降灰の影響を受けることはないが、動作には交流電源が必要である。よって、交流電源が維持されているイでの対応に使用することとした。	○	イ
	高圧代替注水系ポンプ	○	交流電源が不要、かつ、建屋内に設置されているため降下火砕物の影響がない。よって、ロの対応に用いることとした。	○	ロ
	残留熱除去系ポンプ	△	建屋内に設置されているため直接降灰の影響を受けることはないが、動作には交流電源が必要である。よって、交流電源が維持されているイでの対応に使用することとした。	○	イ
	復水移送ポンプ	△	建屋内に設置されているため直接降灰の影響を受けることはないが、動作には交流電源が必要である。よって、交流電源が維持されているイでの対応に使用することとした。	○	イ
	可搬型代替注水ポンプ(A-2 級)	×	屋外に設置しているため吸気用のフィルタの閉塞が想定されるが、対策として建屋内に搬入することで閉塞の防止、及び機能維持が可能である。ただし、送水用のホース敷設や燃料補給の必要があるため、注水手段としては対応手段に選定しないこととした。	○	－

※1: × 直接影響あり, △ 間接的に影響あり, ○ 影響なし

降灰予報等を用いた対応着手の判断について

1 概要

噴火発生時において、気象庁が発表する降灰予報（「速報」及び「詳細」）により発電所を含む地域（柏崎市，刈羽村）への「多量」の降灰が予想された場合、または、気象庁が発表する噴火に関する火山観測報において地理的領域（発電所敷地から半径160km）内の火山が噴火し、10分以内に降灰予報が発表されない場合又は降下火砕物による発電所への重大な影響が予想される場合、対応に着手する。

本資料では、火山影響等発生時の判断基準となる降灰予報とその情報伝達手段、及び降灰予報が遅延した場合の対応について説明する。

2 降灰予報について

降灰予報の概要を第1図に示す。

噴火後速やか（5～10分程度）に気象庁より降灰予報（速報）が発表され、噴火後1時間以内に予想される降灰量分布と噴石の落下範囲が提供される。

その後（噴火後20～30分程度）、降灰予報（詳細）が発表され、噴火発生から6時間先まで（1時間ごと）に予想される降灰量分布や降灰開始時刻が提供される。

降灰予報は第2図に示すとおり「少量」、「やや多量」、「多量」の3階級に区分されており、火山影響等発生時において、発電所に降灰厚さが1mm以上となる「多量」の降灰が予想された場合、対応に着手する。

3 降灰予報発表時の情報伝達

気象庁の噴火情報等により、発電所より半径160km圏内の火山の噴火等が発信された場合は、システムにより所員に自動配信される。降灰予報「多量」を確認すれば、当直長は原子炉の手動停止操作に着手する。また、緊急時対策要員はこの連絡を受け、各手順着手の判断基準に従い火山対応に着手する。それとともに、当直長は速やかに運転管理部長（休日・夜間は号機統括当番）に連絡する。

この連絡により、所長（原子力防災管理者）が自らを本部長とする発電所対策本部を立ち上げる。所長が不在の場合又は欠けた場合は、副原子力防災管理者が発電所対策本部を立ち上げ、緊急時対策要員に対応を指示する。

以降は、重大事故等対策に係る指揮命令系統に則り行う。運転員操作は当直副長が指揮し、緊急時対策要員操作は発電所対策本部が指揮する。中央制御室と発電所対策

本部の間の情報共有は、緊急時対策本部要員のうち号機統括を經由して行う。

4 降灰予報の発表が遅れた場合の対応

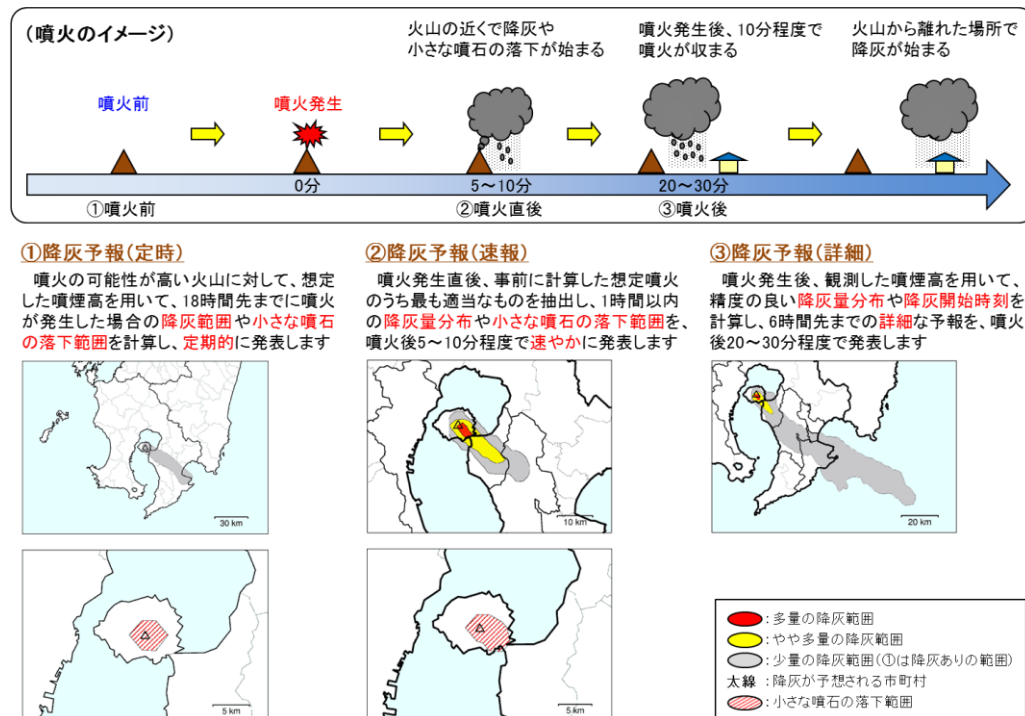
上記のとおり、降灰予報発表後は速やかに対応を取ることが可能であるが、降灰予報の発表が遅れた場合を想定し、10分を超えて降灰予報が発表されない場合は、噴火に関する火山観測報（第3図）により対応要否を判断する。

噴火に関する火山観測報による対応要否の判断について、発電所に近い位置にある火山が噴火した場合には、短時間で火山灰が到達する可能性があり、噴火に対するリスクが高い。よって、地理的領域（発電所敷地から半径160km）内の活火山の噴火が観測された場合は対応に着手する。

その他、気象庁からの情報以外に、発電所への重大な影響が予想される（報道（TV、ラジオ、インターネット等）、気象情報（風向、風速等）、周辺地域の降灰状況により総合的に判断）場合は対応を開始する。

なお、その後降灰予報が発表され、発電所への降灰が「多量」未満もしくは範囲外となった場合は、体制を解除する。

上記を踏まえた対応着手の判断フローを第4図に示す。

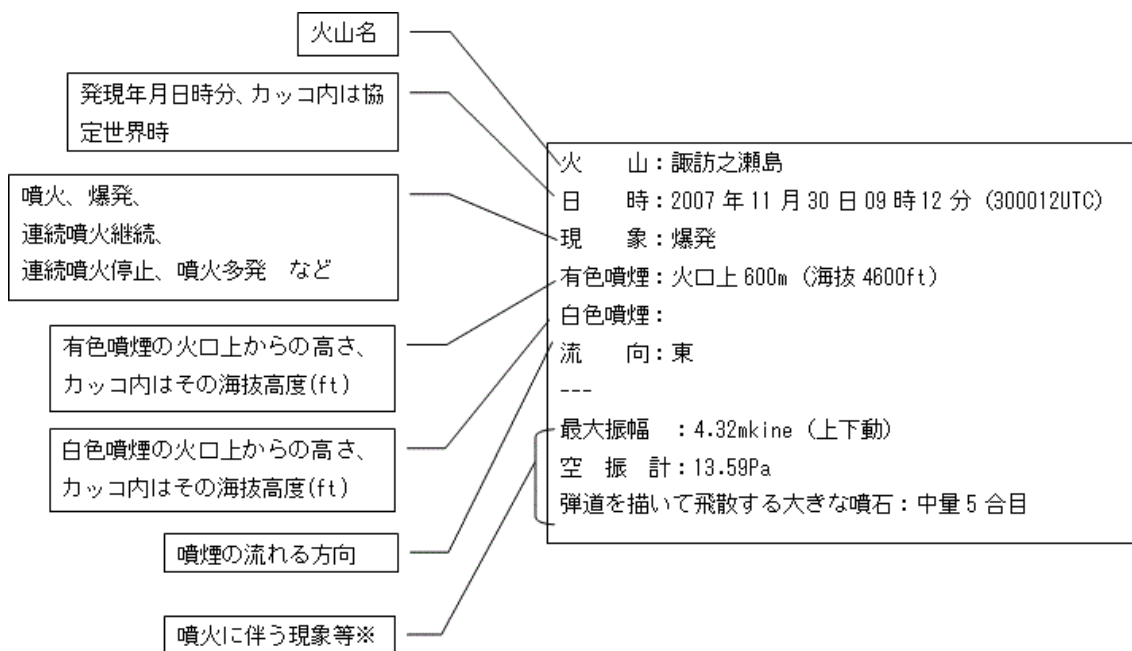


第1図 降灰予報の概要（気象庁HPより）

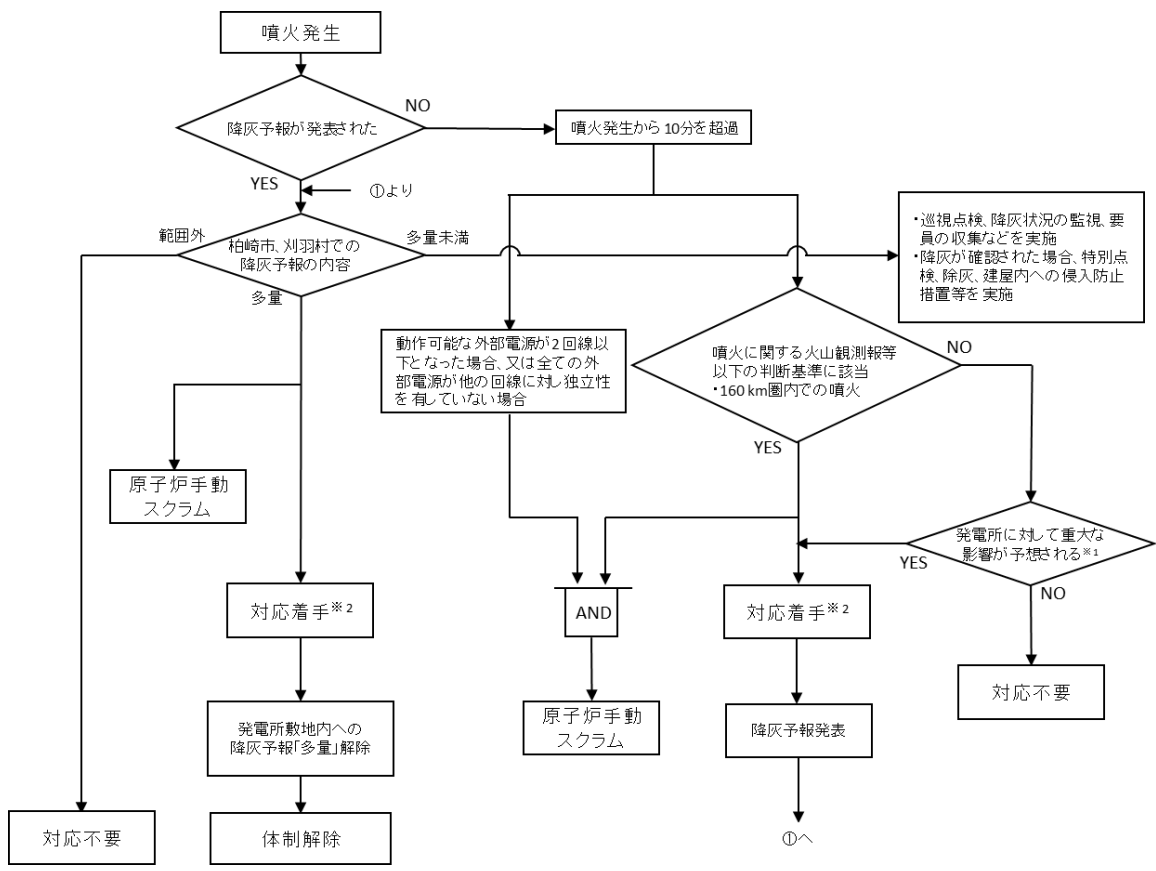
名称	表現例			影響ととるべき行動		その他の影響
	厚さ キーワード	イメージ※1		人	道路	
		路面	視界			
多量	1mm 以上 【外出を控える】	完全に覆われる 	視界不良となる 	外出を控える 慢性的喘息や慢性閉塞性肺疾患(肺気腫など)が悪化し健康な人でも目・鼻・のど・呼吸器などの異常を訴える人が出始める	運転を控える 降ってくる火山灰や積もった火山灰をまきあげて視界不良となり、通行規制や速度制限等の影響が生じる	がいしへの火山灰付着による停電発生や上水道の水質低下及び給水停止のおそれがある
やや多量	0.1mm ≤ 厚さ < 1mm 【注意】	白線が見えにくい 	明らかに降っている 	マスク等で防護 喘息患者や呼吸器疾患を持つ人は症状悪化のおそれがある	徐行運転する 短時間で強く降る場合は視界不良の恐れがある 道路の白線が見えなくなるおそれがある(およそ0.1~0.2mmで鹿児島市は除灰作業を開始)	稲などの農作物が収穫できなくなったり※2、鉄道のポイント故障等により運転見合わせのおそれがある
少量	0.1mm 未満	うっすら積もる 	降っているのがようやくわかる	窓を閉める 火山灰が衣服や身体に付着する 目に入ったときは痛みを伴う	フロントガラスの除灰 火山灰がフロントガラスなどに付着し、視界不良の原因となるおそれがある	航空機の運航不可※2

※1 掲載写真は気象庁、鹿児島市、(株)南日本新聞社による
 ※2 富士山ハザードマップ検討委員会(2004)による想定

第2図 降灰量階級表(気象庁HPより)

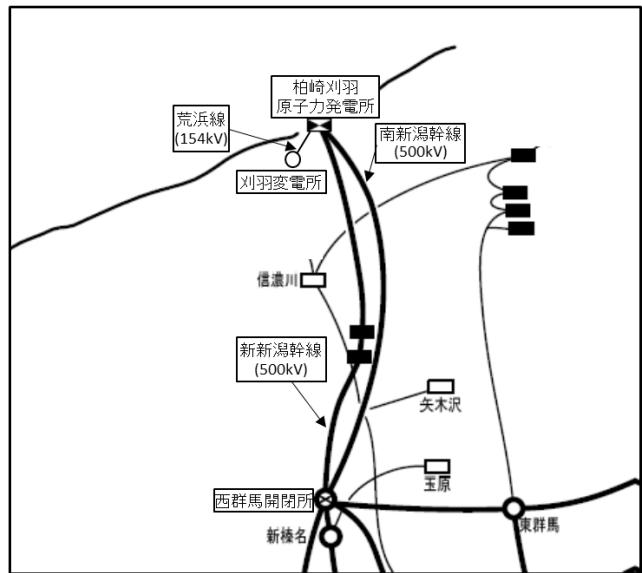


第3図 噴火に関する火山観測報(気象庁HPより)



※1 報道(TV、ラジオ、インターネット等)、
 気象情報(風向、風速等)
 周辺地域の降灰状況
 等により、総合的に判断する。

- ※2 対応着手の内容
- ・非常用ディーゼル発電機への改良型フィルタ取付
 - ・緊急時対策所の居住性確保
 - ・通信連絡設備の確保



第4図 対応着手の判断フロー

作業の成立性について

【改良型フィルタ取り付け】

1. 作業概要

火山影響等発生時において非常用ディーゼル発電機の機能を維持するための対策として、**非常用ディーゼル発電機 A 系及び B 系に対して改良型フィルタを取り付ける。**

2. 必要要員数及び作業時間

必要要員数：緊急時対策要員 4 名／号炉

非常用ディーゼル発電機 A 系及び B 系に対して 2 名 1 班で改良型フィルタを取り付ける。

作業時間（想定）：70 分（移動 20 分，作業 50 分）

作業時間（実績）：61 分（移動 16 分，作業 45 分）

3. 作業の成立性

アクセス性：作業員はヘッドライト・懐中電灯等を携行しており，かつ改良型フィルタの設置エリアは原子炉建屋内であることからアクセス可能である。

作業環境：改良型フィルタの設置エリア周辺には，作業を行う上で支障となる設備はなく，作業は実施可能である。

作業性：要員は改良型フィルタを設置エリアの架台へ取り付ける。改良型フィルタは人力で取り扱える重量・寸法であり作業は可能である。

連絡手段：火山影響等発生時においても，携帯型音声呼出電話設備等にて通話可能である。

【5号機原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備による給電準備及び給電開始】

1. 作業概要

火山影響等発生時において、発電所の内外の通信連絡をする必要のある場所と通信連絡をするために必要な設備の電源対策として、5号機原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備の移動及び電源ケーブルの敷設・接続ならびに排気ダクトの敷設・接続を行う。

2. 必要要員数及び作業時間

必要要員数：緊急時対策要員 4名

作業時間（想定）：85分

排気ダクトの敷設・接続については、緊急時対策要員 2名（現場）が作業時間 80分以内で行う。）

3. 作業の成立性

アクセス性：ヘッドライトを携行していることから、アクセス可能である。

作業環境：5号機原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備の保管場所周辺には、作業を行う上で支障となる設備はなく、また、作業員はヘッドライトを携行していることから、作業は実施可能である。

作業性：5号機原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備の固縛解除、移動及び電源ケーブルの敷設・接続は容易に実施可能である。また、排気ダクトは可搬式であり、容易に移動・設置が可能である。

連絡手段：火山影響等発生時においても、携帯型音声呼出電話設備等にて通話可能である。

5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備の容量について

火山影響等発生時において5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備の最大所要負荷については表1に示すとおり約70.2kWである。5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備の容量については最大所要負荷に対し十分な余裕を有する160kWとする。

表1 5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備の最大所要負荷

最大所要負荷			5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備の容量
設備	負 荷	合 計	
【通信連絡設備】 ・統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（テレビ会議システム、IP-電話機及びIP-FAX） ・5号炉屋外緊急連絡用インターフォン ・テレビ会議システム 他	約 19.41kW	約 70.2kW	160kW
【換気空調設備】	約 18.67kW		
【照明設備（コンセント負荷含む）】	約 23.45kW		
【放射線管理設備】	約 8.67kW		

非常用ディーゼル発電機への改良型フィルタ設置について

非常用ディーゼル発電機への改良型フィルタ設置について

<目 次>

- 1.対策の概要及び改良型フィルタの仕様
- 2.改良型フィルタの取り付け時間について
- 3.改良型フィルタの性能確認に用いる気中降下火砕物濃度

(別紙)

- 別紙 1 改良型フィルタの性能試験について
- 別紙 2 降灰到達時間について
- 別紙 3 気中降下火砕物濃度の算出手法及び算出結果
- 別紙 4 非常用ディーゼル発電機機関出力と吸気流量の関係について

非常用ディーゼル発電機への改良型フィルタ設置について

非常用ディーゼル発電機は外気を取り入れており，降下火砕物により既設フィルタの閉塞が想定される。したがって，高濃度の降下火砕物濃度に対して非常用ディーゼル発電機の機能を維持できるよう，改良型フィルタを配備する。

本資料では，改良型フィルタの仕様・性能・運用成立性について説明する。

1.対策の概要及び改良型フィルタの仕様

火山影響等発生時，非常用ディーゼル発電機の吸気流路に着脱可能な改良型フィルタを取付ける。

改良型フィルタは降灰が継続すると想定する 24 時間の間，閉塞することなく非常用ディーゼル発電機の運転を継続させることが可能である。なお，改良型フィルタは 200 メッシュの金属フィルタをプリーツ状にすることで面積を増加させたフィルタを使用する。

改良型フィルタの主な仕様を以下に示す（表 1）。また，改良型フィルタの外形図を図 1 に，フィルタの性能試験の概要及び結果を別紙 1 に示す。

表 1 改良型フィルタの主な仕様

フィルタ個数（個）※1	44
フィルタ外形寸法※2	高さ：610 mm 幅：610 mm 奥行：150 mm
フィルタ有効面積※2	約 0.348 m ²

※1 非常用ディーゼル発電機 1 機あたり

※2 フィルタ 1 個当たり

2.改良型フィルタの取り付け時間について

(1) 降灰到達時間

気象条件等を考慮し，噴火から降下火砕物が発電所敷地に到達するまでの時間を 80 分とする。降灰到達時間の考え方について別紙 2 に示す。

(2) 改良型フィルタの取り付け時間

改良型フィルタ取付けに要する時間は，資料 2 の「別紙 4 作業の成立性について」に示すとおり 70 分である。

したがって，改良型フィルタの取り付けは降下火砕物が発電所敷地に到達する前に実施可能である。

3.改良型フィルタの性能確認に用いる気中降下火砕物濃度

改良型フィルタの性能確認に用いる気中降下火砕物濃度は、「原子力発電所の火山影響評価ガイド（令和元年12月18日）」（以下「ガイド」とする）の添付1「気中降下火砕物濃度の推定手法について」に定められた手法により推定した気中降下火砕物濃度とする。気中降下火砕物濃度の算出方法及び算出結果を別紙3に示す。

別紙3の結果より、柏崎刈羽発電所における気中降下火砕物濃度を 3.3g/m^3 とする。なお、実機においては外気を取り入れる建屋開口に雨滴の侵入を防ぐ目的でウェザールーバが設置されており、これにより降下火砕物の流入も妨げられると考えられる。しかしながら、改良型フィルタの性能確認においては保守的にウェザールーバによる影響は考慮せず、気中の降下火砕物の全量が流入する想定とした。

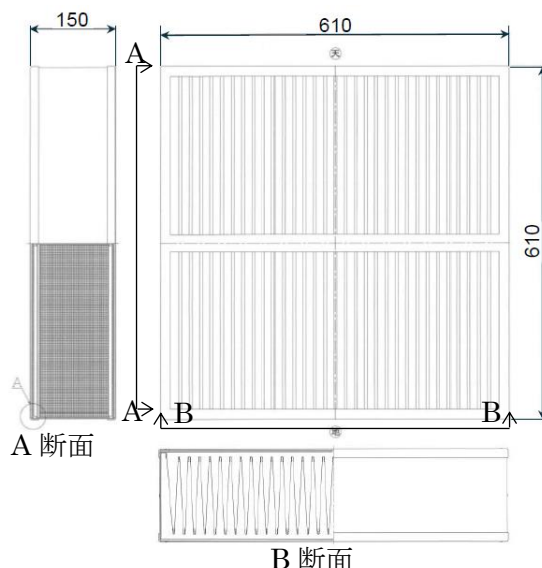


図1 改良型フィルタ 外形図

改良型フィルタの性能試験について

1. 試験の概要

非常用ディーゼル発電機に設置する改良型フィルタは、200 メッシュの金属フィルタをプリーツ状にすることで面積を増加させたフィルタを使用する。

本試験では、改良型フィルタの性能を確認するため、非常用ディーゼル発電機の流路を模擬した試験装置に改良型フィルタおよび既設のバッグタイプフィルタ（以下バグフィルタ）を設置し、フィルタ前後の差圧を測定し、許容差圧に達するまでの時間を確認する。

2. 試験方法

(1) 試験装置

図 1 に示す試験装置に改良型フィルタおよびバグフィルタを設置し、改良型フィルタ通過風速が非常用ディーゼル発電機の**定格出力**運転時と同じになるよう流量調整した後、上流より模擬火山灰を供給する。試験状況について図 2 に示す。

また、改良型フィルタの手前に灰受けを設置し、改良型フィルタにより叩き落とされた灰が流路を妨げることなく連続的に模擬火山灰が改良型フィルタに供給される構成とした。図 3 に示す通り、実機において改良型フィルタは架台に取り付けるため、改良型フィルタにより捕集された火山灰は試験装置と同様に手前に落下する挙動となる。

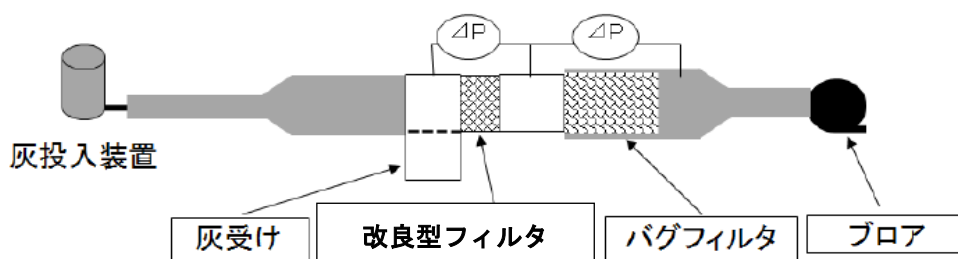


図 1 試験装置概要



図 2 試験状況

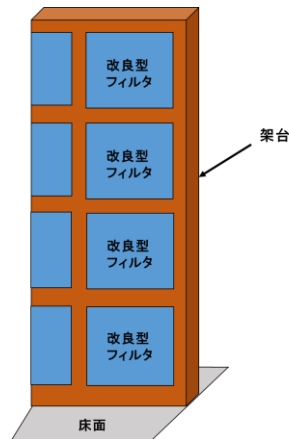


図3 改良型フィルタ設置概略図

(2) 試験条件

試験風速は非常用ディーゼル発電機の定格出力運転時風量をもとに、以下の通り設定した。

- 改良型フィルタ通気面積
 - ・0.348 [m²]・・・①
- 1系統あたりの改良型フィルタ設置個数
 - ・44個・・・②
- 改良型フィルタの通気面積合計
 - ・①×② = 0.348 [m²] ×44 = 15.312 [m²]・・・③
- 非常用ディーゼル発電機の定格出力運転時風量（送風機風量含む）
 - ・111,000 [m³/h] ≒30.84 [m³/s]・・・④

以上より、フィルタ通過時の風速は、以下の通りとなる。

$$\cdot \text{④}/\text{③} = 30.84 \text{ [m}^3/\text{s]} / 15.312 \text{ [m}^2\text{]} \approx 2.02 \text{ [m/s]}$$

試験風速は、これを上回るよう 2.03 [m/s] と設定した。

許容差圧については、機器が所望の性能を達成するために吸气流路に追加で許容される圧力損失を評価し、非常用ディーゼル発電機機関の約 Pa と、非常用ディーゼル発電機を設置した部屋を冷却する送風機の Pa を比較した上で、裕度の小さい送風機の許容差圧を試験のクライテリアとして設定した。試験条件を表1に示す。

本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

表1 試験条件

試験フィルタ	200 メッシュプリーツ型金属フィルタ
フィルタ寸法	高さ:288 mm 幅:178 mm 奥行:150 mm
試験風速	2.03 m/s
使用火山灰	桜島火山灰 (Tephra2 シミュレーション結果をもとに粒径調整)
火山灰濃度	3.3 g/m ³
許容差圧	<input type="text"/> Pa

3. 試験結果

試験結果を表2に示す。

試験の結果、想定する降灰継続時間である24時間が経過した時点において改良型フィルタ前後の差圧は許容差圧に到達しないことを確認した。なお、バグフィルタについても許容差圧に到達しないことを確認した。

なお、火山灰を含む空気を通気しているときの改良型フィルタの差圧、ならびにその上昇速度には、フィルタ通過時の風速の影響を大きく受ける傾向が認められた。一般的に圧力損失は風速の2乗に比例することに加え、風速が大きくなると、それだけ改良型フィルタ1枚当たりに取り込まれる火山灰の量が増えてしまうことや、改良型フィルタにて取り除かれた火山灰のうち、自重で落下せずにフィルタに付着してしまう量が、フィルタを通過する気流の影響により増加してしまうことが要因として考えられる。

そのため、設置する改良型フィルタの個数を可能な限り多くし、フィルタ有効面積を増加させることで、改良型フィルタ通過時風速を低減した。

表2 試験結果

許容差圧到達時間	24h 以上
24時間経過時の改良型フィルタの圧力損失	<input type="text"/> Pa

降灰到達時間について

柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉の火山影響評価において評価対象とした6火山(妙高山, 沼沢, 四阿山, 赤城山, 浅間山, 立山)が噴火した場合の降灰到達時間をそれぞれ算出した結果, 降灰到達時間は妙高山の噴火を想定した場合が最短となった。

具体的な算出方法(妙高山を例示)としては, 妙高山が噴火し降下火砕物が発電所方向に一直線に向かうと仮定し, 離隔距離(約74km)と風速15.3m/s(標高別の風向・風速観測データから算出)の関係から算出した結果, 降灰到達時間は約80分となった。

よって, 柏崎刈羽原子力発電所において, 降灰が開始する最短時間を80分とする。
柏崎刈羽原子力発電所から妙高山までの距離を図1に示す。



図1 柏崎刈羽原子力発電所と妙高山の離隔距離 (地理院地図を加工して作成)

気中降下火砕物濃度の算出手法及び算出結果

原子力発電所の火山影響評価ガイド（以下「ガイド」という。）が改正され、設計及び運用等による安全施設の機能維持が可能かどうかを評価するための基準として気中降下火砕物濃度を推定する手法が示された。

柏崎刈羽原子力発電所について、ガイドに基づき気中降下火砕物濃度の算出を行った。

1. 気中降下火砕物濃度の推定手法

ガイドにおいては、以下の2つの手法のうちいずれかにより気中降下火砕物を推定することが求められている。

- a. 降灰継続時間を仮定して降灰量から気中降下火砕物濃度を推定する手法
- b. 数値シミュレーションにより気中降下火砕物濃度を推定する手法

これらの手法のうち、設置許可段階での降灰量（層厚）の数値シミュレーション（Tephra2）との連続性の観点から、「a. 降灰継続時間を仮定して降灰量から気中降下火砕物濃度を推定する手法」により気中降下火砕物濃度を推定する。

なお、「b. 数値シミュレーションにより気中降下火砕物濃度を推定する手法」については、数値シミュレーション（三次元の大気拡散シミュレーション）で使用する噴煙高さの設定や噴出率の時間変化等に課題を残しているため、必要なパラメータを設定及び結果の妥当性を評価することは困難である。

2. 気中降下火砕物濃度の算出方法

ガイドに基づく気中降下火砕物濃度の算出方法を以下に示す。

- ①粒径*i*の降灰量 W_i $W_i = p_i W_T$ (p_i : 粒径*i*の割合 W_T : 総降灰量)
- ②粒径*i*の堆積速度 v_i $v_i = \frac{W_i}{t}$ (t : 降灰継続時間)
- ③粒径*i*の気中濃度 C_i $C_i = \frac{v_i}{r_i}$ (r_i : 粒径*i*の降下火砕物の終端速度)
- ④気中降下火砕物濃度 C_T $C_T = \sum_i C_i$

3. 入力条件及び計算結果

入力条件及び計算結果を表1に示す。

表1の計算結果より、柏崎刈羽原子力発電所における気中降下火砕物濃度を 3.3g/m^3 とする。

表1 入力条件及び計算結果

入力条件		備考
設計層厚	35 cm	設置(変更)許可を得た層厚 (図1)
総降灰量 W_T	$3.5 \times 10^5 \text{ g/m}^2$	設計層厚×降下火砕物密度 1.0g/cm^3
降灰継続時間 t	24 h	原子力発電所の火山影響評価ガイド 参考
粒径 i の割合 p_i	別表1 参照	Tephra2 による粒径分布の計算値
粒径 i の降灰量 W_i		式①
粒径 i の堆積速度 v_i		式②
粒径 i の終端速度 r_i		Suzuki (1983) 参考 (図2)
粒径 i の気中濃度 C_i		式③
気中火山灰濃度 C_T	3.3 g/m^3	式④

別表1 粒径ごとの入力条件及び計算結果

粒径 i (ϕ)	-3~-2	-2~-1	-1~0	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	合計
粒径 i (μm)	5657	2828	1414	707	354	177	88	44	22	
割合 p_i (wt%)	3.4×10^{-52}	6.3×10^{-28}	3.1×10^{-6}	4.6×10^1	5.4×10^1	1.5×10^{-2}	6.4×10^{-6}	1.7×10^{-5}	1.3×10^{-5}	100
降灰量 W_i (g/m^2)	1.2×10^{-48}	2.2×10^{-24}	1.1×10^{-2}	1.6×10^5	1.9×10^5	5.3×10^1	2.2×10^{-2}	6.0×10^{-2}	4.6×10^{-2}	$W_T = 3.5 \times 10^5$
堆積速度 v_i ($\text{g/s}\cdot\text{m}^2$)	1.4×10^{-53}	2.6×10^{-29}	1.3×10^{-7}	1.9×10^0	2.2×10^0	6.1×10^{-4}	2.6×10^{-7}	6.9×10^{-7}	5.3×10^{-7}	
終端速度 r_i (m/s)	5.7	4.0	2.7	1.8	1.0	0.5	0.35	0.1	0.03	
気中濃度 C_i (g/m^3)	2.4×10^{-54}	6.4×10^{-30}	4.6×10^{-8}	1.0×10^0	2.2×10^0	1.2×10^{-3}	7.4×10^{-7}	6.9×10^{-6}	1.8×10^{-5}	$C_T = 3.22$

(降下火砕物堆積量)

- 文献を用いた評価（等層厚線図を用いた評価、堆積速度からの試算、堆積量からの試算）、既往解析結果の知見及び解析コードによるシミュレーションから、敷地で確認された程度の降下火砕物が堆積するという結果は得られず、その最大値は約23.1cmという結果となった。
- 給源不明なテフラについては、噴出時期が前期更新世と古く、分布層厚は敷地周辺で大きくばらつきがあるものの、敷地内で最大層厚35cmを確認した。
- 以上のことから、発電所運用期間中に敷地内で想定する降下火砕物の最大層厚は、堆積量評価結果の最大値である約23.1cmに対し、敷地内で確認されている給源不明なテフラの最大層厚を踏まえ、保守的に35cmと設定する。

堆積量の評価結果一覧

	妙高山	立山	浅間山	四阿山	沼沢	赤城山
(1-0) 文献を用いた評価 (等層厚線図を用いた評価)	-	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし
(1-1) 文献を用いた評価 (堆積速度からの試算)	約23.1cm	-	-	-	-	-
(1-2) 文献を用いた評価 (堆積量からの試算)	約23cm	-	-	-	-	-
(2) 既往解析結果の知見	約15cm	-	-	-	-	-
(3) 解析コードによるシミュレーション	7.2cm	8.8cm	18.1cm	8.3cm	16.1cm	22.0cm

(降下火砕物粒径・密度)

- 降下火砕物の粒径は、評価対象火山の噴火規模と同等の噴火実績を持つ富士山及び樽前火山について、火口からの距離と粒径分布が記載された文献（宮地(1984)、鈴木ほか(1973)）から評価し、8.0mm以下と設定する。
- 降下火砕物の湿潤密度は、アメリカ地質調査所（USGS）の文献及び東京大学出版会の文献（宇井[編]（1997））を踏まえ、1.5g/cm³と設定する。

図1 敷地における降下火砕物の層厚評価

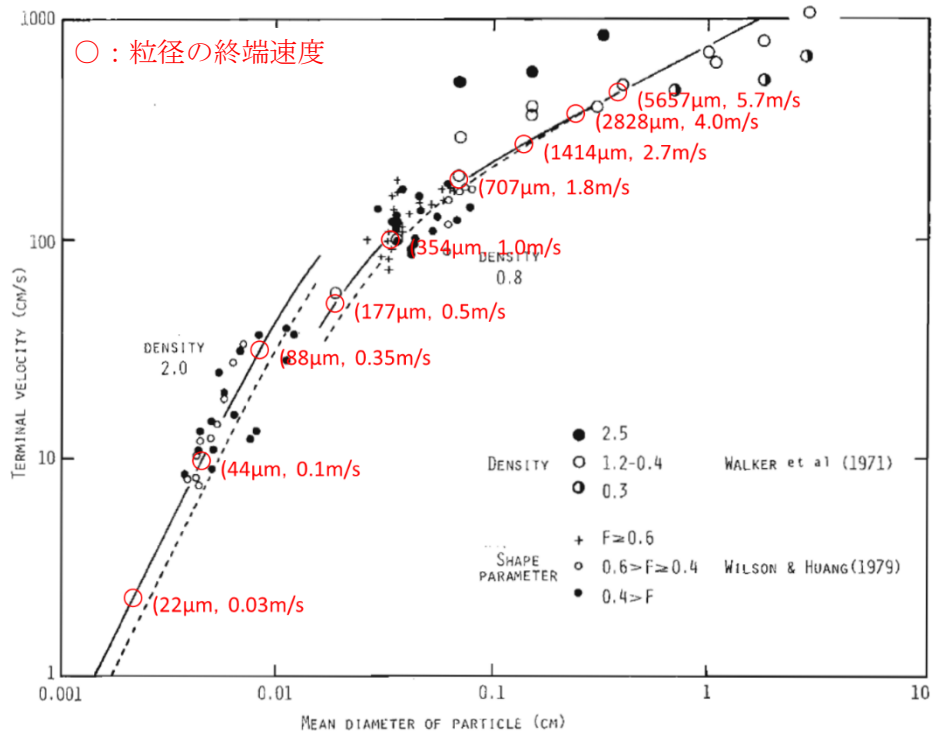


図2 Suzuki (1983)*における降下火砕物の粒径と終端速度との関係図

*: Suzuki, T. (1983) A theoretical model for dispersion of tephra, Arc Volcanism: Physics and Tectonics: 95-116, Terra Scientific Publishing.

非常用ディーゼル発電機機関出力と吸気流量の関係について

1. 非常用ディーゼル発電機機関の空気の流れについて

図 1 に非常用ディーゼル発電機室の全体概略を示す。非常用ディーゼル発電機機関は、吸入空気を外気から取り入れ、過給機により吸入空気を圧縮し、吸気管を通して各シリンダに供給する。各シリンダに供給された吸入空気はピストンで圧縮され、高温高压となった雰囲気燃料を高圧で噴射し、その自己着火により燃焼する。燃焼後、高温の排ガスとなって過給機に供給され、過給機はそのタービンを駆動し、吸入空気を更に取り込む。過給機のタービンの後に排出された排気ガスは排気消音器を通して屋外に排出される。

2. 非常用ディーゼル発電機機関出力と吸気流量の関係について

非常用ディーゼル発電機機関は発電機特性より無負荷から定格負荷まで回転数は一定であるが、発電機出力(負荷)に応じて機関の出力(負荷)は変化する。

機関は出力に応じた燃料が供給されるので、機関出力が低下すると燃料噴射弁からの燃料投入量は減少する。シリンダ内で燃料が燃焼した後、高温の燃焼ガスが排ガスとなり過給機の排ガス流路形成部よりタービンノズルを介し、タービン翼を回転させる。排ガス量が減少するとタービン翼での仕事が小さくなるため、回転軸を回す力が小さくなり、過給機の回転は低下する。

過給機のタービン翼同軸上の反対側に取り付けられた圧縮機インペラは、燃焼用空気流路形成部を介し、吸入空気を圧縮し、機関に吸入空気を供給するが、過給機の回転が小さいと圧縮機インペラの仕事は減少し、吸気流量は減少する。つまり、非常用ディーゼル発電機の機関出力に応じて吸気流量は変化するが、定格出力時に吸気流量は最大となる。図 2 に出力と吸気流量の変化をフローとして示す。

3. まとめ

非常用ディーゼル発電機の吸気流量が機関の出力に応じて変動するかどうかについては、上記 2. に記載したとおり、非常用ディーゼル発電機の吸気流量は、機関出力に応じて定格出力時の定格流量よりも減少する。

吸気流量が減少すると吸い込む火山灰量も減少するため、差圧の上昇は最大出力時よりも緩やかになる。なお、フィルタへの火山灰の付着状態が同じでも流速が減少するとフィルタ差圧についても減少するため、フィルタの差圧は定格出力時が最も厳しい条件となる。(一般に圧力損失は流速の 2 乗に比例する。)

今回のフィルタ閉塞時間の評価は、ディーゼル機関の最大吸気流量である定格出力時で評価したものであるが、実際には、電気負荷に応じた出力となり、吸気流量は低くなることから、フィルタの差圧上昇はさらにゆるやかになると考える。

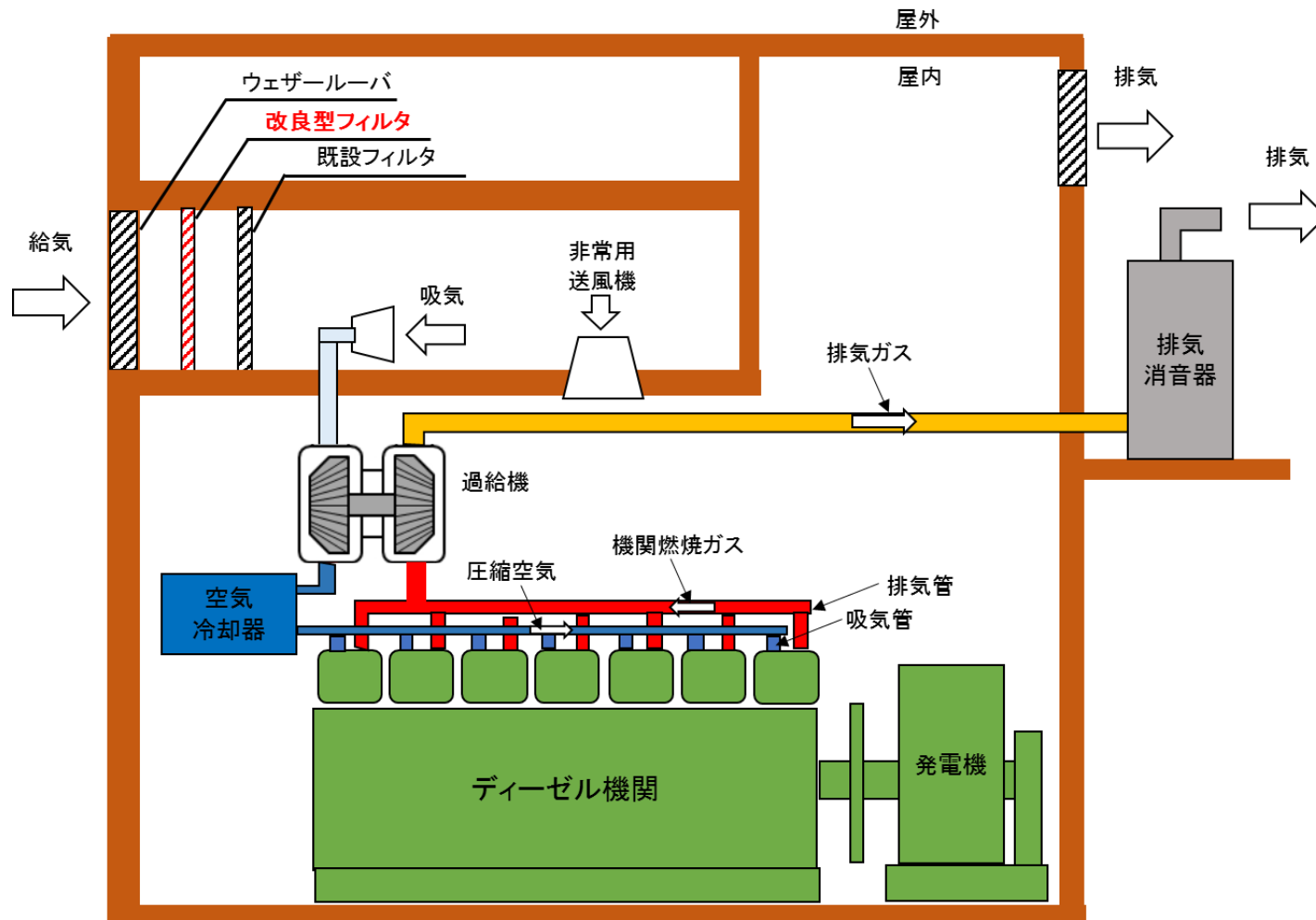


図1 非常用ディーゼル発電機概要図

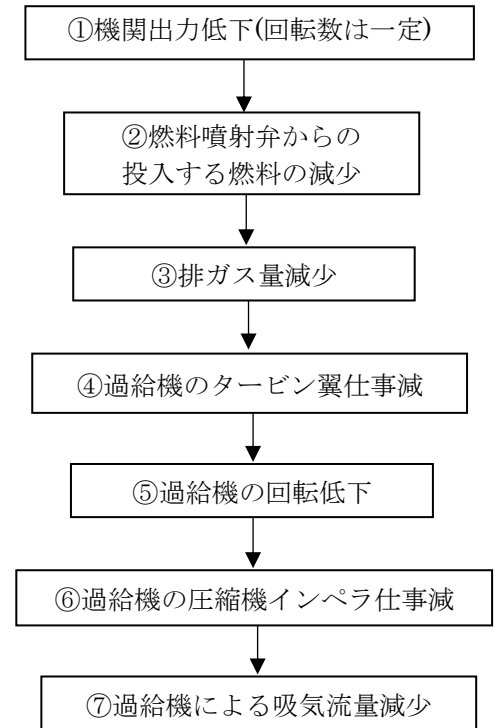


図2 出力・吸気量変化のフロー

降下火砕物に対して評価すべき施設の抽出

降下火砕物に対して評価すべき施設の抽出

<目 次>

1. 設置許可基準規則適合性審査での評価対象施設のうち評価すべき施設の抽出
2. その他火山影響等発生時における発電用原子炉施設の保全のための活動を行うために必要な施設の抽出
3. 既許認可との整合性
4. まとめ

(別紙)

別紙1 海水ポンプ及び海水ストレーナに対する気中降下火砕物濃度の影響について

別紙2 火山影響等発生時に使用する改良型フィルタの扱いについて

別紙3 原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備（格納容器圧力逃がし装置）について

別紙4 5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備のタービン建屋内における降下火砕物影響について

降下火砕物に対して評価すべき施設の抽出

火山影響等発生時における発電用原子炉施設の保全のための活動を行うため、降下火砕物に対して評価すべき施設の抽出を行う。

抽出にあたっては、以下の観点から施設を抽出する。

1. 設置許可基準規則適合性審査での評価対象施設のうち評価すべき施設の抽出
 2. その他火山影響等発生時における発電用原子炉施設の保全のための活動を行うために必要な施設のうち、評価すべき施設の抽出
1. 設置許可基準規則適合性審査での評価対象施設のうち評価すべき施設の抽出
設計基準対象施設のうち、気中降下火砕物濃度に対する評価対象施設を原子力発電所の火山影響評価ガイドを参照し抽出する。抽出の方法は以下のとおり。

(1) 火山事象に対する評価対象施設及び影響因子の抽出

(2) 気中降下火砕物濃度に対して評価が必要な影響因子の整理

(3) 気中降下火砕物濃度に対する評価対象施設の抽出

- (1) 火山事象に対する評価対象施設及び影響因子の抽出

評価対象施設は、屋内設備は当該設備を内包する建屋により防護する設計とすることで、屋外設備、建屋及び屋外との接続がある設備（屋外に開口している設備又は外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する設備）に分類し、抽出する。

また、降下火砕物の特徴からその影響因子となり得る荷重、閉塞、磨耗、腐食、大気汚染及び絶縁低下を抽出し、評価対象施設の構造や設置場所等を考慮して、各設備に対する影響因子を抽出する。

抽出結果を表-1 に示す。

表-1 降下火砕物による各施設への影響因子の抽出結果

分類	評価対象施設	影響因子
屋外設備	・軽油タンク（燃料移送ポンプ含む）	荷重，腐食，閉塞，摩耗
建屋	・原子炉建屋 ・タービン建屋海水熱交換器区域 ・コントロール建屋 ・廃棄物処理建屋	荷重，腐食
屋外との接続 がある設備 (屋内設備)	・原子炉補機冷却海水ポンプ ・原子炉補機冷却海水系ストレーナ ・取水設備（防塵設備）	腐食，閉塞，摩耗，
	・非常用換気空調系	腐食，閉塞，摩耗，大気汚染
	・非常用ディーゼル発電機 （非常用ディーゼル発電機吸気系含む）	腐食，閉塞，摩耗
	・安全保護系盤	絶縁低下

(2) 気中降下火砕物濃度に対して評価が必要な影響因子の整理

降下火砕物濃度による評価への影響を考慮し，気中降下火砕物濃度に対して評価が必要となる影響因子は閉塞である。

影響因子の整理結果を表-2 に示す。

表-2 気中降下火砕物濃度に対して評価が必要な影響因子の整理結果

影響因子	降下火砕物濃度による評価への影響	評価の要否
荷重	想定する降下火砕物の層厚は変わらないことから，荷重評価への影響はない。	不要
閉塞	気中降下火砕物濃度が増加することにより影響を受ける可能性のあるもの（給気フィルタ）については，評価が必要。	一部要
腐食	評価対象施設は，外装の塗装や耐腐食材料の使用等を行っていることから，短期での腐食への影響はない。	不要
磨耗	降下火砕物は，砂より硬度が低くもろいことから，短期での磨耗への影響はない。	不要
大気汚染	中央制御室の換気空調系の再循環運転を行うこととしており，大気汚染への影響はない。	不要
絶縁低下	絶縁低下を考慮する施設は空調管理された区域に設置されていることから，絶縁低下への影響はない。	不要

：気中降下火砕物濃度に対して評価が必要となる影響因子

(3) 気中降下火砕物濃度に対する評価対象施設の抽出

評価対象施設の閉塞に対する評価内容の検討の結果、気中降下火砕物濃度に対する評価が必要な再評価対象施設は非常用ディーゼル発電機吸気系である。

非常用ディーゼル発電機吸気系以外の施設については、降下火砕物濃度の増加を考慮しても降下火砕物の粒径や侵入量が変わらないこと等により、気中降下火砕物濃度に対する影響はない。

気中降下火砕物濃度に対する再評価対象施設の抽出結果を表-3 に示す。

表-3 気中降下火砕物濃度に対する評価対象施設の抽出結果(1/2)

評価対象施設	影響因子	評価内容及び降下火砕物濃度による影響
軽油タンク (燃料移送ポンプ含む)	荷重 腐食 閉塞 摩耗	<ul style="list-style-type: none"> 軽油タンクのベント管の開口部は、雪害対策として、タンク屋根外側、地上から約 10m の高さに下向きに設置されていることから、想定される降下火砕物堆積量に対し、開口部閉塞及び摩耗には至らない。 燃料移送ポンプ及び電動機は、屋内に設置されていることから、降下火砕物が内部に侵入することはない。 ⇒降下火砕物の堆積量は変わらないことから、影響なし。
<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋 タービン建屋 海水熱交換器区域 コントロール建屋 廃棄物処理建屋 	荷重 腐食	影響因子として閉塞がないため評価不要
原子炉補機冷却海水系 ポンプ (屋内設備)	腐食 閉塞 摩耗	<ul style="list-style-type: none"> ポンプの狭隘部は降下火砕物の粒径より大きく、降下火砕物による閉塞には至らない。軸受部は異物逃がし溝を設け、降下火砕物による閉塞には至らない設計とする。また、降下火砕物は、破碎し易く摩耗による影響は小さい。 ⇒降下火砕物の粒径は変わらないことから影響なし。 (別紙 1 参照)

表-3 気中降下火砕物濃度に対する評価対象施設の抽出結果(2/2)

評価対象施設	影響因子	評価内容及び降下火砕物濃度による影響
原子炉補機冷却海水系 ストレーナ(屋内設備)	腐食 閉塞 摩耗	<ul style="list-style-type: none"> 降下火砕物の粒径は、海水ストレーナのフィルタ穴径より僅かに小さいものの、差圧管理されており、自動洗浄されることから閉塞することはない。なお、海水ストレーナのフィルタを通過した降下火砕物は、下流の設備（原子炉補機冷却水系熱交換器）に対して閉塞等の影響を与えることはない。 ⇒降下火砕物の粒径は変わらないことから影響なし (別紙1参照)
取水設備(防塵設備) (屋内設備)	腐食 閉塞 摩耗	<ul style="list-style-type: none"> 降下火砕物の粒径は十分小さく、取水口を閉塞することはない。 ⇒降下火砕物の粒径は変わらないことから影響なし
非常用換気空調系 (屋内設備)	腐食 閉塞 摩耗 大気汚染	<ul style="list-style-type: none"> 中央制御室換気空調系については、外気取入ダンパを閉止し、再循環運転することにより、中央制御室の居住環境が維持されることを確認する。また、その他の換気空調設備については、ダンパ閉止による対応が可能である。 ⇒再循環運転及びダンパ閉止によりフィルタ閉塞の影響なし
非常用ディーゼル発電機 (非常用ディーゼル 発電機吸気系含む) (屋内設備)	腐食 閉塞 摩耗	降下火砕物濃度の増加に伴い、給気フィルタの閉塞時間が短くなるため評価が必要。(詳細は別紙2を参照)
安全保護系盤(屋内設備)	絶縁低下	影響因子として閉塞がないため評価不要

: 気中降下火砕物濃度に対する評価が必要な施設

2. その他火山影響等発生時における発電用原子炉施設の保全のための活動を行うために必要な施設の抽出

火山影響等発生時において外部電源喪失が発生し、非常用ディーゼル発電機の機能が喪失した場合は、原子炉隔離時冷却系ポンプ又は高圧代替注水系ポンプを用いた原子炉圧力容器への注水による炉心冷却を行う。また、その際に必要となる施設を抽出し、影響因子を考慮して評価を行う。

その他の火山影響等発生時における発電用原子炉施設の保全のための活動を行うために必要な施設の抽出結果を表-4 に示す。

表-4 その他火山影響等発生時における発電用原子炉施設の保全のための活動を行うために必要な施設のうち、評価すべき施設の抽出

必要な機能	必要な施設	影響因子	評価結果
原子炉圧力容器への注水による炉心冷却	原子炉補機冷却水ポンプ	—	降下火砕物に対し構造健全性を有する建屋内に設置されているため影響なし。
	高圧炉心注水系ポンプ	—	
	原子炉隔離時冷却系ポンプ	—	
	高圧代替注水系ポンプ	—	
	燃料ディタンク	—	
	復水貯蔵槽	—	
	サプレッション・チェンバ	—	
	直流 125V 蓄電池 A	—	
	直流 125V 蓄電池 A-2	—	
	AM 用直流 125V 蓄電池	—	
	逃がし安全弁	—	
	格納容器圧力逃がし装置	荷重 腐食 閉塞	設置許可基準規則の適合性審査において、左記影響因子に対して健全性を有していることを確認している。(詳細は別紙3参照)
緊急時対策所	緊急時対策所	—	居住性を確実に確保するための手順を整備する。
通信連絡	通信連絡設備	—	所内外の通信連絡機能を確実に確保するための手順を整備する。
	5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備	—	降灰開始前に、降下火砕物に対し構造健全性を有する建屋内に移動するため、影響なし。(詳細は別紙4を参照) 移動のための手順を整備する。
	5号炉原子炉建屋	荷重	設置許可基準規則の適合性審査において、降下火砕物に対し構造健全性を有していることを確認。

3. 既許認可との整合性

気中降下火砕物濃度に対する対応が設置変更許可申請書及び工事計画認可申請書に抵触しないことを確認している。詳細を別表に示す。

4. まとめ

火山影響等発生時における発電用原子炉施設の保全のための活動を行うため、降下火砕物に対して評価すべき施設の抽出を行った。

結果は以下のとおりである。

- 設置許可基準規則適合性審査での評価対象施設については、非常用ディーゼル発電機（バグフィルタ）が抽出されたことから、外気の入力箇所に改良型フィルタを設置する手順を整備する。
- その他火山影響等発生時における発電用原子炉施設の保全のための活動を行うために必要な施設については、緊急時対策所の居住性を確保するための手順及び所内外の通信連絡機能を確実に確保するための手順を整備する。

以上

柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉審査資料 「設計基準対象施設について」
6条-別添3-1 「火山影響評価について」
個別評価-2 「原子炉補機冷却海水ポンプに係る影響評価」
個別評価-3 「原子炉補機冷却海水系ストレーナに係る影響評価」
より抜粋

別紙-1

個別評価-2

原子炉補機冷却海水ポンプに係る影響評価

降下火砕物による原子炉補機冷却海水ポンプに係る影響評価について以下のとおり評価した。

(1) 評価項目

① 水循環系の閉塞

降下火砕物が混入した海水を海水ポンプにより取水した場合に、流水部、軸受部等が閉塞し、機器の機能に影響がないことを評価する。

② 水循環系の内部における摩耗

降下火砕物が混入した海水を海水ポンプにより取水した場合に、摩耗による機器の機能に影響がないことを評価する。

③ 水循環系の化学的影響（腐食）

降下火砕物が混入した海水を海水ポンプにより取水した場合に、内部構造物の化学的影響（腐食）により機器の機能に影響がないことを評価する。

(2) 評価条件

① 降下火砕物条件

- ・ 粒径：8.0mm 以下

(3) 評価結果

① 水循環系の閉塞

- ・ 流水部の閉塞

原子炉補機冷却海水ポンプ流水部の狭隘部は図 2-1 に示すように数十 mm であり、想定する降下火砕物の粒径は 8.0mm 以下であるため、閉塞には至らない。

- ・ 軸受部の閉塞

原子炉補機冷却海水ポンプの軸受の隙間は、約 1mm～4mm 程度の許容値以下で管理されている。一部の降下火砕物は軸受の隙間より、軸受内部に入り混む可能性があるが、図 2-1 に示すように異物逃がし溝（約 5mm 程度）を設け、軸受部の閉塞には至らない設計とする。

枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

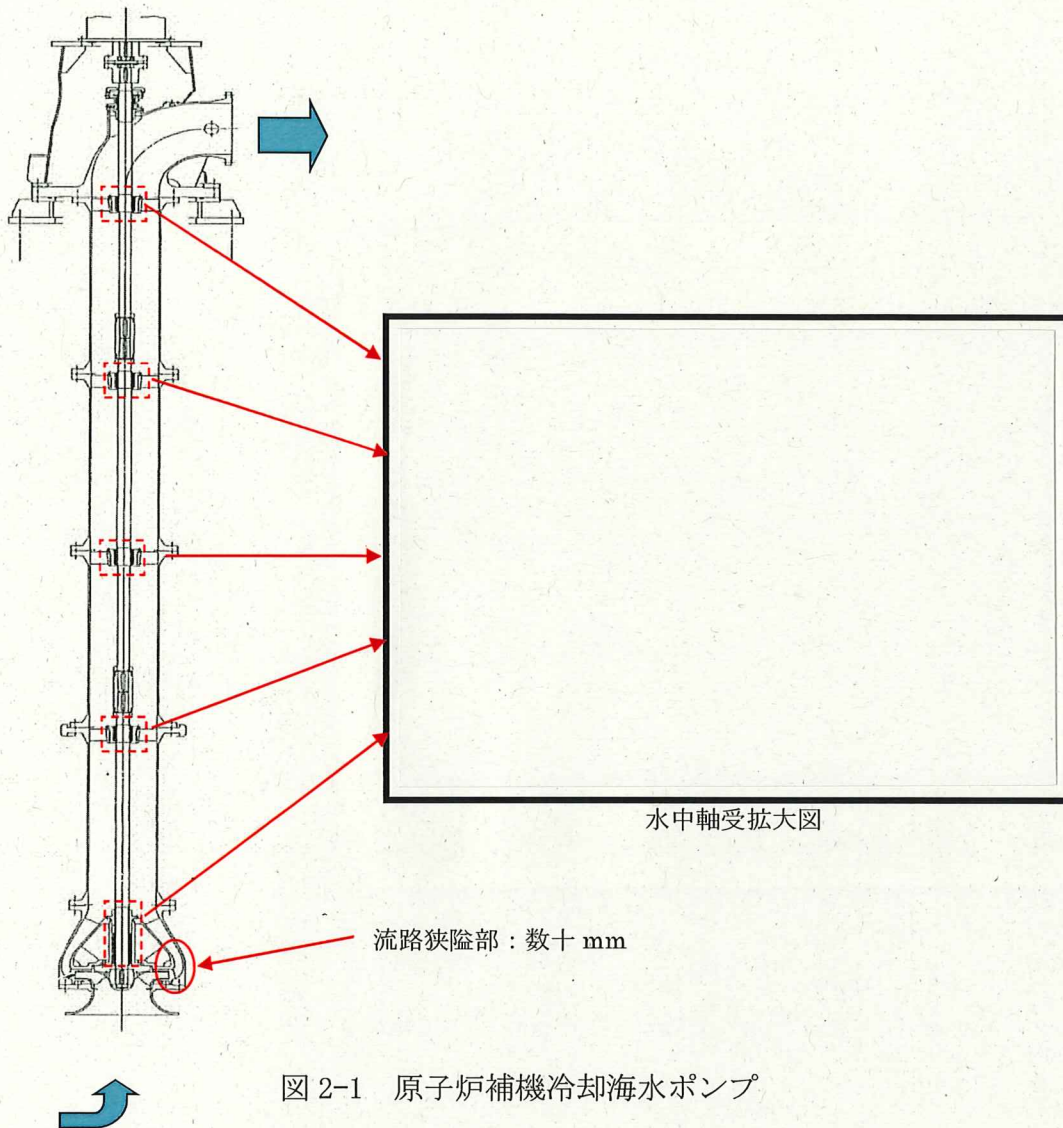


図 2-1 原子炉補機冷却海水ポンプ

② 水循環系の内部における摩耗

降下火砕物は破碎し易く、硬度が低いことから降下火砕物による摩耗が、設備に与える影響は小さく、また、日常の保守管理等により補修が可能。

(補足資料-3)

③ 水循環系の化学的影響（腐食）

原子炉補機冷却海水ポンプは、ステンレス製であり、また、塗装等の対応を実施していることから、降下火砕物による短期での腐食により原子炉補機冷却海水ポンプの機能に影響を及ぼすことはない。

(補足資料-4)

原子炉補機冷却海水系ストレーナに係る影響評価

降下火砕物による原子炉補機冷却海水系ストレーナに係る影響評価について以下のとおり評価した。

(1) 評価項目

① 水循環系の閉塞

降下火砕物によって原子炉補機冷却海水系ストレーナの閉塞により、機器の機能に影響がないことを評価する。

② 水循環系の内部における摩耗

降下火砕物によって原子炉補機冷却海水系ストレーナの摩耗により、機器の機能に影響がないことを評価する。

③ 水循環系の化学的影響（腐食）

降下火砕物によって原子炉補機冷却海水系ストレーナの内部構造物の化学的影響（腐食）により機器の機能に影響がないことを評価する。

(2) 評価結果

① 水循環系の閉塞

号炉ごとの原子炉補機冷却海水系ストレーナのフィルタ穴径を示す。

	6号炉	7号炉
フィルタ穴径	8mm	7mm

想定する降下火砕物の粒径は、最大で8mmであるが、7mm以上の粒径割合は、およそ4%程度であり、また、取水口からポンプ取水箇所までの距離が数十mあるため、原子炉補機冷却海水系ストレーナは閉塞する可能性は低い。また、粘性を生じさせる粘土鉱物等は含まれていないことから原子炉補機冷却海水系ストレーナが閉塞することはない。なお、フィルタが閉塞することがないように差圧管理されており、一定の差圧（6号及び7号炉：17.65kPa）で自動洗浄される。

原子炉補機冷却海水系ストレーナのフィルタを通過した降下火砕物の粒子は、下流設備の原子炉補機冷却水系熱交換器の伝熱管の穴径（6号炉：23.0mm，7号炉：16.6mm）に対して、想定する降下火砕物の粒径は十分小さく伝熱管等の閉塞により、下流設備に影響を及ぼすことはない。

原子炉補機冷却海水ポンプの定格流量は1台あたり、約1,800m³/hと大きく、冷却器管内で流れが一様になり、降下火砕物がストレーナ内で堆積し、閉塞する可能性は低い。

②水循環系の内部における摩耗

降下火砕物は破碎し易く、硬度が低いことから降下火砕物による摩耗が、設備に与える影響は小さく、また、日常の保守管理等により補修が可能。

(補足資料-3)

③水循環系の化学的影響（腐食）

原子炉補機冷却海水系ストレナは、ライニングが施工されていることから、短期での腐食により原子炉補機冷却海水系ストレナの機能に影響を及ぼすことはない。

また、原子炉補機冷却海水系ストレナの下流設備の原子炉補機冷却水系熱交換器（伝熱管）には、耐食性に優れた材料（アルミニウム黄銅管）を用いていること、及び連続通水状態であり著しい腐食環境にならないことから、短期での腐食により下流設備に影響を及ぼすことはない。

火山影響等発生時に使用する改良型フィルタの扱いについて

(1) 改良型フィルタの概要（配備目的及び運用方法）

従来から非常用ディーゼル発電機にはフィルタを配備しているが、算出した気中降下火砕物濃度を考慮して、火山影響等発生時に改良型フィルタを取り付け、非常用ディーゼル発電機の継続的な運転を行えるよう手順の整備（運用による対応）を図るものである。

(2) 設置許可との関連

設置許可本文において、降下火砕物による影響因子である荷重、閉塞、腐食、摩耗、大気汚染、絶縁低下に対する設計方針を記載している。

気中降下火砕物濃度が増加することによる影響を受ける可能性がある影響因子として閉塞が抽出されるが、設計基準対象施設については設置許可本文に「換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞）に対して降下火砕物が侵入しにくい設計とする」と記載している。また、重大事故等対処設備については「想定される重大事故等が発生した場合における温度、放射線、荷重及びその他の使用条件において、その機能が有効に発揮できるよう、その設置場所（使用場所）又は保管場所に応じた耐環境性を有する設計とするとともに、操作が可能な設計とする。」と記載しており、火山影響等発生時における非常用ディーゼル発電機への改良型フィルタの取り付けは現行記載の範囲内である。

次に、手順については、「実用発電用原子炉に係る発電用原子炉設置者の重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力に係る審査基準」に基づき、既に設置許可の本文には、前兆事象を確認した時点で事前の対応ができる体制及び手順を整備する方針であることを記載している。

今回の対策は、この設置許可の基本方針に基づき、保安規定にて個別に手順を定めるものである。

以上により、火山影響等発生時に改良型フィルタを取り付けることは、設置許可に記載する基本方針の変更を必要とするものではない。

(3) 改良型フィルタ配備に伴う周辺機器への影響

改良型フィルタについては、通常時から非常用ディーゼル発電機の改良型フィルタ取り付けエリア近傍の屋内に配備することとしている。

通常時から改良型フィルタを非常用ディーゼル発電機の改良型フィルタ取り付けエリア近傍に配備することについて、社内規定文書に基づき、持込可燃物の管理、竜巻対策上の管理、地震による周辺機器への影響の防止及び安全上重要な設備へ

のアクセスルート等の管理について確認を行った上で保管場所を決定している。
非常用ディーゼル発電機の改良型フィルタ配備に伴う周辺機器への影響の確認結果を表1に示す。

表1 非常用ディーゼル発電機の改良型フィルタ配備に伴う周辺機器への影響の確認結果

確認項目	確認結果
① 安全上重要な機器，配管，計器等精密機器からは十分離れているか。また，固縛・滑り止め・ボルト固定等の処置が適切に実施できるか。	離隔を確保した上で固定できるよう保管するため，安全上重要な機器に影響しない。
② 接触，干渉等により発電設備に影響はないか。	他設備への接触，干渉等はない。
③ 運転員，作業員の通行性（アクセスルート含む）及び弁，操作盤等への操作性が確保できるか。	配備場所はアクセスルートとの干渉はない。
④ 避難通路，防火シャッター（防火扉）の作動範囲は確保されているか。	近傍に非難通路，防火シャッターはないため，作動範囲を妨げない。
⑤ 恒設の消火器，消火栓，救急搬送用具（担架等）の使用に影響しないか。 また，火災検知器の機能に影響しないか。	改良型フィルタは消火器や検知器と干渉せず，機能に影響しない場所に配備する。
⑥ 火災発生源になる資機材（油脂・木材・ボンベ・ビニール・ダンボール・ウエス等の可燃物（難燃性を含む））はないか。	フィルタの主材料は金属であり，可燃性ではない。また，社内規定文書に基づき管理する。
⑦ 屋外に配備する場合，竜巻による飛来対策区域外であること。 * 飛来物対策区域内の場合，飛散防止対策を実施すること。	屋内に配備する。
⑧ 屋外に配備する場合，津波対策区域外であること。 * 津波対策区域内の場合，影響評価を実施すること。	津波対策区域外である。

(4) まとめ

火山影響等発生時において一時的に改良型フィルタを資機材として配備する手順は，現行の設置許可に記載している内容のままで運用可能である。

以上

柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉審査資料 「重大事故等対処設備について」
別添資料-1 「原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備
(格納容器圧力逃がし装置)について」

7.1.6 火山

(1) 設計基準

発電所へ影響を及ぼし得る火山のうち、将来の活動可能性が否定できない33火山について、設計対応が不可能な火山事象は、地質調査結果によれば、発電所敷地及び周辺で、痕跡が認められないことから、到達する可能性は十分小さいものと判断される。その他の発電所の安全性に影響を与える可能性のある火山事象を抽出した結果、降下火砕物が抽出された。

降下火砕物の堆積量については、文献調査や国内外の噴火実績、シミュレーション結果を踏まえ、検討を行った結果、火山噴火実績に保守性を考慮した35cmを設計基準に設定する。

(2) 想定される影響

a. 堆積による荷重

影響モード：降下火砕物の堆積による静的荷重

対象部位：フィルタ装置

b. 降下火砕物侵入による閉塞

影響モード：系統内への侵入による閉塞

対象部位：放出口

c. 化学的影響

影響モード：降下火砕物に付着している腐食成分による化学的影響

対象部位：フィルタ装置及び屋外配管

(3) 耐性評価結果

a. 堆積による荷重

フィルタ装置に堆積する降下火砕物に対する耐荷重性については、フィルタ装置の保有水等の重量を考慮した許容耐荷重を $3,832,930 \text{ [N/m}^2\text{]}$ と評価しており、設計基準の降下火砕物 35 cm ($5,149 \text{ [N/m}^2\text{]}$) を上回っていることから、降下火砕物の堆積荷重に対する耐性が確保されていることを確認した。

b. 降下火砕物侵入による閉塞

放出口からの降下火砕物の侵入については、上空から落下してくる降下火砕物に対して、開口部が横向き、かつ開口部の形状が斜め下 45° の形状となっていることから、降下火砕物が侵入し難い構造となっている。

また、降下火砕物が放出口から侵入した場合であっても、放出口付近の配管は水平方向に設置されているため、降下火砕物が配管内部のラプチャーディスク前面まで到達することは考え難く、侵入した降下火砕物は放出口付近の水平方向の配管上に堆積することが想定される。この場合、開口部の構造により降下火砕物の全てが配管内に侵入するものではないこと、及び配管の口径は 508 mm となっていることから、配管は閉塞しないと考えられる。

なお、放出口から降下火砕物が侵入した場合にはファイバースコープや、ラプチャーディスクを取り外しての目視による配管内部の点検等、適切な対策を実施し、降下火砕物による配管の閉塞に至らないことを確実にする。

c. 化学的影響

フィルタ装置及び屋外配管については、酸性物質を帯びた降下火砕物に対して、容器材質が耐食性のあるステンレス製であることや、耐食性のあるふっ素樹脂塗装または、ポリウレタン樹脂塗装を施工していることから、耐食性が確保されていることを確認した。

(4) 積雪との重畳影響

a. 重畳時の積雪量

冬季において多雪地域である立地地域は、火山噴火による降灰中、同じ影響モードである積雪の堆積荷重について、重畳を考慮する必要がある。

しかし、積雪の設計基準の 167 cm については、 10^{-4} /年程度の極低頻度であることから、重畳時における積雪量については、1日あたりの積雪量の年超過確率 10^{-2} /年値の 84.3 cm に、最深積雪量の平均値 31.1 cm を加えた

115.4cmを想定するものとする。

従って、降下火砕物 35cm (5,149[N/m²]) に、積雪 115.4cm (3,393[N/m²]) を加えた、堆積荷重 8,542[N/m²]を火山及び積雪の重畳時における評価基準値と設定する。

b. 耐性評価結果

フィルタ装置の降下火砕物及び積雪の堆積に対する耐荷重については、フィルタ装置の保有水等の重量を考慮した許容耐荷重を 3,832,930[N/m²]と評価しており、降下火砕物及び積雪の重畳時における基準 8,542 [N/m²]を上回っていることから、火山及び積雪の重畳時の堆積荷重に対する耐性が確保されていることを確認した。

また、放出口からの積雪及び降下火砕物の侵入については、(3)b. のとおり、配管内部へ侵入し難い構造であり、閉塞しないと考えられるが、放出口からの降下火砕物の侵入を防止するカバーの取り付け、または放出口から降下火砕物が侵入した場合における配管内部の点検等について、適切な対策を実施し、降下火砕物による配管の閉塞に至らないことを確実にする。

(5) 地震との重畳影響

火山と地震との重畳により、火山単独事象より格納容器圧力逃がし装置への荷重影響が増長されるが、除灰を行うなど適切な対応を行い、格納容器圧力逃がし機能を維持する。

5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備のタービン建屋内における降下火砕物影響について

1. 概要

火山影響等発生時において、5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備1台については、降下火砕物の影響を避けるため、降灰が開始する前にタービン建屋内に移動し、大物搬入口扉を開放してタービン建屋内で使用する。

そこで、5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備をタービン建屋内で使用する際の降下火砕物の影響について説明する。

2. 5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備のタービン建屋内における降下火砕物影響

(1) 評価方針

5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備のタービン建屋内における降下火砕物影響について、タービン建屋内に外気が侵入する速度の観点で評価する。具体的には、5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備のエンジンでの燃焼に必要な吸気量、タービン建屋の大物搬入口扉開口部面積を考慮し、大物搬入口扉開口部付近の流速を算出することでタービン建屋内への降下火砕物の侵入の様態を評価する。なお、タービン建屋大物搬入口付近は扉開口部以外に外気が流入する開口部が無いため、大物搬入口扉以外に降下火砕物が侵入する経路はない。

(2) 評価条件

5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備及び排気ダクトの敷設図を第1図に示す。



第1図 5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備及び排気ダクトの敷設図

5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備による吸気量を第1表に示す。ここで、5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備による吸気については、エンジンを通して排気ガスとなり、5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備に接続した排気ダクトから直接屋外に排出されることから、タービン建屋内への吸気量としては、エンジンでの燃焼に必要な吸気量 $1,326\text{m}^3/\text{h}$ を考慮する。

第1表 タービン建屋内の5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備の吸気量

名称	個数	吸気量
5号炉原子炉建屋内 緊急時対策所用 可搬型電源設備	1台	$1,326\text{m}^3/\text{h}$

(3)評価結果

第2表に示すとおりタービン建屋大物搬入口扉開口部面積と5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備による吸気量を考慮すると、約 0.0043m/s となり、非常に低い流速となる。

この 0.0043m/s という流速は、気象庁の「気象観測ガイドブック」のビューフォート風力階級表(第2図)によると、相当風速 $0.0-0.2\text{m/s}$ の範囲に該当し、「静穏。煙はまっすぐに昇る。」という説明がなされている範囲の中でも限りなく下限値に近い値であり、上空へ上る煙でさえもなびくことはない風速に相当する。

また、タービン建屋の大物搬入口は第3図に示すように扉開口部の大きさと比較して奥行が長い構造となっているため、非常に低い流速及び侵入しにくい構造の効果により、電源車への降下火砕物の影響は問題ないと考えられる。

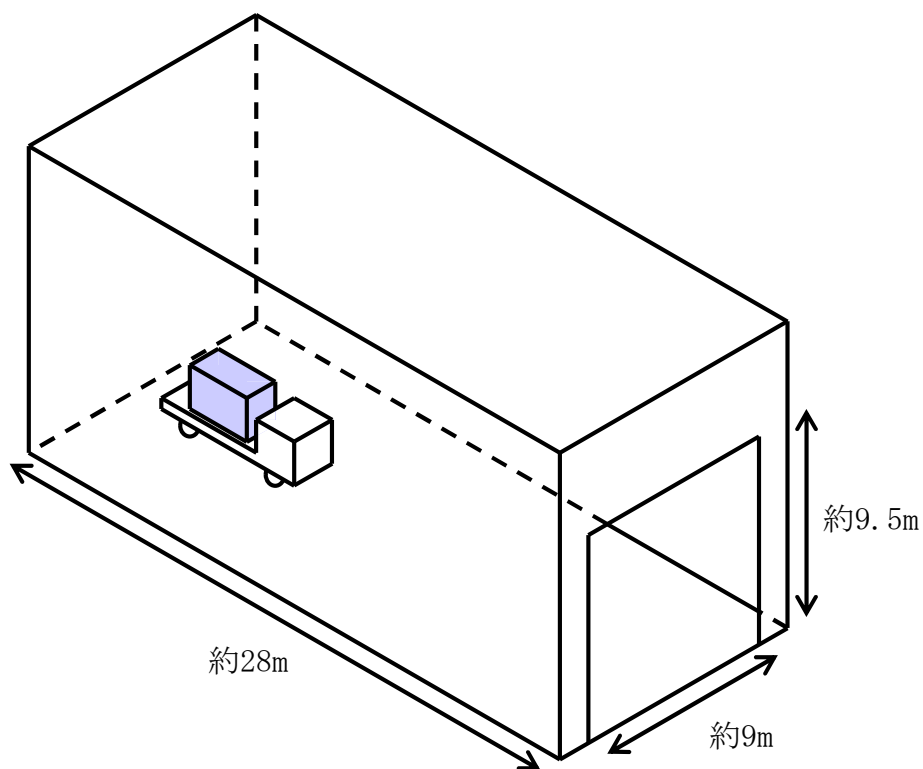
第2表 タービン建屋の大物搬入口扉開口部流速の評価条件及び評価結果

①大物搬入口扉開口部面積 (m ²)	85.5
②吸気量 (m ³ /h)	1,326
③大物搬入口扉開口部付近の流速 (m/s) =②/①/3,600	約 0.0043

ビューフォート風力階級表

風力階級	説明	相当風速
0	静穏。煙はまっすぐに昇る。	0.0-0.2
1	風向きは煙がなびくのでわかるが、風見には感じない。	0.3-1.5
2	顔に風を感じる。木の葉が動く。風見も動きだす。	1.6-3.3
3	木の葉や細かい小枝がたえず動く。軽く旗が開く。	3.4-5.4
4	砂埃がたち、紙片が舞い上がる。小枝が動く。	5.5-7.9
5	葉のある灌木がゆれはじめる。池や沼の水面に波頭がたつ。	8.0-10.7
6	大枝が動く。電線が鳴る。傘はさしにくい。	10.8-13.8
7	樹木全体がゆれる。風に向かっては歩きにくい。	13.9-17.1
8	小枝が折れる。風に向かっては歩けない。	17.2-20.7
9	人家にわずかの損害がおこる。	20.8-24.4
10	陸地の内部ではめずらしい。樹木が根こそぎになる。人家に大損害がおこる。	24.5-28.4
11	めったに起こらない広い範囲の破壊を伴う。	28.5-32.6
12		>32.7

第2図 ビューフォート風力階級表（気象庁「気象観測ガイドブック」P32 より）



第3図 タービン建屋の大物搬入口配置の概要

3. まとめ

5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備をタービン建屋内で使用する際の降下火砕物の影響については、非常に低い流速及び侵入しにくい構造の効果により、問題ないと考えられる。

以上

基本設計方針	設置許可本文	設置許可添付書類八	備考
<p>b. 火山</p> <p>外部事象防護対象施設は、発電所の運用期間中において発電所の安全性に影響を及ぼし得る火山事象として①設置(変更)許可を受けた降下火砕物の特性を設定し、その降下火砕物が発生した場合においても、外部事象防護対象施設が安全機能を損なうおそれがない設計とする。</p> <p>重大事故等対処設備は、建屋内への設置又は外部事象防護対象施設及び同じ機能を有する他の重大事故等対処設備と位置的分散を図り設置することにより、外部事象防護対象施設の安全機能と同時にその機能を損なわない設計とする。</p> <p>なお、定期的に新知見の確認を行い、新知見が得られた場合に評価することを保安規定に定めて管理する。</p> <p>(a) 防護設計における降下火砕物の特性の設定</p> <p>①設計に用いる降下火砕物は、設置(変更)許可を受けた、層厚 35cm、粒径 8.0mm 以下、密度 1.5g/cm³ (湿潤状態) と設定する。</p> <p>(b) 降下火砕物に対する防護対策</p> <p>降下火砕物の影響を考慮する施設は、降下火砕</p>	<p>(a-8) 火山</p> <p>安全施設は、柏崎刈羽原子力発電所の運用期間中において柏崎刈羽原子力発電所の安全機能に影響を及ぼし得る火山事象として①設定した層厚 35cm、粒径 8.0mm 以下、密度 1.5g/cm³ (湿潤状態) の降下火砕物に対し、以下のような設計とすることにより降下火砕物による直接的影響に対して機能維持すること、若しくは、降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、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ることで、その安全機能を損なわない設計とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 構造物への静的負荷に対して安全裕度を有する設計とすること ・ 水循環系の閉塞に対して狭隘部等が閉塞しない設計とすること ・ ②換気系、電気系及び計測制御系に対する機械的影響(閉塞)に対して降下火砕物が侵入しにくい設計とすること ・ 水循環系の内部における摩耗並びに③換気系、電気系及び計測制御系に対する機械的影響(摩耗)に対して摩耗しにくい設計とすること 	<p>1.8.8 火山防護に関する基本方針</p> <p>1.8.8.1 設計方針</p> <p>(1) 火山事象に対する設計の基本方針</p> <p>安全施設が火山事象に対して、発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な安全機能を損なわないよう、発電用原子炉施設内において添付書類六の「7.7 火山」で評価し抽出された柏崎刈羽原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象である降下火砕物に対して、対策を行い、建屋による防護、構造健全性の維持、代替設備の確保等によって、安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>降下火砕物によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、安全重要度分類のクラス 1、クラス 2 及びクラス 3 に属する構築物、系統及び機器とする。</p> <p>降下火砕物によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設のうち、外部事象防護対象施設は、建屋による防護又は構造健全性の維持により安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>(2) 降下火砕物の設計条件</p> <p>a. 設計条件の検討・設定</p> <p>柏崎刈羽原子力発電所の敷地において考慮する火山事象として、添付書類六の「7.7 火山」に示すと</p>	<p>① 今回の保安規定申請は、工認及び設置許可の左記記載事項に影響するものではないため、変更不要</p> <p>② 今回の保安規定変更申請により、非常用ディーゼル発電機機関に降下火砕物が容易に侵入しにくい設計は変えないため、変更不要</p> <p>③ 今回の保安規定申請により、非常用ディーゼル発電機機関が摩耗しにくい設計を変えるものではないため、変更不要</p>

基本設計方針	設置許可本文	設置許可添付書類八	備考
<p>物による「直接的影響」及び「間接的影響」に対して、以下の適切な防護措置を講じることで安全性を損なうおそれがない設計とする。</p> <p>イ. 直接的影響に対する設計方針</p> <p>(イ) 構造物への荷重</p> <p>外部事象防護対象施設のうち、屋外に設置している施設及び外部事象防護対象施設を内包する施設、並びに防護措置として設置する防護対策施設については、降下火砕物が堆積しやすい構造を有する場合には荷重による影響を考慮する。</p> <p>これらの施設については、降下火砕物を除去することにより、降下火砕物による荷重並びに火山と組み合わせる地震及び積雪の荷重を短期的な荷重として考慮し、機能を損なうおそれがないよう構造健全性を維持する設計とする。</p> <p>②なお、降下火砕物が長期的に堆積しないよう、当該施設に堆積する降下火砕物を適宜除去することを保安規定に定めて管理する。</p> <p>屋内の重大事故等対処設備については、降下火砕物による短期的な荷重により機能を損なわないように、降下火砕物による組合せを考慮した荷重に対し安全裕度を有する建屋内に設置する設計と</p>	<p>と</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 構造物の化学的影響（腐食）、水循環系の化学的影響（腐食）並びに①換気系、電気系及び計測制御系に対する化学的影響（腐食）に対して短期での腐食が発生しない設計とすること ・ 発電所周辺の大気汚染に対して中央制御室の非常用換気空調系は降下火砕物が侵入しにくく、さらに外気を遮断できる設計とすること ・ 電気系及び計測制御系の盤の絶縁低下に対して空気を取り込む機構を有する計測制御系統施設（安全保護系盤）の設置場所の非常用換気空調系は降下火砕物が侵入しにくい設計とすること ・ ②降下火砕物による静的負荷や腐食等の影響に対して、降下火砕物の除去や非常用換気空調系外気取入口のバグフィルタの取替え若しくは清掃、又は、換気空調系の停止若しくは再循環運転の実施により安全機能を損なわない設計とすること <p>さらに、降下火砕物による間接的影響である7日間の外部電源喪失、柏崎刈羽原子力発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象に対し、柏崎刈羽原子力発電所の安全性を維持する</p>	<p>り、文献、既往解析結果の知見及び降下火砕物シミュレーションを用い検討した結果、降下火砕物の層厚を約 23.1cm と評価した。想定する降下火砕物の最大層厚は、評価結果の約 23.1cm に対し、敷地内で給源不明なテフラの最大層厚 35cm が確認されていることを踏まえ、保守的に 35cm と設定する。なお、鉛直荷重については、湿潤状態の降下火砕物に、プラント寿命期間を考慮して年超過確率 10^{-2} 規模の積雪を踏まえ設定する。</p> <p>粒径及び密度については、文献調査の結果を踏まえ、粒径 8.0mm 以下、密度 1.5g/cm³（湿潤状態）と設定する。</p> <p>(3) 評価対象施設の抽出</p> <p>外部事象防護対象施設のうち、屋内設備は内包する建屋により防護する設計とし、評価対象施設を、屋外設備、建屋及び屋外との接続がある設備（屋外に開口している設備又は外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する設備）に分類し、抽出する。</p> <p>また、上記に含まれない構築物、系統及び機器は、降下火砕物により損傷した場合であっても、代替手段があること等により安全機能は損なわれない。</p>	<p>① 非常用ディーゼル発電機に対して短期での腐食が発生しない設計は変わらないため、変更不要</p> <p>② 今回の保安規定申請により、静的負荷に対する運用は変わらない。また、腐食等に対する運用については、左記の運用を包絡する対応を実施するため、変更不要</p>

基本設計方針	設置許可本文	設置許可添付書類八	備考
<p>する。</p> <p>屋外の重大事故等対処設備については、降下火砕物による荷重により機能を損なわないように、降下火砕物を適宜除去することにより、外部事象防護対象施設の安全機能と同時に重大事故等対処設備の重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがない設計とする。</p> <p>なお、①降下火砕物により必要な機能を損なうおそれがないよう、屋外の重大事故等対処設備に堆積する降下火砕物を適宜除去することを保安規定に定めて管理する。</p> <p>(ロ) 閉塞</p> <p>i. 水循環系の閉塞</p> <p>外部事象防護対象施設のうち、降下火砕物を含む海水の流路となる施設については、降下火砕物に対し、機能を損なうおそれがないよう、降下火砕物の粒径より大きな流路幅を設けることにより、水循環系の狭隘部が閉塞しない設計とする。</p> <p>ii. 換気系、電気系及び計測制御系に対する機械的影響（閉塞）</p> <p>外部事象防護対象施設のうち、降下火砕物を含</p>	<p>ために必要となる電源の供給が継続でき、安全機能を損なわない設計とする。</p>	<p>a . 屋外設備</p> <ul style="list-style-type: none"> ・軽油タンク ・燃料移送ポンプ <p>b . 建屋</p> <ul style="list-style-type: none"> ・原子炉建屋 ・タービン建屋海水熱交換器区域 ・コントロール建屋 ・廃棄物処理建屋 <p>c. 屋外との接続がある設備</p> <ul style="list-style-type: none"> ・原子炉補機冷却海水系 (海水ポンプ・海水ストレーナ) ・取水設備（除塵装置） ・非常用換気空調系 (非常用ディーゼル発電機電気品区域換気空調系（非常用ディーゼル発電機非常用送風機含む）、中央制御室換気空調系、コントロール建屋計測制御電源盤区域換気空調系、海水熱交換器区域換気空調系) ・非常用ディーゼル発電機 ・非常用ディーゼル発電機吸気系 ・安全保護系盤 <p>上記により抽出した評価対象施設を第 1.8.8-1 表に示す。</p>	<p>① 今回の保安規定申請により、左記運用は変わらないため、変更不要</p>

基本設計方針	設置許可本文	設置許可添付書類八	備考
<p>む空気の流路となる非常用換気空調系については、降下火砕物に対し、機能を損なうおそれがないよう、①外気取入口にバグフィルタを設置することにより、フィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とし、さらに降下火砕物がバグフィルタに付着した場合でも取替え又は清掃が可能な構造とすることで、降下火砕物により閉塞しない設計とする。</p> <p>非常用換気空調系以外の降下火砕物を含む空気の流路となる換気系、電気系及び計測制御系の施設についても、降下火砕物に対し、機能を損なうおそれがないよう、降下火砕物が侵入しにくい構造、又は降下火砕物が侵入した場合でも、降下火砕物により流路が閉塞しない設計とする。</p> <p>なお、②降下火砕物により閉塞しないよう、外気取入ダンパの閉止、換気空調系の停止、再循環運転の実施等を保安規定に定めて管理する。</p> <p>(ハ) 摩耗</p> <p>i. 水循環系の内部における摩耗</p> <p>外部事象防護対象施設のうち、降下火砕物を含む海水の流路となる施設の内部における摩耗については、主要な降下火砕物は砂と同等又は砂より</p>		<p>(4) 降下火砕物による影響の選定</p> <p>降下火砕物の特徴及び評価対象施設の構造や設置状況等を考慮して、降下火砕物が直接及ぼす影響とそれ以外の影響を直接的影響及び間接的影響として選定する。</p> <p>a. 降下火砕物の特徴</p> <p>各種文献の調査結果より、降下火砕物は以下の特徴を有する。</p> <p>(a) 火山ガラス片、鉱物結晶片から成る。ただし、火山ガラス片は砂よりもろく硬度は低く、主要な鉱物結晶片の硬度は砂同等またはそれ以下である。</p> <p>(b) 硫酸等を含む腐食性のガスが付着している。ただし、金属腐食研究の結果より、直ちに金属腐食を生じさせることはない。</p> <p>(c) 水に濡れると導電性を生じる。</p> <p>(d) 湿った降下火砕物は乾燥すると固結する。</p> <p>(e) 降下火砕物粒子の融点は約 1,000℃であり、一般的な砂に比べ低い。</p> <p>b. 直接的影響</p> <p>降下火砕物の特徴から直接的影響の要因となる荷重、閉塞、摩耗、腐食、大気汚染、水質汚染及び絶縁低下を抽出し、評価対象施設の構造や設置状況等を考慮して直接的な影響因子を以下のとおり選定す</p>	<p>① 今回の保安規定申請により、非常用ディーゼル発電機機関に降下火砕物が容易に侵入しにくい設計は変わらないため、変更不要</p> <p>② 今回の保安規定申請により、左記運用は変わらないため、変更不要</p>

基本設計方針	設置許可本文	設置許可添付書類八	備考
<p>硬度が低くもろいことから摩耗による影響は小さいが、降下火砕物に対し、機能を損なうおそれがないよう、定期的な内部点検及び日常保守管理により、摩耗しにくい設計とする。</p> <p>①なお、降下火砕物により摩耗が進展しないよう、日常保守管理における点検及び必要に応じた補修の実施を保安規定に定めて管理する。</p> <p>ii. 換気系、電気系及び計測制御系に対する機械的影響（摩耗）</p> <p>外部事象防護対象施設のうち、降下火砕物を含む空気を取り込みかつ摺動部を有する換気系、電気系及び計測制御系の施設については、降下火砕物に対し、機能を損なうおそれがないよう、降下火砕物が侵入しにくい構造とすること又は摩耗しにくい材料を使用することにより、摩耗しにくい設計とする。</p> <p>なお、①降下火砕物により摩耗が進展しないよう、外気取入ダンパの閉止、換気空調系の停止等を保安規定に定めて管理する。</p> <p>(二) 腐食</p> <p>i. 構造物の化学的影響（腐食）</p>		<p>る。</p> <p>(a) 荷重</p> <p>「荷重」について考慮すべき影響因子は、屋外設備及び建屋の上に堆積し静的な負荷を与える「構造物への静的負荷」、並びに屋外設備及び建屋に対し降灰時に衝撃を与える「粒子の衝突」である。</p> <p>評価に当たっては以下の荷重の組み合わせ等を考慮する。</p> <p>(a-1) 評価対象施設に常時作用する荷重、運転時荷重</p> <p>評価対象施設に作用する荷重として、自重等の常時作用する荷重、内圧等の運転時荷重を適切に組み合わせる。</p> <p>(a-2) 設計基準事故時荷重</p> <p>外部事象防護対象施設は、降下火砕物によって安全機能を損なわない設計とするため、設計基準事故とは独立事象である。また、評価対象施設のうち設計基準事故時荷重が生じる屋外設備としては、軽油タンク及び燃料移送ポンプが考えられるが、設計基準事故時においても、通常運転時の系統内圧力及び温度と変わらないため、設計基準事故により考慮すべき荷重はなく、設計基準事故時荷重と降下火砕物との組み合わせは考慮しない。</p> <p>(a-3) その他の自然現象の影響を考慮した荷重の組み</p>	<p>① 今回の保安規定申請により、左記運用は変わらないため、変更不要</p>

基本設計方針	設置許可本文	設置許可添付書類八	備考
<p>外部事象防護対象施設のうち、屋外に設置している施設及び外部事象防護対象施設を内包する施設、並びに防護措置として設置する防護対策施設については、降下火砕物に対し、機能を損なうおそれがないよう、耐食性のある材料の使用又は塗装を実施することにより、降下火砕物による短期的な腐食が発生しない設計とする。</p> <p>なお、降下火砕物により①長期的な腐食の影響が生じないよう、日常保守管理における点検及び補修の実施を保安規定に定めて管理する。</p> <p>屋内の重大事故等対処設備については、降下火砕物による短期的な腐食により機能を損なわないように、耐食性のある塗装を実施した建屋内に設置する設計とする。</p> <p>屋外の重大事故等対処設備については、降下火砕物を適宜除去することにより、降下火砕物による腐食に対して、外部事象防護対象施設の安全機能と同時に重大事故等対処設備の重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがない設計とする。</p> <p>なお、①降下火砕物により腐食の影響が生じないよう、屋外の重大事故等対処設備に堆積する降下火砕物を適宜除去することを保安規定に定めて</p>		<p>合わせ</p> <p>降下火砕物と組み合わせを考慮すべき火山以外の自然現象は、荷重の影響において地震及び積雪であり、降下火砕物の荷重と適切に組み合わせる。</p> <p>(b) 閉塞</p> <p>「閉塞」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物を含む海水が流路の狭隘部等を閉塞させる「水循環系の閉塞」、並びに降下火砕物を含む空気が機器の狭隘部や換気系の流路を閉塞させる「換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（閉塞）」である。</p> <p>(c) 摩耗</p> <p>「摩耗」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物を含む海水が流路に接触することにより配管等を摩耗させる「水循環系の内部における摩耗」、並びに降下火砕物を含む空気が動的機器の摺動部に侵入し摩耗させる「換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（摩耗）」である。</p> <p>(d) 腐食</p> <p>「腐食」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物に付着した腐食性のガスにより屋外設備及び建屋の外면을腐食させる「構造物への化学的影響（腐食）」、換気系、電気系及び計測制御系において降</p>	<p>① 今回の保安規定申請により、左記運用は変わらないため、変更不要</p>

基本設計方針	設置許可本文	設置許可添付書類八	備考
<p>管理する。</p> <p>ii. 水循環系の化学的影響（腐食）</p> <p>外部事象防護対象施設のうち、降下火砕物を含む海水の流路となる施設については、降下火砕物に対し、機能を損なうおそれがないよう、耐食性のある材料の使用又は塗装等を実施することにより、降下火砕物による短期的な腐食が発生しない設計とする。</p> <p>なお、①降下火砕物により長期的な腐食の影響が生じないよう、日常保守管理における点検及び補修の実施を保安規定に定めて管理する。</p> <p>iii. 換気系、電気系及び計測制御系に対する化学的影響（腐食）</p> <p>外部事象防護対象施設のうち、降下火砕物を含む空気の流路となる施設については、降下火砕物に対し、機能を損なうおそれがないよう、降下火砕物が侵入しにくい構造とすること、耐食性のある材料の使用又は塗装を実施することにより、降下火砕物による短期的な腐食が発生しない設計とする。</p> <p>なお、①降下火砕物により長期的な腐食の影響</p>		<p>下火砕物を含む空気の流路等を腐食させる「換気系、電気系及び計測制御系の化学的影響（腐食）」、並びに海水に溶出した腐食性成分により海水管等を腐食させる「水循環系の化学的影響（腐食）」である。</p> <p>(e) 大気汚染</p> <p>「大気汚染」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物により汚染された発電所周辺の大気が運転員の常駐する中央制御室内に侵入することによる居住性の劣化、降下火砕物の除去、屋外設備の点検等、屋外における作業環境を劣化させる「発電所周辺の大気汚染」である。</p> <p>(f) 水質汚染</p> <p>「水質汚染」については、外部から供給される水源である、市水道水に降下火砕物が混入することによる汚染が考えられるが、柏崎刈羽原子力発電所では給水処理設備により水処理した給水を使用しており、また水質管理を行っていることから、安全施設の安全機能には影響しない。</p> <p>(g) 絶縁低下</p> <p>「絶縁低下」について考慮すべき影響因子は、湿った降下火砕物が、電気系及び計測制御系絶縁部に導電性を生じさせることによる盤の「絶縁低下」である。</p>	<p>①今回の保安規定申請により、左記運用は変わらないため、変更不要</p>

基本設計方針	設置許可本文	設置許可添付書類八	備考
<p>が生じないように、日常保守管理における点検、補修の実施等を保安規定に定めて管理する。</p> <p>(ホ) 発電所周辺の大気汚染</p> <p>外部事象防護対象施設のうち、中央制御室換気空調系（「6,7号機共用」（以下同じ。））については、降下火砕物に対し、機能を損なうおそれがないよう、バグフィルタを設置することにより、降下火砕物が中央制御室（「6,7号機共用」（以下同じ。））に侵入しにくい設計とする。</p> <p>また、中央制御室換気空調系については、外気取入ダンパの閉止及び再循環運転を可能とすることにより、中央制御室内への降下火砕物の侵入を防止する。さらに外気取入遮断時において、酸素濃度及び二酸化炭素濃度の影響評価を実施し、室内の居住性を確保する設計とする。</p> <p>なお、①降下火砕物による中央制御室の大気汚染を防止するよう、再循環運転の実施等を保安規定に定めて管理する。</p> <p>(ヘ) 絶縁低下</p> <p>外部事象防護対象施設のうち、空気を取り込む機構を有する電気系及び計測制御系の盤について</p>		<p>c. 間接的影響</p> <p>降下火砕物によって柏崎刈羽原子力発電所に間接的な影響を及ぼす因子は、湿った降下火砕物が送電線の碍子、開閉所の充電露出部等に付着し絶縁低下を生じさせることによる広範囲にわたる送電網の損傷に伴う「外部電源喪失」、並びに降下火砕物が道路に堆積することによる交通の途絶に伴う「アクセス制限」である。</p> <p>(5) 降下火砕物の直接的影響に対する設計</p> <p>直接的影響については、評価対象施設の構造や設置状況等（形状、機能、外気吸入や海水通水の有無等）を考慮し、想定される各影響因子に対して、影響を受ける各評価対象施設が安全機能を損なわない以下の設計とする。なお、評価対象施設のうち、屋外設備及び建屋は、「粒子の衝突」に対して、「1.8.2 竜巻防護に関する基本方針」に基づく設計によって、安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>a. 軽油タンク（燃料移送ポンプ含む）</p> <p>「構造物への静的負荷」について、当該施設の許容荷重が、降下火砕物による荷重に対して安全裕度を有することにより、構造健全性を失わず安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>「腐食」については、金属腐食研究の結果より、</p>	<p>① 今回の保安規定申請により、左記運用は変わらないため、変更不要</p>

基本設計方針	設置許可本文	設置許可添付書類八	備考
<p>は、降下火砕物に対し、機能を損なうおそれがないよう、安全保護系盤の設置場所の換気空調系にバグフィルタを設置することにより、降下火砕物が侵入しにくい設計とする。</p> <p>なお、①中央制御室換気空調系については、降下火砕物による安全保護系盤の絶縁低下を防止するよう、外気取入ダンパの閉止、再循環運転の実施等を保安規定に定めて管理する。</p> <p>ロ. 間接的影響に対する設計方針</p> <p>降下火砕物による間接的影響である長期（7日間）の外部電源喪失及び発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象に対し、発電用原子炉及び使用済燃料貯蔵プールの安全性を損なわないようにするために、7日間の電源供給が継続できるように、非常用ディーゼル発電機の燃料を貯蔵するための軽油タンク（「重大事故等時のみ 6,7号機共用」（以下同じ。））、燃料を移送するための非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ等を降下火砕物の影響を受けないよう設置する設計とする。</p>		<p>降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、外装の塗装等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。</p> <p>「閉塞」及び「摩耗」については、軽油タンクのベント管を下向きに取り付ける、また、燃料移送ポンプは、降下火砕物が侵入しにくい設計とする。</p> <p>b. 外部事象防護対象施設を内包する建屋</p> <p>原子炉建屋、タービン建屋海水熱交換器区域、コントロール建屋及び廃棄物処理建屋は、「構造物への静的負荷」について、当該施設の許容荷重が、降下火砕物による荷重に対して安全裕度を有することにより、構造健全性を失わず安全機能を損なわない設計とする。なお、建屋の評価は、建築基準法における積雪の荷重の考え方に準拠し、降下火砕物の除去を適切に行うことから、降下火砕物の荷重を短期に生じる荷重とし、建築基準法による短期許容応力度を許容限界とする。</p> <p>「腐食」については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、外装の塗装等によって、短期</p>	<p>① 今回の保安規定申請により、左記運用は変わらないため、変更不要</p>

基本設計方針	設置許可本文	設置許可添付書類八	備考
		<p>での腐食により安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。</p> <p>c. 原子炉補機冷却海水ポンプ</p> <p>「閉塞」については、降下火砕物は粘土質ではないことから水中で固まり閉塞することはないが、降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設ける設計するとともに、ポンプ軸受部が閉塞しない設計とする。</p> <p>「摩耗」については、主要な降下火砕物は砂と同等または砂より硬度が低くもろいことから、摩耗の影響は小さく、また、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能であり、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>「腐食」については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。</p> <p>d. 原子炉補機冷却海水系ストレーナ</p>	

基本設計方針	設置許可本文	設置許可添付書類八	備考
		<p>「閉塞」については、降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設ける又は差圧の確認が可能な設計とする。</p> <p>「摩耗」については、主要な降下火砕物は砂と同等または砂より硬度が低くもろいことから、摩耗の影響は小さく、また、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能であり、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>「腐食」については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。</p> <p>e. 取水設備（除塵装置）</p> <p>「閉塞」については、降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設ける設計とする。</p> <p>「摩耗」については、主要な降下火砕物は砂と同等または砂より硬度が低くもろいことから、摩耗の影響は小さく、また、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能であり、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。</p>	

基本設計方針	設置許可本文	設置許可添付書類八	備考
		<p>「腐食」については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。</p> <p>f. 非常用換気空調系</p> <p>①非常用換気空調系（非常用ディーゼル発電機電気品区域換気空調系（非常用ディーゼル発電機非常用送風機含む）、中央制御室換気空調系、コントロール建屋計測制御電源盤区域換気空調系、海水熱交換器区域換気空調系）は、③「閉塞」及び「摩耗」について、外気取入口に、ルーバが取り付けられており、下方から吸い込む構造であること、非常用換気空調系のバグフィルタを設置することで、降下火砕物が流路に侵入しにくい設計とする。さらに降下火砕物がバグフィルタに付着した場合でも取替え又は清掃が可能な構造とすることで、降下火砕物により閉塞しない設計とする。</p> <p>「腐食」については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、金属材料を用いることによ</p>	<p>① 今回の保安規定申請により、換気空調設備の設計は変えないため、変更不要</p>

基本設計方針	設置許可本文	設置許可添付書類八	備考
		<p>て、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。</p> <p>「大気汚染」については、①中央制御室換気空調系の外気取入ダンパの閉止及び再循環運転を可能とすることにより、中央制御室内への降下火砕物の侵入を防止すること、さらに外気取入遮断時において室内の居住性を確保できる設計とする。</p> <p>g. 非常用ディーゼル発電機（非常用ディーゼル発電機吸気系含む）</p> <p>「閉塞」については、非常用ディーゼル発電機の吸気口の上流側の外気取入口には、ルーバが取り付けられており、下方から吸い込む構造であること、非常用換気空調系のバグフィルタを設置することにより、フィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とし、また、降下火砕物がバグフィルタに付着した場合でも取替え又は清掃が可能な構造とすることで、降下火砕物により閉塞しない設計とする。</p> <p>「摩耗」については、主要な降下火砕物は砂と同等または砂より硬度が低くもろいことから、摩耗の影響は小さく、かつ構造上の対応として、吸気口の</p>	<p>① 今回の保安規定申請により、左記設計は変わらないため、変更不要</p>

基本設計方針	設置許可本文	設置許可添付書類八	備考
		<p>上流側の外気取入口には、ルーバが取り付けられており、下方から吸い込む構造であること、非常用換気空調系のバグフィルタを設置することで、降下火砕物が流路に侵入しにくい設計とし、仮に当該設備の内部に降下火砕物が侵入した場合でも耐摩耗性のある材料を使用することで、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>「腐食」については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、金属材料を用いることにより、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。</p> <p>h. 安全保護系盤</p> <p>当該機器の設置場所は非常用ディーゼル発電機電気品区域換気空調系（非常用ディーゼル発電機非常用送風機含む）及び中央制御室換気空調系により、空調管理されており、①外気取入口にはバグフィルタを設置することで、降下火砕物による「絶縁低下」により安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>(6) 降下火砕物の間接的影響に対する設計方針</p> <p>降下火砕物による間接的影響として考慮する、広</p>	<p>① 今回の保安規定申請により、左記設計は変わらないため、変更不要</p>

基本設計方針	設置許可本文	設置許可添付書類八	備考
		<p>範囲にわたる送電網の損傷による 7 日間の外部電源喪失及び発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象が生じた場合については、降下火砕物に対して非常用ディーゼル発電機の安全機能を維持することで、発電用原子炉の停止及び停止後の発電用原子炉の冷却、並びに使用済燃料プールの冷却に係る機能を担うために①必要となる電源の供給が非常用ディーゼル発電機により継続できる設計とすることにより、安全機能を損なわない設計とする。電源の供給に関する設計方針は「10.1 非常用電源設備」に記載する。</p> <p>1.8.8.2 手順等</p> <p>(1) ②降灰が確認された場合には、建屋や屋外の設備等に長期間降下火砕物の荷重をかけ続けないこと、また降下火砕物の付着による腐食等が生じる状況を緩和するために、評価対象施設等に堆積した降下火砕物の除灰を適切に実施する。</p> <p>(2) 降灰が確認された場合には、状況に応じて外気取入ダンパの閉止、換気空調系の停止又は再循環運転により、建屋内への降下火砕物の侵入を防止する手順を定める。</p> <p>(3)③ 降灰が確認された場合には、非常用換気空調系の外気取入口のバグフィルタについて、バグフィルタ</p>	<p>①今回の保安規定申請により、左記設計は変わらないため、変更不要</p> <p>② 今回の保安規定申請により、左記運用は変わらないため、変更不要</p> <p>③今回の保安規定申請では、左記運用を包絡する対応を実施するため、変更不要</p>

基本設計方針	設置許可本文	設置許可添付書類八	備考
		の差圧を確認するとともに、状況に応じて取替え又は清掃を実施する。	