

# 高浜3, 4号炉 大飯3, 4号炉 原子炉施設保安規定変更認可申請について

【コメント回答】

2021年9月30日

| No | 第1回審査会合（2021.9.15）のご指摘事項   | 回答            | スライド |
|----|--|---------------|------|
| 1  | フィルタ閉塞時間、フィルタ取替着手時間、フィルタ清掃回数、DG機能を期待する時間について、層厚変更後の具体的な試験内容を示したうえで、時間等の妥当性を示すこと。 | 本日の審査会合にてご説明。 | 2～6  |
| 2  | 電源車からの給電開始作業に係る要員数、想定時間を変更することの妥当性を示すこと。また、DG改良型フィルタ取替運用の実行性を示すこと。               | 本日の審査会合にてご説明。 | 7～   |

No. 2については、次回ヒアリングで説明予定

## 層厚変更に伴うDG改良型フィルタ取替運用への影響確認結果の概要

- 層厚変更に伴う**DG改良型フィルタ取替運用への影響項目**に対する確認内容は下表のとおり。
- 結果、現行保安規定で定めるDG改良型フィルタの取替時間（20分）及び清掃時間（高浜34 u :60分、大飯34 u :80分）で対応可能であることを確認した。一方、フィルタ取替の着手時間が変わるため、DG改良型フィルタ取替運用の詳細手順を定める社内標準に当該変更を反映する。

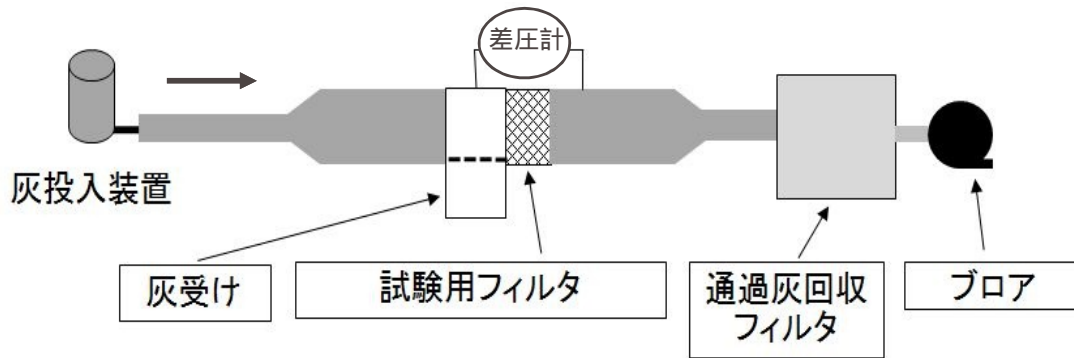
| 項目   | 影響内容  | 影響確認の結果  | 保安規定への影響確認  |
|--|---|--|---|
| 炉規則第83条 第一号 □ (1) の対応（電動補助給水ポンプによる蒸気発生器注水）           |   |  |   |
| ①フィルタの閉塞時間   | 気中降下火砕物濃度が増加することから、フィルタ閉塞時間に影響がある。  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>フィルタ性能試験</b>により、閉塞時間（許容差圧到達時間）を確認した。<br/>◇高浜34：(前)210分 (後)191分<br/>◇大飯34：(前)315分 (後)518分</li> </ul>   | 保安規定に定めている項目ではないため、影響はない。<br>ただし、社内標準に定めているフィルタ取替の着手時間を算出する際の確認項目である。                           |
| ②フィルタ取替の着手時間   | フィルタ取替の着手時間は、フィルタ閉塞時間到達時の最大捕集容量から保守的に設定した基準捕集容量をもとに設定していることから、影響がある。        | <ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>フィルタ性能試験結果</b>による閉塞時間（許容差圧到達時間）到達時の最大捕集容量から、保守的に設定した基準捕集容量に到達する時間に、フィルタ取替時間（20分）を考慮し、<b>フィルタ取替の着手時間を設定した</b>。<br/>◇高浜34：(前)100分 (後)70分<br/>◇大飯34：(前)120分 (後)340分</li> </ul> | 保安規定で設定しているフィルタ取替時間（20分）を考慮し、時間を設定しているため、影響はない。<br>ただし、社内標準に定めているフィルタ取替の着手時間が変更となるため、当該変更を反映する。 |
| ③フィルタの清掃回数   | フィルタ取替の着手時間を変更すると、フィルタ清掃回数に影響がある。   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・24時間降灰継続時のフィルタ清掃について、<b>フィルタ清掃試験</b>により、<b>24時間における繰り返し清掃回数での成立性を確認した</b>。<br/>◇高浜34：(前)清掃5回 (後)清掃7回<br/>◇大飯34：(前)清掃5回 (後)清掃1回</li> </ul>                                      | 従来どおりの清掃方法を変更していないため、保安規定で設定しているフィルタ清掃時間への影響はない。  |
| 炉規則第83条 第一号 □ (3) の対応（蒸気発生器補給用仮設中圧ポンプ（電動）による蒸気発生器注水） |   |  |   |
| ④DG機能を期待する時間   | DG機能を期待する時間は、フィルタ閉塞時間到達時の最大捕集容量から保守的に設定した基準捕集容量への到達時間の1/2に設定していることから、影響がある。 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・DG機能を期待する時間が変わるが、蒸気発生器の保有水が喪失することなく、蒸気発生器による炉心冷却により、<b>炉心の著しい損傷に至らないことを確認した</b>。<br/>◇高浜34：SG最低水位 (前)約29% (後)約23%<br/>◇大飯34：SG最低水位 (前)約15% (後)約18%</li> </ul>                  | 保安規定に定めている項目ではないため、影響はない。   |

## (1) 確認方法

フィルタ試験装置に改良型フィルタを挿入し、フィルタ通過風速がDG運転時と同じになるよう流量調整した後、上流より火山灰を供給する。

試験は流量を一定に保ってフィルタの圧力損失を連続的に測定し、許容差圧に到達した時点で装置を停止し、フィルタの最大捕集容量を算出する。

【フィルタ試験装置の概要図】



【フィルタ試験の状況写真】



## (2) 確認結果

見直し後の層厚を考慮した気中降下火砕物濃度にて確認したフィルタの閉塞時間（許容差圧到達時間）及び最大捕集容量は、下表に示すとおりである。

| プラント    | 見直し後の層厚 | 試験濃度                 | 試験風速   | 許容差圧 | 閉塞時間<br>〔許容差圧〕<br>到達時間 | 最大捕集容量※                       |
|---------|---------|----------------------|--------|------|------------------------|-------------------------------|
| 高浜3,4号炉 | 27cm    | 3.78g/m <sup>3</sup> | 3.3m/s |      | <b>191分</b>            | <b>142,952g/m<sup>2</sup></b> |
| 大飯3,4号炉 | 25cm    | 3.63g/m <sup>3</sup> | 2.8m/s |      | <b>518分</b>            | <b>315,897g/m<sup>2</sup></b> |

※ 最大捕集容量 (g/m<sup>2</sup>) = 試験濃度(g/m<sup>3</sup>) × 試験風速(m/s) × 閉塞時間(s)

## ② DG改良型フィルタの取替着手時間

### (1) 基準捕集容量の設定

DG改良型フィルタの性能試験結果から、フィルタ差圧曲線の差圧が高い領域を避け、差圧上昇が時間的に十分なだらか領域となるように基準捕集容量を下表のとおり設定した。(参考4・5参照)

| プラント    | 許容差圧到達時間 | 最大捕集容量                   | 基準捕集容量                         |
|---------|----------|--------------------------|--------------------------------|
| 高浜3,4号炉 | 191 分    | 142,952 g/m <sup>2</sup> | <b>70,000 g/m<sup>2</sup></b>  |
| 大飯3,4号炉 | 518 分    | 315,897 g/m <sup>2</sup> | <b>220,000 g/m<sup>2</sup></b> |

### (2) 基準捕集容量到達までの時間の算出

保守的に設定した基準捕集容量から、下表のとおり基準捕集容量到達までの時間を算出した。

|                                   | 高浜3,4号炉                                | 大飯3,4号炉                                |
|-----------------------------------|--|--|
| ①フィルタ取替の目安となる基準捕集容量               | 70,000 g/ m <sup>2</sup>               | 220,000 g/ m <sup>2</sup>              |
| ②DG 吸気流量                          | <input type="text"/> m <sup>3</sup> /h | <input type="text"/> m <sup>3</sup> /h |
| ③DG フィルタ表面積<br>= 個数×有効面積          | <input type="text"/> m <sup>2</sup>    | <input type="text"/> m <sup>2</sup>    |
| ④DG フィルタ部の流速<br>= ②/③/3,600       | 3.17 ≒ 3.3 m/s                         | 2.41 ≒ 2.8 m/s                         |
| ⑤降下火砕物の大気中濃度                      | 3.78 g/m <sup>3</sup>                  | 3.63 g/m <sup>3</sup>                  |
| ⑥フィルタの基準捕集容量到達までの時間<br>= ①/④/⑤/60 | <b>94 分</b>                            | <b>361 分</b>                           |

### (3) フィルタ取替着手時間の設定

フィルタの基準捕集容量到達までの時間から、フィルタ取替に要する時間20分を差し引いて、フィルタ取替の着手時間を**高浜3,4号炉で70分、大飯3,4号炉で340分**と設定した。

#### (1) フィルタ清掃回数の算出

改良型フィルタは、DG 1基に対して2セット（12枚/セット）配備していることから、フィルタ1セット当たりの火山灰を捕集する回数は、（降灰継続時間/（フィルタ取替時間+フィルタ取替着手時間））/2セットで算出できる。初回は、火山灰が付着していないフィルタであることから、フィルタ清掃回数は捕集回数から1回を引いたものとなる。

①高浜3,4号炉のフィルタ1セット当たりの清掃回数：**7回**

・8回（降灰継続時間1,440分/（フィルタ取替時間（20分）+フィルタ取替着手時間70分））/2セット-1回

②大飯3,4号炉のフィルタ1セット当たりの清掃回数：**1回**

・2回（降灰継続時間1,440分/（フィルタ取替時間（20分）+フィルタ取替着手時間340分））/2セット-1回

#### (2) フィルタ清掃回数の成立性確認

火山灰を基準捕集容量到達時間まで付着させて確認したところ、フィルタ清掃前の差圧挙動が大きく変化せずに許容差圧に対して十分余裕があり、これまでと同様に30秒間フィルタを手で叩いて火山灰を除去した（フィルタ清掃）後の差圧も回復していることから、**24時間降灰継続時のフィルタ清掃は問題なく実施可能**である。

なお、層厚変更後においても、フィルタの清掃方法及び清掃時間は従来と同様であり、下表の試験データが得られているため、これまで設定している**フィルタ清掃時間の変更はない**。

| プラント    | 試験濃度                 | 火山灰付着時間 | 清掃回数 | 状態  | フィルタ差圧[mmAq] |      |      |      |      |      |      |      |
|---------|----------------------|---------|------|-----|--------------|------|------|------|------|------|------|------|
|         |                      |         |      |     | 初期           | 1回目  | 2回目  | 3回目  | 4回目  | 5回目  | 6回目  | 7回目  |
| 高浜3,4号炉 | 3.78g/m <sup>3</sup> | 94分     | 7回   | 清掃前 | 5.28         | 15.0 | 18.8 | 20.7 | 18.5 | 19.5 | 18.9 | 21.9 |
|         |                      |         |      | 清掃後 | -            | 5.46 | 5.51 | 5.46 | 5.53 | 5.66 | 5.56 | 5.66 |
| 大飯3,4号炉 | 3.63g/m <sup>3</sup> | 410分    | 1回   | 清掃前 | 3.67         | 22.8 | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
|         |                      |         |      | 清掃後 | -            | 3.83 | -    | -    | -    | -    | -    | -    |



## (1) DG機能を期待する時間の設定

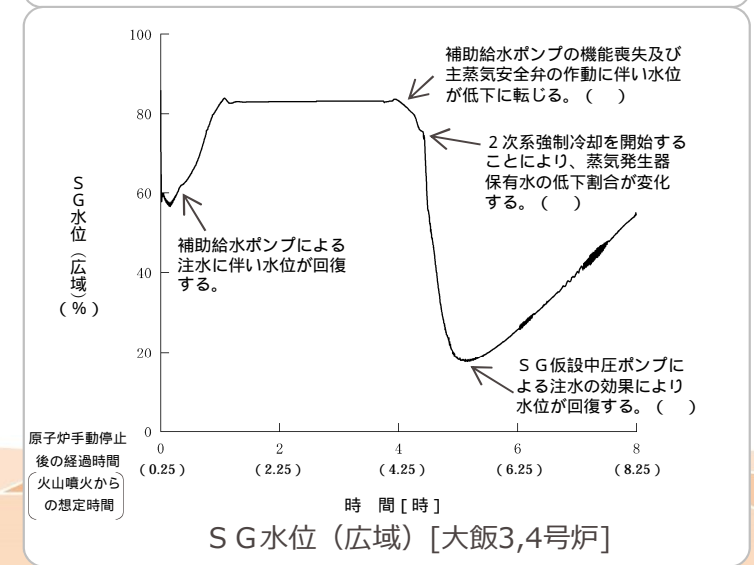
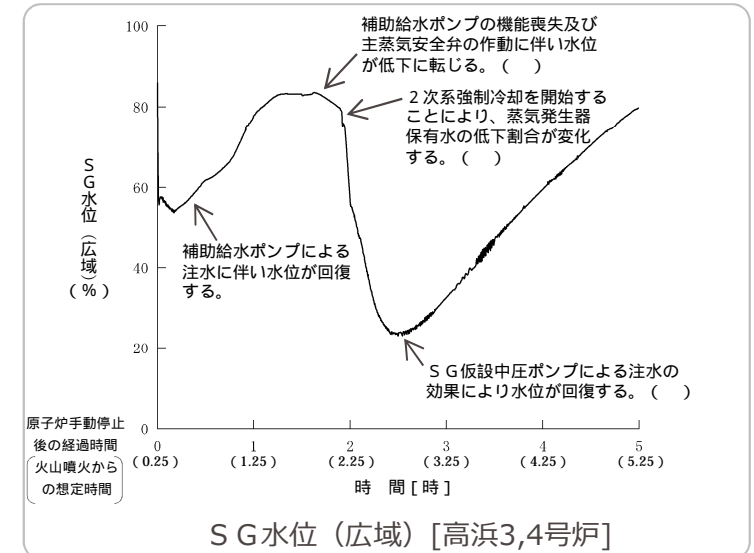
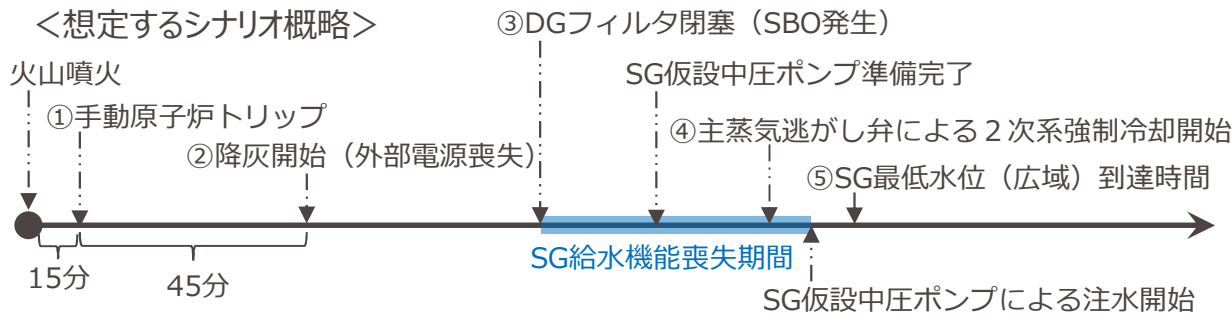
気中降下火砕物濃度を越えることを想定して、基準捕集容量に到達するまでの時間を更に1/2とし、下表のとおりDG機能を期待する時間を設定した。

|                                  | 高浜3,4号炉                  | 大飯3,4号炉                  |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| フィルタ最大捕集容量の試験結果<br>(許容差圧に到達する容量) | 142,952 g/m <sup>2</sup> | 315,897 g/m <sup>2</sup> |
| フィルタ取替基準となる基準捕集容量                | 70,000 g/m <sup>2</sup>  | 220,000 g/m <sup>2</sup> |
| 基準捕集容量到達までの時間                    | 94 分                     | 361 分                    |
| 上記の約1/2の時間<br>(=DG機能を期待する時間)     | <b>45 分</b>              | <b>180 分</b>             |

# ④ DG機能を期待する時間（SG注水による炉心冷却への影響確認）

## (2) SG注水による炉心冷却の解析結果

見直し後の層厚において、想定するシナリオに即した解析を実施した結果、SGへの給水が停止することによりSGの水位が一時的に低下するものの、SG仮設中圧ポンプによる注水の効果により、**蒸気発生器の水位は、高浜3,4号炉では約23%以上、大飯3,4号炉では約18%以上に保たれることにより、炉心の著しい損傷に至らないことを確認した。**



### <解析条件及び解析結果>

| 項目   | 高浜3,4号炉          | 大飯3,4号炉            |
|--|------------------|--------------------|
| 見直し後 想定層厚  | 27cm             | 25cm               |
| ①原子炉手動トリップ   | 0秒               | 0秒                 |
| ②降灰開始 (外部電源喪失)   | 45分              | 45分                |
| ③DGフィルタ閉塞 (SBO発生)<br>(基準捕集量到達時間の1/2で設定)<br>*フィルタ試験の結果による | 90分<br>(③-②=45分) | 225分<br>(③-②=180分) |
| ④主蒸気逃がし弁による2次系強制冷却開始                                     | 115分             | 265分               |
| ⑤SG最低水位 (広域) 到達時間  | 約150分            | 約307分              |
| <b>SG最低水位 (広域)</b>                                       | <b>約23%</b>      | <b>約18%</b>        |



# 参考資料

- DNP設置許可審査でご説明した事項を踏まえて、保安規定で説明する事項を下表のとおり整理した。
- 設置許可の審査段階では、炉規則第83条の対応として使用する施設のうち層厚変更に伴い影響のある施設・運用の成立性について、概略的な評価をもって説明しているため、保安規定審査では詳細評価や運用の成立性の詳細について説明する。

| 項目               | 設置許可審査における炉規則第83条に係る説明                                   | 保安規定審査において説明する事項                         | 保安規定審査資料   |
|------------------|--|--|--|
| 消火水バックアップタンク     | 許容層厚が見直し後の層厚を上回り、想定する降下火砕物による静的荷重に対して必要な機能を損なうことはないことを確認 | 層厚変更に伴う審査対象となる施設の許容層厚見直し後の <u>荷重影響評価</u> | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 消火水バックアップタンクにおける降下火砕物荷重の影響評価</li> </ul>                     |
| DGフィルタ取替運用       | これまでのフィルタ試験結果から、 <u>層厚見直し後の試験濃度の比例計算で求めた時間から評価</u> を実施   | <u>今回実施したフィルタ試験の結果から求めた時間を用いた詳細評価</u>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 改良型フィルタのフィルタ取替の着手時間について</li> <li>➤ フィルタの性能試験について</li> </ul> |
| 蒸気発生器注水による炉心冷却解析 | これまで確認した解析結果から、見直し後の層厚条件において、 <u>概略推定を行い成立性を確認</u>       | <u>今回実施したフィルタ試験の結果を踏まえた解析コードを用いた詳細評価</u> | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 蒸気発生器補給用仮設中圧ポンプ(電動)を用いた蒸気発生器への注水による炉心冷却の成立性について</li> </ul>  |
| 運用手順の変更          | —  | 電源車を配備する建屋の変更に伴う <u>手順変更の成立性</u>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 火山影響等発生時における手順の変更について</li> </ul>                            |

## <その他>

「低濃度火山灰時の対応」について、DGフィルタの差圧管理による手順を社内標準に定めており、その内容についてもご説明する。

## (1) 改良型フィルタの取付作業 (高浜3,4号炉の例)

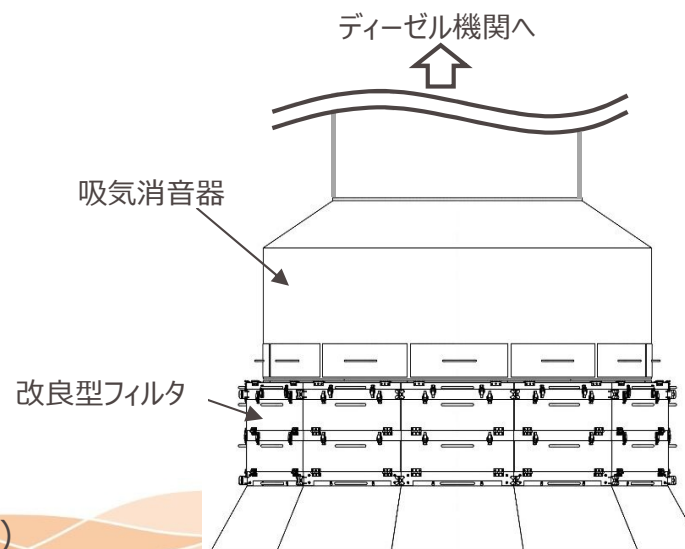
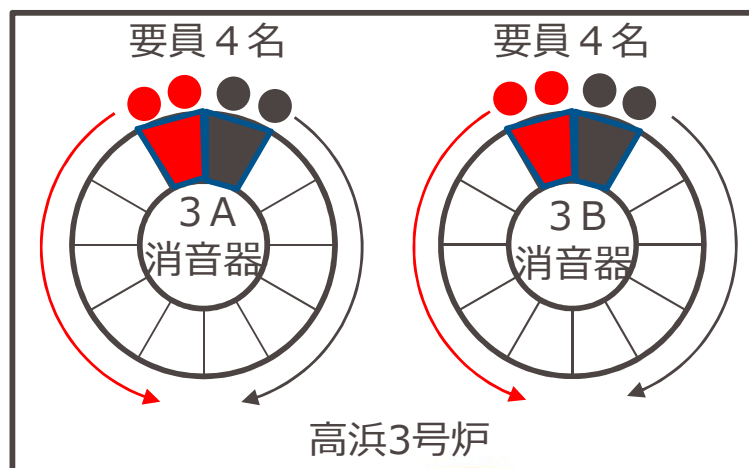
DGの機能を維持するための対策として、フィルタの取替・清掃が容易な改良型フィルタを取り付ける。

### 【取付作業】

必要要員数 : 緊急安全対策要員 8名 / ユニット (現場)  
 作業時間 (想定) : 50分 (移動20分、作業30分)

➡ 降灰前に作業を完了させるため、  
 層厚変更に伴う影響はない  
 (変更なし)

|               |                                 | 経過時間(分)  |    |    |    |                       |    |    |    |    | 備考 |  |
|---------------|---------------------------------|--|----|----|----|-----------------------|----|----|----|----|----|--|
|               |                                 | 0  | 10 | 20 | 30 | 40                    | 50 | 60 | 70 | 80 |    |  |
| 手順の項目         | 要員(名) (1ユニットあたり)<br>(作業に必要な要員数) | 噴火発生<br>降灰予報(多量)発令、発電所対策本部長による作業開始指示<br>発電所敷地へ降灰到達<br>準備完了 |    |    |    |                       |    |    |    |    |    |  |
| 改良型フィルタ<br>取付 | 緊急安全対策要員<br>8                   |  |    | 移動 |    |                       |    |    |    |    |    |  |
|               |                                 |  |    |    |    | 改良型フィルタ取付<br>既設フィルタ取外 |    |    |    |    |    |  |
|               |                                 |  |    |    |    |                       |    |    |    |    |    |  |
|               |                                 |  |    |    |    |                       |    |    |    |    |    |  |



フィルタエレメントを12セット取り付ける。(1吸気消音器あたり)

## 改良型フィルタのフィルタ取替・清掃作業 (高浜3, 4号炉の例)

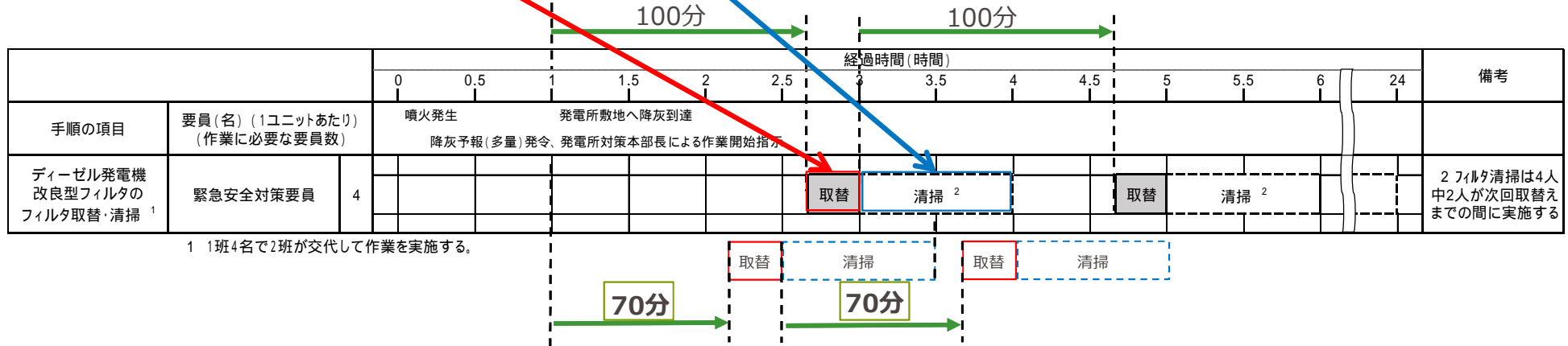
DGが起動した場合において、吸気フィルタの閉塞を防止するため、フィルタの取替・清掃を行う。

【フィルタ取替・清掃作業】 [1交換サイクル当たり]

必要要員数 : 緊急安全対策要員 4名/ユニット (現場)

作業時間 (想定) : 20分 (取替)、60分 (清掃)

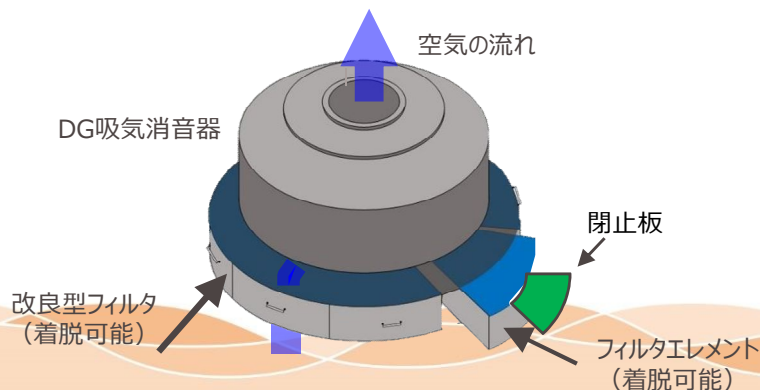
層厚変更によっても、取替、清掃の作業方法は変わらないため  
**保安規定の変更はない**



## 改良型フィルタのフィルタ取替着手時間 (高浜3, 4号炉の例)

DGフィルタの性能試験結果に基づき、フィルタ取替着手時間を100分と設定していたが、層厚変更を踏まえたフィルタ試験の結果、フィルタ取替着手時間を **70分** に設定する。

フィルタ取替着手時間は社内標準に定めており、**保安規定の変更はない**



取替作業のイメージ



閉止板取付作業



フィルタ抜取作業

# 炉規則第 8 3 条 第一号 □ ( 3 ) における対応

参考3

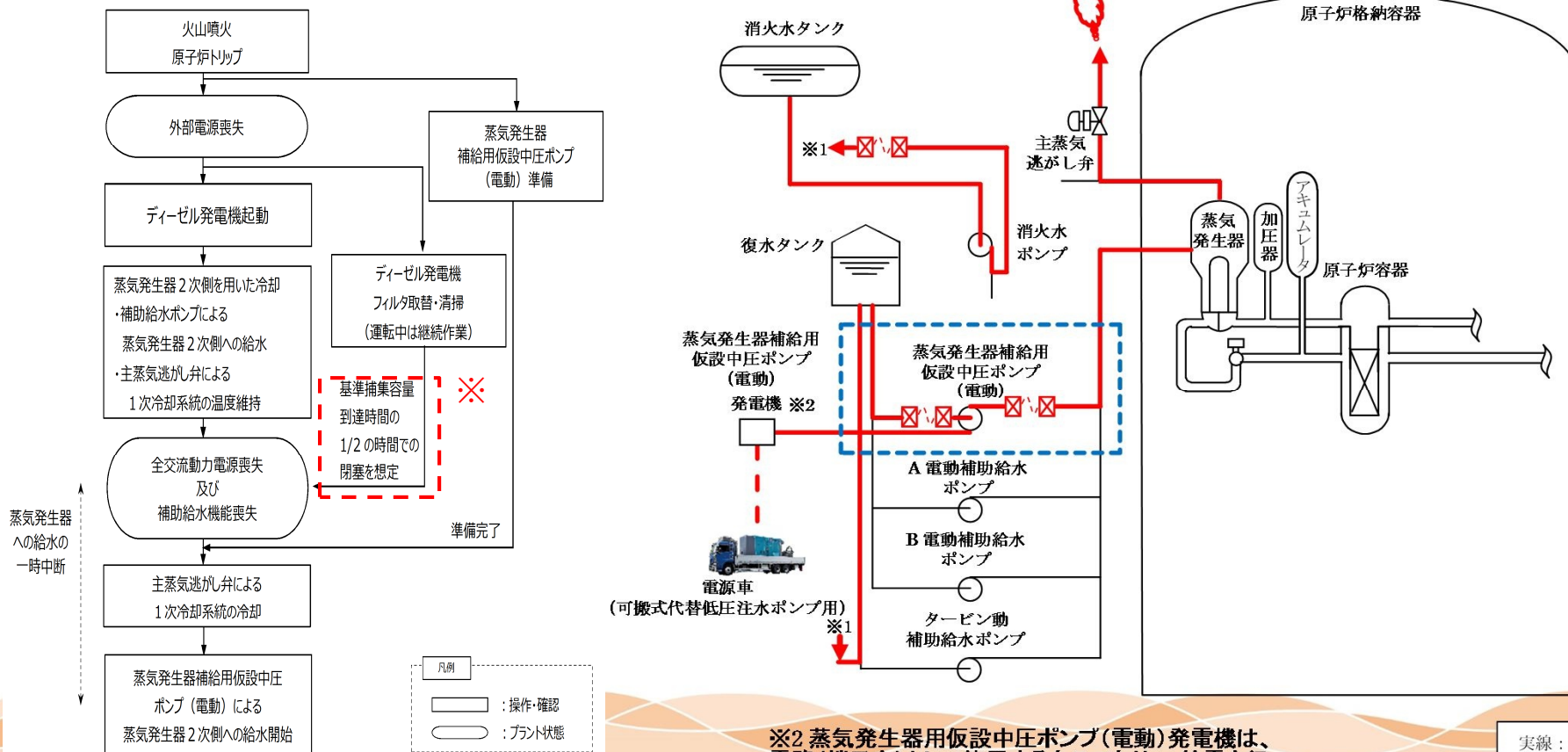
炉規則 8 3 条 第一号 □ ( 3 ) における対応の想定条件は、以下のとおりである。

- 気中降下火砕物濃度の 2 倍程度の火山灰濃度を想定する。
- DGの機能喪失時間は、フィルタの性能試験に基づくフィルタの最大捕集容量に対し、一定の余裕を見込んだ基準捕集容量に達する時間の1/2とする。
- 可搬型設備の準備は、DG停止後、SGの除熱機能が維持される間で、速やかに完了する。
- 要員は、許認可で確認を受けている要員数内で確保し、対応する。

※ 層厚変更に伴い、影響がある  
(変更あり)



層厚変更に伴い、影響はない  
(タイムチャートにより成立性を確認)



※2 蒸気発生器用仮設中圧ポンプ(電動)発電機は、電路(端子台)として使用するものであり、給電を行う発電機は、電源車である。

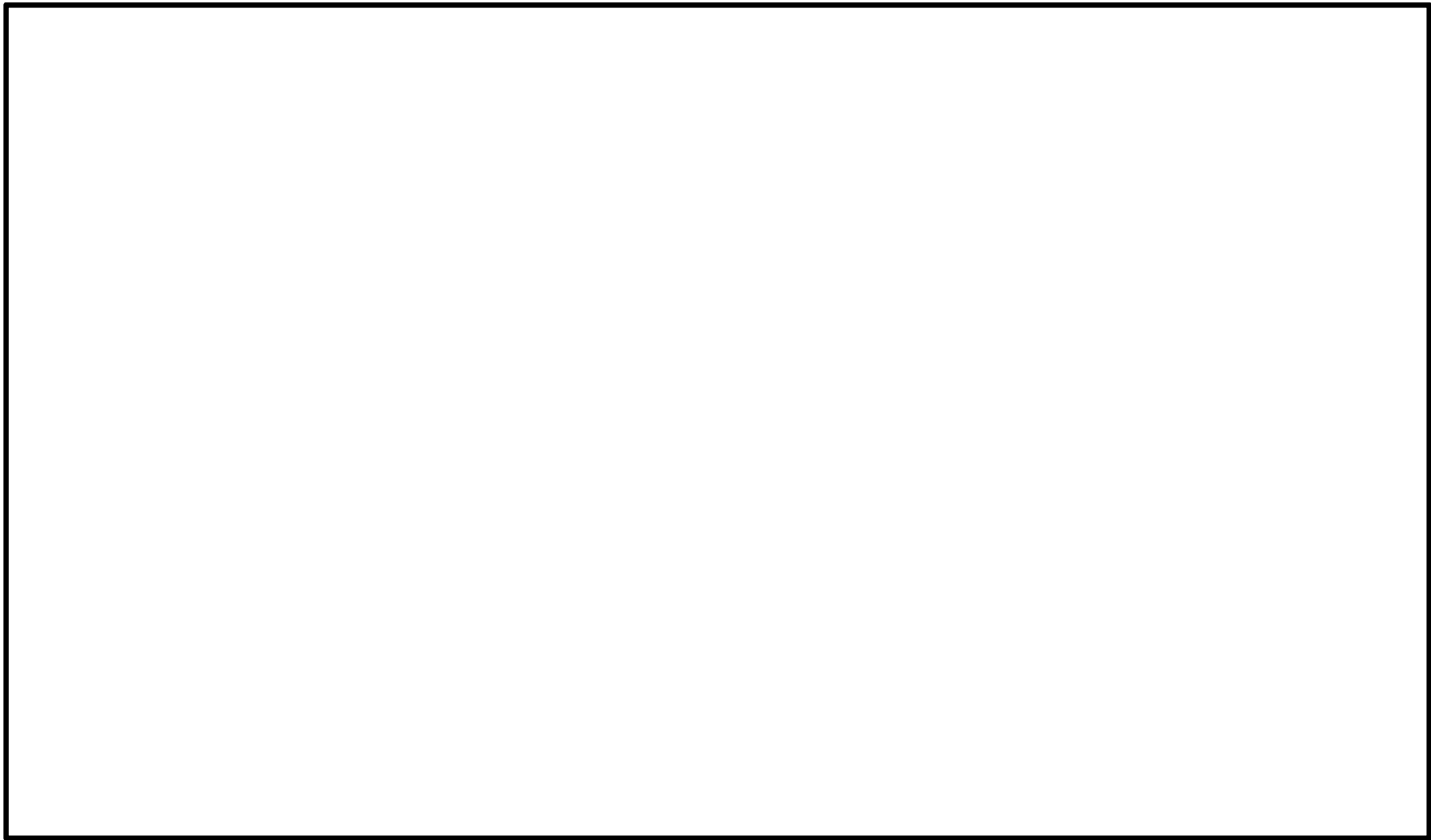
実線：恒設  
破線：仮設  
☒：可搬ホース接続口

# 高浜3,4号炉 DG改良型フィルタの性能試験結果

参考4

層厚見直し後における高浜3,4号炉フィルタ性能試験結果は、下図のとおりである。

高浜3,4号炉のフィルタ性能試験結果



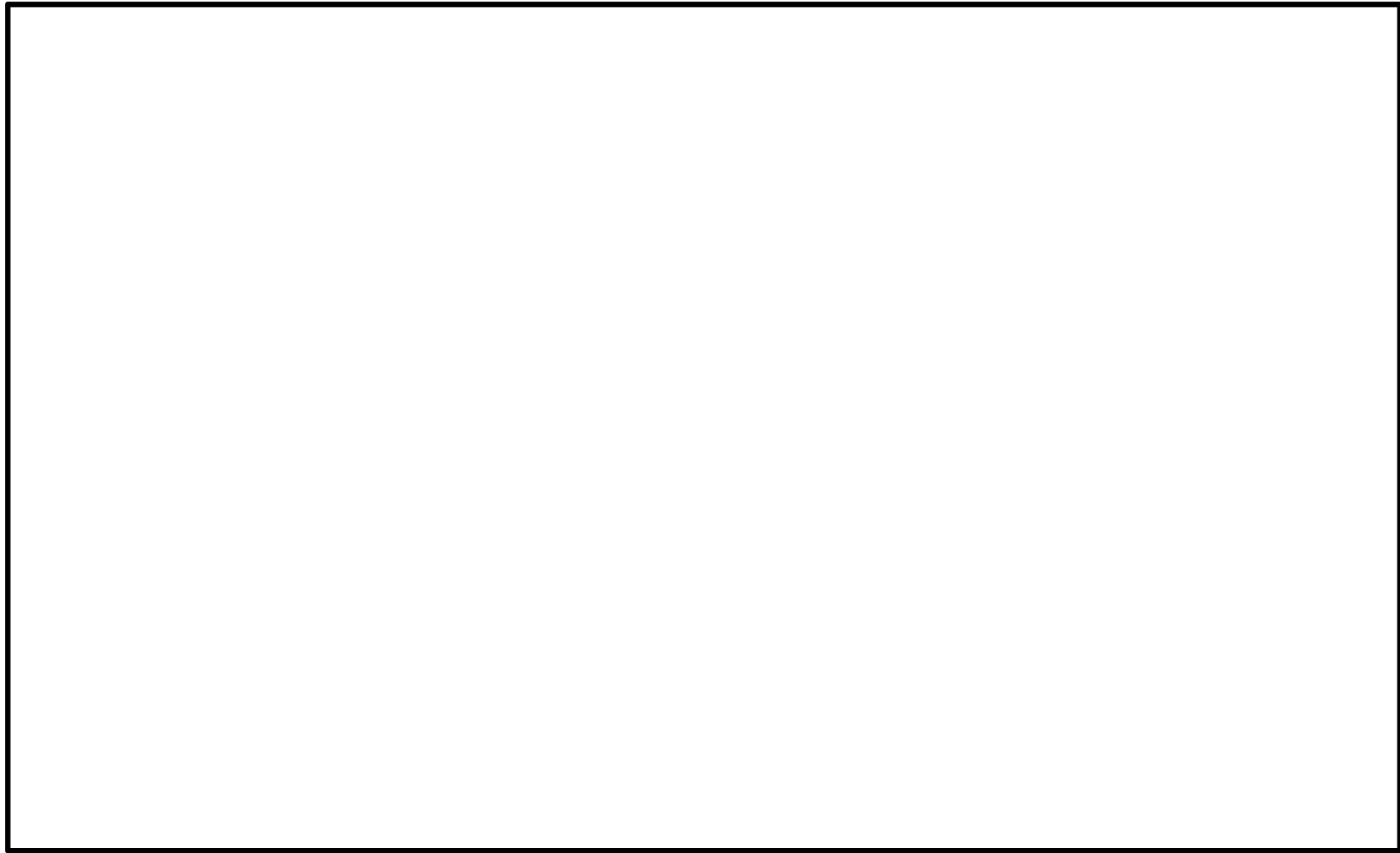


# 大飯3,4号炉 DG改良型フィルタの性能試験結果

参考5

層厚見直し後における大飯3,4号炉フィルタ性能試験結果は、下図のとおりである。

## 大飯3,4号炉のフィルタ性能試験結果

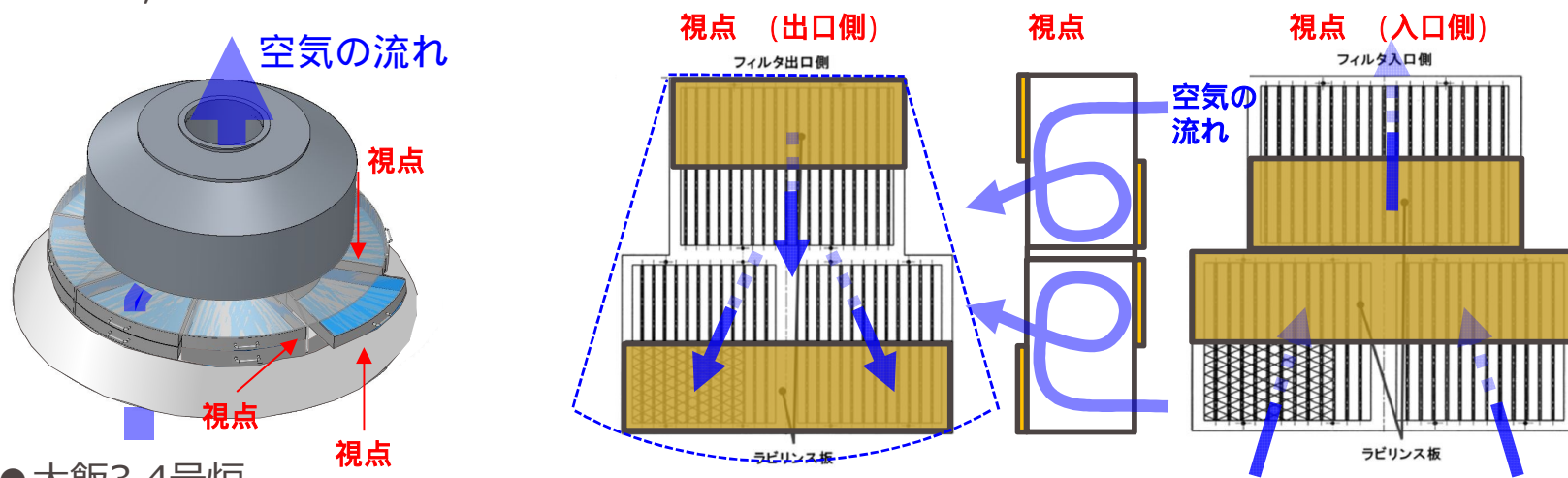


層厚変更に伴う火山灰濃度の増加により、フィルタ閉塞時間が短くなることから、改良型フィルタを改造することで、閉塞時間への影響対策を実施した。

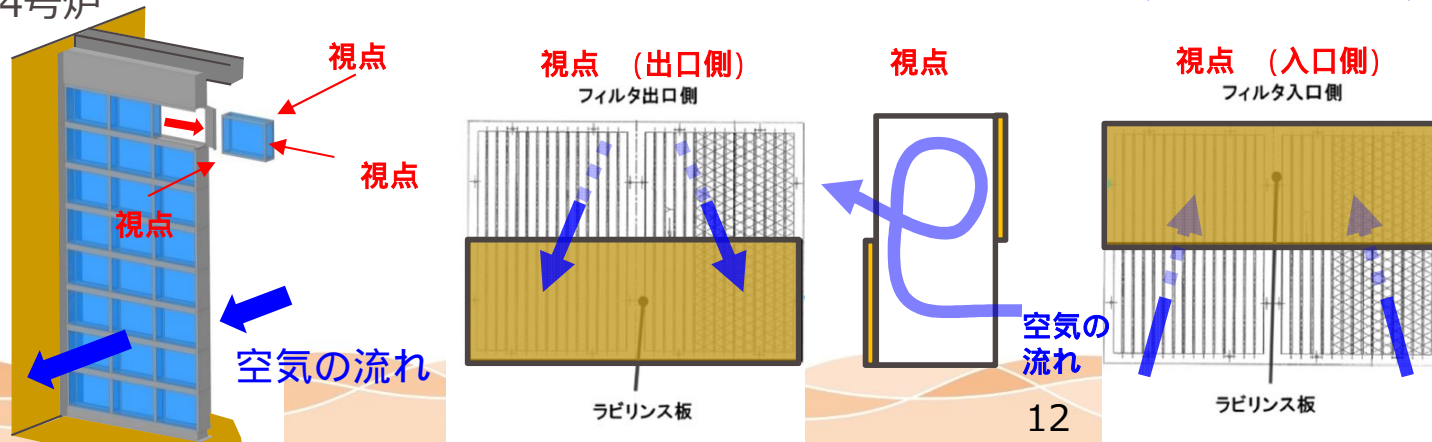
## （1）改造前の設計

以前の改良型フィルタは、強制的に流れの乱れを発生させることにより、フィルタに流入する火山灰による「はたき落とし効果」を期待し、フィルタ入口と出口を互い違いに半分塞ぐための「ラビリンズ板」を取付ける設計であった。

● 高浜3,4号炉



● 大飯3,4号炉



## (2) 改造内容

当初設計の「ラビンス板」があると、フィルタの表面積が半分になるため、**フィルタの流速が2倍速くなる**。これまでのフィルタ試験にて、**フィルタの流速が速いと、閉塞時間が短くなる**知見が得られていることから、**「ラビンス板」を取外す**ことにした。

## (3) 改造後の確認結果

改良型フィルタの「ラビンス板」を取外してフィルタ試験を実施した結果、**閉塞時間の改善に有効**であることが確認できた。

【高浜3,4号炉のフィルタ試験結果】

| No. | 試験条件   |                                     | ラビンス板<br>の状況 | フィルタ<br>閉塞時間 | 備考        |
|-----|--------|-------------------------------------|--------------|--------------|-----------|
|     | 流速     | 火山灰濃度                               |              |              |           |
| ①   | 3.3m/s | 1.40g/m <sup>3</sup> (層厚10cm)       | あり           | 210分         | } 150分の改善 |
| ②   |        | <b>3.50g/m<sup>3</sup> (層厚25cm)</b> | <b>あり</b>    | <b>114分</b>  |           |
| ③   |        | <b>3.50g/m<sup>3</sup> (層厚25cm)</b> | <b>なし</b>    | <b>264分</b>  |           |
| ④   |        | 3.78g/m <sup>3</sup> (層厚27cm)       | なし           | 191分         |           |

【大飯3,4号炉のフィルタ試験結果】

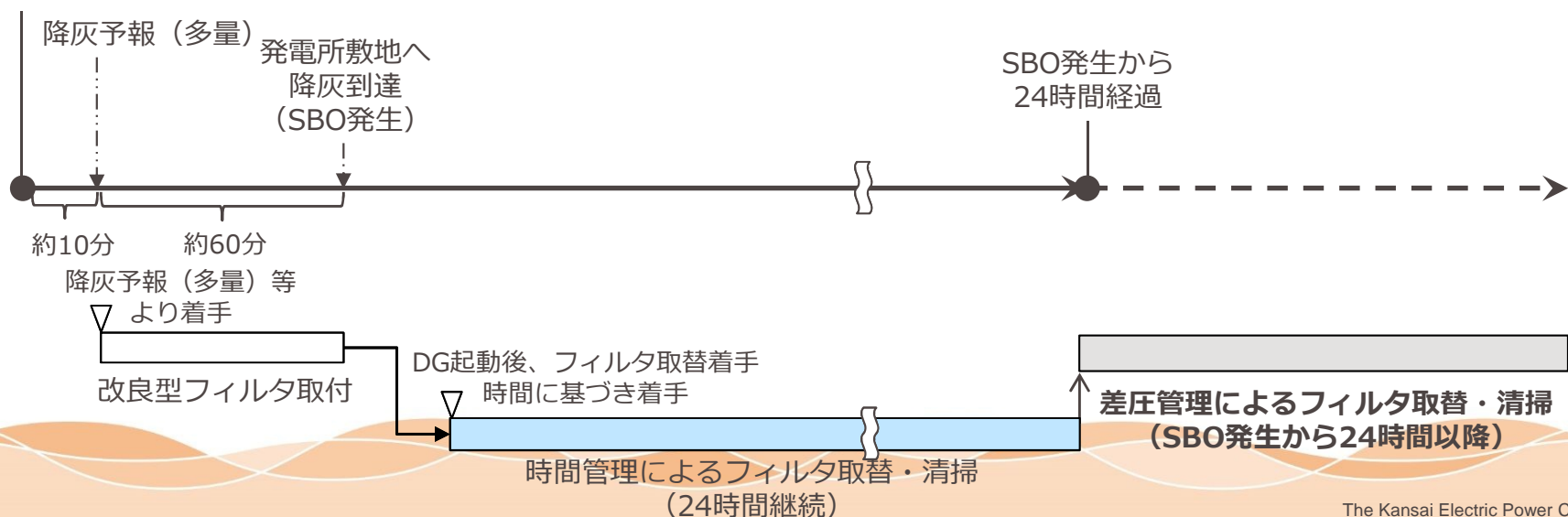
| No. | 試験条件   |                                     | ラビンス板<br>の状況 | フィルタ<br>閉塞時間 | 備考        |
|-----|--------|-------------------------------------|--------------|--------------|-----------|
|     | 流速     | 火山灰濃度                               |              |              |           |
| ①   | 2.8m/s | 1.44g/m <sup>3</sup> (層厚10cm)       | あり           | 315分         | } 392分の改善 |
| ②   |        | <b>3.63g/m<sup>3</sup> (層厚25cm)</b> | <b>あり</b>    | <b>126分</b>  |           |
| ③   |        | 3.17g/m <sup>3</sup> (層厚22cm)       | なし           | 581分         |           |
| ④   |        | <b>3.63g/m<sup>3</sup> (層厚25cm)</b> | <b>なし</b>    | <b>518分</b>  |           |

## (1) 差圧管理運用の検討

- ・DGの機能維持対策である改良型フィルタ取付は、気象庁が発表する降灰予報で「多量」の降灰が予想された場合等を、着手判断の基準としている。
- ・フィルタ取替の運用は、降灰予報で直ちにフィルタを取り付け、その後外部電源喪失でDGが起動した場合に、手順着手を行うことにしている。
- ・よって、最初から火山灰濃度が薄い場合の対応は考えず、**DG起動後に、火山灰濃度が薄くなる場合を想定するが、火山灰濃度の推移を想定することが困難**であり、**運用移行の手順を明確**にするため、時間管理に基づくフィルタ取替・清掃を24時間継続し、24時間以降に差圧管理の運用を行うものとする。
- ・なお、各プラントのDG改良型フィルタは、フィルタ差圧を測定できる仕様であるため、差圧計を配備することにより、差圧管理の運用が可能である。

## (2) 運用移行の整理

火山噴火発生



### (3) フィルタ取替に着手する差圧の設定

・現行の時間管理によるフィルタ取替着手時間での**火山灰濃度によるフィルタ差圧を比較しても差がない**ため、差圧管理によるフィルタ取替に着手する差圧は、現状のフィルタ性能試験で差圧が急上昇する手前のポイントから、フィルタ取替時間（20分）を考慮した時の値に設定する。

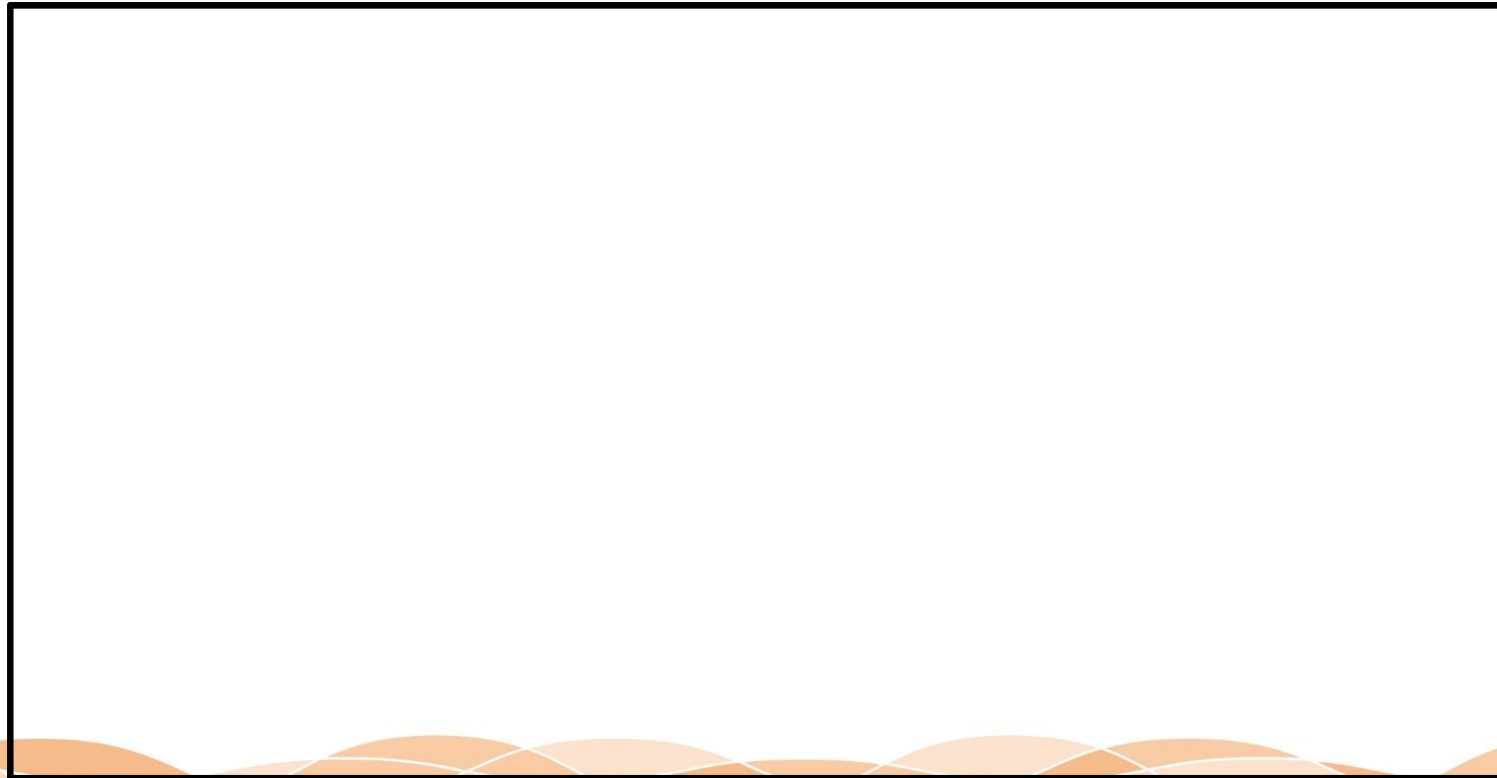
<フィルタ取替に着手する差圧の設定>

高浜3,4号炉 : 16 mmAq (156 Pa)

大飯3,4号炉 : 19 mmAq (186 Pa)

美浜3号炉 : 14 mmAq (137 Pa)

高浜1,2号炉 : 13 mmAq (127 Pa)



高浜3,4号炉のフィルタ取替に着手する差圧設定の例

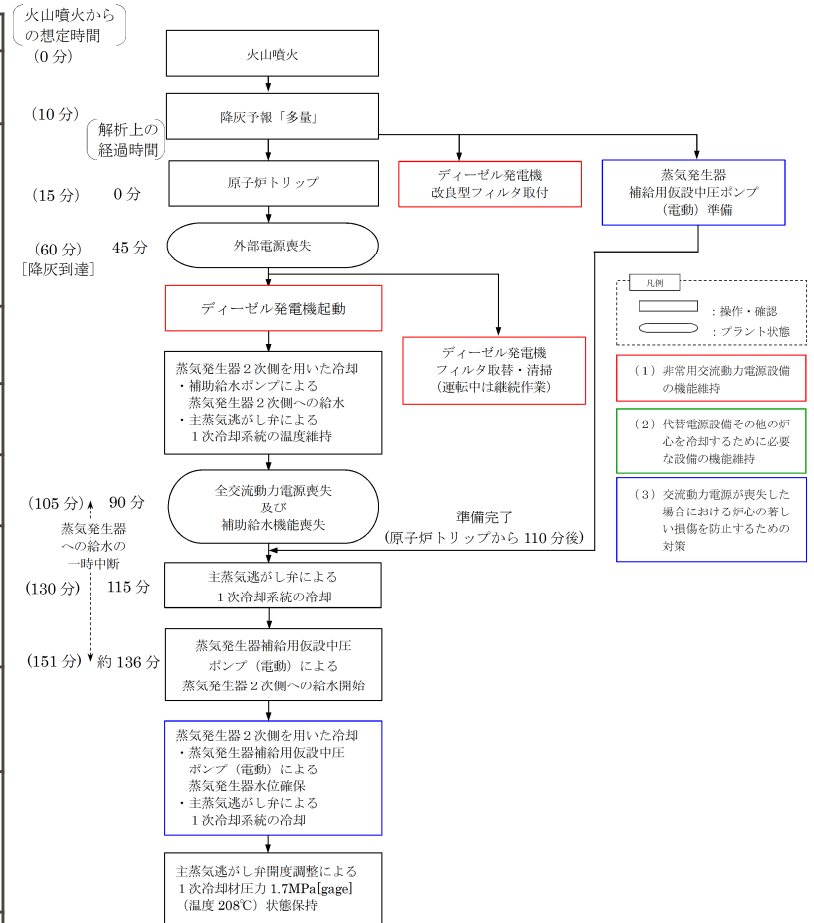
## (1) 概要

想定するシナリオに即した解析を実施した結果、S Gへの給水が停止することによりS Gの水位が一時的に低下するものの、S G仮設中圧ポンプによる注水の効果により、蒸気発生器の水位は、高浜3,4号炉では約23%以上に保たれることにより、炉心の著しい損傷に至らないことを確認した。

以下に、高浜3,4号炉の主要解析条件および対応手順と事象進展を示す。

－高浜3,4号炉 主要解析条件※－

| 項目                     | 主要解析条件  | 条件設定の考え方   |
|------------------------|---|--|
| 解析コード                  | M-R E L A P 5                                 | 新規制基準適合性確認審査で実績のあるコードを使用。(主要条件のため記載)   |
| 炉心崩壊熱                  | FP：日本原子力学会推奨値<br>アクチノド：ORIGEN2<br>(サイクル末期を仮定) | サイクル末期炉心の保守的な値を設定。燃焼度が高いと高次のアクチノドの蓄積が多くなるため長期冷却時の崩壊熱は大きくなる。このため、燃焼度が高くなるサイクル末期時点を対象に崩壊熱を設定。また炉心平均評価用崩壊熱を用いる。 |
| 起因事象                   | 原子炉手動停止<br>(解析上の時刻0秒)                         | 降灰予報「多量」から5分後(噴火から15分後)を設定。  |
| 原子炉手動停止後の対応            | 高温停止状態維持<br>(15.4MPa[gage]、286℃)              | 原子炉手動停止後、1次系濃縮完了までは高温停止状態を維持。  |
| 安全機能の喪失に対する仮定(1)       | 外部電源喪失<br>(原子炉手動停止から45分後)                     | 発電所への降灰到達時(噴火から60分後)に外部電源が喪失することを仮定。   |
| 安全機能の喪失に対する仮定(2)       | 非常用所内交流動力電源喪失<br>(原子炉手動停止から90分後)              | 降灰到達から45分間の非常用ディーゼル発電機の機能維持を考慮。気中降下物濃度の2倍濃度の火山灰による閉塞を想定した場合のDG機能維持時間をフィルタ試験結果より保守的に設定。                       |
| 補助給水機能の喪失に対する仮定        | 全交流動力電源喪失(SBO)と同時に機能喪失                        | SBOにより電動補助給水ポンプが停止。タービン動補助給水ポンプには期待しない。  |
| 2次系強制冷却開始(主蒸気逃がし弁開)    | 原子炉手動停止から115分後<br>(全交流電源喪失から25分後)             | S G仮設中圧ポンプ準備完了時間に弁の操作時間5分を加えた時間を設定。(全交流電源喪失後に操作現場に移動したのち、S G仮設中圧ポンプ準備完了の連絡を現場で受けてからの手動操作を想定)                 |
| S G仮設中圧ポンプによる蒸気発生器への注水 | 蒸気発生器2次側圧力<br>2.4MPa[gage]にて注入開始              | 設備の仕様から設定  |



高浜3,4号炉 対応手順と事象進展

※これ以外の主要解析条件は原子炉設置変更許可申請書 添付書類十 全交流電源喪失(RCPシールLOCAが発生しない場合)と同様



## (2) 高浜3,4号炉の事象進展

原子炉の手動停止後、補助給水ポンプによる蒸気発生器への注水及び主蒸気逃がし弁による1次系温度の維持により高温停止状態を維持する。45分後（火山噴火から60分後）に発生する外部電源喪失以降も、非常用ディーゼル発電機からの給電により高温停止状態を維持する。90分後（火山噴火から105分後）に非常用ディーゼル発電機が停止することにより全交流動力電源喪失および補助給水機能喪失が発生するが、115分後（火山噴火から130分後）に主蒸気逃がし弁による2次系強制冷却を開始することで蒸気発生器の圧力が低下し、SG仮設中圧ポンプによる蒸気発生器への注水は約136分後から開始される。それまでの約46分間は蒸気発生器への注水が停止するが、**SG仮設中圧ポンプによる注水の効果により、蒸気発生器の水位は約23%以上に保たれる。**

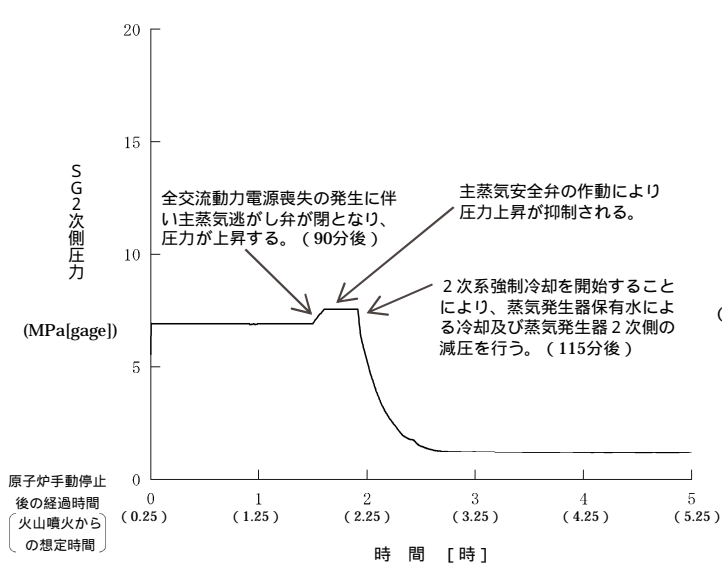


図1 SG 2次側圧力

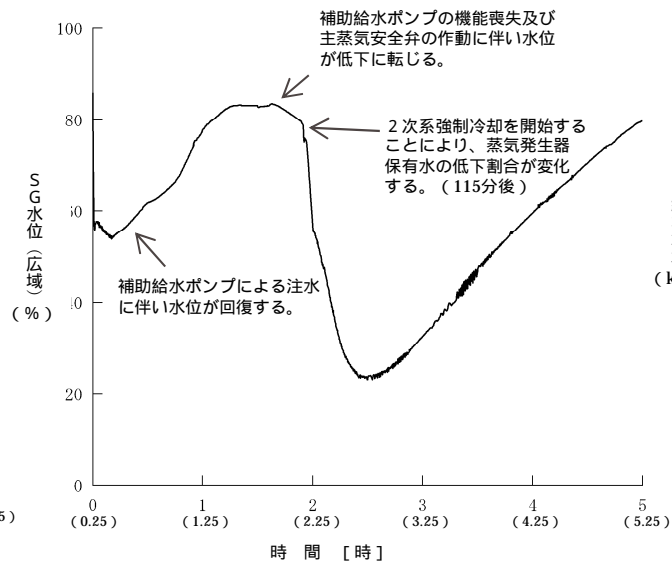


図2 SG水位 (広域)

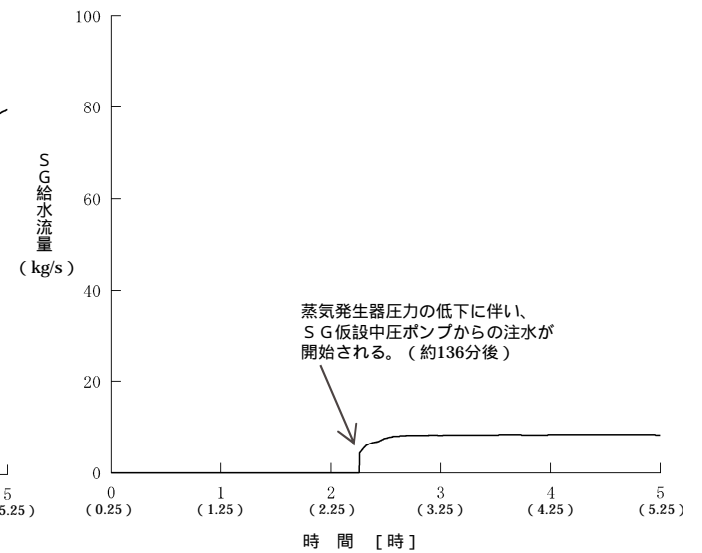


図3 SG給水流量

## (2)高浜 3,4号炉の事象進展 (続き)

S G 仮設中圧ポンプによる蒸気発生器への注水により蒸気発生器 2 次側の保有水が確保できること、1 次系の保有水が十分確保されていること、主蒸気安全弁の作動及び主蒸気逃がし弁による 2 次系強制冷却により 1 次系の自然循環が維持されることから、継続的な炉心冷却が可能であり、炉心の著しい損傷を防止できる。

以降は、1 次系圧力1.7MPa[gage]にて蓄圧タンク出口弁を閉止し、1 次系温度170℃、1 次系圧力0.7MPa[gage]の状態まで減温・減圧し、安定停止状態に移行する。

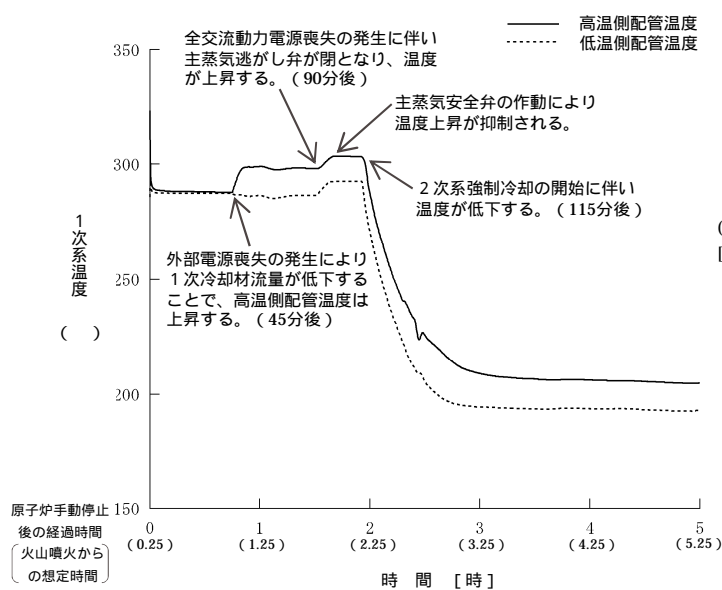


図4 1次系温度

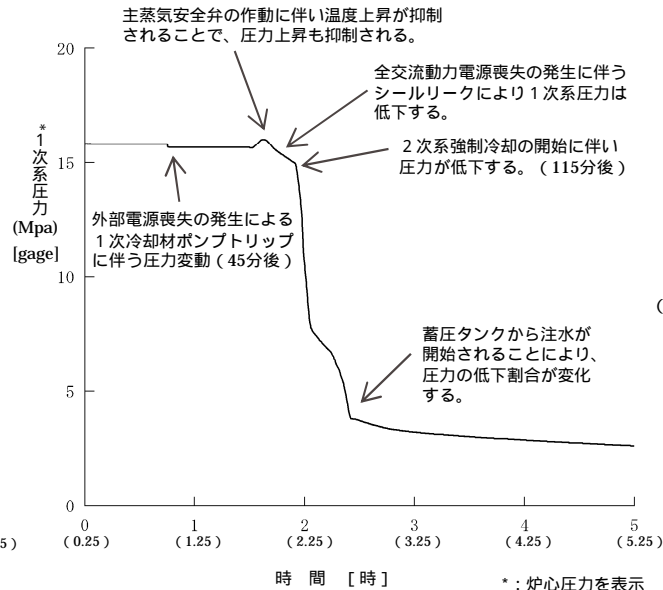


図5 1次系圧力

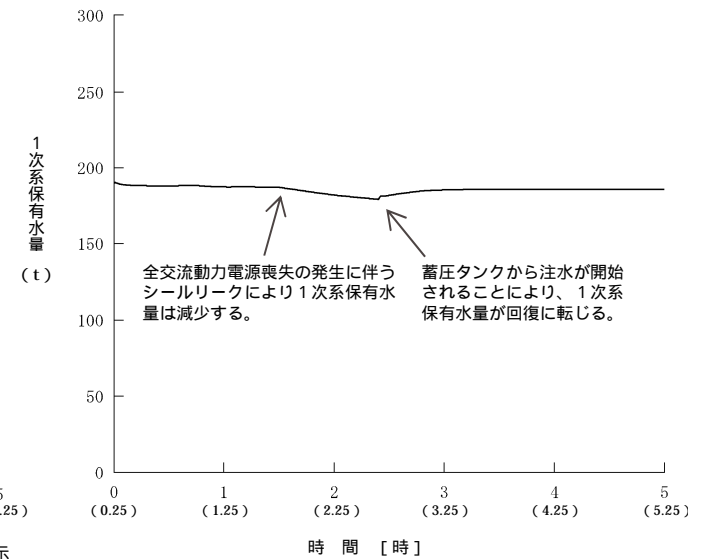


図6 1次系保有水量

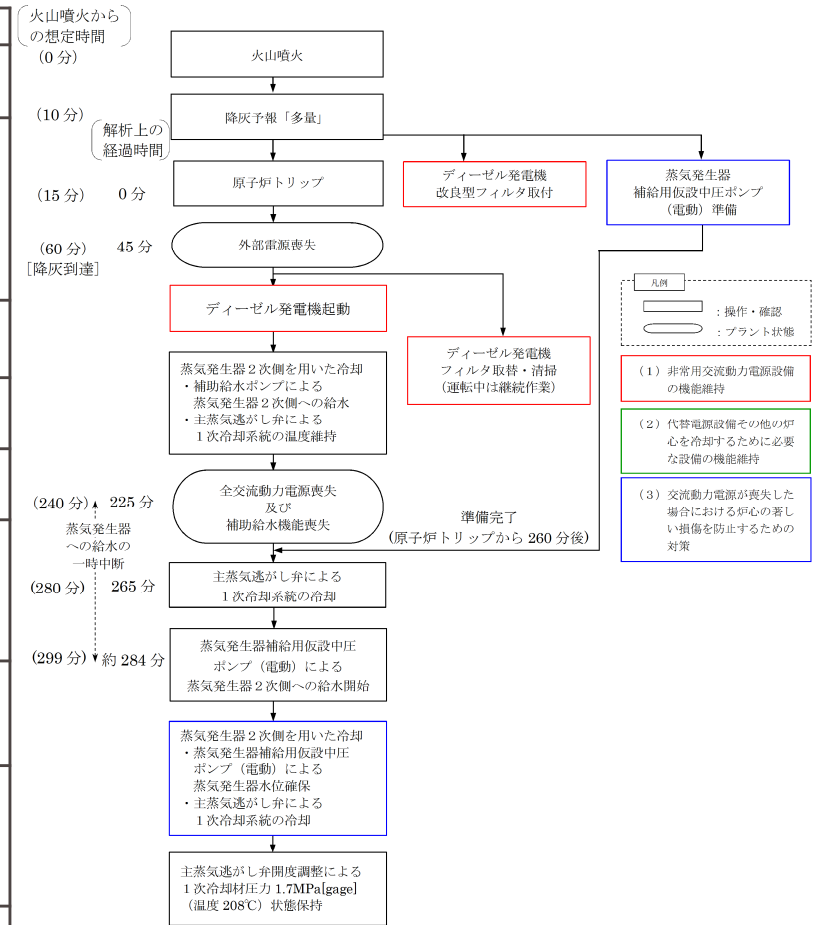
## (1) 概要

想定するシナリオに即した解析を実施した結果、S Gへの給水が停止することによりS Gの水位が一時的に低下するものの、S G仮設中圧ポンプによる注水の効果により、蒸気発生器の水位は、大飯3,4号炉では約18%以上に保たれることにより、炉心の著しい損傷に至らないことを確認した。

以下に、大飯3,4号炉の主要解析条件および対応手順と事象進展を示す。

－大飯3,4号炉 主要解析条件※－

| 項目                     | 主要解析条件  | 条件設定の考え方   |
|------------------------|---|--|
| 解析コード                  | M-R E L A P 5                                 | 新規制基準適合性確認審査で実績のあるコードを使用。(主要条件のため記載)   |
| 炉心崩壊熱                  | FP：日本原子力学会推奨値<br>アクチノド：ORIGEN2<br>(サイクル末期を仮定) | サイクル末期炉心の保守的な値を設定。燃焼度が高いと高次のアクチノドの蓄積が多くなるため長期冷却時の崩壊熱は大きくなる。このため、燃焼度が高くなるサイクル末期時点を対象に崩壊熱を設定。また炉心平均評価用崩壊熱を用いる。 |
| 起因事象                   | 原子炉手動停止<br>(解析上の時刻0秒)                         | 降灰予報「多量」から5分後(噴火から15分後)を設定。  |
| 原子炉手動停止後の対応            | 高温停止状態維持<br>(15.4MPa[gage]、291.7℃)            | 原子炉手動停止後、1次系濃縮完了までは高温停止状態を維持。  |
| 安全機能の喪失に対する仮定(1)       | 外部電源喪失<br>(原子炉手動停止から45分後)                     | 発電所への降灰到達時(噴火から60分後)に外部電源が喪失することを仮定。   |
| 安全機能の喪失に対する仮定(2)       | 非常用所内交流動力電源喪失<br>(原子炉手動停止から225分後)             | 降灰到達から180分間の非常用ディーゼル発電機の機能維持を考慮。気中降下物濃度の2倍濃度の火山灰による閉塞を想定した場合のDG機能維持時間をフィルタ試験結果より保守的に設定。                      |
| 補助給水機能の喪失に対する仮定        | 全交流動力電源喪失(SBO)と同時に機能喪失                        | SBOにより電動補助給水ポンプが停止。タービン動補助給水ポンプには期待しない。  |
| 2次系強制冷却開始(主蒸気逃がし弁開)    | 原子炉手動停止から265分後(全交流電源喪失から40分後)                 | S G仮設中圧ポンプ準備完了時間に弁の操作時間5分を加えた時間を設定。(全交流電源喪失後に操作現場に移動したのち、S G仮設中圧ポンプ準備完了の連絡を現場で受けてからの手動操作を想定)                 |
| S G仮設中圧ポンプによる蒸気発生器への注水 | 蒸気発生器2次側圧力2.8MPa[gage]にて注入開始                  | 設備の仕様から設定  |



大飯3,4号炉 対応手順と事象進展

※これ以外の主要解析条件は原子炉設置変更許可申請書 添付書類十 全交流電源喪失(RCPシールLOCAが発生しない場合)と同様

## (2) 大飯3,4号炉の事象進展

原子炉の手動停止後、補助給水ポンプによる蒸気発生器への注水及び主蒸気逃がし弁による1次系温度の維持により高温停止状態を維持する。45分後（火山噴火から60分後）に発生する外部電源喪失以降も、非常用ディーゼル発電機からの給電により高温停止状態を維持する。225分後（火山噴火から240分後）に非常用ディーゼル発電機が停止することにより全交流動力電源喪失および補助給水機能喪失が発生するが、265分後（火山噴火から280分後）に主蒸気逃がし弁による2次系強制冷却を開始することで蒸気発生器の圧力が低下し、S G仮設中圧ポンプによる蒸気発生器への注水は約284分後から開始される。それまでの約59分間は蒸気発生器への注水が停止するが、**S G仮設中圧ポンプによる注水の効果により、蒸気発生器の水位は約18%以上に保たれる。**

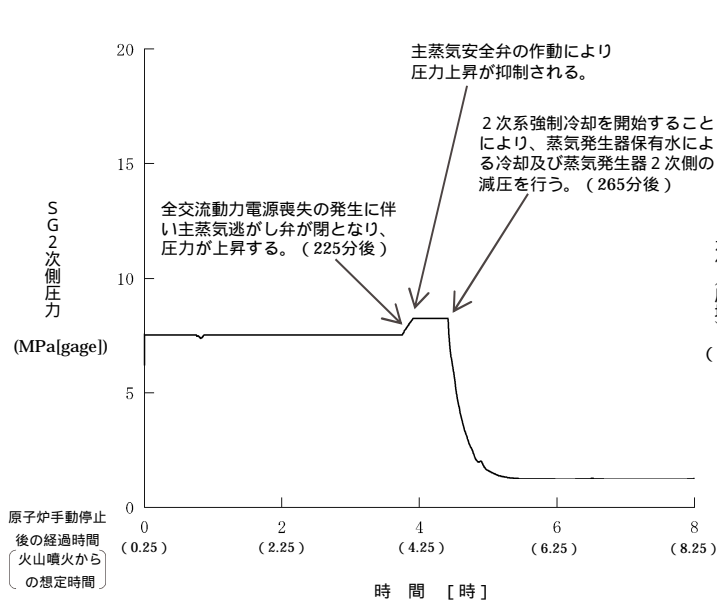


図1 S G 2次側圧力

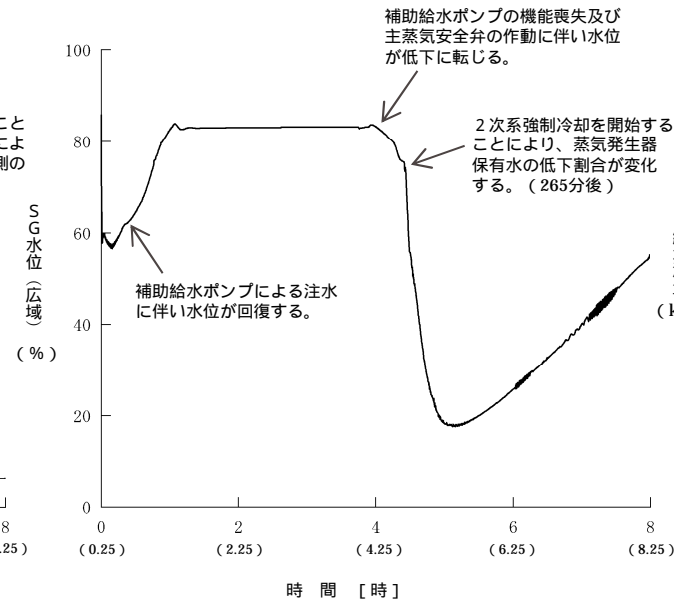


図2 S G水位（広域）

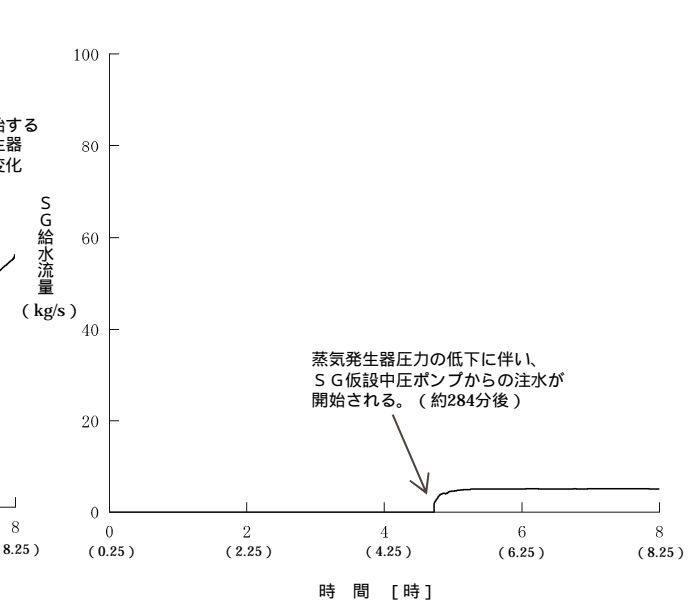


図3 S G給水流量

## (2) 大飯3,4号炉の事象進展 (続き)

S G 仮設中圧ポンプによる蒸気発生器への注水により蒸気発生器 2 次側の保有水が確保できること、1 次系の保有水が十分確保されていること、主蒸気安全弁の作動及び主蒸気逃がし弁による 2 次系強制冷却により 1 次系の自然循環が維持されることから、継続的な炉心冷却が可能であり、炉心の著しい損傷を防止できる。

以降は、1 次系圧力 1.7MPa[gage]にて蓄圧タンク出口弁を閉止し、1 次系温度 170℃、1 次系圧力 0.7MPa[gage]の状態まで減温・減圧し、安定停止状態に移行する。

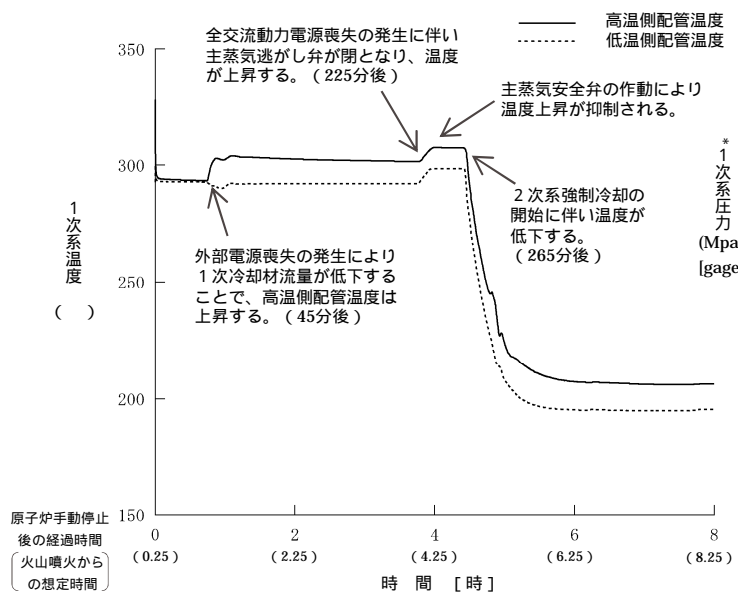


図4 1次系温度

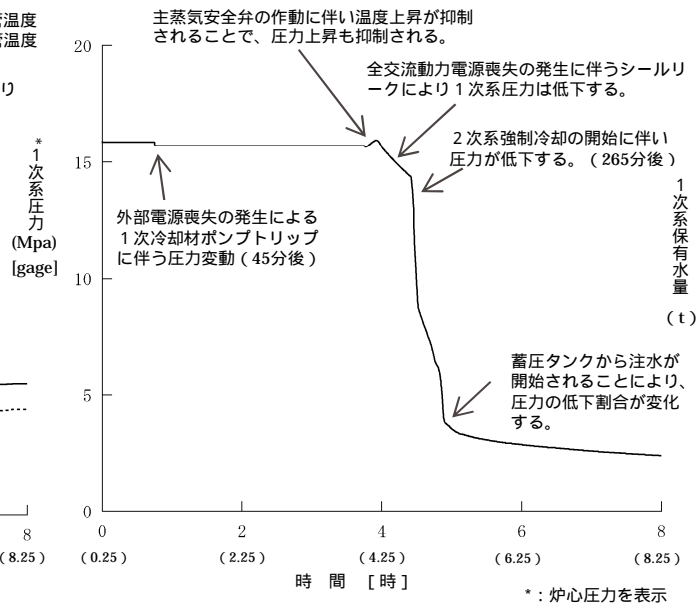


図5 1次系圧力

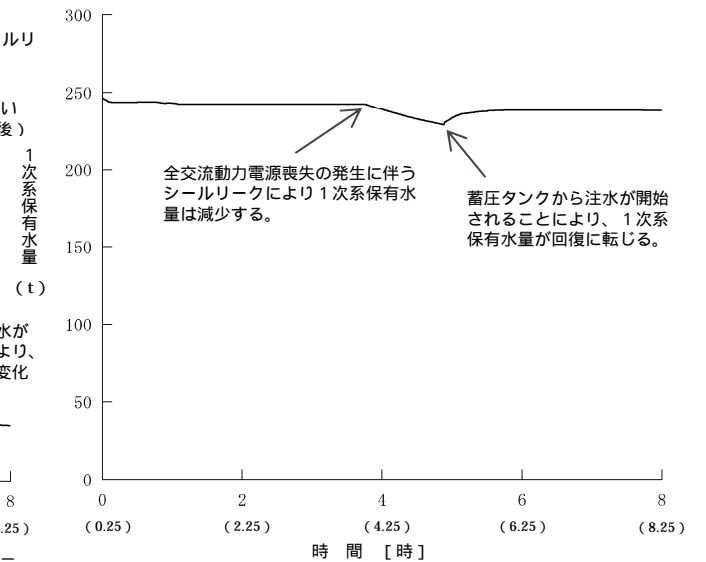


図6 1次系保有水量

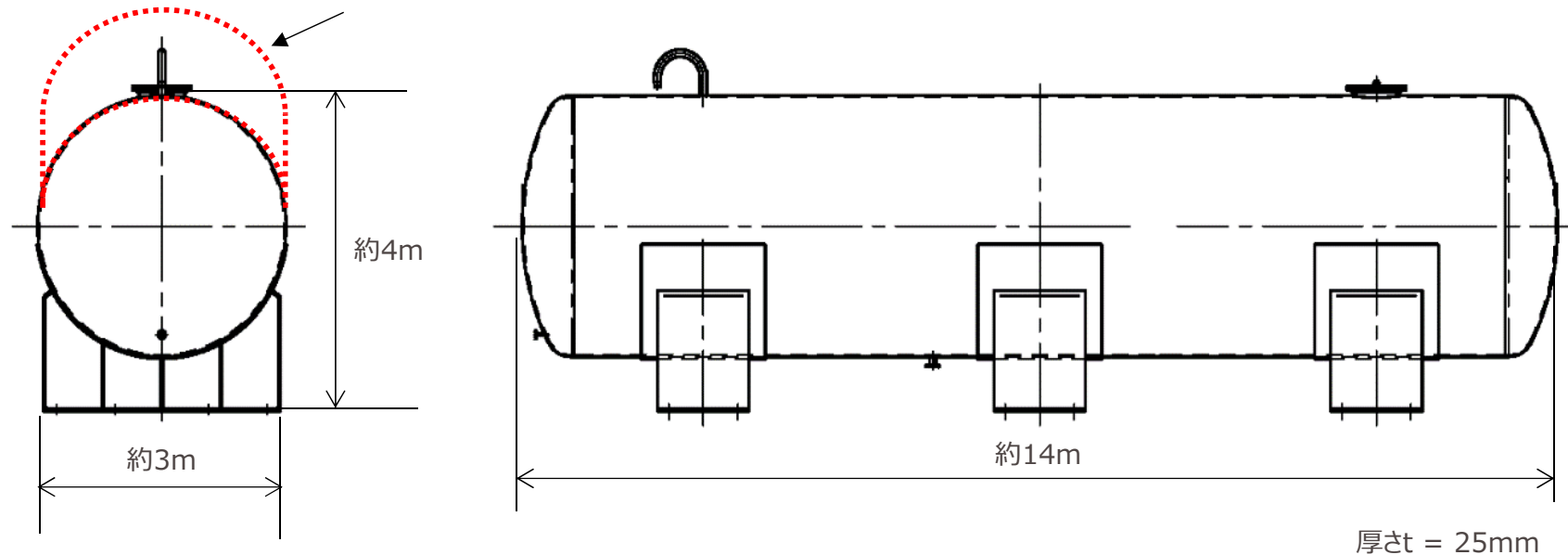


## (1) 評価方法

炉規則 8 3 条の対応で使用する施設のうち、層厚変更に伴い審査対象となる施設については、既認可保安規定の補足説明資料に基づき荷重影響評価を行う。

### 消火水バックアップタンク（高浜3,4号炉、大飯3,4号炉）

積雪100cm、火山灰（T34：27cm、O34：25cm）を想定※



※火山灰と雪がタンク上部に堆積するものとした条件で、保守的に評価する。



## (2) 評価結果

層厚変更に伴い審査対象となる施設の荷重影響を評価した結果、想定する荷重に対して必要な機能を損なうことはない。

各プラントの評価結果については、下表のとおりである。

| プラント    | 施設※1         | 耐震評価結果   | 堆積荷重※2による鉛直加速度 | 判定               |
|---------|--------------|--|----------------|------------------|
| 高浜3,4号炉 | 消火水バックアップタンク | 0.60G 鉛直加速度の評価<br>〔 胴板裕度 : 2.4 〕<br>〔 支持脚裕度 : 10.3 〕 | 0.22G に相当      | ○<br>(耐震評価に包絡※3) |
| 大飯3,4号炉 | 消火水バックアップタンク | 0.74G 鉛直加速度の評価<br>〔 胴板裕度 : 1.9 〕<br>〔 支持脚裕度 : 8.2 〕  | 0.21G に相当      | ○<br>(耐震評価に包絡※3) |

※1 炉規則 8 3 条の対応で使用する施設のうち D B 施設・S A 施設については D B 施設側・S A 施設側で評価

※2 見直し後の火山灰層厚（高浜27cm、大飯25cm）と積雪（100cm）を想定

※3 既許可では、地震と火山灰荷重の重畳を考慮せずに評価しており、耐震評価の結果を用いて、火山灰の荷重影響評価の見直しを確認している。