

美浜・大飯・高浜発電所の 安全性向上対策の実施状況等

2021年3月4日

目次

各発電所の主な安全性向上対策の実施状況

・・・ □1 ~ □3

前回の委員会で出されたご意見
(制御棒駆動装置管台サーマルスリーブの摩耗)

・・・ □4 ~ □6

各発電所の主な安全性向上対策の実施状況

各発電所の主な安全性向上対策の実施状況

| 発電所名 | 状況 |
|---------|---|
| 美浜3号機 | <ul style="list-style-type: none"> ・2020.9 安全性向上対策工事完了（使用前検査等実施中） ・特定重大事故等対処施設設置工事中 |
| 高浜1号機 | <ul style="list-style-type: none"> （設置期限：高浜1号機 2021.6.9、美浜3号機 2021.10.25） |
| 高浜2号機 | <ul style="list-style-type: none"> ・安全性向上対策工事を実施中（2021.4 工事完了予定） <p>【主な安全性向上対策工事の状況】</p> <p>（実施中の工事）</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 原子炉格納容器上部遮蔽設置 ○ 火災防護対策 ○ 海水取水設備竜巻防護対策 <p>前回委員会報告（2021年1月）以降、変更はない。 火災防護対策については、ケーブルトレイに防火シートを据え付ける工事を実施しており、現在、工事の詳細工程について精査を行っている。</p> |
| | <ul style="list-style-type: none"> ・特定重大事故等対処施設設置工事中（設置期限：2021.6.9） |
| 高浜3,4号機 | <ul style="list-style-type: none"> ・特定重大事故等対処施設設置工事完了（2020.12完了） |
| 大飯3,4号機 | <ul style="list-style-type: none"> ・特定重大事故等対処施設設置工事中（設置期限：2022.8.24） |

（完了した工事）

- 燃料取替用水タンク取替（2020年6月完了）
- 中央制御盤取替（2020年10月完了）
- 海水取水設備移設（2020年12月完了）
- 免震事務棟（2019年3月運用開始）
- 緊急時対策所（2019年6月運用開始）

バックフィットへの対応（降下火砕物の層厚評価の見直し(1/2)）

【概要】

- 2019年6月に原子力規制委員会から大山生竹の噴出規模11km³程度を前提とした設置変更許可を行う措置命令を受け、同年9月に火山灰の堆積層厚を見直した原子炉設置許可申請を行った。
(美浜15cm、高浜25cm、大飯22cm)
- その後の審査会合で原子力規制委員会より、大山生竹からの距離が同等である京都府越畑(25cm)と大飯発電所(22cm)の堆積層厚の差異について指摘を受け、各発電所の堆積層厚を見直し、2021年1月26日堆積層厚を見直し踏まえた補正申請書を提出。
(美浜22cm、高浜27cm、大飯25cm)

【今後の予定】

- 今後、原子力規制委員会において審査書（案）が纏められる予定。

【発電所における対応】

（ハード対策）

- 屋外タンクの屋根板溶接部補強を実施
 - ・燃料取替用水タンク（美浜3号機、高浜1, 2号機）
 - ・復水タンク（高浜3, 4号機）

（ソフト対策）

- 電源車の移動先に係る手順を変更（タービン建屋→燃料取扱建屋）
- 非常用DGフィルタの取替、清掃周期の見直し

【保安規定】

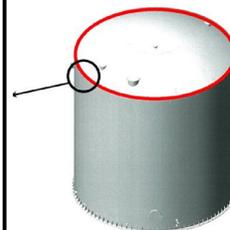
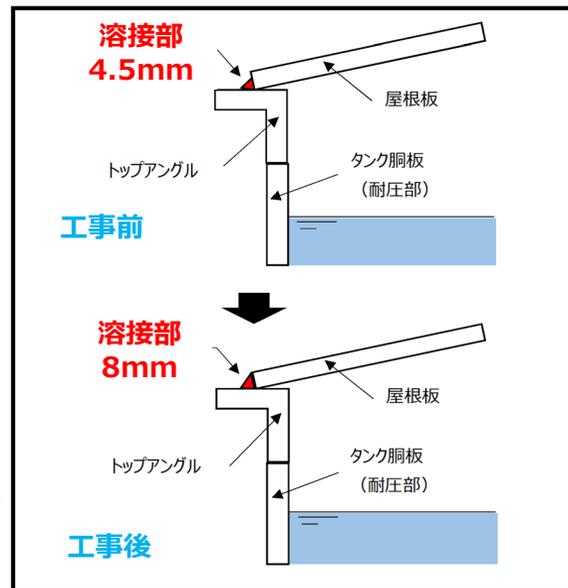
- 美浜3号、高浜1, 2号は、層厚見直しによる手順の変更はない。
なお、フィルタの取替、清掃周期に影響がないことを設置許可にて審査済み。
- 大飯3, 4号、高浜3, 4号は、手順変更を反映した変更認可申請を予定。

○大山火山と発電所の位置関係



○火山灰対策（ハード対策）

屋外の燃料取替用水タンクの対策概要



燃料取替用水タンク全体図

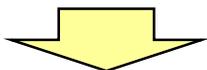
屋根板溶接部の脚長を変更し、降下火砕物の载荷に対する強度を確保する。

●関西電力は※を踏まえ2018.10に現地調査を実施し流水による再堆積の可能性を指摘したが、2018.12規制委員会は再堆積によるものではないとして、京都市越畑地点での降灰層厚は25cmとなった。

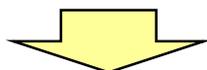
バックフィットへの対応（降下火砕物の層厚評価の見直し(2/2)）

○発電所における対応（ソフト対策）

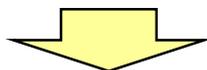
噴火発生
(敷地内降灰予報:多量)



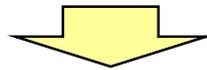
非常外部電源喪失



非常用ディーゼル発電機起動



非常用ディーゼル発電機停止による
全交流電源停止を想定



(美浜3号機の例)

非常用ディーゼル発電機への改良フィルタ取付け

○改良フィルタ取り付け50分、緊急時対策要員8人



非常用ディーゼル発電機の改良フィルタ取替え

○改良フィルタ取り付け20分（取替）、60分（清掃）、
緊急安全対策要員 5名



【手順】

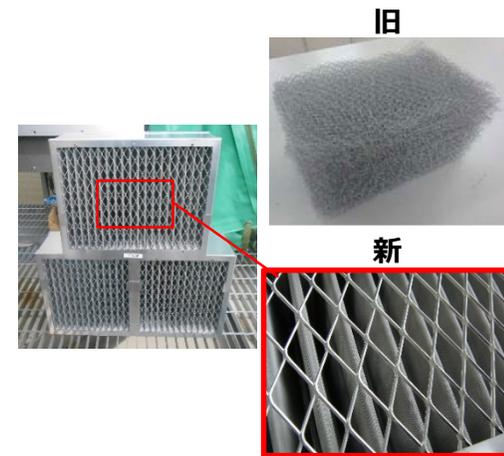
電源車による給電準備

- ①：電源車移動……屋外から燃料取扱建屋内へ
- ②：給電準備……電源車－仮設中圧ポンプを接続
- ③：給水準備……仮設中圧ポンプの供給ライン接続、ポンプ起動

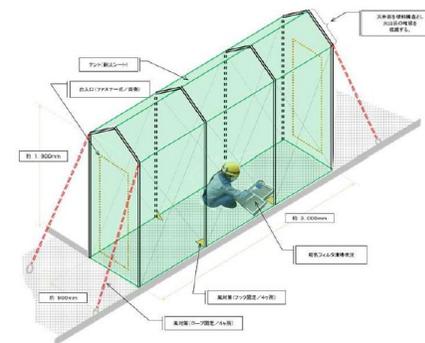
<対応時期> ①：降灰予報（多量）後、直ちに開始、②、③：SBO発生後に開始

※層厚見直しによる再試験の結果により
フィルタ取替着手時間の変更があるが、
見直し後の試験濃度の比例計算により
24時間でのフィルタ清掃が現体制で運用
できることを確認済。

非常用ディーゼル発電機改良型吸気フィルタ



改良型吸気フィルタ取替場所イメージ

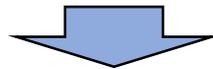


非常用ディーゼル発電機吸気フィルタの清掃場
所は、吸気消音器のフィルタ近傍に屋外テントを
設置し対応

前回の委員会で出されたご意見

(ご意見)

- 諸外国では、40年超プラントが多く稼働している。国際的知見や提言をどの程度取り入れているのか。
- 関西電力が対応している内容を具体的に説明いただきたい。

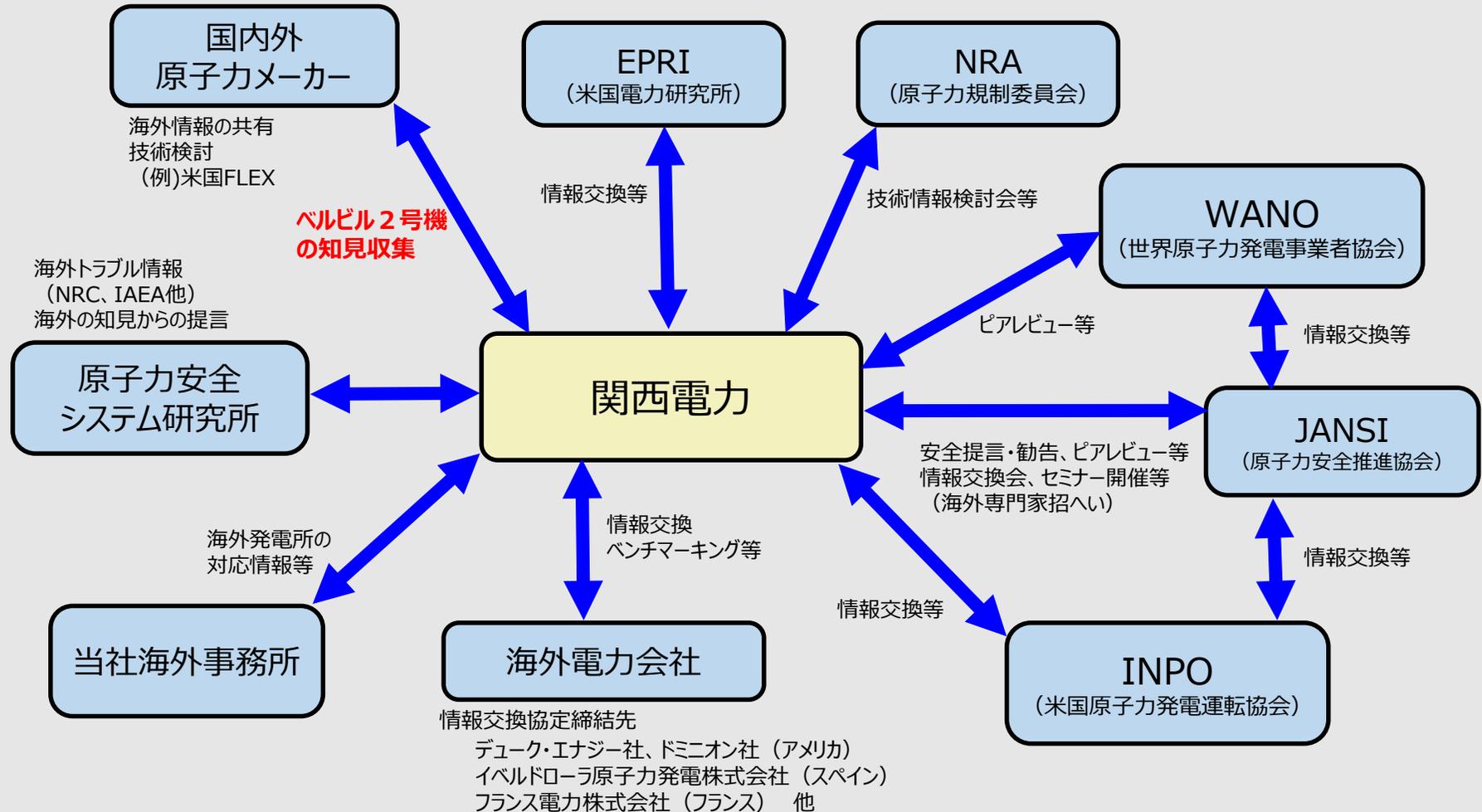


(説明内容)

- 海外情報、知見等の収集、反映の事例
(2017年にフランスのベルビル発電所2号機で発生した「制御棒駆動装置管台サーマルスリーブの摩耗」の知見反映の状況を紹介)

海外情報、知見等の収集

海外電力会社との情報交換協定締結、および海外の団体や研究への参画による直接の情報収集を行っている他、国内関係機関との情報交換、セミナー等を通じた情報収集、知見修得により、海外の先進事例や最新知見を収集し、適宜分析、反映して当社の取り組みに展開。



諸外国からの最新知見を収集し、各種対策の検討に活用

【海外知見】

- 発生プラント：ベルビル2号機
（仏、1988年運開、PWR(130万kW)、4ループ）
- 発生時期：2017年12月
※原子炉容器上蓋を取替えているため、事象が発生した部位の使用期間は、約17年(EFPY：定格負荷相当運転年数)。
- 事象の概要：
 - ・ 定期検査中の制御棒落下試験において、制御棒が全挿入できない事象が発生。
 - ・ 制御棒駆動装置管台（CRDM管台）のサーマルスリーブがフランジ部の摩耗により落下し、CRDM管台上に残ったリング状の破断片が制御棒動作に干渉したと推測されている。

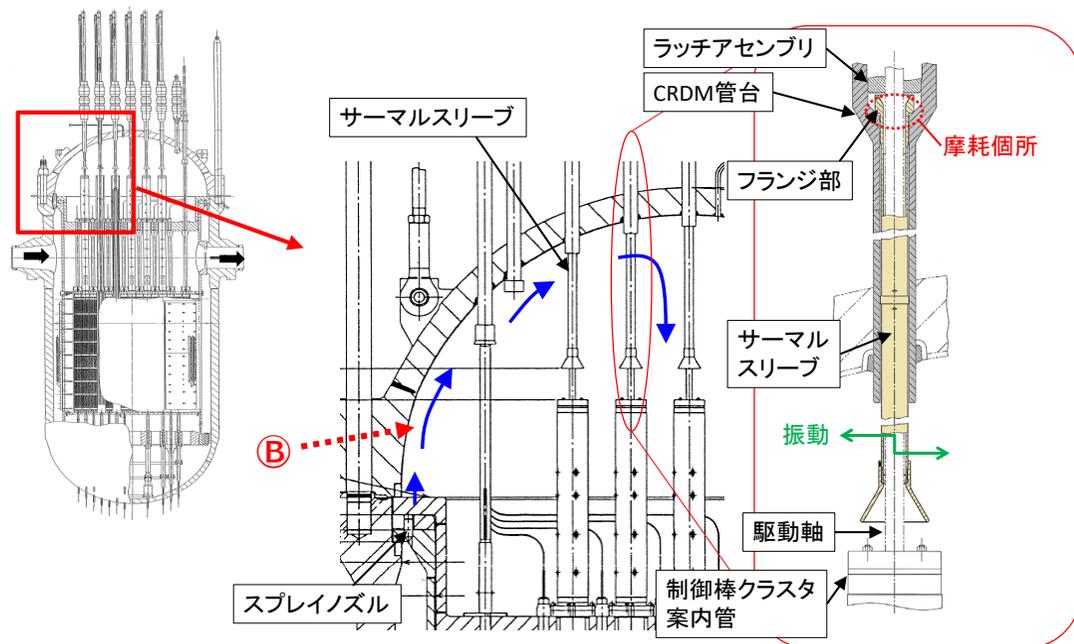


図1. サーマルスリーブの構造と頂部プレナム内の流況

- 発生メカニズム：
 - ・ サーマルスリーブはCRDM管台とは固定されておらず、管台のテーパ部にフランジ部が自重を預ける構造。…**A**
 - ・ 原子炉容器の頂部では図1に示すようにスプレインズルから噴出する1次冷却材の流れ（頂部バイパス流）が存在する。…**B**
この流れが作用することでサーマルスリーブに流体励起振動が生じ、サーマルスリーブのフランジ部とCRDM管台内面のテーパ面が摺動することで、摩耗が進展すると考えられる。…**C**

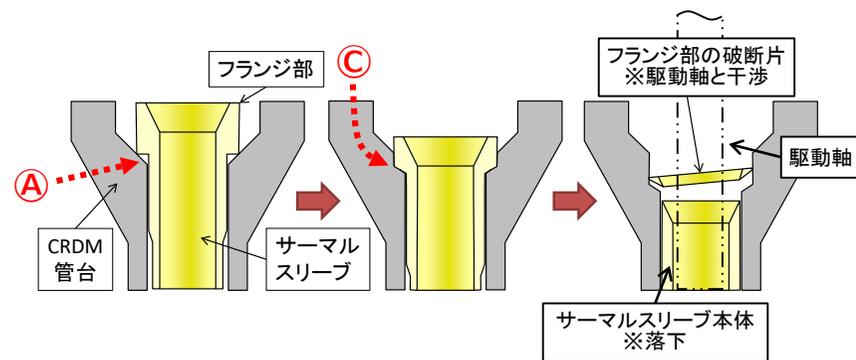


図2. サーマルスリーブ摩耗の進展イメージ



当該事象を受けて、国内PWRプラントでも対応を実施（次ページ）

【国内の対応状況】

- 解析を行い、頂部バイパス流の大きい4ループプラントが最も感受性が大きいと想定。
- 国内で使用期間の長い4ループプラント（約14EFPY）を代表に摩耗状況を確認（図3）。僅かに摩耗は認められたが、直ちにプラントの安全性に影響を与えない程度であることを確認。
- 当社の4ループプラント（大飯3，4号機）は、原子炉容器の上蓋取替に合わせてサーマルスリーブも取替えられており、国内代表プラントよりも使用期間が短い（2020年末時点で約7EFPY）ことから、直ちに安全性に影響を与えることはない。
- 今後、大飯3号機を代表プラントに加えて摩耗状況を確認し知見を拡充する。
⇒高経年化技術評価書（2020年12月2日申請）にも反映済。

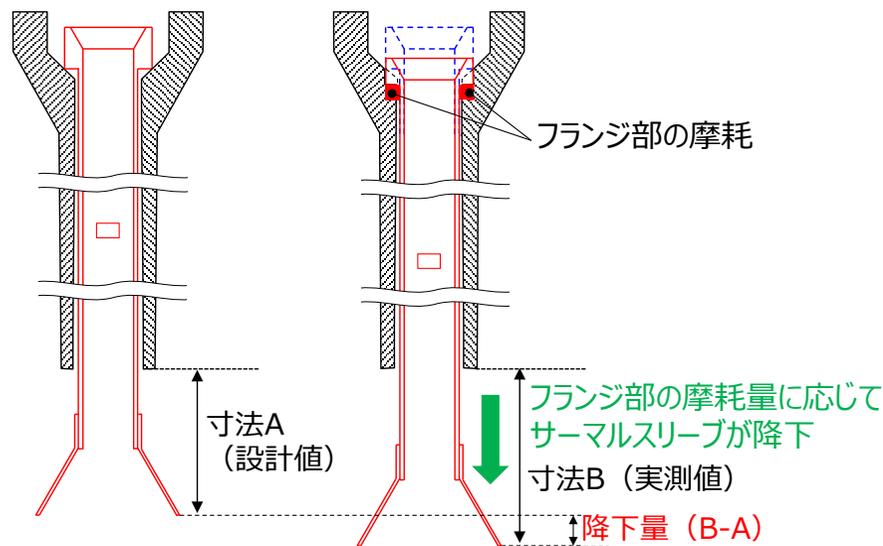


図3. 摩耗状況の確認方法

参考資料

高浜発電所の保安規定認可内容の代表例

警報が発表されない可能性のある津波への対応

参考1

【原子炉設置変更申請（2019年9月26日）】

・許可（2020年12月2日）

＜申請の概要＞

- 基準津波として今回、新たに津波警報が発表されない可能性がある津波として「隠岐トラフ海底地すべり」による津波を設定する。
- 高浜発電所1～4号機全てが運転中で取水路防潮ゲートが全て開いている時に、警報が発表されない可能性がある当該の津波が発生した場合に備え、潮位計等の追加設置および取水路防潮ゲートの運用変更等を行う。

【設工認、保安規定変更認可申請（2020年10月16日）】

・設工認認可（2021年2月8日）

・保安規定認可（2021年2月15日）

＜設工認申請の概要＞

- 潮位計と、衛星電話の具体的な仕様を記載し、耐震性を評価。
- 敷地高さに近接する入力津波を作成し、潮位計の計装誤差を考慮しても取水路防潮ゲートの閉止判断基準で検知できることを確認。
- 津波遡上範囲の車両について漂流物化しないように津波の影響を受けない場所へ退避する方針を記載。

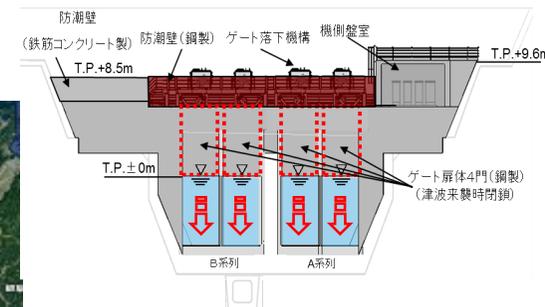
＜保安規定申請の概要＞

- 津波防護施設の運転上の制限に、潮位観測システムとして潮位計及び衛星電話を設定。
- 取水路防潮ゲートの閉止判断基準等を確認した場合、循環水ポンプ停止およびプラント停止、取水路防潮ゲートを閉止する等の運用を規定。

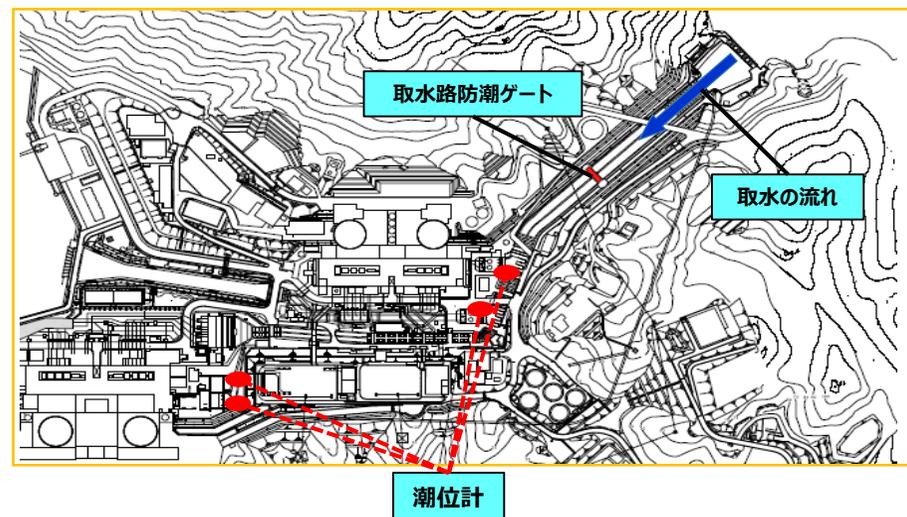
高浜発電所への影響が大きいと考えられる隠岐トラフ海底地すべり発生想定位置（3地点）



＜取水路防潮ゲート正面図＞



2台の潮位計の観測潮位が10分以内に0.5m以上上下降（上昇）し、その後、最低（最高）潮位から10分以内に0.5m以上上昇（下降）した場合、防潮ゲートを閉止



事故時対応要員の体制

発電所構内に常駐する初動対応要員と事故発生から6時間以内※に召集する要員の体制は以下のとおり。
(1～4号機の全号機において事故(格納容器過圧破損)が発生した場合を想定)

【高浜3, 4号機】

※：大規模自然災害による交通手段の途絶を想定した場合でも6時間以内に確実に参集

| | 3号機 | 4号機 | 備考 |
|---------------------|-------------------|---------|-----------------------------|
| 全体指揮者 | 1人 | | |
| ユニット指揮者 | 1人 | 1人 | ユニットごとに指揮を行う |
| 現場調整者 | 1人 | | 3,4号機の各操作場所内での調整を行う |
| 通報連絡者 | 1人 | 1人 | |
| 本部要員 | (+召集5人) | (+召集5人) | 保修班,総務班,情報班,安管班,放管班(各1人/号機) |
| 運転員 | 24人(内1,2号炉 12人) | | |
| ガレキ除去要員 | 4人 | | |
| 消火活動要員 | 7人 | | |
| 給水・設備・電源・ 運転支援要員 | 29人(+召集38人) | | |
| 合計 | 初動対応要員70人(+召集48人) | | |

【高浜1, 2号機(1～4号機)】

| | 1号機 | 2号機 | 3号機 | 4号機 | 備考 |
|---------------------|--------------------|---------|------------|---------|-----------------------------|
| 全体指揮者 | 1人 | | | | |
| ユニット指揮者 | 1人 | 1人 | 1人 | 1人 | ユニットごとに指揮を行う |
| 現場調整者 | 1人 | | 1人 | | 1,2号機/3,4号機の各操作場所内での調整を行う |
| 通報連絡者 | 1人 | 1人 | 1人 | 1人 | |
| 本部要員 | (+召集5人) | (+召集5人) | (+召集5人) | (+召集5人) | 保修班,総務班,情報班,安管班,放管班(各1人/号機) |
| 運転員 | 12人 | | 12人 | | |
| ガレキ除去要員 | 4人 | | 4人 | | |
| 消火活動要員 | 7人(+7人) | | | | +7人は給水・設備・電源・運転支援要員を兼ねる |
| 給水・設備・電源・ 運転支援要員 | 25人(+召集4人) | | 25人(+召集4人) | | |
| 合計 | 初動対応要員100人(+召集28人) | | | | |

事故時対応の手順

○発電用原子炉設置許可に基づき、重大事故等発生時に事象の種類及び事象の進展に応じて的確かつ柔軟に対処できるよう、手順を整備している。

○保安規定に従い、事故時対応要員がホールドポイント※内に、必要な操作を完了できることを訓練（シーケンス訓練等）にて確認する。 ※有効性評価の成立性担保のために必要な操作が完了すべき時間

○個別手順についても完了時間内に操作を完了できることを確認する。

□ : ホールドポイント
□ : 個別手順

(例) 「格納容器過圧破損」の作業と所要時間 (抜粋)

