

|                   |                  |
|-------------------|------------------|
| 島根原子力発電所 2号炉 審査資料 |                  |
| 資料番号              | EP-060 改 51(説 7) |
| 提出年月日             | 令和 2年 6月16日      |

# 島根原子力発電所 2号炉 格納容器フィルタベント系について (コメント回答)

---

令和 2年 6月  
中国電力株式会社

# 審査会合での指摘事項に対する回答

| No. | 審査会合日     | 指摘事項の内容  | 回答頁 |
|-----|-----------|--|-----|
| 106 | 令和2年2月20日 | ベント戦略の変更による低圧・低流速状態でのベント実施時のフィルタ性能への影響評価に性能試験結果を踏まえて説明すること。  | 2   |
| 107 | 令和2年2月20日 | 水素排出経路における水素爆発防止のための水素滞留防止対策について、窒素パージ運用だけでなく、設備面の対策についても設置許可基準規則及びその解釈への適合性を説明すること。また、あわせて可搬型水素濃度計の運用についてベント実施中の水素濃度監視の観点も踏まえ、整理して説明すること。 | 3～6 |
| 108 | 令和2年2月20日 | 系統設計として、スクラバ容器等を4基構成にしている理由、性能への評価について設計の経緯も含めて説明すること。   | 7   |
| 109 | 令和2年2月20日 | ベント実施中はフィルタベント排気ラインへ凝縮水が滞留し、排気ラインドレンからスクラバ容器（銀ゼオライトフィルタ経由）へ排出されるとの説明であるが、銀ゼオライトフィルタへの影響について詳細に説明すること。また、通常待機時に滞留する雨水の排出の頻度の考え方を示すこと。       | 8,9 |
| 110 | 令和2年2月20日 | 格納容器フィルタベント系への雨水の流入防止について、現状の対策を説明するとともに、影響、効果等を考慮して追加対策ができるか検討すること。   |     |

- 指摘事項 (第838回審査会合 (令和2年2月20日) )  
ベント戦略の変更による低圧・低流速状態でのベント実施時のフィルタ性能への影響評価に性能試験結果を踏まえて説明すること。

- 回答

- フィルタ装置 (スクラバ容器) はベンチュリスクラバ及び金属フィルタの組合せでエアロゾルを除去するものであり、図106-1に示すとおり、フィルタ装置 (スクラバ容器) 全体の性能検証試験範囲 (①) は全域にわたって [ ] 以上を満足する。
- ベント戦略の変更による低圧・低流速状態でのベント実施においてフィルタ性能が要求されるケースとしては、アーリーベント後に炉心損傷する場合が考えられるが、この場合に該当するシナリオとして、仮にTQUVシナリオでアーリーベント後に炉心損傷する場合を想定すると、事故後7日間のベンチュリノズル部のベントガス流速は図中②に示す範囲となり、全範囲にわたり性能検証試験範囲 (①) 内であるため、フィルタ装置 (スクラバ容器) は十分な性能があると評価できる。
- なお、アーリーベント後にベンチュリスクラバの設計上考慮している運転範囲 (③) を下回る範囲で炉心損傷する場合、金属フィルタの負荷量が大きくなることが考えられるが、仮に有効性評価のうち炉心損傷する代表的な事故シナリオである格納容器過圧・過温破損におけるエアロゾル移行量の全量が金属フィルタに移行すると想定した場合でも、金属フィルタの閉塞が発生することはない。

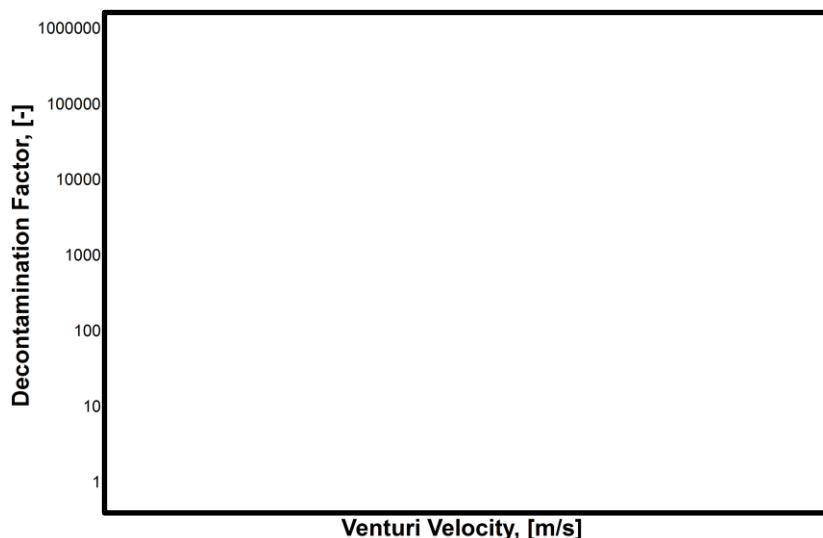


図106-1 性能検証試験結果 (ベンチュリノズル部におけるベントガス流速に対する除去係数)

- 指摘事項（第838回審査会合（令和2年2月20日））  
水素排出経路における水素爆発防止のための水素滞留防止対策について、窒素パージ運用だけでなく、設備面の対策についても設置許可基準規則及びその解釈への適合性を説明すること。  
また、あわせて可搬型水素濃度計の運用についてバント実施中の水素濃度監視の観点も踏まえ、整理して説明すること。

- 回答

- 【設備面の対策について】

- 格納容器フィルタバント系は、排気中に含まれる可燃性ガスによる爆発を防ぐため、系統内を窒素ガスで置換した状態で待機させ、バント実施後においても可搬式窒素供給装置により窒素パージを行うことが可能な設計とする。また、排出経路の枝管のうち可燃性ガスが蓄積する可能性のある箇所にはバイパスラインを設け、可燃性ガスを連続して排出できる設計とすることで、系統内で水素濃度及び酸素濃度が可燃領域に達することを防止できる設計とする。
- 排出経路における水素濃度を測定し、監視できるよう、フィルタ装置出口配管に可搬型の水素濃度測定設備を設置する。

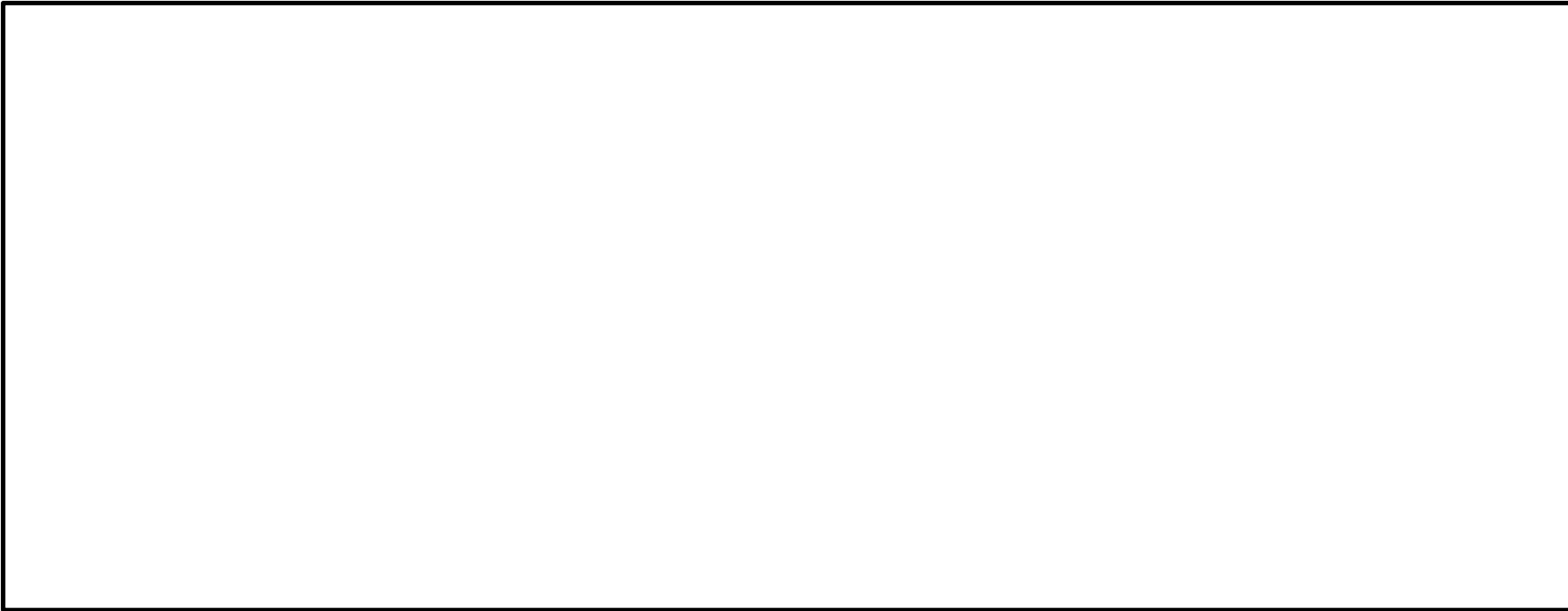


図107-1 格納容器フィルタバント系 配管ルート図

■ 回答 (続き)

【可搬式窒素供給装置の運用について】

- ベント実施中は、格納容器から多量の蒸気が排出されるためベントガス中の水素濃度は低く、ベントガス流速が大きいことから、水素が系統内で滞留することはないため、水素爆発は発生しない。
- 可搬式窒素供給装置は、ベント停止前までに起動し、格納容器に窒素を供給することにより格納容器内の窒素置換を行うとともに、水素の排出経路である格納容器フィルタベント系の系統内の窒素パーージを連続的に実施する。
- ベント停止にあたって格納容器への窒素供給を停止するが、ベント停止後すみやかに格納容器フィルタベント系に窒素を供給することにより系統内の窒素パーージを実施する。なお、可搬式窒素供給装置は接続口に接続したまま起動状態を維持でき、弁操作のみで窒素供給先を格納容器側から格納容器フィルタベント系側に切り替えることが可能であり、また可搬式窒素供給装置への燃料補給中でも窒素パーージを連続して実施可能である。
- 可搬式窒素供給装置による窒素パーージは、スクラビング水の格納容器 (S/C) への移送を完了するまで継続する。
- 上記運用を踏まえ、排出経路のハイポイントにおける水素の排出状況をベントガス流速及び窒素パーージ流速を用いて評価した結果、表107-1で示すとおり、ガイドライン※<sup>1</sup>で示されている水素を排出可能な流速である1mm/s以上であり、各ハイポイントにおいて水素は滞留せず、放出端から排出されることを確認した。

表107-1 ハイポイントにおけるガス流速

| ハイポイント  | ベントガス流速※ <sup>2</sup><br>(mm/s) | 窒素パーージ流速※ <sup>3</sup><br>(mm/s) |
|---|---------------------------------|----------------------------------|
| ① 非常用ガス処理系との隔離弁 (AV216-12) までの配管に設置されたバイパスライン | 約19500                          | 約450                             |
| ② ベント弁第3弁 (MV226-13) 下流配管                     | 約16800                          | 約400                             |
| ③ 銀ゼオライト容器入口配管 (全4箇所)                         | 約4200                           | 約100                             |
| ④ フィルタ装置出口配管 (全2箇所)                           | 約4200                           | 約100                             |

- ※ 1 日本原子力技術協会「BWR配管における混合ガス(水素・酸素)の燃焼による配管損傷防止に関するガイドライン (第3版)」(平成22年3月)
- ※ 2 有効性評価のうち、格納容器過圧・過温破損 (大LOCA + SBO + ECCS機能喪失) における約100日後の蒸気流量による評価
- ※ 3 可搬式窒素供給装置の窒素パーージ流量100m<sup>3</sup>/hによる評価

■ 回答 (続き)

【可搬式窒素供給装置の接続口について】

- 可搬式窒素供給装置は、格納容器フィルタベント系又は残留熱代替除去系により格納容器の減圧及び除熱を行う場合に使用し、格納容器 (D/W, S/C) 及び格納容器フィルタベント系への窒素供給ラインを独立して設置することとしているが、原子炉建物付属棟内にそれぞれのラインの接続口【図中①】を追加で設置することにより、窒素供給の信頼性向上を図る。
- 原子炉建物付属棟内の接続口については、原子炉建物南側の接続口【図中②】が使用できない場合に使用する。

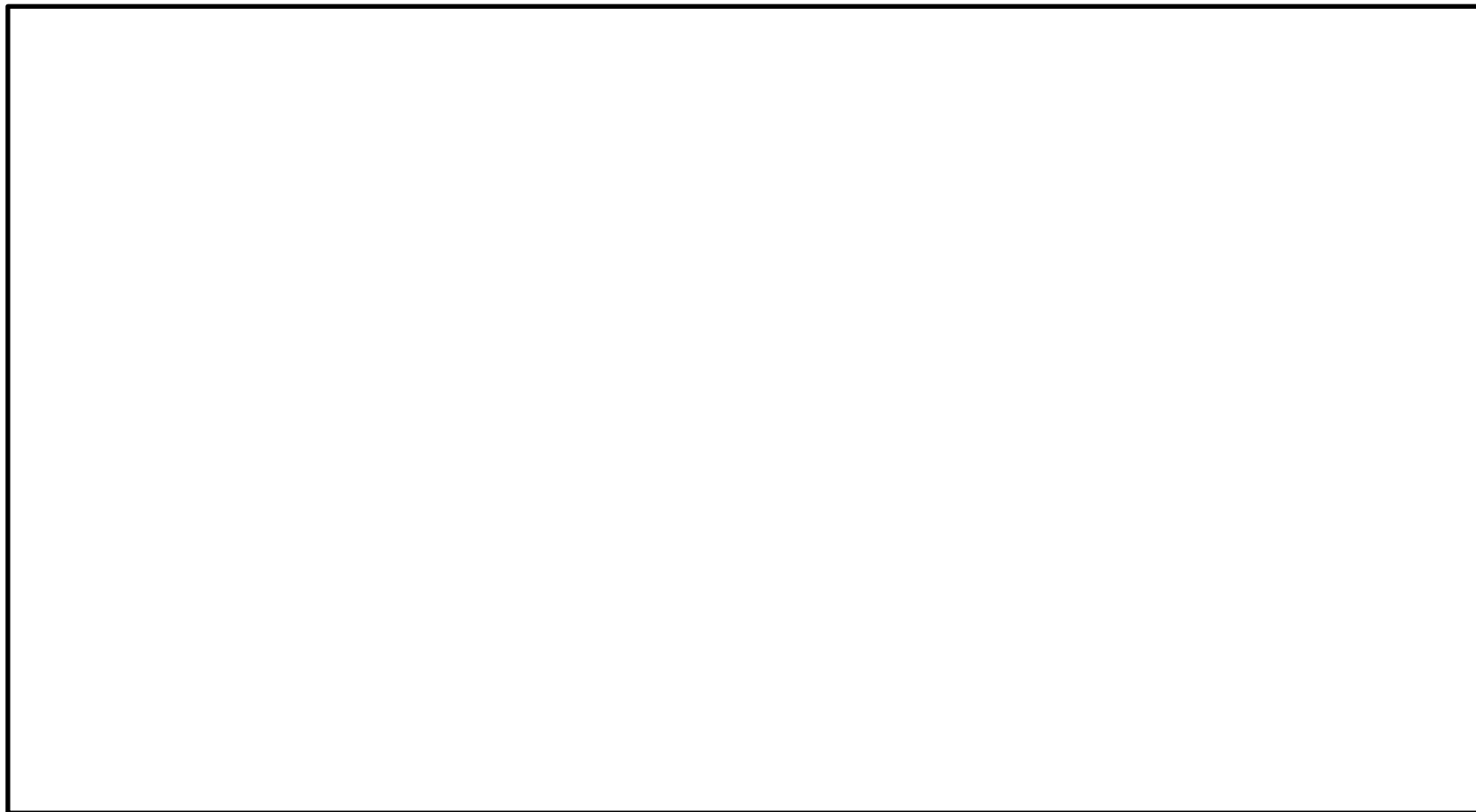


図107-2 窒素供給ラインの追設範囲

■ 回答 (続き)

【可搬型の水素濃度測定設備の設計について】

- 可搬型の水素濃度測定設備は、格納容器フィルタベント系の排出経路での水素爆発を防止するために行う窒素パージが確実に実施されていることを確認する目的で水素濃度を測定、監視するために設置する。
- ベント実施中は水素が格納容器フィルタベント系統内で滞留することはないため、格納容器への窒素供給を実施するベント停止前のタイミングで測定を開始する。なお、可搬型の水素濃度測定設備は、ベント実施までに測定の準備を実施する。
- 以下を踏まえ、図107-3に示すフィルタ装置出口配管に測定箇所を設置し、水素濃度(ドライ値)を計測することにより排出経路での水素蓄積徴候を早期に検出可能な設計とする。
  - ベント停止後の窒素パージ中は、水素を排出可能なベントガス流速が確保されるため、水素が格納容器フィルタベント系統内で滞留することなく、フィルタ装置下流側へ排出される。
  - ベント停止後に窒素パージが意図せず中断した場合、スクラビング水の放射線分解で発生した水素が蓄積し可燃限界濃度に至る前に窒素パージを再開させる必要がある。スクラバ容器内で発生するガスは、窒素充填されている上流側に比べ大気開放されている下流側に多く流出し、表107-2に示す挙動が想定されるため、フィルタ装置上流側に比べて下流側の水素濃度(ドライ値)の上昇が顕著となる。

表107-2 窒素パージ中断後のFCVS配管内ガス挙動

|                     |   |      |
|---------------------|---|------|
| フィルタ装置上流側           | 窒素充填配管にスクラバ容器内発生ガス(蒸気・水素・酸素)が徐々に混入し、ハイポイントでは水素および酸素が徐々に蓄積する。蒸気の全量凝縮を仮定すると水素濃度(ドライ値)と水素濃度(ウェット値)は同じ挙動を示し、約18時間後に可燃限界濃度に達する。(事故7日後想定) |      |
| フィルタ装置下流側           | スクラバ容器内発生ガス(蒸気・水素・酸素)により窒素は排出されるが、配管内に流れが生じることで水素は蓄積しない。水素・酸素発生量より蒸気発生量が多く、FCVS配管内の水素濃度(ウェット値)はほぼ0%で推移するが、窒素排出に伴い水素濃度(ドライ値)は上昇する。   |      |
| 水素濃度推移<br>(事故7日後想定) | ウェット値   | ドライ値 |
|                     |   |      |

図107-3 水素濃度測定設備の測定箇所

# 審査会合での指摘事項に対する回答（No.108）

- 指摘事項（第838回審査会合（令和2年2月20日））  
システム設計として、スクラバ容器等を4基構成にしている理由、性能への評価について設計の経緯も含めて説明すること。

- 回答  
【格納容器フィルタベント系の設計経緯】

- 当初設計

- フィルタベント設備のシステム設計としては、海外でスクラバ容器を2基構成とした実績があり、島根2号機においても地下格納槽内の配置スペースの観点で容器をコンパクトに設計するため、スクラバ容器を複数基とする設計が可能であることを確認したことから、スクラバ容器を複数基で構成するシステムを採用した。
- スクラバ容器の容量として、スクラバ容器の設計崩壊熱量370kWに対応できるスクラビング水量を確保するため、性能検証試験（JAVA試験）で使用された容器と同等の高さのスクラバ容器を4基設置することとした。
- スクラバ容器を4基構成としたことから、フィルタ装置出口配管についても4本構成とした。

- 設計変更

- フィルタベント設備の設計を進める段階で、スクラバ容器では捕集できない有機よう素を捕集するために銀ゼオライト容器を追加することを決定し、スクラバ容器下流に追設した。銀ゼオライト容器については、必要な容量と設置スペースを考慮し、1基構成とした。
- 銀ゼオライト容器の追設に伴い、流量制限オリフィスの位置を銀ゼオライト容器上流としたことにより、フィルタ装置出口配管4本にそれぞれ設置することとしていた圧力開放板にかかる圧力が低下し、圧力開放板の破裂枚数に応じた配管圧損を計算した結果、圧力開放板が2枚破裂すると残り2枚の圧力開放板上流の圧力が設定破裂圧力 80 kPa[gage] を下回ることを確認したため、フィルタ装置出口配管について途中で1本の配管（400A）に合流させ、圧力開放板を1個設置する設計に変更した。

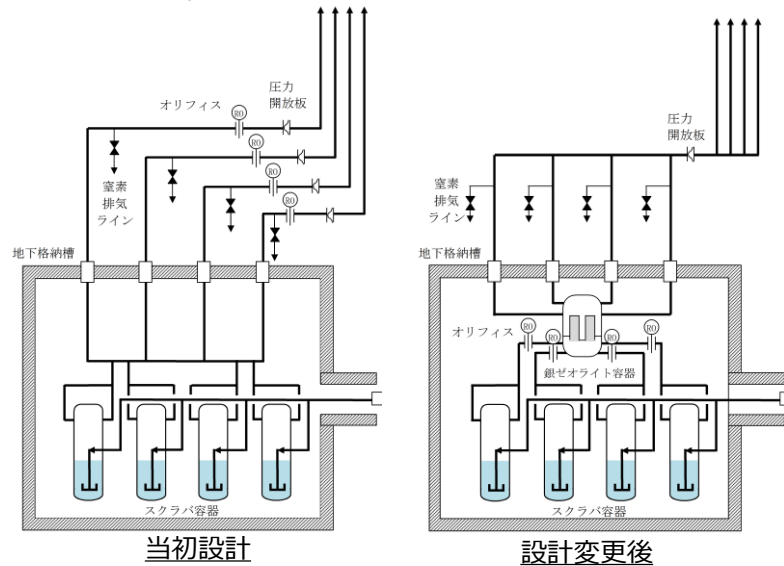


図108-1 設計変更の経緯

- 【フィルタ性能への影響評価】

- スクラバ容器を4基構成とした場合でも、各スクラバ容器の配管圧損の差が十分小さくなるよう配管のルート計画を考慮しており、ベント流量のバラつきを評価した結果、性能に影響は無いことを確認している。
- フィルタ装置出口配管を4本構成とした場合でも、フィルタ装置出口配管の圧力損失が小さくなるよう配管口径を300Aとし、流量制限オリフィスにおける圧力差を確保することで、ベントガス流速の運転範囲が性能検証試験範囲内であることを確認している。



## ■ 指摘事項（第838回審査会合（令和2年2月20日））

- ベント実施中はフィルタベント排気ラインへ凝縮水が滞留し、排気ラインドレンからスクラバ容器（銀ゼオライトフィルタ経由）へ排出されるとの説明であるが、銀ゼオライトフィルタへの影響について詳細に説明すること。また、通常待機時に滞留する雨水の排出の頻度の考え方を示すこと。
- 格納容器フィルタベント系への雨水の流入防止について、現状の対策を説明するとともに、影響、効果等を考慮して追加対策ができるか検討すること。

## ■ 回答

- ベント実施中にベントガス流量が少なくなるとフィルタ装置出口配管で発生したドレンは放出端より排出できなくなり、格納容器フィルタベント系配管を通して銀ゼオライト容器まで戻る構成としており、その後、ドレンは銀ゼオライトフィルタ出口側ドレンラインを通してスクラバ容器連結管（液相部）に流入する。
- ベント実施後にはスクラバ容器と銀ゼオライト容器には圧力差が生じるため、銀ゼオライトフィルタ出口側ドレンラインにおいては、以下の水位が形成される。

$$H = h_1 + h_2 + h_3 \cdots (\text{式1})$$

H: 銀ゼオライトフィルタ出口側ドレンラインに形成される水位

$h_1$ : スクラバ容器のスクラビング水位

$h_2$ : スクラバ容器と銀ゼオライト容器の圧力差に相当する水位

$h_3$ : ドレンラインで発生する圧力損失に相当する水位

- ベントガスによりドレンを出口配管の放出端から排出できなくなる時点の圧力差で水位を評価した結果、図109-1に示すとおり、ドレンラインに形成される水位は、最大でも銀ゼオライトフィルタ下端以下となる。
- ドレン発生量は少ないため、ドレンラインで発生する圧力損失はほぼゼロであり、式1に示す $h_3$ に相当する水位は無視できるため、 $h_1$ 及び $h_2$ に相当する水位までドレンが溜まれば、ドレンはスクラバ容器に排出される。

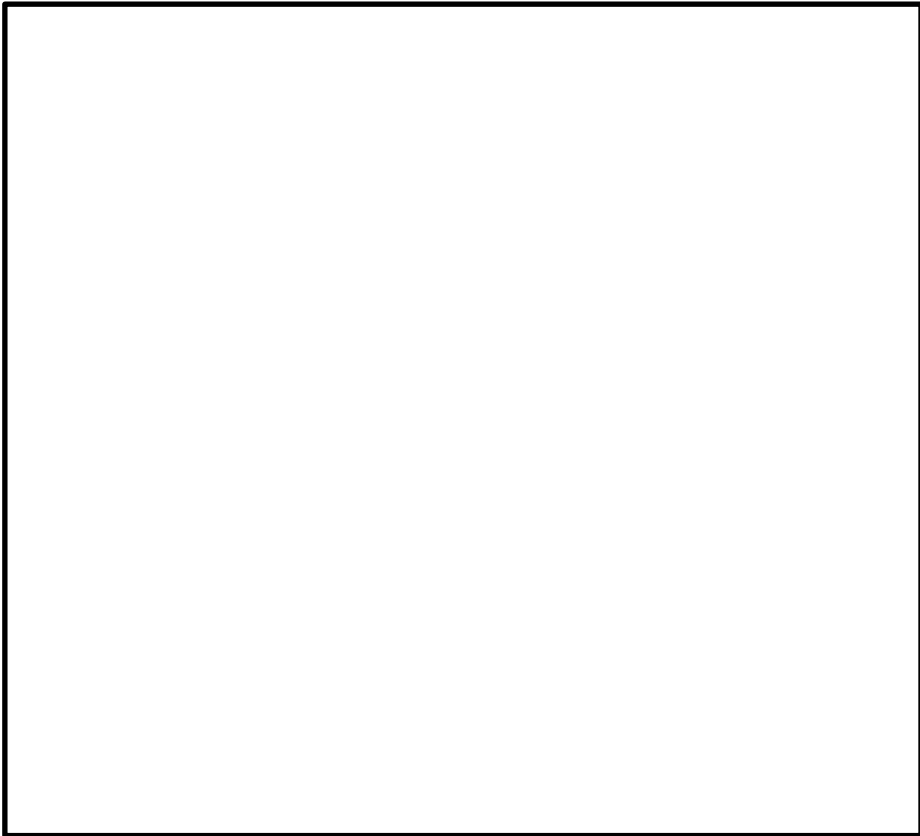


図109-1 銀ゼオライトフィルタドレンラインに形成される水位の評価結果

■ 回答（続き）

- 格納容器フィルタベント系出口配管の放出端は，図109-2に示すとおり，放出方向を水平とし，水平部を1m以上確保したうえで，先端を45度で斜切りした形状としていたが，さらに，図109-3に示すとおり，先端を約70度で斜切りした形状に変更することで，出口配管内に雨水が侵入し難いような対策を図る。なお，放出端には，異物混入防止のためバードスクリーンを設置する。
- 上記の対策により，出口配管内への雨水の侵入はほぼないと考えているが，出口配管下端の雨水排水ラインの止め弁について，格納容器フィルタベント系の系統待機時における弁状態を閉運用から開運用に変更することとし，系統待機時に雨水排水ラインに雨水が溜まらない運用とする。雨水排水ラインの止め弁については，ベント実施前に人力で確実に閉操作する運用とする。



図109-2 格納容器フィルタベント系出口配管（放出端及び雨水排水ライン）

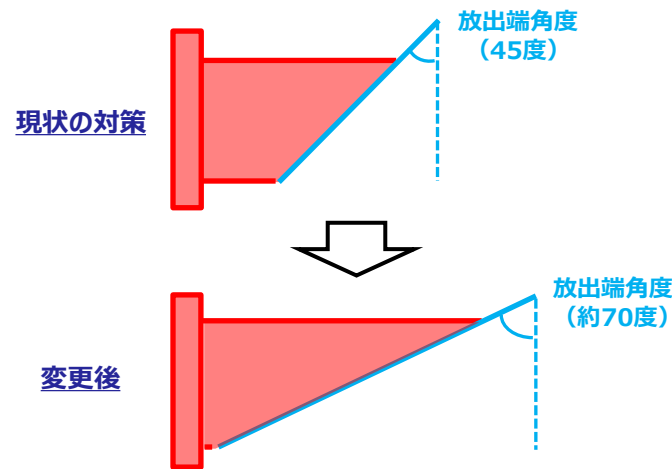


図109-3 放出端の雨水侵入防止対策