

東海第二発電所  
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  
(審査会合における指摘事項の回答)

平成29年8月25日

日本原子力発電株式会社

- 
1. 審査会合(2017年7月27日)での指摘事項
  2. 指摘事項の回答

# 1. 審査会合(2017年7月27日)での指摘事項 (1/2)



番号	指摘日時	分類	シーケンス等	指摘事項の内容
1	2017/7/27	50_1.7_FCVS		格納容器圧力逃がし装置隔離弁の遠隔人力操作機構について、現場の環境条件を踏まえた耐環境性を整理して提示すること。
2	2017/7/27	50_1.7_FCVS		サプレッション・プールのベントラインや真空破壊弁の高さ、サプレッション・プール水位計の計測範囲を整理して提示すること。
3	2017/7/27	50_1.7_FCVS		格納容器圧力逃がし装置に接続する系統について、耐圧強化ベント系へ接続されている非常用ガス処理系の出口弁がAO弁でフェールオープンとなっていることから、電源喪失時等の隔離作業の成立性を整理して提示すること。
4	2017/7/27	50_1.7_FCVS		大気へ放出される放射性物質の総量の低減を目的として、原子炉建屋水素濃度2vol%到達をベント実施基準としていることについて、当該2vol%の設定にあたっての評価が保守的な評価となっていることから、格納容器からの異常漏えいを判断するにあたっての適切な判断基準を整理して提示すること。
5	2017/7/27	50_1.7_FCVS		代替格納容器スプレイを連続運転にした場合の影響について、有効性評価の解析結果への影響や被ばく評価におけるDF(除去係数)への影響を整理して提示すること。
7	2017/7/27	50_1.7_FCVS		MCCI時のエアロゾルの評価について、ペDESTAL内の水にDFを期待しているか整理して提示すること。

※網掛け(N0.4)は別途回答

# 1. 審査会合(2017年7月27日)での指摘事項 (2/2)



番号	指摘日時	分類	シーケンス等	指摘事項の内容
8	2017/7/27	50_1.7_FCVS		格納容器圧力逃がし装置におけるベンチュリノズルの頂部まで水位があれば、設計上期待しているDFが確保できることを整理して提示すること。
9	2017/7/27	50_1.7_FCVS		ラジオリシスによるスクラビング水のpHの影響について整理して提示すること。また、スクラビング水のpHの管理値における考え方を整理して提示すること。
10	2017/7/27	50_1.7_FCVS		ベント準備・実施のタイムチャートを整理して提示すること。
11	2017/7/27	50_1.7_FCVS		格納容器圧力逃がし装置第二隔離弁の遠隔人力操作作業室における環境条件(作業環境も含む)を整理して提示すること。
12	2017/7/27	50_1.7_FCVS		ベント放出高さの違いによる被ばくへの影響に関して、放出高さの違いによる非居住区域境界外での実効線量等の比較において敦賀2号炉の風洞実験結果を参考としていることについて、考え方を整理して提示すること。

## 2. 指摘事項の回答(No.1)

### (1) 指摘事項

格納容器圧力逃がし装置の遠隔人力操作機構については、格納容器圧力逃がし装置のフィルタ装置入口配管付近に敷設されることから、以下の指摘を受けた。

- 格納容器圧力逃がし装置隔離弁の遠隔人力操作機構について、現場の環境条件を踏まえた耐環境性を整理して提示すること。

### (2) 回答

遠隔人力操作機構は、フィルタ装置入口配管付近に敷設されることから高線量、高温雰囲気による機能への影響の可能性があるため、これらの耐性を確認した。

- 遠隔人力操作機構はフィルタ装置入口配管付近に敷設され、積算線量は36kGy/7日と評価している。遠隔人力操作機構を構成する部品のうち、フレキシブルシャフトの被覆(シリコンゴム)及び駆動部に使用される潤滑油は、長期的には放射線による劣化が考えられる。

ただし、フレキシブルシャフトの被覆は、据付時等の製品保護用であり、劣化(硬化)しても機能への影響はない。

また、潤滑油については、隔離弁の操作時間のような短期間で劣化(硬化)することはなく機能への影響はない。

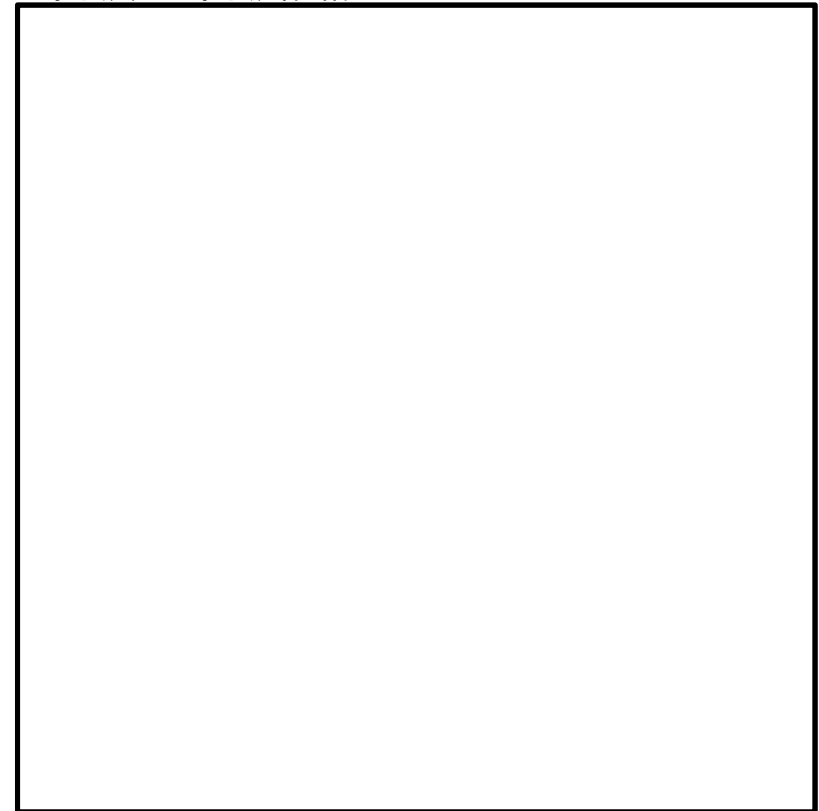
- ベント時のフィルタ装置入口配管は、表面温度を170℃程度(別紙30)と評価しているが、周囲の温度が60℃程度になるように保温を施工する設計としている。

フレキシブルシャフトの耐熱温度は200℃であることから、機能に影響はなく、遠隔人力操作機構を構成するフレキシブルシャフトの被覆以外の部品については金属材料であり、温度上昇が機能に影響することはない。

### (3) 記載箇所

SA設備 50条(原子炉格納容器内の過圧破損を防止するための設備)別紙33

原子炉建屋原子炉棟5階



遠隔人力操作機構の配置



遠隔人力操作機構  
(フレキシブルシャフト)の構造

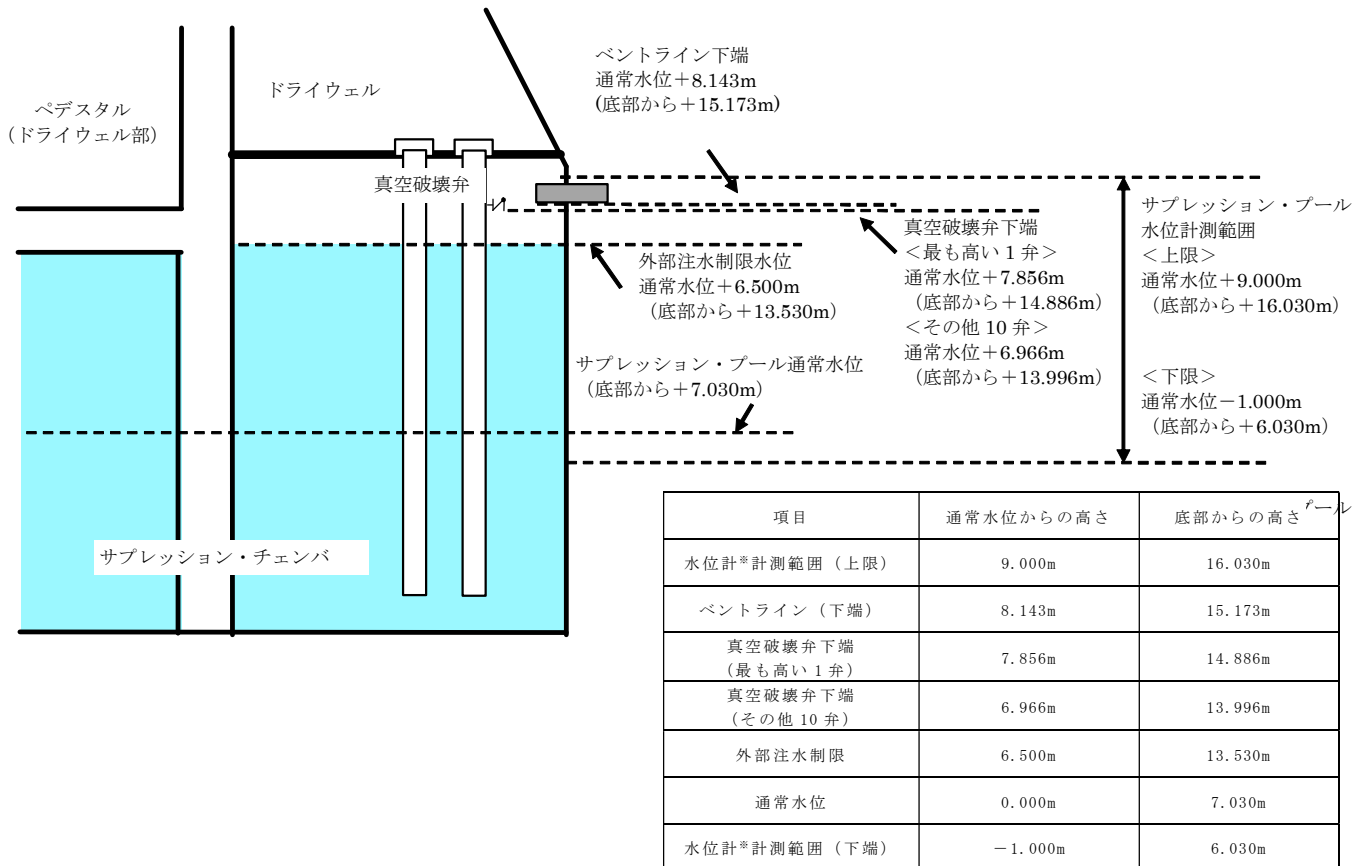
## 2. 指摘事項の回答(No.2)

### (1) 指摘事項

- ・サブプレッション・プールのベントラインや真空破壊弁の高さ、サブプレッション・プール水位計の計測範囲を整理して提示すること。

### (2) 回答

- ・サブプレッション・チェンバ側のベントライン、真空破壊弁高さ、サブプレッション・プール水位計計測範囲を整理した。



※重大事故等対処設備として設置するもの

### (3) 記載箇所

SA設備 50条(原子炉格納容器内の過圧破損を防止するための設備)別紙22

## 2. 指摘事項の回答(No.3)

### (1) 指摘事項

耐圧強化ベント系を使用する際に操作が必要な弁については、中央制御室から操作可能であるが、駆動源喪失時には現場において操作が必要である。このため、以下の指摘を受けた。

- 格納容器圧力逃がし装置に接続する系統について、耐圧強化ベント系へ接続されている非常用ガス処理系の出口弁がAO弁でフェイルオープンとなっていることから、電源喪失時等の隔離作業の成立性を整理して提示すること。

### (2) 回答

- 耐圧強化ベント系は炉心損傷前に使用する系統であり、想定される重大事故等時における現場の線量率及び室温は高くないことから現場において手動にて閉操作が実施可能である。
- 現在、非常用ガス処理系フィルタ装置出口弁はフェイルオープンの弁であり、駆動源喪失時には、現場においてバックアップ窒素供給弁を開にし、当該隔離弁を閉にした上で機械的ロックをすることで当該弁の閉操作が可能であるが、信頼性、作業性向上のため、当該弁のアクチュエータをバックアップ窒素を要せず、手動にて閉操作可能なものに取り替える。

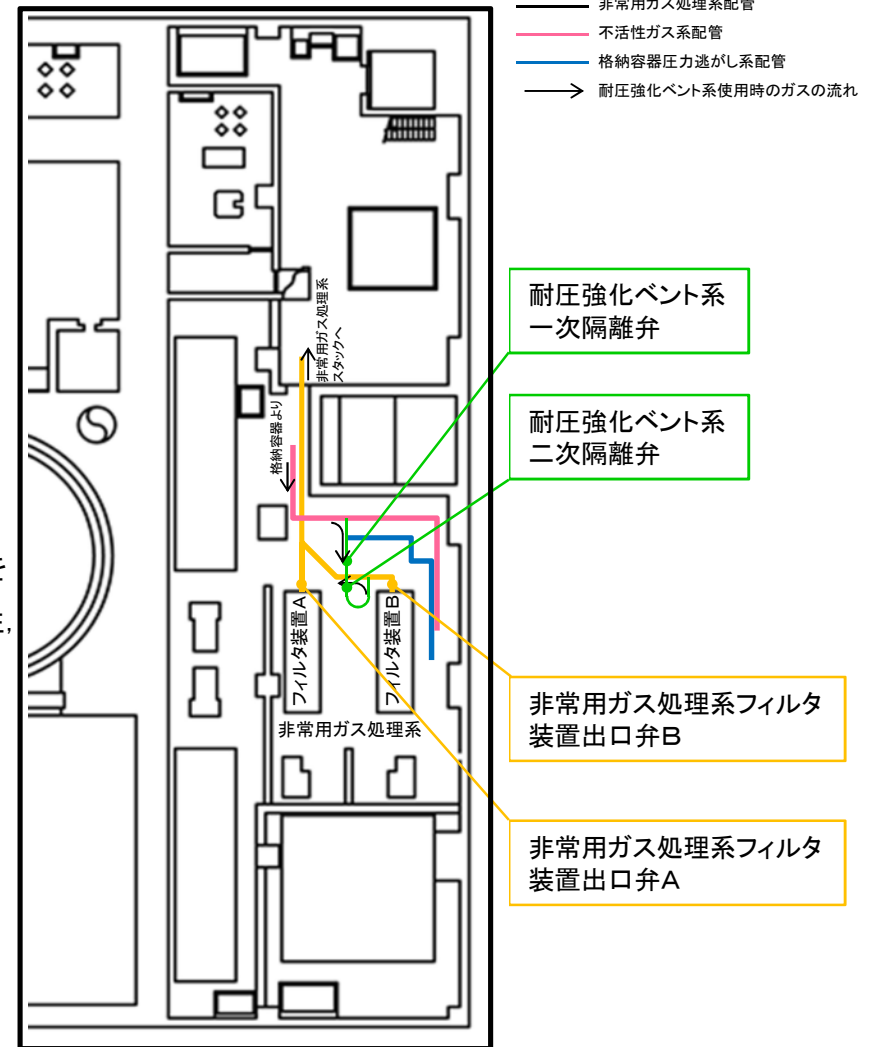
現場操作位置の環境及び弁操作に要する時間(参考)

線量率	室温	現場の弁操作時間	
		耐圧強化ベント弁	非常用ガス処理系フィルタ装置出口弁
約7.0mSv/h	通常時同等	約10分/個	約10分/個(取替後)

### (3) 記載箇所

SA設備 48条(最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備)

原子炉建屋原子炉棟5階



耐圧強化ベント系隔離弁等の配置

## 2. 指摘事項の回答(No.5)



### (1) 指摘事項

代替格納容器スプレイを連続運転にした場合の影響について、有効性評価の解析結果への影響や被ばく評価におけるDF(除去係数)への影響を整理して提示すること。

### (2) 回答

- ・有効性評価における代替格納容器格納容器スプレイを、可能な限り連続スプレイとした場合に考えられる有効性評価解析との相違点を下表のとおり整理し、それぞれの項目に対して影響を評価した。
- ・評価の結果、有効性評価で実施している解析に与える影響がないことを確認した。

相違点	項目	評価
スプレイ流量の低下	格納容器圧力低下効果の不足	影響評価①
	格納容器温度低下効果の不足	
スプレイ停止期間の減少	ベント開始時間が早くなることによる被ばく影響の増大	影響評価②
	エアロゾル除去効果の低下	
格納容器圧力が高い領域で推移	格納容器からの放射性物質の漏えい量の増加	

### (3) 記載箇所

SA設備 50条(原子炉格納容器内の過圧破損を防止するための設備)別紙49



## 2. 指摘事項の回答(No.7)

### (1) 指摘事項

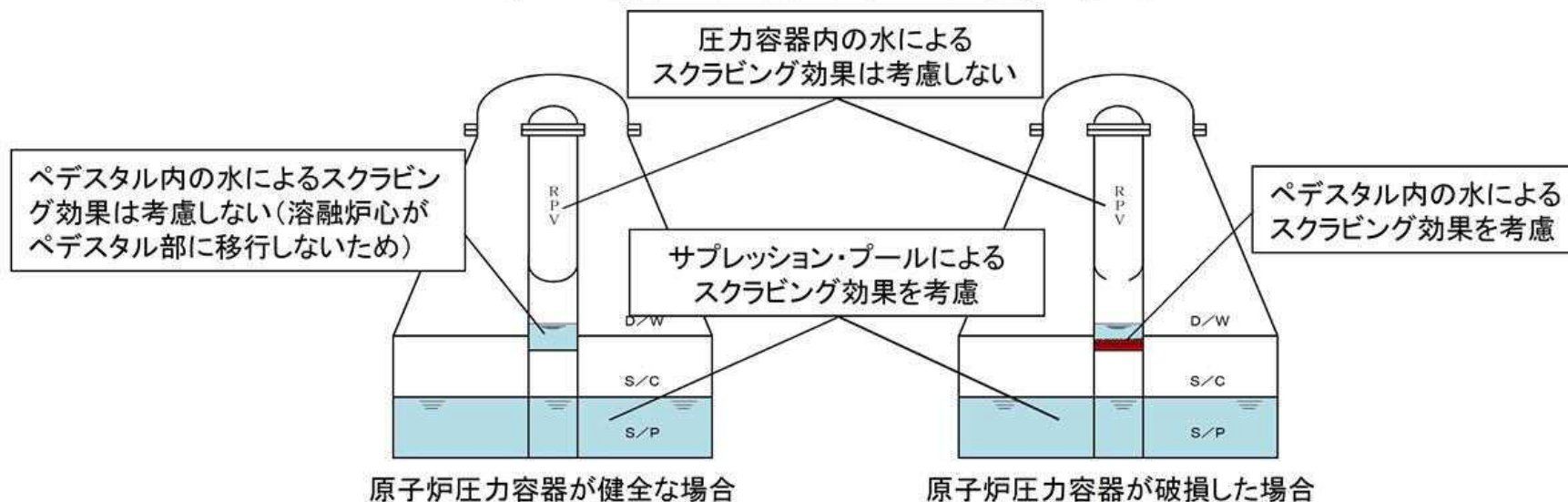
・MCCI時のエアロゾルの評価について、ペDESTAL内の水にDFを期待しているか整理して提示すること。

### (2) 回答

・MAAP評価において、ペDESTAL内の水によるスクラビング効果を考慮している。

ペDESTAL内の水によるスクラビング効果は、サプレッション・プールでのスクラビング効果と同様にSUPRAコードを用いて圧力・プール水深等のパラメータを基に評価する(別紙17補足2参照)

#### 【MAAP評価におけるスクラビング効果の扱い】



### (3) 記載箇所

SA設備 50条(原子炉格納容器内の過圧破損を防止するための設備)別紙36

## 2. 指摘事項の回答(No.8) (1/2)

### (1)指摘事項

フィルタ容器内スクラビング水位について、ベンチュリノズル上端を下限水位としていることについて、以下の指摘を受けた。

- 格納容器圧力逃がし装置におけるベンチュリノズルの頂部まで水位があれば、設計上期待しているDFが確保できることを整理して提示すること。

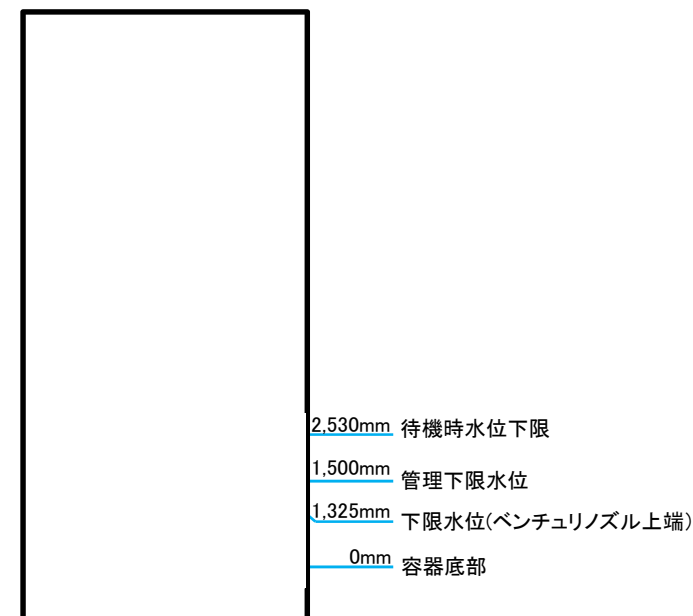
### (2)回答

スクラビング水位とエアゾルのDFと無機よう素のDFの関係(JAVA試験結果)を図1,2に示す。JAVA試験は、種々の条件にて試験を行っており、スクラビング水位のみのDFへの影響を見ることは困難であるが、エアロゾル及び無機よう素のDFに比較的大きな影響を与えると考えられるエアロゾル粒径(試験用エアロゾルの種類)とスクラビング水のpHで整理したグラフを図3,4に示す。

- 図1及び図3によると、エアロゾル粒径(エアロゾルの種類)よりもスクラビング水位がエアロゾルのDFに与える影響が比較的大きいが、いずれの条件でもDFを満足している。
- 図2及び図4によると、スクラビング水位、スクラビング水のpHのどちらが無機よう素のDFに与える影響が大きいかは言い難いが、いずれの条件でもDFを満足している。

以上のことから、ベンチュリノズルの頂部まで水位があれば、設計上期待しているDFは確保できる。

なお、スクラビング水位は、DFの性能が確認されているベンチュリノズルの上端(1,325mm)に対して、ベント中も1,500mmを下回らない運用とすること、及びスクラビング水のpHを待機時にpH13以上 であることを確認し、ベント中もアルカリ性を維持する運用としている。



フィルタ装置

### 3)記載箇所

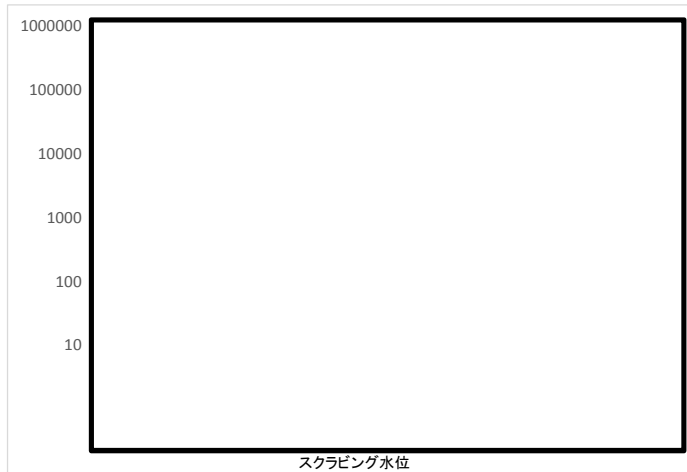


図1 スクラビング水位とエアロゾルDFの関係

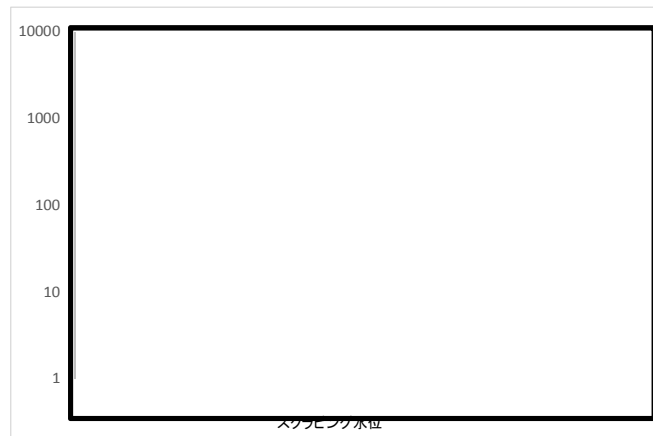


図2 スクラビング水位と無機よう素DFの関係

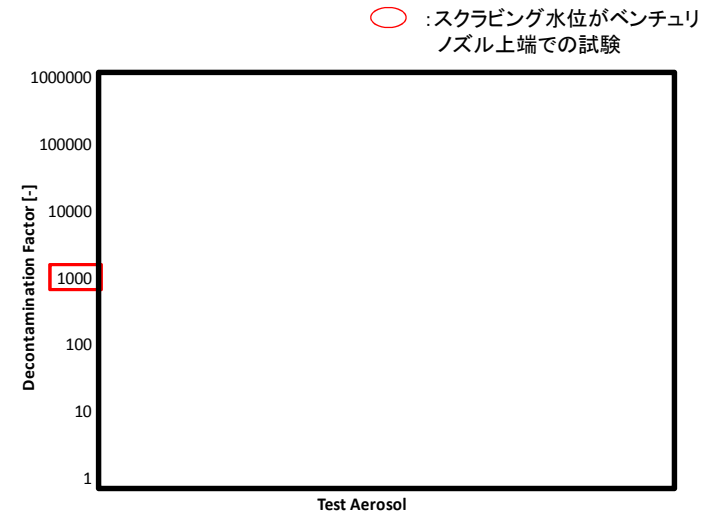


図3 試験用エアロゾルの種類とエアロゾルDFの関係  
(補足説明資料50-11 第3.3.2-3図)

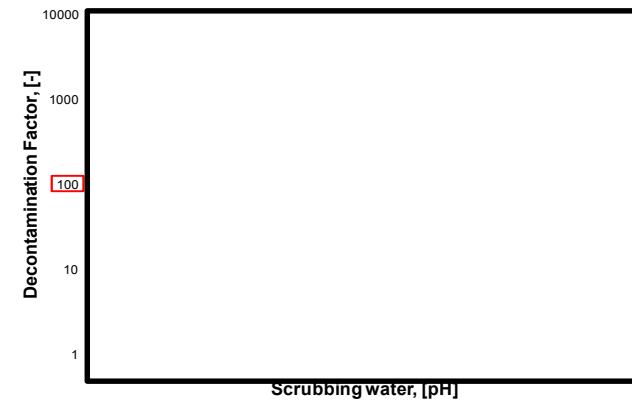


図4 スクラビング水のpHとエアロゾルDFの関係  
(補足説明資料50-11 第3.3.3-1図)

## 2. 指摘事項の回答(No.9)

### (1) 指摘事項

サブプレッション・プール内に捕獲したエアロゾルにより、サブプレッション・プール水の溶存窒素の放射線照射によって硝酸が生成されることにより、フィルタ装置内のスクラビング水の塩基の消費量を評価していることについて、以下の指摘を受けた。

- ラジオリシスによるスクラビング水のpHの影響について整理して提示すること。  
また、スクラビング水のpHの管理値における考え方を整理して提示すること。

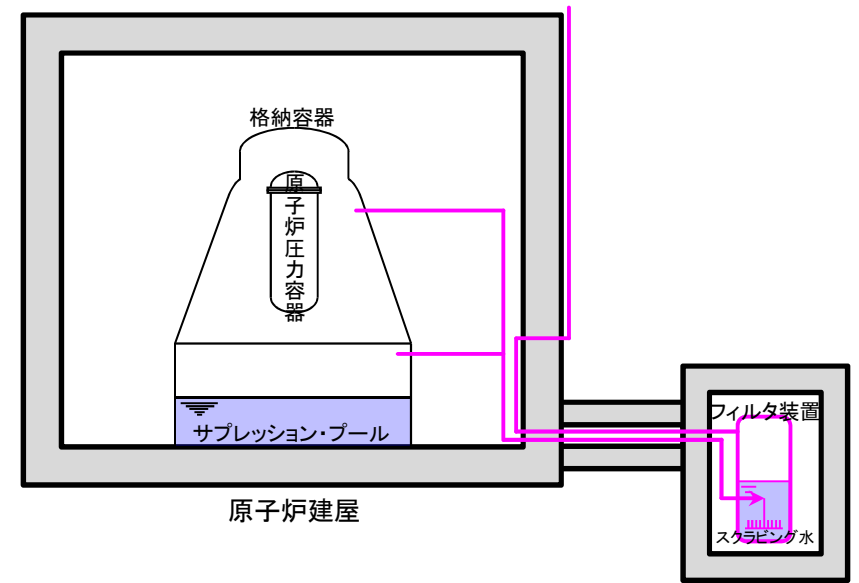
### (2) 回答

格納容器内に放出された放射性よう素を全てエアロゾル(Csl)とし、サブプレッション・プール内に全てのエアロゾルが移行するものとして、硝酸の発生量を評価した上で、発生した硝酸は全てフィルタ装置に移行し、スクラビング水の塩基と反応するものとして評価している。このため、スクラビング水へのエアロゾルの移行量の違いによるpHへの影響は考慮していない。

スクラビング水の塩基の消費量を保守的に評価した結果、ベント後のスクラビング水のpHは12.7であり(別紙41参照)、十分アルカリ性が維持できることを確認している。このため、スクラビング水のpHの管理値は、系統待機時(通常時)でpH 13以上  としている。

### (3) 記載箇所

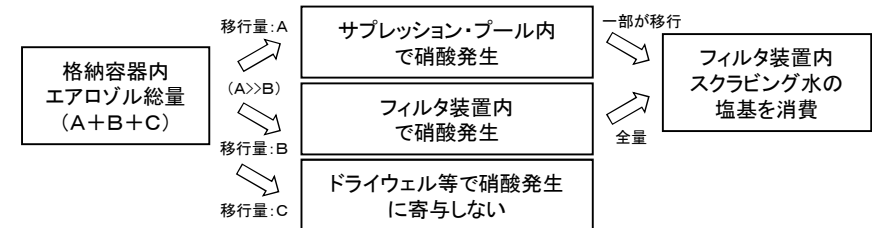
SA設備 50条(原子炉格納容器内の過圧破損を防止するための設備)別紙41



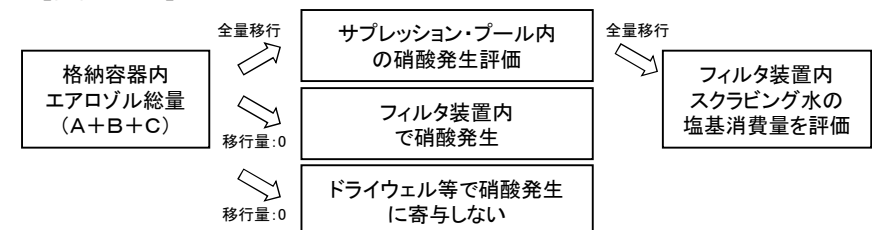
格納容器圧力逃がし装置系統概要

フィルタ装置格納槽

#### 【実際のスクラビング水の塩基の消費】



#### 【評価フロー】



ラジオリシスで発生する硝酸によるスクラビング水の塩基消費量評価

## 2. 指摘事項の回答(No.10) (1/2)



### (1) 指摘事項

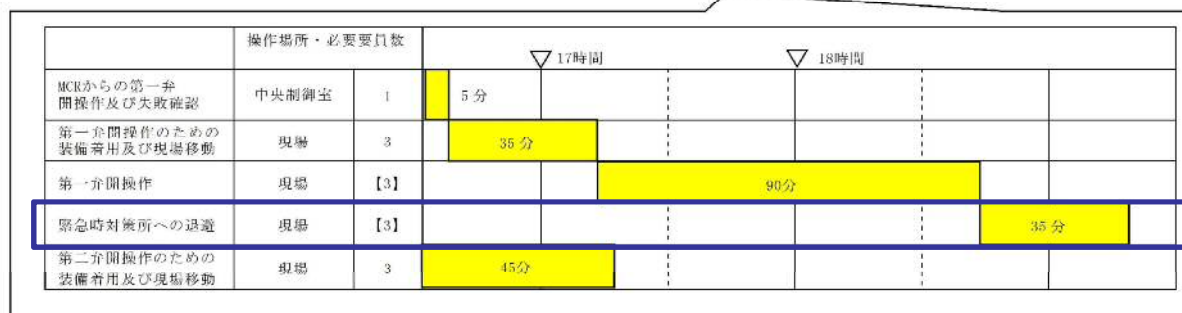
操作完了後の要員退避の考え方について、以下の指摘を受けた。

- ・ベント準備・実施のタイムチャートを整理して提示すること。

### (2) 回答

- ・要員は作業完了後、緊急時対策所へ退避又は帰還する。
- ・ベント準備操作において、ベント実施基準到達までに緊急時対策所への退避が完了することを示した。

【炉心損傷を判断した場合のベント準備】



## 2. 指摘事項の回答(No.10) (2/2)



作業計画・所要時間(格納容器内) (作業時間) (作業時間) (作業時間)				経過時間 (分)		備考	
作業項目	作業内容 【】は作業要 求している事項	作業員 (人数)	作業員 (人数)	作業員 (人数)	経過時間 (分)		備考
					0	30	
					約 3.9 時間 格納容器内圧 400kPa(表圧)到達	約 16 時間 サブプレッション・プール水位 通常水位+5.5m到達	
					約 19 時間 サブプレッション・プール水位 通常水位+6.5m到達	約 22.5 時間 代替緊急貯蔵槽長 1000cm到達	
格納容器内圧を通常水位に維持するための作業	【A】	—	—	—	異常事態発生(前夜20時頃) 異常状態監視		
格納容器内圧を通常水位に維持するための作業	【A】	—	—	—	周圧スプレッドにより格納容器内圧を 400kPa から 460kPa の間に維持		
格納容器内圧を通常水位に維持するための作業	【A】	—	—	—	5分		
格納容器内圧を通常水位に維持するための作業	【A】	—	—	—	120分		格納容器内圧を維持
格納容器内圧を通常水位に維持するための作業	【A】	—	—	—	25分		格納容器内圧を維持
格納容器内圧を通常水位に維持するための作業	【A】	—	—	—	45分		
格納容器内圧を通常水位に維持するための作業	【A】	—	—	—	20分		
格納容器内圧を通常水位に維持するための作業	【A】	—	—	—	18分		
格納容器内圧を通常水位に維持するための作業	【A】	—	—	—	10分		
格納容器内圧を通常水位に維持するための作業	【A】	—	—	—	5分		
格納容器内圧を通常水位に維持するための作業	【A】	—	—	—	9分		
格納容器内圧を通常水位に維持するための作業	【A】	—	—	—	2分		
格納容器内圧を通常水位に維持するための作業	【A】	—	—	—	格納容器内圧を通常水位に維持するための作業		
格納容器内圧を通常水位に維持するための作業	【A】	—	—	—	10分		
格納容器内圧を通常水位に維持するための作業	【A】	—	—	—	30分		
格納容器内圧を通常水位に維持するための作業	【A】	—	—	—	180分		
格納容器内圧を通常水位に維持するための作業	【A】	—	—	—	45分		
格納容器内圧を通常水位に維持するための作業	【A】	—	—	—	5分		
格納容器内圧を通常水位に維持するための作業	【A】	—	—	—	200分		
格納容器内圧を通常水位に維持するための作業	【A】	—	—	—	通常状態		
格納容器内圧を通常水位に維持するための作業	【A】	—	—	—	20分		
格納容器内圧を通常水位に維持するための作業	【A】	—	—	—	15分		
格納容器内圧を通常水位に維持するための作業	【A】	—	—	—	170分		
格納容器内圧を通常水位に維持するための作業	【A】	—	—	—	220分		
格納容器内圧を通常水位に維持するための作業	【A】	—	—	—	電圧変動		
格納容器内圧を通常水位に維持するための作業	【A】	—	—	—	90分		
格納容器内圧を通常水位に維持するための作業	【A】	—	—	—	通常状態		
格納容器内圧を通常水位に維持するための作業	【A】	—	—	—	22人(作業員)		

### (3) 記載箇所

- ・SA設備 50条(原子炉格納容器内の過圧破損を防止するための設備)
- ・東海第二発電所 重大事故等対策の有効性評価

第3.1.3-3図「雰囲気圧力・温度による静的負荷(格納容器過圧・過温破損)」の作業と所要時間(代替循環冷却系を使用しない場合)(1/2)

## 2. 指摘事項の回答(No.11)

### (1) 指摘事項

ベントの際に操作員が滞在する第二弁操作室について、被ばく低減のため、遮蔽及び気密化を図っていることについて、以下の指摘を受けた。

- 格納容器圧力逃がし装置第二隔離弁の遠隔人力操作作業室における環境条件（作業環境も含む）を整理して提示すること。

### (2) 回答

重大事故等時に想定される放射線量及び室温でも第二弁の操作性が可能であることを以下のとおり確認した。

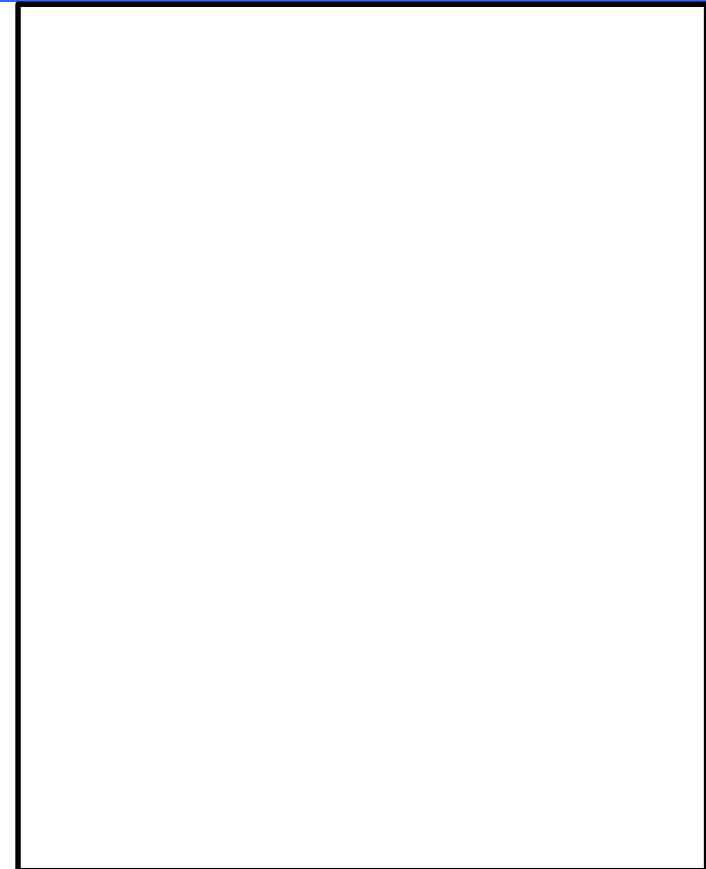
第二弁操作室の壁及び床は、弁操作要員の滞在中の被ばく防護のため、40cm以上の鉄筋コンクリート壁厚を確保する。さらに、第二弁操作室に隣接するエリアに格納容器圧力逃がし装置入口配管が設置される方向に対し、120cm以上の鉄筋コンクリート壁厚を確保し、放射性物質のガンマ線による外部被ばくを低減する設計としており、十分作業が可能である。（別紙17）

室温については、ベント開始後は、格納容器圧力逃がし装置の配管の一部が遮蔽を挟んで隣接したエリアに設置されるため上昇することが想定されるが、第二操作室の一部の壁は屋外に面していることから外気と同等の室温になり、十分作業が可能である。

また、第二弁の作業環境を考慮して、現場に必要な資機材は系統待機時（通常時）から予め常備しておき、重大事故等時に操作員が持ち込む資機材は最小限とする運用とする。

### 3) 記載箇所

SA設備（原子炉格納容器内の過圧破損を防止するための設備）別紙48



第二弁操作室配置

第二弁操作室の常備品と操作員携行品

現場常備品	操作員携行品
<ul style="list-style-type: none"><li>汎用電動工具（電動ドライバ）</li><li>酸素濃度計</li><li>二酸化炭素濃度計</li><li>電離箱サーベイメータ</li><li>通信設備</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>照明</li><li>防護具（全面マスク他）</li></ul>

## 2. 指摘事項の回答(No.12)



### (1) 指摘事項

ベント放出高さの違いによる被ばくへの影響について、ベント放出位置(地上57m)から放出を想定した場合の被ばく評価において、放出位置が同等(地上58m)の敦賀発電所2号機の風洞実験結果を用いた評価結果を示していたが、敦賀発電所の風洞実験結果を東海第二発電所の被ばく評価に適用していることについて以下の指摘を受けた。  
○ベント放出位置の違いによる実効線量の評価で敦賀発電所2号機の風洞実験結果による推定は参考扱いであること等、記載を見直すこと。

### (2) 回答

敦賀発電所の風洞実験結果を適用した東海第二発電所の被ばく評価を見直し、緊急時環境影響評価システム(AREDES)を使用した線量評価を行った。AREDESを用い、ベント放出位置(地上57m)からの放出を想定した評価を行った結果、非居住区域境界外の実効線量は約0.07mSvとなり、判断基準(5mSv)に対して十分余裕のある値となっている。

また、AREDESによる評価結果と気象指針に示される基本拡散式に基づく評価結果を比較し、AREDESの妥当性の確認を行い、評価結果(相対濃度)が同等の値であることを確認した。また、AREDESは、トレーサー拡散実験や他のシミュレーションとの比較検証が行われ妥当性が確認されている。

### (3) 記載箇所

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40

表1 AREDESによる被ばく評価

項目	評価条件及び結果
放出高さ(m)	57m
風向風速データ	地上10m :3.1m/s 地上81m :5.1m/s 地上140m :5.4m/s
大気安定度	D型
相対線量	約 $3.1 \times 10^{-19}$ (Gy/Bq)
相対濃度	約 $8.4 \times 10^{-6}$ (s/m <sup>3</sup> )
実効線量	約0.07(mSv)

表2 AREDESと気象指針による相対濃度評価の比較

項目	AREDES	気象指針
放出高さ(m)	140m	115m※
風向風速データ	地上10m :3.1m/s 地上81m :5.1m/s 地上140m :5.4m/s	地上140m:5.4m/s
大気安定度	D型	D型
相対濃度(s/m <sup>3</sup> )	約 $1.8 \times 10^{-6}$	約 $1.2 \times 10^{-6}$

※風洞実験結果に基づく放出源有効高さ