

島根原子力発電所2号炉 耐震設計の基本方針について (コメント回答)

令和元年12月
中国電力株式会社

| No. | 審査会合日 | コメント要旨 | 回答頁 |
|---|---------|---|-------|
| <p>論点[I ']設置変更許可申請における設計基準対象施設と重大事故等対処施設の耐震設計の基本方針の相違点等に基づく論点</p> | | | |
| 1 | R1.8.27 | <p>論点 I ' - 1「重大事故等対処施設の耐震設計における重大事故と地震の組合せ」 ・格納容器過圧・過温破損シナリオについて、有効性評価の不確かさを考慮する必要があることから、弾性設計用地震動 S d と組み合わせる格納容器内の水位条件を格納容器ベント前の最高水位とした場合の影響を具体的に説明すること。その結果も踏まえて、格納容器過圧・過温破損シナリオの有効性評価の妥当性を説明すること。</p> | 2 ~ 5 |

審査会合における指摘事項に対する回答

■ 指摘事項

【No.1（論点 I'-1）重大事故等対処施設の耐震設計における重大事故と地震の組合せ】

- 格納容器過圧・過温破損シナリオについて、有効性評価の不確かさを考慮する必要があることから、弾性設計用地震動 S_d と組み合わせる格納容器内の水位条件を格納容器バント前の最高水位とした場合の影響を具体的に説明すること。その結果も踏まえて、格納容器過圧・過温破損シナリオの有効性評価の妥当性を説明すること。

■ 回答

- ・ 格納容器バント前のサプレッション・プール最高水位（約6m）における弾性設計用地震動 S_d による概略評価を実施した結果、バント系のうちバント管は許容応力状態 IVAS の許容応力を満足しないことを確認した。また、格納容器バント実施前におけるバント管及びドライウェルに水位が形成される状態は事象発生から約73時間までであるが、格納容器フィルタバント系の使用タイミングが遅くなるという不確かさを考慮すると、約73時間よりも長期になる可能性があることから、バント系の耐震信頼性の向上を図るため、外部水源を用いた総注水量の制限値をサプレッション・プール水位4.9m到達に変更する。
- ・ 外部水源を用いた総注水量の制限値の変更後において有効性評価における各評価項目の判断基準及びバント系が耐震成立性を満足することを確認した。

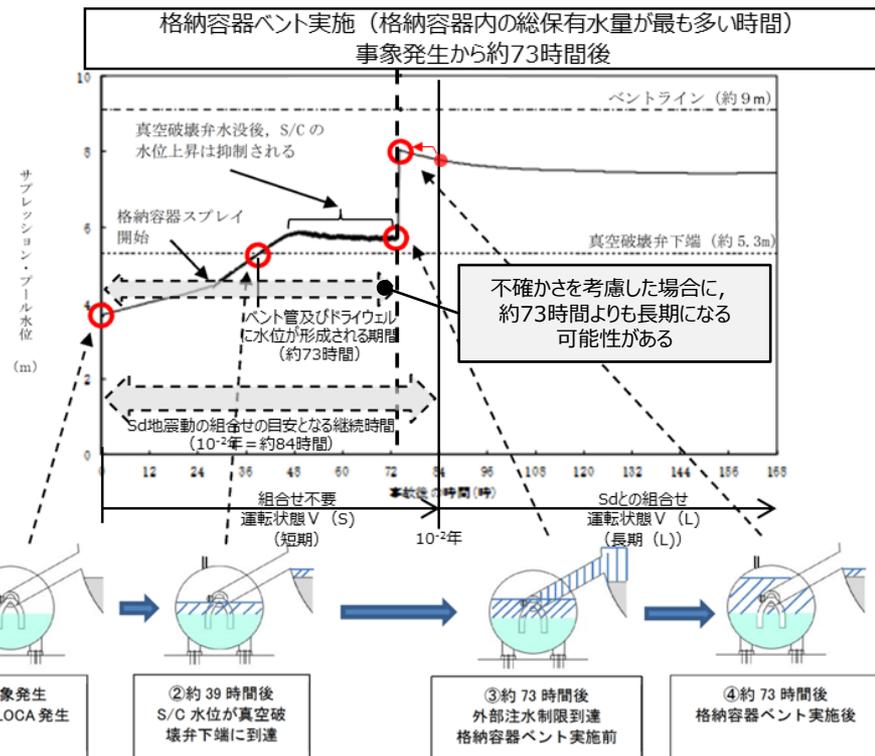
審査会合における指摘事項に対する回答

■ 回答

・格納容器ベント前のサプレッション・プール最高水位（約6m）（図③）においてベント系の弾性設計用地震動Sdによる概略評価を実施した結果、ベント系のうちベント管は許容応力状態IVASの許容応力を満足しないことを確認した。図③の状態は、事象発生から約73時間までであり、Sd地震動との組合せを考慮する重大事故の継続時間（ 10^{-2} 年（約3.5日）＝約84時間）より短期間であることから、図③の状態とSd地震動との組み合わせを考慮せず、格納容器ベント後で最大となるサプレッション・プール水位（約8m）（図④の状態）と組み合わせる方針としていた。なお、図④の状態との組み合わせにおいてベント系及びサプレッション・チェンバの耐震成立性を確認していた。

・Sd地震動の組み合わせを考慮する重大事故の継続時間（ 10^{-2} 年（約3.5日）＝約84時間）に対して、格納容器ベント実施前におけるベント管及びドライウェルに水位が形成される状態は事象発生から約73時間までであるが、崩壊熱が解析で考慮している値よりも小さい等により格納容器圧力の上昇の速度が遅く格納容器スプレイ流量が抑制できるなど、格納容器フィルタベント系の使用タイミングが遅くなるという不確かさを考慮すると、約73時間よりも長期になる可能性がある。

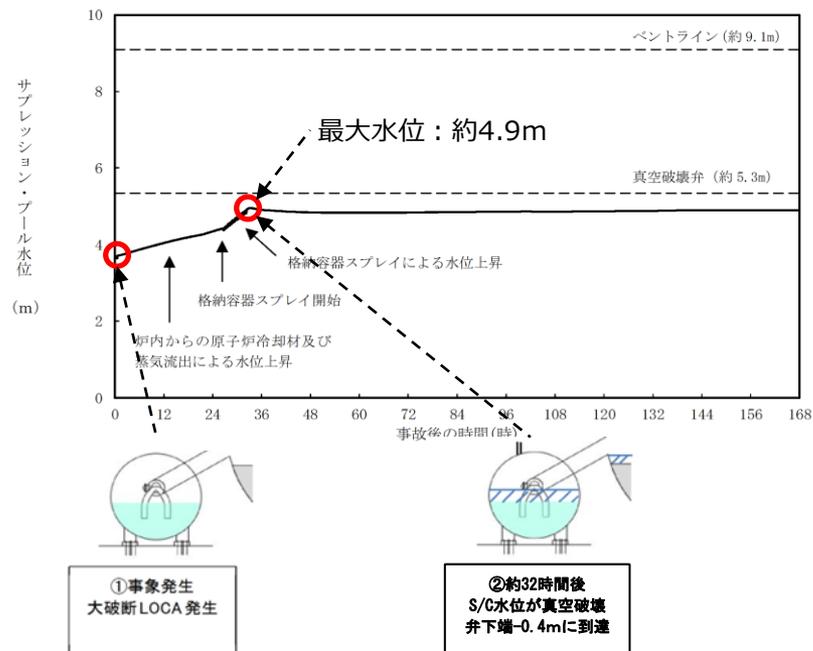
・以上の検討結果を踏まえ、格納容器ベント実施前後を通してベント管及びドライウェルに水位が形成される原子炉格納容器の状態を回避することでベント系及びサプレッション・チェンバの耐震信頼性の向上を図るため、外部水源を用いた総注水量の制限値を変更する。



【外部水源を用いた総注水量の制限値変更前】格納容器過圧・過温破損（残留熱代替除去系を使用しない場合）におけるサプレッション・プール水位の推移

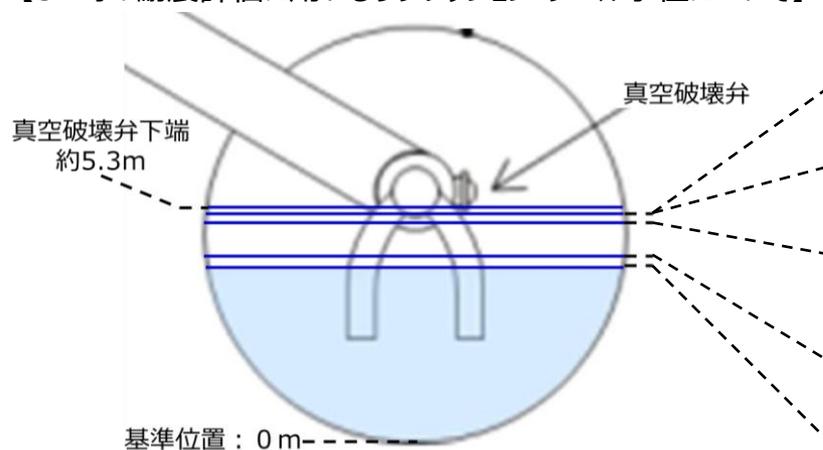
審査会合における指摘事項に対する回答

- 外部水源を用いた総注水量の制限値の変更について
 - ・外部水源を用いた総注水量の制限値は、炉心損傷後の格納容器ベント実施基準の1つとして定めている。
 - ・外部注水の実施により真空破壊弁が水没すると、以降はベント管に水位が形成されることから、外部からの総注水量を真空破壊弁の設置高さ以下となるように制限する。
 - ・真空破壊弁下端位置が約5.3mであることから、これに不確かさを考慮して、外部水源を用いた総注水量の制限値をサプレッション・プール水位4.9m（通常運転水位+約1.3m到達）到達に変更する。
 - ・Sdと組み合わせる格納容器内の水位条件としては、水位が高い方が地震時の応答が大きくなる傾向があることから、ダウンカム取付け部下端水位である約5.05mを用いる。
 - ・制限値変更後においても、有効性評価の各評価項目に対して、判断基準を満足することを確認した。



【外部水源を用いた総注水量の制限値変更後】格納容器過圧・過温破損（残留熱代替除去系を使用しない場合）におけるサプレッション・プール水位の推移

【SA時の耐震評価に用いるサプレッション・プール水位について】



| 水位 | 水量 | 位置 | 事故シーケンス等 |
|---------|-----------------------|-----------------------|--|
| 約 5.05m | 約 4,580m ³ | ダウンカム取付け部下端位置 | SAの耐震評価(Sd)に用いる水位 |
| 約 5.03m | 約 4,550m ³ | — | 格納容器過圧・過温破損 残留熱代替除去系を使用しない場合 (不確かさケース：2 Pdに到達) |
| 約 4.9m | 約 4,410m ³ | 真空破壊弁下端位置 -0.4m | 格納容器過圧・過温破損 残留熱代替除去系を使用しない場合 (ベースケース) |
| 約 4 m | 約 3,390m ³ | — | SAの耐震評価(Ss)に用いる水位 格納容器過圧・過温破損 残留熱代替除去系を使用する場合 |
| 約 3.7m | 約 3,010m ³ | 通常運転範囲の上限値 (H.W.L) | DBの耐震評価 (Ss, Sd) に用いる水位 |

審査会合における指摘事項に対する回答

■ ベント系の耐震性について

- 外部水源を用いた総注水量の制限値の変更前後について，弾性設計用地震動 S_d ^{※1}によるベント管のベントヘッド接続部の耐震評価を実施した。
- その結果，制限値変更前のサプレッション・プール水位では，許容応力状態IVASの許容応力を満たさないが，制限値変更後のサプレッション・プール水位では許容応力状態IVASの許容応力を満たすことを確認した。

※1 第766回審査会合（2019年9月5日）の資料（資料2-1）に示した S_d -1を含む

ベント管のヘッド接続部の評価結果（許容応力状態：IVAS）

| 外部水源を用いた 総注水量 | サプレッション・プールの 評価水位 | ベント管の状態 | 応力評価 | | | |
|------------------|----------------------|-----------|----------------------|--------|-----------------------|--------|
| | | | 一次応力 | | 一次+二次応力 | |
| | | | 応力強さ | 許容応力 | 応力強さ（振幅） | 許容応力 |
| 制限値の変更前 | 約6m | ベント管満水 | 517MPa ^{※2} | 380MPa | 2032MPa ^{※2} | 393MPa |
| 制限値の変更後 | 約5.05m | ベント管に水位なし | 84MPa | 380MPa | 330MPa | 393MPa |

※2 制限値変更前の応力強さ（概算値）＝制限値変更後のベント管のベントヘッド接続部の応力×質量比2.81 ×加速度比2.19

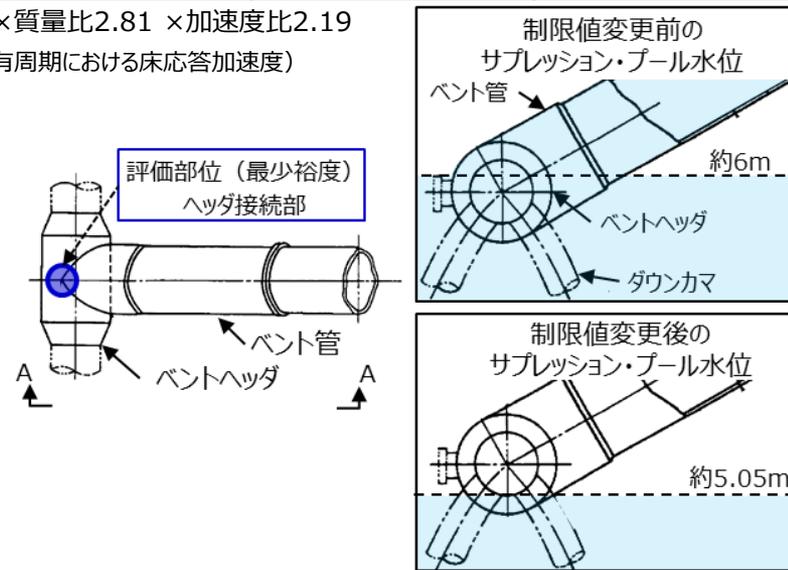
加速度比＝（制限値変更前のベント系固有周期における床応答加速度）／（制限値変更後のベント系固有周期における床応答加速度）

質量比＝（制限値変更前のベント系の質量）／（制限値変更後のベント系の質量）

ベント系概算評価に用いた比率

| サプレッション・ プール評価水位 | ベント系の質量 | | 固有周期における床応答加速度 ^{※3} | |
|---------------------|--------------------------|------|------------------------------|------|
| | 質量 [×10 ⁵ kg] | 質量比 | 床応答加速度 [G] | 加速度比 |
| 約6m | 約6.9 | 2.81 | 3.43 (固有周期0.235秒) | 2.19 |
| 約5.05m | 約2.5 | | 1.57 (固有周期0.176秒) | |

※3 ベント系評価用床応答加速度（EL.11.9m，減衰定数1.0%）により算出。



A-A矢視

ベント系の構造図及びサプレッション・プール評価水位

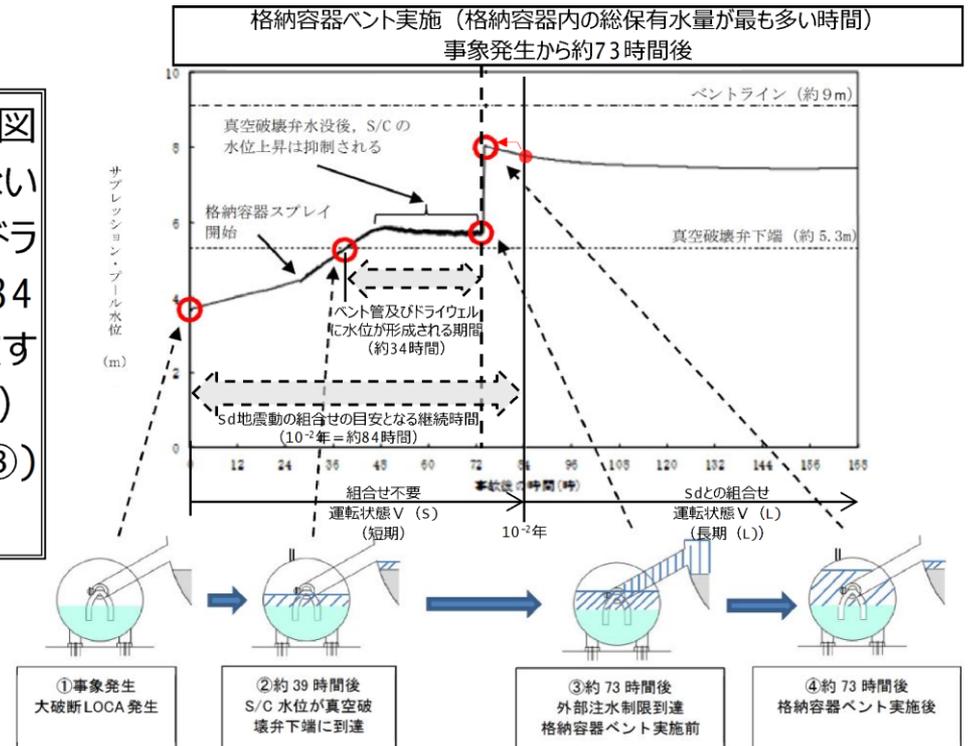
参考：39条審査会合資料抜粋（2019.8.27）

2. 2 原子炉格納容器バウンダリを構成する設備における重大事故と地震の組合せの検討結果（4 / 6）

■ 運転状態 V(L) の PCV 水位条件について

- ・sdとの組合せにおいては，格納容器内の保有水量が最大になる状態を考慮する。
- ・格納容器内の総保有水量が最大となるのは，外部注水量制限に到達して格納容器ベントを実施する時点（事象発生から約73時間後）であるが，ベント実施前後で格納容器各部の水位が変化する。
- ・ベント実施前後の事象の継続時間※を考慮して，格納容器（サプレッション・チェンバ内を含む）内の水位がほぼ定常状態となる約73時間以降の時間帯で最大となる水位（図④）をsdと組み合わせる格納容器内の水位条件とする。

※ 格納容器ベント実施前（図③）と実施後（図④）とで，格納容器全体の保有水量に差異はないが，格納容器ベント実施前におけるベント管及びドライウェルに水位が形成される状態は一時的（約34時間）であり，また，sd地震動の組合せを考慮する重大事故の継続時間（ 10^{-2} 年=約84時間）に包含されることから格納容器ベント実施前（図③）の状態をsdと組み合わせる条件としない。



格納容器過圧・過温破損（残留熱代替除去系を使用しない場合）における
サプレッション・チェンバ水位の推移

参考：応力評価について

■ ベント系の許容応力

- ベント系のうちベント管はクラスMC容器に分類され、許容応力状態IVaSにおける許容応力は、一次応力では380MPa、一次+二次応力では393MPaとなる。
- 設計引張強さ（Su）は422MPa及び許容引張応力（S）は131MPaを用いる。

許容応力まとめ

（単位：MPa）

| 一次応力 (PL+Pb) | | 一次+二次応力 (PL+Pb+Q) | |
|--------------------------|-----|----------------------|-----|
| $1.5 \cdot 0.6 \cdot Su$ | 380 | $3 \cdot S$ | 393 |

PL：一次局部膜応力，Pb：一次曲げ応力，Q：二次応力

■ ベント系の応力分類

- 応力評価部位（当該部は管台として分類）について、一次局部膜応力PL及び一次曲げ応力Pbは一次応力に分類され、曲げ応力Qは二次応力に分類される。なお、曲げ応力は全て二次応力Qの曲げ応力に分類するため、一次曲げ応力Pbに分類される応力成分はない。

ベント管のヘッダ接続部の評価結果（許容応力状態：IVaS）

| 外部水源を用いた 総注水量 | サプレッション・プールの 評価水位 | ベント管の状態 | 応力評価 | | | |
|------------------|----------------------|-----------|-----------------|--------|----------------------|--------|
| | | | 一次応力 (PL+Pb) | | 一次+二次応力 (PL+Pb+Q) | |
| | | | 応力強さ | 許容応力 | 応力強さ（振幅） | 許容応力 |
| 制限値の変更前 | 約6m | ベント管満水 | 517MPa | 380MPa | 2032MPa* | 393MPa |
| 制限値の変更後 | 約5.05m | ベント管に水位なし | 84MPa | 380MPa | 330MPa | 393MPa |

※ 繰返しピーク応力強さに対応する許容繰返し回数が10回以下となり、地震等価繰返し回数（150回（暫定値））を下回ることから疲労評価を満足しない。