

ベント機能に関する知見について ((1)、(2)、(3) 及び (4) 関係)

令和 3 年 7 月 20 日
東京電力福島第一原子力発電所事故に関する
知見の規制への取り入れに関する作業チーム

1. 中間とりまとめから得られた知見等を踏まえた論点¹

(1) 2号機耐圧強化ベントは、ベントラインの系統構成は完了していたが、ラプチャーディスクの作動圧力 (528kPa [abs] (原子炉格納容器の設計圧力の 1.1 倍)) に到達せず、ベントは成功しなかった。

【知見等を踏まえた論点】

- ① 2号機及び3号機の事象進展 (原子炉格納容器 (PCV) の設計圧力未満が継続) では過圧破損対策となる耐圧強化ベントは有効に動作しなかった。事故シーケンスグループの代表性と重大事故等 (SA) 対策 (PCV の過圧破損対策及び過温破損対策) の確認が必要か。

(2) 耐圧強化ベントラインの非常用ガス処理系配管への接続により、自号機非常用ガス処理系及び原子炉建屋内へのベントガスの逆流、汚染及び水素流入による原子炉建屋の破損リスクの拡大が生じた。

【知見等を踏まえた論点】

- ① 本事象は、設計基準事故対処設備 (DB) 配管 (非常用ガス処理系 (SGTS) 配管) にアクシデントマネジメント (AM) 対策配管 (ベント配管) が接続されていたこと、事故時に2つの系統を隔離する弁が fail-open 設計であったことによる。このような重要度又は機能の異なる設備を接続、兼用させる設計、運用の確認が必要か。
- ② 仮に接続、兼用を許容する場合は重要度又は機能の異なる配管の接続による影響確認 (逆流や汚染の拡大による事故時線量評価及び放射線防護への影響確認並びに系統機能への影響確認) が必要か。

(3) 1 / 2号機共用排気筒の内部に排気筒頂部までの排気配管がなく、排気筒内にベントガスが滞留、排気筒下部の高い汚染の原因となった。

【知見等を踏まえた論点】

¹ 令和3年4月7日 第1回原子力規制委員会資料2 別紙1 から引用

- ① PCV ベントの設計における排気筒の構造（排気経路）やベントガスの組成、挙動等に対する設計考慮の確認が必要か。
- ② 高い汚染が確認されたことから、事故時線量評価及び放射線防護の観点からの設計確認が必要か。

(4) サプレッションチェンバ・スクラビングにおいて、炉心溶融後のベント時には真空破壊弁の故障によりドライウエル中の気体がスクラビングを経由せずに原子炉格納容器外に放出される可能性がある。

【知見等を踏まえた論点】

- ① SA 時における漏えい経路への追加は必要か。
- ② 事故時に真空破壊弁（VB）が閉止できなくなる可能性の規制上の位置付けの整理が必要か（ドライウエル（D/W）＝ウェットウエル（W/W）となると D/W から W/W への蒸気流入が阻害され、圧力抑制能力を失うのではないか）。また、VB の耐久性の要求は必要か。
- ③ サプレッションチェンバ（S/C）スクラビングを経由しないベントガスによる事故時線量評価への影響確認が必要か。

2. 関連する現行の基準・ガイド等

○重大事故等の拡大の防止等（有効性評価）（SA）

関係条文：設置許可基準規則・同解釈 37 条

SA 有効性評価ガイド（格納容器破損防止対策の有効性評価）

SA 技術的能力審査基準 1.5（最終ヒートシンクへ熱を輸送するための手順等）

1.7（原子炉格納容器の過圧破損を防止するための手順等）

関係施設・設備：原子炉格納施設（原子炉格納容器、圧力低減設備、放射性物質濃度制御設備、格納容器再循環設備、格納容器安全設備）
原子炉冷却系統施設（残留熱除去設備、蒸気タービンの附属設備、主蒸気・主給水設備）

PWR，BWR の差異：想定する格納容器破損モード

BWR（大 LOCA＋ECCS 喪失＋SBO）

PWR（大 LOCA＋注水機能喪失）

○最終ヒートシンクへの熱輸送対策（SA）

関係条文：設置許可基準規則・同解釈 48 条

技術基準規則・同解釈 63 条

関係施設・設備：原子炉格納施設（原子炉格納容器、圧力低減設備、放射性物質濃度制御設備、格納容器再循環設備）

原子炉冷却系統施設（残留熱除去設備、蒸気タービンの附属設備、主蒸気・主給水設備）

PWR，BWRの差異：設備構成

BWR（耐圧強化ベントライン、非常用ガス処理系、排気筒、格納容器圧力逃がし装置、真空破壊装置）

PWR（タービン動補助給水ポンプ、主蒸気逃がし弁、格納容器再循環ユニット）

○原子炉格納容器の過圧破損防止対策（S A）

関係条文：設置許可基準規則・同解釈 50 条

技術基準規則・同解釈 65 条

関係施設・設備：原子炉格納施設（原子炉格納容器、圧力低減設備、格納容器再循環設備、格納容器安全設備）

原子炉冷却系統施設（残留熱除去設備）

PWR，BWRの差異：設備構成

BWR（格納容器圧力逃がし装置、真空破壊装置）

PWR（格納容器再循環ユニット、格納容器スプレイ設備）

○原子炉格納容器の過圧破損防止対策（特定重大事故等）

関係条文：設置許可基準規則・同解釈 42 条

技術基準規則・同解釈 53 条

関係施設・設備：特定重大事故等対処施設

※PWRの格納容器圧力逃がし装置（フィルタベント）を対象として記載。

3. 現行の審査における申請内容及び確認事項

審査では、「炉心損傷前の対策」として、設置許可基準規則第 37 条で定める有効性評価として炉心損傷防止対策に有効性があること、同規則第 48 条等に基づき設備及び手順が整備されていることを確認している。また、「炉心損傷後の対策」として、設置許可基準規則第 37 条で定める有効性評価として格納容器破損防止対策に有効性があること、同規則第 50 条等に基づき設備及び手順が整備されていることを確認している。

（1）BWR

○炉心損傷前の対策

- ✓ 炉心損傷前の格納容器ベント（アーリーベント）としては、格納容器圧力逃がし装置（フィルタベント）及び耐圧強化ベント系を重大事故等対処設備に位置付けている。島根では、耐圧強化ベント系を自主対策設備として位置付けている。
 - ✓ 耐圧強化ベント系は、系統内に圧力開放板（ラプチャーディスク）を設けない設計としている。
 - ✓ 耐圧強化ベント系は、非常用ガス処理系（SGTS）と接続しているが、耐圧強化ベント系を使用する場合は、非常用ガス処理系の出口弁を全閉して非常用ガス処理系への逆流を防止する手順としている。なお、非常用ガス処理系の出口弁については、東海第二のみ AO 弁（NC、FO）であり、他サイト（柏崎刈羽、女川、島根）については MO 弁（NC）となっている。
- また、非常用ガス処理系と共用している排気ラインは、排気筒の内側（柏崎刈羽、女川）又は側面（東海第二、島根）に設置され、排気ラインの出口は、排気筒頂部（柏崎刈羽、東海第二、島根）又は地上境界（女川）に位置している。
- ✓ 炉心損傷前の有効性評価において、格納容器ベントを使用する場合には、敷地境界での実効線量の評価を行っており、格納容器圧力逃がし装置、耐圧強化ベント系のいずれを用いた場合でも 5mSv 以下となることを確認している。

○炉心損傷後の対策

- ✓ 炉心損傷後の格納容器ベントとしては、格納容器圧力逃がし装置（フィルタベント）を重大事故等対処設備に位置付けており、柏崎刈羽を除き耐圧強化ベント系は使用しない。柏崎刈羽では、炉心損傷後の水素排出としてウェットウェルを用いた耐圧強化ベント系も期待している。
- ✓ 格納容器圧力逃がし装置については、系統の排気ラインに圧力開放板（ラプチャーディスク）が設けられているが、これは系統内の水素爆発防止のため、待機中に窒素で不活性化するために設けられているものであり、その作動圧力は十分低い値（80～100kPa）に設定されていることを確認している。
- ✓ 格納容器圧力逃がし装置と耐圧強化ベント系との接続部については、隔離弁を二重に設けることで耐圧強化ベント系と隔離している（ただし、柏崎刈羽は一弁（FC）で隔離している）。
- ✓ 炉心損傷後の有効性評価（格納容器破損防止対策）において、格納容器圧力逃がし装置を使用した場合の Cs-137 の放出量の評価を行って

おり、ドライウェル、ウェットウェルのどちらを使用した場合でも100TBqを下回っていることを確認している。

- ✓ 有効性評価においては、真空破壊装置は正常に作動するものとして評価しており、その機能が喪失したものとした審査は行っていないが、上述の放出量評価においてはドライウェルから格納容器ベントした場合の評価も行っており、格納容器ベント実施時におけるサプレッション・プールのスクラビング効果に期待しない場合の評価となっている。

(2) PWR

○炉心損傷前の対策

- ✓ 設置許可基準規則第 48 条としては、タービン動補助給水ポンプ及び主蒸気逃がし弁による 2 次系冷却による除熱などで対応できるため、格納容器圧力逃がし装置（フィルタベント）は設置していない。

○炉心損傷後の対策

- ✓ 設置許可基準規則第 50 条としては、大容量ポンプ車を用いた格納容器再循環ユニットによる格納容器内自然対流冷却などで対応できるため、格納容器圧力逃がし装置（フィルタベント）は設置していない。
- ✓ 一方、設置許可基準規則第 42 条（特定重大事故等対処施設）として、格納容器の過圧破損防止のため、大型航空機の衝突等に対して頑健性を有する格納容器圧力逃がし装置（フィルタベント）を設置している。なお、当該装置は、同規則第 50 条の要求である「放射性物質の低減、共用の禁止、容易・確実な隔離弁の操作、ラプチャーディスクの低圧設定など」を考慮した設計となっていることを確認している。