

原 第 11 号

2021年5月6日

原子力規制庁 原子力規制部

東京電力福島第一原子力発電所事故対策室長

竹内 淳 殿

北陸電力株式会社

代表取締役社長 金井 豊
社長執行役員

『東京電力福島第一原子力発電所事故の調査・分析に係る中間取りまとめ』
(2021年3月5日)に関する見解等について(依頼)」に対する回答

平素は格別のご高配を賜り、厚く御礼申し上げます。

さて、令和3年4月5日付け(原規規発第2104051号)にてご依頼のありました「『東京電力福島第一原子力発電所事故の調査・分析に係る中間取りまとめ』(2021年3月5日)に関する見解等について(依頼)」につきまして、別紙のとおり回答いたしますので、ご査収下さいますようお願いいたします。

以 上

別紙 「東京電力福島第一原子力発電所事故の調査・分析に係る中間取りまとめ」(2021年3月5日)に関する当社見解等の回答(北陸電力)

「東京電力福島第一原子力発電所事故の調査・分析に係る中間取りまとめ」(2021年3月5日)に関する当社見解等の回答(北陸電力)

<回答項目>

①異なる見解の有無及びその理由

②更なる調査・検討の要否及びその理由

※「要」とする場合は、具体的な調査・検討内容及びその実施主体(自社、他の電力会社、原子力規制庁の調査に協力、のいずれか)並びにそれらの理由

③自らの各発電用原子炉施設の設計、施工、運用等への反映に係る考え方

④その他の見解や意見

番号	事項	回答項目	回答内容、理由
記載例	中間取りまとめで確認した事実、確認した事実に基づいて考えられること、及び確認した事実を踏まえて更なる検討が必要と考えられること	①	有 or 無 △△については、■■■のため、見解が異なる。 △△については、□□のため、異なる見解は無い。
		②	要 or 否 △△については、◎◎のため、○○に関する調査が必要である。 △△については、◇◇のため、更なる調査は不要である。
		③	左記の事項は、▼▼として設計に反映する方針である。
		④	

番号	事項	回答項目	回答内容、理由	
(1) - 1	2号機における原子炉格納容器ベント(以下「ベント」という。)は、主要な隔離弁の開操作など、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(以下「RD」という。)の作動圧力(528kPa abs(原子炉格納容器(以下「PCV」という。)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。	①	無	<p>今回の中間取りまとめの内容や東京電力の調査状況※を踏まえ、1F2号機においてラプチャーディスクの作動圧力に到達せずベントが成功しなかったことについて、当社として異なる見解はありません。</p> <p>※：「福島原子力事故調査報告書 平成24年6月20日 東京電力株式会社」(以下「東京電力報告書」という。)の「12. 1 (3) ②2号機のベント操作」及び「福島第一原子力発電所1～3号機の炉心・格納容器の状態の推定と未解明問題に関する検討 第5回進捗報告 平成29年12月25日 東京電力ホールディングス株式会社」(以下「未解明問題報告書」という。)の添付1-4「3.2.2号機の代替注水時におけるプラント挙動について」</p>
		②	否	現状、更なる調査・検討は必要と考えておりません。
		③	<p>志賀原子力発電所の耐圧強化ベント系のラプチャーディスクは1F2号機と同様に格納容器の最高使用圧力で作動する設定としておりましたが、その作動圧力をベントを阻害しない圧力まで低下させる予定です。志賀2号機の格納容器フィルタ付ベント装置に設置するラプチャーディスクも同様の設定とする予定です。志賀1号機も、再稼働に際しては同様の対応を実施する予定です。</p> <p><詳細></p> <p>耐圧強化ベント系のラプチャーディスクは、隔離弁からの漏えい又は誤操作によって格納容器の隔離機能を阻害しないよう設置されており、その作動圧力は格納容器の最高使用圧力(1Pd)としておりました。これは、耐圧強化ベント系が格納容器の過圧破損防止対策として整備されていたこと、及び当時のベント開始基準が1Pd以上であったことを踏まえ、ベント開始基準以下の圧力で耐圧強化ベント系が作動しないことを確実にするためでした。</p> <p>一方、1F事故を踏まえ、志賀2号機では、耐圧強化ベント系のラプチャーディスクをベントを阻害しない圧力まで作動圧力を低下させた設計に変更する予定です。これは、当初のラプチャーディスクの設置目的(隔離弁からの漏えい又は誤操作によって格納容器の隔離機能を阻害しない)を踏襲しつつ、ベントの成功を確実にすることを目的としております。</p> <p>また、格納容器フィルタ付ベント装置には上記の目的に加え待機時の窒素封入も目的として、作動圧力が低いラプチャーディスクを設ける予定です。</p> <p>さらに、炉心損傷後においては、格納容器破損箇所からの管理されない核分裂生成物、水素等の放出を低減するために、過温等の格納容器圧力が比較的低い状態で格納容器が破損する場合に備えたベント基準を設けることを検討しております。</p> <p>なお、格納容器ベント弁を確実に開するための施策として、志賀2号機では、1F事故以前から耐圧強化ベント系の格納容器ベント弁(空気作動弁)にはボンベセットによる空気供給手段を整備していました。また、格納容器ベント弁には手動ハンドルを設置しており、全交流動力電源喪失時においても現場操作が可能な設計でした。さらに、1F事故後には圧縮空気ポンベの追加配備や小型発電機等の配備を実施しております。</p> <p>新たに設置する格納容器フィルタ付ベント装置の格納容器ベント弁は電動弁とし、非常用交流電源設備が喪失した場合に備えてガスタービン発電機等を配備する予定です。さらに、格納容器ベント弁に対して遠隔手動操作機構を設け、二次格納施設外から遠隔で手動操作が可能な設計とする予定です。</p> <p>志賀1号機も、再稼働に際しては志賀2号機と同様の対応を実施する予定です。</p> <p>なお、ベントラインのラプチャーディスクに関しては、最新知見を踏まえて様々な事故シナリオを考慮した上で、今後もその設置要否及び作動圧力について検討していきます。</p>	
		④	なし	

番号	事項	回答項目	回答内容、理由		
(1)-2	このことを踏まえると、事象進展に応じたPCV破損防止対策の意義や役割を検討する必要がある。	①	無	事象進展に応じた格納容器破損防止対策の意義や役割を検討することについて、当社として異なる見解はありません。	
		②	否	事象進展に応じた格納容器破損防止対策の意義や役割については、当社として(1)-2③のとおり検討しており、現状、更なる調査・検討が必要と考えておりません。	
		③	<p>格納容器ベント設備の意義や役割については、(1)-1③に記載しているとおりです。 (1)-1③に記載されている以外にも、志賀2号機では、格納容器破損防止対策（過圧／過温）として、次のとおり原子炉注水、格納容器冷却、格納容器除熱手段等を整備する予定です。</p> <p><主な格納容器破損防止対策> 【原子炉注水】 - 常設ポンプ（常設代替低圧ポンプ（新設）及び復水移送ポンプ（既設））を用いた常設代替低圧注水系 - 可搬型ポンプ（可搬型代替低圧ポンプ）を用いた可搬型代替低圧注水系</p> <p>【格納容器冷却】 - 常設ポンプ（常設代替低圧ポンプ（新設）及び復水移送ポンプ（既設））を用いた常設代替原子炉格納容器スプレイ系及び常設原子炉格納容器下部注水系 - 可搬型ポンプ（可搬型代替低圧ポンプ）を用いた可搬型代替原子炉格納容器スプレイ系及び可搬型原子炉格納容器下部注水系</p> <p>【格納容器除熱】 - 常設ポンプ（復水移送ポンプ（既設））、可搬型熱交換設備（新設）等を用いた代替残留熱除去設備</p> <p>【その他】 - 格納容器のトップヘッドフランジやその他貫通孔のシール材として改良EPDMを採用</p> <p>志賀1号機も、再稼働に際しては志賀2号機と同様の対応を実施する予定です。</p>		
		④	なし		

番号	事項	回答項目	回答内容、理由	
(2) - 1	<p>「発電用軽水型原子炉施設におけるシビアアクシデント対策としてのアクシデントマネージメントについて」(平成4年5月、原子力安全委員会決定)を踏まえて、発電用原子炉設置者が自主的な保安措置として当時整備したアクシデントマネージメント対策(以下「AM対策」という。)の1つである耐圧強化ベントラインが重要安全施設である非常用ガス処理系(以下「SGTS」という。)配管へ接続されていたことにより、自号機のSGTS及び原子炉建屋内へのベントガス(核分裂生成物、水素等)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を招いている。</p>	①	無	1F1号機及び3号機において、耐圧強化ベント系から非常用ガス処理系を介して原子炉建屋内へのベントガスの逆流、汚染及び水素流入が発生したことについては、当社として異なる見解はありません。
		②	否	現状、更なる調査・検討は必要と考えておりません。
		③	<p>志賀2号機の耐圧強化ベント系は、1F事故以前からベントガスが逆流しないよう、ベント時に他系統と隔離可能な設計としております。志賀1号機の耐圧強化ベント系は、原子炉建屋との隔離弁である非常用ガス処理系の入口弁がFail Openの空気作動弁ですが、1F事故以前からベントガスの逆流を発生させないようボンベセットによる空気供給手段を整備し、計装用圧縮空気系が喪失した場合においても隔離可能な設計としております。</p> <p>志賀2号機に新たに設置する格納容器フィルタ付ベント装置は独立した配管を設置し、他系統との独立性を確保する予定であり、志賀1号機も再稼働に際しては同様の対応をする予定です。</p> <p><詳細> 【1F事故以前の状況】 ●志賀2号機 (ABWR) : 耐圧強化ベント系は非常用ガス処理系に接続 (添付2 図-5 参照) ・非常用ガス処理系と耐圧強化ベント系の隔離弁は通常時閉でFail As-Isの電動弁とFail Closeの空気作動弁であり、Fail Openではありませんでした。Fail As-Isの電動弁には現場操作が可能なように手動ハンドルを設置しており、全交流動力電源喪失時においても操作可能でした。 ・耐圧強化ベント系と換気空調系の隔離弁は通常時閉でFail Closeの空気作動弁でした。なお、手動ハンドルを設置しており、全交流動力電源喪失時においても操作可能でした。 ・ベント時には他系統との隔離弁を全て閉止することを手順で明確化していました。 ・なお、格納容器ベント弁は計装用圧縮空気系が機能喪失することを想定し、ボンベセットによる供給手段を整備していました。さらに手動ハンドルを設置しており、全交流動力電源喪失時においても操作可能でした。</p> ●志賀1号機 (BWR5) : 耐圧強化ベント系は非常用ガス処理系に接続 (添付1 図2. 3 参照) ・非常用ガス処理系と耐圧強化ベント系の隔離弁は通常時閉でFail As-Isの電動弁とFail Openの空気作動弁でした。Fail As-Isの電動弁は現場操作が可能なように手動ハンドルを設置しており、全交流動力電源喪失時においても操作可能でした。 Fail Openの空気作動弁には手動ハンドルは設けていなかったものの、計装用圧縮空気系が喪失した場合を想定し、ボンベセットによる空気供給手段を整備していました。 ・耐圧強化ベント系と換気空調系の隔離弁は通常時閉でFail Closeの空気作動弁でした。 ・ベント時には他系統との隔離弁を全て閉止することを手順で明確化していました。 ・なお、格納容器ベント弁は計装用圧縮空気系が機能喪失することを想定し、ボンベセットによる空気供給手段を整備していました。 【1F事故後の対応】 ●志賀2号機 格納容器フィルタ付ベント装置の設計にあたっては、以下を考慮する予定です。 ・サプレッションチェンバのベントラインは新規の格納容器ペネトレーションを用いて、他系統と独立した配管を設置します。 ・ドライウエルのベントラインは不活性ガス系配管を一部共用するものの、格納容器第一隔離弁 (通常時閉でFail Closeの空気作動弁) の手前で分岐し、他系統との独立性を確保します。 ●志賀1号機 ・耐圧強化ベント系の他系統との隔離弁 (Fail Openの空気作動弁) や格納容器ベント弁には、現場で手動操作が可能なよう手動ハンドルを追設しております。 ・その他の対応については、再稼働に際しては志賀2号機と同様の対応を実施する予定です。	
		④	なし	

番号	事項	回答項目	回答内容、理由		
(2) - 2	これを踏まえ、設計基準対象施設等への接続を含めたAM対策(耐圧強化ベントライン等)の設計、施工及び運用の考え方を確認する必要がある。	①	無	設計基準対象施設等への接続を含めたAM対策の設計、施工及び運用の考え方を確認することについて、当社として異なる見解はありません。	
		②	要	<p>設計基準対象施設等への接続を含めたAM対策の設計、施工及び運用の考え方は以下のとおりです。なお、当社として更なる調査を実施することで他社も含めたAM対策整備当時の考え方を確認することに意義はあると考えており、今後も貴庁の調査に協力します。</p> <p>【AM対策整備当時の考え方】</p> <ul style="list-style-type: none"> 設計基準対象施設等への接続を含めたAM対策の設計、施工及び運用については、隔離弁により上位クラスとの機能分離がなされるまでは同じクラスの設計とし、格納容器バウンダリに直接接続する部分は隔離設計とする等、既存の安全機能に悪影響を与えないように設計を考慮しております。具体的には添付1、添付2のとおりです。これらについては、当社から旧原子力安全・保安院に報告しており、旧原子力安全・保安院から旧原子力安全委員会に報告しています。 添付1：志賀原子力発電所のアクシデントマネジメント整備報告書（抜粋） 添付2：志賀原子力発電所2号炉のアクシデントマネジメント検討報告書（抜粋） また、AM対策設備全般について「定期検査中に機能の確認試験が可能な設計とする」こととしており、設置時に試験可能性は考慮しています。これらの機器は社内規定に基づき保全対象とした上で、保全計画を定め、これに基づく点検等を実施しております。 	
		③	(2) - 1 ③に記載		
		④	なし		

番号	事項	回答項目	回答内容、理由		
(3) - 1	1号機におけるベントは、AM対策により、ベントガスがSGTS配管の一部を經由して排気筒から排出される設計、施工及び運用がされていた。	①	無	1F1号機におけるベントは、AM対策により、ベントガスが非常用ガス処理系配管の一部を經由して排気筒から排出される設計、施工及び運用がされていたことについて、当社として異なる見解はありません。	
		②	否	現状、更なる調査・検討は必要と考えておりません。	
		③	<p>志賀1/2号機ともに、自主保安として整備したAM対策である耐圧強化ベント系は、1Fと同様に非常用ガス処理系配管の一部を經由しております。</p> <p>志賀2号機で新たに設置予定の格納容器フィルタ付ベント装置は、次の点を考慮する予定です。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・サブプレッションチェンバのベントラインは新規の格納容器ペネトレーションを用いることとし、他システムと独立した配管を設置します。 ・ドライウエルのベントラインは不活性ガス系配管を一部經由するものの、格納容器第一隔離弁の手前で分岐させ、他システムとの独立性を確保します。 <p>志賀1号機も、再稼働に際しては志賀2号機と同様の対応を実施する予定です。</p>		
		④	なし		

番号	事項	回答項目	回答内容、理由		
(3) - 2	1/2号機共用排気筒内部では、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したことが、排気筒下部の高い汚染の原因となった。	①	無	1F1/2号機共用排気筒において排気筒内にベントガスが滞留したことが、排気筒下部の高い汚染の原因になったことについて、当社として異なる見解はありません。	
		②	否	現状、更なる調査・検討は必要と考えておりません。	
		③	<p>志賀1/2号機の非常用ガス処理系排気管は、設置当初から排気筒の頂部高さまで敷設されており、自主保安として整備したAM対策である耐圧強化ベント系の設置にあたり非常用ガス処理系配管の共用を行った結果、排気筒頂部でベントガスが放出される構造となっております。</p> <p>また、志賀2号機に新たに設置する格納容器フィルタ付ベント装置では、排気管を主排気筒外側に独立して設置し、耐圧強化ベント系と同様に排気筒頂部高さまで敷設する構造とする予定です。</p> <p>志賀1号機も、再稼働に際しては志賀2号機と同様の対応を実施する予定です。</p>		
		④	なし		

番号	事項	回答項目	回答内容、理由	
(3) - 3	このことを踏まえると、AM対策が排気系統配管の構造やベントガスの挙動、組成等をどのように考慮していたのかを確認する必要がある。	①	無	AM対策が耐圧強化ベント配管の構造やベントガスの挙動、組成等をどのように考慮していたのかを確認することについて、当社として異なる見解はありません。
		②	要	<p>AM対策での耐圧強化ベント配管の構造やベントガスの挙動、組成等の考慮は以下のとおりです。なお、当社として更なる調査を実施することで他社も含めたAM対策整備当時の考え方を確認することに意義はあると考えており、今後も貴庁の調査に協力します。</p> <p>【AM対策整備当時の考え方】 エアロゾル・よう素に関しては、サプレッションチェンバメント時のプールスクラビングによる環境への放出低減を考慮していました。水素に対する設計上の考慮については、格納容器内雰囲気窒素置換は行っていたものの、耐圧強化ベント系統内の水素滞留について検討していた記録はありませんでした。</p>
		③	<p>(3) - 2 ③に記載している内容に加えて以下を考慮しております。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 志賀2号機の格納容器フィルタ付ベント装置は、系統内に水素が滞留し、水素燃焼が発生しないよう、通常運転時から窒素を封入するとともに、格納容器フィルタ付ベント装置までを下り勾配、格納容器フィルタ付ベント装置以降を登り勾配とする予定です。また、配管分岐部にも水素が滞留しない設計とする予定です。さらに、ベント終了後においては窒素供給を実施する予定です。 ・ 格納容器ベント後の配管等への核分裂生成物付着も考慮した上で被ばく線量評価を実施し、SA作業の成立性を確認する予定です。 ・ 耐圧強化ベント系は、水素滞留防止の観点から炉心損傷後には使用しないことを検討しており、水素流入の可能性は小さいと考えております。一方、その配管経路は原子炉建屋上層階から非常用ガス処理系トレンチを介して排気筒に繋がっており連続登り勾配でないこと、配管分岐部が複数あり分岐部における水素滞留の可能性が否定できないことを踏まえ、対応を検討中です。 <p>志賀1号機も、再稼働に際しては志賀2号機と同様の対応を実施する予定です。</p>	
		④	なし	

番号	事項	回答項目	回答内容、理由		
(3) - 4	また、現行の原子炉施設の排気系統におけるベントガスの挙動の考え方について確認する必要がある。	①	無	現行の原子炉施設の排気系統におけるベントガスの挙動の考え方を確認することについて、当社として異なる見解はありません。	
		②	否	現行の原子炉施設の排気系統におけるベントガスの挙動の考え方を確認することについて、当社の考えは(3) - 3③のとおりであり、現状、更なる調査・検討が必要と考えておりません。	
		③	(3) - 3③に記載		
		④	なし		

番号	事項	回答項目	回答内容、理由
(4)-1	放射性物質の漏えい経路について、真空破壊弁の故障が炉心溶融後のベント時などに生じると、ドライウェル中の気体がサプレッションプールにおけるスクラビングを経由せずにPCV外に放出される経路が生じる可能性がある。	①	<p>真空破壊装置はSA設備とすることを検討しており、SA設備はSA環境下での耐性を備えた設備とすること、真空破壊装置自体が単純な動作をする逆止弁であることを踏まえると、SA時においてその機能が喪失する可能性は小さいと考えております。</p> <p>一方、真空破壊装置は、2F1号機においてガスケットが脱落していること、格納容器内に8個設置されていることから、故障の可能性は否定し切れないと考えております。真空破壊装置に故障が発生した場合にはドライウェル中の気体がサプレッションプールスクラビングを経由せずに格納容器外に放出される経路が生じることについて、当社として異なる見解はありません。</p>
		②	否 現状、更なる調査・検討は必要と考えておりません。
		③	<p>真空破壊装置はSA設備とすることを検討しており、SA設備はSA環境下における耐性を備えた設備とする予定です。なお、志賀2号機の真空破壊装置のガスケットは改良EPDMに交換することを検討しております。</p> <p>諸外国の確率論的リスク評価の知見を踏まえ、残余のリスクを評価する観点から確率論的リスク評価の高度化の中で真空破壊装置の故障（1弁開固着）のモデル化を進めております。</p> <p>格納容器フィルタ付ベント装置はサプレッションプールスクラビングを経由しないドライウェルベントも考慮した設計としており、新規制基準適合性審査におけるベント時のセシウム放出量評価や被ばく評価においては、ドライウェルベントを実施した場合の評価も行う予定です。仮に真空破壊装置が故障し、サプレッションプールスクラビングがバイパスされたとしてもドライウェルベント時の評価に包絡されると考えております。</p>
		④	なし

番号	事項	回答項目	回答内容、理由		
(4) - 2	このため、当該経路を従来の重大事故等(以下「SA」という。)時における漏えい経路に追加する必要がある。	①	無	真空破壊装置の漏えい経路を従来の重大事故等時における漏えい経路に追加することについては、当社として異なる見解はありません。	
		②	要	真空破壊装置の漏えい経路を従来の重大事故等時における漏えい経路に追加することについては、(4) - 1 ③に記載のとおり、確率論的リスク評価の高度化の中で真空破壊装置の故障(1弁開固着)のモデル化を進めており、今後、当社で適切に対応してまいります。	
		③	(4) - 1 ③に記載		
		④	なし		

番号	事項	回答項目	回答内容、理由
(5) - 1	水素爆発時の映像及び損傷状況を踏まえると、原子炉建屋の破損の主要因は、原子炉建屋内に滞留した水素の爆燃(水素濃度8%程度)によって生じた圧力による可能性が高い。	①	<p>無</p> <p>今回の中間取りまとめの内容や東京電力の調査状況※を踏まえ、原子炉建屋の破損の主要因は原子炉建屋内に滞留した水素の爆燃によって生じた圧力による可能性が高いことについて、当社として異なる見解はありません。</p> <p>※：未説明問題報告書 添付資料1-10「1号機原子炉建屋で発生した水素爆発の解析」</p>
		②	<p>要</p> <p>1Fで発生した原子炉建屋内水素爆発については、爆発の発生箇所等について更なる調査が必要と考えております。本件は、貴庁又は他電力会社殿で引き続き調査・検討されるものと考えております。なお、調査・検討にあたって当社プラントデータの提供等、必要な協力はさせていただきます。</p>
		③	<p>志賀2号機では、原子炉建屋の水素対策として次の施策（検知・処理・排出）を実施する予定です（一部実施済）。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・原子炉建屋オペフロに原子炉建屋可燃性ガス再結合器及び水素濃度計を設置 ・ブローアウトパネルを現場で手動開放し、原子炉建屋から排出する設備及び手順を整備 <p>さらに、上記に加え次の施策を実施することを検討しております。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・開放面積が広い格納容器ハッチ付近に水素濃度計を設置し、原子炉建屋内の広い範囲で漏えいを検知 ・原子炉建屋内の水素濃度上昇を検知した場合は、格納容器フィルタ付ベント装置にて格納容器内の水素を大気中へ放出し、原子炉建屋への水素漏えいを抑制 ・格納容器ハッチから原子炉建屋可燃性ガス再結合器がある原子炉建屋オペフロに水素を導く経路を確保 <p>その他、格納容器からの水素漏えい防止対策として次の施策を実施する予定です。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・常設又は可搬型ポンプによる格納容器スプレイによる格納容器内冷却 ・常設ポンプ、可搬型熱交換設備等を用いた格納容器内除熱 ・格納容器トップヘッドフランジ等のシール材を改良EPDMに変更 ・原子炉ウェル注水による格納容器トップヘッドフランジの冷却 <p>志賀1号機も、再稼働に際しては志賀2号機と同様の対応を実施する予定です。</p>
		④	<p>なし</p>

番号	事項	回答項目	回答内容、理由		
(5) - 2	また、3号機の水素爆発で生じている火炎や爆煙については水素以外の可燃性ガスが寄与している可能性が高い。	①	無	1F3号機の水素爆発で生じている火炎や爆煙は水素以外の可燃性ガスが寄与している可能性が高いことについては、当社として異なる見解はありません。	
		②	要	水素以外の可燃性ガスの寄与の有無、有の場合はその種類と量について、今後の更なる調査・検討が必要と考えております。本件は、貴庁又は他電力会社殿で引き続き調査・検討されるものと考えております。なお、調査・検討にあたって当社プラントデータの提供等、必要な協力はさせていただきます。	
		③	水素以外の可燃性ガスの寄与の有無、有の場合はその種類と量が判明していない段階であることから、今後の調査・検討結果を踏まえて適切に対応してまいります。		
		④	なし		

番号	事項	回答項目	回答内容、理由	
(6) - 1	主蒸気逃がし安全弁(以下「SRV」という。)の逃がし弁機能の不安定動作(中途開閉状態の継続と開信号解除の不成立)が生じた原因が不明である。	①	無	逃がし安全弁の逃がし弁機能の不安定動作が生じた原因が不明という点について、当社として異なる見解はありません。
		②	要	逃がし安全弁の逃がし弁機能の不安定動作が生じた原因又は不安定動作による影響について、更なる調査・検討が必要と考えており、自社又は他のBWR電力と協力して実施していくことを考えております。
		③	<p>逃がし安全弁の逃がし弁機能の不安定動作は原因が不明なため、今後の調査・検討結果を踏まえて当社プラントに反映すべき事項が出てきた場合は適切に対応してまいります。</p> <p>一方、今回の事象は逃がし安全弁の原子炉圧力制御機能(逃がし弁機能)に影響は与えているものの、逃がし安全弁は原子炉減圧機能(自動減圧、手動減圧等)がより重要と考えており、志賀2号機においては原子炉減圧機能の強化として次の対応を実施する予定です(一部実施済)。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・逃がし安全弁駆動用窒素ガスポンプの追加配備 ・逃がし安全弁駆動電源の多様化(可搬型蓄電池等) ・逃がし安全弁補助作動装置の設置 <p>さらに、原子炉減圧機能の強化として次の施策を実施することを検討しております。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・逃がし安全弁を保護するための格納容器スプレイ手順の整備 <p>志賀1号機も、再稼働に際しては志賀2号機と同様の対応を実施する予定です。</p>	
		④	なし	

番号	事項	回答項目	回答内容、理由		
(6) - 2	このことを踏まえると、全交流動力電源喪失(以下「SBO」という。)条件下でのSRVの逃がし弁機能の挙動、計装用圧縮空気系の隔離による影響(窒素圧の低下等)及び不安定動作が確認されたSRV以外の機器における不安定動作の可能性について、網羅的に把握する必要がある。	①	無	全交流動力電源喪失条件下での逃がし安全弁の逃がし弁機能の挙動、計装用圧縮空気系又は高圧窒素ガス供給系(格納容器内機器へ窒素供給)の隔離による影響並びに不安定動作が確認された逃がし安全弁以外の機器における不安定動作の可能性を把握することについては、当社として異なる見解はありません。	
		②	要	全交流動力電源喪失条件下での逃がし安全弁の逃がし弁機能の挙動、計装用圧縮空気系又は高圧窒素ガス供給系(格納容器内機器へ窒素供給)の隔離による影響並びに逃がし安全弁以外の機器における計装用圧縮空気系又は高圧窒素ガス供給系(格納容器内機器へ窒素供給)の隔離に伴う不安定動作の可能性を把握することについては、更なる調査・検討が必要と考えており、自社又は他のBWR電力と協力して実施していくことを考えております。 なお、計装用圧縮空気系又は高圧窒素ガス供給系(格納容器内機器へ窒素供給)から空気(窒素)を供給している空気(窒素)作動弁については、従来から駆動空気(窒素)喪失時に安全側の動作をする設計(本来の機能を阻害しない設計)としておりますが、SA下における動作について今後精査をしていきます。	
		③	(6) - 1 ③にて回答		
		④	なし		

番号	事項	回答項目	回答内容、理由
(7) - 1	SRVの安全弁機能の作動開始圧力が低下していたなど、SA条件下では様々な機器が設計基準事故条件下とは異なる挙動をしている。	①	<p>無</p> <p>今回の中間取りまとめの内容や東京電力の調査状況※を踏まえ、1F事故において自動減圧系や逃がし安全弁が設計と異なる挙動をしていたことについて、当社として異なる見解はありません。</p> <p>※：未解明問題報告書 添付資料3-3「3号機13日9時頃に発生した原子炉圧力の低下挙動について」</p>
		②	<p>否</p> <p>現状、更なる調査・検討は必要と考えておりません。</p>
		③	<p>志賀2号機では、SA設備・SA計測機器に対して次の方針で設計する予定です。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新設のSA設備・SA計測機器は、SA環境下で有効に機能するように設計します。 ・既設を活用したSA設備・SA計測機器も、SA環境下での健全性を確認の上、必要な場合は設計を変更します。 ・さらに、代替パラメータによる推定手段を整備し、多様性を確保します。 ・今後SA環境下での機器の設計上の想定と異なる挙動にかかる新知見が得られた場合には、当社プラントへの反映要否を検討の上、適切に対応します。 <p>志賀1号機も、再稼働に際しては志賀2号機と同様の対応を実施する予定です。</p>
		④	<p>なし</p>

番号	事項	回答項目	回答内容、理由		
(7) - 2	このため、SA時の機器の挙動に関する知見を集積する必要がある。	①	無	SA時の機器の挙動に関する知見の集積については、当社として異なる見解はありません。	
		②	要	新規制基準適合性の観点では、SA設備はSA環境下での耐性を備え、期待された機能を発揮できる設備とする予定であるため、設計上の想定と異なる挙動が起こることは考えにくいものの、今後SA環境下での機器の設計上の想定と異なる挙動にかかる新知見が得られた場合には、当社プラントへの反映要否を検討の上、適切に対応してまいります。自社又はBWR電力で協力して実施するものと考えております。	
		③	(7) - 1 ③に記載		
		④	なし		

番号	事項	回答項目	回答内容、理由		
(7) - 3	また、AM対策の圧力計を含めて、SA条件下での計測機器の信頼性について検証する必要がある。	①	無	SA時の計測機器の信頼性の検証については、当社として異なる見解はありません。	
		②	要	新規制基準適合性の観点では、SA計測機器はSA環境下での耐性を備え、期待された機能を発揮できる計測機器とする予定であるため、設計上の想定と異なる挙動が起こることは考えにくいものの、今後SA環境下での計測機器の設計上の想定と異なる挙動にかかる新知見が得られた場合には、当社プラントへの反映要否を検討の上、適切に対応してまいります。自社又はBWR電力で協力して実施するものと考えております。	
		③	(7) - 1 ③に記載		
		④	なし		

番号	事項	回答項目	回答内容、理由
(8) - 1	3号機のベントについては、(1)でも触れているが、ADSが設計の意図と異なる条件(サプレッションチェンバ圧力の上昇による低圧注水系ポンプの背圧上昇を誤検知したこと)で作動したことによりPCV圧力がRDの破壊圧力に達し、ベントが成立した。	①	<p>今回の中間取りまとめの内容や東京電力の調査状況※を踏まえ、1F3号機において自動減圧系が設計の意図と異なる条件(サプレッションチェンバ圧力の上昇による低圧注水系ポンプの背圧上昇を誤検知したこと)で作動したことにより格納容器圧力がラプチャーディスクの破壊圧力に達してベントが成立したことについては、当社として異なる見解はありません。</p> <p>※：未説明問題報告書 添付資料3-3「3号機13日9時頃に発生した原子炉圧力の低下挙動について」</p>
		②	否 現状、更なる調査・検討は必要と考えておりません。
		③	<p>志賀2号機では、1F3号機と同様の事象が発生することは考え難いです。理由は次のとおりです。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・自動減圧系起動信号のインターロックとして残留熱除去系ポンプ吐出圧を用いていますが、格納容器の最高使用圧力の2倍(620kPa[gage])にサプレッションチェンバの静水頭(満水でも200kPa程度)を考慮しても十分に高い設定値となっております。 ・さらに、運転手順書では、不要な自動減圧系作動防止を目的に、格納容器圧力が最高使用圧力を超える可能性があるSOP手順を導入する時点で自動減圧系作動阻止操作を実施する予定としております。 ・代替自動減圧機能も同様です。 <p>志賀1号機では、自動減圧系起動信号のインターロックとして残留熱除去系ポンプ運転中の信号を用いていることから、1F3号機と同様の事象が発生することはありません。</p>
		④	なし

番号	事項	回答項目	回答内容、理由		
(8) - 2	このことを踏まえると、SA時のADSの作動に関する設計条件等を確認する必要がある。	①	無	SA時の自動減圧系の作動に関する設計条件等を確認することについては、当社として異なる見解はありません。	
		②	否	志賀1/2号機については(8) - 1 ③に記載のとおり検討しているため、現状、更なる調査・検討は必要と考えておりません。	
		③	(8) - 1 ③に記載		
		④	なし		

番号	事項	回答項目	回答内容、理由		
(8)－3	また、PCV圧力が上昇する主要因として、水蒸気発生が想定されてきたが、水素による加圧及び漏えいによる減圧などのふるまいが、従来の事故シーケンスに対してどの程度影響するのか具体的に確認する必要がある。	①	無	格納容器圧力が上昇する要因として、水素による加圧及び漏えいによる減圧などのふるまいが従来の事故シーケンスに対してどの程度影響するのか具体的に確認することについて、当社として異なる見解はありません。	
		②	否	当社プラントについては、(8)－3③のとおり対応を検討しているため、現状、更なる調査・検討は必要と考えておりません。	
		③	<p>志賀2号機では、新規制基準適合性審査の中で水蒸気発生以外に水素等による過圧（ジルコニウム-水反応による水素発生、熔融炉心・コンクリート相互作用による非凝縮性ガスの発生等）を考慮した上で、格納容器圧力が制限値を下回る評価を示す予定です。</p> <p>なお、漏えいによる減圧等のふるまいは、格納容器圧力を緩和する方向に働くことから、格納容器内の圧力挙動評価等において改めてその影響を考慮する必要性は小さいと考えております。</p> <p>志賀1号機も、再稼働に際しては志賀2号機と同様の対応を実施する予定です。</p>		
		④	なし		

番号	事項	回答項目	回答内容、理由
(9) - 1	3号機のベント成功回数は2回である。	①	<p>無</p> <p>今回の中間取りまとめの内容や東京電力の調査状況※を踏まえ、1F3号機のベント成功回数が2回であったことについては、当社として異なる見解はありません。</p> <p>※：未説明問題報告書 添付資料3-8「3号機格納容器からの漏えいと大量の蒸気放出について」</p>
		②	<p>否</p> <p>現状、更なる調査・検討は必要と考えておりません。</p>
		③	<p>1F3号機では、格納容器ベント操作を複数回実施したものの、ベント弁駆動用空気圧の不足、ベント弁励磁回路の不具合、小型発電機の故障による電磁弁励磁維持の問題等が原因でベント弁が開しなかったと考えられています。</p> <p>志賀2号機では、1F事故以前から耐圧強化ベント系の格納容器ベント弁（空気作動弁）にはボンベセットによる空気供給手段を整備していました。また、格納容器ベント弁には手動ハンドルを設置しており、全交流動力電源喪失時においても現場操作が可能な設計でした。さらに、1F事故後には圧縮空気ポンプの追加配備や小型発電機等の配備を実施しております。</p> <p>また、新たに設置する格納容器フィルタ付ベント装置の格納容器ベント弁は電動弁とし、非常用交流電源設備が喪失した場合に備えてガスタービン発電機等を配備する予定です。さらに格納容器ベント弁に対して遠隔手動操作機構を設け、二次格納施設外から遠隔で手動操作が可能な設計とする予定です。</p> <p>志賀1号機も、再稼働に際しては志賀2号機と同様の対応を実施する予定です。</p>
		④	<p>なし</p>

番号	事項	回答項目	回答内容、理由		
(9) - 2	3号機のベント時にSGTS配管を通じて4号機原子炉建屋内に水素が流入、その後、40時間に渡り同建屋内に水素が滞留し、爆発に至った。	①	無	<p>今回の中間取りまとめの内容や東京電力の調査状況※を踏まえ、1F3号機のベント時に非常用ガス処理系配管を通じて4号機原子炉建屋内に水素が流入し、その後、40時間に渡り同建屋内に水素が滞留し、爆発に至ったことについては、当社として異なる見解はありません。</p> <p>※：未説明問題報告書 添付資料3-8「3号機格納容器からの漏えいと大量の蒸気放出について」</p>	
		②	否	現状、更なる調査・検討は必要と考えておりません。	
		③	<p>志賀2号機では、原子炉建屋内水素濃度計の指示値上昇等、原子炉建屋で水素爆発が起こる恐れがある場合には、原子炉建屋内及びその周辺での作業を禁止する等の安全措置について今後検討し、反映していきます。</p> <p>志賀1号機も、再稼働に際しては志賀2号機と同様の対応を実施する予定です。</p> <p>なお、志賀1/2号機においては、プラント間で排気筒を共用していないため、他号機へのベントガス（水素、核分裂生成物等）の流入は構造上起こりえません。</p>		
		④	なし		

番号	事項	回答項目	回答内容、理由		
(9) - 3	同建屋内に水素が滞留していた間には、同建屋周辺で作業員による復旧作業が実施されていたことを踏まえると、水素が滞留した原子炉建屋等における重大事故等対策や復旧作業等の安全確保に関して検討する必要がある。	①	無	水素が滞留した原子炉建屋等における重大事故等対策や復旧作業等の安全確保に関して検討することについて、当社として異なる見解はありません。	
		②	否	現状、更なる調査・検討は必要と考えておりません。	
		③	(9) - 2 ③に記載		
		④	なし		

添付目次

添付 1 志賀原子力発電所のアクシデントマネジメント整備報告書
平成 1 4 年 5 月 北陸電力株式会社（抜粋）

添付 2 志賀原子力発電所 2 号炉のアクシデントマネジメント検討
報告書 平成 1 5 年 7 月 北陸電力株式会社（抜粋）

志賀原子力発電所の
アクシデントマネジメント整備報告書

(抜粋)

平成 14 年 5 月

北陸電力株式会社

つつ外部電源を復旧し、非常用ディーゼル発電機を手動起動することを手順書化している。

今回、P S A等の知見から、電源供給能力の更なる向上のため、アクシデントマネジメント策として電源の融通、非常用ディーゼル発電機の復旧手順の整備を実施した。

(1) 電源の融通

3区分の電源構成のメリットを活かし、原子炉施設内で高圧炉心スプレイ系専用の非常用ディーゼル発電機により、予備充電器を介して直流電源を供給し、また、6.9 k Vの交流電源を融通し、電源供給能力を向上させるものである(図-2.4)。

外部電源が喪失し、高圧炉心スプレイ系専用の非常用ディーゼル発電機を除く原子炉施設内の非常用ディーゼル発電機の起動にすべて失敗して、かつ直流電源が喪失したとしても、本アクシデントマネジメント策により、予備充電器を介した直流電源の供給及び6.9 k Vの交流電源の融通が可能となる。このため、必要な機器への電源供給、原子炉隔離時冷却系等の継続運転、ほかの非常用ディーゼル発電機の復旧作業が可能となる。

電源融通の操作手順については、事故時運転操作要領(事象ベース)に定めた。

(2) 非常用ディーゼル発電機の復旧

全交流電源が喪失する事象では、事象の進展は遅く時間的余裕が大きいことから、この余裕時間を利用して非常用ディーゼル発電機の故障を復旧させ、電源供給能力を向上するものである。基本的な手順は、非常用ディーゼル発電機の故障の認知、故障箇所の同定、保守要員による故障機器の復旧作業であり、これらの手順について、今回整備を行ったAM復旧手順書に定めた。

3. 2 既存の安全機能に与える影響の確認

アクシデントマネジメント策の整備に当たり設備改造が必要な場合には、既存の安全機能に悪影響を与えないように、既存の安全設備との接続部において機能的隔離を行うとともに、既存の安全設備と機能分離がなされる範囲までは、既存設備と同等の安全設計(安全上の機能別重要度分類及び耐震設計上の重要度分類)とし、また、設備の誤動作を防止するため論理回路を多重構成とする等、設計上の考慮を払っている。さらに、新設した配管等が地震等により万一破損した場合でも既存の安全設備に悪影響を与えないよう配慮している。

これらの設計上の考慮に加え、設備の運用や運転員の誤操作の防止についても、手順書類の整備、スイッチカバーの設置等により考慮を払っていること、現行の安全評価にも影響を与えないことを確認している。

以上のことから、アクシデントマネジメント策の整備が既存の安全機能に影響を与えることはない（表－3参照）。

3. 3 アクシデントマネジメントの有効性

BWR－2／3、BWR－4、BWR－5、ABWRの各型式の代表炉について、今回整備したアクシデントマネジメント策を考慮したPSAを実施することにより、アクシデントマネジメントの有効性を定量的に確認した。

当発電所の炉型はBWR－5であり、アクシデントマネジメント策の整備により炉心及び格納容器の健全性維持に関する支配的な事故シーケンスの発生頻度は、代表炉と同程度の低減が見込まれ、健全性が脅かされる可能性が適切に低減されたものと判断した。

なお、詳細については、別途「アクシデントマネジメント整備有効性評価報告書」にまとめている。

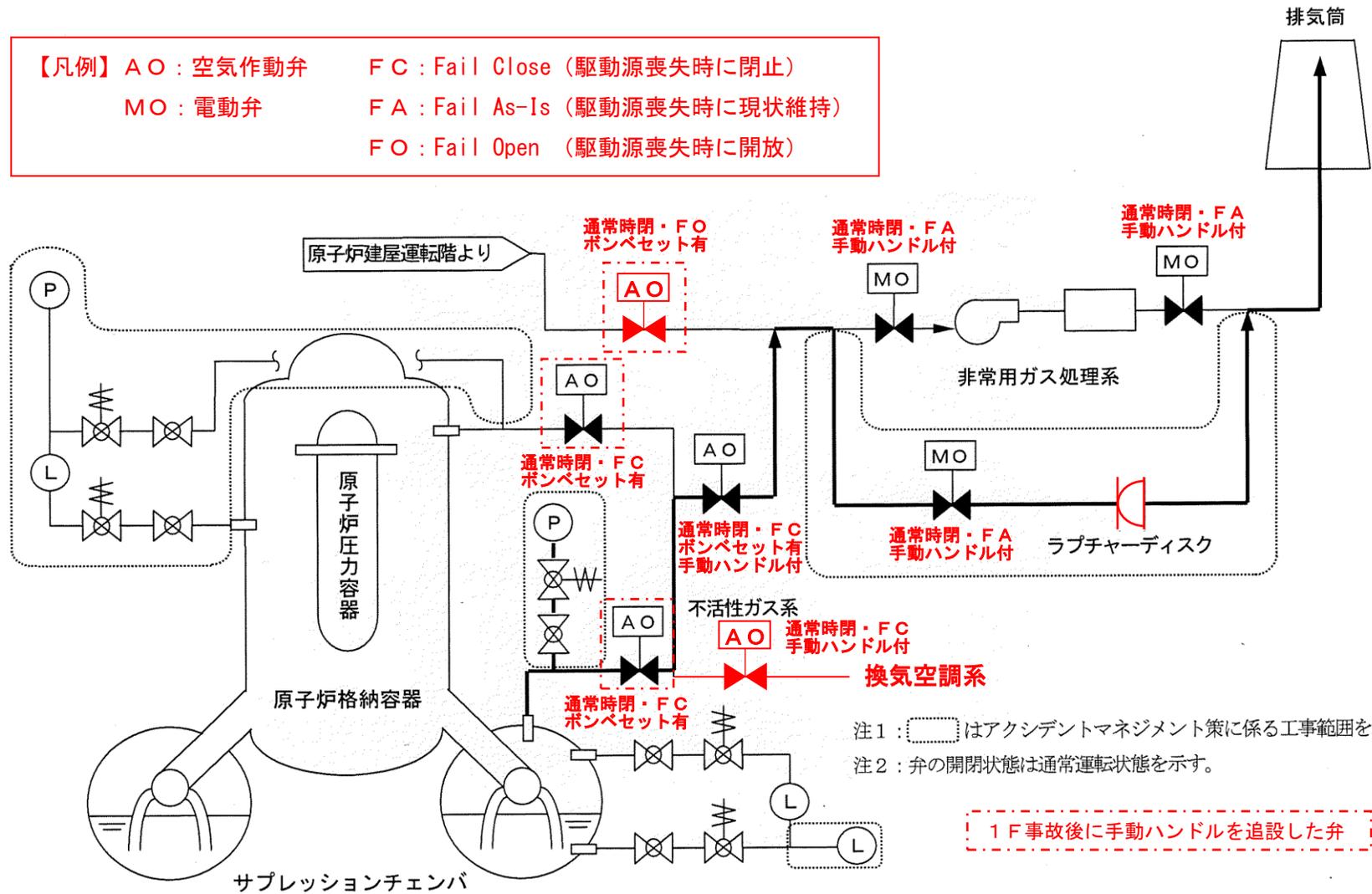
表-3 既存の安全機能への影響確認一覧

設計上配慮すべき項目	(RPT) 代替反応度制御	(ARI) 代替反応度制御	原子炉減圧の 自動化	代替注水	耐圧強化ベント	HPOS-D/Gからの 電源融通	実 現 方 法
1. 安全設備の多重性、独立性を阻害しないこと	○	○	○	○	○	○	既存の安全機能を有する設備と新たに設置した設備との間では、機能的分離、物理的分離がなされ、既存の安全機能に悪影響を与えない設計とした。
2. 原子炉冷却材圧力バウンダリの耐圧、隔離設計を阻害しないこと	-	-	-	-	-	-	(該当する設備変更を伴う AM 策はない)
3. 格納容器の隔離設計を阻害しないこと	-	-	-	-	○	-	耐圧強化ベントラインは非常用ガス処理系に接続するが、隔離弁及びラプチャーディスクを設け、原子炉格納容器内の気体が大気に流出するのを防止するためのバックアップとした。また、ラプチャーディスクの上流側と下流側を非常用ガス処理系のそれぞれ接続する個所と同一の設計とした。
4. 既存系統の安全機能を阻害しないこと							
(1) 安全保護系	○	○	○	-	-	-	代替反応度制御及び原子炉減圧の自動化においては、原子炉水位等のセンサーは安全保護系と共有するが、信号回路を既存の安全保護系と分離し、既存の安全機能に悪影響を与えない設計とした。
(2) 原子炉停止系	-	○	-	-	-	-	代替反応度制御で新設した計測制御系は、既存の原子炉緊急停止系作動回路と分離する設計とした。また、新設した電磁弁等の位置、構成は、原子炉緊急停止系機能を阻害しない設計とした。
(3) a. 非常用炉心冷却系	-	-	○	○	-	-	原子炉減圧の自動化で新設した計測制御系は、既設自動減圧系と分離する設計とした。 代替注水を行う際使用する配管のうち、残留熱除去系と補給水系の接続部配管には隔離弁を設け、残留熱除去系から隔離弁までを残留熱除去系と同一の設計とした。
b. 残留熱を除去する系統	-	-	-	○	-	-	代替注水を行う際使用する配管のうち、残留熱除去系と補給水系の接続部配管には隔離弁を設け、残留熱除去系から隔離弁までを残留熱除去系と同一の設計とした。
c. 原子炉格納容器除熱系	-	-	-	○	-	-	同 上
d. 格納容器雰囲気制御する系統	-	-	-	○	○	-	代替注水を行う際使用する配管のうち、残留熱除去系と補給水系の接続部配管には隔離弁を設け、残留熱除去系から隔離弁までを残留熱除去系と同一の設計とした。 耐圧強化ベントラインは非常用ガス処理系に接続することから、ラプチャーディスクの上流側と下流側を非常用ガス処理系のそれぞれ接続する個所と同一の設計とした。
(4) 最終的な熱の逃がし場へ熱を輸送する系統	-	-	-	-	-	-	(該当する設備変更を伴う AM 策はない)
(5) 電源系	○	○	○	○	○	○	信号回路、電動弁の電源部は、接続する既存電源系と同等の設計とした。また、電源の接続においては遮断器を設置することにより既存の安全機能に悪影響を与えない設計とした。
(6) そのほか	-	-	-	○	-	-	代替注水を行う際使用する配管のうち、補給水系と消火系の接続部配管には隔離弁を設けることにより、相互に悪影響を与えない設計とした。
5. 安全評価上悪影響を及ぼさないこと	○*	○*	○*	○	○	○	自動起動する設備の設置については、チャンネルの単一故障を想定し、論理回路を多重構成とすることにより誤動作の防止を図っており、設計基準事象内の現行の安全評価事象に悪影響を与えない、又は現行の評価事象に包絡される。また、手動操作により動作する設備は、設計基準事象外の状態を検知して使用する手順としたことから、現行の安全評価に影響を与えない。電源の融通については電源の復旧操作であるため、現行の安全評価に影響を与えない。

○：該当する設備変更あり -：該当する設備変更なし *：自動起動する設備

赤字：AM整備当時の図面から追記・修正した箇所

【凡例】 AO：空気作動弁 FC：Fail Close（駆動源喪失時に閉止）
 MO：電動弁 FA：Fail As-Is（駆動源喪失時に現状維持）
 FO：Fail Open（駆動源喪失時に開放）



35

図-2.3 耐圧強化ベント（概念図）

志賀原子力発電所 2 号炉の
アクシデントマネジメント検討報告書

(抜粋)

平成 1 5 年 7 月

北陸電力株式会社

表2 安全機能への影響確認一覧

設計上配慮すべき項目	代替注水	耐圧強化ベント	隣接原子炉施設からの電源融通	対応方法
1. 安全設備の多重性, 独立性を阻害しないこと	○	○	○	安全機能を有する設備とアクシデントマネジメントに関する設備の間では, 機能的分離, 物理的分離がなされ, 安全機能に影響を与えない設計とする。
2. 原子炉冷却材圧力バウンダリの耐圧, 隔離設計を阻害しないこと	—	—	—	(該当する設備変更を伴うアクシデントマネジメント策はない。)
3. 原子炉格納容器の機能, 隔離設計を阻害しないこと	—	○	—	耐圧強化ベントラインには隔離弁を設け, 隔離弁までは原子炉格納容器バウンダリと同一の設計とする。 また, 耐圧強化ベントラインの隔離弁以降にラプチャーディスクを設け, 原子炉格納容器内の気体が大気に流出するのを防止するためのバックアップとする。このため, 隔離弁からラプチャーディスクまでを原子炉格納容器バウンダリの最高使用圧力及び最高使用温度で設計する。 下部ドライウェル注水ラインには隔離弁を設け, 隔離弁までは原子炉格納容器バウンダリと同一の設計とする。
4. 安全機能を阻害しないこと				
(1) 安全保護系	—	—	—	(該当する設備変更を伴うアクシデントマネジメント策はない)
(2) 原子炉停止系	—	—	—	同上
(3) a. 非常用炉心冷却系	○	—	—	代替注水を行う際に使用する配管のうち, 残留熱除去系と復水補給水系の接続部配管には隔離弁を設け, 残留熱除去系から隔離弁までを残留熱除去系と同一の設計とする。
b. 残留熱を除去する系統	○	—	—	同上
c. 原子炉格納容器除熱系	○	—	—	同上
d. 格納容器雰囲気を制御する系統	○	○	—	代替注水を行う際に使用する配管のうち, 残留熱除去系と復水補給水系の接続部配管には隔離弁を設け, 残留熱除去系から隔離弁までを残留熱除去系と同一の設計とする。 耐圧強化ベントラインは非常用ガス処理系に接続することから, ラプチャーディスクの上流側と下流側を非常用ガス処理系のそれぞれ接続する箇所と同一の設計とする。
(4) 電源系	○	○	○	電源の接続部においては遮断器を設置することにより安全機能に影響を与えない設計とする。
(5) その他	○	—	—	代替注水を行う際使用する配管のうち, 復水補給水系と消火系の接続部配管には隔離弁を設けることにより, 相互に影響を与えない設計とする。
5. 安全評価上影響を及ぼさないこと	○	○	○	手動操作により動作する設備は, 設計基準事象外の状態を検知して使用する手順とすること及びアクシデントマネジメントに係る設備に単一の故障等を想定した場合でも新たな異常状態は発生しないことから, 安全評価に影響を与えない。また, 電源の融通については電源の復旧操作であるため, 安全評価に影響を与えない。

○：該当する設備変更有り —：該当する設備無し

赤字：AM検討当時の図面から追記した箇所

【凡例】 AO：空気作動弁 FC：Fail Close（駆動源喪失時に閉止）
 MO：電動弁 FA：Fail As-Is（駆動源喪失時に現状維持）
 FO：Fail Open（駆動源喪失時に開放）

35

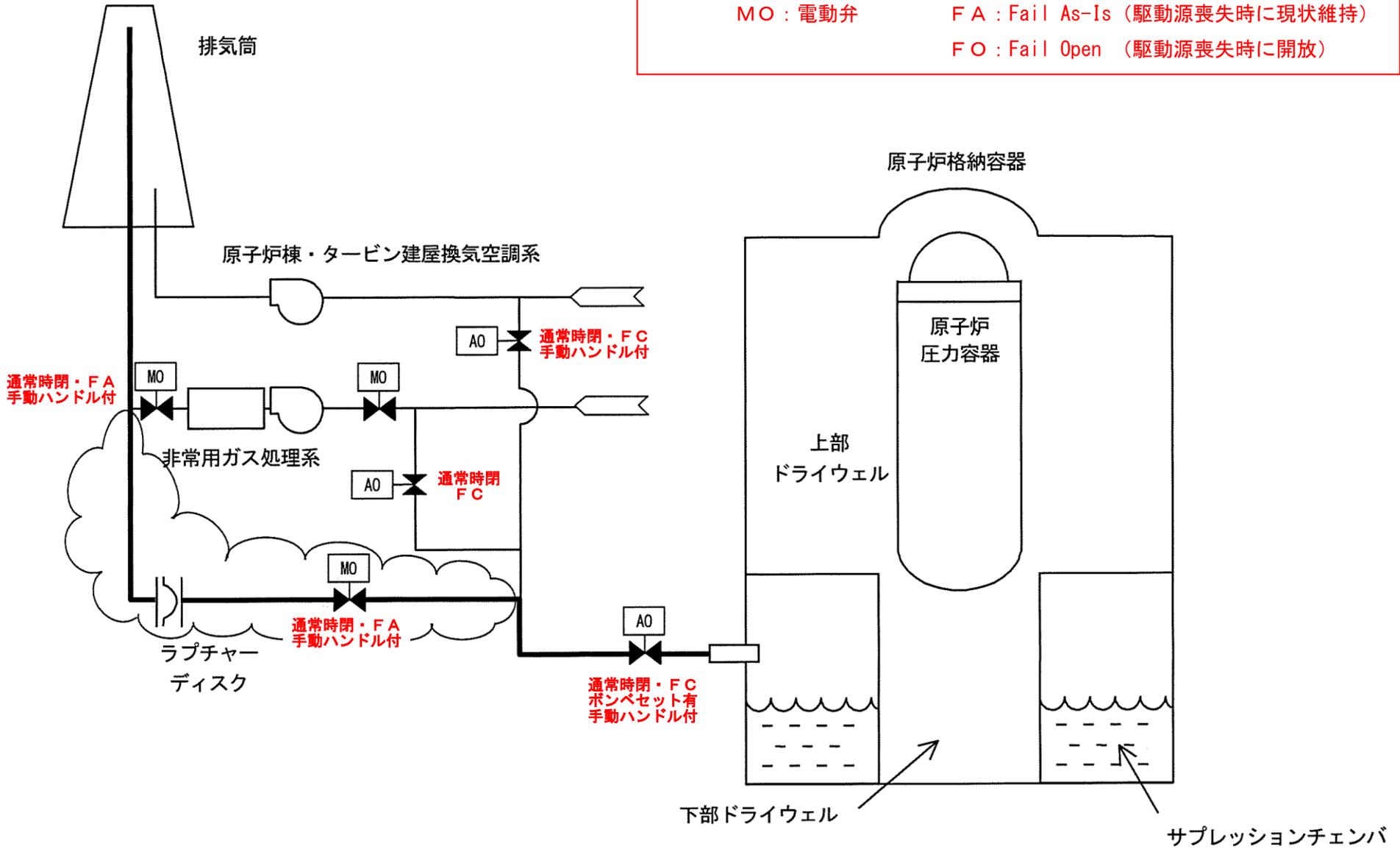


図-5 耐圧強化ベント設備（設備）