

北電原第33号

2021年5月10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

住 所 札幌市中央区大通東1丁目2番地

会 社 名 北海道電力株式会社

代表者氏名 代表取締役社長 藤井 裕

「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(回答)

令和3年4月5日付け原規規発第2104051号をもって依頼のありました件について、別紙のとおり回答いたします。

別紙： 中間取りまとめに関する見解等の回答 (北海道電力株式会社)

以上

中間取りまとめに関する見解等の回答（北海道電力株式会社）

中間取りまとめに関する見解等の回答様式

<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、〇〇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	

枠囲みの範囲は、機密に係る事項のため公開することはできません。

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 2号機における原子炉格納容器ベントが成功しなかった理由は、ラプチャーディスクの作動圧力に到達しなかったためであることに対して、異なる見解は無い。
		②	否 2号機における原子炉格納容器ベントが成功しなかった理由は、ラプチャーディスクの作動圧力に到達しなかったためであることが解明されていることから、更なる調査は不要である。
		③	特定重大事故等対処施設として設置を計画しているフィルタベントシステム(以下、「FVS」という) [] また、 [] [] 設計する計画である。
		④	特に無し。
(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 原子炉格納容器ベントが成功しなかったことは重要な事象のため、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ことについて、異なる見解は無い。
		②	否 当社の特定重大事故等対処施設によるPCV破損防止対策は、事象進展に応じたPCV破損防止対策の意義や役割を検討し、ベント機能を期待する時には確実に機能を確立できる設計とする計画であることから、更なる調査は不要である。
		③	FVSの [] また、 [] よって、事象進展に応じたPCV破損防止対策としては、 [] [] 設計とする計画である。
		④	特に無し。
(1)-3	なお、3号機のRDにおいてもベントラインの系統構成完了時点では作動圧力には到達しておらず、その後の意図しない自動減圧系(以下「ADS」という。)の動作に伴ってRDが破裂したことでベントに成功している。	①	無 3号機のベントが成功した理由は、意図しない自動減圧系の動作によりラプチャーディスクが破裂したためであることに対して、異なる見解は無い。
		②	否 3号機のベントが成功した理由は、意図しない自動減圧系の動作によりラプチャーディスクが破裂したためであることが解明されているため、更なる調査は不要である。
		③	FVSは、 [] 設計とする計画である。 また、FVSは、 [] 設計を計画している。 なお、PWRプラントの自動減圧系に相当する系統の動作ロジックについては、確認事項(8)-1にて回答する。
		④	特に無し。

番号	事項	回答項目	回答内容、理由		
(2)-1	「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。	①	無	自号機のSGTS及び原子炉建屋内へのベントガスの逆流、汚染及び水素流入の要因は、AM対策の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SGTS配管への接続に起因していることについて、異なる見解は無い。	
		②	否	自号機のSGTS及び原子炉建屋内へのベントガスの逆流、汚染及び水素流入の要因は、AM対策の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SGTS配管への接続に起因していることが解明されているため、更なる調査は不要である。	
		③	FVS設計では、 <input type="text"/> 設計とする計画である。 <input type="text"/>		
		④	特に無し。		
(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	AM設備を既存の重要安全施設に接続したことによる悪影響への対策は重要なため、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、異なる見解は無い。	
		②	否	当社における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したことから、更なる調査は不要である。	
		③	<p>■当社のAM対策における設計、施工、運用への反映に係る考え方は次のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・設計段階については、設計基準事象(DB)のバックアップとして悪影響を及ぼさないよう、異系統を接続する際には接続部への隔離機能を設けている。隔離機能は、駆動源を喪失しても隔離機能を維持する設計としている。 ・施工を含めた詳細設計以降の考え方は、通常の品質保証活動にて隔離境界を明確にして品質重要度に応じた詳細設計および施工管理を実施している。 ・運用では、AM対策当時において十分に確認されていなかった重大事故等時の現場操作性を含めた機能の成立性は、新規制対応で確認を実施している。 <p>■AM対策における設計の考え方について、当時のPWRにおいても外部事象の想定が不足していたことに関しては、東京電力福島第一原子力発電所と同様であったと考えられる。新規制対応においては、安全性向上評価届出等を通じて外部事象をはじめ自主的安全性向上に資する最新知見の把握を継続的に進めることとしており、その結果得られた知見等については、安全対策設備の設計、施工および運用へ適切に反映する。</p>		
		④	特に無し。		

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配管の一部を経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 1号機はAM対策により、ベントガスがSGTS配管の一部を経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、異なる見解は無い。
		②	否 1号機はAM対策により、ベントガスがSGTS配管の一部を経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が解明されているため、更なる調査は不要である。
		③	FVSは、 <input type="text"/> 設計が異なる。
		④	特に無し。
(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 1/2号機共用排気筒下部で高い汚染が確認された要因は、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ためであることについて、異なる見解は無い。
		②	否 1/2号機共用排気筒下部で高い汚染が確認された要因は、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ためであることが解明されているため、更なる調査は不要である。
		③	格納容器の減圧・冷却にかかるAM対策は、格納容器再循環ユニットを使用した格納容器自然対流冷却および消火水スプレイを設けており、格納容器からのベント機能をAM対策として設けていない。
		④	特に無し。
(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確認する必要がある。	①	無 1/2号機共用排気筒下部で高い汚染が確認されたことへの対策は重要なため、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確認することについて、異なる見解は無い。
		②	否 当社のAM対策としては、格納容器からのベント機能を設けていないことから、更なる調査は不要である。
		③	(3)-2に同じ。
		④	特に無し。
(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 1/2号機共用排気筒下部で高い汚染が確認されたことへの対策は重要なため、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、異なる見解は無い。
		②	否 当社のAM対策としては、格納容器からのベント機能を設けていない。また、当社のFVSは、 <input type="text"/> 設計とする計画であることから、更なる調査は不要である。
		③	当社のAM対策としては、格納容器からのベント機能を設けていない。また、当社のFVSは、 <input type="text"/> 設計とする計画である。
		④	特に無し。

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ブ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	無	真空破壊弁がバウンダリ機能を喪失した場合、スクラビングを経由しないPCV外への放出経路となる可能性について、異なる見解はない。	
		②	否	真空破壊弁の機能喪失時における環境放出に与える影響についても評価済みであり、更なる調査は不要である。	
		③		格納容器の過負圧を防止するため設置している格納容器真空逃がし系は、格納容器内側隔離弁および格納容器外側隔離弁を設置した系統構成として設計し、事故時においては格納容器外側隔離弁が格納容器隔離信号により閉止するため、格納容器内側隔離弁である真空逃がし弁の開固着やシート部リーク等の単一故障を想定しても格納容器バウンダリ機能が維持可能であり、格納容器漏えい率として見込んでいない格納容器外への放出経路が生じない設計としている。 FVSの [] 設計とする。	
		④	特に無し。		
(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	(4)-1に同じ。	
		②	否	(4)-1に同じ。	
		③		(4)-1のとおり、格納容器真空逃がし系を設計している。格納容器外側隔離弁は格納容器隔離信号により閉止するFail Close弁であり、設置するアニュラス内の事故時最高温度を考慮しても設計仕様温度を超えることはなく、シート性能の維持が可能な設計としている。よって漏えい経路として新たに追加する必要はない。	
		④	特に無し。		

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	無 原子炉建屋破損の主要因が滞留した水素の爆燃による可能性が高いとすることについて、異なる見解はない。
		②	否 画像解析および建屋内設備の損傷状況から1号機および3号機とも水素爆燃が生じていたこと、水素は耐圧強化ベントの使用により建屋内に逆流したことが解明されており、更なる調査は不要である。
		③	格納容器内で発生した水素は、格納容器内の水素濃度低減設備により処理する設計としており、格納容器から漏えいする水素を含む雰囲気ガスは、アニュラス内において水素濃度が可燃濃度下限の4%に達しないととも、アニュラス空気浄化システムにより希釈・排気することで、格納容器外にて可燃濃度を超える水素が滞留しないよう設計している。アニュラス内水素濃度についても、水素濃度計により監視できる設計としている。
		④	特に無し。
(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 3号機と1号機の建屋破損状況を比較した結果から、3号機では水素以外の可燃性ガスが寄与している可能性が高いとすることについて、異なる見解はない。
		②	要 3号機の建屋破損時の画像解析から1号機と異なった爆発形態であることが判明しているが、可燃性ガスの性状・発生メカニズム等について未解明であり、今後、異なった爆発形態となった原因について調査する必要があると考えられる。今後、水素爆発時の原子炉建屋内のガス組成の調査・分析を進めるとしていることから、当該調査内容・成果を確認していく(原子力規制庁の調査に協力)。
		③	可燃性ガスの発生メカニズム等は未解明であるものの、事故時において高温環境となる格納容器内にて生成する場合、(5)-1の③の水素と同様、格納容器外へ漏えいする水素以外のガスについても、アニュラス空気浄化系により希釈・排気することにより、アニュラス部におけるガス濃度は低く抑えることが可能な設計としている。事故時における水素以外の可燃性ガスの発生メカニズムおよびその影響について、今後判明する可燃性ガスにかかる知見等をふまえ、対策を検討していく必要がある。
		④	特に無し。

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	逃がし弁機能の動作が不安定であった理由は説明されておらず、原因不明とすることについて、異なる見解はない。
		②	否	SRVの逃がし弁機能の不安定動作の原因は説明されていないが、洩の類似弁である加圧器逃がし弁は、格納容器温度が上昇する環境において動作を期待しておらず、更なる調査は不要である。
		③		類似の機能を有する加圧器逃がし弁は、格納容器隔離時における駆動用空気源を格納容器内に設置せず、バックアップ駆動源を接続するまでは駆動源喪失ポジションとなる設計とし、格納容器隔離による駆動用空気源の遮断された状態において、バックアップ駆動源(窒素ポンプ)およびバックアップ電源(可搬型バッテリー)を必要時に接続することで遠隔操作を可能とするSA対策を整備している。 加圧器逃がし弁は、開度調整機構のないON-OFF弁であり、駆動源が全開に要する圧力に満たない場合には中途開となり、そのまま固着する可能性はあるものの、加圧器逃がし弁上流に設置している加圧器逃がし弁元弁を閉止することにより1次冷却材の漏えいを停止することが可能な設計としている。そのため、加圧器逃がし弁の不安定動作により1次冷却材系統の挙動に影響することはない。
		④	特に無し。	
(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	SA環境において動作を期待する設備について不安定動作となる可能性がないか把握することについて、異なる見解はない。
		②	否	SA時に動作を期待する設備について、SA環境における健全性を確認しており、更なる調査は不要である。
		③		不安定動作を懸念する設備は、動的設備かつ通常運転時と設置環境が大きく変化する設備を考える必要があり、設置環境の変化が大きいエリアとして、原子炉格納容器内および原子炉格納容器に隣接する区画があげられ、該当する区画での動的設備として弁があげられる。なお、以下に記載する逃がし弁以外の安全弁他についての見解は(7)にて記載する。 重大事故等時に通常運転状態から大きく環境変化が想定される格納容器内に設置し、重大事故等収束に使用する逃がし弁は加圧器逃がし弁のみであり、不安定動作に対する考えが(6)-1のとおりである。重大事故等の発生により高温状態となる主蒸気管室内に設置する主蒸気逃がし弁は、手動操作機構を備えており、制御系の不調や駆動源喪失時においては、手動にて開度調整が可能な設計としており、意図しない不安定動作が発生した場合においても手動調整が可能である。
		④	特に無し。	

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	無	SA条件下において安全弁機能の作動開始圧力が低下していたなどの調査結果に対し、異なる見解はない。
		②	否	SA設備について、SA時の環境影響を考慮した設備健全性を評価しており、更なる調査は不要である。
		③		SA条件下において設計基準事故と環境条件が大きく異なるエリアは、格納容器内および格納容器に隣接するエリアがあり、該当するエリアにおいてSA対応のために動作が必要である設備として弁を設置している。該当エリアに設置している弁は、格納容器内に設置している加圧器安全弁、加圧器逃がし弁、主蒸気管室に設置している主蒸気安全弁、主蒸気逃がし弁、その他の格納容器貫通部室に設置している格納容器隔離弁がある。 加圧器安全弁、主蒸気安全弁は、環境温度の上昇により福島第一原子力発電所のSRVと同様、作動開始圧力の低下が生じる。弁周囲環境が高温ではない事象発生初期の動作に期待しており、格納容器内温度が有意に上昇し、弁周囲環境が高温となる状況においては、両弁とも内包流体の圧力低下により弁作動圧力に到達することはなく、プラント挙動、SA対策に影響を与えない。 加圧器逃がし弁、主蒸気逃がし弁は、SA対策として遠隔操作不能を想定した代替駆動源による機能回復または手動操作が可能な設計とすることで、意図した動作を可能な設計としており、プラント挙動に影響を与えない。 上記以外の弁において、SA条件下の動作に期待する弁は電動弁であり、設置エリアの環境において代替電源の供給により意図した動作が可能な設計とする。 代替電源による給電は、起動時負荷上昇を考慮して代替電源の容量を超えない接続負荷を設定し、対応手順に従って負荷接続することで、代替電源による安定した給電ができる設計とする。
		④	特に無し。	
(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環境における設備が確実に動作する知見を集積する必要があることについて、異なる見解はない。
		②	否	SA設備について、SA時の環境影響を考慮した設備健全性を評価しており、更なる調査は不要である。
		③		(7)-1のとおり、SA時の環境を考慮した動的設備である弁について、それぞれのSA時環境を考慮しても、プラント挙動、SA対策に影響を与えない。但し、SA環境における動作不安定などの挙動について知見を収集し、必要に応じ動作の安定化を図るなど更なる改善につなげていく。
		④	特に無し。	
(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	(7)-2に同じ。
		②	否	(7)-2に同じ。
		③		各設備のSA環境下での耐環境性を確認するとともに、測定原理の異なる複数の計測器にて対象とする物理量の変化を監視するよう、使用する計測器を選定している。このため、一つの計測機能の喪失を想定しても、プラント挙動を把握する機能を喪失しないよう設計する。
		④	特に無し。	

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(サブ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	無	(1)-3に同じ。
		②	否	(1)-3に同じ。
		③	FVSは [] 設計とする計画である。 当社の系統機能確立のロジック成立条件として、動的機器の動作状態は弁リミットSW, 回転機器についてはP/C, C/Cの電磁接触器の動作にて検知することとしている。ロジックを構成する系統・設備が確実に動作していることを成立条件とする設計としており、プロセス計測値(ポンプ出口圧力など)にて系統機能確立を判断するロジック設計としていない。このため、事故時における系統状態の変化により期待する系統機能の確立と誤判断するロジック構成とはしていない。	
		④	特に無し。	
(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	(1)-3に同じ。
		②	否	(1)-3に同じ。
		③	ADSに相当する自動減圧ロジック・系統は設置していない。その他は(8)-1に同じ。	
		④	特に無し。	
(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	水素発生による事故シーケンスに対する影響を具体的に確認する必要があることについて、異なる見解はない。
		②	否	水素を主とする環境下においては水蒸気飽和状態における格納容器挙動が変化すると考えるが、泊においてはSA時の水素発生量を定量的に評価しており、最大量の水素発生を想定した格納容器挙動を具体的に確認していることから、更なる調査は不要である。
		③	水素発生を最大限に見込んだ格納容器圧力への影響について、イグナイタ効果を考慮しない保守的な条件にて評価しており、水素分圧に比較し水蒸気分圧が高い状態であることを確認している。	
		④	特に無し。	

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	無 ベント成功は初期の2回のみであることについて、異なる見解はない。
		②	否 3回目以降のベント効果と想定していた格納容器挙動について、ベントによらない格納容器内挙動であるとする見解がまとめられており、更なる調査は不要である。
		③	FVSは、 <input type="text"/> <input type="text"/> 設計とする。
		④	特に無し。
(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 3号機で発生した水素が、SGTSを介して4号機の原子炉建屋に流入し水素爆発が発生したことについて、異なる見解はない。
		②	否 3号機のベント成功が初期の2回のみとする結論に至っており、4号機においては水素が発生する環境にはなかったことから、3号機の最後のベント時(2回目)に4号機に流入した水素によって4号機建屋が水素爆発により損壊したことについて、更なる調査は不要である。
		③	格納容器にて発生した水素は、格納容器内の水素濃度低減設備(PAR、イグナイタ)により可燃濃度未満に保つとともに、格納容器からの漏えい水素はアニュラス空気浄化設備により排気筒から排気する設計としている。格納容器雰囲気気の排出系は共用設計とせず、他号炉への水素影響を及ぼさない設計としており、他号炉に水素が流入し滞留することのない設計としている。 <input type="text"/>
		④	特に無し。
(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 水素滞留が想定される環境下における作業安全の確保を検討する必要があることについて、異なる見解はない。
		②	否 3号機からの排出水素が4号機に流入・滞留した状態が継続していたとの結論を得ており、更なる調査は不要である。
		③	(9)-2のとおり共用設計としないことにより他号炉に水素流入・滞留することなく、アニュラス排気系により排気筒から水素排出する設計とすることにより、原子炉建屋等の作業員が活動するエリアへの水素流入・滞留を防止する対策を講じており水素滞留・可燃濃度に達する可能性は低い設計としているが、アニュラス内の水素濃度および格納容器内の水素濃度を監視することにより想定外の水素発生状況ではないことを確認していく。
		④	特に無し。