

原発本第 144 号

2021 年 11 月 2 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 福岡市中央区渡辺通二丁目 1 番 82 号

会 社 名 九州電力株式会社

代表者氏名 代表取締役社長執行役員 池辺 和弘

『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)」に対する回答に係る対応について
(回答)

令和 3 年 10 月 19 日付け原規規発第 2110194 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 (回答) に対して、改めて見解等を聴取する事項の回答

以 上

中間取りまとめに関する見解等（回答）に対して、改めて見解等を聴取する事項の回答（九州電力株式会社）

中間取りまとめに関する見解等（回答）に対して、 改めて見解等を聴取する事項（2021年10月19日）の回答			【参考】「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）（2021年5月10日）			
番号	事項	回答	番号	事項	回答項目	回答内容、理由
(1) -2③ 関係	(ア)原子炉格納容器（以下「PCV」という。）破損防止対策の意義や役割として、提示された回答に至った根拠を示すこと。	<p>(ア)</p> <p>【新規制基準施行前】</p> <p>SA時の事象に関する研究の知見や確率論的リスク評価（以下「PRA」という。）の実施等により得られた事象進展、安全上の特徴に関する知見を踏まえ、現有設備を最大限に活用して更なる安全性向上を図ることを基本方針としてAM対策を整備していた。</p> <p>AM対策については、SA研究により考慮すべき物理現象を把握した上で、PRAでの格納容器破損モードごとの寄与割合から、寄与の大きいモードの事象発生を防止する機能を検討すべき対策として実施する方針としていた。</p> <p>このため、水素対策については格納容器の自由体積が大きいため高濃度に至ることはなく、着火しても格納容器の健全性が脅かされることはない判断して対策を実施していなかった。</p> <p>また、外的事象による設計基準事故対処設備に期待できないような想定を超える事象を考慮しておらず、対策を整備していなかった。</p> <p>【新規制基準施行後】</p> <p>SA設備や特定重大事故等対処施設の設置にあたって必要な格納容器破損防止対策を実施し、実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（以下「設置許可基準規則」という。）に適合することを確認している。</p> <p>その中で、想定されるすべての格納容器破損モードについて考慮するとともに、内的事象だけでなく外的事象を含めた事故シーケンスに対して格納容器破損防止対策を実施している。</p>	(1) -2	このことを踏まえること、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。	③	<p>本報告書にある福島第一原子力発電所（沸騰水型軽水炉）におけるPCV破損防止対策に相当するものは、当社プラント（加圧水型軽水炉）では、格納容器破損防止対策が該当するものとして以下のとおり回答する。</p> <p>【新規制基準施行前】</p> <p>[川内原子力発電所1, 2号機]</p> <p>○AM対策の検討にあたり、事象進展の早い事象や1次冷却系圧力の高い事象に対して、格納容器破損を防止できることを確認している。</p> <p>○水素対策については、原子炉格納容器の健全性への影響は小さいものとして採用しておらず、福島第一原子力発電所事故と同様の事象となった場合、原子炉格納容器への水素滞留の可能性が否定できないと考える。</p> <p>○AM対策では、福島第一原子力発電所事故と同様の事象となった場合、以下の観点から格納容器破損の可能性が否定できないと考える。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・内的事象での放射性物質の閉じ込め機能を主眼においた対策を採用していた。 ・外的事象による長期SBO、複数号機の同時被災、受電設備の水没などによる設計基準事故対処設備に期待できないような想定を超える事象を考慮していなかったため、放射性物質の環境への放出を低減する機能については採用していなかった。 <p>[玄海原子力発電所1～4号機]</p> <p>○川内原子力発電所と相違なし。</p> <p>【新規制基準施行後】</p> <p>[川内原子力発電所1, 2号機]</p> <p>○SA設備や特定重大事故等対処施設の設置にあたり、以下の格納</p>

中間取りまとめに関する見解等（回答）に対して、 改めて見解等を聴取する事項（2021年10月19日）の回答			【参考】「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）（2021年5月10日）			
番号	事項	回答	番号	事項	回答項目	回答内容、理由
	<p>(イ)PCVの過圧の要因として、水蒸気だけではなく非凝縮性ガスの存在を考慮すべきではないか。</p> <p>(ウ)PCV破損防止対策は、どのような目的で実施することが適切であると考えているか。</p>	<p>(イ) 格納容器の過圧は非凝縮性ガスによる影響も適切に考慮すべきであり、設置許可基準規則の適合性審査においては、水蒸気だけでなくジルコニウム-水反応、金属腐食により発生する水素や熔融炉心・コンクリート相互作用により発生する一酸化炭素等を考慮した上で、設置許可基準規則に適合することを確認している。</p> <p>(ウ) 格納容器破損防止対策は、格納容器破損により大量の放射性物質が管理されずに放出されることを防止する目的で実施するものであると考えている。 このため、PRAを踏まえた想定すべき格納容器破損モードに対して必要な対策を実施し、格納容器破損を防止する設計としている。</p>				<p>容器破損防止対策を実施している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・事象進展の早い事象、遅い事象、1次冷却系圧力の高い事象に対して、格納容器破損を防止できることを確認している。 ・水素濃度が高くなる事象に対して、静的触媒式水素再結合装置、電気式水素燃焼装置を設置していることを考慮し、格納容器破損を防止できることを確認するとともに、水素滞留防止対策として、アニュラス空気浄化ファンを起動し、アニュラスからフィルタユニットを通して屋外へ水素排出する手順を整備している。 ・受電設備の浸水防止対策を実施したことに加え、常設や可搬式といった電源の多重化・多様化を図っている。（例：代替格納容器スプレイとして採用した常設電動注入ポンプは、既存の受電系統と独立した系統からの給電が可能な設計となっている。） ・設計基準事故対処設備やSA設備に期待できないような想定を超える事象に対し、格納容器破損を防止でき、かつ、放射性物質の環境への放出を低減する機能を有するフィルタベント等を設置している。 <p>[玄海原子力発電所3，4号機（1，2号機は廃止措置中）] ○川内原子力発電所と相違なし。但し、特定重大事故等対処施設については、設置工事中である。</p>

中間取りまとめに関する見解等（回答）に対して、 改めて見解等を聴取する事項（2021年10月19日）の回答			【参考】「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）（2021年5月10日）			
番号	事項	回答	番号	事項	回答項目	回答内容、理由
(2) 及び (3) 関係	<p>(ア)「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について、以下の事項を回答すること。</p> <p>i. アクシデントは、どのような考え方により想定されていたのか。</p> <p>ii. アクシデントの想定に対して、どのような対策（設計、施工及び運用）を講じる方針としたのか。（想定したアクシデントごとに示すこと）</p>	<p>(ア)</p> <p>i. 内の事象を対象とした確率論的リスク評価（PRA）を実施し、PRAから得られた知見及びシビアアクシデント時の事象に関する知見等に基づき、米国のシビアアクシデント対策を参考に、炉心及び格納容器の健全性維持の観点で考慮すべきアクシデントの抽出を実施した。</p> <p>炉心健全性の維持にかかわる事故シーケンスとして、「原子炉停止機能喪失」、「2次系からの除熱機能喪失」、「ECCS注水機能喪失」、「ECCS再循環機能喪失」、「漏洩箇所の隔離機能喪失」、「格納容器の除熱機能喪失」、「安全機能のサポート機能喪失」を抽出した。</p> <p>また、格納容器健全性の維持にかかわる格納容器損傷モードとして、「水蒸気（崩壊熱）による過圧」、「貫通部過温」、「コンクリート侵食」、「可燃性ガスの高濃度での燃焼」、「水蒸気爆発」、「格納容器雰囲気直接加熱」、「格納容器への直接接触」を抽出した。これらのうち、「可燃性ガスの高濃度での燃焼」は格納容器内自由体積が大きいこと、可燃性ガスが高濃度に至ることはなく、着火しても格納容器の健全性が脅かされることはない判断した。また、「水蒸気爆発」、「格納容器雰囲気直接加熱」、「格納容器への直接接触」は、原子炉容器の周辺が強固なコンクリート構造物で囲まれていること及び上部はミサイルシールドが設置されていること等を考慮すると、格納容器の健全性が脅かされることはない判断した。</p> <p>ii. 抽出した事故シーケンス等の発生を防止するために、現有する設備を最大限に活用することを第一に考慮し、代替手段の確保や手順面の整備を中心にAM対策を検討した。AM対策については、抽出した事故シーケンス等を踏まえ(a)原子炉停止機能、(b)炉心冷却機能、(c)放射性物質の閉じ込め機能、(d)安全機能のサポート機能の4つの分類から検討を行い、既存の安全機能や安全評価に悪影響を与えないよう設計するとともに、定期検査期間等を利用し必要に応じて設備改造を実施することとした。また、整備したAM対策を適切に運用するために、事故時の対応体制や手順書類の整備及び教育・訓練等を実施することとした。</p>				

中間取りまとめに関する見解等（回答）に対して、 改めて見解等を聴取する事項（2021年10月19日）の回答			【参考】「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）（2021年5月10日）			
番号	事項	回答	番号	事項	回答項目	回答内容、理由
	iii. アクシデントの想定に対する対策方針を踏まえて、具体的にどのような対策を講じたのか。（対策方針ごとに示すこと）	iii. 検討の結果、以下のAM対策を整備した。 (a)原子炉停止機能 ・緊急2次系冷却の多様化 (b)炉心冷却機能 ・タービンバイパス系の活用 ・代替再循環 ・格納容器内自然対流冷却 ・代替補機冷却 ・クールダウン&リサーキュレーション (c)放射性物質の閉じ込め機能 ・格納容器内自然対流冷却 ・格納容器内注水 ・1次系強制減圧 (d)安全機能のサポート機能 ・代替補機冷却 ・号機間電源融通				
	iv. アクシデントの想定に対する対策は、どのような機能、効果を期待していたのか。（対策ごとに示すこと）	iv. AM対策の概要は以下の通り。 (a)原子炉停止機能 ・緊急2次系冷却の多様化 原子炉の自動停止及び補助給水系の起動に失敗した場合に、主給水系を手動起動し、蒸気発生器により炉心発生熱を除去する。 (b)炉心冷却機能 ・タービンバイパス系の活用 高圧注入系の多重故障等により炉心の冷却に失敗し、蒸気発生器からの除熱が必要な事象において、主蒸気逃がし弁の手動開に失敗した場合に、タービンバイパス系を使用して蒸気発生器による除熱を行う。 ・代替再循環 （川内1／2号機）ECCS再循環に失敗した場合に、余熱除去系と格納容器スプレイ系の接続を行い、格納容器スプレイ系による炉心注入を行う。 （玄海3／4号機）ECCS再循環に失敗した場合に、燃料取替用水タンク（4号機は燃料取替用水ピット）にほう酸水を補給してECCS				

中間取りまとめに関する見解等（回答）に対して、 改めて見解等を聴取する事項（2021年10月19日）の回答			【参考】「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）（2021年5月10日）			
番号	事項	回答	番号	事項	回答項目	回答内容、理由
	(iv. つづき)	<p>による原子炉への注水を継続しつつ、代替再循環ポンプによる炉心注入を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> 格納容器内自然対流冷却 格納容器スプレイ系の作動に失敗し、格納容器圧力が異常に上昇した場合に、常用格納容器冷却系に原子炉補機冷却水を通水し、格納容器内の水蒸気を凝縮させ格納容器内の雰囲気冷却する。 代替補機冷却 原子炉補機冷却水系の機能が喪失した場合に、原子炉補機冷却水系で冷却している充てん／高圧注入ポンプ（玄海3／4号機は高圧注入ポンプ）、余熱除去ポンプ等の機器の停止及び2次系強制冷却を実施するとともに、必要に応じてポンプ間欠運転を行うことにより時間余裕を確保し、その間に空調用冷水系を余熱除去ポンプの原子炉補機冷却水系に接続し、余熱除去ポンプの運転を再開する。 クールダウン&リサーキュレーション 蒸気発生器伝熱管損傷等が発生し、漏えい箇所の隔離に失敗した場合に、ECCS等により原子炉への注水を確保しつつ、主蒸気逃がし弁等を用いた蒸気発生器による除熱及び加圧器逃がし弁等による原子炉の減圧を実施して漏えいを抑制するとともに、余熱除去系により長期的に炉心を冷却する。また、余熱除去系による冷却に失敗した場合は燃料取替用水タンク（玄海4号機は燃料取替用水ピット）へほう酸水の補給を行い、フィードアンドブリードによりECCS再循環を実施する。 <p>(c)放射性物質の閉じ込め機能</p> <ul style="list-style-type: none"> 格納容器内自然対流冷却 (b)炉心冷却機能における記載と同様。 格納容器内注水 炉心損傷を検知し、さらに格納容器スプレイ系の作動に失敗した場合に、ろ過水貯蔵タンク（玄海3／4号機は原水タンク）の水を消火ポンプを用いて格納容器スプレイ系のスプレイヘッドからスプレイすることにより格納容器内に注水し、崩壊熱により水蒸気を発生させた上で、その水蒸気を格納容器内自然対流冷却により凝縮する。さらに、格納容器スプレイ系の作動及び格納容器内自然対流冷却の両方に失敗した場合でも、消火ポンプによりろ過水貯蔵タンク（玄海3／4号機 				

中間取りまとめに関する見解等（回答）に対して、 改めて見解等を聴取する事項（2021年10月19日）の回答			【参考】「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）（2021年5月10日）			
番号	事項	回答	番号	事項	回答項目	回答内容、理由
	(iv. つづき)	<p>は原水タンク）の水を格納容器スプレイ系のスプレイヘッドからスプレイすることで、崩壊熱を格納容器内液相部に蓄熱して圧力上昇を抑制し、格納容器スプレイ系又は格納容器内自然対流冷却の復旧のための時間余裕を確保する。また、熔融炉心を冷却し、ベースマツトとのコア・コンクリート反応を防止する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・1次系強制減圧 高圧注入系の作動失敗及び蒸気発生器による除熱失敗により原子炉が高圧状態になった場合に、加圧器逃がし弁を手動で開放して原子炉を減圧することにより格納容器雰囲気直接加熱等の発生を防止する。 <p>(d)安全機能のサポート機能</p> <ul style="list-style-type: none"> ・代替補機冷却 (b)炉心冷却機能における記載と同様。 ・号機間電源融通 全交流動力電源喪失が発生した場合に、原子炉施設の安全系機器を手動に切り替えて自動起動しないよう措置した後、隣接する原子炉施設の安全系機器1系列の電源が確保されていることを確認してから、残りの1系列のディーゼル発電機より、全交流動力電源喪失が発生した原子炉施設に電源を融通する。 				
(2) -1③ 関係	(ア)福島第一原子力発電所 （以下「1F」という。）における耐圧強化ベントラインと非常用ガス処理系配管との関係と同様の関係にあった系統は、他にどのようなものが存在していたのか。	<p>(ア)</p> <p>【新規制基準施行前】 原子炉補機冷却水系や格納容器スプレイ系にAM対策設備を接続する際には、隔離弁等まで原子炉補機冷却水系や格納容器スプレイ系と同様に設計して、これらの系統に影響を与えないことを確認している。</p> <p>【新規制基準施行後】 代替格納容器スプレイ、移動式大容量ポンプ車による格納容器内自然対流冷却等の対策を講じており、これらの対策は設計基準対象施設への接続を行うが、通常時は接続先の系統と隔離しておく等の系統設計を行っている。</p> <p>そのため、当社において、福島第一原子力発電所における耐圧強化ベントラインと非常用ガス処理系配管との関係と同様の関係にあった系統はない。</p>	(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	③	<p>本報告書にある福島第一原子力発電所（沸騰水型軽水炉）におけるAM対策（耐圧強化ベントライン）に相当するものは、当社プラント（加圧水型軽水炉）では、AM/SA対策（格納容器内自然対流冷却等）及び特定重大事故等対処施設として設置するフィルタベントが該当するものとして以下のとおり回答する。</p> <p>【新規制基準施行前】 [川内原子力発電所1, 2号機] ○AM対策の格納容器破損防止対策として、原子炉補機冷却水系を用いた格納容器内自然対流冷却や消火水による格納容器スプレイ等を策定している。原子炉補機冷却水系や格納容器スプレイ系にAM対策設備を接続する際には、隔離弁等まで原子炉補機冷却水系や格納容器スプレイ系と同様に設計して、これらの系統に影響を与えないことを確認している。</p> <p>[玄海原子力発電所1～4号機]</p>

中間取りまとめに関する見解等（回答）に対して、 改めて見解等を聴取する事項（2021年10月19日）の回答			【参考】「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）（2021年5月10日）			
番号	事項	回答	番号	事項	回答項目	回答内容、理由
				<p>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>		<p>○川内原子力発電所と相違なし。</p> <p>【新規制基準施行後】 [川内原子力発電所1, 2号機]</p> <p>○SA対策として格納容器破損防止のために、代替格納容器スプレイ、移動式大容量ポンプ車による格納容器内自然対流冷却等の対策を講じている。これらの対策は設計基準対象施設への接続を行うが、通常時は接続先の系統と隔離しておく等の系統設計を行っている。</p> <p>○特定重大事故等対処施設としてフィルタベントを設置している。</p> <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%;"></div> <p>[玄海原子力発電所3, 4号機（1, 2号機は廃止措置中）]</p> <p>○川内原子力発電所と相違なし。但し、特定重大事故等対処施設については、設置工事中である。</p>
(3) -2① 関係	(ア)1Fのベントガスの挙動には、どのような特徴があったと考えるか。	<p>(ア)</p> <p>ベントガスの挙動については、中間とりまとめに記載のとおり、排気筒底部付近の線量が高いことから、ベントガスは排気筒底部に滞留していたと考える。</p> <p>これは、ベント排気配管から排気筒底部に接続する際に急減に口径が大きくなることでベントガス流速及び圧力が低下し、ベントガス中のエアロゾルが排気筒底部で滞留又は沈降したものと考えられる。また、ベントガス中の水蒸気が温度低下に伴い排気筒内部で凝縮水となったことでエアロゾルが排気筒底部に沈着したことも考えられる。</p>	(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	<p>無</p> <p>本報告書の調査・検討結果から、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ことについて、異なる見解は無い。</p>

中間取りまとめに関する見解等（回答）に対して、 改めて見解等を聴取する事項（2021年10月19日）の回答			【参考】「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）（2021年5月10日）			
番号	事項	回答	番号	事項	回答項目	回答内容、理由
(5) -1③ 関係	(ア)アニュラス内の水素濃度が上昇する要因として、どのようなことが考えられるか。 (イ)アニュラス内の水素濃度が4vol%以上となった場合、どのような事象が生じると考えられるか。 (ウ)PWRの水素対策の考え方の全体像について、BWRとPWRの設計等の違いによる差異も含めて示すこと。	(ア) SA条件下における原子炉格納容器貫通部の健全性は確認しており、原子炉格納容器からアニュラスへは原子炉格納容器の設計漏えい率で漏えいする。このため原子炉格納容器内で水素が発生した場合は、水素が原子炉格納容器の設計漏えい率にてアニュラスへ漏えいし、水素濃度が上昇すると考えている。 仮に、原子炉格納容器内での水素処理（静的触媒式水素再結合装置及び電気式水素燃焼装置）や、アニュラスからの水素排出（アニュラス空気浄化設備）が機能しない場合、並びに現在のSA事象の想定を超えるような状態が発生して原子炉格納容器貫通部が破損し、原子炉格納容器の閉じ込め機能が喪失した場合は、アニュラス内の水素濃度がさらに上昇すると考えている。 (イ) アニュラス内の水素濃度が約4vol%となった場合は、可燃領域に入り、着火源がある場合は水素燃焼が生じる。アニュラス内の設備はこのような水素燃焼に耐えられる設計となっていないことから、仮にアニュラス内で燃焼が発生した場合は、影響を受けることが考えられる。 但し、原子炉格納容器貫通部が健全な場合、アニュラスの水素濃度は、原子炉格納容器内での水素処理（静的触媒式水素再結合装置及び電気式水素燃焼装置）や、アニュラスからの水素排出（アニュラス空気浄化設備）を考慮しなくても、可燃限界（水素濃度4%（ドライ換算））に達しないことを確認している。 (ウ) PWRは、水素対策において、原子炉格納容器の自由体積が大きいという有利な特徴を有している。その上で、原子炉格納容器内の水素濃度を低減する観点から、水素を原子炉格納容器外に排出することなく処理する設備として、静的触媒式水素再結合装置や電気式水素燃焼装置を設置している。さらに、溶融炉心・コンクリート相互作用に伴う水素発生に対しては、代替格納容器スプレイにより原子炉下部キャビティへ注水する対策等を整備している。加えて、原子炉格納容器内の水素濃度を確認するために可搬型格納容器水素濃度計測装置や	(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。	③	本報告書にある福島第一原子力発電所（沸騰水型軽水炉）におけるPCV、原子炉建屋の水素の挙動に相当するものは、当社プラント（加圧水型軽水炉）では、原子炉格納容器、アニュラスの水素の挙動が該当するものとして以下のとおり回答する。 【新規制基準施行前】 [川内原子力発電所1, 2号機] ○水素対策については、原子炉格納容器の健全性への影響が小さいものとして採用しておらず、アニュラスについては水素対策の検討を行っていない。従って、福島第一原子力発電所事故と同様の事象となった場合、水素処理やアニュラス空気浄化ファンを起動し、アニュラスからフィルタユニットを通して屋外へ水素排出する手順を整備していないことから、水素滞留の可能性が否定できないと考える。 [玄海原子力発電所1～4号機] ○川内原子力発電所と相違なし。 【新規制基準施行後】 [川内原子力発電所1, 2号機] ○SA設備や特定重大事故等対処施設の設計にあたり、下記のとおり、SA設備による水素処理に期待しない条件において、ジルコニウム-水反応により発生する水素が燃焼した場合であっても、原子炉格納容器が破損しないことを確認しており、さらに水素処理や排出の対策を実施している。 <原子炉格納容器> ・新規制基準施行時に設置した静的触媒式水素再結合装置及び電気式水素燃焼装置による水素処理に期待しない条件において、ジルコニウム-水反応により発生する水素が燃焼した場合であっても、原子炉格納容器圧力が最高使用圧力の2倍以下に収まることを確認している。 ・原子炉格納容器内の水素は、格納容器スプレイにより攪拌される。（SA条件下においても格納容器スプレイ系へ給電を確

中間取りまとめに関する見解等（回答）に対して、 改めて見解等を聴取する事項（2021年10月19日）の回答			【参考】「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）（2021年5月10日）			
番号	事項	回答	番号	事項	回答項目	回答内容、理由
	(エ)東京電力福島第一原子力 発電所事故を踏まえて、PWR の水素対策はどのようにあ るべきと考えているのか。	<p>□※により原子炉格納容器内の水素濃度を測定 することとしている。</p> <p>静的触媒式水素再結合装置は、水素の対流や流路を考慮して効率的に水 素処理できるように分散配置している。また、電気式水素燃焼装置は水素 放出が想定される箇所に加え、その隣接区画あるいは水素の主要な通過経 路を推定して設置し、発生した水素を確実に処理できるようにしているこ とに加え、原子炉格納容器内の水素成層化の可能性に対応するため、格納 容器ドーム部の頂部付近にも設置している。</p> <p>また、アニュラス部については、原子炉格納容器内の水素低減機能と格 納容器スプレイ等による圧力低下機能が相まって水素濃度を可燃限界濃度 未満にして水素燃焼を防止するとともに、アニュラス部の水素等を含む気 体を排出できる設備として、アニュラス空気浄化設備を設置している。ア ニュラス空気浄化ファンは、SBO条件下でも動作できるように、ディー ゼル発電機に加えて、代替電源設備からも給電できる設計としている。</p> <p>なお、アニュラスからの水素排出を考慮しなくても、アニュラス内の水 素濃度は可燃限界（水素濃度4%（ドライ換算））に達しないことを確認 済みである。</p> <p>* 玄海原子力発電所3，4号機については、設置工事中である（1，2号 機は廃止措置中）。</p> <p>(エ) 東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえた新規制基準の施行によ り、PWRの水素対策は適切に整備されていると考えている。今後新たな 知見等が得られた場合は、適切に知見の検討、反映を実施する。</p>				<p>保するため、受電設備の浸水防止対策を実施したことに加 え、常設や可搬式といった電源の多重化・多様化を図ってい る。）</p> <p>□</p> <p>・電気式水素燃焼装置は、水素放出箇所を考慮した配置として おり、速やかに大量の水素処理が可能である。</p> <p><アニュラス></p> <p>・アニュラスへは、原子炉格納容器内で水素濃度が低減された ものが漏えいし、アニュラス空気浄化ファンを起動し、アニ ュラスからフィルタユニットを通して屋外へ水素排出する手 順も整備している。なお、アニュラスからの水素排出を考慮 しなくてもアニュラスの水素濃度は可燃限界（水素濃度4% （ドライ換算））に達しないことを確認している。（SA条件 下においてもアニュラス空気浄化系へ給電を確保するため、受 電設備の浸水防止対策を実施したうえで、常設や可搬式とい った電源の多重化・多様化を図っている。）</p> <p>[玄海原子力発電所]</p> <p>○3，4号機：川内原子力発電所と相違なし。但し、特定重大事 故等対処施設については、設置工事中である。</p> <p>○1，2号機：廃止措置プラントにおける、使用済燃料ピットに 貯蔵されている燃料の崩壊熱は減衰により小さくなっており、 使用済燃料ピットで大規模漏えいが発生したとしても、周辺空 気の自然対流により燃料集合体は冷却され、燃料被覆管温度は 300～400℃程度となることから、仮に燃料集合体周辺が湿潤 状態と仮定しても水素が大量に発生することはない。</p>

中間取りまとめに関する見解等（回答）に対して、 改めて見解等を聴取する事項（2021年10月19日）の回答			【参考】「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）（2021年5月10日）			
番号	事項	回答	番号	事項	回答項目	回答内容、理由
(5) - 2 ② 関係	(ア)水素以外の可燃性ガスの発生源（可能性）に関する調査にも協力可能と理解してよいか。 (イ)可燃性ガスの発生源として、どのような設備等が考えられるか。また、それらの設備等が温度上昇することによりどのような可燃性ガスが生じると考えるか。	(ア) 調査にあたり、協力させていただく。 (イ) 当社プラントでは水素以外の可燃性ガスの発生量は少ないと考えられるが、溶融炉心により、原子炉下部キャビティ内のケーブル、塗料等から可燃性ガスが発生する可能性はあると考えている。一般的には架橋ポリエチレン等のケーブル材料から可燃性の炭化水素ガスが発生することは考えられるが、当社プラントにおいて発生する可燃性ガスの種類等に関する知見は現状では有していない。	(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。	②	要 当社プラントでは水素以外の可燃性ガスの発生量は少ないと考えられるとともに、発生したとしても格納容器スプレイにより攪拌され、フィルタベントやアニュラスの排出手順により適宜原子炉格納容器やアニュラスの外へ排出されと考えている。 今後、東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会については必要に応じ原子力規制庁の調査に協力する。 また、検討会の結果により新たな知見が得られた場合や水素以外の可燃性ガスの定量評価等が必要となった場合は、自社で調査・検討を実施する。
(6) - 1 ③ 関係	(ア)シビアアクシデント（以下「SA」という。）環境下での健全性（耐環境性）の確認では、機器の不安定動作が生じた場合の影響をどのように考えているのか。	(ア) 機器の健全性確認において、想定される温度、放射線等の環境条件における健全性を確認しており、機器の不安定動作は生じていないものと考えている。また、健全性確認とともに、以下の設計を行っている。 ・SBO条件下での大容量空冷式発電機からの電源供給 <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> ・蓄電池（重大事故等対処用）、直流電源用発電機、蓄電池（3系統目） *、可搬型バッテリーの整備 ・駆動源の多重化（SA） <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> * 玄海原子力発電所3，4号機については、設置工事中である（1，2号機は廃止措置中）。	(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。	③	本報告書にある福島第一原子力発電所（沸騰水型軽水炉）におけるSRVは安全弁機能と逃がし弁機能を有している。SRVに相当する設備として、当社プラント（加圧水型軽水炉）では、安全弁機能を有する加圧器安全弁、逃がし弁機能を有する加圧器逃がし弁が該当する。ここでは加圧器逃がし弁に対して以下のとおり回答する。 【新規制基準施行前】 [川内原子力発電所1，2号機] ○加圧器逃がし弁については、SA条件下における環境条件の影響やSBO条件下での駆動源への影響について確認していなかった。 [玄海原子力発電所1～4号機] ○川内原子力発電所と相違なし。 【新規制基準施行後】 [川内原子力発電所1，2号機] ○SBO条件下や炉心損傷後の加圧器逃がし弁の作動を確保するため、SA設備や特定重大事故等対処施設の設置にあたり、想定される温度、放射線等の環境条件における健全性を確認するとともに、以下の設計を行っている。 ・SBO条件下での大容量空冷式発電機からの電源供給

中間取りまとめに関する見解等（回答）に対して、 改めて見解等を聴取する事項（2021年10月19日）の回答			【参考】「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）（2021年5月10日）			
番号	事項	回答	番号	事項	回答項目	回答内容、理由
						<div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> <ul style="list-style-type: none"> ・蓄電池（重大事故等対処用）、直流電源用発電機、蓄電池（3系統目）、可搬型バッテリーの整備 ・駆動源の多重化（SA） <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> <p>[玄海原子力発電所3，4号機（1，2号機は廃止措置中）] ○川内原子力発電所と相違なし。但し、特定重大事故等対処施設、蓄電池（3系統目）については、設置工事中である。</p>
(6) -2③ 関係	(ア)不安定動作が生じる可能性がある設備が不安定動作を生じた場合、どのような影響があるか。	<p>(ア)</p> <p>機器の健全性確認において、想定される温度、放射線等の環境条件における健全性を確認しており、機器の不安定動作は生じていないものと考えている。また、健全性確認とともに、以下の設計を行っている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・SBO条件下での大容量空冷式発電機からの電源供給 <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> <ul style="list-style-type: none"> ・蓄電池（重大事故等対処用）、直流電源用発電機、蓄電池（3系統目） *、可搬型バッテリーの整備 ・駆動源の多重化（SA） <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> <p>*玄海原子力発電所3，4号機については、設置工事中である（1，2号機は廃止措置中）。</p>	(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。	③	<p>本報告書にある福島第一原子力発電所（沸騰水型軽水炉）におけるSRVは安全弁機能と逃がし弁機能を有している。SRVに相当する設備として、当社プラント（加圧水型軽水炉）では、安全弁機能を有する加圧器安全弁、逃がし弁機能を有する加圧器逃がし弁が該当する。ここでは、加圧器安全弁、加圧器逃がし弁を含め事故対応に用いる機器に対して以下のとおり回答する。</p> <p>【新規制基準施行前】</p> <p>[川内原子力発電所1，2号機]</p> <p>○加圧器逃がし弁等の設計基準事故対処設備については、設計基準事故時における環境条件を考慮した設計がなされていたが、SA時における環境条件の影響については確認していなかった。</p> <p>[玄海原子力発電所1～4号機]</p> <p>○川内原子力発電所と相違なし。</p> <p>【新規制基準施行後】</p> <p>[川内原子力発電所1，2号機]</p> <p>○SBO条件下や炉心損傷後の加圧器逃がし弁の作動を確保するため、SA設備や特定重大事故等対処施設の設置にあたり、以下の設計を行っている。また、加圧器逃がし弁を含めた事故対応に用いる機器に対して、SA条件下やSBO条件下での健全性を網羅的に確認している。</p>

中間取りまとめに関する見解等（回答）に対して、 改めて見解等を聴取する事項（2021年10月19日）の回答			【参考】「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）（2021年5月10日）			
番号	事項	回答	番号	事項	回答項目	回答内容、理由
						<ul style="list-style-type: none"> ・SBO条件下での大容量空冷式発電機からの電源供給 <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> <ul style="list-style-type: none"> ・蓄電池（重大事故等対処用）、直流電源用発電機、蓄電池（3系統目）、可搬型バッテリーの整備 ・駆動源の多重化（SA） <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> <p>[玄海原子力発電所3, 4号機（1, 2号機は廃止措置中）] ○川内原子力発電所と相違なし。但し、特定重大事故等対処施設、蓄電池（3系統目）については、設置工事中である。</p>
(7) -2① 関係	(ア)SA時の機器の挙動に関する知見は、誰がどのように集積すべきと考えるか。	(ア) 東京電力HD及び原子力規制庁により実施されている1F事故調査の結果を注視しつつ、新たな知見が得られた場合は、事業者として、メーカ・研究機関等とも協調して対応すべきと考えている。	(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 本報告書の調査・検討結果から、SA時の機器の挙動に関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。
(7) -2② 関係	(ア)SA時の機器の実力値（作動回数の限界値等）を把握すべきではないか。	(ア) SA設備の設置にあたりSA条件下（例えば川内1/2号機の場合、原子炉格納容器内のSA設備に対し、環境圧力約0.350MPa[gage]、環境温度約138℃、湿度100%、放射線0.5MGy/7日間以下を設定）での健全性を網羅的に確認しており、今後新たな知見が得られた場合は、更なる調査や対応が必要と考えている。	(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。	②	否 様々な機器のSA条件下での挙動を把握することに異論はないものの、SA設備の設置にあたりSA条件下での健全性を網羅的に確認しており、喫緊の課題として、更なる調査は不要である。
(9) -1① 関係	(ア)成功した2回以外のベント操作ではベントに成功しなかった要因として、どのようなことが考えられるか。 (イ)成功した2回以外にベント成功と判断できるベント操作はあるか。	(ア) 本報告書の調査・検討結果から、空気作動弁であるベント弁に対して、駆動源である計装用圧縮空気系統からの空気供給に失敗したことが要因と思われ、現状当社としても本報告書記載以外の異なる見解はない。 (イ) 1F3号機の圧力挙動から、ベントは2回以外成功していないと考えている。	(9) -1	3号機のベント成功回数は2回である。	①	無 本報告書の調査・検討結果から、トレンド等から適切な見解が出されており、3号機のベント回数が2回であることについて、異なる見解はない。

中間取りまとめに関する見解等（回答）に対して、改めて見解等を聴取する事項（2021年10月19日）の回答			【参考】「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）（2021年5月10日）			
番号	事項	回答	番号	事項	回答項目	回答内容、理由
(9) - 2 ① 関係	(ア) 40時間に渡り原子炉建屋内に水素が滞留した要因として、どのようなことが考えられるか。	(ア) 水素が原子炉建屋に長時間滞留した要因として以下のことが考えられる。 ・ SGTS 配管が号機間で独立していなかったことから3号機のベントガスが4号機に流入した。 ・ SBO 環境下にて原子炉建屋内の水素排出する手段がなかった。	(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 本報告書の調査・検討結果から、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し、水素が滞留して、爆発に至ったことについて、異なる見解はない。
(9) - 3 ③ 関係	(ア) 建屋内の水素滞留対策と SA 対策との関係について、どのように考えるか（どちらの対策を優先させるべきと考えるか）。	(ア) 原子炉格納容器に隣接するアニュラス部における水素滞留対策としては、SA 条件下においてもアニュラス空気浄化ファンを起動しアニュラスからフィルタユニットを通して屋外への水素排出が可能なよう電源の多重化及び多様化を図っている。また、アニュラス部の水素滞留対策であるアニュラス空気浄化ファンの起動対応としてアニュラス部での操作は無い。 万一、アニュラス部において、水素濃度を可燃限界（4%（ドライ換算））未満に維持できないような原子炉格納容器からの異常な水素漏えいの兆候が生じている場合は、炉心や原子炉格納容器が何らかの損傷を受けている状況と推定される。 このような状況においては、SA 対策として、格納容器スプレイポンプ等による格納容器スプレイや格納容器再循環ユニットによる原子炉格納容器自然対流冷却を用いた原子炉格納容器の過圧破損防止及び移動式大容量ポンプ車や放水砲による発電所外への放射性物質の拡散抑制といった手段で事故収束を図る。	(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。	③	本報告書にある福島第一原子力発電所（沸騰水型軽水炉）における建屋周辺に相当する箇所は、当社プラント（加圧水型軽水炉）では、原子炉格納容器周囲のアニュラス部が該当するものとして以下のとおり回答する。 【新規制基準施行前】 [川内原子力発電所1, 2号機] ○アニュラス空気浄化ファンを起動しアニュラスからフィルタユニットを通して屋外へ水素排出する手順を整備していないことから、水素滞留の可能性が否定できないと考える。 [玄海原子力発電所1～4号機] ○川内原子力発電所と相違なし。 【新規制基準施行後】 [川内原子力発電所1, 2号機] ○SA 条件下においてもアニュラス空気浄化ファンを起動しアニュラスからフィルタユニットを通して屋外への水素排出が可能なよう電源の多重化及び多様化を図っている。 ○アニュラス空気浄化系による水素排出ができない場合の周辺作業の実施可否については以下を考慮する。 ・アニュラスの水素濃度推定値だけでなく、炉心溶融の状態、溶融炉心とコンクリートの相互作用の発生可能性、静的触媒式水素再結合装置及び電気式水素燃焼装置の動作状況などを確認し周辺作業の実施を判断する。なお、作業を開始するにあたっては、作業エリアの水素濃度を携帯用ガス検知器にて確認する。

中間取りまとめに関する見解等（回答）に対して、 改めて見解等を聴取する事項（2021年10月19日）の回答			【参考】「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）（2021年5月10日）			
番号	事項	回答	番号	事項	回答項目	回答内容、理由
						[玄海原子力発電所3, 4号機（1, 2号機は廃止措置中）] ○川内原子力発電所と相違なし。