

水素防護対策に関する事業者等の取組状況 (中間報告その4－事業者意見聴取会の結果－)

令和5年2月8日
原子力規制庁

1. 趣旨

本議題は、第3回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事業者意見聴取会合（令和4年12月27日。以下「第3回意見聴取会」という。）¹において聴取したBWR事業者²及び原子力エネルギー協議会（A T E N A）（以下「事業者等」という。）の水素防護対策に関する取組状況等について報告するものである。

2. 経緯等

令和4年度第38回原子力規制委員会（令和4年9月14日）において、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（令和3年3月5日）から得られた知見を踏まえ、「沸騰水型原子炉における原子炉建屋の水素防護対策に関する知見の規制上の取扱いの考え方」（以下「水素防護対策に係る考え方」という。）が了承された（参考2中の参考の別紙を参照。）。

当該考え方においては、「原子炉建屋に漏えいした水素を排出する対策」及び「原子炉建屋に漏えいした水素を処理する対策」については、既に現行の規制基準において位置付けており、また、対策も相当程度実施されている。その上で、水素爆発のリスクの更なる低減の観点から、原子炉施設ごとの特徴に応じた対策を自律的かつ計画的に実施することを事業者に求め、その状況を継続的にフォローアップすることとする」としている。これを踏まえ、原子力規制庁は、事業者等の水素防護対策に関するアクションプランの策定状況や対策の取組状況等について、公開の会合等で継続的にフォローアップし、必要に応じて原子力規制委員会（以下「委員会」という。）に報告することとしていた（参考2中の参考の「3. 今後の予定」を参照。）。

今般、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（以下「作業チーム」という。）において、第3回意見聴取会を開催し、事業者等のアクションプランの策定状況や対策の取組状況等について聴取したので、その結果を報告する。

なお、第3回意見聴取会には、作業チームに加え、杉山原子力規制委員会委員にも参加いただいた。

¹ 第1回意見聴取会は令和4年4月22日に開催、当該意見聴取結果の報告は令和4年度第12回原子力規制委員会（令和4年5月25日）において実施。第2回意見聴取会は令和4年7月28日に開催、当該意見聴取結果の報告は令和4年度第31回原子力規制委員会（令和4年8月24日）において実施

² 東北電力株式会社、東京電力ホールディングス株式会社、中部電力株式会社、北陸電力株式会社、中国電力株式会社、日本原子力発電株式会社及び電源開発株式会社

3. 事業者等からの意見聴取結果

作業チームは、事業者等が、自律的かつ計画的にアクションプランの策定及び個別の対策に取り組んでいるか、その状況を聴取した。あわせて、水素防護対策に係る考え方及び当該考え方を踏まえ令和4年度第56回原子力規制委員会（令和4年12月7日）において了承された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の解釈等の改正案等（以下「設置許可基準規則解釈等改正案等」という。）に対する事業者等の意見及び対応方針を聴取した。

意見聴取結果の主なポイントは以下のとおり。なお、詳細については別紙にまとめている。

（1）アクションプランの策定状況について

事業者等が令和4年11月7日に策定・公表した「水素防護対策に係るアクションプラン」（以下単に「アクションプラン」という。）の策定・見直しのプロセスや進捗管理、公表の方法等に関して意見聴取を行った。

意見聴取の結果、アクションプランは、各事業者のCNO（原子力部門の責任者）のコミットメントの下、策定、見直し、進捗管理等がなされており、アクションプランに基づく取組に進捗があった場合やアクションプランの見直しがあった場合には、適時適切にホームページにおける公表及び規制機関への説明を行うとしていること等を確認した。

（2）水素防護対策の取組状況について

アクションプランに基づくスケジュールや具体的な取組の進捗状況等に関して意見聴取を行った。

意見聴取の結果、短期的対応については、重大事故等時に既存設備を原設計のまま活用するためのアクシデントマネジメントガイドライン（以下「AMG」という。）の改定に向けた検討、水素の滞留に関する調査・評価のためのプラントウォークダウンの実施及び水素挙動を確認するための常用換気空調系（以下「HVAC」という。）及び非常用ガス処理系（以下「SGTS」という。）の運転時における原子炉建屋内の風速測定実施に向けた検討をそれぞれ進めており、いずれも令和4年度内に結果を出すとしていることを確認した。

中長期的対応については、短期的対応で実施するプラントウォークダウンや風速測定等の結果を用いた水素挙動の評価手法構築及び評価を行い、それを踏まえ、水素濃度計や静的触媒式水素再結合装置の追設、HVACやSGTSの防爆化などの設備改造等の追加的な対策を検討・実施するとともに、中長期的対応における検討の結果についてもAMGに反映するとしていることを確認した。

（3）設置許可基準規則解釈等改正案等への意見及び対応方針について

各BWR事業者は、再稼働までに計画的に保安規定変更認可申請等の必要な対応を行う方針であることを確認した。

4. 今後の対応

意見聴取の結果、作業チームは、事業者等がアクションプランを策定し、それに基づき自律的かつ計画的に水素防護対策に関する取組を進める方針であることを確認した。引き続き、作業チームにおいて、事業者等の取組状況について意見聴取会等の場でフォローアップし、必要に応じて委員会に報告することとする。

5. 参考資料

- 別紙 第3回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事業者意見聴取会合における意見聴取結果の詳細（P. 4～10）
- 参考1 水素防護対策の検討状況について（第3回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事業者意見聴取会合資料3-2）（P. 11～32）
- 参考2 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の解釈等の改正案及びこれに対する意見公募の実施並びに審査の方針—原子炉格納容器ベントのBWRにおける原子炉建屋の水素防護対策としての位置付けの明確化—（令和4年12月7日原子力規制委員会了承資料）（P. 33～45）
- 参考3 水素防護に関する知見の規制への反映に向けた検討状況（中間報告その3—事業者意見聴取会合の結果—）（令和4年度第31回原子力規制委員会資料5抜粋）（P. 46～51）

第3回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事業者意見聴取会合における意見聴取結果の詳細

令和5年2月8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

第3回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事業者意見聴取会合におけるBWR事業者^{*1}及び原子力エネルギー協議会（A T E N A）からの意見聴取結果の詳細は以下のとおり。

（1）アクションプランの策定状況

【事業者等の説明】

- A T E N Aにおいて、「水素防護対策に係るアクションプラン」（以下単に「アクションプラン」という。）を策定し、令和4年11月7日にA T E N Aのホームページにおいて公表した（参考1の5、6ページを参照。）。
- アクションプランについては、今後も新たな知見等を反映し、適宜見直していく。また、アクションプランに示した各項目に進捗があった場合やアクションプランの見直しを行った場合についても、A T E N Aのホームページにおいて公表するとともに、規制機関へも適時適切に説明する。

【作業チーム^{*2}の意見】

- アクションプランの策定に係るプロセスはどのようなものか。各BWR事業者はどのようにコミットしているのか。また、アクションプランの見直しのプロセスはどのようなものか。
- アクションプランの進捗管理はどのように行うのか。また、進捗がアクションプランに対して遅れる場合、どのように対応するのか。
- アクションプランに基づく取組の進捗状況等の公表はどのように行うのか。
- 規制機関とのコミュニケーションはどのようなタイミング・形で行うことを考えているのか。
- A T E N Aのホームページにおける公表について、現在の公表内容では、アクションプランの位置付けや策定プロセスなどの説明が不足していることから、今後、充実させてほしい。
- アクションプランに基づく水素防護対策については、事業者の自律的・計画的な

^{*1} 東北電力株式会社、東京電力ホールディングス株式会社、中部電力株式会社、北陸電力株式会社、中国電力株式会社、日本原子力発電株式会社及び電源開発株式会社

^{*2} 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

取組を求めているところ、個別の項目の進捗状況を含めて、透明性を持ちながら進めることが重要。今後とも、自律的・計画的にアクションプランに基づく取組を進めてほしい。

【事業者等の意見】

- アクションプランの策定に係るプロセスについては、A T E N Aの中に、BWR事業者のみならずPWR事業者の原子力安全を専門にするメンバーも参画したA T E N A-WGを設置し、アクションプランの策定を行う。策定の際には、部長クラスが参画する会議体、CNO（原子力部門の責任者）が参画する会議体に上げて、決定している。したがって、各事業者のCNOレベルがしっかりとコミットメントしたものになっている。アクションプランの見直しを行う場合のプロセスも同様である。
- アクションプランの進捗管理については、定期的（週1回程度）に開催するA T E N A-WGにおいて行う。A T E N A-WGの中には、アクションプランの項目毎に現在6つのサブワーキングを設置しており、各事業者が主査を行っている。A T E N A-WGにおいては、進捗管理のみならず、各サブワーキングにおける問題点や懸念事項についての議論も行い、その状況について、適宜、上位会議体に報告している。
- 進捗が遅れる場合には、遅れが生じた原因に応じて対応することになると考えている。人・モノ・金などのリソース面が原因である場合など、A T E N A-WGの中のみでは対応が難しい原因がある場合には、上位会議体に具申し、解決していくことになる。なお、今回A T E N A-WGの中にさらにサブワーキングを設置しているが、これは、取組のスピード、各事業者の責任感の喚起等の観点から、上位会議体に相談の上、このような体制を構築したもの。
- アクションプランの各項目におけるアウトプットについて、A T E N Aのホームページで公表していく。例えば、アクシデントマネジメントガイドライン（以下「AMG」という。）改定ガイドラインの策定や、プラントウォークダウンの結果、原子炉建屋内における風速等の測定の結果等、説明できるアウトプットが出た段階で公表する。
- 規制機関とのコミュニケーションについては、まずは、アクションプランの各項目におけるアウトプットが出た段階で、面談や公開会合等で、確実に説明していきたい。また、一部については定期的な説明が可能なものもあるが、項目の中には中長期的な検討・取組を要するものもあることから、それらの説明のタイミングについては、規制機関と相談させてほしいと考えている。いずれにせよ、規制機関との相談も行いつつ、適時適切に情報を共有していきたい。
- ホームページの充実については検討を行っているところ。今後、例えば東京電力福島第一原子力発電所事故に関する特設ページのような形をとるなど、包括的・体系的な公表が出来るよう取り組んでいく。

(2) 水素防護対策の検討・取組状況

【事業者等の説明】

- 新規規制基準対応済のプラントは、複数の炉心損傷防止対策、格納容器破損防止対策等の重大事故等対策が導入されており、原子炉建屋の水素爆発に至る可能性は極めて小さい。
- したがって、原子炉建屋の水素爆発に至る可能性のあるような事故について、事故の態様や、水素の漏えい箇所及び規模等を想定することは困難であることから、水素防護対策の検討アプローチとしては、ある特定の事象の条件を設定して対策を検討するよりも、プラントの置かれた状況に応じて柔軟な対応が取れるようなマネジメント策を幅広く検討する方が、より効果的と考えている。
- 格納容器から原子炉建屋への水素漏えい防止・抑制対策（格納容器ベント）、原子炉建屋に漏えいした水素の排出対策（自然排出、強制排出）及び原子炉建屋内での処理（静的触媒式水素再結合装置（以下「PAR」という。））の各水素防護対策候補に対して、水素処理・排出能力、被ばく等の観点からの簡易評価を実施して、対策候補の特徴と機能させるための条件、優先順位付け等を整理し、広範な水素漏えい事象に対応できるように検討を進めている（参考1の8，9ページを参照。）。
- 短期的対応（令和4年度内）として、以下の検討・取組を行っている。
 - 重大事故等（以下「SA」という。）時に既存設備を原設計のまま活用する水素防護対策を検討し、その結果を踏まえ、AMGを改定するための基本的考え方等を取りまとめたAMG改定ガイドラインをATENAが令和4年度中に作成する。その後、当該ガイドラインを考慮して、BWR事業者が各プラントのAMGを改定する。これまでに、各水素防護対策候補の簡易評価等を実施しており、現在、当該評価の結果等を踏まえ、各対策候補の導入に係る条件や優先順位について検討中（参考1の7～10ページを参照。）。
 - 原子炉建屋下層階で水素が滞留する可能性の調査・評価を行うため、各BWR事業者においてプラントウォークダウンを実施し、下層階で水素が滞留する可能性がある箇所の選定を行う。これまでに、水素が滞留する可能性のある箇所を形状等から特定するための標準手順書を策定し、当該手順書を踏まえた各プラントのウォークダウンを実施しており、現在、BWR事業者において、各プラントにおける追加確認の要否を検討中（参考1の12～14ページを参照。）。
 - 原子炉建屋内の水素拡散挙動を確認するため、常用換気空調系（以下「HVAC」という。）及び非常用ガス処理系（以下「SGTS」という。）の運転時の原子炉建屋内における風速等の測定（以下「建屋風速測定」という。）を行う。現在、BWR事業者及びプラントメーカーにおいて、測定箇所及び測定方法を検討中（参考1の15，16ページを参照。）。

- 中長期的対応（令和4年度以降順次）として、以下の検討・取組を行うこととしている。
 - 第2回意見聴取会^{*3}において短期的対応としていた原子炉建屋におけるブローアウトパネル（以下「BOP」という。）等の開放試験（以下「BOP開放試験」という。）の実施要否検討については、SA時の環境を模擬することが難しく有意なデータが得られるかが不透明であること、BOP等の開放で原子炉建屋に侵入する外気によって設備保全上の影響が生じるおそれがあること、管理区域の開放に係る法令上の整理が必要であること等、検討に時間を要する見込みであることから、当該試験に先立ち、まずは建屋風速測定を短期的対応として行う。一方で、BOP開放試験については、中長期的対応として引き続き前向きに検討を進めていくこととしており、廃止措置段階のプラントを主な候補として、実施プラントの選定を行っている（参考1の15ページを参照。）。
 - プラントウォークダウンで選定した水素滞留の可能性のある箇所に対して、当該箇所における水素の着火リスクを評価するため、建屋風速測定及びBOP開放試験の結果も踏まえ、水素滞留・拡散挙動の評価手法構築及び当該手法による評価を行う。（参考1の17ページを参照。）。
 - 上記評価等により選定された水素滞留の可能性のある箇所に対して、追加的な対策として、PARや水素濃度計の追設など、原子炉建屋下層階における水素防護対策の検討を行う。さらに、原子炉建屋内の水素濃度が上昇した場合等でも、原子炉建屋からの水素の排出機能が維持できるよう、HVAC・SGTSの防爆化や、HVACの電源強化等、設備改造を含めた水素防護対策の検討を行う（参考1の18ページを参照。）。
 - 中長期的対応の検討結果を各プラントのAMGに反映する（参考1の11ページを参照。）。

【作業チームの意見】

- 短期的対応のうち、AMG改定ガイドラインを考慮した各BWR事業者におけるAMGの改定について、短期的対応と言いつつ令和7年度以降まで続くように見えるが、これは、新規制基準への対応が完了したプラントから順次速やかにAMG改定に取りかかるという理解でよいか。
- 中長期的対応のうち、BOP開放試験については、実施要否検討を行った上で、必要と判断すれば試験を実施し、令和6年度までに試験結果を取りまとめることとしているが、その試験結果のAMG等への反映に関するタイムスケールはどう考えているのか。
- 中長期的対応のうち、HVAC・SGTSの防爆化等の設備改造については、そ

^{*3} 第2回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事業者意見聴取会合（令和4年7月28日）

の検討に令和6年度まで要するとしているが、検討の結果設備改造を行うとなった場合、その改造工事に関するタイムスケールはどう考えているのか。

- 現状のアクションプランによれば、原子炉建屋に漏えいした水素の排出対策については、BOP開放試験やHVAC・SGTSの防爆化等の設備改造等の検討結果が令和6年度中に、原子炉建屋内での処理については、水素滞留・拡散挙動の評価及びその結果を踏まえたPAR追設等の検討が令和7年度以降に実施されるとされているが、これらの検討結果についても、AMGに反映されるとの理解でよいか。
- ATENA-WG等において、東京電力福島第一原子力発電所事故に係る調査・分析（以下「事故分析」という。）における議論の状況及びそこから得られる知見についても、フォローしていくことが重要ではないか。
- AMGを改定するに当たって、格納容器ベントを、炉心損傷後の最初の水素防護対策とするという選択肢はとり得るのか。
- 短期的対応で実施するプラントウォークダウンの結果を、中長期的対応で実施する水素滞留・拡散挙動の評価のインプットとするとのことだが、他に、当該評価に向けた検討として考えていることはあるのか。
- 格納容器内の水素が原子炉建屋に漏えいしてくるといった事故の進展を考慮すれば、「プラントの置かれた状況に応じて柔軟な対応」を可能にするためには、格納容器内の状況を考慮した上で、原子炉建屋側にどういったリスクが生じ得るかを考えることが重要であり、そういった視点も持ちながら、アクションプラン及びそれに基づく水素防護対策の検討を進めて行くべきではないか。

【杉山原子力規制委員会委員の意見】

- 事故分析において、3号機では、オペレーティングフロアは水蒸気が大量に存在することで水素の燃焼条件に至らず、その1階下の階層で水素爆発が生じる可能性があるとの東京電力による水素挙動の解析結果が示され、議論されている。仮にそのような状況においてBOPを開放すれば、冷たい外気によって水蒸気が凝縮されるとともに空気も取り込まれるため、水素の燃焼条件が達成されるおそれが考えられる。BOP開放試験については、こういったことも考慮し、より慎重かつ総合的に検討すべきではないか。
- 同様に、事故分析において議論されている、1号機の原子炉補機冷却系配管の破損、汚染及び水素の滞留に関する知見を踏まえれば、炉心から移行した放射性物質による水の放射線分解によって、長期的な水素の滞留の懸念が考えられる。このような懸念も含め、幅広く検討を行ってほしい。
- アクションプランに基づく取組については、規制側のアクションに対するリアクションではなく、事業者等の自律的な活動として進めてほしい。

【事業者等の意見】

- AMG改定ガイドラインを考慮した各BWR事業者におけるAMGの改定については、理解のとおり、新規制基準への対応が完了したプラントから順次速やかに実施する。
- BOP開放試験の実施要否検討については、引き続き前向きに進めている。SA時の環境の模擬は難しいが、平常時においても原子炉建屋は負圧化していることから、BOPを開放すれば何らかの流れは発生すると考えている。そのような試験を実機において実施し、かつその結果を解析などと比較することができれば、実施する価値があると考えている。現在のスケジュールでは、令和5年度内に検討を完了し、令和6年度には実施したいと考えている。また、その試験結果の反映については、中長期的対応の検討結果を反映するためのAMGの改定の中で実施していくことになると考えている。
- HVAC・SGTSの防爆化等の設備改造については、まずは令和6年度までに、その実施要否も含めて検討を行うこととしており、検討を行った後、アクションプランの見直しを行うことになると考えている。検討に当たっては、事故分析の進捗状況など、関連する情報を踏まえる必要があると考えている。
- まずは、短期的対応として、既存設備を原設計のまま活用する水素防護対策を検討し、令和4年度内にAMG改定ガイドラインを作成、各プラントのAMGに順次速やかに反映していく。また、BOP開放試験、HVAC・SGTSの防爆化等の設備改造等、水素滞留・拡散挙動の評価及びその結果を踏まえたPAR追設等の中長期対応の検討結果についても、AMGに反映していくことを考えている。
- ATENA-WGには事故分析に関わっているメンバーも参加しており、その進捗状況をフォローしている。事故分析の進捗により、新たな知見が出てくれば、それに応じてアクションプランの見直し等を速やかに行う必要があると認識している。
- 事故分析における議論については、指摘のあったものについても注視しており、今後しっかりと検討し、アクションプランに何らかの形で組み込んでいく必要があると考えている。長期的な被ばく上のリスクや作業上のリスクといったものも含めて、新たな知見を取り入れながら進めていきたい。
- 新規制基準への適合のための対応の中では、対策の手順として、まずはSGTSを用いて原子炉建屋内の排気を行い、それでも水素濃度がある程度上昇（2%程度）してきた場合には、着火源となり得るSGTSを停止した上で、水素の可燃限界に到達する前に格納容器ベントを行うことを考えている。そして、短期的対応においては、まず、HVACの使用等、既存設備の原設計のままの活用を手順の中にどう位置付けるかを検討している。
- 水素滞留・拡散挙動の評価のインプットとしては、プラントウォークダウンから得られる水素が滞留する可能性がある箇所の情報に加えて、建屋風速測定及びBOP開放試験から得られる当該箇所付近の流速の情報も可能な限り利用することを考えている。

(3) 設置許可基準規則解釈等改正案等^{*4}への意見及び対応方針

【事業者等の意見】

- 設置許可基準規則解釈等改正案等に対する特段の意見はない。
- 各BWR事業者において、再稼働までに、格納容器ベントの目的の1つとして原子炉建屋の水素防護対策を明確化するとともに、実施判断基準に達した場合にためらわず実施することについて、計画的に保安規定変更認可申請等の必要な対応を行う（参考1の20ページを参照。）。

以 上

^{*4} 令和4年度第38回原子力規制委員会（令和4年9月14日）において了承された「沸騰水型原子炉における原子炉建屋の水素防護対策に関する知見の規制上の取扱いの考え方」及び当該考え方を踏まえ令和4年度第56回原子力規制委員会（令和4年12月7日）において了承された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の解釈等の改正案等

水素防護対策の検討状況について

2022年12月27日

東北電力株式会社
中部電力株式会社
中国電力株式会社
電源開発株式会社

東京電力ホールディングス株式会社
北陸電力株式会社
日本原子力発電株式会社
原子力エネルギー協議会

余白

1. はじめに
 - (1) これまでの経緯
 - (2) 水素防護対策の検討アプローチ
2. 沸騰水型原子炉における原子炉建屋の水素防護対策に係るアクションプラン
3. アクションプランの概要
 3. 1. AMGの改定
 - (1) 既存設備を原設計のまま活用した水素防護対策の検討
 - (2) 中長期的な水素防護対策の検討結果を踏まえたAMG改定ガイドの改定／AMG再改定の検討・AMGへ反映
 3. 2. 対策の具体化に向けた検討
 - (1) 原子炉建屋下層階で水素が滞留する可能性の調査・評価
 - (2) 実機による風速等の測定
 - (3) 水素滞留・拡散挙動の評価手法構築・評価
 - (4) 下層階の防護対策検討
 - (5) 設備改造を含めた水素防護対策検討
4. まとめ

(1) これまでの経緯

- ✓ 「第1回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事業者意見聴取会合」（2022年4月22日開催）において、事業者から、原子炉建屋における水素爆発の更なるリスク低減を図るために、各プラントの特徴等を踏まえ、様々な水素防護対策を検討していくことを説明。
- ✓ 「第2回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事業者意見聴取会合」（2022年7月28日開催）では、水素防護対策の検討について、BWR事業者で共通的なアプローチとなることから、ATENA及び個社で役割分担のうえ、短期的対応、中長期的対応に分けて取り組むことを説明。また、原子炉建屋の水素防護対策に係るアクションプランを策定した時点で提示することとしていた。

(2) 水素防護対策の検討アプローチ

- ✓ 新規制基準対応済みプラントは、多くの炉心損傷防止対策・格納容器破損防止対策が導入済みのため、原子炉建屋の水素爆発に至る可能性は極めて小さい。
- ✓ 従って、対処すべき事故の態様、水素漏えい箇所や規模等についての想定は困難であることから、ある事象の条件を設定し対策を検討する従来のアプローチよりも、プラントの置かれた状況に応じて柔軟な対応が取れるようなマネジメント策を幅広く検討しておく方がより効果的である。
- ✓ このため、各水素防護対策候補※に対して水素濃度、被ばくの観点からの簡易評価を実施して対策案の特徴と機能させるための条件、優先順位付け等を整理し、広範な水素漏えい事象に対応できるように検討を進めることとした。

※水素防護対策候補

格納容器から原子炉建屋への水素漏えい防止・抑制対策（格納容器ベント）

原子炉建屋に漏えいた水素の排出対策（自然排出、強制排出）

原子炉建屋内での処理（PAR）

(2) 水素防護対策の検討アプローチ（前ページの続き）

- ✓ まず、**短期的対応**としてSA時に**既存設備を原設計のまま活用した水素防護対策の検討**を行い、水素滞留を防止すべく**アクシデントマネジメントガイドライン（以下「AMG」という。）を改定**する。同時に、原子炉建屋下層階で水素が滞留する可能性の調査・評価を行うため、**プラントウォークダウンを実施し、下層階で水素が滞留する可能性がある箇所の選定**を進めるとともに、建屋内の水素拡散挙動を確認する目的で**常用換気空調系（以下「HVAC」という。）**、**非常用ガス処理系（以下「SGTS」という。）** 運転時の実機による**風速等の測定**を行う。
- ✓ **中長期的対応**としては、短期的対応で選定した水素滞留の可能性のある箇所に対して、その場所が本当に着火リスクとなる滞留が起きるか明らかにするため、**水素滞留・拡散挙動の評価手法構築・評価**を行う。また、実機による風速等の測定として**ブローアウトパネル（以下「BOP」という。）** 開放による**建屋開放実験の要否検討**を行う。これらにより選定された水素滞留の可能性のある箇所に対して、**追加的な対策として下層階の防護対策の検討**を行う。さらに、**建屋内水素濃度が上昇した場合等でも水素の排出機能が維持できるよう設備改造を含めた水素防護対策の検討**を行う。これらの**中長期的対応の検討結果をAMGへ反映**する。
- ✓ 以上をアクションプランとしてまとめてP.5 ~ 6 に示す。

2. 沸騰水型原子炉における原子炉建屋の水素防護対策に係るアクションプラン（1/2）

実施項目	実施主体	2022年度 第1四半期	2022年度 第2四半期	2022年度 第3四半期	2022年度 第4四半期	2023年度	2024年度	2025年度 以降
1. アクションプランの作成	ATENA-WG	概要検討	アクションプラン検討	▼アクションプラン作成（初版）		適宜、得られた知見等を反映し アクションプランを見直し		
2. AMGの改定 (1) 既存設備を原設計のまま活用した水素防護対策の検討 (P7参照)	ATENA-WG	建屋漏えい時の簡易評価 (FCVS/HVAC/SGTS/BOP/トップベント)	対策の比較検討 (各対策の対応する事故条件、 機器の特性の整理)	水素防護対策（FCVS/HVAC/SGTS/BOP/トップベント） の優先順位・導入条件・懸念事項の整理		手順のひな型の作成 ▼AMG改定ガイドライン策定（初版）		
	各事業者			AMG改定ガイドラインの検討		AMG改定検討・改定 (プラントによる)		
(2) 中長期的な水素防護対策の検討結果を踏まえたAMG改定ガイドの改定/AMG再改定の検討・AMGへ反映 (P11参照)	ATENA-WG / 各事業者					AMG改定ガイドラインの改定/ AMG再改定の検討・AMGへ反映 (中長期的検討結果の反映)		

次頁「3. 対策の具体化に向けた検討」の以下の項目の検討結果をAMGへ反映
 (3) 水素滞留・拡散挙動の評価手法構築・評価
 (4) 下層階の防護対策検討
 (5) 設備改造を含めた水素防護対策検討

2. 沸騰水型原子炉における原子炉建屋の水素防護対策に係るアクションプラン（2/2）

6

実施項目	実施主体	2022年度 第1四半期	2022年度 第2四半期	2022年度 第3四半期	2022年度 第4四半期	2023年度	2024年度	2025年度 以降
3. 対策の具体化に向けた検討 (1) 原子炉建屋下層階で水素が滞留する可能性の調査・評価 (P12参照)	ATENA-WG		プラントワークダウン手順書検討 ↑ プラントワークダウン実施 (下層階で水素の滞留が予想される箇所の特定)	手順書(初版)作成 (適宜、プラントワークダウン結果を踏まえ手順書を見直し)	適宜プラントワークダウン結果を反映			
(2) 実機による風速等の測定 (P15参照)	ATENA-WG				風量測定結果 HVAC、SGTS運転時の建屋内風速測定	試験の評価方法の立案検討 試験の成立性 要否判断	建屋内風速測定試験の実施 試験結果	
(3) 水素滞留・拡散挙動の評価手法構築・評価 (P17参照)	ATENA-WG				建屋開放実験(BOP)の検討・実施	評価手法構築 (電中研研究と連携)	構築した評価手法による評価 (各電力)	
(4) 下層階の防護対策検討 (P18参照)	各事業者					(必要に応じて先行的な対策検討) 例) 水素濃度計の追設検討 PARの追設検討 扉改造の検討	適宜評価結果を反映	
(5) 設備改造を含めた水素防護対策検討 (P18参照)	ATENA-WG					例) 着火リスクの低減検討(HVAC、SGTS) HVACの電源等の強化検討 HVACのDBA/SAを通しての運転継続可否検討		

3. アクションプランの概要（1 / 12）

3. 1. AMGの改定

（1）既存設備を原設計のまま活用した水素防護対策の検討

○目的

- ✓ 水素防護対策の特徴や優先順位を整理し、各事業者のAMG改定のための基本的考え方等を取りまとめたAMG改定ガイドラインを作成する。
- ✓ 短期的な対応では、既存設備を原設計のまま活用することを前提とする。
- ✓ また、AMG改定ガイドラインを考慮し、各プラントのAMGを改定する。

○これまでの検討状況

- ✓ 建屋漏えい時の簡易評価として、各水素防護対策の水素処理・排出能力、敷地境界での被ばく影響を簡易的に評価した。
- ✓ また、各水素防護対策に必要な電源、インターロックの影響等について整理した。
- ✓ 各水素防護対策の特徴等を踏まえ、各対策の導入条件や優先順位を検討中。

3. アクションプランの概要 (2 / 12)

各水素防護対策に係る簡易評価結果及び対策の特徴の整理結果

		水素処理・排出能力	被ばく影響 (敷地境界)	電源の要否	インターロックの影響	下層階での水素滞留への影響	その他の留意点
原子炉建屋へ漏えいしてきた水素の処理・排出策							
強制排出	SGTS	中	影響 小 (排気筒放出、フィルタ有)	要 (非常用母線/SA電源で動作可)	事故発生時 ^{※2} に自動起動	・下層階に吸込口あり (プラント依存)	・着火リスクあり
	HVAC	大	影響 小 (排気筒放出)	要 (常用母線)	事故発生時 ^{※2} に隔離	・下層階に吸込口あり	・着火リスクあり ・耐震Cクラス
自然排出	BOP	大	影響 中 (地上放出)	不要	—	—	—
	トップベント	小	影響 中 (地上放出)	不要	—	—	—
触媒式水素再結合器 (PAR)		中	—	不要	—	—	—
格納容器から原子炉建屋への水素漏えい防止・抑制策							
格納容器圧力逃がし装置 (FCVS)		— (格納容器から環境へ直接水素を排出)	影響 大 ^{※1} (早期ベント実施時)	不要	—	—	—

※1：早期ベント（事象発生から十数時間以内を想定）をすると、被ばく影響の大きい短半減期核種の希ガス（格納容器ベントのフィルタで捕捉不可）が直接環境に大量に放出されるため。

※2：LOCA等の事故発生時に、原子炉水位低（L-3）、ドライウェル圧力高、オペフロ放射能高等の信号で原子炉建屋の換気系がHVACからSGTSへ自動的に切り替わる。

3. アクションプランの概要 (3 / 12)

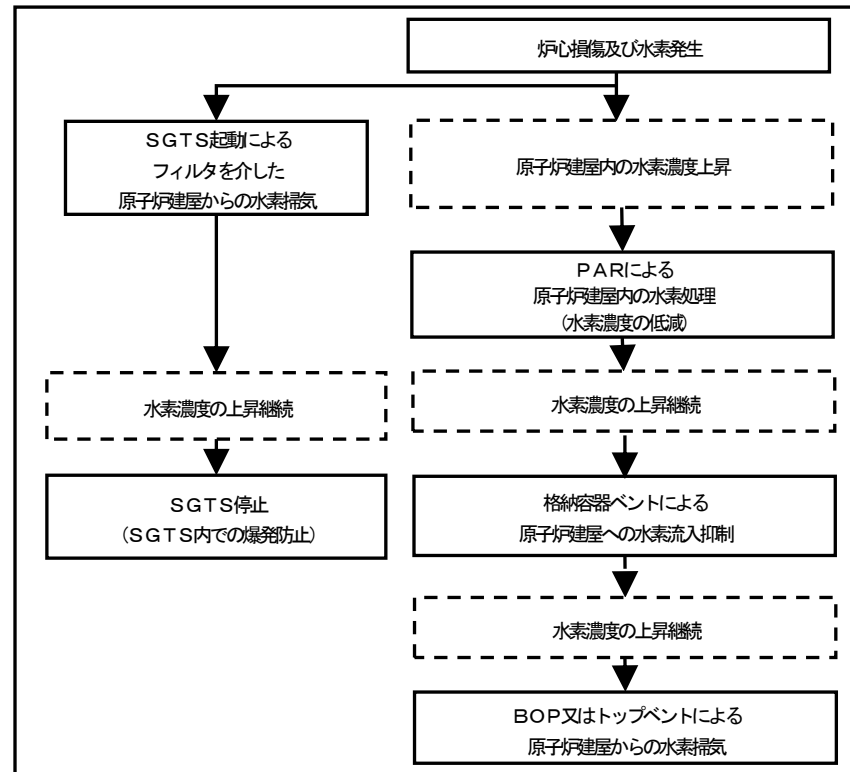
各水素防護対策の導入条件の整理結果

機能・設備		導入条件等	備考
原子炉建屋へ漏えいしてきた水素の処理・排出策			
強制排出	SGTS	炉心損傷を判断した場合。	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋水素濃度が2vol%程度となった場合は、水素爆発を誘引する可能性があるため、SGTSを停止する。
	HVAC	同上	<ul style="list-style-type: none"> HVACの電源は常用電源のため、外部電源健全時の場合のみ使用可能。 事故発生時に自動隔離されるため、建屋からの水素排出にHVACを使用する場合は隔離インターロックの解除が必要。
自然排出	BOP	格納容器ベント実施後も原子炉建屋の水素濃度が上昇継続した場合に開放する。	<ul style="list-style-type: none"> 格納容器ベントを実施したにも関わらず原子炉建屋水素濃度の上昇傾向が継続する場合は、BOP又はトップベントを開放し、原子炉建屋に滞留した水素を排出する。
	トップベント		
建屋内水素処理	触媒式水素再結合器 (PAR)	原子炉建屋の水素濃度が1.5vol%程度となれば、能動的に作動する。	<ul style="list-style-type: none"> PARの作動状況は、PAR出入口温度を監視することで確認する。
格納容器から原子炉建屋への水素漏えい防止・抑制策			
PCVからの水素排出	格納容器圧力逃がし装置 (FCVS)	原子炉建屋水素濃度が2vol%程度となった場合。	<ul style="list-style-type: none"> SGTSやPARが動作しているにも関わらず、原子炉建屋の水素濃度が上昇する場合、原子炉建屋への水素の漏えいを抑制するため、FCVSによる格納容器ベントを実施する。

3. アクションプランの概要 (4 / 12)

○今後の検討 (～今年度中)

- ✓ これまでの検討状況を踏まえ、**AMG改定ガイドラインを作成**する。
- ✓ また、**対応手順のひな型 (AMGの改定版の例) を作成**する。



【新規制基準対応を踏まえたAMGのフローの例】

（2）中長期的な水素防護対策の検討結果を踏まえたAMG改定ガイドの改定／AMG再改定の検討・AMGへ反映

○目的

「3. 2. 対策の具体化に向けた検討」（（3）水素滞留・拡散挙動の評価手法構築・評価、（4）下層階の防護対策検討、（5）設備改造を含めた水素防護対策検討）にて実施する中長期的な課題の検討結果をAMGへ反映する。

○今後の取組計画・現在の取組状況

中長期的課題の検討結果を踏まえ実施。

3. 2. 対策の具体化に向けた検討

(1) 原子炉建屋下層階で水素が滞留する可能性の調査・評価 (プラントウォークダウン)

○目的

各プラントに存在する「水素が滞留するおそれがある箇所」を形状等から特定し、水素防護対策検討の材料とする。

○取組計画・現在の取組状況

➤ 標準手順書の作成

「水素が滞留するおそれがある箇所」を形状等から特定する標準手順書を作成済み。

➤ ウォークダウン実施

✓ 自プラントの状況確認のため、各社それぞれ実施済み。

- 現場確認に先立ち、図面等から確認すべき箇所を抽出。
- 現場確認においては、事故時における実際の水素流入経路等は考慮せず、仮に水素が流入したと仮定した場合、滞留する可能性がある形状を「水素が滞留するおそれがある箇所」として確認。

✓ 各社確認結果を共有した。確認結果を踏まえ、自プラントの現場確認の追加要否を検討中。

➤ 解析モデル構築に向けた滞留するおそれがある箇所の特定と寸法の整理

「水素滞留・拡散挙動の評価手法構築・評価」のインプット情報とするために、滞留するおそれがある箇所の特定と寸法の整理を行う。

3. アクションプランの概要 (7 / 12)

(1) 原子炉建屋下層階で水素が滞留する可能性の調査・評価 (プラントウォークダウン)

○現場確認における作業例



現場確認の例①



現場確認の例②



CADを使用した例



現場確認に使用したツールの例

3. アクションプランの概要 (8 / 12)

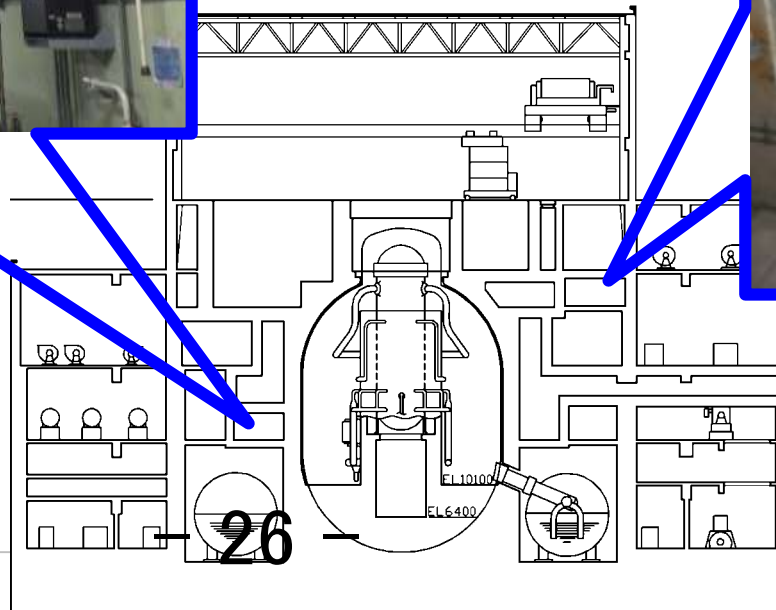
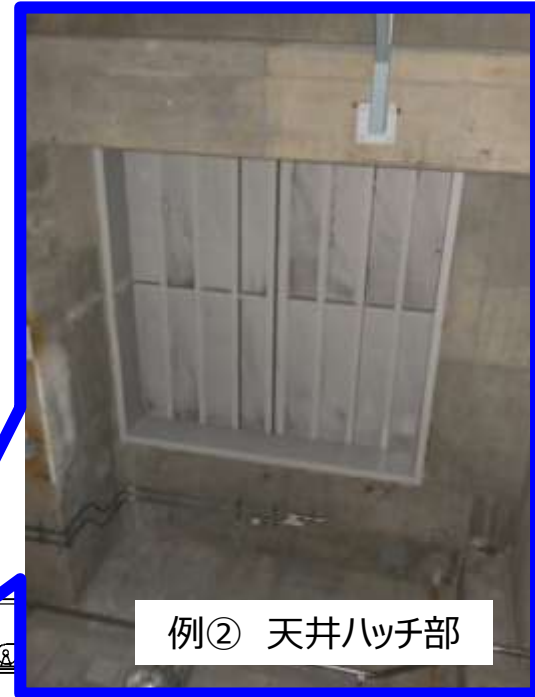
(1) 原子炉建屋下層階で水素が滞留する可能性の調査・評価 (プラントウォークダウン)

○現場確認において調査した箇所为例

例① 小部屋



例② 天井ハッチ部



(2) 実機による風速等の測定

○原子炉建屋開放実験の実施要否判断の検討状況について

- ✓ BOP開放による原子炉建屋開放実験の実施要否について検討を進める中で、風速計の測定限界が小さく、建屋開放実験によって有意なデータを得られる見通しが不透明であることから、建屋開放実験に先立って、HVAC、SGTS運転中の風速等を測定し、建屋開放実験の実施要否の判断材料の一つとするとともに、測定結果を「水素滞留・拡散挙動の評価手法構築・評価」へ反映することとした。
- ✓ なお、建屋開放実験には、以下の懸念があることから、今後更に検討を進めていく。
 - ・外気の直接取入れによる建屋内機器への影響（粉塵、塩分、雨水の混入、鳥類・昆虫の侵入等）が懸念され、建設段階及び運転段階のプラントでの実施は難しいことから、今後、廃止措置段階のプラントを主な候補として、必要な調整を行った上で、実施プラントを選定する。
 - ・原子炉建屋が管理区域・非管理区域の境界であるため、BOP開放によって管理区域が非管理区域に開放されることについて法令上の整理が必要である。今後、規制庁と相談、調整させていただきたい。

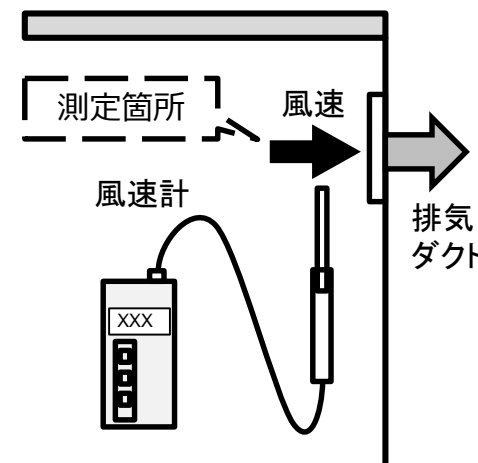
(2) 実機による風速等の測定

○目的

- ✓ 原子炉建屋内における水素挙動の評価の検討材料とするため、実機において、格納容器からの水素漏えいポテンシャルの高い部屋（機器ハッチ等がある部屋）及び周辺の小部屋等の中から、プラントウォークダウンにて確認した知見を踏まえて、測定代表箇所を選定し、HVAC、SGTS運転中の実風速測定を実施する。
- ✓ また、風速等の測定結果を次行程の「水素滞留・拡散挙動の評価手法構築・評価」の情報とするために必要な評価を実施する。

○実施計画

- **測定代表箇所の検討**
プラントウォークダウンを踏まえて適切な測定場所を検討
- **測定方法の検討（右図参照）**
風速計による測定をメインとするが実際の風速が小さく測定できなかった場合の実効性のある測定方法を検討
- **代表プラントによる実風速測定**
- **測定結果の集約及び評価**



風量測定イメージ

○現在の状況

実機での測定に向け、代表箇所及び測定方法をBWR各社とメーカーにて協議中。

3. アクションプランの概要 (11 / 12)

(3) 水素滞留・拡散挙動の評価手法構築・評価

○目的

原子炉建屋内の水素拡散の詳細評価手法を構築し、水素滞留のおそれがある条件を策定する。

○今後の取組計画・現在の取組状況

➤ 原子炉建屋内の水素拡散の詳細評価手法構築

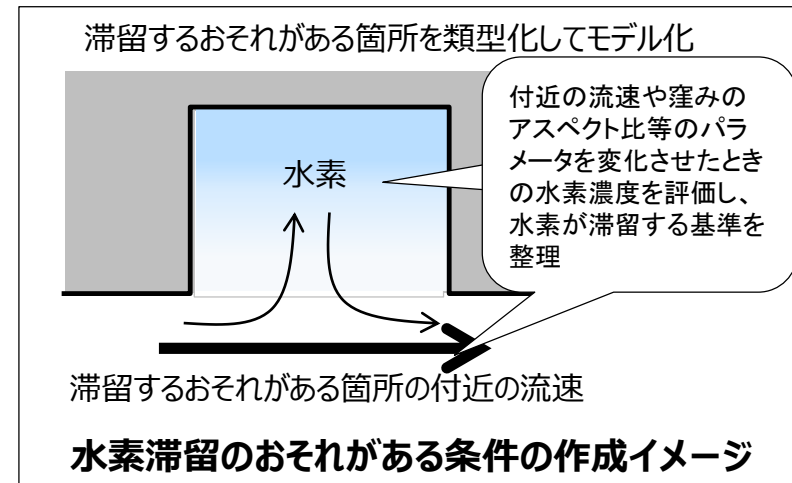
- ✓ プラントウォークダウン等から得られたデータを元に 水素が滞留するおそれがある箇所の類型化
- ✓ 類型化した箇所をモデル化し、解析コードにて滞留箇所付近流速、窪みのアスペクト比等のパラメータを変化させ、水素濃度を評価

➤ 水素滞留のおそれがある条件の策定

上記の評価結果、実機風速測定データ等から水素滞留のおそれがある条件を作成
(例:滞留箇所付近の流速、窪みのアスペクト比、一定条件を満たす場合には水素滞留のおそれあり等)

➤ 各プラントの評価

原子炉建屋内の全体解析を実施し、原子炉建屋各部の流速や水素濃度等の評価。
(各社プラントの対策 (PAR、BOP、トッポイント、SGTS等) を考慮)



3. アクションプランの概要 (12 / 12)

(4) 下層階の防護対策検討

○目的

下層階の水素滞留の可能性のある箇所に対する追加的な対策を検討する。

○今後の取組計画・現在の取組状況

現時点での対策例は以下の通り。

- (対策例) ・水素濃度計の追設検討
- ・PARの追設検討
- ・扉改造の検討

(5) 設備改造を含めた水素防護対策検討

○目的

設備改造を視野に入れた水素防護対策を検討する。

○今後の取組計画・現在の取組状況

現時点での検討案は以下の通り。

- (検討案) ・着火リスクの低減検討 (HVAC、SGTS)
- ・HVACの電源等の強化検討
- ・HVACのDBA/SAを通じた30分間の運転継続可否検討

- ✓ 現状、アクションプランに基づき、AMG改定ガイドラインの作成、プラントウォークダウン、建屋内風量測定の検討に取り組んでいる。
- ✓ 今後は、プラントウォークダウン結果を踏まえ、建屋内風速測定、水素滞留・拡散挙動の評価を実施して水素が滞留するおそれがある箇所を確認し、その結果を下層階の防護対策検討や設備改造を含めた水素防護対策（着火リスクの低減、HVACの電源強化等）の検討に反映していく。
- ✓ また、水素防護対策の検討結果は、AMG改定ガイドラインとしてまとめ、適宜、各事業者のAMGへ反映する。
- ✓ ATENAは、今後も新たな知見等を反映してアクションプランを適宜見直していく。また、アクションプランに示した各項目の実施状況について確認し、適宜ATENAホームページにて公表するとともに規制庁に説明していく。

保安規定に係る現状と改正案を踏まえた今後の対応方針

【保安規定の現状の整理】

- ✓ 実用炉規則第83条及び第92条に重大事故等対策の記載があり、これに基づき原子炉建屋の水素防護対策を含む発電用原子炉施設の保全に係る措置を保安規定に定めている。
- ✓ 設置許可には、技術的能力審査基準「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」の対応として、原子炉建屋水素濃度上昇時の格納容器ベント基準を定めている。
- ✓ 保安規定には、実用炉規則第92条、保安規定審査基準、技術的能力審査基準及び設置許可に基づき、「原子炉格納容器の過圧破損を防止するための手順等」として原子炉建屋水素濃度上昇時の格納容器ベント基準を定めている。

【今後の対応方針】

- ✓ 格納容器ベント手順の目的の1つとして「原子炉建屋の水素防護対策」を明確化するとともに、実施判断基準に達した場合にためらわず実施することについて、再稼働までに各事業者において計画的に保安規定変更認可申請を行う。

**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
関する規則の解釈等の改正案及びこれに対する意見公募の実施
並びに審査の方針**
**－原子炉格納容器ベントの BWR における原子炉建屋の水素防護対
策としての位置付けの明確化－**

令和 4 年 1 2 月 7 日
原子力規制庁

1. 趣旨

本議題は、原子炉格納容器ベントの沸騰水型原子炉（BWR）における原子炉建屋の水素防護対策としての位置付けを明確化するため、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の解釈等¹（以下「解釈等」という。）の改正案及びこれに対する意見公募の実施並びに本件に係る審査の方針の了承について諮るものである。

2. 経緯

令和 4 年度第 3 8 回原子力規制委員会（令和 4 年 9 月 1 4 日）において、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から得られた知見を踏まえ、「沸騰水型原子炉における原子炉建屋の水素防護対策に関する知見の規制上の取扱いの考え方」が了承された（参考中の別紙を参照。）。

原子力規制庁は、当該考え方を踏まえ、原子炉格納容器ベントの BWR における原子炉建屋の水素防護対策としての位置付けを明確化するための基準等の改正案を検討・作成し、原子力規制委員会に諮ることとしていた（参考中の「3. 今後の予定」を参照。）。

今般、上記の改正案の検討・作成が終了し、また、本改正に係る審査の方針について整理したので、その内容について諮るものである。

¹ 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の解釈（原規技発第 1306193 号）
実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈（原規技発第 1306194 号）
実用発電用原子炉に係る発電用原子炉設置者の重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力に係る審査基準（原規技発第 1306197 号）

3. 改正案及び審査の方針

(1) 改正案

別紙1に示す解釈等の改正案を了承いただきたい。改正の概要については、以下のとおり。

①設置許可基準規則解釈²及び技術基準規則解釈³

設置許可基準規則解釈第53条及び技術基準規則解釈第68条において、「水素爆発による当該原子炉建屋等の損傷を防止するために必要な設備」として、原子炉格納容器から水素を排出する設備（原子炉格納容器圧力逃し装置と同一設備でも可）を規定し、原子炉格納容器ベントのBWRにおける原子炉建屋の水素防護対策としての位置付けを明確化する。

②SA技術的能力審査基準⁴

SA技術的能力審査基準1.10の解釈において、「水素爆発による当該原子炉建屋等の損傷を防止するために必要な手順等」として、原子炉格納容器から水素ガスを排出するための手順等の整備について規定し、原子炉格納容器ベントのBWRにおける原子炉建屋の水素防護対策としての位置付けを明確化する。

また、SA技術的能力審査基準1.0(4)の解釈において、原子炉格納容器ベント等の対策をその判断基準に達した場合にためらわず実施する必要がある旨明確化する。

③改正後の解釈等の適用時期

BWRにおける原子炉建屋の水素爆発による重大事故等対策への影響が大きいこと、原子炉格納容器ベントがBWRにおける原子炉建屋の水素防護対策として最も効果的かつ信頼性の高い対策であること、本改正が原子炉格納容器ベントのBWRにおける原子炉建屋の水素防護対策としての位置付けを明確化するためのものであり追加の設備対策を求めるものではないことを考慮し、改正後の解釈等については、施行の日から適用する。したがって、BWRについては、運転前までに改正後の解釈等に適合する必要がある。

² 「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の解釈」を「設置許可基準規則解釈」という。

³ 「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」を「技術基準規則解釈」という。

⁴ 「実用発電用原子炉に係る発電用原子炉設置者の重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力に係る審査基準」を「SA技術的能力審査基準」という。

(2) 審査の方針

本改正は、追加の設備対策を求めるものではないが、原子炉格納容器ベントのBWRにおける原子炉建屋の水素防護対策としての位置付けを明確化することから、現行の原子炉格納容器ベントの手順等がBWRにおける原子炉建屋の水素防護対策としても妥当なものであるか等を審査によって確認する必要がある。

このため、本改正に係る審査を別紙2に示す方針のとおり進めることについて、了承いただきたい。

4. 意見公募の実施

別紙1の改正案について、行政手続法（平成5年法律第88号）第39条第1項の規定に基づく意見公募を実施することを了承いただきたい。

実施期間： 令和4年12月8日から令和5年1月6日まで（30日間）

実施方法： 電子政府の総合窓口（e-Gov）、郵送及びFAX

5. 今後の予定

(1) 改正の決定及び施行

意見公募実施後、改正の決定について原子力規制委員会に付議し、決定後同日に施行する。

(2) 改正後の基準に基づく審査

解釈等の改正後、別紙2に示す方針のとおり審査を行う。

6. 別紙及び参考

別紙1	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の解釈等の一部改正について（案）
別紙2	原子炉格納容器ベントの沸騰水型原子炉における原子炉建屋の水素防護対策としての位置付けの明確化に係る審査の方針
参考	水素防護に関する知見の規制への反映に向けた対応（令和4年度第38回原子力規制委員会了承文書）

(案)

別紙 1

改正 令和 年 月 日 原規技発第 号 原子力規制委員会決定

令和 年 月 日

原子力規制委員会

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の解釈等の一部改正について

次の各号に掲げる規程の一部を、それぞれ当該各号に定める表により改正する。

- (1) 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の解釈（原規技発第 1306193 号） 別表第 1
- (2) 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈（原規技発第 1306194 号） 別表第 2
- (3) 実用発電用原子炉に係る発電用原子炉設置者の重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力に係る審査基準（原規技発第 1306197 号） 別表第 3

附 則

この規程は、 年 月 日から施行する。

別表第1 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の解釈 新旧対照表

(下線部分は改正部分)

改正後	改正前
<p>第53条（水素爆発による原子炉建屋等の損傷を防止するための設備）</p> <p>1 第53条に規定する「水素爆発による当該原子炉建屋等の損傷を防止するために必要な設備」とは、以下に掲げる措置又はこれらと同等以上の効果を有する措置を行うための設備をいう。</p> <p><u>a) 原子炉格納容器の構造上、炉心の著しい損傷が発生した場合において原子炉格納容器内の水素濃度が高くなり、高濃度の水素ガスが原子炉格納容器から漏えいするおそれのある発電用原子炉施設には、原子炉格納容器から原子炉建屋等への水素ガスの漏えいを抑制し、原子炉建屋等内の水素濃度の上昇を緩和するための設備として、次に掲げるところにより、原子炉格納容器から水素ガスを排出することができる設備を設置すること。この場合において、当該設備は、本規程第50条の規定により設置する原子炉格納容器圧力逃がし装置と同一設備であってもよい。</u></p> <p><u>i) その排出経路での水素爆発を防止すること。</u></p> <p><u>ii) 排気中の水素濃度を測定することができる設備を設けること。</u></p> <p><u>iii) 前各号に掲げるもののほか、本規程第50条第3項b)各号の規定に準ずること。</u></p>	<p>第53条（水素爆発による原子炉建屋等の損傷を防止するための設備）</p> <p>1 第53条に規定する「水素爆発による当該原子炉建屋等の損傷を防止するために必要な設備」とは、以下に掲げる措置又はこれらと同等以上の効果を有する措置を行うための設備をいう。</p> <p><u>(新設)</u></p>

改正後	改正前
<p><u>b)</u> 水素濃度制御設備（制御により原子炉建屋等で水素爆発のおそれがないことを示すこと。）又は原子炉建屋等から水素ガスを排出することができる設備（動的機器等に水素爆発を防止する機能を付けること。放射性物質低減機能を付けること。）を設置すること。</p> <p><u>c)</u> 想定される事故時に水素濃度が変動する可能性のある範囲で推定できる監視設備を設置すること。</p> <p><u>d)</u> これらの設備は、交流又は直流電源が必要な場合は代替電源設備からの給電を可能とすること。</p>	<p><u>a)</u> 水素濃度制御設備（制御により原子炉建屋等で水素爆発のおそれがないことを示すこと。）又は水素排出設備（動的機器等に水素爆発を防止する機能を付けること。放射性物質低減機能を付けること。）を設置すること。</p> <p><u>b)</u> 想定される事故時に水素濃度が変動する可能性のある範囲で推定できる監視設備を設置すること。</p> <p><u>c)</u> これらの設備は、交流又は直流電源が必要な場合は代替電源設備からの給電を可能とすること。</p>

別表第2 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈 新旧対照表

(下線部分は改正部分)

改正後	改正前
<p>第68条(水素爆発による原子炉建屋等の損傷を防止するための設備)</p> <p>1 第68条に規定する「水素爆発による当該原子炉建屋等の損傷を防止するために必要な設備」とは、以下に掲げる措置又はこれらと同等以上の効果を有する措置を行うための設備をいう。</p> <p>a) <u>原子炉格納容器の構造上、炉心の著しい損傷が発生した場合において原子炉格納容器内の水素濃度が高くなり、高濃度の水素ガスが原子炉格納容器から漏えいするおそれのある発電用原子炉施設には、原子炉格納容器から原子炉建屋等への水素ガスの漏えいを抑制し、原子炉建屋等内の水素濃度の上昇を緩和するための設備として、次に掲げるところにより、原子炉格納容器から水素ガスを排出することができる設備を設置すること。この場合において、当該設備は、本規程第65条の規定により設置する原子炉格納容器圧力逃がし装置と同一設備であってもよい。</u></p> <p>i) <u>その排出経路での水素爆発を防止すること。</u></p> <p>ii) <u>排気中の水素濃度を測定することができる設備を設けること。</u></p> <p>iii) <u>前各号に掲げるもののほか、本規程第65条第3項b)各号の規定に準ずること。</u></p>	<p>第68条(水素爆発による原子炉建屋等の損傷を防止するための設備)</p> <p>1 第68条に規定する「水素爆発による当該原子炉建屋等の損傷を防止するために必要な設備」とは、以下に掲げる措置又はこれらと同等以上の効果を有する措置を行うための設備をいう。</p> <p><u>(新設)</u></p>

改正後	改正前
<p><u>b)</u> 水素濃度制御設備（制御により原子炉建屋等で水素爆発のおそれがないことを示すこと。）又は原子炉建屋等から水素ガスを排出することができる設備（動的機器等に水素爆発を防止する機能を付けること。放射性物質低減機能を付けること。）を設置すること。</p> <p><u>c)</u> 想定される事故時に水素濃度が変動する可能性のある範囲で推定できる監視設備を設置すること。</p> <p><u>d)</u> これらの設備は、交流又は直流電源が必要な場合は代替電源設備からの給電を可能とすること。</p>	<p><u>a)</u> 水素濃度制御設備（制御により原子炉建屋等で水素爆発のおそれがないことを示すこと。）又は水素排出設備（動的機器等に水素爆発を防止する機能を付けること。放射性物質低減機能を付けること。）を設置すること。</p> <p><u>b)</u> 想定される事故時に水素濃度が変動する可能性のある範囲で推定できる監視設備を設置すること。</p> <p><u>c)</u> これらの設備は、交流又は直流電源が必要な場合は代替電源設備からの給電を可能とすること。</p>

別表第3 実用発電用原子炉に係る発電用原子炉設置者の重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力に係る審査基準 新旧対照表

(下線部分は改正部分)

改 正 後	改 正 前
<p>Ⅲ 要求事項の解釈</p> <p>1. 重大事故等対策における要求事項の解釈</p> <p>1.0 共通事項</p> <p>(1)～(3) (略)</p> <p>(4) 手順書の整備、訓練の実施及び体制の整備</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <p>【要求事項】</p> <p>(略)</p> </div> <p>【解釈】</p> <p>1 手順書の整備は、以下によること。</p> <p>a) (略)</p> <p>b) 発電用原子炉設置者において、炉心の著しい損傷及び原子炉格納容器の破損を防ぐために最優先すべき操作等の判断基準をあらかじめ明確化する方針であること。<u>(ほう酸水注入系(SLCS)、海水及び格納容器圧力逃がし装置の使用を含む。)</u>また、<u>当該判断基準に達した場合に当該操作等をためらわず実施する手順とする方針であること。</u></p> <p>c)～g) (略)</p> <p>2・3 (略)</p> <p>1.1～1.9 (略)</p> <p>1.10 水素爆発による原子炉建屋等の損傷を防止するための手順等</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <p>【要求事項】</p> <p>(略)</p> </div> <p>【解釈】</p> <p>1 「水素爆発による当該原子炉建屋等の損傷を防止するために必要な手順等」とは、以下に掲げる措置又はこれらと同等以上の効</p>	<p>Ⅲ 要求事項の解釈</p> <p>1. 重大事故等対策における要求事項の解釈</p> <p>1.0 共通事項</p> <p>(1)～(3) (略)</p> <p>(4) 手順書の整備、訓練の実施及び体制の整備</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <p>【要求事項】</p> <p>(略)</p> </div> <p>【解釈】</p> <p>1 手順書の整備は、以下によること。</p> <p>a) (略)</p> <p>b) 発電用原子炉設置者において、炉心の著しい損傷及び原子炉格納容器の破損を防ぐために最優先すべき操作等の判断基準をあらかじめ明確化する方針であること。<u>(ほう酸水注入系(SLCS)、海水及び格納容器圧力逃がし装置の使用を含む。)</u></p> <p>c)～g) (略)</p> <p>2・3 (略)</p> <p>1.1～1.9 (略)</p> <p>1.10 水素爆発による原子炉建屋等の損傷を防止するための手順等</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <p>【要求事項】</p> <p>(略)</p> </div> <p>【解釈】</p> <p>1 「水素爆発による当該原子炉建屋等の損傷を防止するために必要な手順等」とは、以下に掲げる措置又はこれらと同等以上の効</p>

改正後	改正前
<p>果を有する措置を行うための手順等をいう。</p> <p>a) <u>炉心の著しい損傷が発生した場合において原子炉格納容器から原子炉建屋等への水素ガスの漏えいを抑制し、原子炉建屋等の水素濃度の上昇を緩和するため、原子炉格納容器から水素ガスを排出することができる設備による原子炉格納容器から水素ガスを排出する手順等を整備すること。</u></p> <p>b) <u>炉心の著しい損傷が発生した場合において原子炉建屋等の水素爆発による損傷を防止するため、水素濃度制御設備又は原子炉建屋等から水素ガスを排出することができる設備により、水素爆発による当該原子炉建屋等の損傷を防止するために必要な手順等を整備すること。</u></p> <p>c) <u>水素爆発による損傷を防止するために必要な設備が、交流又は直流電源が必要な場合は代替電源設備からの給電を可能とする手順等を整備すること。</u></p> <p>1. 11～1.19 (略)</p> <p>2. (略)</p>	<p>果を有する措置を行うための手順等をいう。 <u>(新設)</u></p> <p>a) <u>炉心の著しい損傷が発生した場合において原子炉建屋等の水素爆発による損傷を防止するため、水素濃度制御設備又は水素排出設備により、水素爆発による当該原子炉建屋等の損傷を防止するために必要な手順等を整備すること。</u></p> <p>b) <u>水素爆発による損傷を防止するために必要な設備が、交流又は直流電源が必要な場合は代替電源設備からの給電を可能とする手順等を整備すること。</u></p> <p>1. 11～1.19 (略)</p> <p>2. (略)</p>

原子炉格納容器ベントの沸騰水型原子炉における原子炉建屋の水素防護対策としての位置付けの明確化に係る審査の方針

令和4年12月7日
原子力規制庁

沸騰水型原子炉における原子炉建屋の水素防護対策に関する知見の規制上の取扱いの考え方（令和4年度第38回原子力規制委員会了承）を踏まえた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の解釈等¹（以下「解釈等」という。）の改正による原子炉格納容器ベントの沸騰水型原子炉における原子炉建屋の水素防護対策としての位置付けの明確化に係る審査の方針は以下のとおり。

1. 本改正は、改正前の解釈等において原子炉格納容器の過圧破損防止対策等として位置付けられている原子炉格納容器ベントについて、沸騰水型原子炉における原子炉建屋の水素防護対策としての位置付けを明確化するものであり、追加の設備対策を要求するものではないことから、設備に関する確認を行う必要はない。
2. 一方で、事業者は、改正前の解釈等に基づき、現行の原子炉格納容器ベントの手順等を原子炉格納容器の過圧破損防止対策等として整備していることから、当該手順等が原子炉建屋の水素防護対策として、現時点の知見に照らして妥当なものであるか、また、原子炉建屋の水素防護対策の観点から、判断基準に達した場合には原子炉格納容器ベントをためらわず実施することが出来るか等を確認する。
3. これらは重大事故等対策の手順等に係るものであることから、保安規定の審査において確認することとする。なお、確認の結果、許可の基本方針まで変更する必要がある場合には、当該事業者に対して設置変更許可申請を求め、許可の審査において確認することとする。

¹ 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の解釈（原規技発第1306193号）
実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈（原規技発第1306194号）
実用発電用原子炉に係る発電用原子炉設置者の重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力に係る審査基準（原規技発第1306197号）

水素防護に関する知見の規制への反映に向けた対応

令和4年9月14日
原子力規制庁

1. 趣旨

本議題は、令和4年度第31回原子力規制委員会（令和4年8月24日。以下「前回委員会」という。）での討議を踏まえて、沸騰水型原子炉における原子炉建屋の水素防護対策に関する知見の規制上の取扱いの考え方の了承について諮るものである。

2. 経緯

「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」から得られた知見の規制への取り入れに関して、令和3年度第50回原子力規制委員会（令和3年12月8日）、令和4年度第12回原子力規制委員会（令和4年5月25日）及び前回委員会において、作業チームにおける検討状況を報告し、前回委員会において、規制上の取扱いについて委員間で討議いただいた。

当該討議を踏まえ、沸騰水型原子炉における原子炉建屋の水素防護対策に関する知見の規制上の取扱いの考え方の案を別紙のとおり整理したので、了承いただきたい。

3. 今後の予定

原子炉建屋の水素防護対策としての原子炉格納容器ベントの位置付けを明確化するための基準等の改正について、改正案を検討・作成し、原子力規制委員会に諮るものとする。

また、事業者等が策定するとしているアクションプラン、事業者の対策の取組状況等については、公開の会合等で継続的にフォローアップし、必要に応じて原子力規制委員会に報告することとする。

4. 別紙及び参考

別紙 沸騰水型原子炉における原子炉建屋の水素防護対策に関する知見の規制上の取扱いの考え方

参考 水素防護に関する知見の規制への反映に向けた検討状況（中間報告その3－事業者意見聴取会合の結果－）（令和4年8月24日第31回原子力規制委員会 資料5（抜粋））

沸騰水型原子炉における原子炉建屋の水素防護対策に関する 知見の規制上の取扱いの考え方

令和4年9月14日
原子力規制委員会

「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」から得られた知見を踏まえた沸騰水型原子炉における原子炉建屋の水素防護対策に係る規制上の取扱いの考え方は以下のとおり。

1. 原子炉建屋の水素防護対策としては、「原子炉格納容器から原子炉建屋への水素の漏えいを抑制する対策」、「原子炉建屋に漏えいした水素を排出する対策」及び「原子炉建屋に漏えいした水素を処理する対策」が考えられる。
2. 新規規制基準適合のための対応の中で、これらの原子炉建屋の水素防護対策は相当程度実施されている。しかしながら、水素挙動の評価については、一定の条件を仮定したものであり、その結果には大きな不確かさを含んでいる。このような水素挙動の不確かさ、原子炉建屋の水素爆発による重大事故等対策等への影響の大きさ等を考慮すれば、更なるリスクの低減のための対策を求める必要がある。
3. 3つの対策のうち「原子炉格納容器から原子炉建屋への水素の漏えいを抑制する対策」である原子炉格納容器ベントは、最も効果的かつ信頼性の高い対策であることから、現行の規制基準において原子炉格納容器の破損防止を目的としている原子炉格納容器ベントについて、その目的に原子炉建屋の水素防護を追加する。これにより、原子炉建屋の水素防護対策の観点から、原子炉施設等の状態が当該対策の実施判断基準に達した場合には、原子炉格納容器ベントを躊躇なく実施することが必要となる。
4. 「原子炉建屋に漏えいした水素を排出する対策」及び「原子炉建屋に漏えいした水素を処理する対策」については、既に現行の規制基準において位置付けており、また、対策も相当程度実施されている。その上で、水素爆発のリスクの更なる低減の観点から、原子炉施設ごとの特徴に応じた対策を自律的かつ計画的に実施することを事業者に求め、その状況を継続的にフォローアップすることとする。
5. 今後新たな知見が得られた場合や事業者の対策の進展が見られない場合等には、本規制上の取扱いの考え方についても必要に応じて見直すこととする。

水素防護に関する知見の規制への反映に向けた検討状況 （中間報告その3－事業者意見聴取会合の結果－）

令和4年8月24日
原子力規制庁

1. 趣旨

本議題は、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（以下「作業チーム」という。）における検討状況のうち、第15回主要原子力施設設置者の原子力部門の責任者と意見交換会（以下「CNOとの意見交換会」という。）及び第2回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事業者意見聴取会合（以下「第2回意見聴取会」という。）の結果について報告し、今後の対応について討議いただくものである。

2. 経緯等

「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」（以下「中間取りまとめ」という。）から得られた知見の規制への取り入れに関して、令和3年度第50回原子力規制委員会（令和3年12月8日）及び令和4年度第12回原子力規制委員会（令和4年5月25日）において、その時点での作業チームにおける検討状況、事業者及び原子力エネルギー協議会（ATENA）（以下「事業者等」という。）から意見を聴取した結果を報告した（参考4参照）。

また、令和4年度第12回原子力規制委員会での議論も踏まえ、令和4年7月20日にCNOとの意見交換会を行うとともに、令和4年7月28日に第2回意見聴取会を行った。これらの結果は、3. のとおり。

3. 事業者からの意見聴取結果

（1）CNOとの意見交換会

当該意見交換会では、規制当局の関心事項（参考1）を示し、BWR事業者7社¹のCNOと意見交換を行った。意見交換結果のポイントは以下のとおり。

【原子力規制委員会委員からの意見】

- 原子炉建屋（以下単に「建屋」という。）の水素爆発防止対策は、炉心損傷後の極めて後段の対策に位置するため、不確かさの非常に大きな領域での対策であり、中間取りまとめを踏まえた対策に係る検討には時間を要する。一方、長期的な検討を待っては、対策の遅れや作業の手戻りが生じることから、規制当局と事業者との間で、対策に係る共通理解を醸成することが最も望ましい形である。
- BWRにおいては、建屋で水素爆発が生じた場合、その後の重大事故等対策が無

¹ 東北電力株式会社、東京電力ホールディングス株式会社、中部電力株式会社、北陸電力株式会社、中国電力株式会社、日本原子力発電株式会社及び電源開発株式会社

力化されるおそれがある。水素爆発を防止する対策としては、原子炉格納容器（以下「格納容器」という。）ベントを確実に実施することが、最も有効性が明らかになっている対策である。

- 常用の建屋換気系（以下「HVAC」という。）は防爆仕様ではないため、一度停止した場合、建屋内の水素濃度が着火限界を下回っていることが確認できなければ再起動に抵抗があると思うが、電源の強化等を考えておけば、非常に有効な対策になり得るのではないか。
- 建屋の水素爆発防止対策の観点からは、HVACについて、インターロック等で止めるのではなく、運転を継続させる方が良いのではないか。設計基準事故までではなく、シビアアクシデントまで視野に入れた場合には、検討の余地があるのではないか。
- ブローアウトパネル（以下「BOP」という。）を開放した状態やHVAC等を動かした状態の建屋内の空気の流れについては、実際に測定しなければ把握できないのではないか。

【事業者等の意見】

- 非常用ガス処理系（以下「SGTS」という。）やHVACを防爆仕様にすることは、技術的に不可能ではないが、相当難しいと考えており、むしろ、水素を早期検知し掃気できるよう、手順・手段を用意しておくことが重要と考えている。
- 設備の再起動時の着火リスクに関しては、BOP及び大物搬入口の小物扉を開放し、水素の着火リスクがない建屋外部から、可搬の送風機などで掃気するといった対策も検討の対象としている。
- 対策の検討に当たっては、耐震性、系統間の分離等、既設の設備への悪影響を慎重に検討する必要がある。耐震性や電源などを確保しあらゆる状況でも使えるようにすることは現実的ではなく、導入条件等を整理しておくことが必要と考えている。
- HVACについては、排気と給気のバランスを考慮しなければ建屋内が過負圧となり他の設備に悪影響を及ぼすおそれがあることや、インターロックを解除する必要があるなど、検討すべき課題がある。
- また、HVACのシビアアクシデントにおける活用を検討する際には、当該設備について、インターロックなど設計基準事故を想定した設計がなされていることを考慮する必要がある。

（２）第２回意見聴取会

作業チームは、CNOとの意見交換を踏まえて事業者等が説明した内容を元に意見聴取を行った。事業者からの意見聴取結果のポイントは以下のとおり。

【対策全体に係る考え方】

- 建屋の水素爆発防止対策として、建屋への水素の漏えいを抑制する対策（格納容器ベント）、建屋に漏えいした水素を排出する対策及び建屋に漏えいした水素を処理する対策を検討している。

- また、対策を、短期的に取り組むもの（以下「短期的対応」という。）と中長期的に取り組むもの（以下「中長期的対応」という。）に整理した上で、検討・実施していく。

【短期的対応・中長期的対応の考え方】

- 短期的対応は、現有設備をどのようにマネジメントすることで効果的な水素対策が実現できるのかという観点で整理をするものであり、現状の設計で想定している範囲内で、新規制基準対応で示した対策や設備の活用のための導入条件の整理やマネジメントを実施する。
- 中長期的対応は、現状の設計で想定している範囲を超えたところで、現有設備の設備改造や設計思想の変更など検討に時間を要するものも含めて検討し、より良い水素対策を実施する。
- 短期的対応については、ATENAが作成するアクションプラン等を踏まえて各事業者が検討した上で、2023年度中に対応を終了させることを考えているが、可能な限り原子炉の再稼働の前に整備していくことを目標に、取組を進めていくことを考えている。
- 中長期的対応については、現有設備の変更や設備の追加、解析評価など時間を要するものも含め継続的に検討し、結果が得られたものから実施していくことを考えている。

【建屋への水素の漏えいを抑制する対策（格納容器ベント）】

- 格納容器ベントの実施判断基準を明確にした手順書を定め、その基準に到達した場合には躊躇無く格納容器ベントを実施する。格納容器ベント実施の判断が遅れ水素爆発が生じた場合、重大事故等対策に悪影響を与えることから、有効性評価等で想定しているタイミングより早く実施判断基準に至った場合であっても、当該基準に従って躊躇無く格納容器ベントを実施する考えである。
- 一部の事業者（中部電力、電源開発及び北陸電力）においては、実施判断基準を手順に定めて実施する旨を明示的に表明していない又は判断基準を見直す可能性があるとしているが、これらは新規制基準適合に係る設置変更許可の審査中であるためであり、判断基準に係る考え方は上記と同様である（参考3中4ページ参照）。
- 一部の事業者（東北電力、中部電力）においては、格納容器ベントの実施判断権者を発電所対策本部長（発電所長）としているが、これは、運転員が格納容器ベント実施の判断を報告した上で、発電所長の権限と責任において実施することを明確にするためのものであり、実施判断基準に達しているにもかかわらず格納容器ベントの実施を遅らせることを目的としたものではない（参考3中4ページ参照）。
- 有効性評価で想定していない状態や設計を超える状態を想定した場合、現行の格納容器ベントの実施判断基準の見直しの要否、追加の実施判断基準の設定の要否等について検討する必要があると考えている。この検討には、現場作業や従業員

被ばくへの影響なども考慮する必要があるため、継続的な検討が必要と認識している。

- プラントの状況に応じた柔軟な対応を可能にするためには、実施判断基準だけでなく、当該基準に至るまでの時間やプラント状態を整理し、その状況下で使用できる設備を組み合わせてアクシデントマネジメントを考える必要がある。

【建屋に漏えいした水素を排出する対策】

- HVACを現行の設計のまま活用することについては、米国のBWRオーナーズグループの手順にも記載されているものであり、短期的対応として検討することを考えている。
- HVACの給気機能による掃気や、（CNOとの意見交換会でも言及した）建屋外からの可搬の送風機による掃気については、まだ着想段階であり、今後の検討が必要と考えている。
- 建屋の水素爆発防止対策としてSGTSを選択している事業者（中部電力）においては、現状は既存設備からの改造等は実施していないものの、中長期的な検討対象である「設備の防爆化」等の見通しが得られた場合には、その採否を検討することとしている。
- HVACの活用に関して、検討の意思を明確に表明していない事業者（東京電力、中部電力）については、電源の確保や設備の信頼性などの課題を整理しているため、要否を検討する段階まで議論が進んでいないものであり、当該対策を実施しないことを決めたものではない（参考2中11ページ参照）。
- 扉改造（スリット等の追加）に関して、検討の意思を明確に表明していない事業者（中部電力、日本原子力発電、電源開発）については、扉の改造は、空調のバランスや扉そのものの機能への影響を踏まえて検討する必要があるため、要否を検討する段階まで議論が進んでいないものであり、当該対策を実施しないことを決めたものではない（参考2中11ページ参照）。
- 建屋の開放実験については、管理区域の開放に係る課題、防護管理上の課題、BOPの開閉に伴う作業上の課題等があるため、実験の結果得られる情報の整理と合わせて、その実施要否について検討している。
- SGTSの定期事業者検査などの機会を活用した、建屋下層階の局所的な滞留箇所も含めた建屋全体の空気の流れを把握するなどの取組については、当該取組時と事故時における条件の違いなども含めて、詳細な検討が必要と考えている。むしろ、複数の解析評価を行ってデータを蓄積し、検討を進めていく方が現実的と考えている。
- ヘリウムボンベ等による格納容器からの水素漏えいの簡易的な模擬や、煙等による流れの可視化など、精緻に事故条件を再現せずとも可能な取組から実施することを含め、検討を行っていく。その際には、併せて、これらの取組を実際に行う上での課題や、現場における取組で可能なこと・解析で可能なことの整理を行う必要があると考えている。

【建屋に漏えいした水素を処理する対策】

- ウォークダウンを踏まえた静的触媒式水素再結合装置（以下「PAR」という。）や水素濃度計の追設については、耐震性、周辺施設への波及的影響（PARの処理熱の影響など）、水素濃度計の電源や伝送系の設計等を検討する必要がある、その実施には時間を要することから、中長期的対応と位置付けている。
- 水素濃度計の追設については、中長期的対応と位置付けているが、格納容器ベントに係る短期的対応との関係もあることから、全ての検討の完了を待って対応するのではなく、優先度をつけ、スピード感を意識しながら対策を実施していく。
- 水素濃度は格納容器ベントやSGTSの停止判断に用いる指標であり、水素濃度計の計測精度を向上させることで水素爆発対策に係る能力を向上できることは認識していることから、水素濃度の計測精度向上については技術動向を見ながら検討していく。一方で、現時点において、当該取組に係る具体的な計画があるわけではない。
- 建屋下層階へのPARの追設に関して、検討の意思を明確に表明していない事業者（中部電力）については、現在審査中の新規規制基準適合に係る設置変更許可申請の中で、建屋の水素爆発防止対策として、PARではなくSGTSを選択していることから、現時点においては、PARの追設の要否について検討の手前の段階にある（参考2中11ページ参照）。

4. 水素防護対策に関する議論の整理

（1）現行規制での対応と現状認識

- 現行規制の下では、新規規制基準対応として、建屋の水素濃度基準による格納容器ベント、大物搬入口の開運用による流路の確保及びオペレーションフロアへのPARの設置による水素処理、SGTSの運転による水素排気などの対策がなされるとともに、自主的な対応としてBOP又は建屋トップベント設備の開放などの対策もとられている。こうした対応により、現状においても建屋の水素爆発防止対策は相当程度実施されており、災害の防止上支障はないものと考えられる。
- 他方、中間取りまとめでは、事象進展の機序に不確かさは残るものの、東京電力福島第一原子力発電所第3号機建屋下層階に水素が滞留していたこと等が示唆されている。
- 建屋の水素爆発は、炉心損傷後の極めて後段の不確かさが非常に大きな領域における事象であり、中間取りまとめを踏まえれば、現状において建屋の水素爆発防止対策が相当程度実施されているとしても、更なるリスク低減を図るための対策を講じる必要がある。
- 炉心損傷後の不確かさの非常に大きな領域における更なるリスク低減対策を、規制上どういう形で取り扱っていくか（要求のあり方や確認の方法など）整理するには時間を要することから、それを待っては、対策の遅れや作業の手戻りが生じるおそれがある。よって、建屋の水素爆発防止対策に関する共通理解を規制当局と事業者との間で醸成しながら、実施可能な更なるリスク低減対策を速やか

に進めていくことが望ましい形と考えられる。

(2) 事業者等との認識共有

- 事業者等からは、建屋の水素爆発の更なるリスク低減を図るため、各プラントの特徴等を踏まえ、様々な対策を検討していく必要性が示され、規制当局との間で、更なるリスク低減対策が必要という認識を共有した。
- ATENAの取組も交えた事業者の対策検討の進め方及び工程が示され、短期的対応については可能な限り原子炉の再稼働前に整備し、中長期的対応については検討が終了したものから順次実施していくとの意向が示され、その考え方についての認識を共有した。
- これらを踏まえた具体的な取組及び実施時期について、事業者等と認識を共有した事項を整理すると表1のとおり。

表1 原子炉建屋の水素爆発防止対策に関する実施事項と実施時期

	短期的対応 (～2023年度末：可能な限り原子炉の再稼働の前に整備)	中長期的対応 (2023年度以降順次)
【水素漏えい抑制】 格納容器から建屋への水素の漏えいを抑制する対策	<ul style="list-style-type: none"> ・格納容器ベントの実施判断基準を明確にした手順書の策定* ・実施判断基準に到達した場合に躊躇無く格納容器ベントを実施するための体制整備* ・実施判断基準に至った場合に躊躇無く格納容器ベントを実施する方針の確認* 	<ul style="list-style-type: none"> ・格納容器の設計条件等を超える状態を想定した場合の格納容器ベントの実施判断基準の追加・見直しの検討
【水素排出】 建屋に漏えいした水素を排出する対策	<ul style="list-style-type: none"> ・HVACを現行の設計のまま活用するためのアクシデントマネジメントの検討 ・SGTSを用いた水素排出対策* ・BOP、建屋トップベント設備等による水素排出対策* ・建屋の開放実験の実施要否の検討 	<ul style="list-style-type: none"> ・SGTS、HVACの起動による着火リスク低減方策（防爆化等）の検討 ・事故時における隔離方針のあり方（HVACの継続運転等）の検討 ・扉改造（スリット等の追加）
【水素処理】 建屋に漏えいした水素を処理する対策	<ul style="list-style-type: none"> ・プラントウォークダウンの実施 ・オペレーションフロアへのPARの設置及び流路の確保* ・オペレーションフロア及び下層階主要箇所への水素濃度計の設置* 	<ul style="list-style-type: none"> ・プラントウォークダウンを踏まえた建屋内水素挙動評価 ・プラントウォークダウンや水素挙動評価を踏まえた水素濃度計、PARの追設（優先順位をつけて順次実施）

※新規制基準対応（自主も含む）として実施するもの。