

格納容器圧力逃がし装置の 原子炉建屋水素防護対策としての位置付け明確化 に伴う保安規定の変更について

2023年3月23日

東京電力ホールディングズ株式会社

枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

1. 背景 P.2
2. 審査基準等の改正内容について P.3
3. 審査の方針について P.5
4. 格納容器圧力逃がし装置に係る設備の位置付け P.6
5. 原子炉建屋水素濃度に基づくベント基準の妥当性確認 P.7
6. 保安規定の改正方針について P.27
7. 保安規定の変更内容について P.28
8. 原子炉建屋水素爆発防止のための操作手順 P.32

1. 背景

(1) 背景

- 第75回原子力規制委員会（2023.2.22）において、**BWRにおける原子炉格納容器ベントの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「**实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**」（以下、「**設置許可基準規則解釈**」という。）、「**实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**」（以下、「**技術基準規則解釈**」という。）及び「**实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**」（以下、「**SA技術的能力審査基準**」という。）が**改正された**。
- 当社の設置許可及び保安規定には、SA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原子炉格納容器ベント基準を既に定めているが、これらは同審査基準における「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」に紐づいてはいない**。
- 同委員会資料の参考「**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**」（以下、「**審査方針**」という。）では「**1.位置付けの明確化であることから追加での設備対策は要求しない**」、「**2.現状の水素に対するベント基準や手順が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**、「**3.今回の改正はSA時における手順に係るものであることから保安規定の審査で確認する**」ことが示されている。
- これらの状況を踏まえ、格納容器圧力逃がし装置を原子炉建屋水素防護対策として位置付けることを明確化するため、妥当性を確認したうえ、ベント基準等が記載された保安規定 添付3 (重大事故等及び大規模損壊対応に係る実施基準)の変更を行う。

2. 審査基準等の改正内容について

【設置許可基準規則解釈（追記箇所は赤字，削除箇所は青字）】

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）

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。

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格納容器圧力逃がし装置と同一設備であってもよい。

i) その排出経路での水素爆発を防止すること。

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。

iii) i) 及び ii) に掲げるもののほか、本規程第50条3b) i) からxi) までの規定に準ずること。

~~b)~~ 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。

~~c)~~ 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。

~~d)~~ 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。

【技術基準規則解釈（追記箇所は赤字，削除箇所は青字）】

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）

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。

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65条の規定により設置する格納容器圧力逃がし装置と同一設備であってもよい。

i) その排出経路での水素爆発を防止すること。

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。

iii) i) 及び ii) に掲げるもののほか、本規程第65条3b) i) からxi) までの規定に準ずること。

~~b)~~ 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。

~~c)~~ 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。

~~d)~~ 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。

2. 審査基準等の改正内容について

【SA技術的能力審査基準（追記箇所は赤字，削除箇所は青字）】

Ⅲ 要求事項の解釈

1. 重大事故等対策における要求事項の解釈

1.0 共通事項

(1)～(3) (略)

(4) 手順書の整備、訓練の実施及び体制の整備

【要求事項】

(略)

【解釈】

1 手順書の整備は、以下によること。

a) (略)

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。(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。) また、当該判断基準に達した場合に当該操作等のため
らわず実施する手順とする方針であること。

1.1～1.9 (略)

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

【要求事項】

(略)

【解釈】

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果を有する措置を行うための手順等をいう。

a) 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、原子炉建屋等内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。

✕ b) 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。

✕ c) 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。

3. 審査の方針について

【第56回原子力規制委員会 資料2 別紙2】

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

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生じた場合には、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。

4. 格納容器圧力逃がし装置に係る設備の位置付け

(1) 設備状況の整理

現状、格納容器圧力逃がし装置については設置許可基準規則第50条及び技術基準規則第65条等の要求に基づき設置している。今回の解釈の改正により、本設備は設置許可基準規則第53条及び技術基準規則第68条の対象設備に位置付けることになるが、既に以下の設計となっていることから、新たな設備対策については不要である。

i) その排出経路での水素爆発を防止すること。

⇒ 格納容器圧力逃がし装置は、排気経路での水素爆発の防止対策として、当該系統内を可搬型窒素供給装置にて不活性ガス（窒素ガス）にて置換した状態で待機し、使用後には同様に可搬型窒素供給装置を用いて、系統内を不活性ガスにて置換できる設計としている。これにより、格納容器ベント初期に排気中に含まれる水素及び使用後にスクラバ水の放射線分解により発生する水素による爆発を防ぐことが可能である。

なお、格納容器ベント実施後に原子炉格納容器及びスクラバ水内に貯留された核分裂生成物による水の放射線分解によって発生する可燃性ガスの量は微量であり、また、連続して系外に排出されていることから、系統内で可燃領域に達することはない。系統内で水素が蓄積する可能性のある箇所については、水素を連続して排出するバイパスラインを設置することで、局所的に滞留し、系統内で水素の濃度が可燃領域に達することを防止できる設計としている。

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。

⇒ 格納容器圧力逃がし装置において、水素ガスが蓄積する可能性のある排出経路の配管頂部にフィルタ装置水素濃度を設置することにより、排出経路における水素濃度を測定し、監視することが可能な設計としている。

iii) i) 及び ii) に掲げるもののほか、本規程第50条3b) i) からxi) までの規定に準ずること。

⇒ 格納容器圧力逃がし装置は、設置許可基準規則50条の設備として申請しているものであるため、50条3項b) i) からix) の規定に準じた設計としている。

5. 原子炉建屋水素濃度に基づくベント基準の妥当性確認

(1) はじめに

SA技術的能力審査基準をもとに、新たな目的に対して現在のベント基準が妥当であることを、原子炉格納容器（以下、「格納容器」という。）の過圧破損防止を目的としたベント基準に対する関係から確認する。

【適合性審査で説明したベント基準】

- 原子炉建屋オペレーティングフロア（以下、「オペフロ」という。）水素濃度2.2vol%到達時に原子炉建屋水素爆発防止のためのベントを実施する手順となっている
- 一方、SA有効性評価においては、事象発生後約38時間で格納容器圧力による破損を防止のため、ベントを実施している

- 現状の原子炉建屋オペフロ水素濃度2.2vol%到達時のベント基準が、SA技術的能力審査基準の改正内容に対して妥当であることを確認
- 上記の原子炉建屋水素爆発防止のためのベント時間を調査するため、直接的な不確かさである格納容器内水素発生量を変化させ、GOTHIC解析にてベントタイミングへの影響を評価

5. 1 適合性審査におけるこれまでの確認事項

(2) 現状のベント基準の妥当性について

原子炉建屋における水素爆発防止のためのベント基準（原子炉建屋オペフロ水素濃度2.2vol%）が以下の観点で妥当であることを確認した。

- 炉心損傷が生じた場合，改良EPDM製シール材の採用等により格納容器耐性が向上していることを踏まえて，原子炉建屋水素爆発防止のためのベントにおいても放射性物質の放出を可能な限り遅延できること
- ベント基準は「水素濃度計計器誤差」及び「ベント基準到達後に遠隔操作にて速やかにベントできない不測事態発生に対する操作余裕時間」を考慮し，可燃限界（4vol%）に対して裕度がある基準であること

⇒適合性審査においてはPARの設置により，ベント基準である2.2vol%には至らないことを確認している。また，可燃限界4%に対して，計器誤差1%を考慮しても，不測事態発生時の操作時間が確保されている。

【原子炉建屋水素濃度2.2%根拠】

ベント基準水素濃度(2.2%) =

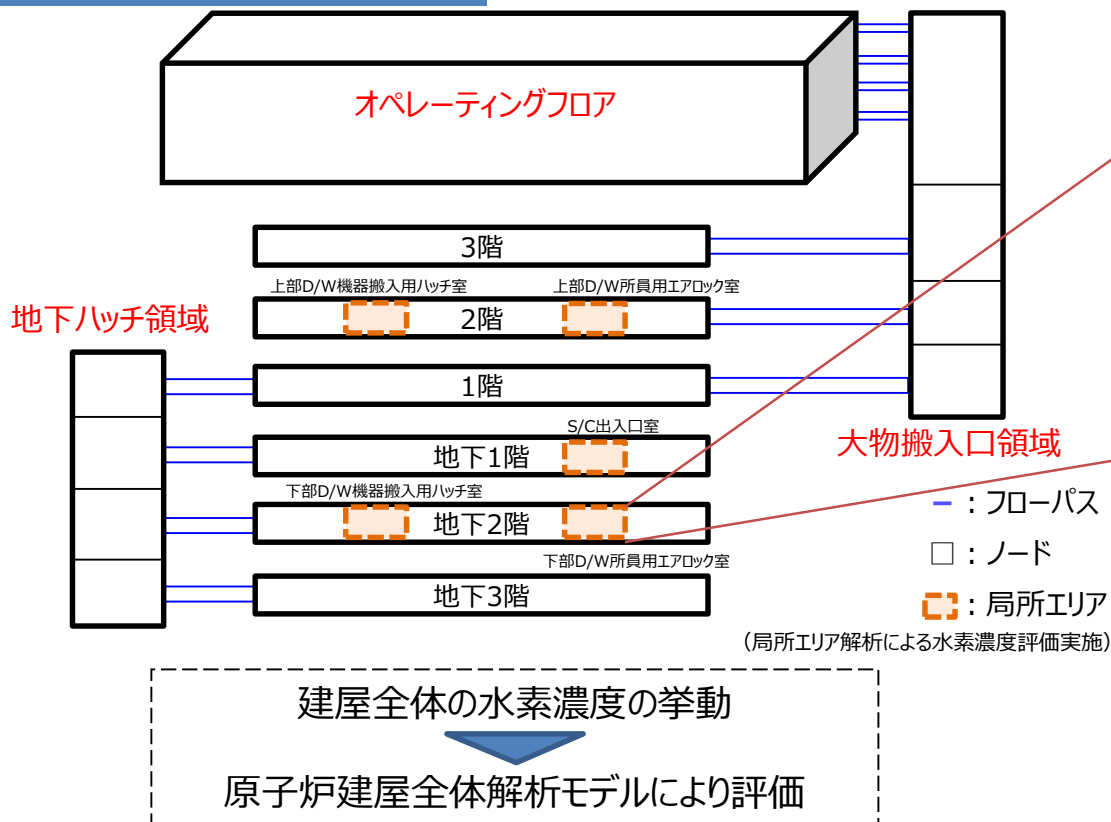
可燃限界(4%) - (計器誤差1% + 不測事態発生に対する操作余裕時間0.8%)

5. 原子炉建屋水素濃度に基づくベント基準の妥当性確認

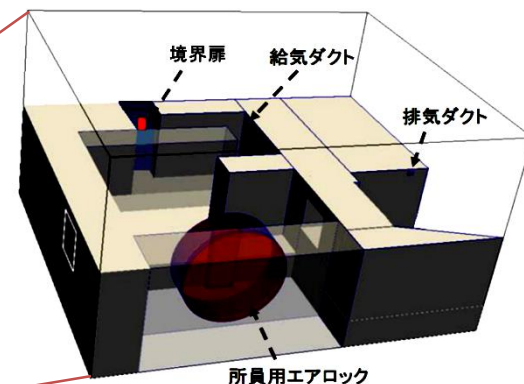
5. 1 適合性審査におけるこれまでの確認事項

水素の滞留によって、下層階が可燃限界に到達しないことを以下の解析モデルにより確認（評価については次頁以降で説明）

原子炉建屋解析モデル



局所エリア解析モデル



下部D/W所員用エアロック室の解析モデル

格納容器からの水素漏えいによる水素爆発リスクの高いエリアにおける水素濃度の挙動

局所エリア解析モデルにより評価

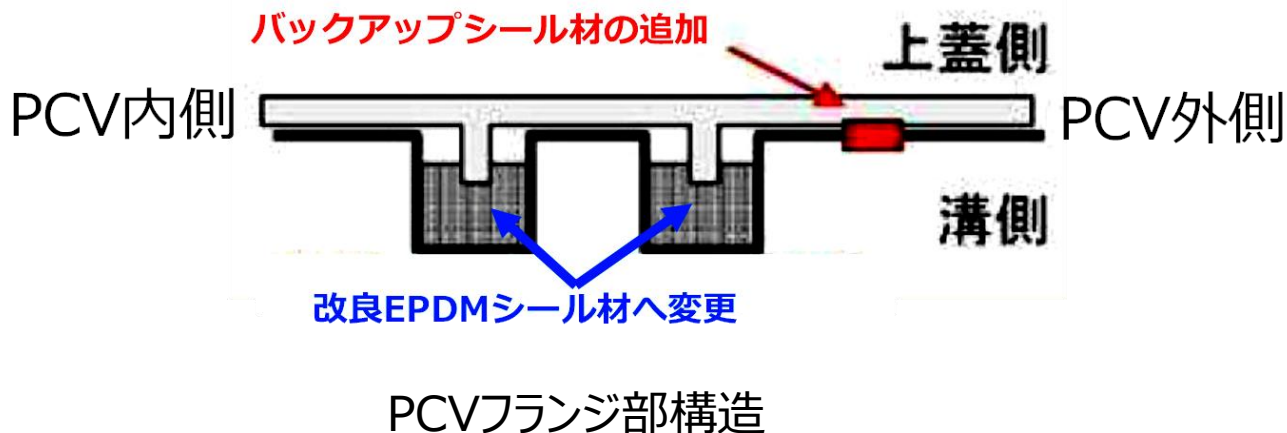
- ✓ 下層階で水素ガスが漏えいした場合においても原子炉建屋全域で水素濃度が均一化
 - ✓ 想定する全ての局所エリアで水素濃度が可燃限界に至らないことを確認
- ⇒原子炉建屋オペフロ水素濃度2.2vol%の判断基準は妥当

5. 1 適合性審査におけるこれまでの確認事項

(3) 評価における格納容器漏えい率の設定の考え方

- 当社では、格納容器フランジ部への改良EPDM製シール材の採用、バックアップシール材※を塗布し、漏えい防止対策を強化している。また、シール材に対して限界圧力、限界温度下での漏えい試験を行い、漏えいがないことを確認している
- 格納容器が限界圧力における漏えい率は、約1%/day（AEC式より）であることを評価している
- 上記を考慮し、格納容器漏えい率を保守的に1.5%/dayと設定し、試験により漏えいしないことを確認しているフランジから保守的に漏えいしたとして、原子炉建屋内の水素拡散挙動評価を行い、水素濃度が可燃限界に到達しないことを確認している

※所員用エアロックは除く



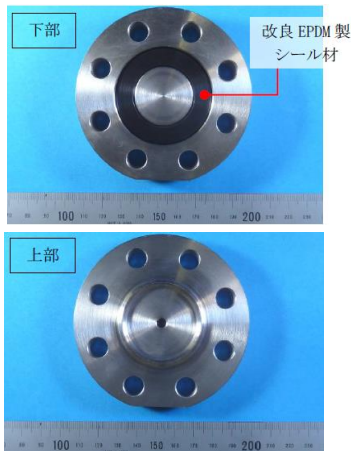
5. 原子炉建屋水素濃度に基づくベント基準の妥当性確認

5. 1 適合性審査におけるこれまでの確認事項

【改良EPDMシール材試験】



He漏えい試験の様子



試験体

改良EPDMシール材 He漏えい試験結果

No.	曝露条件	放射線照射量	変位	0.3MPa	0.65MPa	0.9MPa
1	乾熱 200℃, 168h	800kGy	なし	○	○	○
			0.8mm	○	○	○
2	蒸気 1MPa, 250℃, 168h	800kGy	なし	○	○	○
			0.8mm	○	○	○
3	蒸気 1MPa, 250℃, 168h	800kGy	なし	○	○	○
			0.8mm	○	○	○

○：漏えい及び圧力降下なし

【バックアップシール材試験】



He漏えい試験の様子



試験体

バックアップシール材 He漏えい試験結果(乾熱曝露)

No.	高温曝露条件	0.2MPa	0.3MPa	0.4MPa	0.5MPa	0.62MPa	放射線照射量
1	300℃, 73h	○	○	○	○	○	827kGy
2	350℃, 73h	○	○	○	○	○	827kGy

○：漏えい及び圧力降下なし

バックアップシール材 He漏えい試験結果(蒸気曝露)

No.	蒸気曝露条件	0.3MPa	0.65MPa	0.9MPa	放射線照射量
1	1MPa, 250℃, 168h	○	○	○	819kGy
2	1MPa, 250℃, 168h	○	○	○	819kGy
3	1MPa, 250℃, 168h	○	○	○	819kGy

○：漏えい及び圧力降下なし

5. 1 適合性審査におけるこれまでの確認事項

(4) ベースケース解析 (代替循環冷却系)

<評価シナリオ>

有効性評価 格納容器過圧・過温破損 (代替循環冷却系) シナリオ

<格納容器漏えい箇所>

リークポテンシャルである各フロアのフランジ部, エアロックから開口部周長の割合に応じて漏えい

<格納容器漏えい率>

0~24h : 1.5%/day

24~84h : 1.0%/day

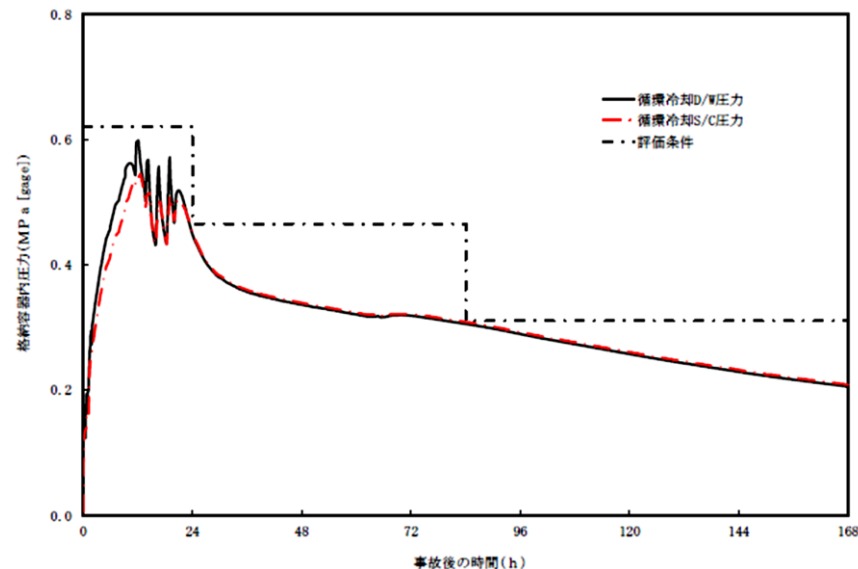
84h以降 : 0.75%/day

<PCV内水素発生量について>

有効性評価 (MAAP評価) により得られた水素発生量に保守性を考慮し, 水素のモル分率を一律(D/W:0.33,S/C:0.39)と想定

<格納容器漏えい率の保守性>

- ・格納容器圧力2Pd時の漏えい率 (AEC式にて約1.0%/day) に余裕を見た漏えい率1.5%を評価条件とした
- ・代替循環冷却系による格納容器除熱後は, 格納容器圧力を包絡する条件とした

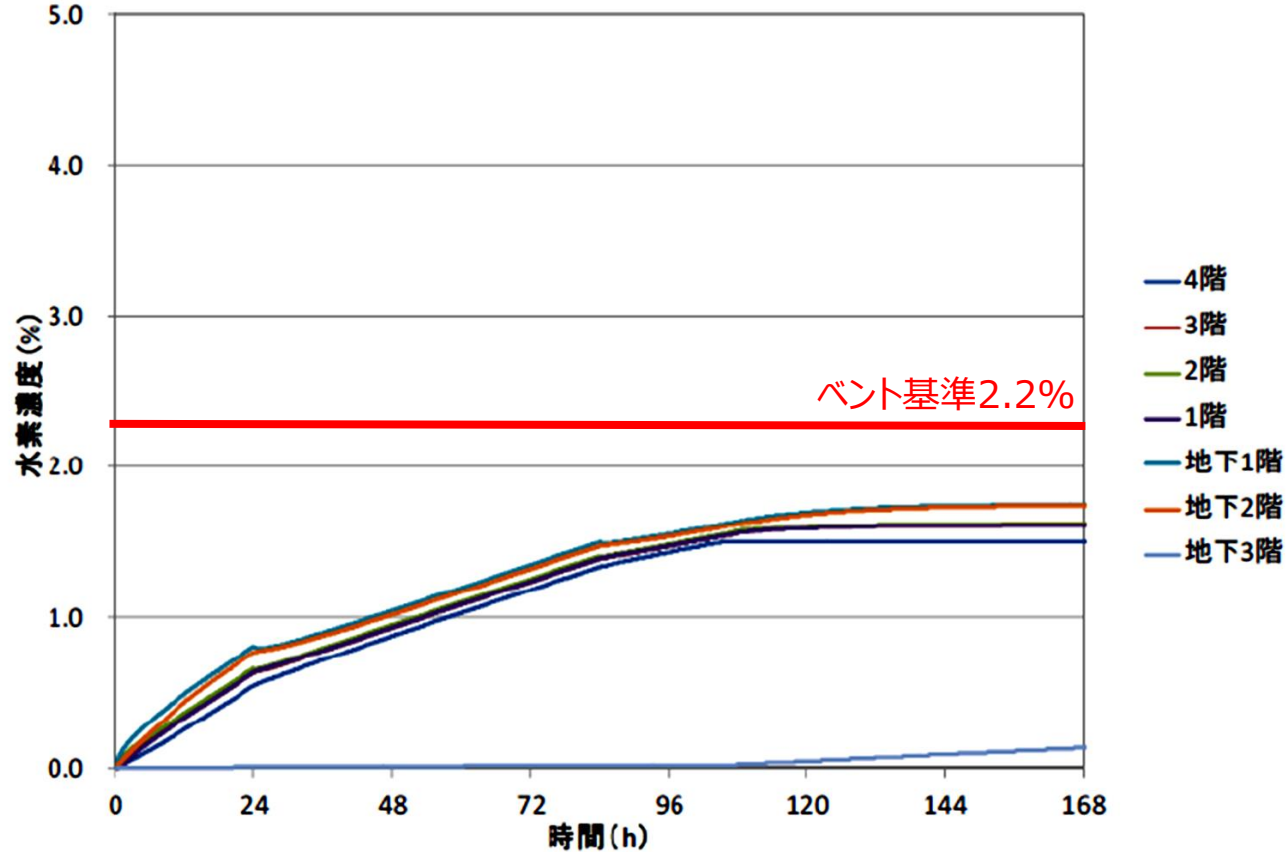


5. 原子炉建屋水素濃度に基づくベント基準の妥当性確認

5. 1 適合性審査におけるこれまでの確認事項

ベースケース解析（代替循環冷却系）

＜評価結果＞



原子炉建屋全域水素濃度

- 水素濃度が1.5vol%に到達した時点でPARによる水素処理が開始されることにより、原子炉建屋内の水素濃度上昇が抑制
- 原子炉建屋の水素濃度ベント基準に至らないことを確認。

5. 1 適合性審査におけるこれまでの確認事項

(5) ベースケース解析 (格納容器ベント)

<評価シナリオ>

有効性評価 格納容器過圧・過温破損 (格納容器ベント) シナリオ

<格納容器漏えい箇所>

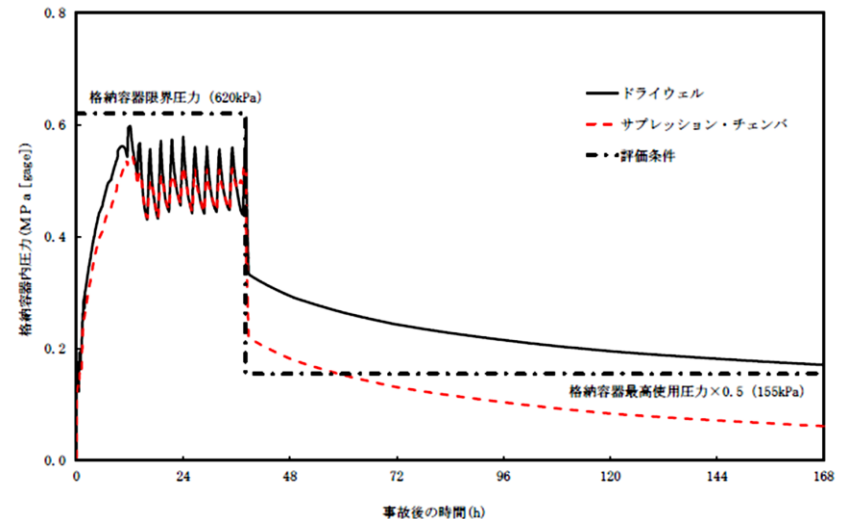
リークポテンシャルである各フロアのフランジ部, エアロックから開口部周長の割合に応じて漏えい

<格納容器漏えい率>

0~38h :1.5%/day
38h以降 :0.5%/day

<格納容器漏えい率の保守性>

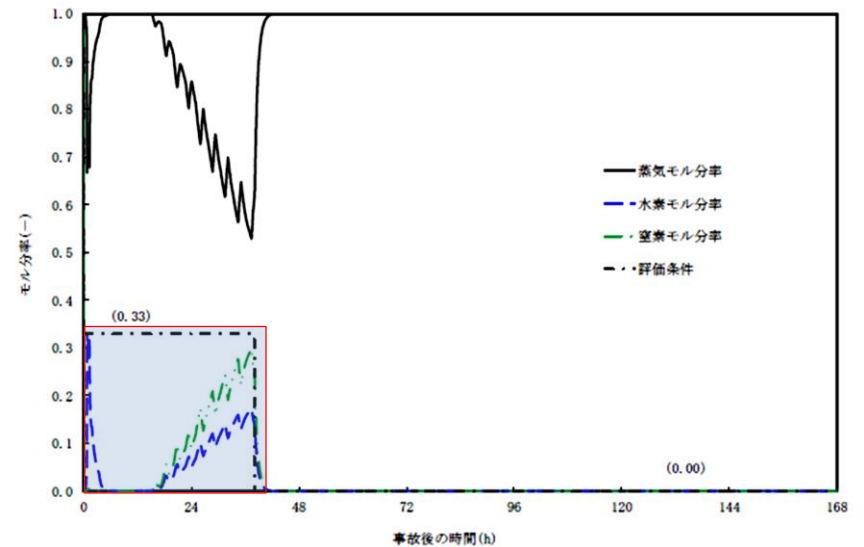
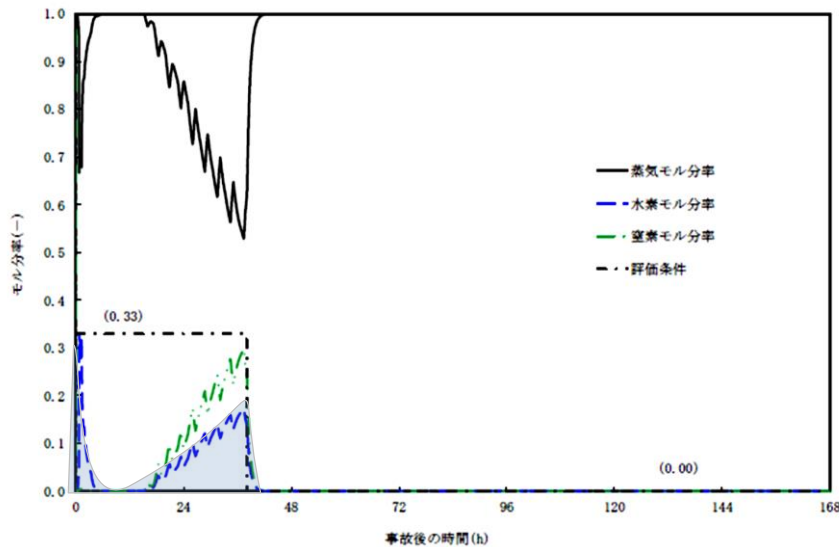
- ・格納容器圧力2Pd時の漏えい率 (AEC式にて約1.0%/day) に余裕を見た漏えい率1.5%を評価条件とした
- ・格納容器圧力が上昇していない事象開始直後よりベント時間 (38h) まで格納容器圧力2Pd時の漏えい率を採用



5. 1 適合性審査におけるこれまでの確認事項

<PCV内水素発生量について>

有効性評価（MAAP評価）により得られた水素発生量に保守性を考慮し、水素のモル分率を一律0.33と想定



保守性を考慮した水素発生量（D/W）

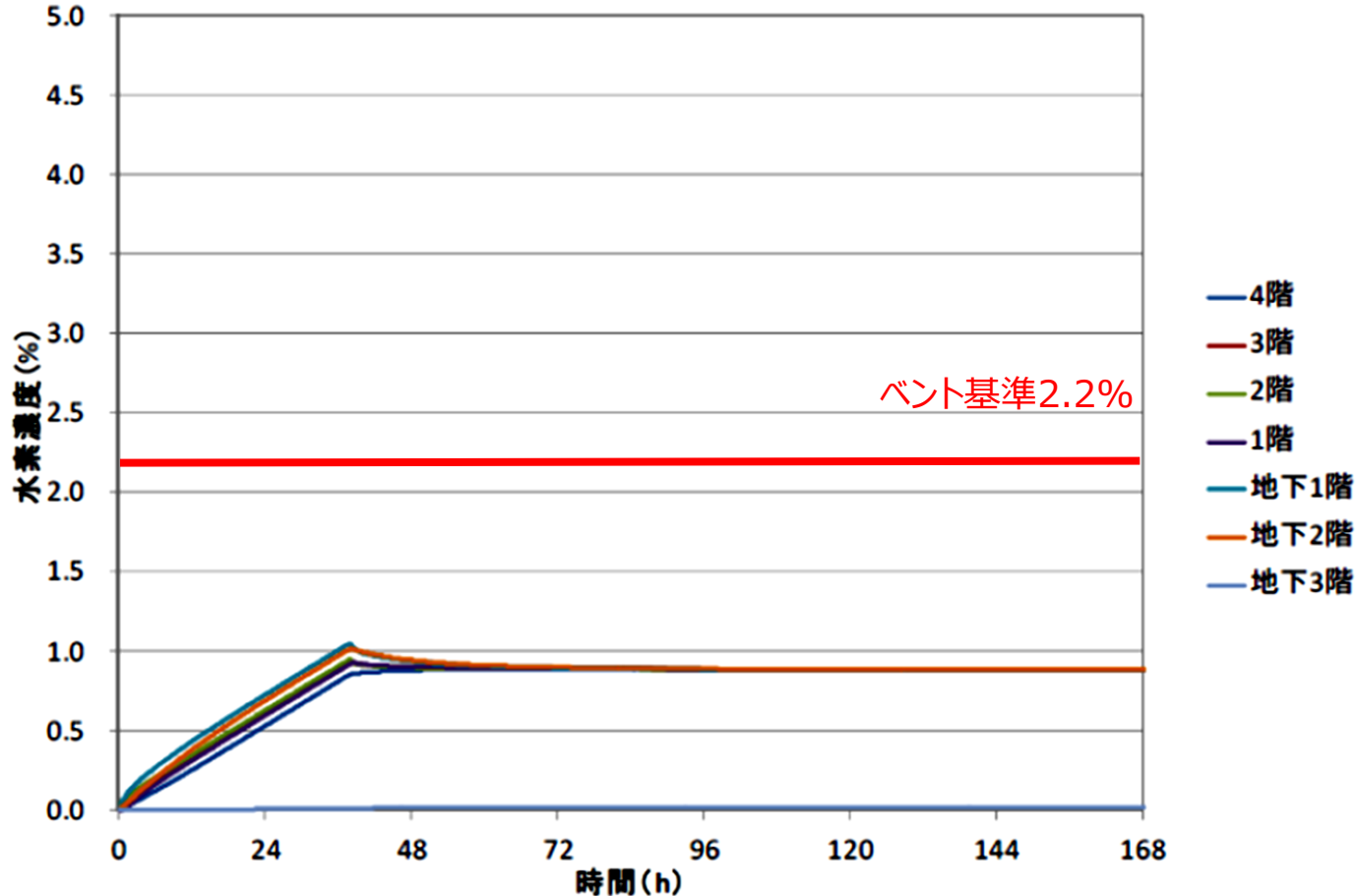
: PCV内の水素発生量

5. 原子炉建屋水素濃度に基づくベント基準の妥当性確認

5. 1 適合性審査におけるこれまでの確認事項

ベースケース解析（格納容器ベント）

<評価結果>



原子炉建屋全域水素濃度

- 格納容器圧力による破損防止のためのベントを約38hにて実施
- 原子炉建屋の水素濃度ベント基準に至らないことを確認。

5. 原子炉建屋水素濃度に基づくベント基準の妥当性確認

5. 1 適合性審査におけるこれまでの確認事項

(6) 局所エリアの水素濃度を確認するために実施した解析ケース

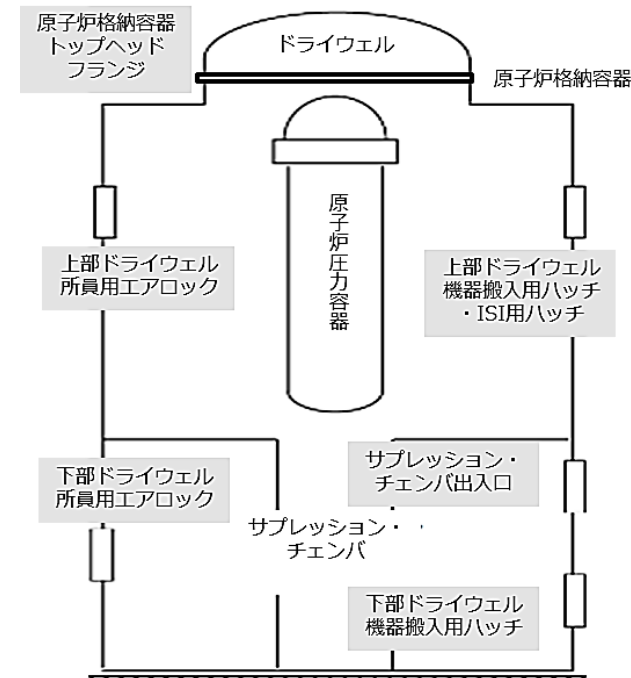
<格納容器漏えい箇所>

リークポテンシャルである各フロアのフランジ部，エアロックから開口部周長の割合に応じて漏えい

<格納容器漏えい率及び水素分率>

有効性評価シナリオ（代替循環冷却系を使用しない場合）包括条件（ドライウエル）における漏えい条件

項目	解析条件						
	0~1.5時間	1.5~4時間	4~18時間	16~21時間	21~32時間	32~38時間	38~168時間
圧力	620kPa(2Pd)	620kPa(2Pd)	620kPa(2Pd)	620kPa(2Pd)	620kPa(2Pd)	620kPa(2Pd)	155kPa(0.5Pd)
温度	200℃	200℃	200℃	200℃	200℃	200℃	171℃
水蒸気分率	47vol%	63vol%	77vol%	71vol%	63vol%	59vol%	100vol%
水素分率	32vol%	16vol%	2vol%	8vol%	16vol%	20vol%	0vol%
窒素分率	21vol%	21vol%	21vol%	21vol%	21vol%	21vol%	0vol%
格納容器漏えい率	1.5%/day	1.5%/day	1.5%/day	1.5%/day	1.5%/day	1.5%/day	0.5%/day

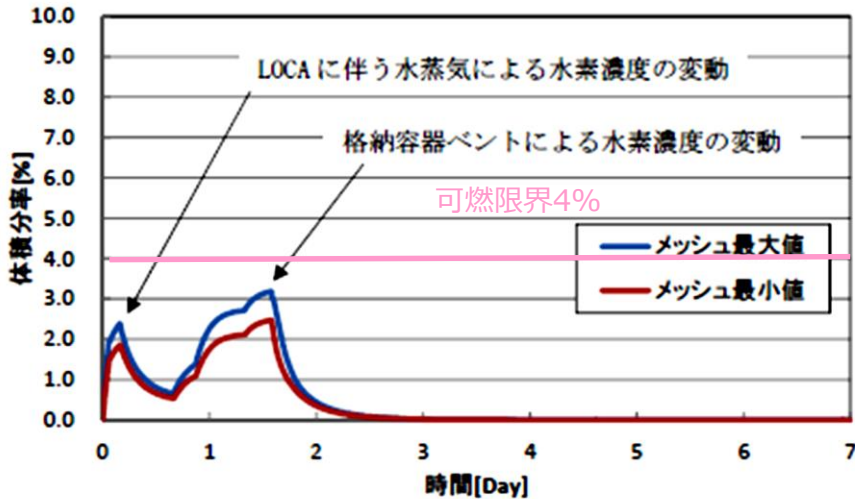


<格納容器漏えい率及び水素発生量の保守性>

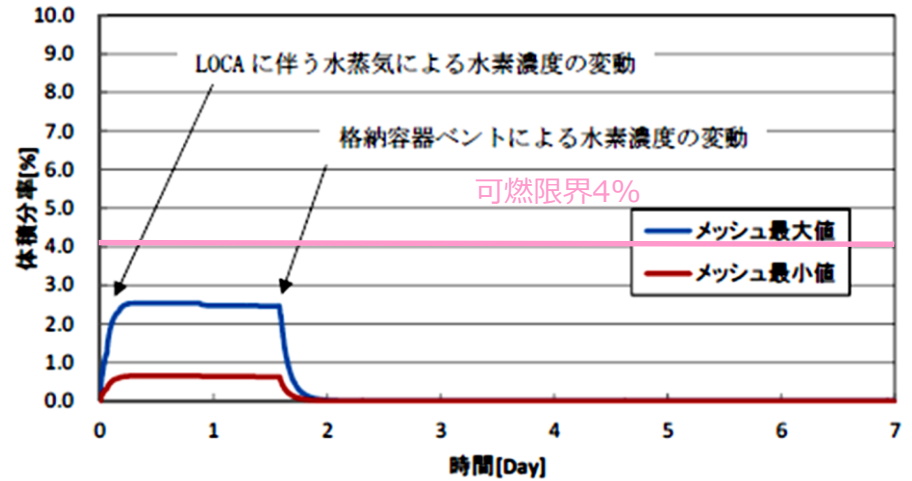
- 格納容器圧力2Pd時の漏えい率（AEC式にて約1.0%/day）に余裕を見た漏えい率1.5%を評価条件とした
- 格納容器圧力が上昇していない事象開始直後よりベント時間（38h）まで格納容器圧力2Pd時の漏えい率を採用
- 有効性評価（MAAP評価）により得られた水素発生量を包絡するよう水素分率を設定

5. 1 適合性審査におけるこれまでの確認事項

<評価結果>



上部ドライウェル機器搬入用ハッチ室



サプレッションチェンバ出入口室

■ 想定する全ての局所エリアで、水素濃度が可燃限界（4.0%）未満であることを確認。

5. 2 ベントタイミングへの影響評価のための追加確認事項

(1) これまでの評価について

5. 1では、有効性評価(代替循環冷却系及び格納容器ベントを使用する場合)において保守的な格納容器漏えい率を設定し、水素濃度評価を実施した。その結果、PARの動作等も踏まえると7日間以内にベント基準及び可燃限界に到達しないことを確認している。

(2) 追加確認事項

格納容器破損防止のベント時間への影響評価として、直接的な不確かさである水素発生量を変化させた評価を追加で実施。

現状のベント基準がどの程度裕度をもって設定されているかの確認を行う。

5. 原子炉建屋水素濃度に基づくベント基準の妥当性確認

5. 2 ベントタイミングへの影響評価のための追加確認事項

(3) 水素発生量を増加させた場合のベント基準との比較評価

<評価シナリオ>

有効性評価 格納容器過圧・過温破損（格納容器ベント）シナリオ

<格納容器漏えい箇所>

リークポテンシャルである各フロアのフランジ部，エアロックから開口部周長の割合に応じて漏えい

<格納容器漏えい率>

0～38h : 1.5%/day

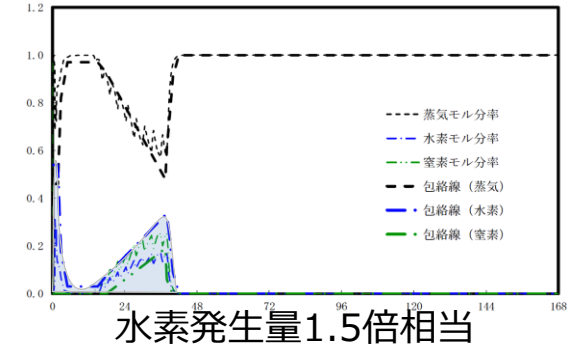
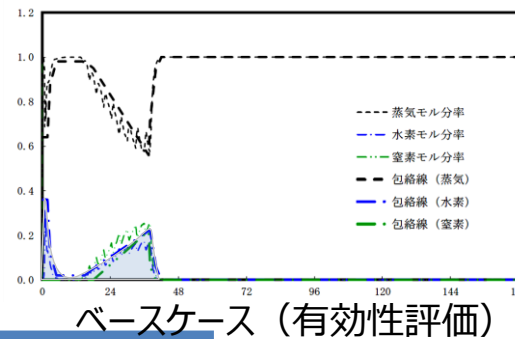
38h以降 : 0.5%/day

<水素発生量>

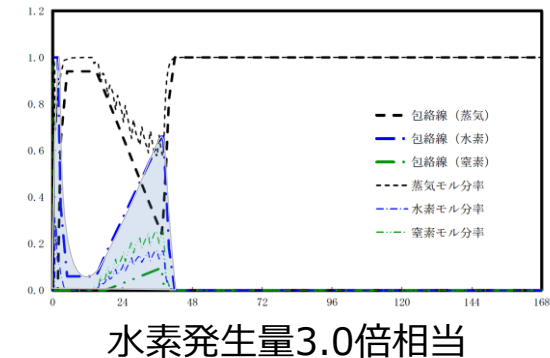
ケース	水素発生量
ベースケース（有効性評価）※	約600kg相当
水素発生量1.5倍相当	約900kg相当
水素発生量3.0倍相当	約1800kg相当

（参考）AFC100%相当 約1600kg

※5.1(5)の評価等では保守性を考慮した水素発生量を想定したが，本評価では有効性評価の水素発生量をベースケースとし，水素発生量を増加させた



■ : PCV内の
水素発生量

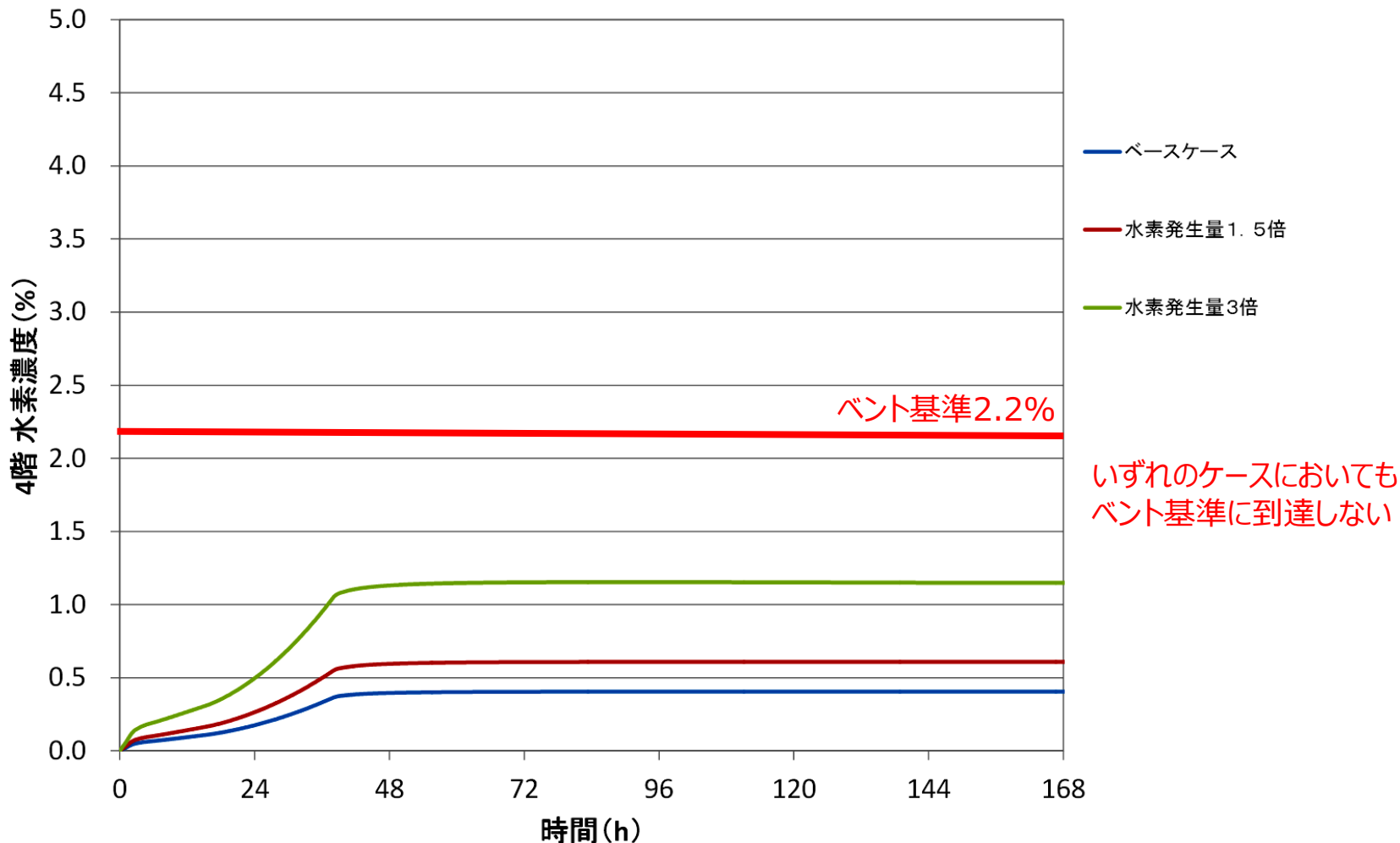


5. 原子炉建屋水素濃度に基づくベント基準の妥当性確認

5. 2 ベントタイミングへの影響評価のための追加確認事項

水素発生量を増加させた場合のベント基準との比較評価

<評価結果>



原子炉建屋4階（オペフロ）水素濃度

5. 原子炉建屋水素濃度に基づくベント基準の妥当性確認

5. 2 ベントタイミングへの影響評価のための追加確認事項

【参考評価①】PARが機能しない場合のベント基準との比較評価

水素発生量を増加した場合において、ベント基準に到達しなかったため、参考としてPARが機能しない場合のベント基準の裕度を確認した。

<評価シナリオ>

有効性評価 格納容器過圧・過温破損（格納容器ベント）シナリオ

<格納容器漏えい箇所>

リークポテンシャルである各フロアのフランジ部，エアロックから開口部周長の割合に応じて漏えい

<格納容器漏えい率>

0～38h :1.5%/day

38h以降：0.5%/day

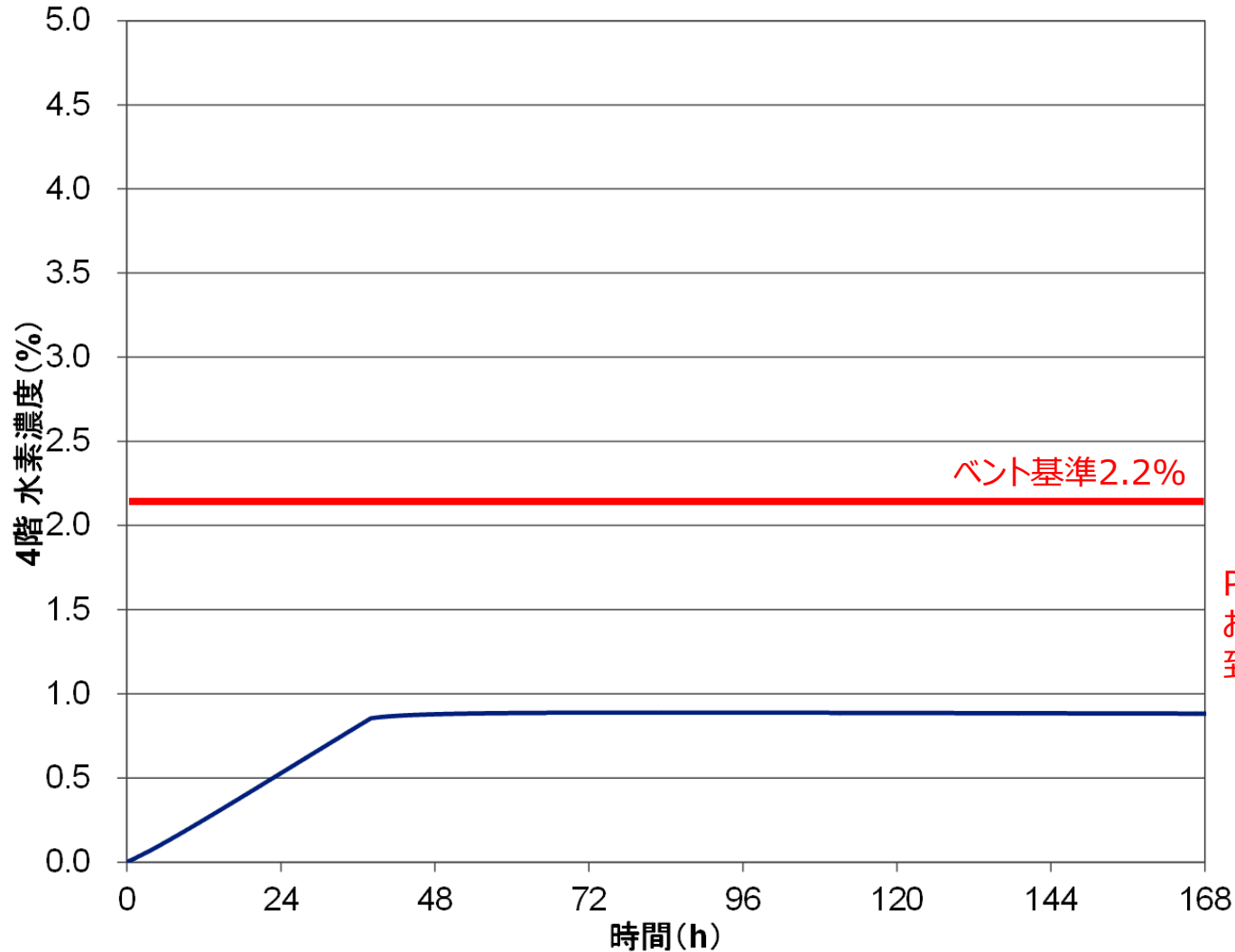
<水素発生量について>

有効性評価（MAAP評価）により得られた水素発生量に保守性を考慮し，水素のモル分率を一律0.33と想定

5. 原子炉建屋水素濃度に基づくベント基準の妥当性確認

5. 2 ベントタイミングへの影響評価のための追加確認事項

【参考評価①】PARが機能しない場合のベント基準との比較評価
 <評価結果>



原子炉建屋 4 階 (オペフロ) 水素濃度

5. 原子炉建屋水素濃度に基づくベント基準の妥当性確認

5. 2 ベントタイミングへの影響評価のための追加確認事項

【参考評価②】格納容器漏えい率を変化させた場合のベント基準との比較評価
水素発生量を増加した場合において、ベント基準に到達しなかったため、参考として格納容器漏えい率を変化させ、ベント基準の裕度を確認した。

<評価シナリオ>

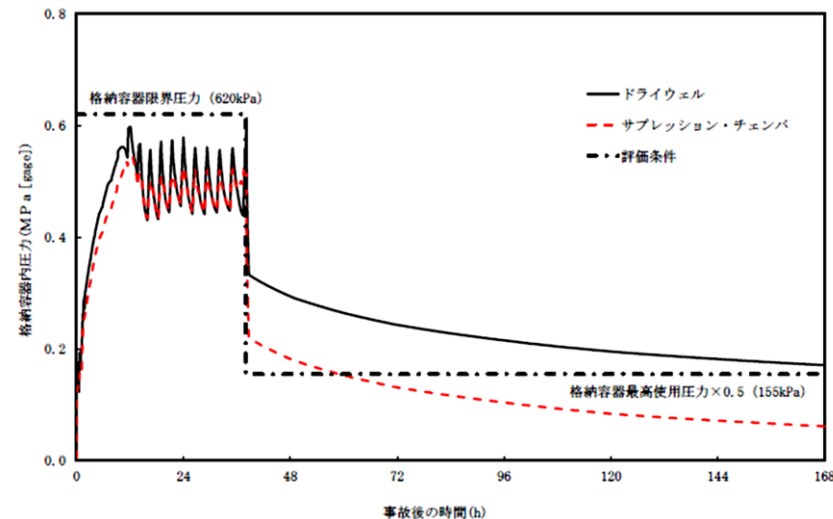
有効性評価 格納容器過圧・過温破損（格納容器ベント）シナリオ

<格納容器漏えい箇所>

リークポテンシャルである各フロアのフランジ部，エアロックから開口部周長の割合に応じて漏えい

<格納容器漏えい率>

ケース	0h～38h	38h以降
ベースケース	1.5%/day	0.5%/day
設計漏えい率2倍	3.0%/day	1.0%/day



<格納容器漏えい率の保守性>

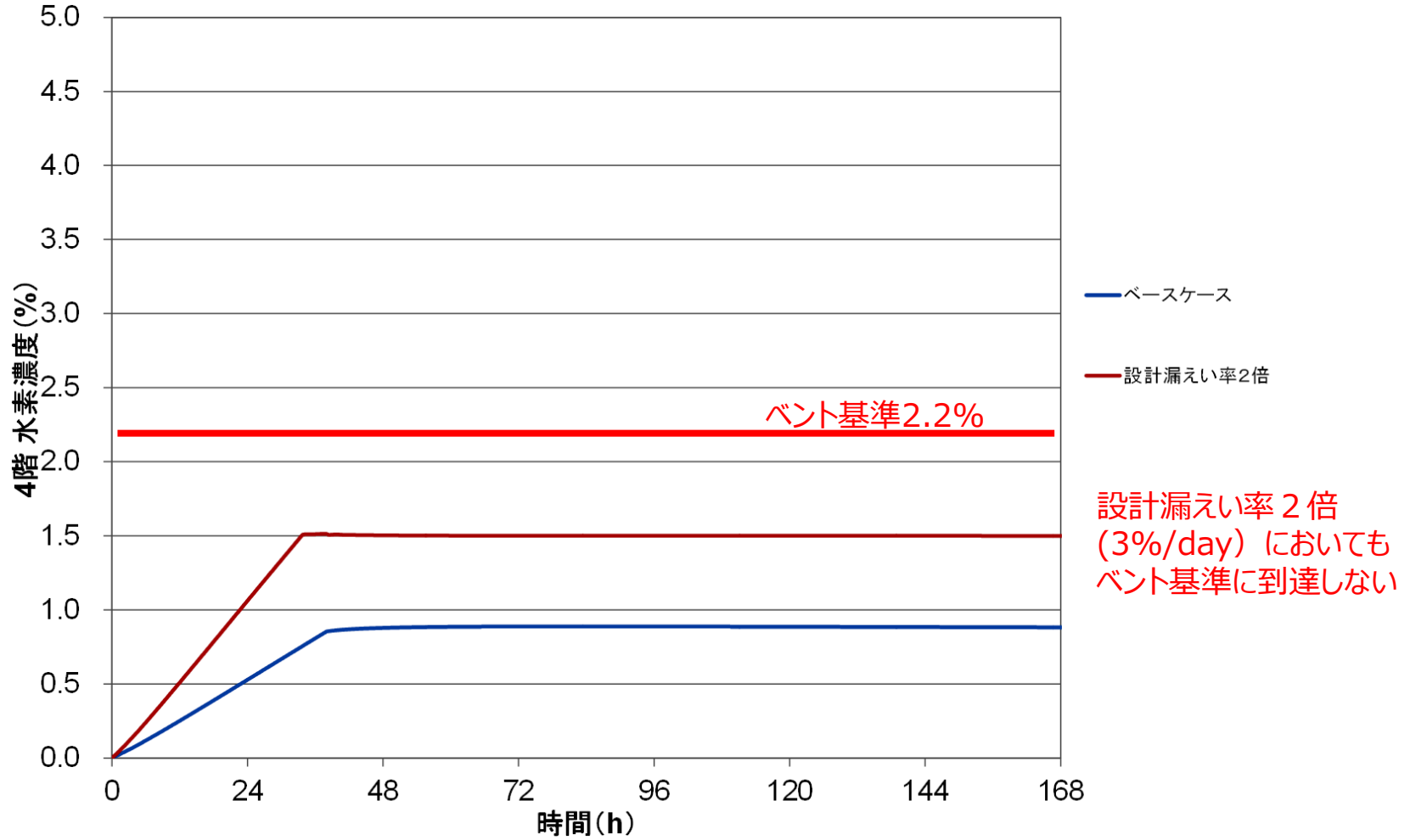
- ベースケース（0h～38h）については、格納容器圧力2Pd時の漏えい率（AEC式にて約1.0%/day）に余裕を見た漏えい率1.5%を評価条件とした
- 格納容器圧力が上昇していない事象開始直後よりベント時間（38h）まで格納容器圧力2Pd時の漏えい率を採用

5. 原子炉建屋水素濃度に基づくベント基準の妥当性確認

5. 2 ベントタイミングへの影響評価のための追加確認事項

【参考評価②】格納容器漏えい率を変化させた場合のベント基準との比較評価

<評価結果>



原子炉建屋4階（オペフロ）水素濃度

5. 原子炉建屋水素濃度に基づくベント基準の妥当性確認

5. 2 ベントタイミングへの影響評価のための追加確認事項

(4) まとめ

- 水素発生量が有効性評価の3倍（約1800kg相当，AFC100%[約1600kg]）の評価条件であっても，原子炉建屋オペフロ水素濃度はベント基準に到達しない。

上記より，原子炉建屋オペフロ水素濃度は既許可における格納容器破損防止のベントに対して，十分に余裕がある判断基準となっていることが確認された。

なお，参考評価としてPARが機能しない場合及び設計漏えい率の2倍（3.0%/day）の漏えいが発生した場合においても確認したが，原子炉建屋オペフロ水素濃度はベント基準に到達することはなかった。

6. 保安規定の改訂方針について

(1) 妥当性確認結果を踏まえた保安規定の改訂方針

- 添付3「重大事故等及び大規模損壊対応に係る実施基準」の表7「7. 格納容器の過圧破損を防止するための手順等」に原子炉建屋水素濃度上昇時の格納容器ベント基準が記載されている
- 「5. 妥当性確認について」にて、現状のベント基準が妥当であり、且つ既許可における格納容器過圧破損防止を目的とした格納容器ベントに対して、十分に余裕がある判断基準となっていることを確認
- そのため、審査基準の改訂内容を踏まえて、添付3表10「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」に格納容器圧力逃がし装置による原子炉建屋内の水素濃度上昇の緩和に係る対応手順等を追記し、表7の格納容器ベント基準を紐づけることにより、位置付けを明確化
- また、審査基準の改訂内容における「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」も踏まえ、添付3における関連箇所についても変更を行う

表7

<p>操作手順 7. 格納容器の過圧破損を防止するための手順等</p>
<p>方針目的 炉心の著しい損傷が発生した場合において、格納容器の破損を防止するため、格納容器圧力逃がし装置及び代替循環冷却系により、格納容器内の圧力及び温度を低下させることを目的とする。</p>
<p>対応手段等</p> <p>1. 格納容器圧力逃がし装置による格納容器内の減圧及び除熱 当直副長は、残留熱除去系及び代替循環冷却系の運転ができず格納容器内の圧力を620kPa[gage]以下に抑制する見込みがない場合、又は原子炉建屋オペレーティングフロアの天井付近の水素濃度が2.2vol%に到達した場合は、格納容器の破損を防止するため、格納容器圧力逃がし装置により格納容器内の圧力及び温度を低下させる。 格納容器圧力逃がし装置の隔離弁（空気作動弁、電動弁）の駆動源や制御電源が喪失した場合は、隔離弁を遠隔で手動操作することにより格納容器内の圧力及び温度を低下させる。</p> <p>(1) 手順着手の判断基準 炉心損傷を判断した場合※¹において、炉心の著しい損傷の緩和及び格納容器の破損防止のために必要な操作が完了した場合※²。</p> <p>※1. 格納容器内雰囲気放射線レベル（CAMS）で格納容器内のガンマ線線量率が、設計基準事故相当のガンマ線線量率の10倍を超えた場合、又は格納容器内雰囲気放射線レベル（CAMS）が使用できない場合に原子炉圧力容器温度で300℃以上を確認した場合。 ※2. 炉心の著しい損傷を防止するために原子炉圧力容器への注水を実施する必要がある場合、又は格納容器の破損を防止するために格納容器内ヘスプレイを実施する必要がある場合は、これらの操作を完了した後に格納容器ベントの準備を開始する。ただし、原子炉の冷却ができない場合、又は格納容器内の冷却ができない場合は、速やかに格納容器ベントの準備を開始する。</p> <p style="text-align: right;">（省略）</p>

- 原子炉建屋水素濃度上昇時の格納容器ベント基準を記載済みであり、表7については変更なし
- 表10に追記し、表7と紐づけることにより、格納容器圧力逃がし装置の「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（⇒次頁で示す）

7. 保安規定の変更内容について

(1) 保安規定の変更内容

変更前

操作手順

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

方針目的

炉心の著しい損傷が発生した場合において、水素ガスが格納容器内に放出され、格納容器から原子炉建屋に漏えいした場合においても水素爆発による原子炉建屋等の損傷を防止するため、静的触媒式水素再結合器による水素濃度抑制 及び 原子炉建屋内の水素濃度監視を行うことを目的とする。

対応手段等

1. 原子炉建屋内の水素濃度監視

当直副長は、格納容器内で発生し格納容器から原子炉建屋に漏えいした水素濃度を監視するため、原子炉建屋水素濃度計を用いて原子炉建屋内の水素濃度を監視する。

全交流動力電源又は直流電源が喪失した場合は、代替電源設備から給電されていることを確認後、原子炉建屋水素濃度計を用いて監視する。

(中略)

2. 静的触媒式水素再結合器による水素濃度抑制

当直副長は、格納容器内で発生した水素ガスが格納容器から原子炉建屋に漏えいした場合は、静的触媒式水素再結合器動作監視装置を用いて原子炉建屋内の水素濃度上昇を抑制するために設置している静的触媒式水素再結合器の作動状態を監視する。

全交流動力電源又は直流電源が喪失した場合は、代替電源設備から給電されていることを確認後、静的触媒式水素再結合器動作監視装置を用いて監視する。

(中略)

変更後

操作手順

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

方針目的

炉心の著しい損傷が発生した場合において、水素ガスが格納容器内に放出され、格納容器から原子炉建屋に漏えいした場合においても水素爆発による原子炉建屋等の損傷を防止するため、静的触媒式水素再結合器による水素濃度抑制、原子炉建屋内の水素濃度監視及び格納容器圧力逃がし装置による原子炉建屋内の水素濃度上昇の緩和を行うことを目的とする。

対応手段等

1. 原子炉建屋内の水素濃度監視

当直副長は、格納容器内で発生し格納容器から原子炉建屋に漏えいした水素濃度を監視するため、原子炉建屋水素濃度計を用いて原子炉建屋内の水素濃度を監視する。

全交流動力電源又は直流電源が喪失した場合は、代替電源設備から給電されていることを確認後、原子炉建屋水素濃度計を用いて監視する。

(中略)

2. 静的触媒式水素再結合器による水素濃度抑制

当直副長は、格納容器内で発生した水素ガスが格納容器から原子炉建屋に漏えいした場合は、静的触媒式水素再結合器動作監視装置を用いて原子炉建屋内の水素濃度上昇を抑制するために設置している静的触媒式水素再結合器の作動状態を監視する。

全交流動力電源又は直流電源が喪失した場合は、代替電源設備から給電されていることを確認後、静的触媒式水素再結合器動作監視装置を用いて監視する。

(中略)

3. 格納容器圧力逃がし装置による原子炉建屋内の水素濃度上昇の緩和

当直副長は、原子炉建屋内に漏えいした水素が静的触媒式水素再結合器で処理されず、原子炉建屋オペレーティングフロアの天井付近の水素濃度が 2.2 v.o.l % に到達した場合は、格納容器から原子炉建屋への水素の漏えいを抑制し、原子炉建屋内の水素濃度の上昇を緩和するため、格納容器圧力逃がし装置による格納容器バントを実施する。

格納容器圧力逃がし装置による格納容器バント操作の対応手順等は表7に基づき実施する。

(中略)

7. 保安規定の変更内容について

変更前					変更後				
重大事故等の発生及び拡大の防止に必要な措置の運用手順等 (中略) 表20 重大事故等対策における操作の成立性(7/22)					重大事故等の発生及び拡大の防止に必要な措置の運用手順等 (中略) 表20 重大事故等対策における操作の成立性(7/22)				
操作手順	対応手段	要員	要員数	想定時間	操作手順	対応手段	要員	要員数	想定時間
9	フィルタ装置水位調整(水張り)	操作手順7と同様			9	フィルタ装置水位調整(水張り)	操作手順7と同様		
9	フィルタ装置水位調整(水抜き)	操作手順7と同様			9	フィルタ装置水位調整(水抜き)	操作手順7と同様		
9	格納容器圧力逃がし装置停止後の窒素ガスバージ	操作手順7と同様			9	格納容器圧力逃がし装置停止後の窒素ガスバージ	操作手順7と同様		
9	フィルタ装置スクラバ水pH調整	操作手順7と同様			9	フィルタ装置スクラバ水pH調整	操作手順7と同様		
9	ドレン移送ライン窒素ガスバージ	操作手順7と同様			9	ドレン移送ライン窒素ガスバージ	操作手順7と同様		
9	ドレンタンク水抜き	操作手順7と同様			9	ドレンタンク水抜き	操作手順7と同様		
9	耐圧強化ベント系(W/W)による格納容器内の水素ガス及び酸素ガスの排出	運転員 (中央制御室, 現場)	4	約60分	9	耐圧強化ベント系(W/W)による格納容器内の水素ガス及び酸素ガスの排出	運転員 (中央制御室, 現場)	4	約60分
9	耐圧強化ラインの窒素ガスバージ	緊急時対策要員	4	約360分	9	耐圧強化ラインの窒素ガスバージ	緊急時対策要員	4	約360分
9	水素濃度及び酸素濃度の監視(格納容器内雰囲気計装による格納容器内の監視)	運転員 (中央制御室, 現場)	4	約25分	9	水素濃度及び酸素濃度の監視(格納容器内雰囲気計装による格納容器内の監視)	運転員 (中央制御室, 現場)	4	約25分
9	代替電源による必要な設備への給電	操作手順14と同様			9	代替電源による必要な設備への給電	操作手順14と同様		
9	代替原子炉補機冷却系による冷却水確保※1	操作手順5と同様			9	代替原子炉補機冷却系による冷却水確保※1	操作手順5と同様		
10	代替電源による必要な設備への給電	操作手順14と同様			10	代替電源による必要な設備への給電	操作手順14と同様		
11	燃料プール代替注水系による常設スプレッドヘッドを使用した使用済燃料プールへの注水(防火水槽を水源とした送水)	運転員(中央制御室)	1	110分以内	10	格納容器圧力逃がし装置による原子炉建屋内の水素濃度上昇の緩和	操作手順7と同様		
11		緊急時対策要員	2		11	燃料プール代替注水系による常設スプレッドヘッドを使用した使用済燃料プールへの注水(防火水槽を水源とした送水)	運転員(中央制御室)	1	110分以内
(省略)					(省略)				

7. 保安規定の変更内容について

変更前	変更後
<p>重大事故等及び大規模損壊対応に係る実施基準 (中略)</p> <p>1. 重大事故等対策 (中略)</p> <p>1. 3 手順書の整備</p> <p>(1) 各GMは、重大事故等発生時において、事象の種類及び事象の進展に応じて、重大事故等に的確かつ柔軟に対処できるようマニュアルを整備する。 (中略)</p> <p>ウ. 発電GM及び直営作業GMは、炉心の著しい損傷及び格納容器の破損を防ぐために、最優先すべき操作等を迷うことなく判断し実施するため、以下の判断基準を運転操作手順書及び緊急時対策本部用手順書に定める。</p> <p>(ア) 原子炉停止機能喪失時においては、迷わずほう酸水注入を行えるようにする判断基準</p> <p>(イ) 炉心の著しい損傷又は格納容器の破損を防ぐために注水する淡水源が枯渇又は使用できない状況においては、設備への悪影響を懸念することなく、迷わず海水注水を行えるようにする判断基準</p> <p>(ウ) 格納容器圧力が限界圧力に達する前、又は、格納容器からの異常漏えいが発生した場合に、確実に格納容器圧力逃がし装置等の使用が行えるようにする判断基準</p> <p>(エ) 全交流動力電源喪失時等において、準備に長時間を要する可搬型設備を必要な時期に使用可能とするため、準備に掛かる時間を考慮した手順着手の判断基準</p> <p>(オ) 炉心の著しい損傷及び格納容器の破損を防ぐために必要な各操作については、重大事故等対処設備を必要な時期に使用可能とするための手順着手の判断基準</p> <p>(カ) 重大事故等対策時においては、設計基準事故時に用いる操作の制限事項は適用しないようにする判断基準 (中略)</p>	<p>重大事故等及び大規模損壊対応に係る実施基準 (中略)</p> <p>1. 重大事故等対策 (中略)</p> <p>1. 3 手順書の整備</p> <p>(1) 各GMは、重大事故等発生時において、事象の種類及び事象の進展に応じて、重大事故等に的確かつ柔軟に対処できるようマニュアルを整備する。 (中略)</p> <p>ウ. 発電GM及び直営作業GMは、炉心の著しい損傷、格納容器の破損及び水素爆発による原子炉建屋等の損傷を防ぐために、最優先すべき操作等を迷うことなく判断し実施するため、以下の判断基準を運転操作手順書及び緊急時対策本部用手順書に定める。</p> <p>(ア) 原子炉停止機能喪失時においては、迷わずほう酸水注入を行えるようにする判断基準</p> <p>(イ) 炉心の著しい損傷又は格納容器の破損を防ぐために注水する淡水源が枯渇又は使用できない状況においては、設備への悪影響を懸念することなく、迷わず海水注水を行えるようにする判断基準</p> <p>(ウ) 格納容器圧力が限界圧力に達する前、又は、格納容器からの異常漏えいが発生した場合に、確実に格納容器圧力逃がし装置等の使用が行えるようにする判断基準</p> <p>(エ) 全交流動力電源喪失時等において、準備に長時間を要する可搬型設備を必要な時期に使用可能とするため、準備に掛かる時間を考慮した手順着手の判断基準</p> <p>(オ) 炉心の著しい損傷及び格納容器の破損を防ぐために必要な各操作については、重大事故等対処設備を必要な時期に使用可能とするための手順着手の判断基準</p> <p>(カ) 重大事故等対策時においては、設計基準事故時に用いる操作の制限事項は適用しないようにする判断基準 (中略)</p>

7. 保安規定の変更内容について

変更前	変更後
<p>附 則</p> <p>附則（令和4年8月22日 原規規発第2208226号） （施行期日） 第1条 <u>この規定は、令和4年9月1日から施行する。</u></p> <p>2. 本規定施行の際、規定の適用については、附則（令和2年10月30日 原規規発第2010305号）で定めるところによる。</p> <p>附則（令和2年10月30日 原規規発第2010305号） （施行期日） 第1条 <u>この規定は、原子力規制委員会の認可を受けた日から10日以内に施行する。</u></p> <p>2. 本規定施行の際、各原子炉施設に係る規定については、各原子炉施設に係る使用前事業者検査終了日以降に適用することとし、それまでの間は従前の例による。 なお、第12条（運転員等の確保）、第17条（火災発生時の体制の整備）、第17条の2（内部溢水発生時の体制の整備）、第17条の3（火山影響等発生時の体制の整備）、第17条の4（その他自然災害発生時等の体制の整備）、第17条の5（有毒ガス発生時の体制の整備）、第17条の6（資機材等の整備）、第17条の7（重大事故等発生時の体制の整備）及び第17条の8（大規模損壊発生時の体制の整備）については、教育訓練に係る規定を除き7号炉の発電用原子炉に燃料体を挿入する前の時期における各原子炉施設に係る使用前事業者検査終了日以降に適用することとし、それまでの間は従前の例による。ただし、それ以降に実施する使用前事業者検査の対象となる設備に係る規定については当該検査終了日以降に適用することとし、それまでの間は従前の例による。</p> <p>（省略）</p>	<p>附 則</p> <p><u>附則（令和 年 月 日 原規規発第 号） （施行期日） 第1条 この規定は、原子力規制委員会の認可を受けた日から10日以内に施行する。</u></p> <p><u>2. 本規定施行の際、規定の適用については、附則（令和2年10月30日 原規規発第2010305号）で定めるところによる。</u></p> <p>附則（令和4年8月22日 原規規発第2208226号） （施行期日） 第1条</p> <p>2. 本規定施行の際、規定の適用については、附則（令和2年10月30日 原規規発第2010305号）で定めるところによる。</p> <p>附則（令和2年10月30日 原規規発第2010305号） （施行期日） 第1条</p> <p>2. 本規定施行の際、各原子炉施設に係る規定については、各原子炉施設に係る使用前事業者検査終了日以降に適用することとし、それまでの間は従前の例による。 なお、第12条（運転員等の確保）、第17条（火災発生時の体制の整備）、第17条の2（内部溢水発生時の体制の整備）、第17条の3（火山影響等発生時の体制の整備）、第17条の4（その他自然災害発生時等の体制の整備）、第17条の5（有毒ガス発生時の体制の整備）、第17条の6（資機材等の整備）、第17条の7（重大事故等発生時の体制の整備）及び第17条の8（大規模損壊発生時の体制の整備）については、教育訓練に係る規定を除き7号炉の発電用原子炉に燃料体を挿入する前の時期における各原子炉施設に係る使用前事業者検査終了日以降に適用することとし、それまでの間は従前の例による。ただし、それ以降に実施する使用前事業者検査の対象となる設備に係る規定については当該検査終了日以降に適用することとし、それまでの間は従前の例による。</p> <p>（省略）</p>

8. 原子炉建屋水素爆発防止のための操作手順

➤ 判断基準，役割等を明確にし，ためらわずベントできる手順を整備している。

- ・当直副長が「事故時運転操作手順書（シビアアクシデント）」の定められたフローに従い，ベント判断閾値の数値に達した場合には機械的に判断しベント可能な手順としている。
- ・当直副長の指示のもとSA設備を用いて中操/現場運転員が実施する詳細な手順は「AM設備別操作手順」にて定められ，これに基づき運転員が操作する。

【7号機 事故時運転操作手順書（シビアアクシデント）記載】

1. 運用について
 - (2) 指示命令について

本書を使用して操作を行う際に必要な判断は，基本的に当直副長が行うものとする。また，原子炉格納容器内のガンマ線線量率等により炉心損傷が予想される事態になった場合又は炉心損傷の微候が見られた場合は，運転員の被ばく低減のため，当直副長の指示により全面マスク等を着用する。
支援組織が発足された場合には，当直長は支援組織と緊密な連絡をとり，プラント状況，重大事故対処設備の状況，EALに係わる状況等の情報共有を行う。

当直副長

判断

【ベント実施判断】SOP, AM設備別手順書

- 下記の条件が成立した場合。
- ・R/B オペフロの天井付近の水素濃度が2.2vol%に到達した場合。

復旧班

多様なハザード対応手順書

- ・フィルタ装置ドレン移送ポンプ水張り
- ・フィルタベント水位調整

運転員(中操/現場)

操作

AM設備別手順書

- ・中操～現場通信手段確保
- ・電源構成（電源有の場合）
- ・ベントライン構成
- ・ベント開始

7号機 事故時運転操作手順書（シビアアクシデント） フロー図抜粋