
「BWRの原子炉建屋の水素防護対策に係る AMG改定等ガイドライン」 に基づく安全対策の実施状況について

2024年10月
原子力エネルギー協議会
(ATENA)

赤字：今回実績を反映し記載を変更した個所

目次

1. はじめに
2. ATENAによる安全対策の実施要求と各社の実施状況
3. ATENA-WGの枠組みを活用したBWR事業者間の情報共有
4. 教育・訓練の状況
5. まとめ

1. はじめに

- 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（以下、「1F事故検討会」という）では、福島第一原子力発電所の1、3、4号機で生じた原子炉建屋の水素爆発についての調査結果から、「下層階での水素滞留の可能性」が知見として得られている。
 - 原子炉建屋の水素爆発防護対策（以下、「水素防護対策」という。）については、新規制基準適合性審査対応等の中で数多くの対策を実施しているものの、更に下層階からの水素排出手段の検討を進めることとし、ATENAでは、水素防護対策に係る短期的な取組みと中長期的な取組みを「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」として策定（2022年11月に初版、2024年6月に改訂2版を公開）し、取組みを進めている。
 - この取組みの中で、下層階の水素滞留が懸念される場合に備えて必要に応じて常用換気空調系（以下、「HVAC」という。）を活用できる手順を準備することとし、各事業者のアクシデントマネジメントガイド（以下、「AMG」という。）改定に資する「BWRの原子炉建屋の水素防護対策に係るAMG改定等ガイドライン」（以下、「AMG改定等ガイドライン」という。）を作成した※。
- ※「第4回1F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」（2023年6月21日）にてご説明。
- BWR事業者においては、AMG改定等ガイドラインに基づき、自主的な取組みとしてAMGの改定等を行うこととしており、2024年3月に東京電力ホールディングスの柏崎刈羽7号機及び東北電力女川2号機の実施状況を公表しているが、今回、中国電力島根2号機の安全対策が完了したことから、その状況について公表する。

3. AMG改定ガイドラインの策定

13

(3) 原子炉建屋の水素防護対策のAMGへの反映について

本ガイドラインに基づき、BWRプラントを対象に、**下層階の水素滞留が懸念される場合に備えた対応として、必要な時にHVACを活用できるようにするため、AMGの改定、手順の整備等を実施**する。
「AMGの改定、手順の整備等」の具体的な内容は以下の通り。

a. AMGの改定

HVACを現設計のまま活用するためには様々な使用上の留意事項があることから、AMGの対応フロー内には明示的に優先順位を記載せず、必要に応じてHVACが活用できるようにするため、「HVAC活用にあたっては、発電所対策本部の本部長※が、例えばSGTS運転中にもかかわらず原子炉建屋下層階の水素濃度が上昇している時等に、下記c.の留意事項を勘案の上、必要に応じて、HVACを使用するか否かを総合的（臨機応変）に判断する」旨をAMGのフローの欄外等に記載する。

※原子力防災管理者のこと。事業者毎に名称は異なる場合がある。

b. 整備すべき手順書

HVACを現設計のまま必要に応じて活用するにあたって、以下の2つの手順書を作成すること。

- ✓ HVACの電源を確保するため、外部電源が利用できない場合の非常用等電源を常用母線へ給電するための手順（遮断器のインターロック解除手順を含む）
- ✓ 事故発生時に自動隔離されるHVACについて原子炉建屋から水素排出をするためにHVACを使用する場合の隔離インターロックの解除の手順

c. HVAC活用にあたって注意すべき事項の記載（手順書等への記載）

下記の5項目について、注意すべき項目として記載する。

- ・ 必要な機器、電源等の健全性
- ・ 必要な電源容量
- ・ 作業に係るリソース
- ・ 現場の作業環境、外部環境への影響
- ・ 着火リスク

なお、【AMGの改定】、【整備すべき手順書】、【HVAC活用にあたって注意すべき事項の記載（手順書等への記載）】全てを反映するに当たり、AMG、手順書等への具体的な記載内容は各事業者の判断に委ねるものとする。

3. AMG改定ガイドラインの策定

14

○実績及び今後の対応

- ATENAは、6/13にAMG改定ガイドライン（初版）を 発刊し、ATENAホームページに公開した。
- ATENAは、BWR事業者に対して、AMG改定ガイドラインに基づき、以下の安全対策を再稼働前までに実施することを求めるとともに、安全対策の実施計画の提出を求めた。
 - ✓ 下層階の水素滞留が懸念される場合に備えた短期的対応として、必要な時にHVACを活用できるようにするため、AMGの改定、手順の整備等を実施すること。
- 今後、ATENAは、BWR事業者の安全対策の実施計画取りまとめ後、ATENAホームページに公開するとともに、NRAに連絡する。
- また、安全対策の実行段階においては、ATENA-WGの枠組みを活用し、BWR事業者等間で適宜、進捗状況の共有、実行時における良好事例・失敗事例、懸念事項等の共有を行い、各社の改善等につなげていく。ATENAは、その状況について、当面、最低限半期に1回、NRAに連絡する。
- 各BWR事業者は、ATENAに、各社の実施計画時期までに、完了報告を行う。また、完了できない場合は、その理由を付して報告する。ATENAは、その結果をNRAに連絡する。

2. ATENAによる安全対策の実施要求と各社の実施状況

- ATENAは、AMG改定等ガイドラインの発行後、2023年6月20日にBWR事業者に対して、ガイドラインに基づく安全対策の実施及び実施計画の提出に係る要求文書を発出するとともに、2023年6月21日の「第4回 1 F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」にて検討状況を説明した。
- 各BWR事業者は、要求文書に基づき、AMGの改定や手順書の整備の完了時期に係る実施計画書をATENAに提出した。ATENAは各社の実施計画書の取り纏め結果をATENAのwebページで公開した。

AMG改定等ガイドラインに係るATENAの取組

2023年6月13日	AMG改定等ガイドラインの発行
2023年6月20日	ATENAからBWR事業者に対して、ガイドラインに基づく安全対策の実施及び実施計画の提出に係る要求文書を発出
2023年6月21日	「第4回 1 F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」にて検討状況のご説明
2023年9月13日	各社の実施計画書の取り纏め結果をATENAのwebページで公開（2023年9月21日に一部更新）
2024年3月29日	東京電力ホールディングス株式会社柏崎刈羽原子力発電所7号機 および東北電力株式会社女川原子力発電所2号機の安全対策実施状況をATENAのwebページで公開
2024年7月30日	中国電力株式会社島根原子力発電所2号機の安全対策実施状況をATENAのwebページで公開

2. ATENAによる安全対策の実施要求と各社の実施状況

BWR事業者による安全対策の完了予定・実績（2024年7月末現在）

事業者	プラント名※1	主な対策	完了時期	
			予定	実績
東北電力株式会社	女川原子力発電所 2 号機	a. AMG改定 b. 整備すべき手順書 (HVACのインター ロック解除、電源確 保) c. HVACの活用にあ たって注意すべき項 目の記載 (手順書等への記載)	2024年2月	2024年2月
	東通原子力発電所 1 号機		再稼働までに実施	-
東京電力 ホールディングス 株式会社	柏崎刈羽原子力発電所 6 号機		再稼働までに実施	-
	柏崎刈羽原子力発電所 7 号機		再稼働までに実施	2024年2月
中部電力株式会社	浜岡原子力発電所 3 号機		再稼働までに実施	-
	浜岡原子力発電所 4 号機		再稼働までに実施	-
北陸電力株式会社	志賀原子力発電所 2 号機		再稼働までに実施	-
中国電力株式会社	島根原子力発電所 2 号機		2024年8月	2024年6月
	島根原子力発電所 3 号機		燃料装荷までに実施	-
日本原子力発電 株式会社	東海第二発電所		再稼働までに実施	-
電源開発株式会社	大間原子力発電所		燃料装荷までに実施	-

※ 1：新規制基準適合性審査未申請プラントは新規制基準適合性審査申請後に実施計画を回答。

3. ATENA-WGの枠組みを活用したBWR事業者間の情報共有

(1) 反映事項を踏まえ改定したAMG等

P.3に示す反映事項a～cについて、東京電力HD柏崎刈羽原子力発電所 7号機及び東北電力女川原子力発電所 2号機では次のAMG等の改定を行った。

ATENAによる要求事項	柏崎刈羽 7号機	女川 2号機	島根 2号機
a. AMGの改定 必要に応じてHVACが活用できるようにするため、 「HVAC活用にあたっては、発電所対策本部の本部 長が、例えばSGTS運転中にもかかわらず原子炉建屋 下層階の水素濃度が上昇している時などに、下記c. の留意事項を勘案の上、必要に応じて、HVACを使用 するか否かを総合的（臨機応変）に判断する」旨 をAMGのフローの欄外等に記載	アクシデントマネジメン トの手引き – 操作ガイド-13「原子炉 建屋水素濃度制御操作 ガイド」 SOPのR/B制御フローの注 意事項にHVACの活用を反 映 など	アクシデントマネジメン トガイド – 操作ガイド-12「原子炉 建屋可燃性ガス濃度制 御操作ガイド」 SOPのR/B制御フローの注 意事項にHVACの活用を反 映 など	2号機事故時操作要領書 (AMガイドライン) – 操作ガイド-13「R/B水素 濃度制御操作ガイド」 SOPのR/B制御フローの注 意事項にHVACの活用を反 映 など
b. 整備すべき手順書 HVACを現設計のまま必要に応じて活用するにあ たって、以下の2つの手順書を作成すること。			
・ HVACの電源を確保するため、外部電源が利用で けない場合の非常用等電源を常用母線へ給電する ための手順（遮断器のインターロック解除手順を 含む）	事故時運転操作手順書(徴 候ベース)	非常時操作手順書（設備 別）	事故時操作要領書（シビア アクシデント）
・ 事故発生時に自動隔離されるHVACについて原子 炉建屋から水素排出をするためにHVACを使用する 場合の隔離インターロックの解除の手順	事故時運転操作手順書 （シビアアクシデント）	非常時操作手順書（設備 別）	事故時操作要領書（シビア アクシデント）
c. HVACの活用にあたって注意すべき項目の記載 （手順書等への記載）	テクニカルサポートガイ ド など	AMG操作ガイド-12解説 など	AMG操作ガイド-13解説 など

3. ATENA-WGの枠組みを活用したBWR事業者間の情報共有

(2) BWR事業者間の情報共有

東京電力HD柏崎刈羽原子力発電所7号機及び東北電力女川原子力発電所2号機は、AMG等の改定案を作成した段階で、他のBWR事業者に情報共有を行った。また、中国電力島根原子力発電所2号機は、先行プラントの情報を踏まえたAMG改定等の検討状況を共有するとともに、改定したAMG等の内容についてBWR事業者に情報共有を行った。

情報共有会議の実績

実施日	テーマ	議 題
2023年10月6日 (会議)	原子炉建屋水素爆発防止のためのHVACの活用に係るAMG、事故時手順書の共有	① KK-7のAMGの改訂案及び非常時運転手順書の改訂案について（東京電力HD）
2023年11月30日 (会議)	原子炉建屋水素爆発防止のためのHVACの活用に係るAMG、事故時手順書の共有	① 女川2号のAMGの改訂案及び非常時運転手順書の改訂案について（東北電力） ② KK-7における留意事項に対する検討状況について（東京電力HD） ③ 教育訓練の検討について（東北電力）
2024年1月10日 (メール)	「c.HVAC活用にあたって注意すべき事項の記載（手順書等への記載）」に係る情報共有	① KK-7のテクニカルサポートガイド改定案の共有（東京電力HD）
2024年1月19日 (メール)	「c.HVAC活用にあたって注意すべき事項の記載（手順書等への記載）」に係る情報共有	① 女川2号のAMG操作ガイド-12解説改定案の共有（東北電力）
2024年2月19日 (メール)	「c.HVAC活用にあたって注意すべき事項の記載（手順書等への記載）」に係る情報共有	① KK-7のテクニカルサポートガイド（改定版）の共有（東京電力HD）
2024年3月25日 (メール)	原子炉建屋水素爆発防止のためのHVACの活用に係るAMG、事故時手順書の共有	① KK-7のAMG（改訂版）及び非常時運転手順書（改訂版）の共有（東京電力HD） ② 女川2号のAMG（改訂版）及び非常時運転手順書（改訂版）の共有（東北電力）
2024年4月19日 (会議)	「c.HVAC活用にあたって注意すべき事項の記載（手順書等への記載）」に係る情報共有	① AMG改定等に係る検討状況の共有（中国電力）
2024年7月12日 (会議)	原子炉建屋水素爆発防止のためのHVACの活用に係るAMG、事故時手順書の共有	① 島根2号のAMG（改訂版）及び非常時運転手順書（改訂版）の共有（中国電力）

3. ATENA-WGの枠組みを活用したBWR事業者間の情報共有

(2) BWR事業者間の情報共有

情報共有会議の中で、AMG等の改定案について共有するとともに、HVAC活用の位置付けの明確化や起動判断条件、留意事項等がトピックスとして共有された。

共有事項	概 要
重大事故時におけるHVAC活用の位置付け	・「必要に応じて、使用可否を判断する」との位置付けで手順を整理。 要求事項a
HVACの起動判断条件	・SGTSが動いている場合でも、R/B水素濃度が上昇している場合にHVACの起動について考慮する。 要求事項a ・HVAC起動のために必要な電源は、留意事項を考慮しつつ、注水や除熱の維持を優先して判断する。 要求事項a
留意事項について	・必要な機器、電源等の健全性 要求事項a ・AMG解説（テクニカルサポートガイド等）等に以下の内容を記載する。 要求事項c － 必要な電源容量 － HVAC使用時の外部環境への影響 － HVAC停止条件となる水素濃度の根拠（着火リスク）
HVACの停止条件	・SGTSと同様に、系統内の水素爆発防止の観点から停止条件となる水素濃度基準の検討が必要である。HVACの吸入口は下層階にもあるため、オペフロのみならず、局所エリアの水素濃度での設定も考慮が必要である。 要求事項c
手順書への記載内容	・手順書の中で、除外すべきインターロックやジャンパリフトの作業場所が分かるようにする。 要求事項b

3. ATENA-WGの枠組みを活用したBWR事業者間の情報共有

(2) BWR事業者間の情報共有

本手順は、発電所対策本部が戦略として用いるものであるため、対策本部本部要員がHVAC活用への共通認識を持つために検討しているケーススタディの内容（下表）について共有された。

東北電力より共有されたケーススタディ（案）の概要

プラント状態		- 炉心損傷発生後のPCVベント前の状況を想定 - 格納容器内の水素濃度が高い状態 - 外部電源の復旧見込みなし - 非常用母線はDGから受電中、代替電源は使用不可 - 原子炉への注水は実施中 - SGTSは運転中 - 原子炉建屋内局所エリアの水素濃度が上昇傾向	
ケース (例)	条 件	HVAC使用可否の判断	
1	大地震発生後、余震が継続している。	×	HVACや常用母線の健全性が確認できないため。
2	RCW／RSW系が使用不可。	×	IA系が使用できないため。
3	電源供給手段がDG1台のみ。	×	DGトリップにより炉心損傷防止や格納容器破損防止に係る操作が阻害されるリスクがあるため。
4	自号機の電源はDG1台のみであるが、停止中の隣接号機のDGからの電源融通が可能。	○	隣接号機からの電源融通により信頼性の高い電源供給手段を複数確保可能であるため。

4. 教育・訓練の状況

BWR事業者は、AMGの改定／手順の整備後、対策本部本部要員・運転員への教育訓練を実施する。

- ✓ 東京電力HD柏崎刈羽原子力発電所7号機は、運転員、本部長及び事故対応方針立案者に手順書等を周知し、教育訓練を完了している。また、本部長及び事故対応方針立案者へのケーススタディを完了している。
- ✓ 東北電力女川原子力発電所2号機及び中国電力島根原子力発電所2号機は、運転員及び本部要員に手順書等を周知し、教育訓練を完了している。また、本部要員へのケーススタディを完了している。
- ✓ 以降は年間計画に基づき、計画的に教育訓練を実施する。

5. まとめ

- BWR事業者は、AMG改定等ガイドラインに基づき、下層階の水素滞留が懸念される場合に備えた対応として、必要な時にHVACを活用できるようにするためのAMGの改定／手順の整備を進めている。
 - ✓ 東京電力HD柏崎刈羽原子力発電所7号機、東北電力女川原子力発電所2号機及び中国電力島根原子力発電所2号機では、AMG改定等ガイドラインを踏まえたAMGの改定／手順の整備を完了した。
- 東京電力HD柏崎刈羽原子力発電所7号機及び東北電力女川原子力発電所2号機は、AMGの改定（案）を作成した時点で、ATENA-WGの枠組みを活用したBWR事業者間での情報共有を実施した。また、中国電力島根原子力発電所2号機は、先行プラントの情報を踏まえたAMG改定等の検討状況を共有するとともに、改定したAMG等の内容についてBWR事業者へ情報共有を行った。
- 情報共有会議では、改定箇所の紹介に加え、HVAC活用の位置付けの明確化や起動判断条件等のトピックス、対策本部本部要員がHVAC活用への共通認識を持つためのケーススタディ（案）の共有が行われた。
- 他のBWR事業者は、引き続き、AMGの改定／手順の整備の検討を進め、ATENA-WGの場を活用した情報共有を行っていく。
- BWR事業者は、AMGの改定／手順の整備後に、災害対策本部要員や運転員への教育・訓練を実施する。