

柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉審査資料	
資料番号	KK67-0167 改01
提出年月日	平成29年7月12日

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉

補正に係る指摘事項に対する回答について

平成29年7月

東京電力ホールディングス株式会社

別添

自主対策設備の悪影響防止について

1. はじめに

自主対策設備として使用するものについて、他設備への悪影響防止について記載する。

2. 想定される悪影響について

重大事故等時においては、重大事故等対処設備として確保している機器の他に、運用性の向上を目的として自主対策設備を用いた対応を行う場合がある。この場合には、自主対策設備を使用することにより、他の設備の安全機能に対して悪影響を及ぼすことがないように考慮する必要がある。

この場合に想定される悪影響については、以下の示す2種類の影響が想定される。

- ・自主対策設備を使用することによって生じる直接的な影響
- ・自主対策設備を使用することによって生じる間接的な影響

直接的な影響として考慮すべき事項には、自主対策設備を使用する際、接続する他の設備の設計条件を上回る条件で使用する場合の影響、薬品の使用による腐食や化学反応による影響、他の設備との干渉により使用条件が限定されることによる影響等が挙げられる。

一方、間接的な影響として考慮すべき事項には、自主対策設備の損傷により生じる波及的影響、自主対策設備を使用することにより他の機器の環境条件を悪化させる影響等が挙げられる。

さらに、これらの影響とは別に、自主対策設備を使用する場合に、発電所構内に予め確保されている淡水や燃料、人員等の運用リソースを必要とする場合がある。

これらの影響により、自主対策設備を使用することが原因となり、他の設備の機能に悪影響を及ぼすことがないように、自主対策設備を使用する場合には、運用において以下のとおり考慮する。

(1) 直接的な影響に対する考慮

自主対策設備を使用することにより、接続される他の設備の設計条件を超える場合には、事前に健全性を確認した上で使用する。

自主対策設備において薬品や海水を使用することにより、他の設備に腐食等の影響が懸念される自主対策設備については、事前に健全性を確認した設備を使用する。また、電気設備の短絡等により生じる電氣的影響については、保護継電器等により影響の発生を防止するよう考慮する。

重大事故等対処設備の配管にホースを接続する等により、他の設備の機能を喪失させる自主対策設備については、当該設備を使用すべき状況になった場合に自主対策設備の使用を中止することで、他の設備に悪影響を及ぼさないよう考慮する。

(2) 間接的な影響に対する考慮

自主対策設備が損傷し溢水等が生じることによる波及的影響について考慮し、耐震性を確保することや、溢水経路を確認すること、必要な強度を有していることを確認すること等により、他の設備に波及的影響を生じさせないよう考慮する。

高温箇所への注水により水蒸気が発生する場合等、自主対策設備の使用により安全機能を有する施設の周辺環境が悪化する場合には、環境悪化によって他の設備の機能に支障を生じさせないよう考慮する。また、自主対策設備の内部を高放射線量の流体が流れることにより、当該機器の周辺へのアクセスが困難になることが想定される場合には、他の設備を使用する場合に、移動式遮蔽体を準備する等により放射線の影響を可能な限り低減するよう対策を講じる。

大型設備を運搬して使用する場合や、通路にホース等を敷設して使用する場合等、現場でのアクセス性を阻害する自主対策設備については、予め通路を確保するよう配置することや、重大事故等対処設備を使用する場合には異動することにより、他の重大事故等対処設備の使用に支障を生じさせないよう考慮して使用する。

(3) 発電所における運用リソースに対する考慮

注水に淡水を用いる場合、駆動源の燃料として軽油を使用する場合、又は、操作に人員を要する場合等、発電所構内の運用リソースを必要とする自主対策設備については、他の安全機能を有する施設の使用に支障を生じさせないよう考慮して使用する。

これらの影響を考慮する主要な自主対策設備について、次項に示す。

3. 主要な自主対策設備の状況

3. 1 格納容器 pH制御設備

(1) 設備概要

格納容器圧力逃がし装置を使用する際、原子炉格納容器内が酸性化することを防止し、サプレッション・チェンバのプール水中にイオン素を保持することでイオン素の放出量を低減するための設備として、格納容器 pH 制御設備を設ける。

炉心の著しい損傷が発生した場合、熔融炉心に含まれるイオン素がサプレッション・チェンバのプール水へ流入し溶解する。また、原子炉格納容器内のケーブル被覆材には塩素等が含まれており、重大事故等時にケーブルの放射線分解と熱分解により塩酸等の酸性物質が大量に発生するため、サプレッション・チェンバのプール水が酸性化する可能性がある。サプレッション・チェンバのプール水が酸性化すると、水中に溶解しているイオン素が有機イオン素としてサプレッション・チェンバの気相部へ放出されるという知見がある。そこで、サプレッション・チェンバのプール水をアルカリ性に保つため、pH 制御として水酸化ナトリウムをサプレッション・チェンバに注入する。サプレッション・チェンバのプール水をアルカリ性に保つことで、気相部へのイオン素の移行を低減することが期待できる。

本システムは、復水移送ポンプの吸込配管に水酸化ナトリウムを注入させ、ドライウェルスプレイの配管、サプレッション・チェンバスプレイの配管、格納容

器下部注水系の配管から原子炉格納容器内に薬液を注入する構成とする。

本システムは、廃棄物処理建屋に設置している薬液タンク隔離弁（2弁）を中央制御室からの遠隔操作又は現場での操作により開操作することで、復水移送ポンプの吸込配管に薬液を混入させる。

（2）他設備への悪影響について

格納容器 pH 制御設備では、アルカリ薬液である水酸化ナトリウムを原子炉格納容器へ注入する。このため、格納容器 pH 制御設備を使用することで、他設備への影響として考慮すべき事象としては、以下の項目がある。

- ・直接的影響：アルカリ薬液による原子炉格納容器バウンダリの腐食

アルカリ薬液と原子炉格納容器内の保温材及びグレーチングとの反応による水素発生による圧力上昇

アルカリ薬液と原子炉格納容器内の保温材及びグレーチングとの反応による水素発生による燃焼リスク

- ・間接的影響：薬液タンクの破損によるアルカリ薬液の漏えい

これらの影響について、以下の通り確認した。

原子炉格納容器バウンダリの腐食については、pH 制御したサブプレッション・チェンバのプール水の水酸化ナトリウムは低濃度であり、原子炉格納容器バウンダリを主に構成しているステンレス鋼や炭素鋼の腐食領域ではないため悪影響はない。同様に、原子炉格納容器のシール材についても耐アルカリ性を確認した改良 EPDM を使用することから、原子炉格納容器バウンダリのシール性に対する悪影響はない。

また、水素ガスの発生については、原子炉格納容器内では配管の保温材やグレーチングに両性金属であるアルミニウムや亜鉛を使用しており、水酸化ナトリウムと反応することで水素ガスが発生する。しかしながら、原子炉格納容器内のアルミニウムと亜鉛が全量反応し水素ガスが発生すると仮定しても、ジルコニウム-水反応で発生する水素量に比べて十分少ないため、原子炉格納容器の異常な圧力上昇は生じない。さらに、原子炉格納容器内は窒素ガスにより不

活性化されており、本反応では酸素ガスの発生がないことから、水素ガスの燃焼も発生しない。

一方、薬液タンクの破損によるアルカリ薬液の漏えいについては、タンクを十分な強度を有する設計とするとともに、タンク周囲に堰を設け、悪影響が生じないように考慮する。

なお、運用リソースに関する影響については、必要な人員を想定した手順を準備しており、手順に基づいた対応を行うため、悪影響はない。また、電源を必要とするが、他の設備の使用に悪影響が生じないように必要な電源を確保できる場合にのみ使用する。

3. 2 格納容器頂部注水系

(1) 設備概要

炉心の著しい損傷が発生した場合において、原子炉格納容器頂部を冷却することで原子炉格納容器外への水素ガス漏えいを抑制し、原子炉建屋の水素爆発を防止するため、格納容器頂部注水系を設ける。

格納容器頂部注水系は、原子炉ウェルに水を注水し、トップヘッドフランジシール材を原子炉格納容器外部から冷却することを目的とした系統である。格納容器頂部注水系は、可搬型代替注水ポンプ、接続口等で構成しており、炉心の著しい損傷が発生した場合において、代替淡水源の水又は海水を原子炉ウェルに注水し原子炉格納容器頂部を冷却することで、原子炉格納容器頂部からの水素ガス漏えいを抑制する設計とする。

したがって、事故時に速やかに原子炉格納容器トップヘッドフランジシール材を冠水させるように原子炉ウェルに水を張ることが必要であり、その際の必要注水量は冠水分と余裕分も見込んだ注水量とする。また、格納容器頂部注水系は、必要注水量を注水開始から速やかに達成できる設計方針とし、格納容器頂部注水系のポンプは可搬型代替注水ポンプ（A-2級）を採用する。また、可搬型代替注水ポンプ（A-2級）を接続する接続口は、位置的に分散して複数箇所に設置する。

(2) 他設備への悪影響について

格納容器頂部注水系を使用することで、原子炉ウェルに水が注水される。このため、格納容器頂部注水系を使用することで、他設備への影響として考慮すべき事象としては、以下の項目がある。

- ・直接的影響：原子炉格納容器頂部が急冷され、鋼材部が熱収縮することによる原子炉格納容器の閉じ込め機能への影響
 - ・間接的影響：原子炉格納容器頂部を冷却することにより、原子炉格納容器内の水素漏えいが低減されることによる原子炉建屋水素爆発防止機能への影響
- 原子炉格納容器頂部を冷却することで、原子炉建屋に水蒸気が発生することによる原子炉建屋水素爆発防止機能への影響
- 原子炉格納容器頂部が急冷され、原子炉格納容器が除熱されることによる格納容器負圧破損の影響

これらの影響について、以下の通り確認した。

このうち、原子炉格納容器頂部を急冷することによる原子炉格納容器閉じ込め機能への影響については、原子炉格納容器頂部締付ボルト冷却時の発生応力を評価した結果、ボルトが急冷された場合でも応力値は降伏応力を下回っていることからボルトが破損することはない。

また、原子炉格納容器トップヘッドフランジからの水素ガス漏えいを防ぐことによる、原子炉建屋水素爆発防止機能への影響については、水素ガスの漏えい箇所を原子炉建屋下層階（地上 2 階，地下 1 階，地下 2 階）のみとして原子炉建屋内の水素ガス挙動を評価し、可燃限界に至ることはないことが確認できているため、原子炉建屋水素爆発防止機能に悪影響を与えない。

原子炉ウェルに溜まった水が蒸発することによる原子炉建屋水素爆発防止機能への影響については、燃料取替床に水蒸気が追加で流入した場合の原子炉建屋内の水素ガス挙動を評価し、可燃限界に至ることはないことが確認できているため、原子炉建屋水素爆発防止機能に悪影響を与えない。

原子炉格納容器の負圧破損に対する影響については、原子炉ウェルに注水し

原子炉格納容器頂部を冷却することによる原子炉格納容器除熱効果は小さいため、原子炉格納容器を負圧にするような悪影響はない。

なお、運用リソースに関する影響については、必要な人員を想定した手順を準備しており、手順に基づいた対応を行うため、悪影響はない。また、淡水、電源又は燃料を必要とするが、淡水の使用量は水源である淡水貯水池が保有する水量に比べて十分小さく、悪影響はない。また、電源又は燃料については、他の設備の使用に悪影響が生じないよう必要な電源又は燃料を確保できる場合にのみ使用する。

3. 3 第二代替交流電源設備

(1) 設備概要

設計基準事故対処設備の交流電源が喪失(全交流動力電源喪失)した場合に、第二代替交流電源設備を使用する。

第二代替交流電源設備は、第二ガスタービン発電機、第二ガスタービン発電機用燃料タンク、第二ガスタービン発電機用燃料移送ポンプ、軽油タンク、タンクローリ(16kL)、電路、計測制御装置等で構成し、第二ガスタービン発電機を設置場所での操作にて速やかに起動し、非常用高圧母線 C 系及び非常用高圧母線 D 系、又は AM 用 MCC へ接続することで電力を供給できる設計とする。

第二ガスタービン発電機の燃料は、第二ガスタービン発電機用燃料タンクより第二ガスタービン発電機用燃料移送ポンプを用いて補給できる設計とする。また、第二ガスタービン発電機用燃料タンクの燃料は、軽油タンクよりタンクローリ(16kL)を用いて補給できる設計とする。

第二代替交流電源設備は、非常用交流電源設備に対して、独立性を有し、位置的分散を図る設計とする。

(2) 他設備への悪影響について

第二代替交流電源設備を使用することで、他設備への影響として考慮すべき事象としては、以下の項目がある。

- ・直接的影響：第二代替交流電源設備の異常による電氣的波及影響
- ・間接的影響：第二ガスタービン発電機の破損による飛散

これについては、第二代替交流電源設備、荒浜側緊急用高圧母線及び大湊側緊急用高圧母線の供給先の電気設備は、保護継電装置等により電氣的波及影響を防止する設計としている。

また、第二ガスタービン発電機は高速回転機器であるが、構造部材が飛散物にならないよう設計する。

なお、運用リソースに関する影響については、必要な人員を想定した手順を準備しており、手順に基づいた対応を行うため、悪影響はない。また、燃料を必要とするが、他の設備の使用に悪影響が生じないよう必要な燃料を確保できる場合にのみ使用する。

3. 4 バックアップシール材

(1) 設備概要

バックアップシール材は、原子炉格納容器トップヘッドフランジ及び機器搬入用ハッチ類のフランジにおいて、改良E PDMシール材のバックアップとしてフランジ面に塗布することにより、高温環境下においてもシール性能を維持し、原子炉格納容器からの放射性物質の漏えいの発生を防止するために設けるものである。バックアップシール材は、耐高温性、耐蒸気性、耐放射線性が確認され、重大事故環境下においてもシール機能を発揮できるものを用いる。

(2) 他設備への悪影響について

バックアップシール材を使用することで、原子炉格納容器トップヘッド及び機器ハッチのフランジ面に、シール材が塗布される。このため、バックアップシール材を使用することで、他設備への影響として考慮すべき事象としては、以下の項目がある。

直接的影響：フランジ面において、開口を考慮したシール材の適切な押込み量を確保すること

内圧及びシール材反力について、適切なフランジ強度を有すること

シール材が、化学的影響を受ける等により、反応や劣化等の影響を受けないこと

これらの影響について、以下の通り確認した。

フランジ面において、開口を考慮した適切な押し込み量を確保できることを確認するため、試験体を用いてバックアップシール材の有無によるフランジ締め付け時の開口量を確認した。その結果、バックアップシール材適用による押し込み深さの変化量やフランジ開口量への影響は無視できる程度で悪影響はないと考えられる。

また、バックアップシール材の塗布後においても、適切なフランジ強度を有していることを確認するために、バックアップシール材からの荷重の評価を行った。その結果、フランジバックアップシール材の荷重は内圧による荷重と比較して 2 桁以上小さくなることを確認した。このことから、フランジ部へ発生する応力の影響は内圧が支配的であり、バックアップシール材の有無によりフランジ部へ加わる発生応力は殆ど変化しないと考えられる。

バックアップシール材の塗布により、本来のシール材である改良 EPDM に対し化学影響がないことについては、長期熱劣化影響確認試験で改良 EPDM とバックアップシール材を組み合わせたフランジで劣化後の気密性が確認できていることから、悪影響がないと考えている。

以上