

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-027-10-84 改 01
提出年月日	2023年2月14日

ほう酸水注入ポンプの動的機能維持要求の整理について

2023年2月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

目次

1. はじめに	1
2. ほう酸水注入ポンプの動的機能維持要求の考え方	1
3. ほう酸水注入ポンプの動的機能維持評価について	1

1. はじめに

本資料では、ほう酸水注入ポンプの動的機能維持要求の考え方を示し、停止時を想定した動的機能維持評価が可能であることを説明する。

なお、本資料が関連する工認図書は以下のとおりである。

- ・「VI-2-6-4-1-1 ほう酸水注入ポンプの耐震性についての計算書」

2. ほう酸水注入ポンプの動的機能維持要求の考え方

設計基準対象設備（以下「DB設備」という。）は、従前からJ E A G 4 6 0 1-1984（参考1参照）に基づき動的機能維持が要求される設備を整理した上で、動的機能維持評価を実施している。DB設備としてのほう酸水注入ポンプは、J E A G 4 6 0 1-1984において動的機能維持が要求される設備には該当せず、島根3号機建設工認における動的機能維持評価実績*1においても、ほう酸水注入ポンプは動的機能維持評価対象外である。J E A G 4 6 0 1を見直して制定されたJ E A C 4 6 0 1-2008（参考2参照）において「ほう酸水注入系（BWR）の耐震クラスについて」の解説として「BWRについては、制御棒の挿入のみにより冷温停止状態への移行が可能であり、基準地震動 S_s に対してほう酸水注入系の機能維持する安全上の要求はない。しかしながら、ほう酸水注入系が安全機能の重要度分類においてMS-1に属していることを考慮し、構造強度についてはSクラスに準じて取り扱うこととする。」という考え方が示されており、この考え方はJ E A G 4 6 0 1-1984においても同様であると考えられる。

一方、重大事故等対処設備（以下「SA設備」という。）としてのほう酸水注入ポンプの動的機能維持要求については、「NS2-補-027-10-31 重大事故等対処設備の動的機能維持要求の整理について」に従い、「事象発生からの期間を限定せず動作が必要な機器」として地震後機能維持が要求される。ただし、重大事故等は「地震の独立事象」として扱っており、ほう酸水注入ポンプの運転を想定する時間は、約□時間であることから、地震荷重との組合せが不要な期間（ 10^{-2} 年*2）より短時間であり、停止時を想定した評価が可能である。

DB設備及びSA設備としてのほう酸水注入ポンプの動的機能維持要求を表1に示す。

注記*1：島根原子力発電所第3号機 第5回工事計画認可申請書（島原建技第52号平成20年5月30日）IV-2-11「申請設備に係る動的機能維持に関する説明書」

*2：「NS2-補-023-06 重大事故等対処施設の耐震設計における重大事故と地震の組合せについて」に記載

3. ほう酸水注入ポンプの動的機能維持評価について

ほう酸水注入ポンプの動的機能維持要求は表1に示すとおりであり、SA設備としての地震後機能維持（停止時）が要求されることから、停止時を想定した動的機能維持評価を行う。

表1 ほう酸水注入ポンプの動的機能維持要求について

動作時期	D B 設備	S A 設備
事象発生後 長期	動的機能維持 要求無し	<p style="text-align: center;"><u>β : 地震後機能維持 (停止時)</u></p> <p>運転を想定する時間は約 <input type="text"/> 時間であり, 地震荷重との組合せが不要な期間 (10^{-2} 年) より短時間である。</p>

1. ま え が き

本参考資料は、本文の考え方をもとに、弁、ポンプ等の動的機器が原子力発電所の安全性に対して果たす役割を考慮し、地震時又は地震後の動的機能維持の必要性の有無を検討したものである。

2. 地震時又は地震後に動的機能が要求される設備と具体的な動的設備

2.1 地震時又は地震後に動的機能が要求される動的設備

本文の重要度分類の基本的考え方に基づき地震時又は地震後に動的機能が要求される設備は、次のとおりである。

(1) 耐震A_Sクラスの設備

- a. 原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する弁のうち、その健全性を維持するために動的機能が必要なもの
- b. 原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するために必要な動的設備
- c. 原子炉の緊急停止のために急激に負の反応度を付加するために必要な動的設備及び原子炉の停止状態を維持するために必要な動的設備
- d. 原子炉格納容器バウンダリを構成する弁のうち、通常運転時開で地震時又は地震後に閉鎖が必要なもの

(2) 耐震Aクラスの設備

- a. 原子炉冷却材圧力バウンダリ破損後、炉心から崩壊熱を除去するために必要な動的設備
- b. 放射性物質の放出を伴うような事故の際に、その外部放散を抑制するために必要な動的設備で、上記耐震A_Sクラスのd以外の設備
- c. 使用済燃料プール水を補給するために必要な動的設備

上記以外地震時又は地震後に動的機能が要求される設備はない。

2.2 具体的な動的設備の例^(注)

地震時又は地震後に動的機能が要求される具体的な動的設備の例を各耐震クラスごとに表II-1、表II-2に示す。

3. 地震時又は地震後に要求される動的機能の分類例^(注)

地震時又は地震後に動的機能維持に必要な弁、ポンプ等の具体的な分類例を主要な設備について示すと図II-1～図II-20のとおりである。

また要求機能の分類は次による。

表Ⅱ-1 具体的な動的設備とその分類例（BWR）

耐震重要度分類	動的機能の分類	系 統	動的機能が要求される機器	要求機能	備 考
A _s	(i) 原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する弁のうち、その健全性を維持するために動的機能が必要なもの	① 主蒸気系	① 主蒸気隔離弁 ② 逃がし安全弁（安全弁機能）	$\alpha(S_2)$	図Ⅱ-1 参照 他の動的機能分類で動的機能が要求される弁は除く。
		② 主蒸気ドレン系	① ドレンライン隔離弁	$\alpha(S_2)$	
		③ 給水系	① 給水逆止弁	$\alpha(S_2)$	
		④ 原子炉冷却材浄化系	① 隔離弁	$\alpha(S_2)$	
	(ii) 原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するために必要な動的設備	① 主蒸気系	① 逃がし安全弁（逃がし弁機能）	$\beta(S_2)$	図Ⅱ-1 参照
		② 原子炉隔離時冷却系	① タービン、② 弁 ③ ポンプ	$\beta(S_2)$	図Ⅱ-2 参照
		③ 高圧炉心スプレイ系	① 弁、② ポンプ	$\beta(S_2)$	図Ⅱ-3 参照
		④ 残留熱除去系（停止時冷却モード）	① 弁、② ポンプ	$\beta(S_2)$	図Ⅱ-4 参照
		⑤ 非常用補機冷却系	① 弁、② ポンプ	$\beta(S_2)$	
		⑥ 非常用電源設備	① ディーゼル ② 弁、③ ポンプ	$\beta(S_2)$	
	(iii) 原子炉の緊急停止のために、急激に負の反応度を付加するために必要な動的設備、及び原子炉の停止状態を維持するために必要な動的設備	① 制御棒駆動系	① 駆動機構 ② スクラム弁	$\alpha(S_2)$	図Ⅱ-5 参照
	(iv) 原子炉格納容器バウンダリを構成	① 不活性ガス系	① PCV 隔離弁	$\beta(S_1)$	図Ⅱ-6 参照 原子炉冷却材圧力バウンダリ破損

耐震重要度分類	動的機能の分類	系 統	動的機能が要求される機器	要求機能	備 考
A _S	する弁のうち、原子炉冷却材圧力バウンダリ破損の一定時間後に閉止が必要なもの				(LOCA)後、一般の隔離弁は直ちに閉となるため、地震時の動的機能維持の必要はない。ただし、LOCA後、ECCS等の停止に伴う原子炉格納容器バウンダリ閉止に必要な弁は、S ₁ 地震後機能維持を要す。 また、他の動的機能分類で動的機能が要求される弁は除く。
A	(i) 原子炉冷却材圧力バウンダリ破損後、炉心から崩壊熱を除去するために必要な動的設備	① 非常用炉心冷却系 1) 高圧炉心スプレイ系 2) 低圧炉心スプレイ系 3) 残留熱除去系(低圧炉心注水モード)	① 弁, ② ポンプ ① 弁, ② ポンプ ① 弁, ② ポンプ	$\beta(S_1)$ $\beta(S_1)$ $\beta(S_1)$	A _S クラスの(iii)の③で確認 図II-7 参照 図II-8 参照
		② 非常用補機冷却系	① 弁, ② ポンプ	$\beta(S_1)$	A _S クラスの(ii)の⑤で確認
		③ 非常用電源設備	① ディーゼル ② 弁, ③ ポンプ	$\beta(S_1)$	A _S クラスの(ii)の⑥で確認
	(ii) 放射性物質の放出を伴うような事故の際にその外部放散を抑制するために必要な動的設備で、上記耐震A _S クラスの(iv)以外の設備	① 残留熱除去系(PCVスプレイモード)	① 弁, ② ポンプ	$\beta(S_1)$	図II-9 参照
		② 可燃性ガス濃度制御系	① ブロア	$\beta(S_1)$	図II-10 参照
		③ 非常用ガス処理系	① 排気ファン	$\beta(S_1)$	図II-11 参照
		④ 非常用補機冷却系	① 弁, ② ポンプ	$\beta(S_1)$	A _S クラスの(ii)の⑤で確認
		⑤ 非常用電源設備	① ディーゼル ② 弁, ③ ポンプ	$\beta(S_1)$	A _S クラスの(ii)の⑥で確認
	(iii) 使用済燃料プール水を補給するために必要な動的設備	① 燃料プール水補給設備(非常用)	① 弁, ② ポンプ	$\beta(S_1)$	

【解説】

(1) 燃料集合体の設計上の取扱いについて

a. 原子炉にある燃料集合体の取扱い

a) 制御棒挿入機能の維持

制御棒は、基準地震動 S_s が起きている状態にあっても緊急に挿入されなければならないことから、燃料集合体を構成する制御棒案内シムプル（PWR）、チャンネルボックス（BWR）の変形等が制御棒の挿入を阻止しないことを確認する必要がある。

b) 炉心崩壊熱除去可能な形状の維持

原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するため、炉心を構成する燃料集合体については崩壊熱除去可能な形状を維持することが要求される。崩壊熱除去可能な形状の維持は、Sクラスに分類された炉心支持構造物が基準地震動 S_s の発生状態でも健全であり、燃料集合体を支持する機能を維持することにより達成される。

b. 新燃料集合体の取扱い

使用前の燃料集合体は、その破損を考えても周辺公衆への被ばくはもちろんのこと、従事者に与える被ばくもほとんどないことから耐震上特別な配慮は必要ない。

(2) 炉内構造物の耐震クラスについて

炉内構造物の耐震クラスは、耐震審査指針における機能上の分類からは明確でない。本規程では、炉内にあることから、その損傷が炉心冷却機能及び制御棒挿入機能に影響を及ぼす可能性に配慮して、基準地震動 S_s に対する機能保持が安全上要求されていない炉内構造物についても、念のため構造強度についてはSクラスに準じて取り扱うこととする。なお、炉内構造物の範囲は設計・建設規格GNR-1220の(7)項及び解説図GNR-1230-4～6に従う。

(3) ほう酸水注入系（BWR）の耐震クラスについて

緊急時、原子炉は制御棒を急速に挿入（スクラム）することにより反応が停止され未臨界に保たれる。一方、ほう酸水注入系は、制御棒のようなスクラム機能は有さず、比較的長い時間をかけてほう酸水を炉内に注入することにより、炉心を未臨界に維持するための設備で、設計思想の異なる独立した2系統により原子炉を高温停止することが可能なように、制御棒のバックアップとして設けているものである。地震時の原子炉緊急停止は、以下の理由により制御棒による原子炉停止で十分である。

①制御棒のスクラム機能は基準地震動 S_s に対して維持される。

②BWRについては、制御棒の挿入のみにより冷温停止状態への移行が可能である。

以上のことから、基準地震動 S_s に対してほう酸水注入系の機能を維持する安全上の要求はない。しかしながら、ほう酸水注入系が安全機能の重要度分類においてMS-1に属していることを考慮し、構造強度についてはSクラスに準じて取り扱うこととする。

(4) 隔離可能な弁について

隔離可能な弁とは、次のものをいう。

①遠隔操作で閉止可能なもの

②自動弁

③逆止弁（逆止弁の下流側が、上流側より高位の耐震クラスのもの）

④当該系統機能上、閉止までに時間的余裕のある手動弁

(5) BWR主蒸気管（外側主蒸気隔離弁よりタービン主塞止弁）に対する特別な配慮

原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていて、一次冷却材を内蔵しているか又は内蔵し得る施設は、Bクラスに分類されている。

BWR主蒸気管（外側主蒸気隔離弁よりタービン主塞止弁）は上記分類に該当するが、その破損を想定した場合の被ばくが「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」（原子力安全委員会）において定められている事故時の実効線量に関する判断基準（5mSv）を超えないという条件が満たされる必要がある。既設プラントの原子炉設置変更許可申請書における主蒸気管破断時の評価結果によると、被ばく量は上記の判断基準（5mSv）と比較して極めて小さく、更に、一発電所に多数基が設置され、同時に破断すると仮定した場合においても問題となるものではない。したがって、BWR主蒸気管はBクラスに該当する。