

柏崎刈羽原子力発電所保安規定審査資料	
資料番号	TS-80 (改訂4)
提出年月日	令和2年8月5日

柏崎刈羽原子力発電所7号炉

適用される原子炉の状態の考え方について

令和2年8月

東京電力ホールディングス株式会社

1.適用される原子炉の状態の考え方について

第 66 条（SA 条文）における各 SA 設備の LCO を適用する原子炉の状態（以下、LCO 適用期間）について、基本方針では基本的な考え方を整理し、各設備の設定例を提示している。

4.3 添付－6 重大事故等対処設備の LCO を適用する原子炉の状態について

技術的能力審査基準 1.0 ～1.19（設置許可基準規則第 43 条～第 62 条）において、当該機能を有する重大事故等対処設備の LCO を適用する原子炉の状態については、以下の基本的な考え方に基づき、下表を参考に設定する。

【適用する原子炉の状態の基本的な考え方】

a.重大事故等対処設備に対する LCO を適用する原子炉の状態については、その機能を代替する設計基準事故対処設備（例：格納容器スプレイ冷却系）が適用される原子炉の状態を基本として設定する。

ただし、重大事故等対処設備の機能として、上記における設計基準事故対処設備の原子炉の状態の適用範囲外においても要求される場合があることから、当該の重大事故等対処設備の機能を勘案した原子炉の状態の設定が必要となる。

b.機能を代替する対象の設計基準事故対処設備が明確ではない重大事故等対処設備（例：放水砲）については、当該設備の機能が要求される重大事故等から判断して、個別に適用する原子炉の状態を設定する。

技術的能力審査基準 (設置許可基準規則)		適用される原子炉の状態(例)	重大事故等対処設備(代表例)
1.1 (第44条)	緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備	運転及び起動	・ATWS緩和設備(代替制御棒挿入機能) ・ほう酸水注入系ポンプ
1.2 (第45条)	原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための設備	運転、起動及び高温停止(原子炉圧力が1.03MPa[gage]以上)	・高圧代替注水系ポンプ ・原子炉隔離時冷却系ポンプ
以下略			

(例)と異なる状態を設定した設備について整理

この考え方を踏まえ、当社プラント設備構成及び運用実態を踏まえ改めて詳細に条文検討を実施し以下の考え方で整理した。(表 1)

○低圧代替注水系（常設・可搬型）については、基本方針策定時には、PWR 電力を参考に、当該 SA 設備としての機能が要求される期間は原子炉内に燃料がある状態と整理し、除外期間は「原子炉内から全燃料が取出された場合」としていた。

条文の詳細検討の中で、燃料交換時における原子炉ウェル・SFP の保有水量と燃料の崩壊熱から求められる注水量の関係や、機能喪失を代替する DBA 設備である低圧注水系（第 40 条）の LCO 適用期間の考え方について、改めて当該 SA 設備に当てはめて検討した。

その結果、低圧注水系（第 40 条）の LCO 適用期間に合わせても原子力安全上問題となるものではないと判断した。

○静的触媒式水素再結合器(以下、PAR)、原子炉建屋水素濃度についても、66-4-1,2 と同様に再検討し、当該設備の機能が要求される重大事故等を踏まえても低圧注水系の LCO 適用期間で問題ないと判断した。

○燃料取替床ブローアウトパネル閉止装置(以下、BOP 閉止装置)については、基本方針策定時には、機能を代替する DBA 設備が明確ではないが原子炉建屋（第 49 条）と同期間を LCO 適用期間と設定していたが、当該設備の機能が要求される重大事故等から必要な LCO 適用期間を詳細検討した結果、プラント運転中に想定される重大事故に対し、居住性を確保することを目的としていることから、高温停止までを LCO 適用期間とする。

○これらの設備に対し、要求される措置及び保全の観点からも LCO 適用期間を基本方針設定例から変更しても問題ないことを確認した。

○結果的に LCO 適用期間が適正化され、点検等の保全活動の実施可能な期間を確保することによって、設備の信頼性を維持することができ、原子力安全の向上に繋がると考える。

なお、当該 LCO 適用期間は、設置許可における SA 設備に対する要求に整合しており、また、LCO 適用期間の設定に係る基本的な考え方は基本方針との差異はない。

表1 基本方針の設定例から LCO 適用期間を適正化した SA 設備

保安規定	SA 設備	LCO 適用期間			説明箇所
		基本方針設定例	今回補正申請	変更理由	
66-4-1 66-4-2	・低圧代替注水系（常設） ・低圧代替注水系（可搬型）	運転，起動，高温停止，冷温停止及び燃料交換 (原子炉内から全燃料が取出された場合は除く)	運転，起動，高温停止，冷温停止及び燃料交換 ※： 原子炉が次に示す状態となった場合は適用しない。 (1) 原子炉水位がオーバーフロー水位付近で，かつプールゲートが開の場合 (2) 原子炉内から全燃料が取出され，かつプールゲートが閉の場合	・66-4-1,2 については，PWR 電力を参考に当該 SA 設備としての機能が要求される期間は原子炉内に燃料がある状態と整理し，除外期間は「原子炉内から全燃料が取出された場合」としていたが，PWR と違い BWR ではプールゲート開時に SFP と原子炉ウェルが一体となり保有水量が増加するという設備構成上の違いも踏まえ，基本方針に従い再検討した。	2.1.1
66-8-1 66-8-2	・PAR ・原子炉建屋水素濃度	運転，起動，高温停止，冷温停止及び燃料交換		・燃料交換時における原子炉ウェル・SFP の保有水量と燃料の崩壊熱から求められる注水量の関係や，機能を代替する DBA 条文である低圧注水系（第 40 条）の LCO 適用期間の考え方について，改めて当該 SA 設備に当てはめて検討した結果，低圧注水系の LCO 適用期間と合わせることをする。 ・66-8-1,2 についても，66-4-1,2 と同様に再検討し，当該設備の機能が要求される重大事故等を踏まえても低圧注水系の LCO 適用期間で問題ないと判断した。	2.1.2
66-14-2	・BOP 閉止装置	運転，起動，高温停止，炉心変更時 (原子炉建屋内で照射された燃料に係る作業時を含む。停止余裕確認後の制御棒の 1 本の挿入・引抜を除く)	運転，起動及び高温停止	・基本方針審査時は，機能を代替する DBA 設備が明確ではないが二次格納容器バウンダリの形成，中央制御室の居住性確保が目的の設備であることから，原子炉建屋の負圧維持が要求される原子炉建屋（第 49 条）と同期間を LCO 適用期間と設定していたが，BOP 閉止装置により二次格納容器バウンダリを復旧させた場合においても，運転継続させることはできないとの扱いを AOT でしており，DBA 設備の BOP が有する機能（開放と閉止）を完全に補完しているものではない等機能要求が明確になってきたことも踏まえ，基本方針に従い再検討した。 ・BOP 閉止装置はあくまでプラント運転中に想定される重大事故に対し，居住性を確保することを目的としていることから，高温停止までを LCO 適用期間とする。	2.2.1

2.各 SA 設備の LCO 適用期間について

1.において、基本方針の設定例から LCO 適用期間を適正化した SA 設備を整理した（表 1）。

以下 2 つの観点で詳細に説明する。

- (1) PWR 電力との設備構成の違いから LCO 適用期間を再検討し非常用炉心冷却系（第 39 条及び第 40 条）の LCO 適用期間に適正化した設備（2.1）
- (2) LCO 適用期間を当該設備の機能要求から再検討した設備(2.2)

2.1PWR 電力との設備構成の違いから LCO 適用期間を適正化した設備

2.1.1 低圧代替注水系（常設・可搬型）の LCO 適用期間について

基本方針策定時には、PWR 電力を参考に当該 SA 設備としての機能が要求される期間は原子炉内に燃料がある状態と整理し、除外期間は「原子炉内から全燃料が取出された場合」としていたが、PWR と違い BWR ではプールゲート開時に SFP と原子炉ウェルが一体となり保有水量が増加するという設備構成上の違いも踏まえ、基本方針に従い再検討した。

当該設備は機能を代替する DBA 設備が明確なことから基本方針（4.3 添付-6 a）に基づき検討する。

<基本方針 4.3 添付-6 a 抜粋>

a.SA 設備に対する LCO 適用期間については、その機能を代替する DBA 設備（例：格納容器スプレイ冷却系）が適用される原子炉の状態を基本として設定する。

ただし、SA 設備の機能として、上記における DBA 設備の原子炉の状態の適用範囲外においても要求される場合があることから、当該の SA 設備の機能を勘案した原子炉の状態の設定が必要となる。

低圧代替注水系（常設）（66-4-1）及び低圧代替注水系（可搬型）（66-4-2）の機能を代替する DBA 設備は低圧注水系（第 39 条及び第 40 条）なので、同期間を LCO 適用期間として設定した。

「運転、起動、高温停止、冷温停止及び燃料交換※ 1」

※ 1：原子炉が次に示す状態となった場合は適用しない。

- (1) 原子炉水位がオーバーフロー水位付近で、かつプールゲートが開の場合
- (2) 原子炉内から全燃料が取出され、かつプールゲートが閉の場合

また、基本方針に基づき当該 SA 設備の機能を勘案し LCO 適用期間外（※ 1 で示す（1）、（2）の期間）においても要求される場合があるか以下のように考えた上

で、低圧注水系と同期間で問題ないことを確認している。

(1) 原子炉水位がオーバーフロー水位付近で、かつプールゲートが開の場合

原子炉ウェルと SFP がつながり保有水量が多くなり時間的余裕が大きくなること、また常時待機要求がある燃料プール代替注水系にて原子炉及び SFP での崩壊熱による冷却材の蒸発分以上の注水が可能であるため、LCO 適用期間とする必要性は低い。

以下に低圧代替注水系を使用することが考えられるケースとして RHR・FPC による除熱機能が喪失した場合を想定し、崩壊熱による冷却材の蒸発分以上の注水が可能であることを確認した。燃料プール代替注水系注水量 $45[m^3/h] > 蒸発量 39.9[m^3/h]$ (原子炉 $37.3[m^3/h]$ +SFP $2.6[m^3/h]$)

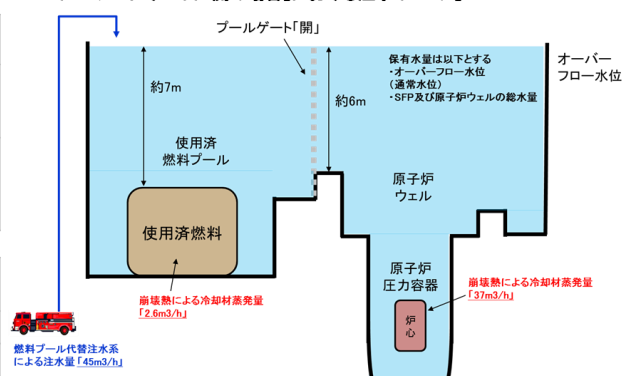
なお、燃料プール代替注水系は事象発生後 12 時間で注水可能であり、その間の水位低下量は $0.69[m]$ 程度となるが、燃料冷却及び燃料プール代替注水系のオペレーティングフロアでの準備に影響を与えるものではないことを確認済み。

【検討条件】

冷却材蒸発量 [m ³ /h]		備考
原子炉	37	崩壊熱22MW相当 (有効性評価(運転停止中)の評価条件である 原子炉停止1日後の崩壊熱を準用)
SFP	2.6	崩壊熱1.6MW相当 (有効性評価(SFP)の評価条件の崩壊熱から 定検取出直後の燃料分を除いたもの)

注水設備	流量 [m ³ /h]	備考
燃料プール 代替注水系	45	可搬型スプレイヘッド使用時
	147	常設スプレイヘッド使用時

【「原子炉水位がオーバーフロー水位付近で、かつプールゲートが開の場合」における注水イメージ】



(2) 原子炉内から全燃料が取出され、かつプールゲートが閉の場合

全燃料が取出されプールゲートにより隔離されていることから、原子炉への注水は不要となる。

2.1.2 PAR・原子炉建屋水素濃度の LCO 適用期間について

当該設備は機能を代替する DBA 設備が明確ではないことから基本方針（4.3 添付-6 b）に基づき LCO 設定した。

<基本方針 4.3 添付-6 b 抜粋>

【適用する原子炉の状態の基本的な考え方】

b 機能を代替する DBA 設備が明確ではない SA 設備（例：放水砲）については、当該設備の機能が要求される重大事故等から判断して、個別に適用する原子炉の状態を設定する。

PAR は 66-8-1 にて、原子炉建屋水素濃度は 66-8-2 にて LCO 設定しており、低圧代替注水系（常設・可搬型）と同様に考え LCO 適用期間を設定した。

「運転、起動、高温停止、冷温停止及び燃料交換※1」

※1：原子炉が次に示す状態となった場合は適用しない。

- (1) 原子炉水位がオーバーフロー水位付近で、かつプールゲートが開の場合
- (2) 原子炉内から全燃料が取出され、かつプールゲートが閉の場合

当該設備の機能が要求される重大事故等の観点から以下のように整理した。

PAR は、炉心の著しい損傷により原子炉格納容器から原子炉建屋内に水素ガスが漏えいした場合において、原子炉建屋内の水素濃度の上昇を抑制し、原子炉建屋の水素爆発を防止するための設備であることから、「原子炉内に燃料が存在する期間」を基本として設定した。

原子炉建屋水素濃度監視設備も、炉心の著しい損傷により原子炉格納容器から原子炉建屋内に漏えいした水素ガスの濃度を測定するための設備であることから、「原子炉内に燃料が存在する期間」を基本として設定した。

そのうえで、「原子炉水位がオーバーフロー水位付近でプールゲート開」となった場合は、原子炉ウェルと SFP がつながり、保有水量が多くなるため、運転停止中の有効性評価結果よりも燃料露出までの時間的余裕があり、炉心の著しい損傷により水素ガスが発生するような事象が発生する可能性は小さいため、LCO 適用期間とする必要性は少ないと考えた。

また、要求される措置及び保全作業の観点からも問題ないことを示す。

燃料交換の「(1) 原子炉水位がオーバーフロー水位付近で、かつプールゲートが開の場合又は (2) 原子炉内から全燃料が取出され、かつプールゲートが閉の場合」が基本方針設定例との差分になる。

要求される措置としては「保有水量・注水手段の確保」が考えられるが、この差分の期間においては、既に保有水量が確保されている状態であること、注水手段が確保されている状態であることから、既にリスクは低く、この状態よりリスクを大きく下げられる措置はない。

保全作業としては、基本方針設定例通りであれば常時要求となり、予防保全を目的とした保全作業を実施するための保全作業（以下、青旗作業）時の措置が必要となる。LCO を設定する以上、青旗作業は可能な限り短期間、最もリスクの低い時期で検討することとなり、結果的に差分の期間を選定することとなると考えられるため、LCO 適用期間の違いによって、原子力リスクに対して考慮することによって変わりはないと考えられる。

以上を踏まえると、「要求される措置」、「保全作業」の観点からも LCO 適用期間を変更しても適切に運用できると考えられる。

2.2 LCO 適用期間を当該設備の機能要求から再検討した設備

2.2.1 BOP 閉止装置の LCO 適用期間について

基本方針審査時は、BOP 閉止装置の機能を代替する DBA 設備が明確ではないことから、相当する設備として、二次格納容器バウンダリの形成・MCR の居住性確保が目的の設備であることを考慮し、原子炉建屋の負圧維持が要求される原子炉建屋(第 49 条)と同期間を LCO 適用期間と設定していたが、SA 設備である BOP 閉止装置により二次格納容器バウンダリを復旧させた場合においても、DBA 設備の原子炉建屋としての機能を完全に補完しているものではなく役割が異なるとの整理をしていることも踏まえ、基本方針に従い再検討した。

当該設備は機能を代替する DBA 設備が明確ではないことから基本方針 (4.3 添付-6 b) に基づき LCO 設定した。

<基本方針 4.3 添付-6 b 抜粋>

【適用する原子炉の状態の基本的な考え方】

b 機能を代替する DBA 設備が明確ではない SA 設備 (例：放水砲) については、当該設備の機能が要求される重大事故等から判断して、個別に適用する原子炉の状態を設定する。

燃料取替床ブローアウトパネル閉止装置は 66-14-2 にて LCO 設定しており、以下のように LCO 適用期間を設定した。

	燃料取替床ブローアウトパネル閉止装置	基本方針設定例
LCO 適用期間	運転, 起動, 高温停止	運転, 起動, 高温停止, 炉心変更時 (原子炉建屋内で照射された燃料に係る作業時を含む。停止余裕確認後の制御棒の 1 本の挿入・引抜を除く。)

BOP 閉止装置はあくまでプラント運転中に想定される重大事故に対し、居住性を確保することを目的としていることから、高温停止までを LCO 適用期間とする。

なお、炉心変更時 (原子炉建屋内で照射された燃料に係る作業時を含む。停止余裕確認後の制御棒の 1 本の挿入・引抜を除く。)(以下、炉心変更時等)に原子炉建屋 (第 49 条) で、想定する事故 (燃料集合体落下等) は DBA であり DBA 設備である原子炉建屋で対応可能である、また、DBA 設備の原子炉建屋が LCO 逸脱し

た場合は第 49 条に基づき要求される措置である「炉心変更の中止」及び「照射された燃料に係る作業の中止」を速やかに行うこととしており事故が拡大することはない。当該事故時に「燃料取替床ブローアウトパネル閉止装置」の機能には期待していないことから、LCO 適用期間とする必要性は低いと考えられる。

したがって、燃料取替床ブローアウトパネル閉止装置の LCO 適用期間は「運転、起動及び高温停止」とする。

また、要求される措置及び保全作業の観点からも問題ないことを示す。「炉心変更時等」が基本方針設定例との差分になる。

要求される措置としては、「BOP の閉止状況を確認する」ことが考えられるが、想定事故に対しては原子炉建屋による閉止維持機能にて担保されており、仮に原子炉建屋において不具合があれば「炉心変更作業等を中止する」旨が既に第 49 条に規定されていることから、追加でリスクを下げられる措置はない。

保全作業としては、基本的には冷温停止及び燃料交換で BOP が閉止している状態でしか、BOP 閉止装置の点検は行わないようにするため、保全作業の実施時期による安全影響はない。

以上を踏まえると、「要求される措置」、「保全作業」の観点からも LCO 適用期間を変更しても適切に運用できると考えられる。