

泊発電所 3号炉

耐震設計方針のうち 評価手法, 評価条件の論点整理について

令和5年6月8日
北海道電力株式会社

本資料中の [4条-別紙1-○] は, 当該記載の抜粋元として, まとめ資料のページ番号を示している。

泊発電所3号炉 評価手法,評価条件の論点整理について

【背景】

先行プラントでの設置許可段階における審査において,耐震設計方針のうち評価手法,評価条件の論点(以下,「評価手法,評価条件の論点」という。)についての審査に時間を要した点を鑑み,審査の効率化の観点から,耐震設計方針の一通りの説明の前に先立って,現時点で判明している評価手法,評価条件の論点について説明する。

評価手法,評価条件の論点以外の審査説明事項として,泊3号炉への適用に当たり施設,地質,地形等の特徴を考慮する必要がある事項についても整理する。

【本日の説明事項】

設計基準対象施設に係る評価手法,評価条件の論点について以下の項目を説明する。

- 設置変更許可申請段階における評価手法,評価条件の論点の定義
- 既工認との相違点,他プラントの既工認及び新規制審査での適用例についての網羅的な整理の考え方及び論点の抽出結果
- 先行して審査会合にて説明している下記項目も含めた整理結果

- ◆ 地下水位の設定(第1055回審査会合)
- ◆ 地盤の液状化の評価方針について(第1098回審査会合)
- ◆ 地下水排水設備について(第1118回審査会合)
- ◆ 防潮堤の構造成立性評価方針について※(第1007,1032,1063,1089,1111回審査会合)

※:第5条(津波による損傷の防止)にて耐震成立性を含めて説明中

目次

1. 評価手法,評価条件の論点の抽出の考え方
2. 評価手法,評価条件の論点の重み付け評価フロー
3. 評価手法,評価条件の論点の整理結果

(参考1) 評価手法,評価条件の論点の重み付け評価の整理結果

(参考2) 設置変更許可申請における既許可からの変更点を踏まえた整理

1. 評価手法,評価条件の論点の抽出の考え方

設置変更許可申請段階におけるプラントの耐震成立性確認を目的として,既工認との相違点,他プラントの既工認及び新規制審査での適用例について網羅的に整理し,泊3号炉の評価手法,評価条件の論点について,以下のとおり抽出する。

■ 評価手法,評価条件の論点の定義

設置変更許可申請段階におけるプラントの耐震成立性確認を目的として,『他プラントを含む既工認及び新規制審査での適用例のない評価手法,評価条件の適用』を泊3号炉の設置変更許可申請段階における評価手法,評価条件の論点と定義した。

■ 評価手法,評価条件の論点の抽出の考え方

Sクラス施設,Sクラス施設に波及的影響を及ぼすおそれのある施設及びSクラス施設の間接支持構造物の耐震設計方針における論点に係る以下の4項目について,既工認と今回工認の状況を網羅的に比較・整理した。[4条-別紙1-添付1]

①解析手法 ②解析モデル ③減衰定数 ④その他(評価条件の変更等)

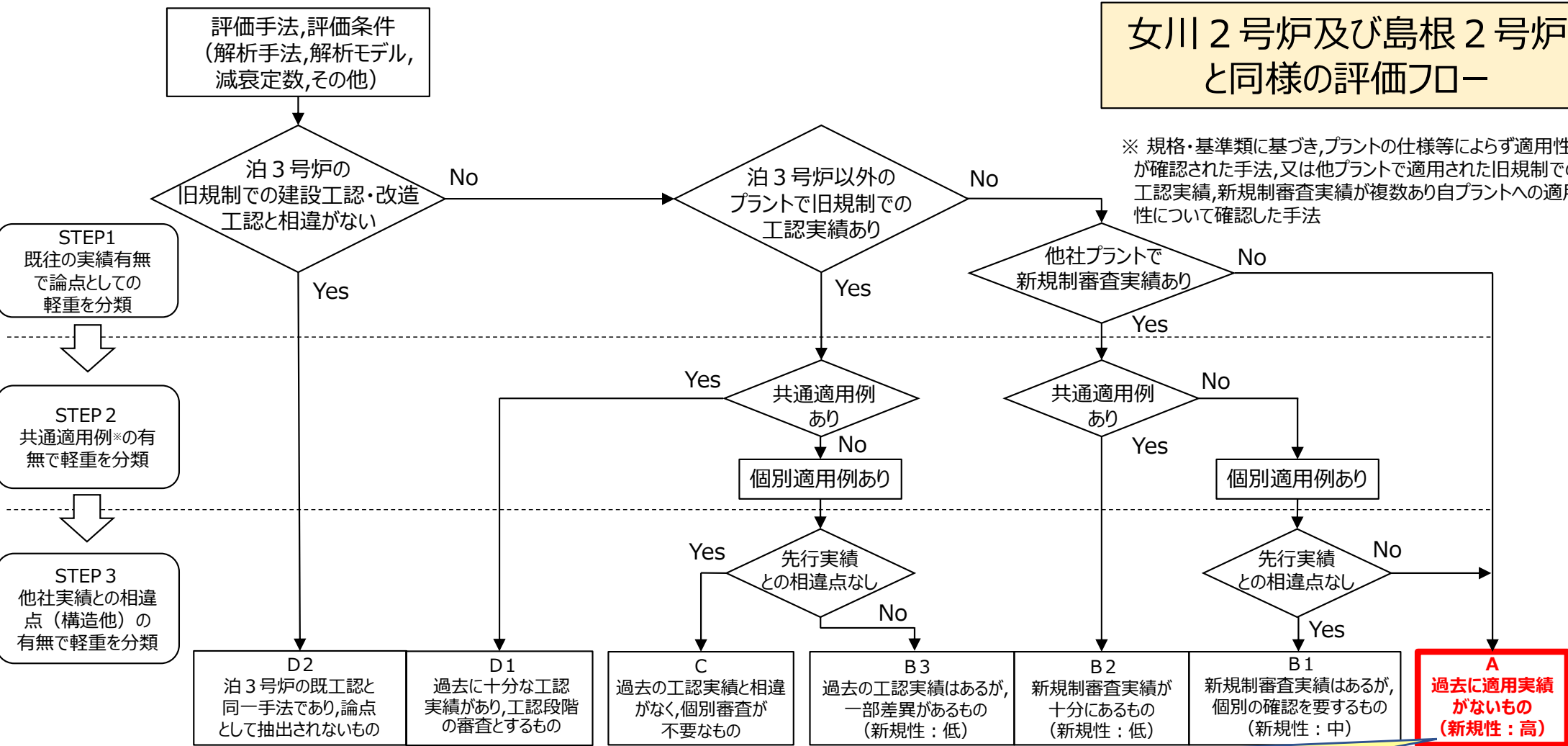
■ 評価手法,評価条件の論点の抽出結果

次項に示す評価フローに従って,泊3号炉の設置変更許可申請段階における評価手法,評価条件の論点を抽出した。

2. 評価手法, 評価条件の論点の重み付け評価フロー

女川2号炉及び島根2号炉と同様の評価フロー

※ 規格・基準類に基づき, プラントの仕様等によらず適用性が確認された手法, 又は他プラントで適用された旧規制での工認実績, 新規制審査実績が複数あり自プラントへの適用性について確認した手法



現時点における評価手法, 評価条件の論点としては, 先行して審査会合で説明している「防潮堤の構造成立性評価方針について」が抽出された。

評価手法, 評価条件の論点以外の審査説明事項として, 『泊3号炉への適用に当たり施設, 地質, 地形等の特徴を考慮する必要があるか』の観点で, 「地下水位の設定」, 「地盤の液状化の評価方針について」及び「地下水排水設備について」を抽出した。これら3件については, 先行して審査会合で説明している。

3. 評価手法,評価条件の論点の整理結果

【整理結果】

設計基準対象施設に係る評価手法,評価条件の論点について以下のとおり整理した。

- 泊3号炉の設置変更許可申請段階における評価手法,評価条件の論点について,プラントの耐震成立性確認の観点から,『他プラントを含む既工認及び新規制審査での適用例のない評価手法,評価条件の適用』と定義した。
- 既工認との相違点,他プラントの既工認及び新規制審査での適用例を網羅的に確認し,泊3号炉の評価手法,評価条件の論点を整理した。
- 設置変更許可申請段階における評価手法,評価条件の論点について整理した結果,**現時点における泊3号炉の評価手法,評価条件の論点として,先行して審査会合にて説明している下記項目以外に論点はなかった。**
 - ◆ 防潮堤の構造成立性評価方針について※（第1007,1032,1063,1089,1111回審査会合）
※：第5条（津波による損傷の防止）にて耐震成立性を含めて説明中
- 今後,評価対象設備の追加や評価条件の変更により,新たに設置変更許可申請段階における耐震設計方針の論点が判明した場合には,速やかにご説明する。
- 設置変更許可申請段階での審査説明事項については,詳細設計段階において,改めて詳細にご説明する。

(参考 1)

評価手法,評価条件の論点の重み付け評価の整理結果

(参考 2)

設置変更許可申請における既許可からの変更点を踏まえた整理

(参考 1) 評価手法,評価条件の論点の重み付け評価の整理結果 (1 / 6)

■ 評価手法,評価条件の論点の重み付け評価結果の概要

		機器・配管系	建物・構築物	屋外重要土木構造物 及び津波防護施設等
重 み 付 け 評 価	A	0件	0件	1件
	B1	0件	0件	2件
	B2	13件	0件	6件
	B3	0件	0件	0件
	C	0件	1件	0件
	D1	7件	1件	0件
	D2	6件	11件	5件

■ 重み付け評価D1,D2は,詳細設計段階での説明事項であるため,重み付け評価 A ~ C の各項目の概要を次項に示す。なお,重み付け評価B3は該当項目はなかった。

(参考 1) 評価手法, 評価条件の論点の重み付け評価の整理結果 (2 / 6)

分類	項目		内容	適用実績・ 審査実績	重み付け 評価結果
津波防護施設 屋外重要土木構造物及び	防潮堤の構造成立性評価方針について		津波防護施設として,セメント改良土及び置換コンクリートによる岩着構造の防潮堤を発電所の敷地前面に新設することから,その要求機能と設計方針及び構造成立性評価方針(止水目地に関する検討方針等)を示すもの。	—	A
	土木構造物の解析手法及び解析モデルの精緻化	限界状態設計法の適用(コンクリート躯体における引張強度及びせん断強度を用いた評価)	取水口の護岸コンクリートの貯水機能に対する評価に適用する。護岸コンクリートの貯水機能に対する目標性能は,護岸コンクリートを貫通するような顕著なひび割れ及び前面側の護岸コンクリート表面にひび割れが発生しないこととする。具体的な評価方法は,護岸コンクリートに該当する要素の局所安全係数を算出し,破壊領域(引張破壊及びせん断破壊)が護岸コンクリートの背面から前面にかけて連続していないこと及び貯留堰の天端高さ以下の範囲で,前面側の護岸コンクリート表面が引張破壊及びせん断破壊していないことを確認する。	BWR (女川2号)	B1
	後施工せん断補強工法(セラミックキャップバー工法)の適用		耐震補強工法として,せん断耐力の向上を目的に,後施工せん断補強筋(セラミックキャップバー工法)による耐震補強工法を採用する。	BWR (女川2号)	B1

(参考1) 評価手法,評価条件の論点の重み付け評価の整理結果 (3/6)

分類	項目	内容	適用実績・ 審査実績	重み付け 評価結果
機器・ 配管系	建屋－1次冷却ループ－主蒸気／主給水管連成モデルの適用	1次冷却ループ解析モデルとして,1次冷却ループ,主蒸気／主給水管を多質点系はりモデルに置換し,建屋モデルと連成させた「建屋－1次冷却ループ－主蒸気／主給水管連成モデル」を適用する。	PWR共通	B2
	原子炉容器頂部／底部変位による地震荷重の考慮	一次＋二次応力及び疲労評価について,地震時における原子炉容器頂部／底部の変位も考慮した評価を適用する。	PWR共通	B2
	照射の影響を考慮した燃料集合体の耐震評価の適用	燃料集合体への照射による影響として,支持格子強度特性や燃料集合体振動特性が変化することによる地震応答解析への影響と,燃料被覆管及び制御棒案内シンプルの許容応力への影響を考慮した耐震評価を適用する。	PWR共通	B2
	地震時の燃料被覆管の閉じ込め機能の維持	燃料被覆管の閉じ込め機能維持の観点で,地震時の荷重を考慮した一次応力＋二次応力の評価を実施する。	PWR共通 BWR (女川2号他)	B2
	使用済燃料ラックの非線形時刻歴応答解析の適用	使用済燃料ラックの地震応答解析について,水中における水平方向の流体連成効果,燃料集合体とラックセル間の衝突(ガタ要素)を考慮したモデルによる非線形時刻歴応答解析を適用する。	PWR (高浜3,4号他)	B2
	使用済燃料ラックへの加振試験に基づく減衰定数の適用	最新知見として使用済燃料ラックの加振試験により得られた結果から,非線形時刻歴応答解析において減衰定数5.0%を適用する。	PWR (高浜3,4号他)	B2
	蒸気発生器伝熱管の3次元はりモデルの適用	蒸気発生器伝熱管の地震応答解析について,3次元はりモデルを適用し,スペクトルモーダル解析を実施する。	PWR共通	B2

(参考 1) 評価手法,評価条件の論点の重み付け評価の整理結果 (4/6)

分類	項目	内容	適用実績・ 審査実績	重み付け 評価結果
機器・ 配管系	蒸気発生器伝熱管への振動試験に基づく減衰定数の適用	最新知見として蒸気発生器伝熱管の振動試験により得られた結果から,減衰定数として水平(面外)8.0%,水平(面内)15.0%,鉛直1.0%を適用する。	PWR共通	B2
	原子炉格納容器へのFEM座屈解析モデルの適用	原子炉格納容器の座屈評価について,FEM座屈解析モデルを適用する。	PWR (高浜3,4号他)	B2
	定ピッチスパン法を用いた評価条件の変更	定ピッチスパン法について,応力制限によるスパンの算定として,基準地震動による発生値に対しては許容値 $IV_A S$ を,弾性設計用地震動による発生値に対しては許容値 $III_A S$ を適用する。	PWR共通	B2
	制御棒挿入性評価における時刻歴解析手法の適用	地震時の制御棒挿入評価において,挿入経路機器に対して,時刻歴応答を用いて時々刻々と変化する制御棒挿入抗力を考慮した制御棒挿入時間を算定する手法を適用する。	PWR (高浜3,4号他)	B2
	規格適用範囲外の動的機能維持評価の実施	ディーゼル発電機燃料油移送ポンプの動的機能維持評価について,JEAG4601の動的機能維持評価の考え方及び既往研究の知見を用いて詳細評価(異常要因分析や構造強度評価)を実施する。	PWR共通 BWR (女川2号他)	B2
	一定の余裕を考慮した弁の動的機能維持評価	弁等の動的機能維持評価にあたって,応答加速度が当該機器を支持する配管の地震応答により増加すると考えられるときには,配管の地震応答の影響を考慮し,一定の裕度を見込んだ評価を実施する。	PWR共通 BWR (女川2号他)	B2

(参考 1) 評価手法,評価条件の論点の重み付け評価の整理結果 (5 / 6)

分類	項目		内容	適用実績・ 審査実績	重み付け 評価結果
屋外重要土木構造物及び津波防護施設	土木構造物の解析手法及び解析モデルの精緻化	時刻歴応答解析（有効応力解析）の適用	構造物や周辺地盤の非線形性を、より精緻に再現できる時刻歴応答解析を用いて照査用応答値を算出する。構造物の非線形性は、構造モデルをフレームモデル（部材非線形性）とすることで考慮する。繰り返し載荷に伴う間隙水圧の上昇による有効応力の低下の影響を考慮するため、構造物と地盤の動的相互作用を考慮できる二次元動的有限要素解析において、有効応力を用いた時刻歴応答解析により地震時の応答を算定する。	PWR共通	B2
		時刻歴応答解析における構造物の履歴減衰及びRayleigh減衰の適用	時刻歴応答解析に非線形性を考慮するにあたり、現実的な挙動特性を把握することを目的として、非線形の程度に応じた減衰（履歴減衰）を考慮する。また、解析上の安定のためにモデル全体にRayleigh減衰を考慮する。	PWR (高浜3,4号他) PWR共通	B2
		Rayleigh減衰の適用			B2
		隣接構造物のモデル化の適用	評価対象構造物に隣接する構造物の現実的な地震時挙動を考慮する必要がある場合について、隣接する構造物を等価剛性でモデル化する。	PWR (高浜3,4号他)	B2
	滑動・転倒に対する評価の適用	<p>【取水口,L型擁壁】 滑動評価については、地震時の滑動力に対する抵抗力の比が所定の安全率を上回ることを、転倒評価については、地震時の転倒モーメントに対する抵抗モーメントの比が所定の安全率を上回ることをそれぞれ確認する。</p> <p>【3号炉バックフィルコンクリート】 取水口と同様の評価手法にて滑動、転倒の評価を実施する。また、擁壁部の部材の健全性についても確認する。 なお、上記の評価手法にて滑動、転倒に対する安定性を確保できない場合には、島根2号炉の設工認を参考にロックアンカーを考慮した評価を実施する。（※ロックアンカーを考慮した評価を実施する場合、重み付け評価結果は「B1」と整理される。）</p>	PWR (伊方3号他)	B2	

(参考 1) 評価手法, 評価条件の論点の重み付け評価の整理結果 (6 / 6)

分類	項目		内容	適用実績・ 審査実績	重み付け 評価結果
屋外重要土木構造物 及び津波防護施設	土木構造物の解析手法及び解析モデルの精緻化	限界状態設計法の適用（限界層間変形角, 曲げ耐力, 終局曲率及びせん断耐力による評価）	構造部材の曲げ系の破壊については限界層間変形角, 曲げ耐力及び終局曲率, せん断破壊についてはせん断耐力に対して妥当な裕度を持つことを確認する。	BWR (柏崎7号他)	B2
建物・構築物	側面水平地盤ばねの適用		A1, A2 – 燃料油貯油槽タンク室及びB1, B2 – 燃料油貯油槽タンク室は, 地中に埋め込まれていることから, 地盤との相互作用を考慮するため, 地震応答解析においてNovakの側面水平地盤ばねを適用する。なお, 当該施設の側方地盤が硬質岩盤であることを踏まえ, 詳細設計段階において二次元有限要素法モデルによる評価を実施し, 応答性状へ与える影響を確認する。	PWR (玄海3, 4号)	C

島根 2 号炉と
同様の整理方針**(参考 2) 設置変更許可申請における既許可からの変更点を踏まえた整理**

- 設置変更許可申請における既許可からの変更点を踏まえた整理方針
設置変更許可段階での泊 3 号炉の耐震設計に係る共通的な説明事項を以下の観点で抽出する。
 - I 新規制の追加要求事項に基づく既許可からの変更があるか
 - II 新規制の先行審査実績との方針の相違があるか
 - III 泊 3 号炉への適用に当たり施設, 地質, 地形等の特徴を考慮する必要があるか

- 設置変更許可申請における既許可からの変更点を踏まえた整理結果
上記の整理方針に基づき整理した結果, 泊 3 号炉への適用に当たり施設, 地質, 地形等の特徴を考慮する必要があるものとして, 先行して審査会合で説明している 3 つの項目を抽出した。
○地下水位の設定 ○地盤の液状化の評価方針について ○地下水排水設備について
以下に各項目の概要を示す。

項目	内容	備考
地下水位の設定	津波防護施設として岩着構造の防潮堤を発電所の敷地前面に新設することにより, 従来の流動場が変化し, 地下水位の上昇が想定される状況となったことから, 防潮堤設置に伴う地下水位上昇を3次元浸透流解析にて確認し, その結果を踏まえた各施設の「設計地下水位の設定方針」を示すもの。	耐震設計方針のうち 先行して審査会合 で説明している項目
地盤の液状化の評価方針について	屋外重要土木構造物及び津波防護施設は, 施設周辺に地下水位以深の埋戻土及び砂層が分布しているものがあるが, 泊発電所の埋戻土及び砂層は, 「繰返し軟化」(繰返し载荷による間隙水圧の上昇に伴う有効応力の低下) が懸念され, 側方流動や偏土圧による影響を設計上考慮する必要があることから, 耐震設計における液状化の評価方針を示すもの。	
地下水排水設備について	津波防護施設として岩着構造の防潮堤を発電所の敷地前面に新設することにより, 従来の流動場が変化し, 地下水位の上昇が想定される状況となったことから, 地下水排水設備に期待する機能及びその達成方針を整理し, 設置許可段階における設計方針を示すもの。	