

泊発電所 1 号炉審査資料	
資料番号	HTN1-PLM30(冷停)-耐震 改 2
提出年月日	平成 31 年 2 月 6 日

泊発電所 1 号炉 高経年化技術評価
(耐震安全性評価)

補足説明資料

平成 31 年 2 月 6 日
北海道電力株式会社

: 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
3. 評価対象と評価手法	4
3.1 評価対象	4
3.1.1 耐震安全性評価対象機器	4
3.1.2 耐震安全上考慮する必要がある経年劣化事象の抽出	4
3.2 評価手法	7
3.2.1 主な適用規格	7
3.2.2 冷温停止状態が維持されることを前提とした評価における劣化評価期間	7
3.2.3 耐震安全性評価の評価手法	9
3.3 評価用地震力	13
3.4 評価用地震動	14
3.5 代表の選定	17
4. 代表の耐震安全性評価	19
4.1 耐震安全性評価	19
4.1.1 低サイクル疲労	19
4.1.2 高サイクル熱疲労	20
4.1.3 中性子照射脆化	20
4.1.4 熱時効	21
4.1.5 中性子照射による靱性低下	21
4.1.6 中性子及び γ 線照射脆化	22
4.1.7 応力腐食割れ	22
4.1.8 摩耗	23
4.1.9 流れ加速型腐食	23
4.1.10 全面腐食	24
4.1.11 動的機能維持に係る耐震安全性評価	25
4.1.12 照射誘起型応力腐食割れ	27
4.2 現状保全	28
4.3 総合評価	28
5. まとめ	29
5.1 審査ガイド適合性	29
5.2 保守管理に関する方針として策定する事項	33

別紙 1.	建設後の耐震補強の実績について……………	1-1
別紙 2.	耐震安全性評価に用いる現行の JEAG4601 以外の値を適用した ケースについて……………	2-1
別紙 3.	冷温停止状態における耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の 発生・進展について……………	3-1
別紙 4.	機器・配管に係る，比率で示された耐震安全性評価結果 (疲労累積係数を除く) について……………	4-1
別紙 5.	主蒸気管の伸縮継手の疲労割れに対する耐震安全性評価について……………	5-1
別紙 6.	アンカーサポート取付部 (余熱除去系統配管) の疲労割れに対する 耐震安全性評価について……………	6-1
別紙 7.	余熱除去系統配管の高サイクル熱疲労割れに対する耐震安全性評価 について……………	7-1
別紙 8.	原子炉容器の中性子照射脆化に対する耐震安全性評価について……………	8-1
別紙 9.	炉心そうの中性子照射による靱性低下に対する耐震安全性評価について……………	9-1
別紙 10.	原子炉容器サポート (サポートブラケット (サポートリブ)) の 中性子及び γ 線照射脆化に対する耐震安全性評価について……………	10-1
別紙 11.	低水質廃液蒸発装置 (蒸発器胴板) の応力腐食割れに対する 耐震安全性評価について……………	11-1
別紙 12.	蒸気発生器支持脚 (ヒンジ摺動部) の摩耗に対する耐震安全性評価 について……………	12-1
別紙 13.	主蒸気系統配管他の内面からの腐食 (流れ加速型腐食) に対する 耐震安全性評価について……………	13-1
別紙 14.	ディーゼル機関空気冷却器伝熱管他の内面腐食 (流れ加速型腐食) に対する耐震安全性評価について……………	14-1
別紙 15.	制御用空気だめ他の腐食 (全面腐食) に対する耐震安全性評価について……………	15-1
別紙 16.	バッフルフォーマボルトの照射誘起型応力腐食割れが抽出されない理由 について……………	16-1

3.2 評価手法

3.2.1 主な適用規格

耐震安全性評価に用いた規格を以下に示す。

- ・日本機械学会「設計・建設規格 2005年版（2007年追補版を含む） JSME S NC1-2005(2007)」（以下、「設計・建設規格」という。）
- ・日本機械学会「維持規格 2008年版 JSME S NA1-2008」（以下、「維持規格」という。）
- ・日本電気協会「原子力発電所配管破損防護設計技術指針 JEAG4613-1998」
- ・日本電気協会「原子力発電所用機器に対する破壊靱性の確認試験方法 JEAC4206-2007」（以下、「JEAC4206」という。）
- ・日本機械学会「加圧水型原子力発電所配管減肉管理に関する技術規格 JSME S NG1-2006」
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601-補-1984」（以下、「JEAG4601」という。）
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」（以下、「JEAG4601」という。）
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1991 追補版」（以下、「JEAG4601」という。）
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」（以下、「JEAC4601」という。）

なお、現行のJEAG4601以外の値を適用した耐震安全性評価を実施したケースについては、別紙2に記載する。

3.2.2 冷温停止状態が維持されることを前提とした評価における劣化評価期間

冷温停止状態が維持されることを前提とした評価における劣化評価期間は、以下のとおりとする。（表3参照）

- (1) 冷温停止状態において発生・進展しない事象（低サイクル疲労等）
想定が必要な期間は至近のプラント停止までとなるが、運転開始後60年までを評価対象期間とする。
- (2) 冷温停止状態において発生・進展の可能性が想定される事象（全面腐食等）
想定が必要な期間は運転開始後40年までとなるが、運転開始後60年までを評価期間とする。

なお、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象について、冷温停止状態における発生・進展のあり・なし区分を別紙3に示す。

表3 冷温停止状態が維持されることを前提とした評価における劣化評価期間

主な経年劣化事象		主な機器	想定期間及び劣化評価期間		2011年 4月	運開後 40年	運開後 60年
					▽	▽	▽
冷温停止状態で発生・進展なし	低サイクル疲労 中性子照射脆化 熱時効 流れ加速型腐食（冷温停止状態で流れなし） 高サイクル熱疲労割れ 摩耗 中性子照射による靱性低下 中性子及びγ線照射脆化	<ul style="list-style-type: none"> ・1次冷却材ポンプ ・余熱除去ポンプ ・蒸気発生器 ・再生熱交換器 ・余熱除去冷却器 ・原子炉容器 ・加圧器 ・配管貫通部 ・配管、弁 ・配管サポート ・炉内構造物 ・重機器サポート ・制御棒クラスタ 	想定が必要な期間	2011年4月まで			
			劣化評価期間	運転開始後60年まで			
冷温停止状態で発生・進展可能性あり	全面腐食 流れ加速型腐食（冷温停止状態で流れあり） 応力腐食割れ	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉補機冷却水冷却器 ・配管 ・空調用冷凍機凝縮器 ・空気圧縮装置 ・濃縮減容設備 ・ディーゼル機関空気冷却器 	想定が必要な期間	運転開始後40年まで			
			劣化評価期間	運転開始後60年まで			

<p>タイトル</p>	<p>冷温停止状態における耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の発生・進展について</p>																																					
<p>説明</p>	<p>耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象について、冷温停止状態における発生・進展のあり・なしの区分と対応する機器を表 3-1 に示す。</p> <p>なお、応力腐食割れ及び流れ加速型腐食については、機器の使用環境により、冷温停止状態における発生・進展のあり・なし区分が混在する経年劣化事象であるため、それぞれ事象に対応する機器及び発生・進展なしと区分した理由を添付-1 に示す。</p> <p>また、表 3-1 及び添付-1 にて対象とする経年劣化事象の範囲を添付-2 に示す。</p> <p>表 3-1 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象と冷温停止状態における発生・進展のあり・なし区分及び対象機器※</p> <table border="1" data-bbox="405 925 1348 1821"> <thead> <tr> <th data-bbox="405 925 531 974">区分</th> <th data-bbox="531 925 834 974">経年劣化事象</th> <th data-bbox="834 925 1348 974">評価対象機器</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="405 974 531 1641">冷温停止状態で発生・進展なし</td> <td data-bbox="531 974 834 1288">低サイクル疲労</td> <td data-bbox="834 974 1348 1288">余熱除去出口配管貫通部（固定式）、配管サポート（余熱除去系統）、主蒸気・主給水配管貫通部（伸縮式）、原子炉容器、炉内構造物（炉心支持構造物）、加圧器、蒸気発生器、1次冷却材ポンプ、1次冷却材管、余熱除去ポンプ、再生熱交換器、余熱除去冷却器、1次冷却系統配管、余熱除去系統配管、主給水系統配管、余熱除去系統弁、化学体積制御系統弁、安全注入系統弁、1次冷却系統弁、重機器サポート（加圧器）</td> </tr> <tr> <td></td> <td data-bbox="531 1288 834 1323">高サイクル熱疲労割れ</td> <td data-bbox="834 1288 1348 1323">余熱除去系統配管</td> </tr> <tr> <td></td> <td data-bbox="531 1323 834 1359">中性子照射脆化</td> <td data-bbox="834 1323 1348 1359">原子炉容器</td> </tr> <tr> <td></td> <td data-bbox="531 1359 834 1395">熱時効</td> <td data-bbox="834 1359 1348 1395">1次冷却材管、1次冷却材ポンプ</td> </tr> <tr> <td></td> <td data-bbox="531 1395 834 1431">中性子照射による靱性低下</td> <td data-bbox="834 1395 1348 1431">炉内構造物（炉心そう）</td> </tr> <tr> <td></td> <td data-bbox="531 1431 834 1467">中性子及びγ線照射脆化</td> <td data-bbox="834 1431 1348 1467">重機器サポート（原子炉容器）</td> </tr> <tr> <td></td> <td data-bbox="531 1467 834 1503">摩耗</td> <td data-bbox="834 1467 1348 1503">炉内構造物（炉内計装用シンプルチューブ）、重機器サポート（蒸気発生器、1次冷却材ポンプ）、制御棒クラスタ</td> </tr> <tr> <td></td> <td data-bbox="531 1503 834 1641">流れ加速型腐食</td> <td data-bbox="834 1503 1348 1641">主蒸気系統配管、主給水系統配管、蒸気発生器ブローダウン系統配管</td> </tr> <tr> <td data-bbox="405 1641 531 1821">冷温停止状態で発生・進展可能性あり</td> <td data-bbox="531 1641 834 1713">応力腐食割れ</td> <td data-bbox="834 1641 1348 1713">濃縮減容設備（低水質廃液蒸発装置、良水質廃液蒸発装置）</td> </tr> <tr> <td></td> <td data-bbox="531 1713 834 1785">流れ加速型腐食</td> <td data-bbox="834 1713 1348 1785">原子炉補機冷却水冷却器、空調用冷凍機凝縮器、ディーゼル機関空気冷却器、補助蒸気系統配管</td> </tr> <tr> <td></td> <td data-bbox="531 1785 834 1821">全面腐食</td> <td data-bbox="834 1785 1348 1821">制御用空気圧縮装置（制御用空気だめ）</td> </tr> </tbody> </table> <p>※本表は、耐震安全性評価書 p. 8 表 3 及び補足説明資料本文 p. 8 表 3 「冷温停止状態が維持されることを前提とした評価における劣化評価期間」を基に評価対象機器を明確にしたもの。</p>		区分	経年劣化事象	評価対象機器	冷温停止状態で発生・進展なし	低サイクル疲労	余熱除去出口配管貫通部（固定式）、配管サポート（余熱除去系統）、主蒸気・主給水配管貫通部（伸縮式）、原子炉容器、炉内構造物（炉心支持構造物）、加圧器、蒸気発生器、1次冷却材ポンプ、1次冷却材管、余熱除去ポンプ、再生熱交換器、余熱除去冷却器、1次冷却系統配管、余熱除去系統配管、主給水系統配管、余熱除去系統弁、化学体積制御系統弁、安全注入系統弁、1次冷却系統弁、重機器サポート（加圧器）		高サイクル熱疲労割れ	余熱除去系統配管		中性子照射脆化	原子炉容器		熱時効	1次冷却材管、1次冷却材ポンプ		中性子照射による靱性低下	炉内構造物（炉心そう）		中性子及びγ線照射脆化	重機器サポート（原子炉容器）		摩耗	炉内構造物（炉内計装用シンプルチューブ）、重機器サポート（蒸気発生器、1次冷却材ポンプ）、制御棒クラスタ		流れ加速型腐食	主蒸気系統配管、主給水系統配管、蒸気発生器ブローダウン系統配管	冷温停止状態で発生・進展可能性あり	応力腐食割れ	濃縮減容設備（低水質廃液蒸発装置、良水質廃液蒸発装置）		流れ加速型腐食	原子炉補機冷却水冷却器、空調用冷凍機凝縮器、ディーゼル機関空気冷却器、補助蒸気系統配管		全面腐食	制御用空気圧縮装置（制御用空気だめ）
区分	経年劣化事象	評価対象機器																																				
冷温停止状態で発生・進展なし	低サイクル疲労	余熱除去出口配管貫通部（固定式）、配管サポート（余熱除去系統）、主蒸気・主給水配管貫通部（伸縮式）、原子炉容器、炉内構造物（炉心支持構造物）、加圧器、蒸気発生器、1次冷却材ポンプ、1次冷却材管、余熱除去ポンプ、再生熱交換器、余熱除去冷却器、1次冷却系統配管、余熱除去系統配管、主給水系統配管、余熱除去系統弁、化学体積制御系統弁、安全注入系統弁、1次冷却系統弁、重機器サポート（加圧器）																																				
	高サイクル熱疲労割れ	余熱除去系統配管																																				
	中性子照射脆化	原子炉容器																																				
	熱時効	1次冷却材管、1次冷却材ポンプ																																				
	中性子照射による靱性低下	炉内構造物（炉心そう）																																				
	中性子及びγ線照射脆化	重機器サポート（原子炉容器）																																				
	摩耗	炉内構造物（炉内計装用シンプルチューブ）、重機器サポート（蒸気発生器、1次冷却材ポンプ）、制御棒クラスタ																																				
	流れ加速型腐食	主蒸気系統配管、主給水系統配管、蒸気発生器ブローダウン系統配管																																				
冷温停止状態で発生・進展可能性あり	応力腐食割れ	濃縮減容設備（低水質廃液蒸発装置、良水質廃液蒸発装置）																																				
	流れ加速型腐食	原子炉補機冷却水冷却器、空調用冷凍機凝縮器、ディーゼル機関空気冷却器、補助蒸気系統配管																																				
	全面腐食	制御用空気圧縮装置（制御用空気だめ）																																				
<p>以上</p>																																						

冷温停止状態における応力腐食割れの発生・進展の区分

経年劣化事象	冷温停止状態における発生・進展の有無	機種		評価書記載の経年劣化事象名	対象機器	冷温停止状態において発生・進展が想定されない理由
応力腐食割れ	あり	配管	ステンレス鋼配管	母管の外表面からの応力腐食割れ	余熱除去系統配管, 補助蒸気系統配管, 蒸気発生器ブローダウン系統配管, 1次系試料採取系統配管(空気), 1次冷却系統配管, 化学体積制御系統配管, 使用済燃料ピット水浄化冷却系統配管, 安全注入系統配管, 燃料取替用水系統配管, 原子炉格納容器スプレイ系統配管, 1次系試料採取系統配管	—
		弁	玉形弁	弁箱等の応力腐食割れ	液体廃棄物処理系統及び固体廃棄物処理系統の弁	—
		弁	バタフライ弁	弁箱等の応力腐食割れ	液体廃棄物処理系統の弁	—
		弁	リフト逆止弁	弁箱等の応力腐食割れ	液体廃棄物処理系統の弁	—
		弁	安全逃がし弁	弁箱等の応力腐食割れ	洗浄排水処理装置高圧ポンプ出口逃がし弁	—
		計測制御設備	プロセス計測制御設備	計装用取出配管, 計器元弁, 計装配管及び計器弁の外表面からの応力腐食割れ	余熱除去ライン流量, 計装用取出配管, 計器元弁, 計装配管及び計器弁がステンレス鋼の伝送器(原子炉格納容器内を除く屋内設置分)	—
		空調設備	ダクト	外板の外表面からの応力腐食割れ	非常用排気筒	—
		機械設備	濃縮減容設備	ステンレス鋼使用部位の応力腐食割れ	低水質廃液蒸発装置, 良水質廃液蒸発装置	—
		機械設備	アスファルト固化設備	ロータ等の応力腐食割れ	アスファルト固化装置(アスファルト混和機)	—
		機械設備	雑固体焼却設備	伸縮継手の応力腐食割れ	雑固体焼却設備	—
	なし	熱交換器	蒸気発生器	伝熱管の損傷(管板拵管部及び拵管境界部応力腐食割れ)	蒸気発生器	高温域でのみ発生・進展する事象であることから, 冷温停止状態においては進展しない。
		熱交換器	蒸気発生器	伝熱管の損傷(小曲げUベンド部応力腐食割れ)	蒸気発生器	高温域でのみ発生・進展する事象であることから, 冷温停止状態においては進展しない。
		熱交換器	蒸気発生器	600系ニッケル基合金使用部位の応力腐食割れ	蒸気発生器	高温域でのみ発生・進展する事象であることから, 冷温停止状態においては進展しない。
		炉内構造物	炉内構造物	バップルフォーマボルト等の照射誘起型応力腐食割れ	炉内構造物	通常運転時の燃料からの中性子照射及び高温環境によって発生・進展する事象であることから, 冷温停止状態においては進展しない。

冷温停止状態における流れ加速型腐食の発生・進展の区分

経年劣化 事象	冷温停止状態 における 発生・進展の有無	機種		評価書記載の経年劣化事象名	対象機器	冷温停止状態において 発生・進展が想定されない理由
流れ 加速型 腐食	あり	熱交換器	多管円筒形 熱交換器	伝熱管の内面腐食(流れ加速型腐食)	原子炉補機冷却水冷却器	—
		配管	炭素鋼配管	母管の腐食(流れ加速型腐食)	補助蒸気系統配管	—
		弁	仕切弁	弁箱等の腐食(流れ加速型腐食)	補助蒸気系統の仕切弁	—
		弁	玉形弁	弁箱等の腐食(流れ加速型腐食)	補助蒸気系統の玉形弁	—
		空調設備	冷凍機	凝縮器伝熱管の内面腐食(流れ加速型腐食)	空調用冷凍機	—
		電源設備	ディーゼル機関	空気冷却器伝熱管の内面の腐食(流れ加速型腐食)	ディーゼル機関	—
	なし	配管	炭素鋼配管	母管の腐食(流れ加速型腐食)	主蒸気系統配管, 主給水系統配 管, 及び蒸気発生器ブローダウン 系統配管	内部に流れがある条件でのみ発生・進 展する事象であることから, 冷温停止状 態においては進展しない。
		弁	仕切弁	弁箱等の腐食(流れ加速型腐食)	主蒸気系統及び主給水系統の仕 切弁	内部に流れがある条件でのみ発生・進 展する事象であることから, 冷温停止状 態においては進展しない。
		弁	玉形弁	弁箱等の腐食(流れ加速型腐食)	主蒸気系統及び蒸気発生器ブロ ーダウン系統の玉形弁	内部に流れがある条件でのみ発生・進 展する事象であることから, 冷温停止状 態においては進展しない。
		弁	スイング逆止弁	弁箱等の腐食(流れ加速型腐食)	主蒸気隔離弁	内部に流れがある条件でのみ発生・進 展する事象であることから, 冷温停止状 態においては進展しない。

表 3-1 及び添付-1 にて対象とする経年劣化事象の範囲

 表 3-1 (耐震安全性評価書 p. 8 表 3 及び補足説明資料本文 p. 8 表 3)
 添付-1 (応力腐食割れ及び流れ加速型腐食のみ)

表 1 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出までの手順

「技術評価」で想定される経年劣化事象		ステップ 1	ステップ 2	ステップ 3	備考
高経年化対策上 着目すべき 経年劣化事象	下記 △▲を除く経年劣化事象	○	i 高経年化対策上着目すべき 経年劣化事象であるが、現 在発生しておらず、今後も 発生の可能性がないもの、 又は小さいもの	×	×
			ii 現在発生しているか、又は 将来にわたって起こること が否定できないもの	○	◎ ■
高経年化対策上 着目すべき 経年劣化事象 ではない事象 ¹⁾	△	○	i 日常劣化管理事象である が、現在発生しておらず、 今後も発生の可能性がない もの、又は小さいもの	-	-
			ii 現在発生しているか、又は 将来にわたって起こること が否定できないもの	○	◎ ■
	▲	-	-	-	-

- △：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）
- ▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）
- ：評価対象として抽出
- ：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象であり、日常劣化管理事象以外であるもの、あるいは日常劣化管理事象であるが、現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、又は小さいものとして評価対象から除外
- ×
- ◎：振動応答特性上又は構造・強度上「軽微若しくは無視」できる事象として評価対象から除外
- ：耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象として抽出
- *1：冷温停止状態が維持されることを前提とした場合には発生・進展が想定されないが、耐震安全性評価のために評価する事象を含む

※耐震安全性評価書より抜粋

タイトル	バッフルフォーマボルトの照射誘起型応力腐食割れが抽出されない理由について
説明	<p>バッフルフォーマボルトの耐震安全性評価を不要とした理由を以下に記す。</p> <p>バッフルフォーマボルトの照射誘起型応力腐食割れについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として、経年劣化に対する評価が必要であるため、炉内構造物の技術評価書 (2.3.2 バッフルフォーマボルト等の照射誘起腐食割れ b. ①健全性評価)にて、原子力安全基盤機構「平成 20 年度 照射誘起型応力腐食割れ (IASCC) 評価技術に関する報告書」で得られた最新知見を用いて評価した。</p> <p>その結果、運転開始後 60 年時点でのボルトの損傷本数は 0 本となり安全に関わる機能を維持できることから、炉心の健全性に影響を与える可能性は小さいと考えられること、また、本事象は冷温停止状態では進展することはないことから、問題となる可能性はないと考えられる。</p> <p>従って、バッフルフォーマボルトの損傷を想定する必要はなく、本経年劣化による耐震安全性評価の条件が変わることがないことから、バッフルフォーマボルトは耐震安全性評価書 (3.7.3 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象)にて、「中性子照射量等をもとに、発生可能性を評価した結果、照射誘起型応力腐食割れの発生の可能性は小さい」として、「現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、又は小さいもの」と判断し、耐震安全性評価不要としている。</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>