

平成 30 年 10 月 5 日
北海道電力株式会社

泊発電所 1 号炉 高経年化技術評価書の記載の修正について

泊発電所 1 号炉の高経年化技術評価書は平成 30 年 6 月 18 日に提出済であるが、原子炉容器の中性子照射脆化に関する技術評価及び耐震安全性評価の記載に修正する必要があることが確認された。

1. 経緯

中性子照射脆化の補足説明資料を作成していたところ、高経年化技術評価に用いた定格負荷相当年数について、営業運転開始前の試運転期間を含めずに算出していることが確認された。このため、試運転期間を加えて定格負荷相当年数を再算出した結果、原子炉容器の中性子照射脆化に関する技術評価及び耐震安全性評価の記載に修正する必要があることが確認された。

2. 定格負荷相当年数の再算出による技術評価書への影響

定格負荷相当年数の再算出による修正は下表のとおりである。

定格負荷相当年数	修正前	修正後
現時点までの定格負荷相当年数	18.8 年	18.94 年
運転開始 60 年時点での定格負荷相当年数	45.8 年	45.94 年

定格負荷相当年数の再算出による高経年化技術評価書の修正箇所については、添付資料のとおりである。

定格負荷相当年数の修正に伴い算出される中性子照射量が僅かに増加するが、個々の評価で判定基準を十分に満足する結果に変わりはなく、高経年化技術評価の結果への影響はない。

なお、図中の用語（号機と号炉）については、高経年化技術評価書内での統一を図るためあわせて修正する。

3. 今後の対応

本件について QMS（原子力不適合是正管理マニュアル）に基づき処置する。

添付資料

高経年化技術評価書 修正箇所比較表（1/6～6/6）

以上

修正前	修正後	修正理由																																												
<p>b. 技術評価</p> <p>① 健全性評価</p> <p>中性子照射脆化に対し健全性評価上厳しい箇所は、炉心領域の下部胴である。胴内表面での中性子照射量は、現時点（2011年4月時点）で$2.70 \times 10^{19} \text{n/cm}^2 (E>1\text{MeV})$、運転開始後60年時点で$6.57 \times 10^{19} \text{n/cm}^2 (E>1\text{MeV})$程度と評価される。なお、炉心の有効高さを直接囲んでいる下部胴に対して、上部胴では相当運転期間における関連温度移行量が十分に小さく炉心領域に含まれないことから、炉心領域の下部胴を対象として以下の評価を実施する。</p> <p>泊1号炉の現在までの監視試験結果を表2.3-4に示す。</p> <p>表2.3-4 泊1号炉 原子炉容器胴部（炉心領域部）の中性子照射脆化に対する監視試験結果</p> <table border="1" data-bbox="409 865 1032 1218"> <thead> <tr> <th rowspan="2">回数</th> <th rowspan="2">中性子照射量 ($\times 10^{19} \text{n/cm}^2$) [E>1MeV]</th> <th colspan="2">Tr30 (°C) *3</th> </tr> <tr> <th>母材</th> <th>上部棚吸収 エネルギー (J)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>初期</td> <td>0</td> <td>-50</td> <td>294</td> </tr> <tr> <td>第1回</td> <td>0.4 [約4EFPY]*1</td> <td>-40</td> <td>252</td> </tr> <tr> <td>第2回</td> <td>5.4 [約56EFPY]*1</td> <td>-10</td> <td>247</td> </tr> <tr> <td>第3回</td> <td>7.2 [約74EFPY]*1*2</td> <td>-8</td> <td>240</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：内表面から板厚 t の1/4t深さでのEFPY。EFPYとは、定格負荷相当年数であり、定格出力で連続運転したと仮定して計算した年数を示す。</p> <p>*2：第3回監視試験実施時の定格負荷相当年数は約19EFPY。</p> <p>*3：シャルピー衝撃試験における吸収エネルギーが41Jとなる温度。関連温度はTr30の移行量と関連温度初期値から算出する。 【関連温度初期値】泊1号炉 母材：-30°C</p>	回数	中性子照射量 ($\times 10^{19} \text{n/cm}^2$) [E>1MeV]	Tr30 (°C) *3		母材	上部棚吸収 エネルギー (J)	初期	0	-50	294	第1回	0.4 [約4EFPY]*1	-40	252	第2回	5.4 [約56EFPY]*1	-10	247	第3回	7.2 [約74EFPY]*1*2	-8	240	<p>b. 技術評価</p> <p>① 健全性評価</p> <p>中性子照射脆化に対し健全性評価上厳しい箇所は、炉心領域の下部胴である。胴内表面での中性子照射量は、現時点（2011年4月時点）で$2.72 \times 10^{19} \text{n/cm}^2 (E>1\text{MeV})$、運転開始後60年時点で$6.59 \times 10^{19} \text{n/cm}^2 (E>1\text{MeV})$程度と評価される。なお、炉心の有効高さを直接囲んでいる下部胴に対して、上部胴では相当運転期間における関連温度移行量が十分に小さく炉心領域に含まれないことから、炉心領域の下部胴を対象として以下の評価を実施する。</p> <p>泊1号炉の現在までの監視試験結果を表2.3-4に示す。</p> <p>表2.3-4 泊1号炉 原子炉容器胴部（炉心領域部）の中性子照射脆化に対する監視試験結果</p> <table border="1" data-bbox="1638 865 2261 1218"> <thead> <tr> <th rowspan="2">回数</th> <th rowspan="2">中性子照射量 ($\times 10^{19} \text{n/cm}^2$) [E>1MeV]</th> <th colspan="2">Tr30 (°C) *3</th> </tr> <tr> <th>母材</th> <th>上部棚吸収 エネルギー (J)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>初期</td> <td>0</td> <td>-50</td> <td>294</td> </tr> <tr> <td>第1回</td> <td>0.4 [約4EFPY]*1</td> <td>-40</td> <td>252</td> </tr> <tr> <td>第2回</td> <td>5.4 [約56EFPY]*1</td> <td>-10</td> <td>247</td> </tr> <tr> <td>第3回</td> <td>7.2 [約74EFPY]*1*2</td> <td>-8</td> <td>240</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：内表面から板厚 t の1/4t深さでのEFPY。EFPYとは、定格負荷相当年数であり、定格出力で連続運転したと仮定して計算した年数を示す。</p> <p>*2：第3回監視試験実施時の定格負荷相当年数は約19EFPY。</p> <p>*3：シャルピー衝撃試験における吸収エネルギーが41Jとなる温度。関連温度はTr30の移行量と関連温度初期値から算出する。 【関連温度初期値】泊1号炉 母材：-30°C</p>	回数	中性子照射量 ($\times 10^{19} \text{n/cm}^2$) [E>1MeV]	Tr30 (°C) *3		母材	上部棚吸収 エネルギー (J)	初期	0	-50	294	第1回	0.4 [約4EFPY]*1	-40	252	第2回	5.4 [約56EFPY]*1	-10	247	第3回	7.2 [約74EFPY]*1*2	-8	240	<p>定格負荷相当年数の修正のため</p>
回数			中性子照射量 ($\times 10^{19} \text{n/cm}^2$) [E>1MeV]	Tr30 (°C) *3																																										
	母材	上部棚吸収 エネルギー (J)																																												
初期	0	-50	294																																											
第1回	0.4 [約4EFPY]*1	-40	252																																											
第2回	5.4 [約56EFPY]*1	-10	247																																											
第3回	7.2 [約74EFPY]*1*2	-8	240																																											
回数	中性子照射量 ($\times 10^{19} \text{n/cm}^2$) [E>1MeV]	Tr30 (°C) *3																																												
		母材	上部棚吸収 エネルギー (J)																																											
初期	0	-50	294																																											
第1回	0.4 [約4EFPY]*1	-40	252																																											
第2回	5.4 [約56EFPY]*1	-10	247																																											
第3回	7.2 [約74EFPY]*1*2	-8	240																																											

高経年化技術評価書 修正箇所比較表（原子炉容器中性照射脆化に関する技術評価）（2/6）

修正前	修正後	修正理由																																												
<p>「日本電気協会 原子炉構造材の監視試験方法（JEAC4201-2007[2013年追加補版]）」（以下、「JEAC4201」という。）の国内脆化予測法による、現時点（2011年4月時点）と運転開始後60年時点での関連温度予測値、及び国内USE予測式による上部棚吸収エネルギー予測値、並びに国内脆化予測法による予測と監視試験結果の関係を表2.3-5並びに図2.3-3に示す。評価においては、JEAC4201を用いて評価した。</p> <p>評価の結果、関連温度実測値は予測の範囲内であった。</p> <p>表2.3-5 泊1号炉 原子炉容器胴部（炉心領域部）の中性子照射脆化に対する関連温度及び上部棚吸収エネルギーの予測値</p> <table border="1" data-bbox="335 787 1113 1024"> <thead> <tr> <th rowspan="2">評価時期</th> <th rowspan="2">中性子照射量^{*1} ($\times 10^{19}\text{n/cm}^2$) [E>1MeV]</th> <th colspan="2">関連温度^{*2} ($^{\circ}\text{C}$)</th> <th colspan="2">上部棚吸収エネルギー^{*2} (J)</th> </tr> <tr> <th>母材</th> <th>母材</th> <th>母材</th> <th>母材</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>現時点 (2011年4月時点)</td> <td>1.81</td> <td>3</td> <td></td> <td>249</td> <td></td> </tr> <tr> <td>運転開始後60年時点</td> <td>4.42</td> <td>18</td> <td></td> <td>242</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：内表面から板厚 t の1/4t深さでの中性子照射量 *2：内表面から板厚 t の1/4t深さでの予測値</p>	評価時期	中性子照射量 ^{*1} ($\times 10^{19}\text{n/cm}^2$) [E>1MeV]	関連温度 ^{*2} ($^{\circ}\text{C}$)		上部棚吸収エネルギー ^{*2} (J)		母材	母材	母材	母材	現時点 (2011年4月時点)	1.81	3		249		運転開始後60年時点	4.42	18		242		<p>「日本電気協会 原子炉構造材の監視試験方法（JEAC4201-2007[2013年追加補版]）」（以下、「JEAC4201」という。）の国内脆化予測法による、現時点（2011年4月時点）と運転開始後60年時点での関連温度予測値、及び国内USE予測式による上部棚吸収エネルギー予測値、並びに国内脆化予測法による予測と監視試験結果の関係を表2.3-5並びに図2.3-3に示す。評価においては、JEAC4201を用いて評価した。</p> <p>評価の結果、関連温度実測値は予測の範囲内であった。</p> <p>表2.3-5 泊1号炉 原子炉容器胴部（炉心領域部）の中性子照射脆化に対する関連温度及び上部棚吸収エネルギーの予測値</p> <table border="1" data-bbox="1537 787 2315 1024"> <thead> <tr> <th rowspan="2">評価時期</th> <th rowspan="2">中性子照射量^{*1} ($\times 10^{19}\text{n/cm}^2$) [E>1MeV]</th> <th colspan="2">関連温度^{*2} ($^{\circ}\text{C}$)</th> <th colspan="2">上部棚吸収エネルギー^{*2} (J)</th> </tr> <tr> <th>母材</th> <th>母材</th> <th>母材</th> <th>母材</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>現時点 (2011年4月時点)</td> <td>1.83</td> <td>3</td> <td></td> <td>248</td> <td></td> </tr> <tr> <td>運転開始後60年時点</td> <td>4.43</td> <td>18</td> <td></td> <td>242</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：内表面から板厚 t の1/4t深さでの中性子照射量 *2：内表面から板厚 t の1/4t深さでの予測値</p>	評価時期	中性子照射量 ^{*1} ($\times 10^{19}\text{n/cm}^2$) [E>1MeV]	関連温度 ^{*2} ($^{\circ}\text{C}$)		上部棚吸収エネルギー ^{*2} (J)		母材	母材	母材	母材	現時点 (2011年4月時点)	1.83	3		248		運転開始後60年時点	4.43	18		242		<p>定格負荷相当年数の修正のため</p>
評価時期			中性子照射量 ^{*1} ($\times 10^{19}\text{n/cm}^2$) [E>1MeV]	関連温度 ^{*2} ($^{\circ}\text{C}$)		上部棚吸収エネルギー ^{*2} (J)																																								
	母材	母材		母材	母材																																									
現時点 (2011年4月時点)	1.81	3		249																																										
運転開始後60年時点	4.42	18		242																																										
評価時期	中性子照射量 ^{*1} ($\times 10^{19}\text{n/cm}^2$) [E>1MeV]	関連温度 ^{*2} ($^{\circ}\text{C}$)		上部棚吸収エネルギー ^{*2} (J)																																										
		母材	母材	母材	母材																																									
現時点 (2011年4月時点)	1.83	3		248																																										
運転開始後60年時点	4.43	18		242																																										

修正前	修正後	修正理由
<p>図2.3-3 泊1号炉 原子炉容器胴部（炉心領域部）の中性子照射脆化に対する関連温度の国内脆化予測法による予測と監視試験結果の関係</p> <p>M_c : 実測値で補正する場合に用いるマージン M_R : マージン</p>	<p>図2.3-3 泊1号炉 原子炉容器胴部（炉心領域部）の中性子照射脆化に対する関連温度の国内脆化予測法による予測と監視試験結果の関係</p> <p>M_c : 実測値で補正する場合に用いるマージン M_R : マージン</p>	<p>定格負荷相当年数の修正のため</p> <p>修正した定格負荷相当年数で再計算のうえ線図を引き直したもの</p>

修正前	修正後	修正理由
<p style="text-align: center;">- 27 -</p> <p style="text-align: center;">KI, K_{IC} [MPa√m]</p> <p style="text-align: center;">温度 [°C]</p> <p style="text-align: center;">図2.3-4 泊1号炉 原子炉容器胴部 (炉心領域部) 中性照射脆化に対するPTS評価結果</p>	<p style="text-align: center;">- 27 -</p> <p style="text-align: center;">KI, K_{IC} [MPa√m]</p> <p style="text-align: center;">温度 [°C]</p> <p style="text-align: center;">図2.3-4 泊1号炉 原子炉容器胴部 (炉心領域部) 中性照射脆化に対するPTS評価結果</p>	<p>定格負荷相当年数の修正のため</p> <p>修正した定格負荷相当年数で再計算のうえ線図 (K_{IC} 曲線) を引き直したもの</p> <p>用語の統一 1号機⇒1号炉</p>

高経年化技術評価書 修正箇所比較表（原子炉容器中性照射脆化に関する技術評価）（5/6）

修正前	修正後	修正理由																
<p>ii 上部棚吸収エネルギー低下に対する評価</p> <p>国内プラントを対象とした上部棚吸収エネルギーの予測式（国内USE予測式）を用いて現時点（2011年4月時点）及び運転開始後60年時点での上部棚吸収エネルギーの予測値を評価した結果、表2.3-6のとおりJEAC4206で要求している68J以上を満足しており、十分な上部棚吸収エネルギーがある。</p> <p>なお、冷温停止状態においては燃料からの中性子照射がないことから、上部棚吸収エネルギー低下が問題となる可能性はないと考える。</p> <p>表2.3-6 泊1号炉 上部棚吸収エネルギーの予測値 (単位：J)</p> <table border="1" data-bbox="320 726 1139 856"> <thead> <tr> <th>方向</th> <th>初期値</th> <th>現時点（2011年4月時点）^{*1}</th> <th>運転開始後60年時点^{*1}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T方向^{*2}</td> <td>294</td> <td>249</td> <td>242</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：板厚 t の1/4t深さでの予測値 *2：試験片の長手方向が主鍛造方向に垂直</p>	方向	初期値	現時点（2011年4月時点） ^{*1}	運転開始後60年時点 ^{*1}	T方向 ^{*2}	294	249	242	<p>ii 上部棚吸収エネルギー低下に対する評価</p> <p>国内プラントを対象とした上部棚吸収エネルギーの予測式（国内USE予測式）を用いて現時点（2011年4月時点）及び運転開始後60年時点での上部棚吸収エネルギーの予測値を評価した結果、表2.3-6のとおりJEAC4206で要求している68J以上を満足しており、十分な上部棚吸収エネルギーがある。</p> <p>なお、冷温停止状態においては燃料からの中性子照射がないことから、上部棚吸収エネルギー低下が問題となる可能性はないと考える。</p> <p>表2.3-6 泊1号炉 上部棚吸収エネルギーの予測値 (単位：J)</p> <table border="1" data-bbox="1528 726 2347 856"> <thead> <tr> <th>方向</th> <th>初期値</th> <th>現時点（2011年4月時点）^{*1}</th> <th>運転開始後60年時点^{*1}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T方向^{*2}</td> <td>294</td> <td>248</td> <td>242</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：板厚 t の1/4t深さでの予測値 *2：試験片の長手方向が主鍛造方向に垂直</p>	方向	初期値	現時点（2011年4月時点） ^{*1}	運転開始後60年時点 ^{*1}	T方向 ^{*2}	294	248	242	<p>定格負荷相当年数の修正のため</p>
方向	初期値	現時点（2011年4月時点） ^{*1}	運転開始後60年時点 ^{*1}															
T方向 ^{*2}	294	249	242															
方向	初期値	現時点（2011年4月時点） ^{*1}	運転開始後60年時点 ^{*1}															
T方向 ^{*2}	294	248	242															

修正前	修正後	修正理由
<p style="text-align: right;">3.4.41</p> <p style="text-align: center;">KI, KIC (MPa√m)</p> <p style="text-align: center;">温度 (°C)</p> <p style="text-align: center;">図3.4-1 泊1号炉 S_s地震動による破壊評価</p>	<p style="text-align: right;">3.4.41</p> <p style="text-align: center;">KI, KIC (MPa√m)</p> <p style="text-align: center;">温度 (°C)</p> <p style="text-align: center;">図3.4-1 泊1号炉 S_s地震動による破壊評価</p>	<p>定格負荷相当年数の修正のため</p> <p>修正した定格負荷相当年数で再計算のうえ線図(K_{Ic}曲線)を引き直したものを</p> <p>用語の統一 1号機⇒1号炉</p>