

島根原子力発電所 2号炉 審査資料	
資料番号	PLM-06 改02
提出年月日	平成30年10月24日

島根原子力発電所 2号炉 高経年化技術評価  
(中性子照射脆化)

補足説明資料

平成30年10月24日

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. 概要	1
2. 基本方針	2
3. 評価対象と評価手法	4
(1) 評価対象	4
(2) 評価手法	4
4. 原子炉圧力容器の技術評価	5
(1) 関連温度に基づく評価	5
(2) 上部棚吸収エネルギー評価	13
(3) 現状保全	14
(4) 総合評価	15
(5) 高経年化への対応	15
5. まとめ	15
(1) 審査ガイド適合性	15
(2) 保守管理に関する方針として策定する事項	15

別紙 1. BWR における加圧熱衝撃評価についての考え方

別紙 2. 関連温度の計算過程

別紙 3. 圧力-温度制限線図の算出根拠

別紙 4. 上部棚吸収エネルギーの計算過程

## &lt; 関連温度の計算過程 &gt;

## 1. 関連温度の算出

## 1.1 関連温度の算出過程

JEAC4201 B-2000 より  $RT_{NDT}$  調整値は次の通り算出する。

$$RT_{NDT} \text{ 調整値} = RT_{NDT} \text{ 初期値} + \Delta RT_{NDT} \text{ 予測値} \quad \dots \quad (1)$$

$$\Delta RT_{NDT} \text{ 予測値} = \Delta RT_{NDT} \text{ 計算値} + M_R \quad \dots \quad (2)$$

①  $RT_{NDT}$  初期値：照射前の試験により決定した  $RT_{NDT}$  (°C)

②  $\Delta RT_{NDT}$  計算値：以下のように設定する。

$\Delta RT_{NDT}$  計算値 (°C) は JEAC4201 附属書表 B-2100-2 より、中性子束, Cu 含有量, Ni 含有量および中性子照射量または EFPY を線形補間および対数補間にて算出する。なお, 中性子照射量は, 本文「4. (1) ① a (b)」に示す計算式にて算出する。

③  $M_R$  はマージン (°C) で 22°C である。

しかしながら, 監視試験による  $\Delta RT_{NDT}$  の実測値が (2) 式で求まる  $\Delta RT_{NDT}$  予測値を上回った場合は実測値を包含するように  $M_R$  を定め直す。

④ 当該材料に対して 2 個以上の監視試験による  $\Delta RT_{NDT}$  の実測値が有る場合, そのデータを用いて以下のように  $\Delta RT_{NDT}$  予測値を求め, それと (1) 式を用いて  $RT_{NDT}$  調整値を求める。

$$\Delta RT_{NDT} \text{ 予測値} = [\Delta RT_{NDT} \text{ 計算値} + M_C] + M_R \quad \dots \quad (3)$$

$M_C$  : 実測値で補正する場合に用いるマージン (°C) であり, 次式で求める。ただし,  $[\Delta RT_{NDT} \text{ 計算値} + M_C]$  が負となる場合は,  $[\Delta RT_{NDT} \text{ 計算値} + M_C]$  を 0 とする。

$$M_C = \frac{\sum_{i=1}^n \{(\Delta RT_{NDT} \text{ 実測値})_i - (\Delta RT_{NDT} \text{ 計算値})_i\}}{n} \quad \dots \quad (4)$$

n : 監視試験データ数

( $\Delta RT_{NDT}$  実測値)<sub>i</sub> : 第 i 回監視試験より得られた  $\Delta RT_{NDT}$  の実測値 (°C)

( $\Delta RT_{NDT}$  計算値)<sub>i</sub> : 第 i 回監視試験での照射条件に対して②で求めた  $\Delta RT_{NDT}$  計算値 (°C)

この場合, (3) 式のマージン  $M_R$  は 18°C とすることができる。

⑤ 本国内脆化予測法の適用範囲を表-別紙 2-1 に示す。

表-別紙 2-1 国内脆化予測法の適用範囲

項目	母材および溶接金属
材料の Cu 含有量 (mass%)	0.25 以下
材料の Ni 含有量 (mass%)	0.5~1.1
材料の P 含有量 (mass%)	0.025 以下
中性子照射量 (n/cm <sup>2</sup> )	$1.0 \times 10^{17} \sim 1.3 \times 10^{20}$
中性子束 (n/cm <sup>2</sup> /s)	$1.0 \times 10^7 \sim 1.0 \times 10^{12}$
公称照射温度 (°C)	270~290

(注記) Cu 含有量が 0.04 mass% 以下の場合, Cu 含有量は 0.04 mass% として関連温度移行量を予測する。

## 1.2 関連温度算出結果

1.1 項に従い (1), (2) 式より 2015 年 7 月末時点および運転開始後 60 年時点における関連温度を算出した結果を以下に示す。なお、関連温度算出位置は原子炉压力容器内表面から板厚 1/4 深さ位置とする。熱影響部については母材と同じ材料データ、マージンを用いて評価を行うため、母材評価と同値となる。

### 【算出式】

$$RT_{NDT} \text{ 調整値} = RT_{NDT} \text{ 初期値} + \Delta RT_{NDT} \text{ 計算値} + M_R$$

<2015 年 7 月末時点>

$$\text{母材 (熱影響部含む)} : -40 + 3.7 + 22^{*1} \cong -14 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$\text{溶接金属} : -53 + 3.9 + 22 \cong -27 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

<運転開始後 60 年時点>

$$\text{母材 (熱影響部含む)} : -40 + 4.4 + 22^{*1} \cong -13 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$\text{溶接金属} : -53 + 4.7 + 22 \cong -26 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

※1：加速照射試験データは実測値としないため、1.1 項④は適用対象外であり、1.1 項③に従い  $M_R = 22^\circ\text{C}$  を適用した。

## 1.3 監視試験片の関連温度初期値

関連温度初期値は、JEAC および JSME 設計・建設規格 PVB-2333.1 に基づき、照射前の試験片 2 個の落重試験を行い、2 個の試験片が非破断である場合の温度より  $5^\circ\text{C}$  低い温度を無延性遷移温度  $T_{NDT}$  とする。 $T_{NDT} + 33^\circ\text{C}$  以下の温度で衝撃試験を行い、以下の条件を満足するとき、 $T_{NDT} = RT_{NDT}$  初期値とする。

3 個の試験片の吸収エネルギーが 68J 以上および横膨出量が 0.9mm 以上である・・・(3)

ただし、溶接金属については、(3) を満足しなかったため、 $T_{NDT} + 33^\circ\text{C}$  を超える温度で衝撃試験を行い、すべての試験片が (3) を満足する温度より  $33^\circ\text{C}$  低い温度を  $RT_{NDT}$  初期値とした。表-別紙 2-2 に炉心領域各部材の  $T_{NDT}$  および  $RT_{NDT}$  初期値を示す。

表-別紙 2-2 炉心領域各部材の  $RT_{NDT}$  初期値

部材		$T_{NDT}$	$RT_{NDT}$ 初期値
原子炉压力容器 円筒胴 (炉心領域部)	母材 3-1	-45	-45
	母材 3-2	-40	-40
	母材 4-1 <sup>※2</sup>	-40	-40
	母材 4-2	-40	-40
	溶接金属 <sup>※2</sup>	-60	-53

※2：監視試験片データを示す。