

# 玄海原子力発電所 1号機原子炉容器の照射脆化に対する健全性について

## 1. 概要

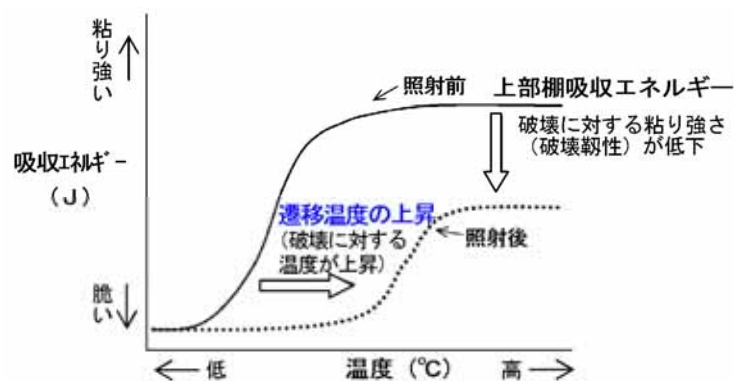
原子炉容器は、炉心から中性子を受けることにより照射脆化<sup>ぜいか</sup>が進むことが知られています。

このため、原子炉容器と同じ材料でできた監視試験片を、あらかじめ原子炉容器内に装着しておき、この試験片を計画的に取出し機械試験等を行うことによって、関連温度<sup>ぜいせいせんい</sup>（脆性遷移温度）の上昇量等を確認しています。

原子力発電所では、確認した関連温度に基づき、1次冷却材の温度と圧力を管理しながら運転しています。また、仮に、**万一の事故において冷却水が注入され原子炉容器表面が急冷されても、原子炉容器の健全性に問題がないことを確認**しています。

なお、関連温度は脆化の傾向を示すものであり、**原子炉容器が割れる温度ではありません。**

照射脆化：中性子は高いエネルギーを持っているため、原子炉容器を構成する鋼材に中性子が衝突すると、原子の配列に乱れが生じ、この結果、鋼材の破壊に対する粘り強さ（破壊靱性）が低下するなど特性が変わる現象をいう。



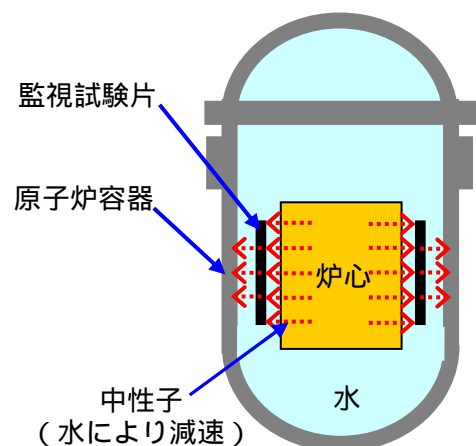
【中性子照射に伴う脆化】

## 2. 監視試験片

監視試験片は、原子炉容器より炉心に近い位置にあり、中性子を多く受けているため、**将来の影響を先行して確認**できます。取出した監視試験片は、**専門の調査機関で約1年かけて機械試験等を実施し、健全性の評価を実施**します。監視試験片を収納した容器の数は、法令等の要求より余裕を持って装着しています。

【玄海1号機の監視試験片を収納した容器の数】

法令要求数	4個
初期装着数	6個

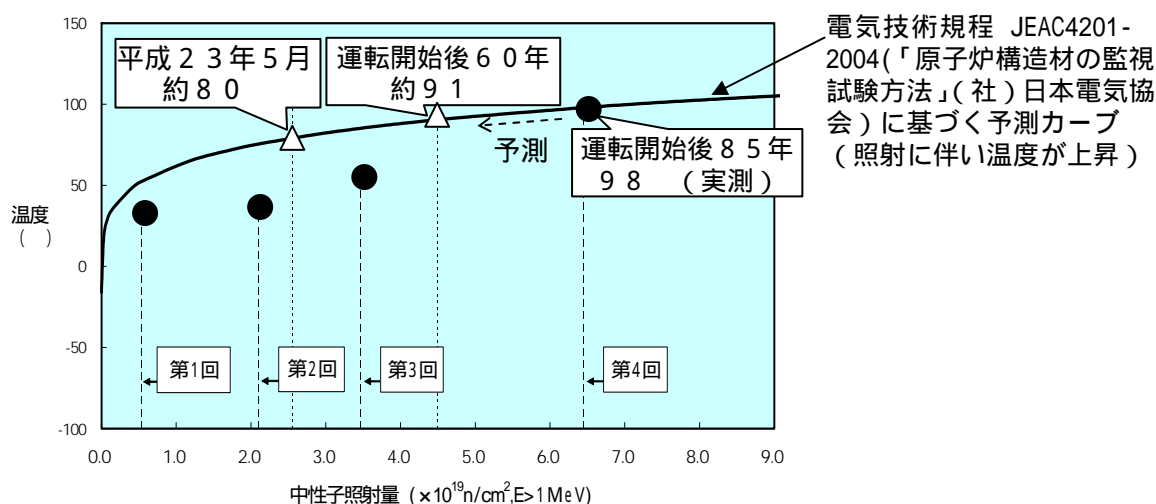


### 3. 監視試験片による健全性確認結果

#### (1) 玄海1号機の関連温度

取出回数	取出時期	中性子照射量 ( $\times 10^{19}$ n/cm <sup>2</sup> ) [E > 1MeV]	監視試験片の中性子照射量 から換算した原子炉容器の 相当運転年数 <sup>1</sup>	監視試験片(母材) の関連温度 <sup>2</sup> ( $^{\circ}$ ) [実測]
第1回	第1回定検 (昭和51年11月)	0.5	約5 EFPY(昭和57年頃)	35
第2回	第4回定検 (昭和55年4月)	2.1	約20 EFPY(平成15年頃)	37
第3回	第14回定検 (平成5年2月)	3.5	約33 EFPY(平成31年頃) <sup>3</sup>	56
第4回	第26回定検 (平成21年4月)	6.5	約66 EFPY(平成72年頃) <sup>3</sup>	98

- 1 定格負荷相当年数(EFPY)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。なお、定格負荷相当年数は容器内面から板厚1/4の位置において算出。
- 2 関連温度は脆化の傾向を示すもので、原子炉容器が割れる温度ではなく、この値自体が判定の対象となるものではない。(但し、新設炉に対しては、運転期間末期の予測値が93未満と規定している。)
- 3 平成23年度から稼働率0.8として算出(0.8EFPY=1年)



【玄海1号機 関連温度の予測カーブ】

#### (2) 玄海1号機の原子炉容器の健全性

加圧熱衝撃事象に対する原子炉容器の健全性

万一の事故において冷却水が注入され、原子炉容器が急冷される事象に対する健全性を関連温度等に基づき評価した結果、**基準値<sup>4</sup>を上回っており、60年運転を想定しても原子炉容器の健全性に問題はないことを確認**しています。

上部棚吸収エネルギー

上部棚吸収エネルギー(材料の粘り強さ)の測定結果は、**基準値<sup>4</sup>を満足していることから、60年運転を想定しても問題ないことを確認**しています。

- 4 電気技術規程 JEAC4206(「原子力発電所用機器に対する破壊靱性の確認試験方法」(社)日本電気協会)に記載。

次ページ以降に健全性評価について詳しくまとめています。

# 玄海1号機原子炉容器の健全性評価

## 【万一の事故】

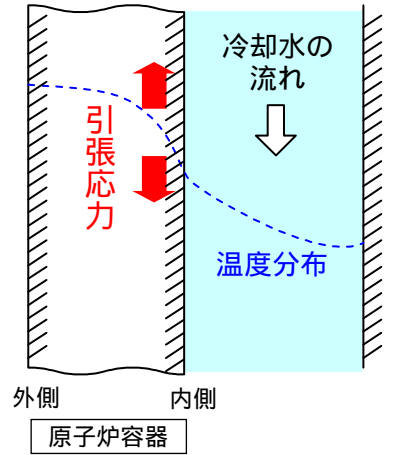
非常用炉心冷却装置が作動することにより、原子炉内に冷たい水が注入された場合、高温である原子炉容器外側と、水と接する内側の温度差により、引張応力が発生します。

## 【評価】

玄海1号機において発生する応力は下図の（青線）のようになります。

玄海1号機原子炉容器の健全性に対して、粘り強さの基準値（赤線）が電気技術規程（JEAC4206）により設定されています。（基準値を上回る許容範囲内であれば問題ないということになります）

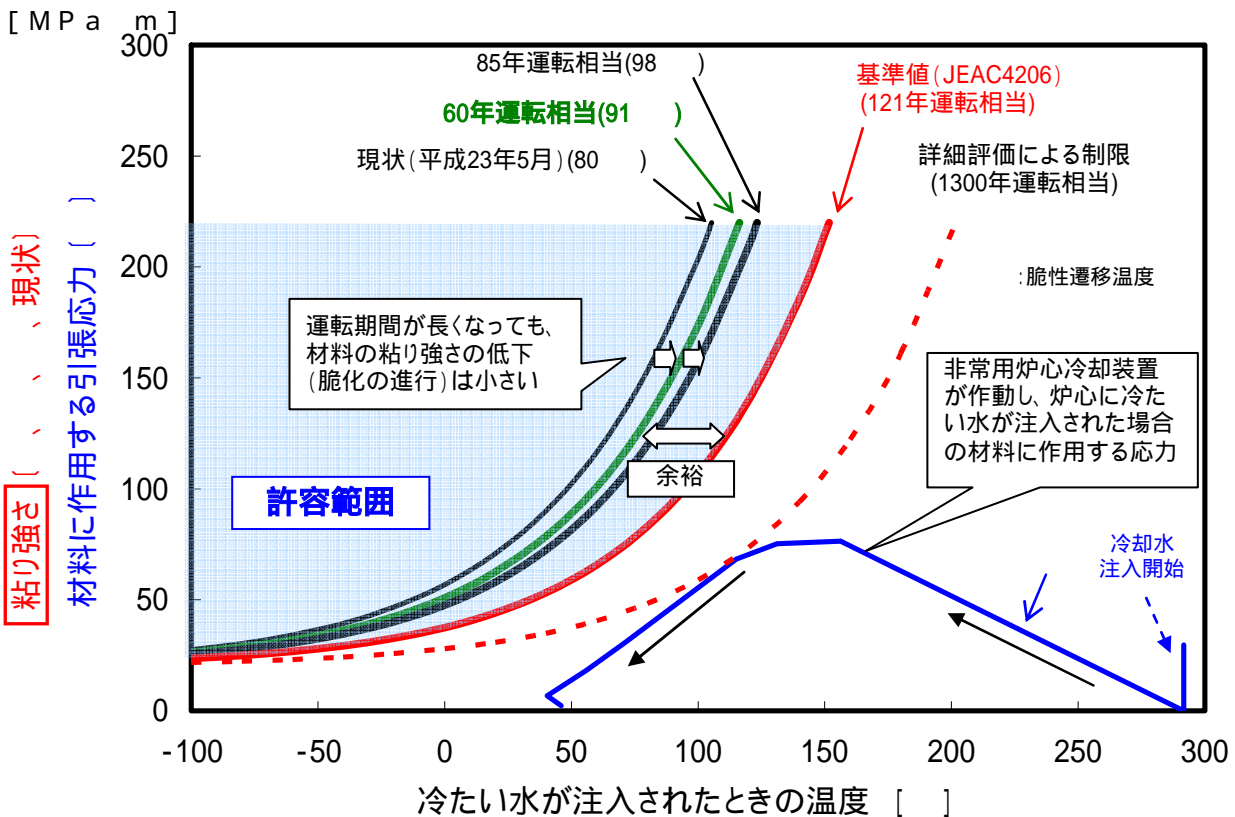
第4回取り出し試験結果（98）から導いた予測カーブ（左下図）により、60年運転相当の粘り強さは（緑線）、85年運転相当の粘り強さは（黒線）となります。



## 【評価結果】

98 に相当する85年の運転期間でも、粘り強さは、基準値に対して十分な余裕を有しています。

このことから、玄海1号機においては、運転開始後60年を経過しても、事故時に冷たい水が注入された場合の原子炉容器の健全性は、十分に確保されます。



玄海 1 号機 原子炉容器の第 4 回監視試験片の機械試験結果

玄海 1 号機第 4 回シャルピー衝撃試験結果を表 1 ~ 3 に示す。

表 1 第 4 回シャルピー衝撃試験結果 (母材)

試験温度 [ ]	吸収エネルギー [J]
140	87
140	80
140	75
120	63
120	62
100	47
100	44
100	43
80	30
80	17
60	24
60	23

表2 第4回シャルピー衝撃試験結果（溶接金属）

試験温度 [ ]	吸収エネルギー [J]
160	127
160	125
160	125
130	119
100	82
75	77
75	68
50	65
50	60
50	45
25	20
25	13

表3 第4回シャルピー衝撃試験結果（熱影響部）

試験温度 [ ]	吸収エネルギー [J]
150	170
150	168
110	156
110	123
80	126
19	67
0	33
0	29

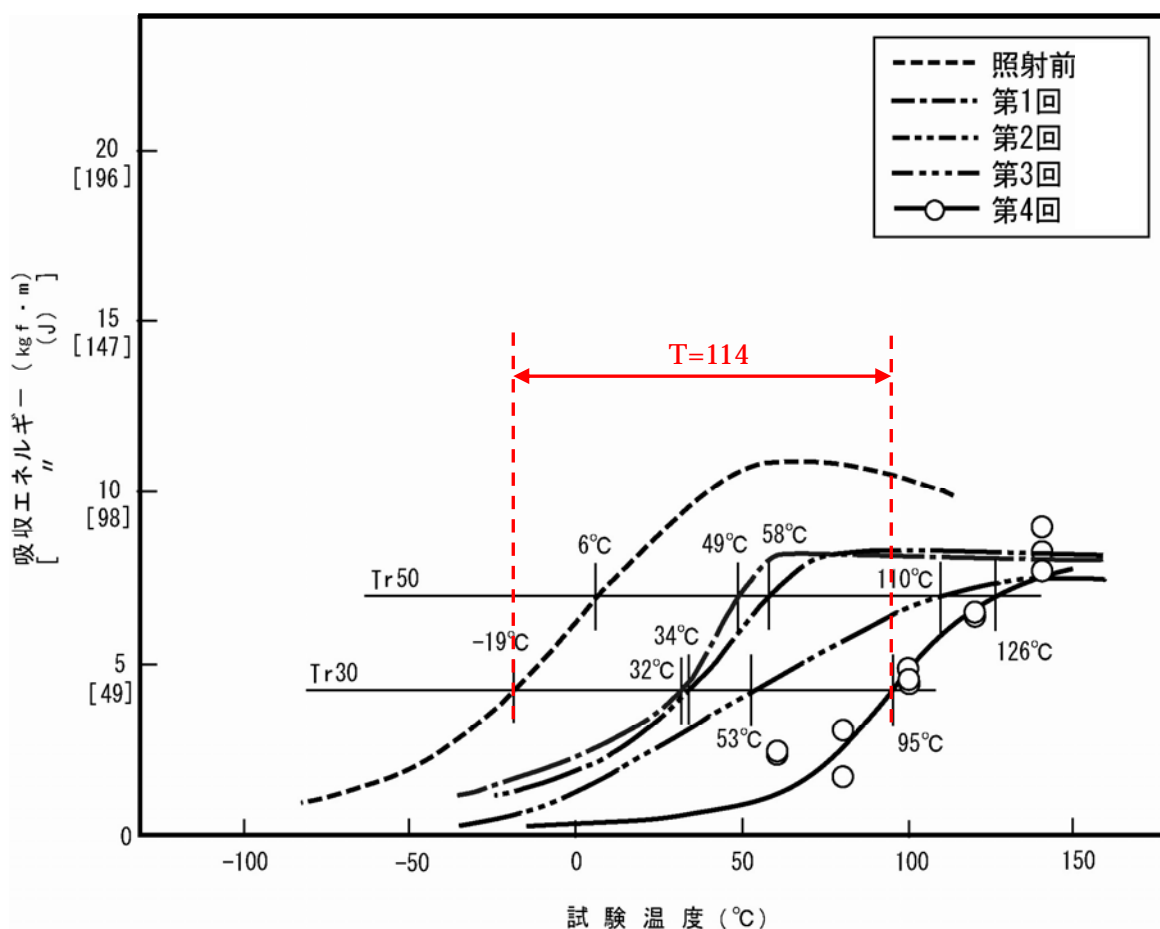


図 玄海1号機照射前～第4回シャルピー衝撃特性(母材)

Tr30 : 衝撃試験において41Jの吸収エネルギーを示す遷移温度のことをいう。

Tr50 : 衝撃試験において68Jの吸収エネルギーを示す遷移温度のことをいう。

#### 第4回試験片の関連温度(脆性遷移温度)

第4回試験片の関連温度<sup>1</sup>

$$= \text{関連温度初期値}(-16)^2 + \text{温度移行量 } T(114)^3 = \underline{98}$$

1 : 関連温度は、関連温度初期値に温度移行量 T を加算することで算出する。

2 : 関連温度初期値は、落重試験及びシャルピー-衝撃試験を両方実施して算出する。

3 : 温度移行量 T = 照射前試験と第4回試験のシャルピー-衝撃試験による吸収エネルギー - 41J に対応する温度の差 =  $95 - (-19) = 114$

・照射前試験結果シャルピー-衝撃試験による吸収エネルギー - 41J に対応する温度 = -19

・第4回試験結果シャルピー-衝撃試験による吸収エネルギー - 41J に対応する温度 = 95

注 : 照射前から第3回監視試験片の機械試験結果については、九州エネルギー館及び玄海エネルギーパークで公開しています。