

# 東海第二発電所 原子炉圧力容器鋼材監視試験結果（第4回） の報告

Report of the reactor pressure vessel steel material surveillance test results  
(the 4th) at Tokai No. 2 Power Station

|         |       |                   |        |
|---------|-------|-------------------|--------|
| 日本原子力発電 | 中間 昌平 | Shohei NAKAMA     | Member |
| 日本原子力発電 | 竹内 公人 | Kimihito TAKEUCHI | Member |
| 日本原子力発電 | 林田 貴一 | Kiichi HAYASIDA   | Member |

## Abstract

At Tokai No. 2 Power Plant, the fourth monitoring test is conducted to confirm the tendency of reactor pressure vessel steels to become brittle due to neutron irradiation. From the results of the Charpy impact test, the amount of transition of the upper shelf absorbed energy and the related temperature was evaluated, and it was confirmed that there was no significant tendency to embrittlement. We report the results of the 4th monitoring test and discuss the results.

**Keywords:** Reactor pressure vessel, Surveillance test, Charpy impact test

## 1. はじめに

原子炉圧力に使用されている炭素鋼、低合金鋼等のフェライト系材料は、中性子照射による材質変化として、照射による不純物元素（銅等）の拡散に伴う析出物や結晶格子中の原子のはじき出しによる格子欠陥などにより、変位の際の転移を妨げることで強度、硬さが増加し、延性、靱性が低下することが知られている。

そのため、重要機器である原子炉圧力容器内には監視試験片を装荷し、計画的に取出し監視試験を行って脆化程度を把握するとともに、原子炉圧力容器の耐圧機能が脆化を考慮しても確保されることが求められている。

東海第二発電所においては、2017年に第4回目となる監視試験片の取出しを行い、関連温度の移行量及び上部棚吸収エネルギーを評価している。本報告では、第4回監視試験結果を報告するとともに、運転開始後60年時点の関連温度の移行量並びに上部棚吸収エネルギーの推移について報告する。

## 2. 評価

### 2.1 評価手法

適用する規程及び評価手法を以下に示す。

- ・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）[1]（以下、「JEAC4206」という。）
- ・日本電気協会 原子炉構造材の監視試験方法（JEAC4201-2007）[2]（以下、「JEAC4201」という。）

中性子照射脆化の劣化状況評価は大別して、JEAC4206 FB-4000並びに附属書A及び附属書Fで規定される応力拡大係数と運転状態における材料の温度より求められる関連温度を用いて評価する方法、及びJEAC4201 SA-3440で規定される高温時における靱性を示す上部棚吸収エネルギーの減少率を予測し、プラント運転開始後60年時点における上部棚吸収エネルギーを評価する方法に区別される。

### 2.2 シャルピー衝撃試験結果

図1に、母材部の試験片に対するシャルピー衝撃試験結果（第4回）を、過去の試験結果（初期条件試験、第1回、第2回、第3回）と共に示す。

各試験の脆性遷移曲線は一定の範囲に収まっており、

有意な脆化傾向は見られない。また、上部棚吸収エネルギーについても、有意な低下傾向は見られない。

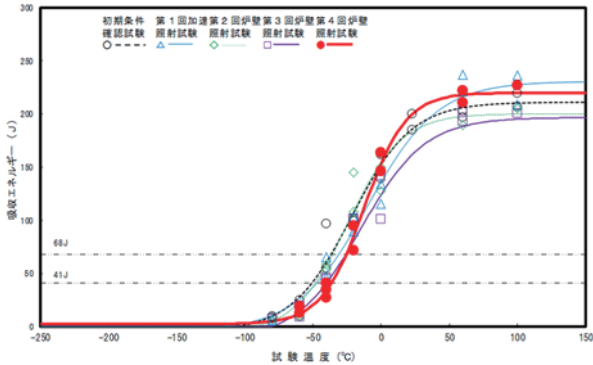


図1 シャルピー衝撃試験結果（母材）

### 2.3 関連温度移行量及び上部棚吸収エネルギー

JEAC4201 等の規程に従い、これまで計4回の監視試験を実施している。

監視試験片カプセルは、建設時に「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和45年9月3日通商産業省告示501号）」に基づき、3カプセル（この他、加速照射試験片1カプセル）を炉内に装荷しており、試験片数についても規定数を装荷している。

JEAC4201 並びに JEAC4206 に基づき求めた、各時期（照射前～第4回監視試験時点、2016年11月時点及び運転開始後60年時点）における監視試験片の関連温度の移行量及び上部棚吸収エネルギーをそれぞれ表1及び表2に示す。

表1 関連温度移行量

| 評価時期       | 部位   | 関連温度初期値(°C)       | 関連温度移行量 <sup>*1</sup> (°C) | 関連温度(°C) | T-RT <sub>NDT</sub> <sup>*2</sup> (°C) | 胴の最低使用温度(°C) |
|------------|------|-------------------|----------------------------|----------|--|--------------|
| 2016年11月時点 | 母材   | -25 <sup>*3</sup> | 30                         | 5        | 26                                     | 31           |
|            | 溶接金属 | -25 <sup>*3</sup> | 27                         | 2        |  |              |
|            | 熱影響部 | -25 <sup>*3</sup> | 30                         | 5        |  |              |
| 運転開始後60年時点 | 母材   | -25 <sup>*3</sup> | 36                         | 11       |  | 37           |
|            | 溶接金属 | -25 <sup>*3</sup> | 31                         | 6        |  |              |
|            | 熱影響部 | -25 <sup>*3</sup> | 36                         | 11       |  |              |

\*1：原子炉圧力容器内表面から板厚tの1/4深さ位置での予測値

\*2： $K_{IC}=36.48+22.78 \exp[0.036(T-RT_{NDT})]$  より、 $T-RT_{NDT}=1/0.036 \times \ln((K_{IC}-36.48)/22.78)$

\*3：建設時にRT<sub>NDT</sub>を計測していないため、JEAC4206 E-5000に基づき推定した母材、溶接金属及び熱影響部の関連温度初期値（RT<sub>NDT</sub>推定値）の中で最高値を適用

表2 上部棚吸収エネルギー

|      | 初期値(J) | 2016年11月時点(J) | 運転開始後60年時点(J) | 許容値(J) |
|------|--------|---------------|---------------|--------|
| 母材   | 202    | 111           | 111           | 68     |
| 溶接金属 | 188    | 152           | 151           |        |
| 熱影響部 | 205    | 113*          | 112*          |        |

### 3. まとめ

シャルピー衝撃試験の結果から、関連温度の移行量を評価した結果、有意な脆化傾向は見られず、運転開始後60年時点の胴の最低使用温度も37°Cと評価され、運転に支障のない範囲であることが確認できた。

上部棚吸収エネルギーについては、運転開始後60年時点においてもJEAC4206で要求されている68 Jを上回っており、十分な上部棚吸収エネルギーがあることを確認した。

### 参考文献

- [1] 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）
- [2] 日本電気協会 原子炉構造材の監視試験方法（JEAC4201-2007）