

国内の原子炉圧力容器の加圧熱衝撃事象に対する健全性評価手法における
許容基準に相当する破損リスクの評価

Failure risk evaluation of acceptance criteria for Japanese RPV integrity evaluation
method against pressurized thermal shock events

*村上 毅¹, 廣田 貴俊¹, 中島 健一²

¹三菱重工業株式会社, ²電力中央研究所

国内の原子炉圧力容器(RPV)の中性子照射脆化を踏まえた加圧熱衝撃(PTS)事象に対する健全性評価手法は、決定論的破壊力学に基づいているが、その許容基準に相当する破損リスクを評価するため、確率論的破壊力学(PFM)解析を行ない、米国の基準と比較した。

キーワード：原子炉圧力容器，加圧熱衝撃事象，健全性評価，確率論的破壊力学，破損リスク

1. 緒言

JEAC4206^[1]に規定された RPV の PTS 事象に対する健全性評価手法は決定論的破壊力学に基づくものであり、亀裂の想定や過渡、破壊靱性等の個々の入力パラメータに一定の保守性を見込んで評価している。一方、米国ではこれらパラメータに確率的な分布を与えて PFM 解析を行ない、PTS 事象による RPV の破損リスク(亀裂貫通頻度(TWCF)を指標として評価される)が 1×10^{-6} [炉・年]を下回るようにスクリーニング基準を設定している。国内でも確率論的リスク評価の活用が進められていることから、JEAC4206 の PTS 評価手法の裕度の定量化のため、PFM 解析により JEAC4206 の許容基準に相当する TWCF を求め、米国の基準と比較した。

2. 米国 PFM 解析コードによる破損リスク評価

米国 PFM 解析コード FAVOR v.16.1^[2]に、JEAC4201^[3]に規定された国内脆化予測法を実装し、化学成分、中性子照射量、関連温度、亀裂分布、破壊靱性等に確率分布を与えて、TWCF を算出した。

RPV 鋼材の化学成分及び関連温度は国内 PWR 代表プラントを参考に設定し(表 1)、過渡条件、発生頻度及び亀裂分布は米国プラントの条件を用いた。その上で JEAC4206(2007 年版及び 2016 年版)の評価で許容基準に達する時点(図 1)における TWCF を算出した。

その結果、JEAC4206 の許容基準に相当する TWCF は、最大でも 10^{-8} [炉・年]に達しておらず、2007 年版、2016 年版共に米国の基準 1×10^{-6} [炉・年]よりも十分低いことがわかった(表 2)。

3. 結論

TWCF の比較により JEAC4206 の許容基準は米国よりも保守的に設定されていることが確認できた。今後は国内でも PFM 評価を活用し、RPV の破損リスクを踏まえて合理的に健全性を判断することが望まれる。

参考文献

[1] 日本電気協会 原子炉圧力容器に対する供用期間中の破壊靱性の確認方法 JEAC4206 (2016 年版)
[2] Williams, P. T., et al., Fracture Analysis of Vessels – Oak Ridge FAVOR, v16.1, Computer Code: Theory and Implementation of Algorithms, Methods, and Correlations, Oak Ridge National Laboratory, ORNL/LTR-2016/309, September, 2016.
[3] 日本電気協会 原子炉構造材の監視試験方法 JEAC4201-2007[2013 年追補版]

*Takeshi Murakami¹, Takatoshi Hirota¹ and Kenichi Nakashima²
¹Mitsubishi Heavy Industries, LTD., ²Central Research Institute of Electric Power Industry.

表 1 化学成分及び関連温度

項目	母材	溶接金属
Cu (wt.%)	0.16	0.14
Ni (wt.%)	0.61	0.80
初期 RT _{NDT} (°C)	- 4	- 53

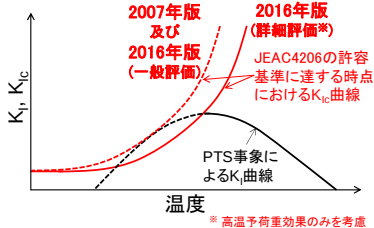


図 1 評価時点の設定イメージ

表 2 PFM 解析結果

JEAC4206 の許容基準	TWCF [炉・年]
2007 年版	1.4×10^{-9}
2016 年版 (一般評価)	1.2×10^{-10}
2016 年版 (詳細評価)	6.4×10^{-9}