

圧力容器鋼の照射脆化予測高度化のためのモデリング

Multiscale Modeling of Irradiation Embrittlement of RPV steels

*中筋 俊樹¹, 阮 小勇¹, 森下 和功¹

¹京都大学

軽水炉圧力容器鋼の照射脆化を予測することは、事故時における圧力容器の健全性を担保する上で重要である。ここでは、既存脆化データを活かすためにベイズ統計を用いた脆化予測法の精度向上について議論した。

キーワード：照射脆化，原子炉圧力容器，マルチスケールモデリング，銅リッチ析出物，照射相関

1. はじめに

軽水炉圧力容器鋼は、中性子の照射を受けて脆化する。脆化した圧力容器鋼は、事故時における緊急冷却時に生じる加圧熱衝撃(PTS)に耐えられず破損してしまう可能性がある。そのため、圧力容器の保全活動を行い、事故の未然防止を図ることは重要である。圧力容器の保全活動の1つとして、圧力容器鋼照射脆化の予測が挙げられる。この照射脆化予測の精度向上は、事故の未然防止のために重要である。精度向上のために、材料照射試験炉や商業軽水炉において既に得られている脆化データを用いて脆化予測法を改善することが挙げられる。ここでは、データサイエンス、特にベイズ統計を用いた脆化予測法改善を検討した。

2. ベイズ統計を用いた脆化予測法改善

照射脆化予測の現行規制である JEAC4201-2007(2013 年追補版)の脆化予測モデルをもとに、ベイズ統計を取り入れた簡易的な予測モデルを構築した。

$$\Delta DBTT_{\text{最終予測値}} = \Delta DBTT_{\text{JEAC4201-2007(2013)による予測値}} + a$$

ここで、 a はパラメータである。実測値として玄海 1 号の照射脆化データ（運転時間の異なる 4 回の測定分）を使用し、 a をベイズ統計により得る。測定データが 1 つ得られるごとにパラメータ a の分布を更新する。4 回目の実測データにより更新したパラメータ a を用いて、脆化予測を行った結果を図 1 に示す。このときの実

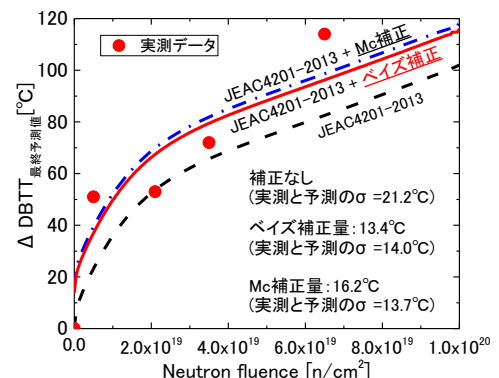


図 1 ベイズによる脆化予測法の改善

測データと予測値の標準偏差は 14.0°Cとなり、ベイズによる補正がない場合の 21.2°Cから大きく低減することができた。図 1 には、JEAC4201-2007(2013 年追補版)に記載されている Mc 補正を行った結果を同時に示した。Mc 補正は、プラントごとの DBTT 初期値のばらつきについて DBTT 予測値をシフトすることにより補正するものである。したがって、本研究の予測モデルと同様であるが、パラメータ a の取得方法は異なる。4 回目の実測データが得られた後の Mc 補正による予測と実測の標準偏差は 13.7°Cとなった。このことから、ベイズによる補正においても十分に予測値の補正が行えることが分かった。

3. おわりに

本稿では、既存データを活用した脆化予測法改善による予測精度向上について紹介した。予測精度向上には、マルチスケールモデリングにより照射脆化の物理現象を詳細に取り入れることも重要である。これについては、脆化の要因となる銅リッチ析出物等の核生成プロセスのモデリングに関して発表時に紹介する。

*Toshiki Nakasuji¹, Xiaoyong Ruan¹ and Kazunori Morishita¹

¹Kyoto University