



原子力発電

原子力機器の構造健全性の確率論的評価手法を整備

● 原子力機器の健全性評価の定量化により、原子炉の長期運転に貢献

確率論的破壊力学 (PFM)

→ p.14参照

背景

原子力機器の構造健全性評価で用いられる決定論的破壊力学は、評価結果が安全側になるように入力パラメータを与えて機器の健全性を評価していますが、多数の入力パラメータが関係する場合は過度に安全側の評価となる可能性があります。これに対し、**確率論的破壊力学 (PFM)**は、不確かさを考慮した確率変数で入力パラメータを置き換えることにより、構造健全性を機器の破損確率として定量的に評価することができます。PFMは多数の要素の確率変数を取り扱うため、評価手順が決定論的破壊力学よりも複雑となる傾向があり、適切に解析を行うためには専門知識が求められます。また、PFMの活用を進める上では、専門知識が無くても誰でも同様の評価を実施可能なPFM解析コードが求められています。

成果の概要

◇ 原子炉圧力容器のPFM解析コードFERMATを開発

技術指針**JEAG4640**に準拠した原子炉圧力容器 (RPV) の破損頻度評価のためのPFM解析コードFERMATを当所で開発しました。FERMATは、JEAG4640を軸とすることで入力パラメータや評価式などの選択を最小限とし、グラフィカルユーザーインターフェース (GUI) 上の操作で簡単に評価が可能です。また、実績のある既存のPFM解析コードとFERMATとの比較において、同等の評価結果が得られることを確認しました (図1)。

◇ 配管のPFM解析コードPEDESTRIANへの最新知見を実装

先行する米国の最新PFM解析コードに採用されている評価手法を検証し、当所が開発した配管のPFM解析コードPEDESTRIANに実装しました。これにより、配管の溶接残留応力分布の不確実性、表面亀裂から貫通亀裂への進展、貫通亀裂の進展、配管破断の評価が可能となりました。また、先行する米国のコードとの比較において、実装が正しく行われていることを確認しました (図2)。

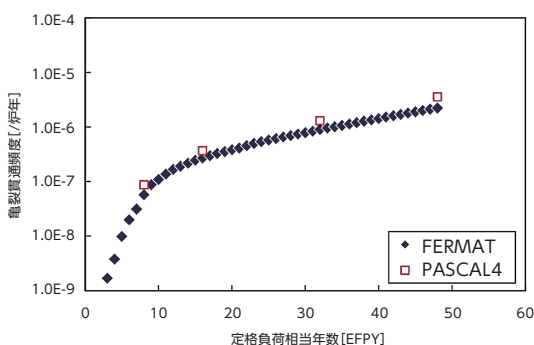


図1 RPV用のPFM解析コードの亀裂貫通頻度の評価例

亀裂貫通頻度の年数経過に対する推移について、実績のある国内のPFM解析コードであるPASCAL4とFERMATがよく一致していることが確認できます。

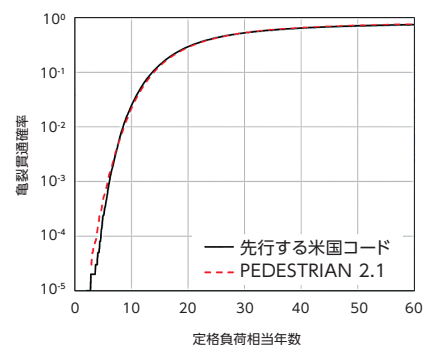


図2 配管用のPFM解析コードの亀裂貫通確率の評価例

先行する米国コードとPEDESTRIANの亀裂貫通確率の年数経過に対する推移がよく一致していることが確認できます。

供用期間中検査

原子力施設の安全性を重視するため、通常の運転休止期間中に非破壊検査を実施し、機器に要求される安全上の機能の確認を行うこと。

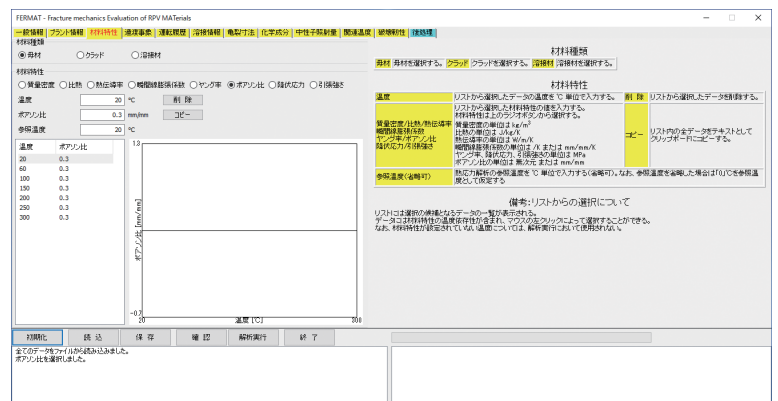


宮代 聡(みやしろ さとし)／永井 政貴(ながい まさき)
エネルギートランスフォーメーション研究本部 材料科学研究部門

原子力機器の健全性を精緻に評価する技術の開発により、原子力発電所の安全かつ合理的な運転に貢献します。

主要な研究成果

原子力発電



FERMATのGUIの一例

FERMATでは、入力条件の設定と整合性確認、解析の実行、解析結果の出力までの全プロセスをGUI上で完結することができます。

成果の活用先・事例

原子力機器の健全性評価の定量化を通じて、原子炉の長期運転の実現、RPVおよび配管の供用期間中検査における検査箇所や検査間隔の見直しによる検査員の被ばく量の低減、運用コストの削減が期待されます。

参考 宮代ほか、電力中央研究所 研究報告 EX22005 (2023)
永井ほか、電力中央研究所 研究報告 EX22006 (2023)