

主論文要旨

論文題名 高速炉機器・構造の長時間健全性評価に関する
破壊力学のおよび材料学的研究

ふりがな わかい たかし
氏名 若井 隆純

主論文要旨

本論文は、ナトリウム冷却型高速炉 (Sodium-cooled Fast Reactor. 以下, SFR という.) 機器・構造の構造健全性評価法の開発と, SFR 機器・構造に適した革新的な構造材料の開発について述べる. 前者は, SFR の運用の合理化と安全・安心の向上に, 一方, 後者は, SFR の設計自由度の拡大と安全性・経済性の向上に, それぞれ寄与することを目的としている.

まず, SFR 機器・構造の構造健全性評価法の開発では, SFR 機器・構造が高温で使用されることを踏まえ, 塑性変形とクリープ変形を考慮した簡易クリープ疲労き裂進展評価法を開発した. 弾塑性応力-ひずみ条件下での疲労き裂進展は, SFR の構造設計においても使用される弾性追従パラメータを用いて評価することとした. 非弾性破壊力学パラメータの算出には, 参照応力法に基づく塑性補正係数も適用した. 一方, クリープき裂進展評価においては, 保持時間中における応力緩和挙動を考慮に入れた. 応力緩和挙動の考慮においても, 塑性変形の考慮の場合と同様, 弾性追従の概念を適用した. 開発したクリープ疲労き裂進展評価法の妥当性を, いくつかの構造物試験データと比較することによって検証した.

次に, コンパクトな SFR プラント設計を実現するため, SFR 構造材料に適した高クロム (Cr) フェライト系耐熱鋼の開発に取り組んだ. SFR が高温で運転され, かつ, 60 年という長設計寿命が志向されていることを踏まえ, 「高温長時間組織安定性」を, SFR 構造材料に最も重要な特性であると考え, 材料仕様の検討を進めた. その結果, タングステン (W) が, 微視組織境界に Laves 相として析出することによって, 材料の脆化が引き起こされることを明らかにした. SFR 配管では, 破断前漏えい (Leak Before Break. LBB) の成立性が強く求められていることから, SFR 構造材料にとって破壊靱性は非常に重要な特性である. したがって, 高温長時間使用した後の破壊靱性を適切に維持する観点から, W の一部または全部を, モリブデン (Mo) で代替させた仕様を, SFR 構造材料に適した高 Cr フェライト系耐熱鋼の化学成分仕様として提案した. さらに, 当該材料の材料強度基準とクリープ疲労損傷評価法を提案した. クリープ疲労損傷評価法の妥当性を, いくつかの試験データを用いて検証した.