

原子炉構造レジリエンスを向上させる破損の拡大抑制技術の開発 (15) 次世代原子炉の超高温時におけるレジリエンス向上策

Development of Failure Mitigation Technologies for Improving Resilience of Nuclear Structures

(15) Conceptual Study for Improving Resilience of Next-Generation Nuclear Power Plants

under Extremely High Temperature Conditions

*二神 敏¹, 安藤 勝訓¹, 山野 秀将¹, 笠原 直人²

¹JAEA, ²東大

次世代ナトリウム冷却高速炉における崩壊熱除去系全系統が機能喪失する除熱系喪失事象を対象として、構造解析を実施することにより、原子炉容器とガードベッセルの超高温時の変形挙動を把握し、次世代原子炉のレジリエンス向上策を検討した。

キーワード：レジリエンス, 高温構造, 変形挙動, LOHRS, 原子炉容器, ガードベッセル

1. 緒言

ナトリウム冷却高速炉を対象に、設計想定を超える超高温や過大地震によって破損が生じた場合に、その拡大を抑制する技術を開発し、原子炉構造のレジリエンス向上に資する研究を実施している。本件では、次世代原子炉における炉停止は成功するものの崩壊熱除去系全系統が機能喪失する除熱系喪失事象（LOHRS）を対象として、超高温時の変形挙動に着目した原子炉容器（RV）とガードベッセル（GV）の構造解析を行い、次世代原子炉のレジリエンス向上策を検討した。

2. 検討結果

汎用有限要素解析コード FINAS/STAR を用いた構造解析により、LOHRS において温度上昇に伴い圧力が上昇し、安全弁が開となる 0.8 MPa[gage]で圧力が維持された場合、下向きの熱膨張による変形とともに圧力による RV 上部胴の径方向への変形が顕著で破損の可能性があることを確認した。RV 上部胴で比較的大きい非弾性ひずみが確認された(図 1)ことから、少なくとも 900 °C(20 時間)時点までに降温あるいは減圧の対応が必要であることがわかった。また、初期に減圧に成功した場合の構造解析により、温度上昇に伴って下向きの熱膨張による変形が生じるが、RV 上部胴の応力は低く推移し、GV による支持がなくとも健全性が確保されることを確認した。さらに、圧力による RV 上部胴の径方向への変形について、GV と格納容器(CV)間の距離を近接させたモデルを用いた構造解析により、大きな変形が抑制され、破損に至る時間的裕度が向上することを確認した。

これらの評価結果を踏まえ、次世代原子炉のレジリエンス向上策を検討し、上吊りの RV、GV を有する次世代原子炉を対象としたレジリエンス向上策の方向性として、減圧方策、減圧失敗時の RV 変形抑制方策、CV 冷却方策を考案した。

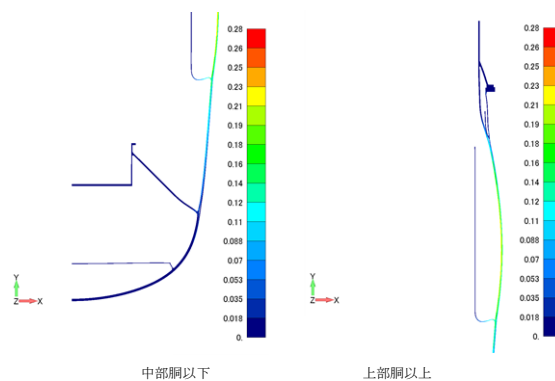


図1 変形・相当非弾性ひずみ分布

3. 結論

次世代原子炉を対象として、超高温時の変形挙動に着目した RV と GV（と CV）の構造解析を実施し、レジリエンス向上策の方向性として、減圧方策、減圧失敗時の RV 変形抑制方策、CV 冷却方策を考案した。

本研究は文部科学省原子力システム研究開発事業 JPMXD0220353828 の助成を受けたものです。

*Satoshi Futagami¹, Masanori Ando¹, Hidemasa Yamano¹ and Naoto Kasahara²

¹JAEA, ²U. Tokyo