

革新的小型ナトリウム冷却高速炉の開発
(18) RVACS 単独除熱時の原子炉容器及び格納容器の健全性評価

Development of an innovative small sodium-cooled fast reactor

(18) Evaluation for reactor and containment vessel integrity during RVACS independent heat removal

*遠藤 慶太¹、阿部 崇¹、藤又 和博¹、林 正明¹、中原 宏尊¹

¹ 日立 GE

RVACS (Reactor Vessel Auxiliary Cooling System) は自然循環空冷の受動的崩壊熱除去系である。RVACS 単独除熱運転時の容器の発生熱応力を評価した結果、原子炉容器のクリープ損傷が過大とならないこと、格納容器側の最大応力が許容値以下であることを確認し、容器健全性を維持し除熱できることを確認した。
キーワード：ナトリウム冷却高速炉 (SFR)、RVACS、自然循環、数値流体力学 (CFD)、STAR-CCM+

1. 緒言

日立 GE が国内導入を計画している革新的小型 SFR の崩壊熱除去系は、前報[1]の通り RVACS と IRACS (Intermediate Reactor Auxiliary Cooling System) で構成され、2 次系除熱機能が全て喪失する設計拡張状態では RVACS 単独での崩壊熱除去を想定している。そのため、本運転での原子炉冷却材の熱流動挙動及び構造物材温度を評価し、原子炉容器 (RV) 及び格納容器 (CV) の健全性を確認する必要がある。そこで、本研究では RVACS 単独運転時の容器の発生熱応力を評価し、容器健全性及び RVACS による除熱成立性を評価した。

2. 解析方法

構造解析には汎用有限要素プログラム Ansys Mechanical を使用した。モデル化範囲は RV 及び CV のフランジ固定点から下部までとし、3 次元ソリッド要素を用いて 1/4 対称のモデルを作成した。拘束及び境界条件は上端を鉛直方向拘束、周方向の対称面を対象条件 (周方向拘束) とした。また、RV 及び CV の温度条件は、前報[1]等で得られた RVACS 熱流動過渡解析結果から①定格運転状態、②原子炉冷却材温度が最大となる条件、③各容器の周方向または板厚方向の温度差が最大となる条件を選定した。

3. 解析結果

結果の一例として、条件②における RV 熱応力評価結果を図 1 に示す。解析の結果、RV の最大応力 (一次+二次) は約 315MPa となり判定値 (169MPa) を超えた。そこで、JSME 規格[2]に準じて簡易弾塑性評価を実施したところ、クリープ損傷値は約 0.309 となり許容値 (0.6) 以下であることを確認した。一方、格納容器の最大応力は約 85MPa となり、許容値 (432MPa) 以下であった。また、変位量は RV : 約 163mm、CV : 約 96.7mm となり両者が約 66mm 分接近するが、RV 底部-CV 底部間の間隙 (178mm) 以内となり両者が接触しないことを確認した。ゆえに、温度分布が厳しくなる RVACS 単独運転時でも容器健全性を維持し崩壊熱除去できることを確認した。

参考文献：[1] 遠藤ら、原子力学会 2023 年秋の大会 1H12、[2] JSME、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (2022 年版) 第 II 編 高速炉規格」JSME S NC2-2022

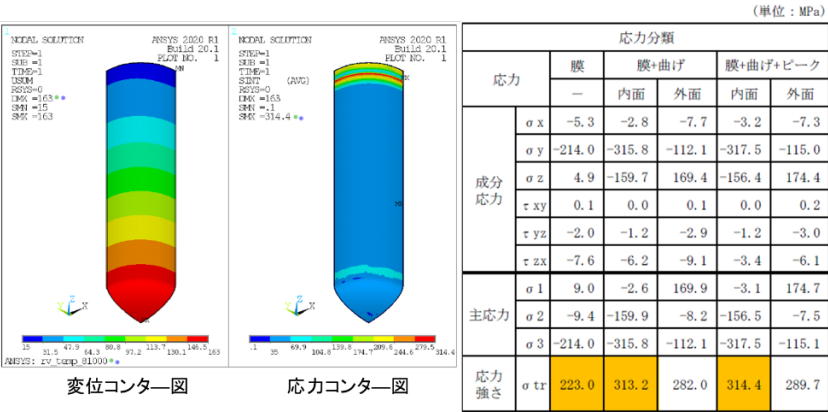


図 1 条件②における RV 熱応力評価結果

*Keita Endo¹, Takashi Abe¹, Kazuhiro Fujimata¹, Masaaki Hayashi¹, Hiroataka Nakahara¹ Hitachi-GE¹