3 次元 CFD 解析によるナトリウム冷却炉のガス巻込み対策構造の効果確認

3D CFD calculation for confirming an effect of structure to suppress gas entrainment from liquid surface of Sodium-cooled Fast Reactor

*中村 博紀¹, 内田 昌人², 早川 教¹, 的場 一洋¹, 渡辺 収¹, 小野田 雄一³, 田中 正暁³ ¹MFBR, ²原電, ³JAEA

タンク型炉のホットプール自由液面からのガス巻込みを抑制するため、容器壁から内側に張り出したリン グ状のプレートを設置した場合の CFD 解析を行い、その有効性を評価した。

キーワード:SFR,タンク型炉,ガス巻込み,CFD,FBR

1. **緒言** ナトリウム冷却高速炉において、自由液面からカバーガスを巻込み炉心にガスが流入した場合、 出力変動を生じさせる可能性があるためガス巻込みを防止する必要がある。フランスとの国際協力の中で 検討しているタンク型炉はループ型炉と比較して容器径が大きいため、ループ型炉のように液面全体を覆 うようなディッププレート(DP)を設置し、ガス巻込みを防止することは困難である。そこで、ガス巻込 みの対策構造として、容器壁に図1に示すリング状のバッフルプレート^[1](BP)を設置することで、ガス 巻込みを抑制することを検討している。本報告では BP の抑制効果について示す。

2. 解析手法、条件 まず 600 MWe 級のタンク型炉のホットプ ールを対象とした 3 次元 CFD 解析を行い、次に JAEA が開発し たガス巻込み判定手法(StreamViewer^[2]:SV)を用いて評価した。 SV は CFD 解析で得られた自由液面直下の流速分布から渦を同 定し、その循環 Γと渦芯の下降流速勾配 α からガスコア(液面 のくぼみ)の長さを乱流と表面張力効果を加味したバーガース 渦モデルで計算する。本検討ではガスコア長さが中間熱交換器

(IHX)入口窓深さを上回った場合にガス巻込みが発生するとした。解析条件は、プレナム内径:約15m、高さ:約5.7m、ナトリウム流量:約7,900 kg/s、温度:550℃一様とした。また、炉心出口部に流入流速境界:約4m/s、IHX内部に管束部の圧力損失、その出口に圧力一定境界を与え、自由液面は固定のスリップ壁とした。乱流モデルはRNG k- ϵ モデル、空間、時間差分スキームは2次精度を適用し、境界条件を一定としたURANS(Δ t=0.025s)により流れ場の時間変動を解いた。

3. 解析結果 第1ステップは、ガスコア長さと相関がある液面 での最大流速に着目し、BPの幅及び設置深さをパラメータとし た解析を行った。表1に解析ケース及び結果を示す。この中か ら最も液面流速が遅くなったBP幅0.8 m、設置深さ2.2 mの形 状を第2ステップ、即ち、SVの評価対象に選定した。第2ステ ップでは、この非定常解析結果をSVに与え、自由液面部にみら れる全ての渦に対し、ガスコア長さの時間変化を評価した。経 過時間と発生したガスコア長さの関係を図2に示す。ガスコア 長さは最大で4 m程度となり、対策構造無しの体系でのガスコ



図1 バッフルプレートの形状

表1CFD解析より得られた液面での最大流速(m/s)



図2 経過時間と発生したガスコア長さの関係

ア長さ 20 m 程度と比較すると大幅に低減した。しかし、4 m のガスコアは液面から IHX 入口窓上端までの 距離 2.5 m より長いため、ガスコアが IHX 窓部に到達しガス巻込みを発生させる可能性がる。なお、SV は DP が設置された液面流速が比較的遅いループ型炉を対象に開発が進められたため、ガスコア長さを保守的 に評価する傾向がある。タンク型炉への適用に当たっては予測の精緻化が必要と思われる。

4. まとめ 対策構造を設置することでガスコア長さは大幅に抑制可能だが、ガス巻込み発生の可能性は残った。今後は有効な対策構造がないか検討するとともに、SVの評価機能の精緻化を行う。

本報告は、経済産業省からの受託事業である「平成 30 年度高速炉の国際協力等に関する技術開発」の一環として実施した成果を含む。

参考文献

[1] 村松寿晴 他, PNC TN9410 91-318, 1991[2] K. Ito, et al., Journal of power and energy system Vol. 6, No. 2, 2012
*Hironori Nakamura¹, Masato Uchita², Osamu Watanabe¹, Ichiyo Matoba¹, Satoshi Hayakawa¹, Masaaki Tanaka³ and Yuichi Onoda³
¹MFBR, ²JAPC, ³JAEA