ナトリウム冷却高速炉ホットレグ配管入口部における液中渦キャビテーションに関する研究
（第 9 報）渦モデルに基づく液中渦キャビテーション評価手法開発の概要

Study on Cavitation Due to Sub-Surface Vortex at Intake of Hot-Leg Pipe in Sodium Cooled Fast Reactor
(9th report1) Development of Cavitation Evaluation Method with Vortex Modeling

*伊藤　啓[1]，江連　俊樹[1]，田中　正暁[1]
[1]原子力機構

液中渦キャビテーション発生評価手法構築に関連し，Burgers モデルに基づく渦中心減圧量評価式の適用性検討を実施している．本研究では，評価手法の妥当性確認と渦モデルの改良について報告する．

キーワード：液中渦，キャビテーション，Burgers モデル，ナトリウム冷却高速炉

1. 緒言

ナトリウム冷却高速炉の冷却系統内において，配管入口部にキャビテーションを伴う液中渦が形成される可能性がある．液中渦キャビテーションによって配管の振動や騒音が発生することが懸念されるため，キャビテーションを伴うような強い渦の発生を予測し，設計において適切な対策を講じることが重要である．ただし，渦流れは極めて局所的な現象であるため，その発生と強度を設計図面等から予測することは困難である．このため，著者らは，数値解析に基づき液中渦キャビテーション発生を評価する手法の開発と検証を実施している[1]．本研究では，液中渦キャビテーション評価手法開発の概要と最近の開発項目について紹介する．

2. 液中渦キャビテーション評価手法の概要

著者らが実施している液中渦キャビテーション評価においては，まず，比較的粗い解析格子を用いた数値解析を実施し，次に，得られた流れ場に対して渦モデルを適用することで渦の抽出と評価パラメータ（循環・軸方向流速勾配等）の計算を行う．その後，評価パラメータに基づいて渦中心における減圧量を計算し，キャビテーション発生の評価を行う．渦モデルとしては Burgers モデルを採用し，乱れによる渦強度（減圧量）の抑制効果を考慮したモデルを導入している．また，液中渦キャビテーションの発泡点は壁面上であることを勘案し，壁面近傍の減圧量に基づいてキャビテーション発生評価を行っている．

3. 渦モデルの改良

Burgers モデルは層流渦を対象としたモデルであり，実際に発生する渦流れを完全に模擬することはできない．特に，強い渦流れに対して適用すると，減圧量を過大評価する傾向がある．このため，著者らは Burgers モデルの改良を進めており，オリジナルのモデル中で考慮されていない表面張力の効果や乱れによる効果のモデル化を行うことで，実際の渦流れに対する模擬性を向上させることに成功している[2]．特に，乱流渦粘性係数を導入することで乱れによる効果をモデル化し，強い液中渦に対しても適正な減圧量評価が行えることを確認している．ここで，乱流渦粘性係数ν_tは以下の式で表す．

$$\nu_t = \kappa_2 \left| \Gamma_\infty \right| \qquad (1)$$

ただし，Γは渦の循環である．また，κ_2は定数であり，基礎的な液中渦試験や実機体系を模擬した縮尺試験を対象とした評価結果に基づき，5.0×10^{-5}~1.0×10^{-4}程度の値を推奨している[3]．

参考文献

[1] Karman, T.V., Journal of Applied Mathematics and Mechanics, 1921.
[2] Ito. K. et al., Journal of Power and Energy System, 2012.
[3] 江連他，原子力学会 2016 年春の年会

*Kei Ito[1], Toshiki Ezure[1], Masaaki Tanaka[1]
[1]Japan Atomic Energy Agency