

原子炉システム解析コードの開発 (3) ボイド率測定試験に基づく妥当性確認

Development of a System Analysis Code for NPP (3) Code Validation Based on Void Fraction Measurement Tests

*金子 順一¹, 塚本 直史¹

¹原子力規制庁長官官房技術基盤グループ

本稿では、原子炉システム解析コード AMAGI の開発において、その妥当性確認の一環として実施した種々のボイド率測定試験の解析について報告する。

キーワード：原子炉システム解析コード、AMAGI、熱流動解析、ボイド率測定試験、妥当性確認

1. 緒言

事故時の原子炉の事象進展を現実的に予測できる原子炉システム解析コード AMAGI (Advanced Multi-fluid Analysis code for Generation of thermal-hydraulic Information) を新規のプログラムとして開発している^[1]。AMAGI は運転時の異常な過渡変化から重大事故に至るおそれがある事故までを適用対象とし、熱流動、核特性や原子炉における制御システム等を模擬できる解析機能を有する。現在、プログラムの改良、見直し等により AMAGI の計算速度やロバスト性の向上を検討するとともに、AMAGI の信頼性を確保するための妥当性確認を並行して進めている。本稿では、その妥当性確認の一環として実施した種々のボイド率測定試験の解析結果について報告する。

2. ボイド率測定試験に基づく妥当性確認

種々のボイド率測定試験の解析により AMAGI のボイド率評価に関連するモデルの妥当性確認を行った。その例として、Christensen のボイド率測定試験^[2] (図1) 及び Zeitoun らのボイド率測定試験^[3] (図2) の各1試験ケースについて、AMAGI の解析結果及び TRACE の参考解析結果を示す。両試験では加熱管内の鉛直気液二相流の軸方向ボイド率分布をガンマ密度計により測定している。TRACE ではサブクール沸騰時の壁面熱伝達等を Lahey のモデル^[4]で評価しているが、その式中のポンピング因子は省略されている^[5]。ポンピング因子は、加熱壁面で発生して離脱した気泡が温度境界層外へ輸送され、その代わりにサブクール水が境界層内に流入する効果を示す^[4]。離脱気泡はバルク水内で凝縮するため、ポンピング因子を考慮した場合にボイド率の上昇は抑制される。AMAGI では、基本的に TRACE と同じ構成式を採用する一方、モデルにおけるポンピング因子考慮による影響を評価した。高圧条件の試験である図1では、ポンピング因子の考慮によりサブクール沸騰領域でのボイド率予測性能は向上した。大気圧条件の試験である図2では、ポンピング因子を考慮しない場合、AMAGI はボイド率を著しく過大評価するが、ポンピング因子の考慮により解析結果は実験結果により一致した。しかし、大気圧条件では高圧条件に比べて試験結果との差は未だ大きいため、気泡離脱機構に基づいたサブクール沸騰モデルの導入等により、ボイド率の予測性能の向上を更に検討することが重要である。

3. 結論

AMAGI の妥当性確認の一環として、種々のボイド率測定試験の解析を実施し、ボイド率評価に関連するモデルの妥当性を確認した。今後は、ボイド率の予測性能の向上を目指して、サブクール沸騰モデルの高度化を進める予定である。また、他の現象にかかわる試験等を対象に解析を実施し、AMAGI の妥当性確認を進める予定である。

参考文献

[1] 金子ら, 原子炉システム解析コード AMAGI の解析機能と開発状況, 日本原子力学会和文論文誌, Vol.19, No.3, 163-177 (2020).

[2] H. Christensen, Power-to-Void Transfer Functions, ANL-6385 (1961). [3] O.M Zeitoun, McMaster University, Ph.D Thesis (1994).

[4] R.T. Lahey et al., The Thermal-hydraulics of a Boiling Water Nuclear Reactor, ANS. [5] U.S. NRC, TRACE V5.0 THEORY MANUAL.

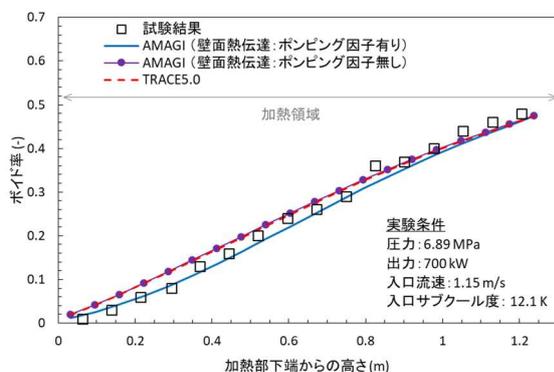


図1 Christensen の高圧ボイド率測定試験の解析結果

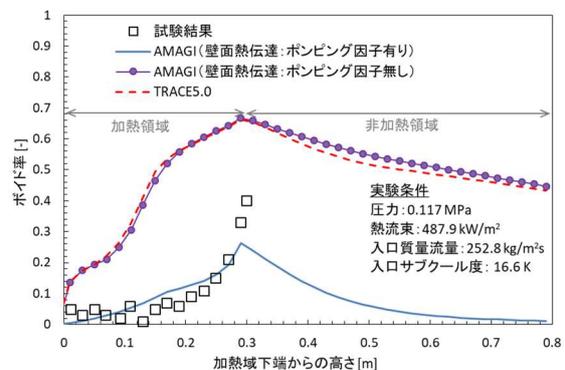


図2 Zeitoun らの大気圧ボイド率測定試験の解析結果

* Kaneko Junichi¹, Tsukamoto Naofumi¹

¹Regulatory Standard and Research Department, Secretariat of Nuclear Regulation Authority (S/NRA/R)