稠密バンドル内の流動特性に関する大規模直接解析

A Large-Scale Direct Simulation on Fluid Flow Characteristics
in a Tight-Lattice Rod Bundle

正 高瀬和之 (原研) ○ 正 小瀬裕男 (大和システムエンジニア)
正 吉田啓之 (原研) 正 叶野琢磨 (原研) 正 秋本 肇 (原研)

Kazuyuki Takase, Japan Atomic Energy Research Institute, 2-4 Shirakata, Tokai-mura, Ibaraki, 319-1195
Yasuo Ose, Yamato System Engineer, 1-17-1 Wakaba-cho, Hitachi-shi, Ibaraki, 317-0063
Hiroyuki Yoshida, Japan Atomic Energy Research Institute, 2-4 Shirakata, Tokai-mura, Ibaraki, 319-1195
Takuma Kano, Japan Atomic Energy Research Institute, 6-9-3 Ueno, Taito-ku, Tokyo, 110-0015
Hajime Akimoto, Japan Atomic Energy Research Institute, 2-4 Shirakata, Tokai-mura, Ibaraki, 319-1195

Key Words: Direct Simulation, Tight-Lattice, Rod Bundle, Two-Phase Flow, Large-Scale Analysis

1. はじめに

原研では、軽水炉の高度利用を目指した低減速軽水炉⁽¹⁾の開発を行っている。低減速軽水炉は、減速材の割合を減らして中性子の減速を抑制することで1.0以上の高い転換比が期待できる水冷却炉である。炉心には、直径13 mm程の燃料棒が1 mm程度の燃料棒間ギャップ幅で三角ピッチ状に稠密に配置される。燃料集合体の解析には従来からサブチャンネル解析コード^{(2),(3)}が利用されるが、実験結果に基づく構成式を必要とするため、本研究対象である1 mm程度の狭隘流路に関する実験データがない場合には高精度の予測は困難である。そこで、本研究では二相流直接解析コードを使って、燃料集合体内の流動特性を数値的に評価した。本報は、その評価結果について報告する。

2. 数値解析

数値解析には吉田⁽⁴⁾によって開発された二相流解析コードを使用した。本コードは界面勾配機能を有し、気液界面形状を時間及び空間方向に高精度で輸送できる特徴を持つ。

Fig.1に稠密燃料集合体の解析体系を示す。燃料集合体は、長さ1260 mm、厚さ1 mm、一辺の長さが約52 mmの六角形断面を有するステンレス製ケーシングと直径13 mmの燃料棒37本から構成される。各燃料棒間のギャップは1.3 mmである。冷却材である水は燃料集合体内を下から上に流れる。燃料集合体内には流れ方向4箇所にスペーサが設置される。

解析は、熱の影響がない非加熱等温流条件に対して、燃料集合体入口の流速やボイド率を変えて実施した。気相及び液相の物性値は圧力7.2 MPa、飽和温度288℃における蒸気及び水の値を使用した。これらの入力値は低減速軽水炉の炉心条件を模擬している。

3. 解析結果

解析結果の例として、気液界面の分布をFig.2に示す。本図はボイド率0.5の等値面を可視表示したものである。解析条件は、流路入口で水2.4 m/s、蒸気6.5 m/s、水と蒸気の質量流量の初期割合は約7対3で、これは加熱した場合の燃料集合体軸方向中間位置近傍 (Fig.1の位置A) の条件に相当する。気液界面は、流れ方向に対して燃料棒を取り囲むようにほぼ直線的に移行することが予測された。

4. まとめ

大規模直接シミュレーションによって、稠密燃料集合体内の流動特性を定量的に予測できる高い見通しが得られた。

Fig. 1 Analytical geometry of a tight-lattice rod bundle

Fig. 2 An interface distribution around fuel rods

引用文献

- (1) Iwamura, T., et al, Proc. of The 13th Pacific Basin Nuclear Conference (PBNC 2002), 1631-1637, China (2002).
- (2) Kelly, J.E., Kao, S.P. and Kazimi, M.S., MIT-EL-81-014 (1981).
- (3) Thurgood, M.J., NUREG/CR-3046, PNL-4385, 1, R4 (1983).
- (4) Yoshida, H., et al, GENES4/ANP2003, Kyoto, Japan (2003).