

高速炉 EBR-II の自然循環試験 IAEA 国際ベンチマーク解析

(3) 燃料集合体内サブチャンネル解析

IAEA benchmark analyses for EBR-II Shutdown Heat Removal Tests

(3) Sub-channel analysis of instrumented fuel subassembly

*村中 侯盟¹, 望月 弘保²

¹ 福井大学大学院, ² 福井大学附属国際原子力工学研究所

第1報では SHRT-17 試験について、第2報では SHRT-45R 試験について原子炉全体の挙動を報告した。本報では計測機器が設置された燃料集合体を対象にサブチャンネル解析を行い、燃料ピンの局所的な出力分布やワイヤースペーサーによる効果を考慮した温度分布を求める。

Keywords : IAEA benchmark, wire spacer, local power distribution, sub-channel analysis

1. 緒言

IAEA ベンチマークの対象となったのは、EBR-II で行われた二つの自然循環試験 SHRT-17 及び SHRT-45R である。SHRT-17 は LOF (Loss-of-Flow) 試験であり、ポンプトリップによって原子炉がスクラムし、自然循環によって炉心を冷却する。SHRT-45R は ULOF (Unprotected Loss-of-Flow) 試験であり、ポンプトリップ後原子炉がスクラムせず、温度上昇による負のフィードバック及び自然循環で炉心を冷却する。これらの試験を1次元のシステムコード NETFLOW++によって解析し、その結果を境界条件として COBRA-IV-I コードに与え、XX09 と呼ばれる標識された計測燃料集合体のサブチャンネル解析を行う。

2. 解析概要

2-1. 解析モデル : 本研究では XX09 の燃料ピンが入っている領域をモデル化した。Fig. 1 に示すように冷却材であるナトリウムの領域を 126 個のサブチャンネルに分割した。また、ワイヤーを模擬した熱電対のピッチ、巻く方向、スタートする位置をコードに与えることでワイヤーの出入りによるサブチャンネルの面積の変化を計算する。燃料ピンについては、内部をモデル化せずに被覆管の表面に熱流束を与えて解析を行った。XX09 は特殊な構造を持っており、通常の集合体と比べて集合体間熱移行に関する熱抵抗が高いと判断し、ラッパー管を断熱壁と仮定した。

2-2. 解析結果 : Fig. 2 に SHRT-17 の定常解析の結果を示す。Fig. 2 に示した TTC は、燃料の底からの高さ 0.322 m の有効発熱長上端付近に設置された熱電対で燃料集合体の対角を横切るように配置されている。炉心から遠い側から順に TTC-27、TTC-28、…、TTC-35 となっている。解析から XX09 内の温度分布は中心に関して対称ではなく、炉心中心側に傾いていることがわかる。ワイヤーのみを考慮した結果でもわずかに傾いているが、燃料ピンの出力分布による効果も考慮に入れると、より計測値に近い結果が得られた。

3. 考察・結論

炉心の中心から XX09 を通る線上の集合体の出力を Fig. 3 に示す。炉心の1列目 (Ring 0) から6列目 (Ring 5) は燃料に分類され、7列目 (Ring 6) は反射体に分類される。近似曲線を基に中性子束が同一傾向と仮定して XX09 内部の出力分布を求めることで Fig. 2 に示したように均一の出力とした場合よりも計測結果に近い結果が得られた。結果には示していないが、SHRT-45R の解析においても同様な傾向が確認された。

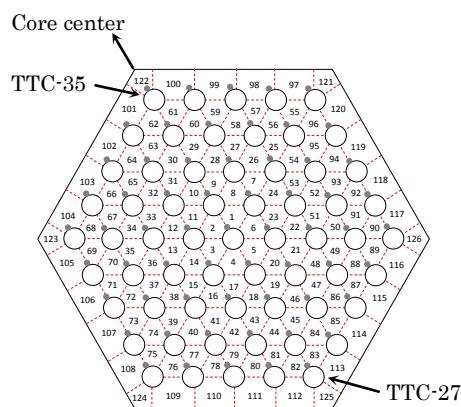


Fig. 1 Sub-channel of calculation model

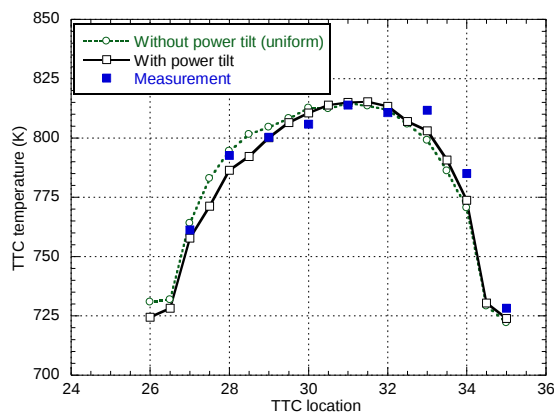


Fig. 2 Temperature at TTC location of SHRT-17

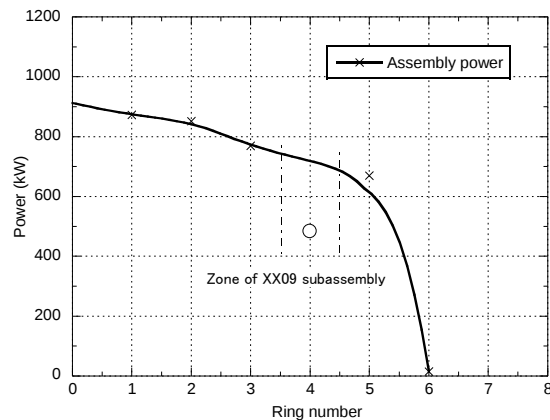


Fig. 3 Radial power distribution of EBR-II in SHRT-17

参考文献

- [1] Mochizuki, H., Muranaka, K., Asai, T., van Rooijen, W.F.G., 2014, Nuclear Engineering and Design, 275, 312-321.
- [2] Dunn F.E., James E. Cahalan, 2006, Proc. of ICAPP'06, Reno, NV, USA, Paper 6364.

*Komei Muranaka¹, Hiroyasu Mochizuki²

¹University of Fukui, ²Reserch Institute of Nuclear Engineering