

合同セッション1（「原子炉における機構論的限界熱流束評価手法」研究専門委員会、
熱流動部会、計算科学技術部会）

原子炉における限界熱流束評価の現状とこれから

Evaluation of Critical Heat Flux of Nuclear Reactor, Present and Future

軽水炉設計における CHF 評価手法の現状 (2) サブチャンネル解析

Current Evaluation Method of CHF in Light Water Reactors (2) Subchannel analysis

*成島 勇気¹

¹日立製作所

1. はじめに

軽水炉の熱水力設計は、通常運転時及び異常な過渡変化時における燃料被覆管の熱除去を安定に維持する事を目的としている。沸騰水型の BWR では、燃料被覆管周囲の流動が環状流から液膜消失状態に遷移する「ドライアウト」、加圧水型の PWR では、核沸騰状態から膜沸騰状態に遷移する「DNB (Departure from Nucleate Boiling)」の防止を判断基準の一つにしている。軽水炉の熱水力設計で重要な CHF 評価は、炉心内の個々の燃料棒を対象に実施する必要がある、このためにはこれらの燃料棒を取り囲む局所的な冷却材条件が必要とされる。軽水炉ではこの冷却材条件をサブチャンネル解析によって評価する^[1]。

2. サブチャンネル解析

サブチャンネル解析は、水路(チャンネル)を複数の小水路(サブチャンネル)に分割して、サブチャンネル間の横流れを考慮しながら、冷却材の質量、運動量、エネルギーに関する保存則を解くことで、炉心、及び燃料集合体内の 3 次元的な冷却材挙動を評価する手法である。

3. BWR のドライアウト予測手法

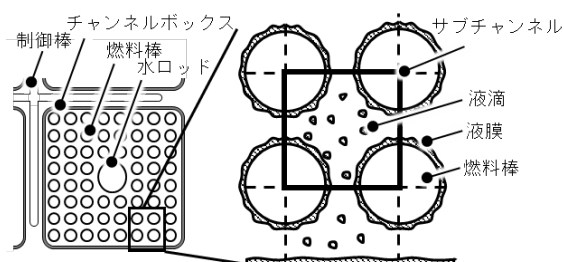
BWR のサブチャンネル解析では、図 1 の通り燃料集合体内において燃料棒 4 本で囲まれた小水路をサブチャンネルとして、水・蒸気の二流体、もしくは液滴・液膜・蒸気の三流体について保存則を解き、ドライアウトを評価する。ドライアウトの判定には、各サブチャンネルに対して CHF 相関式を用いる手法、及び三流体モデルでは液膜の消失をもって、解析的にドライアウトを評価する手法が用いられる。

4. PWR の DNB 予測手法

PWR のサブチャンネル解析では、図 2 の通り炉心全体を燃料集合体単位で計算する第 1 段階、高温集合体内を 1/4 に分割して計算する第 2 段階、高温 1/4 集合体内をサブチャンネル単位で計算する第 3 段階の 3 つの段階に分けて計算を行う。DNB の判定には、各サブチャンネルに対して CHF 相関式を用いる。サブチャンネル解析コードは、PWR の典型的な集合体出力分布を模擬した 5x5 管群試験に対して、出口温度測定値と解析が良く一致することが確認されている。

参考文献

- [1]秋山守, 有富正憲, 「新しい気液二相流数値解析 - 多次元流動解析 -」, コロナ社, 2002 年.
- [2]日本原子力学会熱流動部会編, 「気液二相流の数値解析」, 朝倉書店, 1998 年.
- [3]三菱重工業, 「改良統計的熱設計手法について」, MHI-NES-1009 改 2, 平成 21 年.



(a) 燃料集合体断面 (b) サブチャンネル内流動
図 1. BWR のサブチャンネル解析^[2]

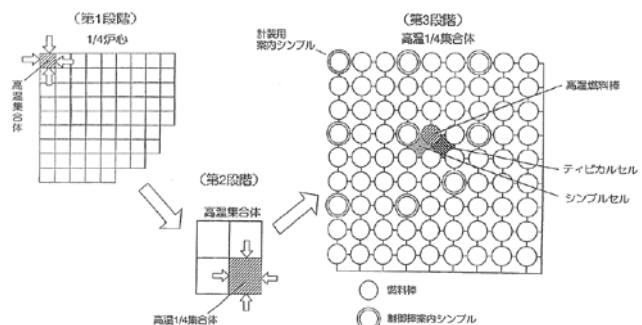


図 2. PWR のサブチャンネル解析^[3]

*Yuki Narushima¹

¹Hitachi, Ltd.