

Study on pin-by-pin fine mesh core calculation method for BWR core analysis

(BWR 炉心解析のための燃料棒単位詳細メッシュ炉心計算手法の研究)

多田健一

要旨

本研究では、沸騰水型原子炉(BWR)の炉心解析手法の精緻化を対象とし、次世代高精度 BWR 炉心解析手法として、燃料棒単位詳細メッシュ炉心解析手法を提案した。高燃焼度燃料集合体など、より核的な非均質性の高い燃料集合体が炉内に装荷された場合においても従来と同等以上の計算精度を確保するため、高精度な炉心解析コードの開発が現在各国で活発に進められている。一般的に、炉心解析は核計算、熱水力計算および燃焼計算の三つの計算から構成されている。燃料棒単位詳細メッシュ炉心解析手法を BWR 炉心解析に適用するためには、それぞれの計算部分において解決すべき課題がある。本研究では、それらの課題のうち、核計算および熱水力計算に関する課題について取り組んだ。

(1) 拡散計算手法及び SP3 法の燃料棒単位詳細メッシュ BWR 炉心解析への適用性評価 (第 3 章)

BWR 炉心計算に燃料棒単位詳細メッシュ炉心解析手法を適用するためには、高速かつ高精度に燃料棒単位の出力分布を計算する必要がある。そこで、燃料棒単位詳細メッシュ BWR 炉心解析に適用する核計算手法の候補として、拡散計算法及び Simplified P3(SP3)法を挙げ、二次元体系において両手法の計算精度と計算時間を比較した。その結果、SP3 法を用いることで高精度かつ高速に BWR の炉心特性を解析できることを確認した。

(2) メッシュ不整合体系を取り扱い可能な炉心解析手法の開発 (第 4 章)

BWR では炉内で燃料棒本数の異なる燃料集合体が隣接して混在する場合がある。このような体系では、燃料棒単位で均質化を行うと、集合体境界においてメッシュ数の食い違いが生じる。従来の SP3 法計算コードではこのようなメッシュ不整合体系を取り扱うことができなかった。そこで、メッシュ不整合体系を取り扱い可能な手法を新たに提案し、本手法を用いることで十分な解析精度が得られることを確認した。

(3) 燃料棒単位詳細メッシュ BWR 炉心解析と熱水力解析の結合(第 5 章)

BWR では炉内で沸騰現象が発生していることから、水密度の変化を通じて熱水力計算も炉心解析の精度に大きな影響を持つ。燃料棒単位詳細メッシュ炉心解析手法は燃

燃料棒単位で均質化を行うことから、燃料棒や集合体壁面によって区切られたサブチャンネル単位のボイド率分布が必要となる。しかし、既存のサブチャンネル解析コードは非常に長い計算時間を必要とするため、これらを BWR 炉心解析に適用することは、計算時間の観点から非現実的である。そこで、本研究ではサブチャンネル単位のボイド率を高速に評価するサブチャンネル解析コードを新たに開発し、本サブチャンネル解析コードを用いることで、高速かつ高精度にサブチャンネル単位のボイド率を解析できることを確認した。

これらの研究成果によって、燃料棒単位詳細メッシュ炉心解析手法を BWR 炉心解析に適用するための課題のうち、核計算および熱水力計算に関する課題を解決し、実機解析への適用の見通しを得た。また、本研究の対象とした核計算および熱水力計算について、燃料棒単位詳細メッシュ炉心解析手法は、次世代の BWR 炉心解析手法として十分な計算精度を有することを明らかにした。