

# BWR における燃料棒単位メッシュ炉心計算手法の検討

エネルギー量子制御工学グループ量子エネルギーシステム工学講座 多田健一

**[緒言]** 現在の BWR 炉心計算は、図 1 に示すように集合体単位で均質化(平均化)して計算を行っている。現在の BWR には主として  $UO_2$  燃料集合体が装荷されているが、今後は高富化度 MOX 燃料集合体や高燃焼度燃料集合体などより複雑な燃料集合体が炉心に装荷されることが予想される。そのような燃料集合体の場合、現在の集合体単位で均質化する手法では十分な精度が得られない可能性がある。

より精度よく計算を行うためには非均質体系で炉心計算を行うことが理想だが、現在の計算機の能力では計算時間の観点から現実的ではない。そこで現在の計算機の能力でも計算可能かつ現在の手法よりもより精度の高い計算方法として、図 1 に示す、燃料棒単位で均質化して計算を行う三次元 pin by pin 計算を BWR 炉心計算に適用することを考えた。三次元 pin by pin 計算を行うに当たって、誤差の要因として非均質な体系を均質化することによる均質化誤差、メッシュを大きくすることによるメッシュ誤差、拡散近似を用いることによる拡散誤差の三つが挙げられる。本研究では三次元 pin by pin 計算の BWR 炉心計算への適用を検討するために、まずその内の均質化誤差の低減について検討した。

**[SPH 法]** 均質化誤差低減の手法として SPH 法を検討した。SPH 法とは非均質な体系の計算結果を参照解として、均質な体系の計算結果がその非均質な体系の結果を再現するように断面積を補正する手法である。[1]

**[計算手順]** まず単一集合体体系において非均質な体系で計算した。非均質体系の結果を用いて燃料ピン単位で均質化した体系に SPH 法を適用し、補正断面積を作成した。単一集合体体系で得られた補正断面積を用いて、 $2 \times 2$  集合体体系において非均質体系と均質体系の比較計算を行った。比較に用いた集合体は  $9 \times 9 UO_2$  燃料集合体と  $10 \times 10 MOX$  燃料集合体で、 $2 \times 2$  集合体の形状は図 2 の通りである。体系は中心に  $B_4C$  の制御棒が入っており、被覆管は Zr、減速材は軽水を用いた。なお、本研究では均質化誤差のみを調べるため、計算手法及び計算条件はどちらも同じものを用いた。

**[結果]** 表 1 に  $2 \times 2$  集合体体系における非均質な体系および均質な体系における無限増倍率を示した。SPH 法を適用していない場合、非均質な体系との差異が大きいが、SPH 法を適用した場合は非均質な体系の結果とうまく合っている。このことから、SPH を適用した場合、均質化誤差を低減し、非均質な体系の結果をうまく再現出来ることが分かった。

**[今後の課題]** メッシュ誤差、拡散誤差について検討を行うために、拡散方程式を用いた計算コードを開発する。また、BWR 炉内の気泡(ボイド)の効果を考慮するために、熱水力を拡散計算コードに組み合わせる必要がある。

[1] A.Hebert, "A Consistent Technique for the Pin-by-Pin Homogenization of a Pressurized Water Reactor Assembly," *Nucl.Sci.Eng.*, **113**, 227 (1993).

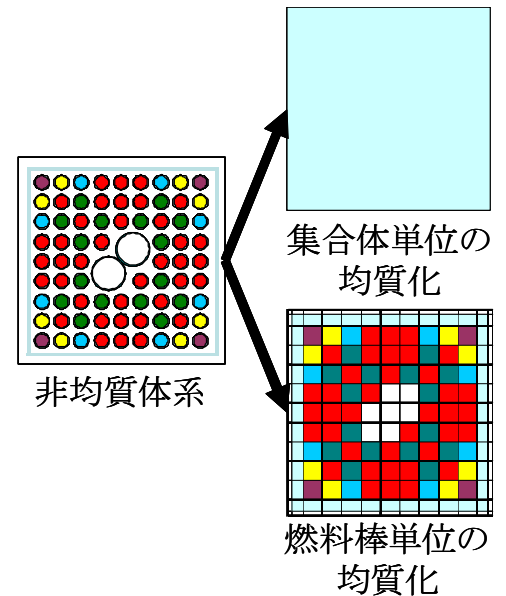


図1 均質化の例

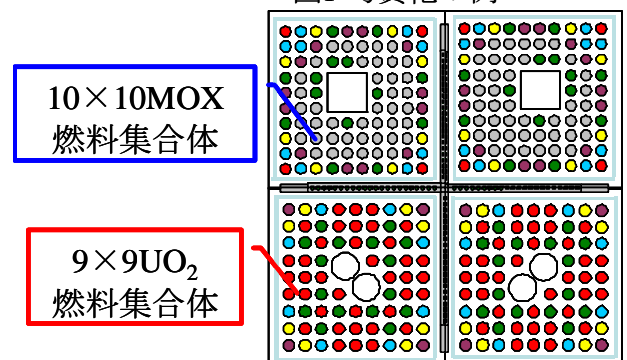


図2 比較計算に用いた $2 \times 2$ 集合体体系

表1  $2 \times 2$ 集合体体系の計算結果

	無限増倍率	差異
参照解	0.90581	
SPH法非適用	0.89422	-1.280% (NoSPH-ref)/ref
SPH法適用	0.90579	-0.003% (SPH-ref)/ref