

低濃縮ウラン燃料棒とウォーターホールからなる TCA 炉心臨界試験の解析

Analysis of critical experiments of TCA cores composed of low enriched UO_2 fuel rods and water holes

*山本徹

TCA において実施された低濃縮ウラン燃料棒からなる炉心の中央のウォーターホール数を変えた臨界試験を MVP3 と JENDL-4.0 により解析した。その結果、ウォーターホール数増加と、これによる臨界水位の増加に伴う実効中性子増倍率 k_{eff} の減少傾向がみられた。この傾向を解消するために水素、酸素、ウラン同位体の断面積の修正の検討を行った。

キーワード : TCA 臨界試験、低濃縮ウラン、ウォーターホール、MVP3、JENDL-4.0、実効中性子増倍率、水素、 $S(\alpha, \beta)$

1. はじめに TCA において実施された数多くの軽水減速臨界試験の中に、炉心の中央のウォーターホールの数を変えて臨界水位を測定した試験がある。この試験を MVP3 と JENDL-4.0 により解析し、核データライブラリーの妥当性を検討した。

2. TCA 臨界試験 2.6wt%ウラン燃料棒による 19×19 格子炉心の中央部のウォーターホールを、0 から 21 本に変えて臨界水位を測定した試験を解析した。表 1 に試験内容を示す。

3. 解析結果 MVP3 の解析は、半径方向は TCA の炉心タンクの内側、高さ方向は基礎コンクリートから燃料上部プラグまでをモデル化し、有効中性子数 4 千万ヒストリの条件で解析した。解析結果は、表 1 に示すように、ウォーターホール数増加と、これによる臨界水位の増加に伴う k_{eff} の減少傾向がみられた。この傾向を検討するために、水の水素の $S(\alpha, \beta)$ に変えて free-gas-model 断面積とする計算、水素、酸素、 ^{235}U 、 ^{238}U の密度を変え

表 1. 臨界試験の内容と MVP3 (JENDL-4.0 中性子ライブラリー) の計算結果

Number of water holes of the core	Critical water level (cm)	Core temperature (°C)	Calculated k_{eff} with JENDL-4.0	Calculated k_{eff} with free-gas-model cross-section for hydrogen	Δk_{eff} for the atomic number density of hydrogen increased by 5%	Estimated k_{eff} with the atomic number density of hydrogen decreased by 1.8%
0	60.60	15.9	1.00018	1.00945	0.01250	0.99568
1	60.43	15.9	1.00012	-	0.01249	0.99562
3	61.00	16.0	1.00004	-	0.01173	0.99582
4	60.80	16.2	0.99981	-	0.01151	0.99567
5	62.65	16.1	0.99991	-	0.01114	0.99591
8	65.00	16.2	0.99966	-	0.01044	0.99590
9	70.00	16.2	0.99943	-	0.01065	0.99560
13	78.03	16.3	0.99904	1.01687	0.00861	0.99594
20	103.03	16.6	0.99864	-	0.00721	0.99604
21	140.64	16.5	0.99806	1.02387	0.00654	0.99571

る摂動計算を MVP3 により実施した。結果の一部を表 1 に示す。

4. 結論 水素の密度を 1.8% 減少することにより k_{eff} の減少傾向が解消した。これは、中性子束を重みとする水素

の全断面積を 1.8% 減少させることに対応し、水の水素の $S(\alpha, \beta)$ を 0.01 から 0.1eV 付近で減少させる必要があることを示唆している。

参考文献 1) Cao X, Suzuki T, Kugo T, et al. Effects of volume fraction and non-uniform arrangement of water moderator on reactivity. Tokai-mura (Japan): Japan Atomic Energy Research Institute; 2003. (JAERI-Tech 2003-069).

*Toru YAMAMOTO

Former affiliation: Regulatory Standard and Research Department, Secretariat of Nuclear Regulation Authority (S/NRA/R), Tokyo, Japan.