

ORIGEN2.2 及び CASMO5 による燃料集合体崩壊熱測定値の解析

Analysis of measured decay heat of fuel assemblies by ORIGEN2.2 and CASMO5

山本 徹、*岩橋 大希

原子力規制庁長官官房技術基盤グループ

ORIGEN2.2 及び CASMO5 の崩壊熱計算の妥当性確認の一環として、米国及びスウェーデンにおいて実施された PWR 及び BWR 燃料集合体の約 2 年から約 27 年の冷却時の崩壊熱測定値の解析等を実施したので報告する。

キーワード：軽水炉、燃料集合体、崩壊熱測定値、ORIGEN2.2、CASMO5、ORLIBJ40、JENDL-4.0、瞬時核分裂

1. 緒言

ORIGEN2.2 は比較的入力データが簡単であることから使用済燃料の崩壊熱の計算等に使用されており、国内の最新の核データライブラリ JENDL-4.0 に基づくライブラリ ORLIBJ40 が整備されている。CASMO5 は集合体燃焼計算コードであり、主に炉心計算の核定数の作成に使用されるが、燃焼チェーンと核種崩壊のエネルギーが整備され、崩壊熱の計算にも使用可能である。燃料集合体を対象とした崩壊熱の測定については、過去に米国において実施されたものに加え、その後スウェーデンにおいて実施された測定結果を含めて Gauld¹⁾により編集・報告されている。本研究は、これらの測定結果を、両コードを用いて解析すること及び補足解析として瞬時核分裂後の短期冷却期間の FP 崩壊熱についての片倉²⁾による総和計算の結果と比較することより、崩壊熱計算結果の妥当性と不確かさに関する知見を蓄積することを目的としている。

2. 燃料集合体の崩壊熱の測定データの解析

燃料集合体の崩壊熱測定は、測定容器中に燃料集合体を装荷し温度上昇率（米国、スウェーデン）又は蒸気凝縮率（米国）を測定する手法により行われている。測定結果は、米国 PWR 燃料集合体 20 点、同 BWR 燃料集合体 96 点、スウェーデン PWR 燃料集合体 38 点、同 BWR 燃料集合体 45 点である。

燃料集合体の仕様及び燃焼履歴は、文献 1)等を引用した。ORIGEN2.2 の計算では、ライブラリとして PWR 燃料については、PWR34J40(3.4wt%)又は PWR41J40(4.1wt%)、BWR 燃料については BS140J40(3.0wt%,40%ボイド)を用いた。CASMO5 の計算では、JENDL-4.0 によるライブラリ（FP は 200 核種以上、重核種は 45 核種以上の燃焼チェーン）を使用し、代表集合体断面の計算を行った。なお、CASMO5 の計算における燃料以外の構造材の放射化による崩壊熱は ORIGEN2.2 の結果により代用した。

3. 瞬時核分裂後の FP 崩壊熱の解析

主要核種である ^{235}U 、 ^{239}Pu 、 ^{241}Pu の熱中性子核分裂及び ^{238}U の高速核分裂について瞬時核分裂後の FP 崩壊熱を ORIGEN2.2 により計算した。

4. 解析結果

燃料集合体の崩壊熱測定データの解析における ORIGEN2.2 の計算結果と測定結果の比(C/E)の平均値（標準偏差）は、米国 PWR 燃料、同 BWR 燃料、スウェーデン PWR 燃料、同 BWR 燃料についてそれぞれ、1.00(0.02)、0.97(0.11)、1.03(0.02)、1.00(0.04)であり、CASMO5 は、1.01(0.02)、0.98(0.12)、1.02(0.01)、1.00(0.02)であった。わずかであるが、CASMO5 の再現性が良いとの結果が得られた。比較の例として図に CASMO5 の C/E - 1 を冷却期間に対して示す。図に示していないが、米国 BWR 燃料集合体の測定値のうち、冷却期間が 3000 日近傍の 1 点 (19.5W/集合体) について C/E - 1 が 73%となったが、測定の再現性に問題があると考えられる。

瞬時核分裂後の FP 崩壊熱について、ORIGEN2.2 の結果(10^4 秒照射)は、1 秒から 10^7 秒の冷却期間において片倉の結果とよく一致した。なお、 10^4 秒照射後の FP 崩壊熱について、CASMO5 による結果は、同じ照射条件の ORIGEN2.2 の結果に比べ冷却時間が 10^5 秒付近において過大評価する傾向がみられたが、崩壊熱計算モデルの不確かさに起因すると考えられる。

参考文献

- 1) I.C. Gauld et al., "Validation of SCALE 5 decay heat predictions for LWR spent nuclear fuel," NUREG/CR-6972, ORNL/TM-2008/015 (2010).
- 2) J. Katakura, "JENDL FP decay data file 2011 and fission yields data file 2011," JAEA-Data/Code 2011-025.

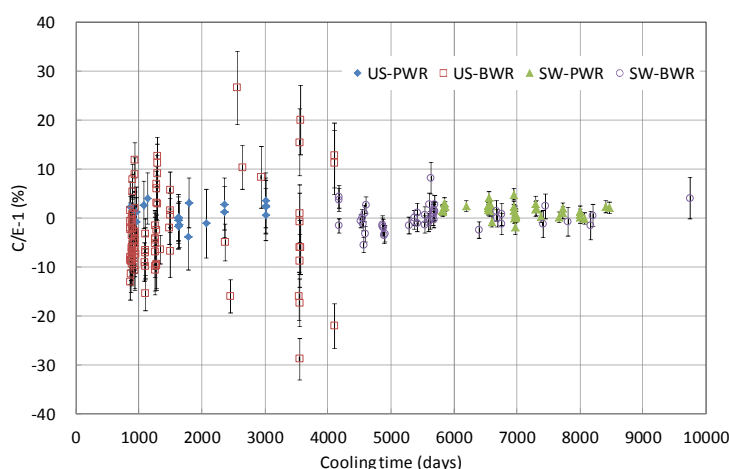


図 CASMO5 による燃料集合体の崩壊熱の計算結果と測定値の比較
(US:米国、SW:スウェーデン、誤差は測定誤差 (1 σ) による値)

* Toru Yamamoto and Daiki Iwahashi

Regulatory Standard and Research Department Secretariat of Nuclear Regulation Authority (S/NRA/R)