

OECD/NEA プルトニウムリサイクルベンチマーク

1. 高速炉ベンチマーク

動力炉・核燃料開発事業団大洗工学センター
若林 利男

(1) はじめに

OECD/NEA の Nuclear Science Committee (NSC) に 1992 年 11 月に設けられた「プルトニウムリサイクルの物理に関するワーキングパーティ」は、プルトニウムリサイクルの物理課題についてレビューし、OECD 加盟国に最新の情報を提供するとともに、プルトニウムリサイクルを遂行していく上で必要となる開発課題を提言し、現在及び将来の各国の計画に反映することを目的としている。本ワーキングパーティでは、最新のレビューペイパーを作成するとともに、プルトニウム燃焼炉解析に関する各国計算コードの特性を比較し、解析における問題点を検討するためにベンチマーク計算も実施した。ベンチマーク計算比較は 1995 年 3 月に終了し、報告書は 6 月頃に出される予定である。ベンチマーク計算は、PWR 及び高速炉について実施されたが、ここでは高速炉についてのベンチマーク計算結果について紹介する。なお、本ベンチマーク結果は、9 月に開催される GLOBAL'95 で発表する予定である。

(2) ベンチマーク問題

高速炉のベンチマーク問題は、酸化物燃料炉心と金属燃料炉心について作成された。酸化物燃料炉心のベンチマーク問題は、CEA の J.C.Garnier 氏と動燃の池上氏が作成した。熱出力 1500MWe で、プランケットなしの典型的な 2 領域炉心である。運転サイクルは 125 日、5 バッチで、初期炉心のみ計算された。金属燃料炉心のベンチマーク問題は、ANL の D.C. Wade 氏が作成した。熱出力 1575MWe で、ナトリウムボイド反応度低減のために、炉心中心に反射体領域を設けた特殊な炉心である。運転サイクルは 365 日、3 バッチである。計算は、初期炉心、ワンススルー炉心、転換比をパラメーターとしたリサイクル炉心について実施された。図 1 に、WPPR 高速炉ベンチマーク計算の RZ 体系モデルと主要な条件を示す。

(3) 評価項目

評価項目は、 k_{eff} 、中性子バランス、燃焼反応度損失、マスバランス、ボイド反応度、

ドップラー反応度、崩壊熱、中性子発生量、毒性等である。

(4) 参加国

各ベンチマーク問題に対する参加国は以下の通りである。

1) 酸化物燃料炉心ベンチマーク（初期炉心）

フランス(CEA)、ロシア(IPPE)、スイス(PSI)、米国(ANL)、日本(東芝、動燃)

2) 金属燃料炉心ベンチマーク

- | | |
|-----------|--|
| ①初期炉心 | ヨーロッパ連合(CEA, AEA)、ロシア(IPPE)、米国(ANL)、
日本(動燃) |
| ②ワنسスルー炉心 | 米国(ANL)、日本(動燃) |
| ③リサイクル炉心 | 米国(ANL) |

(5) 計算結果及び考察

表1及び2に、酸化物燃料炉心及び金属燃料炉心の代表的な計算結果として、燃焼反応度損失の比較を示す。ベンチマーク計算の各種特性をまとめると以下のようになる。

1) 酸化物燃料炉心ベンチマーク

- 各国間の k_{eff} のバラツキは 3% 程度と大きい。本ベンチマーク炉心のように洩れの多い炉心では、洩れの計算精度が k_{eff} に大きく影響すると考えられる。
- k_{eff} の JENDL-3.2 による計算値は、JENDL-2 よりも 0.7 % 増加した。
- 燃焼反応度損失の各国の計算値は、良く一致している。
- ボイド反応度の計算値は、各国間でバラツキが大きい（全炉心ボイド： 1.55 ~ 0.68%dk/kk'）。また、ANL のドップラー反応度の計算値は他国と比較して小さい（70 %程度）。
- JENDL-2 から JENDL-3.2への改訂によって、ボイド反応度が 11 ~ 14 % 低下し、ドップラー反応度が 5 %（絶対値）増加した。
- 毒性については、高次のマイナーアクチニド核種（Am-243, Cm-244, Cm-245 等）のバラツキが大きい。

2) 金属燃料炉心ベンチマーク

① 初期炉心

- 実効増倍率および燃焼反応度損失の計算結果は、ヨーロッパ連合の値をのぞいて、各国間でよく一致している。
- TRU 重量比は、各国間で良く一致している。

- 毒性については、各国間であまり大きなバラツキは見られない。
- ② ワンススルーラー炉心
- プルトニウム富化度は、PNC の JENDL-3.2 での計算値が、ANL の計算値より約 0.7% 大きい。
 - ドップラー反応度係数は、PNC と ANL で大きな相違がある（ANL 値は PNC 値の半分）。酸化物燃料炉心でも同じ傾向が現れていた。

(6) まとめ

今回のプルトニウム燃焼型高速炉のベンチマーク計算結果より得られた知見と今後の課題をまとめると以下のようになる。

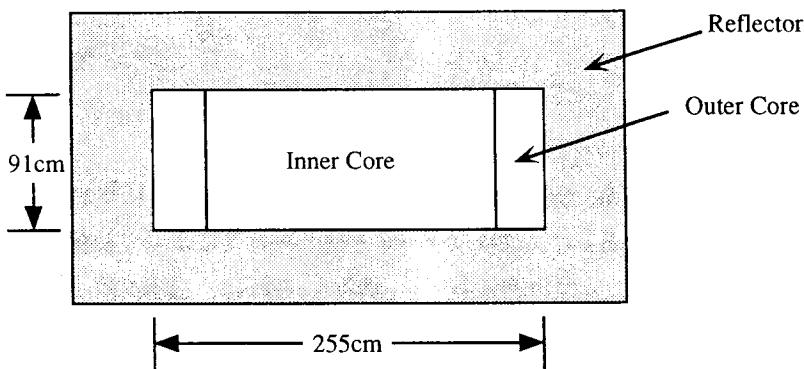
- 1) 漏れの大きく、プルトニウム富化度の高いプルトニウム燃焼高速炉のベンチマーク結果は、今までの通常炉心のベンチマーク結果に比べて、参加者間の相違は大きくなっている。
- 2) 今後の課題
 - ① 高 TRU 含有率、dirty Pu の使用そして漏れの大きい Pu 燃焼高速炉の解析手法の確立。
 - ② 臨界実験の検討。
 - ③ 崩壊熱や長期的廃棄物毒性の大きな高次マイナーアクチニド核データの精度向上。

Table 1 Oxide core Reactivity loss in % $\Delta k/kk'$ (in parenthesis fission products contribution)

<i>Organisation</i>	<i>BOL-EOC</i>	<i>BOL-EOC</i>
ANL	7.61 (20.5%)	12.85 (20.1%)
CEA	7.90 (20.3%)	13.27
PNC (J2)	8.03 (23.1%)	13.60 (25.0%)
PNC (J3.2)	7.91(23.5%)	13.39 (25.2%)
PSI	7.79 (27.6%)	13.06 (28.7%)

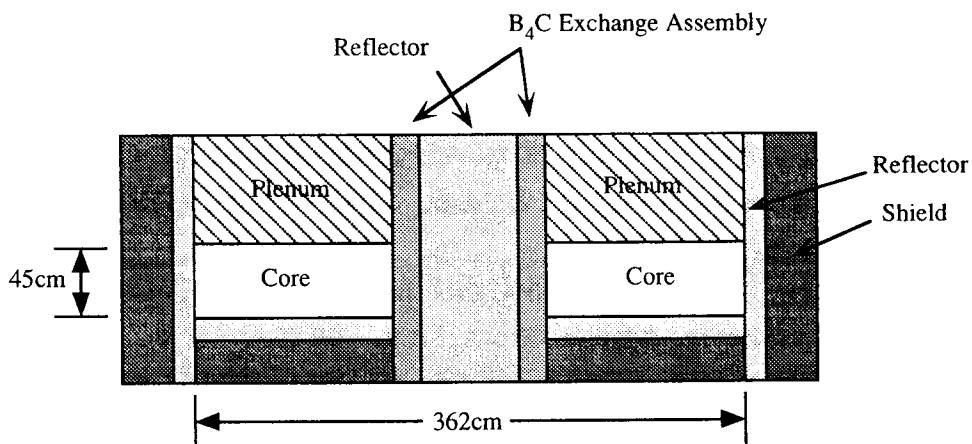
Table 2 Metal core : burnup reactivity loss

	<i>European</i>	<i>Japan JENDL-2</i>	<i>Japan JENDL-3</i>	<i>Russian</i>	<i>United States</i>
EOL Eigenvalue	1.012	1.040	1.034	1.040	1.042
Burnup Swing, % Δk	-5.1	-5.8	-5.8	-6.2	-5.9
Transuranic Inventory Ratio (EOL/BOL)	0.944	0.944	0.944	0.943	0.944



(a) WPPR MOX-Fueled Fast Reactor (Pu-Burner)

Reactor Thermal Power 1500MWth
 Operation Cycle Length 125days
 Capacity Factor 80%
 Fuel Composition $(U, Pu)O_2$
 Pu / (U+Pu) ratio 28.85wt%(IC), 40.64wt%(OC)
 Fuel Exchange 5 batch
 Coolant Na



(b) WPPR Metal-Fueled Fast Reactor (Actinide-Burner)

Reactor Thermal Power 1575MWth
 Operation Cycle Length 365days
 Capacity Factor 85%
 Fuel Composition $(U, TRU)Zr$ alloy
 TRU/(U+TRU) ratio 26~27wt%
 Fuel Exchange 3 batch
 Coolant Na

図1 WPPR高速炉ベンチマーク RZ炉心体系