

ENDF/B-VIのベンチマークテスト

(1995年9月25日受理)

日本原子力研究所

高野 秀機

takano@mike.tokai.jaeri.go.jp

秋江 拓志

akie@mike.tokai.jaeri.go.jp

総合技術情報機構

金子 邦男

1. はじめに

最新の評価済み核データライブラリーには、日本の JENDL-3.2、米国の ENDF/B-VI と欧州の JEF-2.2 がある。JENDL-3.2 については、熱中性子炉、高速炉、遮蔽、核融合ブランケット等についてベンチマークテストが行われ、JENDL-3.1 での問題点を殆ど改善し、実験値とのよい一致が報告されている。一方、ENDF/B-VI 及び JEF-2.2 については、熱中性子炉ベンチマークテストの結果は報告されているが、高速炉についての報告はない。ここでは、ENDF/B-VI の群定数を、JFS-3-J32 高速炉用群定数セット作成と同様の処理コード TIMS-PGG を用いて作成してベンチマーク計算を行った結果について述べる。処理した核種は、 ^{235}U 、 ^{238}U 、 ^{239}Pu 、 ^{240}Pu 、 ^{241}Pu の主要共鳴核種である。従って、ベンチマーク炉心に含まれる構造材(Fe、Cr、Ni、Mn)やNa、O等はJENDL-3.2の核データを用いた。ベンチマーク計算は、JENDL-3の積分テストに従来用いてきた国際ベンチマーク炉心と大型模擬炉心ZPPR-9について実施し、JENDL-3.2等の結果と比較した。

2. 国際ベンチマークテスト

実行増倍係数(k_{eff})の計算値と実験値の比(C/E)を炉心体積の関数としてまとめた結果をFig.1に示す。JENDL-3.2とENDF/B-VIでは、炉心体積の大きなものZPPR-2、ZPR-6-7、ZPR-6-6A等で約1%、VERAのような小さなもので約2%の極めて大きな差が見られる。これは、Pu及びU炉心に関係なく存在する。したがって、共通に存在する核種として、 ^{238}U に原因があると考えられる。そこで、ENDF/B-VIの ^{238}U を、JENDL-3.2の ^{238}U データで置き換えて影響を検討した。ENDF/B-VIの ^{238}U の非弾性散乱マトリックスは変えずに非弾性散乱全断面積を

JENDL-3.2 のデータに置換 (B6+J32(U8in))、さらにそれに加えて捕獲断面積を置換 (B6+J32(U8in/cap))、そして JENDL-3.2 の ^{238}U の全反応断面積及び散乱マトリックスデータを置換 (B6+J32(U8)) した場合について検討した。これらの結果も Fig.1 に示してある。明らかに、JENDL-3.2 の ^{238}U を用いると ENDF/B-VI の結果は殆ど JENDL-3.2 に近づくことがわかる。非弾性散乱全断面積のみの影響は、小型炉において見られ、約 0.5% である。捕獲断面積の影響は、約 0.1 ~ 0.2% 小型炉で存在する。どちらの断面積も数 MeV の領域で両者の差が大きいため、中性子スペクトルの硬い小型炉で影響がある。結論としては、非弾性散乱マトリックスデータの相違が k_{eff} に及ぼす影響が最も大きいことがわかった。また、JENDL-3.2 で見られる k_{eff} の C/E 値の炉心体積依存性は、ENDF/B-VI では見られないことから、 ^{238}U の非弾性散乱マトリックスに原因があると思われる。

3. 大型炉心 ZPPR-9 のベンチマーク

Table1 に、 k_{eff} と中心反応率比の C/E 値を示す。ENDF/B-VI の k_{eff} は、JENDL-3.2 より約 1% 大きく、前述の結果と同様である。F8/F9 のしきい値核分裂反応率比は、ENDF/B-VI の結果が 3% 大きい。これらの結果も、 ^{238}U の非弾性散乱マトリックスの差が原因である。ENDF/B-VI のデータは、中性子スペクトルを硬くすると考えられる。

Fig.2 には、Na ボイド反応度についての C/E 値が比較されている。JENDL-3.2、-3.1 の結果は、C/E 値のボイド領域依存性がなく、実験値との一致がよい。一方、JENDL-2 と ENDF/B-VI では、C/E 値のボイド領域依存性が明らかに見られ、実験値を過大評価している。従って、このボイド領域依存性も ^{238}U の非弾性散乱マトリックスが大きな要因になっていると考えられよう。

4. ^{238}U の非弾性散乱断面積の比較

Fig.3 と 4 に ENDF/B-VI と JENDL-3.2 の ^{238}U 非弾性断面積の全断面積及び各レベルと連続レベルからの寄与の比較を示す。全断面積については、5MeV 近傍で ENDF/B-VI が少し大きいことがわかる。この差の影響は、国際ベンチマーク結果で述べたようにスペクトルの硬い小型炉で見られる。両ライブラリーで、ディスクリート及び連続レベルの評価の差が極めて大きいことがわかる。ディスクリートレベルでは、両者とも第 4 レベルまでの評価はよく一致しているが、より高いエネルギー領域ではレベル数及び評価の差が非常に異なっている。この差が散乱マトリックスの相違となっている。従って、今後、 ^{238}U の再評価が極めて重要な課題となろう。

Table 1 Calculation/Experiment(C/E) values of effective multiplication factor and reaction rate ratios obtained for ZPPR-9 with ENDF/B-VI and JENDL-3.2

	ENDF/B-VI	JENDL-3.2
k_{eff}	1.011	0.9986
Reaction rate ratio		
F9/F5	0.991	0.997
C8/F9	1.027	1.046
F8/F9	0.985	0.955

F9 : ^{239}Pu fission rate, F5 : ^{235}U fission rate,
C8 : ^{238}U capture rate, F8 : ^{238}U fission rate

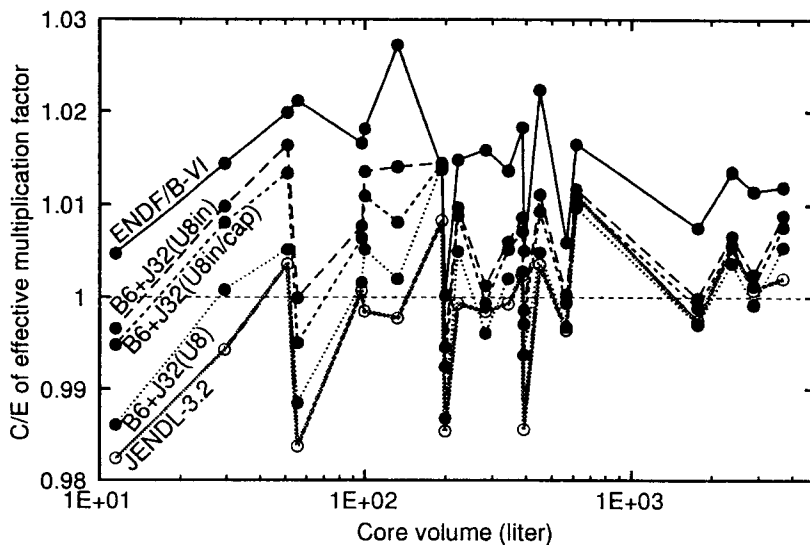


Fig.1 Calculation/Experiment(C/E) value of effective multiplication factors calculated with different nuclear data libraries for 1-D benchmark fast reactor cores (B6 : ENDF/B-VI, J32 : JENDL-3.2, U8 : U-238 cross section, in : inelastic scattering cross section, cap : capture cross section)

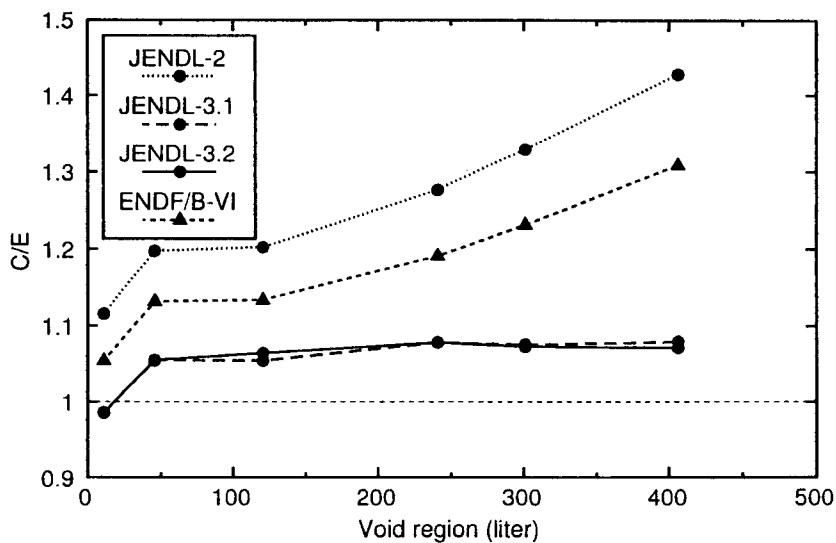


Fig.2 Sodium void reactivity at the ZPPR-9 core (C/E value)

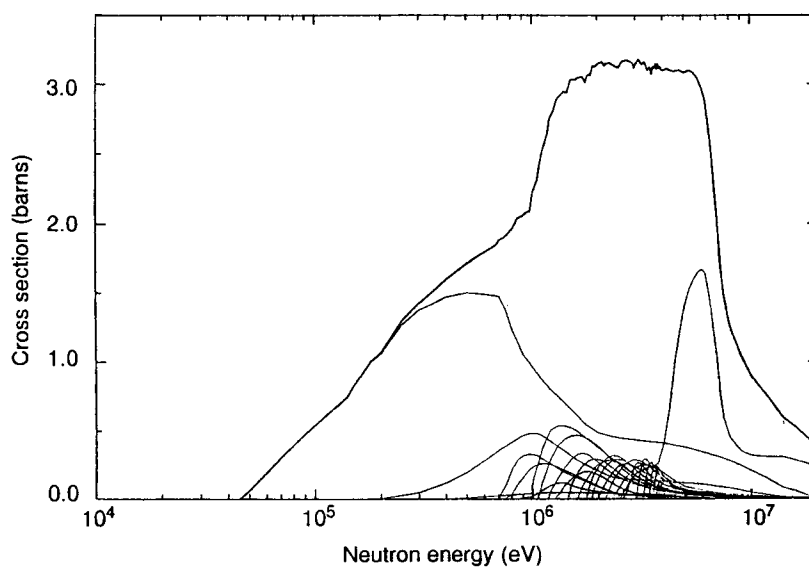


Fig.3 Total inelastic scattering cross section of ^{238}U and its partial cross sections of continuum and discrete levels in ENDF/B-VI library

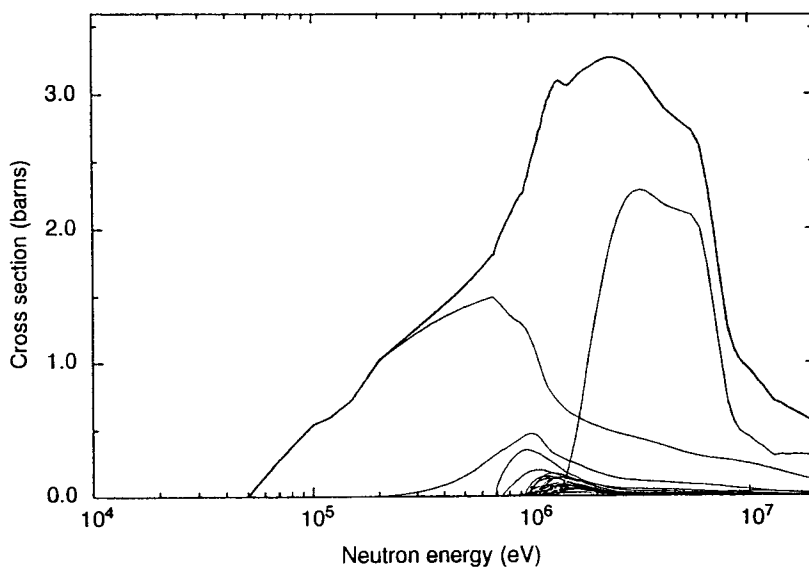


Fig.4 Total inelastic scattering cross section of ^{238}U and its partial cross sections of continuum and discrete levels in JENDL-3 library