

高速炉中性子スペクトル測定値の利用について

弘 田 実 弥 (原研)

高速炉臨界実験装置においては中性子スペクトルの測定が精力的に行なわれているが、その測定結果が高速炉の特性を予測するために要求される核データに対してどのような情報を与えるだろうかという疑問がある。これが去る7月チューリツヒで開かれた欧米炉物理委員会 (EACRP) の第15回会合の議題の1つであつた。この会合に出席するに先だつて、6月の炉物理研究委員会において討議を行ない、われわれはわれわれなりに現状のレビューを作成したが、この議題についてはおそらく英国の独壇場になるかもしれないと予想していた。それは英国がいわゆる“積分データによる群定数の修正”に最も積極的であり、かつ高速炉中性子スペクトルの測定技術についても高いレベルにあるからであつた。この予想はある程度適中していたので、英国からの報告の概要を以下に紹介してみよう。

まず測定技術の現状についてであるが、高速炉臨界実験装置 ZEBRA にて使用されている測定技術と、それらのカバーするエネルギー領域は以下のようである。

a 飛行時間法 (200 m)	200 eV ~ 500 keV
b 反跳陽子計数管 (炉心内)	5 keV ~ 1.2 MeV
c 反跳陽子計数管 (ビーム中)	300 keV ~ 3 MeV
d Li-b 半導体	10 keV ~ 5 MeV
e ダブルシンチレータ	300 keV ~ 5 MeV

これらの技術はおたがいにオーバーラップする領域をもつているので、規格化することによつて 200 eV から 5 MeV までの全スペクトルを得ることができる。計数による統計的誤差は適用限界近傍を除いては系統的誤差以下である。しかし疑つてもみないような系統的誤差が存在するかもしれないので、可能なかぎり独立な技術からの結果を比較することにより検証することが必要とされる。

飛行時間法と反跳陽子計数管による結果の比をとつてみた結果、これら2つの技術のオーバーラップ領域である 500 keV から 500 keV の間において、飛行時間法データの誤差は全般的にはエネルギーデカードあたり 5% を越えないだろうと推定される。飛行時間法における他の誤差原因すなわちバックグラウンドの評価が低エネルギー側では重要となるから、この推定の外挿は危険だが 500 eV までぐらいはまあよいだろうとみられる。

重要な例として 1 keV (U-238 トツプラー中間点) における中性子束と 100 keV (Pu-239 核分裂中間点) における中性子束の比における不確かさを考えてみよう。これはトツプラー

係数の予測における不確かさからのうちのスペクトルの寄与分の尺度である。飛行時間法における既知の誤差原因はこの比に±7%の不確かさを与えている。これに検証できない誤差を加えて不確かさを±12%とみるのが現実である。一方ドブラー係数の予測は±10%の不確かさで行なうことが目標である。したがってスペクトルの寄与分を $\frac{1}{2}$ に減少させることが望ましいということになる。

高エネルギー側の技術はなお開発途中の段階である。最近の測定によると、ビーム中の陽子反跳計数管、ダブルシンチレータおよびLi-6 半導体検出器間の一致の程度から、3 MeV (U-238 核分裂中間点)における中性子束と100keVにおける中性子束の比について±10%の誤差が推定されている。

ZEBRAにおけるスペクトルの測定結果は2つの方法で利用されている。その1つは測定および計算されたスペクトルの詳細な形を比較することにより、共鳴や急激に変化している断面積が計算に使用されている断面積セットにおいて正しく表現されているかどうかをみることである。このようにしてFGL4セットに不満足な諸点があることが発見された。たとえば3keVのナトリウム共鳴断面積が狭すぎるとか、5keVから10keVのエネルギー領域における鉄の共鳴が正しく表現されていないことなどであった。

もう一つの方法は全体としての形における不一致に関するものであり、エネルギー領域を10群にわけ、測定および計算されたスペクトルをこれらの群で積分したもので比較する。そして計算値と実験値の比のC/E値は実効増倍率、反応率比、反応度値のような他の積分測定のC/E値と一緒に断面積修正プログラムLSQに使用される。

ZEBRAの6つのプルトニウム燃料集合体について飛行時間法によるC/E値は、183keVから498keVのエネルギー領域にて規格化すると、3keVから25keVの領域にて約20%のピーキングを示している。このピーキングを減少させるためには次のような修正が要求されている。

- a. U-235, Pu-239, U-238 および鉄に対し24.8keVから67.4keVにおける吸収断面積を増加させ、鉄に対してはさらに9.12keVから24.8keVにおける吸収断面積も増加させる。
- b. 鉄に対し3.35keVから24.8keVにおける全断面積を増加させる。
- c. U-238に対し67.4keVから183keVにおける非弾性散乱断面積を減少させる。また鉄に対し24.8keVから67.4keVにおける散乱断面積を減少させる。しかしPu-239に対し67.4keVから183keVにおける非弾性散乱断面積を増加させる。

またMeVエネルギー領域でのスペクトルの測定結果は核分裂スペクトルの平均エネルギーを3%増加させ、高エネルギー散乱断面積を減少させることを要求している。しかし箔によるU-238

とU-235の核分裂比の測定結果にあわせるためには、U-238の核分裂断面積を少しく増加させる必要がある。

現在断面積修正に用いられている10群構造では測定および計算されたスペクトル間の不一致を十分詳細には表現することができない。これはとくにMeVエネルギー領域にて測定されたスペクトルについてそうであり、これが測定結果にうまくあわせることができない原因の1つと考えられている。