

## J E N D L - 1 の 構 造 材 核 種

### —— その問題点 ——

原 研 五十嵐 信 一

#### 1. はじめに

J E N D L - 1 は評価済み核データの収納を経てから約1年間にわたり積分実験を対象としたベンチマークテストを行い、その実用性を検討して、昨年10月に完全公開した。ベンチマークテストでは予想以上の好結果が出て、J E N D L - 1 が十分使用に耐え得る評価済み核データライブラリーであることが証明されたのであるが、個々の核種の個々のデータについては未だいろいろの問題が残っていて、J E N D L - 2以降の宿題になっている。ここではJ E N D L - 1に収納されている構造材核種のうちCr, Fe, Ni について、特に問題になっている点を挙げて少々議論してみたい。

なお、J E N D L - 1に入っている構造材核種は、Al, Cr,  $^{50}\text{Cr}$ ,  $^{52}\text{Cr}$ ,  $^{53}\text{Cr}$ ,  $^{54}\text{Cr}$ , Mn, Fe,  $^{54}\text{Fe}$ ,  $^{56}\text{Fe}$ ,  $^{57}\text{Fe}$ ,  $^{58}\text{Fe}$ , Ni,  $^{58}\text{Ni}$ ,  $^{60}\text{Ni}$ ,  $^{61}\text{Ni}$ ,  $^{62}\text{Ni}$ ,  $^{64}\text{Ni}$ , Cu,  $^{63}\text{Cu}$ ,  $^{65}\text{Cu}$ , Mo,  $^{92}\text{Mo}$ ,  $^{94}\text{Mo}$ ,  $^{95}\text{Mo}$ ,  $^{96}\text{Mo}$ ,  $^{97}\text{Mo}$ ,  $^{98}\text{Mo}$ ,  $^{100}\text{Mo}$ , である。Zrなどが入っていないが、これらはJ E N D L - 2で考えることになっている。

#### 2. J E N D L - 1 の データ の 特徴

J E N D L - 1 の Cr, Fe, Ni の核データの特徴を微視断面積とベンチマークテストの結果から見てみる。検討することはいろいろあるが、ここでは捕獲断面積と非弾性散乱断面積に限り、またベンチマークテストは中心反応度値値について行った結果に限って述べる。この議論は昨年Geelで行われた構造材核種の核データに関する専門家会議で浅見哲夫氏が発表した論文を基にしている。

##### (i) Cr の データ

4つの同位元素について核データの評価を行い、天然元素のデータはこれら4核種のデータから求めている。一般に、天然元素については測定データが多く、同位元素のデータから求めた値よりも測定データそのものから求めたデータの方が信頼がおける。このような場合には同位元素のデータとの間には矛盾が生ずるが、実験データから求めた天然元素のデータを採用し

ている。

Cr の同位元素の共鳴パラメータはKFKのデータとBNL 325, 3rd editionのデータを比較検討して求めた。共鳴パラメータを与えた領域はそれぞれ

$$^{50}\text{Cr} : 5.4 \sim 472 \quad \text{keV}$$

$$^{52}\text{Cr} : 1.62 \sim 530 \quad \text{keV}$$

$$^{53}\text{Cr} : 4.18 \sim 246 \quad \text{keV}$$

$$^{54}\text{Cr} : 10.3 \sim 394 \quad \text{keV}$$

である。この領域より高いエネルギーでは光学模型と統計模型を用い断面積の計算をしたが、その際、天然元素の捕獲断面積が10 keVにおいて $20 \text{ mb} \pm 5\%$ の範囲になるように規格化した。この計算では4個の同位元素の捕獲断面積を同時に計算しているの、この規格化によって同位元素の断面積も同時に規格化される。

共鳴パラメータを用いて求めた捕獲断面積の平均値と統計模型で計算した断面積は良く接続している。このようにして求めたCrの捕獲断面積はKapchigashevらの測定値およびLeRigoleurの測定値と良く合っている。

ベンチマークテストの結果はENDF/B-Nのデータなどより良い傾向を示した。この結果では捕獲断面積も非弾性散乱断面積も他のデータセットより20~30%低くなっている。

## (ii) Feのデータ

共鳴パラメータはKFKのデータ、ORNLのデータ、BNL 325, 3rd editionのデータを基にして求めた。共鳴領域は

$$^{54}\text{Fe} : 3.1 \sim 250 \quad \text{keV}$$

$$^{56}\text{Fe} : < 400 \quad \text{keV}$$

$$^{57}\text{Fe} : 1.6 \sim 150 \quad \text{keV}$$

で、 $^{58}\text{Fe}$ には、測定データが貧弱なので、パラメータを与えることが出来なかった。高いエネルギーではCrの場合と同様の計算を行い、100 keVでの捕獲断面積が $6.5 \text{ mb} \pm 5\%$ を通るようにした。しかし、400 keV~2 MeVには捕獲断面積の測定値があるので、これを採用した。

共鳴パラメータを用いて計算した24 keV附近の全断面積の谷の部分はどうしても測定値より低くなるのでbackground データを加えて補正した。捕獲断面積は100~200 keVおよび2 MeV以上でENDF/B-Nなどよりも高く、また、全断面積の500 keV~2 MeVの値も高い。非弾性散乱断面積は逆に他のデータセットより低い。

ベンチマークテストの中心反応度値は他のデータセットの結果より低くなっている。捕獲断面積の寄与が10%高く、非弾性散乱断面積が20%程低くなっている。Feの問題はむしろ全断面積にあって、MeV領域の値が大きすぎるくらいがある。この領域のデータには未だ大まかな共鳴構造が残っていて、その取扱いにも問題がある。JENDL-1のデータはこれらを見捨て、光学模型の計算を行ったのであるが、この光学模型ポテンシャルパラメータにも疑問が残っている。

### (iii) Niのデータ

共鳴パラメータはHarwell, KFK, BNL 325, 3rd editionなどから採用した。共鳴領域はそれぞれ

$$^{58}\text{Ni} : < 600 \text{ keV},$$

$$^{60}\text{Ni} : 1.29 \sim 600 \text{ keV},$$

$$^{61}\text{Ni} : 1.35 \sim 70 \text{ keV},$$

$$^{62}\text{Ni} : 4.5 \sim 600 \text{ keV},$$

$$^{64}\text{Ni} : 9.5 \sim 600 \text{ keV},$$

である。エネルギーの高い領域はCr, Fe同様の計算を行い、100 keVでの捕獲断面積が $17 \text{ mb} \pm 5\%$ を通るようにした。

求めた断面積のうち捕獲断面積は1~300 keVおよび数100 keV以上で他のデータセットよりも大きな値になっている。非弾性散乱断面積は逆に他のデータセットより小さい値になっている。ベンチマークテストでも、捕獲断面積は20%高く、非弾性散乱断面積は40%低い結果を与えているが、中心反応度値は他のデータセットの結果と一致している。これは相補的な効果が互に打消し合ってもたらした結果と考えられるが、積分量から微分量を検討する場合の危険性を示した1例である。

### 3. 問題点と今後の課題

JENDL-1を編集する過程でCr, Fe, Niのデータを十分検討する時間的余裕がなかった。その理由は予定していた評価の担当者が編集期限近くなって都合上、評価作業を続けられなくなり、JENDL-1編集グループ(C.G.)が作業を代行しなければならなくなったことによる。担当者の協力は最も重要な条件である。

データの面から見ると、JENDL-1では共鳴パラメータを採用しているエネルギー領域が低過ぎるように思われる。 $^{56}\text{Fe}$ を例にして見ると、BNL 325, 3rd editionでも650 keV近くまでlevelが与えられているし、CINDA 76/77では3 MeV附近までの記録が

ある。先きに述べたように、この位の核では MeV 領域まで共鳴構造が残っている。それがどのような種類の共鳴であるかは別として、核データ評価の際にこれをどう扱うかは大きな問題である。

中重核の核データの評価法が未熟であったと言う反省が JENDL-1 編集グループに強く残っている。評価法は軽核、中重核、軽重核、重核のそれぞれにある特有な問題を考えて、それぞれの質量数領域に見合ったやり方を取るべきである。このことは JENDL-2 以降の最も大事な問題の 1 つになると思う。〔余談であるが、Blatt-Weisskopf の教科書では軽核 ( $1 \leq A < 25$ )、中重核 ( $25 \leq A < 80$ )、重核 ( $80 \leq A < 240$ ) としているが、私は軽核 ( $1 \leq Z \leq 15$ )、中重核 ( $15 < Z \leq 30$ )、軽重核 ( $30 < Z \leq 80$ )、重核 ( $80 < Z$ ) としてはどうかと考えている。ボクシングなどにも light-heavy 級があるので軽重核と言う言葉があっても良いのではないか?〕

計算の面から見ると、例えば光学ポテンシャルパラメータは Cr, Fe, Ni の間にさえも一貫性がなかった。これなどは JENDL-1 編集の期限が迫っていたために担当者(この場合はすでに C.G. のメンバーが個々に担当していた)間の連絡も十分でなかったことを意味している。計算の基礎になるこのようなパラメータの整備も今後やらなければならないことである。

#### 4. むすび

以上にいろいろ問題点を挙げたが、これだけ見ると JENDL-1 は大変怪しげな代物のように思われるかも知れないが、最初に述べたように、ベンチマークテストなどでその実用性は十分確かめられおり、むしろ少いマンパワーで短日月の間に完成したデータライブラリーとしては予想以上に良い物なのである。更に多くの人々に利用していただき、問題点をどんどん指摘していただきたいと思っている。