

WG 活動紹介(II)

重核評価WG

九州大学 先端エネルギー理工学専攻

河野 俊彦

kawano@aees.kyushu-u.ac.jp

1. はじめに

重核, 特にUやPu,Th同位体の核データは炉物理に必要な不可欠なものであり, その意味では, 狭義の核データとして本当に「重要な核データ」と言うことができます. 重核評価WGはシグマ委員会の中に常に存在していたものではなく, 元は重核データサブWGとして活動を行っていたようです. しかしながら, 当時, 私はまだ学生の身で, 重核WGの歴史について記述するだけのものを持ちませんので, ここでは現在のWGの活動について紹介させていただきます.

現在活動を行なっている重核WGは“JENDL-3.2問題点検討小委員会”で報告された主要重核に関する問題点の修正を中心目的として, 1997年に設置されたものです. このWGは, 来年度のJENDL-3.3リリースまでに再評価作業を完了するスケジュールで活動を続けています. 新しいライブラリには共分散データが付けられることが予定されています. そのため, WGのメンバーの半数は共分散評価WGとの掛持ちになっています. 現在のWGのメンバーは, 以下のとおりです(50音順).

岩本 修(原研), 大澤 孝明(近畿大), 川合 将義(高エネ研), 河野 俊彦(九大), 柴田 恵一(原研), 瑞慶覧 篤(日立), 中川 庸雄(原研), 中島 豊(RIST), 馬場 護(東北大), 松延 廣幸(データ工学), 村田 徹(アイテル), 吉田 正(武蔵工大) の12名.

2. 活動内容

WGの目的が明確かつJENDL-3.3の公開という時限があることから, WGの活動内容は自ずとはっきりとしており, JENDL-3.2の不具合の修正が作業の中心です. 過去に指摘されたJENDL-3.2の問題点を修正し, さらに評価者自らが確認している問題点及び改善点を検討し, JENDL-3.3の公開に向けた再評価の作業を行なっています. JENDL-3.3でupdateされる予定のデータの内の幾つかを, 以下に挙げていきます.

2.1. 同時評価

^{235}U , ^{238}U , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu のスムーズ領域での核分裂断面積は同時評価を用いて評価され[1, 2], その結果はJENDL-3[3]に格納されました. この時の同時評価では, $^{238}\text{U}(n, \gamma)$ 反応と $^{197}\text{Au}(n, \gamma)$ 反応が含まれておりましたが, ^{238}U の中性子捕獲断面積は評価国際協力の結果[4]を参考にしてJENDL-3.2で改訂されています. また ^{197}Au はJENDLにはありません. その他の核種の核分裂断面積についても, 同時評価の結果とは独立にJENDL-3.2で再評価がなされているものがありますので, 全体の統一性が取れていないものになっています.

前回の同時評価から数年が経ており, その間, 新しい測定も幾つかなされていますので, これらを考慮した再評価がなされるべきです. WGでは再計算を行なうかどうかを長らく議論してきましたが, 当時の資料・計算コード等が整理されているわけでは無かったので, この結論はなかなか出せませんでした. 最終的には, 同時評価用の新しいコードを作り直し, 実験データベースを全てチェックしなおして, 再計算する方針を固めました. なお, 今回の同時評価では, ^{238}U と ^{197}Au の捕獲反応は含まれておらず, 代わりに ^{233}U の核分裂断面積が評価されています. この文章執筆時では最終結果がまだfixされておりませんが, 予備的な結果では, ^{233}U の核分裂断面積は数MeVの領域で小さくなる傾向にあります. JENDL-3.2の ^{233}U に関するベンチマークテストでは, k_{eff} がやや過大評価されるという報告がなされていますので, おそらく望ましい方向だと考えています.

2.2. Direct/Semi-direct Capture

CASTHYのような統計模型で捕獲断面積を計算すると, 数MeV以上の領域では γ 線放出幅よりも中性子放出幅が圧倒的に大きいので, 捕獲断面積がほぼ0になってしまいますが, 実際には直接捕獲・集団励起捕獲が存在します. 多くの核種で, この過程が考慮されていないことがJENDL-3.2の問題点の一つに挙げられています. 重核WGでは, 北澤らの理論[5]に基づき, これに幾つかの近似を導入して計算を簡略化したコードを作成し, この過程の評価を行ないました.

2.3. 中性子スペクトル

$(n, 2n)$ 反応の閾エネルギー以上で, 中性子放出スペクトルの形状に問題があることが指摘されています. この原因は幾つかあることがWGの調査で分ったのですが, それが曖昧な情報のまま伝わったために一部に混乱が生じております.

スペクトルの最大の問題点は ^{238}U にあります. これは, GNASHで計算したエネルギースペクトルをENDF Formatに変換する際にフォーマット化を間違ったためで, 早

急に修正する必要があります。その他の核種のスペクトルも、精度の面から改善したほうが良いという結論になりましたので、それら問題の核種の2次中性子スペクトルについても、再評価が行なわれる予定です。

2.4. ^{235}U 共鳴パラメータ

WGが設置されて以来2年半が経過しましたが、その間にも、特にベンチマーク解析等から重核データへの多くのコメントがありました。その中でも重要なものが、 ^{235}U の熱領域での断面積に関するものです。JENDL-3.2を使ったベンチマークテストでは、JENDL-3.1に比べて k_{eff} が過大になる傾向を示すと言われていました。JENDL-3.1から3.2での改訂では、Multi-Level Breit-Wigner型を採用していた ^{235}U の共鳴パラメータが、Lealら[6]によるR-matrixを使った新しい評価値に置き換えられています。精度としては向上しているはずの新しい共鳴パラメータですが、積分テストの方からは、逆に望ましくない結果が報告されています。ENDF/B-VI Rev.5ではLealらによる1997年の共鳴解析の結果[7]が採用されており、JENDL-3.3でもこれを採用する方針です。但し、この共鳴パラメータに置き換えた積分テストの結果も満足できるものでは無いため、熱領域での核分裂中性子スペクトルの改訂も検討しています。

^{235}U に関する核データは、非常に高い精度が要求されています。微分データの精度を上げる一方で、積分テストの精度も上がりますので、高精度化への要求は常に存在します。今年の4月末にBNLで開かれたWPECの会合で、Lubitz氏は次のように語っています。「 ^{235}U は、終り無き旅である」と。

2.5. ^{240}Pu 共鳴パラメータ

WGが活動を開始したその年に、ORNLから ^{240}Pu に対する新しい共鳴解析の結果が出されました[8]。JENDL-3.3ではこの共鳴パラメータを採用する方針ですが、このパラメータを使って計算した断面積の値が、Ref. [8]に掲載されているものと異なるという問題が起こったため、最終決定までかなりの時間を要しました。Bouland氏に直接連絡をとって確認を行なった結果、論文中の断面積の数値に誤りがあり、共鳴パラメータには問題が無いことが分りましたので、JENDL-3.3への採用が決定されました。論文に掲載されているからといって、安易に信用するのは危険ということです。

3. おわりに

以上、JENDL-3.3に向けた重核WGの活動の幾つかを掻い摘まんで紹介いたしましたし

たが、さらに多くの改訂作業が終了、もしくは進行中です。JENDL-3.3公開までの時限付きのWGですので、重核評価の遅れが3.3公開を遅らせることの無いよう、少々急ぎ気味に作業を進めています。ファイルが完成し次第、ベンチマークテストが行なわれる予定ですが、そこで真っ先に組上に載せられるのは間違い無く重核データでしょう。私たちとしては、結果が良好であることを信じておりますが、こればかりは終るまでの皮算用の可能性も残っております。

今後、JENDL利用者の精度への要求がさらに高くなってくれば、評価の方もより高い精度の数値を(それが可能かどうかは別として)出す必要があります。そうなれば、JENDL-3.4やJENDL-4といった話も数年すれば出てくるのでしょうか。結局、「重核データは終り無き旅」なのかもしれません。

参考文献

- [1] Uenohara, Y., Kanda, Y. : *J. Nucl. Sci. Technol.*, **20**, 967 (1983).
- [2] Kanda, Y., Uenohara, Y., Murata, T., Kawai, M., Matsunobu, H., Nakagawa, T., Kikuchi, Y., Nakajima, Y. : *Proc. Int. Conf. Nuclear Data for Basic and Applied Science*, Santa Fe, USA, 1985, p.1567 (1985).
- [3] Shibata, K., Nakagawa, T., Asami, T., Fukahori, T., Narita, T., Chiba, S., Mizumoto, M., Hasegawa, A., Kikuchi, Y., Nakajima, Y., Igarasi, S. : *JAERI-1319*, (1990).
- [4] Kanda, Y., Kikuchi, Y., Nakajima, Y., Sowerby, M.G., Moxon, M.C., Fröhner, F.H., Poenitz, W.P., Weston, L.W. : *Proc. Int. Conf. Nuclear Data for Science and Technology*, Jülich, Germany, 13-17 May 1991, p.851 (1991).
- [5] Kitazawa, H., Hayase, T., Yamamuro, N. : *Nucl. Phys. A*, **307**, 1 (1978).
- [6] Leal, L.C., de Saussure, G., Perez, R.B. : *Nucl. Sci. Eng.*, **109**, 1 (1991).
- [7] Leal, L.C., Derrien, H., Larson, N.M., Wright, R.Q. : *ORNL/TM-13516* (1997), *Nucl. Sci. Eng.*, **131**, 230 (1999).
- [8] Bouland, O., Derrien, H., Larson, N.M., Leal, L.C. : *Nucl. Sci. Eng.*, **127**, 105 (1997).