

2015年日本原子力学会秋の大会

「シグマ」特別専門委員会活動報告と核データ研究の将来展望

(4) 核融合分野の核データニーズの現状

日本原子力研究開発機構
核融合中性子工学研究グループ
今野 力

konno.chikara@jaea.go.jp

1. はじめに

私が旧原研に入所した 1985 年頃は核融合中性子工学研究が非常に盛んで、国内の DT 中性子源施設（原子力機構（旧原研）FNS、阪大 OKTAVIAN、東北大ダイナミトロン等）で 2 重微分断面積測定、核データ検証積分実験、核融合核特性実験が多数行われ、核データコミュニティの一翼を担う一大勢力であった。それから 30 年が経過した現在、核データの質、量ともに格段に向上し、核融合分野の研究者の多くは何の疑義も抱かずに JENDL を利用している。一方で、核データに関心を持って研究をしている核融合分野の研究者は、最後の砦であった原子力機構の DT 中性子源が今年度末でシャットダウンすることが決まったこともあり、まもなく絶滅する可能性が高い。このような状況になった大きな理由として、1980 年代、1990 年代の豊富な実験的研究をもとに核データ評価者の方々が多大な尽力をされ、核データの精度が飛躍的に向上し、現在の核データは申し分のない完成したものであると考えられる方が主流になったことが挙げられるが、核融合分野において核データの質と量は本当に十分なのであるか？ 30 年にわたり核融合分野から核データ研究に関わってきた研究者の生き残りの一人として、核データのニーズ（要望）について私見を述べさせていただきたい。

2. 反応断面積データ

これまでに我々のグループでは原子力機構 FNS、阪大 OKTAVIAN で行われた核データ検証積分実験の解析結果をもとに JENDL-4.0 の質が良くなっていることを学会、国際会議等で報告してきた（図 1、2 参照）[1, 2]。しかし、チタン、モリブデン、銅、鉛等の核種については、原子力機構 FNS で近年行った核データ検証積分実験で $(n, 2n)$ 反応断面積、 (n, n'_{cont}) 反応断面積、共鳴パラメータ等にも問題があることも指摘してきている（図 3、4 参

照) [3-6]。JENDL-3.3 で問題が指摘された[7]非分離共鳴データについても、JENDL-4.0 で非分離共鳴領域の上限エネルギーを大きくすることで回避されたようになっているが、OKTAVIAN での Mn 球 TOF 実験の解析結果から考えると妥当ではなかった可能性がでてきており[8]、非分離共鳴データの形式も含めて再検討が必要であろう。また、核融合炉での中性子増倍材として使われるベリリウムに関しては、結晶構造で熱中性子散乱則データが大きく変わるかもしれず[9]、典型的な結晶構造に対する熱中性子散乱則データ整備の必要性も言われ始めている。更に、国際核融合実験炉 ITER ではバリウム入りの重コンクリート (Baryte concrete) を使うことが検討されたことがあるが、バリウムの核データに 2 次 γ 線データが入っていないことに当初気がつかず、遮蔽計算で得られた全線量が小さくなってしまったことがあった。2 次 γ 線データが入っているバリウムの核データ

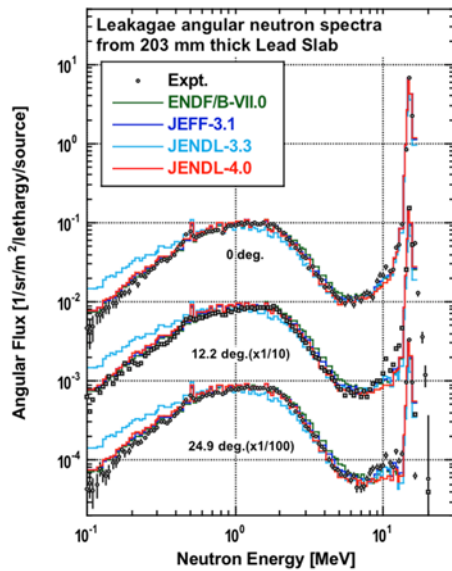


図 1 FNS での鉛 TOF 実験

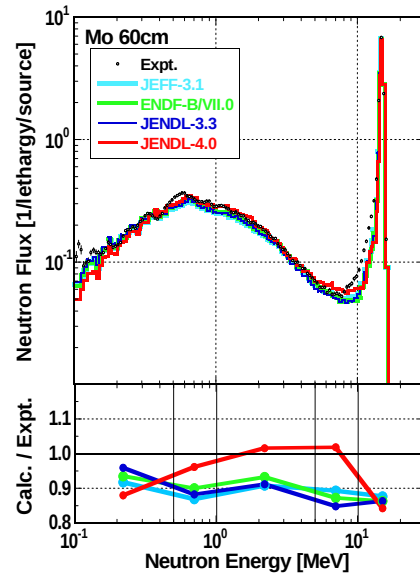


図 2 OKTAVIAN での Mo 球実験

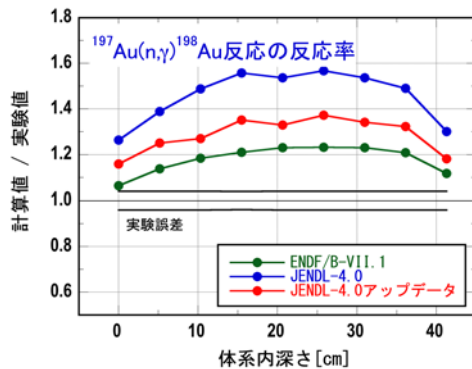


図 3 FNS Ti 実験での計算と実験の比

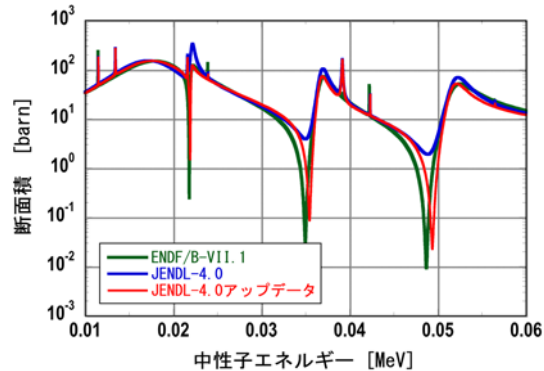


図 4 ^{48}Ti の全断面積 (一部)

は JENDL も含めどの核データライブラリにもないため、ITER の遮蔽計算で問題になった。ユーザーがどの核種を使っても支障がないように、全ての核種に 2 次γ線のデータを入れることをお願いしたい。これらの問題に対し、核融合分野の研究者と密接な連携をとって解決に向けたご尽力をお願いしたい。

3. 共分散データ

核融合炉では燃料自己供給の観点から 1 以上のトリチウム増殖比 (TBR) を確保することが至上命題で、核融合炉核設計では少しでも大きな TBR が得られるよう工夫を凝らしているが、現状の設計での TBR は 1 を少し上回った程度[10]であるため、TBR の計算値に 5%以下の精度が求められている。これまでも計算で得られた TBR の精度検証実験は多数行われてきたが、どうしても実験誤差が 10%弱になってしまうため、実験で TBR を 5%以下の精度で検証することはできていない。核融合炉核設計ではモンテカルロコード MCNP が使われており、計算で得られた TBR の精度は核データの精度でほぼ決まる。核データの誤差に起因する TBR の計算値の誤差を適切に評価できるよう、核融合分野で使われる核種 (Li、Be、Ti (^{48}Ti には共分散データあり) 等) の共分散データを是非整備していただきたい。最終的には TBR の計算値の誤差が 5%以下と自信を持って言えるくらい質の高い断面積データ及び共分散データを期待している。

4. 重陽子入射データ

現在、青森県六ヶ所村の原子力機構六ヶ所核融合研究所では国際核融合材料照射施設 IFMIF の加速器に関わる種々の実証試験が進められている。この研究の次期計画として、2 本の 40MeV 重陽子加速器で構成される IFMIF を作る前に、1 本の 40MeV 重陽子加速器のみを作り、40MeV に加速した重陽子を液体 Li に当てて新たな中性子源を作ることが検討されている。この計画では 40MeV までの重陽子入射の汎用核データ及び放射化データが必要になる。核融合炉用核データライブラリ FENDL-3.0 では重陽子入射の汎用核データ及び放射化データも整備されているが、是非、JENDL として FENDL-3.0 を凌駕する国産の重陽子入射の汎用核データ及び放射化データライブラリを整備していただきたい。

5. KERMA、DPA 断面積計算に必要なデータ

核発熱定数(KERMA)や損傷(DPA)断面積は、放射線輸送計算コードで使えるように処理された核データのファイル (例えば MCNP コードの場合であれば、ACE ファイル) に格納され、ユーザーは KERMA や DPA 断面積データそのものを意識することなく、核発熱や DPA を計算している。本学会の通常セッションでも報告した[11]ように、KERMA や DPA 断面積データには問題のあるデータが多い。このような問題は、KERMA や DPA 断

面積データを計算するために必要なデータ（例えば、2 次 γ 線データ、2 次粒子エネルギースペクトル）が核データライブラリに入っていないかったり、入っていたとしてもそのデータの質が悪かったり（例えば、反応の前後でエネルギーが保存されていない）することにより生じている。放射線輸送計算ではこのようなデータがなくても、また、データが悪くても問題にならないことが多いが、発熱、損傷を計算する場合には大きな問題になることがある。この問題は核融合分野に特化したものではないが、KERMA や DPA 断面積データ計算も見据えた核データの整備をお願いしたい。

6. おわりに

絶滅の危機に瀕している、核データに関心を持って研究をしてきた核融合分野の研究者の生き残りの一人の遺言として、核融合分野から見た核データのニーズについて思いのたけを述べさせていただいた。おいぼれ老人の戯言と思わず、真摯に耳を傾けていただければ幸いである。

参考文献

- [1] C. Konno, et al., Prog. Nucl. Sci. Technol., 2 (2011) 346.
- [2] Y. Kato, et al., Prog. Nucl. Sci. Technol., 4 (2014) 596.
- [3] M. Ohta, et al., Fusion Eng. Design, 89 (2014) 2164.
- [4] M. Ohta, et al., Fusion Eng. Design, in printing.
- [5] S. Kwon, et al., submitted to Fusion Eng. Design.
- [6] 権セロム、他、原子力学会 2015 年秋の大会 O09.
- [7] C. Konno, et al., Proc. International Conference on Nuclear Data for Science and Technology 2007, p. 713.
- [8] C. Konno, et al., Prog. Nucl. Sci. Technol., 4 (2014) 606.
- [9] C. Konno, et al., Fusion Eng. Design, 85 (2010) 2054.
- [10] Y. Someya, et al., Fusion Eng. Design, 86 (2011) 2269.
- [11] 今野力、他、原子力学会 2015 年秋の大会 O22.