



会議のトピックス(II)

日本原子力学会「2014年春の年会」

2014年3月26日(火) 東京都市大学 世田谷キャンパス

核データ部会・炉物理部会合同セッション 「熱中性子散乱則データのこれまでとこれから」

(1) 合同セッションの趣旨

北海道大学工学研究院
エネルギー環境システム部門 原子炉工学研究室
千葉 豪
go_chiba@eng.hokudai.ac.jp

1. はじめに

日本原子力学会 2014年春の大会において、「熱中性子散乱則データのこれまでとこれから」というテーマで、炉物理・核データ合同部会セッションが開催された。今号の核データニュースには今回の講演4件のうち3人の講演者が寄稿されているので、講演の時間内では理解が難しかった、という人も、今号に掲載されているテキストでじっくり勉強することが出来ると思う(私もその一人)。

この文章では、この企画の発案に関わり、座長を務めた立場から、セッションに至るまでの簡単な経緯と、セッションでの議論の内容を簡単に紹介しようと思う。なお、私は炉物理のエンジニアなので、そのような視点からの文章であることは覚悟していただきたい。

2. 熱中性子散乱則データが熱い!?

大多数の炉物理のエンジニアにとって、「核データ」は単なる物理定数であり、「それがどのように決められているか」ということはそれほど興味があるものではない(と思う)。また、興味があったとしても、核データを理解するためには量子力学の知識が必須

となるわけで、「まずは量子力学を勉強しよう」と思って結局量子力学の段階で挫折している人も多い（と思う）。今回の話題の中心である「熱中性子散乱則データ」は、「核データ」の中でもさらに敷居が高く、せいぜい、 $S(\alpha,\beta)$ の α が運動量、 β がエネルギーに対応していることくらいを認識している程度が、炉物理エンジニアの一般的なレベルかと思う。そのように敷居が高い熱中性子散乱則データではあるが、熱中性子炉の炉物理計算では非常に重要なデータであることは衆目一致するところである。

前の版である JENDL-3.3 には熱中性子散乱則データは含まれておらず、どの評価データを使用するかは炉物理コード用のライブラリ作成者やコード使用者に任されていた。JENDL-4.0 では、計算結果の任意性を避けるため、熱中性子散乱則データを含むこととなった。JENDL-4.0 を公開する頃には ENDF/B-VII.0 や JEFF-3.1 で新たなデータが評価されており、JENDL-4.0 として、使用経験が蓄積されていた ENDF/B-VI.8 のものを使うか、また ENDF/B-VII.0 や JEFF-3.1 等の新しいものを使うか、選択を迫られた。議論の結果、最終的には積分データの再現性の良い（他の核種の評価値との相性が良い）ENDF/B-VI.8 のデータを採用することになった。また、公開の直前に京都大学の安部先生が独自に評価された水分子中の水素のデータを JENDL 開発チームが入手したが、その採用は見送られた（このあたりの経緯は、私自身良く認識していないが、検討するのに十分な時間が無かった、というのが実際のところではないかと推察する）。ENDF/B-VI.8 の熱中性子散乱則データを採用した JENDL-4.0 は、核分裂炉の核特性を極めて高い精度で予測し、その性能は最新ライブラリの ENDF/B-VII.0 や JEFF-3.1 をも凌ぐものであった。

では、そのような状況で、なぜ熱中性子散乱則データが注目されたのだろうか。今となっては、もうすっかり経緯を忘れてしまっているのですが、JENDL 委員会のリアクター積分テスト WG の議事録をひっぱりだして、整理しようと思う。

平成 23 年 11 月の会合の議事録には、WG の今後の活動に関する議論において、「 $S(\alpha,\beta)$ データについては、その他の核データの精度が向上しているため、その重要性は増しており、独自に評価できないことは核データ研究の日本独自の活動をするうえで問題である」との認識が示された、との記述がある。おそらくそれを受けてであろうが、平成 25 年 1 月の会合で、私から、水分子中の水素の熱中性子散乱則データについて、ENDF/B-VI.8、-VII.0、JEFF-3.1、安部先生の評価値の差異が熱中性子炉の核特性に与える影響を評価した結果を報告している。この資料を準備する段階で、ENDF/B-VII.0 や JEFF-3.1 の評価データは、古い ENDF/B-VI.8 のデータより明らかに信頼性が高いものであること、安部先生のデータは ENDF/B-VII.0 等と比べてさらに信頼性が高い（導入される近似が少ない）ことを私自身は初めて認識し、次のライブラリではより信頼性の高いデータを採用すべき、という考えに至った。また、JEFF の積分テストを行っている NRG の S.C. van der Marck 氏が、JENDL-4.0 を使った計算であっても、熱中性子散乱則データとしては「more modern」な ENDF/B-VII.0 のデータを使っている（Nucl. Data Sheets の Vol.113、p.2938）ことにも

衝撃を受けた。我々が「JENDL-4.0 は ENDF/B-VI.8 の熱中性子散乱則データとペアで使うものですよ」と言っているのに、全く聞いていないからである。

一方、熱中性子散乱則データについては、水素に限らず、ベリリウムについても別なところで議論が行われていた。FNS のベリリウムベンチマーク実験での熱中性子エネルギー領域での実験値の再現性が良くないこと、また JMTR のベリリウム反射体領域において熱中性子束の実験値の再現性が良くないことが指摘されており、その共通要因としてベリリウムの熱中性子エネルギー領域の核データが挙げられていたのである。

以上のことから、一部の関係者の間で、「日本独自で熱中性子散乱則データを評価する必要があるかもしれない」という認識が共有され始めていた。

3. 企画セッション立ち上げとセッション当日

このような経緯から、炉物理部会と核データ部会との合同セッションの企画を発案するに至った。セッションの構成としては、まずは熱中性子散乱則データの基本を炉物理のエンジニアが勉強できるような講演を鬼柳先生に行っていただき、引き続き京大・安部先生に最新の検討結果をご紹介いただく。その後、応用分野における熱中性子散乱則データの重要性・影響を、GNF-J の池原氏と JAEA の竹本氏にご講演いただく、というものとした。

また、総合討論の時間を設け、炉物理・核データの専門家の中で、熱中性子散乱則の重要性について認識を共有できれば、と考えた。総合討論の論点としては、「水分子の水素、ベリリウム以外にニーズは無いか?」「熱中性子散乱則データの評価は外国任せでよいか?」「国内で独自に評価すべきとしても、現実論として可能か、可能ならば、どのような体制で行うべきか?」というものを予め用意した。

セッション当日は、座長の不手際により総合討論を実施することが出来なかったが、ある程度の認識の共有は図れたのではないかと思う。以下に、セッションを通して私が認識した事項をまとめておく。

- 固体のデータ（干渉性散乱断面積）は結晶組織構造や化学的純度に依存するため、個々の「モノ」に対して評価を行う必要がある。構造や純度といった情報が既知であれば、北海道大学で開発している RIFIT コードで全断面積の評価が可能である。RIFIT コードは公開されているコードである。
- 京大で実施している分子動力学計算に基づく評価では、液体減速材（軽水・重水）の断面積の導出が可能であり、計算機資源がある限り、任意温度でのデータファイルを作成することが出来る。
- 理想的には、ユーザが必要とする温度での熱中性子散乱則データは、事前に与えられた複数の異なる温度点でのデータからの内挿で評価するのではなく、その温度で直接評価を行ったものを用いるべきである。

- 黒鉛を減速材として用いた体系の計算でも実験値の再現性が悪いものがあるため、独自に熱中性子散乱則データの検討を行いたい、という要望がある。
- JENDL としても、ユーザからの強いニーズがあれば、独自に熱中性子散乱則データの評価を行うことを検討する。

4. おわりに

熱中性子散乱則データの「これから」については、今後も継続して議論が行われていくと思うので、関心のある方は積極的に議論に参加していただければと思う。

最後に、本セッションでの講演依頼に対してご快諾いただいた講演者の皆様に深く感謝したい。今回は、「各自、早目に発表 OHP のドラフトを準備し、当日までに関係者間で内容を共有しておく」ということを勝手にお願いしていたが、皆さん、きっちり守って下さった。ご多忙の中、セッション前々日の夜中（前日の明け方）の4時前に OHP を送って下さった方もいた。そういったご配慮のおかげで、私などは学会前日にきっちり「予習」をすることが出来たし、スムーズなセッションが実現されたものと思う。その方とは北大の大先輩の方であるが、朝起きてメールを確認した時には、本当に「有難い」と思った次第である。