

▲▼ 会議のトピックス(IV) ▼▲

## 核構造・崩壊データ評価者ネットワーク会議

日本原子力研究開発機構

核データ研究グループ

飯村 秀紀

iimura.hideki@jaea.go.jp

---

### 1. はじめに

標記会議 (Technical meeting of the nuclear structure and decay data network) が、2015 年 4 月 20 日～24 日に IAEA で開かれた。この会議は隔年で開催され今回で 21 回目である。今回は、18 カ国と IAEA から 41 人が出席した。このうち米国からの出席者が最も多く、15 人であった。ずいぶん久しぶりに、ORNL の Martin が出席していた。核構造・崩壊データの評価者にとっては神様のような人である。この会議にはずっと前から出席しなくなっていたが、今回の会議の後に評価者の再教育のワークショップがあるので、それと合わせて出席したのだと思う。もう 80 歳くらいと思うがお元気そうであった。

日本からの参加者は、これまでの会議では一人であったが、今回初めて筆者と、理化学研究所の櫻井さんの二人が出席した。会議の事務局は IAEA の Dimitriou が務めた。会議の議長には元 IAEA の Nichols が選出された。会議では多くの項目が検討されたが、そのうち幾つかについて以下にまとめる。会議の詳細な内容は、IAEA から INDC(NDS)-0687 として出版される予定である。

### 2. 会議の内容

#### (1) 評価センター

各国の評価センターから評価の進捗状況の報告があった。その中で、日本の状況を報告した。日本は質量数 118, 120～129 を担当しているが、このうち前回の改訂から年数が経っている 118, 120, 126 の評価作業を現在進めている。特に 118 が古いことが議論になった。この質量数については、今回の改訂が終わりしだい他国に担当を移すことが既に決まっていたが、議論の結果、改訂が終わらなくとも今年度中を目処に他国に引き継ぐことになった。

評価センターの変更があり、フランスの評価センターが、評価者が高齢となり後継者も

いないため廃止となった。逆に、ルーマニアと Michigan State University (MSU) が新たな評価センターとして加わった。このうち、MSU がセンターなることについて多少議論があった。Thoennessen (MSU) によると、MSU では DOE の支援で、評価を専門にやる職員を雇用したそうである。評価センター以外では、櫻井さんが、理研の RI ビーム施設で得られた実験データを、Experimental Unevaluated Nuclear Data List (XUNDL) の形式でファイル化して NNDC に送ることを報告した。現在、RI ビーム施設で活発に核構造データを生産している MSU や理研が、実験以外に評価も行う方向に進んでいる。同様に、RI ビーム施設を建設中の韓国からも、評価作業を始めたことが報告された。

## (2) Evaluated Nuclear Structure Data File (ENSDF)

NNDC の Tuli が、ENSDF と、その出版物である Nuclear Data Sheets (NDS) の現状について報告した。NDS には、年平均 13 個程度の質量数の評価結果が出版されている。NDS の 2013 年の impact factor は 3.35 であった。Elsevier 社からの印刷された NDS の購入は、オンラインのみの契約に比べてごくわずかである。Elsevier 社から有料でダウンロードされた回数は、2014 年は 4 万回で、ここ 5 年間で 2.5 倍に増えた。日本からのダウンロード数は、全体の約 7% である。一方、NNDC からは無料でダウンロードできる。オンラインの核図表である NuDat から入って ENSDF を利用する例が多い。これら全体から、ENSDF はよく利用されていると言える。しかし、NDS の質量数毎の改訂年を見ると 10 年以上前のものが相当数ある。ENSDF の評価データが新しさを失えば、利用が無くなる危険があることが指摘された。

## (3) Horizontal evaluation

mass chain evaluation に対して、特定の物理量（質量、電磁気モーメント、 $B(E2, 0^+ \rightarrow 2^+)$  等）を全ての核種について評価するのは horizontal evaluation と呼ばれる。このうち質量は、 $\beta$  崩壊の  $\log ft$  値に関わるので特に重要である。ENSDF では、Audi 達が 2012 年に評価した質量値を採用することになっている。会議では、Audi が世界での最近の質量測定状況をレビューした。MR-TOF などの新技術を用いて、多くの不安定核種の基底状態のみならず準安定状態の質量が新たに測定されている。これに関して、ENSDF で準安定状態の励起エネルギーが欠けている核種について議論した。議論の結果、質量が測定されている準安定状態については、Audi 達が評価した質量値を取り入れることを確認した。なお、Audi 達の質量評価のグループに、理研の Naimi さんが加わったそうである。質量以外では、Stone による電磁気モーメントの評価の更新などが報告された。

## (4) 計算コード

ENSDF は、ファイル自体は何が書いてあるか利用者には分かりづらく、翻訳の計算コー

ドを通すことで、図や表を含んだ NDS のスタイルに変換され利用しやすい形になる。計算コードを通す作業は NNDC が行っているが、人手不足なので、翻訳で問題が生じないように評価者はファイルの書式をよく確認してから NNDC に送るように Tuli から注文があった。これに関して、評価者が各自の計算機で NDS スタイルへの変換を確認できる JAVA プログラムの紹介があった。また、いわゆるクラウドコンピューティングで、評価者がインターネットを介して NNDC や IAEA の計算機で変換する計算コードも開発されている。

ENSDF を XML で書き直すべきかどうか議論された。LBNL から、変換コードを Python で開発中との報告があった。しかし、ENSDF は多様なデータを含んでいるために、XML への変換は簡単ではないようである。そもそも、XML の利点があはつきりしないという意見もでた。これらのことから、XML への変換プログラムの開発は続けるが、ENSDF の書き直しは当面行わないことになった。他に、ENSDF を核反応で使用する Reference Input Parameter Library (RIPL) の形式に変換するプログラムも紹介された。

#### (5) 評価の技術的問題

半減期の評価の規則を詳しく議論した。半減期を測定した文献には、不純物や不感時間などからくる系統的な誤差を吟味せず、統計的な誤差だけで安易に小さな誤差が書いてある場合があるので、誤差の扱い方などを取り決めた。半減期の実験は、核物理や放射能の雑誌以外に発表されることもあるので、文献を集める際にそうした文献にも注意を払うことが指摘された。半減期は核種の基本的な属性であるので、半減期の新しい文献が出版された時は、NNDC はその核種を担当する評価者と相談して、半減期だけを更新することになった。

ENSDF は、それぞれの核種について、1 個の adopted dataset とそれ以外の  $\beta$  崩壊、インビーム  $\gamma$  線分光、中性子捕獲  $\gamma$  線分光、荷電粒子直接反応などのデータセットより構成されている。adopted dataset は、それ以外のデータセットを比較検討して、最終的に採用された励起エネルギーやスピン・パリティをまとめたものなので、最も重要である。それ以外のデータセットの中では、 $\beta$  崩壊のデータセットがよく利用される。これについて会議で議論した結果、 $\beta$  崩壊のデータセットについては、スピン・パリティのみならず  $\gamma$  線のエネルギーも adopted dataset の値を記載することにし、 $\beta$  崩壊の実験で測定された  $\gamma$  線エネルギーはコメントに留めることになった。また、 $\beta$  崩壊データセットでの  $\gamma$  線の放出率 (100 個の  $\beta$  崩壊に対して、各  $\gamma$  線が何個放出されるか) の書き方についても議論したが、結論は持ち越しとなった。

荷電粒子反応の共鳴状態の書き方について議論した。ENSDF では、荷電粒子反応の共鳴状態は常に記載し、中性子反応については記載してもしなくてもよいことになっている。共鳴状態を記載する場合の書式は、 $\gamma$  線の放出を記述するのに都合よくできているの

で、陽子や $\alpha$ 線など複数の崩壊チャンネルが有る場合をどのように扱うか問題となった。例えばある核種に多数の共鳴状態がある場合、それぞれの共鳴状態からの崩壊を別のデータセットとして扱くと、多数のデータセットができてしまう。議論の結果、軽核の評価を行っている Kelly (Duke University) を中心として改善案を作ることになった。

#### (6) 核種毎の評価

mass chain evaluation では、特定の核種に興味を持たれて実験データが蓄積していても、質量数全体の評価が終わらないと改訂版が現れない。そのため、興味を持たれている核種でも評価が古いことがある。この問題に対処するため、mass chain evaluation よりむしろ、優先度の高い核種から核種毎に評価すべきではないかということが議論された。これに対して、 $\beta$ 崩壊を評価するには mass chain evaluation が都合よいことや、核種毎の評価を迅速に行うマンパワーがあるのかなどの問題点が指摘された。議論の結果、方向としては核種毎の評価に移行していくことで合意した。但し、当面は、米国のセンター間で試みることになった。

#### (7) 新しい評価者の養成

Nuclear Structure and Decay Data (NSDD) ネットワークの主要なメンバーである Singh (McMaster University) や Firestone (LBNL) は、定年退職して NNDC や大学との契約で評価作業を続けているということであった。会議では、古い評価者が辞めていくのに備えて、新しい評価者をいかに養成するかを議論した。IAEA は、評価に関心がある若手研究者や学生を募り、核構造・崩壊データの評価手法をトレーニングするワークショップを Trieste など数回開いている。また、IAEA は、新しく評価作業を始めた評価者に経済的な支援も行っている。今回の会議で新しく評価センターに加わったルーマニアや、評価作業を始めた韓国の評価者は、このワークショップから育っている。このことから、IAEA の活動は一応成功していると言える。会議では、新しい評価者は最初しばらく経験のある評価者と一緒に作業するのが望ましいことが指摘された。LBNL は、新しく評価作業を始めた評価者や、周囲に協力者がいない評価者と契約して、LBNL で作業してもらう制度があるとのことであった。

#### (8) 次回会議および評価者再教育ワークショップ

次回の会議は、2年後にバークレーで開かれる予定である。

筆者は参加しなかったが、本会議の翌週に IAEA で、核構造・崩壊データの評価手法を再教育するワークショップが開かれた。Trieste で基本的な手法を習得した新しい評価者や、既に評価作業を行っているが最近の評価基準や計算コードをおさらいしたい評価者が対象である。こうしたワークショップは今回初めてであるが、IAEA は今後も続けたい

ということであった。

### 3. その他

本会議と同じ週に IAEA で、Nuclear Reaction Data Center (NRDC) ネットワークの会議も開かれており、そちらの事務局は IAEA の大塚さんで、日本からは北大の江幡さんが出席していた。それで NRDC の会議が終わった日に、NSDD は 1 日残っていたが、皆でホイリゲに行き夕食を一緒にした。近くに昔ベートーベンが住んでいたそうである。大塚さん、江幡さん、櫻井さん、それと当地の Stefan Meyer Institute for Subatomic Physics で研究している鈴木さんが参加した。筆者はドイツ語が全くダメなので、大塚さんや鈴木さんがホイリゲの人と流暢に会話するのを見て感心した次第である。

会議の最終日は早く終わり天気も良かったので、市場 (ナッシュマルクト) や公園を散歩した。金曜のまだ日も高い時間帯であったが、大勢の人がカフェやレストランの外のテーブルでワインなどを楽しんでいた。散歩しながらなんとなく撮った写真を付ける。



ペーター教会 (18 世紀初め頃の建築) の天井



ヨーゼフ 2 世 (マリア・テレジアの息子でポーランドを分割した皇帝) の像