



IAEA Consultants' Meeting on the FENDL library for fusion neutronics calculations に参加して

量子科学技術研究開発機構
核融合中性子源設計グループ
権 セロム

kwon.sacerom@qst.go.jp

1. はじめに

国際原子力機関 (International Atomic Energy Agency, IAEA) が主催する「Consultants' Meeting on the FENDL library for fusion neutronics calculations」に参加した (場所: オーストリア・ウィーン・IAEA HQ、期間: 2018 年 10 月 15 日~18 日)。本会合には IAEA のスタッフを含めて 10 名と TV 会議で 1 名が参加した。予想よりかなり小さい会場だったおかげで、参加者全員と近い距離で積極的に議論ができて大変有意義な時間だったと思う。

本稿では、本会合開催の背景及び議論内容について簡単に紹介したい。なお、本会合の発表資料は以下の URL より参照することができる。

<https://www-nds.iaea.org/index-meeting-crp/CM-FENDL-2018/>

2. FENDL ライブラリ

FENDL は IAEA が編纂して公開している Fusion Evaluated Neutron Data Library の略で、核融合中性子工学計算のための推奨核データライブラリである。FENDL の経緯や関連する CRP (Coordinated Research Project) 等に関しては九大の渡辺先生が 2009 年の核データニュースに寄稿した“核データ部会・「シグマ」特別専門委員会合同企画セッションの (2) FENDL-3 プロジェクトの概要” に詳細に書かれている[1]。FENDL の最新バージョンは FENDL-3.1d で、FENDL のホームページで ENDF 形式のファイルのみならず放射線輸送計算コードで使える ACE ファイル、MATXS ファイルも入手することができる (<https://www-nds.iaea.org/fendl/>)。

3. 会合の概要

本会合は各国の核データ、核融合中性子工学の専門家がそれぞれの立場から FENDL-3.1d について検討を行い、FENDL-3.1d の問題点を洗い出すとともに、今後の FENDL の改訂について議論することを目的として開催された。参加者は筆者を含めて日本 3 名（原子力機構の今野氏、国枝氏）、米国 1 名（T. Bohm 氏）、ドイツ 1 名（U. Fischer 氏）、イギリス 1 名（L. Packer 氏）、キューバ 1 名（D. L. Aldama 氏）、ITER 機構 1 名（E. Polunovskiy 氏）、IAEA2 名（A. Trkov 氏、A. Koning 氏）の 10 名で（TV 会議で Fusion for Energy の M. Fabbri 氏が参加）、議長は Fischer 氏、書記は Packer 氏が担当した（本会合参加者の写真は図 1）。最初の二日は参加者の発表が行われ、残りの二日はサマリー及び今後のアクションについて議論した。

初日は最初に Aldama 氏が FENDL-2.1 から FENDL-3.1d までの経緯とその断面積処理について報告したが、FENDL-3.1d の概要に近いもので特に目新しいことはなかった。Bohm 氏は FENDL-2.1、FENDL-3.1d、ENDF/B-VII.1、ENDF/B-VIII.0 を用いた、ITER の 1 次元と 3 次元モデル及び米国核融合科学施設（FNSF: Fusion Nuclear Science Facility）計画の 3 次元モデルの核解析結果の比較を行った。核データライブラリー間で中性子核発熱やトリチウム生成に大きな差が見られ、今後、同氏がその原因を検討することになった。今野氏は主に FENDL-3.1d の 20 MeV 以下のデータを対象として「FENDL-3.1d の K-39、K-40 の KERMA、損傷エネルギーに関する問題」、「FENDL-3.1d の ACE ファイルの p-table の問題」、「NJOY 非分離共鳴処理に起因する FENDL-3.1d の MATXS ファイルの問題」について発表した。また FENDL に関連して「TRANSX コードの IAEA パッチ効果」、「TENDL-2017 に関するコメント」について報告した。筆者は FENDL-3.1d の 20 MeV 以上のデータで明らかになった DPA 断面積及び 2 次中性子スペクトルデータの問題とその改善案について報告した。FENDL-3.1d の多くの核種は TENDL のデータを採用しているため TENDL-2017 の問題についても指摘し、TENDL 開発者の一人の Koning 氏から該当箇所を修正するとのコメントがあった。国枝氏は最近の JENDL 開発（JENDL-4.0/HE、JENDL/AD-2017、JENDL/PD-2016、重陽子入射断面積の評価手法、JENDL-5 計画）について報告した。特に放射化ファイル及び重陽子入射ファイルに関しては、FENDL-4.0 改訂との関連で参加者の関心が大きかった。

二日目は Packer 氏が FISPACT-II を用いて FENDL-3.1d の放射化データファイル、ENDF/B-VIII.0、TENDL-2017、JEFF-3.3 のベンチマークテスト結果の一部を紹介した。TENDL-2017 で良くなったものもあるが、そうではないものがあることが報告された。Trkov 氏は FENDL-3.1d の Fe-56 の改訂案として、ポスト CIELO プロジェクトである INDEN プロジェクトで検討している非弾性散乱断面積を修正した ENDF/B-VIII.0 を提案し、優先アクションとして早急にベンチマークテストを行ってからまた議論をすることになった。Fischer 氏は FENDL-3.1d を用いた欧州の早期中性子源計画（IFMIF/DONES）

の核設計を紹介するとともに、次期 FENDL の V&V について提案した。スライドによる発表ではなかったが、Polunovskiy 氏と Fabbri 氏が MCNP5 で FENDL-3.1d の ACE ファイルを使うと計算が途中で終了してしまう問題を口頭で報告した。会議中、今野氏がテスト計算を行ったが同現象は確認できなかったため、Fabbri 氏にその現象が起こる時の条件をまとめるよう要請した。

三、四日目は参加者の発表サマリーを元に Packer 氏が作成した会議の Summary notes に沿って、今回報告された FENDL-3.1d の問題を修正して FENDL-3.2 として公開するための課題(アクション)について議論した。FENDL-3.2 は 2019 年 6 月に公開する予定で、修正されたファイルは公開前に本会合の参加者に配布しチェックを行う。FENDL-3.2 の公開後、共分散データ等を完備して次期 FENDL-4.0 の整備を IAEA 主導で開始し、放射化断面積・荷電粒子入射ファイルの改訂をしてから Fischer 氏が提案した V&V を行う。まず、早急のアクションとして挙げられていた FENDL-3.1d の Fe-56 データに関して、今野氏と筆者は INDEN の Fe-56 データのベンチマークテストを行い、11 月初旬にその結果を会議参加者に送付した。同時に Bohm 氏からも FENDL-3.1d の Fe-56 データ改訂のため ITER の 1 次元モデルを用いたベンチマークテストの結果が送られてきた。各アクションの詳細や議論については IAEA レポート[2]に報告されている。

4. 終わりに

本会合で発表はしなかったが、日本から IAEA の NDS にインターンとして短期で来られている学生も参加していた。普通の国際会議とは違って、各国からの研究者らが狭い会議室で熱い議論するところを近くで見て(近すぎ?)、彼らに少しでも良い刺激になっていたら幸いである。特に核融合の国際会議では、核データの細かい話はあまりできなく、共通認識を得るのも難しいと思っていた筆者にも本会合は大変貴重な経験ができた時間だった。筆者もまだこの業界(?)の人とは言えないかもしれないが、周りの業界の人でない方々からは「核データは既によくできていて、国際機関の IAEA なり、各国の研究機関がそれぞれ責任持って公開しているから追加の検討などは必要ないだろう」ということをよく言われる。しかし、FENDL-3.1d に限っても本会合で報告されたように種々の問題があるのが現状である。今の研究を発展させ、FENDL-3.1d を含む核データの精度向上に貢献し、核データを信頼している方々の期待にこたえていきたい。

本会合とは直接関係ないが、会議期間中 IAEA の大塚さんと最近 IAEA のスタッフになられた奥村さんにお会いし、また、大塚さん、奥村さん、日本からの筆者以外の参加者(今野さん、国枝さん)、学生インターンの今里さんとともに食事する機会を持つことができた(図 2)。日本から遠いウィーンのレストランで日本の核データ関係者が集まって話題が尽きない夜だった。業務でお忙しい中、お時間を作っていただいた大塚さん、奥村さん、今里さんにはこの場を借りてお礼を申し上げる。



図1 会合参加者の集合写真（左上から：Fischer 氏、Aldama 氏、筆者、Trkov 氏、今野氏、Polunovskiy 氏、今里氏。左下から：Packer 氏、Bohm 氏、国枝氏。）



図2 日本の研究者らのプライベート食事会（左前から：今野さん、筆者、国枝さん、右前から：今里さん、奥村さん、大塚さん）

参考文献

- [1] 渡辺幸信、国枝賢：「FENDL-3 プロジェクトの概要」、核データニュース No.93、p.7 (2009).
- [2] L.Packer, A. Trkov (eds.), INDC(NDS)-0769 , <https://www-nds.iaea.org/publications/indc/indc-nds-0769.pdf>.