

会議のトピックス(II)

IAEA Technical Meeting “Nuclear Data Processing”

に関する会合報告

日本原子力研究開発機構
炉物理標準コード研究グループ
多田 健一
tada.kenichi@jaea.go.jp

1. はじめに

国際原子力機関(IAEA)が主催する Technical Meeting (以下 TM)、「Nuclear Data Processing (核データ処理)」が 2018 年 9 月 3 日から 6 日まで、オーストリア・ウィーンの IAEA 本部で開催された。本会合は 2015 年 10 月に開催された Consultants Meeting^{1,2)}、2017 年 12 月に開催された TM³⁾の続きの会合で、各機関で開発中の核データ処理コードの現状報告と、IAEA が実施している核データ処理コード間の処理結果の比較である ACE File Verification Project について議論があった。なお、本会合の発表資料及び報告書⁴⁾は以下のホームページで公開されているので、興味のある方はそちらもご参照頂きたい。

参考 HP : Technical Meeting on the Nuclear Data Processing

<https://www-nds.iaea.org/index-meeting-crp/TM-DataProc/>

2. 本 TM の概要

近年、世界各国で核データ処理コードの開発が進められている。そこで IAEA では、各国の核データ処理コード開発の進捗状況についての調査と、それぞれの核データ処理コードの処理結果の比較のため、TM を開催した。参加機関は主催者の IAEA と、BNL、LANL、LLNL、ORNL (以上米)、CEA、IRSN (以上仏)、JSC ASE EC、NRC (以上露)、NRG (蘭)、VTT (フィンランド)、AWE (英)、AENTA (キューバ)、CIAE (中)、KAERI (韓)、そして JAEA の 15 機関で、19 名の専門家が出席した。我が国の参加者は筆者のみであった。本会合では各機関の核データ処理コードの進捗状況と ACE File Verification Project を通じた核データ処理コード間の比較・検証結果が報告された。また、ACE File Verification Project

の今後の方針について議論した。前回の TM の参加機関・参加者数は 13 機関・17 名であり、参加機関、参加者数共に前会合を上回っており、核データ処理に対する注目が高まっていることを感じた。

それぞれの参加者の発表内容の概要については 2 章で述べるが、開発状況が報告された核データ処理コードは FREN DY(JAEA)、NJOY2016、NJOY21(LANL)、AMPX(ORNL)、FUDGE(LLNL)、PREPRO/ACEMAKER(IAEA/AENTA)、GRUCON(NRC)、RULER(CIAE)、GAIA(IRS N)、Galilee (CEA)の 9 機関・10 コードであった。これらの核データ処理コードのうち、NJOY2016、AMPX、PREPRO/ACEMAKER、GRUCON、RULER は従来の Fortran 言語で記述されており、今後の拡張が困難である。また今後の拡張性を見据えて最新のプログラミング技法を用いて開発している次世代核データ処理コードのうち、NJOY21、GAIA、Galilee はドップラー拡がりの処理など一部の処理しか実装しておらず、断面積ライブラリを作成するために必要な確率テーブルの作成や熱中性子散乱則の処理など断面積ライブラリを作成する上で必要な処理の多くについては既存の核データ処理コードに依存している。世界的に核データ処理コード開発が活発化しているものの、炉心解析に用いる連続エネルギーモンテカルロ計算コード用の断面積ライブラリ作成に必要な全ての処理を自前で整備している次世代核データ処理コードは FREN DY と FUDGE しかなく、FREN DY は核データ処理コード開発で世界をリードしている状況にあることを確認した。

また、IAEA の A. Trkov 氏から、各機関の核データ処理コードの比較結果(ACE File Verification Project)についても報告があった。ACE File Verification Project については 3 章にて説明するが、比較結果や今後の計画が以下のホームページおよび会議報告で公開されているので、興味のある方はそちらもご参照頂きたい。

参考 HP : ACE File Verification Project, https://www-nds.iaea.org/ACE_verification/

会議報告 : J. L.Conlin, A.Trkov “Nuclear Data Processing” , INDC(NDS)-0766 (2018)



図 1 IAEA 本部のあるウィーン国際センター(の一部)

3. 各国の核データ処理コード開発の現状

3.1 Verification of GRUCON Modules and Calculation Procedures for ACE File Generating

NRC(ロシア)の V. Sinitsa 氏より、ACE File Verification Project での核データ処理結果の比較で見つかった GRUCON の問題とその修正について報告があった。この問題は高エネルギー領域でのエネルギー範囲の設定の違いなどが原因である。なお、輸送計算の結果を比較すると、臨界性に与える影響が小さいことが分かった。

また、ガス生成断面積が NJOY2016 の結果と大きく異なることが報告された。会議中に Skip Kahler 氏が調査したところ、この差異の要因は NJOY2016 にあることが分かった。NJOY2012 以降では RECONR(断面積再構成及び線形化の処理)において MT=600~849 のデータを用いて MT=103~107 を自動的に作成している。NJOY の GASPR では、MT=103~107 と MT=600~849 が同時に存在する場合、どちらもガス生成断面積の計算に利用するため、重複して計算していることになる。これが GRUCON のガス生成断面積との差異の要因であり、NJOY2016 を修正することが報告された。

また、XML 形式の新しい核データフォーマットである GNDS(Generalized Nuclear Data Structure)⁵⁾への対応についても説明があった。GRUCON を GNDS に対応するため、XML の読み取りプログラムを自作し、GRUCON に実装した。

3.2 ACEMAKER: Treatment of Self-shielding and New Functionalities

AENTA(キューバ)の D. Aldama 氏より、ACEMAKER を使った ACE ファイルの処理について報告があった。PREPRO では非分離共鳴領域の自己遮蔽効果を考慮する方法として、マルチバンド法が利用できるため、NJOY の確率テーブルとは異なったアプローチの ACE ファイルを作成ができるようになった。

現在の ACEMAKER は ACE ファイルに必要な全てのデータを変換できる訳ではない。現在は光子生成に必要な処理機能を実装しており、今後は熱中性子散乱則や Dosimetry などについても実装していく予定である。

3.3 Improvement of Probability Table Generation using Ladder Method

著者から、非分離共鳴領域における共鳴の自己遮蔽効果を考慮するための確率テーブル作成手法の高度化について紹介し、従来の作成手法との差異及び確率テーブルの差異が輸送計算に与える影響について報告した。確率テーブルを作成できる核データ処理コードは少なく、また確率テーブルの作成について広範な検証を行った例は過去にないことから、参加者から従来の作成手法との比較結果や輸送計算への影響について質問が

寄せられるなど、高い関心を得た。

なお、確率テーブル作成手法を高度化しても輸送計算に与える影響が少ないことについて、Skip Kahler 氏より、確率テーブルは共鳴構造を平均化したものであり、手法が高度化されて共鳴構造が変わったとしても、平均値である確率テーブルにはあまり影響がないのではないかとのコメントがあった。

3.4 Current Status on the Galilee-1 code

CEA(フランス)の C. Jouanne 氏より、ACE File Verification Project での核データ処理結果の比較で見つかった GALILEE-1 の問題点について報告があった。NJOY2016 の処理結果と比較した結果、

低エネルギー領域のドップラー拡がりの処理

線形化のデータ点数が少なく、十分な内挿精度が得られていない

^{238}U の(n, γ)反応の narrow resonance の処理が不適切

という問題点が見つかり、改善した。

また、ENDF/B-VII.0 を用いて NJOY2016+MCNP と CALENDF+TRIPOLI4 で実効増倍率を比較したところ、よく一致するとの報告があった。但し、ENDF/B-VIII.b4 は LSSF=1 となっており、CALENDF では LSSF=1 の処理に問題があり、差異が見られる。

CEA では現在、確率テーブルを作成するため、GTREND というコードを開発中である。従来の CALEDNF と GTREND で確率テーブルが大きく異なることから、現在その要因を調査している。

3.5 Progress on ACE File Processing of RULER

CIAE(中国)の L. Ping 氏から ACE Verification Project での核データ処理結果の比較で見つかった RULER の問題点について報告があった。RULER で作成した ACE ファイルは、NJOY で作成した 0K の ACE ファイルを元に 300K まで Doppler Broadening を行っており、他の核データ処理コードとは ACE ファイルの作成方法や処理手順が大きく異なっている。

RULER の現状として、確率テーブル作成機能を開発中であるとの報告があった。なお、RULER の開発者は清華大学の学生を含めて 6 人と開発者が少なくなっているため、今後は開発スピードが遅くなる可能性がある。なお、清華大学の学生が RULER の開発に関与しているのは、清華大学のモンテカルロ計算コード RMC の断面積ライブラリの作成に RULER を利用しているためである。

3.6 Processing GNDS for Monte Carlo and Multi-group Transport Codes

LLNL(アメリカ)の B. Beck 氏より、FUDGE を用いた GNDS フォーマットの核データの処理について報告があった。FUDGE を用いて LLNL の連続エネルギーモンテカルロ計算コードや多群輸送計算コード用の断面積ライブラリを作る場合、一時ファイルとして PENDF ではなく GNDS 形式のファイルを書き出している。また、輸送計算コード用の断面積ライブラリの形式も GNDS にすることを進めており、GNDS 形式の断面積ライブラリ用 API として GIDI、MCGIDI を整備し、BSD ライセンスのオープンソースソフトウェアとして公開予定である。

また、ACE File Verification Project 参加のための ACE ファイルの作成については、toACE.py という変換ツールを使って変換している。なお、本ツールの Verification 用のテストケースの作成とバグチェックは LLNL に来た夏期実習生が実施しており、米国の学生の優秀さが垣間見えた。

また、FUDGE では中性子入射だけでなく、光子入射や陽子入射にも対応している。今後は非分離共鳴領域の自己遮蔽効果を考慮するための確率テーブル作成機能の実装と、熱中性子散乱則への対応を進めていく予定である。

3.7 NJOY Status in 2018

LANL(アメリカ)の J. Conlin 氏より、NJOY の現状について報告があった。本会合時点での最新バージョンは NJOY2016.40 であり、ENDF/B-VIII.0 の処理には NJOY2012.26 以上が必要である。

また、今後の開発方針として、現行版の NJOY2016 は今後新しい機能の実装はなく、バグ修正のみになる予定で、今後の核データ処理には NJOY21 を使うことを推奨する。ただし、NJOY21 は RECONR などの一部機能しか実装しておらず、実際に NJOY21 が利用できるようになるまでにはかなりの時間が必要だと思われる。また、NJOY2016 は W. Haeck 氏が、NJOY21 は J. Conlin 氏が担当する。

NJOY21 では入力チェック機能も拡充しており、入力の間違いについてより詳細なエラーメッセージが出るようになっている。このように NJOY21 では従来の NJOY に比べてユーザーのために利便性向上を図っている。NJOY2016 と断面積再構成の結果を比較したところ、丸め誤差の範囲内で一致することを確認した。なお、NJOY21 の処理時間は NJOY2016 と同等か高速であり、J. Conlin 氏によると、コンパイラの最適化と倍精度を利用したことが大きいと思われる。なお、FUDGE や AMPX も倍精度を利用しているとのことである。

また、FRENDY と同様に連続エネルギーモンテカルロ計算コード用の断面積ライブラリ形式である ACE ファイルをユーザーが任意に編集できるようにするツールとして、

ACEtk を開発中との紹介があった。なお、ACEtk の概要については 5.3 節で述べる。

3.8 Benchmark Calculation for U-235 and U-238 Multi-Band Data Based on ENDF/B-VII.1 and ENDF/B-VIII.0b4

KAERI(韓国)の D. Kim 氏より、ACE File Verification Project で採用している ICSBEP の入力を使って、ENDF/B-VII.1 と ENDF/B-VIII.0b4 の比較を実施した結果について報告があった。また、併せて非分離共鳴の自己遮蔽効果の取り扱いの違いが輸送計算結果に与える影響について評価した。非分離共鳴の自己遮蔽効果の取り扱い手法として、NJOY の PURR モジュールによる Ladder 法を使った確率テーブルと、PREPRO の URRPACK モジュールのマルチバンド法を用いた。マルチバンド法は 20 ビンの確率テーブルから 2 band のマルチバンドを作成した場合と、直接 2 band のマルチバンドを作成した場合の二通りを行っている。

ICSBEP の解析結果を比較したところ、確率テーブルと確率テーブルからマルチバンドを作成した場合はよく一致するものの、直接マルチバンドを作成した場合は非分離共鳴領域の自己遮蔽効果の影響の大きい一部のベンチマークでやや差異が見られる結果となった。なお、これは PREPRO の開発者である D.E. Cullen 氏のレポートの結果⁶⁾と同じである。

3.9 Current Status of the GAIA Processing Code

IRSN(フランス)の R. Ichou 氏より、IRSN で開発中の GAIA コードの開発状況について報告があった。GAIA-1 は NJOY のモジュールを使って IRSN の輸送計算コードの断面積ライブラリを作成するもので、VESTA 用の PENDF ファイルと MORET 用の XML ファイル、GENDF 形式の共分散データが出力可能となっている。

また、NJOY と独立した核データ処理コードとして GAIA2 を開発中である。Ph.D.の学生二人が主として開発を担当しており、現在は断面積再構成とドップラー拡がりの処理を実装した段階である。また、ドップラー拡がりの処理について、ORNL の SAMMY で使っている Leal-Hwang の式で計算する機能があり、NJOY と異なるアプローチをとっているとのことである。また、GAIA では熱中性子散乱の TOF 実験データから $S(\alpha, \beta)$ を作ることが可能となっており、フォノンスペクトルと NJOY の LEAPR モジュールを用いて作成する手法と、 $S(\vec{q}, \omega)$ から直接作成する手法の二通りの手法を整備している。

3.10 Serpent and Evaluated Nuclear/Atomic Data

VTT(フィンランド)の V. Valtavirta 氏より、Serpent の開発の経緯と Serpent の構造(Kraken)

について発表があった。Serpent 開発の当初の目的は、多群断面積の生成とマルチフィジクス計算であり、近年は核融合や遮蔽計算などに利用範囲が拡大している。Serpent で利用している断面積ライブラリは MCNP と同じく ACE フォーマットであり、NJOY で処理した断面積ライブラリを利用している。

Serpent では光子相互作用のデータも利用できるが、IAEA 等で配布している電子光子相互作用断面積ライブラリ EPIC2017 については Serpent で使うと問題があるとの報告があった。詳細は 5.4 節で述べるが、EPIC2017 は配布元によってデータが異なっているとのことである。

Energy deposition calculation については現在どの手法がいいか検討している段階であり、最適な手法を Serpent2 に採用する予定である。現行の ACE ファイルには Energy deposition calculation に利用できるデータが無い。Serpent で Energy deposition calculation を取り扱うために、ACE ファイルの末尾に Energy deposition calculation に必要なデータを追加している。なお、LANL の W. Haack 氏によると、MCNP は ACE ファイルの末尾以降にデータを追加していても問題なく動作するとのこと、Energy deposition calculation 計算用にデータを追加した ACE ファイルは MCNP でも利用することができる。

不確かさ伝播については Serpent2.1.19 で実装した。Serpent2.1.19 では SCALE の COVERX 形式にのみ対応しているが、今後は NJOY の COVR モジュールの Boxer 形式にも対応する予定である。

3.11 Resonance QA

BNL(アメリカ)の D. Brown 氏より共鳴間隔の GOE、ポワソン分布等の選択の品質保証ツール ADVANCE について報告があった。ADVANCE は Python ベースのプログラムで、中性子入射の共鳴断面積の欠落や共鳴エネルギーの不一致、分離-非分離の境界や共鳴幅の分布などをチェックする。

また、非分離共鳴領域の確率テーブルの作成ツールとして、夏期実習生が mcre.py を開発したとの報告があった。現状ではラダー法に相当するサンプル機能は用意していないものの、今後実装していく予定で、最終的には FUDGE に導入する予定である。

3.12 Current Status of AMPX

ORNL(アメリカ)の D. Wiarda 氏より、SCALE 用の核データ処理コード AMPX について報告があった。SCALE 中の各コードによって処理コードが異なっており、個別のモジュールを使って断面積ライブラリの作成を行っている。入力データ数が大きく、手動での断面積ライブラリ作成が困難なため、GUI を使った AMPX 用の入力作成ツールを用意して

いる。現状では SAMMY コードを核データ処理に利用していないが、将来的には AMPX に組み込み、核データ処理モジュールの一つとして利用する予定である。

AMPX で作成した断面積ライブラリ中のデータは SCALE の Fulcrum モジュールを使うことで出力することが可能である。また、断面積の比較用に Compare、Camel、Covcomp などのツールを整備している。これらのツールは、ENDF-6 形式のファイルと GNDS 形式のファイルの比較に利用している。

最新版の AMPX は ENDF/B-VIII.0 の処理に対応しており、SCALE 用の ENDF/B-VIII.0 ライブラリは SCALE6.3 β に同梱する予定である。なお、ENDF/B-VIII.0 を配布版の AMPX で処理するためにはパッチが必要であり、メールで要求があれば提供する。また、GNDS 対応版については次の β 版にバンドルする予定である。

現在のところ、AMPX を入手するためには SCALE にバンドルされたものを入手するしかないが、AMPX についてはオープンソース化も検討しているとのことなので、今後は AMPX 単体で入手できるようになるかもしれない。

3.13 NJOY2016 Updates for ENDF/B-VIII.0

LANL(アメリカ)の W. Haack 氏から、ENDF/B-VIII.0 を処理するための NJOY2016 の修正点について報告があった。なお、NJOY2016 の修正についての詳細は参考文献 7 に記載しているため、ここでは省略する。

3.14 Benchmarking Update on TENDL-2017, ENDF/B-VIII, JEFF-3.3

NRG(オランダ)の S. van der Marck 氏より、TENDL-2017、ENDF/B-VIII.0、JEFF-3.3 を用いた ICSBEP の積分実験解析結果について報告があった。なお、核データの処理には TENDL-2017 に NJOY2012.115 を、ENDF/B-VIII.0 に NJOY2012.50 を、JEFF-3.3 に NJOY2016.20 をそれぞれ利用し、自動処理システムを利用して処理を行っている。また、TENDL-2017 の解析については、主要重核、H-1 から F-19 の軽核、熱中性子散乱則データについては ENDF/B-VIII.0 を利用して計算を行った。

LCT の結果を見ると、JEFF-3.3 の傾向がやや異なっている。Gd の影響ではないかとのコメントもあったが、Gd は TENDL-2017 も異なっているため、JEFF-3.3 だけ傾向が異なっている理由は分かっていない。また、高濃縮ウランでは JEFF-3.3 の傾向が異なっているが、HMT のいくつかの実験ケースで TENDL2017 の差異が大きくなっている。

C/E-1 の分布をみると、THERMAL と FAST はポアソン分布に乗っているが、INTERMEDIATE では山のピークがずれており、また MIXED ではピークだけでなく、形状も変わっている。このことから、INTERMEDIATE と MIXED のような共鳴領域にスペ

クトルのピークが来る炉心については評価済み核データライブラリの改良の余地があると思われる。

また、Oktavian、FNS、LLNL パルス実験、NIST で測定された遮蔽実験について解析結果との比較を行ったところ、LLNL の Mg へのパルス実験において、ENDF/B-VIII.0 で他のライブラリに比べて差異が出ていることが分かった。

TCA、STACY、FCA、ZPPR の β_{eff} 及び Rossi- α の測定結果についても解析結果と比較したところ、臨界試験と同様に JEFF-3.3 だけ傾向がやや異なる結果になることが分かった。

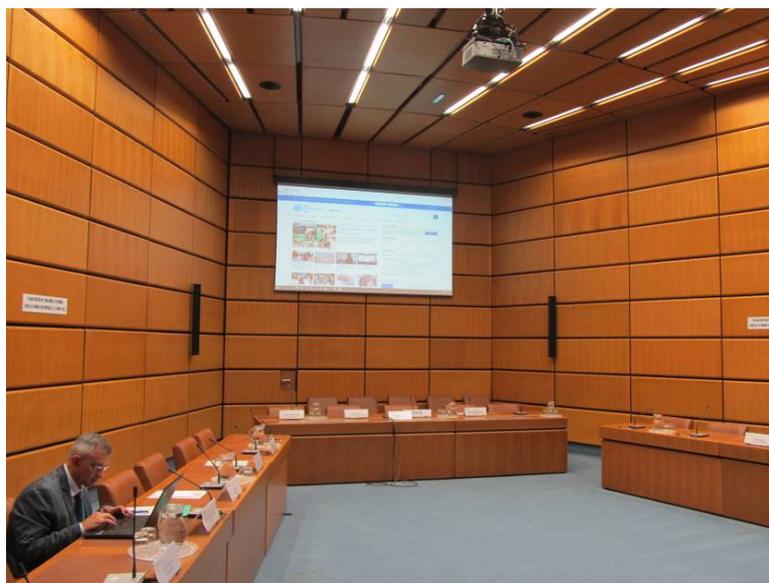


図 2 会議室の様子

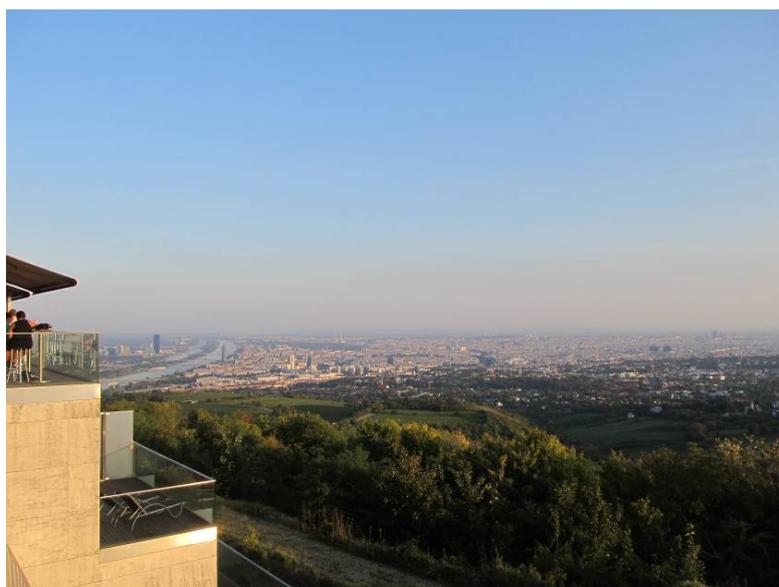


図 3 Kahlenberg Aussichtsterrasse からウィーン市内を望む

4. ACE File Verification Project について

今までは核データ処理コードと言えば LANL の NJOY と IAEA の PREPRO しかなく、また PREPRO は ACE ファイル形式の断面積ライブラリを作成できないなど、核データ処理コード間の比較を行うことは困難であった。そのため、核データ処理コードの検証とは評価済み核データライブラリを核データ処理した結果である断面積ライブラリの検証と同義であり、核データ処理コード自体の検証を行うことはできなかった。このように今までは間接的に核データ処理コードの妥当性を検証していたものの、核データ処理コード自体が正しいのかどうかについては確認できずにいた。

しかし近年、世界各国で核データ処理コードの開発が進み、NJOY 以外の核データ処理コードを使って ACE ファイルを作成できるようになってきた。そこで IAEA の A. Trkov 氏が核データ処理コード間の比較である ACE File Verification Project を提案した。

本プロジェクトに参加したのは本会合で開発状況が報告された核データ処理コードの内、ACE ファイル作成機能を持たない AMPX を除く 9 コードに NECP-Atlas(西安交通大学)を加えた 10 コードであった。比較対象とした核種は ENDF/B-VIII.β4 の ^{235}U 、 ^{238}U で、各機関の核データ処理コードで ACE ファイルを作成し、ACE ファイル自体の比較と、作成した ACE ファイルを用いた臨界計算結果の比較を示した。なお、今回の比較は各機関の核データ処理コードの比較・検証の第一段階の成果であり、各機関の核データ処理コードが正しく ACE ファイルを作成できていることを確認することを主目的としている。本プロジェクトの概要や比較結果については 2 章で示したホームページをご参照頂きたい。

ACE ファイル自体の比較では、断面積、角度分布、二重微分データを比較した。事前の比較において、いくつかの核データ処理コードで問題がみられた。このことから、本プロジェクトは各国の核データ処理コードの高度化に貢献している。なお、3 章で述べたようにそれらの問題は既に解決されたこともあり、その結果どの核データ処理コードでも NJOY2016 と近い処理結果となった。また積分実験解析結果も全ての核データ処理コードでよく一致する結果となり、適切に核データが処理されていることが確認された。

今後は本プロジェクトの第二段階として、非分離共鳴の確率テーブルを考慮した比較を行い、数ヶ月以内に結果をまとめ、参加者に報告するとのことである。その後は第三段階として、光子生成断面積の比較を行うこととなった。また第三段階では、核データ処理コードだけでなく放射線輸送計算コードの比較も行うため、同じ断面積ライブラリと計算条件で複数の異なる放射線計算コードで解析し、ガンマ線分布の比較も併せて行っていくこととなった。これらの結果を議論するため、A. Trkov 氏から来年夏頃に Consultants Meeting を開催する予定であるとの連絡があった。

5. その他

5.1 GND から GNDS に変更になった経緯について

OECD/NEA/NSC/WPEC の SG-38 で策定された XML 形式の新しい核データフォーマットは、従来は GND(Generalized Nuclear Data)と呼ばれていた。しかし最近では“S”が追加され、GNDS と呼ばれるようになってきている。本会合で名称が変更になった理由について話題になった。

参考文献などが無いので真偽のほどは不明であるが、LLNL の B. Beck 氏によると、IAEA の A. Trkov 氏が Structure Data も取り入れるから GNDS にすべきと提案し、その提案が受け入れられたためとのことである。

5.2 ACE ファイルのフォーマットマニュアルについて

LANL の J. Conlin 氏より、長年に渡って望まれていた ACE ファイルのフォーマットマニュアルを作成中との報告があった。

ACE ファイルのフォーマットマニュアルは LANL にもなく、零から作っているため、現状では中性子入射の一部の ACE フォーマットしか作成していない。今後は熱中性子散乱や放射化断面積など、他の ACE フォーマットについても作成予定である。なお、ACE ファイルのフォーマットマニュアルは Github 上で公開しており、以下のホームページからダウンロードすることが出来る。

参考 HP : Format description for ACE nuclear data files

<https://github.com/nucleardata/ACEFormat>

5.3 ACE ファイルの編集ツール ACEtk について

3.7 節でも述べたが、LANL の J. Conlin 氏より、FRENDY と同様に連続エネルギーモンテカルロ計算コード用の断面積ライブラリ形式である ACE ファイルをユーザーが任意に編集できるようにするツールとして、ACEtk を開発中との報告があった。

ACEtk は NJOY21 のパーツの一つとして整備しており、Python で開発している。また、ACEtk は NJOY と同様に Github 上で公開しており、以下のホームページからダウンロードすることが出来る。

参考 HP : Toolkit for working with ACE-formatted data files

<https://github.com/njoy/ACEtk>

5.4 配布元によって評価済み核データが異なる問題について

BNL の D. Brown 氏によると、EPIC2017 は EPIC、IAEA、BNL(NNDC)の三か所で配布しているが、IAEA のバージョンは EPIC、BNL のものと異なっているとのことである。IAEA の A. Trkov 氏によると、IAEA が配布している EPIC2017 が最新版とのことである。

また D. Brown 氏によると、ENDF/B-VIII.0 も BNL と IAEA で異なっているとのことである。ただ、A. Trkov 氏によると、ENDF/B-VIII.0 については BNL からダウンロードしたものを利用しているとのこと、BNL と IAEA で異なっている理由は分からない。また、現在はこの問題は解決されている可能性がある。

6. おわりに

IAEA に来るのも三度目ということで、ウィーンにも慣れ、また参加者も顔見知りになってきたので最初の頃に比べればかなり気楽に参加することができるようになってきました。ただ、三回来ていてもウィーンの街の散策は飽きず、美しいウィーンの街を堪能することができ、とても楽しい出張になりました。

また、飛行機での長時間移動が苦手だったのですが、私の前の上司の S 氏にノイズキャンセリングヘッドホンを勧められ、ノイズキャンセリングヘッドホンを付けて搭乗するようになってからは移動の疲れも減り、そのお陰で会議後のウィーン市内探索がより一層充実いたしました。機内の騒音が気になる方はノイズキャンセリングヘッドホンの購入をお勧めします。私はまずはお試しということで今までは数千円の安物(SONY の MDR-ZX110NC)を使っていたのですが、効果があることが分かったので、より一層の騒音低減を求めて最近高級品(SONY の WH-1000XM3)に手を出してしまいました。まだ飛行機では試していませんが、車などで試したところ、その性能は月とすっぽんくらい違うので、機内でもかなり期待が持てそうです。

研究の面では、国内で核データ処理コードの開発をしているのが筆者だけということもあり、国内では比較対象がなく、若干張り合いがないのですが、こうして海外の核データ処理コードの開発状況を聞いたり、核データ処理コード開発者と議論したりすることは、筆者にとって大きな刺激となりました。今回の各機関の核データ処理コードの開発状況を見ていますと、現状では FRENDY が一歩抜きんでている状況だと感じました。ただし、その差は小さいことから、このリードを守るためにも多群断面積ライブラリ作成機能の実装や KERMA 係数計算機能の実装などを迅速に進めていく必要があることを実感しました。

また、日本が夏期休暇中だったこともあるのかもしれませんが、多くの日本人の学生さんが IAEA にインターンで来ているのが印象に残りました。私は計算系の研究だったこともあり、学生時代は国際学会に参加する時以外は国内に引きこもっていたため、グロー

バルに活躍されている学生さんを見て非常に感心いたしました。学生さんから見て私もグローバルに活躍している研究者として見えているといいのですが…果たして？

最後になりますが、IAEAの大塚氏、奥村氏には、美味しいホイリゲに連れて行って下さるなど、大変お世話になりました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。そしてまたウィーンに伺った時にはどうぞよろしくお願いいたします。

参考文献

- [1] D. Brown, A. Trkov, “The New Evaluated Nuclear Data File Processing Capabilities,” INDC(NDS)-0695, International Atomic Energy Agency (2016).
- [2] 多田健一、「IAEA Consultants’ Meeting “The New Evaluated Nuclear Data File Processing Capabilities” に関する会合報告」、核データニュース No.113 (2016).
- [3] W. Haeck, A. Trkov, “Nuclear Data Processing,” INCD(NDS)-0748, International Atomic Energy Agency (2018).
- [4] J. Conlin, A. Trkov, “Nuclear Data Processing,” INDC(NDS)-0766, International Atomic Energy Agency (2018).
- [5] C. M. Mattoon, B. R. Beck, N. R. Patel, et al., “Generalized Nuclear Data: A New Structure (with Supporting Infrastructure) for Handling Nuclear Data”, *Nucl. Data Sheets*, **113**, pp.3145-1371 (2012).
- [6] D. E. Cullen, A. Trkov, “URR-PACK: Calculating Self-Shielding in the Unresolved Resonance Energy Range,” INDC(NDS)-0711, Rev. 1, International Atomic Energy Agency (2016).
- [7] W. Haeck, J. L. Conlin, A. P. McCartney, A. C. Kahler, “NJOY2016 updates for ENDF/B-VIII.0,” LA-UR-18-22676, Los Alamos National Laboratory (2018).



図4 ハイリゲンシュタットのブドウ畑にて