JENDL 委員会国際戦略 WG 議事録

1. 開催概要

日 時：平成 30 年 12 月 21 日(金) 13:30～17:30

場 所：日本原子力研究開発機構 東京事務所 第七会議室

出席者：小原氏(東工大)、吉岡氏(東芝)、藤田氏(規制庁)、渡嘉敷氏(原燃工)、大岡氏(原燃工)、東條氏(GNF-J)、日野氏(日立)、吉井氏(TEPSYS)、山崎氏(Studsvik Japan)、須山氏(OECD/NEA)、大塚氏(IAEA)、奥村氏(IAEA)、木村氏(JAEA)、岩本氏(JAEA)、鈴木氏(JAEA)、高橋氏(JAEA)、原田氏(JAEA)、深堀氏(JAEA)、池原氏(JAEA)、多田氏(JAEA)

2. 議事

2.1 深堀国際戦略専門部会長の挨拶

本 WG は JENDL を国際的に売り込む際の統一した方針を決めることを目的としている。海外のユーザーのことが分かるのは国内の JENDL ユーザーなので、各メーカーの方々のご意見を頂きたい。

2.2 CMS Current Status

Studsvik Japan の山崎氏より、Studsvik が開発している CASMO/SIMULATE(CMS)の概要と米国での許認可申請について紹介があった。

<CMS の概要>

元々はスウェーデンの国立研究所だったが、現在は完全に民営化している。Studsvik の主な業務は Fuel and Materials Technology, Consultancy Service, Nuclear Analysis Software & Services の三本柱になっている。

Studsvik は燃料メーカーやプラントメーカーから独立しており、メーカーと独立した計算を行うことが可能なことが特徴である。現在は 20 か国の 70 ユーザーがおり、CMS は既存の軽水炉だけでなく、SMR や VVER にも対応している。ただし、高速炉についてはユーザーがいないため、現時点では適応していない。

最近ドイツやスウェーデンなどの欧州では廃炉の作業効率化(原子炉内の燃料の取り出しの高速化)のため、使用済み燃料のインベントリや崩壊熱評価の精度向上の要望があり、Studsvik としてもこれらの評価の高度化に注目している。

<CMS のライブラリーについて>

断面積ライブラリーは 2012 年に作った 200 シリーズ(ENDF/B-VII.0、VII.1、JENDL-

4.0、JEFF-3.1.1:586群400核種)と2015年に作った202シリーズ(ENDF/B-VII.1、JEFF-3.2:586群1000核種)の二つがあり、米国の許認可では202シリーズを使っている。202シリーズでは使用済み燃料のインベントリ評価のため、1000核種の用意を行っている。

CASMO-4では70群だったのが、CASMO-5では586群と大幅に増えている。また、取り扱い核種の増大に伴い、燃焼チェーンが拡充されている。なお、U系列だけでなく、Th系列の燃焼チェーンもオプションで取り扱うことができる。

CASMO-5のライブラリーはENDF/B-VII.1にないMAや核分裂収率や崩壊データをJENDL-4.0から使っている。ただし、CASMO用のJENDLライブラリーは日本のみで利用されており、ユーザーのフィードバックは少ない。開発陣からは核分裂収率や崩壊熱データはJENDLのものを利用していることから、JENDL-5の公開時期などの情報を教えてもらえると助かるとの要望があった。

CASMO5はMCNPの計算結果との比較や臨界実験、PIEとの比較、C5G7ベンチマークなどを利用して検証を行っている。使用済み燃料の崩壊熱評価にはスウェーデンの湿式中間貯蔵施設CLABで実施した80体の軽水炉の燃料の崩壊熱測定実験があり、高い精度で計算できることを確認した。

<CMSの許認可対応について>

CMSでは測定やMCNP等の高次のコード(higher order code)の解析の比較をValidationとしており、他の許認可コードや以前のQA、手計算との比較をVerificationとしている。なお、トピカルレポートではValidationしか見られていない。Verificationはソフトウェアベンダーの責任としてQA活動の中で行っている。

CMSで申請したトピカルレポートの対象はPWRのみ。NRCでトピカルレポートを受け入れるのは少なくとも複数の申請者がいて許認可の合理化がはかれる場合に限りされており、PWRのみが対象となった。また、MOX燃料については対象外となっている。NRCのトピカルレポートに申請するためにはLIC-109(Acceptance Review Procedure)、LIC-500(Topical report Process)の基準に則る必要がある。

CMSのTopical Reportは公開されているので誰でも入手することができる。トピカルレポートではNuclear Uncertainty Factor(NUF)、Nuclear Reliability Factor(NRF)の評価が重要となっている。CASMO5の手法やValidationに関するレポート、NRCからの質問に対する回答は別のレポートに分かれており、こちらも公開されている。

ユーザーへのサポートとして、Change Management, Software Tools, Approved Methodology, Qualificationの四本柱で実施しており、ユーザーが適切にトピカルレポートで申請した条件で正しく解析作業できるようにしている。

本発表に関する主な質問は以下の通りである。

<CMSの概要について>

個々のモジュールに関わっている Developer の人数は？(深堀氏)

一人で複数のコードの開発に携わっているため、具体的に説明することは難しい。また、開発だけでなく、メンテナンスに注力している。

開発の割合とメンテナンスの割合は？(原田氏)

メンテナンスの方が大きいと感じている。また、開発についてもアカデミック的な研究というよりも、ユーザーのニーズに合わせて実務志向の開発を進めている。

ライブラリーの選択は？(日野氏)

基本的にはデフォルトの ENDF となっているが、ユーザーの要望で JEFF や JENDL も提供している。

キャスクの設計では遮蔽計算が重要となるが、遮蔽計算まで繋げることは考えているのか？

CASMO には γ 線のライブラリーも用意しており、遮蔽計算も行うことができる。また、Fuel and Materials Technology ではプラント全体の線量評価や遮蔽計算を行う部隊がいる。

一つのデータベースで全ての計算を行うことが望ましく、Studsvik が実施しているような Fuel Data Base を用意することが重要である。(池原氏)

<CMS のライブラリーについて>

CMS の検証で実験値と合わない部分があった場合、核データまで遡ってチェックすることはあるのか？(岩本氏)

核データまで遡ってチェックは行っている。Studsvik で核データの調整は行わないが、評価済み核データライブラリーを入れ替えることは行っている。また、ユーザーから合わないというような指摘があれば、その確認を行うこともある。また、膨大な実測データがあることから、実測結果との比較の結果、妥当性を判断している。

作業者の被ばく量についてはどのような検証を行っているのか？(原田氏)

本資料にはないが、 γ 線のライブラリーの検証などは別途実施している。

共分散データを用いた不確定性評価のニーズはないのか？(池原氏)

主なユーザーが電力系であることもあり、共分散データを使った不確かさ評価などのニーズが少ないことが要因かもしれない。

ライブラリーは全体で合うように調整しているため、いくつかの核種を変えるとといったことをすると逆に合わなくなるのではないか？(深堀氏)

CASMO5 のライブラリーは基本的には ENDF としており、どうしても合わないあるいは核種が不足している場合に他のライブラリーを一部利用している、そのような影響が小さいのかもしれない。

実験した体系以外には C/E の分散値ほど小さい値にならないのではないか？(原田氏)
適用範囲を考慮して実験解析と予測誤差の設定を行っている。(池原氏)

スイスや中国などのスタッフがテレビ会議で参加しているということだが、マーケティングの担当者か？(日野氏)

中国はマーケティング担当者であるが、スイスはマーケティング兼開発者で在宅勤務を行っている。Studsvik は勤務体制はフレキシブルである。

<CMS の許認可対応について>

Generic License は Studsvik から提案したものか？(日野氏)
NRC からの提案だったと聞いている。

非公開部分はユーザーには見えるのか？(深堀氏)
ユーザーについてはサポート契約に応じて非公開部分を含め公開している。

このトピカルレポートは燃料設計まで許されているのか？(東條氏)
今回の認可はあくまでも取替炉心設計、炉物理試験解析、炉心特性解析への適用である。

後続コードに CMS のデータが使えるというのは過渡解析ということから？(東條氏)
安全解析については電力もしくはメーカーが実施している。CMS の結果がそれらの安全解析の範囲内に入っているかどうかの確認に使うことができる。

JENDL として使用済み燃料の崩壊熱の評価コードの開発が必要だと考えているが、CMS で先行しており、JENDL としても頑張らなければならない。(須山氏)

CMS ライブラリーの処理に NJOY を使っていると思うが、FRENDY の利用も検討して欲しい。OECD/NEA でも NJOY 以外の核データ処理コードを知らない人がほとんどである。(須山氏)

Studsvik の開発者は NJOY しか知らないのでは、NJOY と FRENDY の違いなどを示してもらえるといいかもしれない。

MCNP(モンテカルロ計算)との比較は Validation ではなく、Verification ではないか？(大岡氏)

Verification と Validation の違いについてあまり厳密に区別している訳ではなく、担当者によっても考えが違ふようである。NRC のトピカルレポートにおいては格子計算コードの高次コードとの比較は Validation の一環として説明されている。

Studsvik からの評価済み核データライブラリに対する要望はないか？(原田氏)

今後のアップデート時期やアップデート内容が適時分かれば CMS の開発計画に入れやすくなる。

核データ評価者の側にこういう Validation は事前に行っておくべきだといった Quality に関するものはないか？(岩本氏)

MA は JENDL-4.0 の方が多いので、Studsvik も JENDL-4.0 を利用している。

Studsvik 社として本 WG のような会合に参加することによってどういう考えか？また、今後も参加することは可能か？(多田氏)

JENDL の開発状況などが入手できるのであれば、いい機会になるのではないかと考えている。

トピカルレポートの取得に関する海外の反応は？(池原氏)

発展途上国では NRC のお墨付きがあるというのは許認可に使いやすいと考えられる。また、海外のメーカーが米国に入る際にトピカルレポートに対応している CMS は利便性が高いとみなされている。また、今後先進国が発展途上国に売り込む際にも利点になると考えている。

格子計算コードは二次元であり、実験と厳密に比較することはできず、モンテカルロ計算コードで比較することが重要となる。そういう意味でモンテカルロ計算コードなどを Higher order code と呼ぶのは理にかなっている。(池原氏)

原子力学会の計算科学技術部会でもモンテカルロ計算コードの位置づけについて議論しており、Higher order code とみなすべきという意見もある。近い内に結論が出る予定である(鈴木)

CMS のトピカルレポートでは MCNP の Validation は行っていないのか？(池原氏)

おそらく、Studsvik 社が MCNP の Validation まで行っていないと思われる。

核データや核データ処理に関する Validation は MCNP との比較に含めているという認識か？

ユーザーとしては CASMO ライブラリーでパッケージ化している。Studsvik 内では核データや核データ処理の検証は行っている。また、核データの変更などについては Change Management の工程で行っている。NRC への説明については、核データを変更することによる影響度をレターとして提出する。

2.3 NEA Data Bank: Overview of Activities

OECD/NEA の須山氏より、NEA Data Bank の概要と活動について紹介があった。

Data Bank はイタリア Ispra の Computer Programme Library とフランス CEA(サクレ)の Neutron Data Compilation Centre を母体としている。Data Bank ではプログラムの提供(CPS)、核データの取りまとめ(NDS)、他の NEA の Technical Committee のサポートを主に行っている。Data Bank は 11 名で、CPS の人員が多くなっている。

CPS では毎年 3500 以上のプログラム・断面積ライブラリー・実験データを配布している。また、配布コードのトレーニングコースも行っている。

NDS では JEFF の統括と配布、WPEC の事務局、Data Bank 加盟国で取られた実験の EXFOR へのデータの入力、JANIS や NDEC などのツール開発を担当している。なお、JEFF の評価者は欧州で 20 人以下である。

JEFF は ENDF/B-V が非公開となったことが経緯となり、1981 年から開発が開始された。年に二回会合を開いており、JENDL 委員会を一週間でまとめてやるようなものである。現在の最新版は 2017 年に公開された JEFF-3.3 で、次期 JEFF については、2021 年以降に JEFF-4.0 を公開すべく、開発を進めている。

JEFF Working は断面積評価&共分散、核分裂収率&崩壊データ、核融合、核データ処理&ベンチマークの四本柱となっている。JEFF の利用や Validation についてはフランスがかなり力を入れている。

主な質疑応答は次の通り。

JEFF の Working Structure について、これらの活動の予算は Data Bank がサポートしているのか？(原田氏)

事務局は Data Bank が行うが、出張費については参加者自身が負担している。実験についての予算も各グループが自身で負担している。ただし、処理やベンチマークなどで外注がどうしても必要になる場合には Data Bank が負担する場合がある。

JENDL と JEFF の協力について、JEFF の関係者が日本に来て議論することは可能なのか？(原田氏)

可能だと思われる。特に来年は ND2019 が北京で開催されることから、ND2019 に合わせて開催することは可能である。また、JEFF と JENDL の会合を日仏で交互で開催するというようなことも可能であるし、そうしていかなければならない。

JEFF の活動は自分で手を挙げるのか？それとも、入ってきたい人が自由に参加しているのか？(岩本氏)

そこまで詳しくは理解できていないが、自分たちの研究を JEFF に反映させたいという要望を持って参加しているようである。

JEFF への要望については Data Bank が管理しているのか？(大岡氏)

その通りである。Data Bank の NDS で JEFF に関する要望を受け取っている。また、来年 6 月に JEFF のステークホルダー会合を開くので、その会合で要望が聞けるのではないかと期待している。

JEFF での共分散の活動は？(大岡氏)

共分散の活動は活発である。特に NDS の Luca Fiorito 氏がトータルモンテカルロに関心を持っており、積極的に活動している。共分散の産業界への利用については分からない。

欧州では核データ評価者の年齢構成はどのようなのか？また技術伝承はきちんとできているのか？(日野氏)

現在確認しているところである。また、来年 6 月の JEFF のステークホルダー会合にてその点は主題になるものと考えている。

フランスでも原子力が衰退しかねないが、日本と同じ懸念材料を抱えているということか？(日野氏)

その通りである。欧州の原子力の活動が低下する中で、欧州での JEFF の地位が低下するのではないかということ強く懸念おり、ステークホルダー会合を開催することになった。

NEA は研究機関ではないので、IAEA の NDS の方がもっと深く核データ研究に関わっていると思われる。NEA は統括機関として会議を運営することが仕事であり、その延長線上で核データ評価についてサポートしている。(須山氏)

2.4 OECD/NEA データバンク (Computer Program Service: CPS) の活動状況

鈴木氏より、Data Bank の CPS の活動と日本の貢献について紹介があった。2019 年 9 月に PHITS のトレーニングコースを開催する予定である。

コード・データの配布について、従来はサイトライセンスであったが、今後は個人を特定

し、個人毎にライセンスを発行する予定である。

また、NEA Data Bank 事務局より、トレーニングコースに関する問い合わせ(日本での海外コードのトレーニングコースの需要、日本のコードの日本での外人向けトレーニングコースの需要、日本のコードの海外でのトレーニングコースの需要)があった。

主な質疑応答は次の通り。

新しいライセンスはシングルユーザーライセンスになったとのことだが、使用者がどこに移っても使用できるのか？それともサイトありきでのシングルユーザーライセンスなのか？(高橋氏)

サイトありきでのシングルユーザーライセンスである。ユーザーが他の組織に移った場合にはライセンスを返す必要がある。

Data Bank 加盟国内の別の組織に移った場合にはその組織のリエゾンオフィサーに確認すればライセンスを継続できるようにした方がいいのではないかという議論を事務局内で行っている。(須山氏)

2.6 WPEC の活動状況

岩本氏より、OECD/NEA/NSC/WPEC の活動状況について紹介があった。

今年度の 30th WPEC meeting では核データライブラリの報告として、JENDL、ENDF、JEFF、BROND/ROSFOND、CENDL、TENDL について報告があった。

主な質疑応答は次の通り。

IAEA の標準断面積とは？(池原氏)

核データ評価の基準となる断面積データがあり、そのことを意味している。

JENDL で TENDL を採用するという考えは？(大岡氏)

今のところ、TENDL を採用する考えはない。

JEFF が TENDL を入れている理由は？

JEFF は元々他のライブラリーから入れることに積極的であり、TENDL に限らず他の断面積ライブラリーからも集めている。また、ENDF でも一部の核種で TENDL を採用している。

CMS でも TENDL を採用している。(山崎氏)

ユーザーからライブラリーに依存せず、核データに対する要望を言える相談窓口はないのか？(池原氏)

ユーザーの希望を WPEC などに挙げる Data Bank の次の活動案としてはいいかもしれない

い。ただし、現時点では JEFF は JEFF でといったように評価済み核データライブラリ毎に要望を集めている状況である。

WPEC には SG-C で High Priority Request List としてすべての核データに対する要望をまとめている SG がある。(深堀氏)

素人でも探しやすい(分かりやすい)ようにインタープリターなどの充実が求められるのではないか?(池原氏)

JENDL でもシグマ委員会において核データの要望を集めるサイトを用意している。(原田氏)

2.5 NEA における核データに関する活動状況

木村氏より、WPEC のサブグループ(SG)の活動状況について紹介があった。サブグループとは WPEC の下に作られる個別の課題に対処するためのグループであり、基本的に 3 年程度の活動期間を持ち、活動の最後に報告書を作成している。

現在活動中の SG-B、SG-C、SG-39、42-46 について紹介があった。なお、WPEC meeting の活動内容については核データニュースで報告されている。今年度の 30th WPEC Meeting については No. 120 に掲載されている。

主な質疑応答は次の通り。

SG-39 では結論がでていないというのであれば、やった意味はあるのか?(吉岡氏)

必要性は認識しているものの手法についてはまともでないということである。(多田氏)

調整した核データが真値に近づいているのかが分からない。(岩本氏)

SG の報告書では合意が出たものを報告書として載せるのか?(池原氏)

意見が統一できなくても議論の過程が見えることも重要だと考えている。

JAEA が窓口として、国内の考え方を審議してもらおうというような使い方は出来ないのか?例えば JENDL 委員会で議論できないか?(池原氏)

JAEA が担当しなければいけない訳ではないが、自費による参加のため、大学や民間が参加するのは難しい。(深堀氏)

ワーキングパーティ毎に担当者が異なり、WPEC はともかく、他の WP は難しい。(多田氏)

NEA の WPEC と IAEA の INDC(International Nuclear Data Committee)についてはシグマ委員会が所掌していたが、現在は JAEA がフォローしている状況になっている。核データニュースはシグマ委員会の報告書の形になっており、シグマ委員会が所掌していた歴史から WPEC の報告書が核データニュースに載っている。(深堀氏)

2.6 IAEA における核データ活動

奥村氏より、IAEA NDS の活動について紹介があった。

NDS の Head は A. Koning、Deputy Head は R. Capote である。NDS は Nuclear Data Service Unit、Nuclear Data Development Unit、Atomic&Molecular Data Unit の三つのセクションで構成される。

主な Coordinated Research Program (CRP)、Technical Meeting (TM)、Consuktants' Meeting (CM)について報告があった。INDC では核分裂収率に関する CRP の生成、INDEN プロジェクトの継続、データ配布の高度化について話し合われた。

核分裂収率に関する CRP の開催に先駆け、EXFOR の核分裂収率のデータの完全性のチェックを行っている。なお、EXFOR のコンパイルプロセスの改善(近代化)提案が NEA 担当者よりあり、IAEA においてもフィジビリティスタディを開始した。

以上