

会議のトピックス(I)

## IAEA 第 67 回総会サイドイベント

### 「未来の原子力ソリューションに最適な核データを 提供する：課題と機会」

#### ー核データ利用の「見える化」のためにー

日本原子力研究開発機構  
経営企画部軽水炉研究推進室  
深堀 智生  
[fukahori.tokio@jaea.go.jp](mailto:fukahori.tokio@jaea.go.jp)

#### 1. はじめに

EC/共同研究センター (Joint Research Center、JRC) の依頼により、IAEA 第 67 回総会 (IAEA/GC67) で同時開催される EU 主催サイドイベント「未来の原子力ソリューションに最適な核データを提供する：課題と機会」(令和 5 年 9 月 26 日 (火)、図 1) にパネリストとして出席した。日本における核データ活動に係る展望について発表し、核データ活動の持続性及び活性化について議論した。また、本サイドイベントの円卓議論を踏まえて、核データセクション (NDS) において主にパネラによる会合を持ち、今後の対応について検討した。本稿では、サイドイベント及びその後のフォロー会合について報告し、筆者の考えるこれらの会合の背景等について議論したい。

ちなみに、IAEA 総会は例年 9 月の最終週に開催されており、本年は 67 回目とのことである。筆者は初めて参加するが、原子力委員長や原子力ベンダーをはじめとする民間企業も参加して、日本の展示ブース (本年は、ブース総数 36 件、国別 22 件、IAEA 7 件、関連機関 7 件) を設ける。原子力機構からは、通常、理事長を筆頭に国際担当理事等が参加するハイレベルの会合である。サイドイベントは、総会の参加者を対象に様々なアピールを行うものとして開催される。本年は、全体で 139 件登録されていた[1]。



図1 EU主催サイドイベント「未来の原子力ソリューションに最適な核データを提供する：課題と機会」の様子

## 2. サイドイベントの概要

### 2.1 基調講演

まず、Ulla ENGELMANN (JRC) 部長から開会のあいさつがあった。JRC には、原子力エネルギー応用のための中性子核反応データの測定の伝統があり、関心のあるエネルギーとプロセスの全範囲をカバーする 2 つの加速器研究室が設置されている。JRC はステークホルダーと緊密に連携して、ニーズを理解し、業務に参加してもらい、EURATOM 条約の精神に沿ってサービスを提供できるよう設備、スキル、専門知識を最新化している。JRC はこのイベントを開催することで、エネルギーだけでなく、原子力技術が利益をもたらすあらゆる分野において、明日の応用に最高の科学を提供するという取り組みを強調したいと考えている。JRC のモットーは、研究開発の利益となる「適格なモデリングに最適なデータ」であるそうだ。本イベントでは、明日のソリューションに最適なデータを提供するプロセスの複雑さも強調していた。それとともに「核データのライフサイクル」または「核データパイプライン」(後述の JRC の講演にて紹介する) と呼ばれるプロセスをサポートするための持続的なインフラと人材の必要性を強調していた。十分な追加の努力がなされない限り、適切な測定セット、優れた理論に関するデータベース、または個別のモデルコードであってもアプリケーションには役立たないとされていた。これらの追加の取り組みについては、このサイドイベントの講演者によって説明されたが、

「持続可能であり、2050年のゼロエミッション目標の達成に役立つ今後の方法の開発にご協力いただきたい」と締めくくっていた。

彼女の司会進行により、下記の主要機関における原子力ソリューションのためのイノベーション及び研究開発について基調講演[2]があった。

スペイン・エネルギー・環境・技術研究センター (CIEMAT) Yolanda BENITO センター長からは、CIEMAT の観点から見た核データ研究への支援について話があった。核データ研究は次の研究におけるツールとして重要な部分を占めている。

- 現在の原子炉の使用法と安全性の理解・最適化
- 核探知機と監視装置によって収集されたデータの解釈のため、生成される廃棄物の実際の含有量を推定する高精度モデルによる測定の補完
- 先進的な核分裂炉や廃棄物管理戦略のモデリングと設計及び核融合関連の研究
- 基礎研究（天体物理学、宇宙論、核物理学等）などエネルギー以外の多くの科学・技術研究

同位体の利用を含めると核データは最大 8 つの SDGs（食料、健康、水、エネルギー、産業の基礎、気候変動、海の豊かさ、陸の豊かさ）に貢献できる。EURATOM の核データ関連研究へのサポートには感謝しているが、まだ不十分で、多くの場合、特定のアプリケーションに向けた個別のものとなっている。私たちの観点からすると、効率を上げるためにはニーズの調整と国家的な取り組みが不可欠で、総合的な核データ研究支援が必要である。核データの提供は、必要性の特定から国際データリポジトリで検証済みのデータが利用可能になるまでに時間を要する、学際的なプロセスである。このため、核データ研究の長期計画が必要となる。

フランス・原子力・代替エネルギー庁 (CEA) Héloïse GOUTTE エネルギー科学部長からは、原子力国フランスならではの視点から講演があった。核データ（他のデータも含む）は、原子力における公平の原則（検索可能、アクセス可能、相互運用可能、再利用可能）、長年にわたる実績（価値の高い資産、特に検証データ）、新領域（高忠実度モデル、検証、AI、技術経済的評価等）に必要な新しいデータを提供している。核データには、フランスと世界における原子力エネルギーの前向きな枠組み、非エネルギー用途における核データへの期待とニーズの高まり、長年確立された専門家としての核データコミュニティ、国内レベル（CEA、CNRS、大学）及び国際レベル（OCDE/NEA、IAEA）での良好な連携、「オープンサイエンス」モデル候補、最新の手法/データ管理慣行/情報の合理化された統合の漸進的な導入、核理論とモデリング/核分裂+AI/コンピュータ技術の進歩の見通し等の明るい面がある。一方、核データサイエンスは、デジタル技術とコンピューティングリソースの急速な進歩を十分に活用していない（不確かさの定量化不足、迅速な回答の実

現)。また、実験能力（ZPR）の減退、適正な人材の不足、専門知識の減少、若い物理学者が「骨の折れる魅力のない仕事」として認識している一部の活動（測定、評価）等解決すべき問題も抱えている。大規模な（国際）共同イニシアチブの強化は、モデルと実践を再活性化して、より魅力的かつ効率的にする。トレーニング活動（実験物理学、データ評価）への投資、実験機能の再構築/維持も必要である。欧州では、「EURATOM コミュニティ」を超えて、より幅広いステークホルダーと資金提供機関を巻き込むことを検討すべきである。

経済協力開発機構/原子力機関（OECD/NEA）、William MAGWOOD VI 事務局長の代理として Michael FLEMING データバンク課長より、国際機関の視点で話があった。核データはアプリケーション主導の分野であり、集約的に検証する必要があるシミュレーションのための情報を提供する。核データライブラリ・プロジェクトは数十年にわたる努力を経て、日常業務で核データを使用する関係者にとってすでに目覚ましい成果を上げている。新しいシステムや想定シナリオ（廃棄物処理、物質の損傷、高燃焼度等）には、従来よりも多くの異なるデータが必要である。この他、JEFF 及び NEA を通じた国際協力について言及されたが、核データニュースの読者には「耳にタコ」であると思われるので、割愛する。

## 2.2 各国の展望

基調講演を受けて、下記主要国の核データ活動について展望[2]が述べられた。各国とも、利用分野におけるニーズに触れており、「継続的な人材育成と技術開発が必要で、そのためには国際的/国内的な支援（予算・人材確保等）が必要である」と結論付けている。この部分は共通するものとして割愛するが、本稿では、それぞれの発表資料から筆者の目を引いたものを紹介する。

核反応と崩壊データ（序論）（Arjan KONING、IAEA/NDS 長）では、もともとは BNL/NNDC の D.Brown 氏の発案であると記憶しているが、「核データパイプライン」について紹介された（図 2）。原子核反応実験データは、核データ収集・評価を経てデータベースにならなければ、ユーザに届かないという趣旨の説明の図である。一方、筆者はこのパイプラインのどこかが詰まれ（滞れ）ば、全量が全体を通じて流れなくなってしまう危機を感じた。そういった意味では、いろいろなことを感じさせてくれる図である。皆さんはどのように感じられるであろうか。

同様の見方であるが、ヨーロッパの視点（Arjan PLOMPEN、JRC/Geel）では、これが「核データライフサイクル」になる（図 3）。「どこかが滞ればサイクルが閉じない」と言っていることは同様なのであろう。核データのライフサイクルが適切に機能するには、熟練したスタッフと研究インフラという信頼できるリソースが必要である。包括的な高精度の測定、評価済核データライブラリ、確立された処理ルート、ベンチマークと検証による品

質保証、ユーザとのフィードバック・ループに対する強いコミットメントが必要ということである。明日の課題決策に向けて取り組む新世代に核データ研究開発の魅力的な環境を提供するためには、核データのライフサイクルを維持するためのリソースを共同で計画及び調整する効果的な協力関係を構築し、維持することが不可欠である。

## Nuclear Data Pipeline

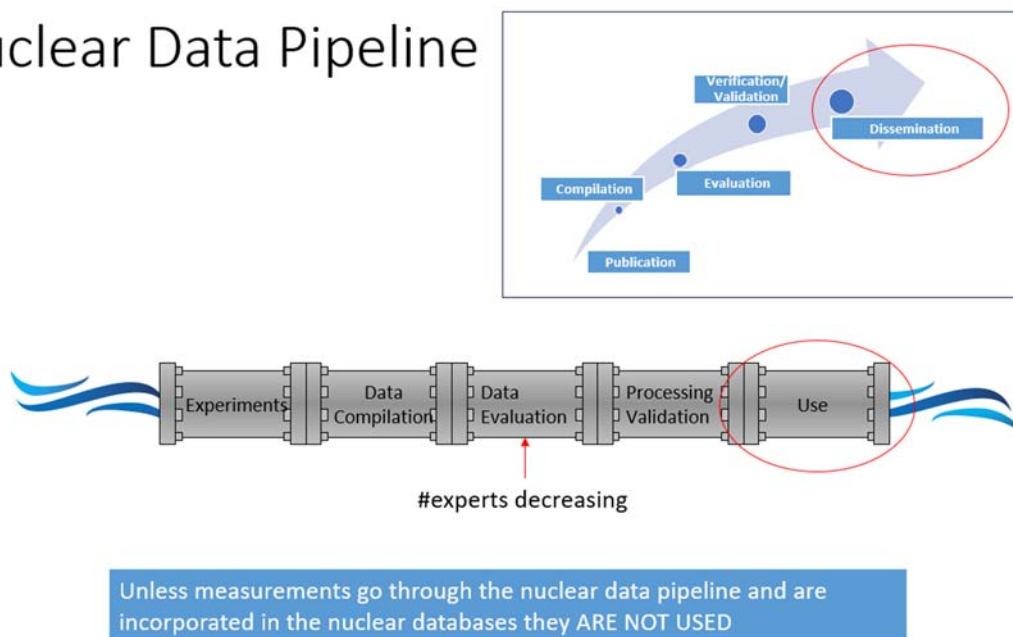


図2 核データパイプライン[2]

## Nuclear data life cycle

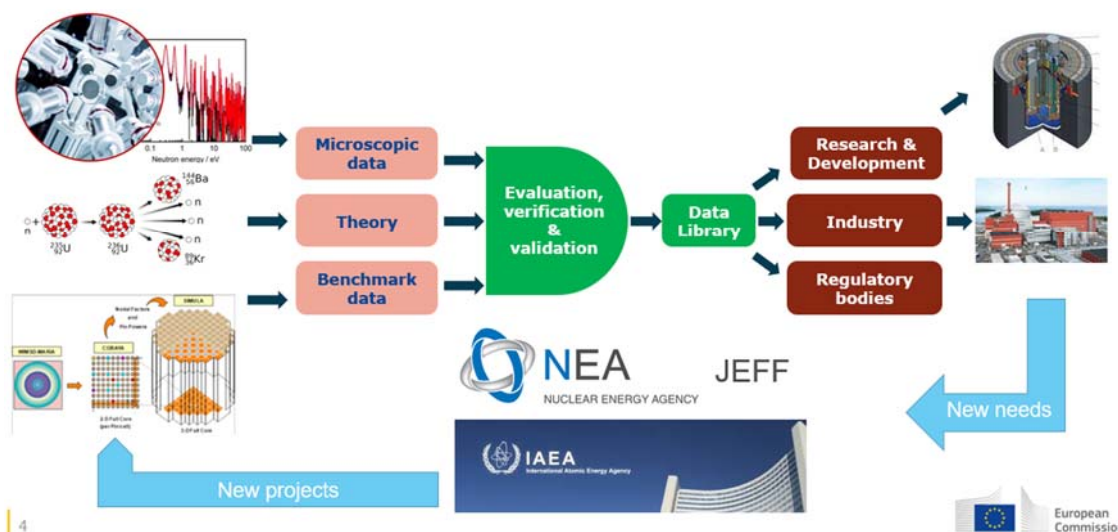


図3 核データライフサイクル[2]

米国の視点 (Keith JANKOWSKI、米国エネルギー省 (US/DOE)) で、他と圧倒的に違うのが、米国核データプログラム (USNDP) が存在することである (図 4)。資金調達は、年間 1,200 万ドルに上り、約 13 名の科学スタッフの雇用を果たしている。主に核構造や反応データのデータ作成・評価を担当しており、断面積評価作業グループ (CSEWG) を運営し、IAEA (核構造と崩壊データ、核反応) や OECD/NEA の研究プロジェクト、原子質量評価 (中国との協力) 等の国際グループに積極的に参加している。核データの役割は、多くの場合、「抽象化レイヤー」(モデリング/シミュレーション) によって隠されてしまうため、ユーザはモデルに組み込まれている核データの品質を知ることが困難になる。これには、アウトリーチを強化することで取り組む必要がある。アウトリーチの拡大のため、2020 年 3 月以降、核データ機関間作業部会 (NDIAWG) のメンバーが 8 名から 16 名に増加した。NDIAWG は四半期ごとに会合を開き、ニーズを調整し優先順位を付ける。ニーズに合わせた的を絞ったセッションを行う年次ワークショップを開催し、2015 年からほぼ毎年資金調達の手続きがあり、これまでに 5,000 万ドルが投資されている。

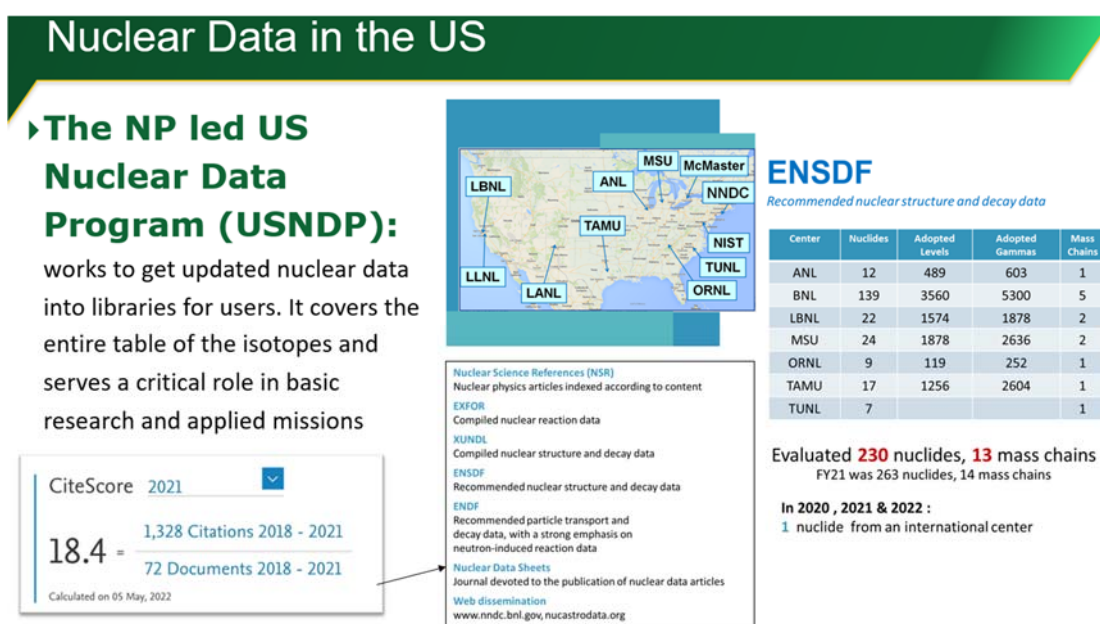


図 4 米国核データプログラム (USNDP) [2]

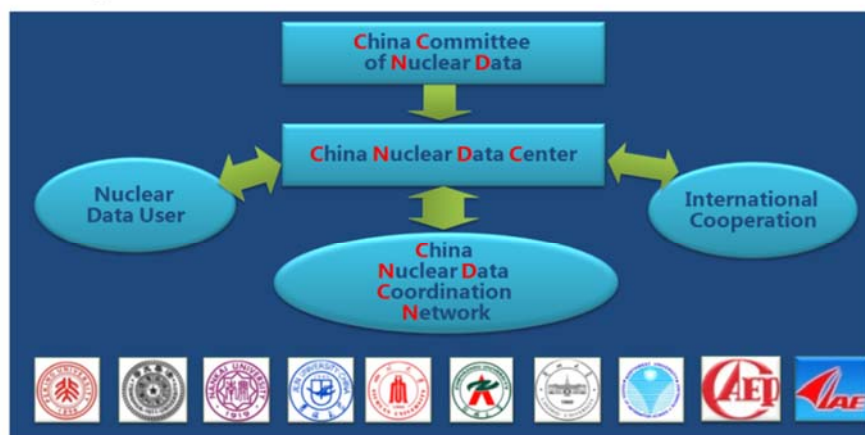
中国の視点 (Wenming WANG、中国核工業集団 (CNNC)) での発表においては、特に目新しいものはなかったが、図 5 に示す中国核データ協力ネットワーク (CNDCN) の存在が紹介された。その機能と実績は依然謎である。

日本からの視点 (筆者) としては、以下のとおりである。核データは、多くの分野に不可欠な基礎的なデータであり、その整備には多大な努力が払われている。しかし、核データはアプリケーションコードを通じて使用されるため、エンドユーザは核データを



知らない可能性がある。核データの日々の準備は重要であるが、緊急時だけでなく、持続可能性のためにもアプリケーションコードの効果的な設計と多様性を伴う原子核科学の発展のために核データ評価ツールの飛躍的な改良が必要となる。

### Nuclear data Organizations in China



More than 40 institutions joined the ND activities, and ~ 300 scientists and 100 students(Phd and master) covered the ND pipeline.

図5 中国核データ協力ネットワーク (CNDCN) [2]

### 2.3 円卓会議

一連の発表をベースに、リソース、能力、研究インフラ、新技術、新組織、新協力等に関する円卓討議が、サイドイベント参加者全員（約 30 名強）で実施された。以下、概要をまとめる。

- 国際的に整備されている核反応及び核崩壊データベースを原子力研究開発における利用可能な最良の入力データとして各種コードに装備することが何を意味するのかを提示した。
- 理論と組合せた測定から、データ収集、評価、ベンチマーク、検証を経て、設計コード等での適切な使用に至るまでの複雑なプロセスを示した。利用者のシミュレーションコードには、各国いずれかの核データライブラリが含まれている。最新のシミュレーションツールの多くでは、核データの不確実性がシミュレーションの不確かさをほぼ決定している。
- 強調したいのは、核データ生産者の経験と知見は核データライブラリに内包されているものの、陽に確認できないため、問題に関連している可能性のある大量の科学的知識がシミュレーションコードでは使用されていないことである。これは、アプリケーションで使用するライブラリに核データの最新結果を提供するための核

データライフサイクルのリソースに資金を提供しなければ、容易に失われてしまう性格の知識である。

- 核データのライフサイクルを維持するためには、人材、トレーニング、インフラ等リソースへの投資が必要で、ユーザ及び科学研究のコミュニティに同時に組み込まれる必要がある。これは、単一の組織または単一のアプリケーションによって実行することはできない。地域及び国際的な協力が鍵であり、さらにさまざまな資金調達ラインの調整が鍵となる。
- DOE プログラム全体で調整された米国の「資金提供の機会」のモデルは、心強い例である。
- 欧州の例では、核（データ）研究への資金提供が特に細分化されている。EU は、核データのライフサイクルのさまざまな側面への資金提供の調整を改善することで恩恵を受けることは明らかである。このような使命は、ユーラトム条約の目的及び JRC の役割と明らかに一致している。
- 核データ、その科学、その応用に関する有意義な協力環境が、明日の解決策のニーズに応えることができるように、十分な数のスタッフと組織が維持できる分野となることを祈念する。

### 3. サイドイベントの背景（仕掛人）

2023年5月頃 A. Plompen から筆者へ、「JENDL マンとして連絡した。次回9月のIAEA総会での核データに関するサイドイベントを開催したい。この提案は、4月下旬のIAEAコンサルタント会合で出た。ついては協力してほしい。」というメールがあった。その意図について、以下簡単に紹介する。

提案依頼を受けたとき、すでに時間がかなり限られていたので、筆者や JAEA のメンバーに事前に相談する時間がなかった。草案は、Vivian Dimitriou、Arjan Koning (IAEA/NDS) 及び Sylvie Leray (CEA) とは協議したそうである。JRC は、5月26日（金）の締切までにこの提案を提出する予定であった。提案書（タイトル、説明、背景、主催者と共催者、日程の提案）を示してもらったが、最終形は上述したものになった。

CEA を共同主催者として提案したいが、JAEA も共催することに同意すれば、イベントが承認され成功する可能性が高まる。その場合、他に誰と一緒に働くことになるか相談したい。念頭に置いているのは、「多くの分野にわたる核データの関連性を強調し、応用のための核データ開発が現在どのように組織されているか」、「何が課題であり、より良い国内もしくは国際協力のために私たちは何を提案できるか」イベントである。これは、核データ作業の調整、組織、資金提供を決定する「意思決定者」を対象とすべきであり、ヨー



ロッパの視点では、これらすべての側面における地域的な違いと、より良い調整、組織、及び（国際）協力によって達成される可能性のある相乗効果を確認することが重要である。「IAEA と日本は、国際協力を通じて最前線に立ちながら国内の利益に関して同様の関心を持っていると思うので、このイベントに協力してほしい」というものであった。

もう一つの検討課題は、「誰を招待すれば良いか」であった。重要なターゲットは、総会に出席する各国代表団である。もう一つの重要なターゲットは、すでに核データの開発を部分的に支援しているプログラスマネージャーまたは戦略マネージャーであるべきである。最終的に、個別に参加を要請することは各国代表団についてスケジュール調整が必要になるのでやめにし、宣伝をして、来ることができるグループで「交流」イベント（円卓会議）ができればよいこととなった。

#### 4. IAEA/NDS におけるフォローアップ会合

サイドイベント後、別室に開催関係者が集まり、議論の総括と今後のフォローについて検討した。以下、予定されるアクションの概要を報告する。

- IAEA/NDS の Web ページを通じて発表スライドを公開 [2]
- イベントの概要レポートを作成
- 資金提供団体を対象とした核データの価値を示す例を掲載したパンフレットを作成（米国の例、CEA/フランスの例等）
- EU の現状で、理想的には核データの小委員会を備えた有意義な原子力科学諮問委員会の設立可能性を調査（例、米国・日本・中国で設置されている委員会）
- 核データパイプラインにおける仕事の魅力を向上（訓練ポータル、評価者の自らの研究エフォートに関する働き方改革、国／組織／アプリケーションを超えて働くスタッフ間のネットワークを強化）

これらは、核データ開発のための安定した人的資源とインフラストラクチャを開発することを目的として、原子力応用における核データの魅力に関する資金提供団体の意識向上を目指すものである。特に、現在のボトルネックである評価者の不足に特に重点を置き、核データパイプラインに必要なスタッフにとって魅力的な作業環境を創出する。

#### 5. おわりに

今回の IAEA 総会のサイドイベントに関しては、筆者にとって初めての経験であった。もちろん IAEA 総会も初めてだったのであるが、初日の高市早苗大臣のご発言を皮切りにあまり目新しいことは聞けなかったような感じはあった。サイドイベントの準備というか、話の持って行き方に気持ちが占められていたので、あまり総会における発言や他の

サイドイベントを聞けなかったこともそういう印象の原因かもしれない。

サイドイベント自体については上述した通りなのであるが、バタバタとした準備時間の無さや、そもそもイベント自体が採択されないかもしれないという「変な心のゆとり」で、日本国内でのご相談に限られた方だけになってしまった。したがって、本当に日本の意見を代表していたかどうかは、心もとないと反省している。日本の核データ関係者の方々には、この場をお借りして謝罪させていただく。

一方、サイドイベントの効果は今後の経緯を見守る必要があるが、「核データは利用分野のシミュレーションというフィルターに隠されてしまうので、一般（国民）の方々の印象は限りなく薄い」といった問題点は、明確化されたと認識している。原子力機構の現理事長が日頃から言っていることであるが、「価値の提示」がそもそも難しい分野である核データ活動について、今後いかに可視化していくかも、核データ自体の高度化と同様に重要な課題であるような気がしている。



図6 いつものようにイベント後は飲み会が・・・

#### 参考文献

- [1] 67th IAEA General Conference, Events and Organized Visits :  
<https://www.iaea.org/about/governance/general-conference/gc67/events>
- [2] サイドイベントにおける発表資料 :  
<https://nds.iaea.org/index-meeting-crp/GC67-SideEvent/>