

2017 年度核データ研究会 報告書  
核データ研究会に参加して

北海道大学 原子炉工学研究室  
修士 1 年 二平 舜介

## 1、はじめに

2017 年 11 月 16 日から 17 日にかけての二日間、茨城県東海村にて『2017 年度核データ研究会』が行われた。核データとは原子核に関わる多くの反応（原子核の崩壊や原子核と中性子の反応など）が起こる確率を記したものであり、原子力利用を考えるほか、放射線医療の現場や宇宙開発など幅広い分野で活用されているデータである。本研究会においても、核反応の理論自体を研究している者から、核データの測定や評価を行う者、さらにはそのユーザまで多くの参加者が集まり発表の内容も基礎から応用まで多岐にわたるものとなった。

本報告書は、普段炉物理の分野で核データを扱っている私が（扱うと表現するほどではないが）核データそのものに対する研究や他分野での応用に関する発表を聴講し、得たものを報告するものである。また、到着時刻の関係で一日目の午前、体調の問題で懇親会には参加していないため、報告書においては省略する。普段の原子力分野とは違った多くの研究者が参加されているということもあり、懇親会に参加できなかったことは非常に大きな無念を感じている。早速体調管理の重要性を実感することとなった。

## 2、核データ研究会とは

1 節でも触れたが、核データとは原子核のあらゆる反応確率を記した非常に多くのデータ群であり、それは原子核の崩壊定数（半減期）や分岐比、核分裂反応における収率、原子核と中性子や陽子などとの反応に関するデータ、またそれらのデータ自体の不確かさなど内容は広きにわたる。それらは常に測定され、評価され、理論との整合が行われるなど更新され続けているわけだが、その方向性は利用者のニーズに沿う形で定められてきた。

核データ研究会は日本原子力学会の核データ部会が主催となり、原子力開発の基盤である核データに関して、理論研究者からユーザまで幅広く核データに関わる人員の交流を通じ、その研究の方向性及び重点課題の議論と確認のため開かれる会合である。実際の会では口頭発表やポスター発表を通じ、核データの作成や応用の基礎となるチュートリアルから、現場での応用を含めた内容が議論された。

一日目では核物理や原子核理論と核データといった非常にミクロに寄った内容、二日目は核物理分野の発表に加えて、原子炉やデータの応用といったよりマクロな内容が発表のテーマとして挙げられた。

### 3、セッション2「原子核反応と核データ」

1節でも述べた通り、初日午前中の講義は不参加であった。おそらく参加していても、専門とはまた異なる分野ということもあり多くを理解することはできなかつたと予想しているが、セッション1最後の発表である中性子捕獲断面積の測定に関する発表などは、普段核データを使用している側としては非常に気になるころではあった。誠に残念である。

閑話休題。セッション2では原子核理論に関わる発表が3件行われた。タイトルの通り、原子核物理の範囲が中心となる発表がほとんどで、改めて理論研究者の凄まじさを思い知った時間だったとも言える。

特にセッションの一番目であった「核分裂理論研究の最新の動向」については、普段何気なく用いている「核分裂」という現象がどのようなモノであるのか、理論やモデルを用いて研究されており、私自身も研究で用いる「核分裂収率」の理論的な考察も含め非常に興味深かった。核分裂によって原子核が二つに別れた際、最終的にどんな原子核に落ち着くか考えるとき、最も重要となるのは分裂の瞬間にどの核種となるかであるらしい。(考えてみれば当然なのだが、**Scission** と呼ぶらしい) この”**Scission**”時にどの核種になるのかということが、どうやら核分裂片のスピンによって決まるらしく、そういった理論に基づいた **Scission** モデルが複数種考えられているようだ。さすがに発表の内容を隅から隅まで理解することは不可能であったが、理論屋的な視点……すなわち現象の原因を深く追及する姿勢を実感し、非常に刺激となった。また、三件目の発表では「殻模型計算による核準位密度の微視的記述」という題にもある通り、原子殻(核ではない)の模型を考え、計算を行うことで測定ではなく理論から核データを導くような発想がなされていた。こういった測定データではなく理論モデルから求められる核データというイメージは新鮮で(初学者ゆえ)興味深く思えた。(そちらに踏み込む自信はないが)

残る二件目の発表は前述の二件とは毛色が異なり「原子核物理の不定性が星の重元素生成に与える影響」という天体核物理に関する内容であった。これは、いわゆる核データの(というより核反応そのものの)不確かさが、超新星爆発以後の重元素生成に対してどのような影響を持っているかという内容で、比較的私自身の研究にも重なる部分があり面白く聴けたといえる。前提として超新星爆発時に鉄が生成され、それが中性子供給の多い宇宙空間で核反応を起こして核変換していくという現象自体も興味深く、ランダムサンプリング法がその計算に用いられていることから、核データの応用範囲の幅広さを垣間見ることができた気がする。

#### 4、 二日目午前「核物理と核データ」「原子炉」

すべてのセッションについて節分けしても冗長になるのが目に見えているため、二日目は午前午後の二節に分けさせていただく。

午前中は先日に引き続き「核物理と核データ」と新たに応用の一つとして「原子炉」に関わる発表がなされた。前日の「核物理と核データ」を聴講していないため、正確なことは言えないが、機器を用いた実験や測定の結果が主になっていたように思う。

発表の内容としては、OEDO と呼ばれる RI ビームの減速収束装置を用い、核反応データを取得するものや、核データ (JENDL や ENDF、またそのバージョンなど) や計算手法の差 (KUKA : モンテカルロ<MVP>、JAEA : 決定論的手法) によって生じる ADS のベンチマーク問題について実験を通して是正 (確認?) するもの、質量分光器を用いて重元素の質量を高精度で求めるための測定法の提案などがなされていた。ADS のベンチマーク問題以外の内容は、核データの測定に関わる内容であり、初めて耳にし「そういった方法があったのか」と頷かされるものが多かった。特に質量分光器を用いた質量測定法などは理論こそ比較的理解しやすいものの、ms 単位の測定であったりとその技術的難易度の高さには思わずおののくほどであった。

続く原子炉セッションでは、水の熱中性子散乱則の違いによって核計算の結果に与えられる影響の評価と、廃炉への核データ利用という二件の発表が行われた。阪大の竹田先生による熱中性子散乱則データの話は、まさしく原子炉への核データ利用といった内容で (非常に馴染み深く)、利用する水に対する熱中性子散乱則の違い (JENDL4.0(ENDF6.2)や ENDF/B VII.0 など) に起因して核計算の結果に差が生じるというものであった。これは水に対する熱中性子散乱則によって水の散乱断面積に差が生じるためである可能性が高く、実際に水の多い体系で計算した場合無視できない差ができることが検証の計算で分かっている。また差異の中でも特に断面積の大きさに起因するらしい。このような核計算に用いるデータの差による結果の差を推定するという手続きを具体的に知ることができたのは大きいと感じている。

#### 5、 二日目午後「核データと応用」

原子炉工学研究室の人間としてこう言って良いかはわからないが、正直このセッションが最も興味深い発表が多かったように感じる。二日目午後となるセッション5, 6では原子力とはまた異なった分野で応用される核データに関する話がメインとなった。また、その応用の範囲は半導体や医療用放射性核種の製造、宇宙線挙動など様々な分野にわたった。

例えば、半導体ソフトエラー (ハード的には故障していないが、放射線によって電荷が付与されメモリが反転してしまうような問題) に関する発表では、放射線の中でも中性子と Si による核反応によって放出される二次電子について述べており、これを原因とする半導体ソフトエラーを考慮する際に核データが重要となるという。(試験を行う手法もあるが、やはり PHITS などのコードによるシミュレートが主になるようだ)

また、医療用放射性核種の製造については、現状の医療用放射線源製造が直面している問題が提示され（製造元であった各国の実験用原子炉が閉鎖されている）、その解決法の一つとして線形加速器による放射性核種の製造が紹介された。重要となる核種が原子炉に関わる研究とはまた異なったり、断面積のエネルギーが 10~20MeV の間であったりといった差異が見られ興味深かった。

続く宇宙船挙動解析の発表では実際に輸送計算コードである PHITS が使われる場として大気入射宇宙線スペクトルの計算が挙げられていた。またモデル等を用いた計算ではなく、モンテカルロ計算で得られた解に最小二乗法を適用することでフリーパラメータを決定し、低コストで線量を導く EXPACS 呼ばれるシートが紹介された。そののちは、多少息抜きの意もあったのか、宇宙線フラックスと地球環境の関係について面白みを含んだ説明がなされるなどした。

そして、最後の発表であるが JAEA の方より JENDL の現状と今後の計画に関する発表が行われた。現状の JENDL4.0 に加えられる特殊ファイル（高エネルギーや崩壊データ、放射化計算や光子核反応など）の紹介や、5 の作成状況と目標など多くの参加者が気になっている点について解説がなされた。また、殆どの参加者が何かしら関わっていることもあってか、質疑が活発になされ、質問者の研究分野にとって重要となる核データの追加要望や修正希望など数多くの意見が交換される場となった。

## 6、まとめ

以上が 2017 年度核データ研究会の参加報告となる。非常に多くの興味深い発表に対して感想などを述べてきたが、全体を通して言えるのは「核データの重要性」を実感したということだろう。今まで炉物理計算の入力として核データに触れてきた身ではあるが、その核データが様々な実験測定、もしくは理論計算によって形作られてきたことを強く意識することはなかったし、他の分野で用いられていることを想像もしていなかった。それは知的好奇心に対する刺激でもあったし、より実際的な影響を述べるならば自身の計算で用いている核データそのものにより目を向けるきっかけになったのではないかと感じている。常とはまた異なる分野の発表が多かったということもあり、理解に手間取るなどした面もあったが、参加して得るものも大きかったと考えている。