

ND2007

(1) ND2007 に参加して (測定関連発表)

日本原子力研究開発機構

原田 秀郎

harada.hideo@jaea.go.jp

1. はじめに

3年ごとに開催される核データ国際会議の第15回目に当たる科学技術のための核データ国際会議 (ND2007: Internal Conference on Nuclear Data for Science and Technology) は、CEA と OECD/NEA の共催及び CNRS と IAEA の協力のもと CEA が組織し、フランスニースの旧市街地近くにあるアクロポリス会議場で開催された。世界約40カ国から約400名の出席者があり、核データ研究の最新の成果が5日間にわたり報告された。



アクロポリス会議場

本国際会議は、午前中前半の大会議室における総合講演の後、3の会議室（同大会議室1及び中会議室2）に分かれて午後5時までトピックス毎に口頭発表が行われた。午後5時から6時半までポスター発表が行われた。主要な研究発表内容と会議で得た動向など核データ測定に関連する発表を中心にトピックス毎に報告する。なお、核データ測定に関する発表は、パラレルに行われたものも多く、主要な研究を全て網羅できていないことをご了解いただきたい。



大会議室での講演の様子



ニースの海岸通り



Conference Dinner 会場のレストラン

2. 核データの必要性

フランス政府特命原子力最高顧問 Bigot は、原子力開発のための核データの必要性が原子力安全及び核廃棄物低減の分野で認識されており、今後核データの誤差を低減することが原子力開発にとって大きな科学的目標になるとの認識を述べた。また、原子力応用以外では、宇宙開発、医療、天体核物理の分野で核データの重要性が高まっているとのことである。CEA の Bouchard は、革新炉及び燃料サイクル開発に求められる核データについて調査結果を報告し、現状の核データの誤差を明確にし、各システムへのインパクトを整理することが重要と強調した。特に FR サイクルでは、TRU が多く入ること及び Pu の高次利用が進むことから Pu 及び MA の核データが重要であることや、C を減速材とする高温炉開発における炭素の散乱則断面積や原子炉中でのガンマ線生成断面積の重要性などを指摘した。核データ誤差低減の重要性、誤差の明確化及び各システムへのインパクト研究の重要性が、原子力開発全体計画の中で明確に示された。

3. 核データ測定について

代理 (Surrogate) 核反応 (具体的にはトランスファー反応) と呼ばれる手法を用いて、比放射能が高いなどの理由によりサンプルが入手できない核種の核分裂断面積などを決定する手法が米国ローレンスリバモア研究所の Escher によりレビューされた。これは、代理核反応を用いて目指す複合核状態を励起し、理論計算と組み合わせて目的とする核反応断面積を間接的に決定する近年開発が進められている手法である。この手法を(n,f)

反応に適用した場合の有効性及び(n, γ)反応への適用限界が報告された。フランスのグループは、代理核反応による Cm 同位体の核分裂断面積決定の研究進捗状況を報告した。米国グループは、バークレイのサイクロトロンを用いた代理核反応の研究進捗状況を報告した。代理核反応を用いる方法は直接測定に比べて誤差要因が多くなるが、これをどこまで絞り込むことができるか実験屋・理論屋が協力して精力的に検証を進めていた。代理核反応は、1つのセッションを構成しており、本手法の有効性自身研究対象として進行中のものであるが、新しい研究の方向性を示すものである。

核データ関連大型施設の動向としては、JAEAの高田氏より東海村に建設が進むJ-PARCの進捗状況や施設開発の経験に基づく核データニーズが報告された他、GSIの希少イオンビームを発生させるSPIRAL2計画の現状がAlamanosによって報告された。Alamanosの報告中、EUの次期計画では、AGATAプロジェクトという4 π Geスペクトロメータ(約50Mユーロ)の必要性が認識されているとのことであった。加速器とともに新世代の検出器開発がこれからのブレークスルーに重要性を増していることを示すものである。我が国からは、最近完成した全立体角Geスペクトロメータとこれを用いた中性子捕獲断面積測定へ適用した成果が報告された。本スペクトロメータは、J-PARCに建設が進む中性子核反応測定装置(ビームラインの名称)に設置される予定とのことである。

PuとUの中性子断面積に関する測定研究については、Pu-239の熱領域の中性子捕獲断面積について評価値と積分実験データ間に4%の差異が存在するというCEAのBernaldらによる報告や、ベルギーのWagemansらによるU-236、及びロスアラモス研究所のWenderらによるU-235mの核分裂断面積測定などの多くのチャレンジングで重要な測定の試みが報告された。U-236の核分裂断面積は大きく見直す必要のあることが示された。また、U-235mの核分裂断面積測定のために、加速器パワーの1桁以上の増強、新たな鉛減速スペクトロメータの設置、かつ、サンプル整備のために50gのPuから10ngのU-235mを精製するなど精力的な研究が行われていた。Pu-239の測定で有効性を実証し、U-235mの測定は今後行われる予定である。主要な核燃料物質であるU、Puの核データについて、照射中に生成するアイソマー準位の中性子断面積にも着目した研究は、主要な核燃料物質の核データ精度向上の重要性が米国で認識されているものと考えられよう。筆者は、我が国の著名な原子力研究者(核データ関係者ではない)より5年ほど前にMAだけでなく何故U、Puを測定しないのかと指摘されたことがある。まさに慧眼であった。核燃料物質を使用できる核データ測定施設は我が国では非常に限られているのが現状であるが、主要核種の精度向上は今後のチャレンジングな研究課題の1つである。

熱中性子捕獲断面積測定では、原子炉の中性子導管で得られる中性子ビームを用いたI-129の注意深い測定研究成果がハンガリーのBelgyaらにより報告された。測定結果は、JAEAの測定結果と2~3%で一致するものであり、JAEAの測定結果の正確さが独立した実験により実証された結果となった。また、CEAの推進するMini-INCAプロジェクト(核

変換研究用にグルノーブルの高束熱中性炉を用いてアクチニドの熱中性子断面積を測る)からは Letourneau より Cm-244 の中性子捕獲断面積や Cm-245 の核分裂断面積の結果が紹介された。

飛行時間測定法による中性子断面積のエネルギー依存性測定について、セルン研究所の n-TOF プロジェクト及び米国ロスアラモス研究所での測定結果が数多く発表され、欧州及び米国における目覚ましい研究の進捗が示された。一方、測定データの精度を検証する技術開発も進められている状況にあり、MA のデータなど最終結果には至っていないようであった。しかし、データ解析ツールの開発はほぼ終わったとのことであり、近々多くの測定結果が論文発表されると予想される。

米国ロスアラモス研究所の研究例では、全立体角型 BaF₂ 検出器 DANCE を用いて、MA の odd-odd 核種としては始めてとなる Am-242m の中性子捕獲断面積の測定結果が示された。Eu 安定同位体の中性子捕獲断面積では、過去の Macklin の値と系統的な相違が示されていた。このように断面積が 30~40 バーンと大きな場合にも、過去の測定データの見直しが必要であることを示したことは注目すべき点である。

光核反応の測定に関しては、レーザー逆コンプトン光を用いた研究が日本から 2 件報告された。レーザー逆コンプトン光を用いた原子核分光手法は、我が国で種々の手法が開発されたものであり日本のお家芸となりつつある。逆反応を利用した中性子核データ研究への応用や、宇宙物理などの基礎科学などで研究が進められているが、これらの研究では欧米で進捗している代理核反応と同様に、核反応理論計算との組み合わせが今後の発展で重要性を増すと思われる。また、新しい γ 線源であるレーザー逆コンプトン光は、核燃料物質の非破壊検査などへの応用可能性について、会議中関心を集めていた。

核データの測定に関しては、ここで紹介した大きな進捗の他に、地道な測定精度向上のための研究が背景にあったことに着目すべきであろう。例えば、モンテカルロシミュレーション手法を駆使した中性子パルスの時間構造及び核データ測定に用いた検出器の時間応答への影響などの検討、放射化手法における共鳴領域中性子スペクトルの 1/E からのずれの影響の考察、などなど数え切れない努力の跡を口頭発表後やポスター発表などの議論を通じて窺うことができた。

核データの研究分野においては、革新炉及び核燃料サイクルを中心に核データの誤差を小さくすることが今後重要課題となり、このために必要な高精度測定技術を蓄積することが重要である。さらに、核データ測定の専門家と原子核理論計算の専門家との協力による測定データ解析手法の高度化が今後ますます重要になってくるとと思われる。また、放射性物質の核データ測定については、サンプルをどのように調達するかが課題であり、核化学専門家とのより強力な連携が必要である。