

## 会議のトピックス(V)

---

### 3rd Workshop on Neutron Measurements, Evaluations and Applications (NEMEA-3) に参加して

日本原子力研究開発機構  
核変換用核データ測定研究グループ  
太田 雅之  
ohta.masayuki@jaea.go.jp  
原 かおる  
hara.kaoru@jaea.go.jp

---

#### 1. はじめに

2006年10月25日から28日の4日間、ブルガリアのボロヴェッツにおいて行われたワークショップ NEMEA-3 (3<sup>rd</sup> Workshop on Neutron Measurements, Evaluations and Applications) の会議報告をする。本ワークショップは今回で3回目の開催であり、1回目はハンガリー (2003年)、2回目はルーマニア (2004年) で行なわれた。幹事機関は欧州委員会の共同研究センター総局 (European Commission Joint Research Centre) の標準物質計測研究所 (IRMM: Institute for Reference Materials and Measurements、ベルギー) で、中性子による核反応の測定、核データ評価、その応用利用が題材である。各国において実験施設や研究者が減少している状況で、情報資源の集積と維持、研究開発を行なうために、アイデアや意見を交換し国際協力を図ることを趣旨としている。参加は、主として欧州連合 (EU) の加盟国とブルガリア (2007年1月EU加盟) からであり、60名程度であった。日本からの参加者は我々2名であった。

#### 2. 会議概要

発表は一つの会場で行われ、すべての発表を聞くことができた。まず始めに、オープニングセッションとして、ブルガリアでの研究活動と原子炉施設に関する包括的な報告があった。続く6つのセッション及びポスターセッションでは、中性子による核反応に関連する「核医学」、「動向、モデル、理論」、「核データの需要、評価、ライブラリ」、「実験施設」、「検査と特性評価」、「断面積測定」の約50の研究発表と討議が行なわれた。以下に、その概要を列記する。

### (1) オープニングセッション

オープニングセッションでは、開催地であるブルガリアの研究者から包括的な報告があった。これらは主として、ブルガリアの首都ソフィアにある科学アカデミー原子力研究所 (INRNE: Institute of Nuclear Research and Nuclear Energy、ブルガリア) が、国内外の研究施設で行なっている研究活動、成果、今後の展望に関するものであった。また、INRNEの研究施設で従来使用されてきた研究炉 IRT2000 に代わって、より出力の低い研究炉 IRT200 が新しく建設中であることが報告された。

### (2) セッション 1 (核医学)

単一光子放射型コンピュータ断層撮影 (SPECT) や陽電子放射断層撮影法 (PET) での診断用及び治療用の放射性核種の生成に関する研究、生物医学的な観点から高エネルギー中性子に対する核データの必要性に関する発表が行われた。ドイツ (FZJ) の Qaim 氏から、SPECT 診断のための核種としての Tc-99m、I-123、Tl-201 等、PET 診断としての C-11、F-18 等、治療用としての Y-90、I-131 等の製造に関してレビューがあった。また、タンパク質合成や細胞増殖のようなゆっくりした代謝過程の研究などに新たなポジトロン核種が必要とされており、核データの測定・整備が求められていることが報告された。

### (3) セッション 2 (動向、モデル、理論)

フランス (CEA) の Bauge 氏による核データに関する総合報告や、直接反応過程における有効相互作用ハミルトニアンの研究などが報告された。本セッション中の発表では、フランス (CEA) の Romain 氏による原子核反応計算コード TALYS を用いた核分裂断面積の理論研究において、triple humped の核分裂ポテンシャルを仮定することで実験値をよく再現することに成功した研究成果が注目に値した。

著者 (太田) も本セッションにて、「選択チャンネル核分裂モデルによる核分裂収率計算法の研究」に関連した研究成果について報告した。モデルの概要を紹介した後、今回計算された Th-232、U-235、Pu-239、Pu-241 の中性子誘起核分裂に対する核分裂収率について報告した。一部の分裂片質量領域において差がみられるものの、全体としては実験値とよい一致を示したことを発表した。発表に対して、total kinetic energy (TKE) と本モデルとの関係などについて質疑があり、説明及び議論を行った。

### (4) セッション 3 (核データの需要、評価、ライブラリ)

国際熱核融合炉 ITER や国際核融合材料照射施設 IFMIF における核データの需要に関する発表や、オランダ (NRG) の Koning 氏による欧州の評価済核データライブラリ JEFF の現状と今後の展望に関する発表などがなされた。また、モンテカルロシミュレーションコード MCNP を用いた中性子輸送計算に関する発表では、ビスマス厚板を透過させた中性子の吸収スペクトルの計算値と実験値との間に食い違いがあることが示され、計算

に用いられた米国の評価済核データライブラリ ENDF/B-VI 及び IAEA のライブラリ FENDL-2.0 のビスマスの中性子全断面積データに問題があることが指摘された。

#### (5) セッション 4 (実験施設)

20GeV の陽子シンクロトロン加速器からの陽子ビームと鉛核破砕ターゲットによって、広いエネルギー範囲の中性子ビームを生成する CERN の中性子飛行 (n\_TOF) 施設についての発表があった。天体核物理 (特に s 過程での元素合成)、核変換や原子力技術の研究のために、 $^{151}\text{Sm}$ 、 $^{93}\text{Zr}$ 、 $^{237}\text{Np}$  等の中性子捕獲断面積、 $^{235,238}\text{U}$  等の核分裂反応断面積が測定されたことが報告された。また今後の研究計画フェーズ 2 についての説明があった。その他に GANIL の SPIRAL-2 施設 (フランス)、IRMM のアイソマースペクトロメータ NEPTUNE (ベルギー) についての説明や研究計画が報告された。

#### (6) セッション 5 (検査と特性評価)

Perot 氏 (CEA、フランス) から、欧州違法取引対策設備 (EURITRUCK: EUROpean Illicit TRAfficking Countermeasures Kit) 計画についての説明があった。この計画の目的は、貨物コンテナに隠された危険物 (麻薬や爆発物) を検知するための非破壊検査システムの開発である。D-T 反応による 14MeV の中性子ビームを貨物コンテナに照射し、非弾性散乱から引き起こされたガンマ線のスペクトルを利用して、検査対象の元素組成比を調べ、物質を同定する。貨物コンテナに詰められた金属マトリックス (密度  $0.2\text{g}/\text{cm}^3$ ) 中にある 100kg の TNT 火薬を、10 分以下の時間で検知出来るシステムを、中性子輸送計算コード MCNP を用いて設計し、試作品を用いたテスト実験が行なわれていることが報告された。その他、地質学分野への応用、中性子を用いたイコン (聖像) の鉛白顔料の分析など、中性子応用利用についての発表があった。

#### (7) セッション 6 (断面積測定)

主にワークショップ幹事機関の IRMM で行なわれている研究活動についての発表が行なわれた。まず始めに Plompen 氏 (IRMM、ベルギー) から IRMM での最近の中性子データ測定の総合報告がなされた。活動内容を 2 つに分類すると「核廃棄物の低減に関する研究」と「標準計測と基礎科学に関する研究」があることが述べられ、研究施設には特性の違う中性子ビームを生成する加速器施設が 2 つあることが紹介された。一方の加速器施設は制動放射光による光中性子反応から、1~2MeV にピークを持つ白色エネルギーの中性子ビームを生成し、他方は  $\text{Li}(p,n)$ 、 $\text{T}(p,n)$ 、 $\text{D}(d,n)$ 、 $\text{T}(d,n)$  反応を利用して 0.1~20MeV 範囲の単色エネルギーの中性子ビームを生成することが出来る。

また、その研究施設を利用しているベルギー、フランス、ブルガリアの研究者から中性子データ測定の結果についての報告があった。興味深い発表としては、速中性子エネルギー領域における  $^{243}\text{Am}$  の中性子誘起核分裂断面積の測定の発表 (Kessedjian 氏、CEN、

フランス)で、過去の実験データに比べて彼らのデータが1~6MeVの中性子エネルギー領域で15%程度低い値を示していることが示され、標準断面積に(n,p)反応を利用することで誤差5%以下に高精度化した断面積測定が可能であることが報告された。その他には、原子炉構造材の元素(Zr, Ta, W)に対する中性子誘起の核反応断面積測定や、厚いCd試料を用いた中性子透過実験の報告がされた。

著者(原)も本セッションにて、「Photonuclear reaction cross section of  $^{152}\text{Sm}$ 」という題目で発表を行なった。この研究では、核変換と天体核物理研究ための基礎データである $^{151}\text{Sm}$ (半減期90年)の中性子捕獲断面積を評価するため、逆反応を利用し、安定核種 $^{152}\text{Sm}$ の光核反応断面積の測定を行なったので、レーザー逆コンプトンガンマ線を用いた光核反応実験の方法や断面積測定の結果、計算コードTALYSを用いた $^{151}\text{Sm}$ の中性子捕獲断面積の計算結果を示した。 $^{152}\text{Sm}(\gamma,n)$ 反応断面積の我々のデータは過去のデータと比較して、反応しきい値(8.26MeV)近傍のエネルギー領域で低い値であることを報告した。また、TALYSの標準入力パラメータを用いた統計モデルによる計算結果が、 $^{151}\text{Sm}$ の中性子捕獲断面積の計算結果と最近報告されているCERNのn\_TOFグループの実験データと比較し、エネルギー依存性が一致していないことを報告した。

### 3. 開催地、ブルガリアについて

ブルガリアは黒海沿岸に位置し、北にルーマニア、西南にギリシア、東南にトルコと接している。日本からブルガリアへの直行便はない。主な航路は、オーストリア、ドイツ、フランス経由であり、到着時刻や乗り継ぎを考えると便はあまり良くない。公用語はブルガリア語であり、文字はキリル文字である。街中には、英語の併記がない場合が多く、我々はNEMEA参加者用の移動バスを利用できたが、個人で行動する場合などは苦労しそうであった。また、ブルガリア通貨は「レフ」であった(ユーロの固定相場制を採っているので、店によってはユーロを使うことが出来た)。とはいえ、想像していた東欧の堅苦しさはさほどなく、ベルリンの壁崩壊以降波及した民主化が進んでいるのを感じさせた。特に我々が訪れたのはEU加盟直前であったので、変化がある時期だったのではないだろうか。ソフィア空港にはブルガリアの国旗とEUの旗が掲げられていた。

今回訪れたボロヴェッツは、ブルガリアで有名なスキーリゾート地であり、首都ソフィアから車で約2時間の距離にある。会場となったサモコフホテル(図1)は立派な建物で、滞在中は非常に快適に過ごすことができた。山の上にあるので、ほとんどの食事はこのホテルで取った。ブルガリアのワインは良質で、野菜や乳製品を多く使った料理と共に楽しめた。特に、メルニク地方のカベルネ・ソーヴィニオンから作られる赤は、世界的にも有名である。エクスカーションでは、世界文化遺産であるブルガリア正教の総本山「リラの僧院」を訪れ、僧院の聖母誕生教会(図2)の外壁や天井一面に描かれた美しいフレスコ画(図3)を観ることが出来た。東と西の文化が入り混じったような外観が印象的であった。



図1 会場のサモコフホテル



図2 リラの僧院の中央にある聖母誕生教会



図3 聖母誕生教会のフレスコ画