

会議のトピックス(IV)

第 10 回中性子線量計測シンポジウムに参加して Tenth Symposium on Neutron Dosimetry (June 12 – 16, 2006, Uppsala, Sweden)

日本原子力研究開発機構 放射線防護研究グループ

佐藤 大樹

satoh.daiki@jaea.go.jp

1. はじめに

2006年6月12日～16日にスウェーデンのウプサラにて開催された第10回中性子線量計測シンポジウム (NEUDOS10 : Tenth Symposium on Neutron Dosimetry) に出席した。NEUDOSは、1972年の第1回以降3～4年毎に開催され、今年が10回目となる。NEUDOS10では、欧州線量計測グループ (EURADOS) の後援のもとウプサラ大学がホストを務め、26カ国から177名が参加した。発表総数は口頭発表が41件 (5件は招待講演)、ポスター発表が124件であった。従来、NEUDOSでは中性子に対する線量計測技術や放射線防護に関する報告が中心であった。しかし今回の会議では、近年建設の相次いでいる加速器施設における中性子線量評価や防護体系の構築に評価済み核データを活用することを目的とした、核データ評価のための理論模型や実験の報告も複数見受けられた。以下、本会議について簡単にではあるが報告する。

2. 会議の内容

NEUDOS10にて報告された研究発表のうち、核データに関連するものに絞り幾つか紹介したい。まず、NRGのA.J. Koning博士より核反応計算コードTALYSについて報告があった。TALYSコードは、1keVから200MeVまでのエネルギー領域における核反応を、既存の理論模型から最適なものを選び出し組み合わせて計算する。現在、ベータ版としてバージョン0.64がリリースされているが、最終的にはTALYSコード単体で適用エネルギー範囲内のあらゆる核反応を記述する事を目指し開発が進められている。発表では、様々な標的核種に対する核子の弾性散乱断面積や二重微分断面積の計算結果と実験値との比較が示され、TALYSコードの有効性が紹介された。また、TALYSコードは一般的に軽核に対する計算精度は十分ではないとされていたが、放射線治療分野における要求に

応えるため、炭素、酸素、カルシウム等に対しては調整され計算精度も改善されているとのことであった。

実験に関しては、会議のホストを務めたウプサラ大学のグループから二つの興味深い報告があった。一つは、96MeV 準単色中性子ビームを用いた中性子弾性散乱断面積の測定である。弾性散乱断面積は、核データ評価にとって不可欠な光学模型ポテンシャルを決定する上で極めて重要な物理量である。しかし、その重要性にもかかわらず実験の困難さから、このエネルギー領域における中性子弾性散乱断面積の測定例は極めて少ない。ウプサラ大学のグループは、複数のシンチレーション検出器と飛跡検出器を組み合わせた中性子測定用反跳陽子テレスコープ検出器 SCANDAL (図 1) を開発し、 ^{12}C , ^{14}N , ^{16}O , ^{28}Si , ^{40}Ca , ^{56}Fe , ^{89}Y , ^{208}Pb に対して 10~70 度の散乱角度領域での測定を行った。SCANDAL ではエネルギー分解能 3MeV 以下を達成しており、弾性散乱イベントと低励起準位からの非弾性散乱イベントとを実験的に分離することに成功している。実験データの解析は現在も継続されており、全ての標的核種に対する最終的な結果はまだ公表されていない。また、残念ながら E 検出器の厚みの問題から、現行の SCANDAL をより高いエネルギー領域での測定に適用することは困難であるとのことであった。

もう一つの興味深い実験は、同じく 96MeV 準単色中性子ビームを用いた軽荷電粒子生成二重微分断面積の測定である。荷電粒子測定用カウンターテレスコープ検出器 MEDLEY (図 2) により、 ^{12}C と ^{16}O に対して陽子、重陽子、三重陽子、 ^3He 原子核、 α 粒子の生成断面積が測定された。MEDLEY は、真空チェンバー内に 2 つの Si 検出器と CsI(Tl)検出器からなるカウンターテレスコープを 8 組持つ。この実験データは、先述の TALYS をはじめとする核データ評価に利用される計算コードの精度検証に役立てることが期待される。



図 1. 中性子測定用反跳陽子テレスコープ検出器 SCANDAL



図 2. 荷電粒子測定用カウンターテレスコープ検出器 MEDLEY

3. TSL 見学

会議中の催しとして、ウプサラ大学が運営する TSL (The Svedberg Laboratory) の見学

が行われた。TSL は、物理学、生命科学及び放射線治療のための加速器複合施設である。加速器としてはシンクロサイクロトロンが採用されており、20MeV から 180MeV までのエネルギー範囲で陽子からキセノン原子核までを加速出来る。中性子を用いた物理実験のために、TSL では ${}^7\text{Li}(p,n)$ 反応を利用した準単色中性子源の開発が行われている。現在整備されている準単色中性子源のエネルギーは、11、22、47、96、143 及び 174MeV である。先述の SCANDAL や MEDLEY による測定も、この準単色中性子ビームを用いて行われた。ユーザーの使える実験エリアも広く（奥行き 15m 程度）、様々な体系での測定に対応可能と考えられる（図 3）。



図 3. 準単色中性子ビームライン実験エリア

また TSL では陽子ビームを用いた放射線治療のための設備があり、既に脳腫瘍や前立腺がんに対する治療の実績がある。陽子ビームは、減速材やコリメータを用いて患者毎に最適なビームへと整形され照射される。脳腫瘍の場合、患者は椅子に座り頭を固定された状態で治療を受ける（図 4）。

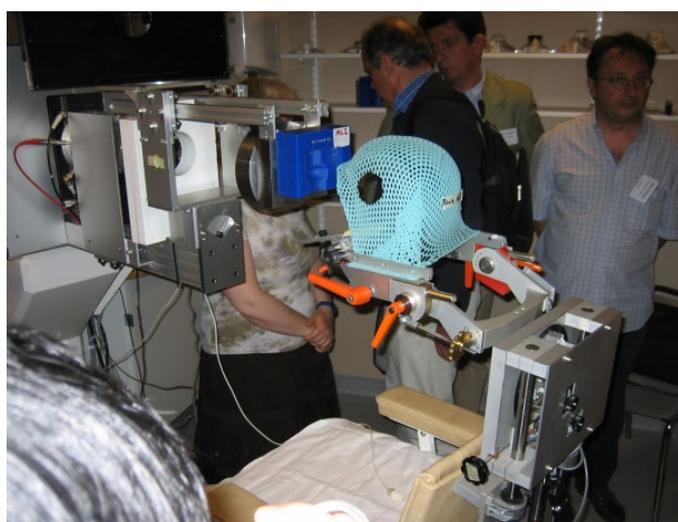


図 4. 陽子ビーム治療設備の照射位置

4. 余興プログラム

会議のバンケットがウプサラ城にて行われた。ウプサラ城は、16 世紀半ばに時のスウェーデン国王グスタフ一世によって建てられ、以後歴代君主の戴冠式が執り行われた由緒ある城である。食事が始まるまでの間、地元の音楽家による演奏が行われたが、この際ピアノを担当したのは会議のチェアマンの一人であるウプサラ大学の Blomgren 博士である（図 5）。そのあまりの腕前に、会議参加者からは科学者よりも音楽家を生業にした方が儲かるのではないかといった冗談が交わされた。食事は北欧の伝統的な料理を中心に構成され、料理の味、城の雰囲気、音楽、いずれも最高であった。特にメインディッシュのトナカイ肉のステーキは絶品であった（図 6）。会議全体を通して言えることであるが、今回の主催者のきめ細かな心配りには感心させられた。

バンケットが終了したのが夜の 11 時近くであったが、外に出てみるとまだ太陽は沈んでいなかった（図 7）。この時期のウプサラでは、午前 0 時をまわった辺りでようやく日も沈み夜らしくなる。また、この日は丁度、サッカーワールドカップ予選のスウェーデン戦があり、ウプサラ城からホテルへの帰路の途中にスウェーデンが勝利を決めたらしく、たちまち街中が歓声につつまれた。街の中心部では人々が集まり、花火も上がりちよつとしたお祭りとなった。



図 5. 地元音楽家の演奏。ピアノを弾いているのはチェアマンの Blomgren 氏



図 6. メインディッシュのトナカイ肉のステーキ



図 7. 午後 11 時のウプサラの空。ようやく太陽が沈み始める

5. おわりに

会議の最終ディスカッションでは、EURADOS 議長である PTB の Schumacher 博士から、中性子線量計測に関して、現状及び今後の論点が紹介された。特に数 100MeV 程度までのエネルギー領域について、ビーム科学及び放射線防護に関する研究開発の重要性が強調された。このような背景から、NEUDOS11 は、エネルギーが 200MeV までの準単色中性子場を整備した加速器を有する南アフリカの iThemba で 2009 年 10 月に開催される。

中性子線量計測の主要な研究対象は、原子力から医療、生命科学といったより広い分野へと広がっている。また、その対象とするエネルギー領域も加速器技術の発展に伴い拡大している。このような現状で、核データの貢献できる機会は少なくないと考える。今後もより一層の連携が必要であると感じられた。



NEUDOS 10 June 12-16 2006 Uppsala, Sweden

参加者集合写真