

研究室だより

東北大工学部原子核工学科原子炉物理学研究室

(東北大学工学部) 馬場 護

我々の研究室は、上にあるように原子炉物理学講座であるが、核データ測定のテーマを炉物理の解析とともに研究の中心課題と位置づけ活動を行ってきた。核データに関連した仕事は炉物理計算の方でも取り組んではいるが、ここでは測定関係に絞ってその概要を紹介したい。

当研究室では、1975年に学科共同利用設備として設置された 4.5MV ダイナミトロン加速器をパルス中性子源として用い、数 100keV 以上の高速領域における中性子微分データの測定と測定法の開発に取り組んで来た。それ以前にも東北大核理研の 300MeV リニアックを利用し、高速領域の全断面測定などを行ったが、マシンタイムの制約などから、多くの結果を得ることはできなかった。

ダイナミトロン加速器では $p\text{-Li}$ 、 $p\text{-T}$ 、 $d\text{-D}$ 、 $d\text{-T}$ などの中性子生成反応により 7~13 MeV の領域を除き 0.2~20MeV の範囲で単色のパルス中性子を得ることができる。当初は加速器を軌道に乗せるために労力を要し、実験テーマに関しても試行錯誤の時期があったが、まずテーマを絞り実験とデータ処理の手法を確立することに努力し、ここ 10 年ほどの間に、

(A)中性子二重微分断面積 (DDX)、中性子散乱断面積の測定、及び

(B)アクチニド核種の高速中性子核分裂断面積の測定

において、かなりの成果を得ることができた。この間、特別設備費や「核融合炉」及び「トリウム炉」に関する科学研究費により、加速器を含め実験装置、測定器などの充実を図り、これによって測定手法も大幅に改善することができた。

(A)の DDX 測定は核融合炉に直接関連する Li、Be など軽核の測定からスタートしたが、現在までに構造材核種も含め ${}^6\text{Li}$ から ${}^{232}\text{Th}$ 、 ${}^{238}\text{U}$ にわたる 20 近い核種について一連のデータを得た。これらのデータは 14MeV 以外にも、数 MeV 領域や 18MeV などの入射エネルギーにおける結果を含んでいる。14MeV 以外における DDX のデータは他にほとんど無いため、これは我々のデータのセールスポイントの一つといえる。なおダイナミトロンは 14MeV 中性子源として必ずしも適当ではないが、 $d\text{-T}$ 反応による 90° や 97.5° 方向への中性子を利用するなどの工夫により、14MeV 専用加速器に引けを取らないエネルギー分解能を達成できている。この実験では DDX データそのものが目的ではあるが、さらに DDX データから部分断面積やスペクトルの情報を導出し、軽核や Th、U などについて非弾性散乱についても多くの情報を得た。実験結果をモデル化して再現する試みも行ってきた。今

後さらに測定を行う予定であるが、現在まで得られたデータは一部を除き EXFOR に登録されている。また、DDXの測定手法を、 ^{232}Th 、 ^{238}U の核分裂スペクトル測定に応用し、“ものの言える”データを得ることができるようになった。 ^{235}U 、 ^{239}Pu など主要核種の核分裂スペクトル測定にも関心があるが、肝心のサンプルの入手がネックとなっている。

(B)核分裂断面積の測定では、 ^{235}U を標準とする相対測定法を用い、 ^{232}Th から ^{243}Am に至る 10 数核種について、7~13MeV の領域を除き、数 100keV から 14MeV の間での測定を行ってきた。Cm 同位体などについてはサンプルの入手と取扱いに困難がありまだ実現していないが、予定した核種については一応測定を終了した。また 14MeV 付近での ^{235}U に対する絶対測定も行い、測定は現在一段落という状態にある。測定結果は共分散（全部ではないが）を含め、数値データとしてまとめられている。今後、機会があれば消滅処理で重要な 20MeV 以上の高エネルギー領域の実験にも挑戦したいと考えている。

良質なアクチニドサンプルの入手は非常に困難であり、この研究は原研との協力研究によって可能となったものである。また、 ^{235}U サンプルについては、京大炉の方々のお世話になった。

なお、核分裂断面積測定用に開発した核分裂計数管は中性子束の絶対測定にも非常に有効なことが分かり、現在 ^{235}U 計数管をドシメーターの校正実験などに広く利用している。また、核分裂計数管の経験は、次に述べるグリッドチェンバーによる二次荷電粒子測定法へのヒントとなった。

(A)、(B) の仕事が軌道に乗って来た 4、5 年程前からは、科学研究費（一般研究）などの援助により、

(C)4 π 型 ^3He バンク検出器による多重中性子放出反応の測定法、

(D)グリッドチェンバーを用いた高感度二次荷電粒子スペクトロメーターの開発など新しいテーマへの取り組みを開始した。(C) はポリエチレン減速材中に 30 本程度の ^3He 比例計数管を埋め込んだ大型検出器により、(n,2n) など多重中性子反応の断面積測定を目的とする。

(D)ではグリッドチェンバーがほぼ 2π の立体角とエネルギー・角度の弁別性を有することに着目し、P、 α など二次荷電粒子の DDX を一挙に測定することを狙っている。両者とも手法に新しい工夫を凝らしたところが目玉であり、紆余曲折はあったものの、成果の芽が見え始めてきたところである。

また、核分裂断面積測定で開発したカウンターテレスコープの経験をもとに

(E)高エネルギー ($E_n > 20\text{MeV}$) 中性子スペクトロメーターの開発、も行っている。このテーマは、原研高崎研における遮蔽実験への応用を当面の目的としたものであるが、(A)~(D) などと組み合わせて高エネルギー領域での核データ測定に発展させることを期待している。

加速器に関連した仕事として '87~88 年にかけて、ダイナミترون用ポストチョッパーの設計と製作を行った。これは直接的には DDX 測定のエネルギ分解能向上を目的としたものであったが、結果は非常に良好で DDX に限らずパルスビームを用いた諸々の実験において有効なことが分かってきた。

(C)、(D) の成果は今後待つことになるが、DDX と核分裂断面積の測定において、可変エネルギー中性子源というダイナミترونの特徴を有効に生かすことができたと考える。またその中で、きちんとしたデータを得るには、しかるべき実験装置と手法が必要で技術や情報の積み上げが重要なことを改めて認識させられた。そのため我々も実験装置や手法にかなり”こだわって”きたつもりであり、それは成果の原動力になったと考える。一方、本誌 [No.35、36] で神田、加藤先生が指摘された「核データと大学」の問題は我々に取っての問題でもあった。成果あるいは生産性を重視すれば保守的にならざるを得ず、さりとて継続性のみではルーチン化し、先行き行き詰まらざるを得ない。このジレンマは必ずしも核データ分野に限ったものではないとも思われるが、我々としては常に手法を点検しリフレッシュすることで調和点を見い出したいと思っている。

今後上に挙げた課題を推進することは勿論であるが、今まで手薄であった理論計算に取り組み議論の幅を広げることが重要と考えている。また中性子やイオンビームの応用技術なども今後重要な課題であろうと考えられる。最後に現在までの研究において、ダイナミترون実験室、核計測研究室や多くの方から協力を受けたことに感謝するとともに今後の援助をお願いしたい。