

名古屋大学工学部応用原子核物理学講座

(名大)加藤敏郎

私達の研究室は名古屋大学工学部共通講座応用原子核物理学講座に属する教官および学生で構成されている。共通講座というのは工学部の学生全体に対する原子力関係の教育を行なうための講座（ほかに原子力関係としては原子炉工学講座と原子炉材料科学講座がある）である。日常的には原子核工学科の講座とともに原子核工学教室を構成して完全に一体となって運営されている。工学部の他の学科の学生に対する教育は原子核工学教室が全体として責任を持つことになっている。

研究室のメンバーは教授、助教授、3名の助手、技官（ほかにバンデグラーフの技官）、学生（DC 2名, MC 2年3名, MC 1年3名, 学部4年6名）である。ほかに私（加藤）が学部の放射線取扱主任者であるのでそのための事務職員もいる。

研究室が発足したのは昭和43年で、当初は私（加藤）が大阪大学時代に行っていた放射線測定による原子核構造の研究をテーマとしていた。しかし、研究の対象とする核種を主として中性子により生成されるものとし、最初は高速中性子による (n, p) 反応で生成された短寿命核の放射線測定とその原子核構造の研究を行っていた。その後、対象とする核種を核分裂生成核とし、立教大学の原子炉および京都大学の原子炉を利用してウラン 235を照射してできた核分裂片を化学分離あるいはオンライン質量分離して線源を作り、その放射線測定を行なってそれぞれの原子核の崩壊スキームの決定を行ってきた。最初の頃 (n, p) 反応に利用したバンデグラーフ型の加速器は高速イオンビームを利用する微量元素の分析に用いられることになり、環境試料、とくに大気中の微量元素の分析で成果をあげ、また核融合炉材料中の水素および不純物の分析に利用されている。放射性原子核の放射線測定の研究は、その技術と経験を応用して、14 MeV中性子による放射化断面積の測定へと発展した。崩壊データも重要な核データではあるが、狭い意味の核データは中性子の反応断面積のことであり、いままでは核データ研究会に出席しても、いささか場違いな感じがすることがあったが、最近になって核融合炉の放射化の問題が注目されるようになってようやく我々放射能屋にも出番が回ってきたようである。現在の研究室の主な研究テーマは次の通りである。

- 1) オンライン質量分離器による短寿命核の研究
- 2) 迅速化学分離による核分裂生成核の研究
- 3) 14 MeV中性子による短寿命放射性核種生成断面積の測定
- 4) 環境試料、とくに大気中の微量元素の分析
- 5) 核融合炉材料中の水素および不純物の分析

このほかに日本原子力学会の「崩壊熱基準」研究専門委員会に参加して、わが国独自の崩壊

熱基準の作成に協力し、また動燃および原研のグループと協力して放射性廃棄物核種の中性子反応断面積の測定を行なっている。

短寿命核の研究はすでに20年以上の経験をもち、現在は主として京都大学の原子炉に設置したオンライン同位体分離装置を用いた短寿命核分裂生成核の放射線測定に基づく崩壊核データの測定と、立教の原子炉で照射したウランから化学分離で取り出した核分裂生成核の崩壊核データの測定とを行なっている。また、原研のタンデム加速器のオンライン質量分離装置を用いた研究も行なっている。最近では原研高崎研の放射線高度利用計画のオンライン質量分離装置を中心とした核化学計画にも参加している。短寿命核の核データの測定は質量公式の確認や核データのシステムティクスの検証などの意味があり、未知核種の探索のための重要な資料を提供することになる。

14 MeV中性子による放射性核種生成の断面積測定は放射線測定の実用として始まった。最初は名古屋大学のバンデグラフを用いた $T(d, n)$ 反応による中性子を用いていたが、中性子束が低く、したがって測定可能な放射線の量を作るためには照射試料をTターゲットに密着してセットする必要があり、そのために測定点は14.8 MeVのエネルギーのみとなり試料でのエネルギーの広がりも推定で約0.3 MeVであった。それでもモリブデンのアイソトープについて16反応の放射化断面積の測定値を求めることができた。1984年頃からは大阪大学のオクタピアンおよび原研のFNSを使用する機会を与えられ、強い中性子束の中性子源を使用することとなり、実験の精度も飛躍的に増加した。中性子束が強いために照射試料をTターゲットから離れた位置に置くことができ、Tターゲットのまわりの数箇所に試料を置いて反応のカイネマティクスを利用して13.3 MeVから15.0 MeVまでの間の断面積のエネルギー依存を測定できるようになった。従来の測定は殆ど14.8 MeV付近の1~2点測定であり、また、エネルギー依存を測定した場合でも測定器がNaIシンチレーション計数管であったりガンマ線強度測定の精度が低い。我々の実験ではガンマ線測定はゲルマニウム検出器を用いており強度の測定精度は格段に向上している。エネルギーの広がりも100 keV以下であり、放射線強度の測定については我々は放射線測定の専門家であるとの自負のもとに測定上の誤差の要因を十分に吟味し、得られた測定値の誤差は最大でも5パーセント以下であると評価した。原研での測定は原研のFNSグループとの協力研究として行われ、ニッケル、クロム、チタン、モリブデンなどの26元素を対象として (n, p) 、 (n, α) 反応など合計110反応について断面積のエネルギー依存をもとめることができた。オクタピアンでの実験は対象を短寿命核生成反応とし、照射試料の輸送には気送管を使用した(原研の測定でも気送管を使用した場合もある)。

また、中性子束が強力であるので断面積の小さい (n, t) 反応などの断面積(数十マイクロバーン程度)の測定も行うことができた。この測定は現在も継続中であり、現在までに短寿命核生成反応として30反応、 (n, t) など断面積の小さい反応(短寿命核生成となるものもあり)として4反応の断面積測定を行った。これらの測定結果は山室氏の最近のSINCROSによる計算と比較され、かなり良い一致がみられる。

放射化反応断面積を生成核の放射能から求める場合には、放射性核種が生成されてから測定までの放射能の減衰の補正が問題となる。そのためには半減期の値が正確でなければならない。

しかしながらデータブックにある半減期の値はかならずしも信頼に足るものではない。そこで我々は幾つかの核種の半減期測定も行った。現在までに 15 核種の半減期の値を測定した。

前号(No. 35)で神田氏が「核データ評価は大学の研究となり得るか」と書いておられる。このことは我々のような測定者の立場では「核データ測定は大学の研究となり得るか」と言うことになり、口の悪い人は単なるルーチン作業あるいは、いわゆる銅鉄主義として軽蔑の目を向ける。しかしながら、我々の目で過去のデータを見るとかなり不満が残っている。誰かが測定しなければならない、という思いも強い。これらのことを調和させるためには、やはり測定にたえず新しい工夫を加える必要があった。まず最初は短寿命核の測定のためのシステム作り、次にガンマ線測定の誤差の要因の吟味と評価、半減期測定では短寿命のために測定中に計数率が大きく変動しそのために不感時間が変わるのでその補正法を検討すること、陽電子崩壊核(ガンマ線放出がない場合)の測定法、散乱による低エネルギー中性子が測定におよぼす影響などを四年生の卒業実験のテーマとすることで、これまで測定を続けることができた。できれば、あと2~3年はオクタビアンでの測定を続けて 100反応くらいの断面積の値を求めたいと思っている。その間、卒業実験としてのテーマが続くことを祈っている。

放射性廃棄物核種の中性子反応断面積測定としては、セシウム 137の熱中性子捕獲断面積の測定を原研の原子炉を用いて行った。これは廃棄物核種の消滅処理の評価のための基礎データである。

崩壊熱基準の作業は3年間の委員会活動の結果を報告書の形にまとめて出版したが、その基準データは我が国の崩壊熱評価のための基礎データとなると自負している。

研究テーマの 4) と 5) は始めのころ原子核研究に使用していたバンデグラーフ型加速器を利用して行っている研究テーマで直接には核データとの関係は薄い(核データを利用はしているが)。環境試料の分析では冬期に東北・北海道地区での大気中浮遊粉塵がほとんどスパイクタイヤにより削り取られた道路表面の成分と同じものであることを明らかにした。核融合炉関係では、炉心プラズマ中の不純物および炉の容器の材料中の水素および不純物の分析を行い、それらの挙動を明らかにした。

以上、私達の研究内容を紹介した。私達の研究のベースは核物理と放射線計測であり、それを基盤として可能なかぎり原子力の発展のお役に立ちたいと考えている。いままでの研究を支援して下さった諸兄に感謝するとともに、今後もしもご指導、ご鞭撻をお願いしたい。