

解 説 (II)

東工大ペレトロン中性子グループ

東京工業大学原子炉工学研究所の3UH-HCペレトロン(加速電圧範囲: 0.4~3.2MV)は1977年3月に完成し、以後、原子衝突グループと中性子グループが共同で運営と管理を行って来ました。原子衝突グループの母体は放射線物理部門で、我々の中性子グループの母体は原子炉物理部門です。現在まで他グループによるペレトロンの使用はなく、マシンタイムは両グループで折半している状態です。

中性子グループはこれまで常に10名足らずで構成されていて、今年度は北沢助教授、井頭助手、山本技官、博士課程1名、修士課程3名、学部4年1名の8名です。ペレトロン専属の運転・技術員はいませんので、このスタッフで全てを行います。

1980年の秋にペレトロンを用いたパルス中性子実験に初めて成功し、中性子グループが本格的に実験を開始しました。以後、 ${}^7\text{Li}(p, n){}^7\text{Be}$ 反応からのkeV中性子を用いた捕獲反応実験を中心に行っています。これまで主に次の3種類の実験が行われてきました。

- (1) 捕獲断面積の測定
- (2) 共鳴平均捕獲ガンマ線スペクトルの測定
- (3) 幅の広い共鳴の部分放射幅の測定

(1)は環状NE213液体シンチレーション検出器を用いた実験で、山室教授の在任中にCsとHoについて行いました。(2)と(3)の実験は現在も行っていますが、両実験でこれまでに測定した核種を表1に示します。

(2)の「共鳴平均捕獲ガンマ線スペクトルの測定」はコンプトン抑止型NaI(Tl)検出器を用いた実験で、ガンマ線強度関数の

系統的な研究とガンマ線生成核データの供給を目的としています。表1で示していますように、これまでにAl~Auの20核種について測定が行われ、この内、Nb~Auの14核種についてはE1ガンマ線強度関数が系統的に調べられました。その結果、E1ガンマ線強度関数中のピグミー共鳴について、その共鳴エネルギーと共鳴強度の中性子数依存性を発見しました。そして理論計算との比較を通して、「ピグミー共鳴は余剰中性子が他の中性子及び陽

表1 これまでに測定した核種。

共鳴平均捕獲ガンマ線スペクトル測定
Al, Si, Ca, Cr, Fe, Ni, Nb, Mo, Ag, In, Sn, Sb, I, Cs, Pr, Tb, Ho, Lu, Ta, Au 計20核種
幅の広い共鳴の部分放射幅の測定
${}^{13}\text{C}$ , ${}^{14}\text{N}$ , ${}^{16}\text{O}$ , ${}^{24}\text{Mg}$ , ${}^{27}\text{Al}$ , ${}^{28}\text{Si}$ , ${}^{32}\text{S}$ , ${}^{56}\text{Fe}$ 計8核種

子と逆方向に運動する新しい双極子振動モードである。」と提唱しました。更に、E1ガンマ線強度関数の抑制因子（実際のE1ガンマ線強度関数はBrink-Axel型関数よりも低エネルギー側で抑制されていることを表現するための因子。）は特殊な核種に限られたものではなく、少なくとも解析したNb~Auの全ての核種に普遍的な因子であることが明らかにされました。

(3)の「幅の広い共鳴の部分放射線の測定」はコンプトン抑止型NaI(Tl)検出器あるいはGe検出器を用いた実験で、幅の広い共鳴の捕獲反応機構の研究とガンマ線生成核データの供給を目的としています。幅の広い共鳴の寿命は短いので（不確定性原理から）、この共鳴の配位は比較的単純であると考えられます。従って、中性子捕獲後の残留核に中性子強度の強い（ $d, p$ ）反応に於けるスペクトロスコピック因子の大きい）準位が存在する場合、幅の広い共鳴からこの準位へ単一粒子遷移の性格の強いガンマ線遷移が観測されることが期待されます。そこで、この遷移に対する部分放射線の絶対値を測定し、valence模型、粒子-振動子結合模型、及び粒子-回転子結合模型等を用いた理論計算（いずれも単一粒子遷移の性格の強いガンマ線遷移に対する理論計算。）と比較することにより、その共鳴の捕獲反応機構を詳しく調べることができます。表1に示していますように、これまでに $^{13}\text{C} \sim ^{56}\text{Fe}$ の8核種について測定が行われています。これらの測定から、E1遷移に関しては多くの情報が得られ、系統的な解析が現在も行われています。M1遷移についても着々と情報が得られていて、今後の新たな測定及び理論解析に期待されます。E2遷移は中性子共鳴捕獲反応では非常に観測しにくい遷移ですが、 $^{13}\text{C}$ の153keV共鳴の実験で観測に成功しました。

$^{13}\text{C}$ の153keV共鳴実験は、米国オークリッジ研究所のRaman氏と原研の水本氏と協同で行いました。理論計算は英国ハーウエル研究所のLynn氏が担当しています。この共鳴の全放射線幅は $4.0 \pm 1.6$  eVとBNL-325の第4版に載っていましたが、E2遷移の観測はあまり期待していませんでしたが、他の部分放射線幅は難なく得られるだろうと予想して実験を始めました。ところがこの実験は最も難しい実験となりました。我々の得た全放射線幅はBNL-325のおよそ $1/20$ の値となったのです。「これまでに測定されている幅の広い共鳴の放射線幅は当てにならない。」は我々のグループでの共通の認識でしたが、これほどひどい例は初めてでした。

我々のグループは2年前から水本氏の（ $n, n', \gamma$ ）グループと協同研究を行っていき、原研タンデムを用いた構造材についての測定（ $E_n = 8 \sim 12$  MeV）に参加しています。keV中性子捕獲実験とはひと味違った実験で、終夜実験を通してその味を堪能しています。

今後の計画としましては、1~2年は現在の路線を行くつもりですが、新たな実験を積極的に行う予定です。このため現在、偏極中性子、あるいは偏極中性子と偏極ターゲットを用いた実験の準備を北沢助教授が中心となって行っています。

我々のベレトロンと測定装置は現在も非常にプロダクティブな状態ですが、2つの大きな問題が生じてきました。ベレトロンの維持費削減と職員の多忙化・高齢化（実験家として）です。これらの問題にいかに対処するかで将来が大きく左右されるものと考えています。（井頭政之記）