

話 題 (IV)

Eighth International Symposium on  
CAPTURE GAMMA-RAY SPECTROSCOPY  
AND RELATED TOPICS

(東京工業大学原子炉工学研究所) 井頭 政之

標記シンポジウムが 1993年 9月20~24日の5日間, スイスの Fribourg で開催された。本シンポジウムはスウェーデンの Studsvik で 1969年に第1回が開催されて以来, 最近では3年毎秋に開催されている。第4回目までは NEUTRON が頭に付いていたが, シンポジウムのスコープが広がったためか, それ以降 NEUTRON はとれている。筆者は NEUTRON のとれた 1984年の第5回目から参加しているが, 参加者数は毎回 200名前後である。今回は約 160名と少なめであったが, 日本人参加者は7名(北沢, 永井, 筆者(東工大), 大塚, 水崎(東大), 橘(早大), 金子(九産大)の各氏)で, いつもの2倍の参加であった。橘氏は留学先のブリュクセル自由大学からの参加であった。原研に来ていたメンゴーニ氏も参加しており, また5人の方はコンパニオン同伴であった。

本シンポジウムでは, 捕獲反応及びこれと相補的な実験を含んだ, 低エネルギー原子核物理の最近の実験的・理論的發展に重点を置き,

1. 比較的低いスピン状態 ( $\hbar \leq 20$ ) の核構造
2. 原子核の統計的性質 (カオスの振舞いも含む)
3. 捕獲機構
4. 原子核共鳴
5.  $\gamma$  線強度
6. 原子核宇宙物理
7. 中性子を用いた基礎物理
8. 新実験施設 (放射性ビームも含む)
9. 応用

のトピックスについて議論された。

Fribourg 大学の Meier 学長の挨拶でシンポジウムが始まり, 午前は plenary session, 午後は parallel sessions, 火曜日の夜が poster session であった。plenary 26件, parallel 52件, poster 106件の合計 184件の発表であった。発表件数が参加者数を上回っているのは, 一人で複数の発表を行っている参加者がいるからである。

核構造及び統計的性質関連の発表が最も多く, キーワードは collective state, symmetry or asymmetry, IBM, M1 scissors mode, chaos 等であり, この分野の (筆者の独断と偏見による) 主な参加者は, Iachello (米), Talmi (イスラエル), Otsuka

(日本), Soloviev (ロシア), Weidenmüller (独), Isacker (英) 等であった。筆者はこの分野に不案内で、とても発表の概要を本報告に纏める能力はないのでご容赦願う。

シグマの方々に関連がある中性子捕獲反応断面積に関しては、原子核宇宙物理及び捕獲機構の分野で主に発表された。捕獲断面積測定の主なもの、Karlsruhe (独), Geel (ベルギー), 及び東工大での測定結果であった。Käppeler, Wisshak, Beer 等の Karlsruhe のグループは、彼らのバンデグラーフを用いた実験と Geel のリニアックを用いた実験の両方について3件発表した。筆者が特に興味を引かれたのは、放射性同位元素  $^{14}\text{C}$  の  $E_n = 30\text{ keV}$  における測定であった。約  $600\text{ mg}$  の  $^{14}\text{C}$  をニッケル容器に密封した試料を Oak Ridge (米) で用意し、Karlsruhe のバンデグラーフを用いて放射化法で測定したものであるが、測定結果として(筆者の記憶では)約  $3\ \mu\text{b}$  という値を与えていた。ところで、 $^{14}\text{C}$  の熱中性子捕獲断面積は未だ確定値が測定されておらず、上限値として  $1\ \mu\text{b}$  という非常に小さな値が与えられているのみである。熱中性子捕獲断面積が非常に小さい理由は、残留核の  $^{15}\text{C}$  の中性子結合エネルギーが  $1.22\text{ MeV}$  と非常に小さく、且、これ以下の準位は基底状態 ( $1/2^+$ ) 及び第一励起状態 ( $0.740\text{ MeV}$ ,  $5/2^+$ ) の2個しかなく、いずれも熱中性子 ( $s$ -波) の捕獲状態 ( $1/2^+$ ) から  $E1$  遷移では到達できないためである。入射中性子エネルギーが上がってくると  $p$ -波成分が増加し、 $p$ -波中性子捕獲状態 ( $1/2^-$  及び  $3/2^-$ ) から基底状態及び第一励起状態への遷移が  $E1$  で可能となるため、 $E_n = 30\text{ keV}$  では断面積が大きくなったものと考えられる。核データ分野でおなじみの Coceva (伊) は、 $^{53}\text{Cr}$  の  $p$ -波中性子共鳴からの  $M1$  遷移についての発表を行ったが、これは Geel のリニアックと Ge 検出器を用いた測定である。東工大グループからは、Kitazawa が  $A < 40$  の核について幅の広い共鳴に関する測定及び解析結果を発表し、Nagai が  $E_n = 10\sim 200\text{ keV}$  における軽核の測定結果について発表した。

Otsuka (東大) は「Neutron halo effects in direct neutron capture and photo disintegration」と題して発表した。neutron halo はこれまで ( $^{11}\text{Li}$  等の) 基底状態のみに観測されているが、励起状態においても観測されるはずであり、励起状態の neutron halo 効果はその状態への部分捕獲断面積の中に観測されるというものである。実際に、東工大の  $^{12}\text{C}$  の捕獲断面積測定結果の  $^{13}\text{C}$  の第一励起状態 ( $3.09\text{ MeV}$ ,  $1/2^+$ ) への部分断面積を解析し、 $^{13}\text{C}$  の第一励起状態が neutron halo であると結論した。この状態は  $2s$  状態であり、熱中性子捕獲では殆ど遷移せず(分岐比  $0.16\%$ )、 $p$ -波中性子捕獲によって強く(例えば、 $E_n = 30\text{ keV}$  の捕獲では分岐比  $60\%$ ) 遷移する。ところで30年以上前から、中性子捕獲反応機構として channel capture が Lane と Lynn<sup>1)</sup> によって提唱されており、この機構では核外部分の  $E1$  行列要素が重要となる。即ち、核半径より外の中性を halo と乱暴に呼ぶならば、中性子捕獲では早くから halo に

慣れ親しんでいたのである。この様な背景から、Otsuka の計算と channel capture との違いを Mengoni (伊?日?) が質問したが、核構造分野の Otsuka の返事は「channel capture を知らないから答えられない」であった。結末はどうか解らないが、核構造分野の Otsuka が中性子捕獲断面積を計算した興味深いものであった。

中性子を用いた基礎物理では、ロシアからのみ 8 件の発表があった。中性子の電気双極子モーメント、中性子の平均自乗電荷半径、中性子の偏極、 $(n, \gamma)$  反応における T-odd P-even 効果等の発表で、この分野へのロシアの意気込みが感じられた。

実験施設関連では、現在休止している ILL (Institute of Laue-Langevin, 仏) の高中性子束炉の付属実験設備の整備状況、ウクライナの原子炉中性子を用いた  $(n, \gamma)$  スペクトル測定装置、Dubna (ロシア) の IREN (Intense Resonance Neutron Source) 計画、Gent 大学 (ベルギー) の新設  $(\gamma, \gamma)$  実験用 15 MeV 電子線形加速器等の発表があった。IREN の発表は Popov が行ったが、彼は 2 週間後に来日し、原子力学会でも同様な内容の講演を行っている。

「Physics with  $^{178\text{m}2}\text{Hf}$  targets」と題した発表があった。 $^{178}\text{Hf}$  の励起エネルギー 2.45 MeV にある metastable state は  $16^+$  とスピンの非常に大きく、また半減期も 31 年と長いので、これを標的として新しい実験を行うとするものである。標的として使用するには  $\mu\text{g}$  程度必要であるが、Dubna (ロシア) と Orsay (仏) との間の共同研究により、 $^{176}\text{Yb}(\alpha, 2n)$  反応を用いて、現在までに  $10^{15}$  個 (約  $0.3 \mu\text{g}$ ) の  $^{178\text{m}2}\text{Hf}$  を製造しているとの報告であった。この様な標的と放射性ビームを組み合わせると、どの様な面白い研究が可能であろうか。

Fribourg はスイスのほぼ中央に位置し、Genève からでも Zürich からでも電車で約 1.5 時間かかる。Fribourg 州の州都で人口約 4 万と少ないが、12 世紀からの歴史を持つ古い町である。旧市街地の古さと広さはヨーロッパでも随一らしいが、観光的にはあまり有名でないようだ。町の真ん中を南北に Sarine 川が流れており、シンポジウム会場の Fribourg 大学のある西側がフランス語圏、東側はドイツ語圏である。大学では 2 カ国語で授業が行われているようだ。参加者のホテルは西側にあり、筆者は西側のみで 1 週間を過ごしたが、町中では英語は殆ど通じない。ホテルでも、筆者のホテルは安かったせいか、単語程度しか通じない。

水曜日の午後は遠足で、バスで約 1 時間の Gruyères に出かけた。スイスのチーズを代表するグリュイエール・チーズはこの村の周辺で作られているらしい。代表的なチーズ工場を見学したが、周りは全部牧草地で、とにかく広々のんびりした田舎であり、放されていた乳牛を羨ましく感じた。工場から小高い丘にある村へは、この様な風景の中を 15 分程歩いて行った。村は 200 m 程の石畳のメイン・ストリート 1 本と中世の城からなる。土産物屋を冷やかしながら城に向い、この城を見学した。アトラクションとし

て、アルプス・ホルンが演奏された。民族衣装を着た男性2人（だったと思う）と女性1人が2 m 以上もあろうかというホルンを演奏し、その横に同じく民族衣装を着た男がスイスの国旗(?)を振ったり投げ上げたりする芸(?)を見せる。のどかな風景である。演奏を聞いた後、全員でチーズ、ワイン、カラメル焼きの様なスイス名物のケーキ、コーヒーをレストランで楽しんだ。

エスケープを予定していた日があいにくの雨であったということもあり、珍しくシンポジウムの全日程に出席した。出席者数が中規模で、また昼食も正餐も大学の食堂で取ったこともあり、シンポジウム全体の雰囲気は手作りのアット・ホームなものであった。次回は、Budapest (ハンガリー) で開催予定であるが、どの様なものになるのであろうか。

1) A. M. Lane and J. E. Lynn, Nucl. Phys. 17 (1960) 563

