年)以降途絶えており、現在、京大2号炉が計画中であるだけだが、これは、一応必要なものは満たされた世界的な趨勢と考えることができる。これらの研究炉を用いた物理学分野の研究は、炉物理に関するもののほか、断面積の測定、中性子回折などが挙げられる。なかんずく東大の高速中性子源炉は、高速・中速中性子を利用できる点でわが国では唯一のものである。

一方、加速器については東大核研の最近のサイクロトロン以来20数年のあいだに、物理研究を主目的としたものだけでも、電子シンクロトロン、電子リニアック、AVF サイクロトロン、陽子シンクロトロン、重イオンも加速し得るサイクロトロンおよびタンデム型ファン・デ・グラフ加速器が相ついで建設され、いずれも順調に運転されている。最近では、ウランイオンまでの重イオン加速をめざしたリニアックが完成し、さらに、これに接続されるリングサイクロトロンの建設も緒についたところである。これらの加速器の多くは、原子核・素粒子の研究ばかりでなく、物性物理、化学、生物・医学への利用にも応じているのが特徴といえよう。

また、これらの加速器のうち、東大核研の電子シンクロトロンは比較的早い時期からシンクロトロン放射光(SOR)の光源として利用されていたが、さらに近頃、高エネ研にSOR実験施設が新しく完成するので、SORを利用した研究は今後飛躍的に発展するものと期待される。

なお、加速器技術に関して、ファン・デ・グラフ加速器の絶縁ベルトを改良したペレトロンの出現は、わ

が国の研究者の着想であることを特記しておかなければならない。

メスバウア効果の発見と陽電子消滅法の開発とは、物理学におけるRI・放射線利用の概念を大幅に変えてしまった。RIまたは放射線をプローブとして物性の研究を行う学問の領域に、「核物性」という特別な名前が付けられたことは、何よりもその重要性を物語るものであろう。これらの発展の経緯については、1・3に詳しく述べられているとおりであり、この分野におけるわが国の研究層は厚く、その寄与は大きい。

以上述べた以外にも、RI・放射線の利用例は決して少なくない。とくにトレーサ利用は初期のころから活発に行われており、金属中あるいは半導体中の拡散の研究、高真空ポンプにおけるオイルジェットの研究など、物質移動の追跡に利用された例は枚挙に暇がない。また、薄膜やガス圧の測定、露点や融点の測定などに放射線を利用している例も多く、空中電位の測定などでは標準的手法となっている。しかし、これらの応用は他の分野、たとえば工学の分野のそれに比べれば散発的であり、規模も小さい。

以上述べた概況のうち、原子・原子核物理および放射線物理はどちらかといえば、RI・放射線そのものが研究対象となっているので、これらは別として、利用という点にしばれば、核物性関連の利用には今後さらに新しい利用方法の出現する可能性は十分あると考えられるし、実際γ線の振動角相関の利用などが検討されている。

1・2 核データ†

橋 爪 朗

理化学研究所

351 埼玉県和光市広沢2-1

原子核に関するもろもろの実験により出されたデータは「核データ」と呼ばれているが、この用語が包含している内容は非常に範囲が広い。たとえば、RIの

壊変および核反応で観測される励起準位などについて、現在、IAEAが各国に協力を求めて行っている核構造の分野だけに限っても、その収録項目は放射線の種類、エネルギー、強度などと、数えていくと約60種類にも達する。これには核反応断面積などの核反応によって得られる諸データは含まれておらず、これらを

† Nuclear Data. Akira HASHIZUME: Institute of Physical and Chemical Research, 2-1, Hirosawa, Wako-shi, Saitama Pref. 351.

考慮すると 200 種類以上の項目になると思われる。このなかから RI の壊変に関するデータ、およびその製造に係わる核反応のデータにおもに留意しながら、過去の歴史を振り返ってみることにする。

どの分野でもそうだと思うが、測定器の進歩と測定試料の多様性と質によって、データの内容は大幅に改善される。原子核実験の分野もある意味においてその進歩は、各種放射線測定器あるいはスペクトロメータと粒子加速器の開発に負うところが大きい。この点から過去30年を眺めてみると、これを三つの時期に分けることができる。第一期は1955年(昭和30年)以前で、多くの研究者の努力が測定器の開発に費やされ、また、細々ながら自然の放射性物質や輸入 RI を使用して実験がなされていた時代である。第二期はシンチレーションスペクトロメータや β 線磁気スペクトロメータが使用され、また日本国内につぎつぎと加速器が建設され稼働し始めた1955年(昭和30年)ごろより、1965年(昭和40年)ごろに至る約10年間である。第三期は1966年(昭和41年)以降で半導体検出器が現れ、また空心 β 線スペクトロメータなどにより、さらに精度の高い測定が行われるようになった期間である。

第一期の初めのころにあたる1950, 51年のあたりでは、まだ GM 計数管の特性などが問題にされており、核実験の方までなかなか手が回らなかったようである。それでも ^{10}Be , ^{35}S , ^{60}Co の β 線や ^{40}K , Ra などの γ 線、あるいは ThC' や UX_1 の半減期が測定されている。しかし、1953年ごろになると、 ^{137}Ba からの内部転換電子が磁気 β 線スペクトロメータで測定され、シンチレーション検出器による γ 線の角度相関の実験も行われるようになった。1954年には ^{60}Ni および ^{40}Ti について γ - γ 角度相関の測定が行われ、E2 遷移であることが結論されている。そのほか ^{57}Fe の γ 線の壊変様式、 ^{87}Rb , ^{185}W , ^{203}Hg および RaB の β 線の測定、 ThC' の寿命の測定などが行われた。

核反応の方は1954年ごろは東北、東京、大阪および九州の各大学のファン・デ・グラフが働いていた。最高エネルギーは重陽子で 3 MeV (九大)で、いずれも入射エネルギーが低いため (d, p) , (d, n) , (p, α) 反応を利用し ^{15}O , ^{16}O , ^{25}Mg などいずれも軽い核を対象として研究が進められていた。

第二期は1955年(昭和30年)以後約10年間であるが、この時期の初期に大型 β 線磁気スペクトロメータ($\rho=40\text{cm}$) (阪大)が完成し、また質量分析器で分解能90万という当時として世界でも有数の高分解能が得

られ、質量の精密測定が行われるようになった(阪大)。また β 線や γ 線の測定のほかに ^{19}F の第二励起状態、 ^{152}Sm の 122 keV の準位の磁気能率の測定が行われた。1957年には東大核研および京大の同位体分離装置が完成し、濃縮安定同位体が供給されるようになった。核反応については前記各大学のファン・デ・グラフ以外に、東大物性研、阪大のサイクロトロン、立教大および甲南大の Cockcroft-Walton 装置が完成し、サイクロトロンで Mg , Ne , Ar を標的とした 5.7 MeV 陽子の (p, p') の励起曲線、 α 粒子 (3~4 MeV) の ^{19}F , ^{23}Na , ^{35}Cl , ^{11}B , ^{10}B に対する (α, p) の励起曲線、Cockcroft-Walton 加速器で 14 MeV 中性子を用いて (n, p) , (n, α) , $(n, 2n)$ 反応の励起曲線および断面積が求められた。

1958年になって東大核研サイクロトロンを使用した結果が出始め、また同じく東大核研でセクター型 β 線スペクトロメータが完成し、スペクトロスコーピに強力な一手段が加わることになった。1956年より3年間に ^{21}F , ^{30}P , ^{34}P , ^{34}Cl , ^{38}K , ^{51}Mn , ^{52}Mn , ^{60}Co , ^{124}Te , ^{124}I , ^{126}I , ^{106}Pd , ^{114}Cd , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{198}Au , ^{192}Pt などの核種が調べられた。また新同位元素 ^{75}Ga も報告されている。

1959年ごろからさらに加速器や原子炉など、RI を作製する装置が充実してきて、短半減期の核種の研究がめだつようになってきた。たとえば東北大のベータトロンによる (γ, p) 反応を利用した研究や、東大核研の FM サイクロトロンを利用した短半減期核種の研究などである。調べられた核種も数が多くなっているが、大部分はいわゆる中重核で、振動領域の核が多いのが特徴である。技術的には偏光 γ 線の角度分布(京府大)、 10^{-11} 秒程度の半減期(東大核研, 原研)、 γ -e, e-e 角度相関(東大核研)、メスバウア効果(原研, 東大物性研)などに関し新しい測定法が開発された。核データの見地からみると、1959年ごろから1965年に至る6年間は、各大学および研究所において磁気 β 線スペクトロメータとシンチレーション γ 線スペクトロメータが整備され、内部転換電子と γ 線のエネルギー測定、 γ - γ 同時計数、角度相関などにより実り多いデータが得られた時期である。当時は NaI で得られる γ 線スペクトルよりも β 線スペクトロメータで得られる内部転換電子スペクトルの方が分解能がよく、励起準位のエネルギー値は後者により、よりよい値が得られていたこの期間には東北大、原研、東大、東大核研、東大物性研、東工大、東教大、理研、京大、京大化研、阪大、西京大(現京府大)、大阪市大、兵庫農大(現神大)な

どのグループが活躍し、調べられた核種は130種以上におよぶ。

なお、特筆しておかなければならないのは、質量測定分野でも分解能1,000万程度の質量分析器が完成し、 $H, D, ^{12}C, ^{14}N, ^{16}O$ などの原子質量が測定された(阪大, 1963)ことである。

のちの時代に重要な役割を果たすようになった半導体検出器も、1959年ごろから試作結果が発表され(原研), 1962, 63年ごろより実際に使用され始めた。1964年には短寿命核種の測定に用いられている。

核反応についても東大核研のサイクロトロン, FMサイクロトロンの共同利用が始まってさらに活発に研究が行われるようになった。励起関数や微分断面積の測定はふつうに行われるようになったが, RI製造に直接利用できるような全断面積の測定は少ない。この分野の仕事としては、放射化法による中重核の(p, n), (p, np), ($p, 2p$)反応の励起曲線の測定(東大核研, 1959)および14 MeV 中性子による($n, 2n$)反応断面積の測定(東工大, 1961)がある。

第三期はGe(Li)検出器が実際に使用され始めた1966年(昭和41年)以降である。初めのうちは得られるGe(Li)の結晶が小さかったため、単一検出器による γ 線のエネルギー測定にのみ使用され、同時計数の実験もNaIを用いて行われた。Ge(Li)のエネルギー分解能は3 keV (FWHM)程度であったから、 γ 線のエネルギーはその1/10程度で決定できるようになり、励起準位のエネルギー決定精度も大幅に向上した。最初数ccの容積しかなかった結晶も、約5年後には40cc程度の結晶が手に入るようになって、 γ - γ 同時計数の実験もGe(Li)で行われるようになった。この間に空心 β 線スペクトロメータが完成し(東大核研, 理研, 1969), 内部転換電子の運動量分解能が最高0.01ないし0.05%で得られるようになり、L-subshell比が求められるようになった。これによりM1-E2などのmixing ratioが精度よく求められるようになった。最初に測定された核種は $^{135}Ce, ^{137m}Ce, ^{171}Lu$ などである。

なお1966年には、 $^{16}O(d, n)^{17}F$ 反応で ^{17}F の反跳核を利用して、核磁気共鳴の手法により半減期が66秒という ^{17}F 核の磁気能率の測定が行われている(阪大)。同様な測定法を用いて $^{12}B(20\text{ ms})$ の磁気能率も測定された(1967)。

一方、1971年ごろより摂動角相関法による磁気能率の測定がなされるようになり、 ^{131}Cs (京大炉, 京府大), ^{166}Er (東工大)などの励起準位の g 因子が決定された。

1973年になると、オンライン同位体分離器が稼働し始め(広島大, 東大核研ほか), 自然に存在するCuを標的とし、FMサイクロトロンを使用して(p, xn)反応で生じるZnの同位体分離が試みられた。オンライン同位体分離器はその後、東北大のサイクロトロンにも設置され、 $^{68}Se, ^{59}Zn, ^{60}Zn$ などの短半減期核種の研究に使用されている。また、原研のタンデムにも取り付けられ現在整備中である。なお、京大炉にはHe-jet型同位体分離器の試作器が設置され予備実験が行われている。

また、1973年には消滅 γ 線を標準として、 ^{106}Ru の512 keVの γ 線のエネルギーの精密測定が行われた(広島大)。その誤差は2.4 eV程度であった。

第三期は半導体検出器が使用され始め、加速器も東大核研SF, 阪大核物理研AVF, 理研および東北大の各サイクロトロンをはじめ筑波大, 京大のタンデムなど強力な加速器が増えたにもかかわらず、第二期と比較すると、RI核分光の分野は比較的地味で年度当たりの学会の発表件数もそれほど多くない。しかし、第二期のところで挙げた各研究グループ以外に山形大, 立教大, 放医研, 千葉工大, 名大, 大放研, 京府大, 京大炉, 新潟大, 姫路工大, 九大などの研究グループが加わって厚みが増した。研究された核種の数も200核種以上になる。

核反応でRIに直接関係のあるのは、 $Cu+p$ 反応における励起関数の測定(広島大, 東大核研ほか, 1965)が目につく。また、インビーム γ 線測定用に γ 線直線偏光測定装置(東工大, 原研, 1969)が製作されており、この種の装置はRIの壊変についても、低温実験と結びつけば励起準位のパリティを決定するのに有用であろう。

放射性核種の壊変に関して、まだ核データの不足している核種は数多くある。この点に関しては核構造の立場だけでなくRI利用や原子炉の設計、放射線障害予防など応用的立場から核データを見直し、測定を進める必要があると思われる。