

## 第2章 荷電粒子核反応データ (CPND)

### 2-1 荷電粒子核反応データの特徴

まず荷電粒子核反応データ (CPND) の有用性について述べ、次にその特徴を指摘し、最後に収集するデータの性格と範囲とについて触れることにする。

#### 2-1-1 CPNDの有用性

いうまでもないことであるが、原子核に関する学術情報にも多くの種類がある。すでに収集され組織化され利用されている中性子反応のデータや核構造データから、今後の利用に備えて準備が進行している荷電粒子核反応データなど、種々の試行中のものがある。

われわれは原子核に関する学術情報のなかから、とくに荷電粒子核反応データについて注目することにした。

この種のデータは原子核に関するデータ中の重要な部分であって、かつ国際的にみて収集、蓄積、管理と利用のはじまったものである。荷電粒子核反応データの収集は、原子核理論研究者の立場からは、計算結果の実験値と比較する際の便宜などから、原子核実験研究者の立場からは、自分のデータと既存のデータとの比較や、場合によっては過去のデータを含めての再解析の必要性などから要求される。又、核構造研究の立場からも、例えば一核子移行反応の $Q$ -値や分光因子の最も信頼できる値を得ようとする際などにも必要となる。また、応用面からの要求としては、activation法による極微量分析のための全断面積(またはthick target yield)とその励起函数、固体表面のmicroanalysisのための微分断面積、励起函数、後方散乱法による極微量分析や固体物理の研究のための微分断面積、核分裂生成物の二次効果推定のための $\alpha$ 粒子の散乱・反応の微分・全断面積、核融合反応の分野で必要とされる非常に軽い核同士間の反応の微分・全断面積などのデータ収集が挙げられる。今後、加速重イオンが医学、医療に用いられるに依じてこの方面からも荷電粒子核反応データの利用が強く求められてくるものと思われる。

#### 2-1-2 CPNDの特徴

この様な荷電粒子核反応データの特徴とそのファイルを作る時の問題点を見てみよう。中性子データとの差を一口で云うなら、それは「反応の種類と測定量の多様性」、またそれに伴ってデータファイルと検索システムに対する「要求の多様性」と云う事ができよう。

まず第一に、云うまでもなく(中性子データと異なり)入射粒子の種類が非常に多い事があげられる。特に最近重イオン加速器の発展は目覚ましく、入射粒子の種類としては、一応安定核及び長寿命不安定核の全てを考慮しておかねばならない(およそ300種類)。これに伴って放射される粒子の種類も多種多様である。又、放出される粒子の一部にしか興味を持っていない、或いは測定していない場合もあれば、放出粒子に関係なく最終の生成核にのみ興味がある場合もある。

前者の例として、非束縛状態への $(p, d)$ 反応などは通常 $(p, dp)$ 反応とは書かず又は特に束縛状態への $(p, d)$ 反応と区別しない。重イオン反応での deep inelastic、deep transfer 反応の様にある特定の粒子以外に何個の $n, p, \alpha$ 等がどういう順序で放出されるかは問わないで測定する場合もある。又後者の例としては、activation 断面積などでは、 $(p, 2n, 2p)$ 反応か $(p, \alpha)$ 反応か $(p, {}^3\text{He}, n)$ 反応か等は問わず、非常に短寿命の $\beta$ 崩壊核が間に入る場合すらある。それから、放出粒子や生成核よりも途中の複合核、準複合核状態に重点がある場合もあり、放出粒子の順番が非常に問題になる場合 (proximity scattering の実験がその典型) もある。更に軽い核に対する実験や重イオン反応では、放出粒子、生成核という様な分け方が無意味になってしまう事もある。最近の実験技術、イオン源技術の進歩に伴い、偏極の測定や偏極ビームによる実験も増えている。スピン $1/2$ 又は $1$ の粒子に対していわゆるベクトル偏極、テンソル偏極で表される量に関係してくるが、更に大きなスピンの粒子や反応生成核の終状態の substate の分布、或は密度行列要素は(多くの場合間接的に)測定可能であり、又測定されている。荷電粒子反応でも興味の対象が電磁相互作用や弱い相互作用の事もある。例えば巨大共鳴の実験がそれである。又、最近の中高エネルギーの実験では、中間ビームを用いたり中間子が放出されたりする反応のデータもある。

この様なデータの多様性に伴い、このデータファイルを利用し、データを引き出す(retrieve)側の使い方も又多様であり、我々のファイルはその様な retrieval の要求に応えられなければならない。

この様な理想的なファイルを開発する事は、いきなりは無理かもしれないが、しかし我々のファイルが当初から十分な包括性を持たなければならない事は容易に察せられよう。また、学問の進歩はしばしば我々の予測できなかった新しい種類のデータを生み出す。我々のファイルは、その様な場合に敏速に新しいデータを取り入れられる様な柔軟性を持たなければならない。換言すればこの様なファイルは学問の進歩に伴い、いわば自己発展する能力を持つ事が望ましい。最後に我々は、データを単に数字としてファイルするだけでなく、その数字が導出される過程がある程度明確になる様な附加事項、例えば実験条件、用いた測定装置や測定法についての記述を同時にファイルする必要がある。この様な記述について論文を見たり他のファイルを参照しなければならぬ様では、このファイルの有用性は著るしく減ずる。従ってファイルは自己説明性(完全性とも云える)を持たねばならない。この3つの特徴が荷電粒子核反応データファイルの開発にとくに要求されていると思われる。

### 2-1-3 収集データの性格と範囲

われわれは主として荷電粒子核反応データ(以下データと略記)の収集蓄積利用をその目的とするが、ここに収集されるデータは文献の中に発表されたものにとどまらず、測定されながら、

公表の機会を得ないデータを生データのままに収集蓄積する。これらのデータは基本データとして即ち将来の原子核研究の発展に即応して編集され、また、データの評価に応じうるように収集・蓄積されるものとする。生データの定義はあまり明確なものではないが、データの生産者が公表を承認する範囲のものとする。

また、この場合のデータの表現形式には種々のものが考えられるが、何れの場合であってもデータの生産者が公表したデータの表現形式と通常の文献等に印刷公表されているデータの表現形式との対応を与えるものとする。レフェリーのある学術雑誌に掲載されている文献中のデータおよびこのデータに対する生データの場合には、その収集蓄積に際してレフェリーの目をあらためて通る必要がないが、他の場合には今後何等かのレフェリーの機能を考慮していく必要がある。

原子核の構造データとその反応データとの間には大きな相違がある。構造データは核の属性に関するデータであって、その種類は明確であり、データの範囲をあいまいさなく限定することができる。したがって構造に関する複数のデータファイルが開発された場合でも、その間の重なりと欠落部分は明確である。一方、核反応は一つの現象であって、その型にのみ注目したとしてもきわめて多くのものがあり、しかも多くの型の現象が共存して一つの現象を構成する。このような理由で現象を明確に分類し切るとは殆ど不可能事に近い。核反応は現象としては比較的単純なものと考えられるが、それにも拘らず、核反応データの組織化は核構造のそれに比して遙かに組織化の上で困難な問題をもってくる。

すなわち膨大な量に達する核反応データを明確で有用な方法でいくつかの部分に分けることが必ずしも容易でない、寧ろ著じるしく困難なことである。

さらに実際の核反応のデータは直接測定し得られる量から幾何学的なすなわち単位の変換、変数の変換などの方法によって導かれるほか、他の測定量を用いた物理的考察を加えて導かれることも少なくなく、しかもこの種のデータが研究に有用であることが多い。このような事と実際上の必要性から、物理量に関する実験値のみならずこれから導き出された値およびその導出に用いられた関連した値、さらには確立したアルゴリズムを用いて実験データから取り出しうるすべての結果を含めるといふ見解が生じてくる。

以上の点について長期間検討した結果常に何等かの形で収集データの範囲の規準を設けてこの規準に合致したデータを収集することとするが、この場合の規準は明確であるということを一ととし、またわれわれが収集し検索するデータは測定データであり、測定条件等測定データの qualification に関するデータも同時に入力する。一方、模型・近似等の理論的方法によるこれらのデータの分析については、著者が与えるものであって、例えば spectroscopic factor のような計算・解析の結果およびその際に用いたパラメータの値を格納することにした。この後者のデータ量は前者に比し少量であると考えている。核反応データ量は原理的に無限であ

るが、実際に生産される量は組織化可能な程度であると思われる。

## 2-2 核反応データ量

荷電粒子核反応データのデータ量を見積ることは容易なことではない。その最も大きな理由は、最近の重イオン反応のように、新しい研究領域がつぎつぎと開拓され、かつこの場合のデータ量が予測しにくいためである。ここでは、以下に示すように2通りの方法でこれを推定することにする。新しい研究分野が開拓されていけば生産されるデータはさらに以下の推定に加わることになる。この意味で、以下の推定は現状を延長したものにすぎず、実際の量よりかなり過少な評価でないかと思われる。

以下まず簡単な型の核反応に注目した推定 a と文献上の考察から行った推定 b とを比較した最終的な推定量を導くことにする。

- a) まず、最も簡単な反応形式  $a + A \rightarrow B + b$  についての情報量に注目する。標的核種約 300、一核種あたりの反応の種類を 40、入射粒子エネルギー値を平均 50 点、残留核の測定エネルギー準位を約 20、散乱粒子の測定角度 70 度についてその微分断面積とその測定誤差の情報が得られたとすると、その情報量は一つの測定値を 4 Bytes の情報量と考え、 $300 \times 40 \times 50 \times 20 \times 70 \times 2 \times 4 \text{ Bytes} = 6,720 \text{ MB (mega bytes)}$  の程度のものとなる。ここで用いた数字には過大評価のものもあるが、しかし、核反応データには角分布だけでなくエネルギースペクトル、励起曲線、また反応後の放出粒子間の相関関数等があり、さらに各種の測定装置の分類、さらにまた Knock on fragmentation などの反応過程を含めればこの数字は比較的内輪の見積りともいうことができよう。そこで最も簡単な核反応の型を中心に、他の反応の型のデータを幾分か加えて荷電粒子核反応のデータ量を  $10^4 \text{ MB}$  と見積ることができる。
- b) 荷電粒子による核反応データは殆ど未整理の状態であるが、文献リストが、Atomic Data and Nuclear Data Table (ANDT) Recent Library CPND CINDA に年々発表されている。1973年に収録された文献数は約3,200篇であって、加速粒子は陽子、重水素、三重水素、 $^3\text{He}$  粒子、 $\alpha$  粒子から重イオンまでの31核種で標的核は250種におよんでいる。

これらの文献には実験によって生成したデータが記載されているわけではない。そこで文献一篇に対する実験結果と実験条件のデータ量が 0.1 MB すなわちパンチカードで 1000 枚程度のものと仮定しよう。0.1 MB は符号、位取り、単位の情報を伴った 6 桁の数値  $10^4$  個の情報に相当する。微分断面積を角度 70 点にて 3 個の入射粒子を 5 個の入射エネルギーごとに 5 つの核種を標的にした時の角度とその誤差が  $10^4$  個の数値となることをみれば 0.1 MB を文献に発表されている通常規模の実験に伴う核データ量と見なすことができよう。

さて、一般に学術情報量は8年毎に倍加しており、このことは、原子核の分野でも同様の傾向があるように思われる。このことから、1985年までに生産される情報を見積れば

$$\int_{-\infty}^{12} 3200 \times 0.1 \text{MB} \times 2^{y/8} dy = 1 \times 10^4 \text{MB}$$

上記二つの方法によって見積ったデータ量は何れも同じ程度の量となっている。見積り a) においては核反応の型として最も単純な反応の型をとり、データ量の評価においてもその基礎の数字を核反応の実験の現状から出発したものにしている。このことは b) のデータ量の評価を1985年までの文献に関して行ったことに対応していると考えられる。このような意味で a) と b) の見積りがほぼ一致しているを見なし、荷電粒子核反応データ量の目安を与える基礎数字として核反応データ量を

$$10^4 \text{MB}$$

と見積ることとする。

日本が国際的なデータ活動の一環として、核データセンターを設けその責任を果しうするためには、10%~30%程度のデータ活動を分担しなければならない。したがって核反応データ量の見積りと国際的責任を果しえるという二つの条件を考慮してさしあたり、わが国の核データセンターは

$$2 \times 10^3 \text{MB}$$

の荷電粒子核反応データを収集・蓄積する必要がある。この他、データセンターは他の原子核に関するデータセンターとの間にデータ交換を行い、その交換によって得られるデータを蓄積する必要がある。データセンターは、ここに蓄積されたこれらすべてのデータを管理しその適切な利用を可能にしていくものとする。

以上のような活動を行うためには、データセンターが収集・蓄積するデータの格納に必要な記憶容量を加えて、さらに他センターとの交換によるデータとデータ管理のための記憶容量を必要とする。これを1000MBと評価することとする。こうしてデータセンターは、さしあたり

$$3000 \text{MB}$$

の外部記憶容量をもつものとする。