

(パネル討論)

JENDL - 3以降の核データ活動

1. JENDL - 3以後の核データセンターの活動

(原研) 菊池康之

1) はじめに

JENDL-3の完成により、核分裂炉、核融合炉等からの従来の核データの要求は一応満たされたと考えて良い。JENDL-3の良好なベンチマークテストの結果から考えて、JENDL-4をすぐに開始せよとするニーズは当分生じないと思われる。JENDL-3の成功は喜ぶべき慶事であるが、反面核データセンターやシグマ委員会にとっては、今後何をすべきかという深刻な問題を提起することになった。

原研の使命としては、1987年に改訂された原子力開発利用長期計画に、「原子力分野における広範な研究開発及び試験を実施するとともに、共同利用施設、データベース等を保有する等中核的な総合研究機関としての役割を担っている」と明記されており、核データのような基礎データをニーズに応じて提供する義務がある。そのためには、JENDL-3の保守を行っていかなければならないし、評価活動を続けて行かなくてはならない。しかし、ニーズが明確でないデータを常套的な手法で評価しているのみでは士気もポテンシャルも保てない。ニーズの明確なかつチャレンジブルな核データ研究活動を行う必要がある。

このような前提のもとで、核データセンター、シグマ委員会の中で、種々の議論を行った結果、中期的には以下の3つの活動を中心として活動を行うことで合意を見た。

- 1) 総合評価システムの構築
- 2) 特殊目的核データの整備
- 3) 国際協力

2) 総合評価システム

JENDL-3の評価においては、多数の核理論コードが用いられているが、その使用は各評価者に委ねられており、統一がとれていない。また個々のコードも単体で用いられるもので、相互のインターフェースはない。したがって、あるコードの出力をもとに別なコードの入力を作成する必要があり、人手を要すると共に誤りの原因にもなる。

この改善のためには、各評価者の利用したコードを調査・テストし、最善と思われる組合せを選択し、その組合せの入出力のインターフェースを調整しモジュラー化することが必要である。これにより評価作業の大幅な省力化が期待できる。

一方評価においては、種々のパラメータが必要である。その主なものは

- 共鳴パラメータ
- 光学模型パラメータ
- レベル準位
- レベル密度パラメータ
- ガンマ線強度関数

前平衡及び直接過程計算用パラメータ

等が挙げられる。

これらのパラメータは、各評価者が実験値や系統性等から推定したもので、評価作業のエッセンスと言えるものである。これらのパラメータは、現状では各評価者が保管しているが、このような属人的な状態では、いずれ散逸して失われる恐れが強い。

そこで、これらを集めてデータベース化する必要がある。このデータベースを活用することにより、JENDL-3全体のシステムティクス等を検討することも可能となる。またこのデータベースを上述のモジュラーコードシステムと結合させることにより、JENDL-3の再検討、再評価も極めて容易に行うことができる。

さらには、JENDLの評価プロセスを知識ベース化することも考えなければならない。これによりJENDL-3までの永年の経験を保持できる。またこの知識ベースをもとにエキスパートシステムを構築することにより、少なくとも第1次の評価までは自動化できることが期待される。

3) 特殊目的核データ

JENDL-3の汎用ファイルで、従来の大部分の核データの需要は満足されると思われる。しかし核データの要求には非常に特殊な目的のためのものがあり、これらは対象核種や反応、エネルギー領域等が限られていたり、またその精度要求も特別であったりして、このような要求に対して汎用ファイルで対応することは得策でなく、その目的に最も適した形の特殊目的ファイルで提供するのが望ましい。この多様な特殊目的ファイルの整備は、JENDL-3以後の核データの1つの課題である。

特殊目的核データファイルは2種類に大別できる。その第1は、本質的にはJENDL-3の汎用ファイルの枠組内のデータであるが、ユーザーの利用の便のために整備しなおしたもので、具体的には

- a) ドシメトリーファイル
- b) PKA (Primary Knock-on Atom) スペクトル
- c) KERMAファクター
- d) 放射化断面積ファイル
- e) ガス生成データファイル

等が挙げられる。これらはすでにシグマ委員会において評価編集作業が行われている。

特殊目的データの第2のカテゴリーは、従来のJENDLの枠に入らないものである。具体的には

- a) 20 MeV 以上の高エネルギーデータ
- b) 荷電粒子データ
- c) 光核反応データ

等が挙げられる。

特に高エネルギーの核データ（核子-核子、核子-パイオン反応を含む）は、最近原子力委員会によって開始されたオメガ計画（Option Making Extra Gains of Actinides and Fission Products：高度化群分離によるFPの有効利用とアクチニドの消滅処理に関する基礎研究）における、大出力加速器によるアクチニドの消滅処理のために要求されている。

またこの高エネルギーデータは、従来の評価手法は適用できず、新しい理論やコードの開発等、核データ評価者にとっても、チャレンジャブルなテーマを数多く含んでおり、やりがいのある仕事と言える。したがって、この高エネルギー核データは今後の核データの展開の1つのキーポイントと言えよう。

4) 国際協力

JENDL-3の完成とほぼ時を同じくして、米国のENDF/B-VI、欧州のJEF-2が完成しつつある。これら3者を比較すると、最近の核データ研究の成熟を反映し、独立に評価したにもかかわらず極めて似た値となっている。

この現状から、今後の核データ評価は3者独立ではなく、3者の国際協力によって行うことにより、多様化する今後のニーズに対応すると共に、人手不足を補おうという気運が高まってきて、1989年5月と10月にNEACRP/NEANDCはこの検討のためのタスクフォースを持ち、協力の枠組みを決定した。

現在この国際協力はすでにスタートしており、目下以下の6項目について協力が進められている。

- 1) ^{52}Cr 、 ^{56}Fe 、 ^{58}Ni の相互比較
- 2) ^{56}Fe の共分散データ作成
- 3) 熱中性子領域のアクチニドデータ
- 4) ^{238}U の捕獲および非弾性散乱
- 5) 1-100 keV の ^{239}Pu 核分裂断面積
- 6) 遅発中性子ベンチマーキング

一方IAEAを中心に、核融合炉用核データライブラリーFENDLの作成が進んでおり、日本もこれに協力している。

今後の国際協力で重要なものに近隣諸国との協力がある。特に隣国である中華人民共和国は、原子能科学研究院の核データセンター（中国核データ中心）に30名のスタッフを有し、シグマ委員会に相当する中国核データネットワークを全国規模で展開し、中国独自の評価済み核データCENDLを作成しており、人の層の厚さでは日本以上とも言える。

現在原研と中国の間には、核データに関する協力協定はないが、科技庁の研究員交流制度により、ほぼ毎年中国から研究員が核データセンターに滞在し実質的な協力を行っている。今後さらにこれを発展させていきたい。

2. 核データの需要者の変遷（今後のスポンサーは？）

（データ工学）大 竹 巖

現在に至るまでの核データの主たる需要は、核分裂炉サイドからのものであることは周知の事実である。核分裂炉サイドと云っても初めは熱中性子炉、次に高速炉と需要者の変遷はあるのだが、熱中性子炉の場合云わばバター付きパンのごとく核データはDATA & METHODとして炉の設計手法と共に欧米から導入してしまったので確たる需要とはなり得なかった。欧米では近年に至るまでに、なお数度の注目に値する熱中性子用核データの再修正作業が実行されている。これらの作業を生み出す要因として我々に欠けているのは、需要者、供給者間の連帯関係であろう。（需要者が現状に満足し、余計な作業は望まない。）

これに対し一時は先進諸国間で開発競争になった高速炉では、このような背景が幸いして核データも自前という機運が生み出された。JENDL作成は、このような機運から始まったものであり、現在に至るまでの一連のJENDL評価・作成作業は高速炉開発がモチティブ・フォースとなっている。即ち、1974年に評価作業が開始されたJENDL-1は、高速炉への適用を目標に核種が決められて評価作業もkeV領域以上に精力が注がれた。継づくJENDL-2も、高速実証炉への適用を計るため統一的にJUPITER臨界実験に用いられた。

核分裂炉の開発には現在かげりが見受けられる。トロント会議での二酸化炭素規制の今後は認められようとも、この傾向は変わりそうにない（先進諸国が開発途上国の分まで背負って20%を越える削減量を認めれば別であるが）。来るべき第3次石油危機の前段階でのエネルギー政策の大幅見直しまでは、このかげりは不変ということか。従って、この時点（およそ10年後）までは核分裂炉サイドからは、新しい需要者は生まれてこないことになる。

核融合炉は、1982年から始まったJENDL-3の作成作業から、明確な核データ需要者としての姿を見せ始めた。しかし、ブランケット中性子工学は元々人、金の面から云っても核融合炉全体の数%の分野でしかない。しかも、ブランケット工学で核データを%オーダーの精度で議論するのは何時のことだろうか。核分裂炉が確固たる需要者に成り得るのは、産業基盤が一応整備されているからである。核融合炉が、近い将来（10年先以内）FER建設をふまえているとしても、核データの確固たる需要者には成り得ないのではないだろうか。

核燃料サイクルといってもダウン・ストリームについてであるが、北下半島の再処理工場が順調に稼働し始め、高レベル廃棄物の処理・処分で群分離等の核種の細分化が計られるようになれば、この分野は消滅処理の分野とも併せて（群分離・消滅処理技術研究開発長期計画-1988年10月）核データの大きな需要者と成り得る。核データとしては、核種等は増えるが核分裂炉と同種のものか、その延長線上にあるものなので新鮮味はない。それにしてもこの計画は、現在では不確定要素が多く経済性予測さえも困難である。また、核データ供給者側からの執拗な

アプローチがないとこの分野では、需給者側自身からは動きそうにない。

加速器利用における関連核データでは、特に陽子による核破碎の分野で新たな核データの要請が顕著であるように思われたが、この分野では以外なことに現実的には現状の核データ以上の新たな要請はない。理由は、核破碎反応では粒子・核反応を使より、核子・核子反応を使った方が取扱いがより容易であるからである。加速器遮蔽の領域では、遮蔽計算では一個一個の粒子を追う（このような計算を行なうとすると、多くの核データと複雑な計算を行なう必要がある。）のではなく、バルク遮蔽計算として全粒子を追う計算を、実験式を使って行なう。従って、この領域でもこの様な手法を使う限り、特に核データは必要とされない。

上記以外の分野でも、核データに対する需要はある程度は有るが、確固たる需要者に成り得るものは、有りそうにない。確固たる需要者は、核分裂炉以外にはないのではないだろうか。将来の核分裂炉路線に確固たる位置を築くであろう新型核分裂炉に対する展望は、現在まだない。高転換炉は安全性の面で説得力がない。しかし、世論が容認し得る新型核分裂炉が将来出現するであろうことは、願望も込めて、予測される。この潜在的需要者で今日の核データのレベルを支えることは困難であろうか。

加速器利用における核データについては、既に否定的な見解を述べたが、この分野は国家プロジェクトの一部に組み込まれており、原研が開発担当責任者でもあるので、好むと好まざるとに関わらず、また有用か無用かに関わらず核データに対する過大な要望が出て来ることは疑いの余地はない。この時に我々シグマ委員会は組織としてどう対応するのであろうか。

3. 宇宙開発と核データ

— 半導体シングルイベントアップセットレート評価への応用 —

(CRC) 岸 田 則 生

宇宙船や人工衛星などの宇宙飛行体に高集積度のICが使用されるにつれ、半導体中のSi原子核と宇宙線との間の核反応で生じた荷電粒子の電離損失に帰因する雑音電流によるICの誤動作*が、宇宙飛行体の安全運行にとってきわめて大きな問題となっている。

集積度を下げずに耐SEU性能にすぐれたICを作成することがIC設計者の最終目標になるが、SEUレートの評価にはICに使用される主要元素であるSi, Ga, Asと1次宇宙線（大部分電子、陽子、 α 粒子、重イオン）および2次宇宙線（中性子、 γ 線）との核反応断面積が基本データとして使用される。

現在のところこれらの核反応断面積に関する核データライブラリーは存在しないので、世界

*これをシングルイベントアップセット (SEU) と呼んでいる。

中でいろいろな分野の研究者が別々の方法で断面積を計算してSEUレートを評価している。そのため使用した断面積の大きさの違いにより、同じICのSEUレートを評価しても大きく異っているのが現状である。

日本では宇宙開発事業団が中心となってSEUレート計算プログラムを開発しており、その一環としてSi + p反応の断面積計算（評価と呼べるレベルには達していない）が行なわれつつある。世界的にもこの現象の重要性が認識されているので、毎年IEEE主催の会議がもたれて活発な議論が展開されているが、核データ研究者から見た場合あまり信用のおけない断面積を用いた評価も数多く見受けられる。それゆえ、共通基盤としての評価済核データライブラリーの整備が望まれるところである。

SEUレートの評価に携わっている研究者が、自分達で核データライブラリーを作成する機運にはないので、核データ評価グループ側が積極的にアプローチして、そのニーズを分析しながらファイル作成を行えば、SEUレート評価ばかりでなく、宇宙飛行体の遮蔽評価にまで使用可能なファイルが完成するはずである。将来的に宇宙開発の重要性は増大しこそすれ、減少することはないと思われるので、このような核データライブラリーの作成作業は、核データコミュニティの維持発展に必ずや寄与するものと考えられる。

図1から3に $^{28}\text{Si} + \text{p}$ 反応の励起関数の計算例を示す。各計算値の間に大きな食違があるのが見て取れよう。この差異をなくして核データファイルという共通の基盤に立ったSEUレート評価法の確立が急がれる。

4. 討 論

3人のパネリストの発表に続いて討論を行った。その中で

- JENDL-3もENDF-6フォーマットのMF6（二重微分断面積）を入れたファイルを作って欲しい。
- JENDL-3のメンテナンスは今後も必要である。
- JENDLの処理コード（群定数作成コード）の作成にも力を入れて欲しい。
- 今後必要となるデータを前もって整備しておくのは核データ側の仕事である。
- 核データの測定を行っている研究者にとっては、核データの目的は重要ではない。
- 核データ整備活動の成果を本などにまとめ、本屋さんで買える様な状態になっていることが望ましい。

などの意見が出された。最後に木村氏が、「核データの活動については、今後も議論を深めていく必要がある」と述べパネル討論を締めくくった。

参考文献

- (1) Pertersen, E. L : IEEE Trans. Nucl. Sci. , NS - 27, 1497 (1980).

- (2) Chandler, K. C. and Armstrong, T. W. : ORNL - 4744, (1972).
- (3) Kishida, N. and Kadotani, H. : Proc. Conf. on Nuclear Data for Science and Technology, Mito, 1209 (1988).

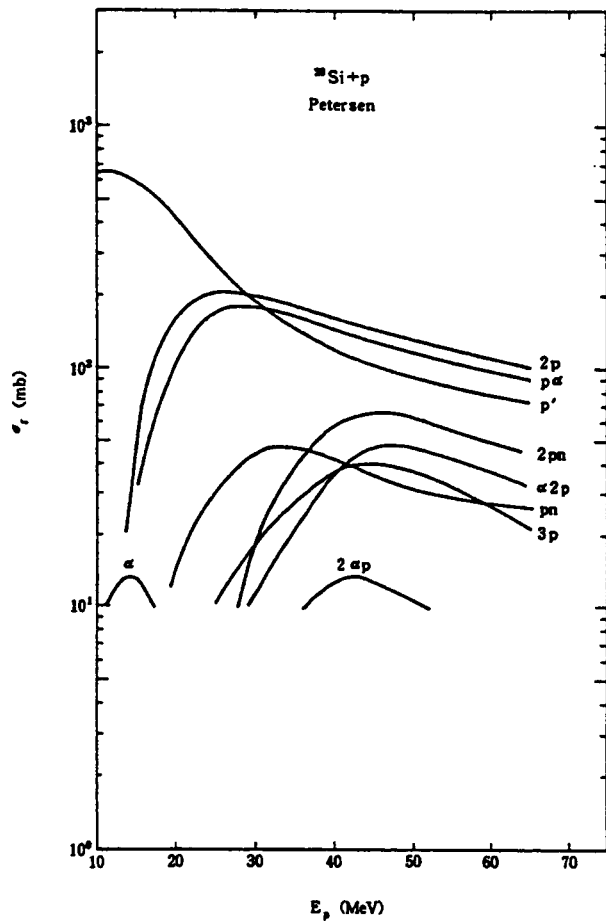


図1 Petersenの半現象論的モデルによる $^{28}\text{Si} + p$ 反応の励起関数⁽¹⁾

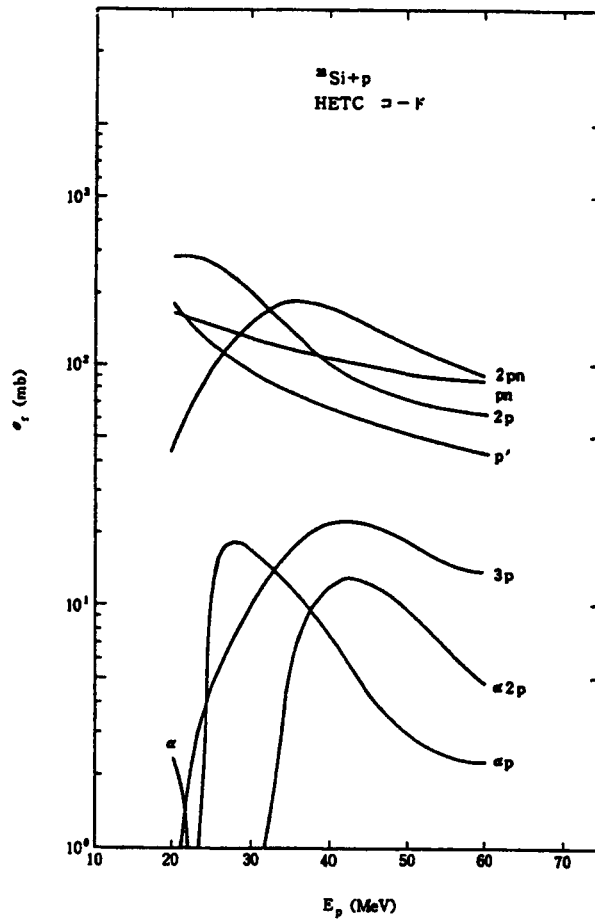


図2 HETCコード⁽²⁾で計算した核内カスケード・モデルによる $^{28}\text{Si} + p$ 反応の励起関数

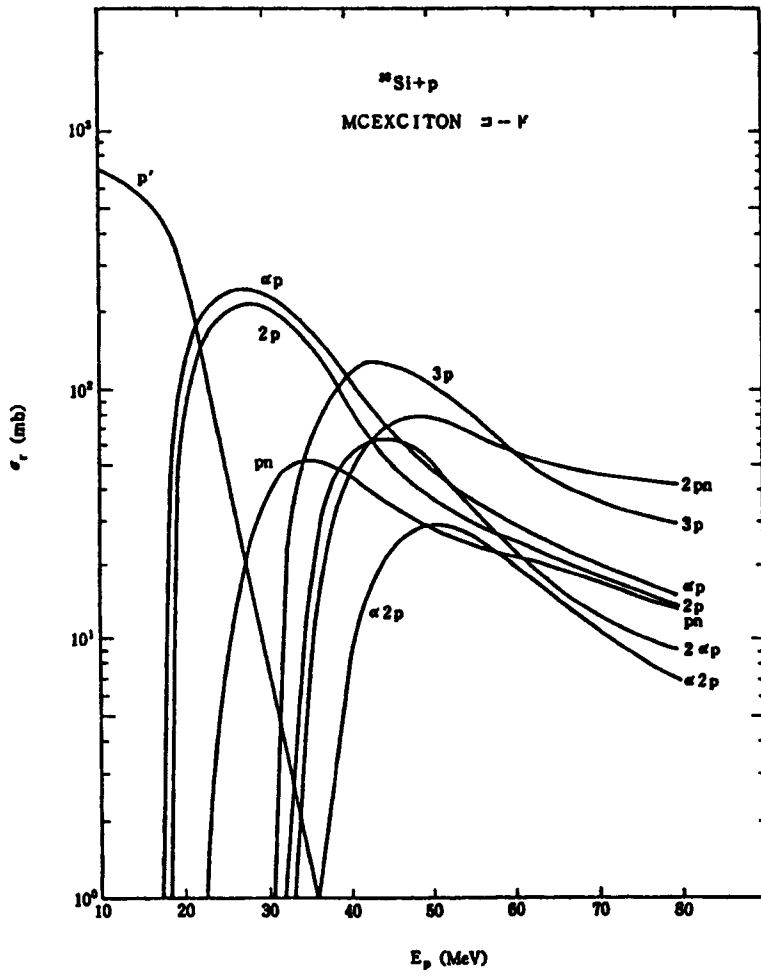


図3 MCEXCITON⁽³⁾ で計算したランダム・ウォーク
エキシトン・モデルによる²⁸Si + p 反応の励起関数