

WG 活動紹介 (I)

評価計算支援システムワーキンググループ

日本原子力研究所核データセンター

深堀 智生

fukahori@ndc.tokai.jaeri.go.jp

1. はじめに

本ワーキンググループ (WG) は、1993 年の核データ専門部会再編成の際に、それまでの「理論計算コード WG」と「評価用データベース WG」のそれぞれ一部が合同して「評価計算システム WG」(核データニュース, No.51 (1995) p.105 に紹介記事)として発足し、1999 年から評価計算を支援するという姿勢を強調するために、現在の名称に変更して今日に至っている。主な課題は、中長期的視点に立って評価計算を支援するために、統合核データ評価システム (INDES) の拡充方策を検討し、モデル計算コードとそのパラメータを系統的に調査することによって、評価用コードの精度向上に資することである。同様の取り組みは、国際原子力機関 (IAEA) でも Reference Input Parameter Library (RIPL) として行われており、国際的にも関心が高まっている。本 WG の最終的な目的は、標的核と入射粒子 (中性子、陽子、光子) 及び入射エネルギーが与えられた場合に、起こりうるすべての反応について、自動的に入力データを作成し、コードを流し、答えを ENDF フォーマットに変換して出力するような理論計算コードシステムを作成することである。そのために、理論計算コードの開発、整備、改良、パラメータライブラリーの整備、それら間のインターフェース、ENDF フォーマットファイルへの変換ツール、フォーマットチェックのためのコード、標準的な炉定数及び輸送計算ライブラリーへの変換コード等を一つのフローで自動的に行えるシステムを構築するべく活動を行っている。

本 WG では、このような目的に至るステップの一つとして、主に光学ポテンシャル、準位密度、 γ 線強度関数、核分裂反応に関する検討を行い、これら検討を元に自動核データ評価システムを構築するための作業を行っている。現在の WG メンバーは以下の通りである。

浅見哲夫 (データ工学)、五十嵐信一 (新技術情報)、岩本 修 (原研)、
大澤孝明 (近大)、河野俊彦 (九大)、北沢日出男 (防衛大)、千葉 敏 (原研)、
中川庸雄 (原研)、中村久 (元富士電機)、播磨良子 (CRC 総研)、深堀智生 (原研)、

松延廣幸（データ工学）

以下、現在までの作業成果及び今後の活動予定について概要を述べる。

2. 現在までの作業成果

光学ポテンシャル（OMP）に関しては、JLM モデル等、微視的 G-行列計算から得られた核物質に対する光学ポテンシャルから有限核のポテンシャルを求める Folding Model に基づくアプローチ、軟回転体模型（Soft-Rotator Model、SRM）によるチャンネル結合（CC）光学ポテンシャル模型計算コード OPTMAN、Dirac 現象論の結果を考慮し、さらにフェルミ面で虚数項が 0 になる性質を兼ね備えた高エネルギーOMP について検討した。また、光学模型ポテンシャル推定ツール ECISPLOT を検証した。ECISPLOT は、高エネルギー核データ評価 WG で JENDL 高エネルギーファイルのための評価に利用されている。JLM に基づく OMP は、その仮定とは裏腹に、軽い核の断面積を 80 MeV 程度まではパラメータ調整なしで良く再現できることが判明した。一方、SRM は ^{12}C , ^{28}Si , ^{56}Fe , ^{58}Ni , ^{238}U 等広い質量数の領域（ただし偶々核）及び回転核と振動核の両方に適用されて、それらの低励起集団準位構造、核子入射による励起断面積及び電磁遷移に対する換算遷移確率を整合性良く再現できることがわかった。これにより、将来、たとえば準位構造と電磁遷移確率のみが分かっている核の全断面積、弾性及び非弾性散乱断面積、反応断面積、透過係数を精度良く計算できる可能性に道が開けつつある。さらに、当 WG で提案したエネルギー依存性を有する高エネルギー光学ポテンシャル（Delaroche-Koning ポテンシャルの改良型）は、0 エネルギーでの観測値（s, p-wave strength function, total cross section）から 600MeV 程度までの全断面積、弾性散乱断面積を良い精度で再現できることが分かった。これは、従来用いられてきたエネルギーの 1 次、または 2 次関数で表された OMP が高エネルギーで発散的な挙動を示すのに対し、我々の提案した OMP が合理的な漸近形を有しているためである。

準位密度に関しては、RIPL-file（Dec.1998）に推奨されている準位密度公式、その使用上において関連する原子核質量公式の問題点、平均中性子共鳴幅及び蒸発スペクトル実験データのばらつきの現状を明らかにした。WG としても、今後の核データ評価作業に推奨できる準位密度公式 とそのパラメータ系統性の確立を目指して作業を進めた。検討結果は、核データ研究会等で報告されている。

γ 線強度関数に関しては、RIPL に含まれていないが効果の大きい M1、E2 遷移の検討を行った。M1 遷移については、角運動量依存の巨大共鳴（以前、捕獲反応においてピグミー-E1 遷移と呼ばれていたもの）、E2 遷移については、Isoscalar 巨大共鳴（RIPL に含まれている）への Isovector 巨大共鳴の追加を検討した。

核分裂反応に関しては、マルチモード核分裂モデルを用いた核分裂中性子スペクトル

研究の現状を調査し、これを用いた核分裂即発中性子スペクトルの検討を進めた。核分裂スペクトルに関しては、この検討結果を用いたマルチモード解析が JENDL-3.3 で採用されている。また、前平衡過程を考慮した核分裂スペクトルの検討も行っており、この結果も JENDL-3.3 に格納される予定である。

自動核データ評価システムに関しては、統合核データ評価システム INDES の現状についての再確認及び今後の課題の検討を行った。また、RIPL に含まれる離散準位構造、光学ポテンシャル、質量表データを WWW から閲覧できるシステムを作成した。

以上の検討・作業を IAEA/CRP の RIPL-2 へ反映し、更に RIPL-2 の成果を支援システムに取り込むことを検討している。

3. 今後の活動予定

以下のようにグループ毎に検討作業を進める予定である。

光学ポテンシャルに関しては、JLM モデルを含む Folding Potential を元に解析を進め、上記結果を Woods-Saxon 型へ fit するか、point-wise で与えるか検討する。また、Global Potential との比較も行い、高エネルギー領域へポテンシャル解析を拡張する。SRM については引き続き経験を重ね、CC 計算への利用を考察する。さらに、先進的手法により準位構造、電磁遷移確率を計算し、SRM を用いてその結果を fit することにより、準位の分かっていない核に対しても、断面積をある程度の精度で予測することが可能になるものと期待できる。これは、準位構造や断面積データの測定が極度に困難な、天体核合成での r-process や rp-process に現れる中性子または陽子過剰核の断面積や高次のマイナーアクチノイド断面積評価の精度向上につながるものと期待できる。

準位密度に関しては、原子核質量及び準位密度公式の双方を統一的に取り扱える統合モデルを提案したい。更に具体的には、shell、pairing 及び deformation 効果のパラメータ系統性を取得する。また、より先進的な手法を用いて準位密度を理論的に予測する手法も取り入れていく予定である。質量公式に関しては、既存公式の理論誤差をも半減する結果を得ているが、その成果を確実なものとするためには、早稲田大グループへのコンタクトも考慮する。

γ 線強度関数に関しては、RIPL に含まれていないが効果の大きい M1、E2 遷移を加えるよう働きかける。更に、RIPL 等に格納されているパラメータの検証を行いたい。

核分裂反応に関しては、マルチモード核分裂模型を用いた核分裂中性子スペクトル (χ) 及び核分裂あたりの放出中性子数 (ν) (特に高エネルギー核分裂) の検討を行う。前平衡過程を考慮した核分裂スペクトルの検討も進める。他方、核分裂障壁に関するポテンシャルエネルギー表面における最近の Moeller, Iwamoto 等の結果を取り入れて、核分裂断面積やフラグメント分布に関しても、理論的予測を可能とするシステムを構築したい。

と考えている。

統合核データ評価システムに関しては、IBM マシン上のシステムをまとめてレポートにし、UNIX 版の作成、internet 対応を図る。また、RIPL の成果を取り込むことにより、データベースの拡充及び精度向上を目指す。今後作成予定の自動核データ評価システムでは、user friendly なインターフェースの面でも十分留意した設計としたい。

その他、RIPL との協力のため、RIPL データベースの WWW ページ対応を行う。また、長期的な核データの評価計算精度向上及び評価者の計算支援のため、以上の検討を踏まえて、共鳴領域を除いて、高エネルギー領域まで全てのエネルギー範囲をカバーできるような包括的な自動核データ評価システムを開発できればよいと考えている。

4. おわりに

核データ評価のためのモデル計算は、上述のように多岐にわたっている。更に、前平衡過程、カスケードモデル、量子分子動力学法等多くのアプローチが検討されている。このような活動は、ある程度長期にわたって検討されるべきであり、大きな目標（包括的な自動核データ評価システム等はこの一例である）をもって継続すべきであると考えている。このためには、シグマ委員会の各評価 WG 等との連携が重要であるし、他分野、特に原子核物理、天体物理分野との協力が不可欠となるであろう。評価計算に関するご質問や、ご要望があれば、どしどし本 WG へご連絡いただきたい。

