

WG活動紹介

評価計算システムワーキンググループ

近畿大学原子力研究所

大澤 孝明

1. はじめに

本ワーキンググループは、1993年の核データ専門部会の再編成の際に、それまでの「理論計算コードWG」と「評価用データベースWG」のそれぞれの一部が合同して生まれた。その主な課題は、統合核データ評価システム INDES の拡充の方策の検討、およびそれに組み込むべき核モデル計算コードと基本データの評価法の開発である。IAEAでも "Development of Reference Input Parameter Library for Nuclear Model Calculations of Nuclear Data" という Coordinated Research Programme が活動を開始しており、国際的にも関心が集まっている課題である。

本WGでは、具体的にはつぎの4つの主題を柱として研究活動を行っている。

- (1) 評価計算システムの機能の拡充
- (2) 光学ポテンシャル (OMP) の研究
- (3) 準位密度の評価法
- (4) 核分裂関係の物理量の評価法

WGのメンバーはつぎの通りである。

五十嵐信一（新技術情報）、中川庸雄、成田孟、深堀智生、千葉敏、柴田恵一（原研）、岩崎信（東北大）、北沢日出男（東工大）、大澤孝明（近畿大）、神田幸則、渡辺幸信（九大）、松延広幸（住原）、中村久（富士電機）、八谷雅典、浅見哲夫（データ工学）、播磨良子（CRC総研）、肥田和毅（東芝）

以下に、当WGでこれまでに行ってきた検討の一部を主題ごとに紹介する。

2. 評価計算システムの拡充

核データの評価は、従来、核種ごとに個人が分担する形で進められることが多かったが、その場合、① 評価の方法論・使用パラメータの妥当性について核種横断的な検討が行いにくい、② 評価担当者が何らかの理由で核データコミュニティから離脱すると、同時に評価のノウハウや論文の表には現れてこない経験・判断などが失われてしまう、という問題があった。知識と経験を客観的なデータとして蓄積し、今後の評価研究に生

かすために INDES が開発された。これには核データ評価によく用いられる計算コードと標準的なパラメータが登録されており、内蔵されているガイダンス機能を利用しつつ評価計算を行い、また必要ならば情報検索も行えるシステムである。しかし、現在のところ各コードの内部で使用されているサブルーチン（例えば、光学モデルによる中性子透過係数計算、準位密度計算など）まで共有化されているわけではない。多くのコードで使用されるサブルーチンはモジュール化し、これを必要に応じて呼び出して使うようにすれば、種々の反応のより統一的な扱いが可能になり、さらなる統合化を実現することができる。ただ、別個に開発された既存のコードから共通モジュールを使えるようにするためには、コード内部の計算過程を十分に理解することが必要であり、そこにひとつの難しさがある。さし当たり、複合核過程計算コードを例として OMP と準位密度パラメータの共通モジュールを作成してみる予定である。

3. 光学ポテンシャルの改良

現在、評価用パラメータファイル EVALDF には JENDL-3 で用いられた標準的な OMP が数種類収録されているが、一般に "global OMP" といわれているものも実際の核種に適用してみると不十分な結果しかもたらさないことが多く、完全に "global" とはいえないのが実状である。また、 γ 遷移の解析等において励起状態に対する OMP が必要になるが、現在のところこれについてはほとんど知られていない。これに対して本 WG では 2 つのアプローチで解決を図っている。

(a) 分散関係式に基づく方法： 従来独立変数として扱われてきたポテンシャルの実数部と虚数部の間に分散関係式と呼ばれる関係が成立することが知られている。これは、open channel のみならず closed channel を介してのチャンネル結合がポテンシャルパラメータに反映されることを表す。これを考慮することによりフェルミ表面近傍に相当するエネルギーでのポテンシャル実数部の異常な振る舞いが説明された。この効果は一般に重イオンに対して顕著であり、 α 粒子に対するポテンシャルにこの効果を考慮することにより (n, α) 反応断面積が良好に説明できた。

(b) 微視的理論による方法： OMP は原理的には入射粒子と標的核の核子の間に働く相互作用の重ね合わせとして理解することができるはずである（Watson の多重散乱理論）。これを、まず無限の核物質中での波動の伝搬として扱い、しかる後に有限な核の効果を取り込む方法で OMP を計算するアプローチが提唱されている。近年その計算精度は実用の域に達しつつあるといわれるが、当 WG メンバーの計算でも、虚数部に調整因子を掛ける必要があるとはいえ、微分散乱実験データを良好に再現できることが明らかにされた。

4. 準位密度の評価法

核データ計算用の準位密度公式としては、伝統的な Gilbert-Cameron 公式のほか、近年、Ignatyuk、Kataria-Ramamurthy-Kapoor 公式などが使用されている。その背景には、高エネルギー領域の反応を扱う場合に、準位密度パラメータ (LDP) のエネルギー依存性を考慮する必要があること、および、変形核の励起状態を扱う場合には collective enhancement 効果を考慮しなければならないという事情がある。これらの公式では殻効果と対相関効果は独立に取り扱われてきたが、本WGの中村氏はそれらの間の相関効果を探り入れ、かつ、核の基底状態と励起状態に対して同一のモデルを適用できる SPC (Shell-Pairing Correlation) 公式を提案した。この公式では LDP の系統性が改善されることが明らかにされた。

5. 核分裂関係物理量の評価法

本WGでは、核分裂関係量のうち即発中性子スペクトルの評価法の検討を重点的に行ってきた。従来、JENDL-3.1では主要核種の核分裂中性子スペクトルとして Madland-Nix の逆過程断面積一定モデルによる計算値が採用されてきたが、ベンチマーク計算の結果は必ずしも良好とは言えなかった。本WGでは、① 逆過程断面積のエネルギー依存性を考慮する、② Ignatyuk モデルによる LDP を採用する、③ Multiple-chance fission を考慮する、④ 両分裂片の核温度の相違を考慮する、などの改良を加えたモデルを開発し、新しい評価データを作成した。この結果は、JENDL-3.2 に採用されている。さらに、核分裂片質量分布に関する森山・大西の系統式を採用することにより、実験データの少ないマイナーアクチニドの即発中性子スペクトルの評価計算も進められている。マイナーアクチニドに関しては、遅発中性子割合の評価法についての検討も進める予定である。

このほか、原研滞在研究員の Konshin、Maslov 両氏からアクチニドの断面積の統一の計算法についても話を聞き、今後の検討の参考とした。

6. おわりに

本WGは、以上のように多岐にわたる課題を掲げて活動している。いささか欲張りすぎでは、という気もするが、IAEAでも同様な活動を開始している折でもあり、JENDL-3.2の公刊を終えた現在では、核データ評価研究の発展の基礎を固める仕事を少し時間をかけて検討することも意義のあることであろうと考えている。

なお、このWGの活動に興味をお持ちの方があれば、参加を歓迎します。おおいに引っかき回してくださることを期待しています。お問い合わせは大澤まで。