

国産核データ処理システム FRENDY の開発
(3) 非分離共鳴領域の確率テーブル作成

Development of Nuclear Data Processing System FRENDY

(3) Construction of the probability table in the unresolved resonance region

*多田 健一¹, 長家 康展¹

¹原子力機構

原子力機構では、国産核データ処理システム FRENDY(FRom Evaluated Nuclear Data librarY to any application)の開発を進めている。本稿では、FRENDY の非分離共鳴領域の確率テーブル作成について報告する。

キーワード : FRENDY、核データ処理、確率テーブル、非分離共鳴、SLBW、カイ二乗分布

1. 緒言

核データ処理は、評価済み核データと臨界計算コードを繋ぐ重要なプロセスである。原子力機構では 2013 年度より、国産核データ処理システム FRENDY の開発を進めている。本稿では、今年度新たに実装した非分離共鳴領域の確率テーブル作成機能について報告する。

2. FRENDY の非分離共鳴領域の確率テーブル作成について

非分離共鳴領域の確率テーブル作成で重要となるのは、ドップラー広がりを考慮した温度 T [K]の Single-Level Breit-Wigner (SLBW)の共鳴断面積の計算と、共鳴幅の計算に必要なカイ二乗分布に従う乱数の生成である。現在世界で広く用いられている NJOY の該当ルーチンである PURR では、SLBW による共鳴断面積の計算に近似式を採用している。また、共鳴幅の計算にカイ二乗分布に従う離散化した 20 個の等確率ビンを用いた。このように、NJOY ではいくつかの近似を使用した非分離共鳴領域の確率テーブル作成モデルを採用しており、確率テーブルが適切に計算できていない可能性がある。

FRENDYでは、ドップラー広がりを考慮したSLBWの共鳴断面積の計算に、より近似の少ない複素相補誤差関数を用いる手法を採用した。また共鳴幅の計算については、ガンマ分布を用いた厳密なカイ二乗分布に従う乱数生成法を採用した。FRENDYで採用したこれらのモデルと従来のモデルを比較するため、エネルギービンを固定した状態で、各ラダー数での確率テーブルを比較した。ここで、ラダー数とは、非分離共鳴領域の共鳴構造を乱数を用いて作成する回数であり、エネルギービンとは確率テーブルで出力する平均断面積の入射エネルギーの範囲である。表 1 に²³⁵Uでのラダー数 1,000 の詳細ラダーの計算と各ラダー数での確率テーブルの差異のRMSを示す。表 1 に示す通り、NJOYでは少ないラダー数でも詳細ラダーの確率テーブルとよく一致することが分かった。これは、生成される乱数の種類が 20 個と極めて限られているために共鳴断面積の構造のバリエーションが限定され、その結果少ないラダー数で収束しているものと考えられる。それに対し、カイ二乗分布に従う乱数を厳密に計算すると、ラダー数を 5~10 倍程度多く取らなければ詳細ラダーの確率テーブルに近い結果が得られないことが分かった。ただし、FRENDYの厳密な乱数作成手法に比べてNJOYで採用している乱数作成手法の計算時間は長いため、FRENDYでラダー数を 5~10 倍にしてもNJOYの計算時間と同程度の計算時間で計算が可能である。また、共鳴断面積の計算については手法の違いによる計算時間の差異は見られなかった。

3. 結論

今後は FRENDY で採用したモデルと NJOY のモデルでの確率テーブルの違いが、核計算に与える影響について調査する予定である。

*Kenichi Tada¹, Yasunobu Nagaya¹, ¹JAEA

表1 ²³⁵Uでの詳細ラダー計算との確率テーブルの差異のRMS

ラダー数	確率テーブルの差異のRMS								計算時間 [S]	
	FRENDYモデル				NJOYモデル				FRENDY	NJOY
	σ_t	σ_{sc}	σ_f	σ_r	σ_t	σ_{sc}	σ_f	σ_r		
50	21%	16%	31%	28%	0%	1%	2%	3%	262	761
100	18%	13%	26%	23%	0%	0%	2%	2%	516	1,517
500	1%	2%	5%	6%	0%	0%	1%	1%	2,498	7,548