

A Status report on nuclear data for
shielding calculations.

C.Dunford, F.Fröhner, R.J.Hower ton, J.J.Schmidt
and S.Valente

INDC (NDS) - 48G.

遮蔽計算のための核データの現状

宮坂駿一(原研)

この報告は遮蔽計算に用いられる中性子およびガンマ線生成に関する核データの現状と要求についてサーベイしたものである。以下簡単にその内容を紹介する。

I 中性子断面積とガンマ線生成データに関する遮蔽の分野からの要求

遮蔽の分野でも最近モンテカルロコードやdiscrete ordinate法にもとづく輸送計算コードが次々と作成され、精度の良い計算が可能となりつつあり、これと並行してそれらのコードに使用される核データに対する要求もかなりきびしいものが出されつつある。また、炉物理の分野と同様、核データの遮蔽計算への影響を調べるための sensitivity study も行なわれようとしている。RENDA-72¹⁾には遮蔽からの核データに対する要求がまとめられている。それらは次の6つのグループに分けられる。

- 1) total cross sections;
- 2) elastic scattering angular distributions;
- 3) cross sections for neutron production by elastic neutron scattering;
- 4) cross sections for gamma ray production by inelastic neutron scattering;
- 5) bulk neutron emission cross sections;
- 6) bulk gamma ray production cross sections.

これらの要求は現在、透過計算(発熱計算)に対しての要求が主であるが、近い将来、超ウラン元素に関するデータの要求が再処理施設や燃料輸送容器の取扱いに関連して急速に高まるであろう。

これらの問題に関しては1974年の前半にでもIAEAの主催でstudy group による

review が行なわれることを期待している。

II 評価ライブラリに含まれる遮蔽用核データ

主要な評価ライブラリ ENDF/B, UKNDL, KEDAK および LLL (Lawrence Livermore Laboratory) に含まれている核種 (遮蔽で使用される核種を対象に) の核データの内容を相互比較し、検討を加えた。これらの評価データライブラリの内容は一見完全に見えるが

- a) ENDF/B ファイル中のいくつかの物質を除けば、光子生成に関するデータは存在しない。
- b) 捕獲 γ 線スペクトルをのせたライブラリは存在しない。ENDF/B にはその努力のあとが見える。
- c) 非弾性散乱断面積はどのライブラリでも良くファイルされているが、まだ不十分な箇所がある。
- d) Ba はコンクリート遮蔽体の添加物として重要な物質であるが、Ba をのせたファイルはない。
- e) どのファイルも 15 MeV 以上のエネルギーのデータがファイルされていないが、遮蔽では 15 MeV 以上のデータが不可欠である。
- f) UKNDL には共鳴パラメータが全く欠けている。他のファイルでも B, N, Si, Ca, Zr, Pb の共鳴パラメータが欠けている。

その他、評価に関する error information が無いことや、遮蔽で重要な共鳴と共鳴との間の谷の取扱い (window cross section) の問題を鉄、酸素などを例にあげて指摘している。

III 評価活動

次に核データの評価活動について、アメリカと英国の現状を述べている。

III.1 アメリカ

遮蔽計算に使用される中性子核データのアメリカにおける評価活動は次の5つの機関で計画ないしは実施されている。

| | |
|-------------------------|--------------------------------------|
| Los Alamos Scie. Lab. | (Li, B, N, O, Al, U ²³⁸) |
| ORNL | (C, Ca, Fe, Ta, Pb) |
| Lawrence Livermore Lab. | (多くの核種, 光子生成断面積) |
| BNL | (Si, Cr, Co, Ni) |
| Gulf Rad. Tech. | (Mg, Co) |
| Atomics International | (W) |

これらの成果はすべて ENDF/B に盛り込まれるであろう。また、これらの機関は光子生成データに関しても努力が行なわれている。また、ENDF/B データの機能充実のための2つの Format の変更作業も進められている。1つは、核分裂 γ 線の時間依存的な取扱いに関するもので、他の1つは Difference Self Shielding effect を正確に与えられるよう Resonance dependent photon production data の取扱いである。

III.2 英 国

UK では今まで遮蔽からの要求が炉物理からの要請ほど強くなかったため、遮蔽に関しては十分なファイルが作成されていない。しかし、H から Pu まで 10 KeV ~ 20 MeV の範囲の光子散乱と減衰の断面積が整備されている。Window 効果に関して注目されはじめているが、まだ炉物理の分野からの興味である。

IV 遮蔽に対する評価中性子データの積分実験

ここでは LLL で行なっている実験と解析の例を紹介しながら、積分実験における問題点を述べている。この実験から得られた一つの結論は $(n, n' \gamma)$ 反応で散乱された中性子の temperature model representation の適用は 25 amu 以上の重い核ではすべて不適切であるということがわかった。

V 光子生成断面積の測定

米、英、独およびソ連の4ヶ国の各研究所で実験が行なわれているが、その方法は LINAC によるものと Van de Graaff によるものとの2つに大別できる。ここでは ORNL で実施している実験を例にこの2つについて簡単に照会している。

VI ガンマ線生成断面積とスペクトルの評価(計算)

ガンマ線生成断面積とスペクトルを実験からすべてのエネルギー範囲にわたって求めることは困難で、測定値と測定値の間を核理論で埋めて行かなければならない。

ここでは2つの方法について考察している。1つは LLL における Howerton と Plechaty²⁾ の方法で、他の1つは ORNL における評価グループが用いている方法³⁾ である。論文は以下これらの方法について論じているが、ここでは長くなるので省略する。詳しくは原論文を参照されたい。

VII 核分裂中性子スペクトル

即発核分裂中性子のうち炉物理の面ではあまり重要でない 5 MeV 以上の中性子が遮蔽では非常に重要である。分裂スペクトルは Maxwell 型の表式で全エネルギー領域にわたって核分裂スペクトルを記述するには適していない。むしろ、Watt の表式の方がすぐれている。核分裂スペクトルが入射中性子エネルギーに依存することは普通無視されているが、Terrell⁴⁾ によれば平均スペク

トルエネルギー

$$\bar{E} = A + B\sqrt{p+1} \quad (\text{MeV})$$

で与えられるとしている。このA, Bは今後の実験データの集積が必要である。

分裂スペクトルの不確定さの原因には微分型の測定と積分型の測定 ($\int \sigma(E)\sqrt{E}N(E)dE$) との間の差に起因している。特に積分型の実験ではエネルギー依存の放射化断面積の誤差 (15~20%), 多重散乱と自己遮蔽の問題, unfolding における不確定性などが影響を及ぼす。

参 考 文 献 (本紹介で引用したもの)

- 1) RENDA 72, INDC (SEC) - 27/L (1972)
- 2) R. J. Howerton and E. F. Plechaty; Nucl. Sci. Eng. 32, 178 (1968)
- 3) C. Y. Fu and F. G. Perey; ORNL-4765 (1972)
- 4) J. Terrell, Phys. Rev. ; 113, 527 (1959)