

IV Paris Conference, Nuclear Data for Reactors, IAEA 1967より
 "Fission-Product Neutron-Capture Cross-Sections in
 the Energy Range 1 keV-MeV"(CN-23/115)

V. Benzi & M.V. Bortolani (C.N.E.N., Italy)

八谷雅典(三井造船)

核分裂生成物の中性子捕獲は原子炉中での全中性子吸収量の約10%をしめ、原子炉運転特性を解明するための(Poisoningとして)重要な量となつている。熱中性子炉設計に必要な熱中性子領域および共鳴領域での重要な核種の吸収断面積は従来からかなり正確に測定されており、また、炉物理的なインテグラル実験による断面積および共鳴積分の測定評価も大体15%以内の精度で報告されている。炉物理的な測定分野ではカナダAECLの仕事が代表的なもので、このパリ会議でもWalkerの総会報告CN-23/1があり、核分裂生成物の収量および断面積の不確定さによる影響は、中性子吸収量計算の約2.5%程度の不確定さを生じているとのことである。

一方、高速炉設計に必要な連続領域での核分裂生成物の中性子捕獲断面積は利用できる実験値が非常に少ないので、理論計算による推定値が必要とされている。この論文は核分裂生成物として重要な原子量で80から160まで約70種の核種に関する1 keV~10MeV領域での中性子捕獲断面積を、統計模型によつて評価した作業の紹介である。純理論的な研究と異なつて、現象論的実用的な評価内容であるのでいささか泥臭いが、核データの評価作業としては代表的なものの一つであり、JNDCでの核データ評価作業の参考例となるものであろう。

評価計算式は、中性子非弾性散乱過程との競争を考慮したHauser-Feshbach方式のシンプルな統計模型による現象論的な立場を基に、過去の核光学的な実験データを最大限に利用している。すなわち、Margolisが導入した複合核放射性捕獲断面積(dipoleガンマ線放出)の計算式を主体に、非弾性散乱が励起された標的核レベルについての和は、低エネルギー領域では、10レベル以下の離散励起レベルによる過程と、高エネルギー領域では連続励起レベルによる過程とに分けて、その和で計算している。つぎに、中性子の入射エネルギーが2MeV以上では、単位密度の形式をパリテイに関して等分布とした仮定で求めた簡単な計算式を使用している。さらに、4MeV以上では直接捕獲反応の影響が現われるので、この効果をラフにLane & Lynnの計算式で推定している。なお、連続レベルの単位密度は気体模型によるLang & Le Conterの表示によつており、殻効果を含めた有効励起エネルギーは計算の便宜のため、偶-偶核を基底にした正のベアリングエネルギーを使用している。

評価作業はまず断面積の実験値をrenormalizeすることから始まる。測定には絶対値が少なく、標準値との相対値が報告されている例が多いからである。つぎに上記の計算式による計算が始まるが、この段階で重要なことは、計算式に含まれる諸物理量、諸パラメータを系統的に評価す

ることである。この論文では大要つぎのような求め方をしており、全体としてバランスのとれていることが分かる。

ガンマ幅の平均 Γ_γ	}	低エネルギー共鳴実験値もしくは内挿によつて
レベル間隔の平均の測定値 D_{obs}		
透過度 $T_e(E)$		black nucleus 模型の計算値から、 $l_{max}=4$
ベアリング・エネルギー δ		質量差から、Newton の半経験式
単位密度のパラメータ c, b		D_{obs} から関係式を使つて
複合核生成断面積を求める際必要なパラメータ μ, ν		光学模型による計算値を fit して
直接反応断面積の係数 K		1.4 MeV 測定値から

計算結果に対する評価は、まず実験値のあるものと(約半数)と比較することである。 ^{98}Mo など一部の核種を除いて全エネルギー範囲で形状が合っている。一般に低エネルギー領域では中性子幅の fluctuation を考慮してないため overestimate, MeV 領域では、カスケード過程を無視しており、しかも非常にラフな計算であるため underestimate であるが、中間領域では良い。しかし断面積の絶対値では約30%程度の差があり、この値は実験値の fit から得られる Γ_γ/D_{obs} の値のバラッキに対応しているため、これ以上の精度を求めることは困難である。さらにつぎのチェックとして24核種について、核分裂スペクトルによる平均値が求められ、実験値と比較されている。結果は20核種について一致している。

このような評価状況から、統計模型が未知の断面積を推定するに有力な道具であり、関連核データの整備に役立つが立証されたので、計算に使用されたパラメータの値と計算値が表として報告されている。約半数の核種は実験値のないものである。

核分裂生成物とは限らないが、この論文よりやや理論的な取扱いが Stnpegia et al によつて CN-23/51 として報告されている。ANL での activation method による測定結果を Moldauer の計算式で解析したもので fluctuation correction が考慮されている。核種は ^{41}K , ^{55}Mn , ^{85}Rb , ^{98}Mo , ^{141}Pr , ^{176}Lu , ^{176}Yb , ^{237}Np で、エネルギー範囲は 5 keV ~ 3 MeV, Te を計算するのに Abcas-2, σ_{nr} を求めるのに Nearrex という有名な計算コードを使用しており、プラグで図示してある関係もあつて、実験値との一致はかなり良いようである。解析に使用した光学模型のパラメータおよび統計理論のパラメータは表にして示してあるが、計算式が異なるので Benzi 達の値と異なつている。