

特集(そのⅣ)

中性子捕獲断面積の測定について

東工大原子炉研 山室 信弘

中性子捕獲断面積の中には中性子と原子核との相互作用に関する知識がかくされている。以前はこの相互作用従って原子核そのものの解明のために測定されていた断面積が、技術への応用の道が拓かれてくるとともに断面積のもつ数値の精度向上に強い要求が高まってきた。こうして中性子捕獲断面積の測定も原子力技術の基礎の一つとしての性格が強まっている。

さて原子核反応の理論の立場からは、中性子はむしろ荷電粒子に比べて取扱い易い。ところが放射線測定の立場からは事情は全く反対で中性子束の絶対値をおさえることは荷電粒子のそれと比較して格段に難かしい。その上捕獲断面積を測定する場合にはガンマ線の測定が加わることもある。過去の中性子断面積の測定値の精度の悪いのは基本的には以上のことの反映である。こうして20余年にわたる測定技術の進歩も余りはかばかしいとは言えないが、しかし最近核データの応用についての要請の高まりから、中性子束測定の標準化がかなり進み異なる場所における測定値の間の比較を一つの基準に規格化して行なえるようになってきている。

中性子捕獲断面積の絶対値を測定するとき、少なくとも一つのエネルギー一点で絶対測定を行ない、広いエネルギー範囲の相対測定をこれに規格化することが考えられる。今日の話題は24 keV中性子を使い one-point cross section の測定の話である。24 keV中性子としては古くはSb-Be中性子源が用いられ、最近ではLINACや原子炉からの中性子ビーム中に鉄のフィルターをおく方法でえているが、両者の平均中性子エネルギーは ± 1 keVの範囲に入っておりデータを直接比較できると考える。測定の方法は三つに分類できる。即ち

- (1) 放射化法
- (2) 球状殻透過法
- (3) 捕獲ガンマ線の測定

である。

放射化法は1957年Macklin et al. (ORNL)がSb-Be中性子源を用いて測定した ^{127}I に対する 820 ± 60 mbの値を標準とする例が多いが、この値は最近の測定値から見て7~8%高いこともあって、測定値がやや高めにてている例が多い。最近Rimawi et al. (BNL)は $^{10}\text{B}(n, \alpha\gamma)$ の断面積を基準としてまずAuの断面積を 630 ± 17 mbと定めこれを副標準として ^{115}In , ^{127}I , ^{238}U などのデータを放射化法で求めている。この時中性子はBNL High Flux Beam Reactorからのビームを鉄とアルミのフィルターを通してえている。放射化法の問題点は放射崩壊における崩壊モードの分岐比を必要とすることで、分岐比の値に新しいデータがでると断面積の値に影響を受ける。Rimawi et al. の報告でもNote Added in Proofの中で5~10%高い値にデータを修正している。

第2の方法である球状殻透過法は中性子束の絶対値を知る必要がない点で優れたものである。正しくはこの方法でえられるものはnon-elastic cross section であるが、このエネルギー

一では吸収断面積に等しい。しかし適当な透過率をえるために球殻を厚くすることが必要で、そのため多重散乱等の補正が厄介になる。補正計算に用いるパラメータの値や計算法が結果に影響する。Schmitt et al(ORNL), Belanova et al. 等の実験について Bogart が Monte-Carlo法を用いて補正計算を改めて実施してみると、元のデータより10%位高くなるものもあるし反対に10%位低くなるものもある。そして Bogart の出した値の方が最近のデータに何れも近くなっている。このようにこの方法では透過率から断面積を求める過程での計算に十分注意を払わねばならぬことがわかる。

中性子捕獲ガンマ線を測定する方法はここで述べている one-point の測定よりは eV から MeV 領域での測定に多く用いられてきた。最近鉄フィルターを中性子ビームに入れると 24keV に中心をもつ SN 比のよい中性子束がえられることが示されたので、このビームを用いて絶対測定がおこなわれた。Block et al. (RPI) は大型の液体シンチレーションタンクで、われわれは C_6F_6 検出器に重み関数法を適用することでガンマ線の検出が行なわれた。われわれの場合は ^{10}B 試料を被測定試料と差しかえ、同じ場所で中性子に当て $^{10}B(n, \alpha\gamma)$ で出る 480keV ガンマ線を C_6F_6 検出器で測定する点に特徴がある。但しガンマ線検出効率は通常用いられる飽和共鳴法で定めている。1975~1976年に発表されたデータは精度が $\pm 5\%$ に近づき、データ相互間の一致もそれぞれ誤差以内に収まってようやく収れんするかに見える。以上すべての結果は表にまとめられている。

24keV Neutron Capture Cross Section

1976-10-4

Year	1957	1958	1965	1960	1965	1966	1972, 1976	1975	1975-1976	
Lab.	ORNL	LLL	Muslim Univ	ORNL		Lewis Res. Cent.	RPI	BNL	TIT-KUR	
Author	¹⁾ Macklin et al.	²⁾ Booth et al.	³⁾ Chaubev et al.	⁴⁾ Schmitt et al.	⁵⁾ Belanova et al.	⁶⁾ Bogart	⁸⁾ Block et al.	⁹⁾ Rimawi et al.	¹⁰⁾ Yamamuro et al.	
Source	Sb-Be			Sb-Be			Fe-filter	Fe+Al filter	Fe-filter	
Method	Activation			Shell Transmission		Monte-Carlo Analysis		Jank det.	¹⁰ B	C ₆ F ₆ Weighting ft.
Std.	¹²⁷ I : 820±60					(Schmitt)	(Belanova)	¹⁹⁷ Au 670		¹⁰ B, black capt.
⁹³ Nb					270±15				330±17	
Ag	107 51.35% 109 48.65%	(107) 930±180	(107) 840±90	1185±80	980±60	1080±60	(mean) 1060±70		1100±50	
¹¹⁵ In	95.7%	(54min) 805±80	(54min) 980±220	(54min+2.2sec) 823±60	776±66			880±45	(54min+2.2sec) 750±45	
¹²⁷ I	(PbI ₂)	820±60		885±90		795±50		767±50	760±35	
¹³³ Cs	(Cs ₂ O)		900±300						580±35	
¹⁶⁵ Ho			990±70						1260±60	
¹⁸¹ Ta	99.988%		1400±310					960±50	850±50	
¹⁹⁷ Au		1120±110	890±190	585±60	570±30	(mean) 630±60	(mean) 660±60	630±17	680±35	
²³² Th		500±100	480±50		615±25				490±40	
²³⁸ U	(<400ppm ²³⁵ U)	610±61			412±18		Miller et al ⁷⁾ (ANL) 495±40	(¹⁰ B) 499±15 ¹¹⁾	500±38	500±35

references 1) Phys. Rev. 107, 504(1957) 2) Phys. Rev. 112, 226(1958) 3) Nucl. Phys. 66, 267(1965) 4) Nucl. Phys. 20, 202(1960)
5) Jour. Nucl. Energy 20, 411(1966) 6) Paris Conf. Nuclear Data for Reactors Vol. 1 p503 (1966) 7) Nucl. Sci. Eng. 35, 295(1969)
8) Topical Meeting on New Pevl. in Reactor Phys. CONF-72091, p. 1107(1972) 9) Conf. on Nuclear Cross Sections and Technol. NBS special pub. 425
p 920 (1975) 10) Conf. on Nuclear Cross Sections and Technol. NBS Special pub. 425 p. 802 (1975) 11) Reports to ERDA Nucl. Data Committee BNL-NCS
-21501 p. 266 (1976)

n. y.