

研究室だより

京大炉ライナックグループ

京都大学原子炉実験所の46 MeV電子線型加速器(ライナック)は、研究炉(KUR)、臨界集合体(KUCA)、コバルト60照射装置などと並ぶ共同利用研究設備である。実験所にライナックが付設されて、まもなく25年になるが、その間エネルギー増強、電流増強、クライストロンの型式変更にともなう改造など、いろいろの更新、改造、改修を重ねることにより、当初に比べ、その性能もかなり向上した。最近のライナック利用状況は年間あたり、運転時間にして1500時間前後、利用者数は延べ120名余りで、利用件数は40件を上回っている。その内共同利用関係は約30%に及ぶ。

京大炉ライナックでは、今までに米国、トルコ、アルゼンチン、インド、中国から教授や研究者を招き、中性子断面積の精密測定、原子炉材料関連の中性子断面積やスペクトルの測定と評価などに関する研究課題について共に研究を進めてきた。京大炉ライナックを用いた最近の中性子核データ関係の研究活動は、殆どが飛行時間分析実験によるもので、次のように大別される。

- 1) 中性子全断面積測定、
- 2) 中性子捕獲断面積測定、
- 3) 共鳴中性子の自己及び相互遮蔽効果の実験、
- 4) 中性子フィルター法及び共鳴中性子捕獲法を利用した準単色中性子による断面積測定、
- 5) $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ (BGO) シンチレータによる中性子捕獲率の絶対測定。

1) では、最近SbとPbの中性子断面積に注目して測定を進めている。Sbは高速増殖炉などの起動用中性子源としての利用が期待されているが、中性子断面積はデータ量と信頼性の点で必ずしも十分ではなく、実験値も比較的古いものが多い。そこで我々は、まずSb全断面積を測定することから開始した。その結果、MeV領域でMughabghabの評価曲線は我々の測定値に近いが、熱中性子-eVエネルギー領域では低目であることが分かった。Pbについては低速中性子散乱、中性子-電子の相互作用を検証する観点から、eV領域のデータに高い精度が要求される元素の1つである。我々は4)で述べる共鳴捕獲法を利用した手法により0.5%の精度でPbの全断面積を測定することができた。

2) Sbは、 ^{121}Sb (存在率57.3%)と ^{123}Sb (存在率42.7%)の同位元素からなり、光中性子源生成には $^{123}\text{Sb}(n, \gamma)$ 反応が重要とされるが、中性子源の生成に当たっては天然試料の使用が考えられるため、まず $^{121}\text{Sb}(n, \gamma)$ 反応断面積を0.01eVから1eVのエネルギー領域において測定することから開始した。この場合、 $^{10}\text{B}(n, \alpha \gamma)$ 反応断面積を標準とし、これに対する相対値として測定した結果、共鳴パラメータを用いた我々の計算値に近い結果を得ることができた。この時 $^{197}\text{Au}(n, \gamma)$ 反応断面積についても並行して測定を実施したが、その結果は従来の評価値とよい一致を示した。

^{238}U の中性子捕獲断面積は、最近出された欧米の評価値が10~300keV領域において、従来の実験データ群より10%余り低く修正されたことから、その違いが話題になっている。我々はこの点について実験的に確かめるために、4)に述べるFeフィルターによる24keV、Siフィルターによる146.55keVの準単色中性子ビームを用いて、24keV定点データに対する相対値として $^{238}\text{U}(n, \gamma)$ 反応断面積の測定を試みた。実験データの処理に当たっては、さらに幾つかの補正や検討を要するが、146keVでの測定値は最近の評価値に近くなった。これについては1989年日本原子力学会秋の大会にて発表を予定している。

3) では、共鳴断面積の干渉効果並びに共鳴中性子の遮蔽効果の実験的研究を進めている。今までに ^{181}Ta 、 ^{232}Th 、 ^{238}U などの原子炉材料について中性子透過率、セルフインディケーション実験を行い、これらの核種に対して非分離領域における平均共鳴パラメータ、中性子自己遮蔽因子に対する実験的評価を行ってきた。

最近は新型原子炉材料として $^{232}\text{Th}/^{233}\text{U}$ 試料を取り上げ、 Th 金属板を透過させた中性子ビームを ^{233}U 試料に当て、これにより得られる中性子即発 γ 線の測定を行っている。同じ実験は位置で ^{233}U を ^{10}B 試料と置き換えると $^{232}\text{Th}/^{10}\text{B}$ 間には共鳴干渉効果が存在しないことから、 $^{232}\text{Th}/^{233}\text{U}/^{10}\text{B}$ データの解析と相互比較結果から ^{233}U と ^{232}Th 間の共鳴断面積の干渉効果について実験的評価が期待できる。今後は計算を進め実験との比較を行う。

4) よく知られるように、鉄やシリコンでは大きな共鳴の傍らに反共鳴の断面積極小値が存在するため、厚い鉄やシリコンの層に白色中性子ビームを入射させると、 Fe では 24keV 、 Si では 146keV と 55keV に準単色の中性子フィルタービームが得られる。また、大きな共鳴捕獲ピークに注目すると、この場合にも捕獲共鳴ピークに対応した準単色の中性子ピークが観測され、フィルタービームと同様、信号/バックグラウンド比の良い実験が行える手法として注目できる。図1は我々が $^{238}\text{U}(n, \gamma)$ 反応断面積測定で得たシリコンフィルターのデータで、 Ta を捕獲試料とした共鳴捕獲法による中性子透過率測定を例として、これ等の測定法によって得られた Pb の全断面積の結果を表1に示す。

5) 我々の実験グループでは8ないし12個の BGO シンチレータ($7.5\text{cm} \times 5\text{cm} \times 5\text{cm}$)を積み重ね、全エネルギー吸収型中性子捕獲 γ 線測定用の検出器を用意している。 Sm や Cd では、中性子捕獲によって平均5~6本の即発 γ 線を放出するため、我々の BGO 検出器系の中心部にこれらの試料を置くと、少なくとも放出 γ 線の1本以上が検出される確率はほぼ100%になることを実験的に求め、計算によっても確認している。こうした手法を利用して、我々は中性子捕獲事象の絶対測定を進め、先に述べた Sb や Au など、幾つかの試料について中性子捕獲断面積の測定を進めている。(小林捷平記)

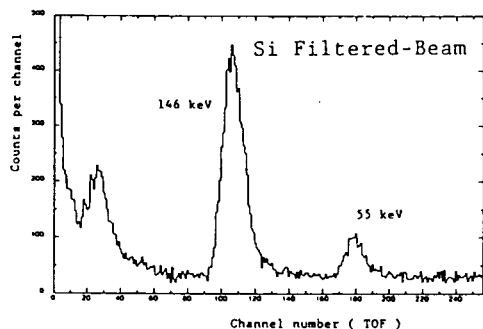


図1 Siフィルターによる $^{238}\text{U}(n, \gamma)$ 反応の測定例

表1 Ta を用いた共鳴捕獲法の特性と、これによる Pb の全断面積測定の結果

Resonance energy (eV)	FWHM (eV)	Noise/Signal ratio [open beam]	Total cross section (barn)
4.28	0.30	0.0058	11.17 ± 0.025
10.4	0.34	0.0055	11.18 ± 0.036
14.0	0.26	0.0070	11.18 ± 0.051
23.9	0.54	0.0074	11.17 ± 0.040
35.9	1.17	0.0066	11.18 ± 0.037
39.1	1.11	0.0080	11.18 ± 0.045

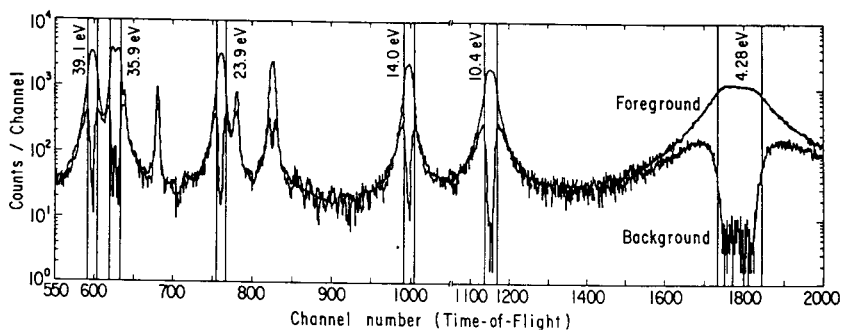


図2 Ta の主共鳴を利用した共鳴捕獲法による中性子測定