

偏光ガンマ線とスピン偏極重水素標的による高指向性中性子発生に向けた研究

宮本修治

兵庫県立大学 高度産業科学技術研究所 NewSUBARU 放射光施設

レーザー駆動中性子発生に関するプロジェクト研究 A-setup により進行し、LFEX レーザーショット 1 発あたりで 10^{10} の中性子が発生できるようになった。中性子ラジオグラフィメージが取れるようになってきたが、まだ被写体の場所での中性子フラックスは不足している。ラジオグラフ被写体における中性子フラックスは、発生数と指向性で決定される。多くの中性子発生法はほぼ 4π 等方放射なのに対して、重水素を加速して、ベリリウムに当てて、核崩壊によって中性子を発生させる、いわゆるピッチャーキャッチャー型の発生方法は指向性があると期待されてきた。中性子の指向性は PHITS によるシミュレーション予測では前方には後方にくらべて 10 倍程度指向しているとされていたが、実験によると 2-3 倍しか指向しておらず、残念な結果となっている。

著者と阪大の有川氏による共同研究では、重水素を核スピン偏極させ、偏光ガンマ線を核スピン方向に合わせて照射すれば、重水素の偏極が保持されたまま中性子発生をすれば中性子の発生方向をスピン方向に限定することができるため、非常に高い指向性が得られる可能性があると考えている。

偏極重水素標的がまだ完成していないため、無偏極の重水素として重水を標的に、偏光ガンマ線照射を行った。図 1 はガンマ線エネルギーが 4MeV の時の中性子の放射方向をバブル計測器で計測した

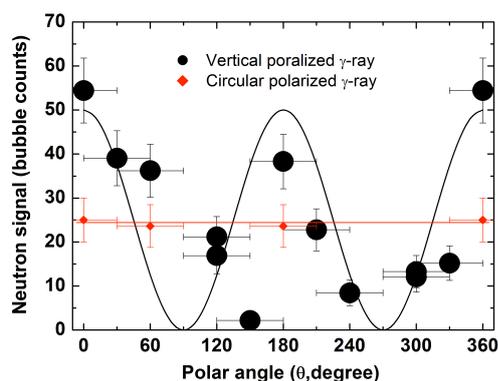


図 1 偏光ガンマ線 4MeV を重水に照射した時の中性子発生方向分布。ガンマ線方向を X 軸として、YZ 平面の角度、+Z 方向を 0 度とした時の角度分布を示す。

$\sin 2\theta$ の方向分布を示しており、指向性が確認された。

一方、9MeV のガンマ線を照射し、発生する中性子

のエネルギーと分布を測定した。

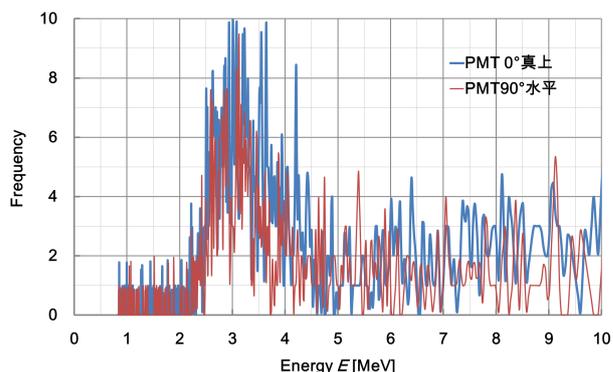


図 2 測定された中性子エネルギー分布と、+Z 方向と+Y 方向に置かれた中性子検出機の信号強度比較。

図 2 は 9MeV の偏光ガンマ線を重水に照射し、今度は中性子 TOF 検出器を 2 方向に置き、中性子エネルギーと、中性子発生数の差を比較した。重水素の光核反応特有の単色の中性子発生が認められた。しかしながら、+Z 方向 (青色、 $\theta = 0$ 度) と+Y 方向 (赤色、 $\theta = 90$ 度) では中性子カウント数はほぼ変わらず、指向性はみられなかった。ガンマ線エネルギーによって反応が変わり、指向性にも影響を与えることが示唆された。高エネルギーでは巨大共鳴のモードが変化することが知られており、影響が考えられる。重陽子 S 波 ($L=0$)、終状態相互作用無し、電気的雙極子遷移の第 0 近似では 100% 偏極になる。これに対して、高エネルギーになると、重陽子 D 波 ($L=2$)、生成された中性子・陽子の終状態相互作用、磁気雙極子遷移、電気的 四重極遷移による影響が考えられる。