

# 放医研サイクロトロンにおける中性子生成

放医研 河内清光, 金井達明, 稲田哲雄

放医研サイクロトロンによる癌の中性子治療のため、各種核反応の中性子収率、Energy Spectrum、各照射野の線量率等の基礎的データ作成を急いでいる。まず、中性子治療に利用する中性子は、一般にターゲットとして最も安定で、収率の高い金属ベリリウム<sup>9</sup>の(d,n)反応によるものが使われる。この反応で、重水素の加速エネルギー30 MeVのとき、単位電流当りの中性子線量率を組織等価 plastic で作った電離箱により測定した。結果は、10 cm × 10 cm の照射野のとき SSD (線源-表面間距離) 175 cm で 30.8 mrad/μC であり、200 cm で 23.1 mrad/μC であった。これ等の値は Naval Research Lab. (USA) の結果<sup>1)</sup> とほぼ一致し、Hammersmith (U.K.) の結果より約 7% 高い。また、SSD を変えて測定した結果では逆 2 乗則からのズレを観測した。これは target を格納する concrete 遮蔽壁その他からの散乱があるため、見かけ上ターゲットの位置が実際よりも照射面に約 7 cm 近い所に存在すると考えると良く一致する。

次に中性子 Energy Spectrum は TOF 法により測定しているが、Beam 電流をできるだけ小さく、Background を低くして測定するために無散乱照射室が用意されている。Beam pulse は Beam chopper により 1st turn において、1/16 または 1/32 に間引きされる。検出器からの信号を TPC の Start pulse とし、高周波電極からの信号をアンテナにより取り出し、矩形波整形後、間引きして Stop pulse とした。Fig. 1 に Cu(d,n) 反応による Time spectrum の測定結果を示す。現在 phase slit は固定されており、磁場を制御

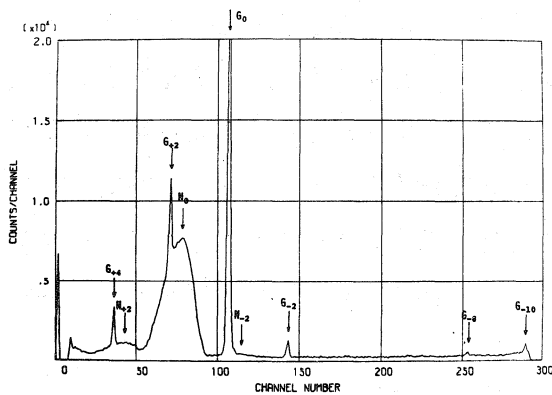


Fig. 1. Typical time spectrum of Cu(d,n) reaction  
 $E_d = 16 \text{ MeV}$ , Flight path = 5.0 m.

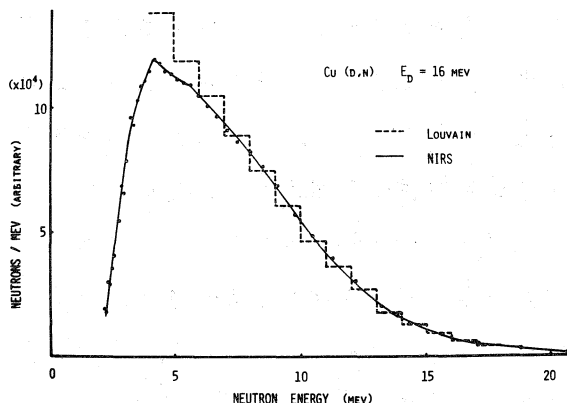


Fig. 2. Neutron energy spectrum from Cu(d,n) reaction  
 $E_d = 16 \text{ MeV}$ .

することにより、Single turn extraction を試みたが、図に示されるごとく、[0] pulse 以外に 9% 以下の強度で、[-2], [+2] pulse が重畳して生じたため、逆マトリックスによる unfolding 処理を必要とした。これを改善するために位相スリットを外部制御に変更することを計画している。また時間分解能が約 6 nsec と悪いのは、Thomson CSF の用意した矩形波による Stop pulse の time jitter が大きいため、現在改良を加えている。この Spectrum に、検出器の効率等を考慮し、Energy Spectrum に変換した結果を Fig. 2. に示す。この結果は 5 MeV 以上で unchopped beam による Louvain 大 (Belgium) の TOF の結果<sup>2)</sup> と良く一致する。今後も各種核反応、特に、低原子番号の (p,n), (d,n), (α,n) 反応等について、データを収集してゆく計画である。

(参考文献)

- 1). August, L.S., et. al. *Phys. Med. Biol.* 1973, 18, 641~
- 2). Meulders, J.P., et. al. *Phys. Med. Biol.* 1975, 20, 235~