

## 準単色光子のエネルギー幅

(1992年9月30日受理)

(データ工学・元放射線医学総合研究所) 喜多尾 憲助

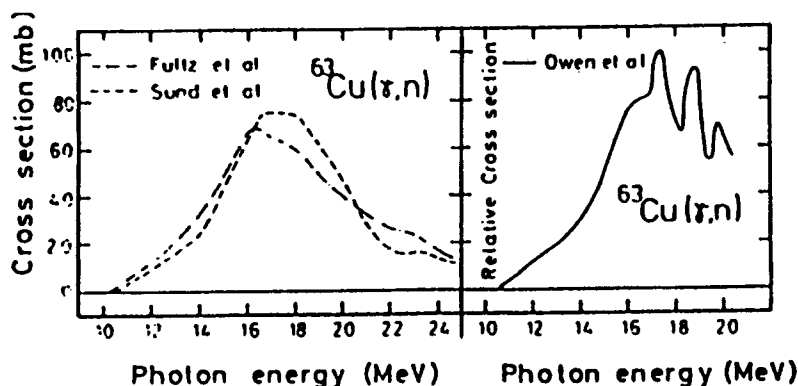
(放射線医学総合研究所) 福村 明史

加速陽電子を使うと、ほぼ単色(準単色, quasi-monoenergetic, quasi-monochromatic)の光子がえられる。

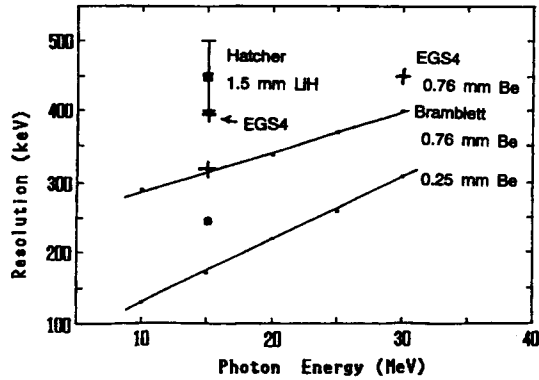
本コメントはモンテカルロ・コードEGS4によるこの光子のエネルギーの幅(広がり)の計算結果である。

よく知られているように光核反応断面積の測定、とくに巨大共鳴の測定は、ベータートロンからの電子の制動放射を使ってまず行われた。この方法では、入射電子エネルギーの差による制動放射スペクトルの違いを考慮し、測定データの unfolding を行うことが必要になる。これに対し、単色光子を入射する方法は直接的であいまいさが少ない。かくして、1959年から1975年にかけて Saclay, Livermore, Giessen などであいついで線形加速器による実験施設が完成し、一連の測定データが発表された。Livermoreの Berman は「単色光子による巨大双極共鳴の測定」という題でレビューを書き[1]、1975年と1988年には単色光子による光核反応断面積のコンピレーションを行った[2, 3]。一方、光核反応による放射化という観点から断面積データを Forkman らがまとめている[4]。Forkman は単色光子によるデータだけでなく、制動放射によるものも取り上げた。それによると1960-75年では圧倒的に前者が多く、1980年代にはぎゅくに制動放射によるものが多い。第1図に $^{63}\text{Cu}(\gamma, n)$ 反応の断面積を示す。意外なようだが、いくつかの小さなピークのある方が制動放射を使って得られえたもの[5]、なめらかな方が単色光子によるものである[6, 7]。なおこの図は(第4図も) Dreyer et al. [8]から引用した。

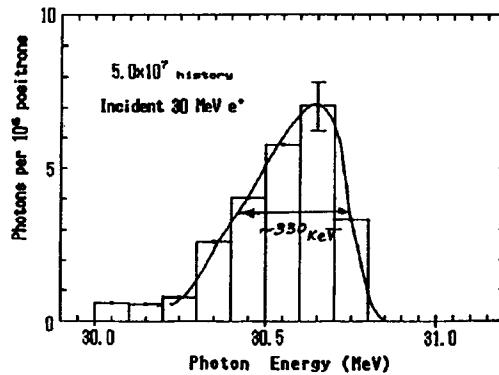
さて、単色光子のエネルギーの広がりについては、1964年に発表された Livermore グループの論文(Bramblett et al. [9])に計算値が載っている。モンテカルロ法を使っ



第1図  $^{63}\text{Cu}(\gamma, n)$ 断面積の比較。制動放射によるデータは Owen et al. [6]、単色光子は Fultz et al. [7] および Sund et al. [8]による。



第2図 加速陽電子消滅により生成する準単色光子のエネルギーの広がり。実線は Bramblett et al. [9]、+ は本コメントの計算値、■は Hatcher et al. [10]、●は Sund et al. [11]の実験値。

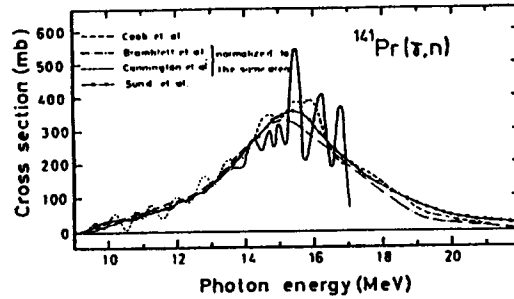


第3図 コード EGS4 で計算した放出光子のスペクトル

たもので、その後もしばしばこの値が引用されている（第2図）。最近われわれの一人（A.F.）がモンテカルロ・コード EGS4 を使うようになったので、さっそく Bramblett の計算と比較してみた。単色光子のエネルギー幅は基本的に（1）陽電子ビーム・エネルギーの広がり、（2）ラジエーター内での陽電子の散乱、（3）光子の放出角によって左右される。陽電子ビーム・エネルギーの広がり（1%）の測定は難しいらしく、Bramblett の計算 [9] でも推定値として 1% を使っている。われわれは 0.76mm 厚のベリリウム・ターゲットから 0度方向に放出される光子を、15MeV および 30MeV の入射陽電子について計算した。第3図に 30MeV の入射陽電子で発生させた光子のスペクトルを示す。この半値幅と陽電子ビームの広がり（1%）との、2乗和の平方根を第2図にプロットした。30MeV では、13% ほど Bramblett の計算値より大きくなった。また 15MeV ではほぼ等しい。なお Hatcher

らの実験値[10]と比較するため、15.2mm 厚の水素化リチウムからの単色光子を計算した。この場合にも入射陽電子ビームの広がりを1%とした。Hatcher らの実験では広がりを約3%と評価しているが、これは大きすぎるように思われる。なお第2図には、0.25 mm 厚ベリリウムから15MeV 陽電子によって発生した単色光子のビームの広がりの実測値[11]も入れておいた。この実験値は入射陽電子ビームの広がり約1%、コリメータ角1度で計算した値とも良く一致した、と報告されているものである。

さて結論を言うと、単色光子のエネルギー値の広がりに対する Bramblett の計算値は



第4図  $^{141}\text{Pr}(\gamma, n)$ 断面積の比較。制動放射からのデータは Cook et al. [12] および Cannington et al. [13]、単色光子によるデータは Bramblett et al. [9] および Sund et al. [14]による。

低いように思われる。しかし「単色」とはいうものの、実際には広がりはそうは狭くならないのだろうし、理想的な「単色」光子をうるのは至難の技なのかも知れない。第4図にプラセオジムの断面積を紹介するが、制動放射によるデータでは10-14MeVに見える振動 (Cook et al. [12]) や、15-19MeVにおける3本のあまりにも技巧的なピーク (Cannington et al. [13]) が気になる。制動放射を使った場合には、少なくとも制動放射スペクトルに対する補正を加えなければならず、ナマの測定値が直接論文に示されていないことに問題があろう。いずれにせよ光核反応に対する1970年代以降の関心は巨大共鳴の全体像の物理にあり、その後微細構造などの究明は行われていないようだ。

#### 文献

1. B. L. Berman and S. C. Fultz; Rev. Mod. Phys. 47, 713-761 (1975).
2. B. L. Berman; At. Data and Nucl. Data Tables, 15, 319-390 (1975).
3. S. S. Dietrich and B. L. Berman; At. Data and Nucl. Data Tables, 38, 199-338 (1988).
4. B. Forkman and R. Petersson; in "Handbook of Nuclear Activation Data", IAEA Tech. Report Ser. 273, pp. 631-811 (1987).
5. D. G. Owen, E. G. Muirhead and B. M. Spicer; Nucl. Phys. A122, 177 (1968).
6. S. C. Fultz, R. L. Bramblett, J. T. Caldwell and R. R. Harvey; Phys. Rev. 133, B1149 (1964).

7. R. E. Sund, M. P. Baker, K. A. Kull and R. B. Walton; *Rhys. Rev.* 176, 1366 (1968).
8. F. Dreyer, H. Dahmen, J. Staude and H. H. Thies; *Nucl. Phys.* A181, 447 (1972).
9. R. L. Bramblett, J. T. Caldwell, B. L. Berman, R. R. Harvey and S. C. Fultz; *Phys. Rev.* 148, 1198 (1966).
10. C. R. Hatcher, R. L. Bramblett, N. E. Hansen and S. C. Fultz; *Nucl. Instr. Meth.* 14, 337 (1961).
11. R. E. Sund, M. P. Baker, L. A. Kull and R. B. Walton; *Phys. Rev.* 176, 1366 (1968).
12. B. C. Cook, D. R. Hutchinson, R. C. Waring, J. N. Bradford, R. G. Johnson and J. E. Griffin; *Phys. Rev.* 143, 730 (1966).
13. P. H. Cannington, R. J. J. Stewart, B. M. Spicer and M. G. Huber; *Nucl. Phys.* A109, 385 (1968).
14. R. E. Sund, V. V. Verbinski, Hans Weber and L. A. Kull; *Phys. Rev.* C2, 1129 (1972).