

EGS5 へのミグダル効果の組み込み

桐原陽一*1、波戸芳仁*2、平山英夫*2

¹総研大 加速器科学研究科

² KEK

1. 緒言 GeV 以上の電子が物質を通過するときに放出される制動 X 線は、比較的低エネルギーで用いられる Bethe-Heitler (BH) 断面積と異なり、BH よりも抑制された断面積を持つ (Migdal 効果)。本研究では、モンテカルロコード EGS5 に Migdal 効果を組み込み、実験データと比較検証する。

2. Behte-Heitler 断面積と Migdal 断面積 Behte, Heitler [1] によればエネルギー E の電子が原子核との相互作用でエネルギー k の制動 X 線を放出する確率は、次式によって与えられる。

$$\frac{d\sigma_{BH}}{dk} = \frac{4\alpha r_e^2}{3k} (y^2 + 2[1 + (1 - y)^2]) Z^2 \ln(184Z^{-1/3})$$

ここで α は微細構造定数、 r_e は古典電子半径、 $y=k/E$ 、 Z は原子番号である。一方 Landau, Pomeranchuk, Migdal [2, 3] は、相対論的エネルギーの電子が物質を通過する場合、電子と原子核の間の相互作用が及ぶ距離が長くなることにより、光子どうしが干渉し、光子生成の断面積が抑制されることを指摘し、以下の断面積の式を与えた。

$$\frac{d\sigma_{LPM}}{dk} = \frac{4\alpha r_e^2 \xi(s)}{3k} \{y^2 G(s) + 2[1 + (1 - y)^2] \phi(s)\} Z^2 \ln(184Z^{-1/3})$$

ここで $1 \leq \xi(s) \leq 2$ であり、 $G(s)$ と $\phi(s)$ は Stanev [4] によって近似式が示されている。

3. 結果及び考察 図 1 に 25 GeV の電子が金ターゲットに入射したときの光子のエネルギースペクトルを示す。ターゲット厚は、放射長 X_0 の 0.7% (2.31×10^{-3} cm) である。EGS5 の計算は BH 断面積と、BH 断面積に対し棄却法を用いて求めた Migdal 断面積の値を示している。実験値は Anthony [5] によって測定され、合わせて BH と Migdal 断面積のモンテカルロ計算も示されている。EGS5 の値は、Anthony の BH 計算値の 500 MeV の値で規格化している。EGS5 の Migdal 断面積の値は、30 MeV から 500 MeV 付近まで実験とよく一致しているが 30 MeV 以下で過小評価となる。本発表では、他のターゲット厚および物質も含めて比較検証する。

参考文献 [1] International Commission on Radiation Units and Measurements: "Stopping Powers for Electrons and Positrons", ICRU Report 37 (1984). [2] L. D. Landau and I. J. Pomeranchuk, Doklady Akad. Nauk S.S.S.R. **92**, No. 3, 535 (1953). [3] A. B. Migdal, Phys. Rev. **103**, 1811 (1956). [4] T. Stanev *et al.*, Phys. Rev. D **25**, 1291 (1982). [5] P. L. Anthony *et al.*, Phys. Rev. Lett. **75**, 1949 (1995).

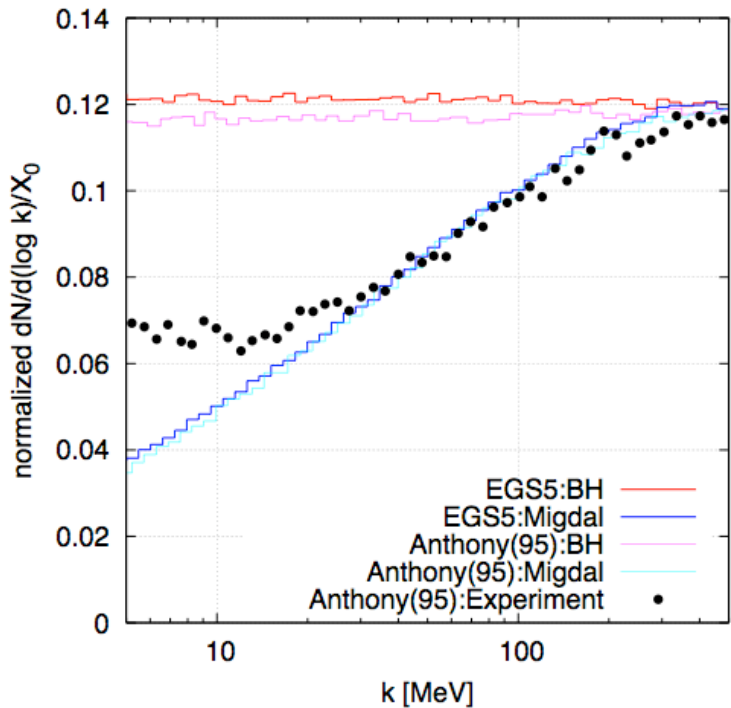


図 1 0.7%放射長厚の金ターゲットに 25 GeV 電子が入射したときの光子エネルギースペクトル