

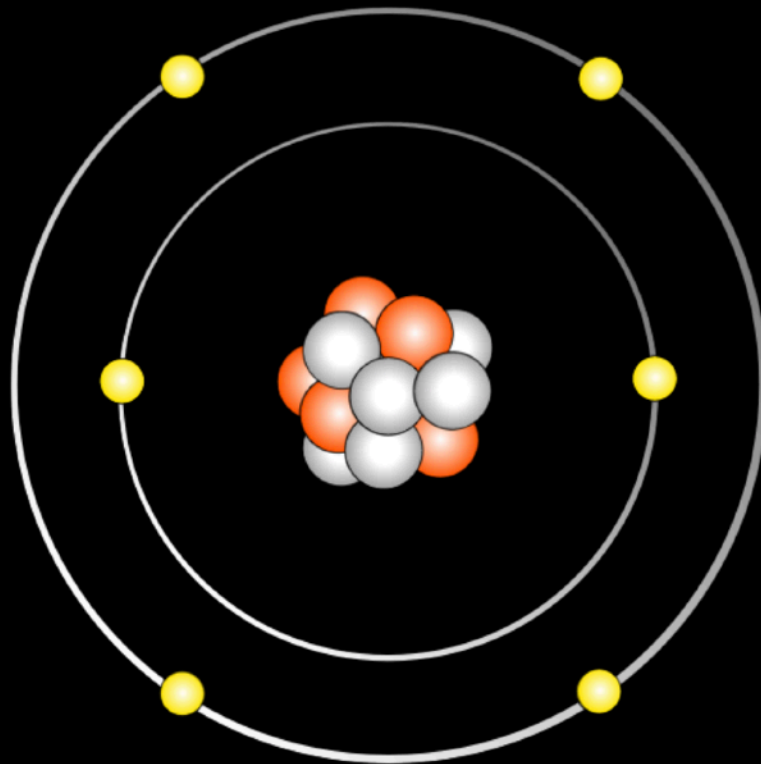
# 光子モンテカルロシミュレーション

波戸、平山 (KEK), A.F.Bielajew (UM)

Last modified on 2022.8.8



(光子)



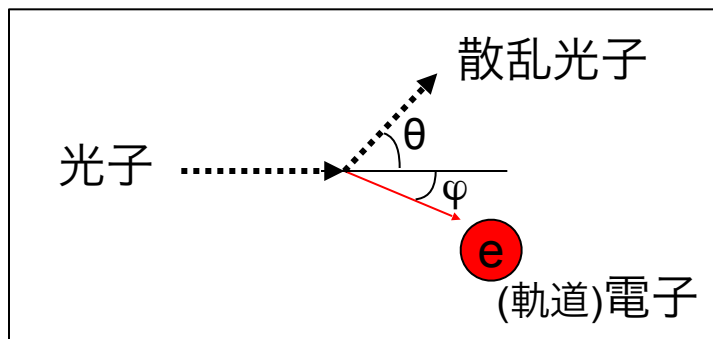
Electron  
(電子)

EGSは光子、電子、そして陽電子と物質との相互作用を記述するコード

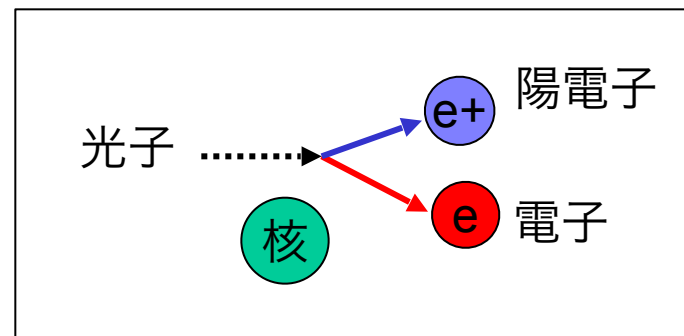
どのような相互作用が含まれているか？それらの特徴は？

計算プログラムに含まれている近似はどのようなものか？

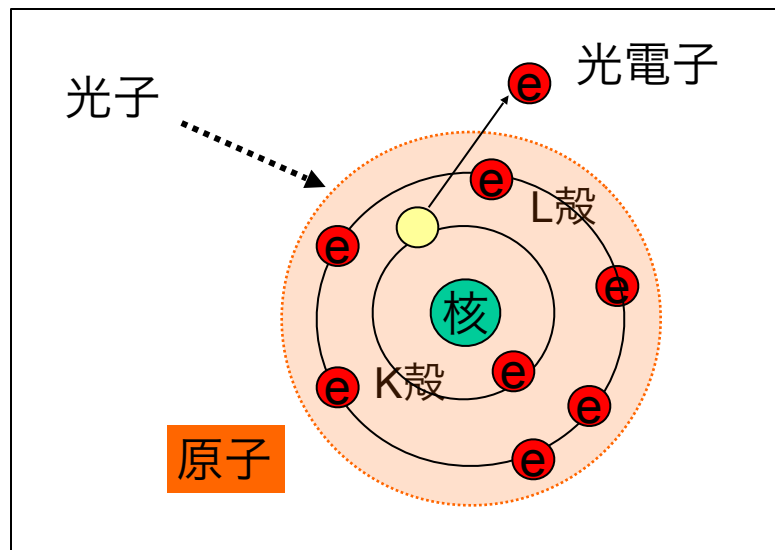
# 光子が物質中に入射された時の相互作用



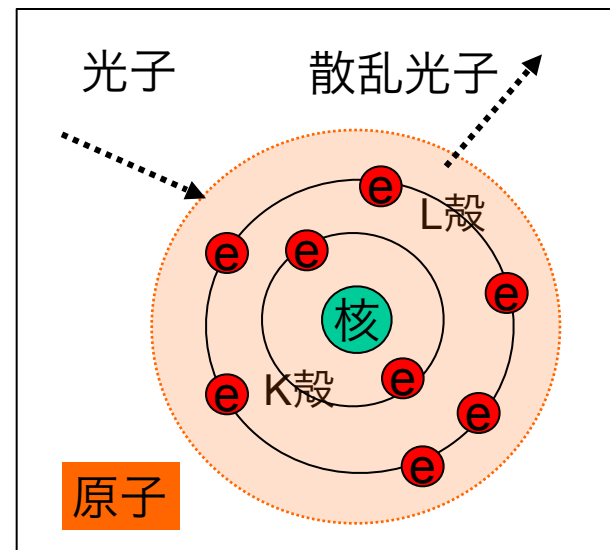
1. コンプトン散乱



2. (電子・陽電子) 対生成



3. 光電効果



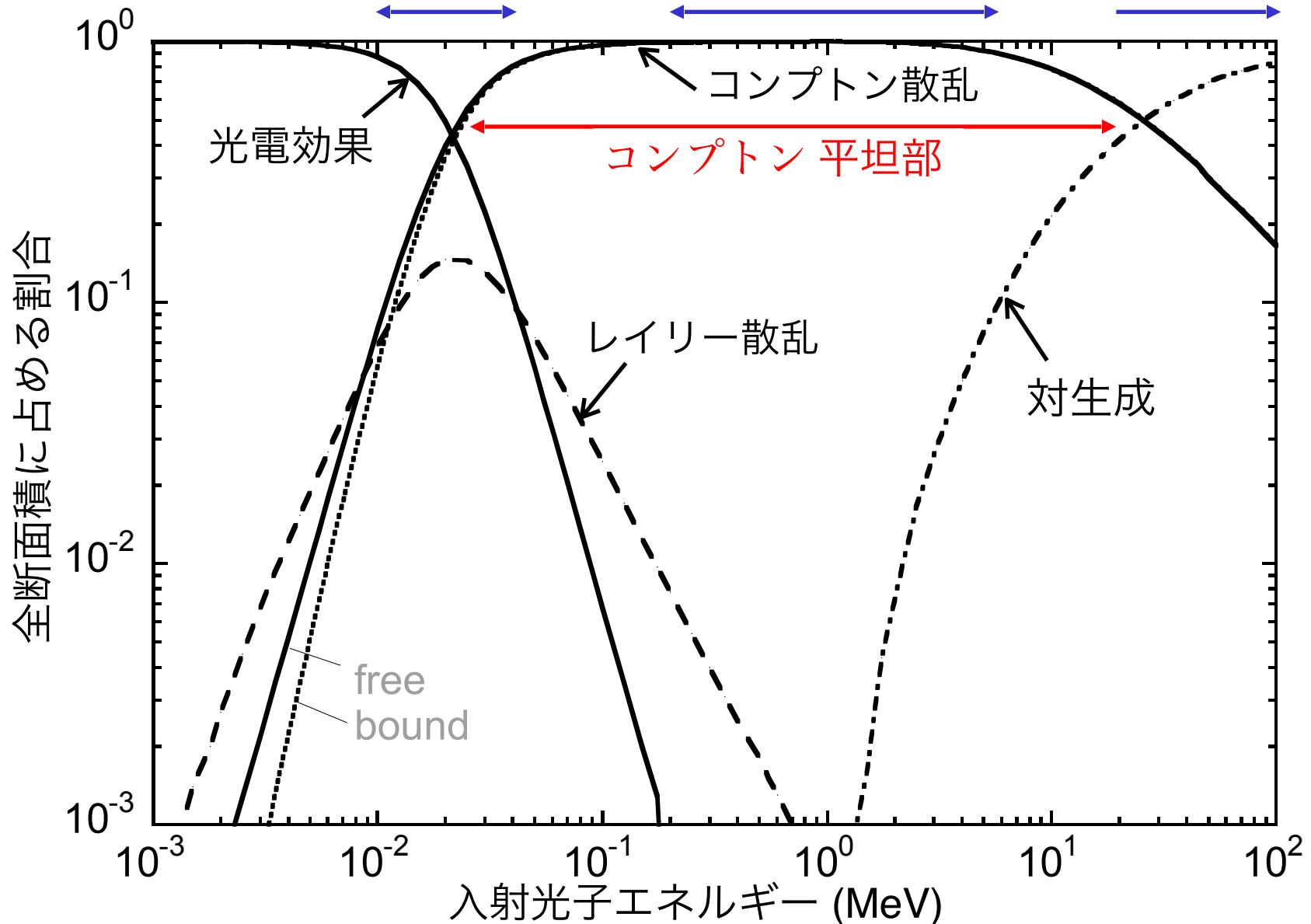
4. レイリー散乱

# C (Z=6) の全断面積の各要素

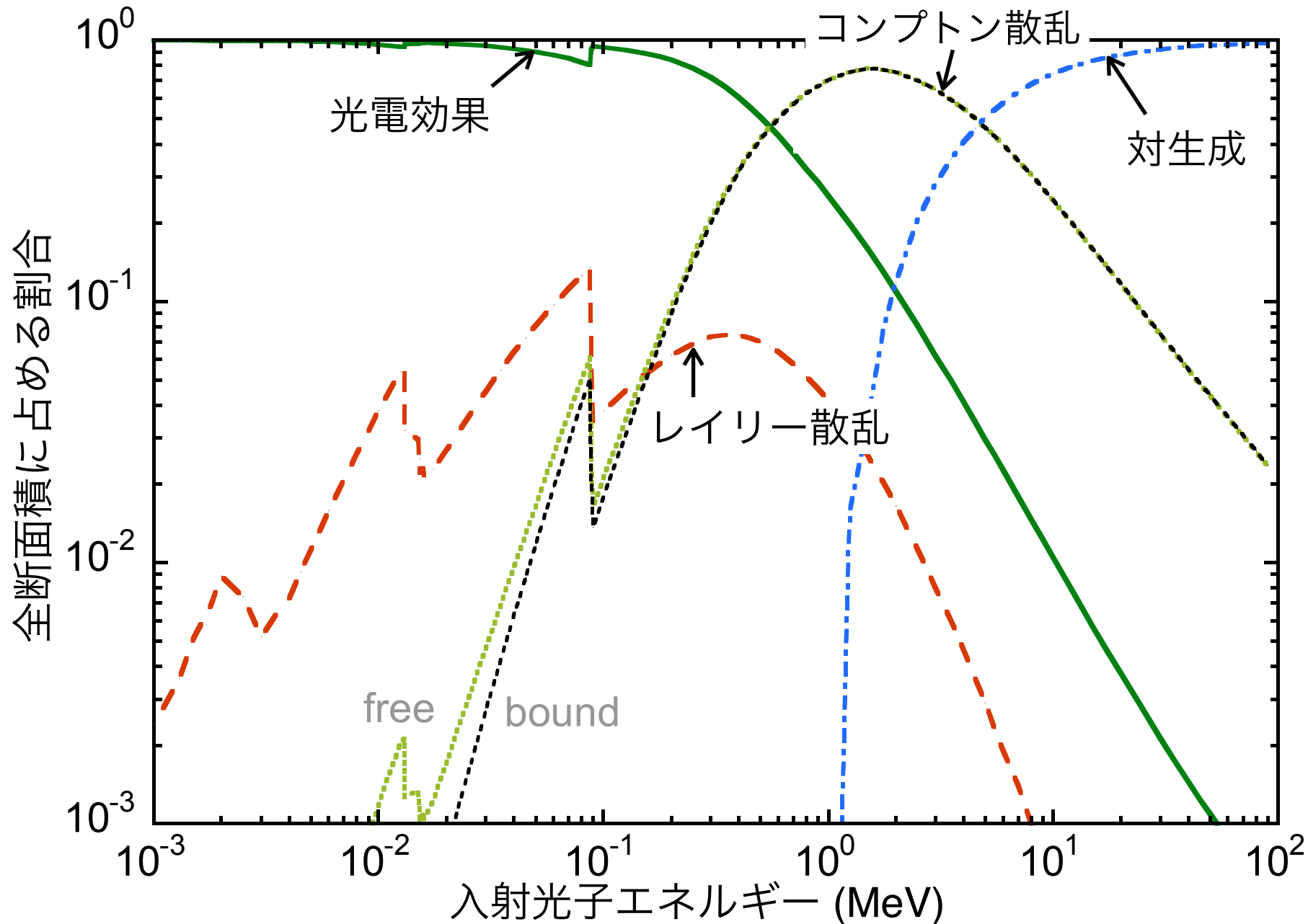
診断

放射線治療

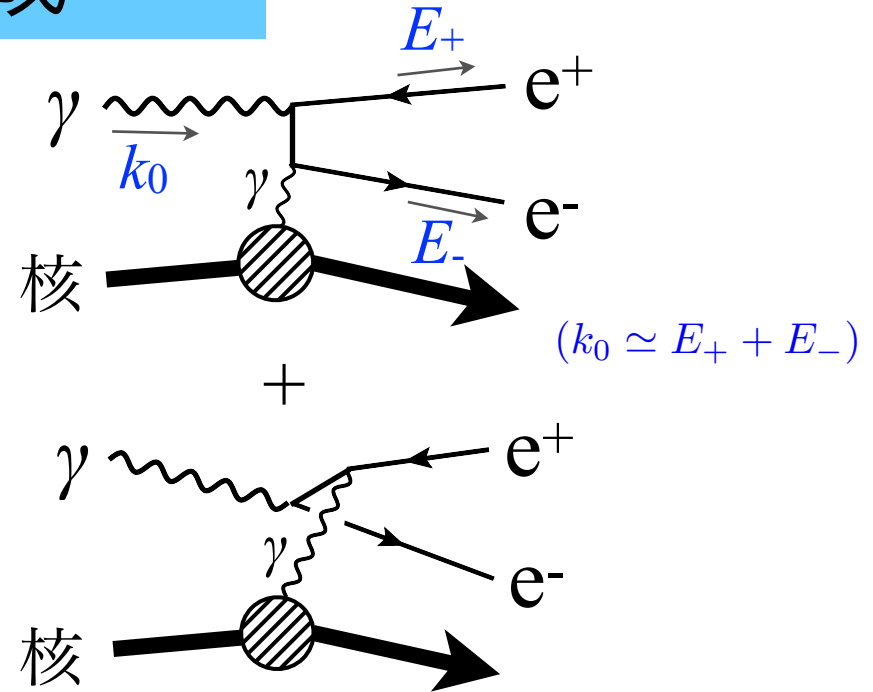
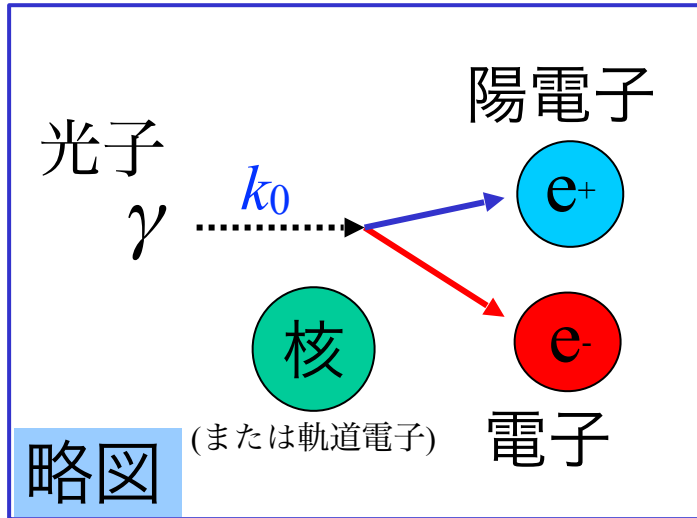
高エネルギー物理



# Pb (Z=82) の全断面積の各要素



# 対生成



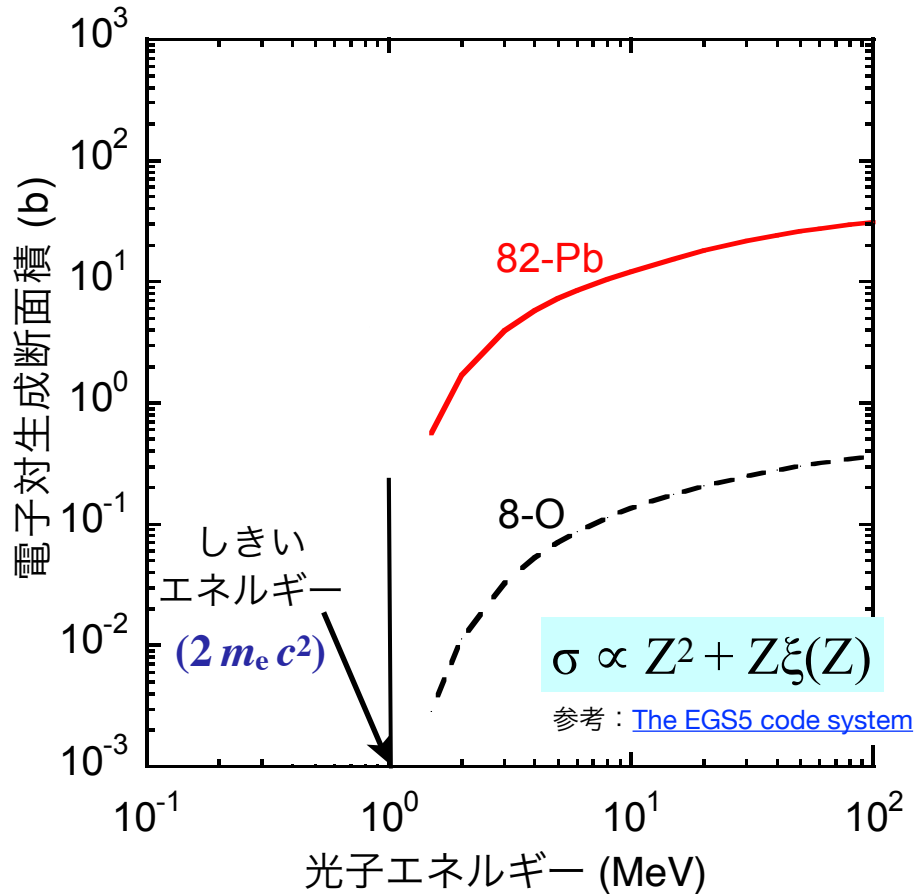
## ファインマン図

- $e^+ e^-$  対の生成
- 主に原子核との電磁相互作用
- 軌道電子に起因する寄与も全断面積の計算では考慮する。しかし、スペクトルや角度分布では考慮しない。

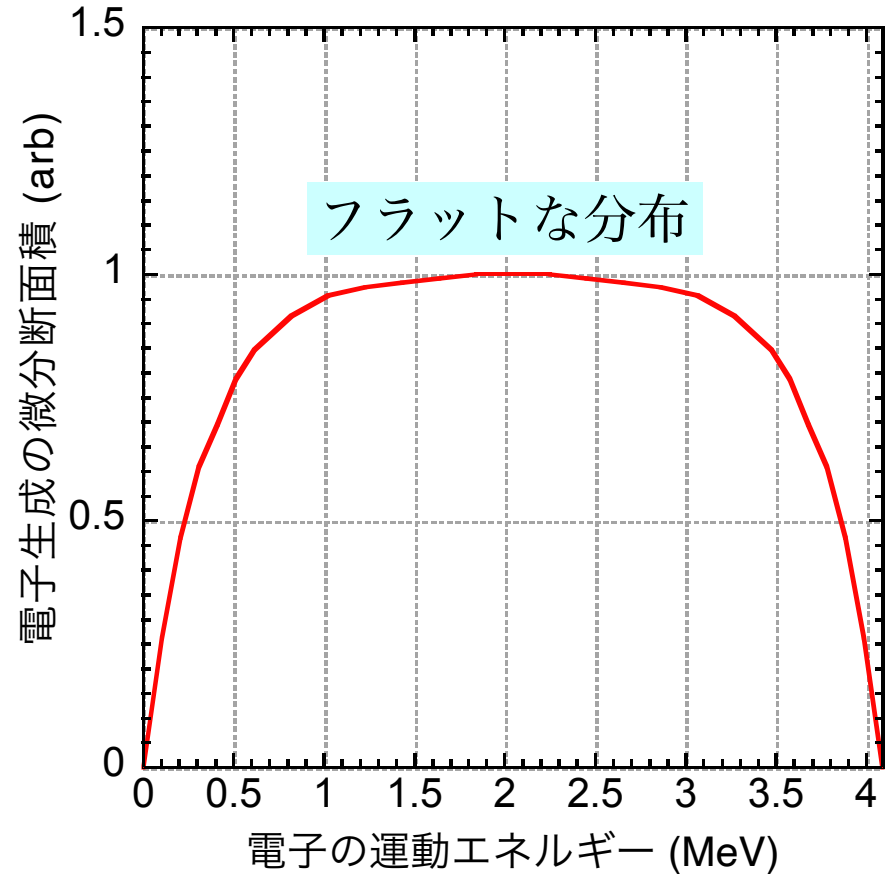
- 生成角度
  - ➔ デフォルト :  $\theta = m_e c^2 / k_0$
  - ➔ オプション : 理論計算に基づく分布
- ライブラリ → PHOTX CS

# 対生成 (続き)

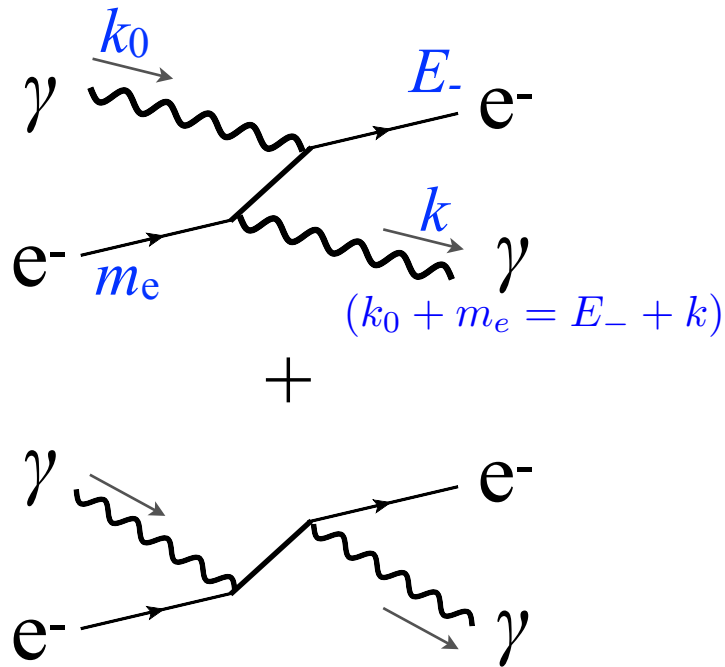
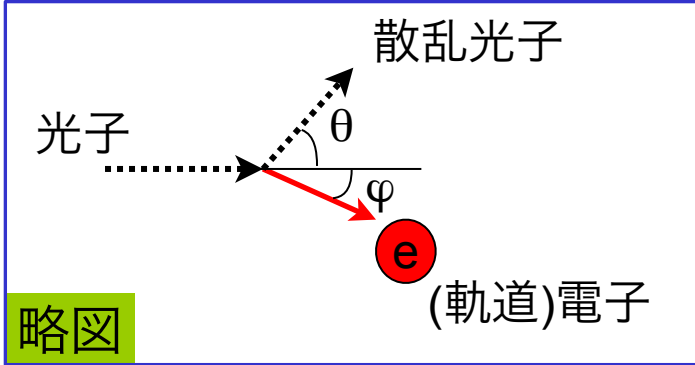
全断面積



生成電子のエネルギー分布  
( $E_\gamma = 5.11$  MeV の場合)

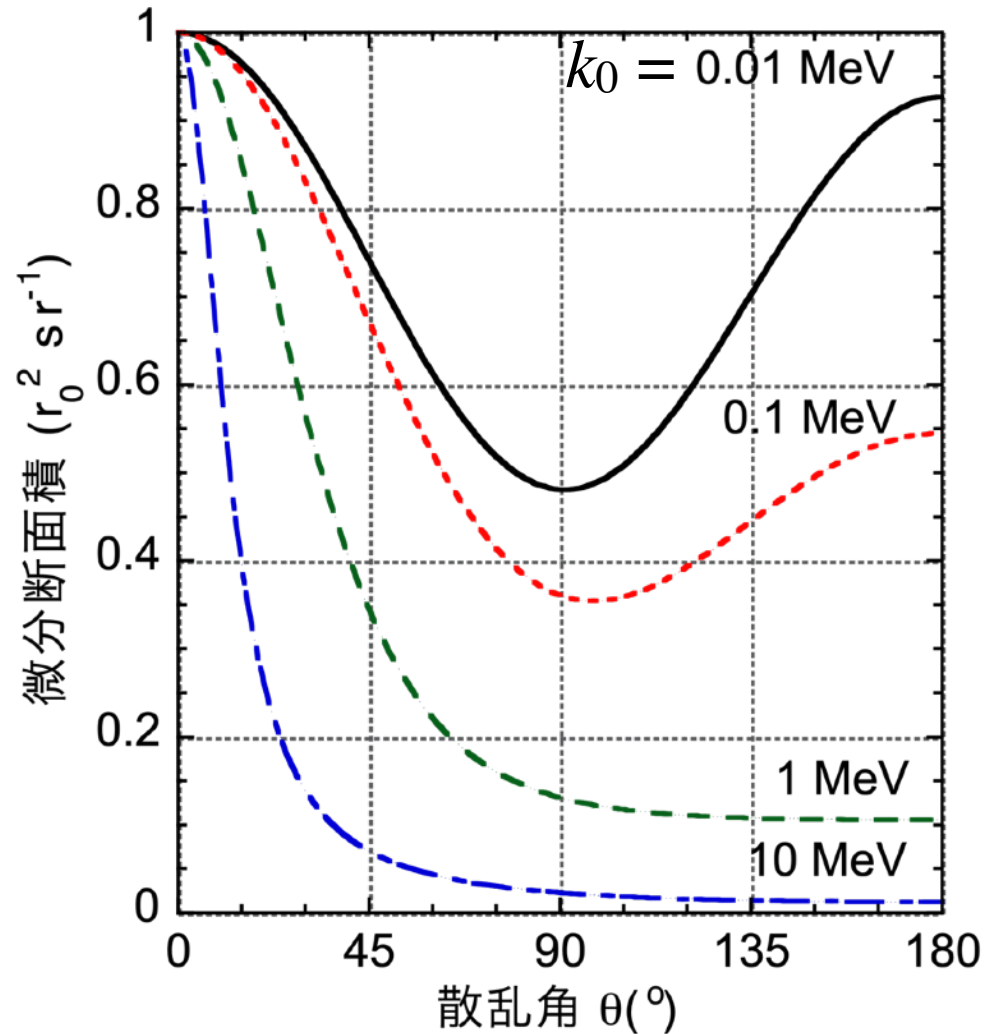


# コンプトン散乱 (光子と電子の衝突)



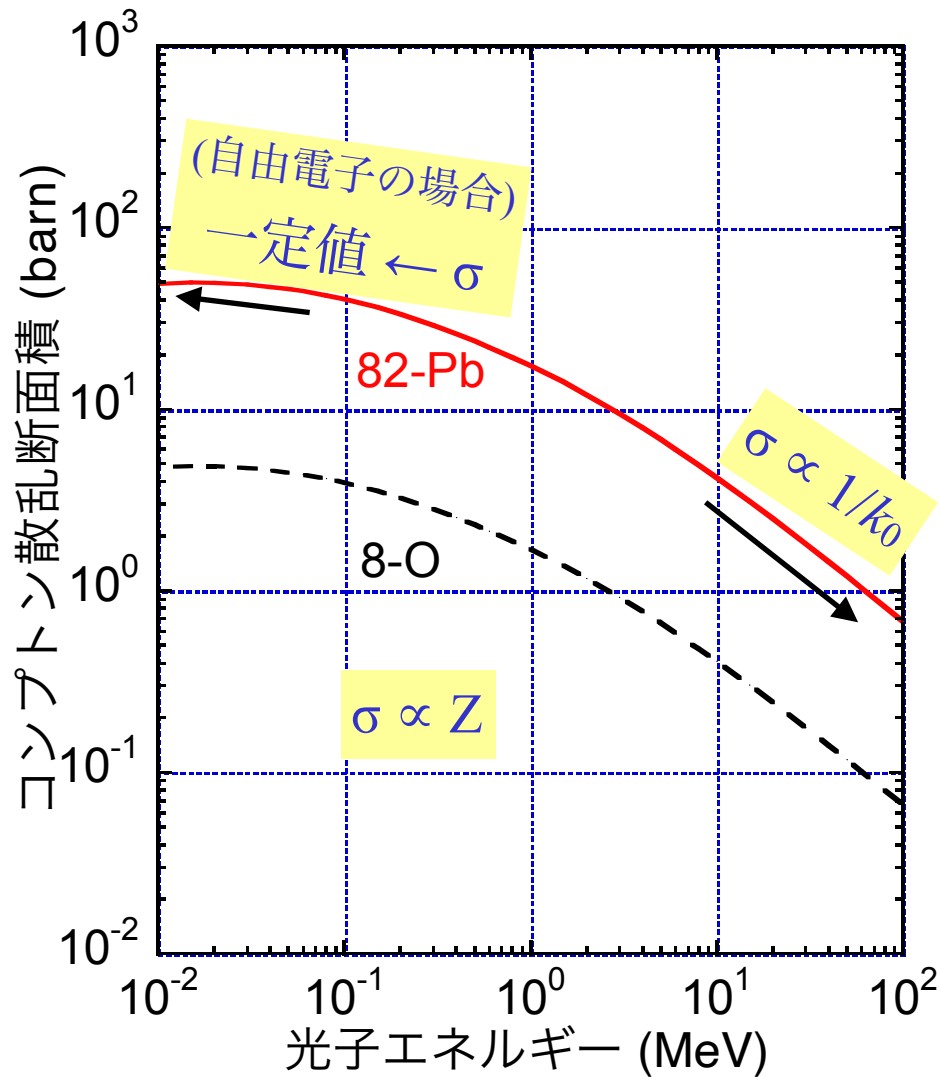
フاینマン図

クライン-仁科 微分断面積





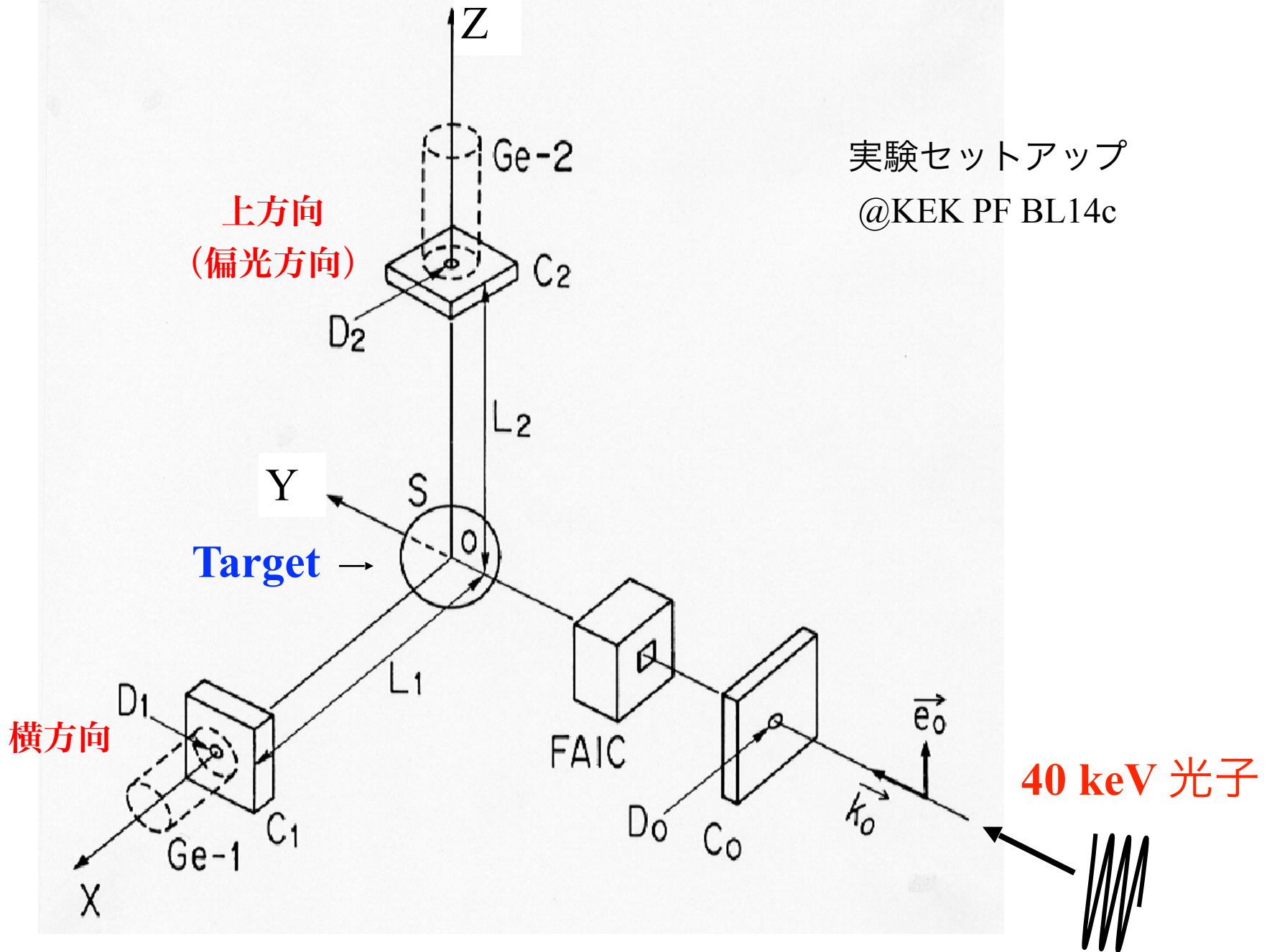
# コンプトン散乱 (続き)



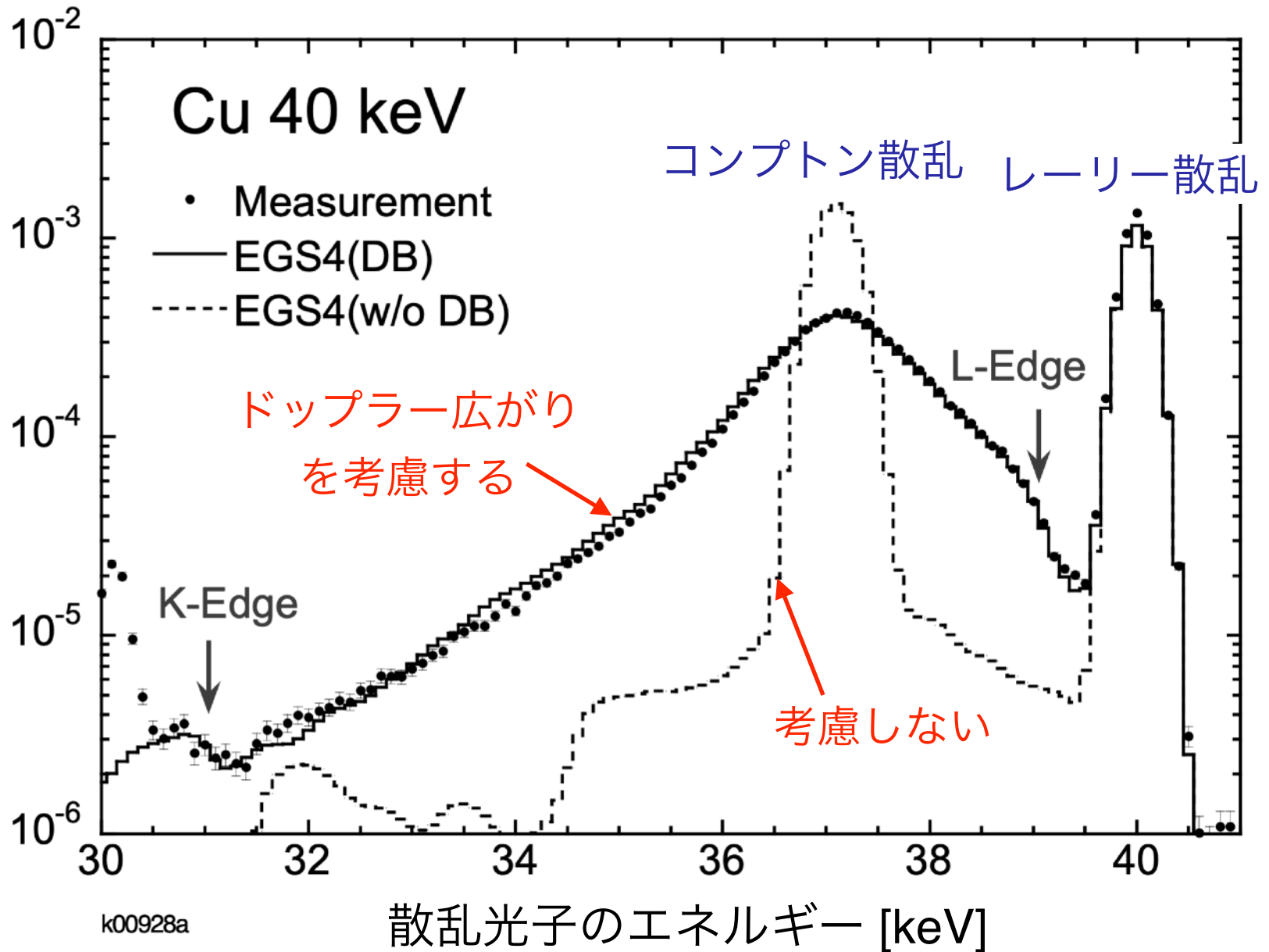
## EGS5での詳しい扱い (option)

- 束縛効果を考慮  
➡ 低エネルギーで断面積が0に近づく
- 光子の直線偏光を扱える
- 軌道電子の運動量を考慮  
➡ ドップラー広がり

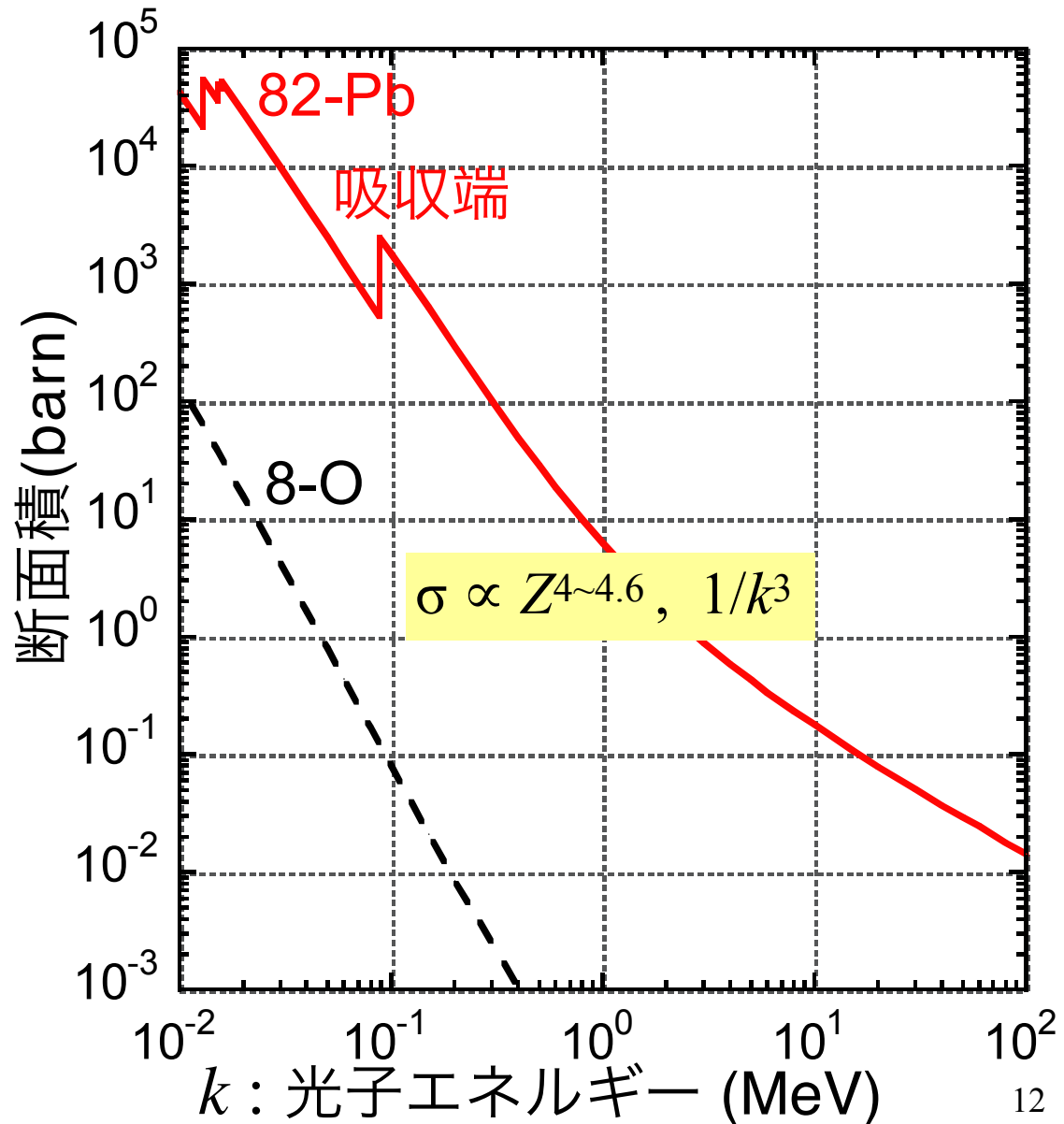
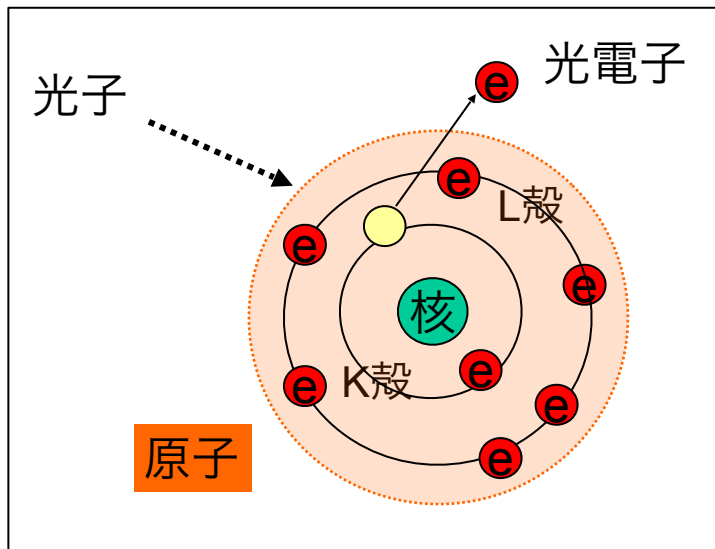
実験セットアップ  
@KEK PF BL14c



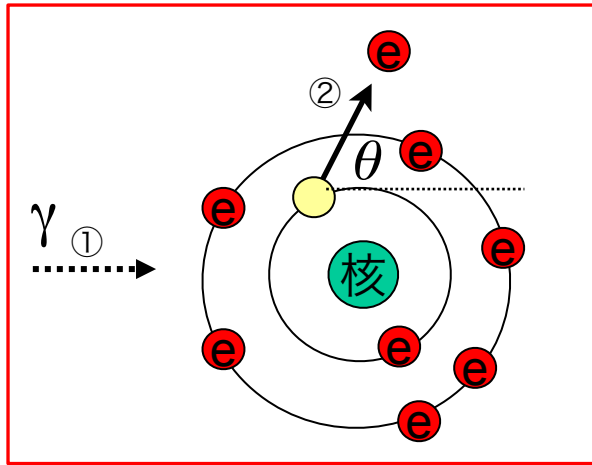
# Cu, 40 keV (EGS4+LP+DB=EGS5)



# 光電効果

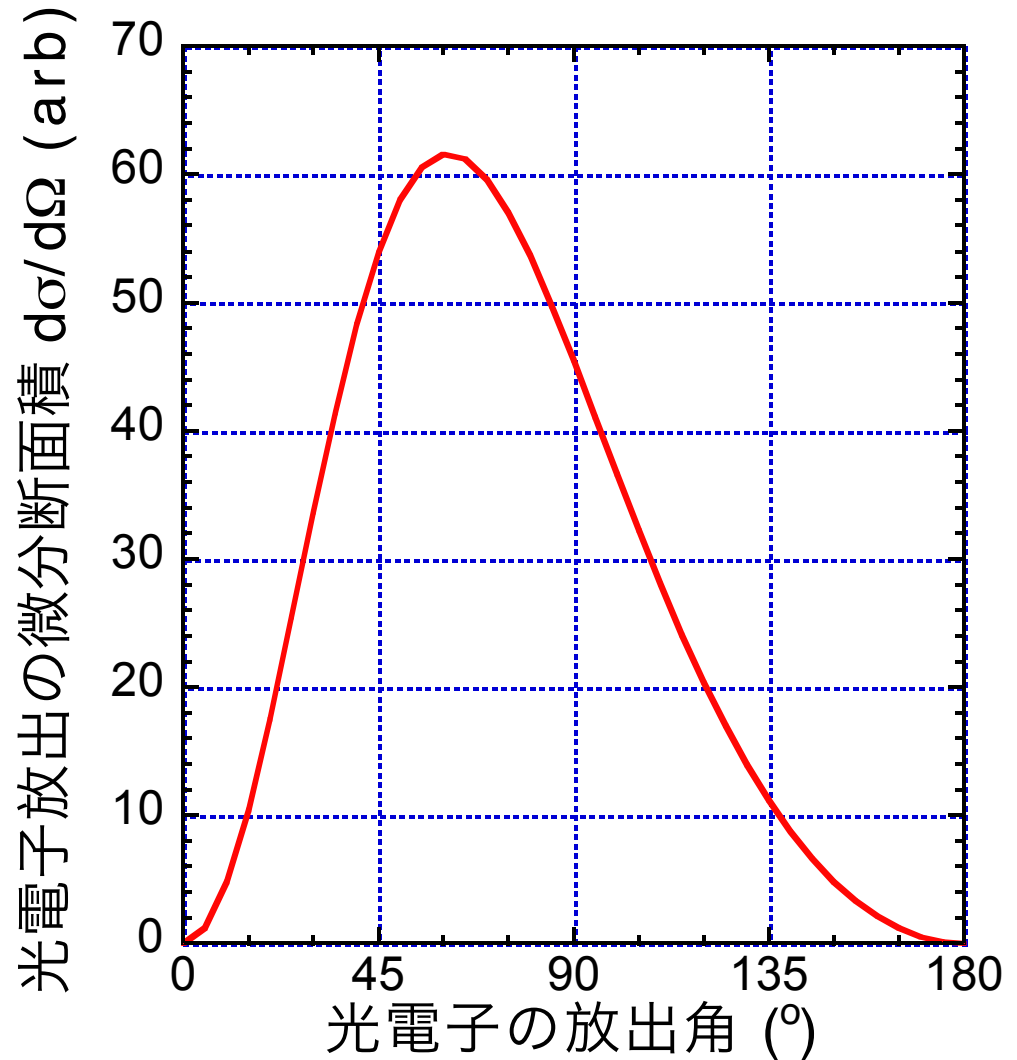


# 光電子の放出角



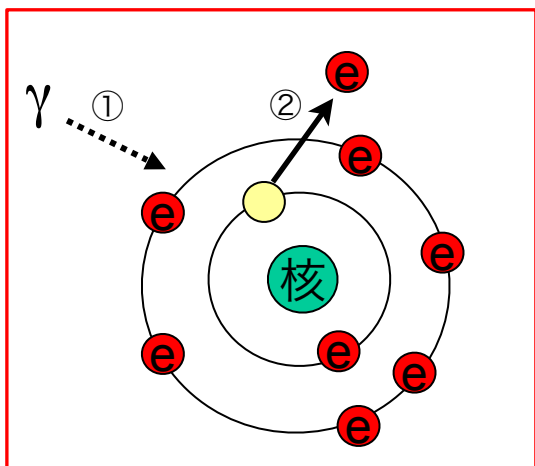
デフォルト： $\theta=0$

オプション：詳しい角度分布

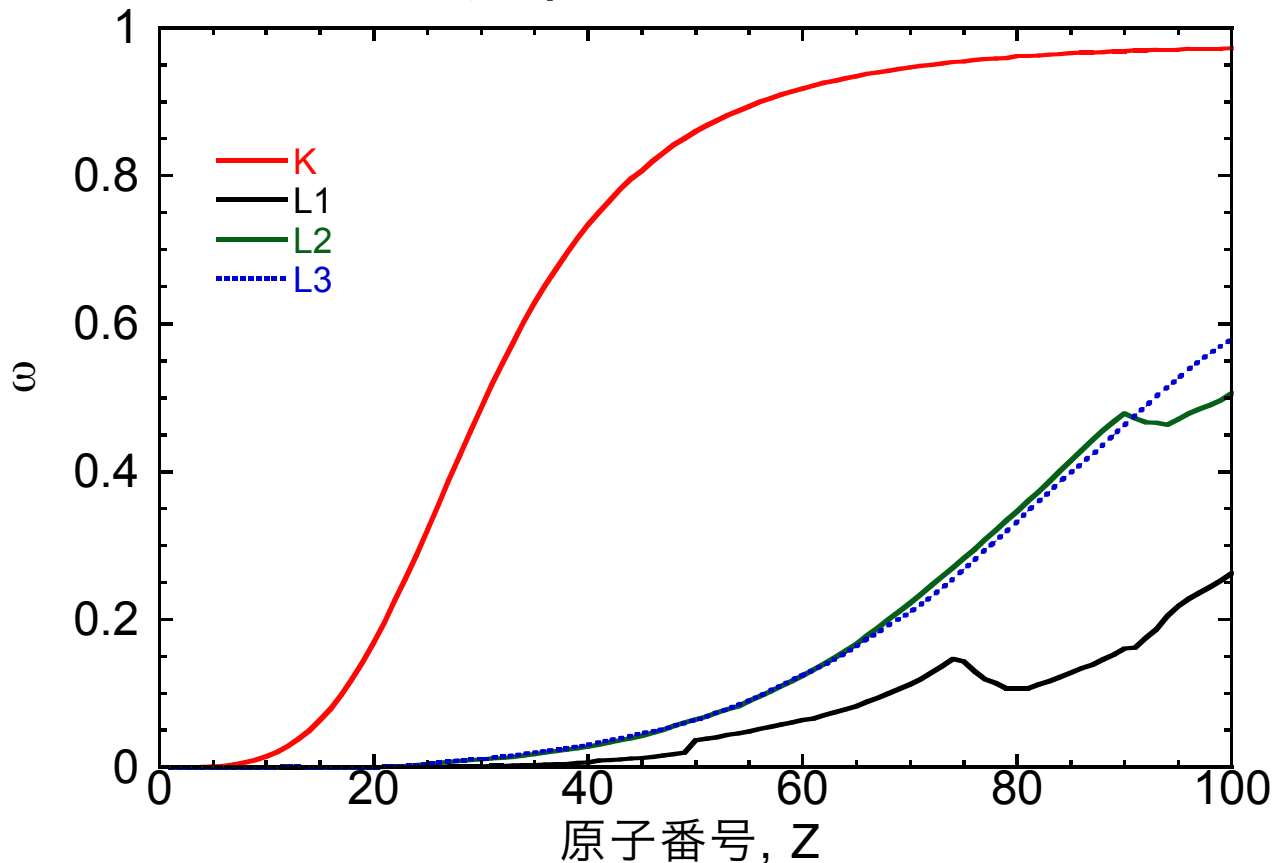


# 電離した原子の緩和（遷移）

K殻とL殻からの「特性X線」と「オージェ電子」（オプション）



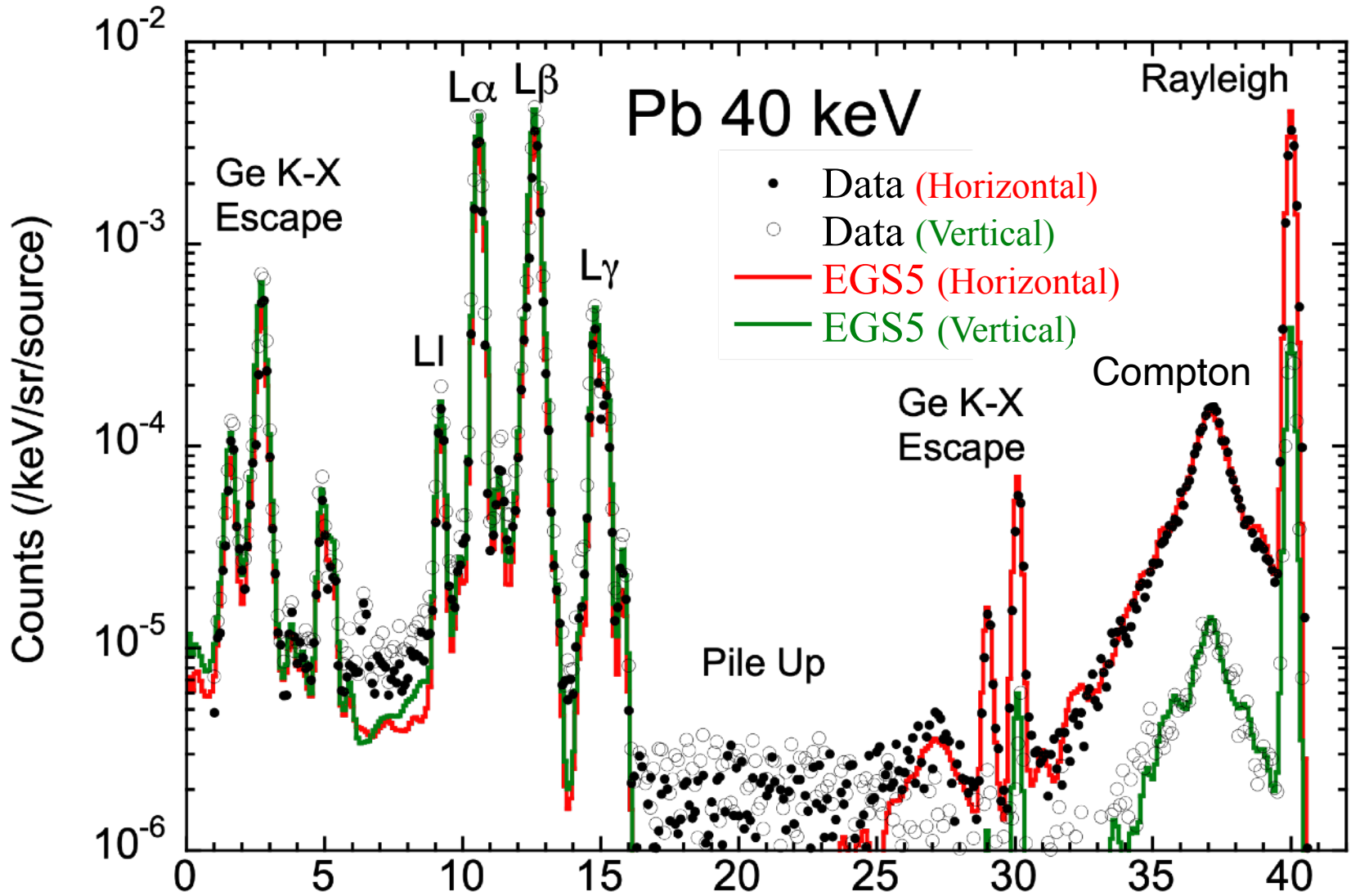
$\omega$ : 蛍光収率（特性X線が放出される確率）



Data from *Table of Isotopes* (TOI)-8th (96)

# Pb ターゲット からの光子スペクトル

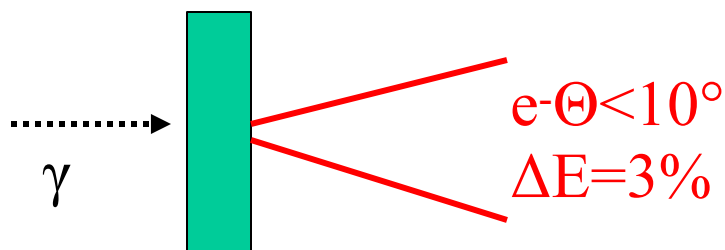
EGS4 (光電効果改良版) = EGS5



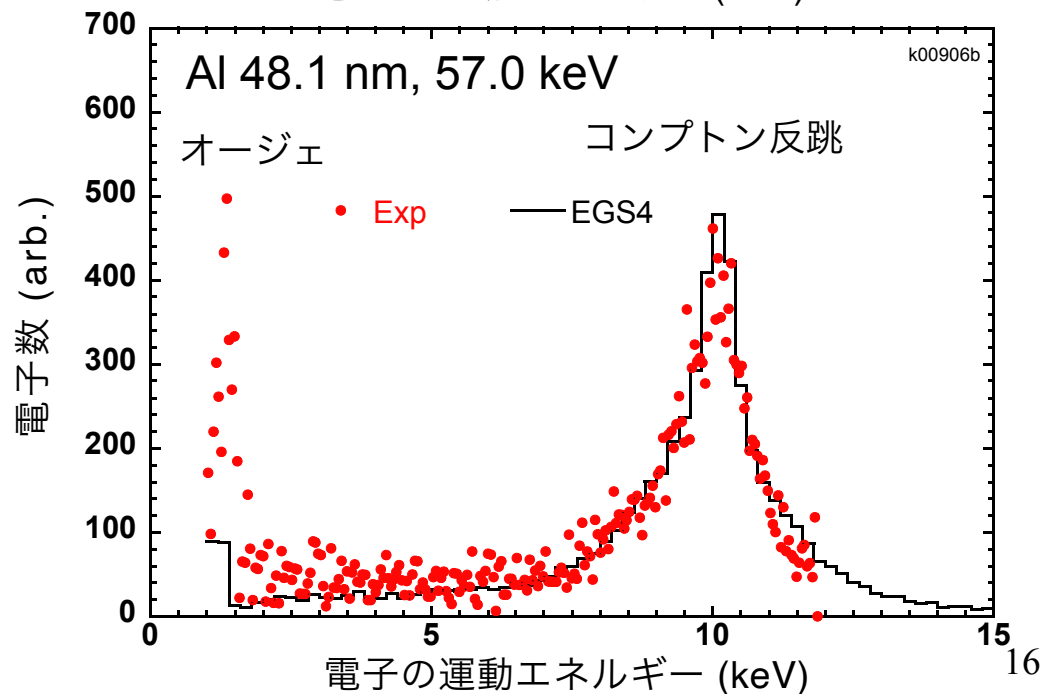
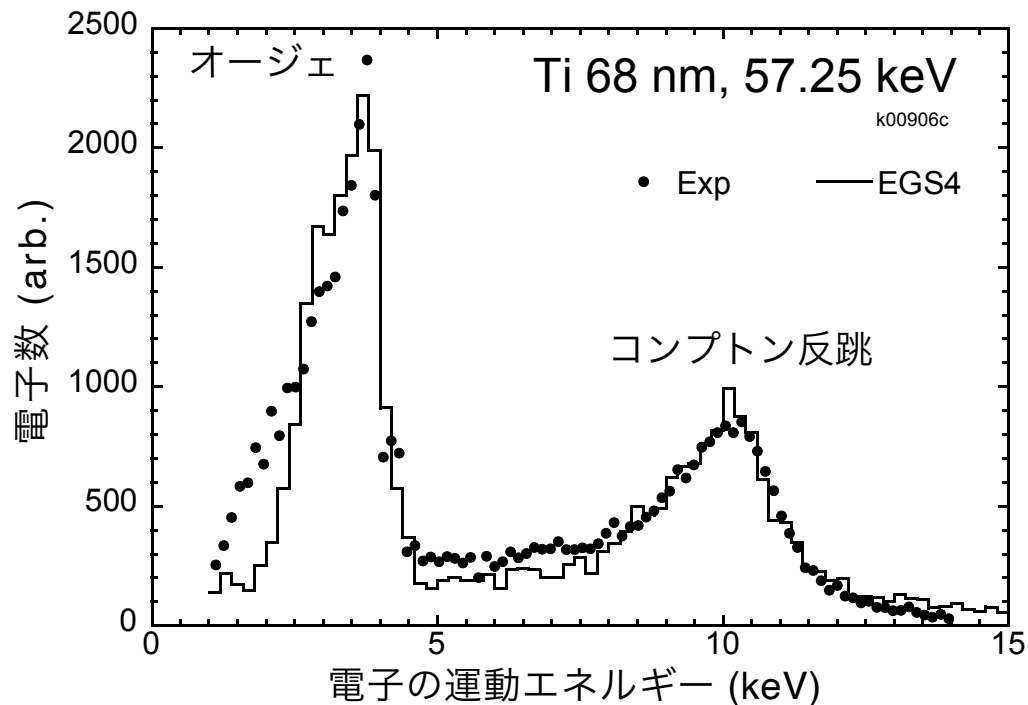
file:k00830  
Cal:kek4n3

散乱光子のエネルギー (keV)

# オージェ電子 (スペクトルの例)



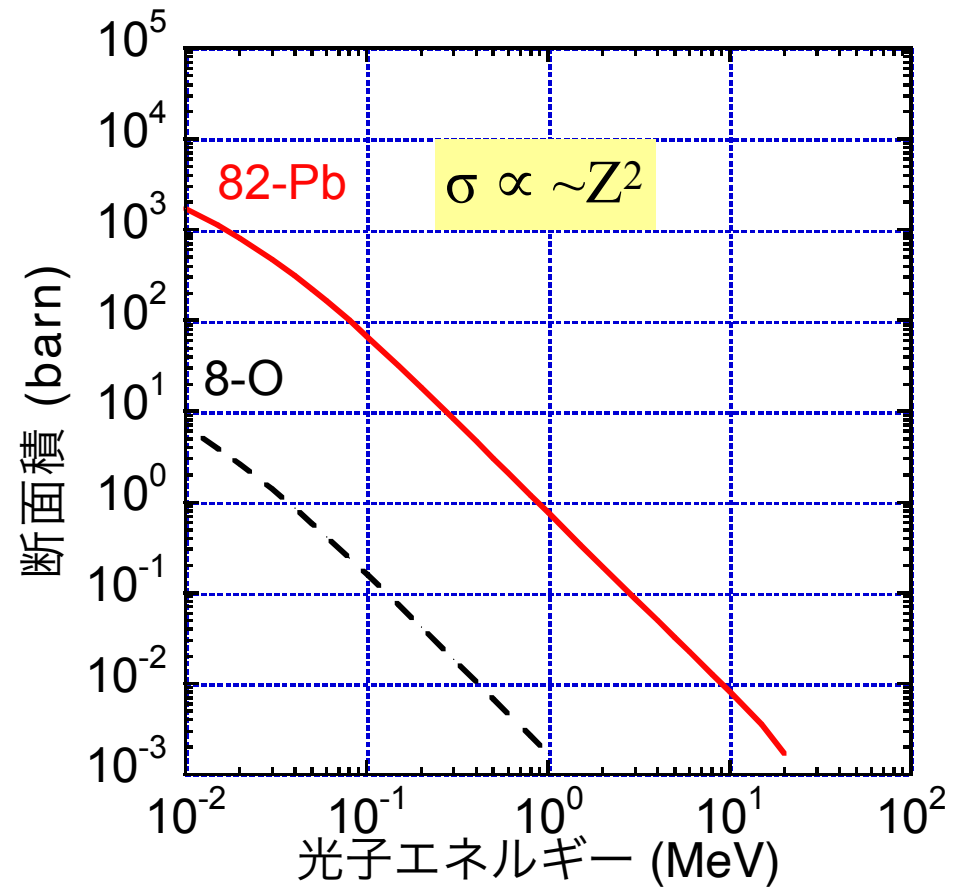
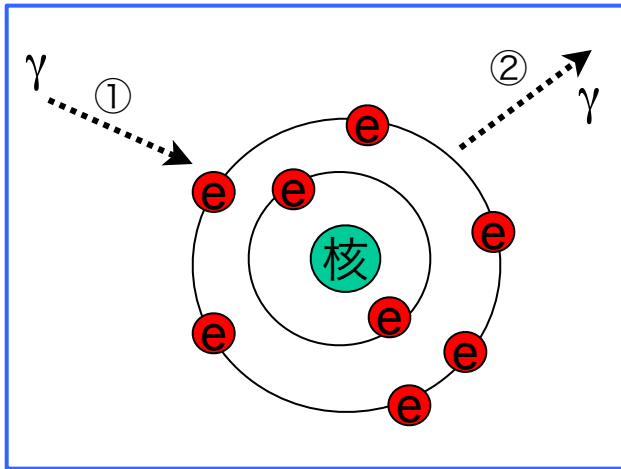
Guadala, Land&Price's exp





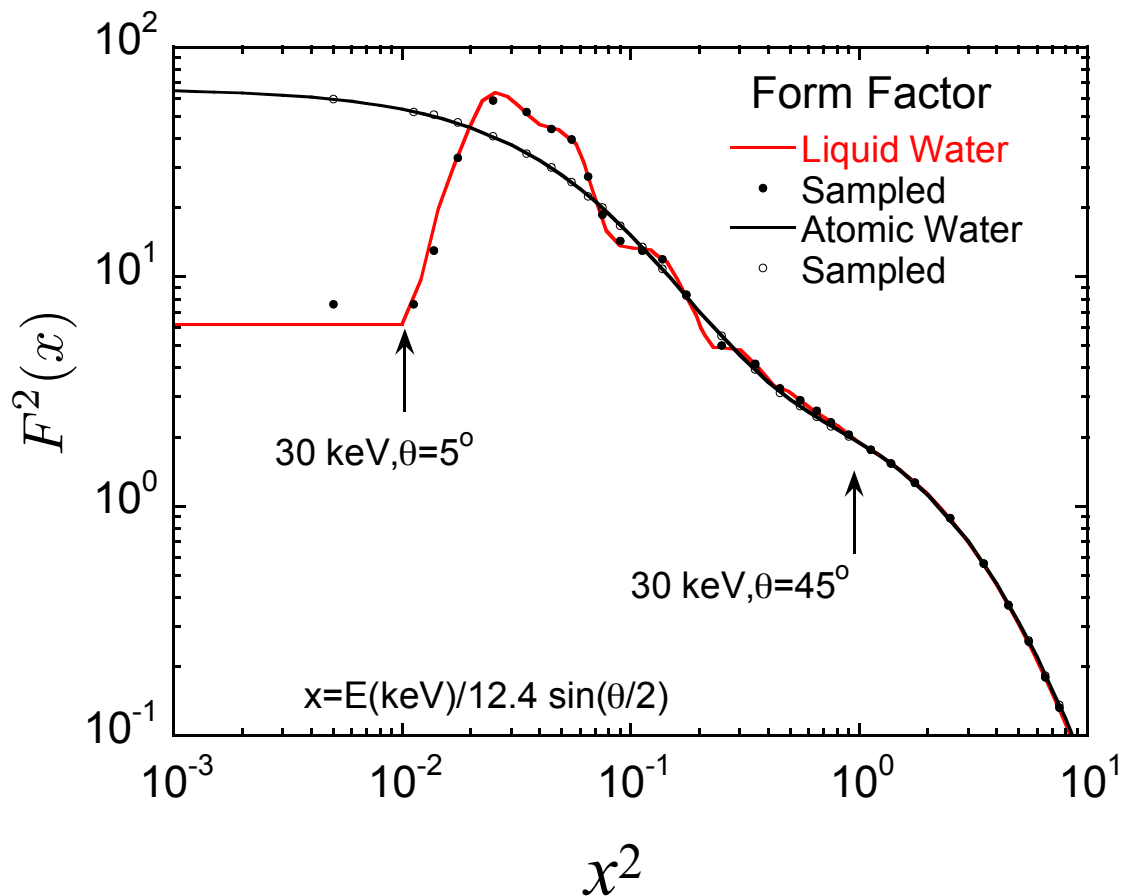
# レイリー散乱

- 光子と原子の弾性散乱
- デフォルトでは原子間の干渉は無視  
(独立原子近似)

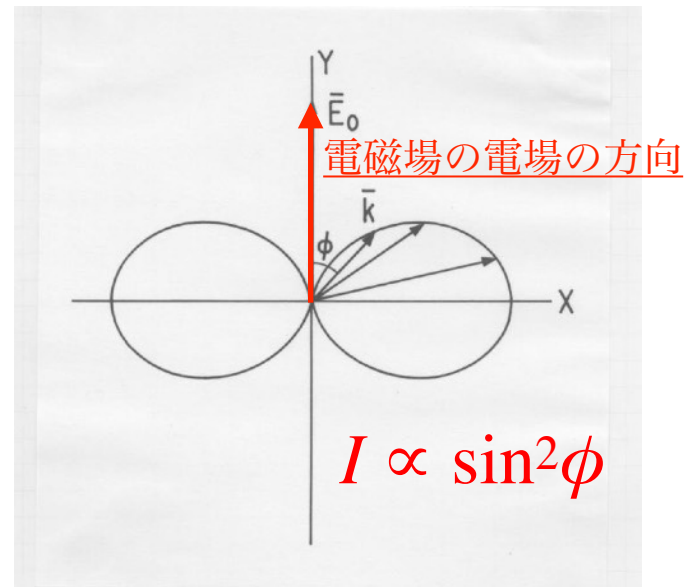


# レイリー散乱の詳しい扱い

## 近在原子間の干渉効果 (オプション)

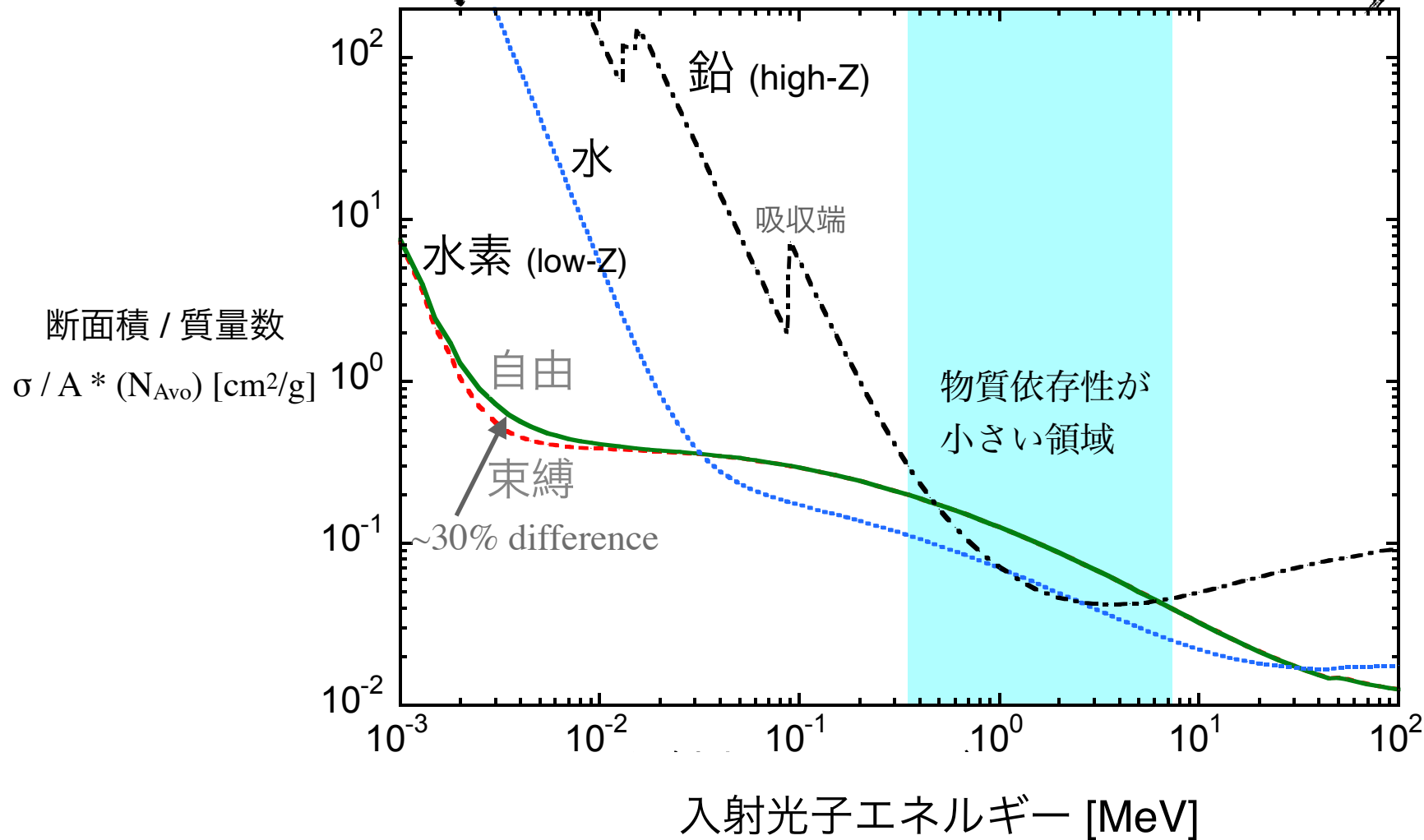


## 直線偏光光子散乱 (オプション)



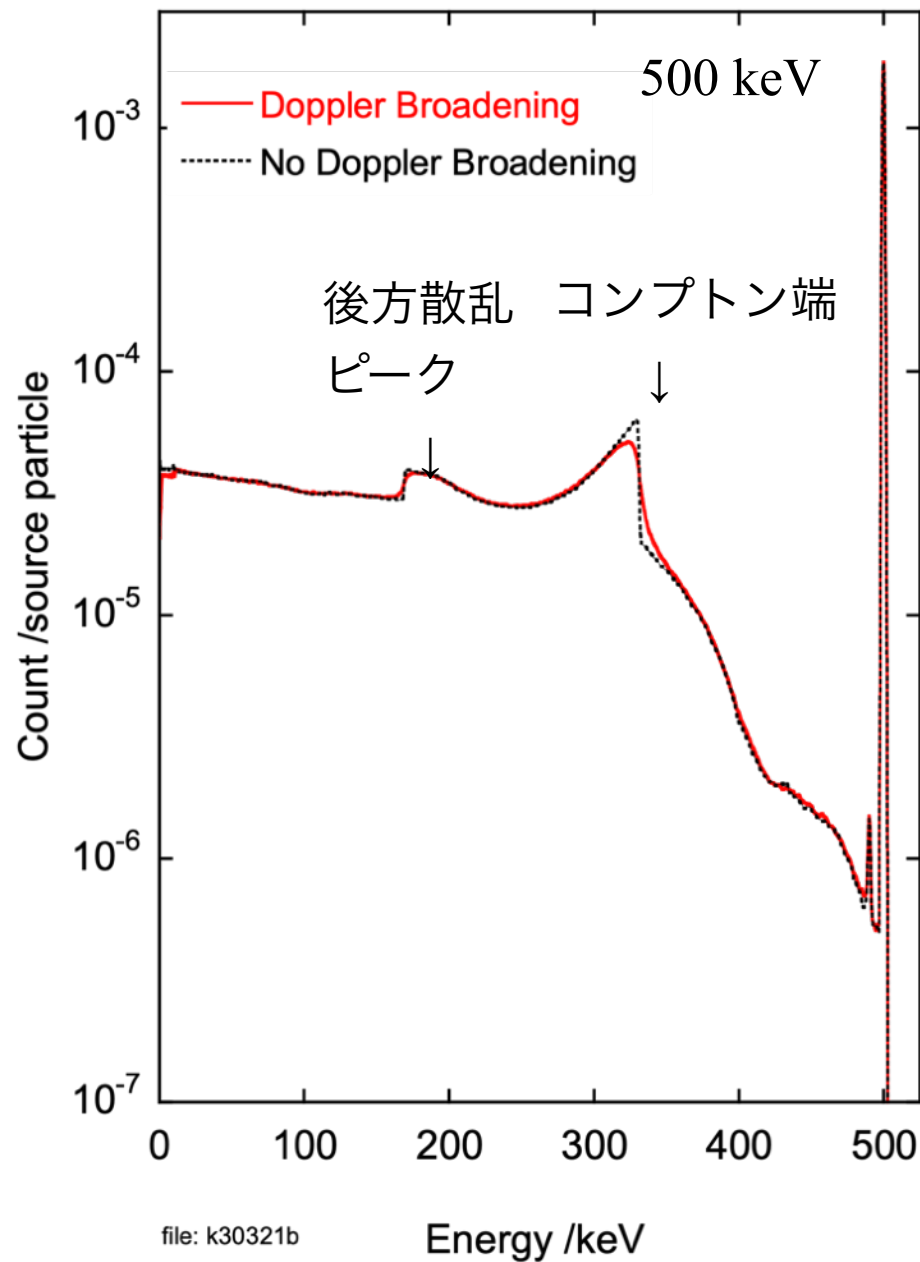
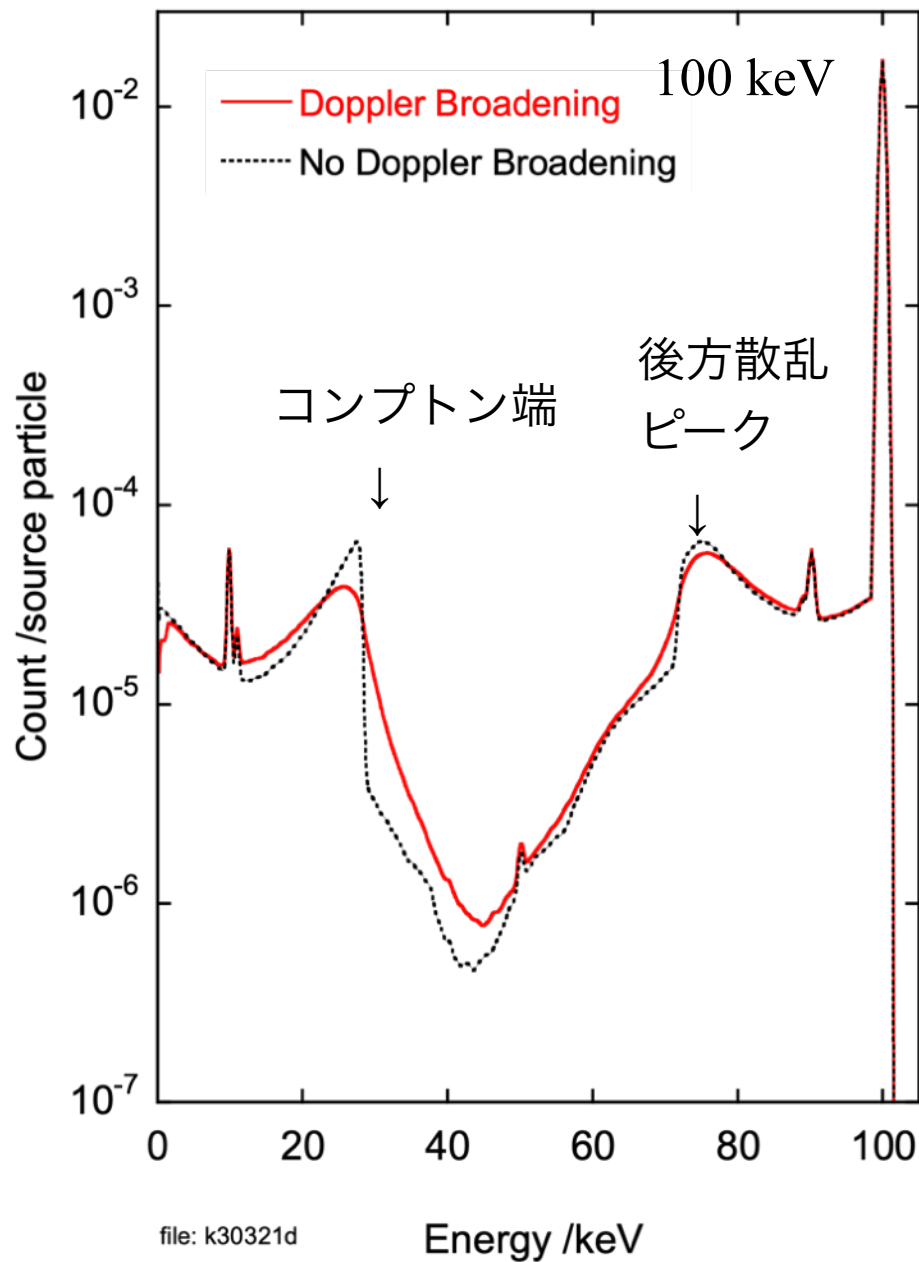
# 光子による全断面積のまとめ

光電効果  
+ レイリー散乱
←
コンプトン散乱
→
対生成



End of Photon Monte Carlo Simulation

# Ge 検出器の応答関数へのドップラーの影響



# 二重微分コンプトン散乱断面積

