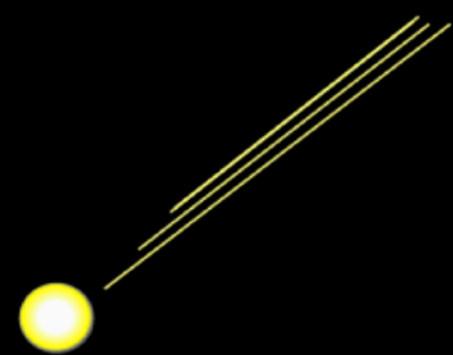
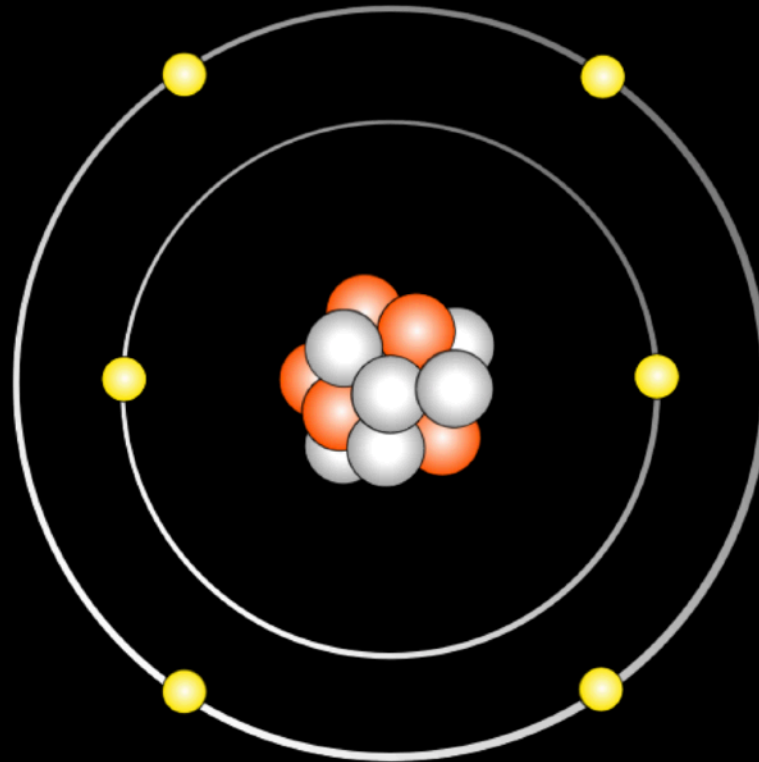


光子モンテカルロシミュレーション

波戸、平山 (KEK), A.F.Bielajew (UM)

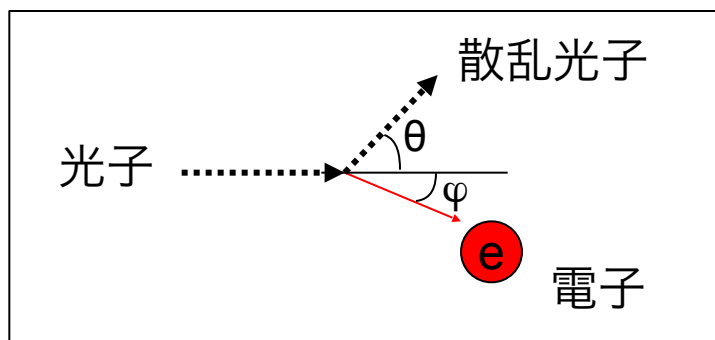
Last modified on 2021.7.26



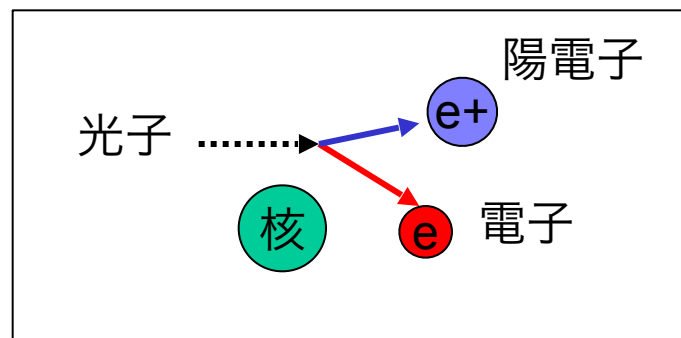
Electron

光子および電子と相互作用するものは何か？
単一の原子？電子？原子核？

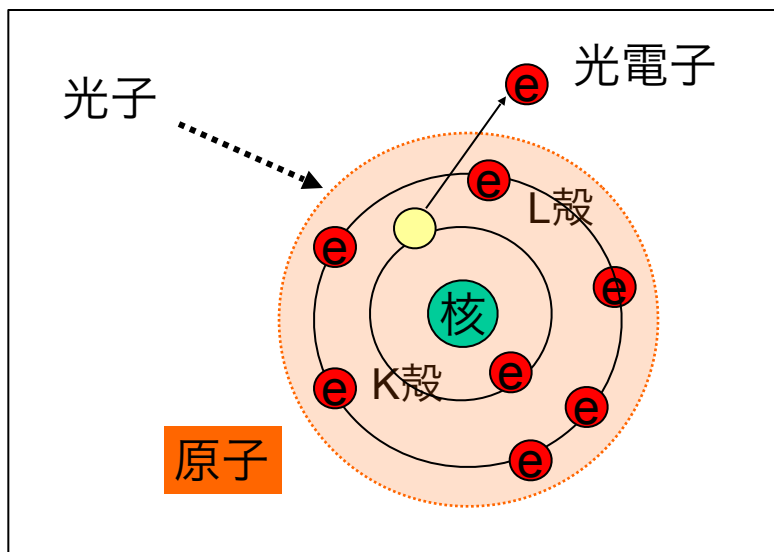
光子と電子・原子核・原子との反応



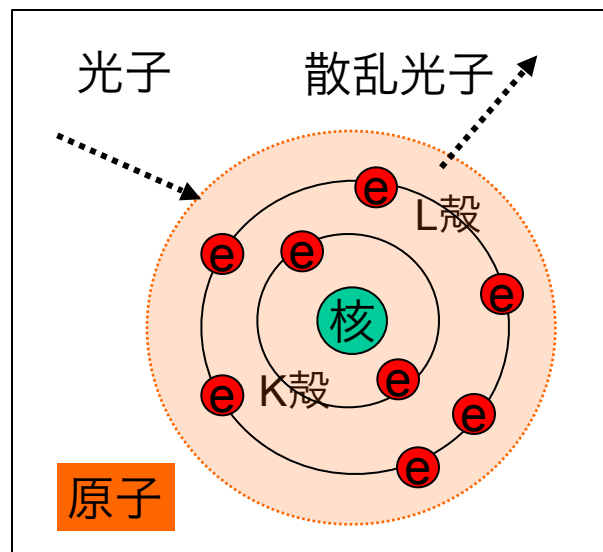
1. コンプトン散乱



2. (電子・陽電子) 対生成



3. 光電効果



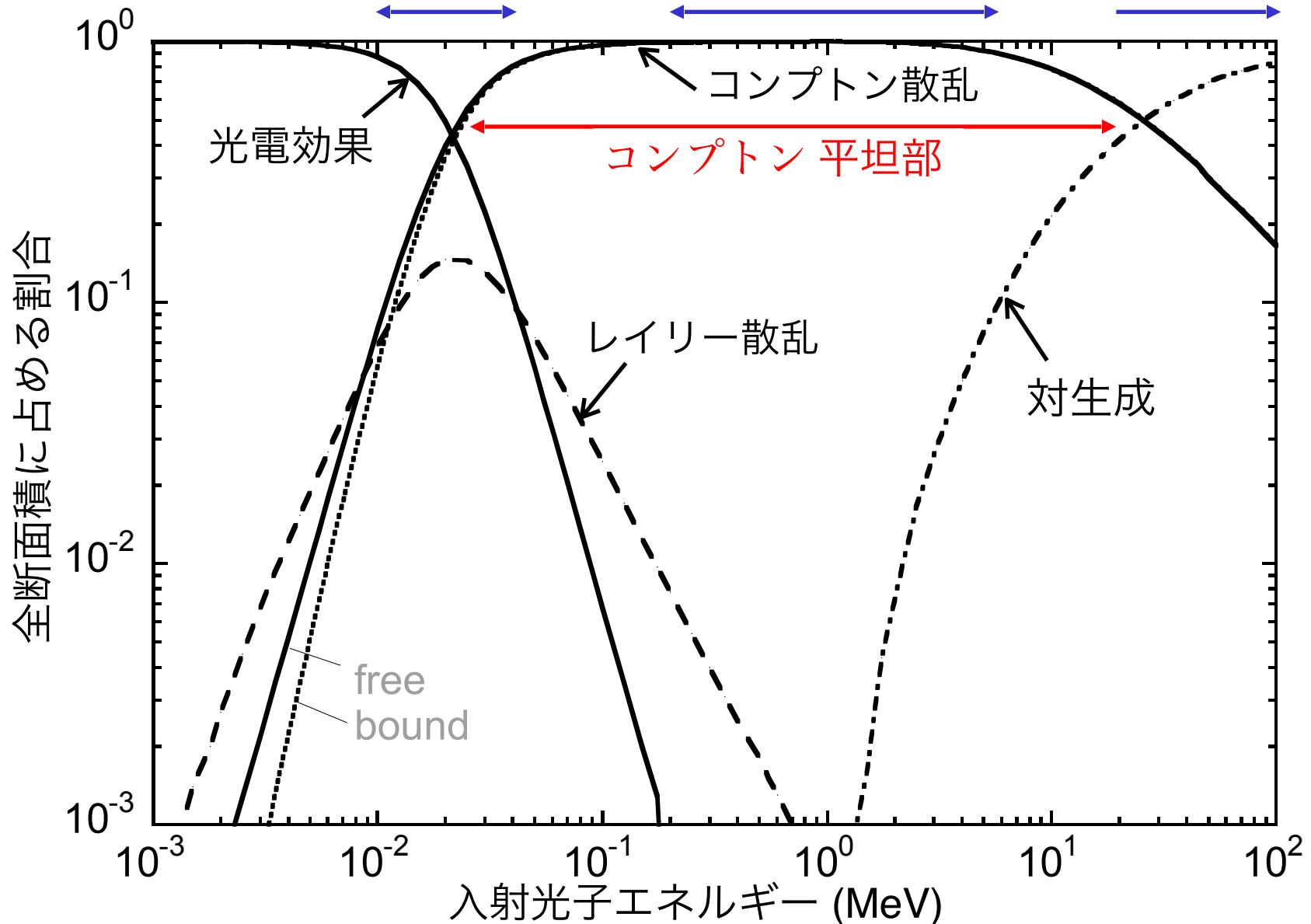
4. レイリー散乱

C (Z=6) の全断面積の各要素

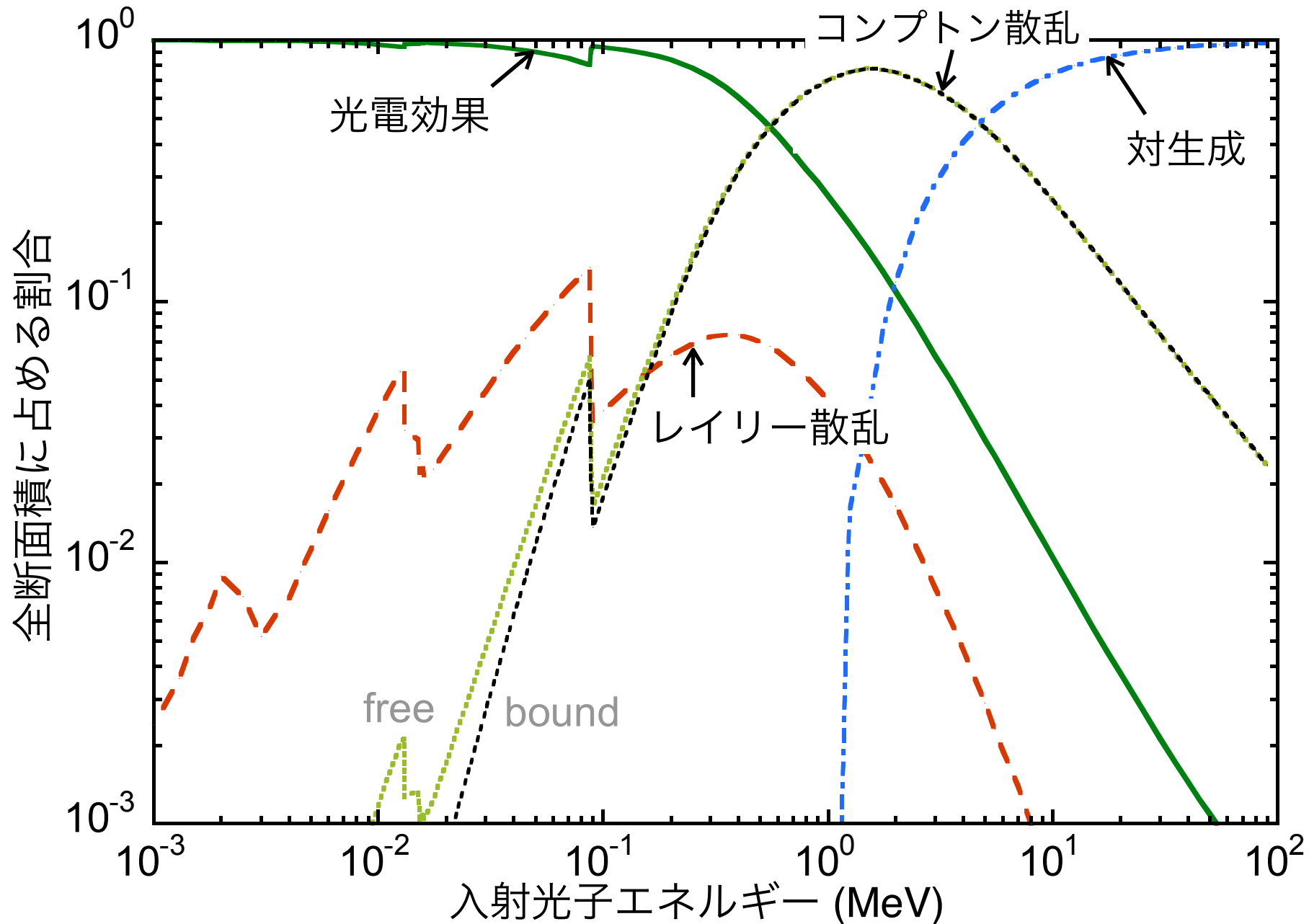
診断

放射線治療

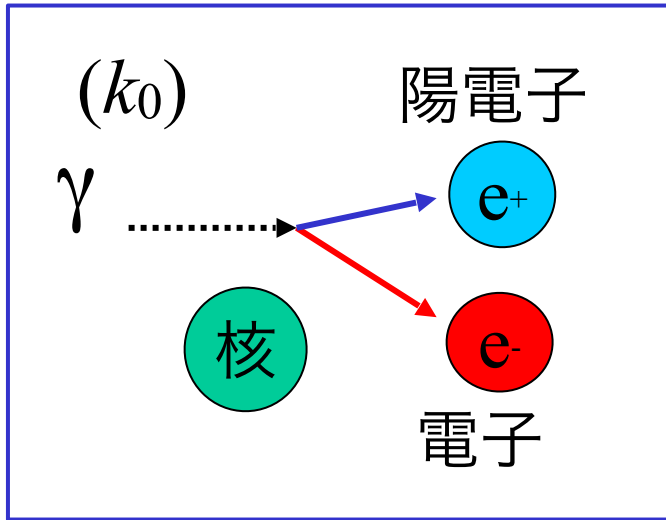
高エネルギー物理



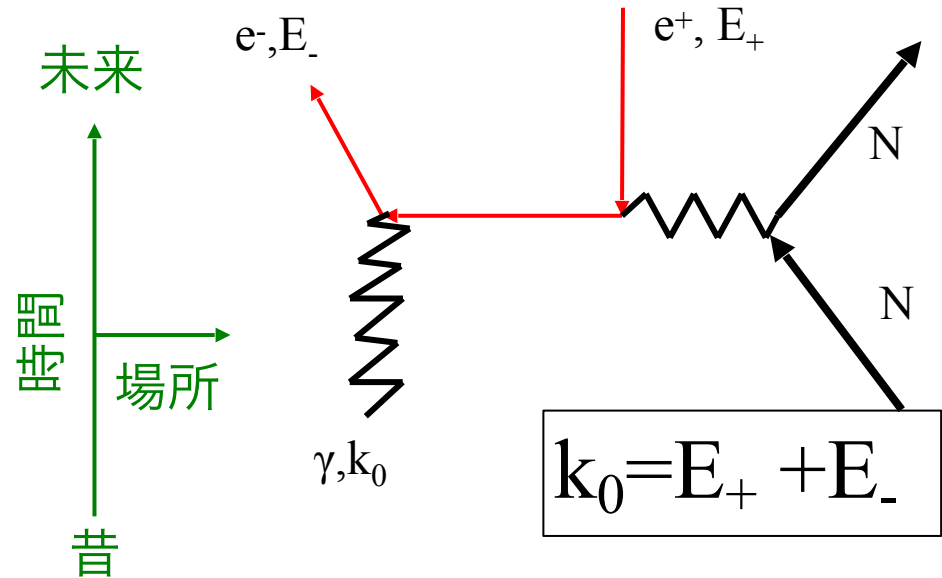
Pb (Z=82) の全断面積の各要素



対生成



略図



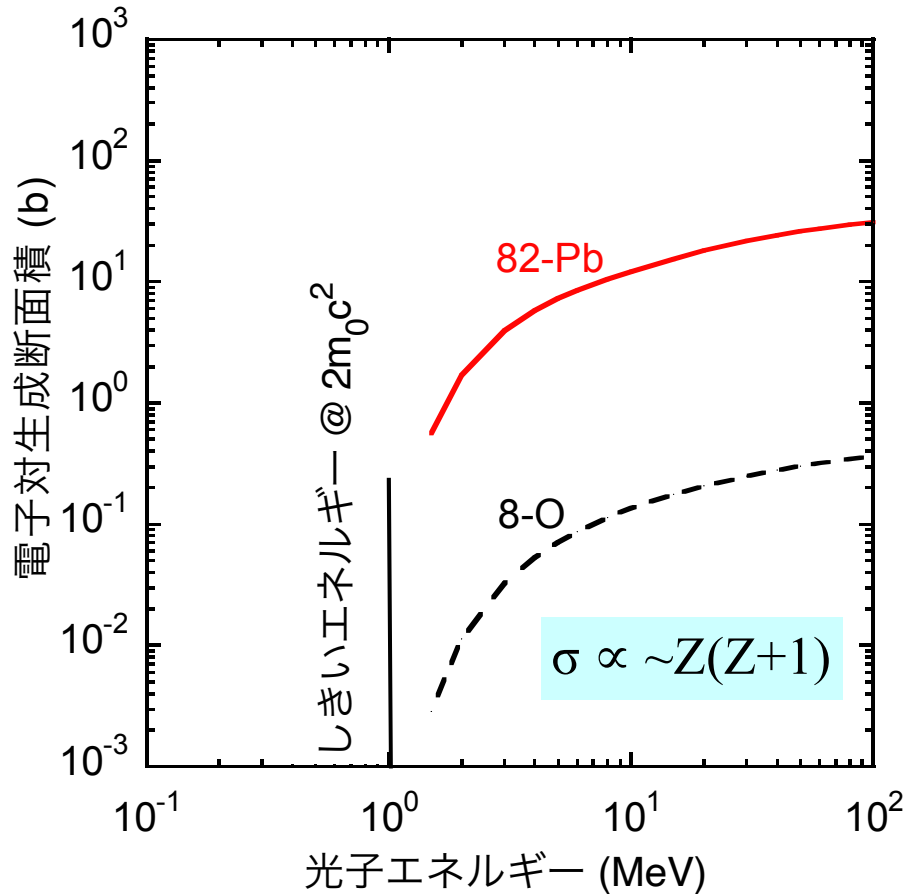
ファインマン図

- 消滅と e^+e^- 対の生成
- 主に原子核との電磁相互作用
- 軌道電子との相互作用も考慮 (3体分布は無視)

- 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

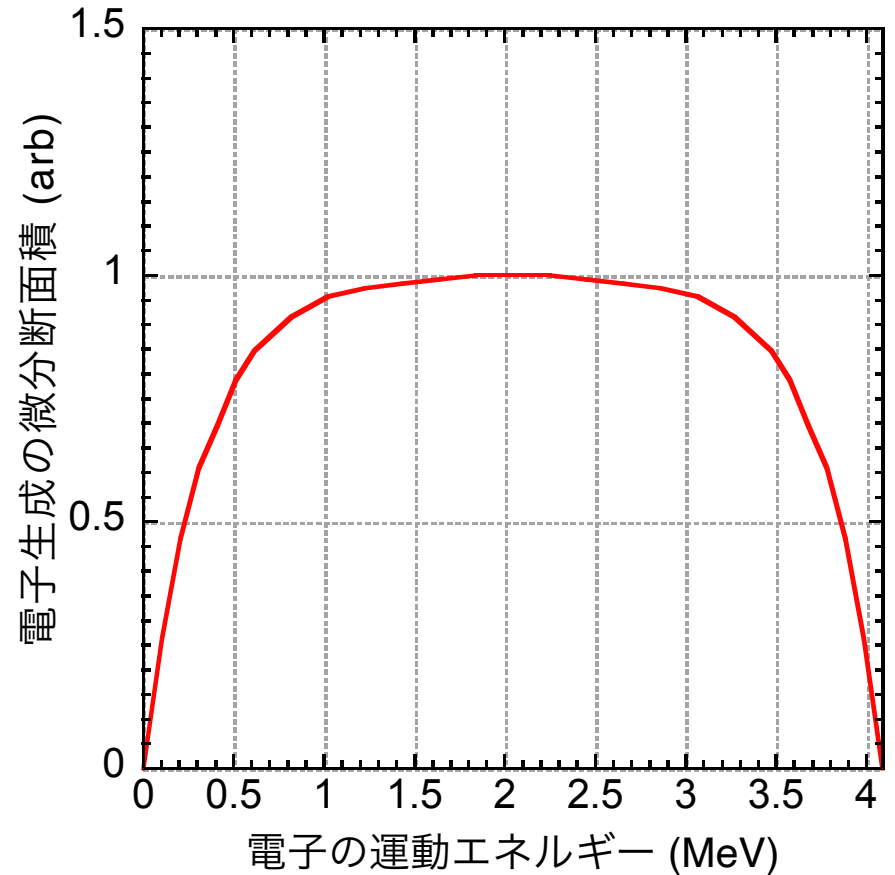
対生成 (続き)

全断面積



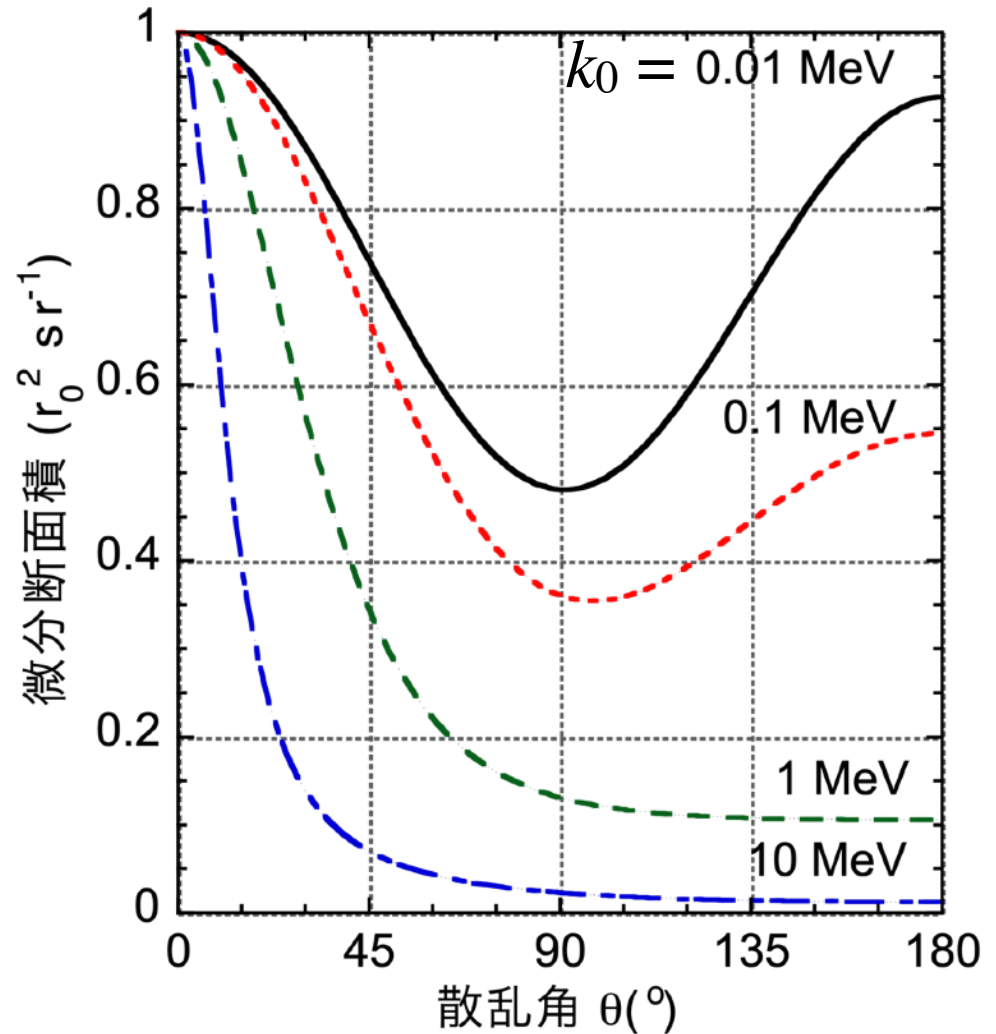
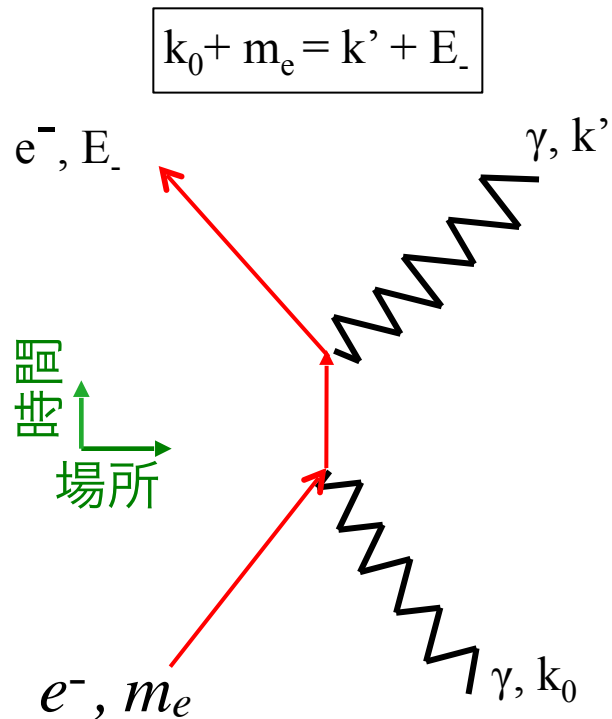
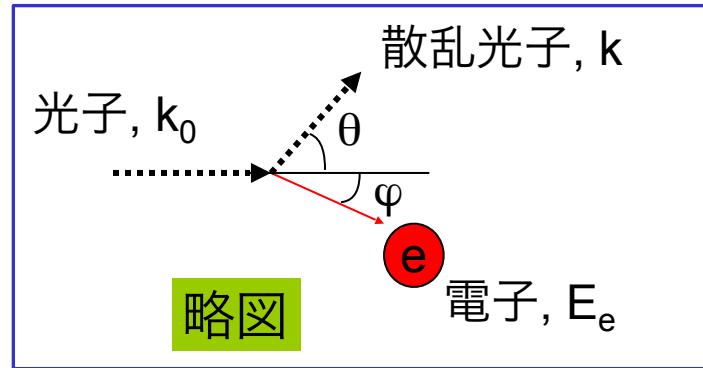
生成電子のエネルギー分布

($E_\gamma = 5.11$ MeV)

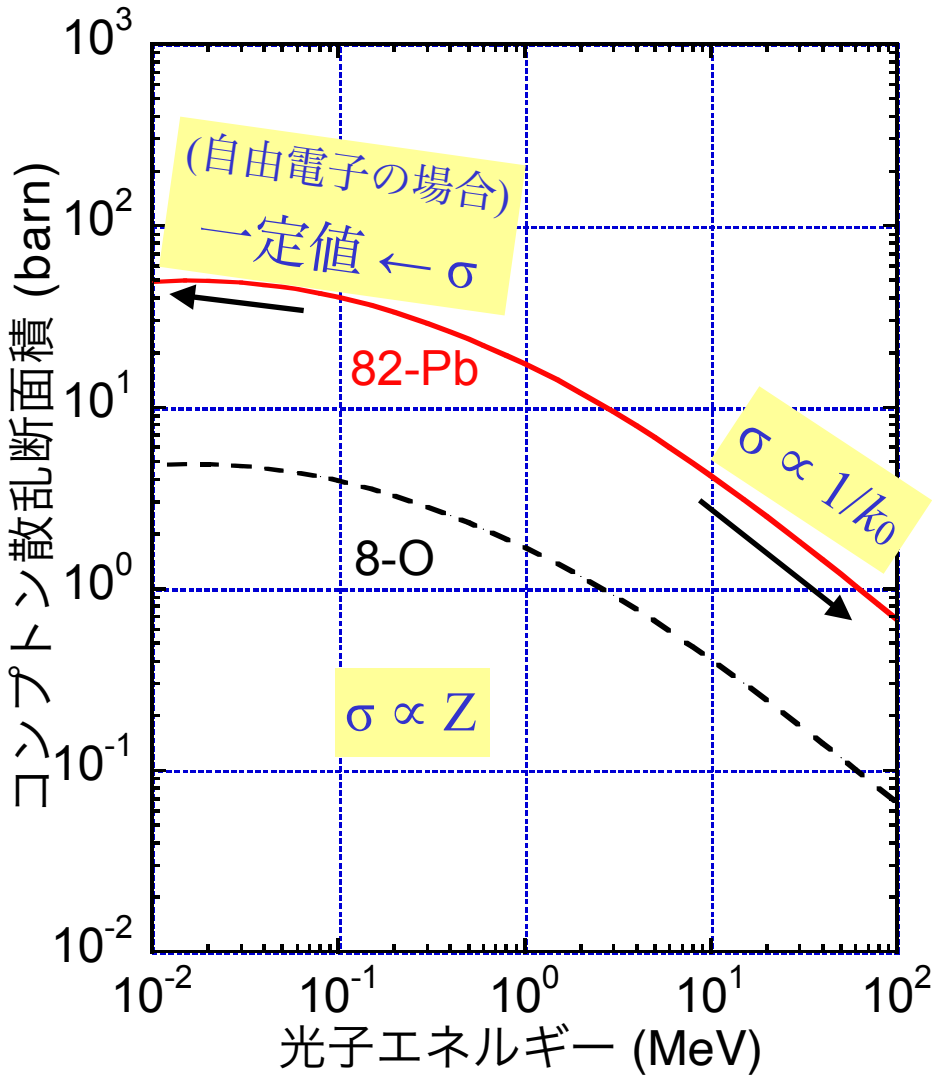


コンプトン散乱

クライン-仁科 微分断面積



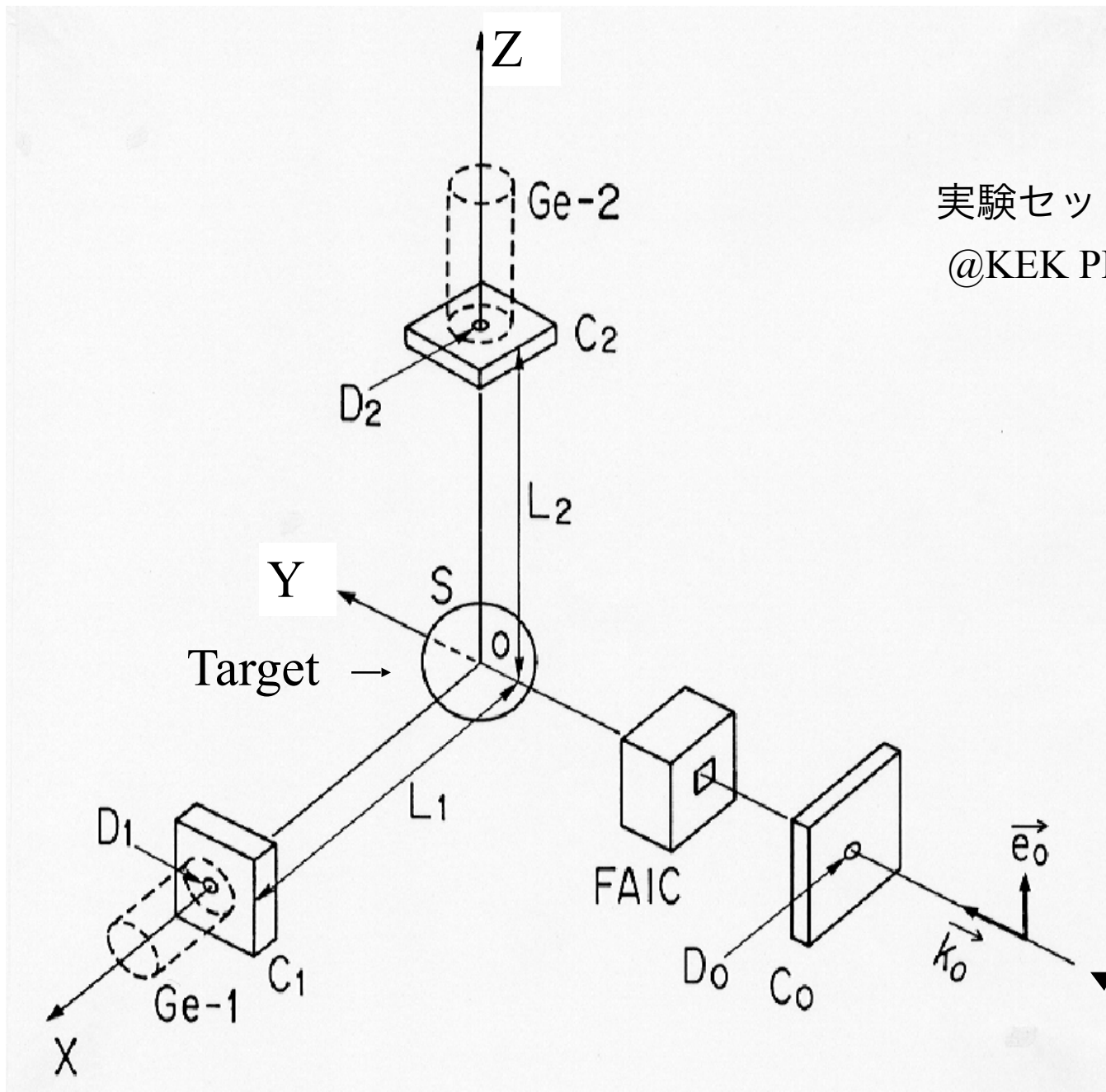
コンプトン散乱(続き')



EGS5での詳しい扱い (option)

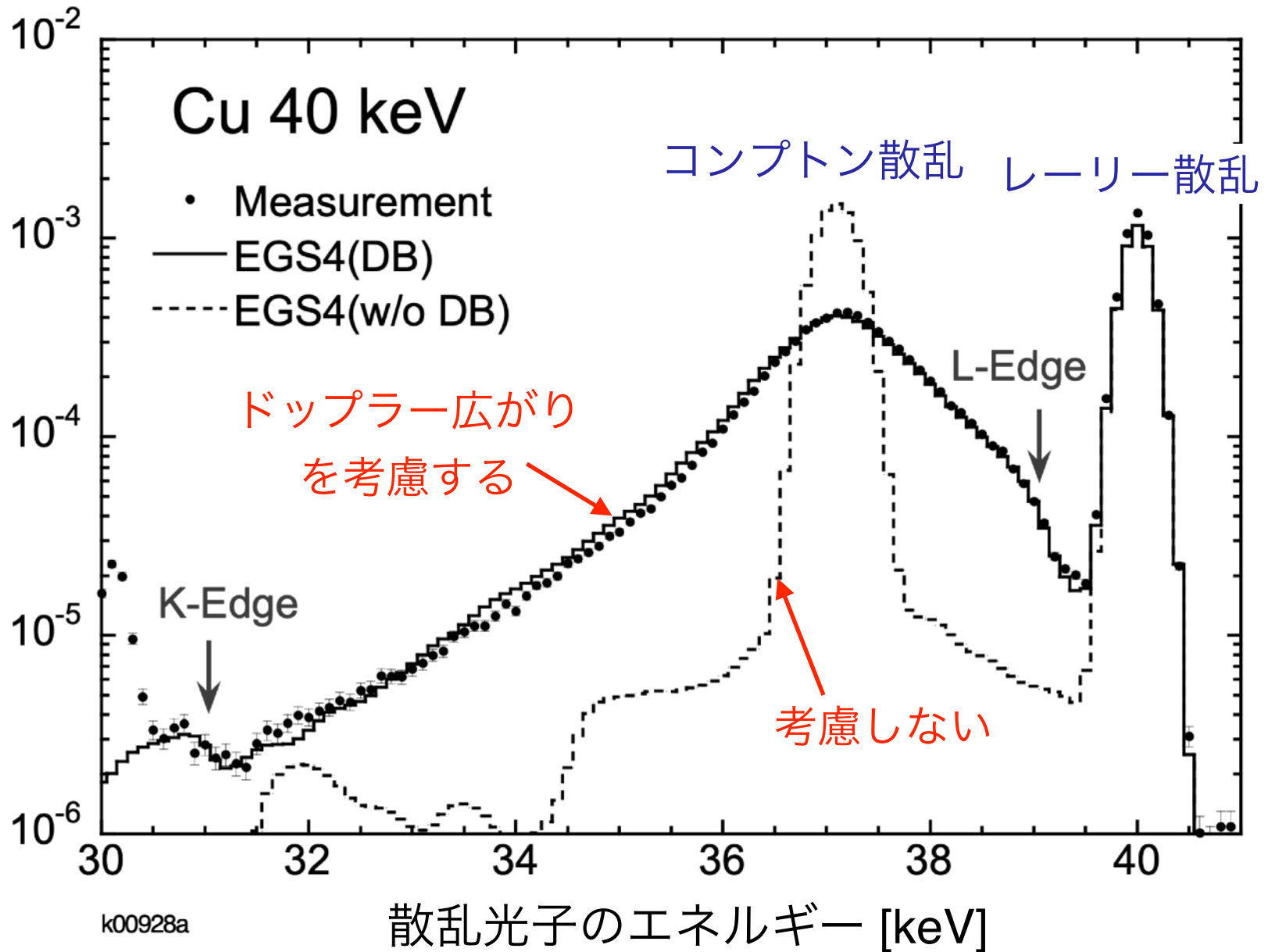
- 束縛効果 (0 @ $k \rightarrow 0$)
- 直線偏光光子散乱
- ドップラー広がり
e⁻ の衝突前の運動に起因

実験セットアップ
@KEK PF BL14c

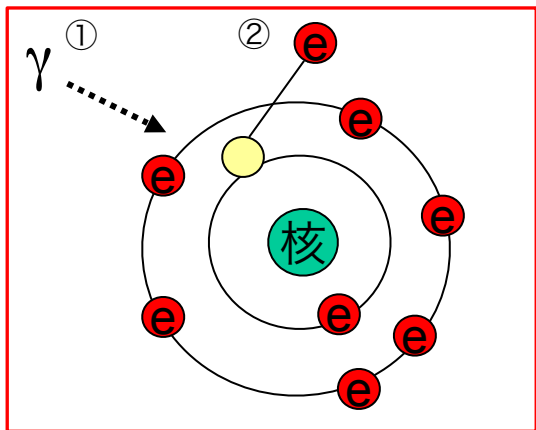


40 keV 光子

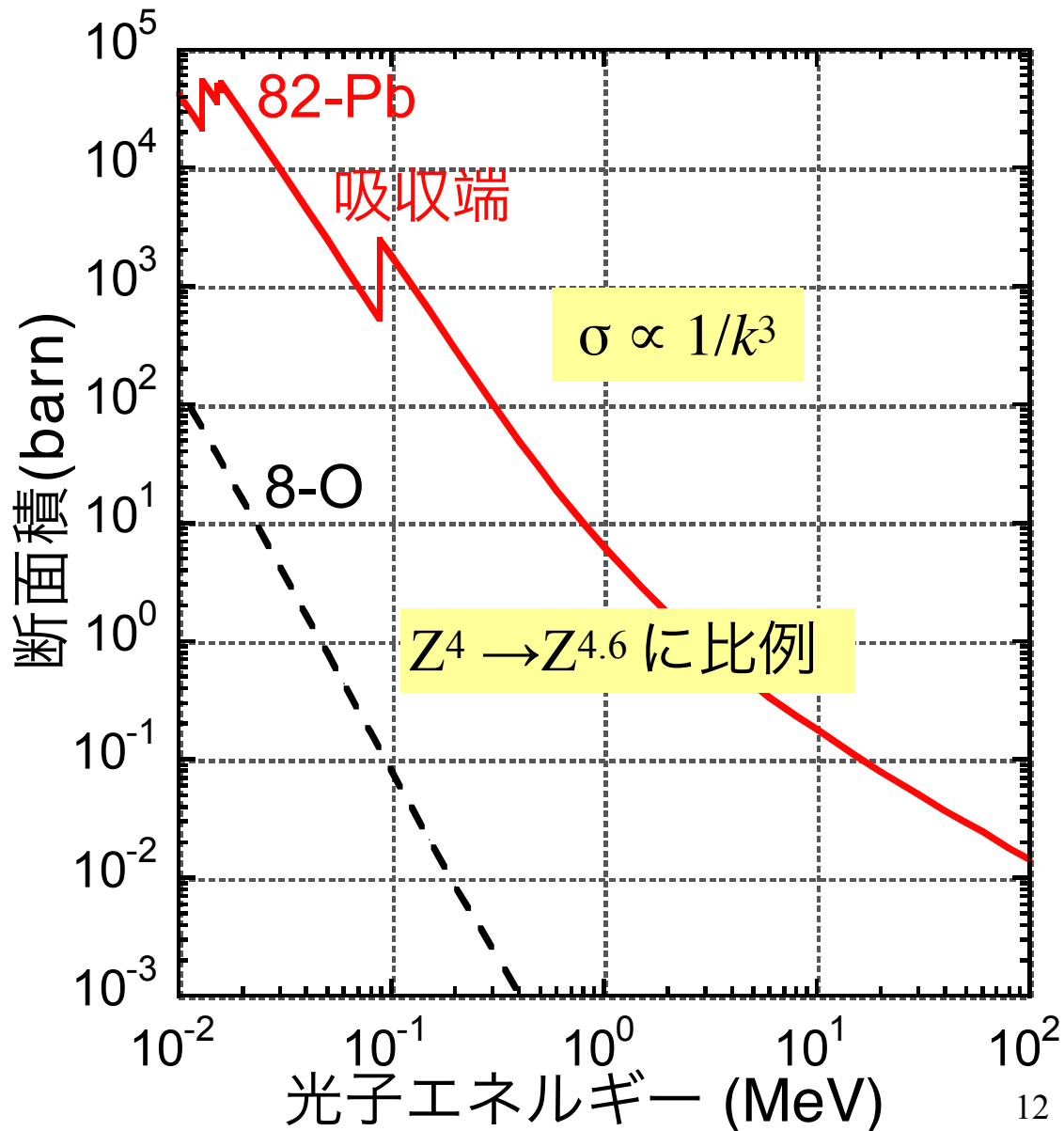
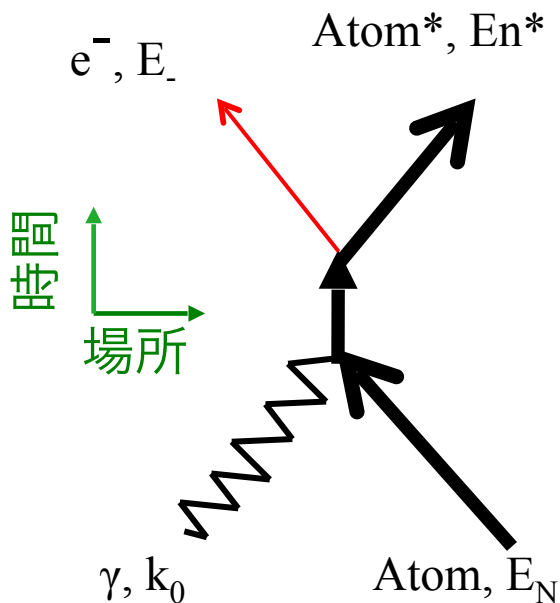
Cu, 40 keV (EGS4+LP+DB=EGS5)



光電効果



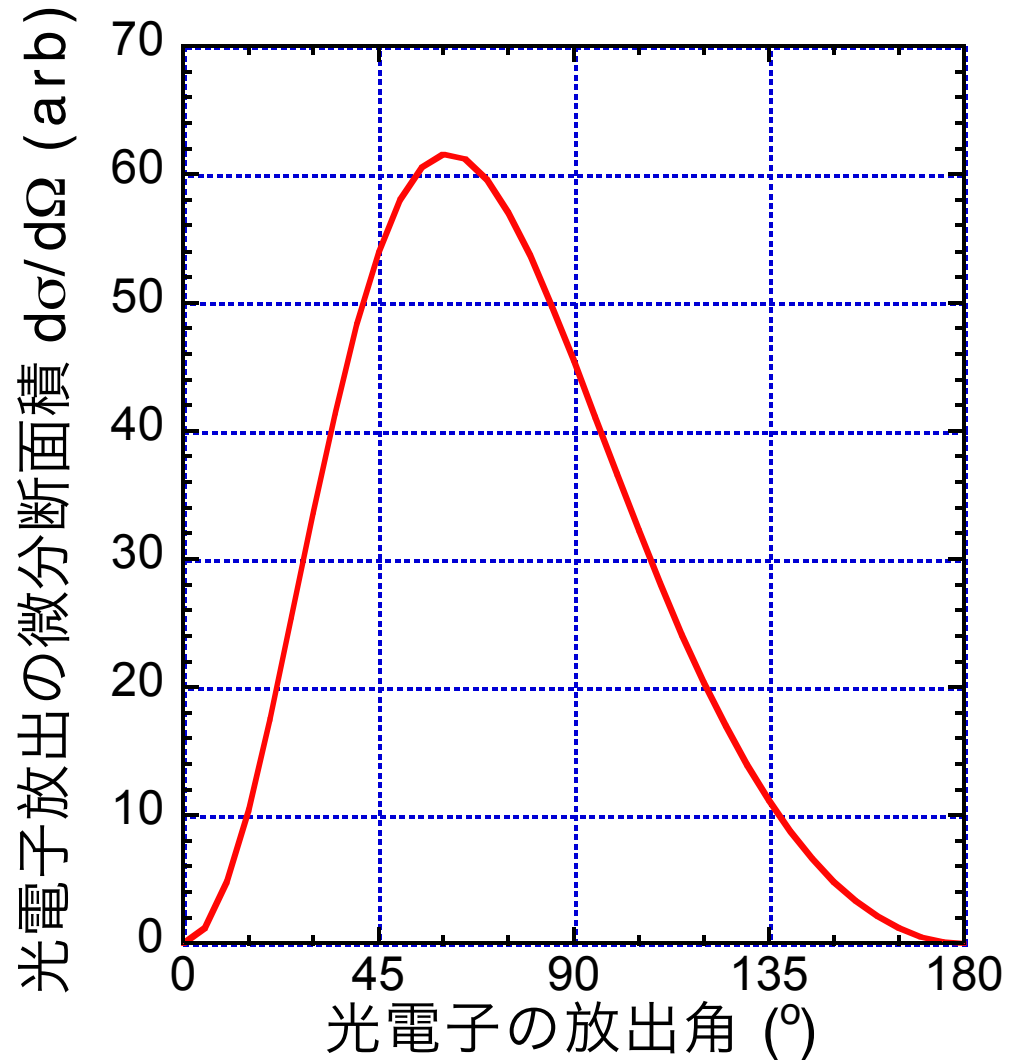
$$k_0 + E_N = E_e + E_N^*$$



光電子の放出角

デフォルト： $\theta=0$

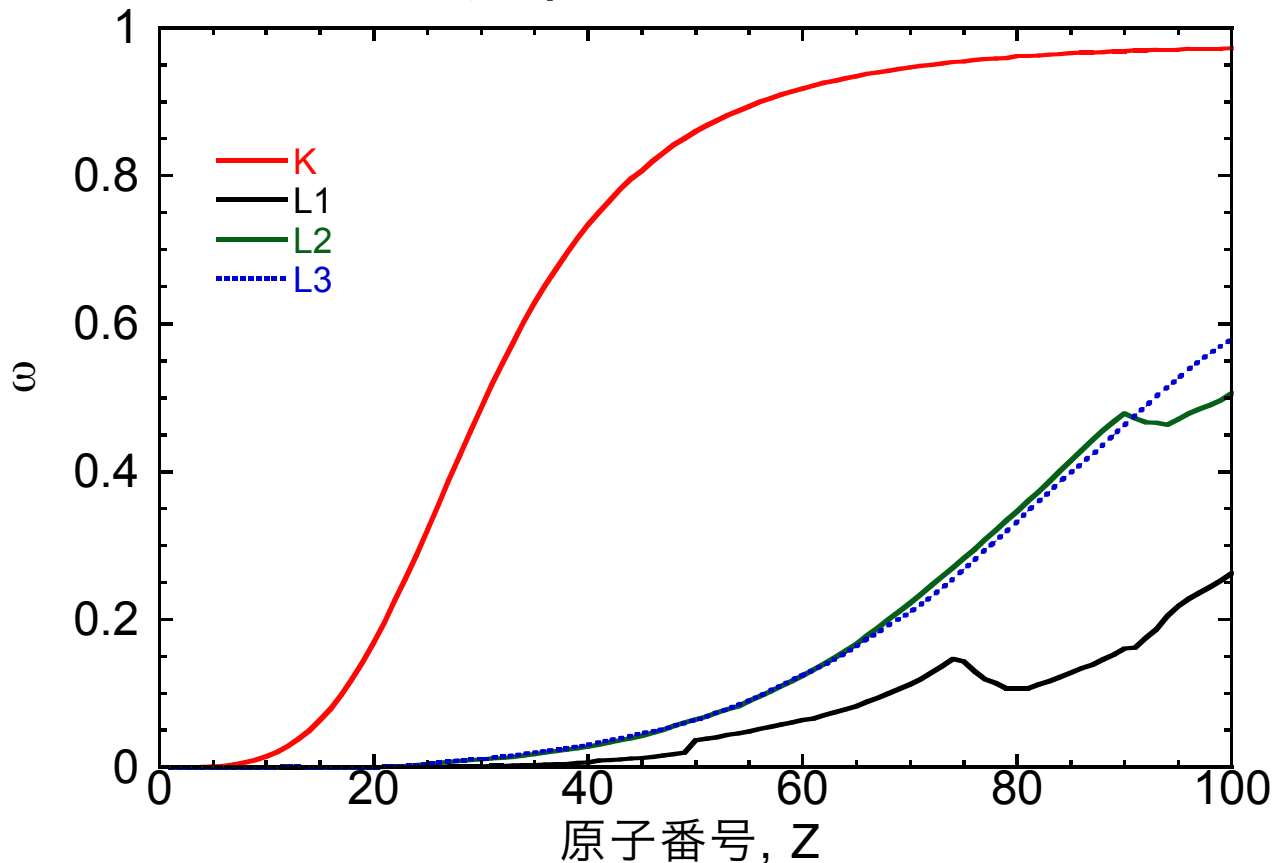
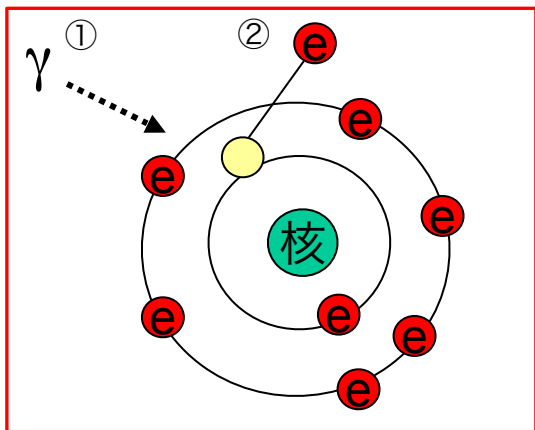
オプション：詳しい角度分布



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）

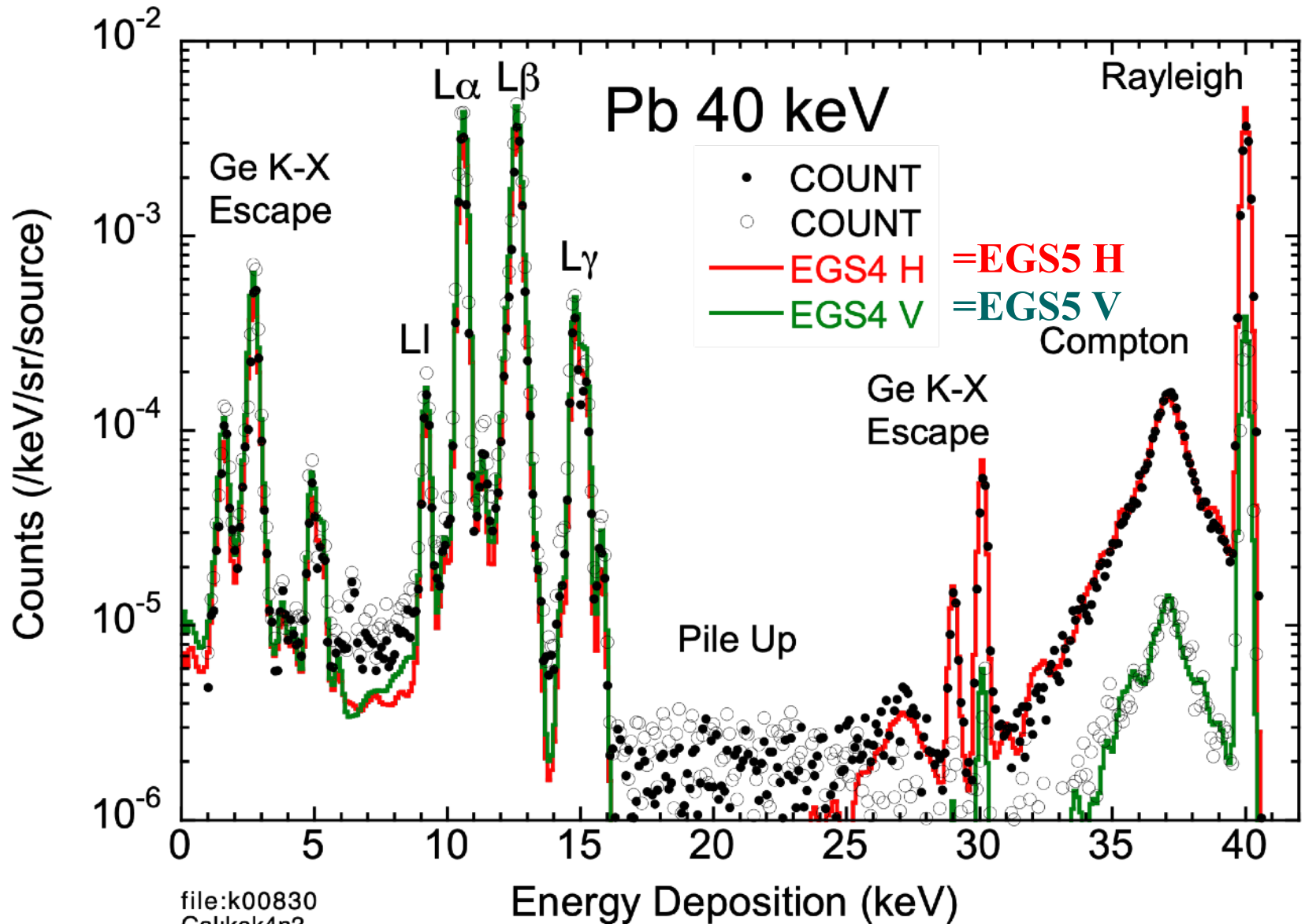
ω : 蛍光収率（特性X線が放出される確率）



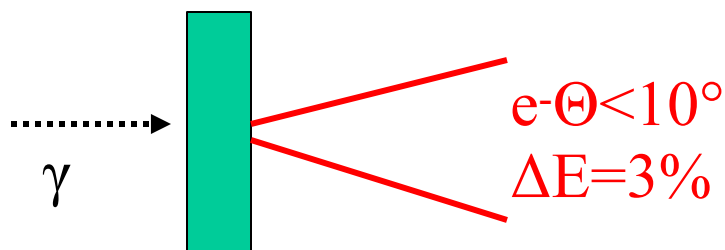
Data from *Table of Isotopes* (TOI)-8th (96)

Pb ターゲット からの光子スペクトル

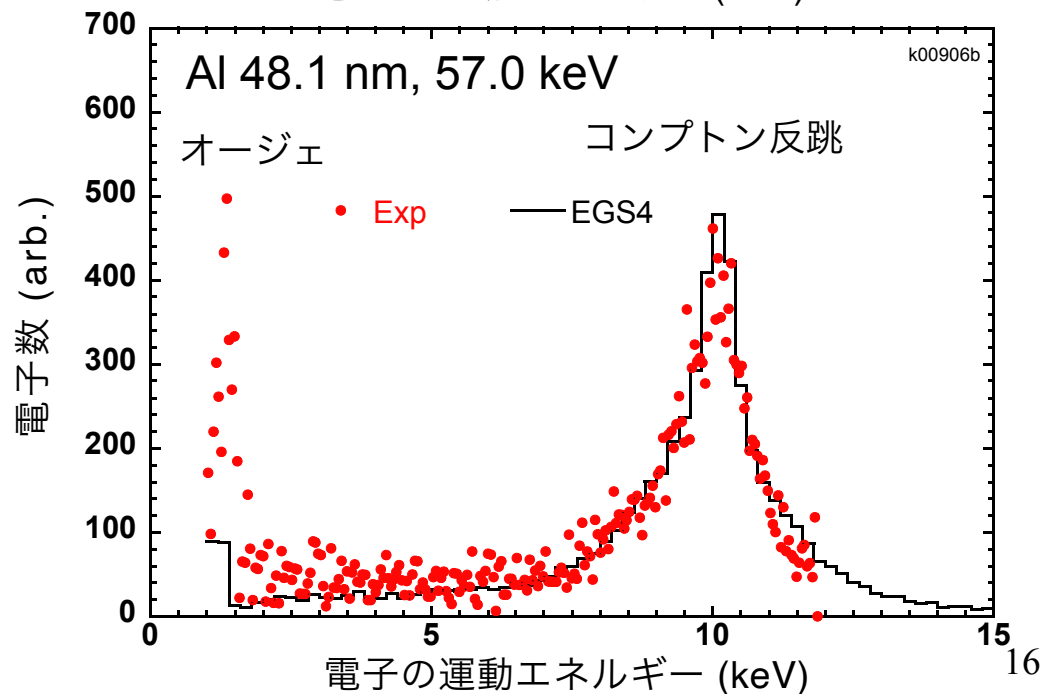
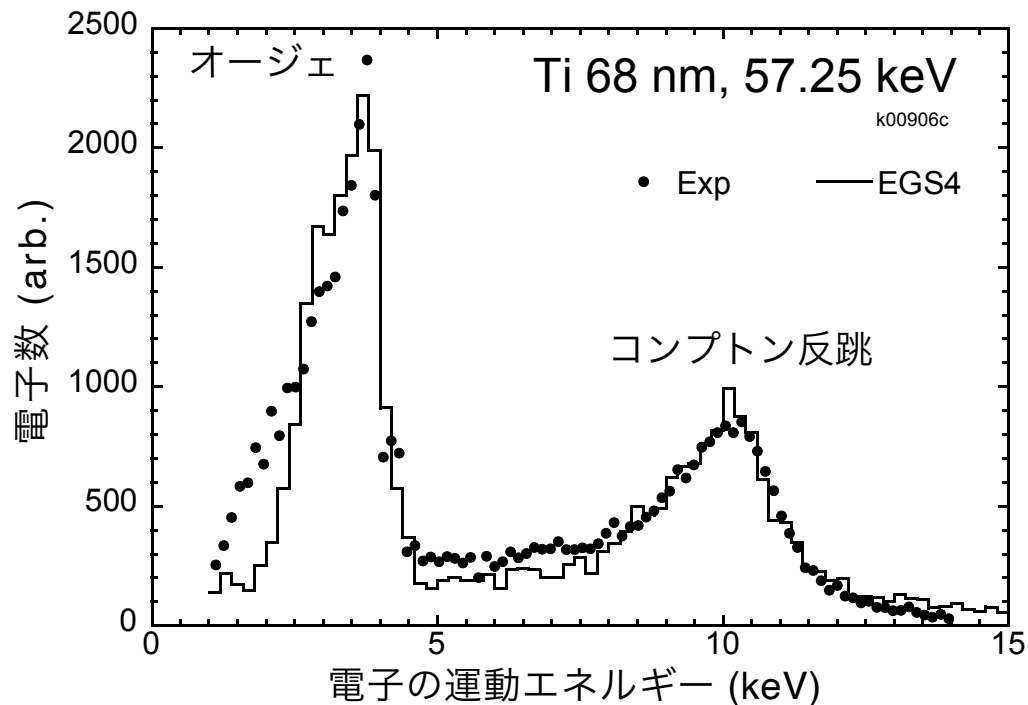
EGS4 (光電効果改良版) = EGS5



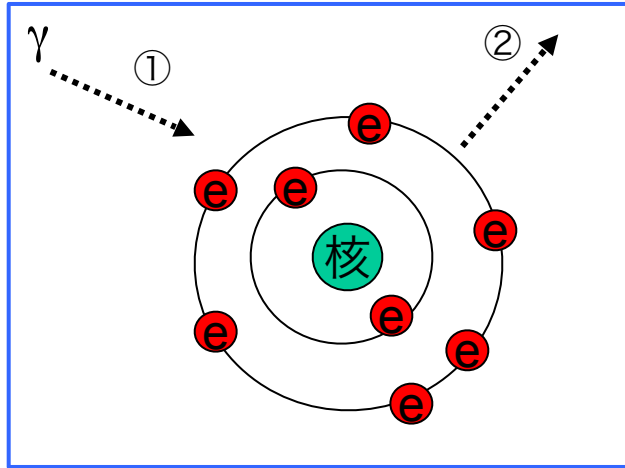
オージェ電子 (スペクトルの例)



Guadala, Land&Price's exp

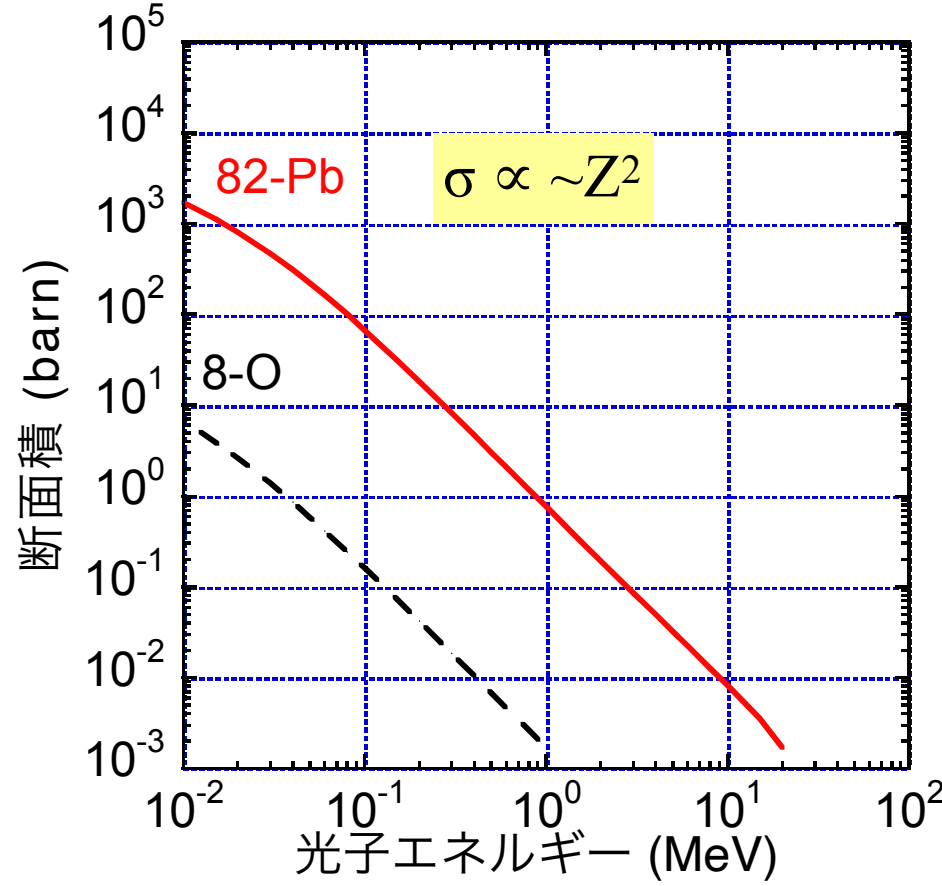
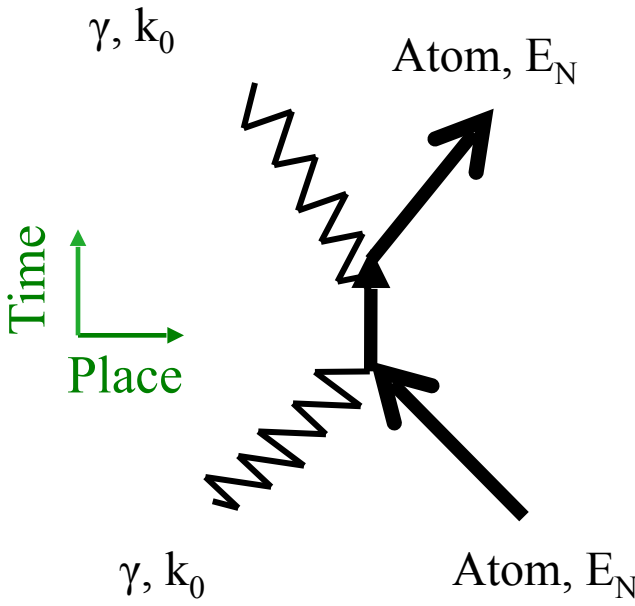


レイリー散乱



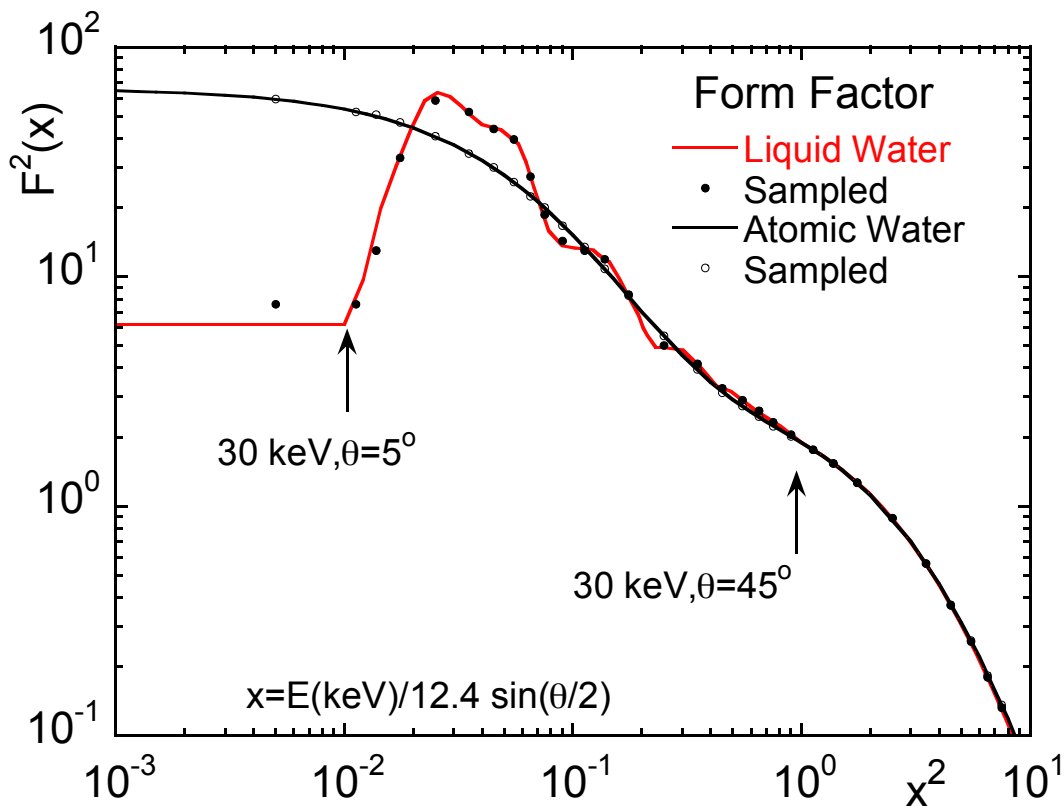
弾性散乱
独立原子近似 (隣近所の原子は無関係)

$$k_0 + E_N = k_0 + E_N$$

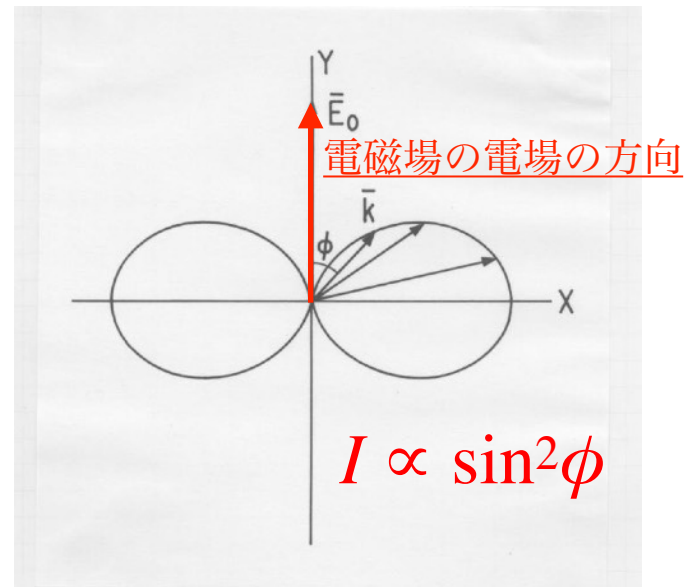


レイリー散乱の詳しい扱い

近在原子間の干渉効果 (オプション)

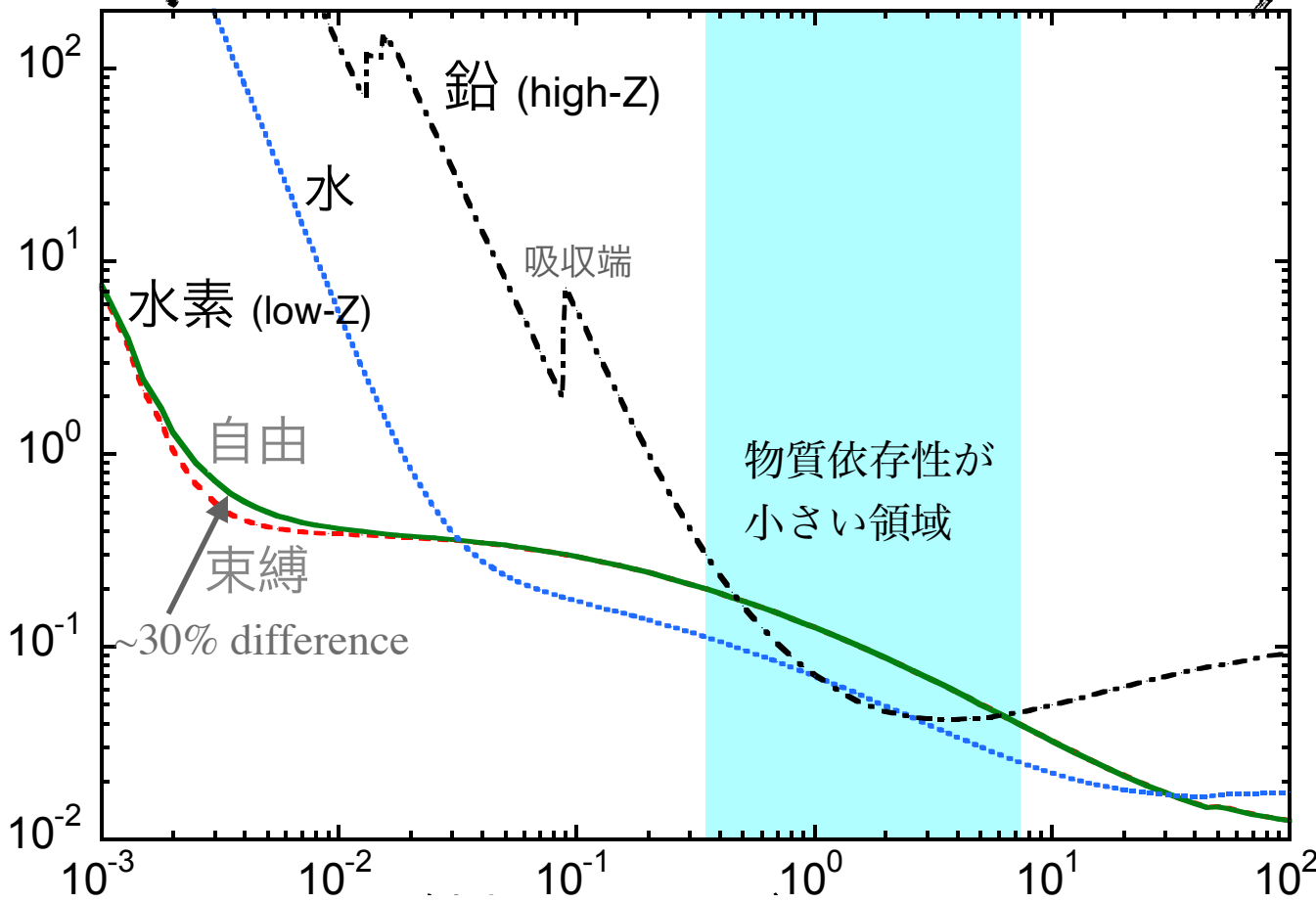


直線偏光光子散乱 (オプション)



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



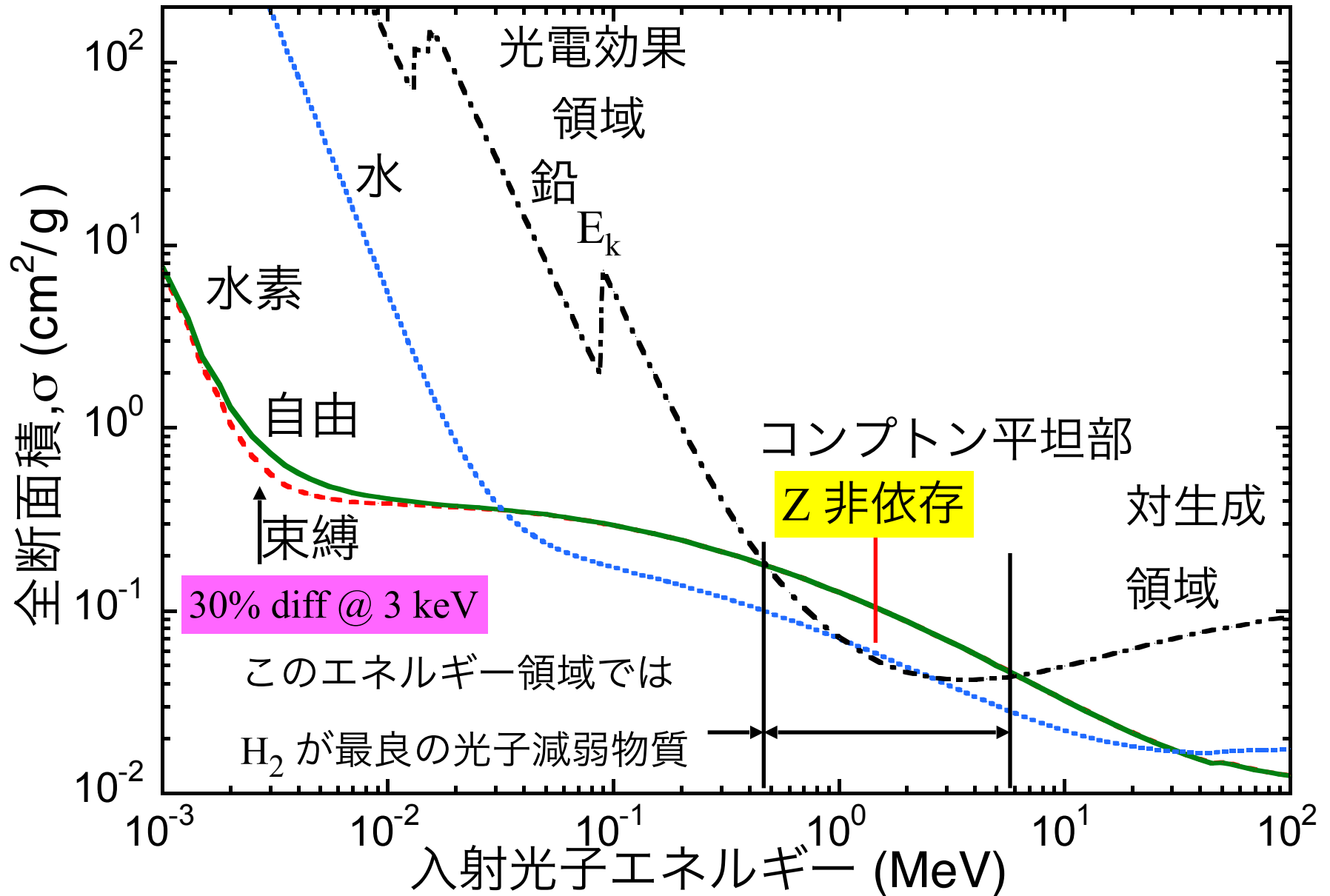
入射光子エネルギー [MeV]

断面積 / 質量数

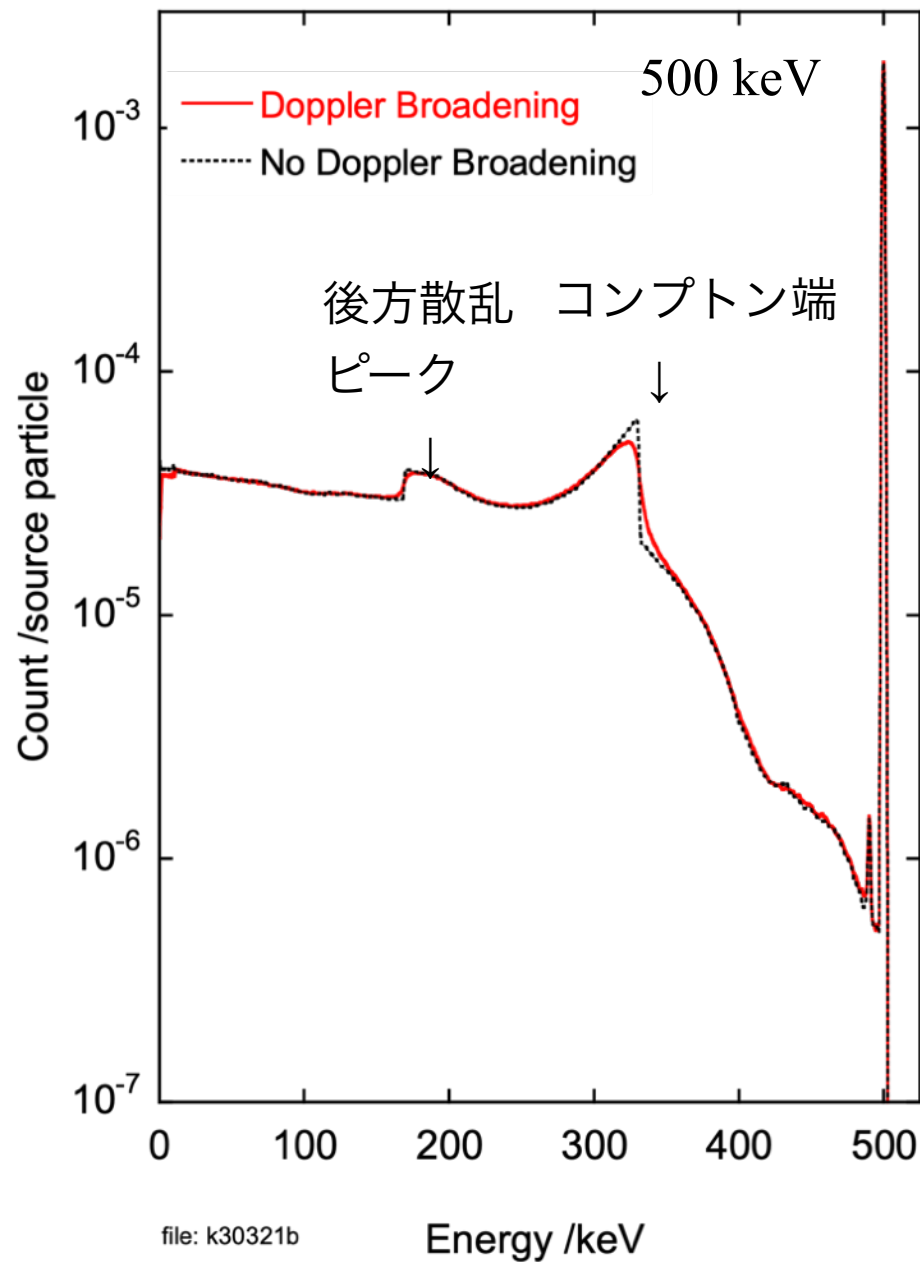
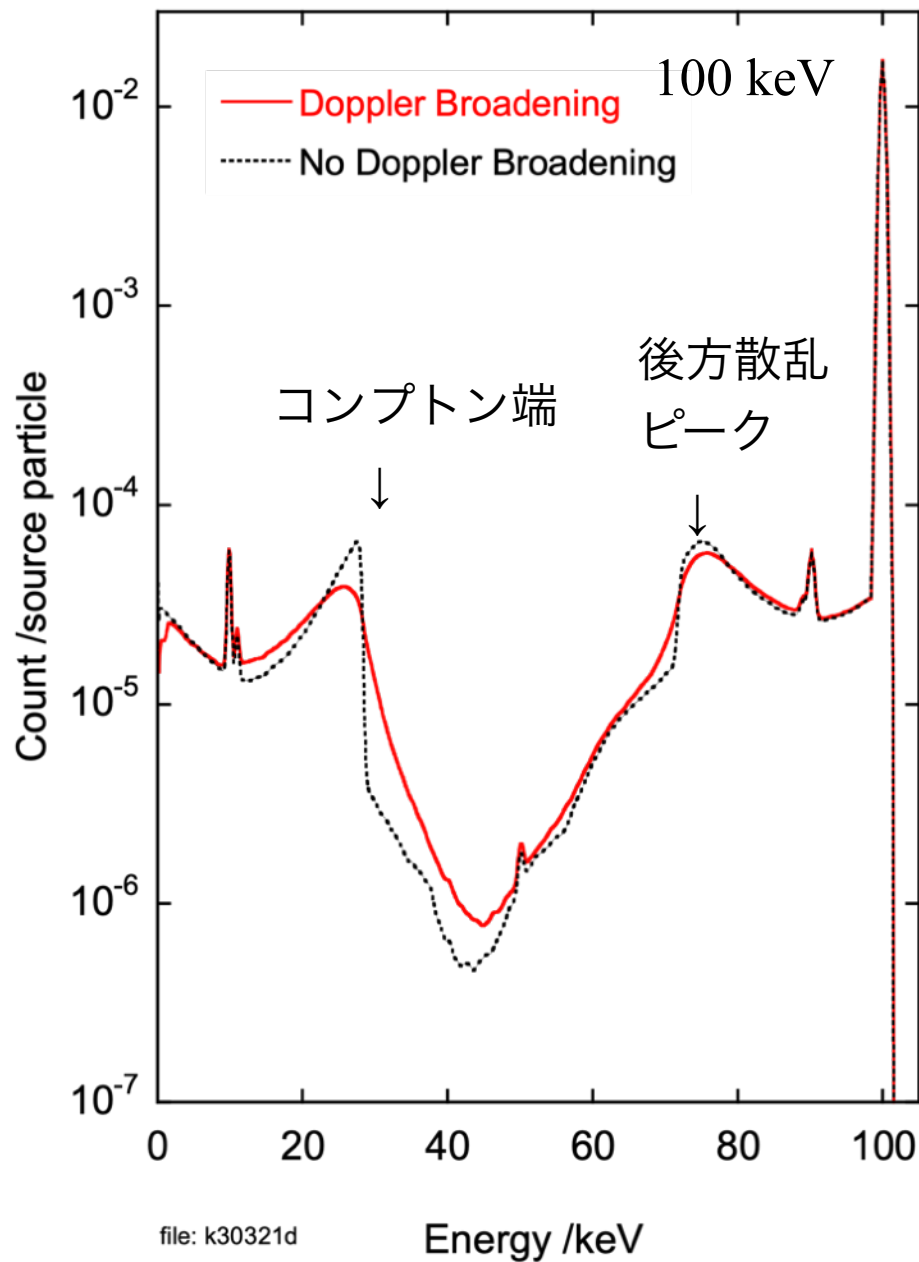
$\sigma / A * (N_{Av0})$ [cm^2/g]

End of Photon Monte Carlo Simulation

全光子断面積のまとめ



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

