


水ファントム中の X線エネルギースペクトル

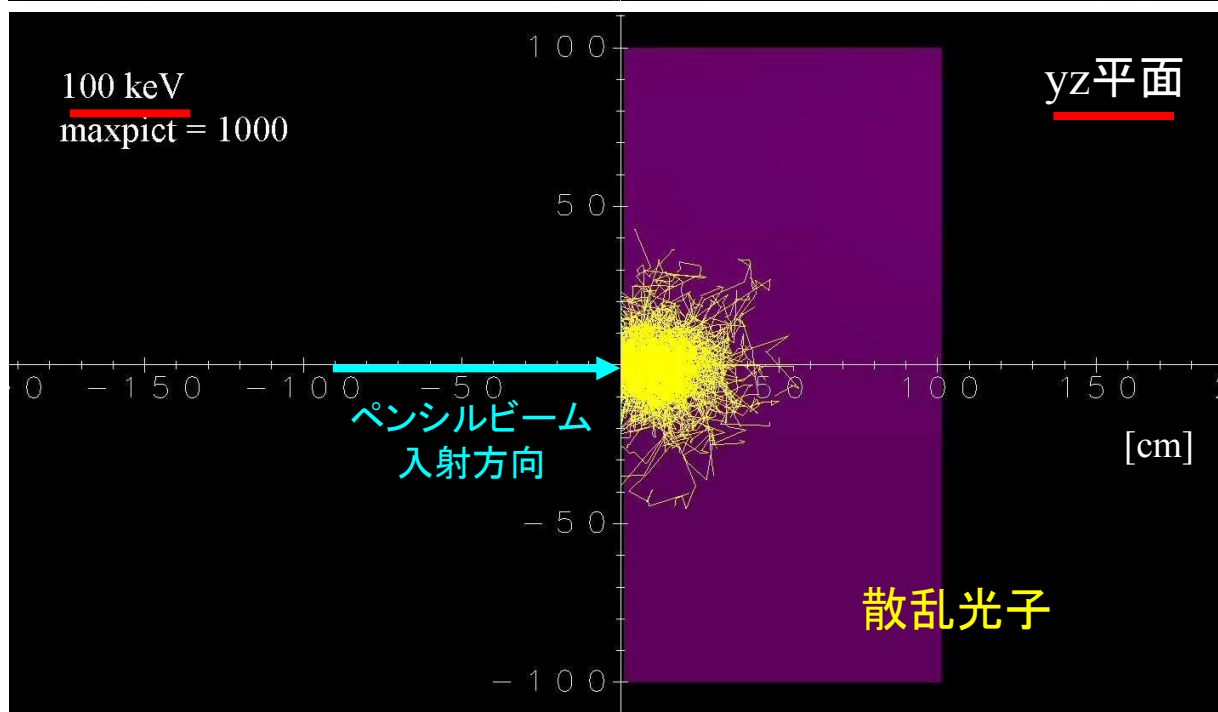
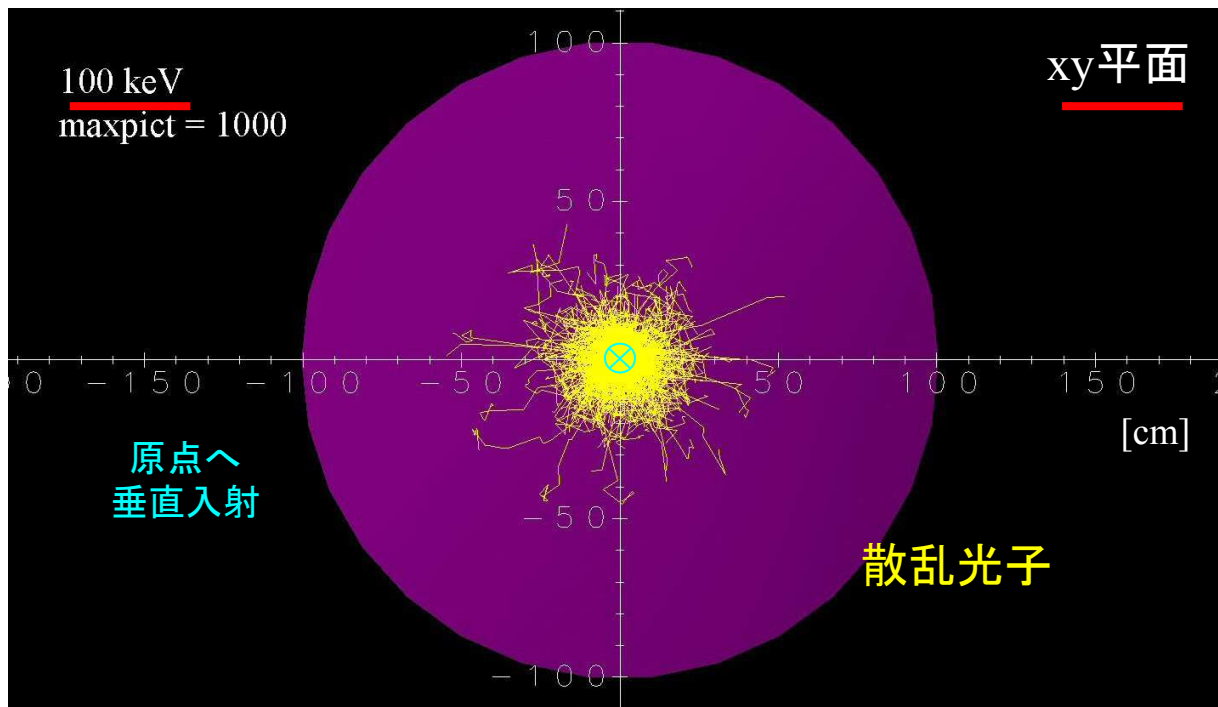
純真短期大学 宮島悟史、眞正浄光

【目的】

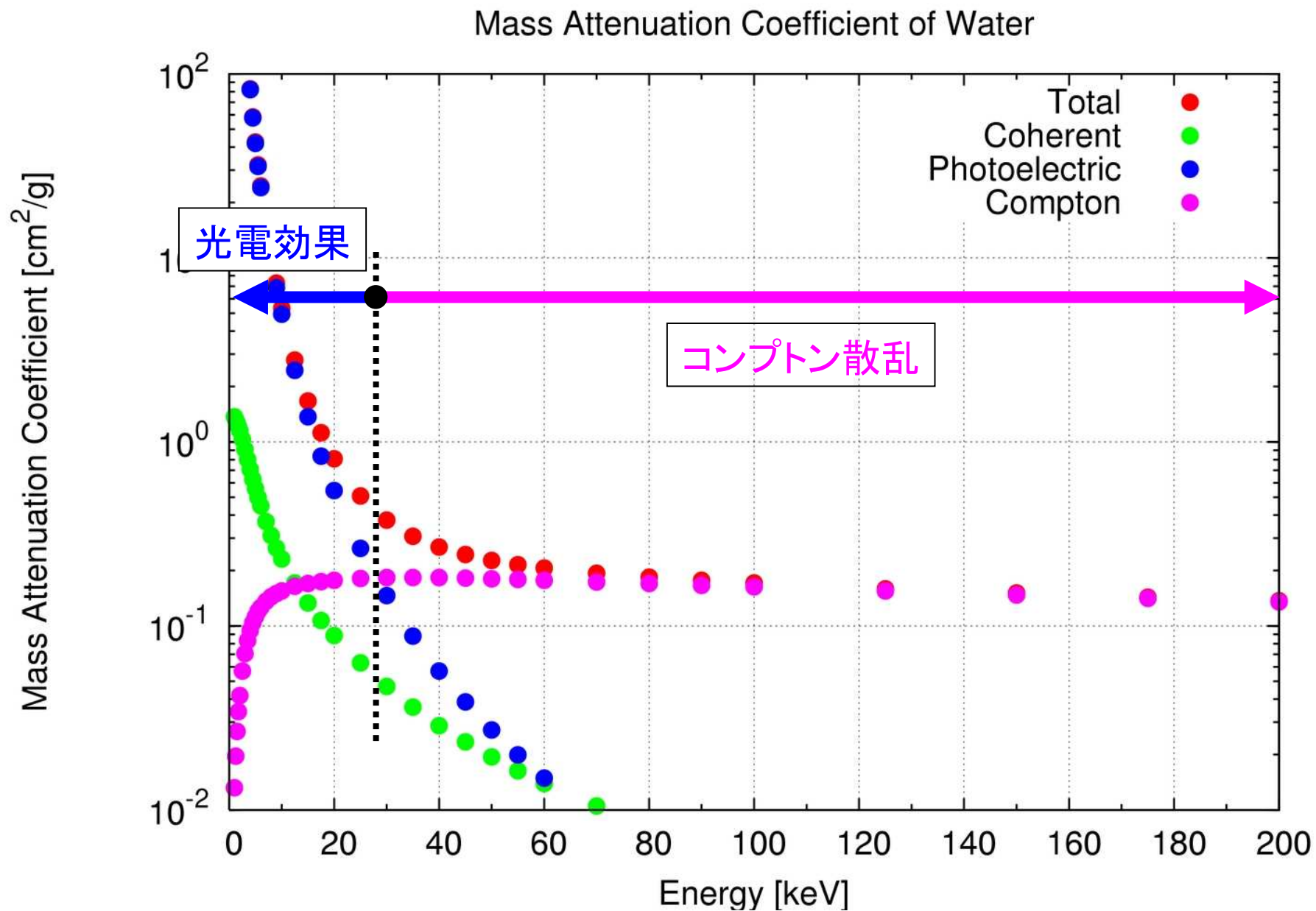
X線照射時の、水ファントム内各点でのX線エネルギー
スペクトルを計算する。

 水ファントム内でのエネルギースペクトルの変化が、
被曝線量測定に与える影響を検討する。

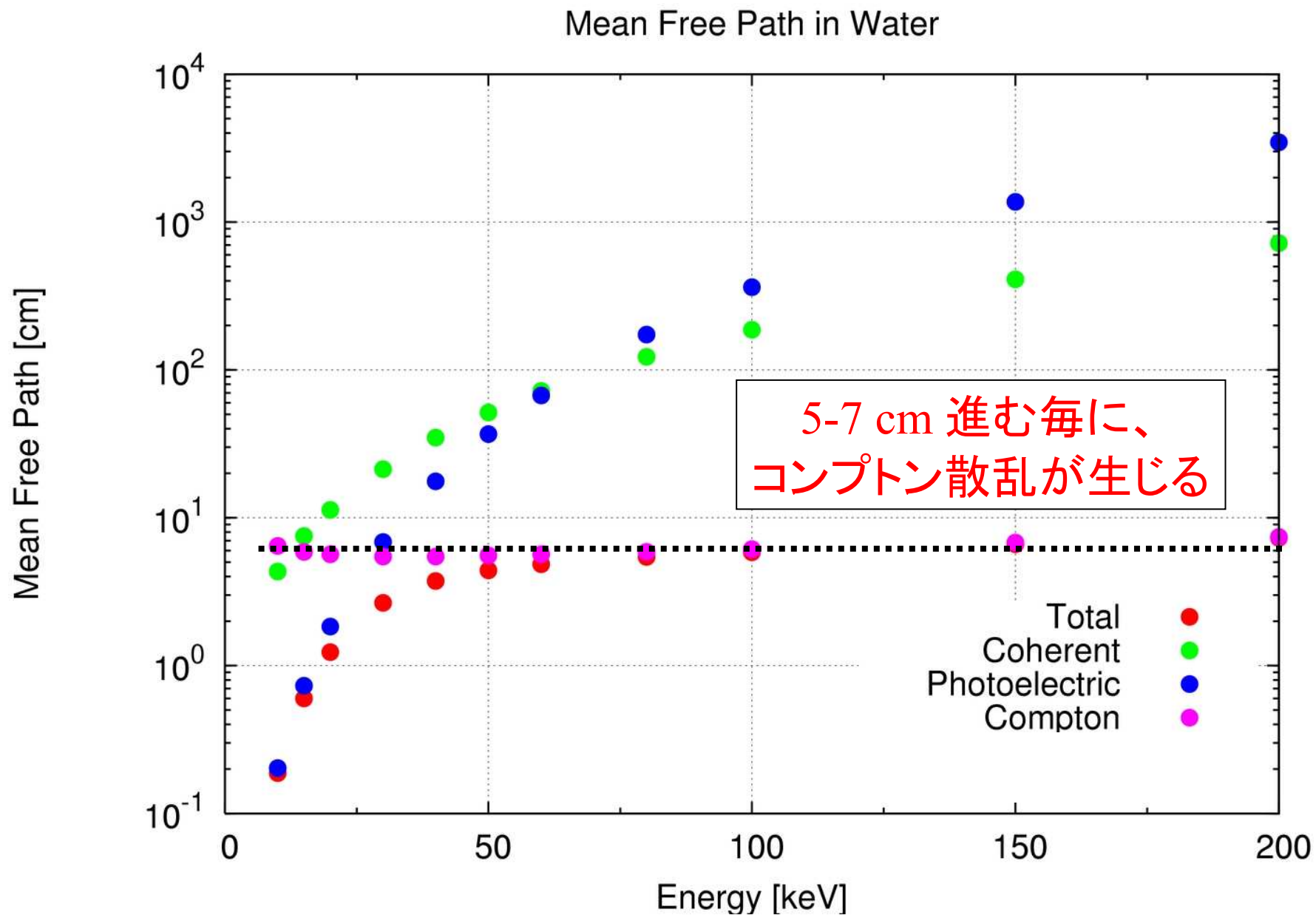
【光子の飛跡】



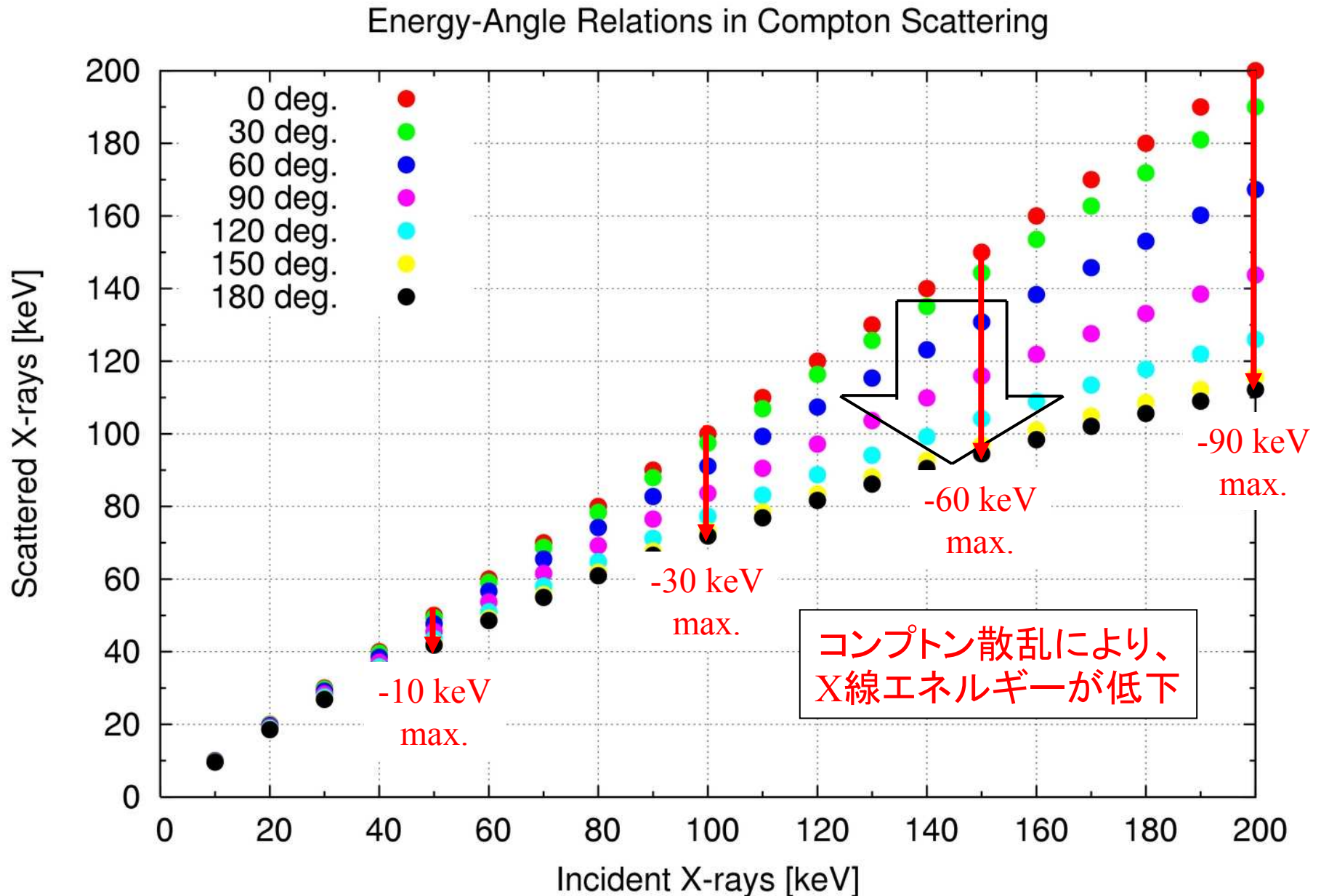
【水中における各相互作用が生じる確率】



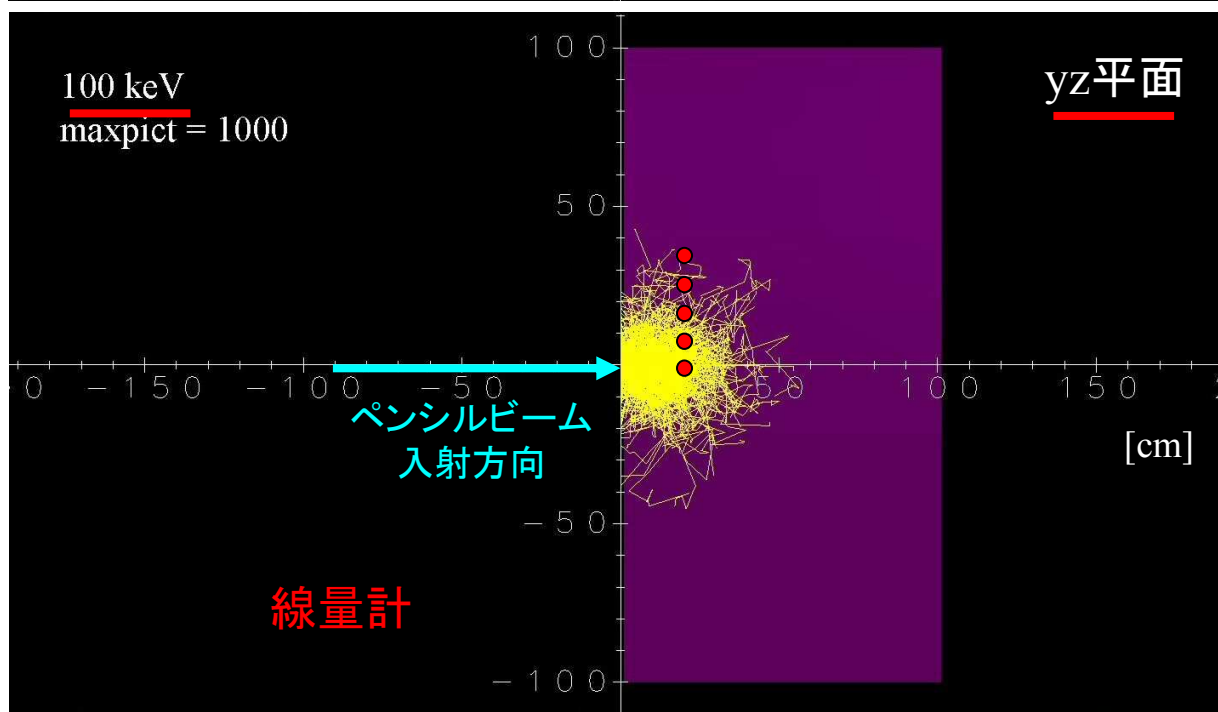
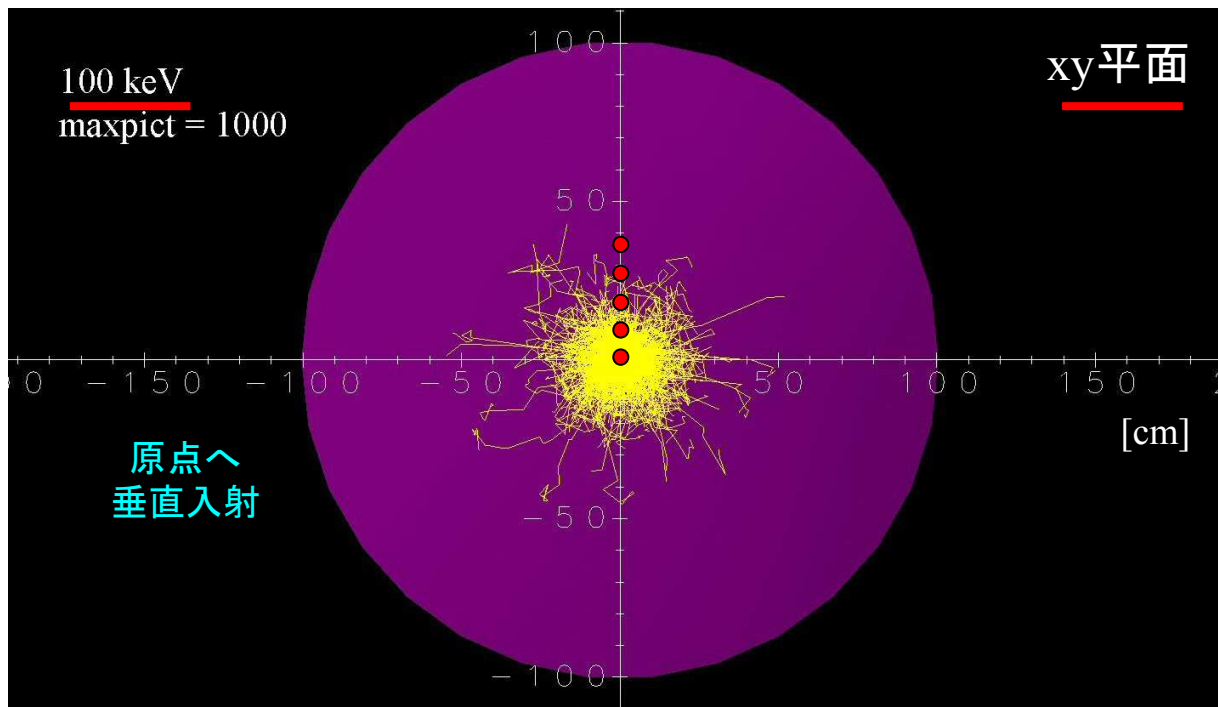
【水中でのX線の平均自由行路長】



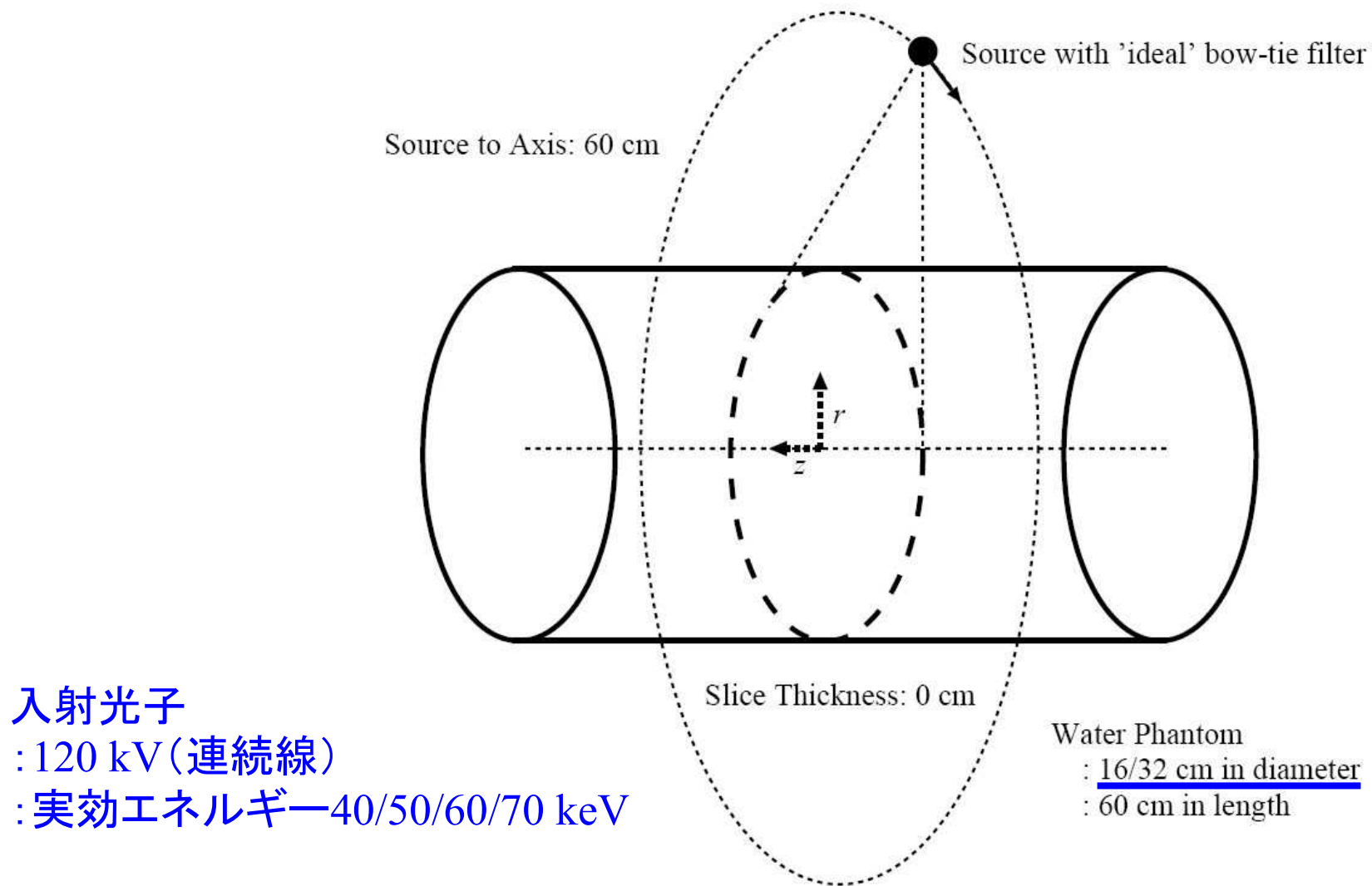
【コンプトン散乱X線のエネルギー】



【光子の飛跡】



【以前行った計算におけるモデル】



結果に影響を与える要素が多く、結果の解析が困難であった

【計算モデル・条件】

入力: 単色光子 ($0 \text{ mm}\phi$)

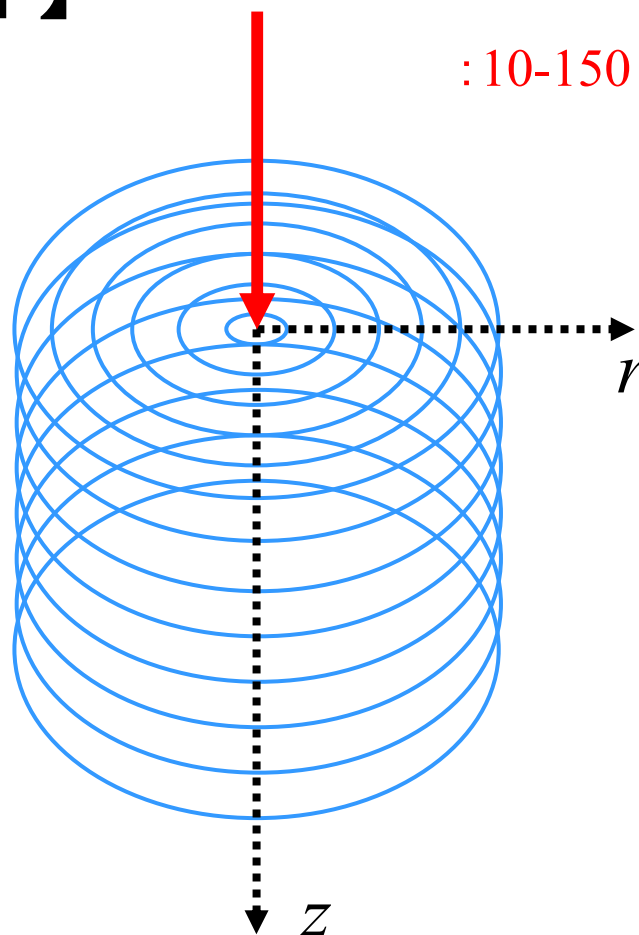
: 10-150 keV (10 keV 毎)

水ファントム

: 厚さ 100 cm / 直径 201 cm

: Multi-Slab ($\Delta z = 1 \text{ cm}$)

: Multi-Cylinder ($\Delta r = 1 \text{ cm}$)



出力: 各領域を通過した光子のエネルギー

: その領域に到達するまでに経たコンプトン散乱の回数

連続線: 単色線の集合

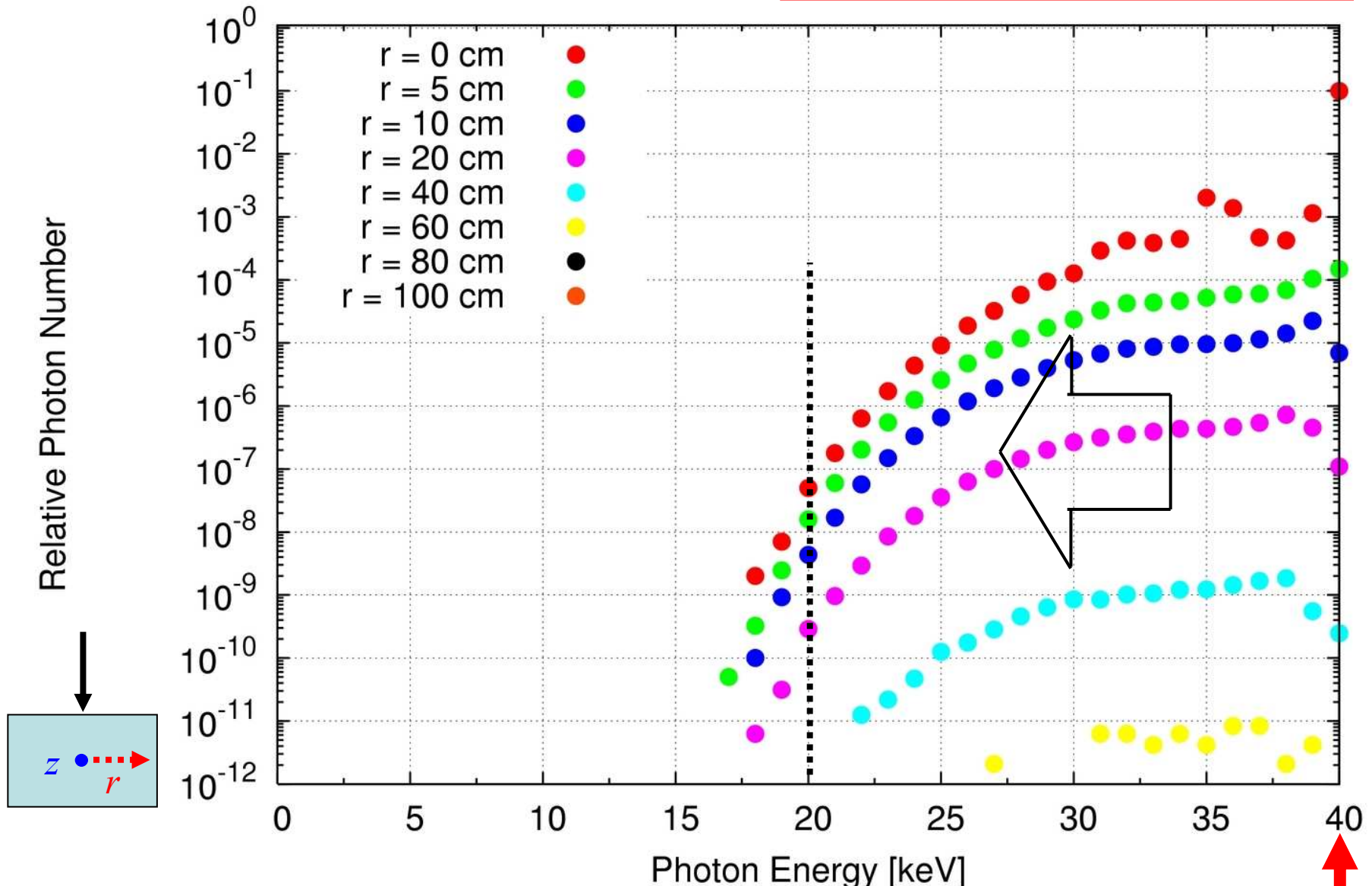
ブロードビーム: ペンシルビームの集合

【計算パラメータ: PEGS・EGS】

- $IRAYLR = 1/INCOHR = 1$: 電子の束縛を考慮
- $IEDGFL = 1$: K-/L-特性X線の発生を考慮
- $PCUT = 0.001$: 光子のカットオフを1 keVに設定
(水中でのMFP: 0.025 mm)
- 電子の追跡は行わない

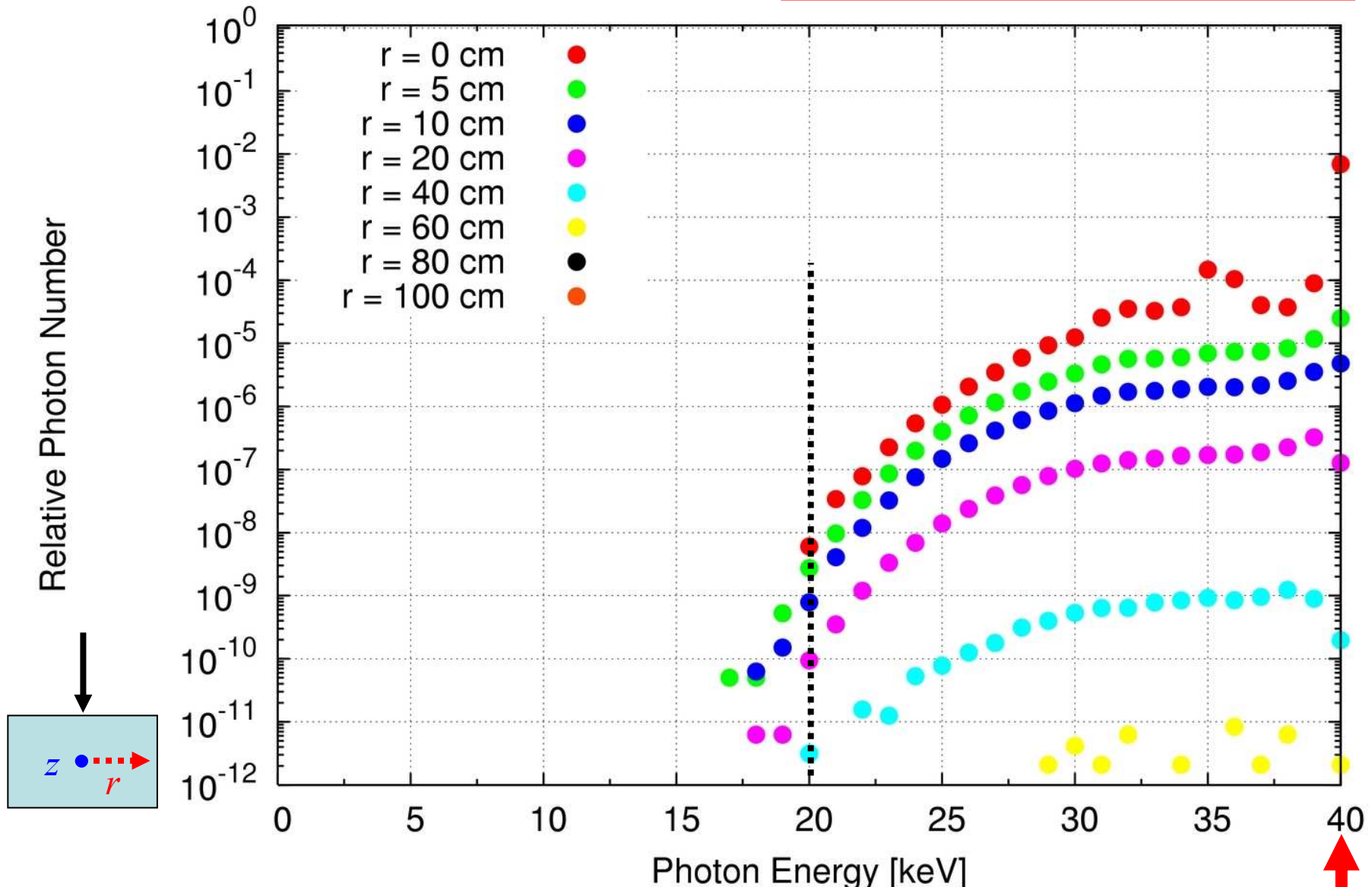
【計算結果：X線エネルギースペクトル】

Photon Energy Spectra in Water: Incident Photon = 40 keV, $z = 10$ cm



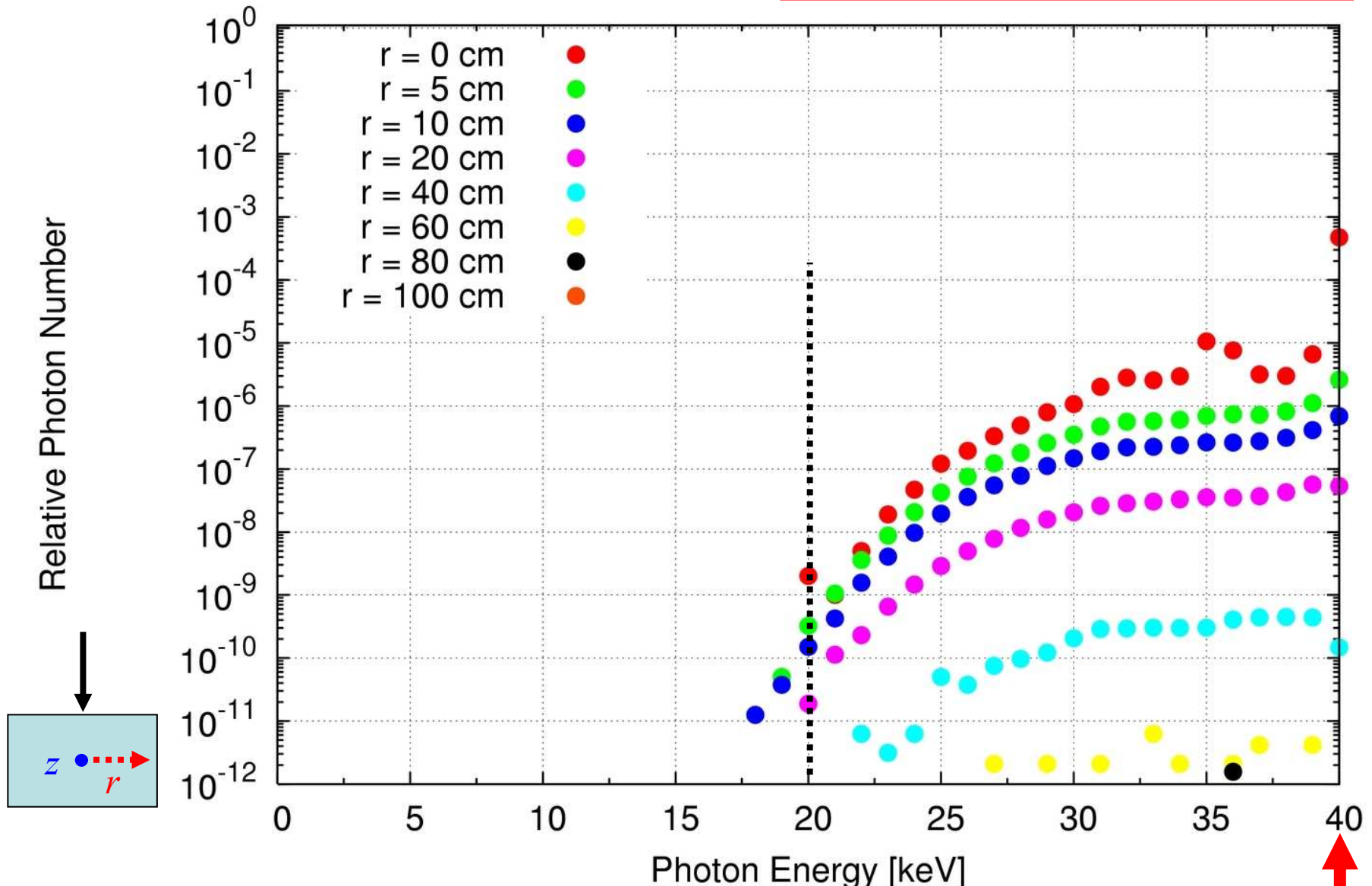
【計算結果：X線エネルギースペクトル】

Photon Energy Spectra in Water: Incident Photon = 40 keV, $z = 20$ cm



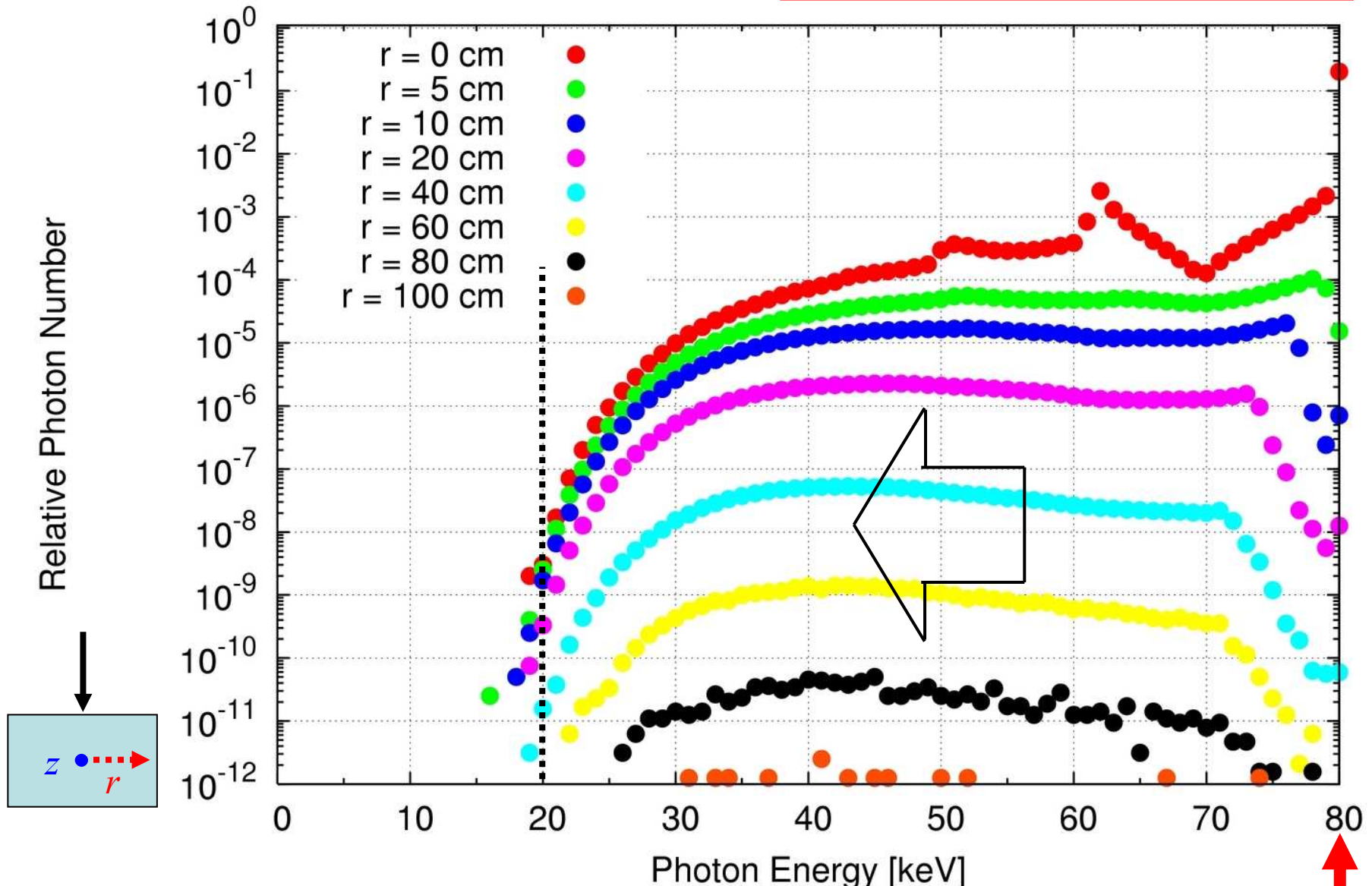
【計算結果：X線エネルギースペクトル】

Photon Energy Spectra in Water: Incident Photon = 40 keV, z = 30 cm



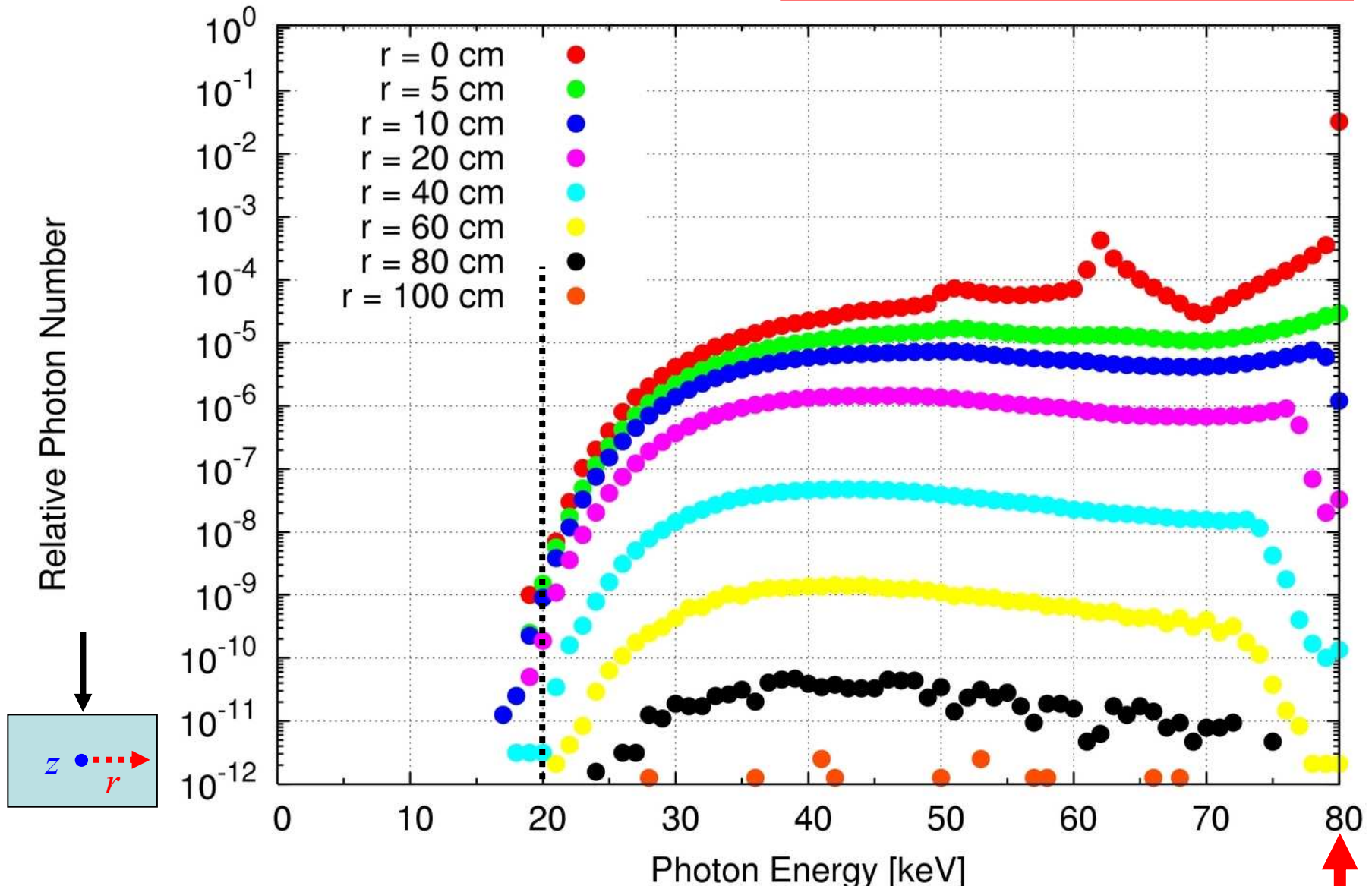
【計算結果：X線エネルギースペクトル】

Photon Energy Spectra in Water: Incident Photon = 80 keV, $z = 10$ cm



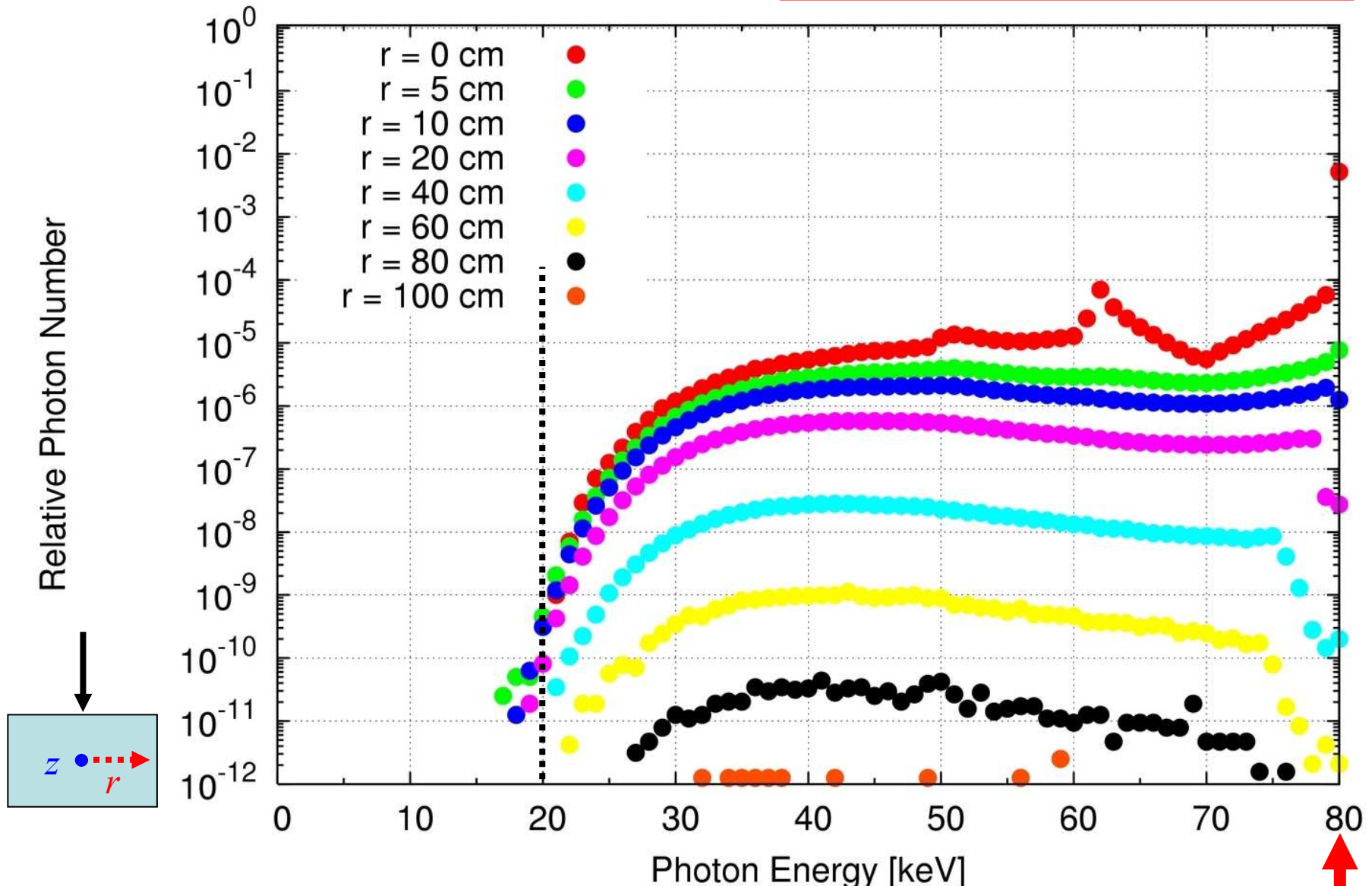
【計算結果：X線エネルギースペクトル】

Photon Energy Spectra in Water: Incident Photon = 80 keV, $z = 20$ cm



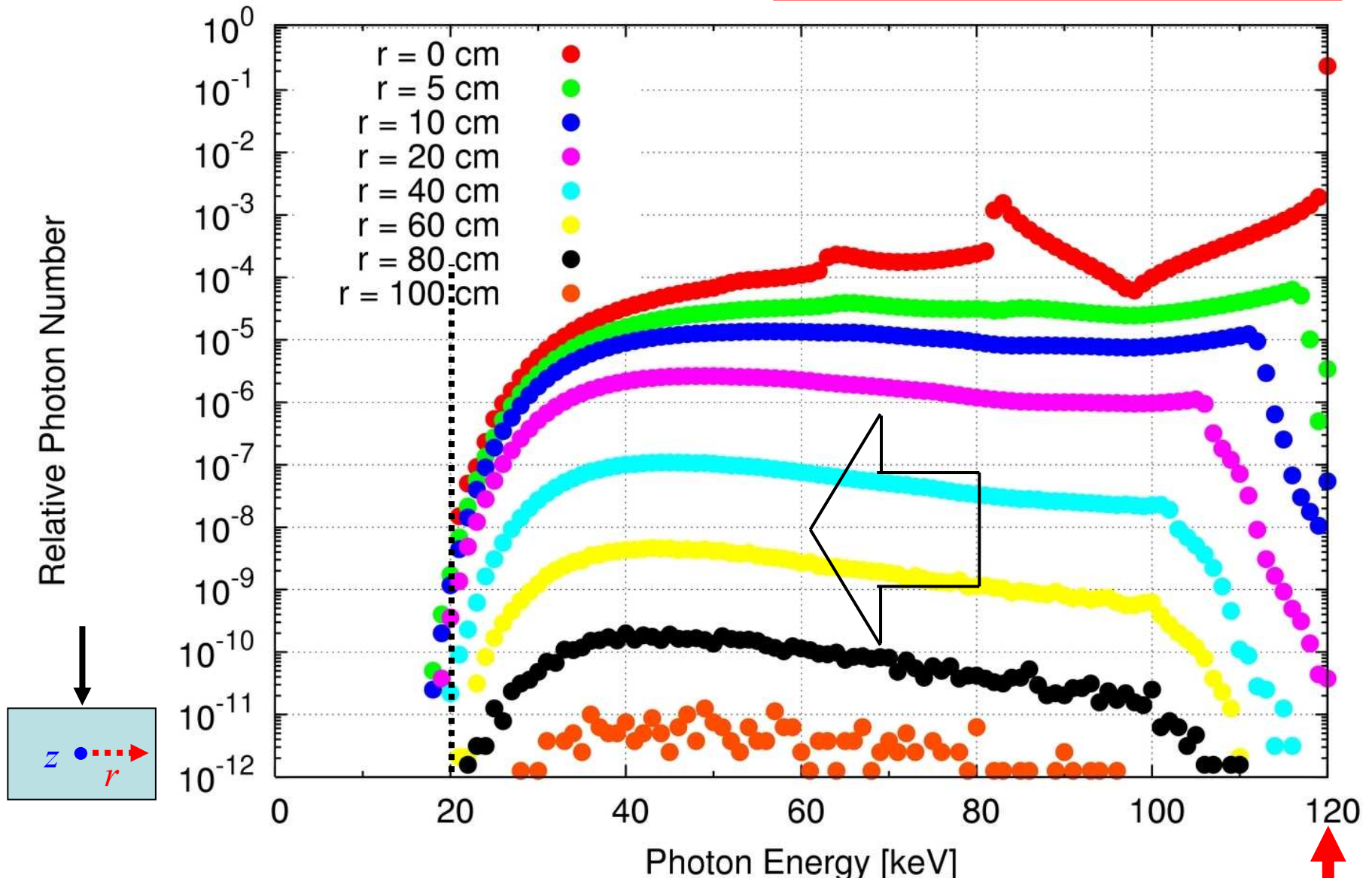
【計算結果：X線エネルギースペクトル】

Photon Energy Spectra in Water: Incident Photon = 80 keV, $z = 30$ cm



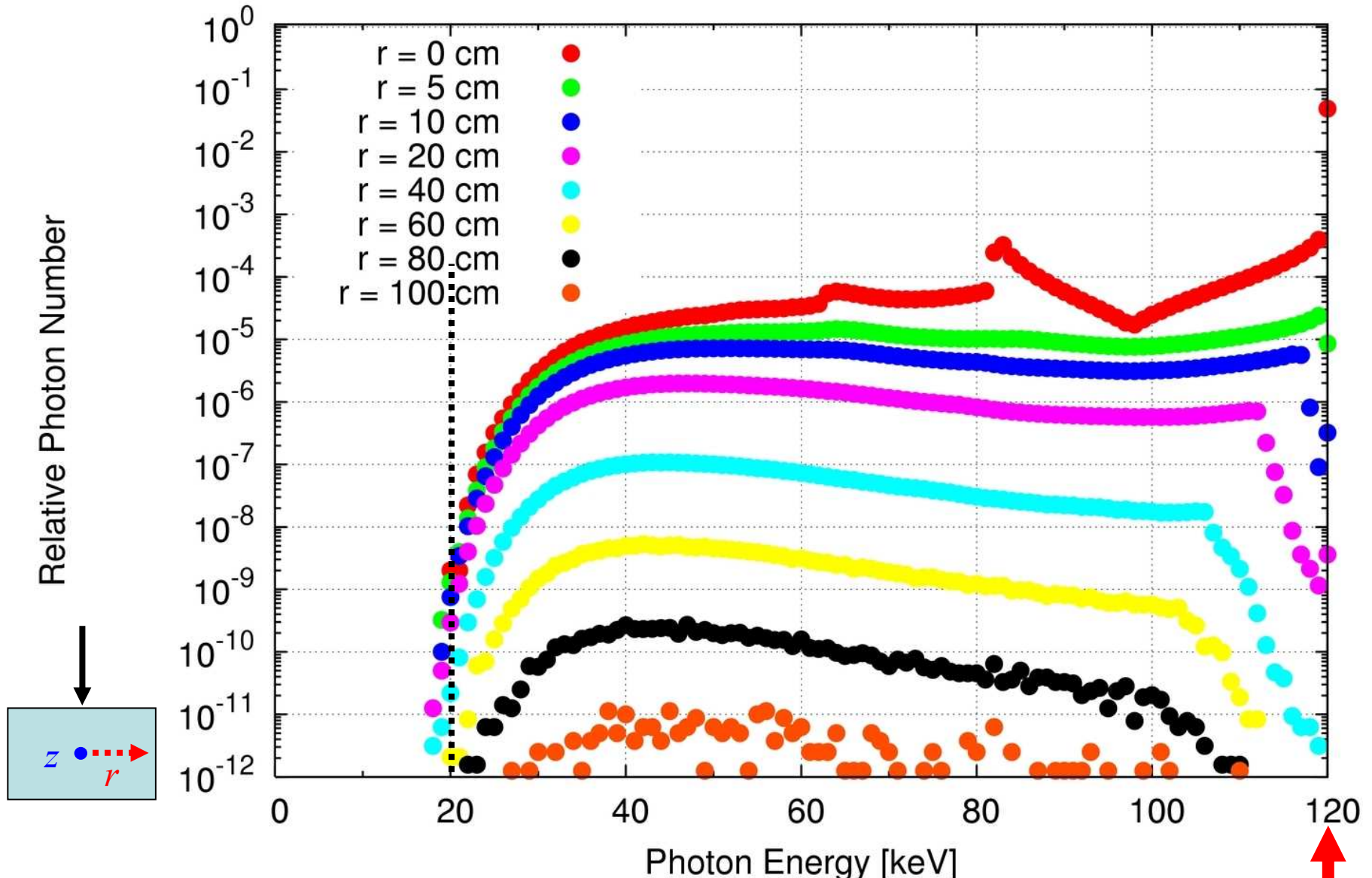
【計算結果：X線エネルギースペクトル】

Photon Energy Spectra in Water: Incident Photon = 120 keV, $z = 10$ cm



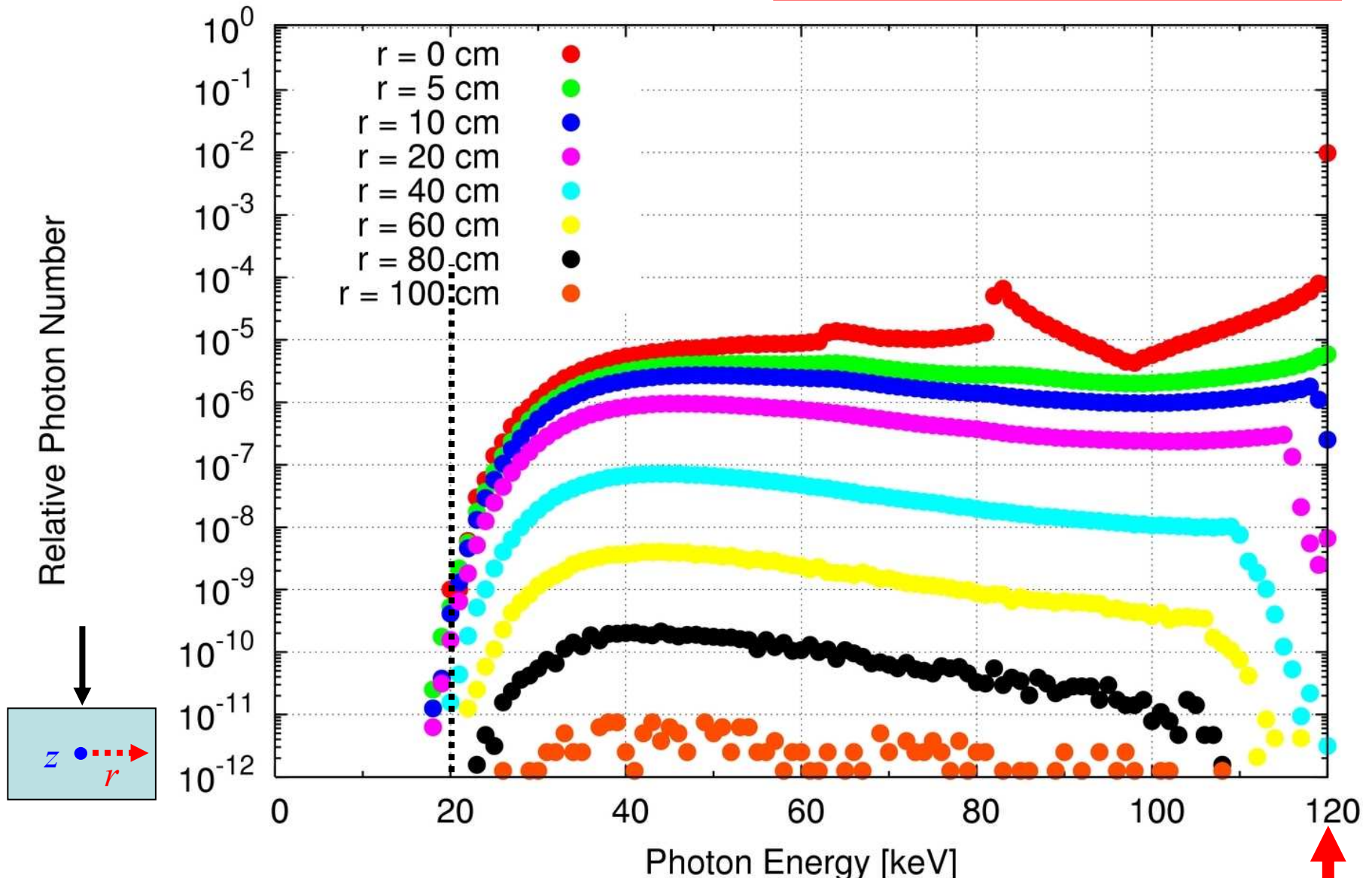
【計算結果：X線エネルギースペクトル】

Photon Energy Spectra in Water: Incident Photon = 120 keV, z = 20 cm



【計算結果：X線エネルギースペクトル】

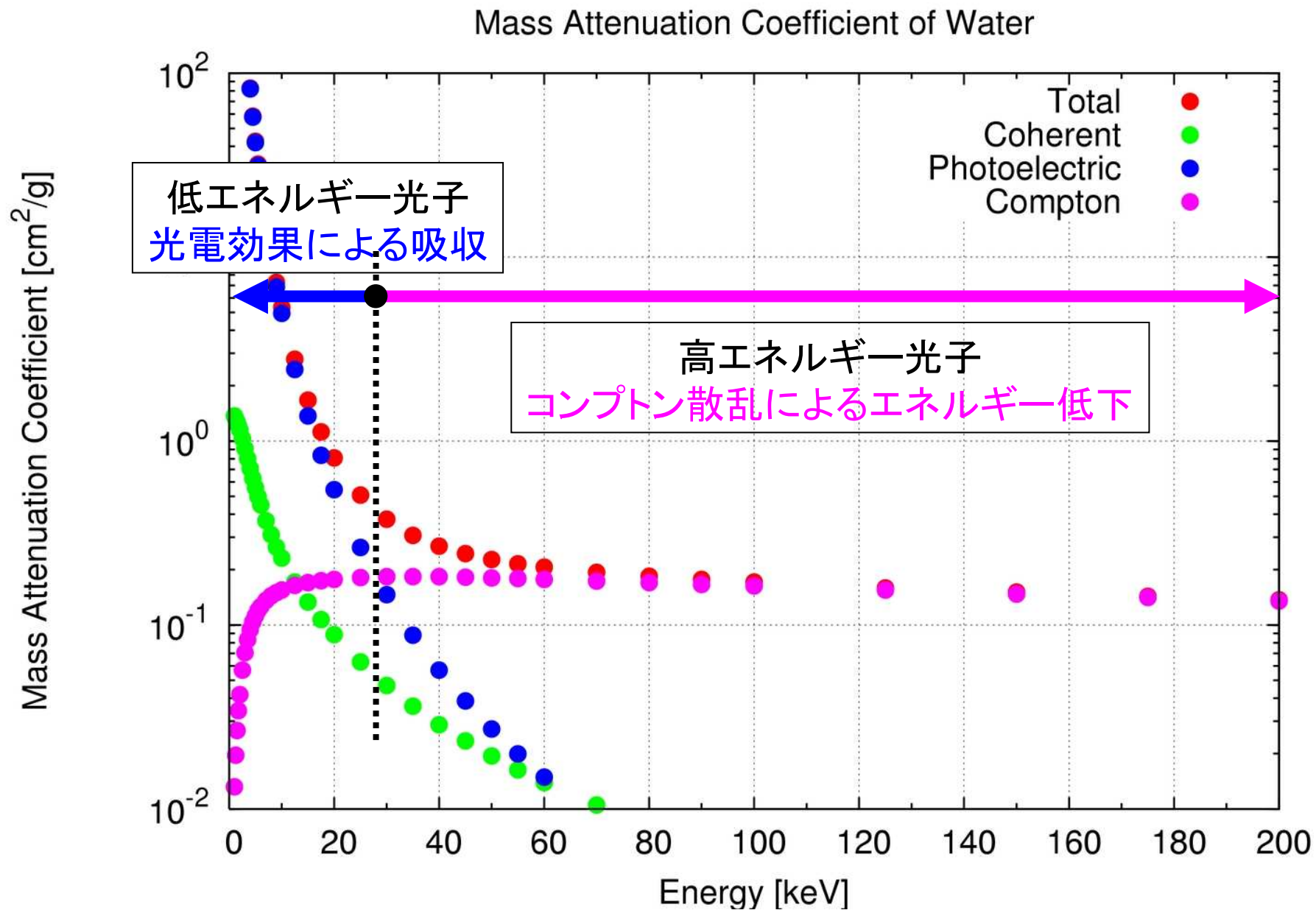
Photon Energy Spectra in Water: Incident Photon = 120 keV, $z = 30$ cm



【まとめ：X線エネルギースペクトル】

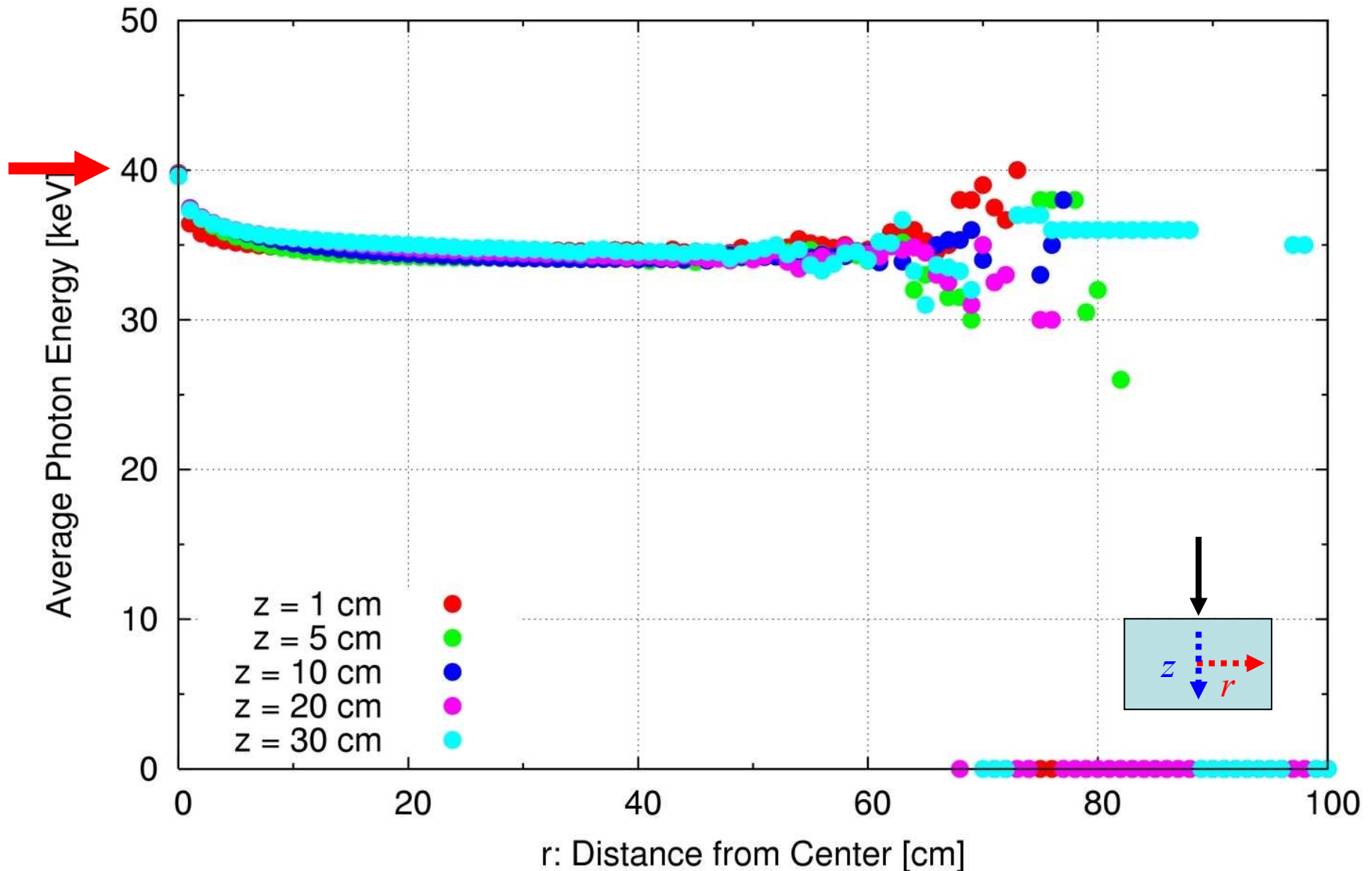
- ・水ファントム内には、入射X線より低いエネルギーを持つ光子が存在
- ・入射位置より離れるにつれて(= r が大きくなるにつれて)、相対的に高エネルギー光子が減少
- ・光子エネルギーの下限は、20 keV程度

【水中における各相互作用が生じる確率】



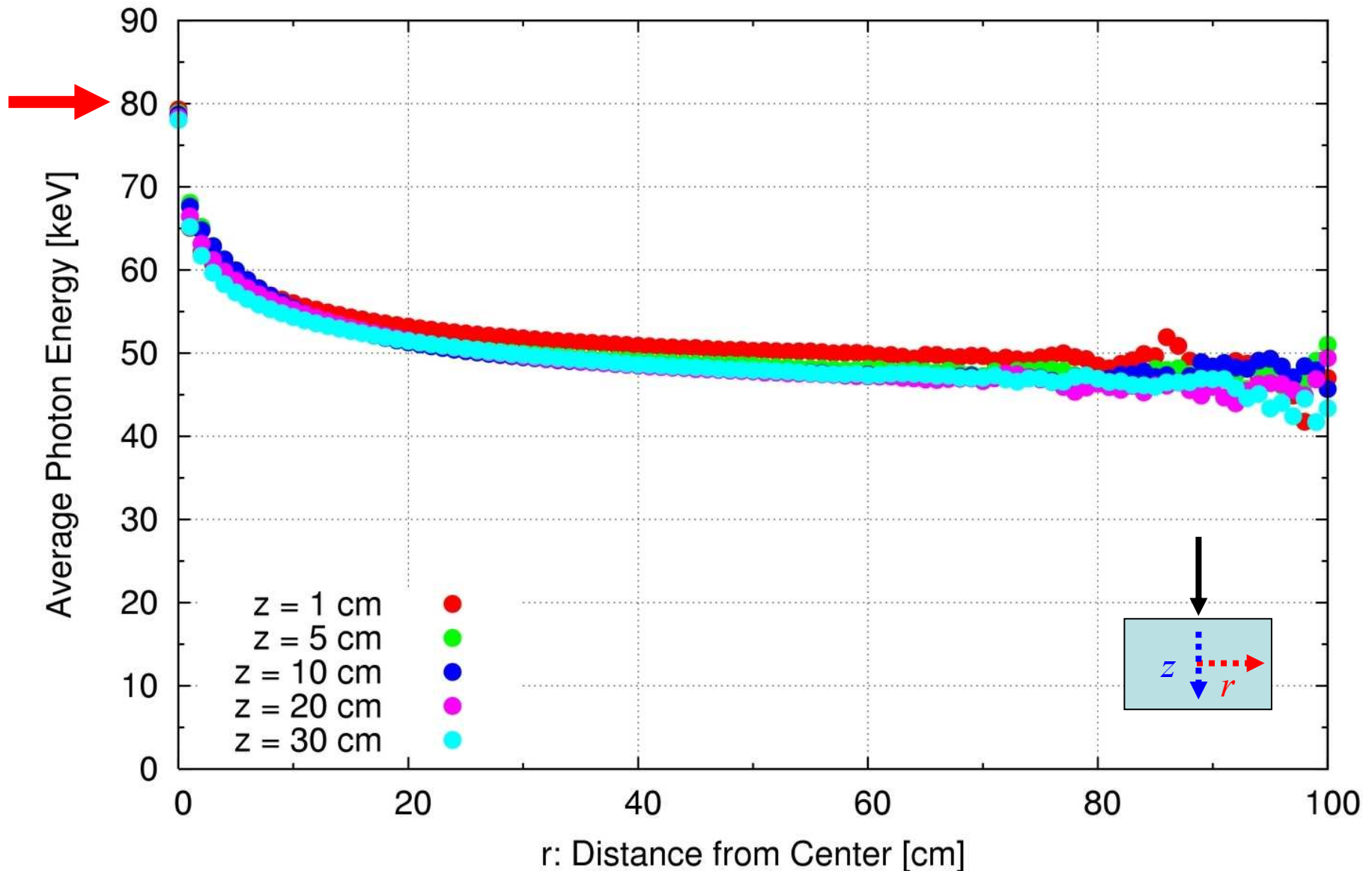
【計算結果：平均エネルギー】

Average Photon Energy in Water Phantom: Incident Photon = 40 keV



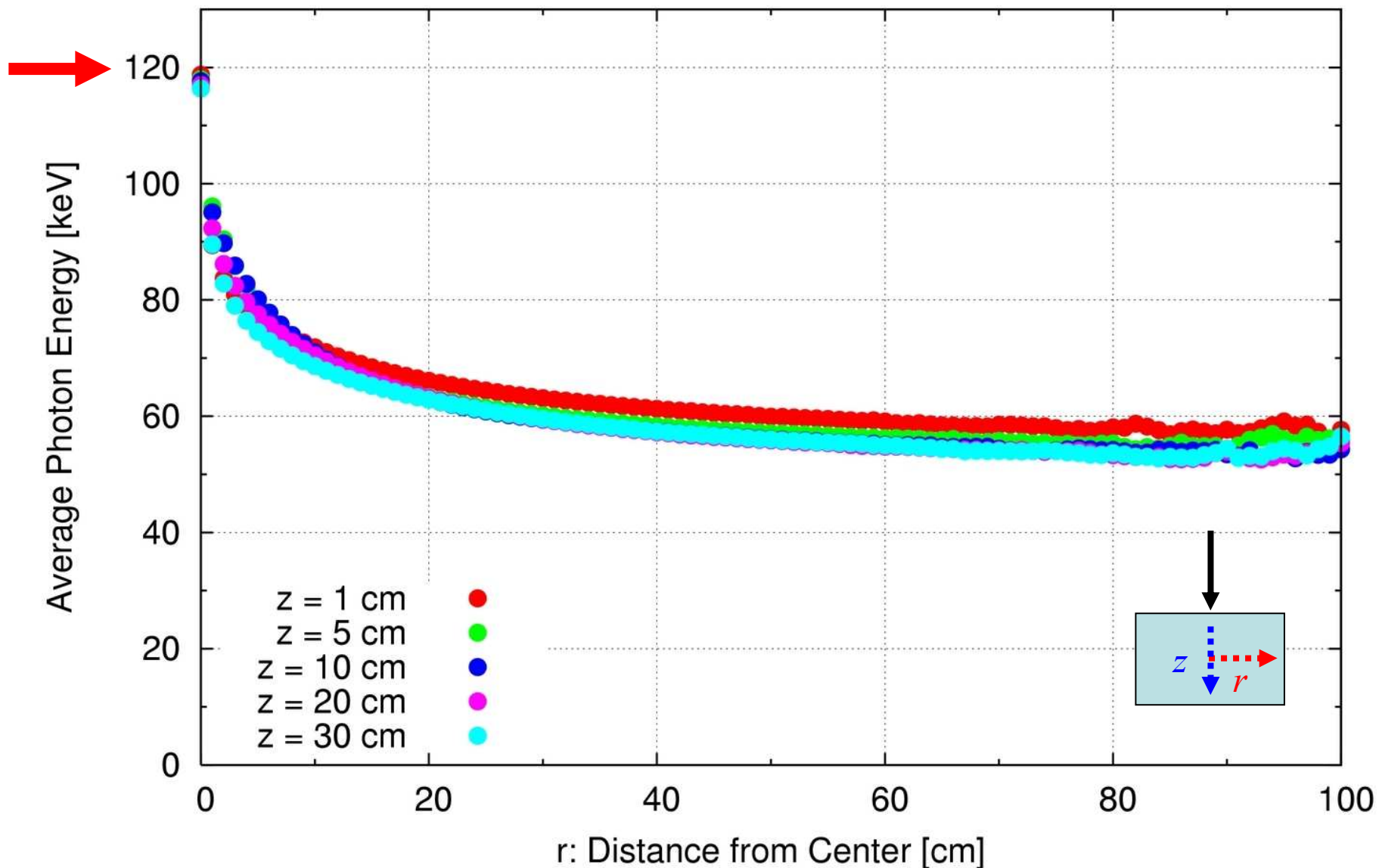
【計算結果：平均エネルギー】

Average Photon Energy in Water Phantom: Incident Photon = 80 keV



【計算結果：平均エネルギー】

Average Photon Energy in Water Phantom: Incident Photon = 120 keV



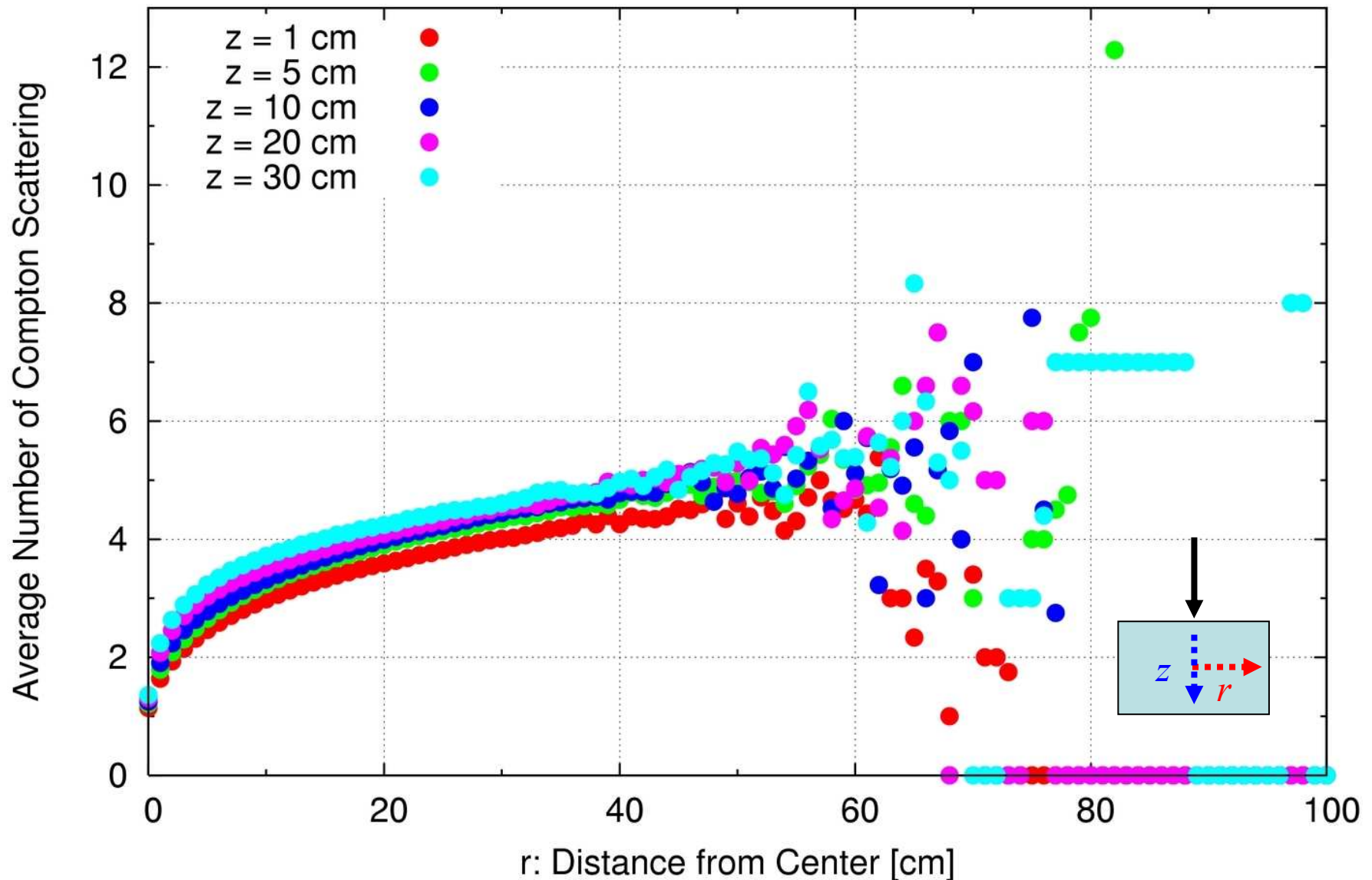
【まとめ：平均エネルギー】

- ・入射位置より離れるにつれて(= r が大きくなるにつれて)、
平均エネルギーが低下

 X線エネルギースペクトルにおける
高エネルギー成分の減少

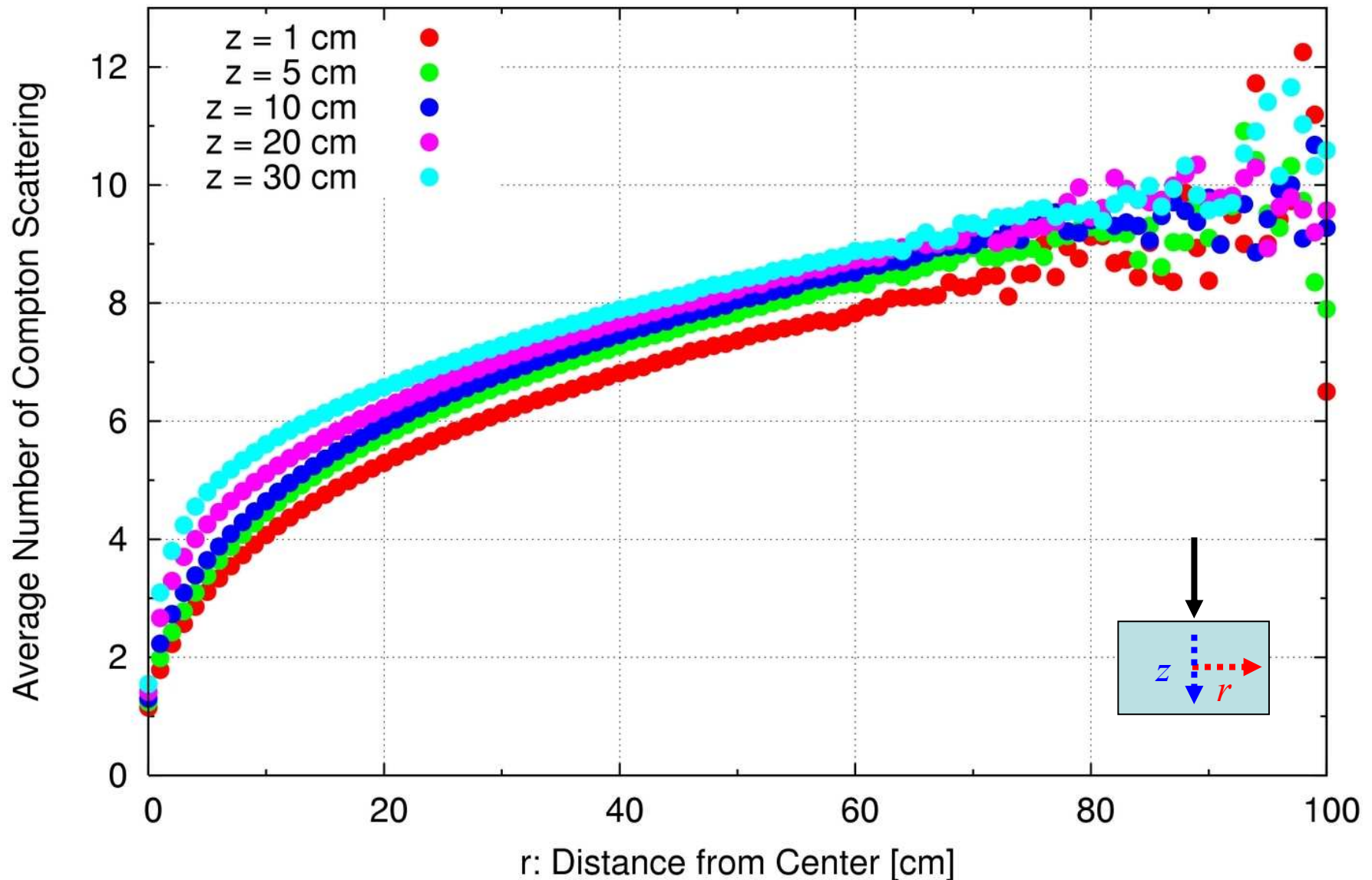
【計算結果：平均コンプトン散乱回数】

Average Number of Compton Scattering in Water: Incident Photon = 40 keV



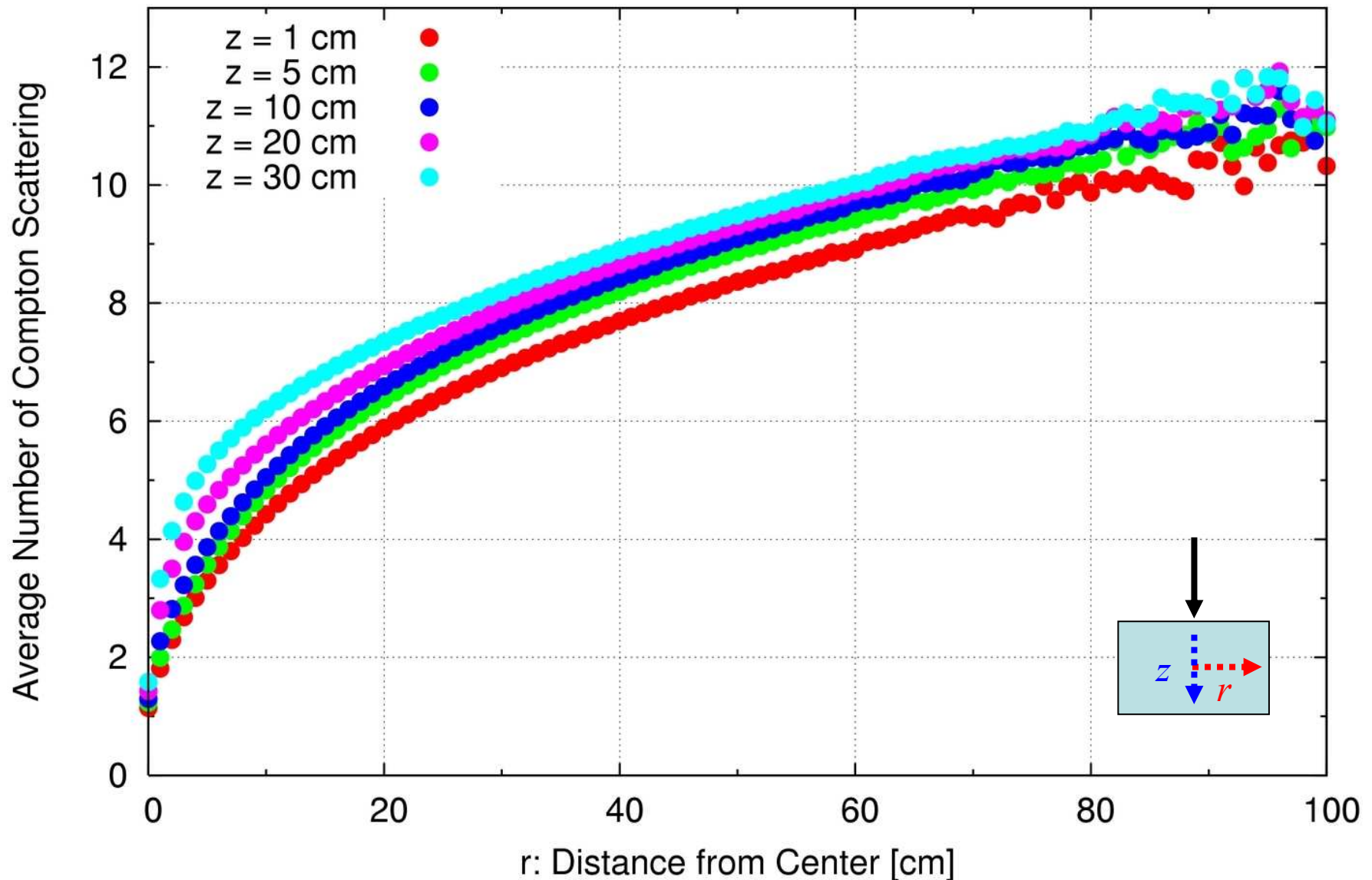
【計算結果：平均コンプトン散乱回数】

Average Number of Compton Scattering in Water: Incident Photon = 80 keV



【計算結果：平均コンプトン散乱回数】

Average Number of Compton Scattering in Water: Incident Photon = 120 keV



【まとめ：平均コンプトン散乱回数】

- ・入射位置より離れるにつれて(= r が大きくなるにつれて)、平均コンプトン散乱回数が増加

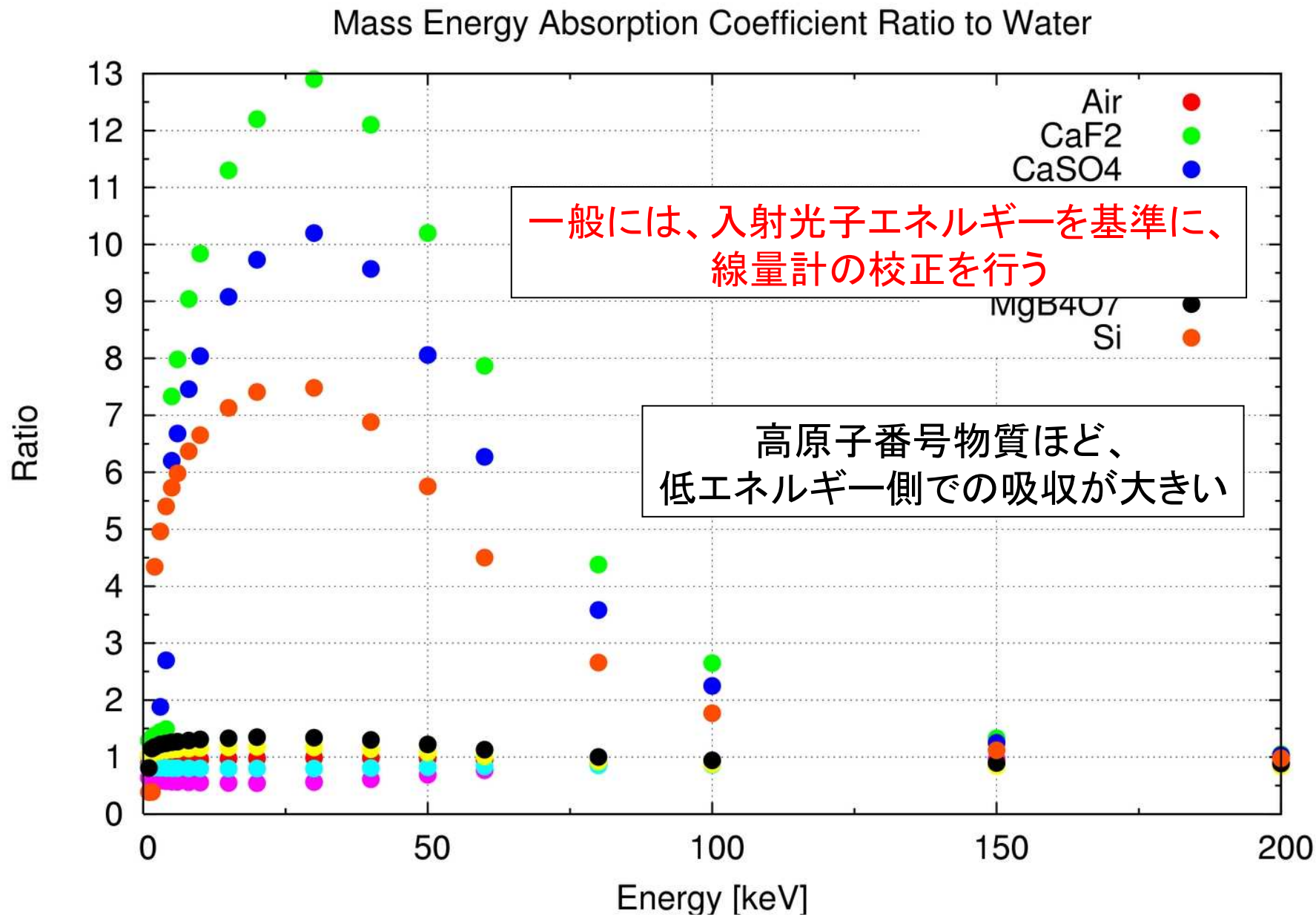
← X線エネルギースペクトルにおける
高エネルギー成分の減少

- ・入射光子エネルギーが大きい程、平均コンプトン散乱回数が多い

← 高エネルギー領域では、コンプトン散乱が
支配的

- ・深くなるにつれて(= z が大きくなるにつれて)、平均コンプトン散乱回数が増加

【検出器に用いる物質のX線吸収特性】



【結論】

- ・水ファントム内におけるX線エネルギースペクトルは、入射X線のエネルギースペクトルとは異なる。

← コンプトン散乱に起因する低エネルギー光子の寄与

- ・原子番号が水と異なる物質を線量計に用いた場合、測定誤差を生む可能性がある。

← 組織等価物質を用いた線量測定の必要性を示唆