

放射線取扱い

X-線生成装置

ISBN978-4-905025-03-0

大学等放射線施設協議会

113-0032 東京都文京区弥生2-11-16
東京大学アイソトープ総合センター内
電話: 03-5841-3058 Fax: 03-5841-3050
E-mail: kyogikai@ric.u-tokyo.ac.jp

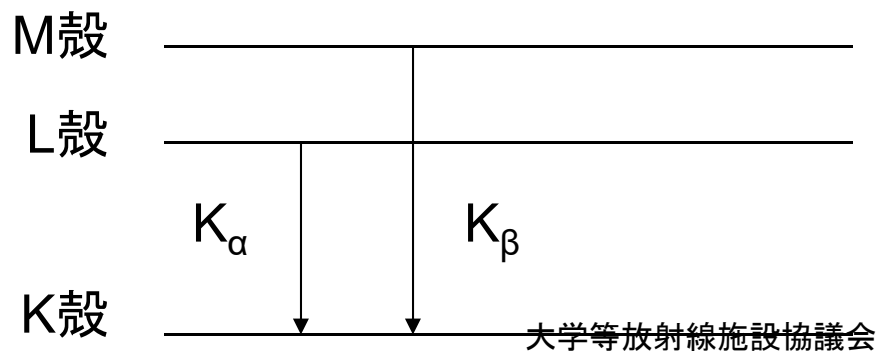
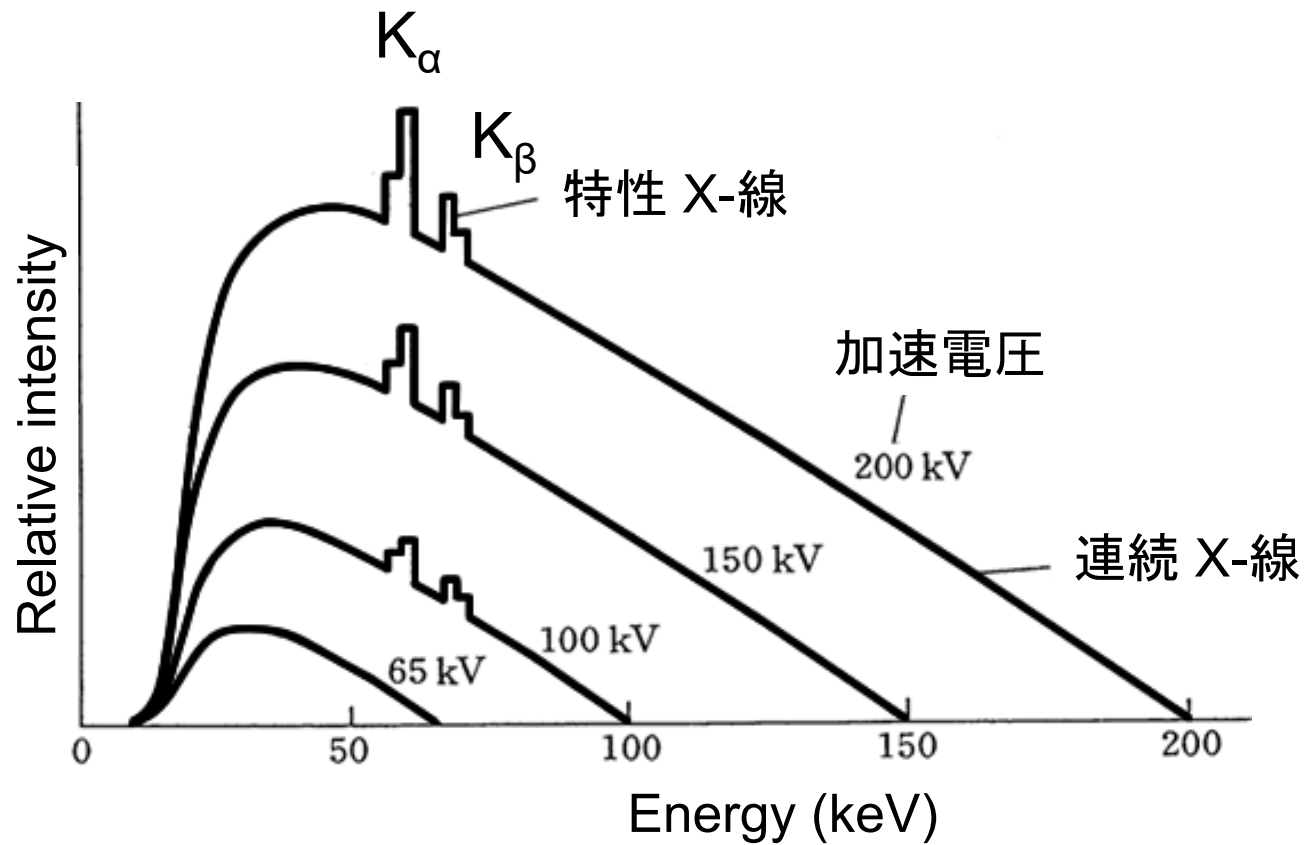
目次

- X-線の物理基礎
- X-線の遮蔽

1. X-線の基礎的物理

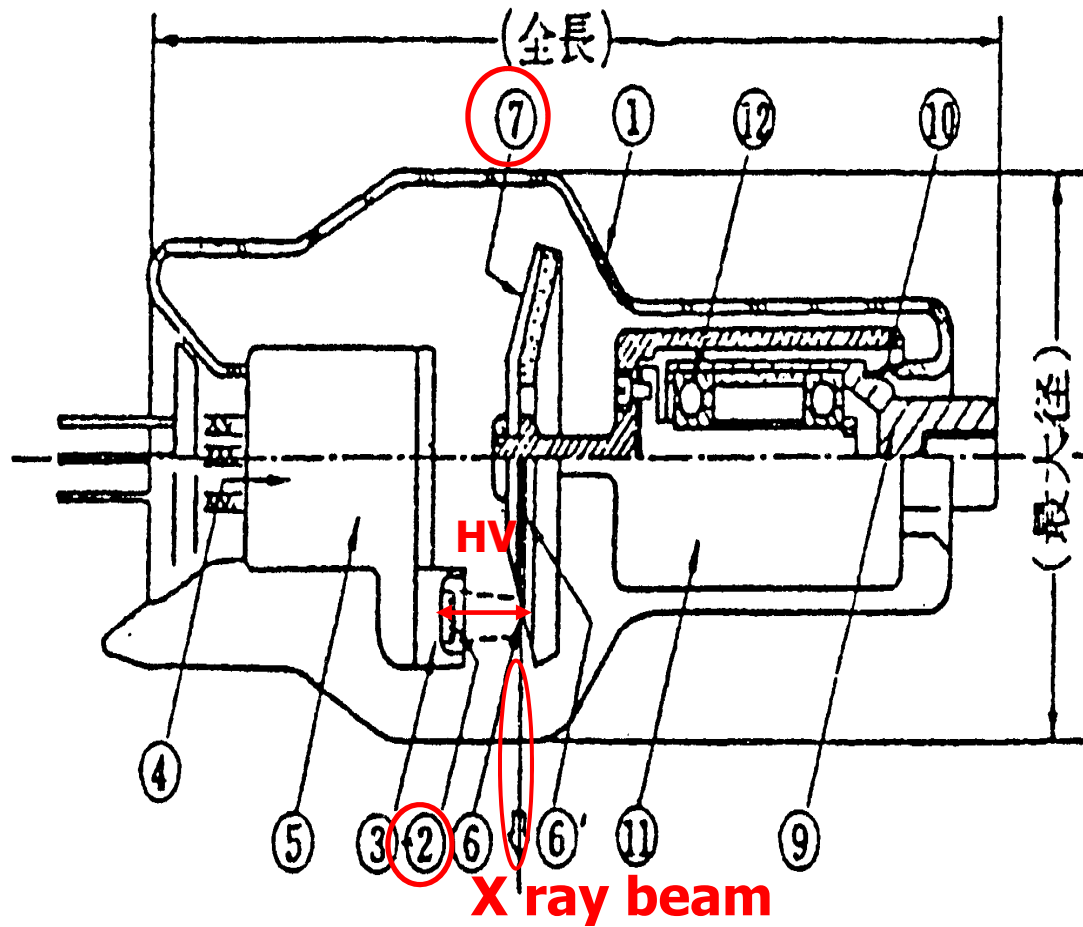
1.1 X-線の生成

- 特性 X-線
 - 原子の脱励起で生成
 - 固有の波長 ⇒ 元素の分析
- 制動放射 (Bremsstrahlung)
 - 荷電粒子の加速によって生成
 - 連続スペクトル



$$E = hc/\lambda_{K\alpha} = W_K - W_L$$

1.2 X-ray tube



1. Glass valve
2. W coil filament
3. Focus electrode (Fe, NI)
4. Stem (Lead thru)
5. Cathode sleeve (Fe, NI)
6. Focus point (X-ray source)
- 6'. Focus trace (ring)
7. Target (Fe, W alloy etc)
9. Anode axis for rotation
10. Kobal ring (Fe alloy-glass)
11. Anode Rotor
12. Bearing with lubricant

1.3 X-線と物質の相互作用

1.3.1 減衰と吸収

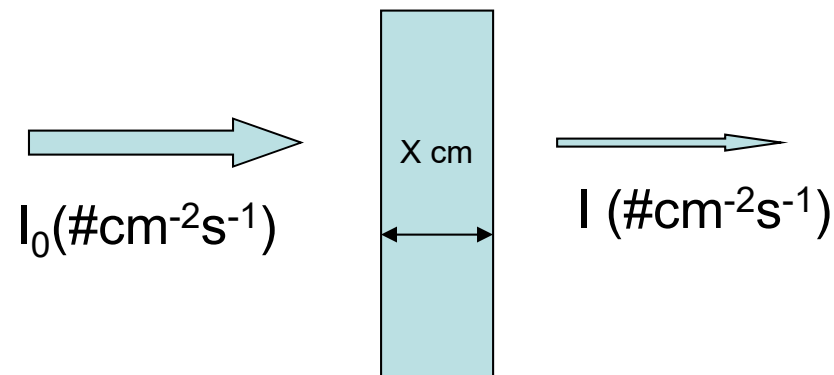
入射フラックス I_0 ($\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), 透過フラックス I ($\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

$$-\frac{dI}{I} \propto dx = \mu x, \quad I = I_0 \exp(-\mu x) = I_0 \exp\left(-\left(\frac{\mu}{\rho}\right) \rho x\right),$$

μ : 線減衰係数 (cm^{-1})

μ/ρ : 質量減衰係数 (cm^2/g)

状態によらない (例. 液体の水か水蒸気か)

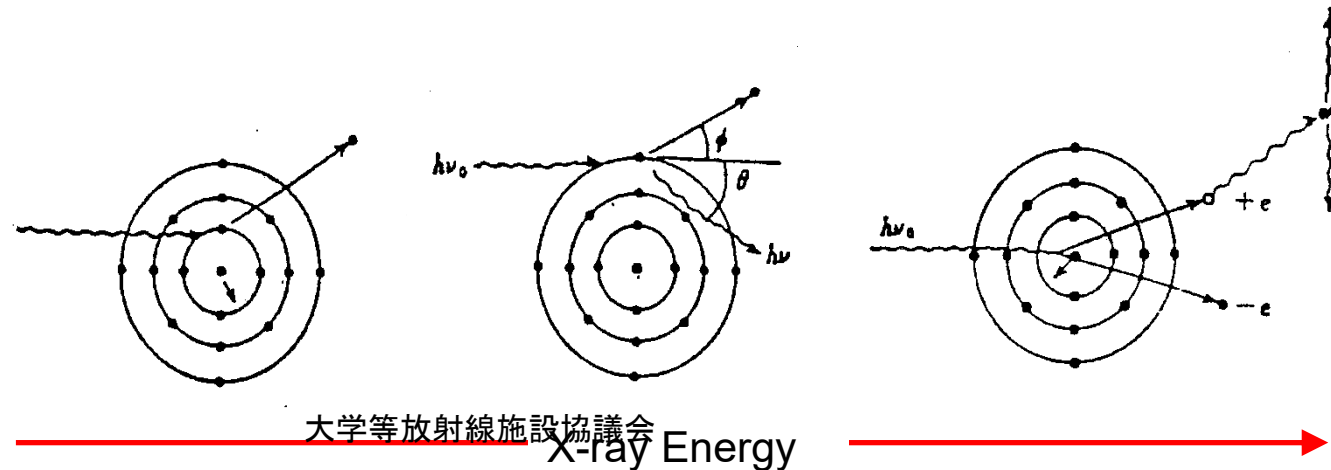


1.3.2 光電効果

1.3.3 コンプトン散乱

1.3.4 電子・陽電子対生成

	光電効果	コンプトン散乱	電子・陽電子対生成
表記	$\mu(\text{pht})$	$\mu(\text{com})$	$\mu(\text{ept})$
生成粒子	電子	電子、光子	電子・陽電子対
エネルギー	$E_e = E_x - W_n$	$E_e = 0 \sim E_{\text{max}}$	$2 \times 0.511\text{MeV}$



1.4 X-線の強度

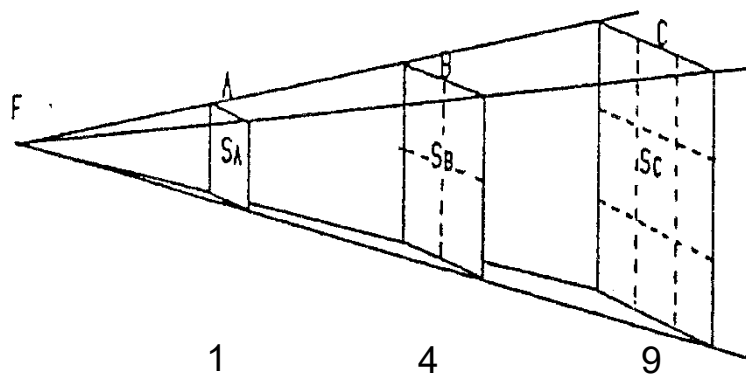
線源から x cm 離れた場所のX-線強度:

$$I \left[\frac{\#}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}} \right] = S \left[\frac{\#}{\text{s}} \right] \cdot \frac{1}{4\pi d^2} \cdot \exp(-\mu x)$$

d : 線源 F からの距離, [cm]

x : 遮蔽物の厚さ, [cm]

μ : 遮蔽物の線吸収係数 [cm^{-1}]



1.5 X-線 線量計

種類	長所	短所
電離箱 有効範囲 30 keV ~ 1.5 MeV	正確 エネルギー応答特性良 (Sv/D)	あらゆるエネルギーのX線に対して感度が低い
GM (ガイガー-ミュラー) 比例計数管 有効範囲 100 keV ~ 1.5 MeV	高感度 ガス増幅 通常のサーベイに使いやすい	デッドタイムが長い (~200 μ S) → カウントロス 低エネルギーX線に対する感度が低い
シンチレーション・カウンター 半導体検出器 有効範囲 100 keV ~ 1.5 MeV	高感度 μ 値が大きい(固体)	低エネルギーX線、 γ 線に対する感度が低い

2. 放射遮蔽

2.1 放射遮蔽の基礎

- 放射遮蔽の原理(ICRP2007)
 - 正当化
 - 遮蔽の最適化
被ばく量を、できるだけ小さく (as low as reasonably achievable = ALARA)
 - 線量制限値
- 外部被ばくからの遮蔽の原理
 - 作業時間を短くする
 - 放射線源から距離をとる
 - 遮蔽物を使う

2.2 X-線 発生器の安全な取り扱い

- X線ビーム中に身体の一部を入れない
- 試料交換時には必ず電源を切ってX線生成を止める
- X線を止められない時には、シャッターが閉じていることを確認する
- 作業時間が最短となるよう、作業方法と装置を最適化する
- 放射線遮蔽を使用する
- X線の散乱や漏れにも注意する

2.3 X-線の遮蔽

- X-線装置を取り囲む
 - 鉛シート、鉛ガラス、重金属入りの透明プラスチックなどをX線のエネルギーに応じて使う
- 遮蔽の厚さを計算する
 - 生成されるX線の最大エネルギーに対して計算
 - 一例として、50 kV のX線生成器は 1-mm厚の鉛シートで遮蔽できる

2.4 放射線管理区域

- 有効線量が 1.3 mSv / 3ヵ月を超える可能性がある区域
- アクセス可能なエリアは、有効線量1 mSv / 週 以下とする
- 「放射線管理区域」と示された標識を示す
- 放射線は、壁やスクリーンによって遮蔽される

2.5 個人線量計

Type	Film badge	Thermo Luminescence	Luxel Badge	Glass badge	Electric SSD
Detection limit (H1cm)	100 μ Sv	1 μ Sv	0.5 μ Sv	1 μ Sv	0.01 μ Sv
Measuring range (Sv)	100 μ ~ 0.1	10 μ ~ a few	10 μ ~ 10	10 μ ~ 10	0.01 ~ 99.9 μ 1.0 ~ 999 μ
Energy dependency	Strong	Strong	Medium	Strong	Weak
Fading	No	Medium	Weak	No	No
Remarks	Not used now	Repeated use	Repeated Use	Repeated read out	Real time Electric noise

ルクセルバッジ (長瀬)



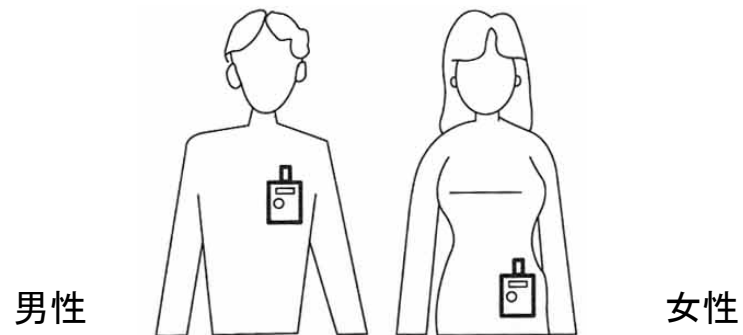
ガラスバッジ (千代田)



電子線量計



線量の変化が少ない定常的な作業に用いる



大学等放射線施設協議会

線量の変化が大きい短時間の作業に用いる