

放射線の利用

農学・生物応用

- 放射線照射による突然変異
- 放射線照射による細胞の死滅
 - 特に細胞分裂が活発な部分

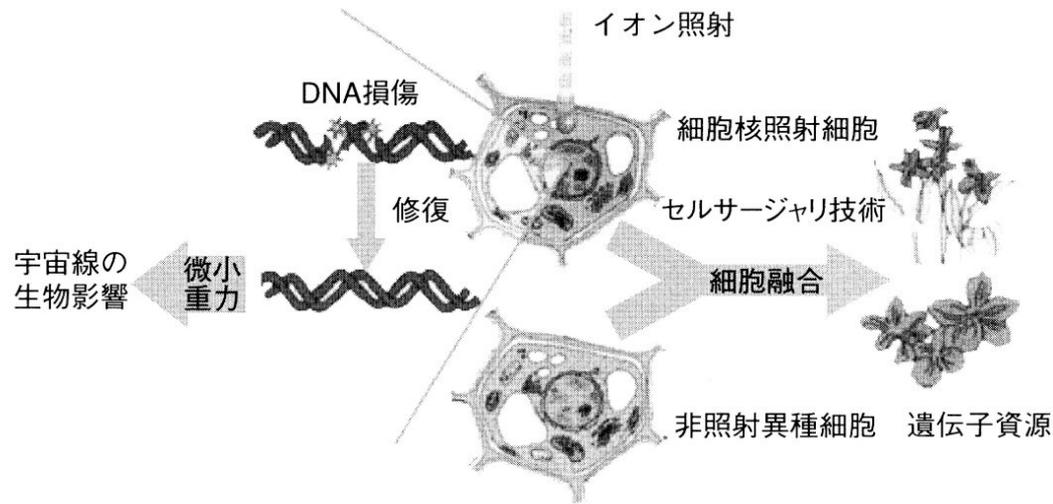
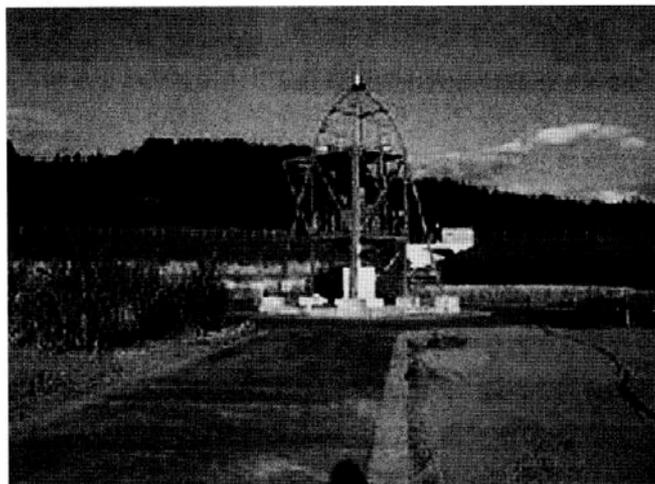
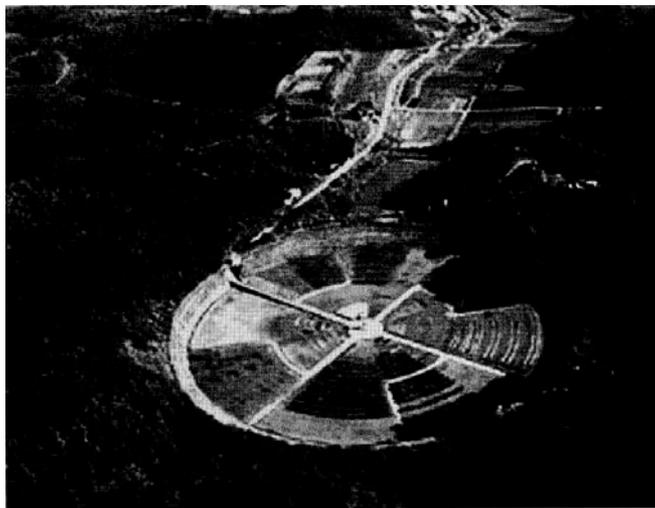


図 6.4 農業生物資源研究所放射線育種場
 上図. ガンマフィールド全景
 下図. 上部遮へい付き ^{60}Co ガンマ線照射塔
 (農業生物資源研究所放射線育種場提供)

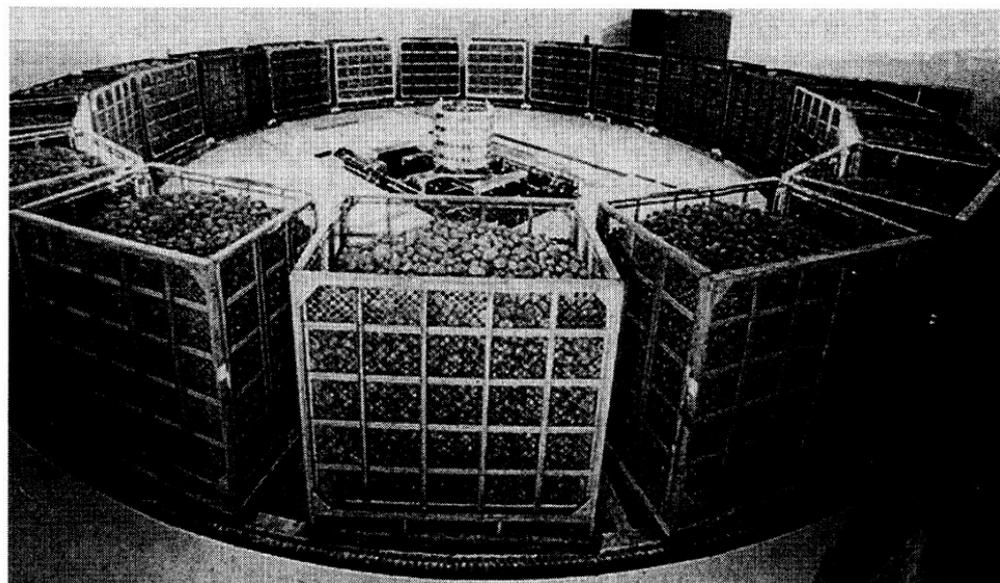
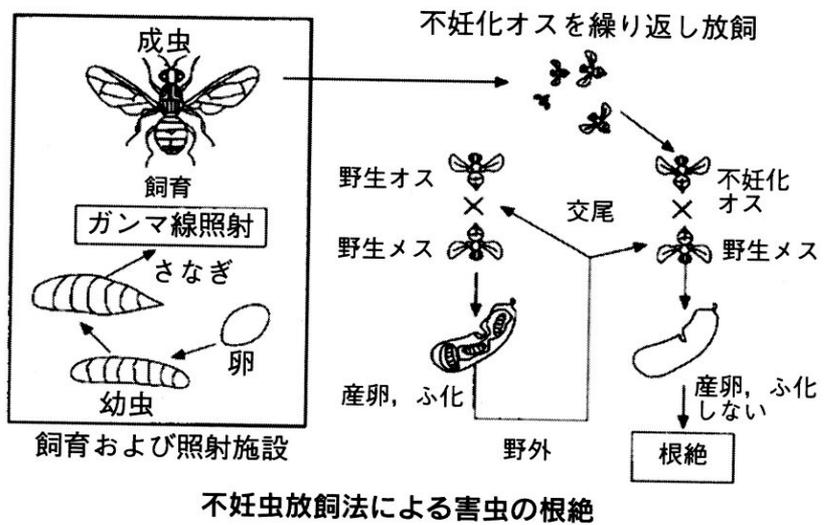
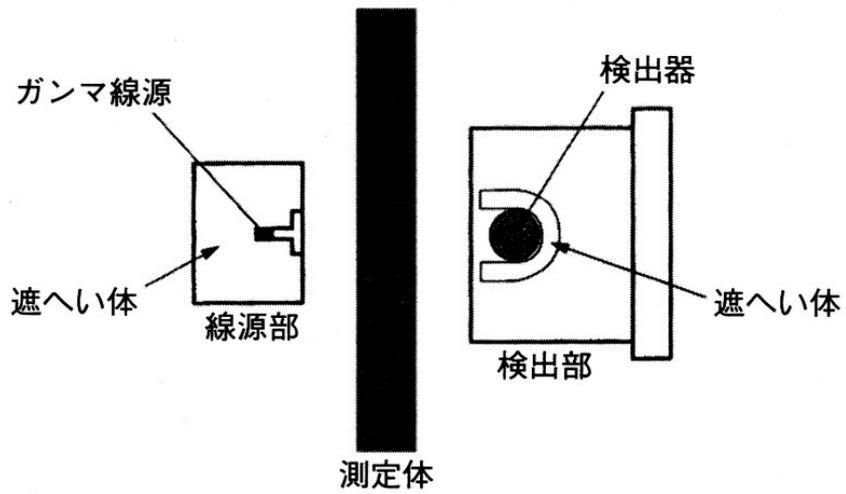


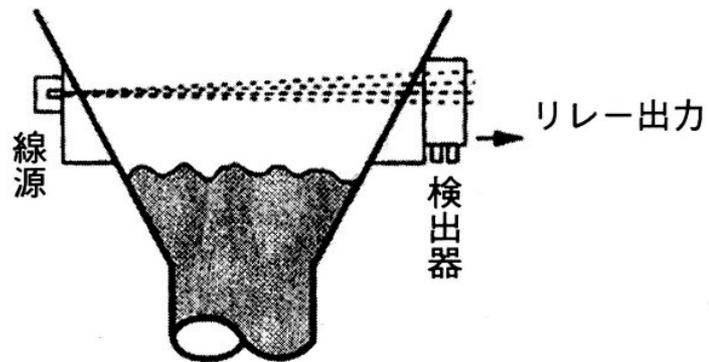
図 6.21 北海道士幌農協のジャガイモ芽止め用 ^{60}Co ガンマ線照射施設

工業利用

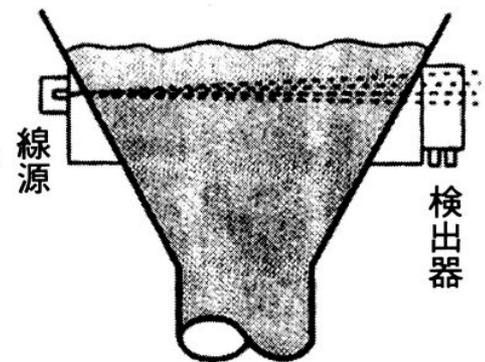
- 光子 物体を通過する量
 - 物体の厚さ，吸収係数の違い
- 光子 低エネルギー光子の励起
 - 元素固有の光子 ← 元素分析
- 光子，電子 物質の状態変化
- 電子，イオン 物質の加工
 - 削る，つなぐ...

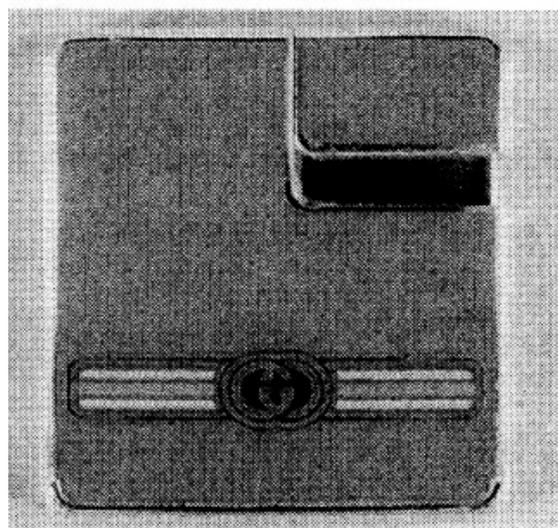


レベルが低のとき

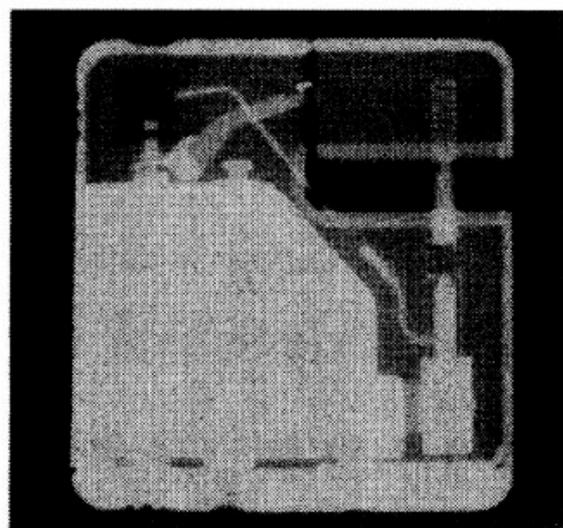


レベルが高のとき

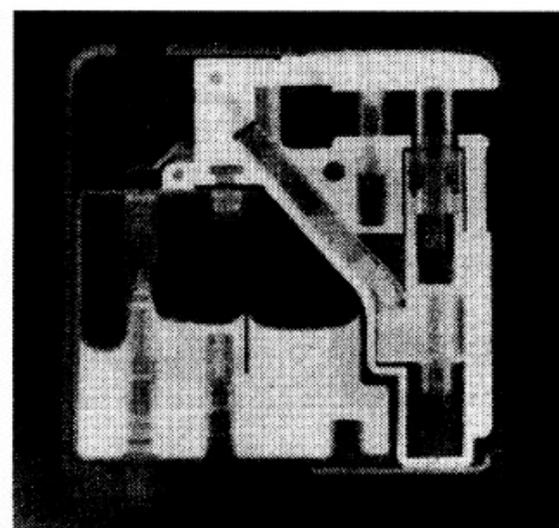




外觀



X線透過写真



熱中性子透過写真

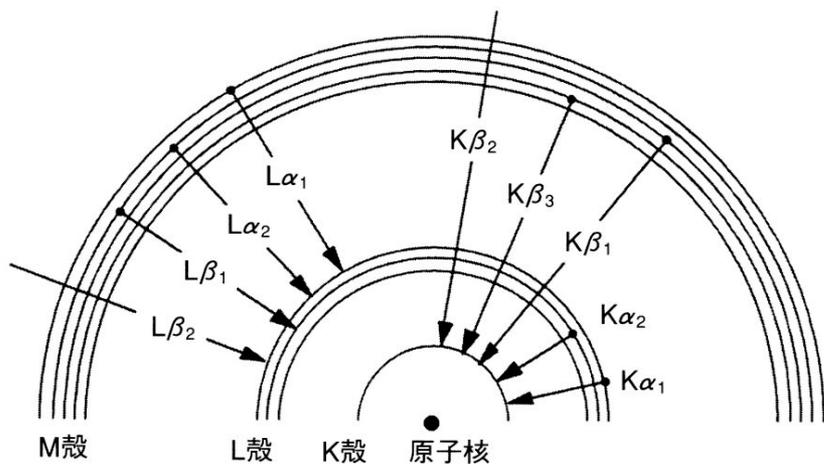
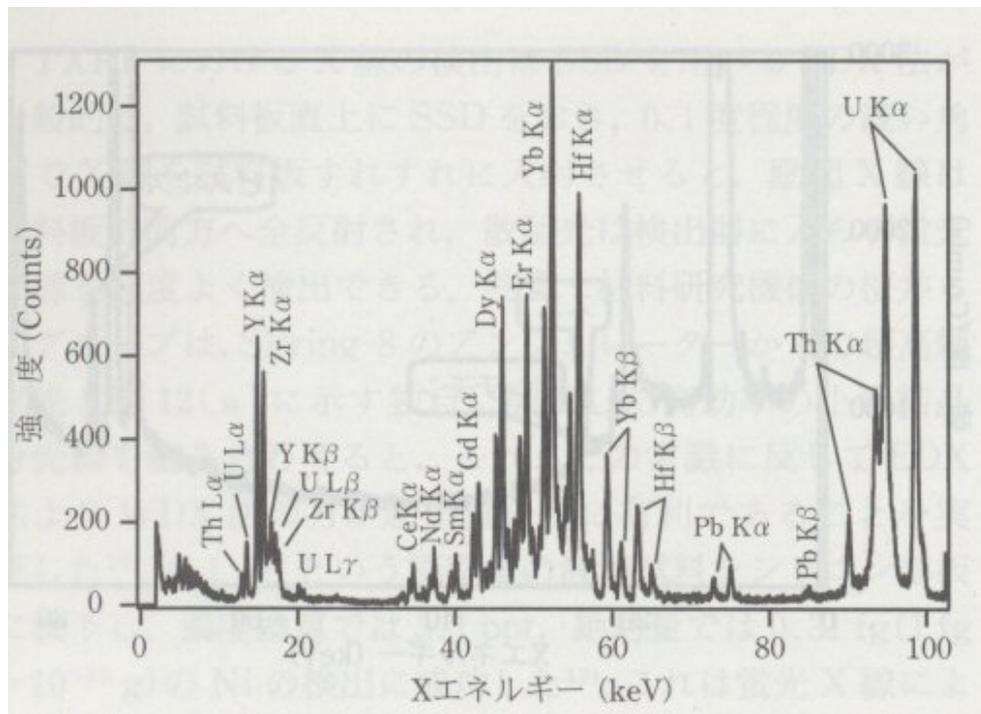
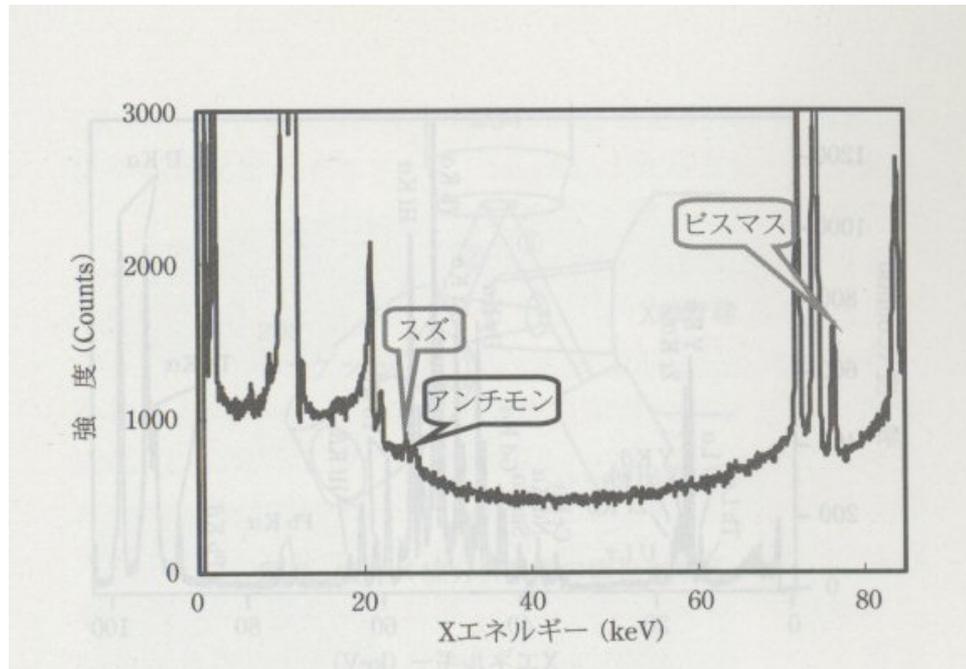
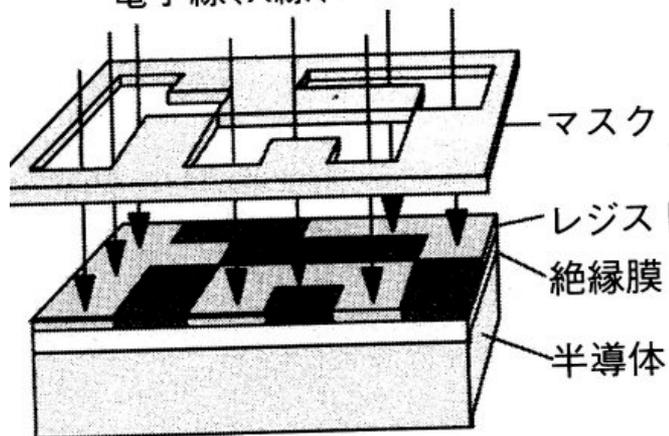


図 7.27 各種の蛍光 X 線



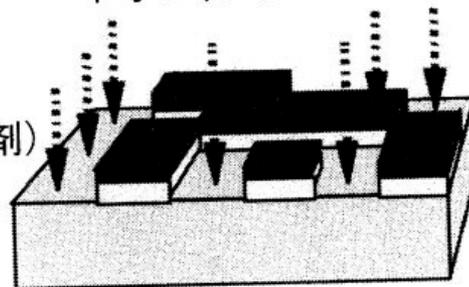
リソグラフィ／露光

電子線、X線、レーザ

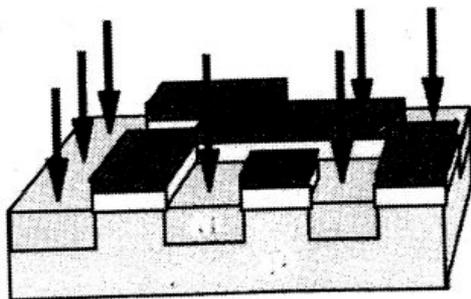


リソグラフィ／エッチング

イオン、プラズマ



不純物導入／イオン注入



不純物導入／中性子転換ドーピング

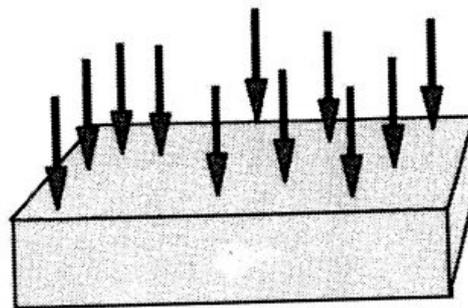


図1-19. 半導体デバイス加工における放射線利用

表 8.1 放射線工業利用の経済規模

分 野		製 品	線 源	推定出荷高 (億円)
放射線加工	橋かけ	タイヤ	電子線	10,100
		電線・ケーブル	電子線	450
		発泡体	電子線	170
		熱収縮チューブ その他	電子線 電子線	160 5
放射線加工	分 解	PTFE 固体潤滑剤	ガンマ線	5
			電子線	
			硬 化	表面加工
放射線加工	グラフト重合	電池隔膜 吸着剤	電子線	10
			ガンマ線	
放射線滅菌		注射筒等	γ 線	2,650
			電子線	190
イオンビーム 利用	イオン注入等	半導体 半導体デバイス	イオンビーム	53,500

医療応用

- 診断
 - X線の透過量の大小による吸収係数の変化
 - γ 線の同時測定による γ 線源位置測定
- 治療
 - イオン， γ 線照射による細胞の死滅
 - 中性子核反応生成核による細胞の死滅

CT

X線CT撮影装置(GE)

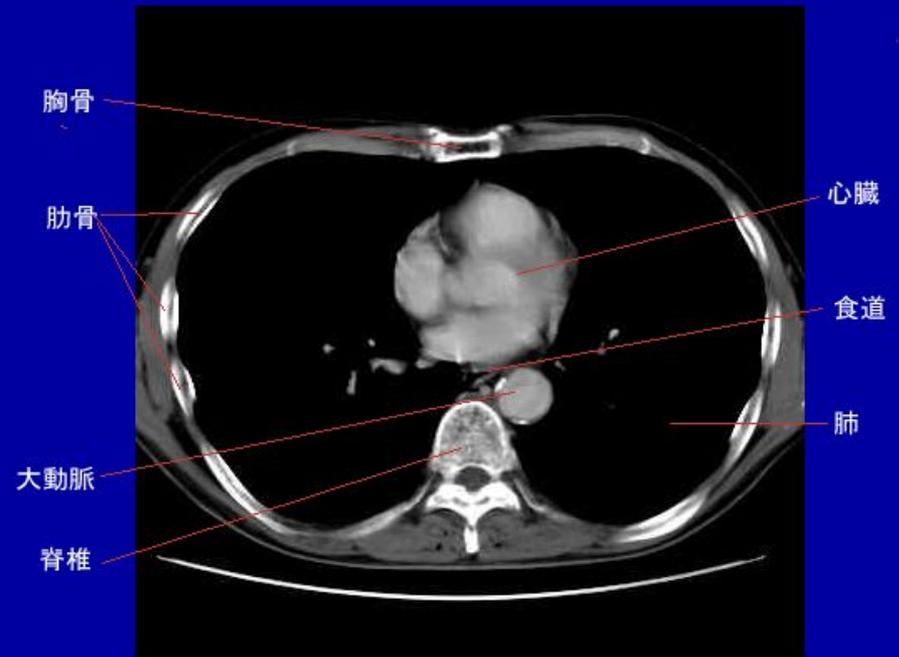


ベッド
患者は乗降が容易にできるようになっています

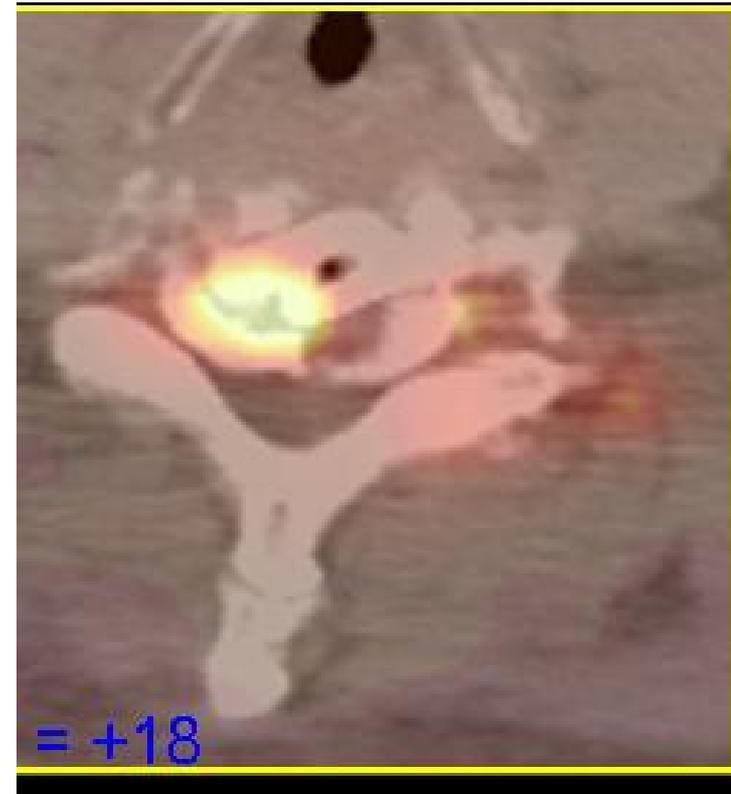
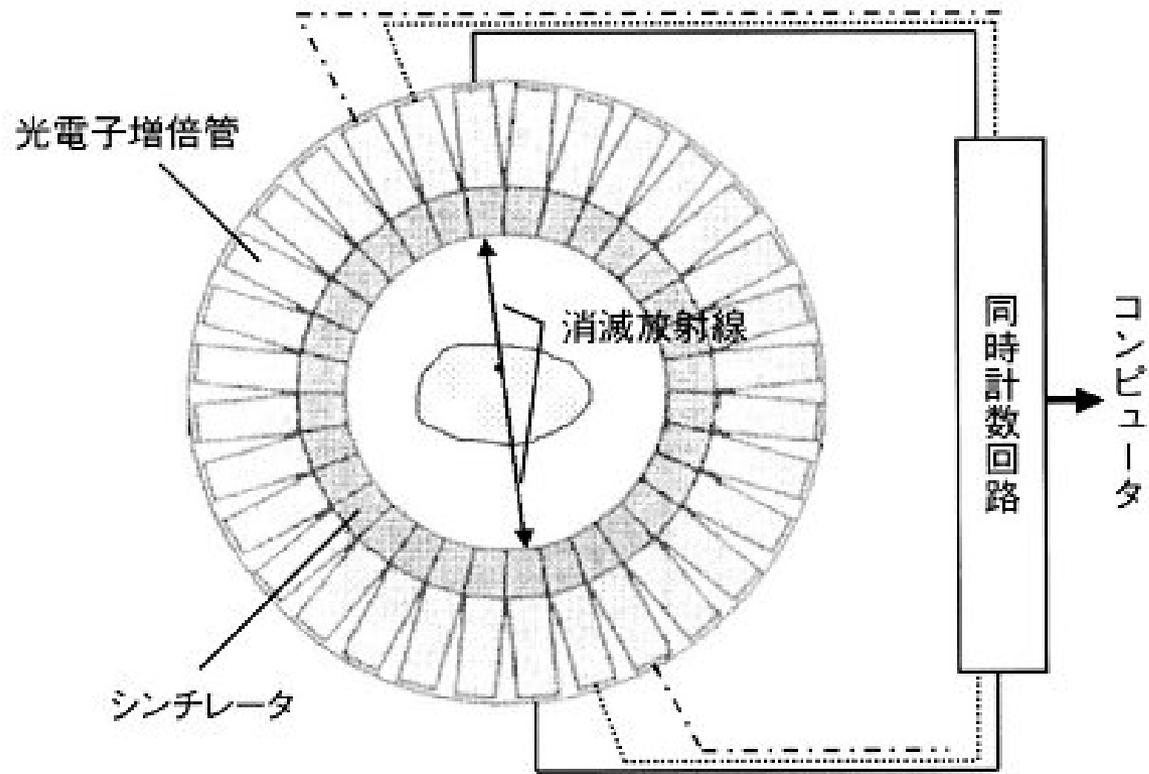
ガントリ
この中に回転するX線照射装置が入っている

この穴の
中を患者が移動する

CT 胸部横断像

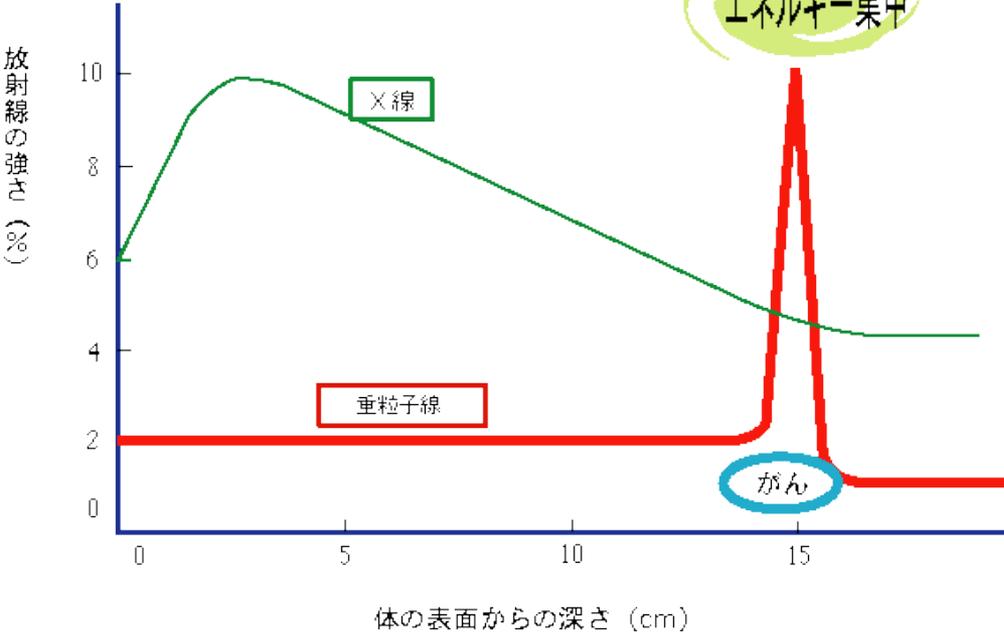


PET

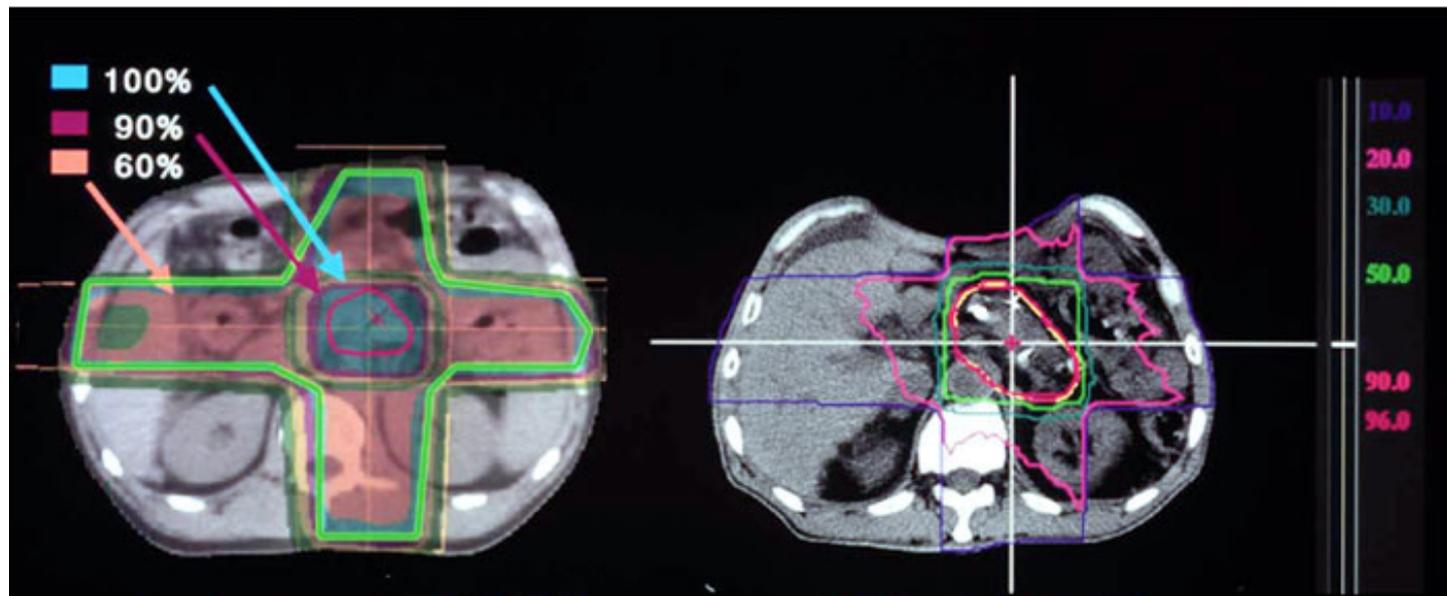


イオンを用いた 癌治療

図a. 重粒子線の特徴

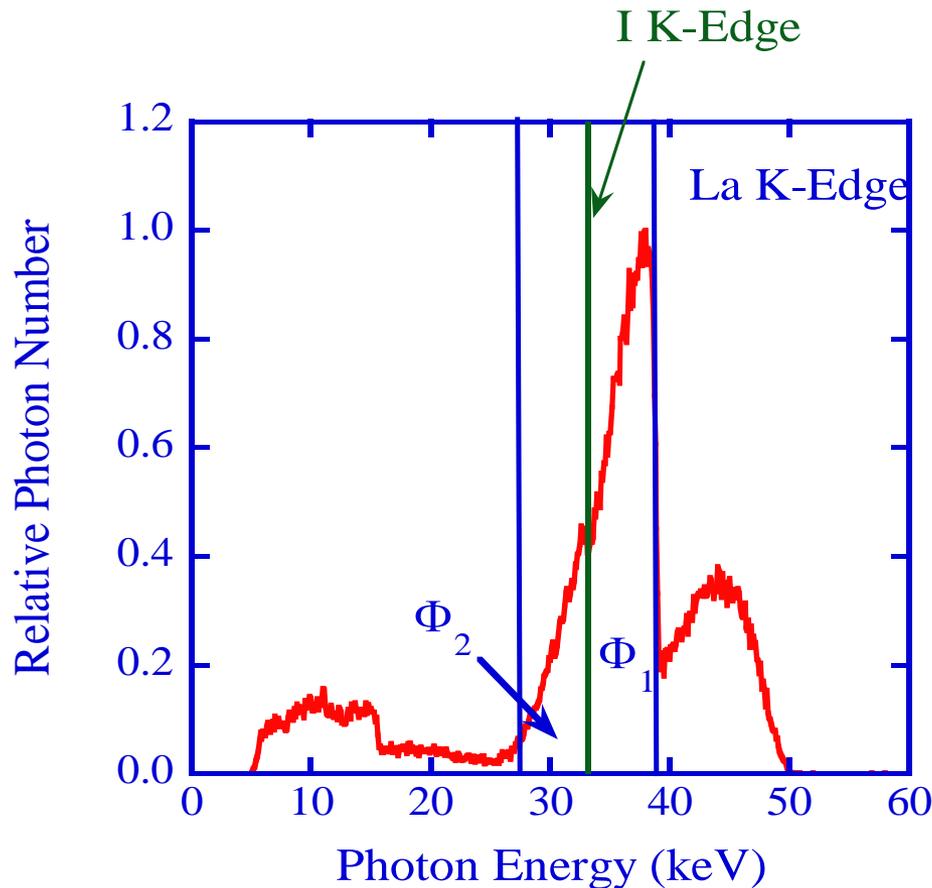


- 多方面から照射
- 癌に線量を集中



X線診断

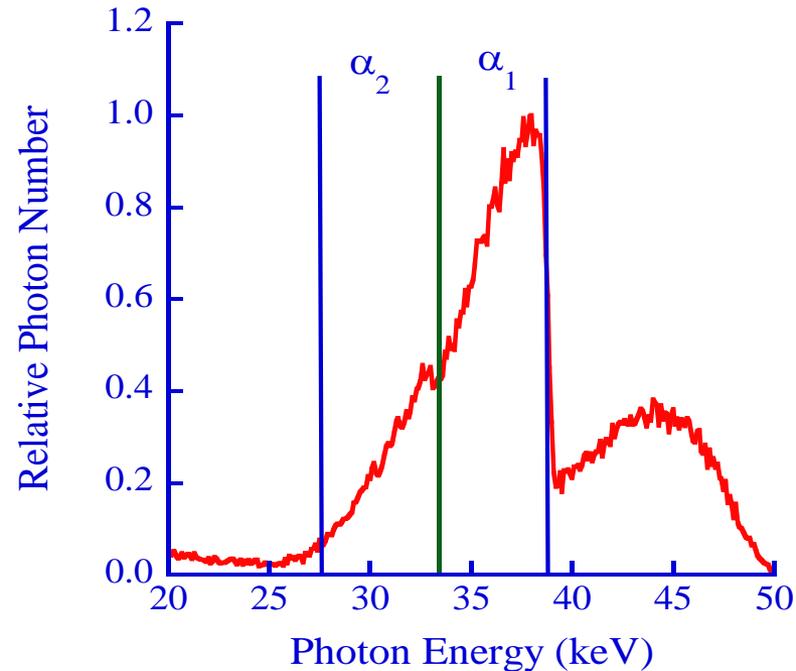
- CT レントゲン撮影の10-1000倍の被曝
- 低被曝化 ← X線のエネルギー測定



ヨウ素造影剤の測定

ヨウ素厚さ

α : 積分領域における
平均吸収係数

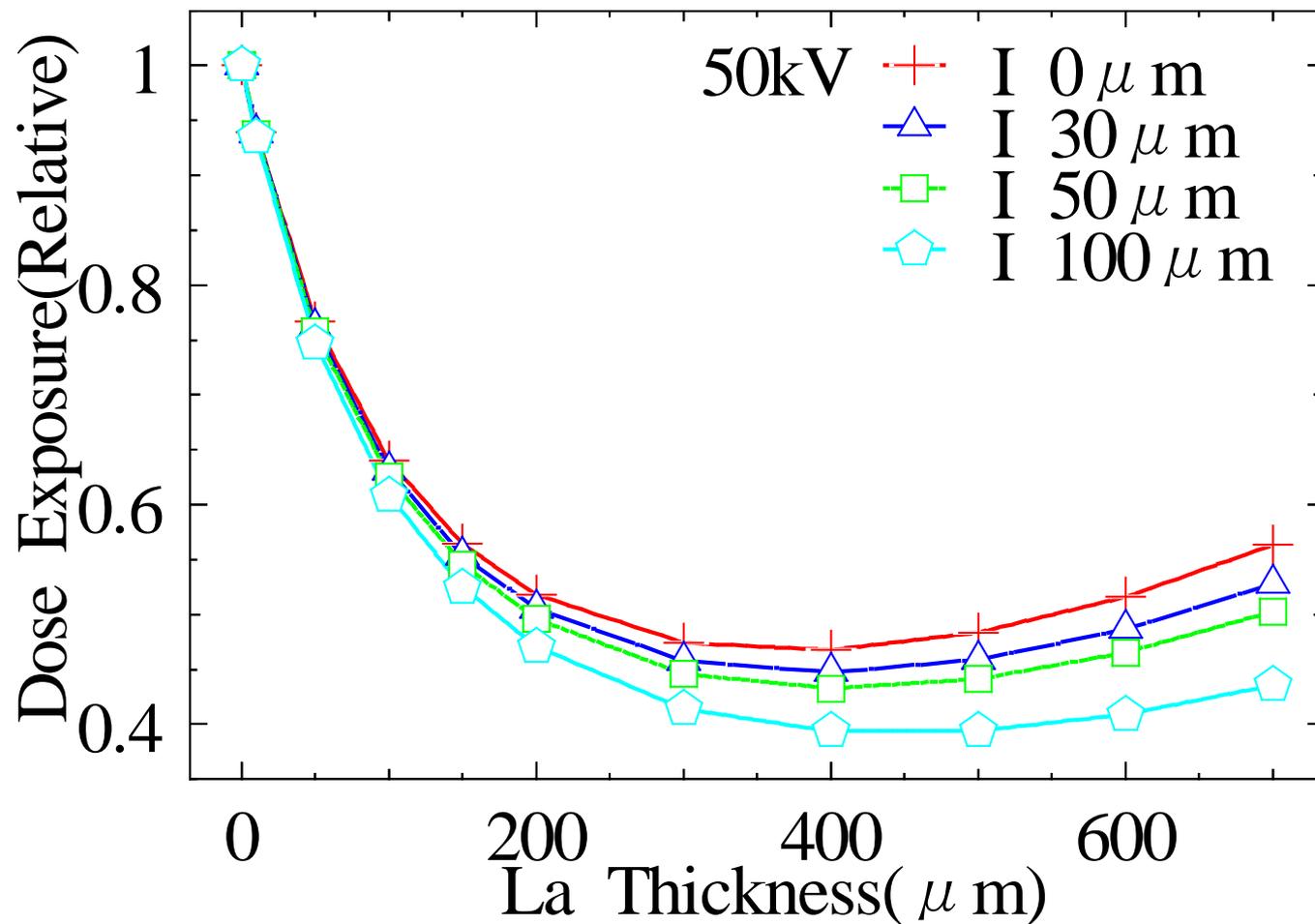


$$\Phi_1 = \Phi_{10} \times \exp\{- (\alpha_{1I} t_I + \alpha_{1W} t_W)\}$$

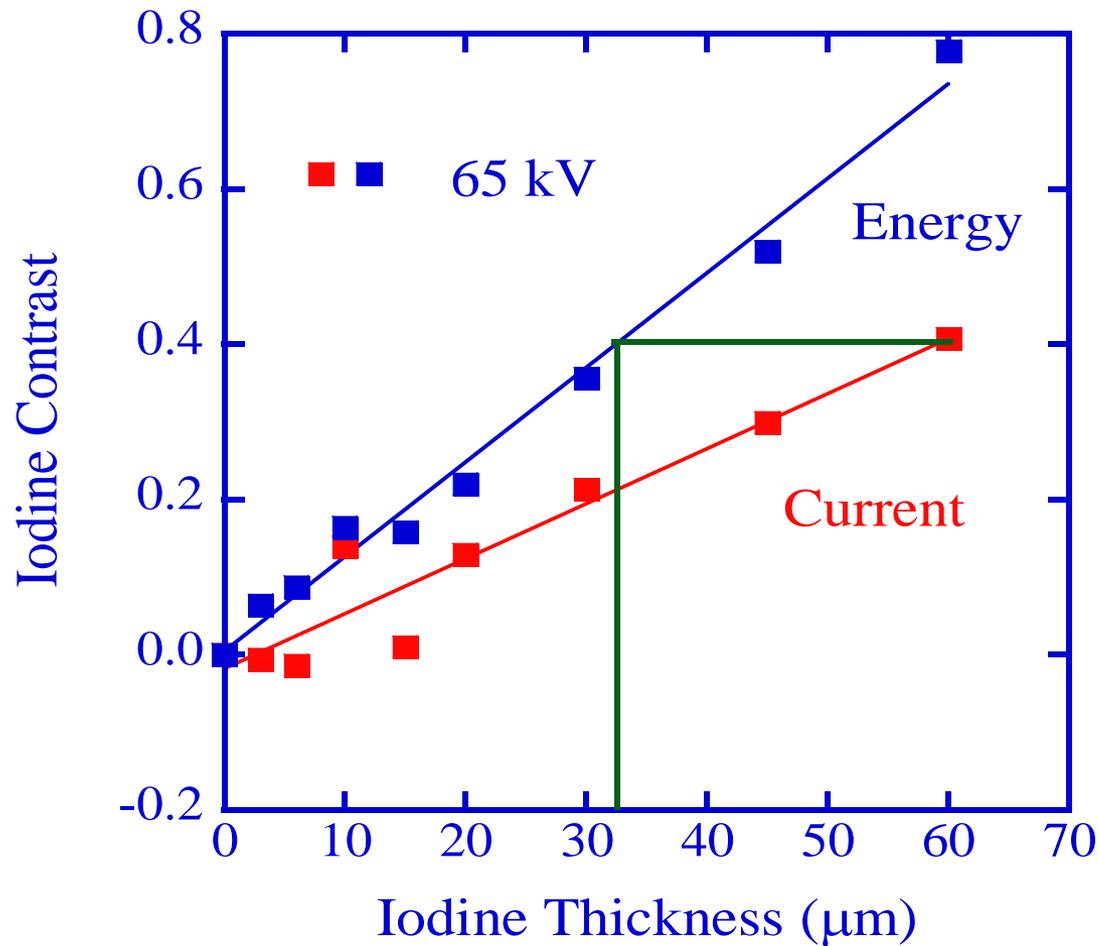
$$\Phi_2 = \Phi_{20} \times \exp\{- (\alpha_{2I} t_I + \alpha_{2W} t_W)\}$$

$$t_I = \frac{\alpha_{2W} \cdot \ln(\Phi_1 / \Phi_{10}) - \alpha_{1W} \cdot \ln(\Phi_2 / \Phi_{20})}{\alpha_{2W} \alpha_{1I} - \alpha_{1W} \alpha_{2I}}$$

被曝量評価



電流測定法とエネルギー測定法の比較



エネルギー測定法

- ヨウ素造影剤 $\frac{1}{2}$ でOK
- 加速電圧が高くても，ヨウ素に敏感
 - 電流測定では，鈍感になる。
- 計数率が高くできない
 - 短時間測定に不向き

電流測定法

- 計数率 制限無し
- 少量のX線は測定不可

計数率(対数的)

電流測定法



エネルギー測定法



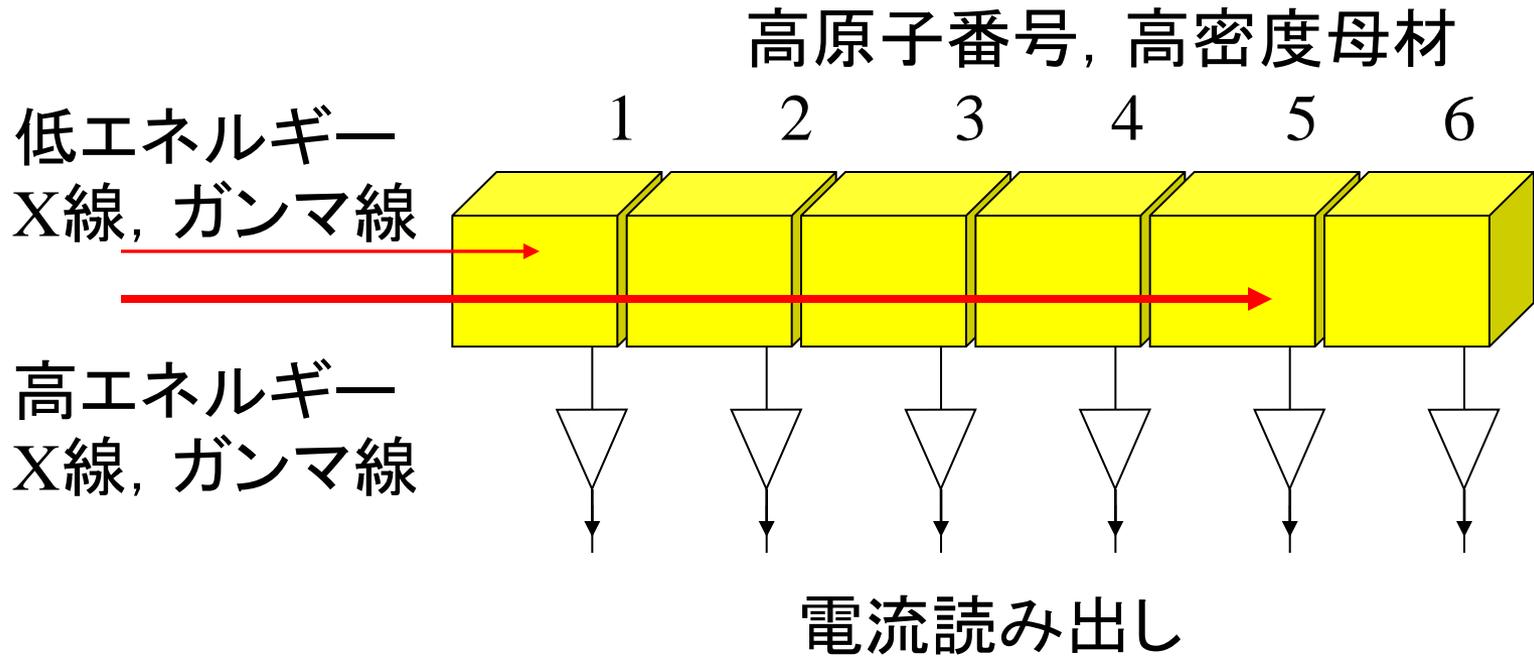
1 cm

ヨウ素造影剤の量

見つかる癌の大きさ

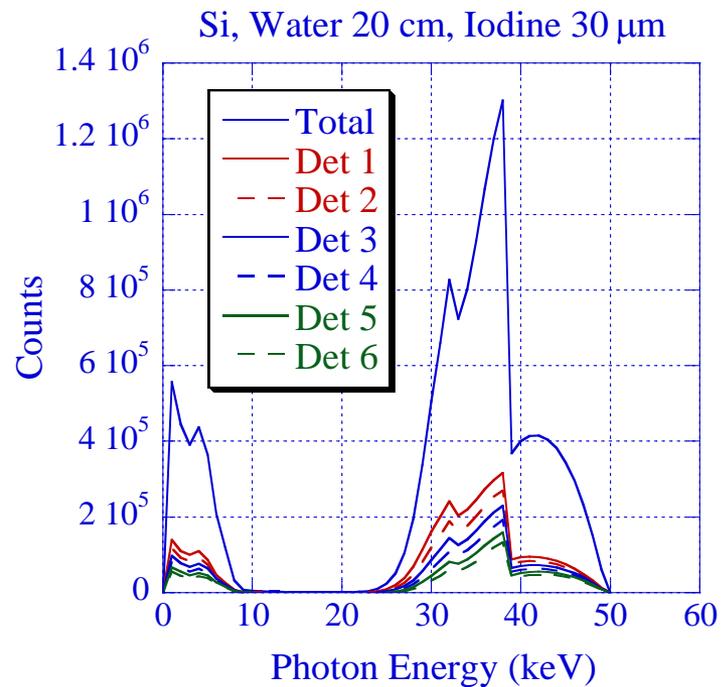
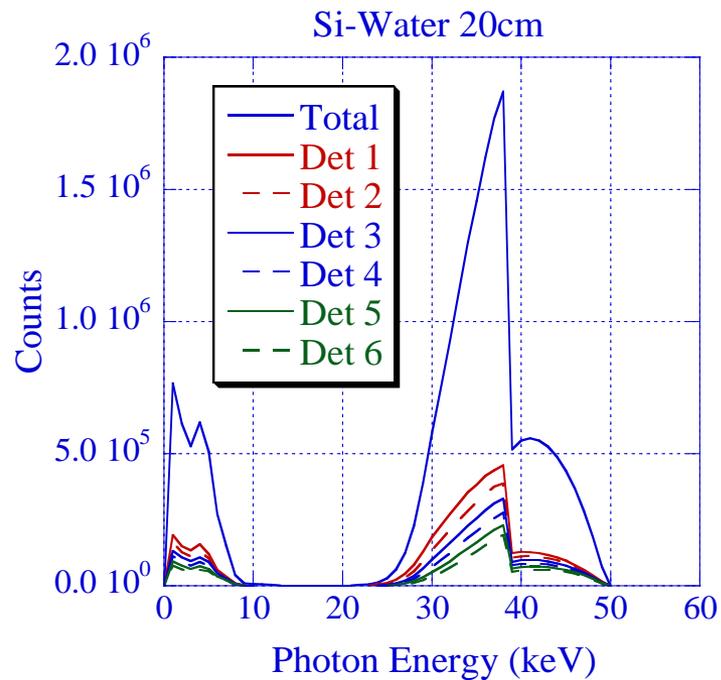
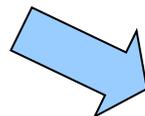
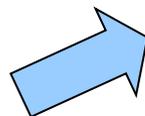
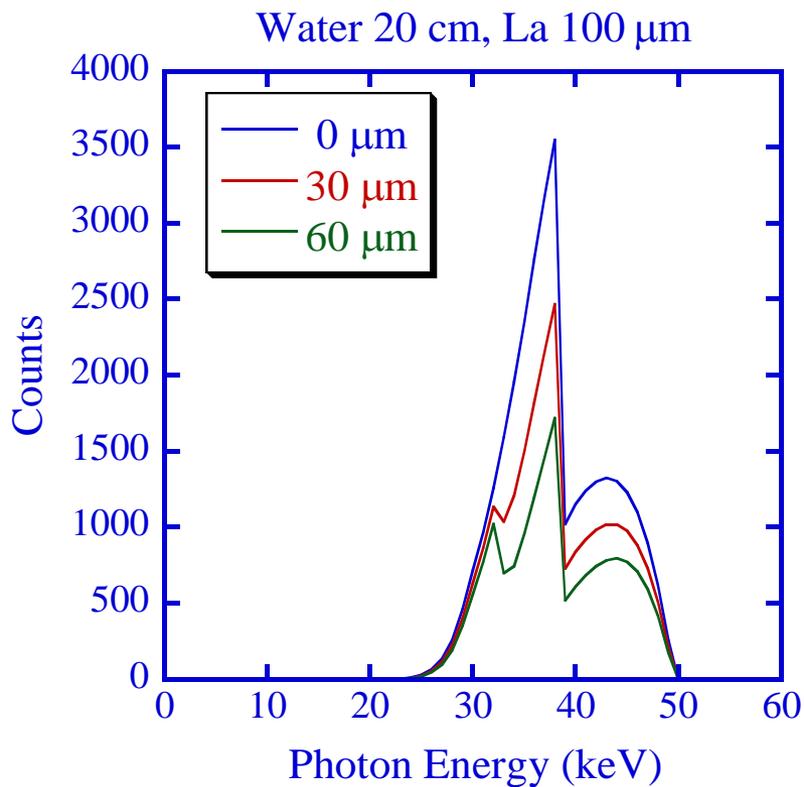
0.5 cm

電流モード検出器

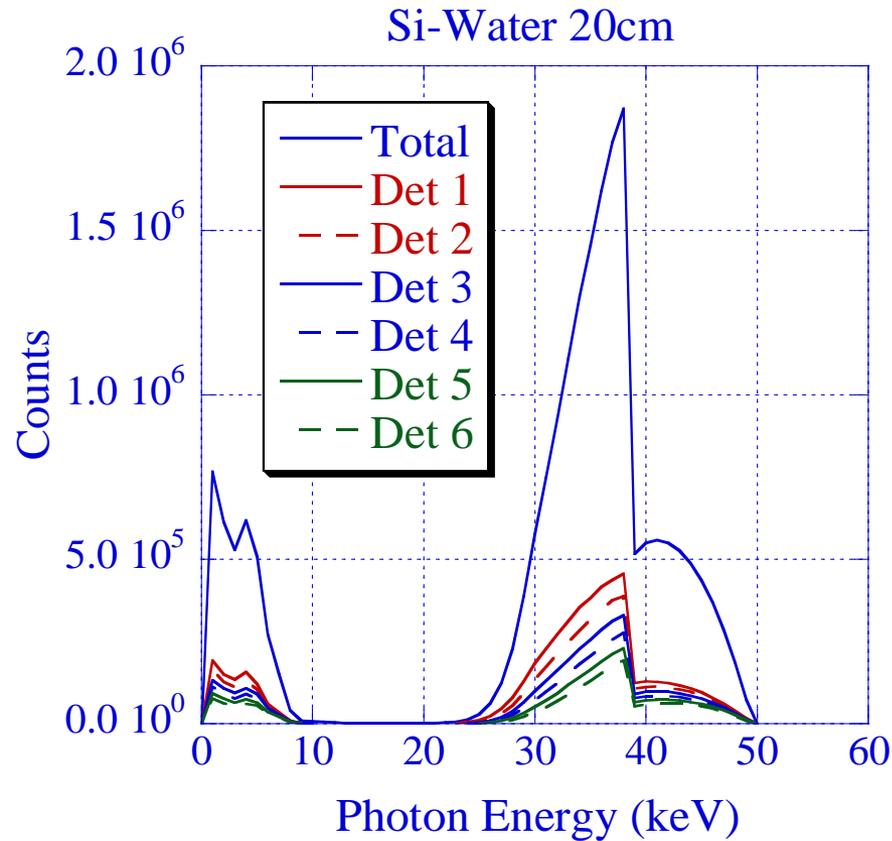


- 入射面近くでは低エネルギーガンマ線, 遠くでは高エネルギーガンマ線が検出されやすい。

透過スペクトルと 検出器応答



電流モード検出器の出力

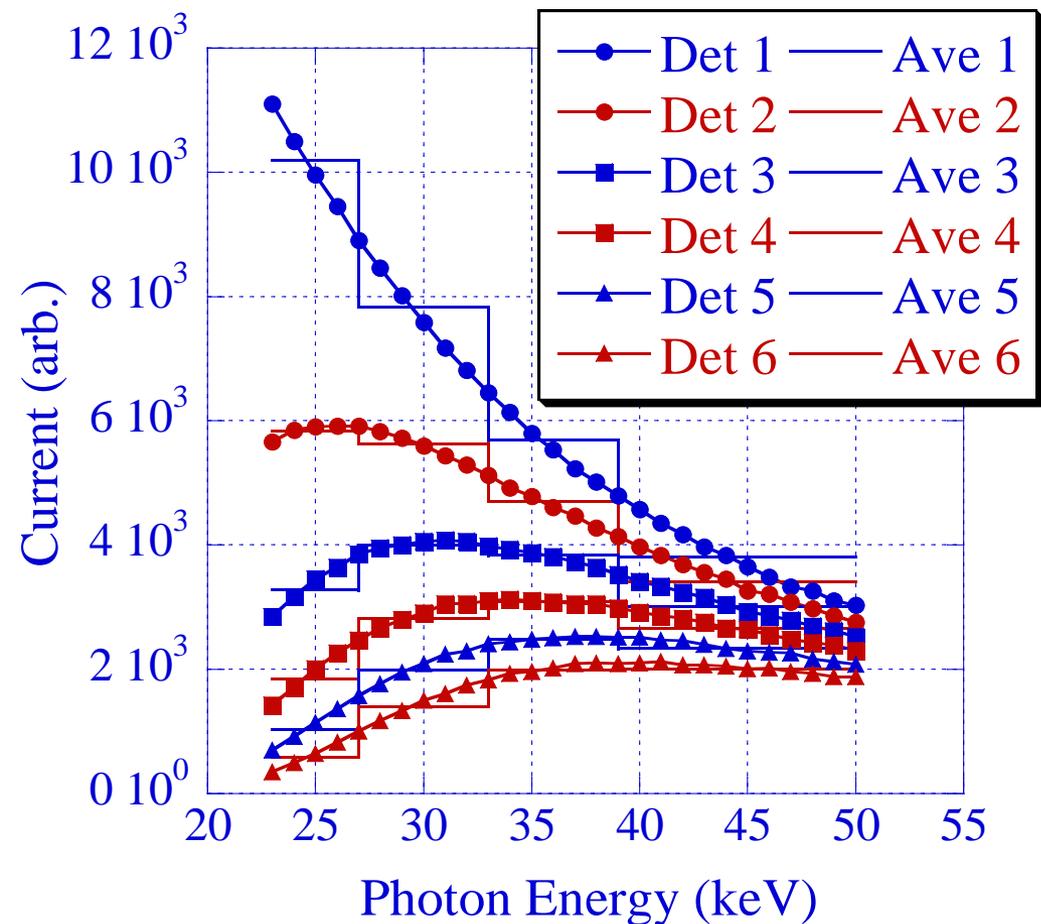


- 個々の検出器から電流読出し

$$I_n = \sum_{j=0}^{E_{\max}} Y(E_j) \times E_j$$

- 検出素子 6個
- エネルギー 4領域

Si検出素子の単色X線への応答

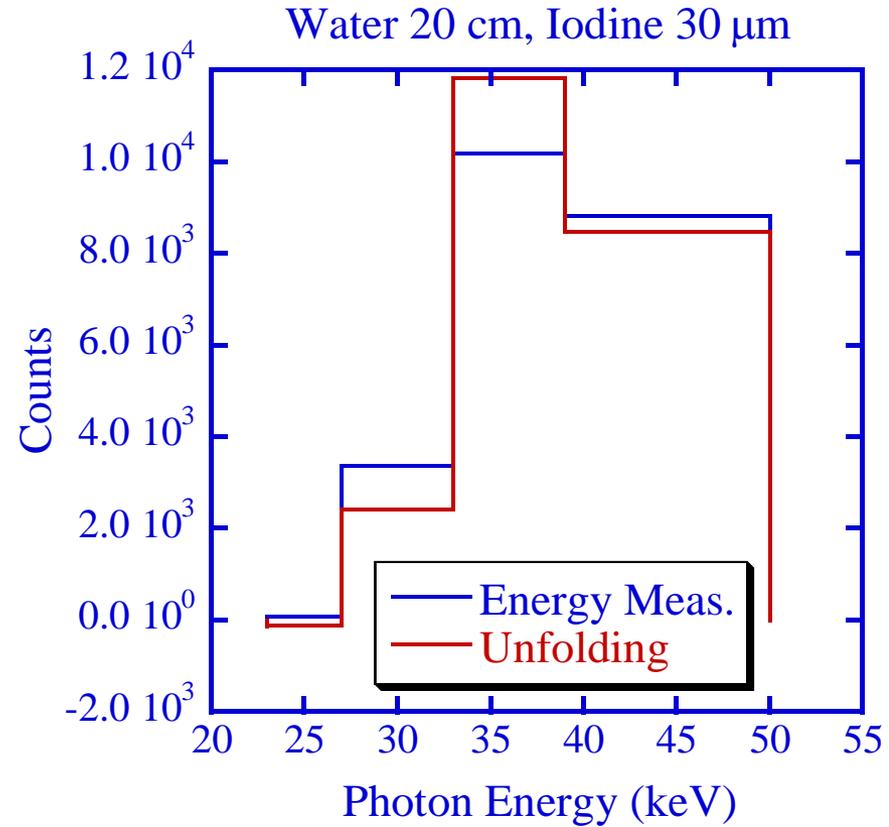
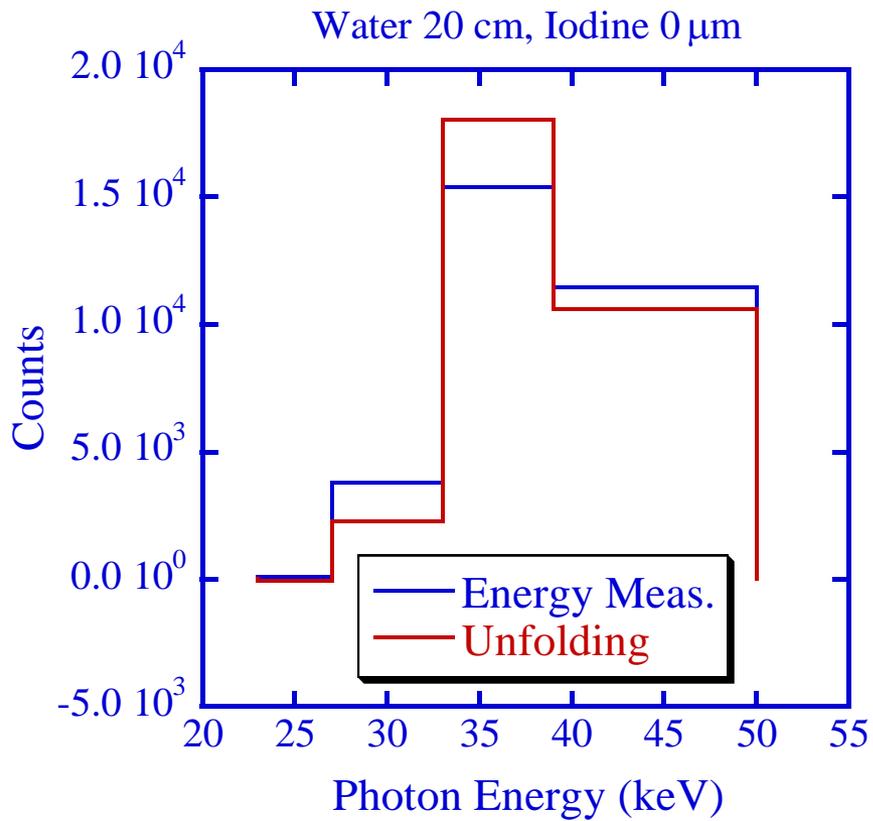


- エネルギー領域
 - E_1 : 23~26 keV
 - E_2 : 27~32 keV
 - E_3 : 33~38 keV
 - E_4 : 39~50 keV

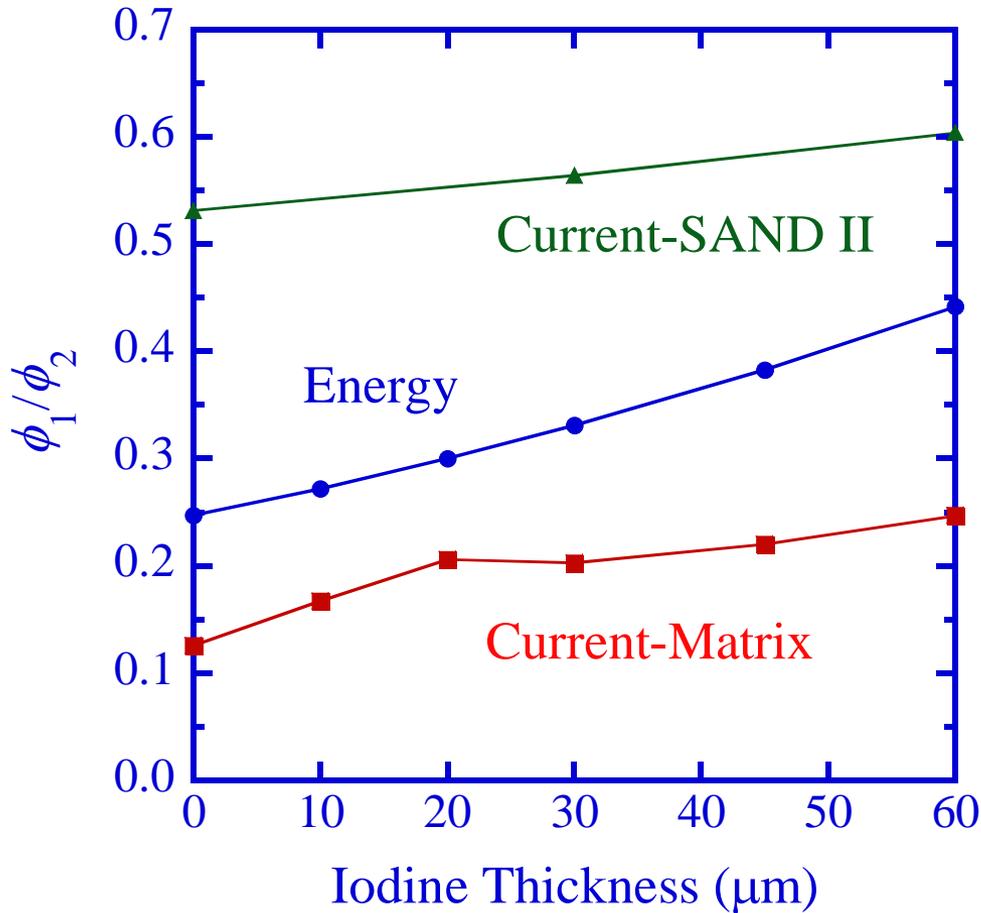
測定電流値と応答関数

$$\begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_{1,E_1} & R_{1,E_2} & R_{1,E_3} & R_{1,E_4} \\ R_{2,E_1} & R_{2,E_2} & R_{2,E_3} & R_{2,E_4} \\ R_{3,E_1} & R_{3,E_2} & R_{3,E_3} & R_{3,E_4} \\ R_{4,E_1} & R_{4,E_2} & R_{4,E_3} & R_{4,E_4} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y_{E_1} \\ Y_{E_2} \\ Y_{E_3} \\ Y_{E_4} \end{pmatrix}$$

Unfoldingの結果



Φ_1/Φ_2 の比較



- ヨウ素厚さ依存性
- 中性子unfoldingなど
参考に手法改善