

# 放射線(エックス線、 $\gamma$ 線)とは？

高エネルギー加速器研究機構

平山 英夫

# エックス線

- 1895年にヴィルヘルム・レントゲンにより発見された放射線

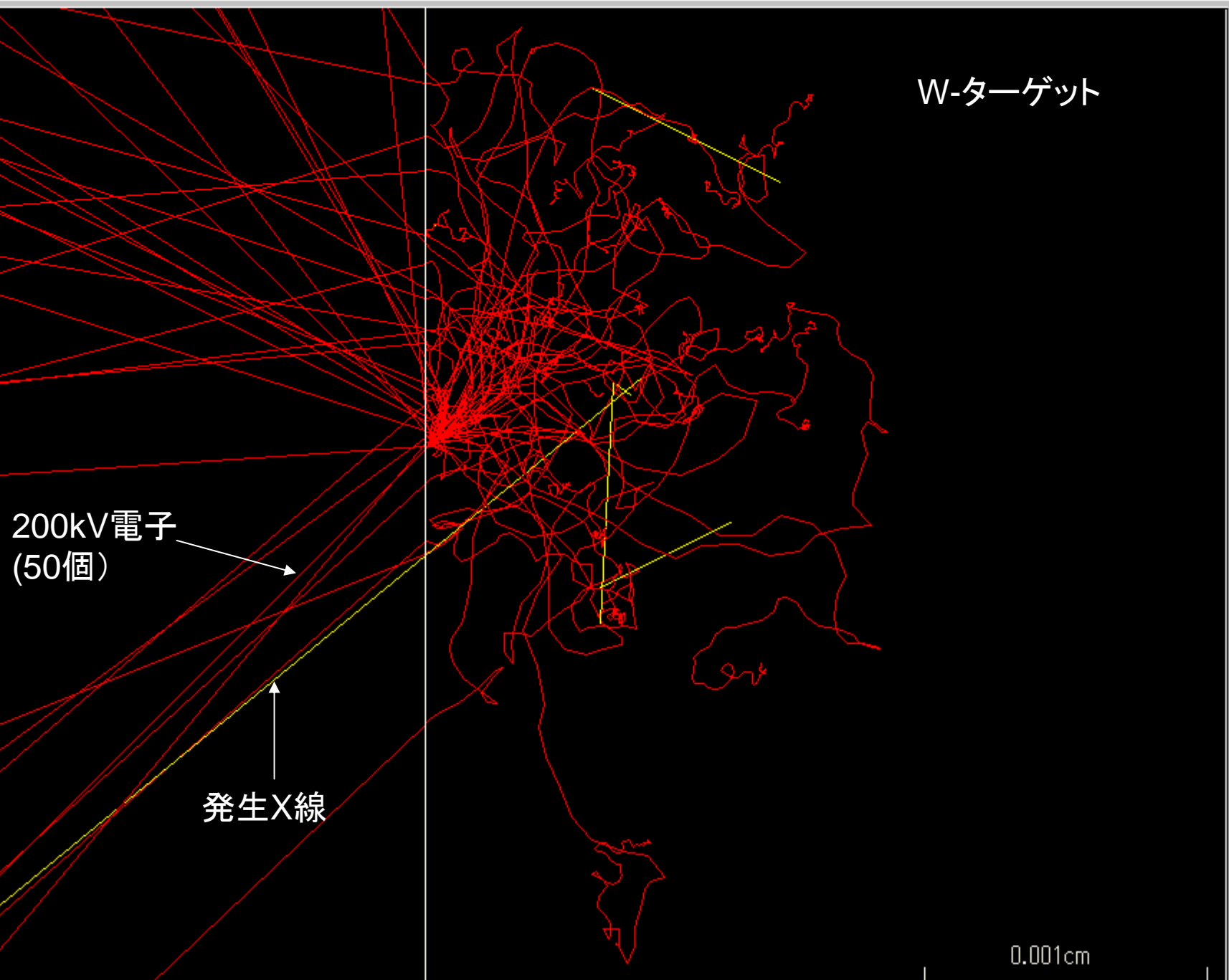


指輪をはめたレントゲン夫人の右手のX線写真

フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』より

# X線の発生

- 電子を対陰極で急激に制動させたり、磁場により運動方向を変更したりするなどの加速度運動をするとX線が発生する
- 電子流による電流からくる消費電力の1%程度だけがX線に転換される。つまり電子線の電力の99%が対陰極の金属塊を熱するという事になる



W-ターゲット

200kV電子  
(50個)

発生X線

0.001cm

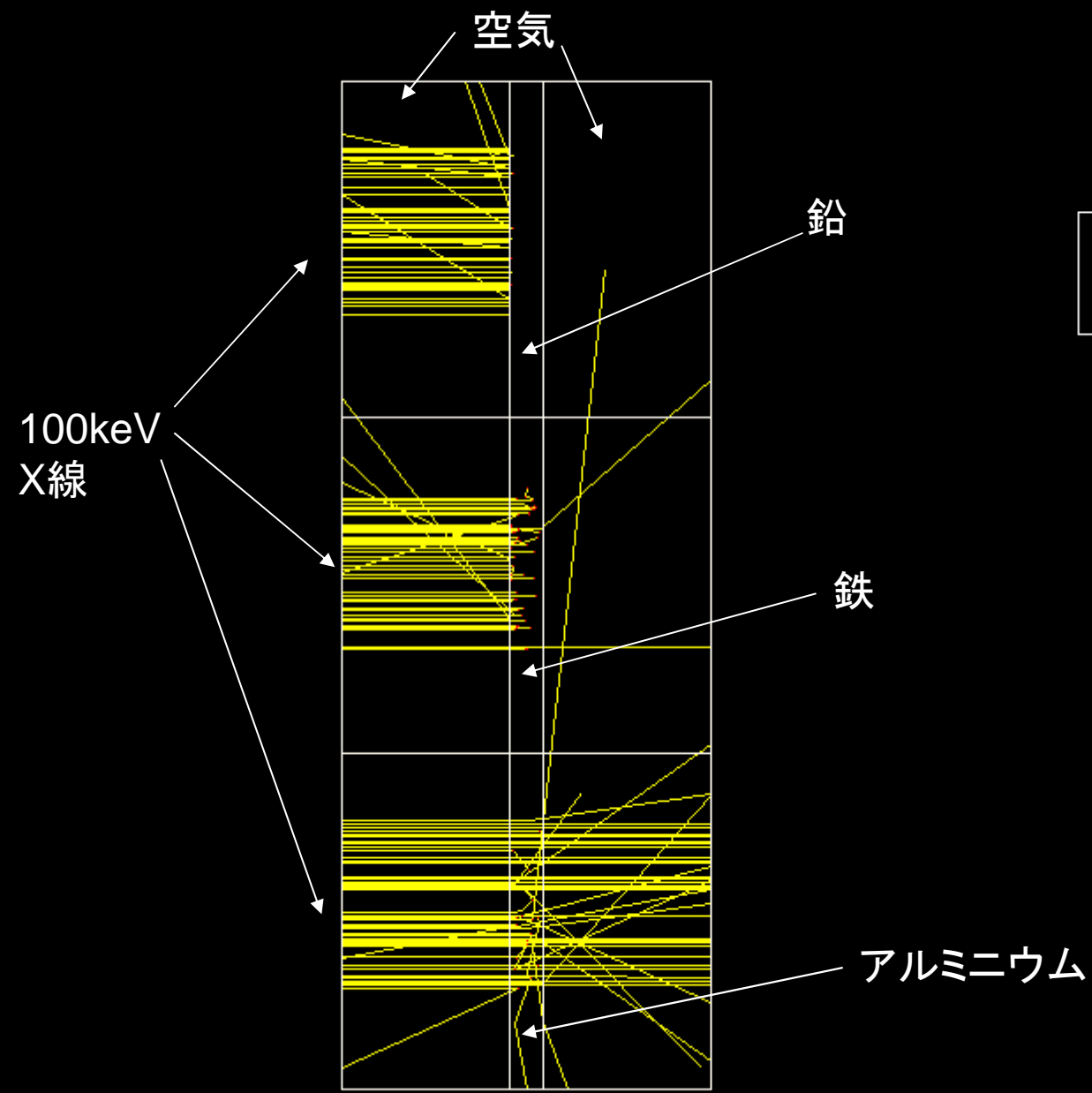
- elec
- posi
- phot

Guide posit  
Title posit  
Expand No  
Angle chan  
+0 << X  
+0 << Y  
+0 << Z

CALC  Re

# なぜX線で体内の状況が判るか？

- 物質によって、X線の透過量が異なる
- 同じ厚さの物質では
  - 密度の大きい物質
  - 原子番号の大きい物質透過しにくい
- 人体の場合、筋肉に比べて、骨の方が密度が高く、平均の原子番号も大きい
  - 骨の部分が黒く見える



elec

posit

phot

Guide posit

Title posit

Expand No

Angle chan

+0 << X

+0 << Y

+90 << Z

CALC Re

1cm

# X線の物質中での挙動

- X線は、物質中で主に以下の反応を起こす
  - 光電吸収
    - X線のエネルギーが全て物質中の軌道電子の吸収され、軌道電子が自由電子(光電子)となる
  - コンプトン散乱
    - X線と物質中の電子との衝突
    - X線は、エネルギーの一部を電子に与え、方向が変わる
  - 電子対生成
    - X線のエネルギーが、 $1.022\text{MeV}$ 以上の時、電子と陽電子の対を作る

- elec
- posi
- phot

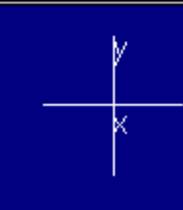
Guide posit

Title positio

Expand No

Angle chan

- +0 << X
- +0 << Y
- +0 << Z

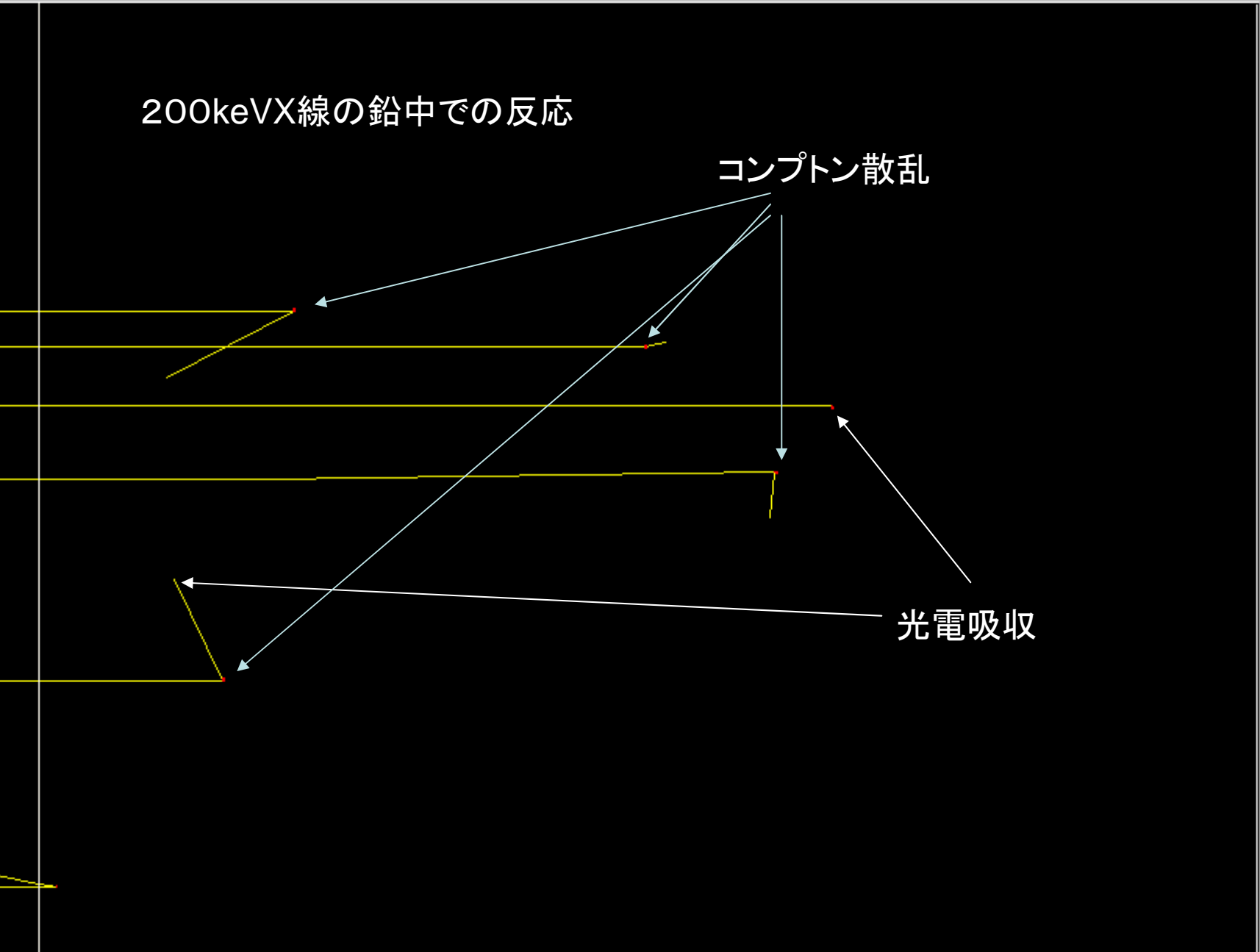


CALC Re

# 200keV X線の鉛中での反応

コンプトン散乱

光電吸収



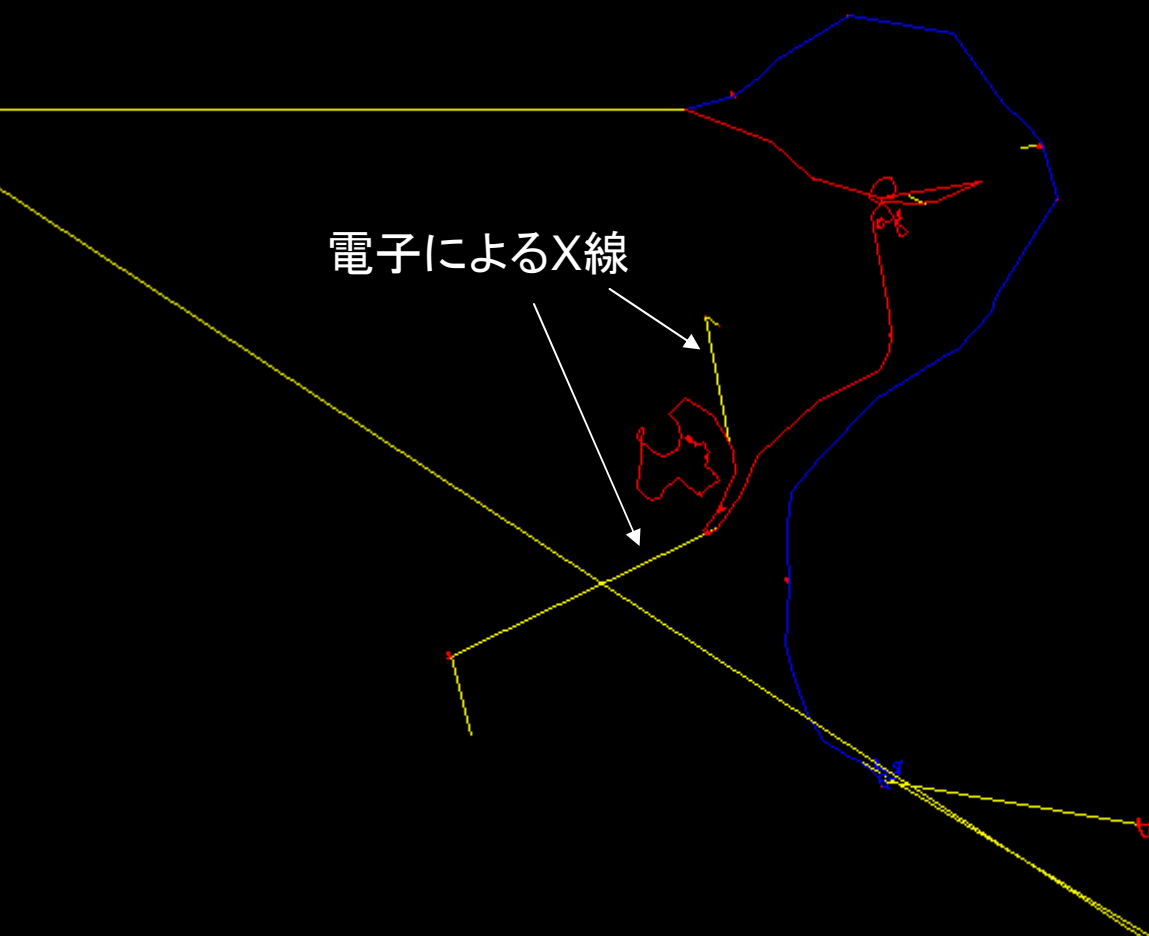
0.1cm



# 10MeV電子の鉛中での反応

電子対生成

電子によるX線



- elec
- posi
- phot

Guide posit

Title positio

Expand No

Angle chan

- +0 << X
- +0 << Y
- +0 << Z



CALC Re

0.1cm

# X線の生物への影響とは

- X線の生物への影響は、X線の反応の結果生じた電子による
- 電荷を持たないX線は、「間接電離放射線」と呼ばれるように、反応の結果生じた電子を介して生物に影響を与える
  - 電子は、物資中で多くの原子をイオン化する
  - 生体の場合、イオン化された酸素原子が活性酸素として働く
- 反応をしないで、抜け出ただけでは、X線は生物に影響を与えない

# X線と $\gamma$ 線の違いは？

- X線も $\gamma$ 線も、波長の短い光（電磁波）
- $\gamma$ 線は、原子核内部のエネルギー準位の遷移により発生する（ $\beta$ 崩壊や $\alpha$ 崩壊後の、原子核が、励起された状態になっている場合に、 $\gamma$ 線を放出して基底状態になる。）
- 原子核内部起源でないものがX線
- エネルギーが同じであれば、X線と $\gamma$ 線は同じもので、区別がつかない

# 生物と放射線

- 人類が、X線や $\gamma$ 線等の「放射線」を認識するようになってからは、100年程度しかたっていないが、地球上では、生物の発生以前から放射線が存在していた
  - 宇宙からの放射線：宇宙線や、宇宙線が大気と反応して生成する2次放射線
  - 地殻内部の放射性核種（自然放射能）からの放射線
    - 現在残っているのは、長寿命のもののみ

# 放射線の能力

- $1\text{Gy}=1\text{J/kg}$
- 1gの水の温度を1度上昇するのに約4.2J必要
- 1kgの水を考え、X線を10Gy照射したとする
  - $10\text{J} / 4.2\text{J} \times 1/1000 \sim 0.0024$ 度
- ほんのわずかの温度上昇しか起こさない放射線でも、生物には大きな影響を与える
- 放射線による治療は、放射線のこのような力を利用するもの
  - ガン細胞と正常細胞の放射線に対する感受性の違いを利用し、ガン細胞が死滅し、正常細胞に大きな影響を与えない様に工夫

# 放射線の理解と対応

- 放射線についての正しい理解と対応が重要
  - 放射線は、地球環境という意味で言えば、特殊なものではない
  - 一方、その能力から見ると、その扱いには注意が必要である
  - 必要以上に怖がることも、安易な扱いをすることも問題

# 放射線への理解を深めるために

- 放射線の理解が難しい理由の一つに、放射線は、見ることも感じることも出来ないということがある
  - 放射線の飛跡を見る測定器：霧箱
  - コンピュータを使ったシミュレーション
    - 放射線の挙動についての理解が進んだことと、コンピュータの性能向上の結果
    - ノートPCでも可能に
    - 学生が興味を持って取り組むことが可能に
    - 現象についての理解をした上で、理論的な理解へ
    - 簡単な実験との比較から理解を深める