

JRSM発表

低エネルギーX線評価に関する応用事例

Application example on low energy X rays evaluation

○山本 堅士、Do Duy Khiem、秋吉 優史、緒方 良至、小
鍛冶 優、松浦 寛人、森 千鶴夫

クルックス管からのX線を教育コンテンツとして活用を検討



チェキのフィルム

クルックス管からのX線を視覚的に学習



X線



ペルチェ高性能霧箱

エネルギーというものを直感的に学習



箔検電器

線量率について学習

クルックス管からのX線を確認



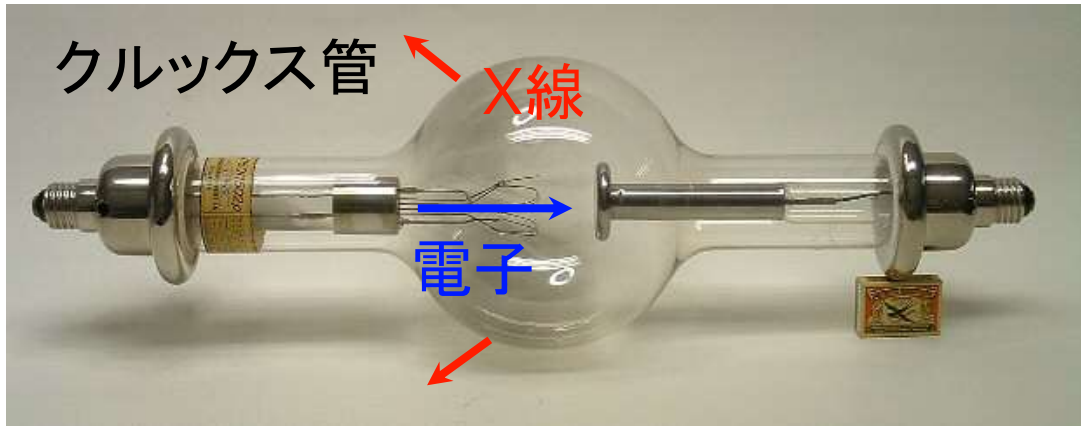
1845-1923

ドイツ

1901ノーベル賞

ヴィルヘルム・コンラート・レントゲン

中学2年生で学習



X線の発生を視覚的に確認



奥さんの手の写真
歴史的意義

教育における X線写真撮影



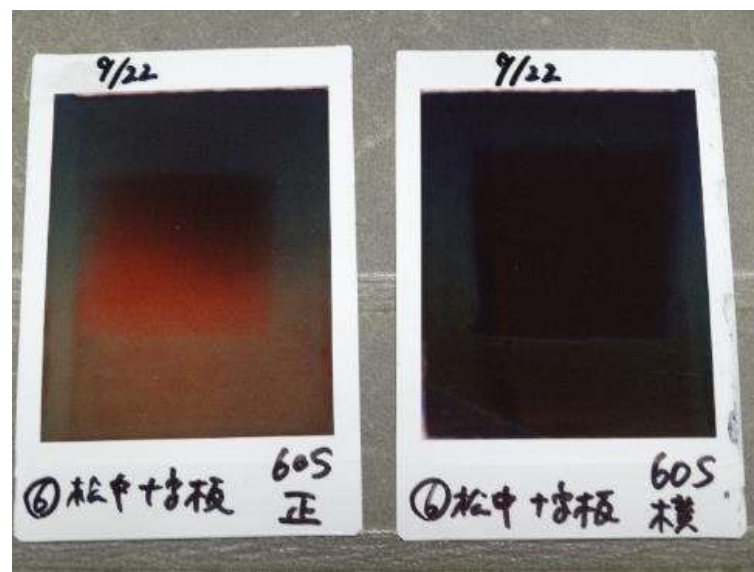
チェキのフィルム、鉛板入り厚紙の封筒



封筒をクルックス管に貼る

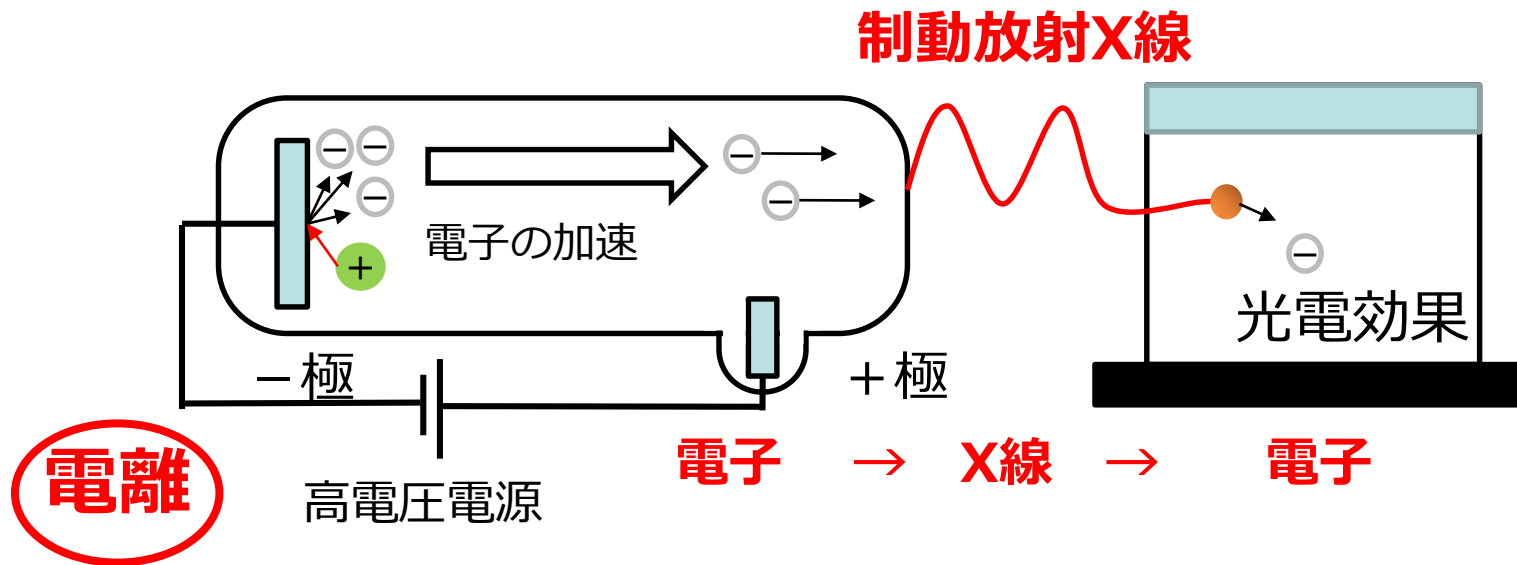


X線写真が撮れた



※実験を行う際には遮へいなどの防護措置が必要

霧箱とクルックス管による放射線教育プログラム



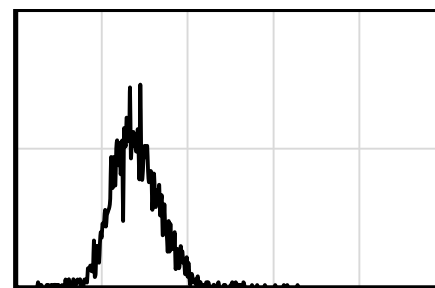
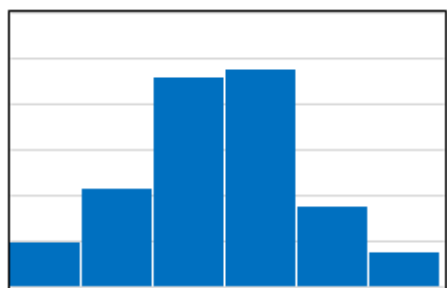
放射線と物質の相互作用の本質を直感的に理解

光電子は β 線と同様に高性能な霧箱であれば観察可能であり飛跡の長さがX線のエネルギーと対応している。

X線のエネルギーというものを直感的に理解

目的

霧箱で観察した多数の光電子の飛跡の長さからヒストグラムを作成することで、**低エネルギーX線スペクトルを評価**できな
いか検討する。そのためにも既知のエネルギーのX線を用い
て、飛跡の長さとエネルギーの関係を調べる。



霧箱の飛跡長さヒストグラム

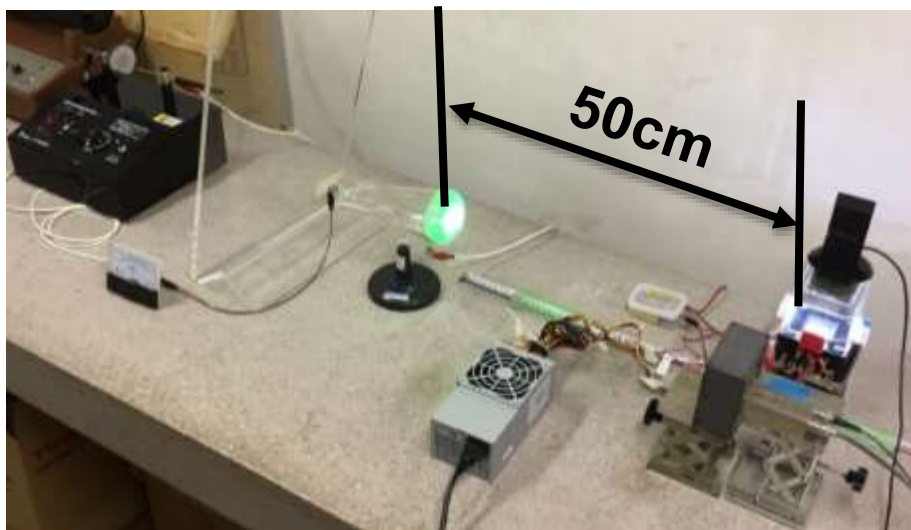
低エネルギーX線スペクトル

(イメージ図)



算出した理論値は最大で飛んだときの値のため、
実測値は理論値より短い。

クルックス管 霧箱によるX線評価の実験方法



実験の様子



CZT検出器

エネルギースペクトル



誘導コイル

(放電針距離40mm)

(30kV程)

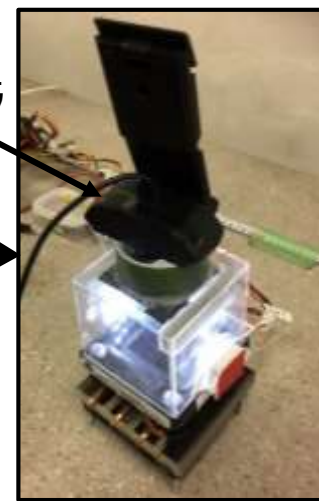


クルックス管

(ケニス十字入り)

Webカメラ

X線

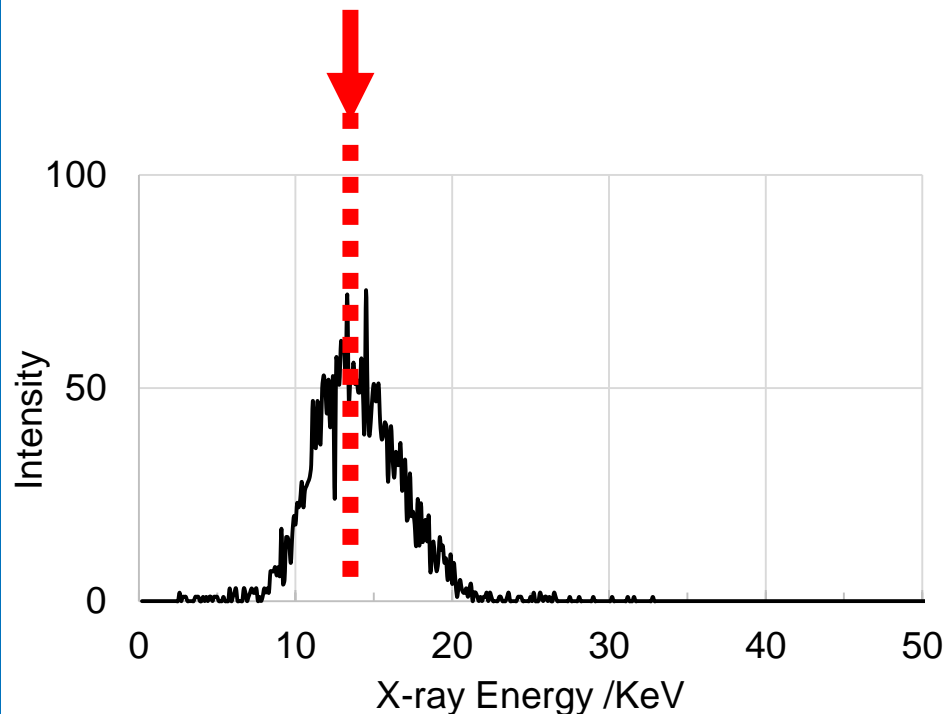


ペルチエ高性能霧箱

飛跡の長さ

CZT検出器と霧箱による測定結果

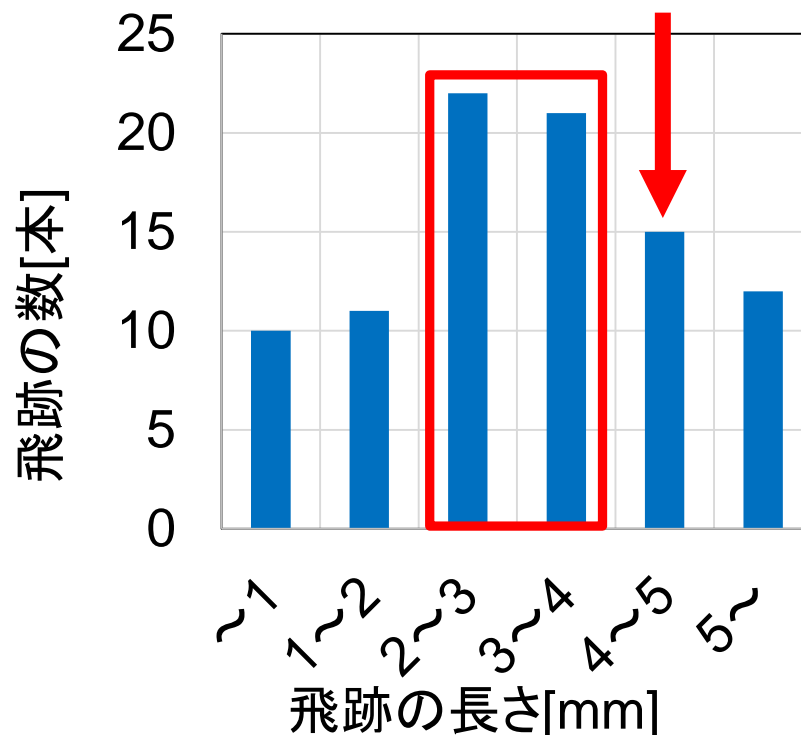
ピーク15keV



CZT検出器スペクトル測定結果

15keV相当の電子の飛程(4.55mm)

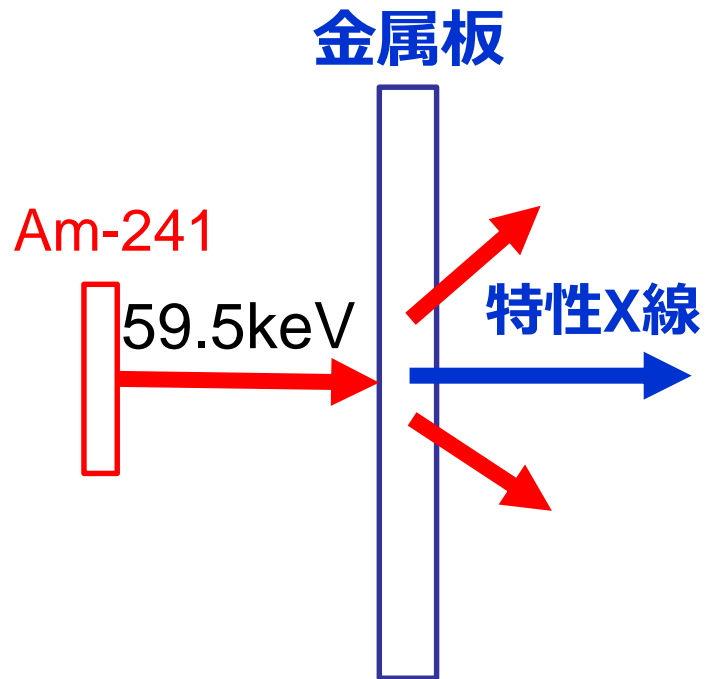
ICRU : Report 37 (1984) Stopping powers for Electrons and Positrons より



ペルチエ霧箱での測定結果

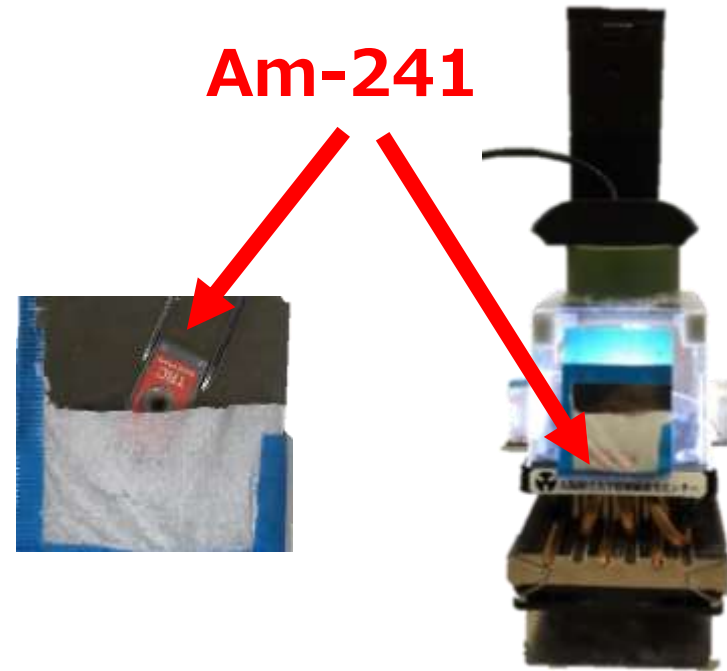
➡ エネルギースペクトルと飛跡の長さヒストグラムの関係を確認

特性X線を用いた検量線の作成



線源を金属板で覆って

特性X線を発生

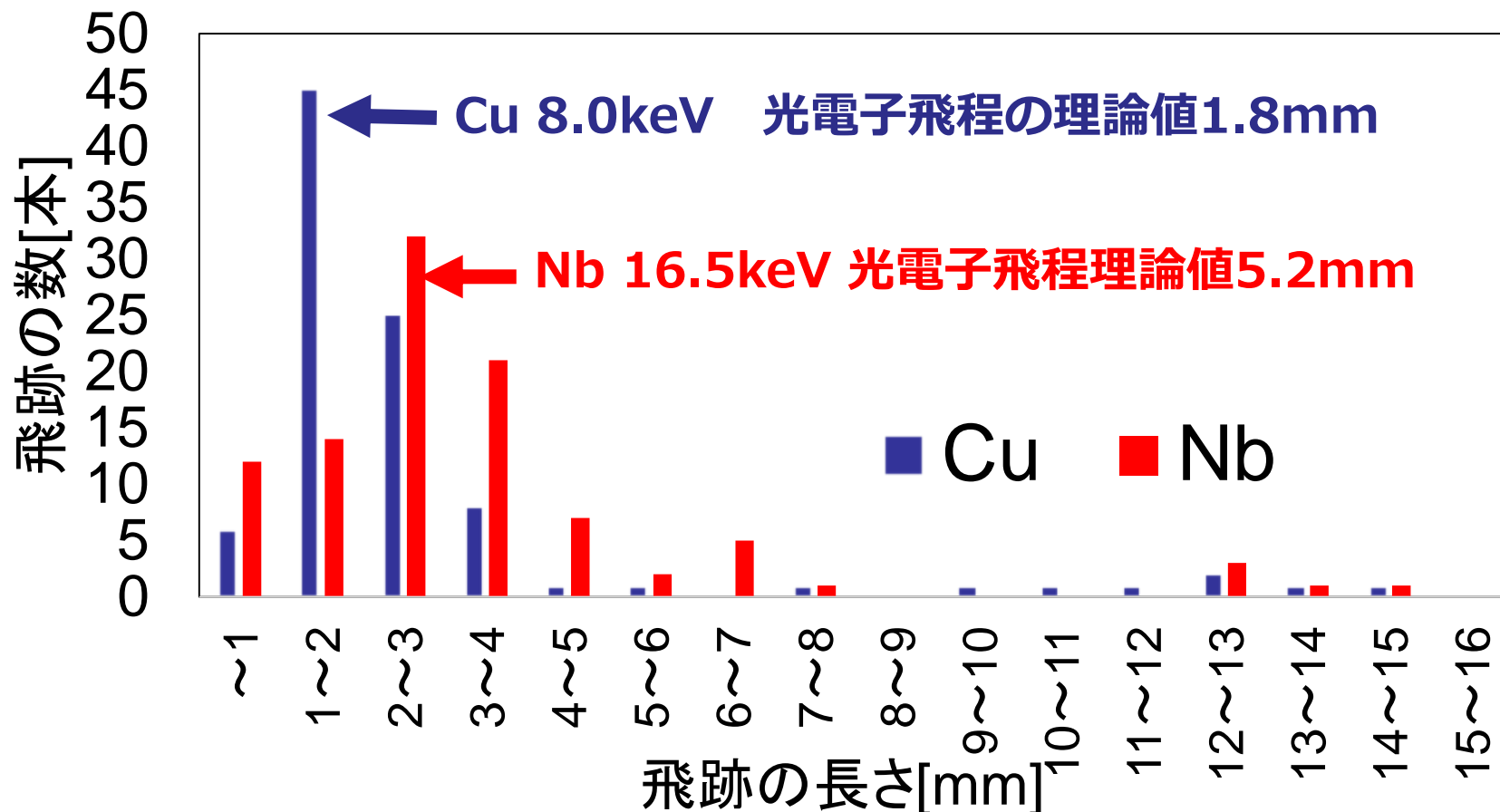


Cuの特性K α 線8.0keV、光電子の飛程理論値1.8mm

Nbの特性K α 線16.5keV、光電子の飛程理論値5.2mm

霧箱での飛跡の長さ 測定結果

Cu 最頻値1~2mm、Nb最頻値2~3mm



エネルギーの増加に応じて飛跡のピークも増加した。
飛跡の長さエネルギーとの対応を確認できた。

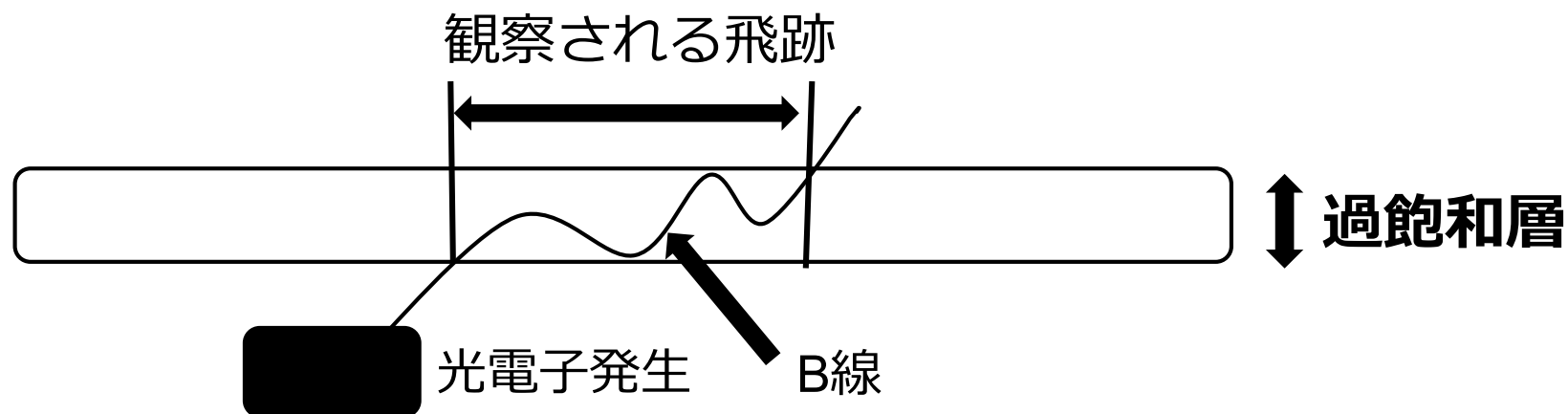
考察

- **0°Cの乾燥空気で光電子飛程の理論値を算出**

実際はエタノールの蒸気や液滴が含まれており密度が高いため実測値は理論値より短い。

- **β 線は電子のため飛跡が折れ曲がる**

立体的にも平面的にも飛跡は折れ曲がり、平行に飛んだ飛跡のみ観測できる。長い飛跡ほど折れ曲がった誤差が蓄積され理論値より短くなった。



箔検電器を用いて漏洩X線の線量率を測定



静電気で高電圧を金属板にチャージして（一種の**コンデンサー**）、その高電圧で放射線によって生じた逆極性のイオンを捕集。徐々に電荷が失われていくと、箔が開く角度が小さくなり、その速度を測定することでイオン電流を評価することが出来るため、**一種の開放型の電離箱**として使用できる。詳しくはポスターP22参照。

まとめ

クルックス管からのX線を活用した教育コンテンツを開発

①エネルギーと飛跡の長さ

教育

霧箱中の光電子の飛跡の長さエネルギーと関係があることが示唆された。放射線と物質の相互作用＋エネルギーというものを直感的に学習できるようになった。

②線量率

箔検電器を用いて線量率の測定を検討した。箔の閉じる速度からクルックス管の線量率について学習できる。

実用

クルックス管からのX線のエネルギーと線量率を霧箱と箔検電器を用いることで学校教育現場でも確認可能