

2016/03/28 原子力学会 春の年会
於 東北大学 川内キャンパス 講演番号：3B03

**高性能ペルチェ霧箱を用いた
 β 線観察による放射線教育の高度化**

大阪府立大学 放射線研究センター
秋吉 優史

従来型の霧箱の問題点

- ・直感的に放射線の存在を知ることが出来る霧箱は、教育的効果が大変大きい
- ・ドライアイスを用いた霧箱教室は各地のオープンスクールなどで大変人気がある

問題点

- ・ドライアイスの準備、補給が必要
- ・アルコールの補給などでチャンバーを開けると復帰まで数分かかる
- ・高温型の霧箱は起動に時間がかかり、子供向けにはヤケドの危険
- ・天候などにより飛跡が観察できないことも

◎ α 線の飛跡が見えた、だけに留まっていた

高性能ペルチェ霧箱の特徴

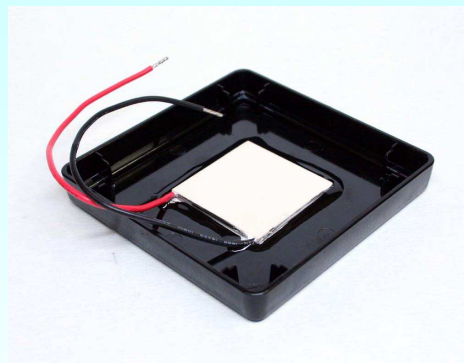
- ドライアイス不要で長時間安定してクリアな飛跡の観察が可能
 - α 線の飛跡の観察に加えて、 β 線の飛跡の観察も可能
 - さらには γ 線により弾き出された光電子なども観察可能
 - これにより、放射線の種類による物質との相互作用の違いを直感的に学習出来る
 - 民生品を使用して安価に押さえており、複数ユニット設置可能
-
- ・雑イオン除去のために高電圧の発生を行うが、仕組みは加速器の原理そのもの
 - ・ペルチェ素子、熱電対、ヒートパイプや熱伝導グリースを含めた物質の熱伝導、蒸気圧と過飽和・核生成、電離とイオン化など様々な工学要素が含まれている

→ これらを含めた放射線教育プログラムを提唱する

高性能ペルチェ霧箱の製作 (1)



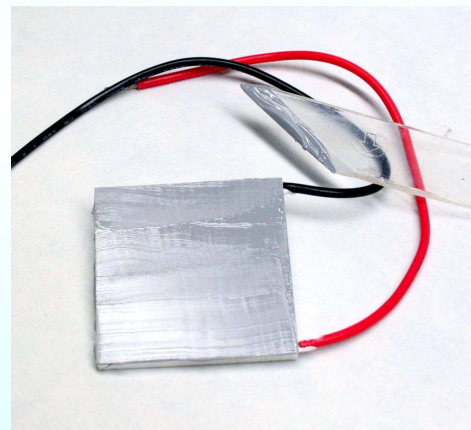
ペルチェ素子は一般的に販売されている 30mm角の製品 (TEC1-12709 など) を使用する。



コレクションケース台座へのペルチェ素子のマウントは、UVレジンを使用する。



PC用の高性能のCPUクーラーを除熱に使用。ヒートパイプを用いた製品でない
とオーバーヒートする。

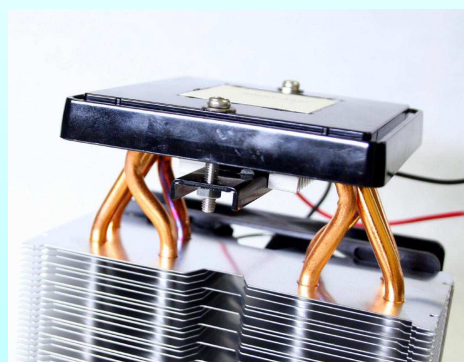


ペルチェ素子の間とCPUヘッドに熱伝導グリスを塗り、熱的なコンタクトを取る。

マウントした素子とCPUヘッドの間にもう一枚ペルチェ素子を挟み込み、二段重ねにする。



チャンバーとしてダイソーのコレクションケースが非常に優れている。ドライアイスで冷やせばほぼそのまま霧箱になる。

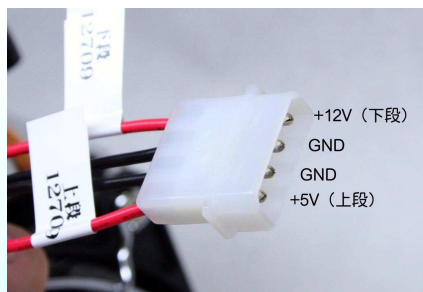


リテンションパーツはCPUクーラーによって異なるため、注意する。

高性能ペルチェ霧箱の製作 (2)



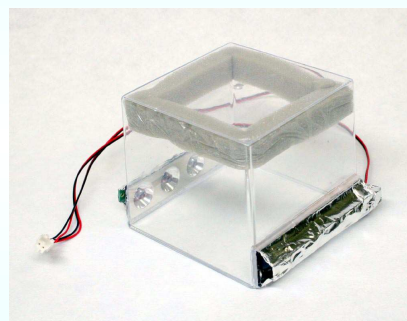
素子の表面を黒く塗装する。通常のラッカースプレーでアルコールに侵されるため、ウレタン塗料を使用する。



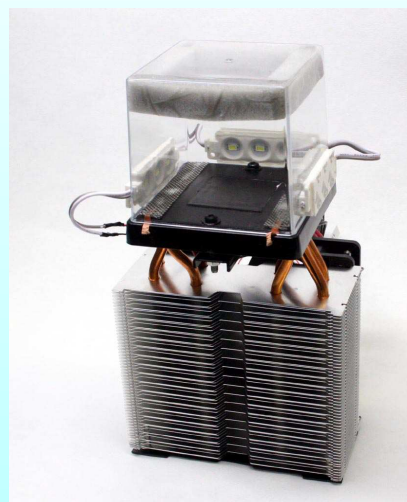
上段の素子に+5V、下段の素子に+12Vを給電するために、PC用ATX電源を使用する。古いPCから取りだした物で十分。



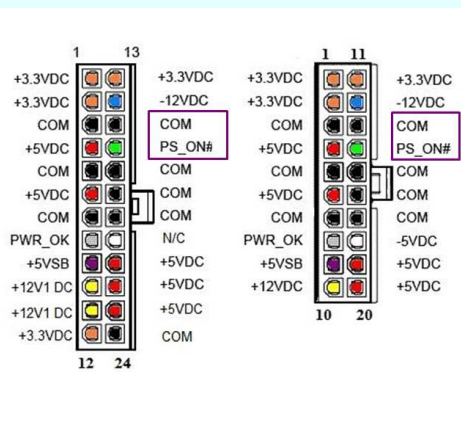
LED照明をチャンバーに取り付ける。簡易的にはダイソーの4LEDタッチライトブロックを使用すると良い。高性能な物を作成する場合は12VタイプのSMD 5730 3-LEDモジュールなどを使用する。



ケースの上部にスポンジテープを貼付ける。なお、アクリルは徐々にエタノールに侵されひび割れてしまうが、このコレクションケースはポリスチレン製のため、全く問題無い。



完成したユニットのイメージ。なお、試験販売予定の製品版は、ずっとコンパクトにまとめられている。



マザーボード無しでATX電源を使用するためにPS_ONピンをGNDに落とす必要がある。

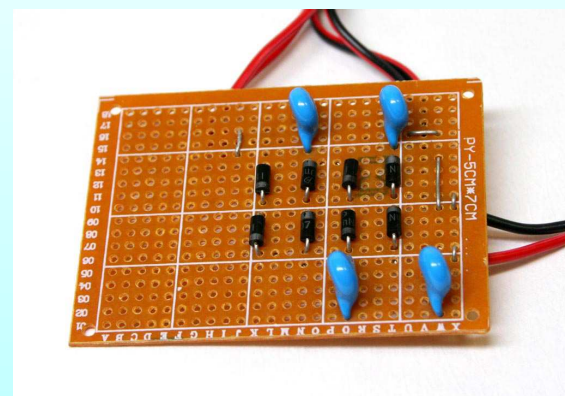
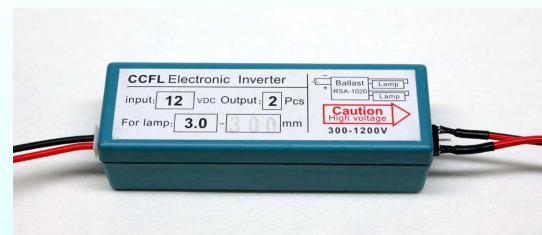
高性能ペルチェ霧箱の製作 (3)



悪天候時など雑イオンのために α 線の飛跡すらも観察しにくいことがある。

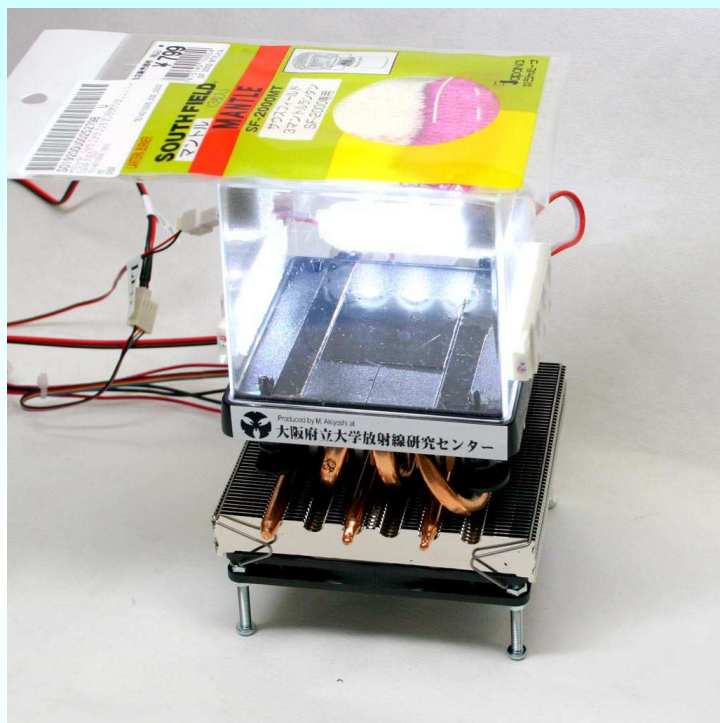
→ この状態では、 β 線はほとんど観察することが出来ない。

この雑イオンの除去のために、高電圧を印加する。簡単には、摩擦により静電気を生成しても良いが、悪天候時にはその静電気も発生しにくい。



○バンデグラフ起電機とライデン瓶の組み合わせ
◎冷陰極管(CCFL)用インバータ回路とコッククロフト回路を組み合わせた高電圧発生回路で、雑イオンを除去すると良い。
これらの高電圧発生器で加速器の原理も学習できる。
電極は、アルミテープなどを使用すると便利である。

高性能ペルチェ冷却霧箱 製品版

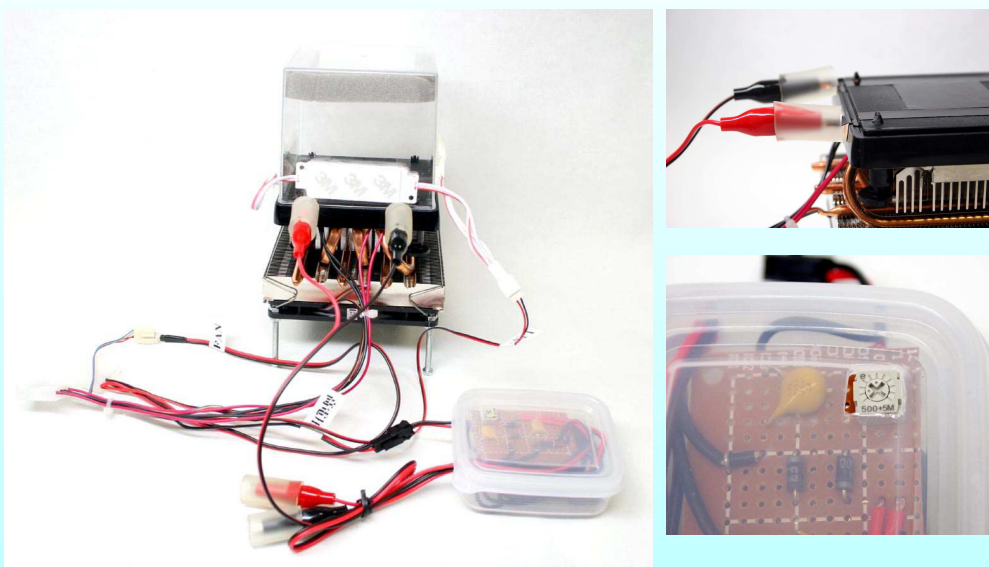


・線源としてはランタン用マントルがやはり最適。季節物なので、冬場は入手困難なので注意。サウスフィールド SF-2000MT, DX-HP マントルは現在トリウム含有が確認されている。

・冷陰極管インバータに給電する電圧をボリューム抵抗で下げること、出力される高電圧をコントロール可能。天候などに応じて最適な電圧を印加し雑イオンを除去する。

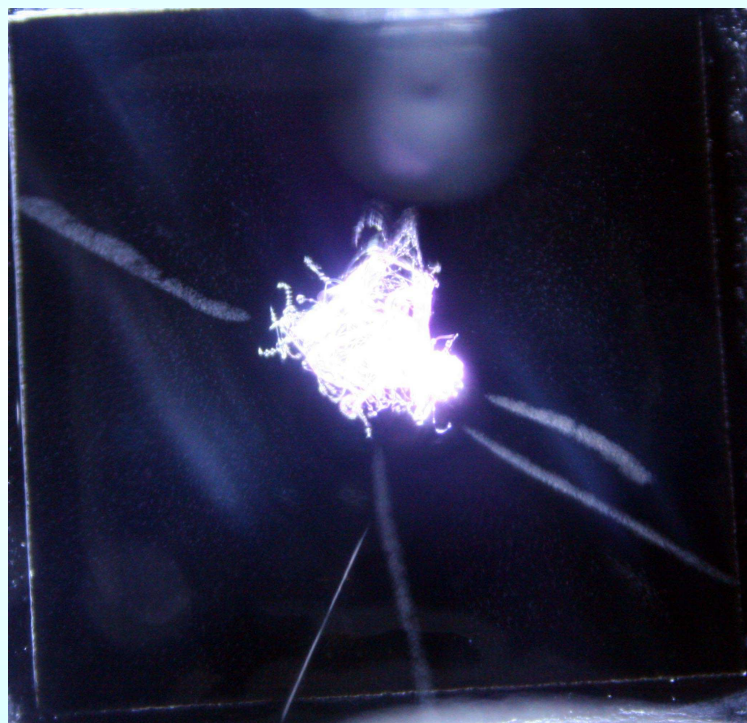
アルコールとして試薬用のエタノールでなくても、消毒用の物で十分。イソプロピルアルコールが入っている物もあるが、むしろイソプロピルアルコールの方が観察には適している。

β 線観察時は、線源をチャンバーの上に置いて観察すると良い。上から入射しても β 線は散乱されるため底面に平行に走る電子が観察される。



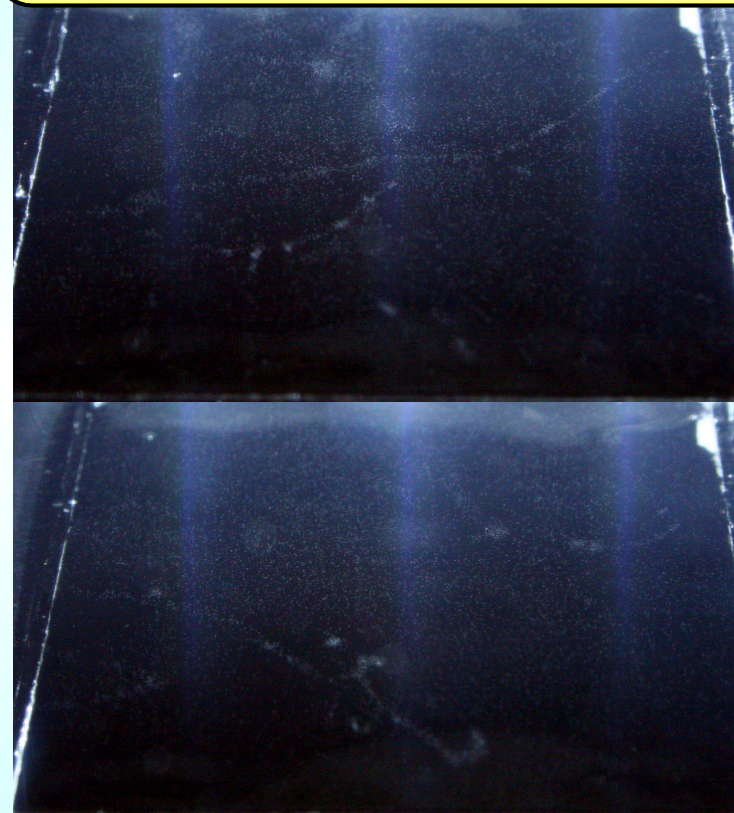
霧箱での飛跡の観察

α 線の飛跡



直線的ではっきりとした飛跡を示す。気流の関係で生成した霧がたなびく事で曲がって見えることがあるが、散乱や磁石による偏向ではない。

β 線の飛跡



霧の液滴の密度が低く、うっすらとした飛跡しか示さない。電子線の入射方向と関係なく様々な方向に飛び、空気中でも散乱されている様子を確認できる。

電子線(β線)とα線の比較

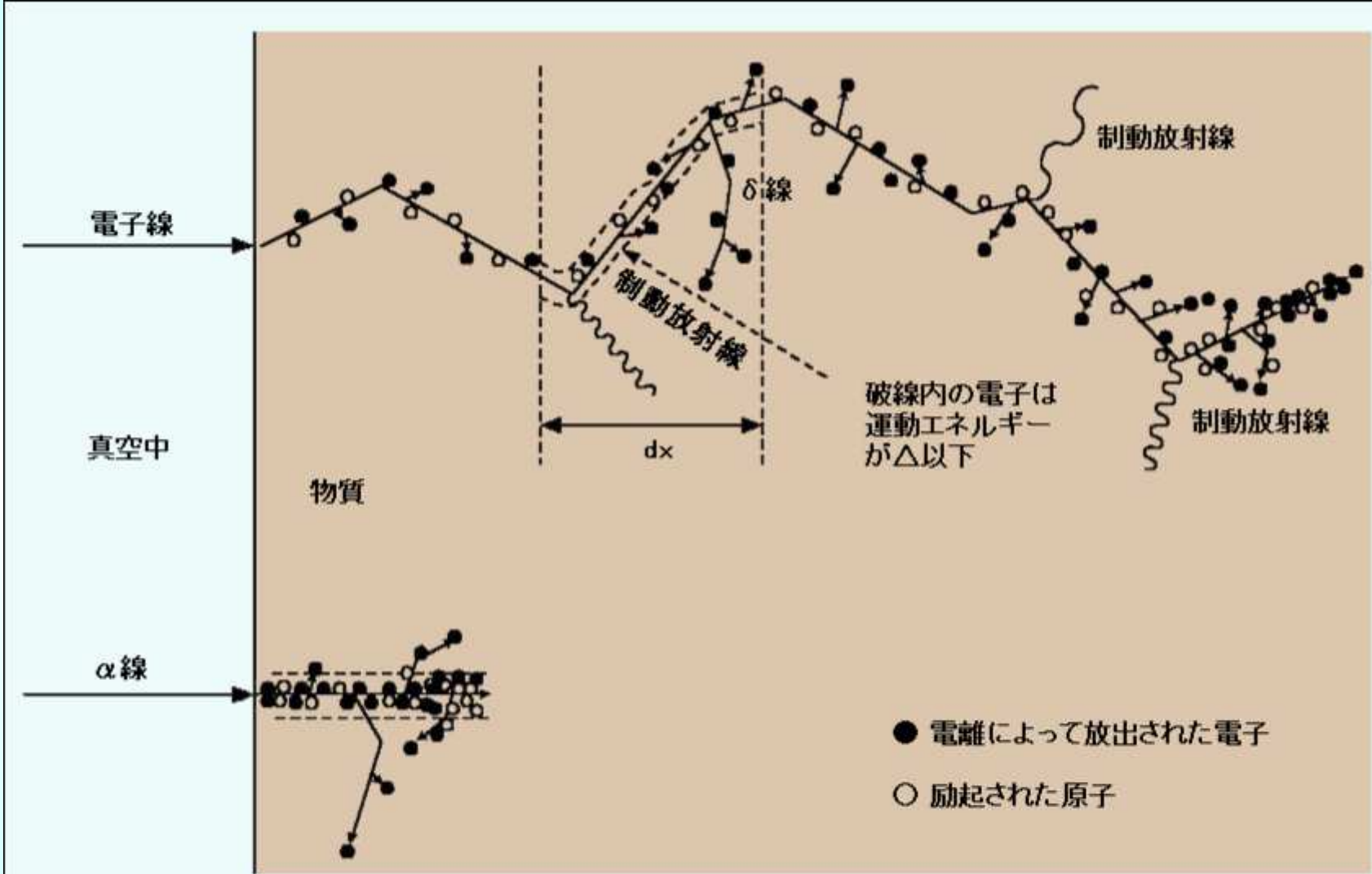


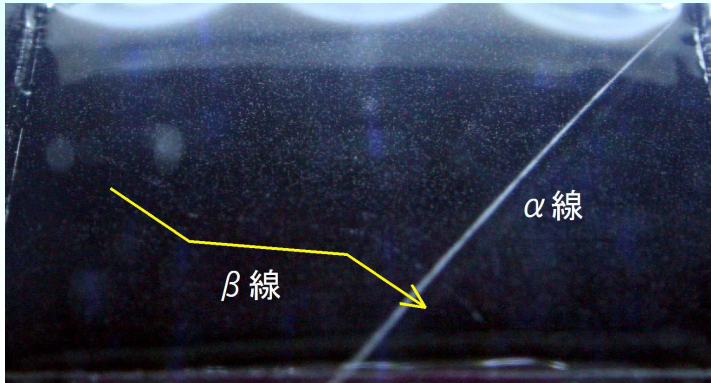
図1 荷電粒子と物質の相互作用

[出典]江藤秀雄(ほか):放射線防護、丸善(1982年12月)、p.54

放射線加重係数の説明

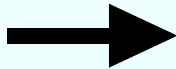
実効線量(Sv) = 吸収線量(Gy) × **放射線加重係数** × 組織加重係数
→ **α線: 20, β、γ線: 1**

この相互作用の違いから
直感的に理解



体内の放射能 *体重60kgの日本人 年間に被ばくする実効線量

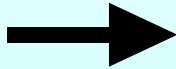
K-40: 4,000Bq



170 μSv/年

β・γ線のみ

Po-210: 20Bq



800 μSv/年

α線を放出

空気中のラドントロンもα線を放出 → 世界平均で 1.26mSv/年
日本は木造建築が多く比較的被ばく量は少ない(0.48mSv/年)

*そもそもの吸収線量、
組織加重係数
なども異なる

γ 線の観察

入射電子線のエネルギー E (MeV),
最大飛程 R (g/cm³) とすると、
 $R = 0.542 E - 0.133$ ($0.8 < E$)
ウラン系列核種からの β 線のアルミ中での最大
飛程は、Bi-214 からの 3.27MeV による6.1mm。

マントル線源を6mm以上のアルミ板で遮蔽してからチャン
バーに乗せても、 γ 線が光電子などを叩き出して、 β 線と
同じように飛跡が観察されることが分かる。(イベント数は
非常に落ちる)

γ 線は物質を透過したあと、最終的に相互作用する際は
 β 線と同様になるというのが良く分かる

