

暗黒物質探索における表面バックグラウンド の除去研究

採択額:6.1万円
使用予定:純空気購入

令和元年東京大学宇宙線研究所共同利用研究成果発表会

東大宇宙線研 小林兼好

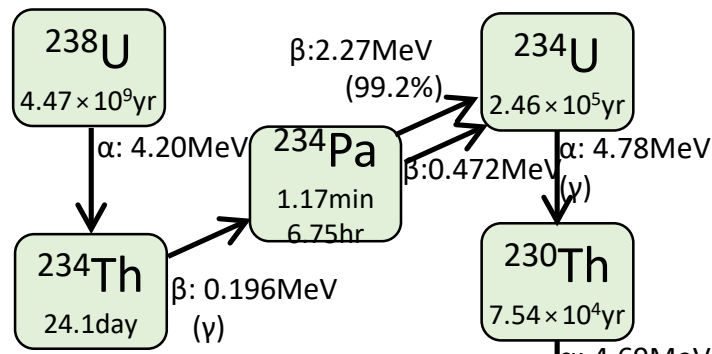
2019年12月13日

動機

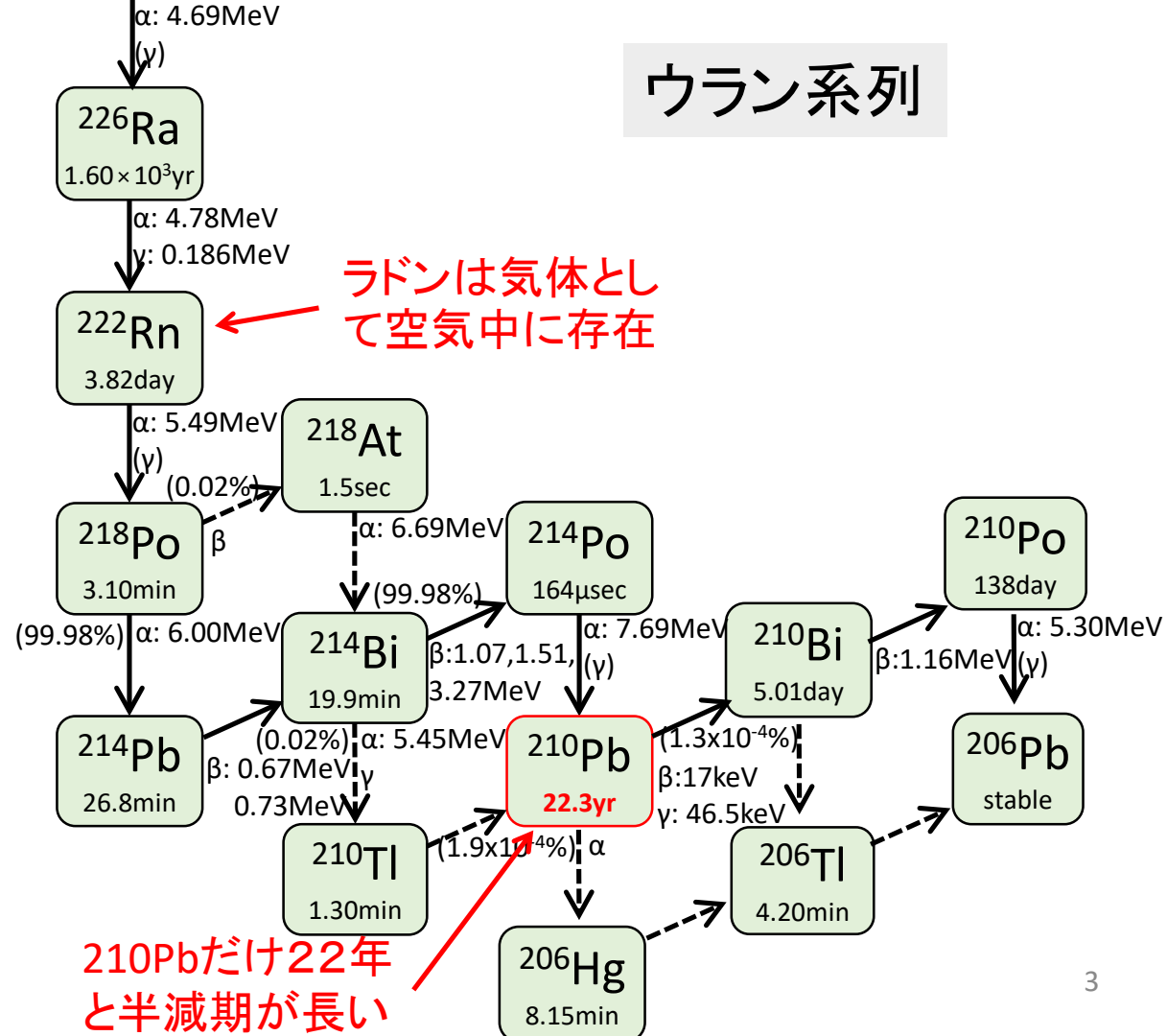
- 第三世代とよばれる将来のWIMP探索では中性子が主要バックグラウンドの1つになりうる。
- ^{210}Pb が検出器部材表面に付着すると (α, n) 反応で生じる中性子も問題になり得る。特に現在主流のキセノン2相式検出器ではPTFEが電極間の材料として使われており。PTFEはフッ素を含むため (α, n) 反応の散乱断面積が大きく、また、PTFEはマイナスに帯電しやすいため注意する必要がある。
- 比較的安価に ^{210}Pb の付着を抑えられる環境を作りたい。

210Pb

- 210Pbは半減期が22年と長く、ラドンの娘核が混入すると中に残る。混入経路は材料中に含まれる238Uが崩壊して210Pbになる経路と空気中に放出されたラドンの娘核が材料に付着して210Pbになる経路が考えられる。



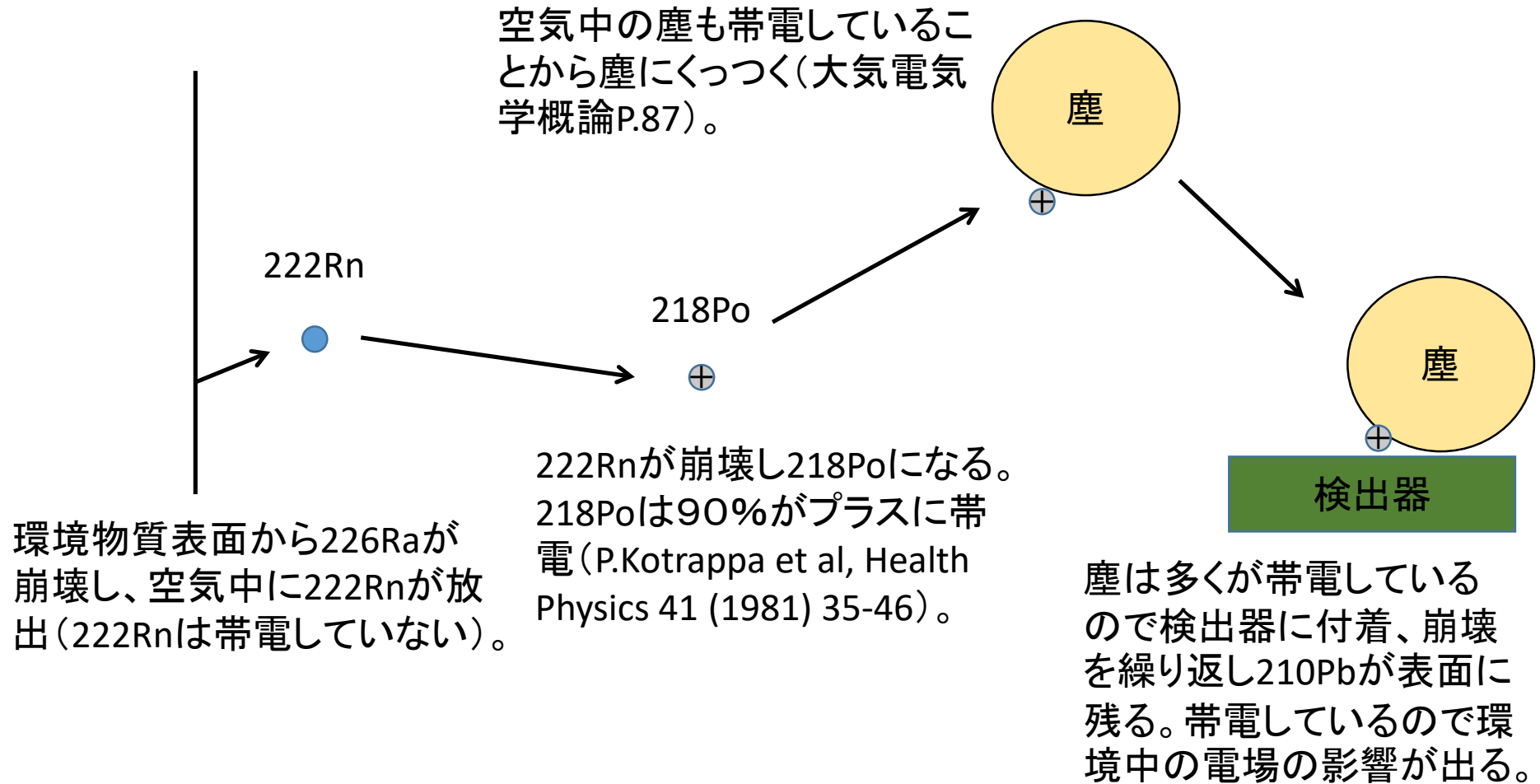
ウラン系列



ラドンは気体として空気中に存在

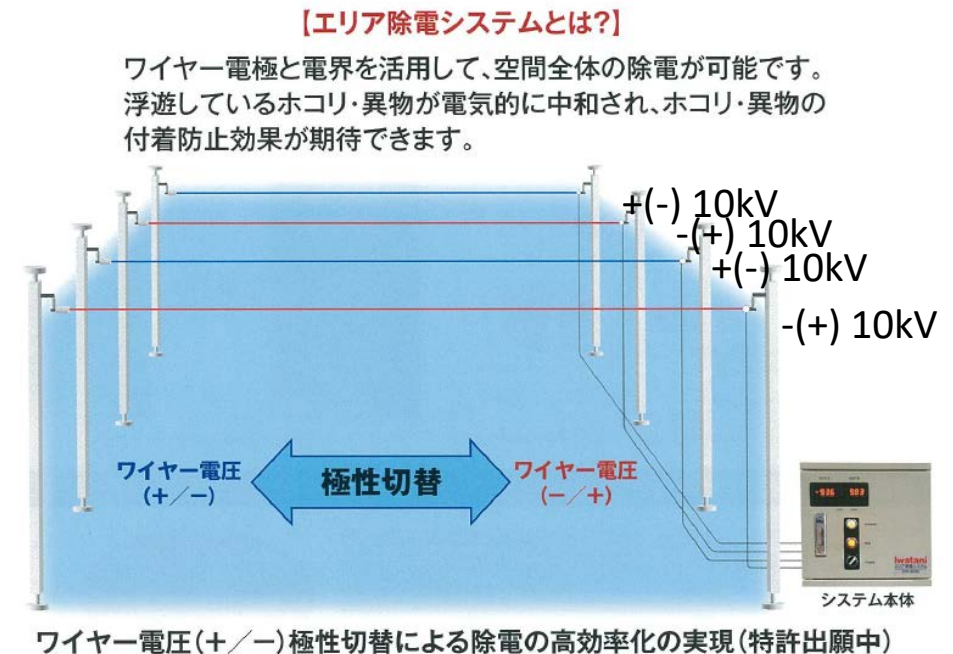
210Pbだけ22年と半減期が長い

一般環境中における 空气中ラドン娘核の生成、付着



エリア除電システムによる表面バックグラウンドの除去の可能性

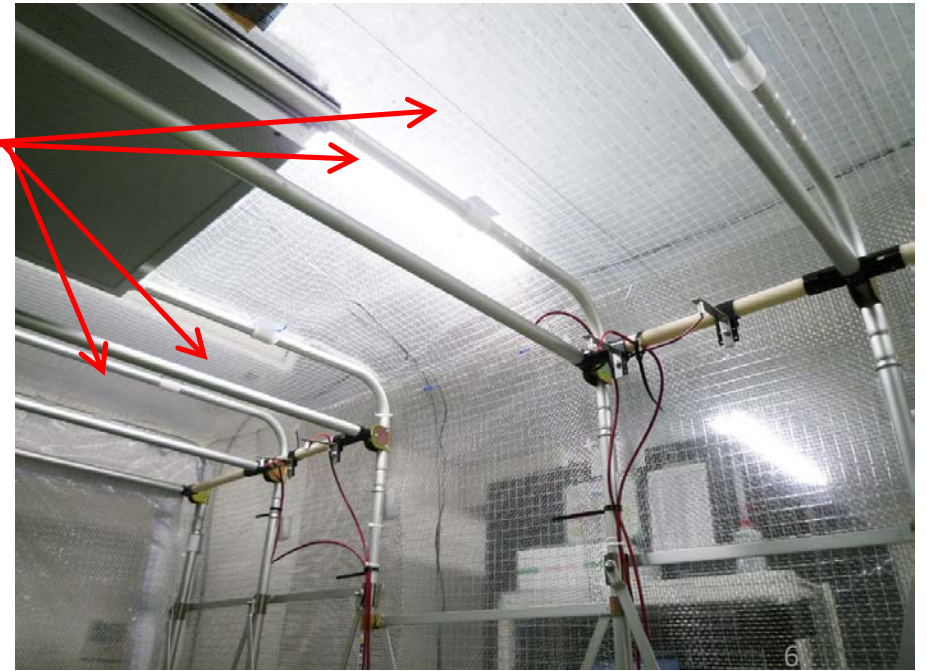
1. ラドンの除去が根本的な解決方法だが、コストがかかりすぎ現実的ではない。
2. 簡単にできる方法としては以下のようなことにより予想よりも高い付着は妨げる。
 1. 換気により室内にこもっているラドン濃度を下げる
 2. クリーンブース内での作業を依頼し塵による付着を妨げる。
 3. 帯電防止対策を行う。
3. ほかに良い方法がないか？
 - エリア除電システム(岩谷産業)
 - 塵を出さずに除電ができる。
 - 空気中のラドン娘核を中性化することにより表面への付着を防げないか？



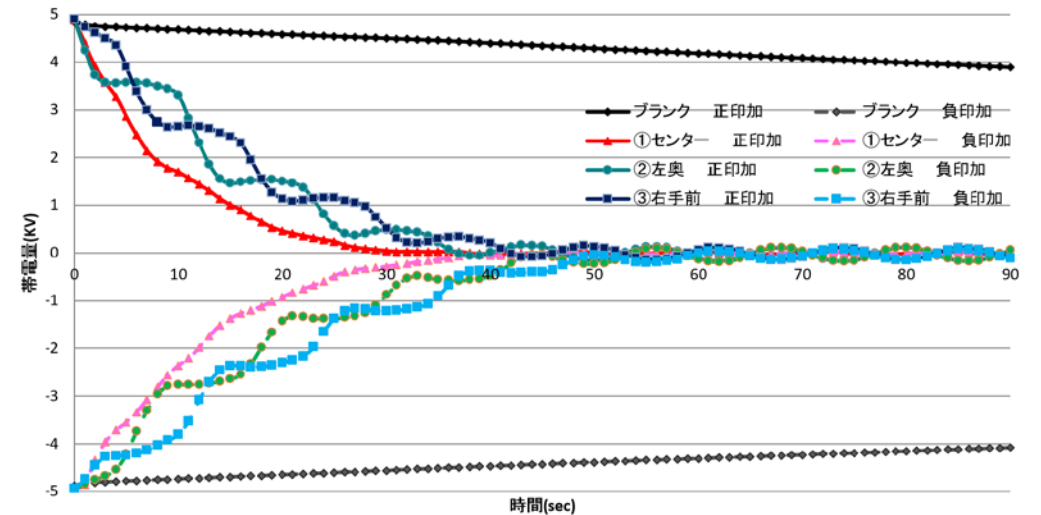
神岡坑内での検証

- 神岡坑内はラドン濃度が高いため検証がしやすい。
- Lab1近くの部屋にてクリーンブースを組み、天井にエリア除電機を取り付け、床付近での付着度合いを測定することにより検証。

SUS wire

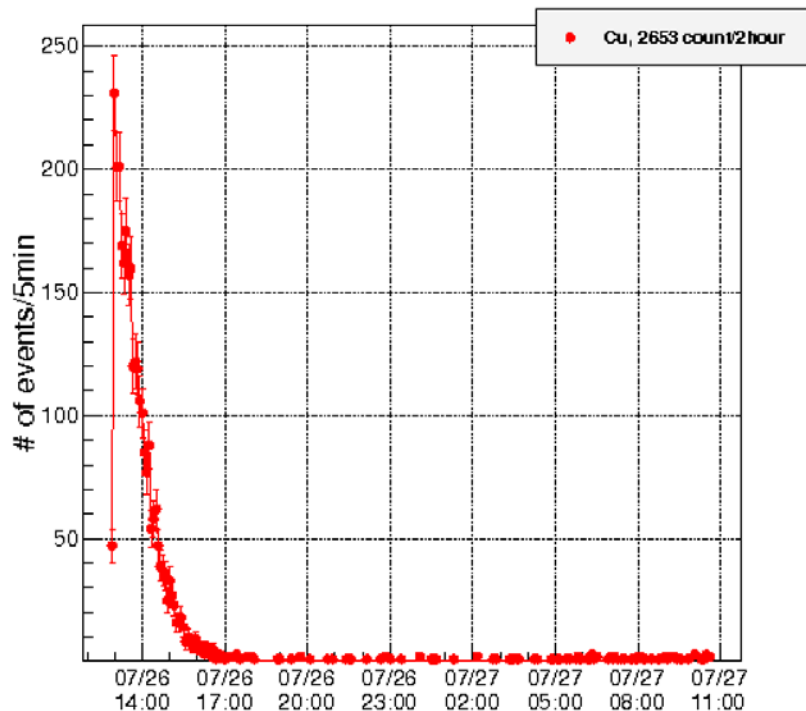


ブース内 帯電量減衰状況

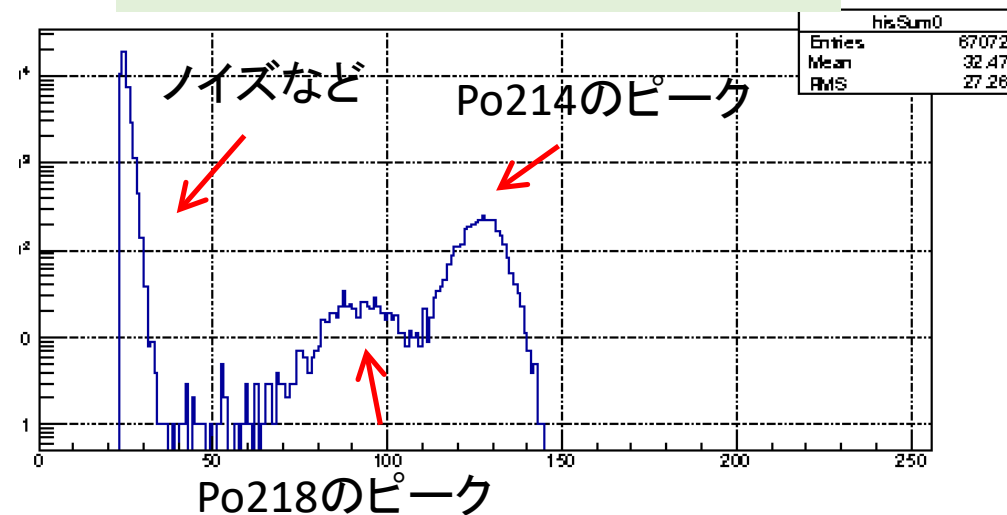


測定手順

Po214事象の刑事変化 (27)



測定されたADC分布
(アルファ線のエネルギーに比例)



手順

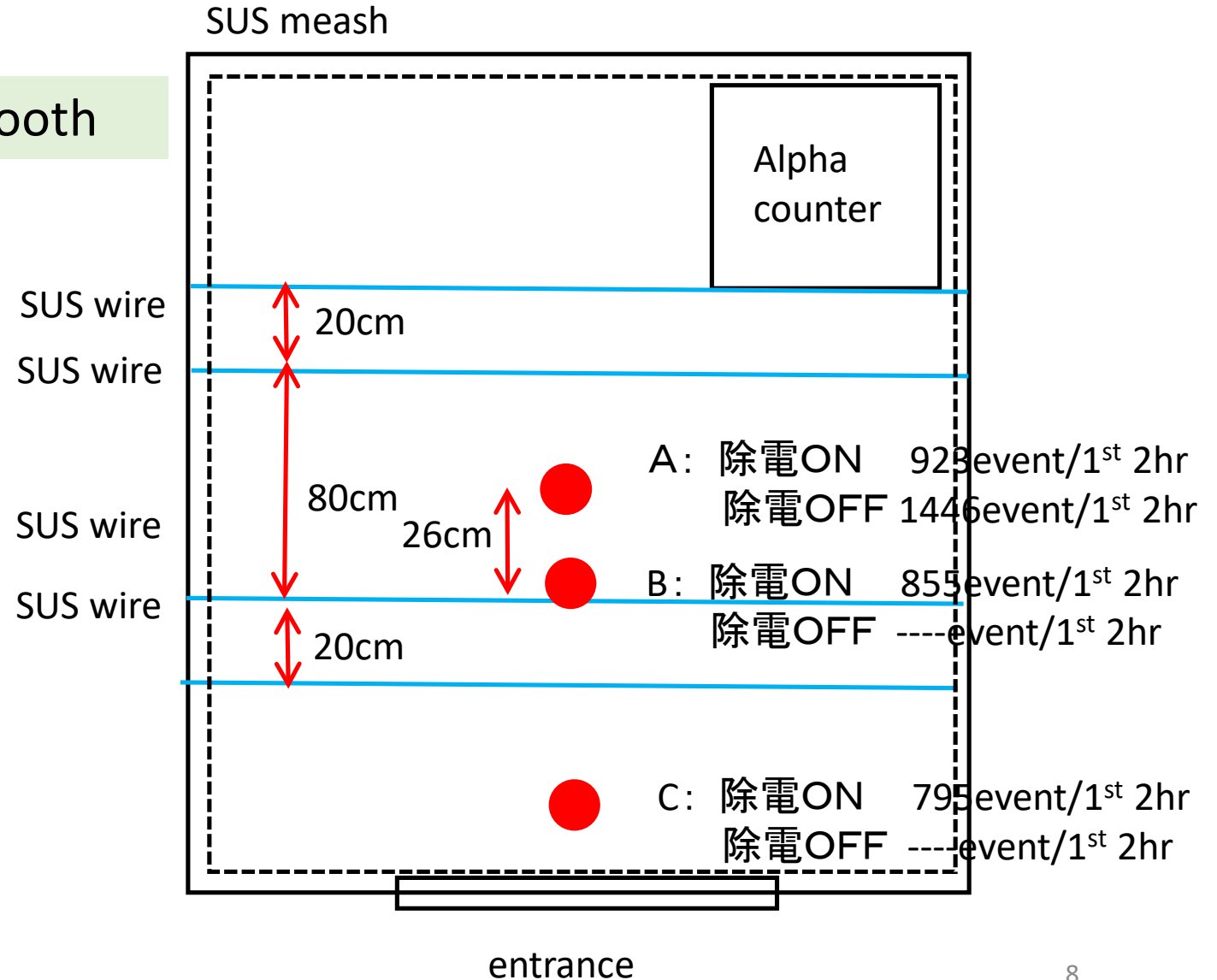
1. 2時間10cmx10cmの銅板をクリーンブース内に放置。
2. アルファカウンタ(半導体検出器)にセット。データ取得開始(銅板回収からデータ取得開始まで約3分)。
3. 2時間データを取得(ラドン娘核がPb210に崩壊するまでの半減期が計約1時間なので2時間測定することでどの程度付着したのかがわかる)。
4. Po214のエネルギー範囲にある事象の数をカウントし、表面付着の目安にする。



エリア除電機ONによる効果

- どの位置でも4割ほど減っている。

Clean booth



ラドン娘核付着を減らすための最適化

- 最適化によりPb210の部材への付着を10分の1以下まで減らしたい。
 - エリア除電機はあくまで表面の帯電を抑えるように設計されているため空气中ラドン娘核の中性化へ最適化を行う。
 - イオン放出の時間間隔
 - 現在の設定では正と負のイオンが交互に放出される。正と負のイオンが放出される間に何も放出されない時間があり、ラドンの崩壊は絶えずおこっているので中性化が追いついていないと思われる。正負イオン切り替えの回数を極力減らすことにより中性化を強化する。
 - ワイヤー位置の最適化
 - 間隔を10cm以下にすると放電
 - 本数を増やす。
- 今年度中の最適化を目指している。