

異なる種類の放射線を一台で 可視化できる新しい検出器

日本原子力研究開発機構 福島研究開発部門
廃炉環境国際共同研究センター 遠隔ディビジョン
先進放射線計測研究グループ
研究副主幹 森下祐樹

2022年5月17日

自己紹介

H23.3 名古屋大学大学院博士前期課程修了
研究テーマ: X線CT検査の線量シミュレーション計算

H23.4 原子力機構に入社
核燃料サイクル工学研究所 放射線管理第1課
ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料製造施設の放射線管理

H27.3 名古屋大学大学院博士後期課程修了
論文題目: エネルギー弁別・位置検出型アルファ線検出器の開
発に関する研究



現在: 原子力機構 廃炉環境国際共同研究センター
遠隔技術ディビジョン 先進放射線計測研究グループ

福島第一原子力発電所(1F)廃炉に向けたアルファ線計測技術
開発に従事

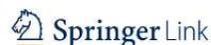
放射線検出技術に一貫して取り組む

原子力以外の分野にも展開したい

原子力以外の分野への展開例

留学先: Nuclear Engineering and Radiological Sciences,
University of Michigan

Kimberlee Kearfott教授: ラドン計測の地震予知への応用



Published: 07 May 2021

Anomaly Classification for Earthquake Prediction in Radon Time Series Data Using Stacking and Automatic Anomaly Indication Function

Adil Aslam Mir , Fatih Vehbi Çelebi, Muhammad Rafique, M. R. I. Faruque, Mayeen Uddin Khandaker, Kimberlee Jane Kearfott & Pervaiz Ahmad

Pure and Applied Geophysics **178**, 1593–1607 (2021) | [Cite this article](#)

300 Accesses | 5 Citations | [Metrics](#)



Journal of Environmental Radioactivity

Volume 203, July 2019, Pages 48-54



Automated anomalous behaviour detection in soil radon gas prior to earthquakes using computational intelligence techniques

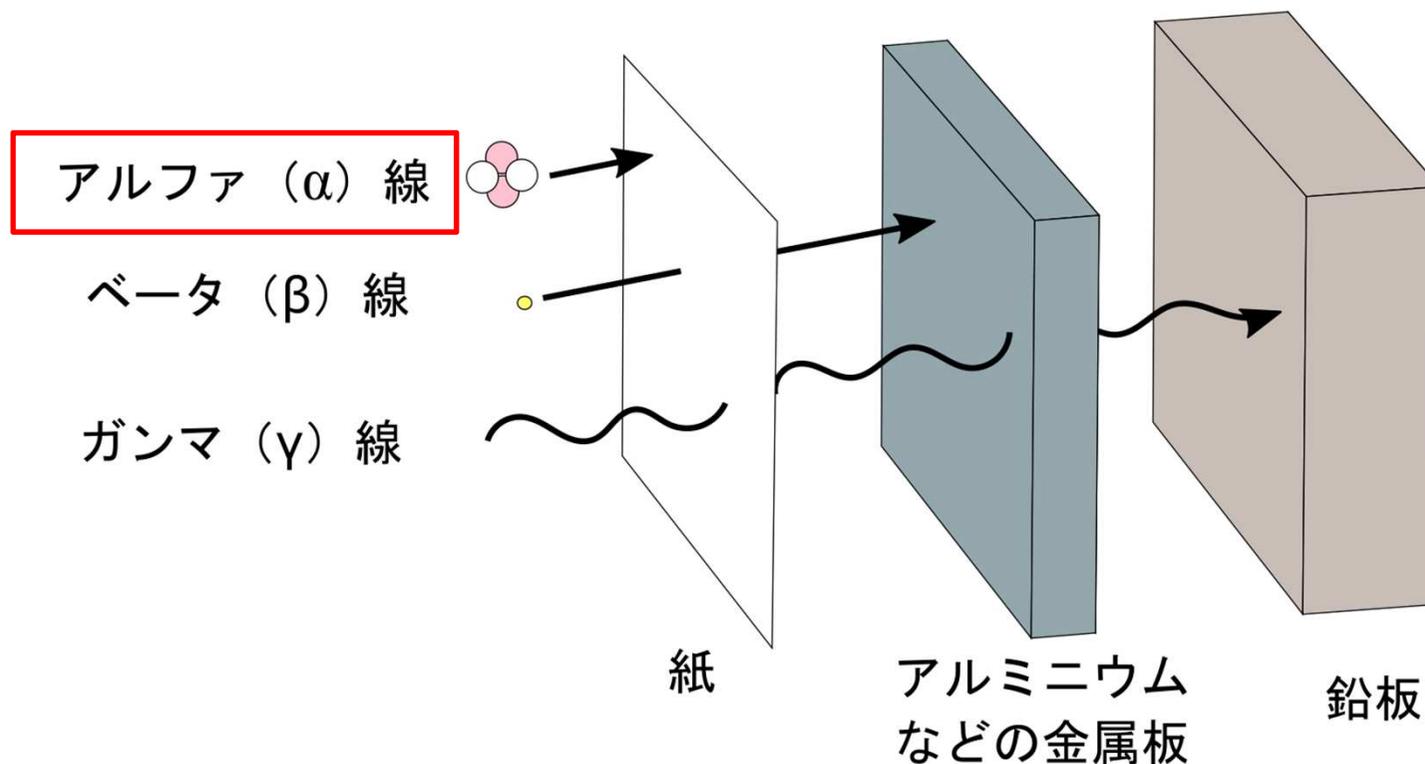
Aleem Dad Khan Tareen ^a, Khawaja M. Asim ^b, Kimberlee Jane Kearfott ^c, Muhammad Rafique ^a , Malik Sajjad Ahmed Nadeem ^d, Talat Iqbal ^b, Saeed Ur Rahman ^e

[Show more](#) 

[+](#) Add to Mendeley [🔗](#) Share [📄](#) Cite

アルファ線

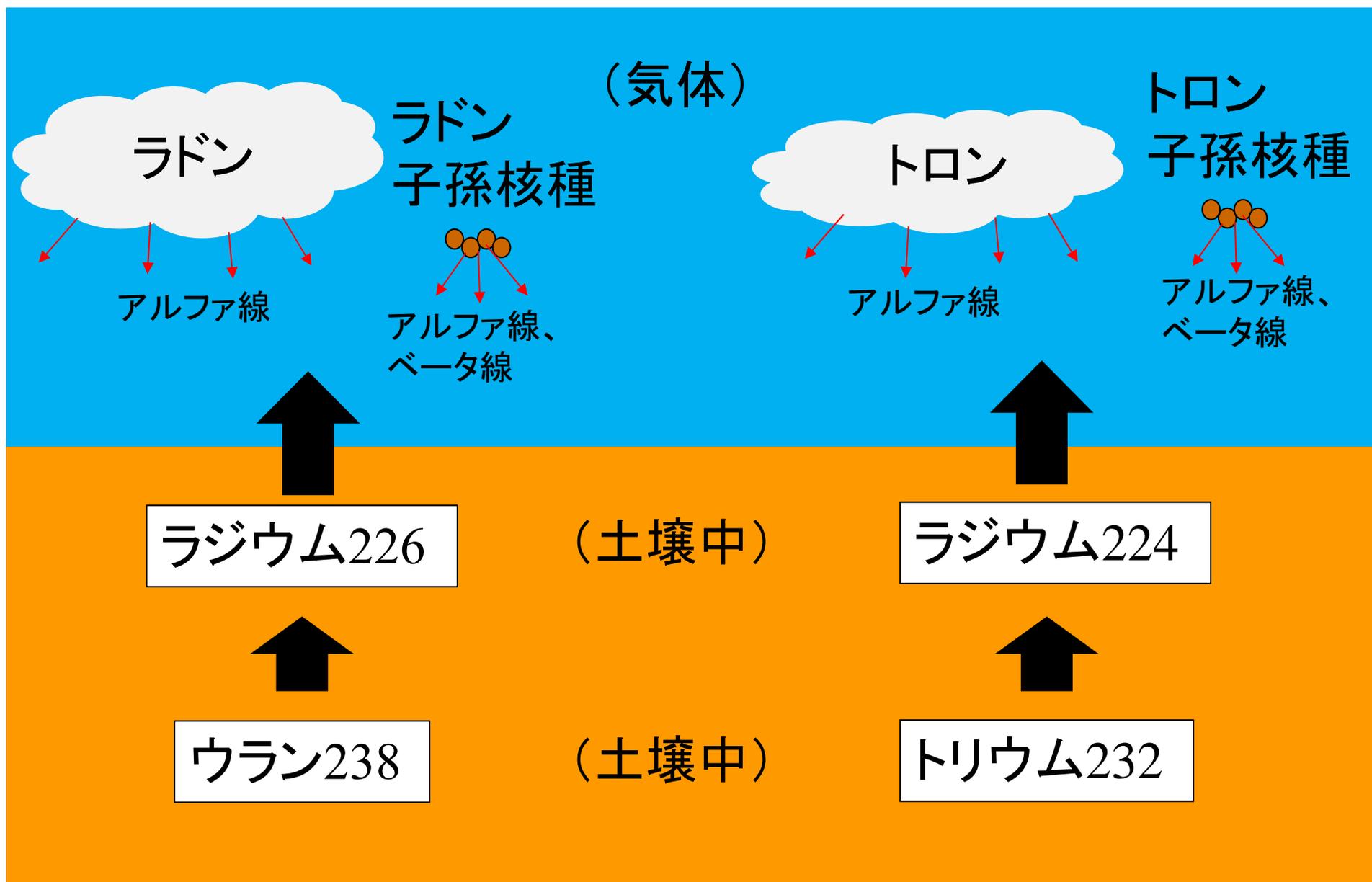
ヘリウム-4の原子核のこと
透過力が小さい（紙一枚で止まる）



従来は放射性セシウム等のガンマ線の測定がメイン

福島第一原子力発電所(1F)建屋内における、“**アルファ線**”は“計数率”の測定限られており、人工核種と天然核種の弁別ができない。

天然核種 (ラドン・トロン) -身近なところにある放射性物質-



アルファ線放出核種

“アルファ線”を放出する核種のこと
“人工核種”と“天然核種”が存在する。

人工核種

ウラン、プルトニウム、アメリシウムなど。

主に原子炉内で生成される。

天然核種

ラドン、トロンなど。

自然環境中のあらゆるところに存在する。

市販の測定器（ZnS（Ag）サーベイメータ）では人工核種と天然核種の弁別ができない。

従来の測定器

人工核種(プルトニウム等)の汚染:アルファ線を測定することにより検出

従来の測定器

ZnS(Ag) サーベイメータ

(アルファ線が当たると発光する
ZnS(Ag) シンチレータが使われる。)



アルファ線の“計数率”の
情報のみ。

天然核種及びベータ線、ガンマ線
(偽計測)との弁別はできない。

天然核種(偽計測)が発生 ⇒ 作業がストップ

⇒新しい検出器の開発が必要



既存のアルファ線検出器：ZnS(Ag)シンチレーションサーベイメータ

課題点(従来)

解決策(提案)

アルファ線とベータ線の弁別ができない。

①アルファ線とベータ線の弁別のための技術(特開2021_162421)

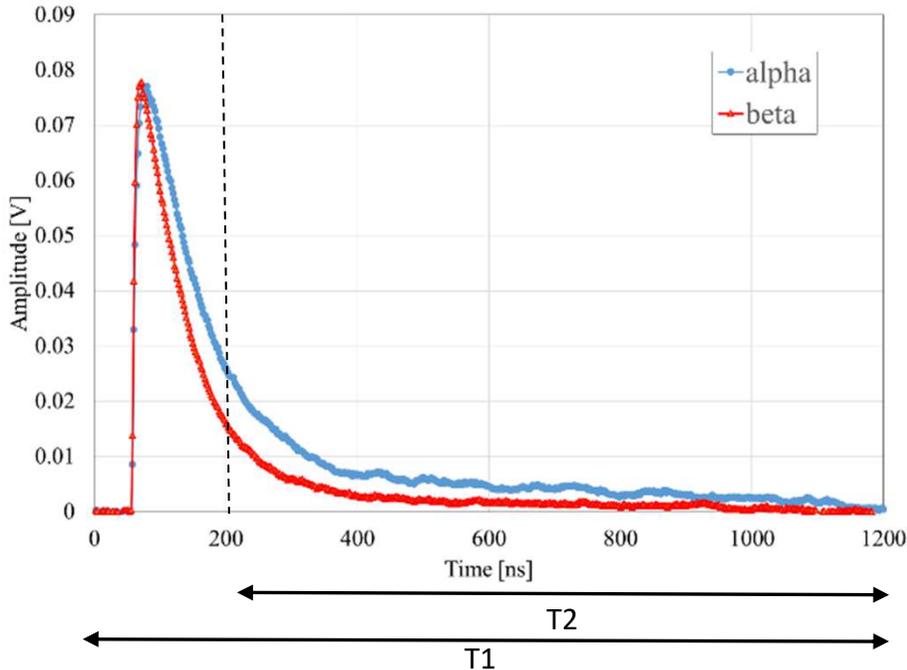
人工核種のアルファ核種と天然核種とのリアルタイム弁別ができない。

②人工核種と天然核種弁別のための技術
(特開2021_162421)

③感度向上のための技術
(特開2021_162422、2020_165807)

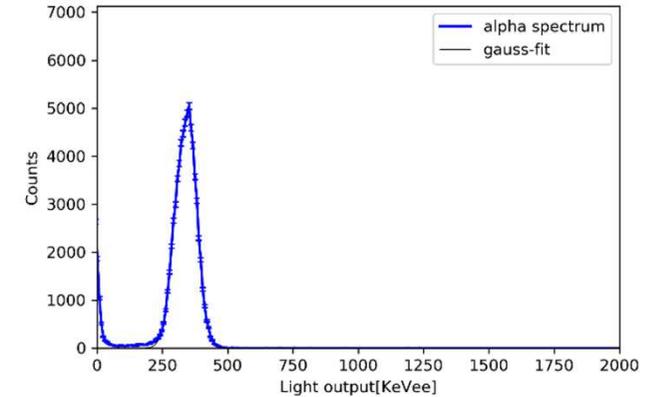
①アルファ線とベータ線の弁別技術開発

アルファ線とベータ線の弁別のための技術

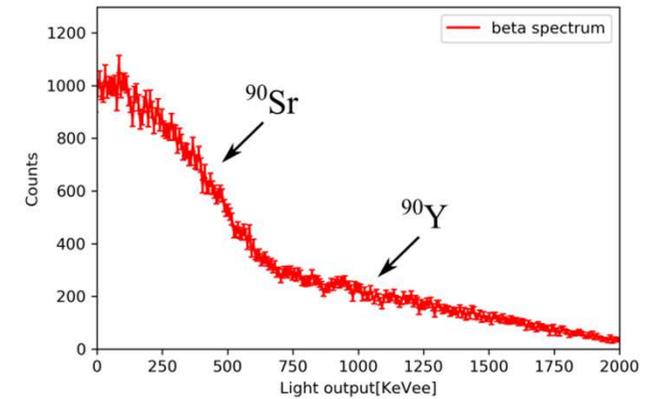


$$\frac{T2時間積分}{T1時間積分} > K$$

K: 弁別閾値



241Am (5.5MeV) アルファ線スペクトル

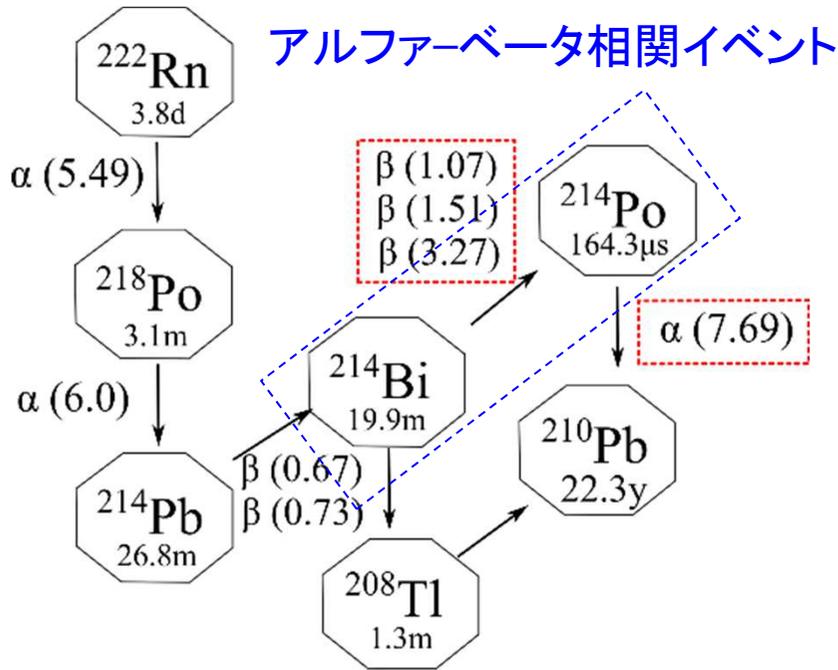


90Sr/90Y ベータ線スペクトル

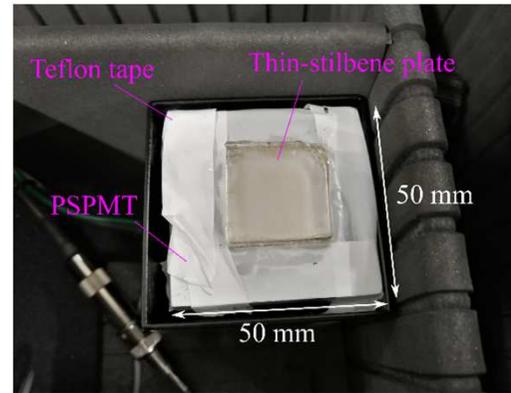
出力電圧波形。アルファ線とベータ線の弁別が可能なシンチレータと光検出器で構成。
T2時間積分とT1時間積分の比を取ることでアルファ線とベータ線を弁別。T2は弁別が最適になる範囲に設定

1回の測定でアルファ線とベータ線を弁別し、両者のスペクトルが同時に得られる

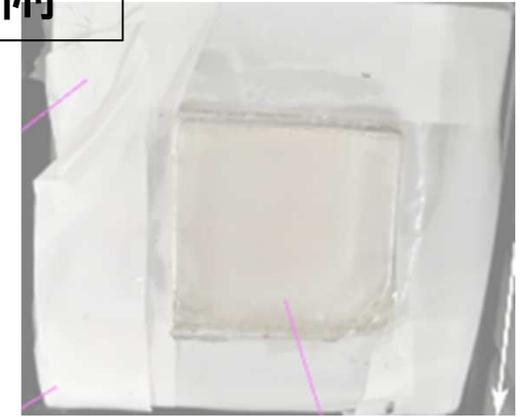
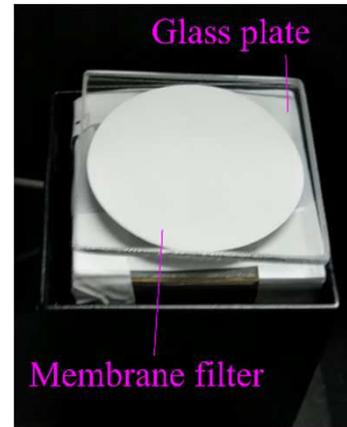
②アルファ-ベータ相関イベントの測定 人工核種と天然核種弁別のための技術



アルファ-ベータ相関イベント



検出器の写真

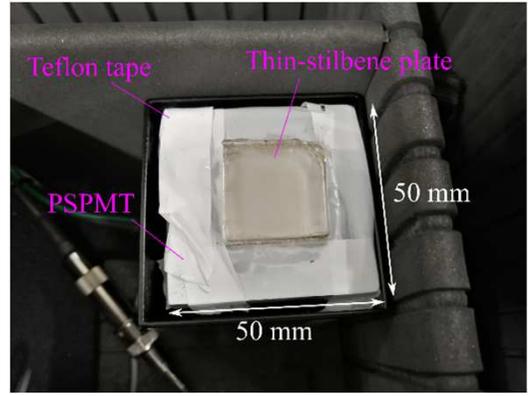
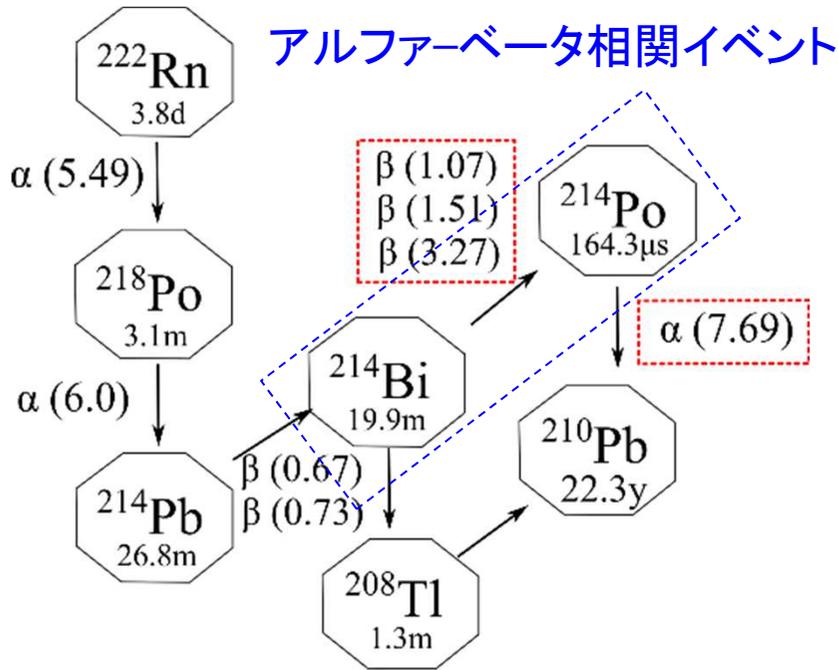


^{214}Bi (ベータ線)

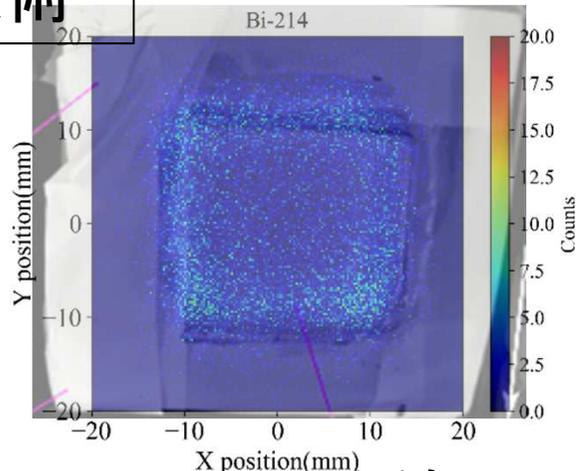


ラドン子孫核種を検出器に置き測定 ^{214}Po (アルファ線)
アルファ-ベータ相関イベントを取ることで、人工核種と天然
核種を弁別

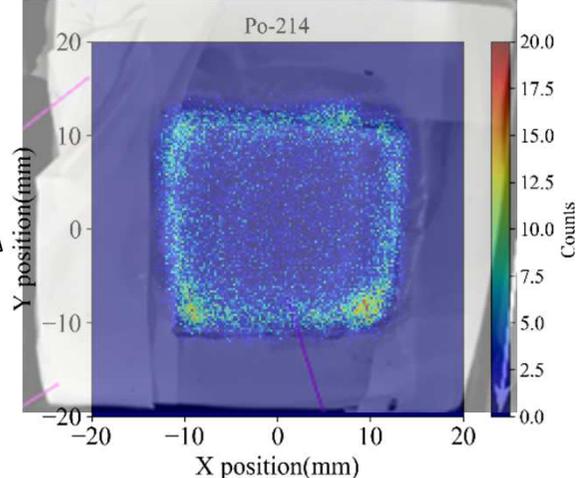
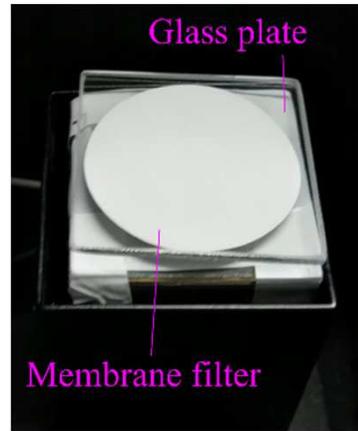
②アルファ-ベータ相関イベントの測定 人工核種と天然核種弁別のための技術



検出器の写真



²¹⁴Bi (ベータ線)



アルファ-ベータ相関イベント

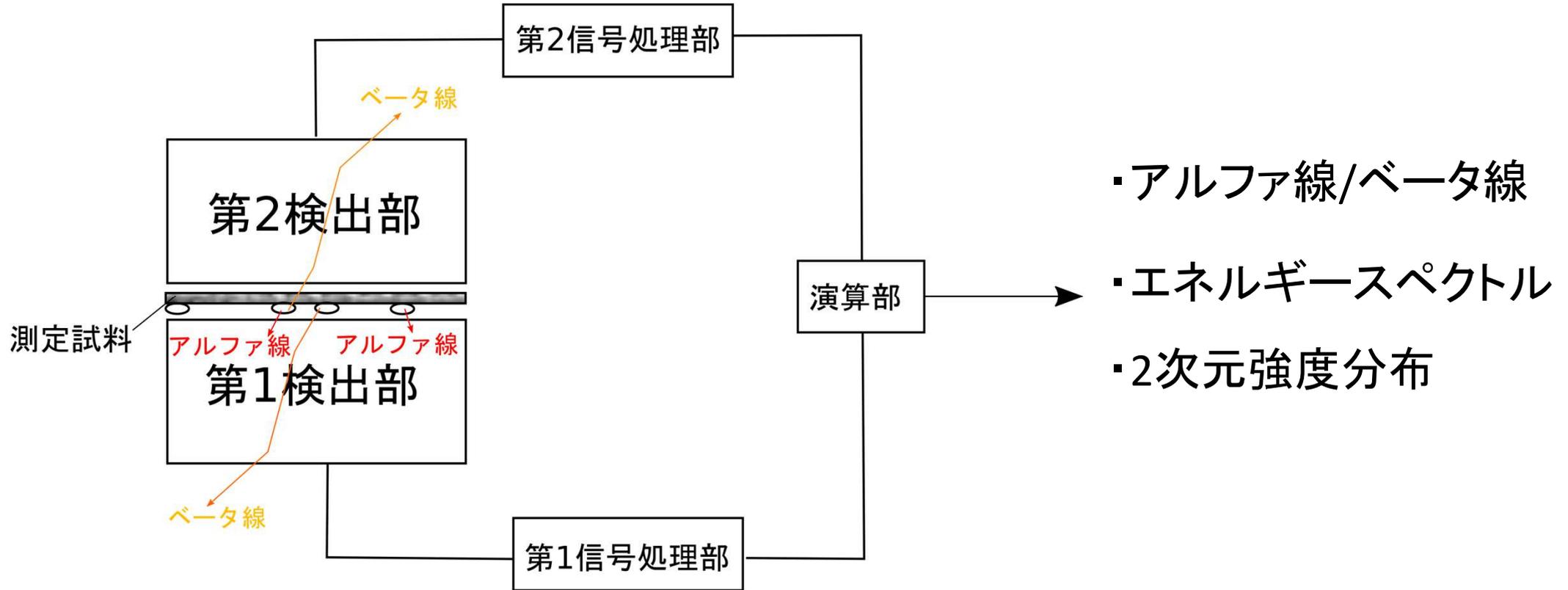
ラドン子孫核種を検出器に置き測定 ²¹⁴Po (アルファ線)
アルファ-ベータ相関イベントを取ることで、人工核種と天然核種を弁別

ベータ線の場合、アルファ線よりも広がって分布する特徴有

Y. Morishita, "Development of an alpha-and beta-imaging detector using a thin-stilbene plate for radon-222 progeny measurements." Radiation Measurements 140 (2021): 106511.

③対向型検出器

感度向上のための技術

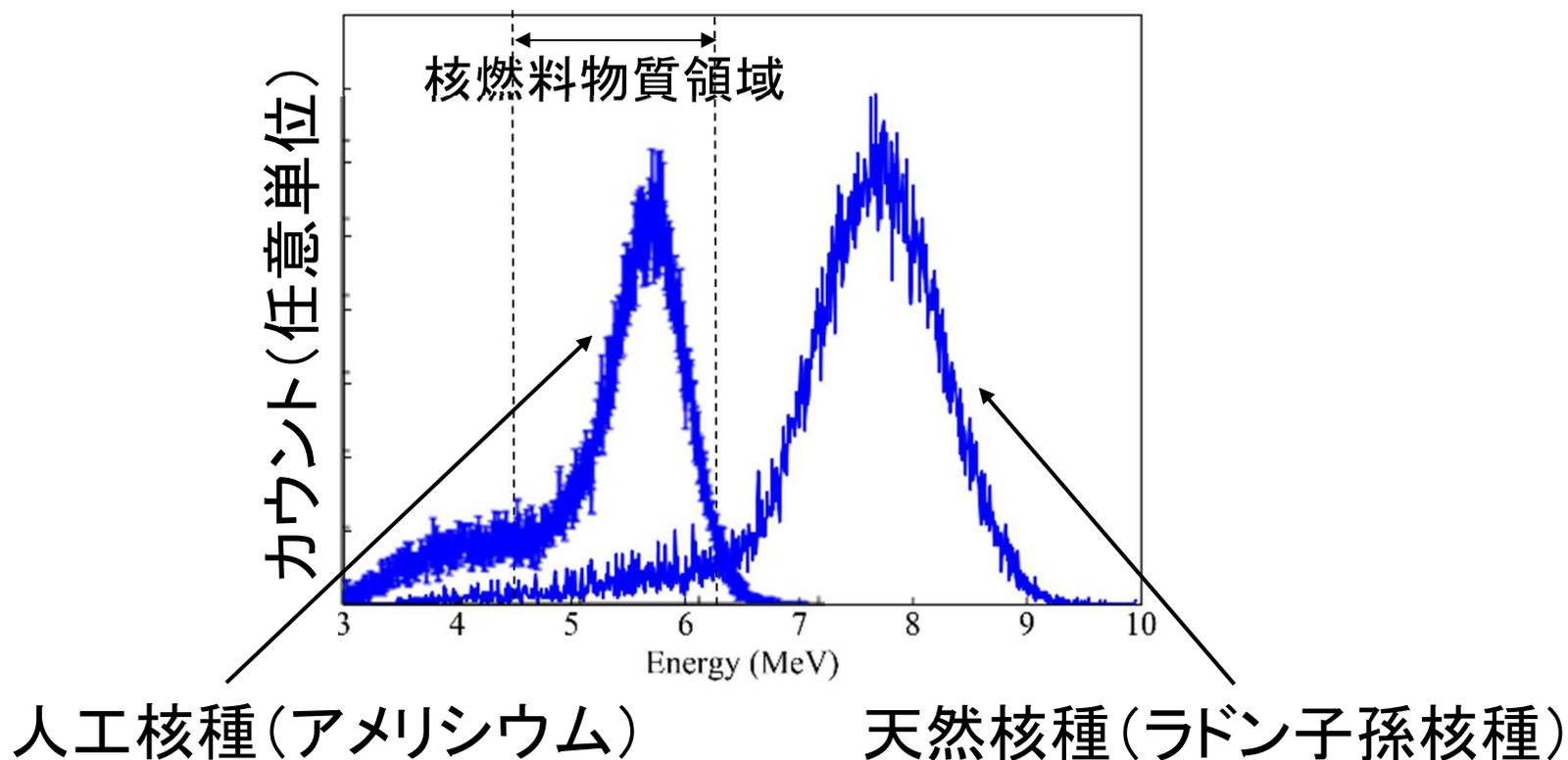


検出部を対向して配置

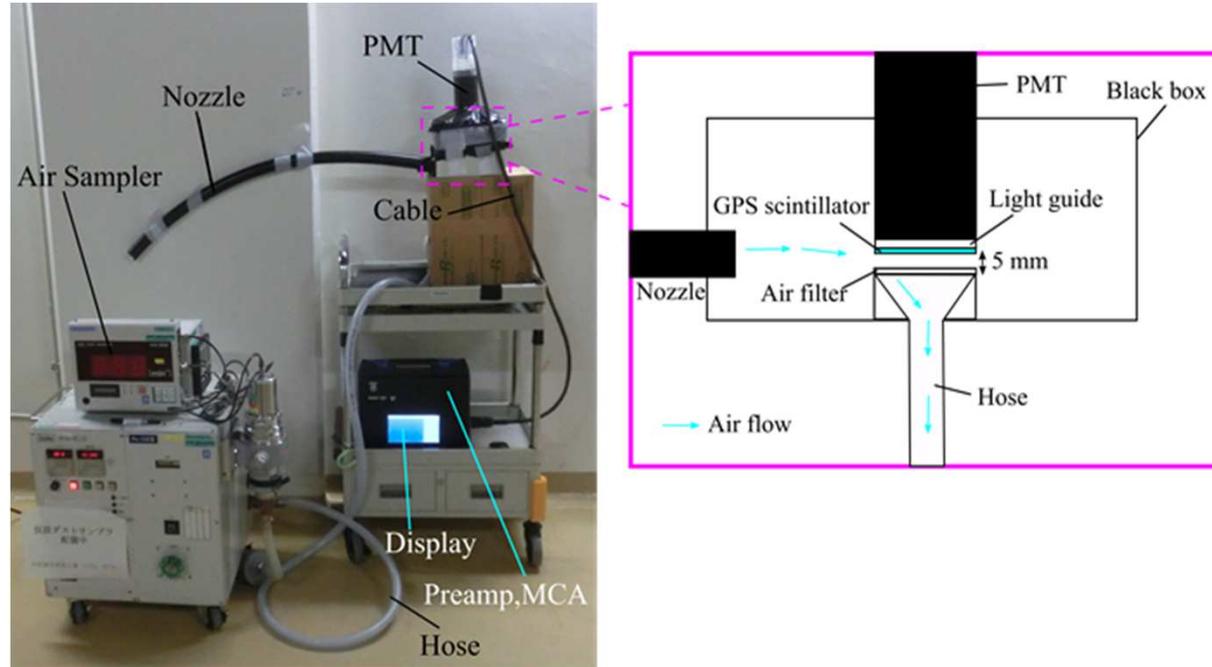
検出部を対向して配置し、試料上下方向の放射線を測定
→感度・位置検出精度向上

新技術の特徴・従来技術との比較

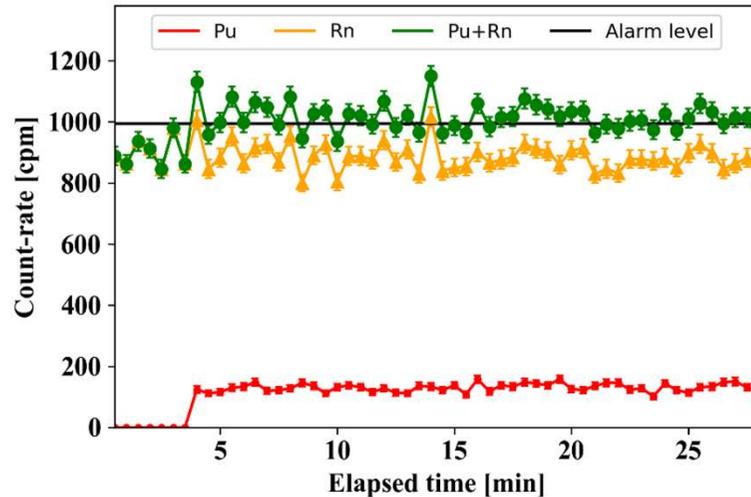
上記①②③の技術を組み合わせることで、高い精度でプルトニウム等の人工核種と天然核種を弁別測定することができる。



アルファ線用ダストモニタプロトタイプ機

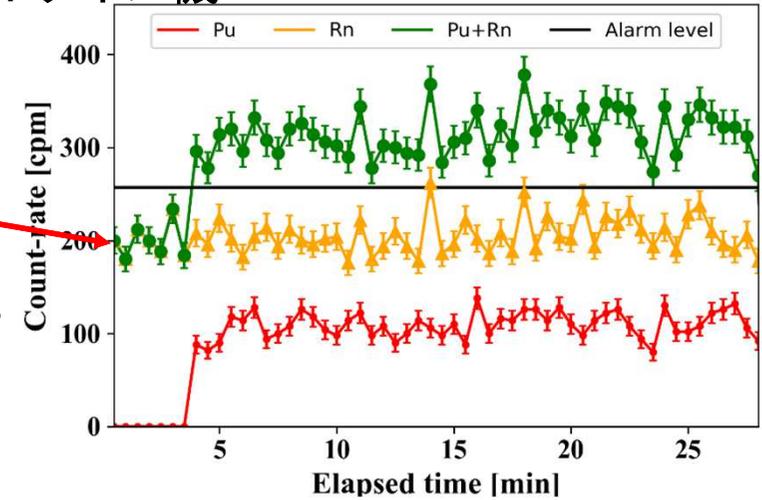


アルファ線ダストモニタプロトタイプ機



従来型(全アルファ)

ラドン子孫
核種を除去



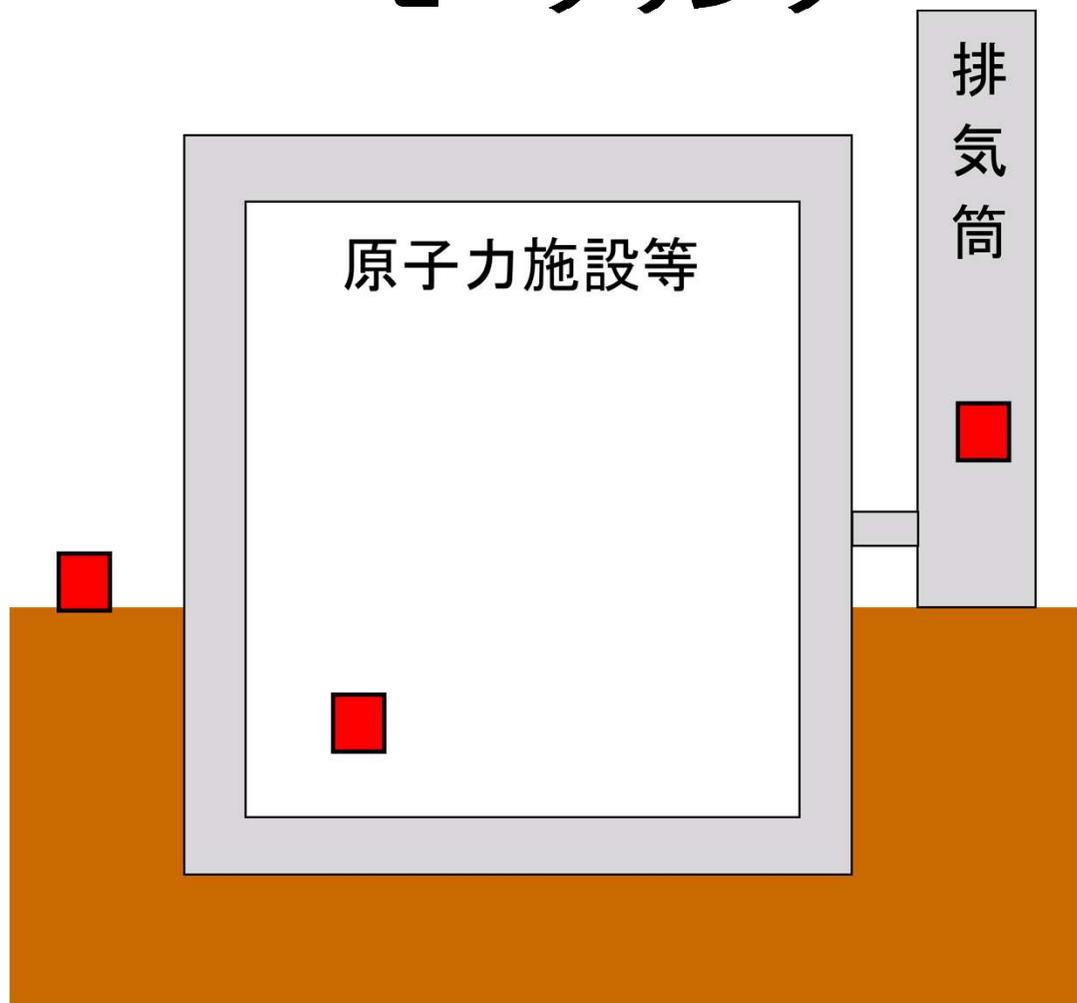
開発した装置

開発した検出器とダストサンプラを組み合わせることで、
核燃料物質の連続・リアルタイム測定が可能

想定される用途

- ・環境、医療施設、原子力施設におけるモニタリング
- ・坑道等におけるラドン計測
- ・医療におけるRIイメージング

環境、医療施設、原子力施設における モニタリング



施設内外の測定

■ 開発装置
■ 設置位置

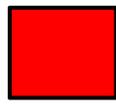
施設内外の放射性物質の漏れを迅速検知

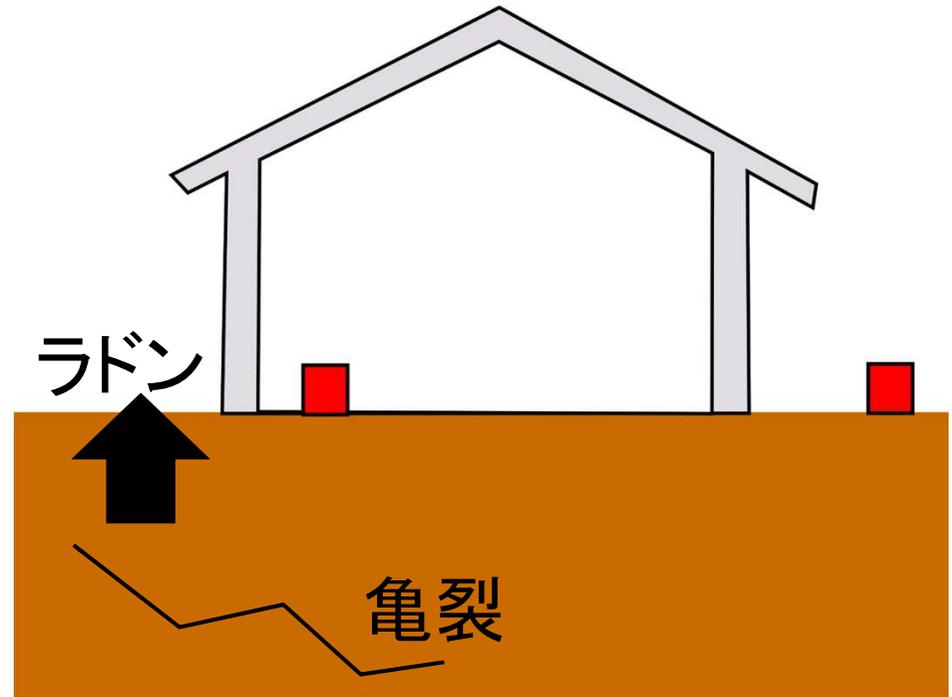
坑道、屋内外環境等におけるラドン計測



坑道におけるラドン計測

坑道はラドン
濃度高 → 測定が重要

 開発検出器装置

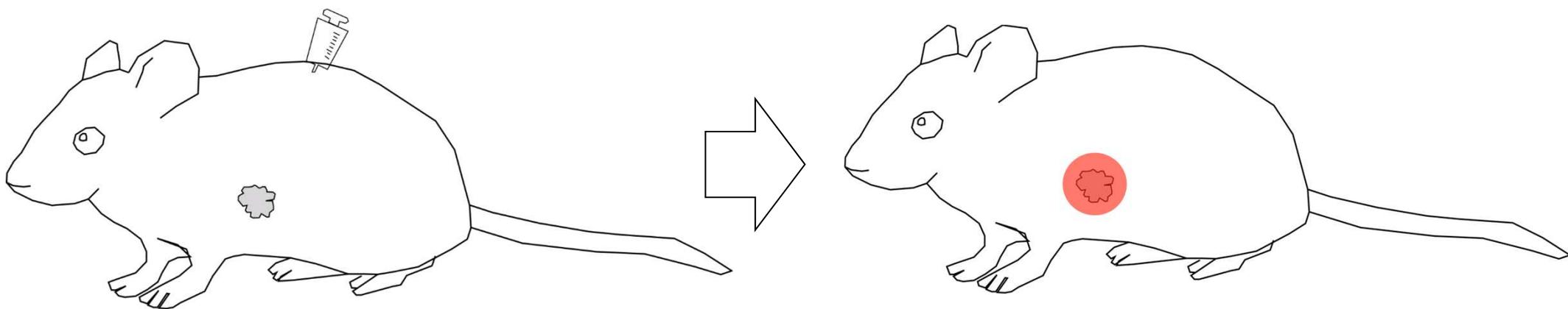


家屋内外の測定

家屋や坑道のラドン濃度測定に有効
地震予知検出として使える可能性も...

医療におけるRIイメージング

放射線がん治療を行う「アルファ線内用療法」が最近注目

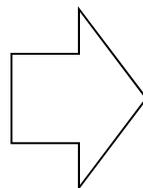


アルファ/ベータ核種を
がんなどの組織に送る

体内のアルファ/ベータ核種の
分布を可視化

企業への期待

- 検出器自体の要素技術は完成。
- 装置の使い勝手の改良(ソフト・ハード)が必要
- 応用範囲を広げたい



- 原子力分野においては使える技術。既に企業と連携し製品化を進めており、企業との共同研究を希望。
- また、異分野への展開を考えているため、原子力分野以外への展開を考えている企業との共同研究を特に希望する。

実現したい世界・ビジョン

- 既存の計測装置(サーベイメータ、ダストモニタ、放射能測定装置等)との置き換え。
- 環境中ラドン(ラドン子孫核種)測定装置
- 核医学におけるアルファ核種とベータ核種の同時イメージング
- 放射線・原子力以外の分野にも展開したい

本技術に関する知的財産権

発明の名称

放射線検出器

発明者

森下 祐樹

出願人

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

発明者

出願番号

2020-062775

公開番号

2021-162421

発明の名称

核物質分布測定装置

発明者

森下 祐樹

出願人

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

発明者

出願番号

2020-062776

公開番号

2021-162422

発明の名称

放射性物質検知装置、放射性物質検知方法

発明者

森下 祐樹、鳥居 建男、宇佐美 博士

出願人

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

出願番号

2019-066560

公開番号

2020-165807