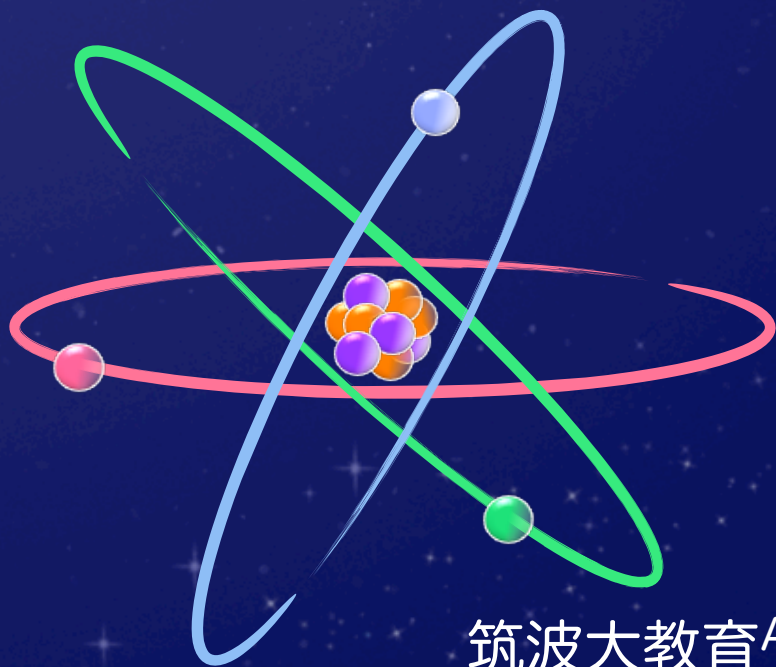


ラドン検出器を用いた放射線教育 —教材開発と指導方法—



筑波大教育^A,筑波技術大^B,筑波大数理^C,筑波大自然^D

中島朋^A,稲葉基^B,江角晋一^C,田中直斗^D,

中條達也^C,新井田貴文^C,三明康郎^C

放射線教育の重要性

医療分野

- 陽子線治療
- 重粒子線治療
- など

農業分野

- 食品照射
- 害虫の絶滅
- など

その他

- 年代測定
- ラドン温泉
- など

工業分野

- 非破壊検査
- 厚さ計
- など

放射線と我々の生活は密接な関係がある

東日本大震災における原発問題。

理由の一つとして、十分な放射線教育がなされていなかった。
国民全体の放射線に関する知識の欠如が浮き彫り

放射線教育の重要性がより問われている...

高等学校の新学習指導要領

物理

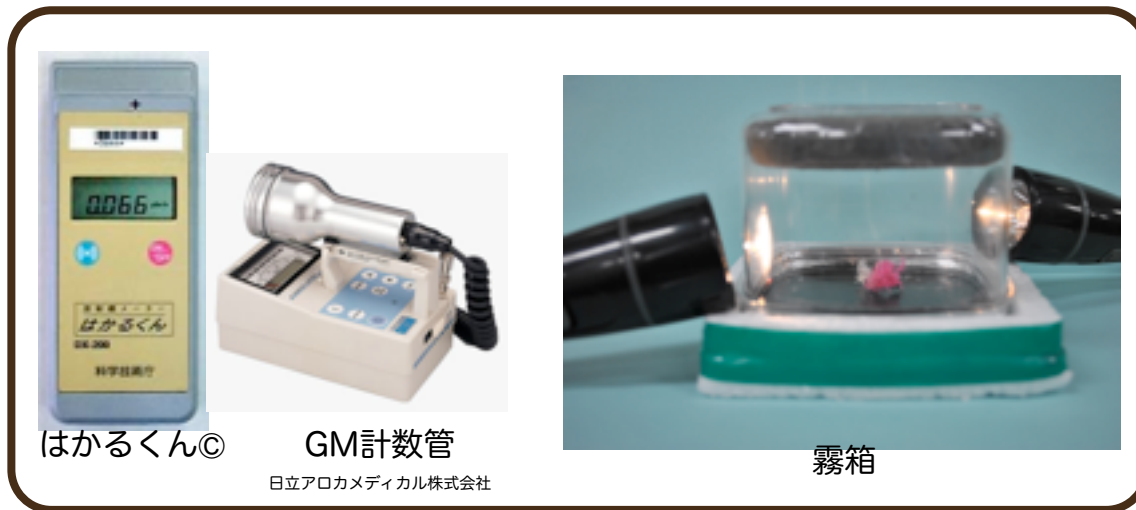
(4) 原子

イ 原子と原子核

原子核の構成、原子核の崩壊及び核反応について理解すること。

学習指導要領解説

原子核の構成、原子核の崩壊、半減期、核分裂…中略…触れる。例えば、**放射線計測**、**霧箱**を用いた**放射線の観察**などを行うことが考えられる。



~~原子核の崩壊や半減期、
放射線のエネルギー
の理解~~

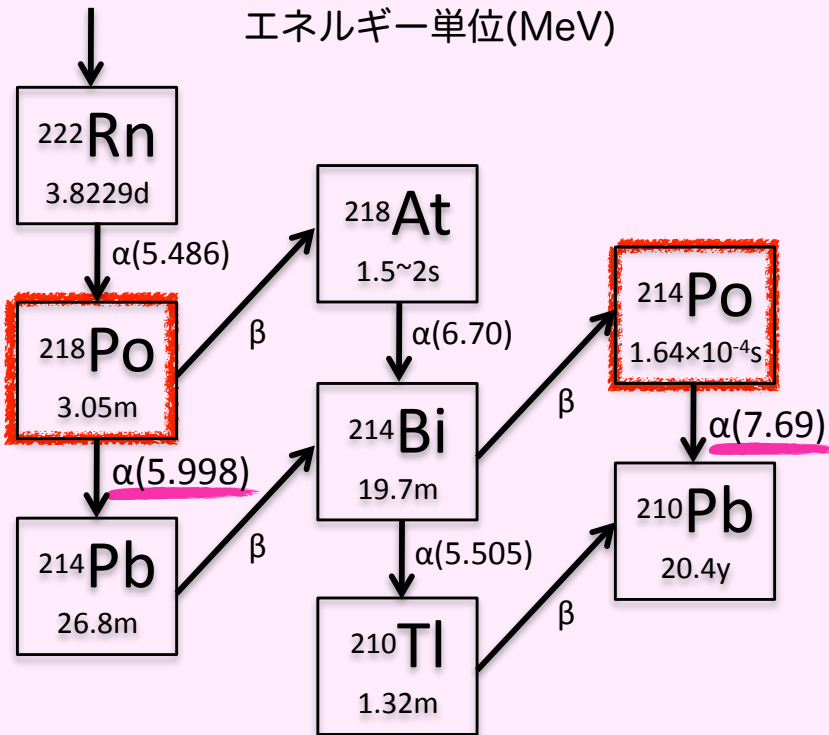
●
ラドン検出器
に着目

ラドンとは

^{222}Rn は無色無臭の放射性希ガス
連鎖的に崩壊する崩壊系列に属する

<ウランの崩壊系列>

エネルギー単位(MeV)



短時間で α 崩壊をする

- ラドンは広く**自然界**に存在
- 呼吸により体内に入ること、**内部被ばく**を起こす

自然放射線被ばく	2.4mSv/y
内訳 ラドン	1.3mSv/y
宇宙線	0.38mSv/y

- 地下室などのラドンガス濃度が高まることもある

身近にある代表的な放射性物質

目的

教材開発

放射線源ではなく自然界に存在する放射性物質ラドンを用いて、安全に教育現場で使用でき、安価で小型なラドン検出器を開発し、容易に扱える解析ソフトの開発を行う。

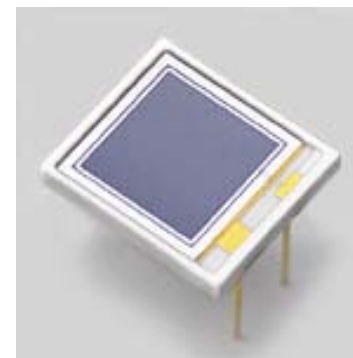
実践

ラドンの崩壊や半減期を調べることを通じて、放射性物質に関する高度な理解を促進し、情報を正しく読み取り理解し、判断する姿勢を身につけさせるための学習指導案を作成し、実践する。

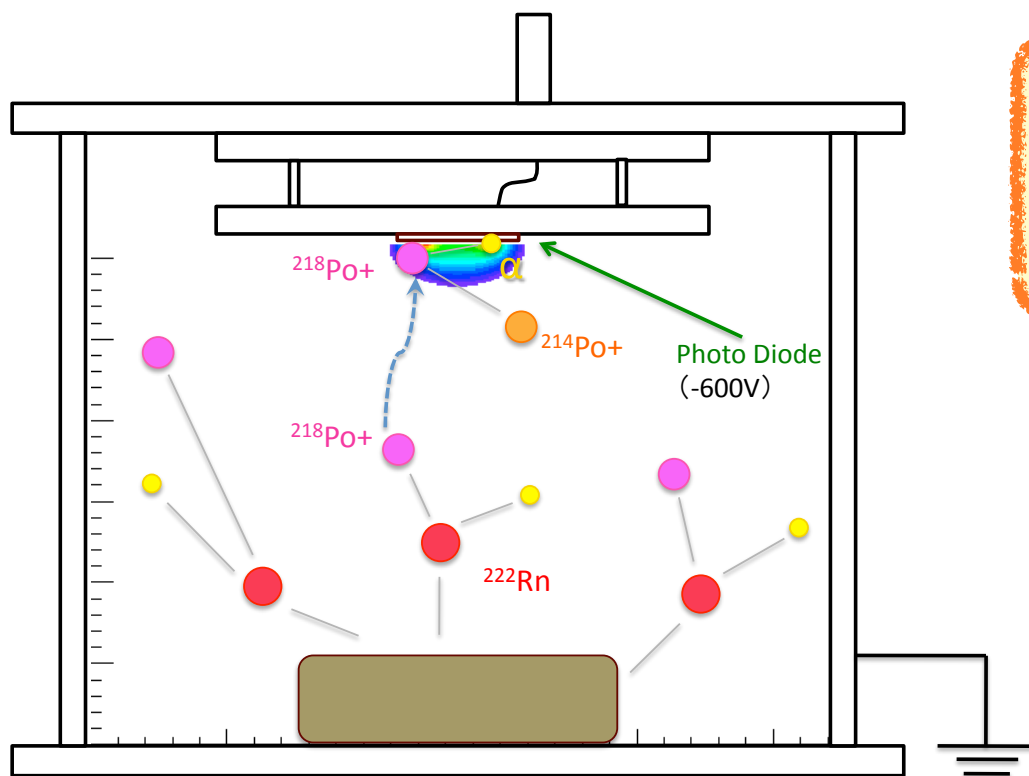
ラドン の検出原理

α 線の検出に
PIN型Photo Diodeを使用

受光面：10mm×10mm



【S3590-09 HAMAMATSU製】

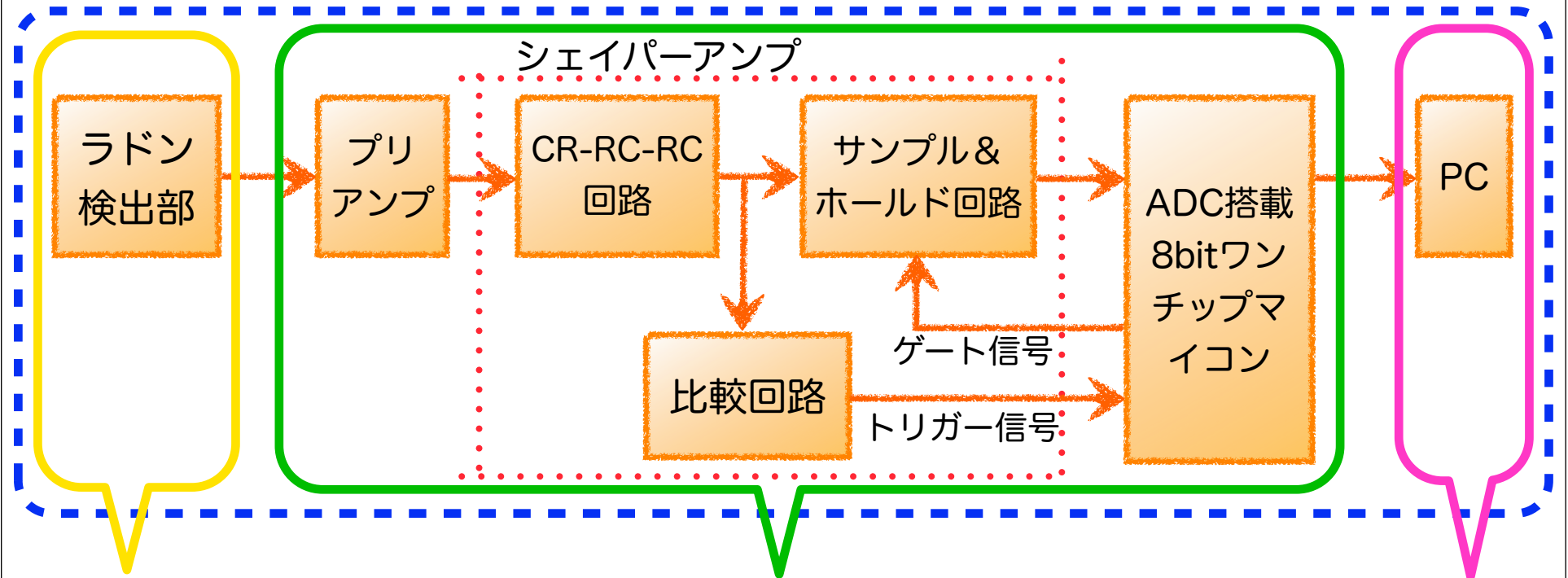


α 線の空気中の飛程が数cmである
ので、効率良く収集するために
静電捕集法*を採用

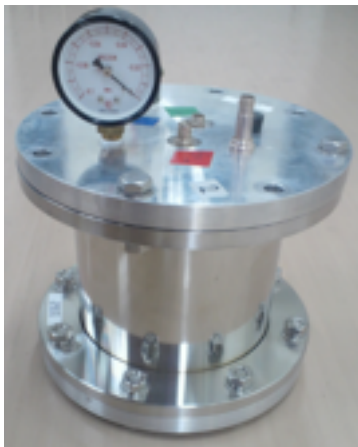
静電場を用いて娘核である
218Poと214Poの陽イオンを
Photo Diode上に集める

*Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., A 421, 1-2 (1999) 334-341

ラドン検出器の全体図



ラドン検出部

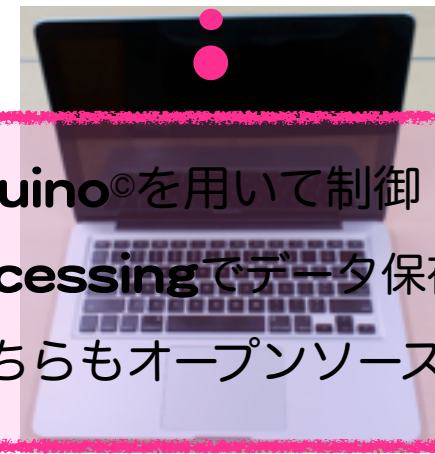


波高分析部



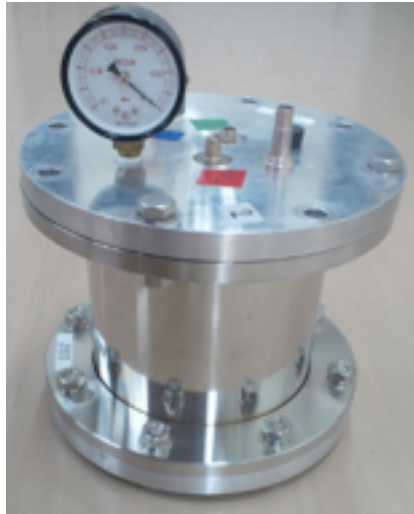
データ収集部

- Arduino[®]を用いて制御
 - Processingでデータ保存
- ⇒どちらもオープンソース



検出器本体の開発状況

ラドン検出部



両手から**片手**で持ち運びへ



小型化、軽量化、低価格化にむけて

開発中



波高分析部

開発前

160万円



開発後

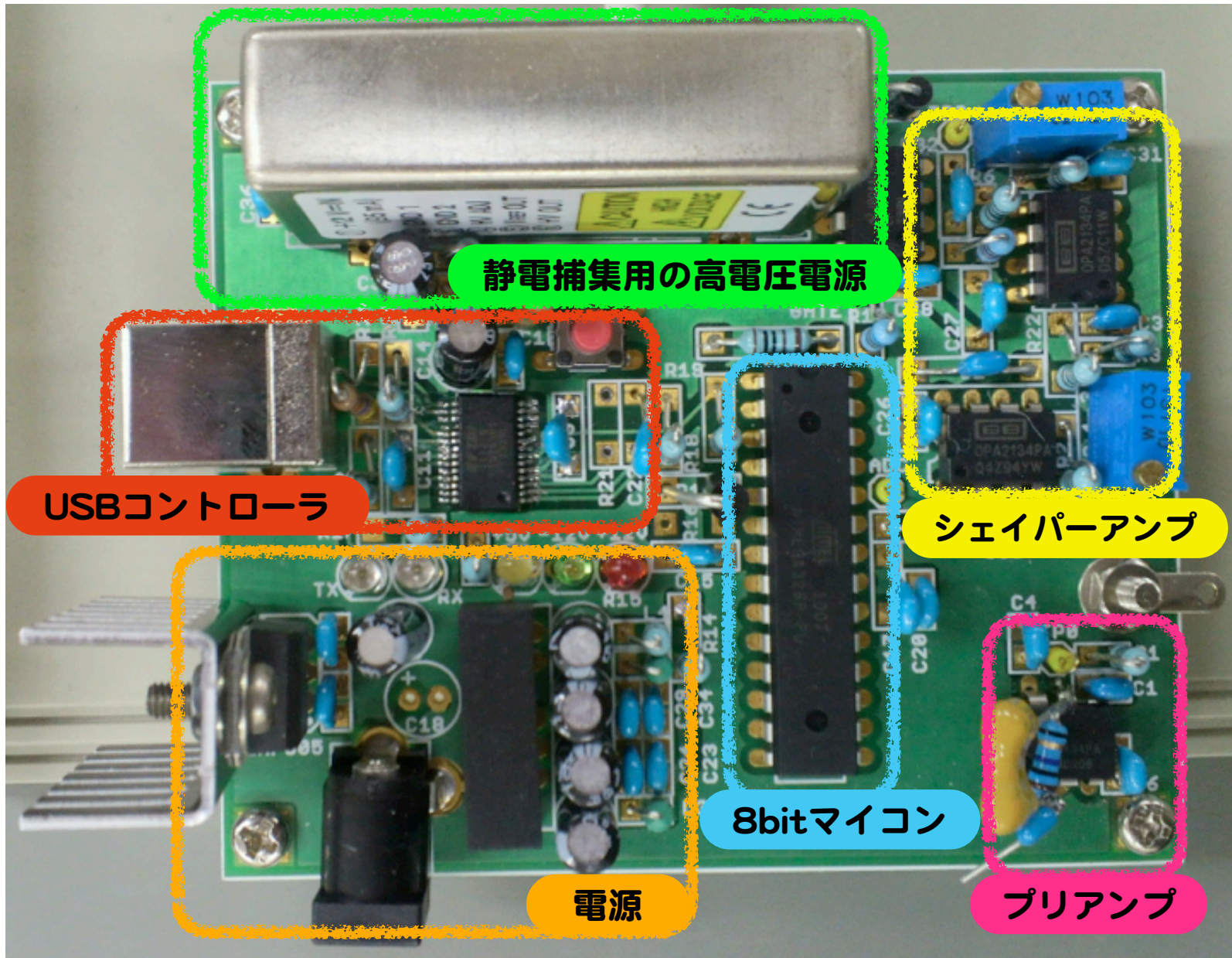
1万6千円

オリジナルの基板

手のひらサイズ



波高分析部



放射線源(^{241}Am)とラドンガスの測定

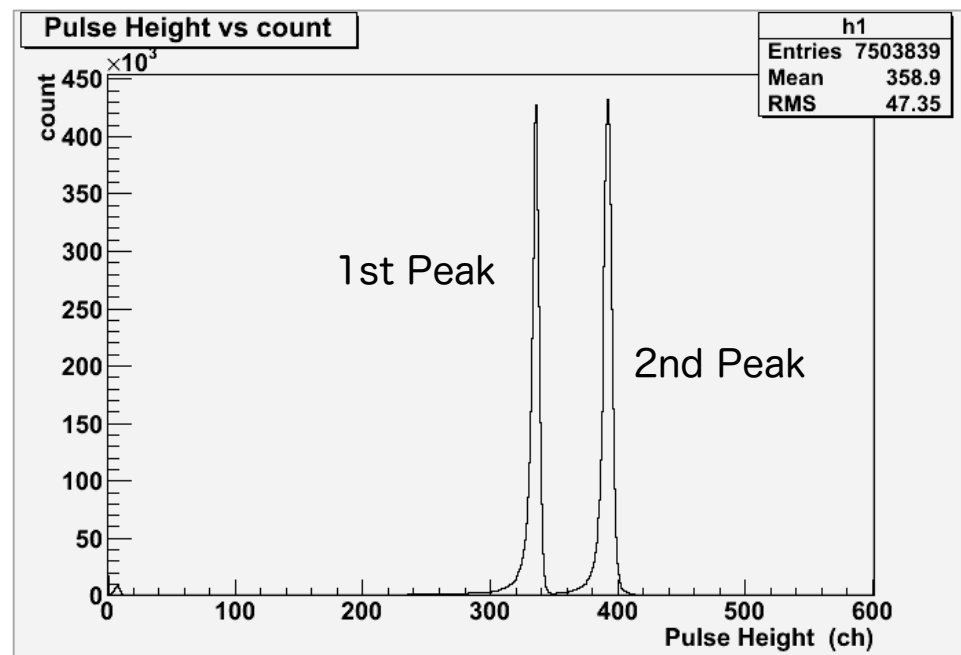
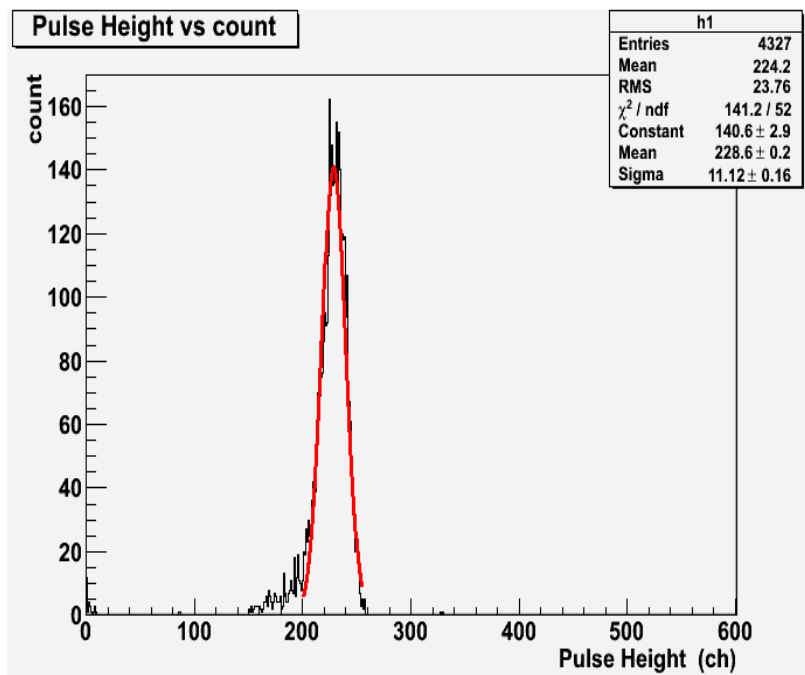
* 実験条件 (^{241}Am) *

- ^{241}Am 線源(4.4MeV)を使用
- 真空中で測定
- 測定時間は 5 分

* 実験条件 (ラドンガス) *

- 天然ウランを含む鉱石から収集したラドンガスを使用
- 大気圧で測定
- 測定時間は 119 時間

エネルギー分解能 4.9%



放射性物質の核種の同定方法

① 長時間測定したデータに対して
 ^{241}Am によるエネルギー較正

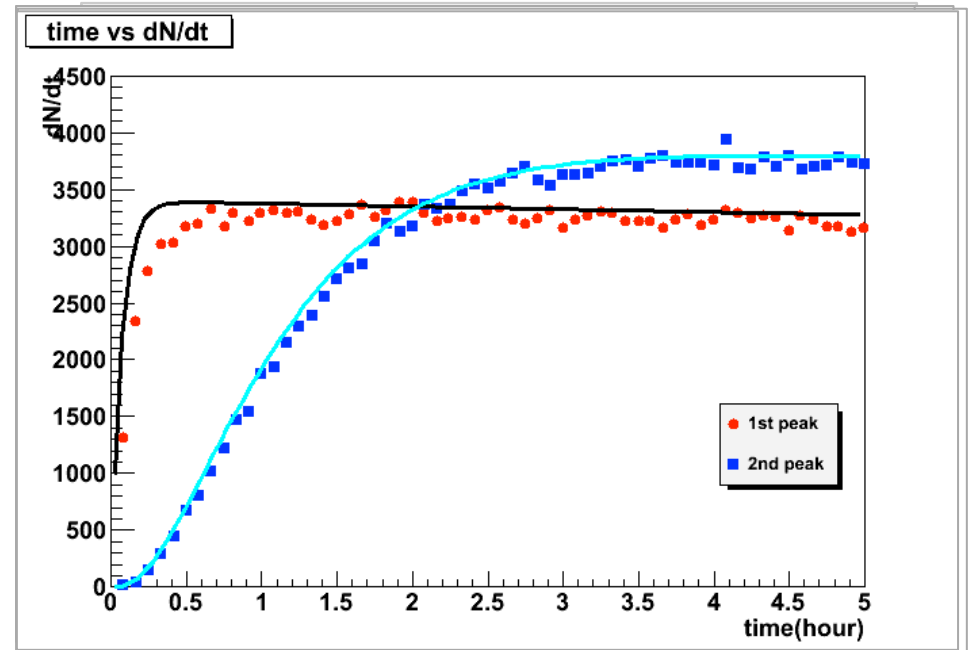
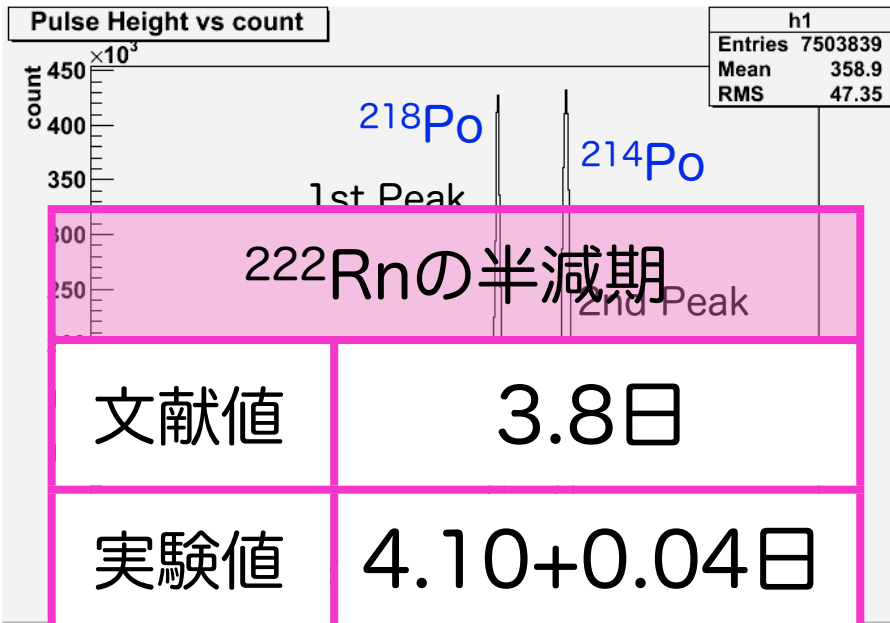
② 放射性崩壊の式と比較し
 半減期を推定

→ 放射性物質の核種の同定

$$\begin{cases} -dN_1 = \lambda N_1 dt & (1) \\ \frac{dN_2}{dt} = \lambda_1 N_1 - \lambda_2 N_2 & (2) \end{cases}$$

^{222}Rn の崩壊数の時間変化は式(3)のようにかける
 ⇨ $\lambda_1 N_1(t) = N_1(0) \lambda_1 e^{-\lambda_1 t}$ (3)

^{218}Po の崩壊数の時間変化は式(4)のようにかける
 ⇨ $\lambda_2 N_2(t) = N_1(0) \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t})$ (4)



ラドン検出器の特徴

① 特定の放射性物質を計測

霧箱やGM計数管は放射線の飛跡や量しか測定できない

② 放射線の種類やエネルギー、放射性物質の半減期を測定

ラドン検出器はエネルギー分解能が高いため、異なるエネルギーの α 線を識別可能であり、 α 崩壊の半減期を測定出来る

③ 半減期とエネルギーより放射性物質を同定

得られた半減期とエネルギーより、 α 崩壊をした放射性物質の核種の同定を行うことが可能である

- 測定を通して放射性物質に関する高度な理解の促進
- 情報を正しく読み取り理解し、判断する能力の育成

学習指導案

対象者	高等学校の 科学部
指導計画	全 11 時間
指導形式	チームティーチング形式
目標	<ul style="list-style-type: none">●放射線に関する正しい知識を理解させる。●放射線は身近にあることを感じさせる。●ものづくりに対する興味関心を高めさせる。●原子核・放射線の知識を定着させる。●科学的な思考力や表現力の育成を行う。●情報を正しく読み取り理解し、判断する姿勢を身につけさせる。
流れ	<p>導入1：放射線というテーマでディスカッション</p> <p>導入2：教員による講義</p> <p>製作：ラドン検出器製作</p> <p>展開1：測定、データ解析</p> <p>展開2：発表</p> <p>まとめ：ディスカッション</p> <p>※各回の最後に簡単なディスカッションを行う</p>

これまでの実施と今後の予定

夏

2011

✓ KEKサマーチャレンジにて大学生対象に**実施**



学部で学習
バック



学習指導案を**実**



