

# ラドン検出器を用いた放射線教育

## —教材開発と実践報告—

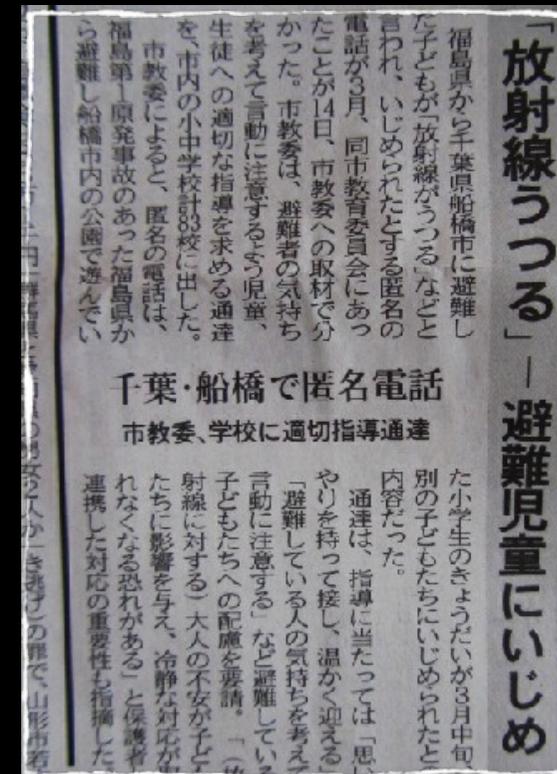
筑波大教育, 筑波技術大<sup>A</sup>, 筑波大数理<sup>B</sup>

中島朋, 稲葉基<sup>A</sup>, 江角晋一<sup>B</sup>, 田中直斗<sup>B</sup>

中條達也<sup>B</sup>, 新井田貴文<sup>B</sup>, 三明康郎<sup>B</sup>

# 2011年3月11日 東日本大震災の際に起きた 福島原子力発電所事故

放射線に関する誤った情報が錯綜  
国民の放射線に関する知識の欠如が浮き彫りに。  
正しい情報を取捨選択するということもあまりなされなかった



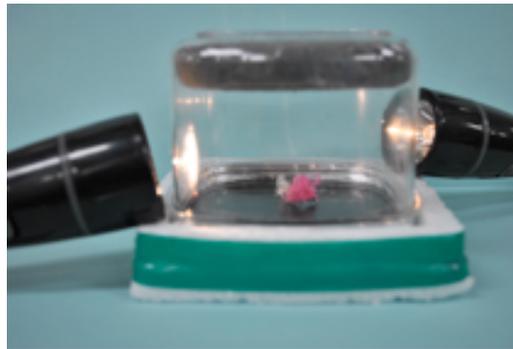
放射線教育の必要性が再認識されている

# 学習指導要領と教科書における放射線の取り扱い

## 高等学校新学習指導要領解説 物理

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。

### 放射線の飛跡を検出



霧箱

### 放射線の計数を検出



日立アロカメディカル株式会社



GM計数管

はかるくん©

教科書掲載数

5

2

1

原子核の崩壊や半減期、放射線のエネルギーの理解

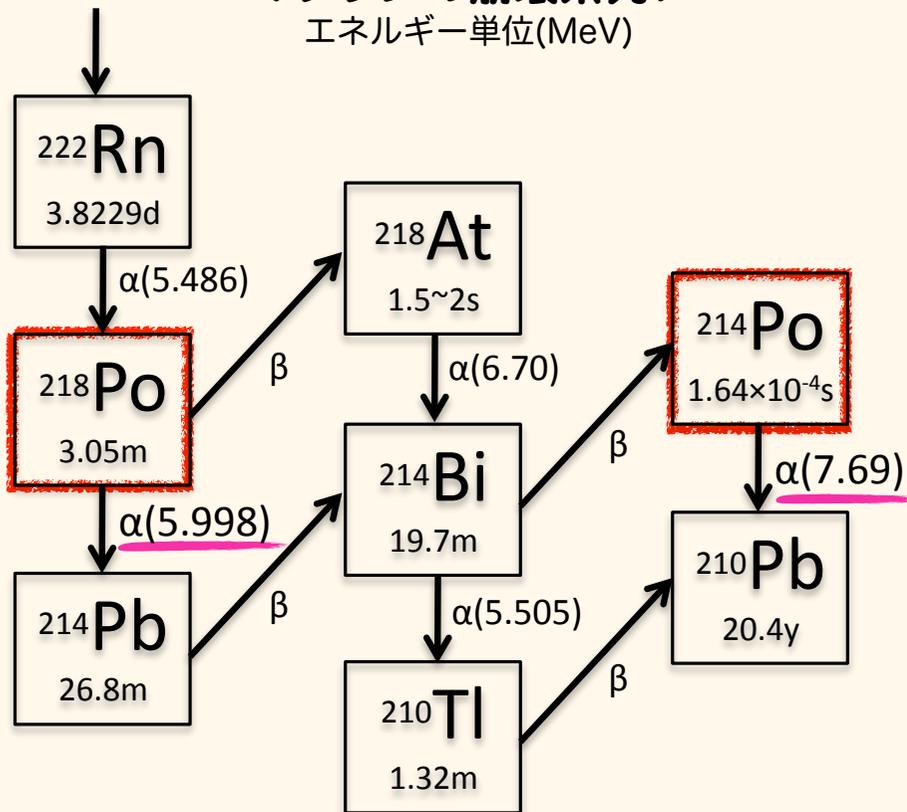
# ラドンとは

$^{222}\text{Rn}$ は無色無臭の放射性希ガス元素  
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 $\alpha$ 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

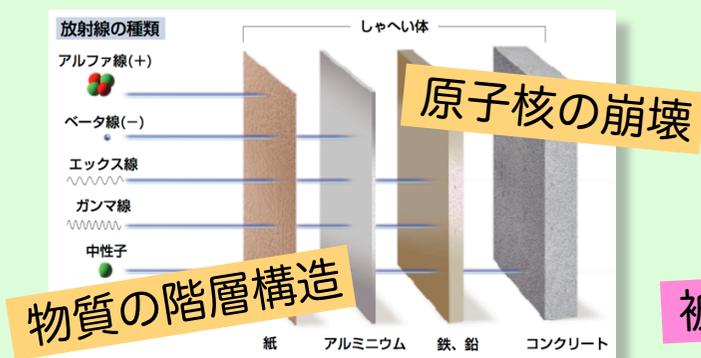
- 地下室などのラドンガス濃度が高まることもある

身近にある代表的な放射性物質

# 放射線教育に必要な要素

## 内容

### ☆ 基礎知識



### ☆ 我々の生活と放射線との関わり



独立行政法人 国立がん研究センター

### ☆ 宇宙の歴史と物質の進化



出典：NASA

+

## アプローチ

アクティブ・ラーニング

# 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**を開発する。さらに、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初歩的な理解を促進し、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。

# ラドン検出器の全体図

## ラドン検出部



★  $\alpha$ 線を**検出**

## 波高分析部

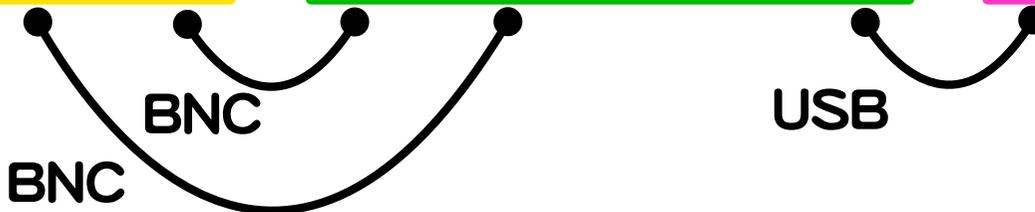


★  $\alpha$ 線の信号を**増幅**・**波形整形**  
★ 信号を読み込むための**制御**

## データ解析部



★ データを**保存**  
★ データ**解析**



# 放射線教育教材としてのラドン検出器の特徴と効果

①  $\alpha$ 線のエネルギーと半減期を計測

② 半減期とエネルギーより放射性物質を同定

③ 生徒自身が検出器を製作

④ 幅広い分野を統合した教材

● 原子核の崩壊や放射線に関する理解の促進

● 情報を正しく読み取り理解し、判断する態度の育成

# 開発状況

	従来の ラドン検出器	開発したラドン検出器	
		タイプ1	タイプ2
	 <p>*チェンバー *MCA *プリアンプ *高電圧電源 *メインアンプ</p>	 	
値段	約170万円	約 <b>3.2万円</b>	約 <b>2.5万円</b>
重量	約10kg	約 <b>660g</b>	約 <b>420g</b>
改良点		ラドン検出部：ステンレス製から <b>アルミの缶</b> へ！ 波高分析部：プリアンプ、高電圧電源を搭載！	ラドン検出部と波高分析部を <b>一体</b> に！ 高電圧電源、ADC搭載8bitマイコンを搭載！

# 学習指導案

対象者	高等学校の <b>科学部</b>
指導計画	全 <b>11</b> 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"><li>●放射線は身近にあることを感じる。</li><li>●ものづくりに対する興味関心を高める。</li><li>●原子核・放射線に関する正しい知識を学び理解する。</li><li>●科学的な思考力や表現力の育成を養う。</li><li>●情報を正しく読み取り理解し、判断する姿勢を身につける。</li></ul>
流れ	<p>導入1：放射線というテーマで<b>ディスカッション*</b></p> <p>導入2：教員による<b>講義</b></p> <p>製作：ラドン検出器<b>製作*</b></p> <p>展開1：<b>測定</b>、データ<b>解析*</b></p> <p>展開2：<b>発表*</b></p> <p>まとめ：<b>ディスカッション*</b></p> <p>※各回の最後に簡単なディスカッションを行う *...<b>アクティブ・ラーニング</b>を重視した活動</p>

# 高校生による放射性物質の同定方法

## ① ラドンガスの結果を用いた $\alpha$ 線のエネルギー較正

あらかじめ $\alpha$ 線のエネルギーがわかっているラドンガスを測定し、測定物の結果と比較することで $\alpha$ 線のエネルギー較正を行う

## ② 半減期

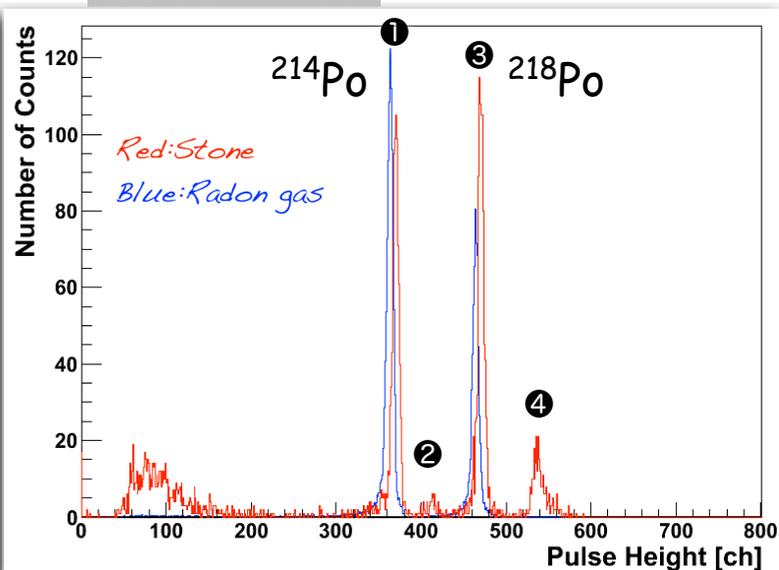
半減期の観点から、どの放射性核種が測定時間中に計測可能かを考え候補をしぼる

## ③ $\alpha$ 線のエネルギーピークの時間変化

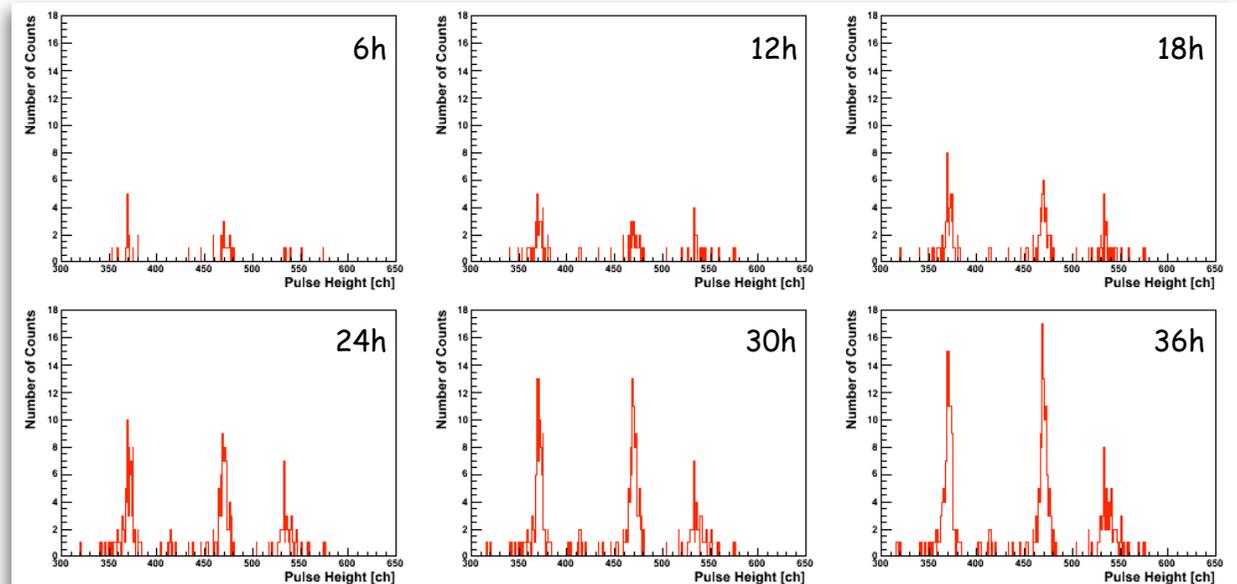
ピークの時間変化のグラフから、 $\alpha$ 線のエネルギーピークが観測される順番を読み取り、親核か娘核かを判断する

試料：花崗岩

測定時間：158時間



## 6時間ごとのピークの時間変化

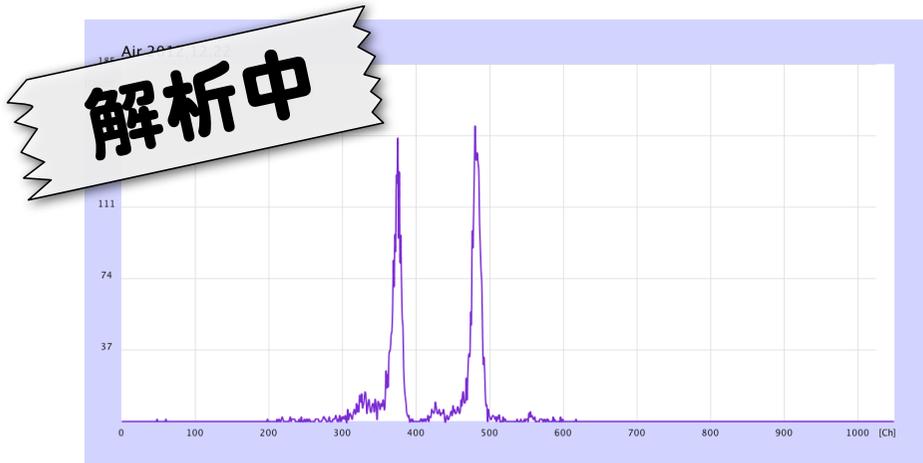
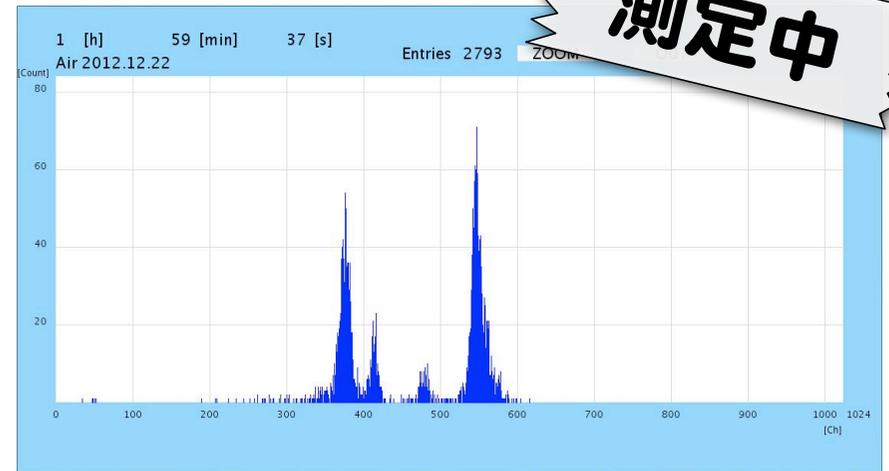
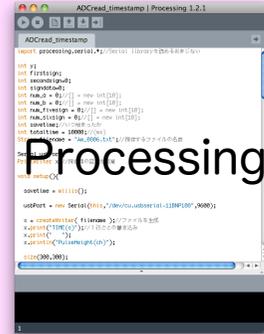


# データ解析ソフトの開発

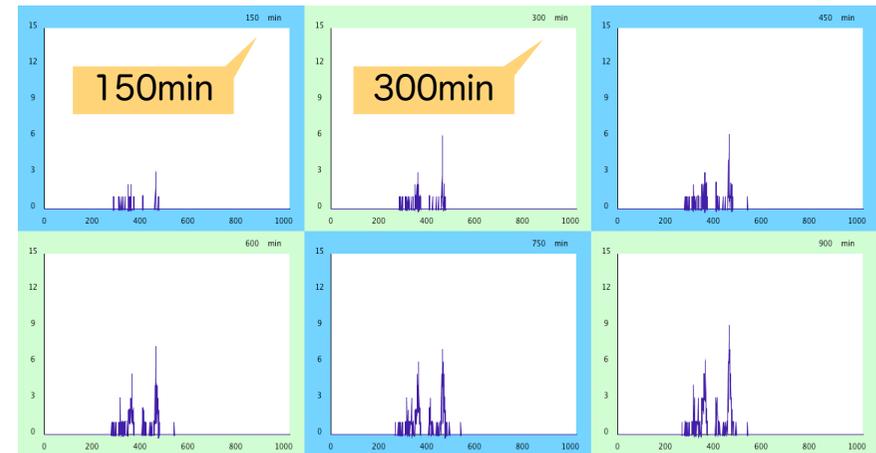
## データ解析部

- オープンソースのソフトウェア使用
- オンラインモニタリング
- 2つのグラフを作成可能

横軸：Pulse Height(ch)  
縦軸：カウント数



全測定時間の $\alpha$ 線の波高分布



波高分布の時間変化

**ファイル名や見たい時間間隔を変更するだけ！**

# 教育現場での実践

実施校	県内N中等教育学校 科学研究部（中学2年～高校1年の13名）	
時間	計10時間（8日間）	タイプ1 使用
測定物	ラドンガス、空気、温泉石、チェコの石、ドールストーン	



## アンケート：良かったことは？

- ◆グループで自由に活動できたこと
- ◆出来るだけ自分たちでやれて、考える作業が多かったこと
- ◆検出器の製作から測定、データ解析までやれたこと
- ◆放射性物質に対するイメージがかわったこと
- ◆“ただ危険”とばかりでなく、放射線の崩壊の仕組み等も学べたこと
- ◆ディスカッションで考えを共有できたこと

放射線に関する知識を問うアンケートを実施

実施後では正答率が上昇！！



## アンケート：新しい発見は？

- ◆半減期が短い方が壊変した時のエネルギーが大きい
- ◆電圧にマイナスがあったことが驚き

## ディスカッション

- ◆放射線が身近にあることを実感出来た
- ◆ $\alpha$ 線のエネルギーから放射性元素の特定が出来るということがすごい
- ◆放射性元素は周期表の記号でしかなかったが、実体を持ったものとして感じれるようになった



当初の指導案の目標が達成出来た

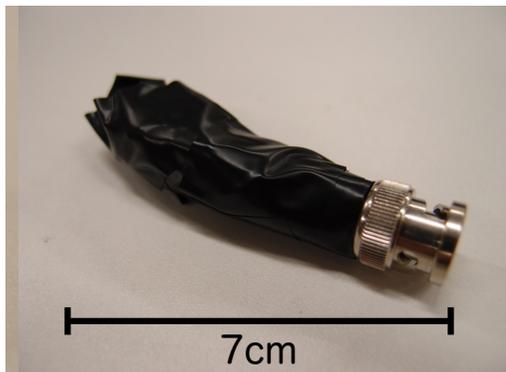
# $\gamma$ 線の検出 (CsIシンチレータ+PD)



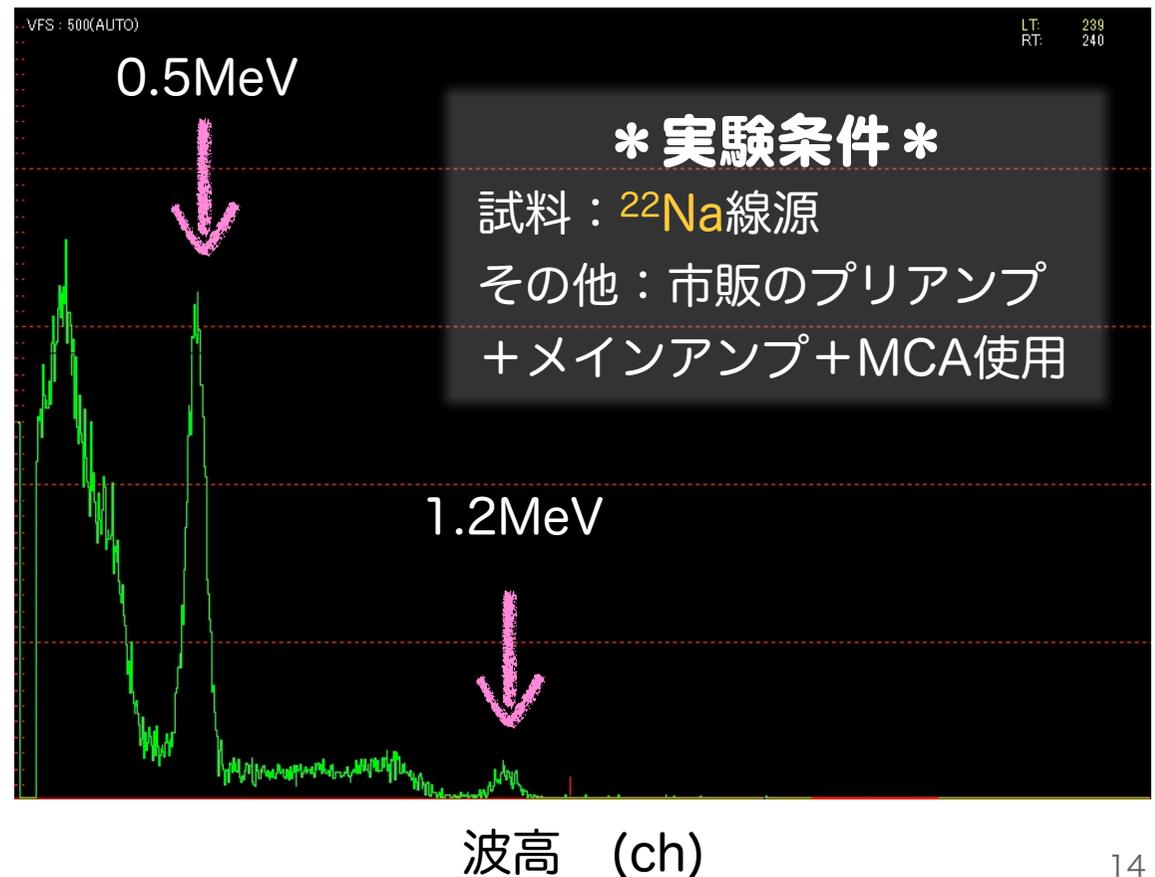
$\gamma$ 線も扱える教材がほしい！！

- 様々な放射線を測定できることで**学習の幅が広がる**
- 同じ波高分析部を使用できる $\gamma$ 線検出部
- 安価で小型

CsIシンチレータ(2500円)とPhoto Diode(500円)に**注目!**



カウンタ数



**\* 結果 \***

- ▶  $\gamma$ 線を検出し、MCAを用いて測定できた
- ▶ 製作した波高分析部を改良予定

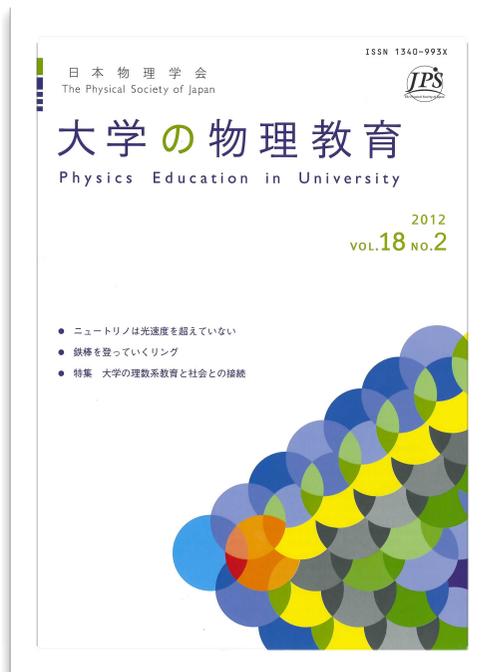
# まとめ

- ✓ 小型かつ低コストの放射線教育用ラドン検出器とデータ解析ソフトの**開発**を行った。
- ✓ 高等学校科学部用の学習指導案を作成し、高等学校2校で**実践**を行った。その結果、放射線に関する理解を深めることや放射線を身近に感じることの効果を確認でき、当初の**目標を達成**できた。
- ✓ CsIシンチレータとPDを用いて $\gamma$ 線を検出した。

# 今後の予定

- ✓ 検出器タイプ2に関して、ゲイン調整のトラブルやノイズ発生等があった。今後、原因の解明と改善が必要である。
- ✓ さらなる低コスト化を目指し、高電圧発生部分の自作を行ったり、PDを他の低価格の素子にすることで、**1万円**程度にコストをおさえる。
- ✓  $\gamma$ 線検出にも使用できる波高分析部の開発を行う。

# More Detail are ...



**Check!!**

**大学の物理教育**

**2012 Vol.18 No.2**

**Check!!**

**Our HP URL**

**<http://utkhii.px.tsukuba.ac.jp/~radon/>**

