

放射線で発電は可能か？

八戸工業大学第二高等学校科学愛好会（放射線班）

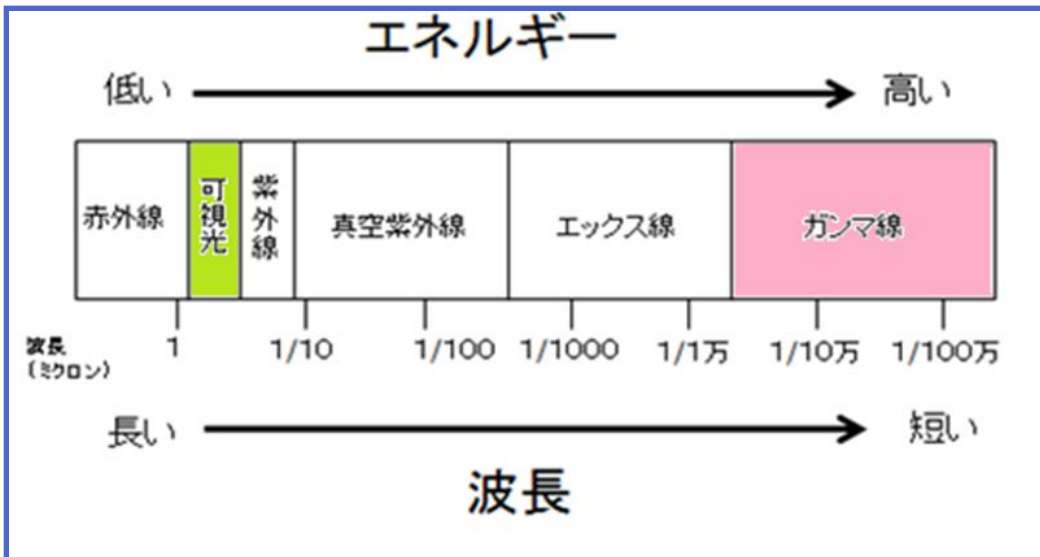
発表者

3年 上野 智宥

1年 久保 玲

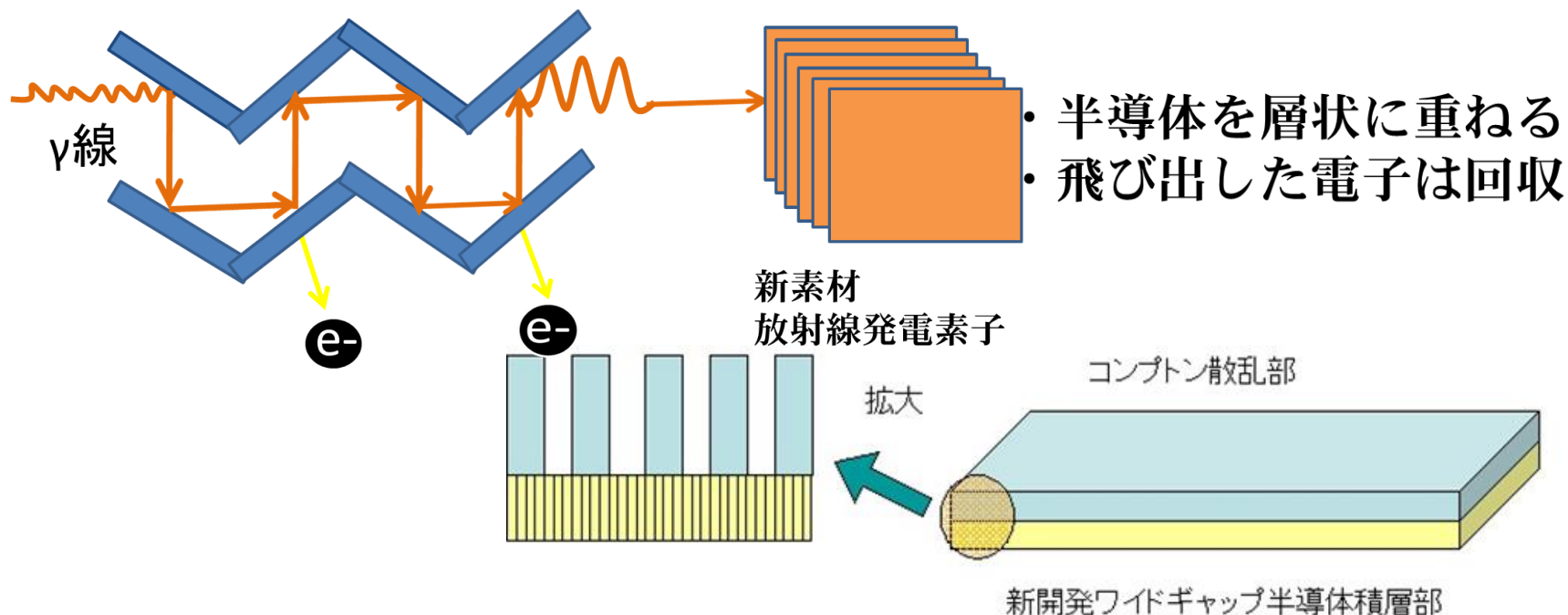
1. はじめに

- 全国でも有数の原子力関連施設を有する青森県
- 高レベル放射性廃棄物ガラス固化体 **1,657本**
- 低レベル放射性廃棄物ドラム缶 **241,251本**
- 放射線はある意味エネルギーである



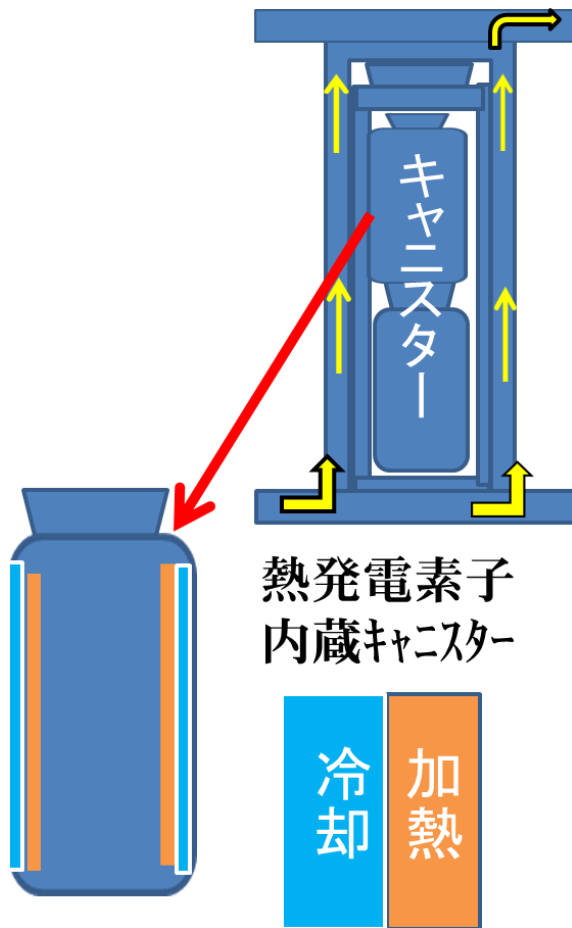
六カ所高レベル放射性廃棄物
貯蔵管理センター

2. 昨年までの活動



- ①コンプトン効果の利用
- ②新素材の開発
- ③パネルの形状の改良

ガラス固化体の熱利用



六ヶ所のガラス固化体貯蔵施設に**2,880本**が保管予定

発熱量は1本あたり

製造直後**2,300W**

5年後**1,000W**

30年後**500W**

熱発電素子の

変換効率を

7%と仮定すると

	発電量	敷地面積あたりの 発電量
製造直後	$6,624(\text{kW}) \times 0.07$ =463.7 (kW)	0.26(kW/m ²)
5年後	$2,880(\text{kW}) \times 0.07$ =201.6 (kW)	0.11(kW/m ²)
30年後	$1,440(\text{kW}) \times 0.07$ =100.8 (kW)	0.06(kW/m ²)

- ・ 八戸市にあるメガソーラーは 0.05(kW/m²)
- ・ 気候の影響は受けずに24時間発電可能
- ・ 原子力発電が停止していても電力を作り出せる

3. 昨年までの問題点

- ① γ 線の持つエネルギーについての定量的考察がされていない。
- ②太陽電池への γ 線照射実験について測定装置を変えた再実験を行っていない。



- ・ γ 線が発電エネルギーとして有効なのか
- ・発電素子への γ 線照射で本当に電圧は生じるか

4-①. γ 線がエネルギーとして有効か？

γ 線のエネルギーを電力に変換した場合の計算

^{137}Cs が放出する γ 線のエネルギー: $6.617 \times 10^5 [\text{eV}]$ - ①

ガラス固化体1本あたりの放射能: $5.157 \times 10^{15} [\text{Bq}]$ - ②

$1 [\text{eV}] = 1.602 \times 10^{-19} [\text{J}]$ - ③

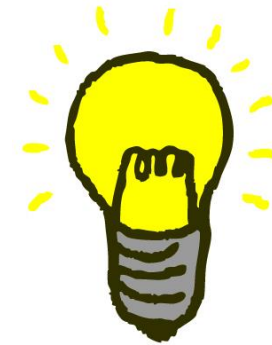
1秒あたり放出するエネルギー

① \times ② = $3.412 \times 10^{21} [\text{eV}]$ - ④

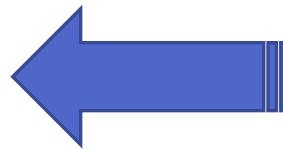
ガラス固化体のエネルギー

③ \times ④ = $5.466 \times 10^2 [\text{J}]$

= $5.466 \times 10^2 [\text{W}]$



電球5個分の
電力



4-②発電量を上げるためには 条件

10[kBq]の ^{137}Cs を線源とすると仮定する。

①厚さ0.01[cm]のSi太陽電池を使用

②厚さを0.5[cm]のCsIを使用

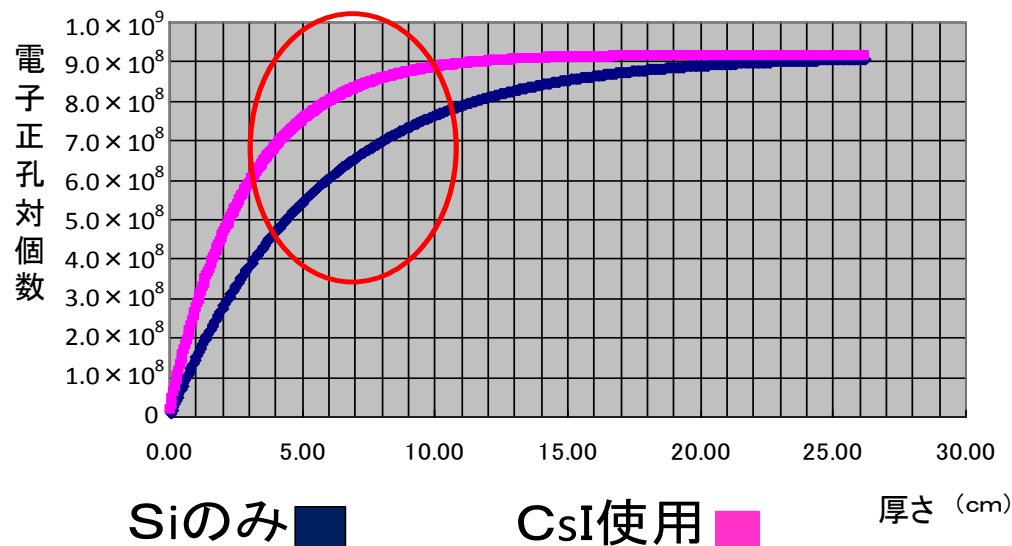
※しかし γ 線は四方八方に広がるので、その半分の5[kBq]で試算する。

試算結果

	厚さ	電子正孔対
Siのみ	0.01[cm]	1.65×10^6 個
CsI使用	0.5[cm]	1.69×10^7 個

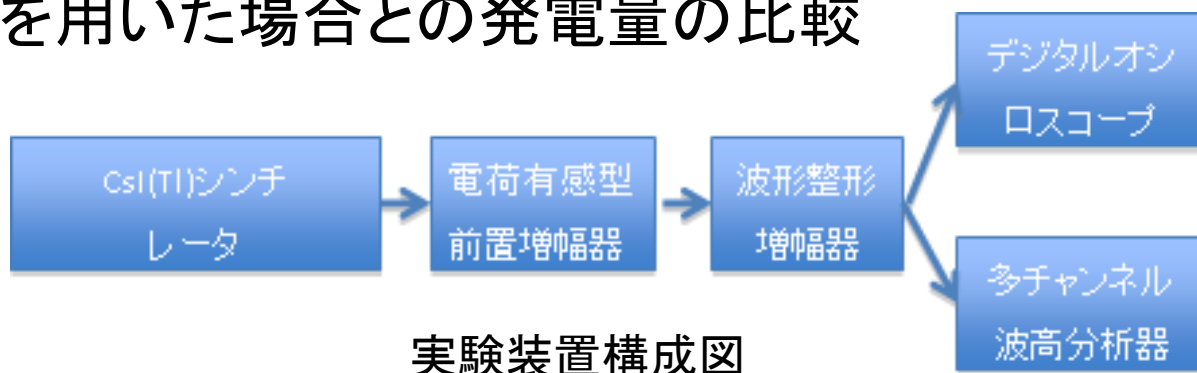
試算結果から約**10倍**
の発電効率の違いが
見られる。

透過率と発電効率

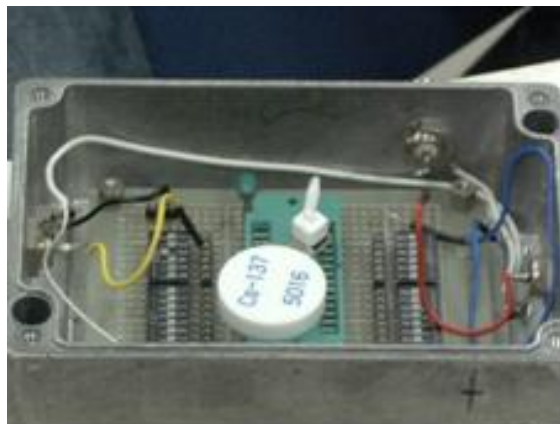


5. γ 線で発電は可能か実験

- ・実験用線源を用いてパルス数・パルス波高値を測定
- ・面積比での発電量の比較
- ・CSIを用いた場合との発電量の比較



実験装置構成図



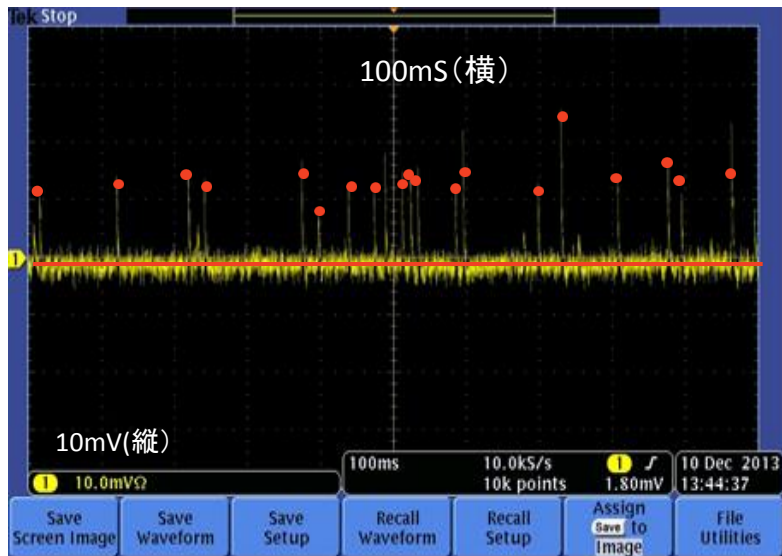
CsI(Tl)シンチレータ

線源の種類	強度
^{137}Cs	10kBq

実験用線源の詳細

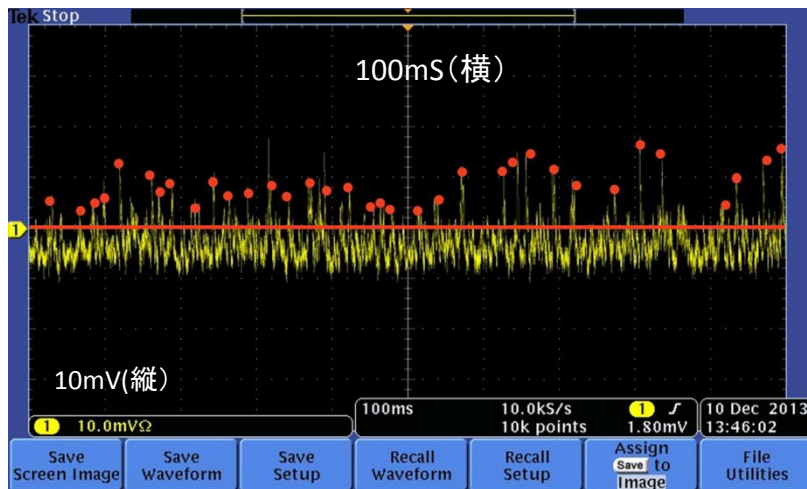
※上の線源は東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター六ヶ所分室の線源である。

6-① 実験結果



γ線を直接照射した場合
パルス波高値は高くパルス数がまばら

←γ線を直接照射(デジタルオシロスコープ)



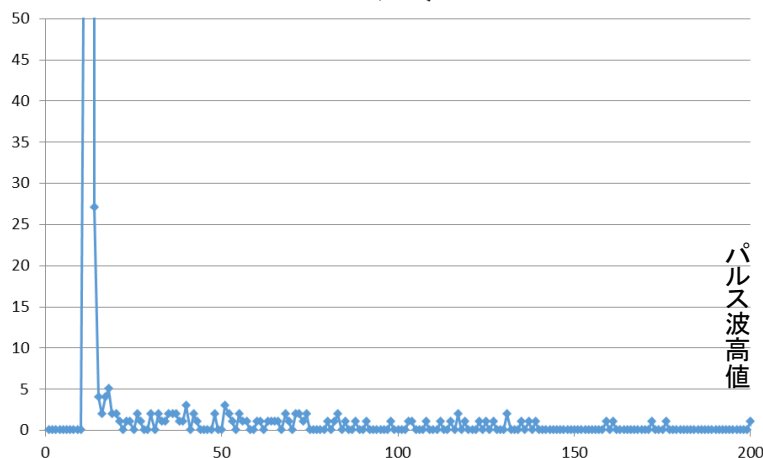
CsIを用いた場合
パルス波高値は低くなるがパルス数が増える

←CsIを使用(デジタルオシロスコープ)

6-②実験結果

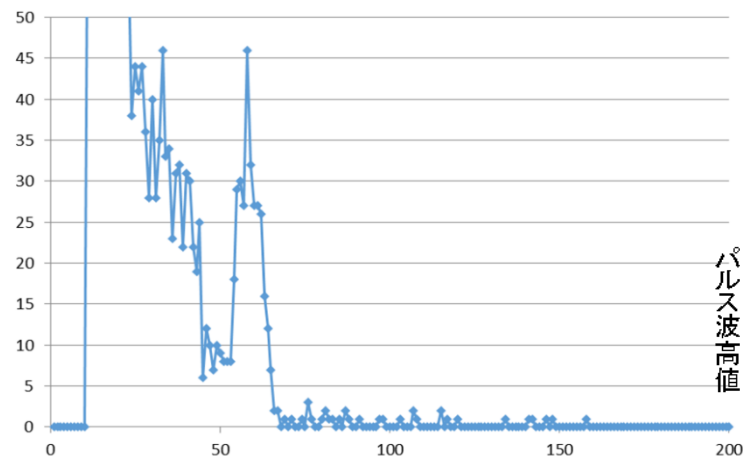
パルス個数

Siのみ



パルス個数

Si+CsIシンチレータ



γ 線を直接照射(多チャンネル波高分析器)

CsIを使用(多チャンネル波高分析器)

γ 線を直接照射した場合の面積は6446、CsIを使用した場合の面積は49485となり、シンチレータの使用で発電量が約7.7倍となることが確認できた。

※実験前の計算では、CsIを用いることで約10倍の発電量向上が見込めるとしたが、CsIから放射状に生じる光子の全てをフォトダイオードで検出できなかったため計算値と実験値の差が出たと考えられる。

7. 今後の課題

- 発電量の増加、安定化と効率化
- 実験条件を変えた追加実験
 - ① 発電素子の厚さを変えてみる
 - ② 使用する発電素子を変えてみる
 - ③ 照射する角度を変えてみる
- ガラス固化体からの熱利用に関する
実験

8. 最後に



↑東通村原子力発電所・燃料プール



↑福島原子力発電所

9. 謝辞・引用

本研究を進めるにあたり、東京大学の飯本先生から熱心かつ丁寧なご指導を賜りました。また東北大学の人見先生には、ご多忙中にも関わらず施設見学・講義・実験を承諾していただきました。協力していただいた皆様への心からの感謝の気持ちと御礼を申し上げたく、謝辞にかえさせていただきます。



参考図書・サイト

- ・原子力がひらく世紀 日本原子力学会
- ・物理学辞典 倍風館
- ・放射線の話
- ・日本原燃
高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センター
低レベル放射性廃棄物埋設センター
六ヶ所再処理工場
- ・六ヶ所原燃PRセンター

協力していただいた施設等

- ・東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター六ヶ所分室