

O-052 Study of Noise Suppression for a Real-Time ^{90}Sr counter

H. Ito, N. Kaneko, H. Kawai, S. Kodama, A. Kobayashi, T. Mizuno and M. Tabata
Graduate School of Science, Chiba University

1. 背景・目的

福島第一原発事故により漁業は壊滅的な被害を受け、未だに再開されていない¹⁾。一つの原因は ^{90}Sr であると考えられている。 ^{90}Sr はアルカリ土類金属なので骨に蓄積する性質を持ち内部被曝においては放射性セシウムと比較して危険である。化学抽出による検査法では数週間から1か月ほど測定時間がかかるため漁業再開のためには適さない。我々はチェレンコフ検出器を応用したリアルタイムストロンチウム90カウンター(以降 ^{90}Sr Counter)を開発した²⁾。Cherenkov検出器に基づき ^{90}Y からの最大2.28 MeVの β 線に高い感度をもち他核種(^{137}Cs , ^{134}Cs , or ^{40}K)からの β 線もしくは γ 線に低い感度をもつ仕様に設計できるため³⁾、化学的処理をせず、管理区域外でも使用可能で、約1時間で結果判定できる。

宇宙線ミュオンはCherenkov放射条件を満たすため ^{90}Sr Counterはシンチレーション検出器を基にした宇宙線除去装置(veto)を導入し、計測時に除去する必要がある。

2. 方法

^{90}Sr Counterはトリガー、Aerogel Cherenkov検出器(AC)、そしてvetoで構成される(Fig. 1)。有効面積は $300 \times 100 \text{ mm}^2$ をもつ。トリガーは直径0.2 mmのシンチレーションファイバーを用いた β 線検出器。両端に光電子増倍管(PMT: 浜松ホトニクス社製 R9880U-210)が接続される。ACは物質量を減らしかつ試料とPMTの距離を離して γ 線の雑音を抑制するために、波長変換ファイバーとPMTを用いた設計が採用された。屈折率1.042、透過長53 mmのシリカエアロゲル⁴⁾はサイズ $100 \times 100 \times 10 \text{ mm}^3$ のタイルを3枚重ね、3列並べた。密度は約 0.2 g/cm^3 なのでバックグラウンドとなる ^{40}K から放出される最大1.31 MeVの β 線はエアロゲル内で静止する。つまりエアロゲルはチェレンコフ放射の輻射体と遮蔽体の役割を担う。vetoはプラスチックシンチレータの側面に波長変換ファイバーを貼り、両端をPMTに接続する。

フロントエンド回路として、PMT用高圧電源供給(林栄精器社製RP-1637AS)とディスクリミネータ(林栄精器社製RP-1637BS)、論理信号演算処理回路(Bee Beans Technologies社製BRoad)が採用された。トリガーとACが同時に応答しかつvetoが応答しない事象が ^{90}Y からの β 線を検出したとして計測する。

密封線源 ^{90}Sr , ^{137}Cs , そして ^{40}K 線源として塩化カリウム(KCl)を用いて装置性能を評価した。それぞれ $23.7 \pm 4.7 \text{ kBq}$, $26.0 \pm 5.2 \text{ kBq}$, $62 \pm 9 \text{ Bq}$ の放射能をもつ。

3. 結果・考察

1時間の計測を10回試行した平均値と標準誤差、そしてバックグラウンド(BG)計数との差を正味の計数 N と、核種の放射能当たりの正味の計数を装置の絶対感度 η と

それぞれ定義する。結果 $\eta_{\text{Sr}} = (4.31 \pm 0.01) \times 10^{-3} \text{ Bq}^{-1} \text{ sec}^{-1}$, $\eta_{\text{Cs}} = (1.03 \pm 0.04) \times 10^{-5} \text{ Bq}^{-1} \text{ sec}^{-1}$, $\eta_{\text{K}} < 1.21 \times 10^{-4} \text{ Bq}^{-1} \text{ sec}^{-1}$ が得られた。

試料は海水と海産物を仮定する。測定前に試料は熱圧縮され厚さ1 mmのペースト状にされる。圧縮率 ϵ は海水、海産物それぞれ0.01, 0.3とする。装置有効面積から圧縮した後の検査試料の最大質量 m は30 gである。試料に ^{137}Cs が100 Bq/kg、 ^{40}K が12.1 Bq/kg(海水)または150 Bq/kg(海産物)含まれ、 $T=3600$ 秒測定した場合の検出限界 $A_{\text{Sr}}^{\text{min}}$ は以下で表せる。

$$A_{\text{Sr}}^{\text{min}} = \frac{3 \sqrt{N_{\text{BG}} + (\eta_{\text{Cs}} A_{\text{Cs}}' + \eta_{\text{K}} A_{\text{K}}') m \epsilon^{-1} T}}{\eta_{\text{Sr}} m \epsilon^{-1} T}$$

Vetoを導入したことによってBG頻度は0.16 cpsに抑制でき検出限界は1.29 Bq/kg(海水)、37.7 Bq/kgが推定された。

4. 結論

我々は ^{90}Sr Counterを開発した。Cherenkov検出器を応用した設計で放射能汚染濃度を測定できる。検出限界は宇宙線による雑音を抑制することによって改善され、線源による試験で海産物検体の ^{90}Sr 濃度を数Bq/kgの精度で測定できると推定された。検体の ^{90}Sr 濃度測定が今後の仕事になるだろう。

参考文献

- 1) Agriculture, Forestry and Fisheries Department of Fukushima Prefecture, reports and statistical data.
- 2) H. Ito et al., Proceedings of Science, PoS(TIPP2014) 242.
- 3) R. Pestotnik et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A **595** (2008) 278-280.
- 4) M. Tabata and H. Kawai, JPS Conference Proceeding **8** (2015) 022004.

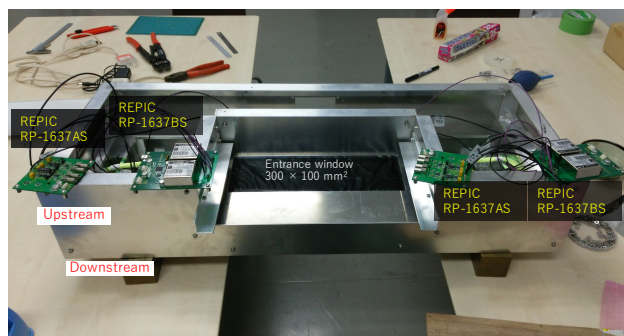
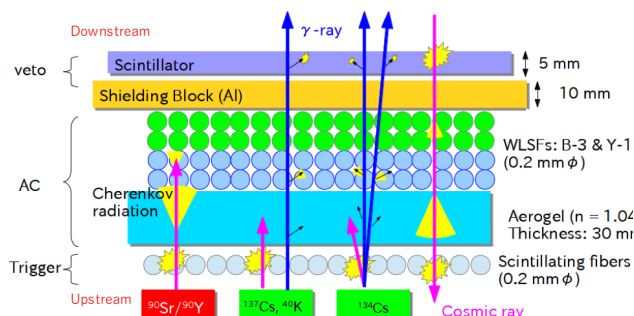


Fig. 1 A schematic of design for ^{90}Sr Counter (top) and a picture of the detector (bottom). The trigger, AC, and veto are installed into the aluminum box and shielded light. An effective area is $300 \times 100 \text{ mm}^2$. The sample is set under the trigger by using a drawer.