

RTSC-A ver. 1.2 性能評価測定結果

2017年2月1日

伊藤博士

2017年1月18日に KEK から鉛を 500 kg 借り、1月21日に千葉大学総合 E 号棟から真鍮を借りた。22日に装置の周りに鉛と真鍮を配置し背景計数頻度を測定した。本稿は背景計数頻度の測定による遮蔽物配置の適性、装置性能の評価結果、そして従来との比較を報告する。

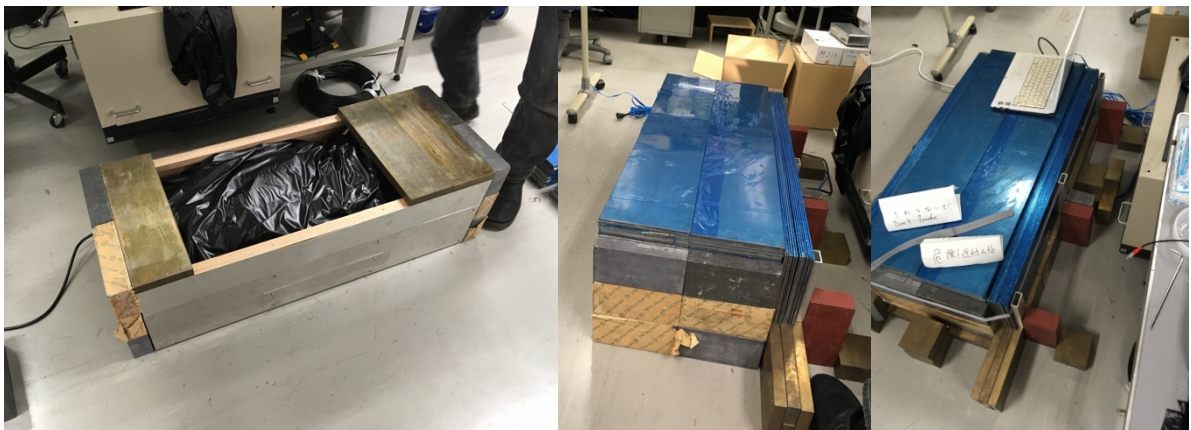
1. KEK 鉛搬入

J-PARC E36 実験で使用した鉛シンチレータ・サンドウィッチカロリメータの鉛板を KEK 名誉教授である今里純さんの了承を得て拝借した。木箱内の青板が鉛、黒板がプラスチックシンチレータである。鉛板は1000 mm × 200 mm × 4.8 mmのサイズをもち、合計48枚存在する。鉛の密度が 11.35 g/cc なので総重量は約 500 kg。1月18日に今里、伊藤、児玉、河合で千葉大のハイエースに積み込んだ。



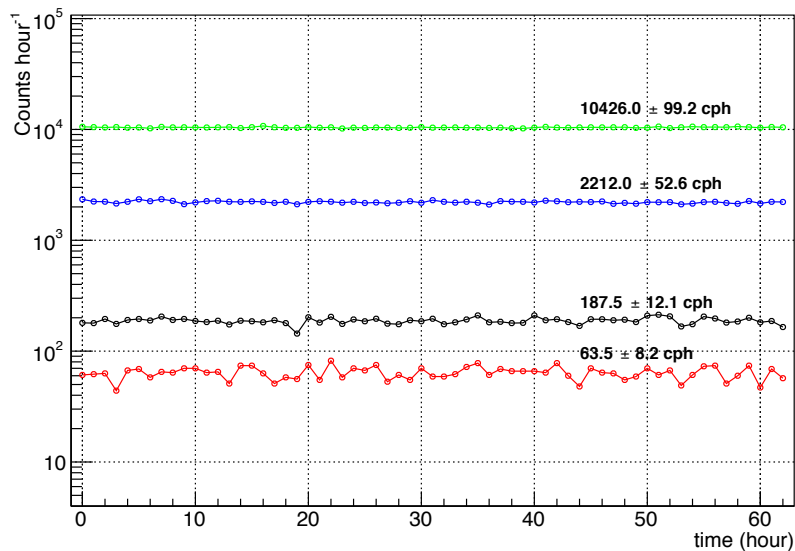
2. 程雑音実験

本実験は装置の周りに遮蔽物をどのように配置するか適性を決めるために実施された。
①セットアップ1：上部は真鍮で蓋をして、その上から鉛板を11層(52.8 mm)重ねた。短側面は装置の取手を外し片側にそれぞれ鉛ブロックを6個積んだ。背面は電源を開けるように真鍮を配置、厚さ75 mmになるように土台を組んだ。その上に鉛板を13枚立てて設置した。電源プラグ周りはその後真鍮を覆った。正面は土台に真鍮を並べその上に鉛板を13枚設置した。最後に固定のために大震ベルトを4側に巻いた。



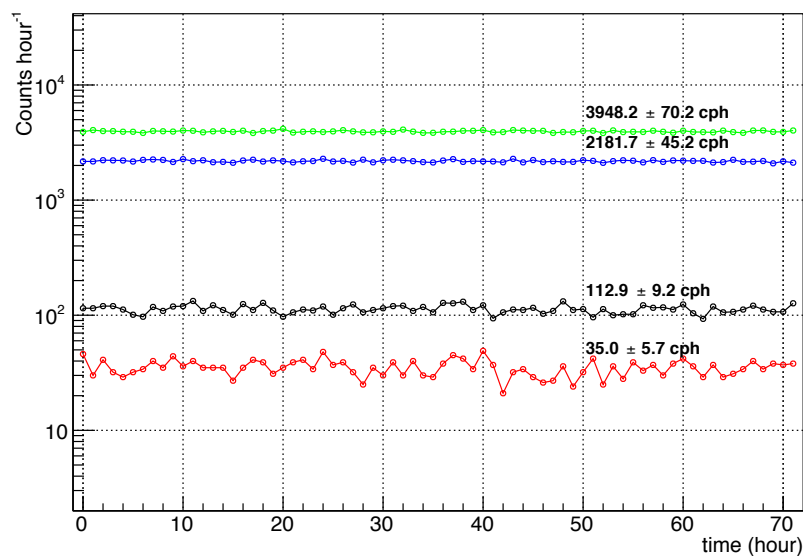
約2日間半線源を入れていない状態での背景計数頻度を測定した。BRoADの論理信号は $SFT \cdot AC(M \geq 1) \cdot \overline{VETO}$, $SFT \cdot AC(M \geq 2) \cdot \overline{VETO}$, $SFT \cdot \overline{VETO}$, $SFT \cdot AC(M \geq 2)$ を使用した。結果は AC マルチプリシティ 2 において 63.5 ± 8.2 cph で安定していた。鉛における 2 MeV の γ 線の線減弱係数は $0.04536 \text{ cm}^2/\text{g}$ なので鉛 5 cm で 92.4% は遮蔽されると考えら

れる。遮蔽前は背景係数頻度が 125.1 ± 12.3 cphだったので約半分に抑制されたと言えるが、この結果から遮蔽が完璧でない箇所が存在する。つまり装置下部の遮蔽が必要であることを示し、建物のコンクリート内部から γ 線が放射されていることを示唆している。



②セットアップ 2：装置下部からの γ 線の遮蔽効果を確認するために、装置下部のみに鉛板を敷き背景計数頻度を観測した。鉛の厚さが 24.0 mm では 2 MeV の γ 線は 71% 遮蔽されると見積もられ、結果として 112.8 ± 3.5 cph と計測された。厚さ 38.4 mm では 86.2% 遮蔽できると見積もられ、結果 101.6 ± 13.3 cph と観測された。この傾向から装置下部の遮蔽は有効であることを示した。

③セットアップ 3：鉛板の枚数が限られているので上部下部それぞれ 8 層(16 枚)ずつ、正面と背面に 8 枚ずつ貼り付けて設置した。短側面はセットアップ 1 と同じく鉛ブロックを配置した。鉛板の土台は真鍮を使用。この時の背景計数頻度は 35.0 ± 5.7 cph が観測された。これは遮蔽前と比較して $72 \pm 4\%$ の抑制を意味し見積もり値に矛盾しない。しかし、抑制しきれなかった残りの背景事象は装置内部の空気からの放射能が計数の底上げをしている可能性がある。



3. 性能評価測定

装置中心に線源を設置した時の絶対感度を用いて、この装置の性能評価を推定する。以下に以前の測定結果と比較表を示す。最新版 ver. 1.2 は背景計数頻度が 0.28 倍に抑制された。核種の絶対感度は誤差の範囲内で変化しなかった。検出限界は現在の仕様では背景計数頻度に大きく依存し、その結果最新版は魚の場合 0.53 倍、海水の場合 0.54 倍に改善された。ここで 1 つ目の誤差は統計誤差、2 つ目は系統誤差を示す。

検出限界の式で平方根内の $N_{BG} = 35$ 、それに対して Cs の雑音は $\eta_{Cs} A'_{Cs} m \varepsilon^{-1} T = 0.05$ (fish), 1.4 (seawater)、K の雑音の場合は $\eta_K A'_K m \varepsilon^{-1} T = 0.3$ (fish), 0.8 (seawater) であるため未だ BG 値が支配的である。

測定項目		ver. 1.1	ver. 1.2
Count rate [cph]	BG	125.1 ± 12.3	34.9 ± 5.6
Efficiency @center [Bq ⁻¹ s ⁻¹]	⁹⁰ Sr	(1.79 ± 0.01 ± 0.36) ×10 ⁻³	(1.78 ± 0.01 ± 0.36) ×10 ⁻³
	¹³⁷ Cs	(1.32 ± 0.19 ± 0.26) ×10 ⁻⁶	(1.36 ± 0.10 ± 0.27) ×10 ⁻⁶
	⁴⁰ K	(5.77 ± 7.83 ± 0.02) ×10 ⁻⁶	(5.66 ± 3.20 ± 0.02) ×10 ⁻⁶
Detection Limit @center [Bq/kg]	Fish	52.2 ± 2.6 ± 10.7	27.8 ± 2.2 ± 5.7
	Seawater	1.75 ± 0.09 ± 0.36	0.95 ± 0.07 ± 0.20

4. まとめ

装置は鉛で遮蔽したことによって性能が改善された。鉛板の枚数が限られていたこともあり 8 割ほどが限界だった。より遮蔽することで背景計数頻度を抑制できるが、鉛配置場所の割合を調整して現在の枚数での性能最適化の研究を実施することが今後の仕事だ。