

リアルタイムストロンチウム 90 カウンター開発 Background event 問題

1. 背景

リアルタイムストロンチウム 90 カウンター(RTSC-A)に New veto 装置を導入し性能試験をしたが、バックグラウンド測定に置いて veto に反応しない事象が 10%程度観測された。New Veto からは 40 p.e.の平均光電子数を確認し、宇宙線ミュオンが通過した場合、99.9%以上検出されることを確認している。

2. New Veto Counter

アップグレードした veto counter は 2 系統のブロックから構成された宇宙線ミュオン除去装置である。一つの系統は下図に示す通り、 $345 \times 200 \times 20 \text{ mm}^3$ 、 $345 \times 47 \times 15 \text{ mm}^3$ 、 $345 \times 47 \times 10 \text{ mm}^3$ のブロックで構成されている。1 系統におけるすべてのファイバーの片側末端は PMT: H11934-200 (1 辺 23 mm の光電面)に接続される。重量は 2.25 kg。宇宙線を用いた性能評価の結果、どのシンチ板の入射においても平均光電子数 40 p.e.以上が観測された。RTSC-A に導入する際、Plate surface と一つの Long side surface は互い違いに組み合わせられず 4 mm の隙間が生じた。これは互い違いにしたことで片側系統は 20 mm 沈み長側面との接続部に大きな隙間が生じてしまう。New Veto の設計では 100%隙間を埋めることはできないことが発覚し、隙間を最小限にするためにブロックを配置した。この時の隙間は目測換算で約 0.5%である。

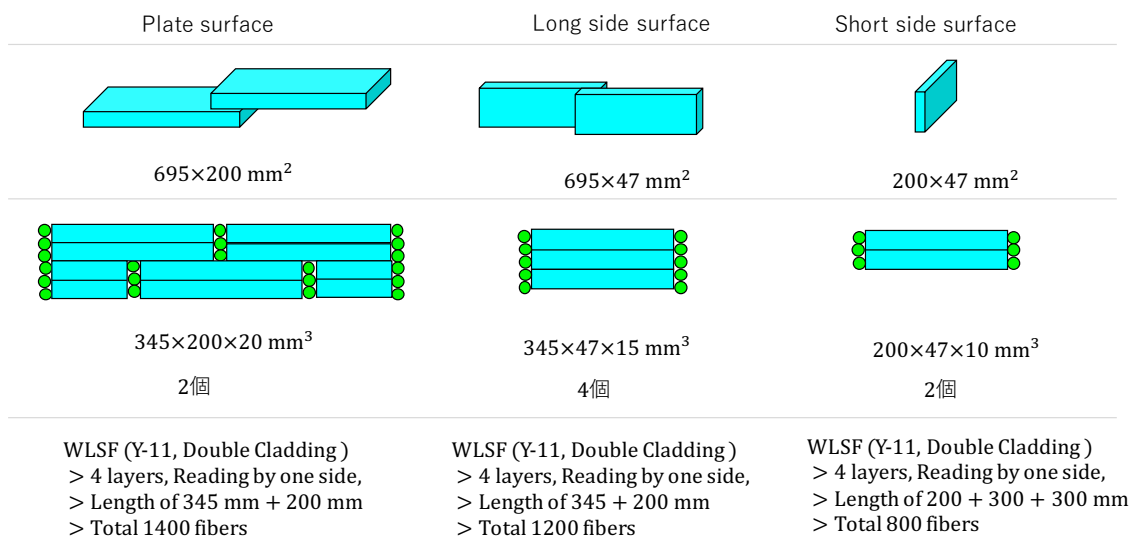


図 1. Veto 装置アップグレード仕様設計

3. セットアップ

線源を入れていない状況において SFT と AC が同時に反応した事象は宇宙線ミュオンからの信号デアルと考えられる。この事象において veto の信号を観測して、veto の RTSC-A 内での性能評価を測定した。トリガーに使用している PMT の Tr1, Tr2 のしきい値電圧はどちらも -25 mV、veto に使用している PMT: veto1, veto2 のしきい値はどちらも 15 mV に設定されている。PMT への供給電圧は全て 1200 V に設定されている。RTSC-A は仰向けに設置し線源交換、しきい値電圧設定を容易にした。

3. 結果

veto counter の供給電圧が 1000 V と低いことで検出効率が低かったのではないかの検証では、供給電圧 1200 V に設定し CAMAC ADC でアナログ信号を読み出すことで確認した。2 つとも 0.5 p.e.未満である事象が 15% は存在していた。このことから veto counter のしきい値が問題ではないことが確認できた。

Veto counter に 15% の隙間が生じているとは考え難い。空气中に放射能が存在して、それがバックグラウンドになっているのではないか。通常 1 時間で 625 カウント計数し、遮蔽物を SFT の上流に配置した。その時のカウント数は 382 であった。遮蔽の効率は完璧ではないが、明らかに減衰したことから、空气中に放射能が存在することを示した。

4. 考察

空气中の ^{222}Rn は平均 13 Bq/m^3 ($1.3 \times 10^{-2} \text{ Bq/L}$) と推定されている。 ^{222}Rn 半減期 3.8 日で α 線を出して ^{218}Po に崩壊する。ウラン系列にしたがって、 ^{218}Po (3.05 分)、 ^{214}Pb (26.8 分)、 ^{214}Bi (19.9 分)... と崩壊する。この中で RTSC-A で感度がある放射線は ^{214}Bi からの最大 3.26 MeV のベータ線が有効となる。

^{222}Ra と ^{218}Po 、 ^{214}Pb 、 ^{214}Bi は ^{226}Ra の半減期と比べて十分に短いことから永続平衡状態にあり、 ^{222}Rn と同じ放射能 ($1.3 \times 10^{-2} \text{ Bq/L}$) が空气中に存在するはずである。1 時間あたり正味の計数頻度は $6.75 \times 10^{-2} \text{ cps}$ であった。仰向けに置いた RTSC-A の上空からの放射能が約 5 L 影響しているのだろうか。それよりも ^{218}Po に崩壊した段階で SFT に沈下したことで計測結果が説明出来る。

密封気体の場合 ^{222}Rn の減衰過程が観測されるだろう。 ^{222}Rn と ^{214}Bi の関係では過渡平衡状態にあるので荷電粒子測定では半減期 3.8 日で減衰し、チェレンコフ光測定では ^{214}Bi が生成し、 ^{222}Rn の放射能に近づく。

5. まとめ

RTSC-A のバックグラウンド問題は宇宙線除去装置が 99.9% の検出効率達成によって空气中の ^{222}Rn とその娘核の ^{214}Bi が原因であると結論付けられそうだ。来週は実際に ^{222}Rn の崩壊過程を観測する。そしてこのバックグラウンドを抑制する方法を考えることだ。

