

## リアルタイムストロンチウム 90 カウンター開発 New Veto Counter 導入

### 1. はじめに

リアルタイムストロンチウム 90 カウンター(RTSC-A)の veto 装置の検出効率が 72%から性能向上するために、7-8 月にかけて基礎研究を実施した。設計を見直しスズノ技研にシンチレータ加工、接着を依頼した。8/31 に納品し 9 月上旬に新しい veto counter を製作した。Veto counter は 2 つのシステムから構成され、その一つに対して宇宙線を用いて光電子数及び検出効率の測定を行った。結果十分な性能を得たので、RTSC-A に導入して全体の性能を測定した。

### 2. New Veto Counter

アップグレードした veto counter は 2 系統のブロックを用いた検出器である。その系統は  $345 \times 200 \times 20 \text{ mm}^3$  のブロック 1 (Plate surface) が 1 個、 $345 \times 47 \times 15 \text{ mm}^3$  のブロック 2 (Long side surface) が 2 個、 $345 \times 47 \times 10 \text{ mm}^3$  のブロック 3 (Short side surface) が 1 個から構成されている。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。

上部表面はサイズ  $345 \times 200 \times 20 \text{ mm}^3$  のブロックを 2 枚互い違いに配置する。ブロック 1 は  $345 \times 99 \times 5 \text{ mm}^3$  のシンチレータ 6 枚、 $345 \times 49 \times 5 \text{ mm}^3$  のシンチレータ 4 枚、そして側面、上部中央、下部左右に配置される波長変換ファイバーシートから構成される。ファイバーはクラレ社 Y-11(300)MJ、4 層のシート状に整形され、両末端は十分研磨されている。片側読み出しで、一方は PMT と光学的に接続され、他方は伝搬した光が反射して PMT で読み出されるためにアルミマイラーが貼り付けられている。このブロックはアルミシートで覆われ遮光と漏光防止を促される。シンチレータ及びファイバーとの接着はスタイクキャスト 1266 が使用された。以降これらブロックの材質、製法などの仕様は共通である。長側面も同様に  $345 \times 47 \times 15 \text{ mm}^3$  のブロックを互い違いに配置する仕様だ。このブロックは  $345 \times 47 \times 5 \text{ mm}^3$  シンチレータが 3 枚と波長変換ファイバーシートから構成されている。短側面は  $200 \times 47 \times 10 \text{ mm}^3$  のブロックから構成される。このブロックは  $200 \times 47 \times 5 \text{ mm}^3$  シンチレータが 2 枚と波長変換ファイバーシートから構成されている。

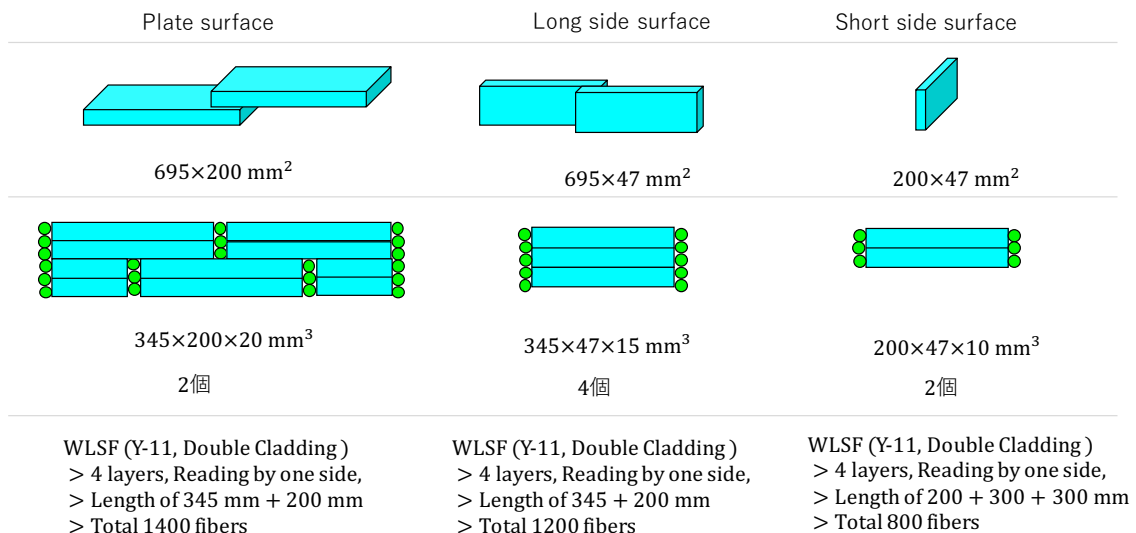


図 1. Veto 装置アップグレード仕様設計

### 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 AC1~4 は 1200 V、Tr1, 2, veto 1, 2 は 1000 V に設定されている。

### 3. 結果

線源が挿入されていない時の  $SFT \otimes AC(M > 2)$  の計数頻度は 800 cph で  $SFT \otimes AC(M > 2) \otimes \overline{veto}$  の計数頻度は 200 cph であった。この関係から veto の検出効率は  $1-200/800=0.75$  と評価された。この結果は veto の読出し光電子数を 7 p.e. から 40 p.e. に向上し、宇宙線測定で検出効率が 99.9% を満たしていることに矛盾している。これは導入した veto counter のアクセプタンスが悪く、宇宙線ミュオンを捉えきれていない死角があると考えた。

ブロック 1 を互い違いに配置すると片側側面に幅 2 cm の隙間が生じる。そこでブロック 1 は 4 mm の隙間を生じさせて同じ階層に配置した。対処療法であるが隙間の大きさを 0.5% 未満のアクセプタンスになるように配置した。また、そもそも取り外し容易のために veto counter は装置の下側（つまり上下逆のセットアップ）に配置していたため、ミュオンが veto counter の手前で止まって SFT, AC は反応させるが veto は反応しないという事象が検出効率の分母に紛れているのではないかと考えた。

そこで上下正しい向きにして再度評価した。同様に線源を入れないとき、 $SFT \otimes AC(M > 2)$  の計数頻度は 800 cph で  $SFT \otimes AC(M > 2) \otimes \overline{veto}$  の計数頻度は 120 cph が得られた。この関係から veto の検出効率は  $1-120/800=0.85$  と評価された。検出効率は向上したが、本質的な改善ではない。宇宙線の他にバックグラウンドが残っているのだろうか。

筐体を使用している素材はアルミニウムである。アロカ社のシンチレーションサーベイメータを用いてアルミ板の放射能を測定したが検出限界  $0.1 \text{ Bq/cm}^2$  に対してバックグラウンドの誤差の範囲内で検出されなかった。

### 4. 考察

veto counter を導入し性能評価した結果、宇宙線の検出効率が 85% と評価された。この結果は本意ではなく、何かトリガー事象にノイズが紛れていると考えられる。宇宙線以外の要因を一つ検証した。この結果、筐体からの放射能は否定され、他の原因を調査する必要が出てきた。

(1) SFT に接続された PMT のアクシデンタル雑音はどうか。幅 15 ns の同時性で数 kHz の自己熱雑音のアクシデンタル雑音は  $10^{-8}$  未満の確率であると見積もられる。光漏れが原因ならこのアクシデンタルは有効だが蛍光灯の点灯・消灯でカウント頻度の変化が有意でないことから現実的ではない。それでも PMT のしきい値設定の適正化は必要である。

(2) veto 用 PMT のしきい値、および供給電圧が足りないことはどうか。PMT 校正測定と宇宙線測定では 1200 V の供給電圧で評価したが、RTSC-A に導入した際には 1000 V を供給した。増幅率が 1200V で  $2.2 \times 10^7$  なのに対して 1000 V では  $10^6$  程度が推定される。しきい値は電圧で 15 mV と設定されているので単純にしきい値未満で検出していないだけではないだろうか。

## 5. まとめ

new veto counter が完成し RTSC-A に導入し性能評価した。Veto counter は 85% の検出効率と評価されたが、宇宙線検査時の 99.9% に矛盾した。原因として一番疑わしいのは veto 用 PMT の供給電圧である。しきい値は 15 mV が下限なので、電圧を上げるしかないだろう。

この原因を究明するために、

- (1) まず 1000 V でのアナログ信号を ADC で読み出しペDESTAL事象と信号がはっきりと分離されているのか確認する。
- (2) 1200 V を供給してどうか同じく ADC を用いて確認する。
- (3) BRoaD に信号を入力して検出効率を導く。しきい値の適正を行う。
- (4) 9/26 の来客に向けて遮光処理してパッケージングに取り掛かる。
- (5) 原因究明していれば、10 月に林栄精器株式会社 の牧さんたちに連絡して供給電源の設定を 1000V から 1200 V に変更してもらいに来てもらって、すぐ性能評価測定しよう。していなければまた他の要因を考えよう。