

屋上 BGO 測定 - 経過報告書

2017 年 3 月 6 日

セットアップ 1 (2/27-3/1: Run249-273)

BGO 検出器セルフトリガー。エネルギー spektroskop。信号線は一つ。装置の下部は厚さ 2.5cm の真鍮の層上に 4mm 厚鉛板を 24 層(9.6 cm)その周りを幅 10cm 以上の鉛密度以上になるように覆った。最後に上部に蓋をするように厚さ 2.5cm の真鍮板を 4 層以上重ねた。蓋を付けた場合と外した場合で比較することで、コンクリートからの雑音を抑え、空気中の純粋なガンマ線のスペクトラムが得られると考えた。



図 1. セットアップ 1 写真：鉛と真鍮で遮蔽された BGO 検出器

解析結果

図 3 に結果を示す。赤線と青線はそれぞれ蓋を外した場合と付けた場合のスペクトラムだ。差分をとったものを低い青線で示す。この結果ではピーク構造は 1.5 MeV にのみ存在し、他は見られない。差分結果にピークは観測されなかった。

屋上でコンクリートからの雑音を抑えると、今度は宇宙線の雑音が支配的になるのだろう。ちょうどフラックスが $10^{-3} \text{ s}^{-1} \text{ keV}^{-1}$ のオーダーに位置していることから指摘される。

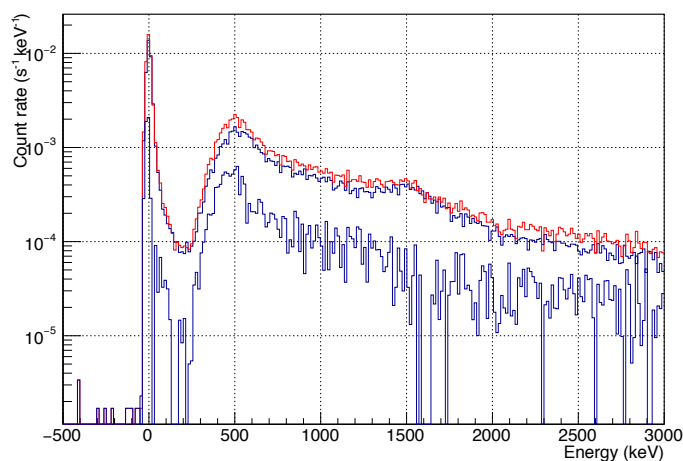


図 2. セットアップ 1 結果：高い赤、青線は蓋を開けた時、閉じた時のスペクトラム。低い青線はそれらの差分結果。

エネルギー校正測定(3/1: Run262-284)

BGO 結晶は温度依存性を持つため、外で実験する上で、測定する必要がある。気温 4.1 度において線源は ^{22}Na , ^{134}Cs , ^{60}Co を使用した。そして温度依存性は ^{22}Na を使用して測定した。温度計はデジタル温度計で、逐一手動で記録した。結果を図 3 に示す。黒、赤、緑線がそれぞれ ^{22}Na , ^{137}Cs , ^{60}Co 線源によるスペクトラムを示す。光電吸収ピークをガウスフィットして平均値と標準偏差を求めた。

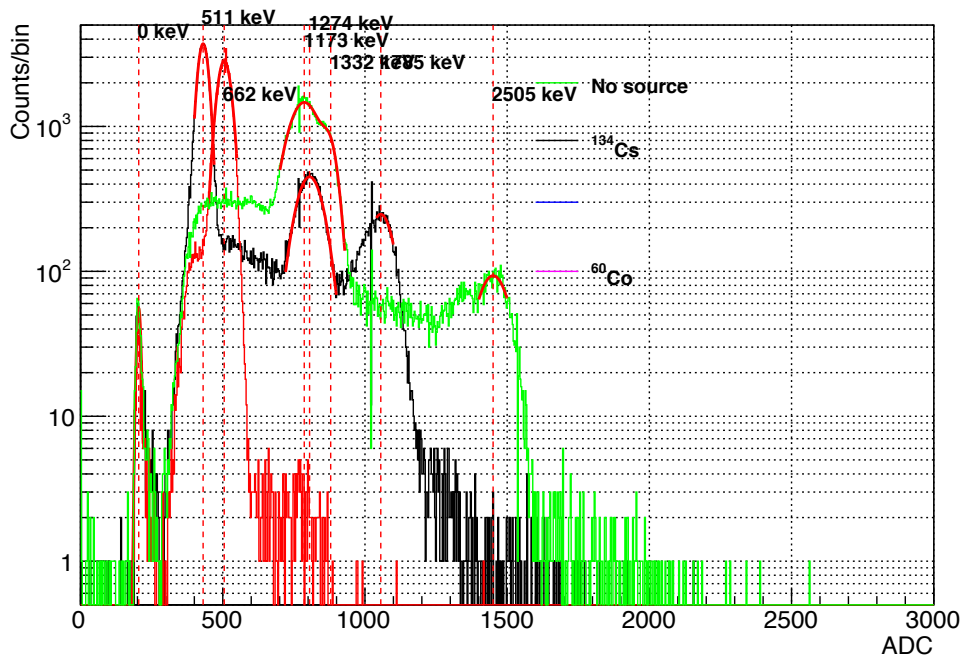


図 3. 線源によるエネルギー校正測定結果

ADC(ペDESTALとの差分)とエネルギーの関係は線形的で図 4(左)に示す。校正係数は 4.1°C の場合 0.487 ± 0.01 ADC/keV である。日中の温度変化に伴い -2°C から 12°C までの校正係数を測定した。図 4(右)に示す。BGO は温度が下がると光量が増加する傾向がわかった。

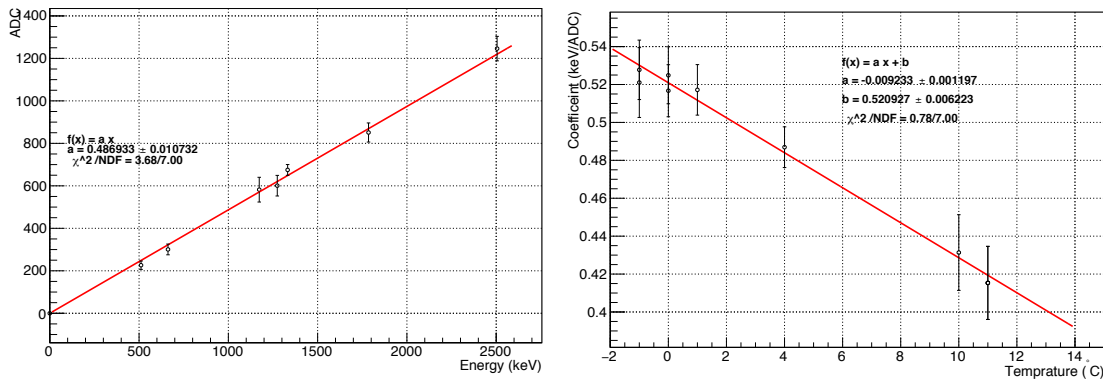


図 4. エネルギーと ADC の関係(左)、校正係数の温度依存性(右)

--- ログ情報 ---

3/1 温度計を DAQ に実装、毎事象に温度と時刻が導入された。Daq_ver.5.3.; テスト Run283-285.

セットアップ 2 (3/1-3/2: Run286-295)

宇宙線除去装置の導入。BGO 検出器の上部への字にサイズ $10\times 10\times 0.5\text{ cm}^3$ のシンチレータと波長変換ファイバー、そして小型 PMT を用いたベトー装置を挿入した。タイミングテストは合格。トリガーは BGO のセルフ信号。2つのベトーの信号は ADC に追加した。2つの ADC 分布を図 5 に示す。宇宙線ミュオンは MIP なので平均的なエネルギー損失をするはず。0 p.e.と 1 p.e.がそれぞれ約 60 と約 80 ADC なので、2つのシンチでは MIP を 7-9 p.e.で観測していることになる。宇宙線事象は 0.5 p.e.閾値で除去する。

宇宙線における BGO スペクトラム(左)及び宇宙線除去結果(右)を図 6 に示す。左図の青

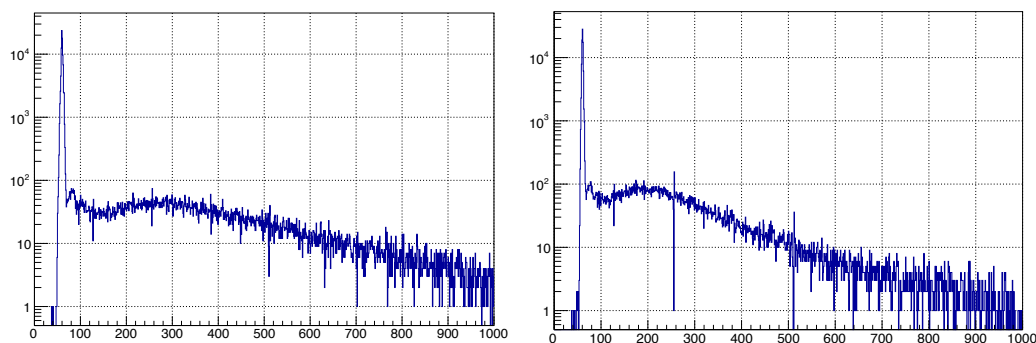


図 5. 宇宙線除去装置の ADC 分布

線は条件なしのスペクトラム、赤線は除去装置がどれか応答した事象のスペクトラムを示す。宇宙線の流量が $10^{-4}\text{ s}^{-1}\text{ keV}^{-1}$ のオーダーなのは経験上少ない。右は青線は条件なし赤線が抑制後を示す。結果十分に抑制されていないことが指摘された。

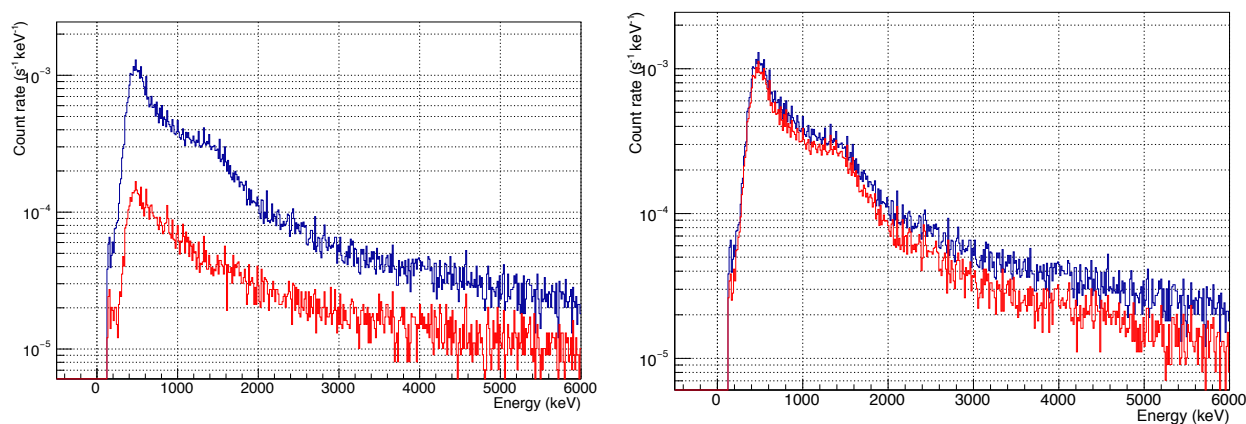


図 6. エネルギーと ADC の線形性(左)、校正係数の音頭依存性(右)

宇宙線除去装置の効率が低い可能性がある。MIP で平均 7-9 p.e.だが、検出効率では 95% 以上は見込めるはず。では設置に関する死角が存在すると考えられる。光量もさらに増やして実験すべきである。

セットアップ 3 (3/3-3/6: Run296-300)

検出効率の高い宇宙線除去装置を設置して実験を再開した。サイズ $20 \times 10 \times 0.5 \text{ cm}^3$ のシンチレータの両側にアクリルライトガイドを取り付け直接 2 インチの PMT に接続されている。その片側の PMT の信号を読み出す。除去装置はコの字に囲った。サイズが大きいためセットアップを大幅に変更した。装置下は 9.6 cm 厚の鉛板を敷き、長側面は厚さ 2.5 cm の真鍮を 3 枚重ねた。短側面は幅 5 cm の鉛ブロック、上部は厚さ 2.5 cm の真鍮を 2 層。装置の上部は吹き抜けにして実験を始めた。上部をブロックで埋めた時と比較した差分から空気中のガンマ線放出核を同定する。

測定期間の温度変化を図 7 に示す。横軸事象番号、縦軸温度を示す。昼は 15°C 付近、朝 6 時夜明け前が最低気温になる規則性が観測できた。この事からも導入した温度計は正常に稼動していることを証明できる。

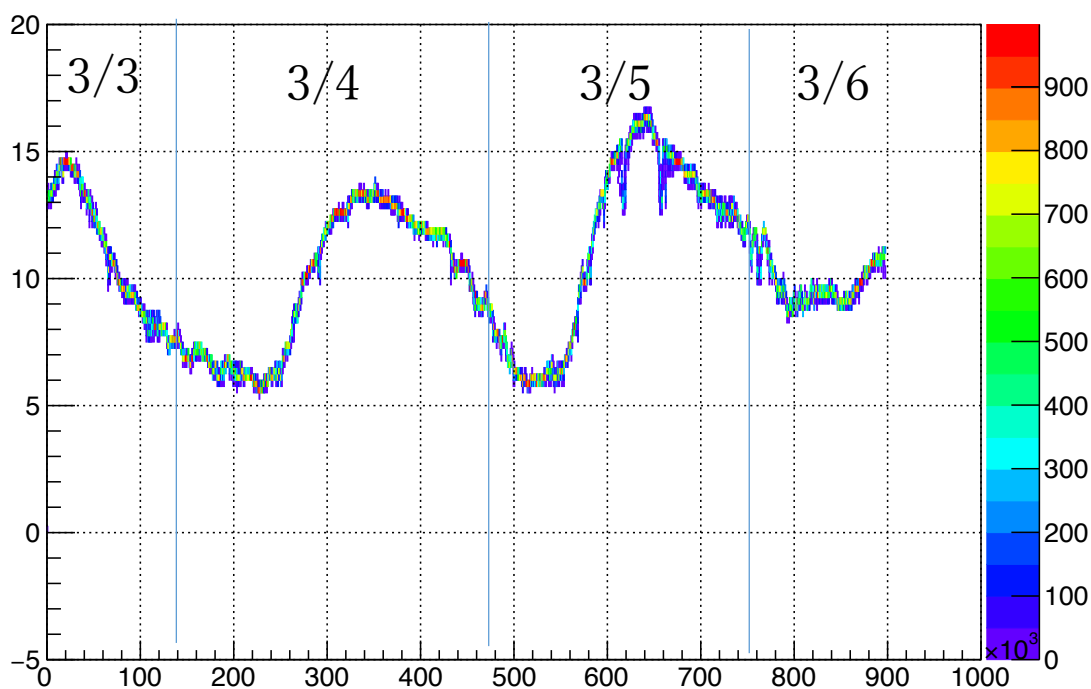


図 7. 測定期間の毎事象における温度変化

宇宙線除去装置の3つのADCを図8に示す。同様にMIPの宇宙線ミュオンのエネルギー損失で平均35-60 p.e.の光電子数を観測した。検出効率に関しても問題なく、十分に宇宙線事象を除去することができるだろう。

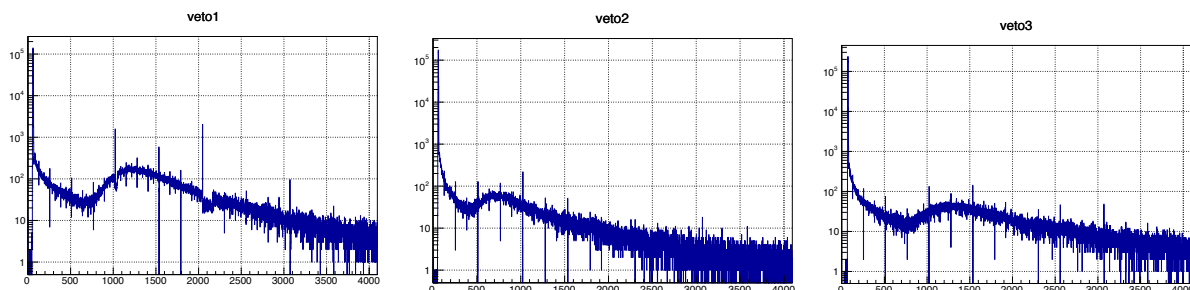


図8. 宇宙線除去装置ADC分布

この場合も同様に宇宙線事象におけるBGOのスペクトラムと抑制後のスペクトラムを図9に示す。宇宙線流量は $7 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1} \text{ keV}^{-1}$ で経験的にも妥当である。しかしそもそもの流量が2-3倍増加している。これは遮蔽が甘くなったことと、内部容積が拡大したことが要因である。宇宙線の流量と同程度までガンマ線事象を抑制しなくてはならない。

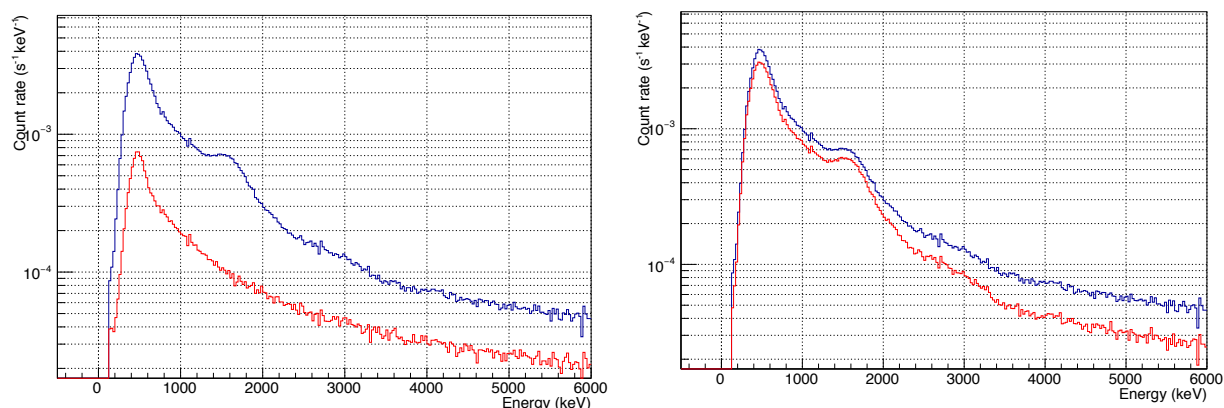


図9. 宇宙線事象のBGOスペクトラム(左)、宇宙線除去後のスペクトラム(右)

結論・まとめ

屋上でガンマ線観測すると室内で大きかったコンクリートからの雑音が減り、宇宙線雑音が支配的になる。しかし、除去装置をコンパクトにすると死角が生じた。そこでアクセプタンスを増やすと構造上遮蔽が甘くなり、コンクリートからの雑音がなだれ込んだ。また、温度監視が上手く機能していることが分かったので、この値の変動における温度依存性を測定する。現在上部は吹き抜けなので、上部遮蔽した場合で差分をとった時、内部BGO周りの遮蔽を小型ブロックで実装した場合について検証を進める。また、Geant4で様々な暑さの鉛で遮った場合の ^{214}Bi などのガンマ線のスペクトラムを計算し、実験結果を理解する。