R594 の特性

千葉 竜一

平成 13 年 1 月 30 日

ここでは、R594 の改造方法について記述する。ここに書かれている通りに、半田付け等を行なえば、必ず R594 は使えるようになるはずである。よほど不器用でなければ壊すことはないはずであるから、不器用な人 (だと思う人) は、半田付けの練習を毎日 9 時間、1 カ月くらいすると壊すことがなくて、精神的にも楽な日々を送れるだろう。

このレポートをみて、きちんと作れることを無事祈る。

1 PMT の改造

1.1 R594 の改造前の回路について

この PMT は最初以下のような回路になっている。

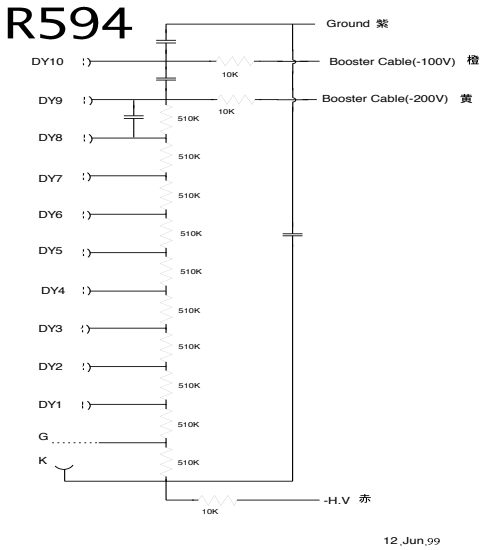


図 1: PMT 初期回路図

1.2 R594 の改造後の回路

図 1 を見てもらうと、anode 出力がないことが分かる。anode 出力は DY10 の上にあるので、DY9、DY10、GND まで 510KΩ の抵抗で半田付けしてやる。また、anode よりシグナルを取り出すため 51Ω でターミネイトする。図 2 は改造後の回路図である。

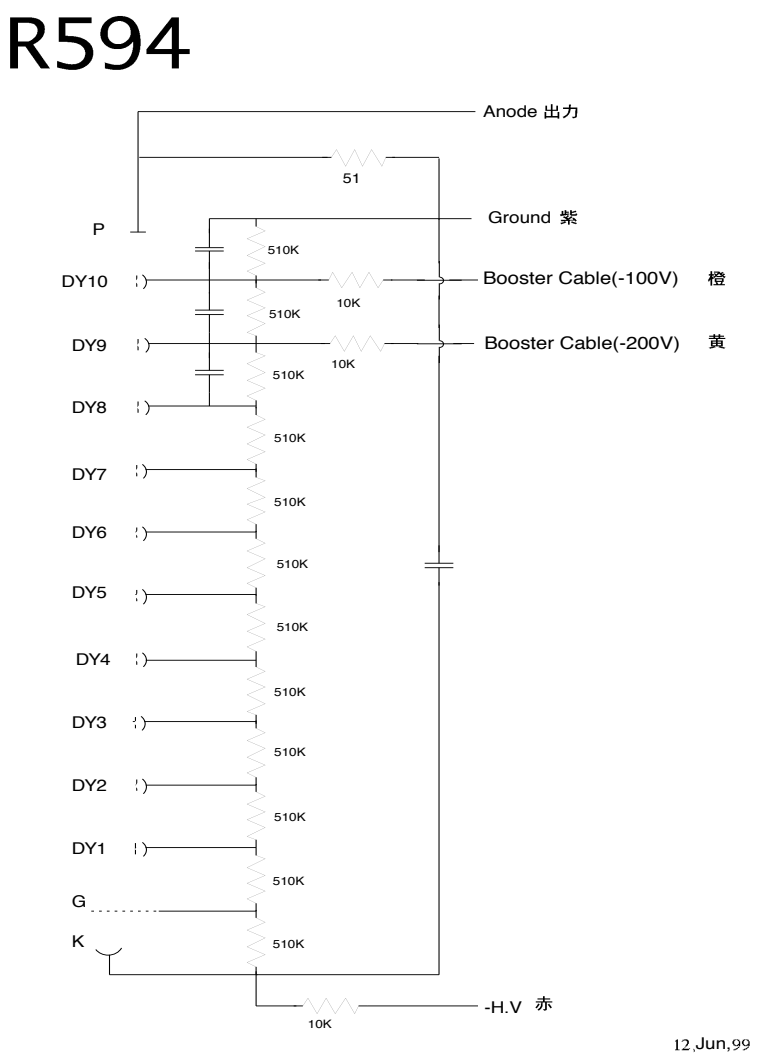


図 2: PMT 改造後の回路図

この回路図を見ただけでは分かりづらいので、基板のどこに半田付けをするのか、分かりやすい模式図 (図 3) を示しておく。

1.3 R594 の基板に半田付けをする

図 3[1]の様に半田付けしてもらえれば、後は、配線の処理だけである。ここでは、配線処理の方法 (BNC、HV コネクターの取り付け) は書かないので、各自改造してある R594 を参考に配線処理を行なって下さい。

また、次のページには、試作一号機の半田付けの写真です。

図 3: 回路の模式図

[1]図 3 のなかで、「コード」と書いてあるところは「リード線」と読み直して下さい。

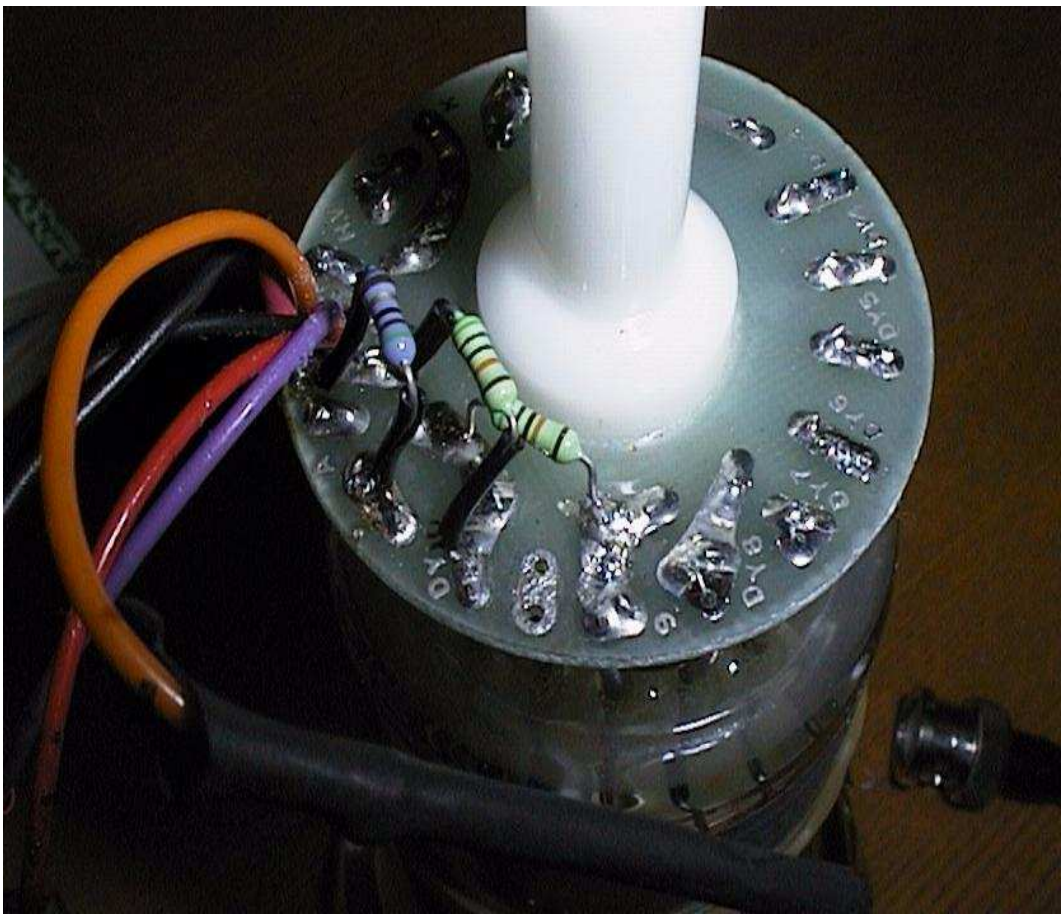


図 4: 図 3 の不様な半田付けの写真。試作一号機。試作二号機は、比較にならない程良くできてます。

2 PMT のエネルギー分解能評価

2.1 R594 のエネルギー分解能について

ここでは、R594 に 1 インチ、および 2 インチの NaI シンチレーターをつけて測定を行なった結果から、分解能を計算した。線源として、^{60}Co と ^{137}Cs の二種類の線源を用いた。

2.1.1 1 インチ NaI を用いた測定による分解能

ATTN 25dB で、同じ条件で ^{60}Co と ^{137}Cs を用いて、測定を行なった。図 5 の様になった。

r594_006、r594_007 はそれぞれ ^{60}Co と ^{137}Cs で測定したものである。それぞれのエネルギー分解能は、^{60}Co では 7.3%、^{137}Cs では 8.8%になる。また、このときのフルピークのエネルギーとチャンネルの関係は図 6 のようになり、ほぼ直線にのることが分かる。

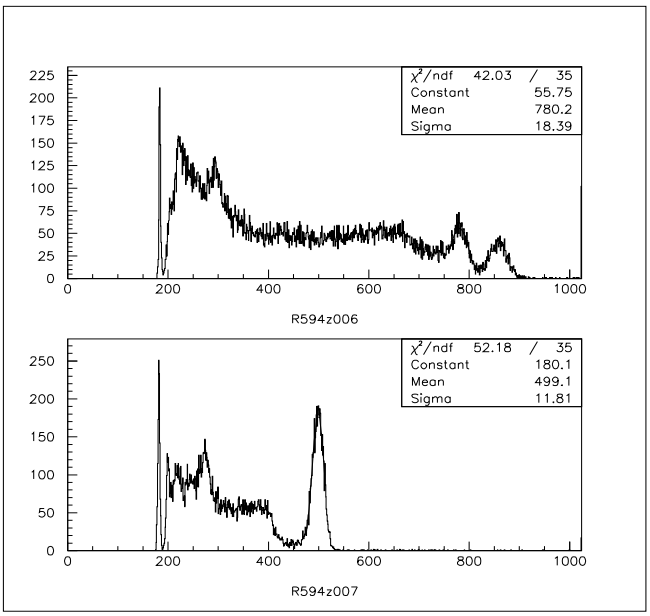


図 5: 同条件での ^{60}Co と ^{137}Cs の測定 (1 インチ)

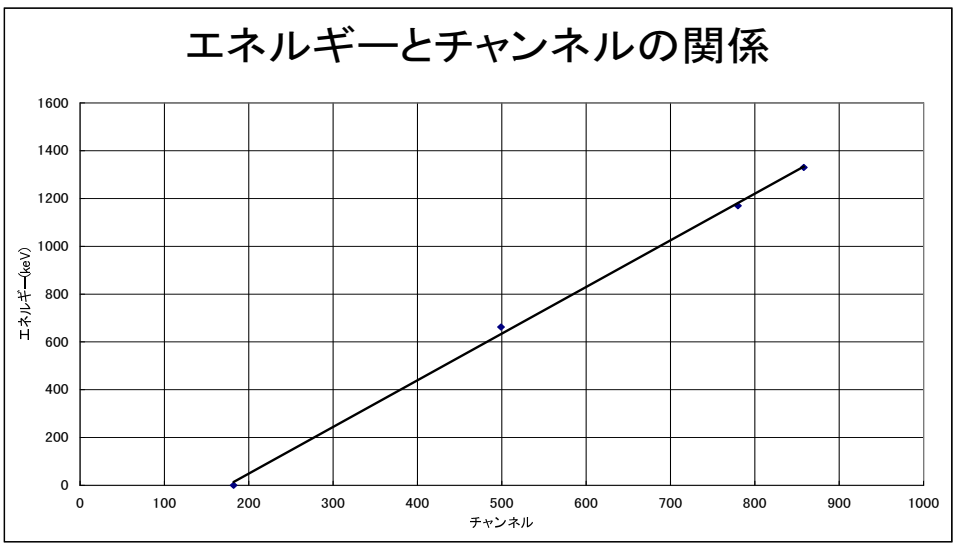


図 6: エネルギーとチャンネルの関係 (1 インチ)。^{137}Cs のフルピークを 662keV、^{60}Co のフルピークをそれぞれ 1170keV、1330keV としてプロットした。

2.1.2　2 インチ NaI を用いた測定による分解能

ATTN 13dB で、同じ条件で ^{60}Co と ^{137}Cs を用いて、測定を行なった。図 7 の様になった。

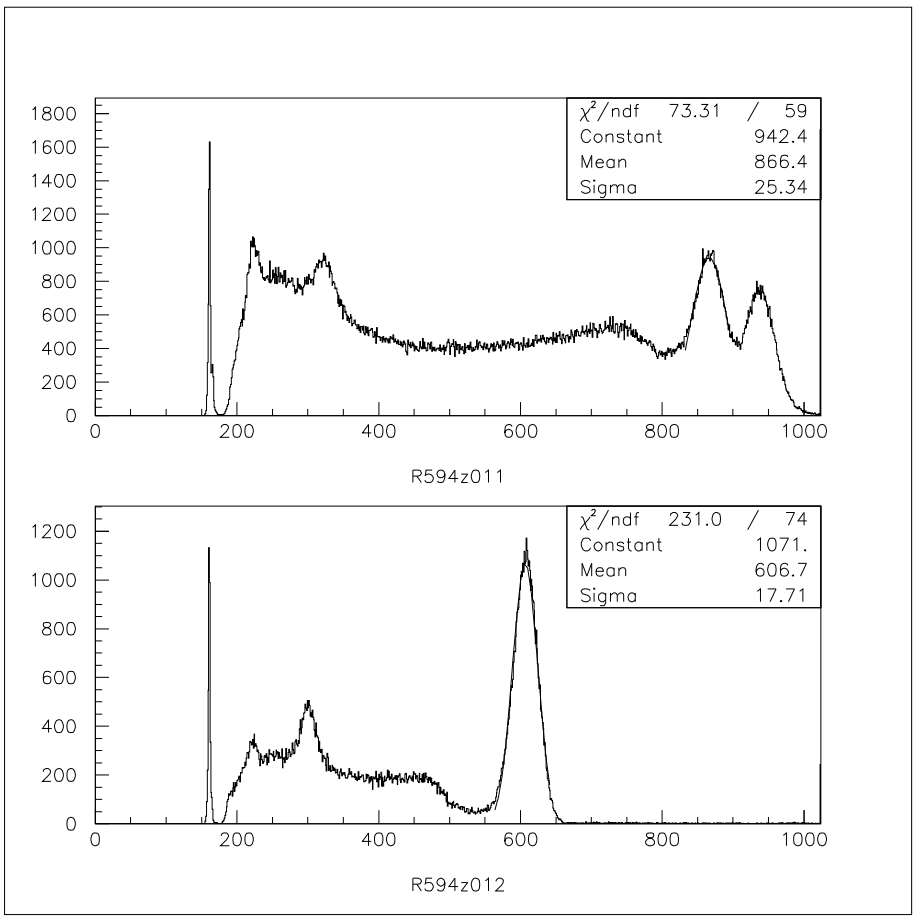


図 7: 同条件での ^{60}Co と ^{137}Cs の測定 (2 インチ)

r594_011、r594_012 はそれぞれ ^{60}Co と ^{137}Cs で測定したものである。それぞれのエネルギー分解能は、^{60}Co では 8.5%、^{137}Cs では 9.4%になる。また、このときのフルピークのエネルギーとチャンネルの関係は図 8 のようになり、 1 インチ程ではないが直線にだいたいのることが分かる。

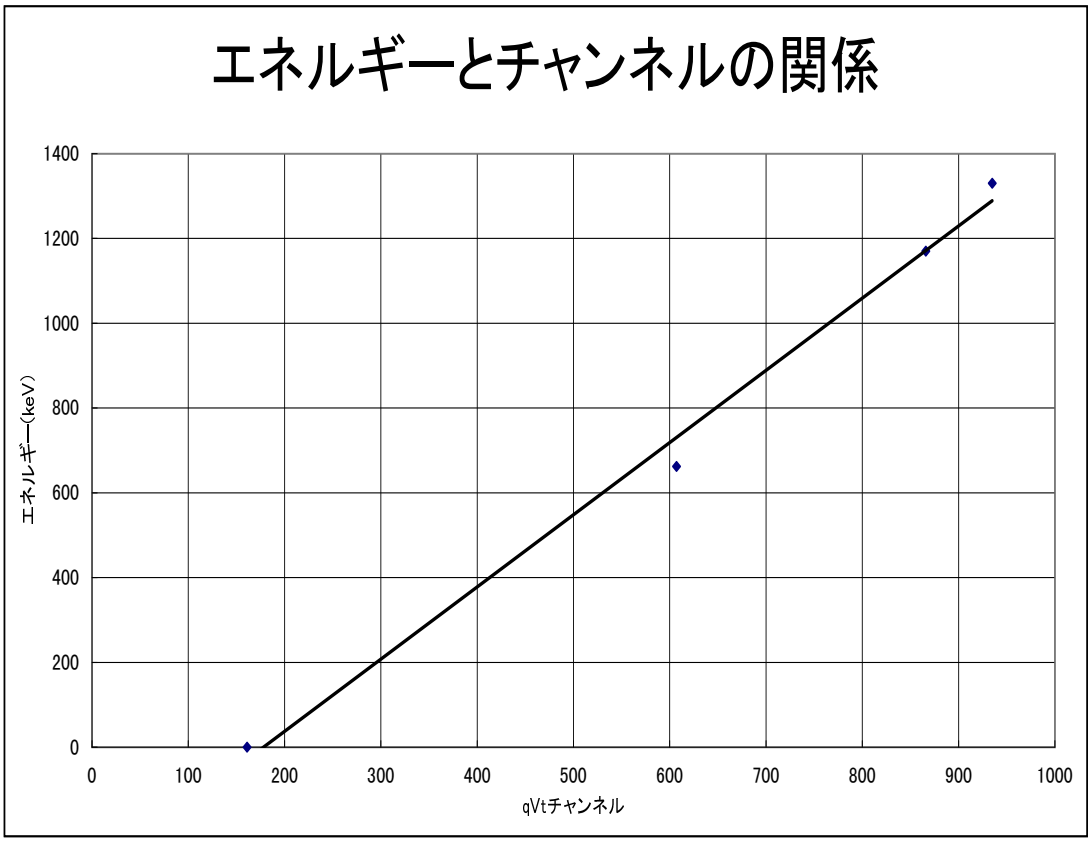


図 8: エネルギーとチャンネルの関係 (2 インチ)。^{137}Cs のフルピークを 662keV、^{60}Co のフルピークをそれぞれ 1170keV、1330keV としてプロットした。

2.2　エネルギー分解能についてのまとめ

ここでは、一応形になっているデータのを全て掲載する。図 9 に示されているように 8 つのデータがある。それぞれのエネルギー分解能は表 1 に示す。

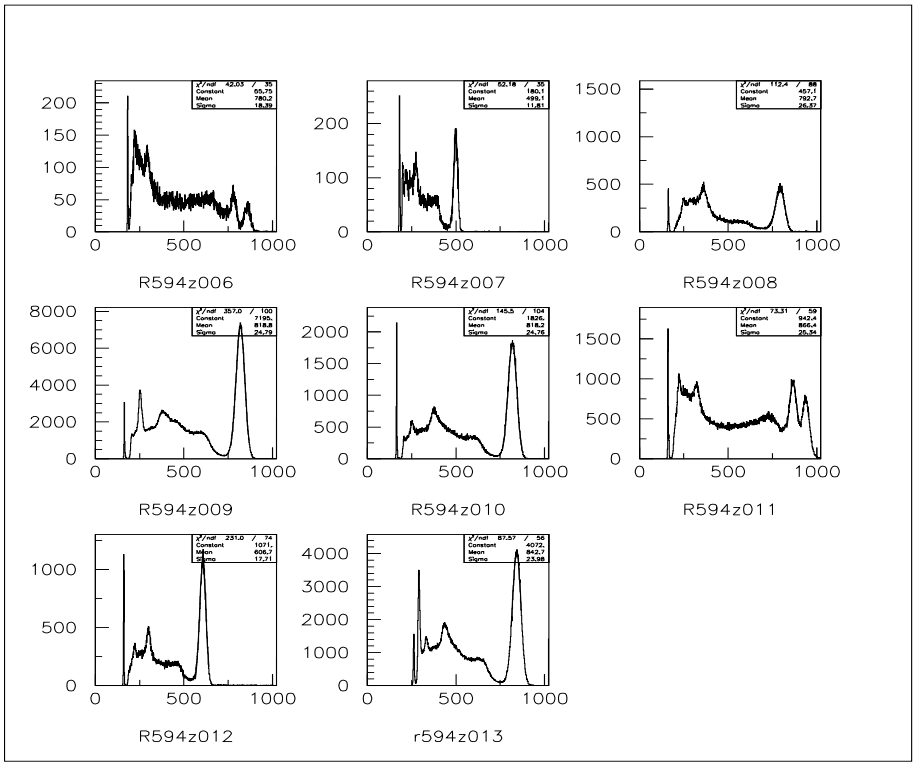


図 9: 今まで行なった全実験データ。r594_013 は PMT 試作 2 号機のデータである。

FILE NAME	分解能 (%)	NaI サイズ (inch)	ゲート幅 (nsec)
r594_006	7.3	1	860
r594_007	8.8	1	860
r594_008	9.9	2	700
r594_009	8.9	2	700
r594_010	8.9	2	700
r594_011	8.5	2	700
r594_012	9.4	2	700
r594_013	9.7	2	860

表 1: ファイル毎の分解能

r594_006、r594_007 は 1 インチの NaI、r594_008 ~ r594_012 は 2 インチの NaI、r594_013 は 2 インチの NaI をつけており、試作 2 号機で実験を行なった。

これらから分かるように、1 インチ、2 インチでも、さほど分解能の悪化は見られない。ただ、問題として、ゲート幅が異なっている。なぜ、R594_008 以降でゲートを 700nsec にしたのかは、log ノートに書いてないので今となってはもうわからない。

さて、一番悪いところでも分解能は 9.9%なので、R594 のエネルギー分解能はだいたい 10%程度と思われる。一般的な γ 線検出機の分解能の性能は 5% ~ 10%となっているから、R594 は十分に γ 線検出機としての使用に耐えられるものと思われる。

3 R594 の Gain 評価

R594 の Gain を評価をするために、r594_009 を用いた。ここで Gain の評価をするため、qVt の channel と width の関係を求めなければならない。これを調べるため、qVt に高さ 32mV、width が 50nsec [2]の NIM シグナルをいれ、各 width に対応した channel を最小 2 乗法にて Fit させた関数を用いた。図 10 のとおりである。

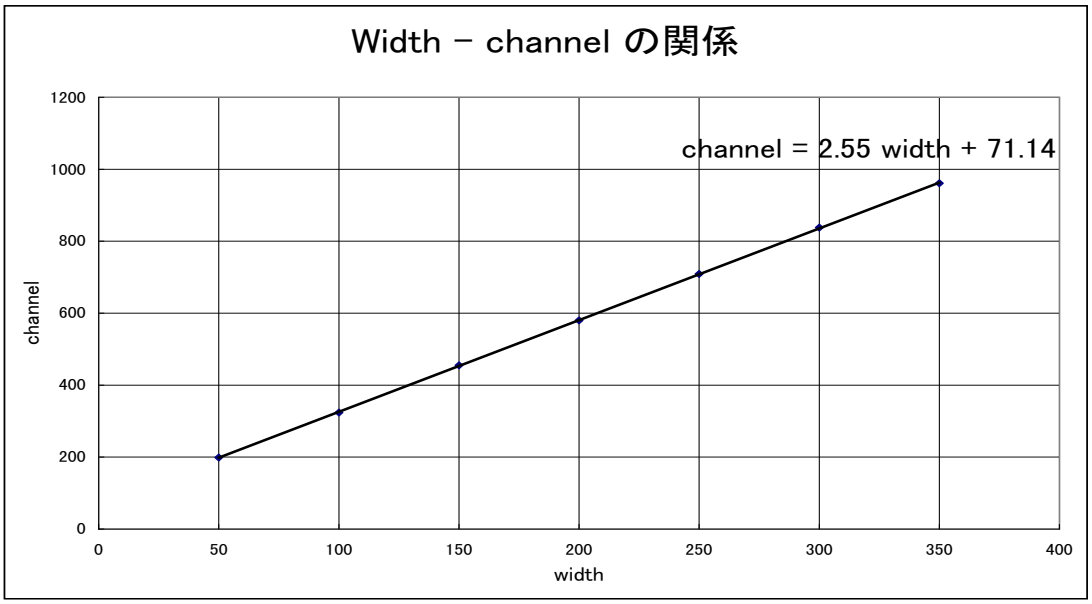


図 10: width と channel の関係。

[2]50nsec から 50nsec ステップで、350nsec まで測った。パルサーのシグナルである。

図 10 より、以下の関数がえられる。

$$[channel] = 2.55 \times [width] + 71.14$$

これを、クーロン (q) と width の関係に変換すると、

$$q[pc] = 0.25 \times [channel] - 17.85$$

r594_009 では、ペデスタルの位置は 163ch、フルピークの Mean は 818.1ch。それぞれのチャンネルを上式に代入し、フルピークの q を求めると

$$q[c] = 163.78 \times 10^{-12}$$

以上から、クーロン数は

$$\frac{q}{e} = 1.02 \times 10^{9}\text{個}$$

また、

$$\frac{N}{\sigma} = \frac{655.1ch}{24.79ch} = 26.49$$

$$\left(\frac{N}{\sigma}\right)^2 = N_{\text{初}} = 701.73\text{ 個}$$

したがって、Gain は

$$[Gain] = \frac{1.02 \times 10^9}{701.73} = 1.45 \times 10^6$$

となる。しかし、この測定を行なったとき、アテネーターが 10dB かかっていた。よって求めた Gain に 10dB ぶん掛けなければならない。図 11 を参考にするとだいたい 3.4 倍程度になる。従って

$$[Gain_{\text{真}}] \approx 5 \times 10^6$$

結局のところ、Gain は少なくても 10^6 以上は得られていると結論付けられる。

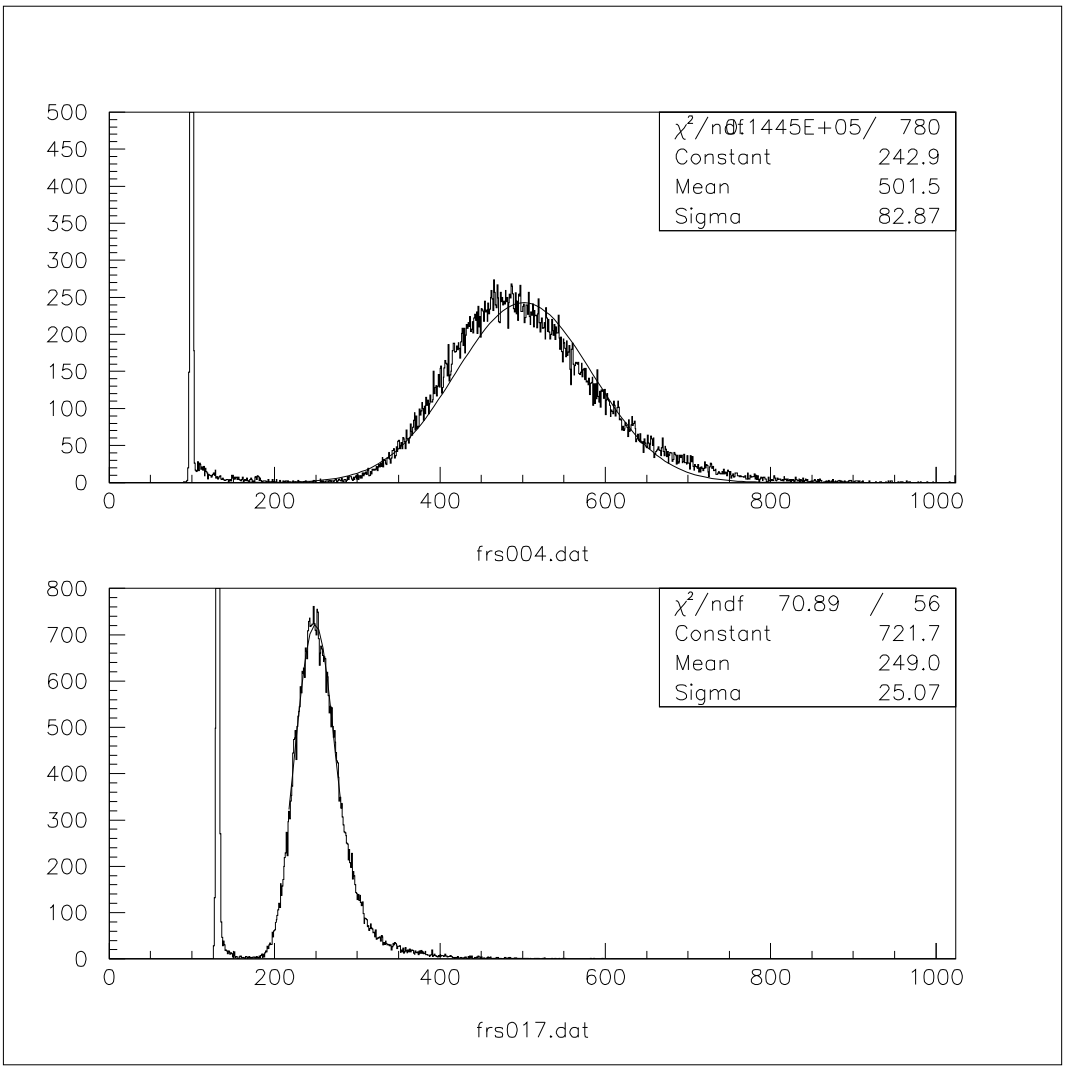


図 11: ATTN10dB と ATTN なしの同条件での測定結果。なお、セットアップを崩してしまったため R594 とは全く関係ないデータを使わせてもらいました。frs004 は ATTN なし、frs017 は ATTN10dB のデータである。

4 R594 の one photon counting

GAIN をきちんと計るために、R594 の one photon を計ろうとしたが、dark current が多すぎるので、one photon が全く見えなかった。この実験は 2 種類の方法を用いて行ったが、どっちも失敗した。

1. PMT の前にプラスチックシンチレーターを置く。
2. PMT の光電面にファイバーで光をいれる。

4.1 プラスチックシンチレーターを置いた場合

この場合、光が入ったイベントが、dark current に隠れてしまって、一体何を見ているのか分からないスペクトルが現れました。イベントレートはかるく１０ K を越えており、クロックを入れてペデスタルを見ようとしても、何かが引っかかってしまいます。ペデスタルらしきものも見えませんでした。

この実験をして分かったことは、R594 は非常に dark current が多い PMT であることが分かりました。

4.2 ファイバーで光を入れた場合

前実験では、セルフトリガーだったので、異常な程の dark current によるトリガーがかかってしました。そこで、プラスチックシンチレーターにファイバーを埋め、シンチレーターに Ru 線源を当て、シンチレーターを突き抜けたものだけを測ってみることにしました。セットアップ図は図 12 のようになります。

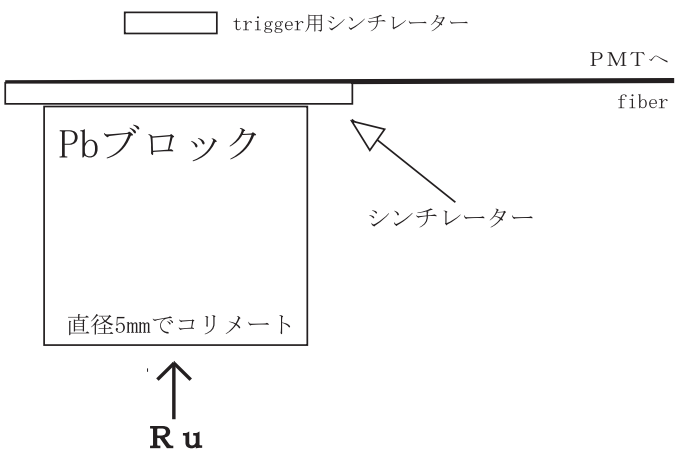

trigger用シンチレーター
PMTへ
fiber
Pbブロック
シンチレーター
直径5mmでコリメート
Ru

図 12: セットアップ図

これにより、レートは 25/sec となりました。スペクトルは図 13 の様になりました。

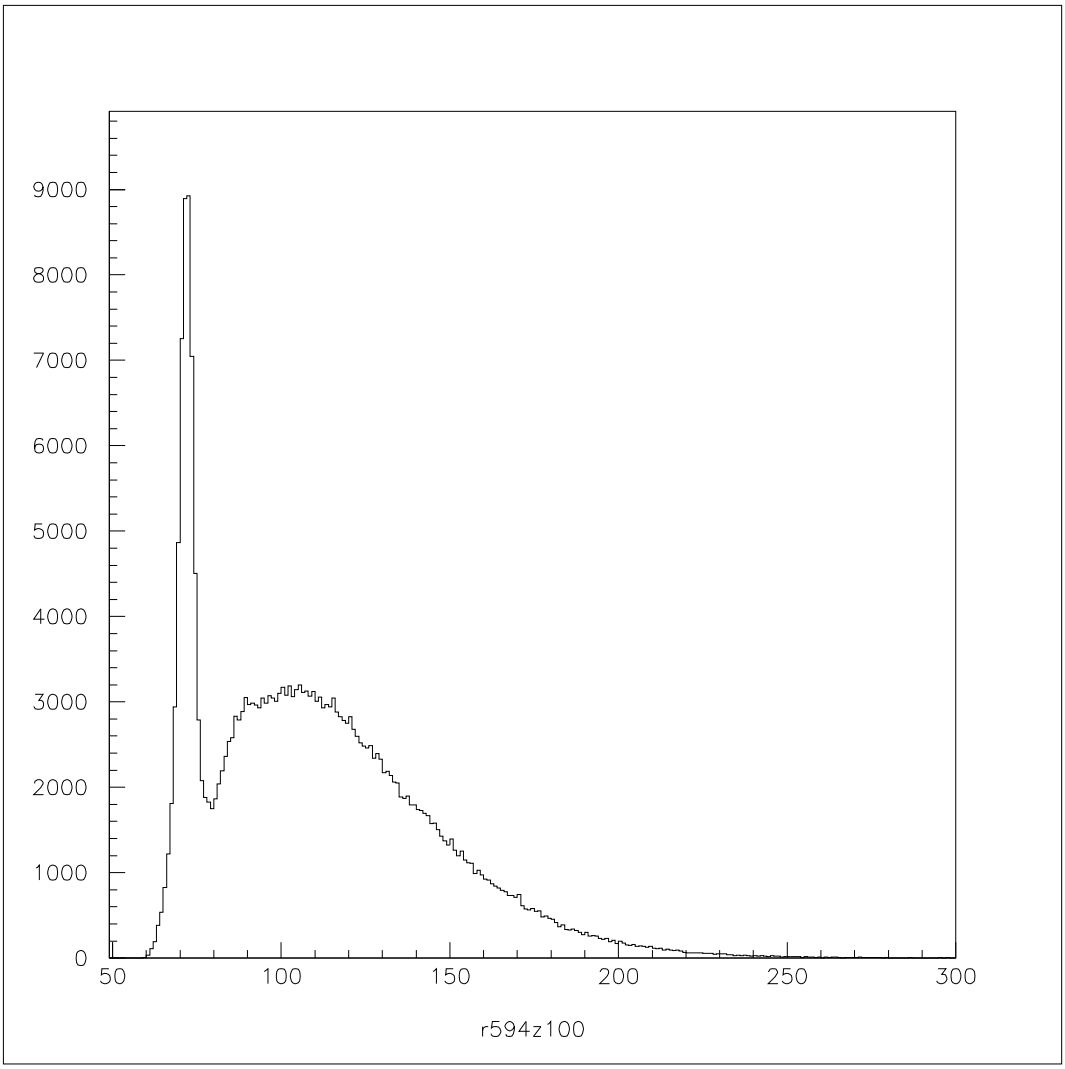
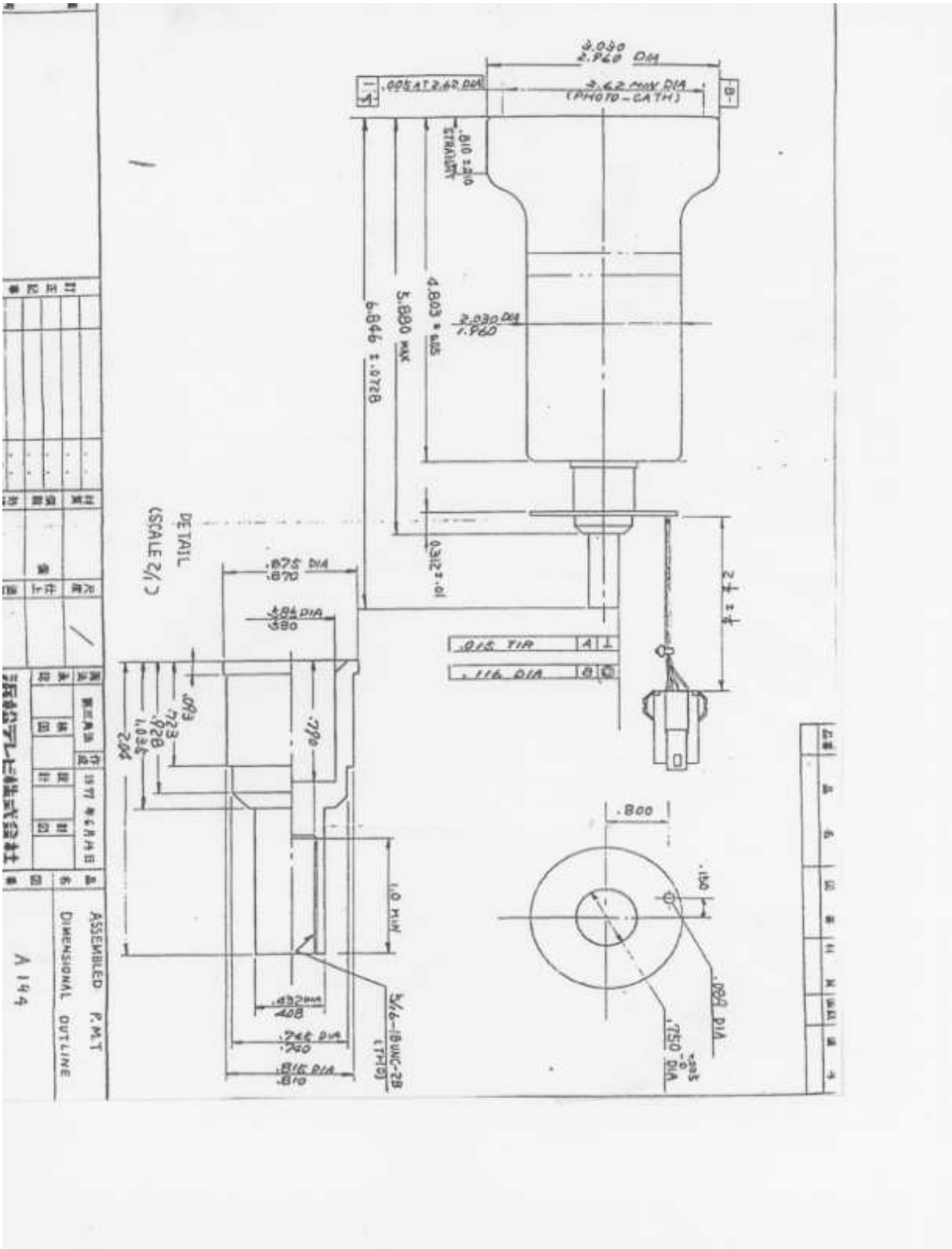
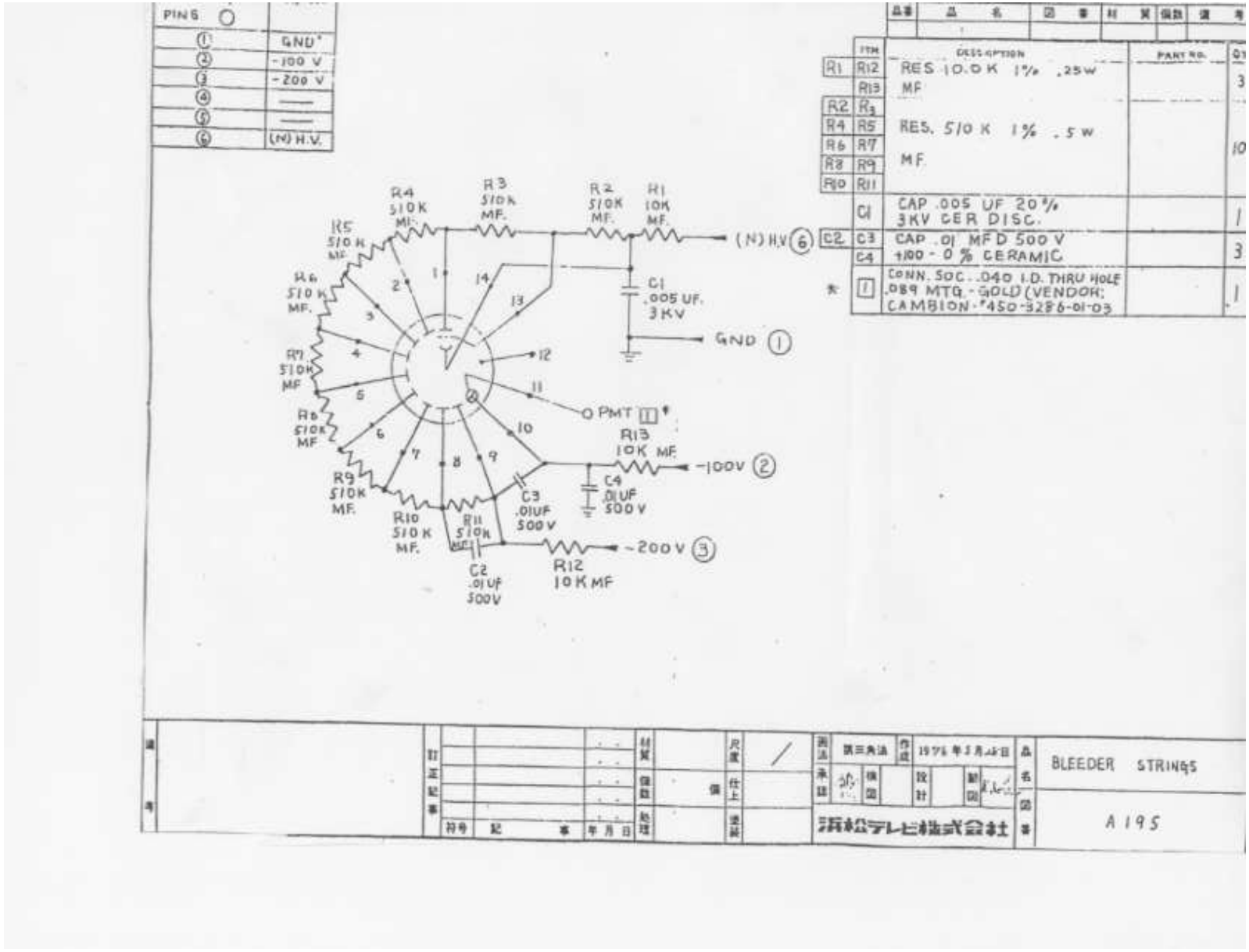


図 13: 図 12 のセットアップより取れたデータ。

このデータに、one photon 用の fitting 関数で fit させてみましたが、全くのりませんでした。スペクトルの形も 1p.e イベントの形とは、かなり異なっています。したがって、見えているスペクトルは one photon 以外の何か別のものを見ていると思われます。

以上より、改造 R594 はきちんとした GAIN が得られませんでした。だいたいの値は 3.R594 の Gain 評価 を参考にしてください。


ASSEMBLED P.M.T
DIMENSIONAL OUTLINE
A 144
DETAIL
(SCALE 2/1)
.015 TIR
.116 DIA
.800
.750 DIA
.088 DIA
1.0 MIN
5/16-18UNC-2B (THD)
6.846 ±.0728
5.880 MAX
4.803 ±.005
2.030 DIA
1.960
.875 DIA
.870
.815 DIA
.810
.740 DIA
.740
.432 DIA
.408
.790
.093
.723
.928
1.035
2.04


PIN 6
① GND
② -100 V
③ -200 V
④ —
⑤ —
⑥ (N) H.V.
R4 510K MF.
R3 510K MF.
R2 510K MF.
R1 10K MF.
R5 510K MF.
R6 510K MF.
R7 510K MF.
R8 510K MF.
R9 510K MF.
R10 510K MF.
R11 510K MF.
C1 .005 UF. 3KV
C2 .01 UF 500V
C3 .01UF 500V
C4 .01 UF 500 V
R12 10K MF
R13 10K MF.
(N) H.V ⑥
GND ①
PMT
-100V ②
-200V ③
ITEM
DESCRIPTION
PART NO.
R1 R12 R13 RES 10.0K 1% .25W MF
R2 R3 R4 R5 R6 R7 R8 R9 R10 R11 RES. 510 K 1% .5 W MF
C1 CAP .005 UF 20% 3KV CER DISC.
C2 C3 C4 CAP .01 MFD 500 V +100 - 0 % CERAMIC
* 1 CONN. SOC. .040 I.D. THRU HOLE .089 MTG. - GOLD (VENDOR: CAMBION - #450-3286-01-03
浜松テレビ株式会社
BLEEDER STRINGS
A195