平均光電子数の測定

松本 哲也

平成 10 年 11 月 19 日

1 目的

プラスチックシンチレーターは大がかりな実験等で大量に買うとなると、大変高価なものとなる。そこで、世に出回っている大量生産技術である、射出成形や押し出し成形によるプラスチックシンチレーターを採用することによりコストダウンをはかれる。しかし、そうして作られたシンチレーターは既存するものよりも、発光量こそあまりかわらないが透明度は悪くなり Attenuation Length は短くなってしまう。そうした欠点を、プラスチックシンチレーター に ファイバーを巡らせそのファイバーにより読みだすことにより光量の減衰を抑えられれば、実験で使うことが可能となる。と言うわけでファイバーをどのようにシンチレーターに巡らせるか、ファイバーも含むシンチレーター全体の形状をどのようにしたら光量を稼げるかを探り、最終的に BEST な形状を設計する事が目的となる。

2 方法

直径 5mm に collimate された^{106}Ru による β線 (最大エネルギー 3.5MeV) をテストシンチレーターの下から当てる。そして、Trigger 用のシンチレーターをテストシンチレーターの上に置き、つき抜けてくる β線を Trigger とすることで測定を行なう。それぞれの SETUP は、あとで述べる。そして、その際の Logic 図を図 3 を示す。

2.1 WLS ファイバーによる押し出しシンチレーターの読みだしのテスト

図 1 のような SETUP にして押し出しシンチレーター (Extruded Scintillator) の読みだしのテストを Wavelength Shifting Fiber(WLS Fiber) で、行なった。

押し出しシンチレーター　　日星電気で 1997 年 8 月に製造されたもの (日星の最高性能品)

母材　旭化成ポリスチレン

寸法　$9 \times 20 \times 200mm$

Wavelength Sifting Fiber

- Krarey Y11M(200) (Multi Cladding)　1mm 直径×400mm
- Krarey Y7(150) (Single Cladding)　1mm 直径×400mm

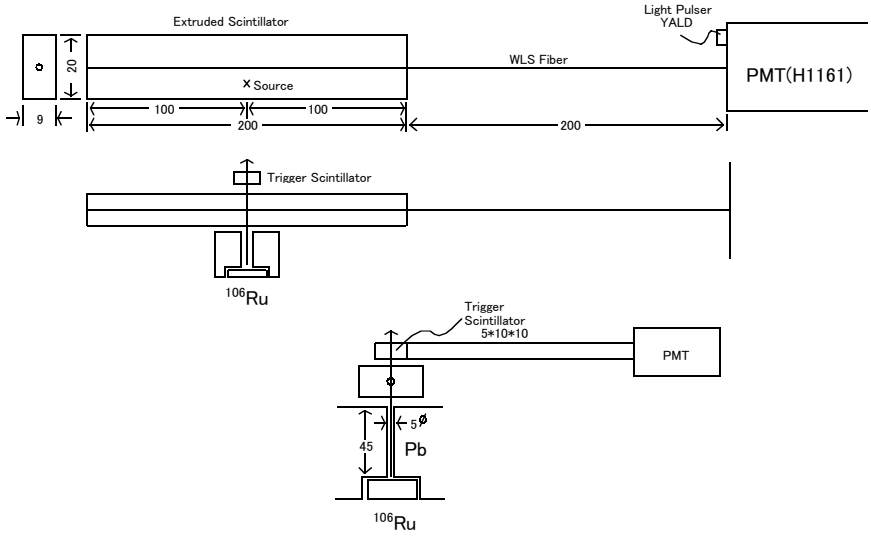

図 1: setup1 図

2.2 複数本の WLS ファイバーによるテストシンチレーターの読みだし

テストシンチレーター (BICRON 製 BC408) に 20mm 間隔で深さ 1mm 幅 1mm の溝を削り、図 2 のような SETUP にした。WLS Fiber には、 Y11M(200) 1mm 直径×400mm を使った。

3 平均光電子数の計算

Pulse height spectrum の fitting から 平均光電子数を求めた。N の大小で、二つの関数を仮定して fitting を行なった。N の小さい場合は、図 4 に見られるように N=0,1,2,3,.... のピークがそれぞれガウス分布をしている。それぞれのピークの標準偏差を$\sqrt{N}\sigma$ (σは N=1 のピークの標準偏差) として、次の関数へ fitting した。

$$R(x) = A\sum_{N=1}^{N_{max}} \frac{e^{-\overline{N}}\overline{N}^N}{N!} \frac{1}{\sqrt{2\pi N}\sigma} \exp\{-\frac{(x-pN-q)^2}{2N\sigma^2}\} \tag{1}$$

$$\begin{aligned} x &: ADCchannel\ 番号 \\ A(p1) &: NormalizationFactor \\ \overline{N}(p2) &: 平均光電子数 \\ \sigma(p3) &: sigma \end{aligned}$$

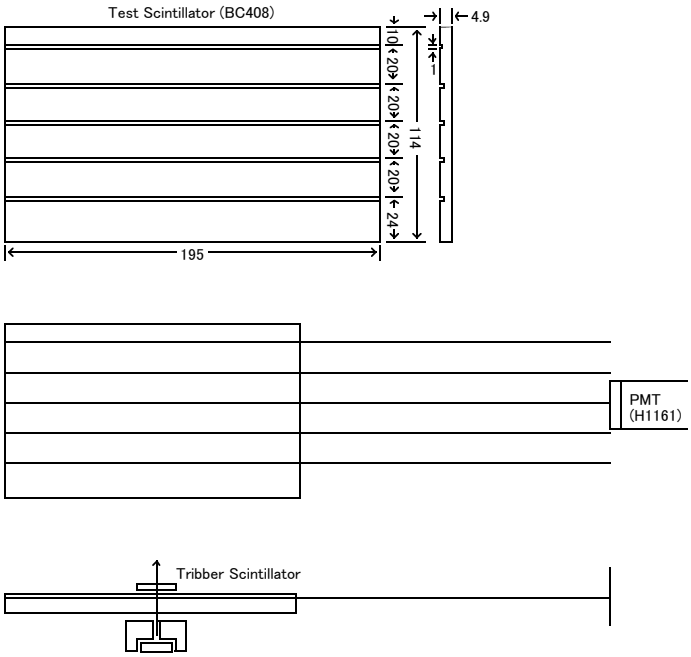
Test Scintillator (BC408)
4.9
10
20
20
20
20
20
24
114
195
PMT
(H1161)
Tribber Scintillator

図 2: setup2 図

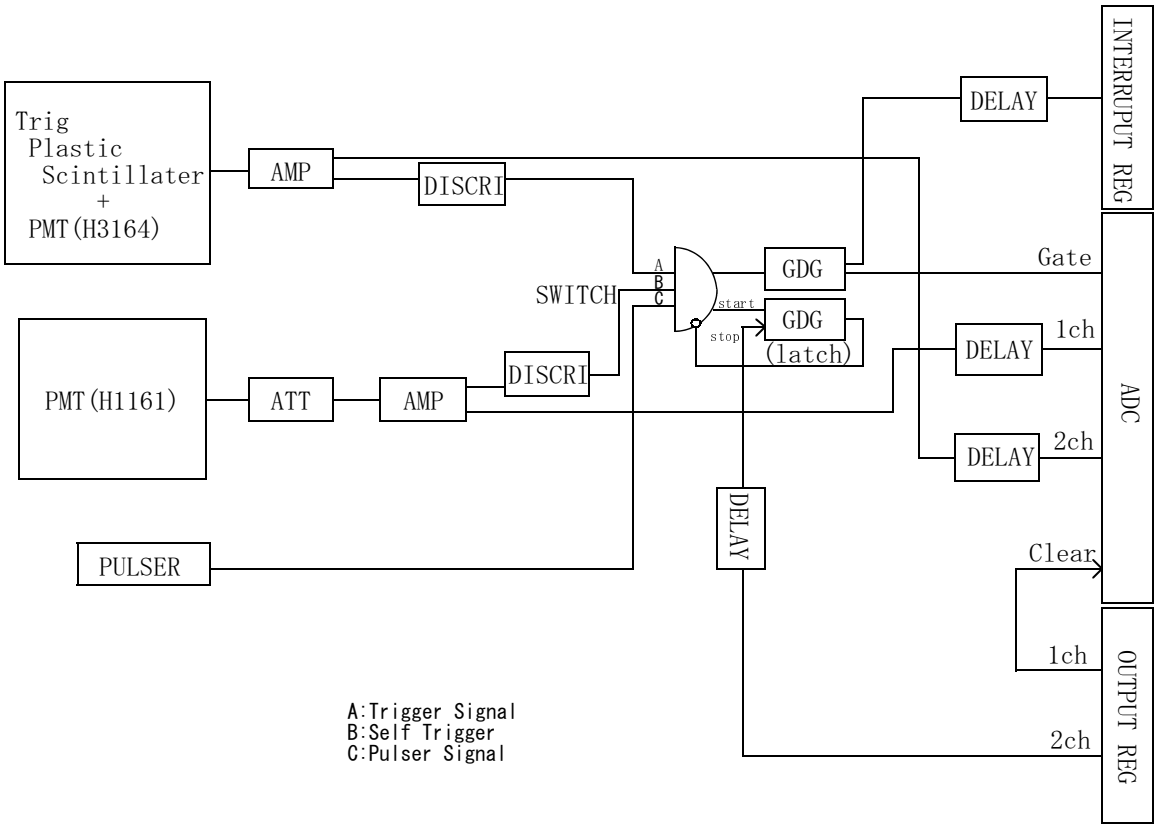
Trig
Plastic
Scintillater
+
PMT(H3164)
AMP
DISCRI
DELAY
INTERRUPUT REG
A
B
C
SWITCH
GDG
Gate
start
stop
GDG
(latch)
PMT(H1161)
ATT
AMP
DISCRI
DELAY
1ch
ADC
DELAY
2ch
DELAY
PULSER
Clear
1ch
OUTPUT REG
2ch
A:Trigger Signal
B:Self Trigger
C:Pulser Signal

図 3: Logic 図

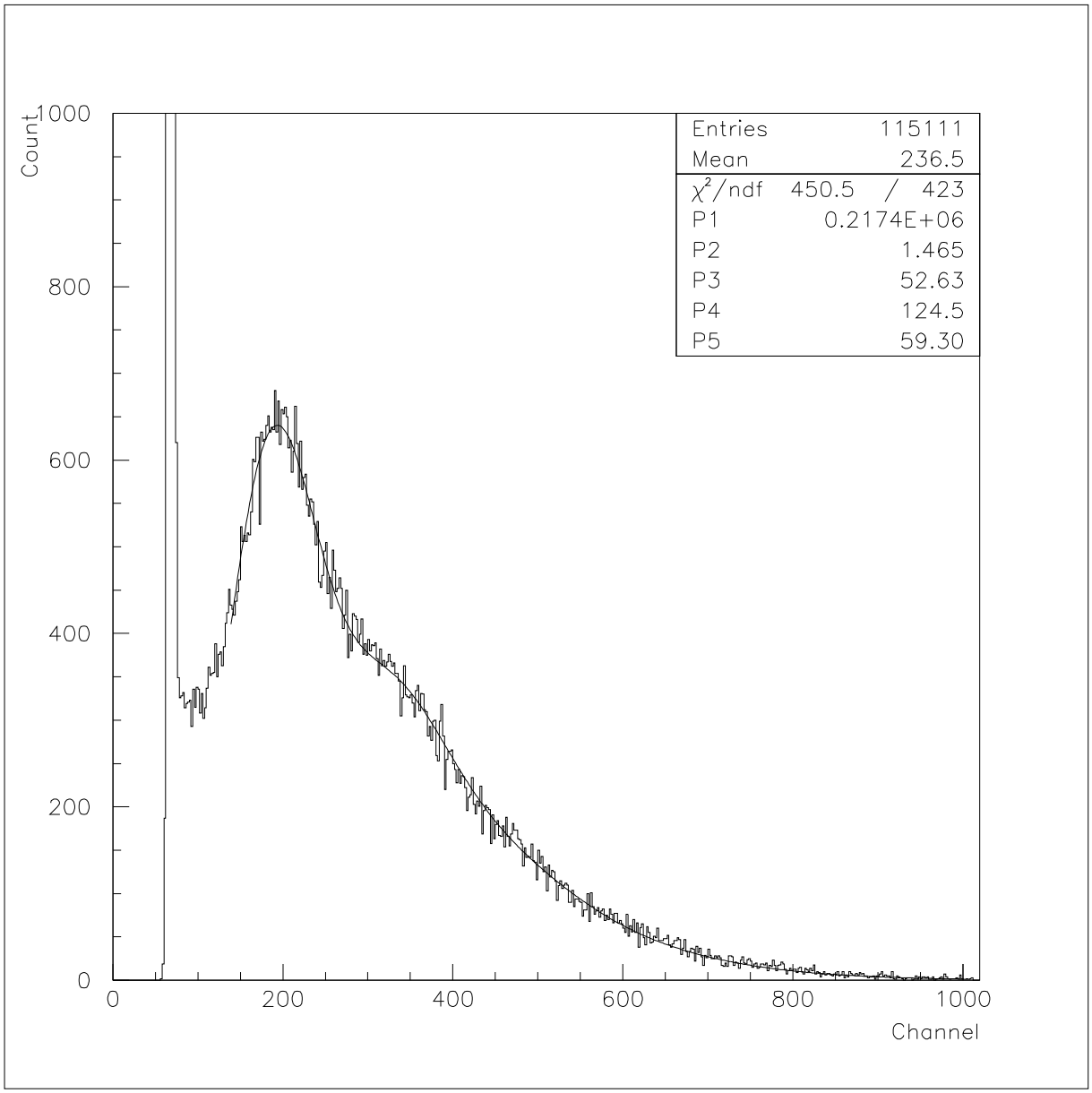

図 4: Fiber の読みだしによるシンチレーションカウンターのパルス高分布 (1)

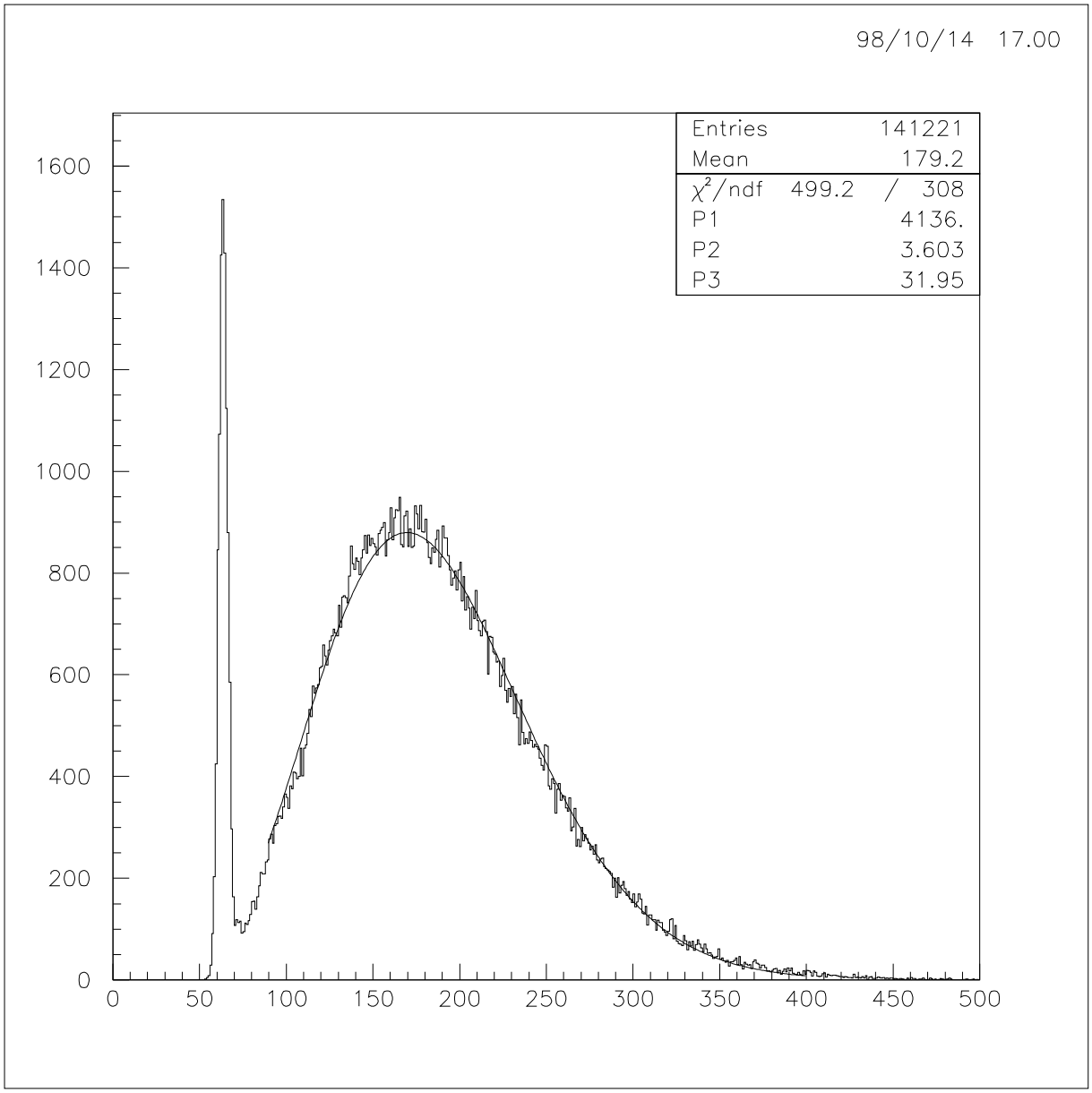

図 5: Fiber の読みだしによるシンチレーションカウンターのパルス高分布 (2)

$p(p4)$: 各ピーク間隔
$q(p5)$: ペデスタルピークの $channel$

図 5 のように全体が一つのピークとなるような大きな N の時には次のような関数へ fitting した。

$$R(x) = Ae^{-\overline{N}}\overline{N}^{\frac{x-q}{p}}/\Gamma(\frac{x-q}{p}+1) \tag{2}$$

x : $ADCchannel$ 番号
$A(p1)$: $NormalizationFactor$
$\overline{N}(p2)$: 平均光電子数
$p(p3)$: 各ピーク間隔
$q(p4)$: ペデスタルピークの $channel$

fitting を行なう際、Γ関数の代わりにその近似式

$$\Gamma(X+1) \sim \sqrt{2\pi X}X^X e^{-X}\{1+\frac{1}{12X}+\frac{1}{288x^2}-\frac{139}{51840X^3}\}$$

を使っている。