

液体キセノン純度の ADC によるモニタリング

東貴俊

Abstract

純化中の液体キセノンの純度を ADC データを用いてモニタリングした。概ね理論通りに純度は推移しているようだ。

1 目的

チェンバー内の液体キセノンの純度を ADC の電荷量により検証する。純度は通常、定量分析によって行われる。厳密に、クロマトグラフィー¹などで成分を調査する必要があるが、それは先日の三原氏、藤井氏によるガスクロマトグラフィーによる測定²を参照する。しかし、純化中で、純度がどの程度よくなってきているかなどの情報をリアルタイムで得る(純度モニター)ためには、先の方法では難しく手間もかかる。そこで光量の測定などにより、簡単に見積もることを考える。オシロスコープによる PMT の Pulse Height のモニタリングが田内氏により行われている中、定時によって測定されている ADC をモニターすることで、光量の評価をより精確にすることが今回の目的である。

2 解析方法

2.1 環境

測定環境に関して簡単に説明する。

¹ロシアの植物学者ミハイル・ツヴェットが発明した物質を分離・精製する技法。

²不純物は、概ね酸素と水である。

2.1.1 ADC の自動データ取得

田中氏の crontab の設定により、2 時間おきに ADC データが自動取得されるようになった。1 回の測定では、PMT(上・下)の ADC のデータが取られる。上下の PMT の coincidence をゲート信号とし、10000 events を取る。

2.1.2 ADC に関して

モデル : CAMAC Model 2249W 12 Channel Analog-to-Digital Converter

Gain : -0.25pC/counts $\pm 5\%$

2.1.3 PMT について

HAMAMATSU R5900-06AL12S-ASSY,

PMT size	26 × 26
Photo-Cathode material	Rb-Cs-Sb
Size of effective area	18 × 18 mm ²
Typical Q.E	20 %
Dynode Type	Metal Channel
Number of stages	12
H.V. (Maximum)	900 V
Typical gain	1.0 × 10 ⁶

2.1.4 光源について

²⁴¹Am の 線源 (約 200Bq) による液体キセノンのシンチレーション光がソースとなる。

線のエネルギーは 5.4MeV で液体キセノン中で

は、19.6 eV で 1 scintillation photon³が得られる。

1event につき、 $\frac{5.4\text{MeV}}{19.6\text{eV}} \simeq 275500$ 個の photon.

2.2 ADC 値による光量測定

ADC 値 (ADC) により、光量を評価する。

$$\begin{aligned} ADC &= (\text{photon count}) \times (\text{PMT Gain}) \\ &\times (\Omega/4\pi) \times (\text{PMT window's transmissivity}) \\ &\times (Q.E.) \times e/(\text{ADC Gain}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ADC &= 275500 \times (1.0 \times 10^6) \times (1.0 \times 10^{-2}) \\ &\times 0.8 \times 0.2 \times (1.6 \times 10^{-19}) / (0.25 \times 10^{-12}) \\ &\simeq 284 \end{aligned}$$

これは、PMT のゲインを 1.0×10^6 と見積もったときの値である。実際は、 3.5×10^6 程度のゲイン⁴が見込まれ、単純に計算して 994 以上の ADC カウントが予想される。

前回の測定では、、、？

2.2.1 純化に関して

循環速度は 4 l/min。現在はガス層循環。

2.3 ADC データの解析

ADC のデータを ROOT⁵でプロットし、平均値を求めた。さらに、各測定ごとの平均値を時間軸上にとった。その上で純化による純度と時間の関数で fitting を行った。

³T. Doke et al., Jpn. J. Appl. Phys. 41 (2002) 1538

⁴金子修論

⁵<http://root.cern.ch/drupal/>

2.3.1 平均値

ROOT を用いて、ADC データの平均値を出した。また、PMT(上・下)の ADC 値の比較を 2 次元ヒストグラムで見ることができる。

2.3.2 純化による時間推移

各測定ごとの ADC データの平均値を時間軸上にのせ、Excel でプロットした。

2.3.3 fitting

さらに、Excel データを dat ファイルにし、ROOT で fitting を行った。fitting の際、ゴミ情報は排した。fitting に用いた関数は、三原氏らによるもの⁶で、以下の通り：

$$p(d, t) = (p_0) * \exp(-(p_1) * \exp(-\frac{t}{(p_2)}))$$

$$(p_0) = N_{\infty, d}$$

$$(p_1) = \frac{d}{\lambda_0}$$

$$(p_2) = \tau$$

$N_{\infty, d}$: 光量の最大値

d : 光源と PMT との距離

λ_0 : 純化開始直後の光の吸収長

τ : 不純物の減少時定数 (キセノン量と循環速度の関数)

⁶低温工学 Vol. 38,94(2003)

3 結果

3.1 平均値

ROOT により、PMT(上) と PMT(下) の 2 次元ヒストグラムをプロットする。横軸が PMT(上) の ADC 値、縦軸が PMT(下) の ADC 値。同時に ADC 値の平均値が計算される。(Figure1-4, 左上参照)

右上と左下はそれぞれ、2 次元ヒストグラムの x 射影と y 射影。

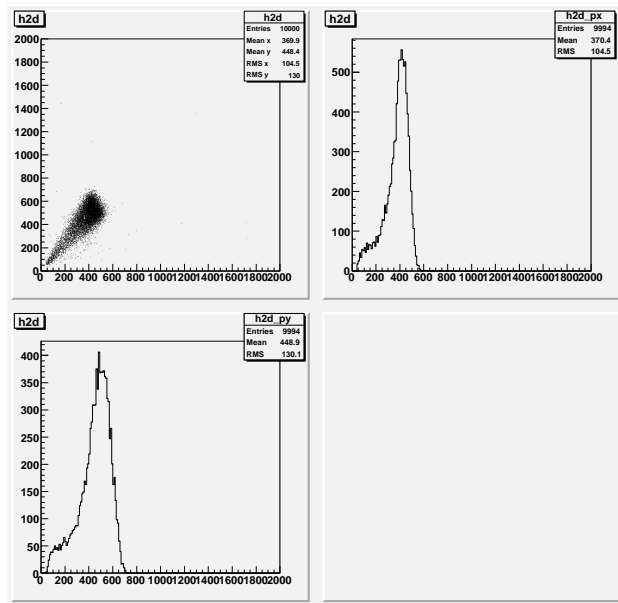


Figure 1: 5/4 0:00 の ADC ヒストグラム

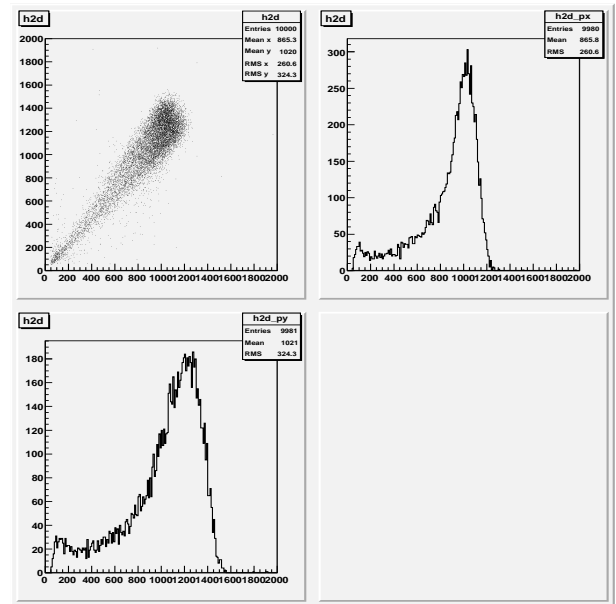


Figure 2: 5/8 0:00 の ADC ヒストグラム

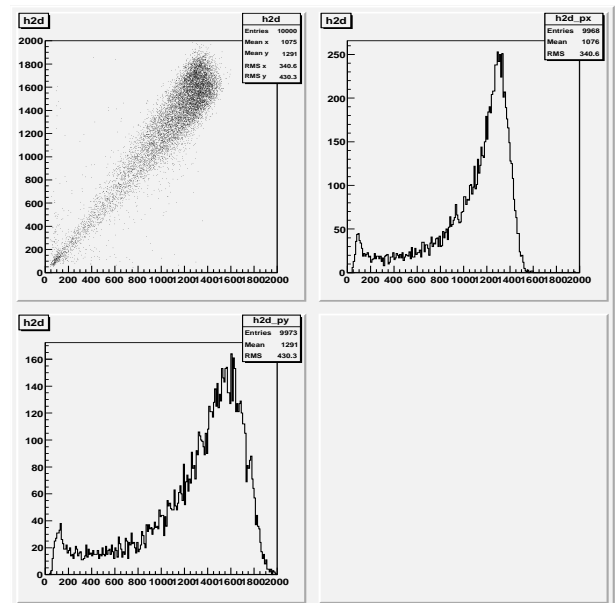


Figure 3: 5/12 0:00 の ADC ヒストグラム

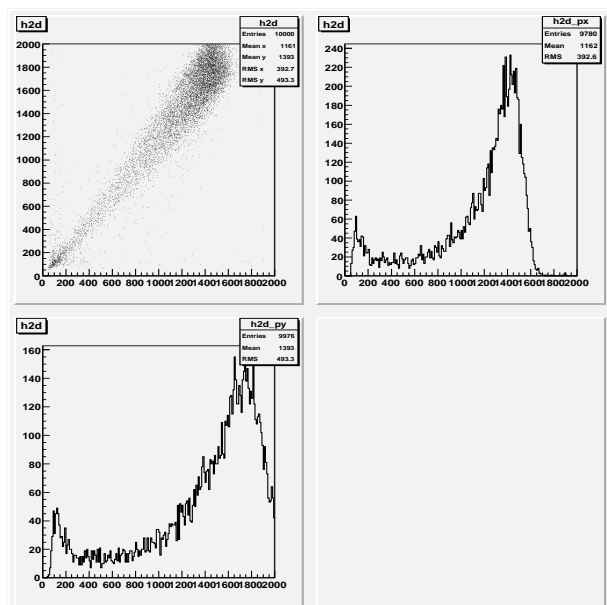


Figure 4: 5/16 0:00 の ADC ヒストグラム

3.2 時間推移

Excel で ADC mean を時系列に並べた。ときおり ADC がまともに取れてない箇所が見られた。また、両 PMT は 8 日 20 時付近で若干の低下が見られる。PMT(上) に関しては、さらに 10 日 18 時付近でも若干の低下がみられる。これについては、fitting するとわかりやすくなる。また、低下した後、しばらく時間が経過すると元の fitting したカーブの値程度まで回復しているのもわかる。

3.3 fitting

ROOT で fitting することで、関数に置ける p_0 , p_1 , p_2 の値が計算される。

	p_0	p_1	p_2
PMT(上)	1191 ± 4.044	1.763 ± 0.01564	$2.839 \times 10^5 \pm 3551$
PMT(下)	1447 ± 3.697	1.738 ± 0.01037	$3 \times 10^5 \pm 2667$

光量の最大値は、PMT(上)・PMT(下) で違い

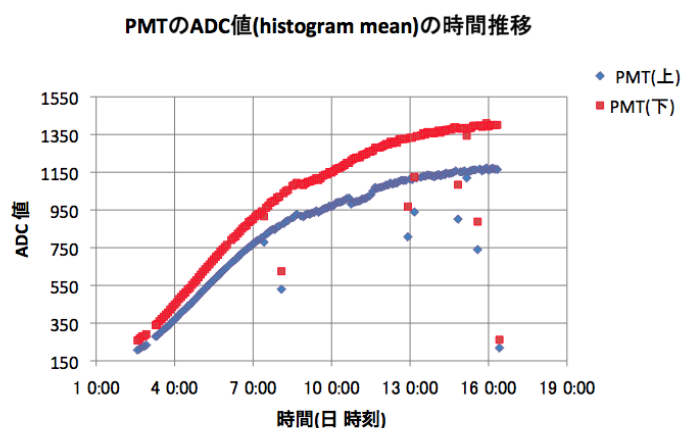


Figure 5: ADC mean の時間推移

が見られた。これは、PMT のゲインの違いに起因するものと思われる。 $\frac{d}{\lambda_0}$, τ の値は両 PMT とともに近い値が得られた。

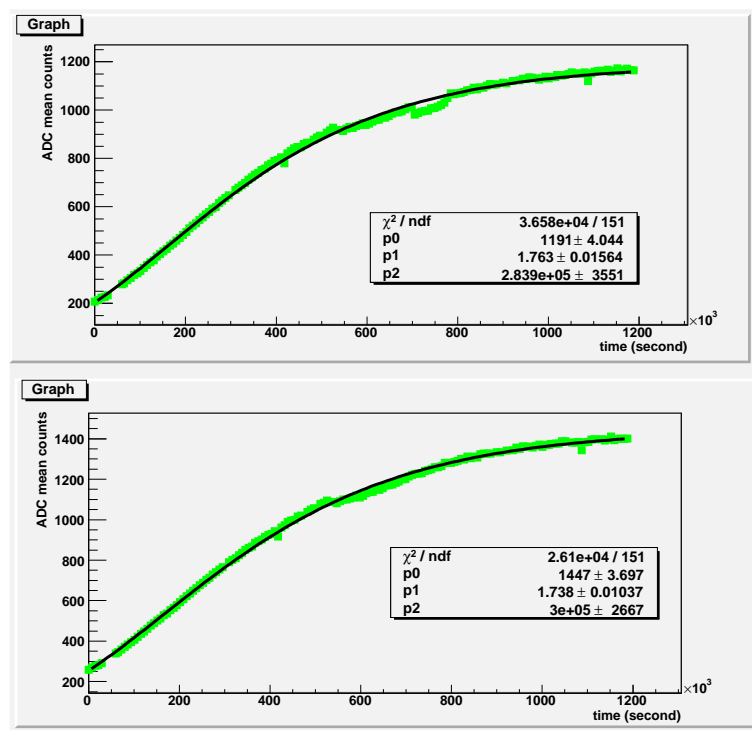


Figure 6: ADC mean の時間推移と fitting

4 まとめ

ADC 値を計ることによって純度のモニタリングができたと思われる。