

# BEAM PI

田中佳奈

2009.10.13.

## 概要

- RF,F2Pla,F3Pla TDC Tcal:Tcal run
- F0-F2 TOF offset:A/Z=2 beam
- F2SSD gain,offset:A/Z=2 beam
- $^{24}\text{O}$  beam PI:run124
- $^{23}\text{O}$  beam PI:run103

## 1 RF TDC Tcal(run199)

$$\text{RF1cal [ns]} = \text{RF1raw [ch]} * \text{ch2ns}$$

$$\text{RF2cal [ns]} = \text{RF2raw [ch]} * \text{ch2ns}$$

20ns 置きに発生させられるパルス信号を用いて、TDCのキャリブレーションを行い、定数 ch2ns を求めた。RF1,RF2の結果を図1に示す。

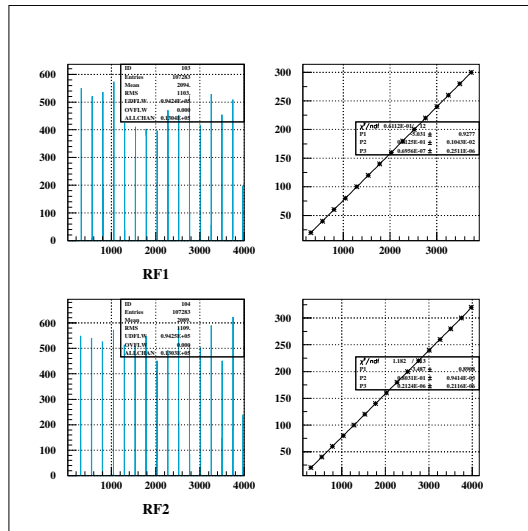


図 1: RF1,2 TDC Tcal

## 2 F2Pla,F3Pla TDC Tcal(run199)

$$TLcal [ns] = TDraw [ch] * ch2ns$$

$$TRcal [ns] = TRraw [ch] * ch2ns$$

20ns 置きに発生させられるパルス信号を用いて、TDC のキャリブレーションを行い、定数 ch2ns を求めた。F2Pla,F3Pla の結果を図 2 に示す。

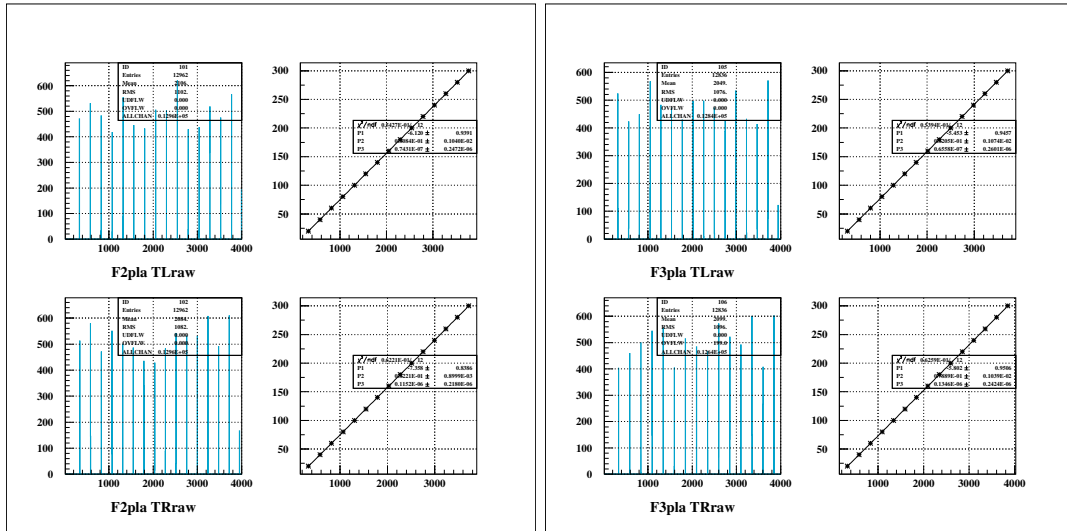


図 2: F2Pla,F3Pla TDC Tcal(Left,Right)

### 3 F0-F2 TOF offset(run74,75)

不安定核ビーム生成ライン RIPS(RIKEN Projectile fragment Separator) の概観図を図 3 に示す。

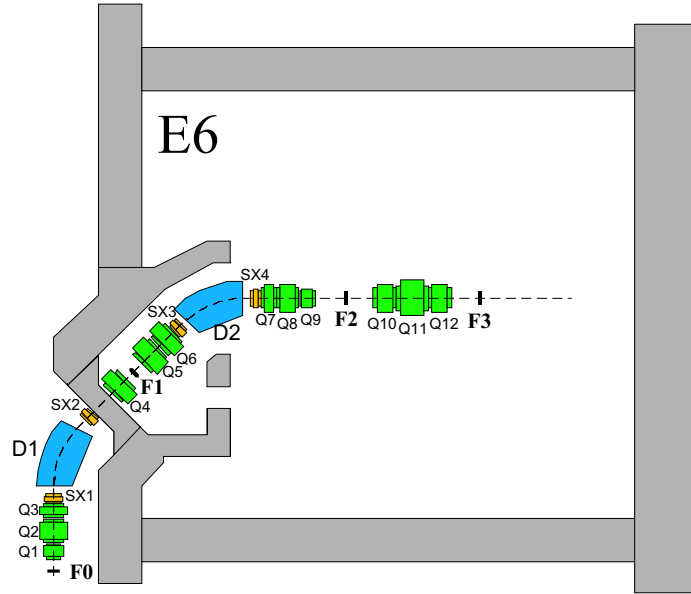


図 3: 不安定核ビーム生成ライン RIPS の概観図

$A/Z=2$  beam の run74,75 を用いて、TOF の offset を求めた。run74,75 の RIPS の各種パラメータは表 1 の通り。

beam	一次標的 [mm]	$B\rho$ 1 [Tm]	F1 slit [mm]	degrader [mg/cm <sup>2</sup> ]	$B\rho$ 2 [Tm]	F2 slit [mm]
$A/Z=2$	W 0.2	2.3184	2.4( $\Delta P/P=\pm 0.1\%$ )	empty	2.3279	50

表 1: RIPS のパラメータ (run74,75)

まず、

$$B\rho = \frac{A}{Z}v \quad (1)$$

$$\text{TOF} = \frac{\text{Flight path Length}}{v} \quad (2)$$

の関係を用いて、 $B\rho$  値 (一定値) から  $^{16}\text{O}(A/Z=2)$  の速度  $v$ 、TOF の絶対値を表 2 のように求めた。

	Flight path Length[m]	$B\rho$ [Tm]	$v$ [cm/ns]	TOF[ns]
F0-F1	10.38	2.3184	10.4791	98.9862
F1-F2	11.341	2.3279	10.5167	107.763
F0-F2(TOF 絶対値)	21.721			206.749

表 2:  $^{16}\text{O}$  beam の TOF の絶対値 (run74,75)

一方、offset 前の F0-F2 間の TOF のスペクトルは図 4, 6 のようになる。RF1 と RF2 は同じピークを出力し、特定の核種が 2 箇所に見える。RF の TDC モジュールは、時間の短い領域で線形性が悪いという特性があるため、線形性が保たれる長い方の領域を使うこととする。

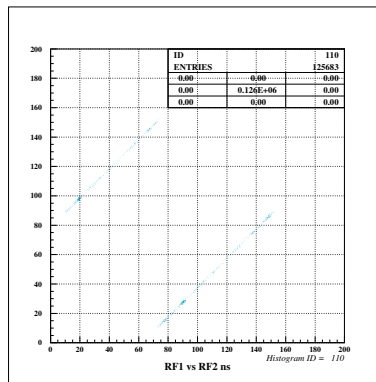


図 4: 横軸 RF1 vs 縦軸 RF2 (右下の領域では RF1 の値、左上の領域では RF2 の値を用いる)

$$\text{TOF1} = (\text{F2} - \text{RF1}) + \text{offset1}$$

$$\text{TOF2} = (\text{F2} - \text{RF2}) + \text{offset2}$$

実験で得られたスペクトルでのガウス関数の fit より、 $^{16}\text{O}$  に相当するピークが TOF の絶対値 206.749ns に合うように、offset を求めた。

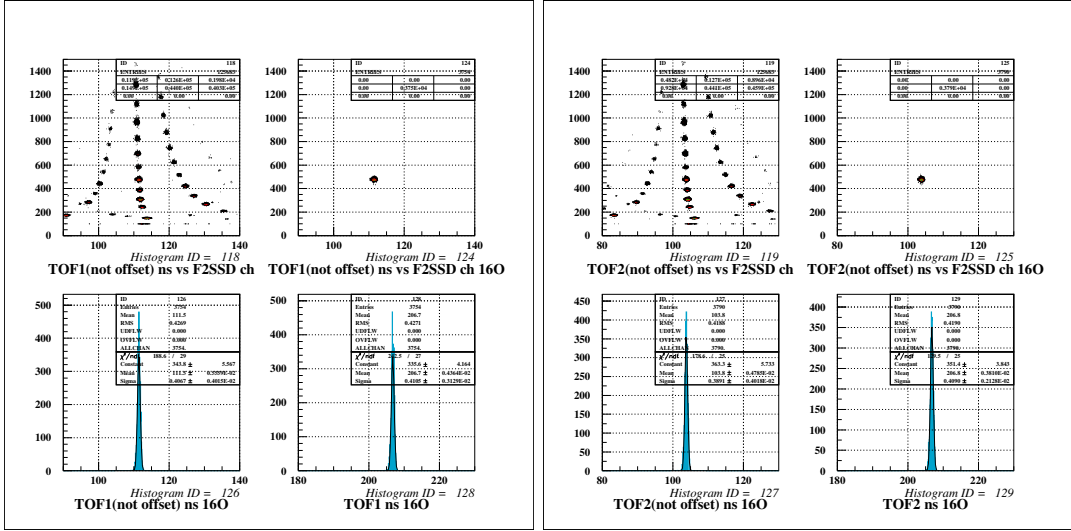


图 5: TOF1,TOF2 offset

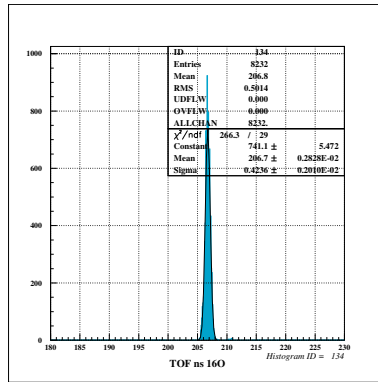


图 6: TOF(160)=206.7±0.42 ns (relative resolution=0.20%)

#### 4 F2SSD gain,offset(run74,75)

$$dE[\text{MeV}] = \text{F2SSD}[\text{ch}] * \text{gain}[\text{MeV}/\text{ch}] + \text{offset}[\text{MeV}]$$

run74,75(A/Z=2 beam) を用いて、F2SSD のキャリブレーションを行った。図7のように、A/Z=2 の gate をかけて、核種の F2SSD[ch] を求めた。この結果と Bethe-Bloch の式によるエネルギー損失  $dE[\text{MeV}]$  ( $B\rho=2.3279 \text{ Tm}$ ) を一次直線で fit させることにより、図8のように、F2SSD に関するパラメータを求めた。

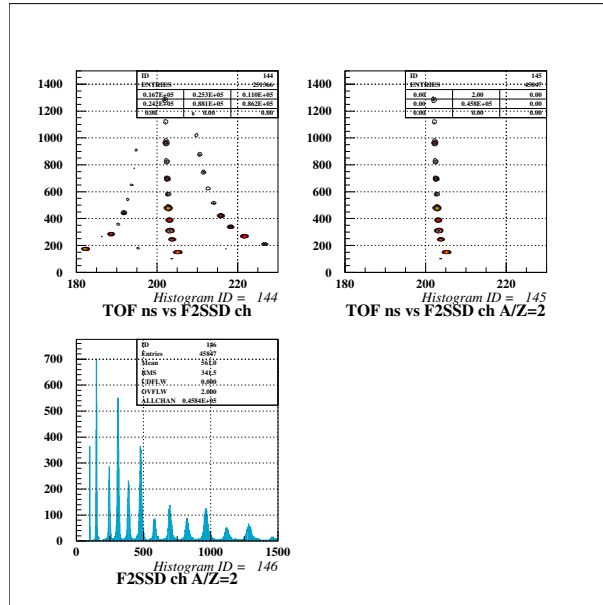


図 7: F2SSD calibration(A/Z=2 gate)

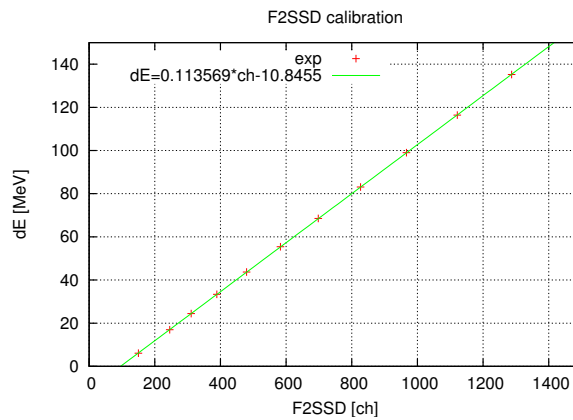


図 8: F2SSD calibration(A/Z=2 gate)

## 5 $^{24}\text{O}$ beam PI(run124)

run	beam	一次標的 [mm]	$B\rho$ 1 [Tm]	F1 slit [mm]	degrader [mg/cm <sup>2</sup> ]	F1PPAC	$B\rho$ 2 [Tm]	F2 slit [mm]
124	$^{24}\text{O}$	Be 1.5	3.9916	72	Al 426(#3)	in	3.7773	15

表 3: RIPS のパラメータ

$$\Delta = -F1X/\text{dis} \quad (\text{運動量の広がり dis} = 24\text{mm}/\%) \quad (3)$$

$$B\rho = B\rho_0(1 + \Delta/100) \quad (4)$$

$$\beta = \frac{\text{FL02}}{\text{TOF02} \times c} \quad (\text{FL02} = 21.721\text{m}) \quad (5)$$

$$p_u = \frac{\text{AMU} \times \beta}{\sqrt{1 - \beta^2}} \quad (\text{Atom in Mass Unit} = 931.488\text{MeV}/c^2) \quad (6)$$

$$BB_{fac} = \frac{1}{\beta^2} \left\{ \log \left( \frac{2m_e c^2 \beta^2}{I(1 - \beta^2)} \right) - \beta^2 \right\} \quad (7)$$

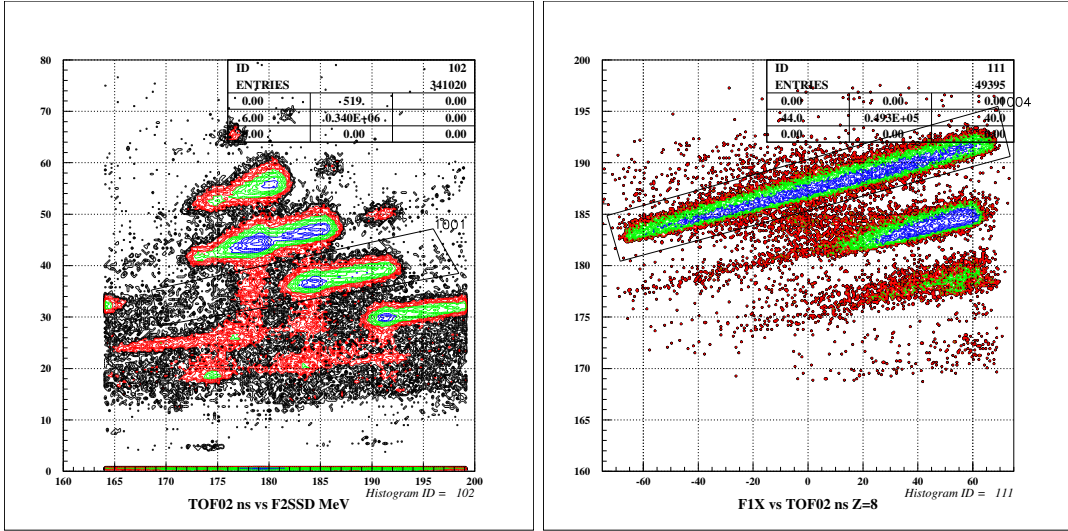
$$\text{ただし } \frac{2m_e c^2}{I(\text{Si})} = \frac{2 \times 0.511 \times 10^6}{172.25} = 5933.2 \quad (8)$$

$$Z = C_1 \left( \frac{dE_{SSD}}{BB_{fac}} \right)^{1/2} + C_2 \quad (9)$$

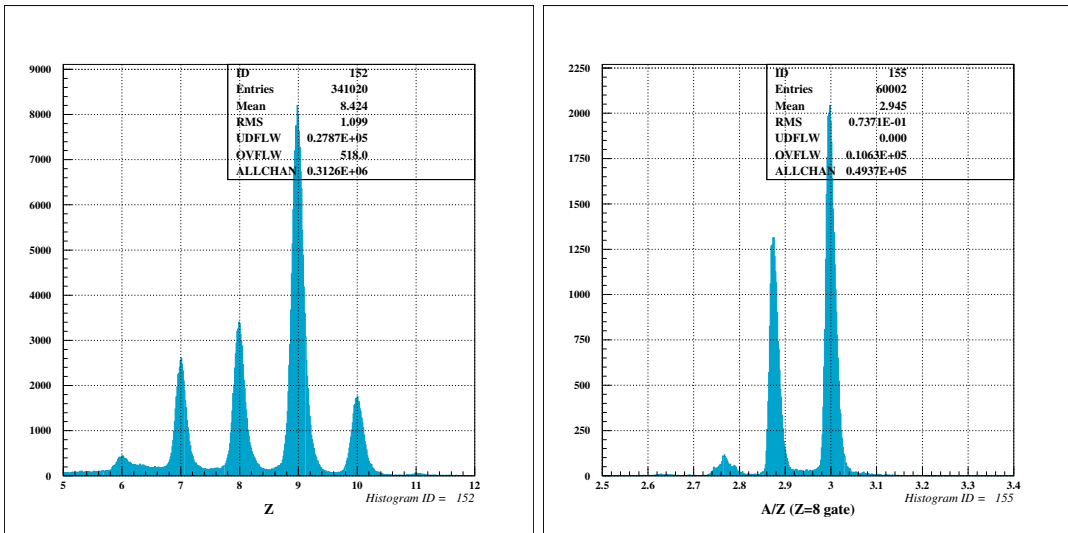
$$\frac{A}{Z} = \frac{B\rho \times c}{p_u} + C_3 \quad (10)$$

の関係を用いて、実験で設定した  $B\rho$  値から  $Z$ 、 $A/Z$  を求めた。これが PI した時の  $Z$ 、 $A/Z$  の値と同じになるようにパラメータ  $C_1, C_2, C_3$  を決めた。

TOF02[ns] vs F2SSD[MeVee] より  $Z=8$  の選択を行い、その後、F1X[mm] vs TOF02[ns] より  $A/Z=3$  の選択を行った。 $^{24}\text{O}$  として  $7.5 \leq Z \leq 8.5$ ,  $2.94 \leq A/Z \leq 3.06$  と範囲を指定した。BEAM count=341020 個、live time=9356.529sec であることから、主な核種の purity と count rate を求めた。

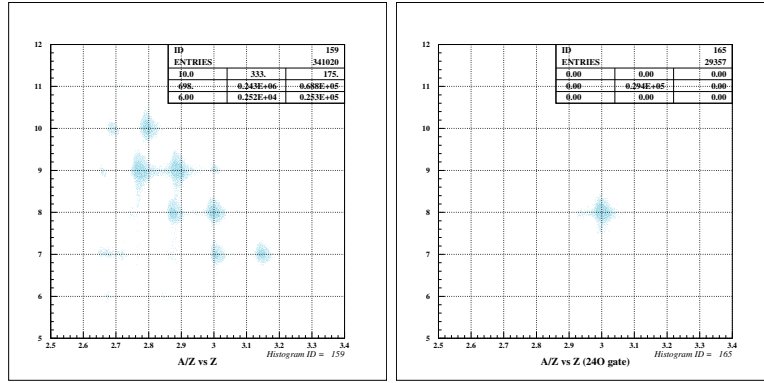


☒ 9:  $^{24}\text{O}$  beam run PI



☒ 10: Z,A/Z calibration





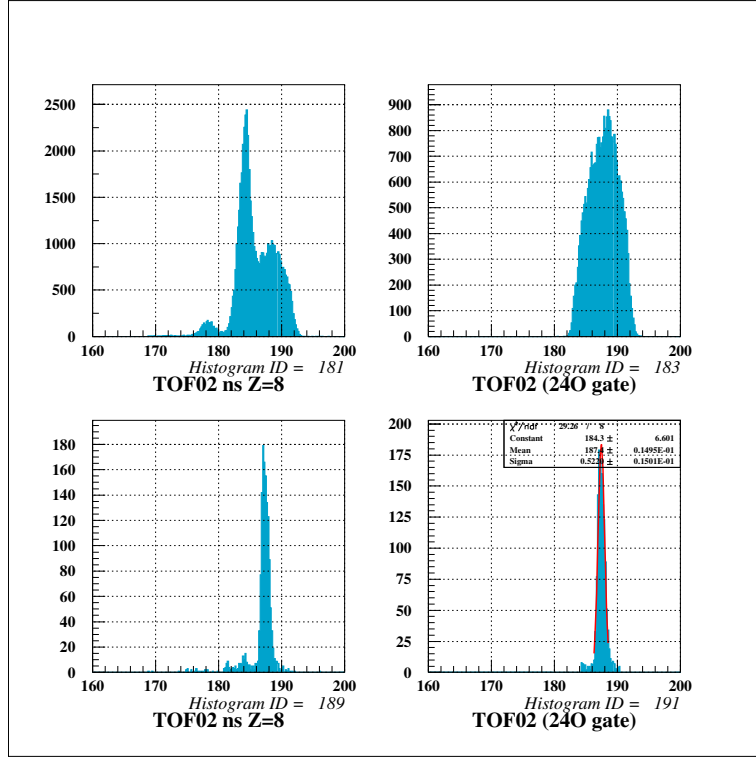
☒ 11:  $^{24}\text{O}$  beam PI(after calib) purity=1211172/14112063=8.58%

核種	count	purity	cps
all	341020	100.0	36.4cps
$^{24}\text{O}$	29357	8.61%	3.14cps
$^{23}\text{O}$	17977	5.27%	1.92cps
$^{22}\text{O}$	2377	0.70%	0.25cps
$^{22}\text{N}$	14880	4.36%	1.59cps
$^{21}\text{N}$	10726	3.15%	1.15cps
$^{27}\text{F}$	1704	0.50%	0.18cps
$^{26}\text{F}$	60129	17.63%	6.43cps
$^{25}\text{F}$	63288	18.56%	6.76cps
$^{28}\text{Ne}$	25063	7.35%	2.68cps
$^{27}\text{Ne}$	2458	0.72%	0.26cps

表 4:  $^{24}\text{O}$  beam(only run124)

	all event	$^{24}\text{O}$ gate
BEAM	341020	29357
BEAM+NEUT	7311	736
BEAM+NaI	7222	661

表 5:  $^{24}\text{O}$  beam(only run124)



☒ 12:  $^{24}\text{O}$  TOF (NDC target size gate= $\phi 40\text{mm}$ , F1X gate= $\pm 2.4\text{mm}$ ( $\Delta P/P=\pm 0.1\%$ ))

$\mu$ (ns)	$1\sigma$ (ns)	relative resolution
187.43	0.52197	0.278%

表 6:  $^{24}\text{O}$  TOF resolution

## 6 $^{23}\text{O}$ beam PI(run103)

run	beam	一次標的 [mm]	$B\rho$ 1 [Tm]	F1 slit [mm]	degrader [mg/cm <sup>2</sup> ]	F1PPAC	$B\rho$ 2 [Tm]	F2 slit [mm]
103	$^{23}\text{O}$	Be 1.5	3.8232	72	Al 426(#3)	in	3.6084	15

表 7: RIPS parameters

I made PI figure in  $^{23}\text{O}$  beam run using calibrated Z,A/Z in  $^{24}\text{O}$  beam run. I gated  $6.5 \leq Z \leq 7.5$  and  $2.81 \leq A/Z \leq 2.94$  as  $^{23}\text{O}(Z=8, A/Z=2.875)$ .

Table.8 is main nuclei's information of purity and count rate (BEAM=1520404 counts, live time=3602.168sec).

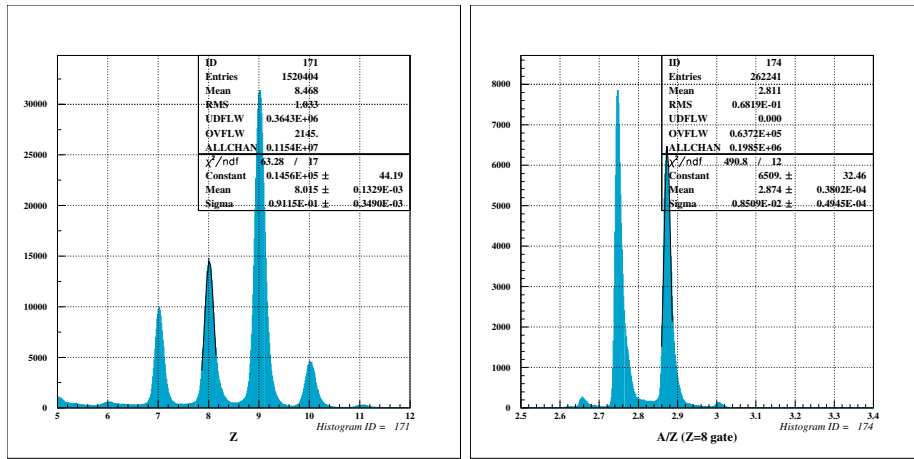
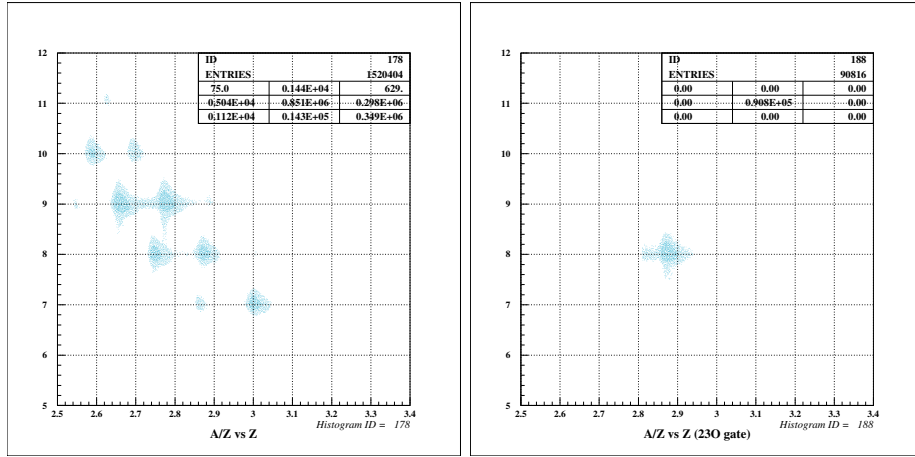


図 13: Z,A/Z calibration(using same parameters with  $^{24}\text{O}$  beam run)



☒ 14:  $^{23}\text{O}$  beam PI(using same parameters with  $^{24}\text{O}$  beam run)  
purity=1093826/15239368=7.18%

nuclei	count	purity	cps
all	1520404	100.0	422.08cps
$^{24}\text{O}$	2884	0.19%	0.80cps
$^{23}\text{O}$	90816	5.97%	25.2cps
$^{22}\text{O}$	100343	6.60%	27.9cps
$^{22}\text{N}$	359	0.02%	0.10cps
$^{21}\text{N}$	88922	5.85%	24.7cps
$^{20}\text{N}$	9789	0.64%	2.72cps
$^{26}\text{F}$	4530	0.30%	1.26cps
$^{25}\text{F}$	236533	15.6%	65.7cps
$^{24}\text{F}$	206982	13.6%	57.5cps
$^{28}\text{Ne}$	1776	0.12%	0.49cps
$^{27}\text{Ne}$	23065	1.52%	6.40cps
$^{26}\text{Ne}$	45318	2.98%	12.6cps
$^{29}\text{Na}$	3593	0.24%	1.00cps

表 8:  $^{23}\text{O}$  beam run(only run103)

	all event	$^{23}\text{O}$ gate
BEAM	1520404	90815
BEAM+NEUT	24757	1820
BEAM+NaI	29266	2165

表 9:  $^{23}\text{O}$  beam run(only run103)