

# MEG実験用液体 Xe scintillation detectorの 為の改良版PMTの性能テスト

早稲田大学 吉村剛史



早大理工総研，東大素セ<sup>A</sup>，高工研<sup>B</sup>，BINP-Novosibirsk<sup>C</sup>，  
INFN-Pisa<sup>D</sup>，PSI<sup>E</sup>

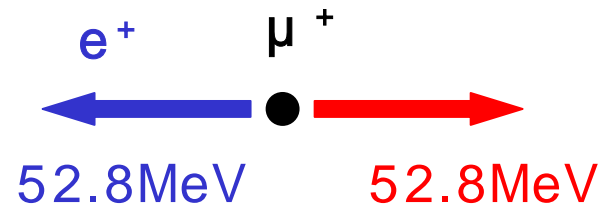
岩本敏幸<sup>A</sup>，大谷航<sup>A</sup>，小曾根健嗣<sup>A</sup>，菊池順，澤田龍<sup>A</sup>，鈴木  
聡，寺沢和洋，道家忠義，西口創<sup>A</sup>，服部紘二，春山富  
義<sup>B</sup>，久松康子<sup>A</sup>，真木晶弘<sup>B</sup>，三原智<sup>A</sup>，森俊則<sup>A</sup>，山口敦  
史，山下了<sup>A</sup>，山田秀衛<sup>A</sup>，A.A.Grebenuk<sup>C</sup>，D.Grigoriev<sup>C</sup>，  
Y.Yuri<sup>C</sup>，D.Nicolo<sup>D</sup>，S.Ritt<sup>E</sup>，G.Signorelli<sup>D</sup>

# MEG実験

<  $\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e$  崩壊の探索 >

標準理論では禁止されているが、SUSY-GUTなどで  
観測可能な分岐比( $10^{-14} \sim 10^{-12}$ )が予想されている。

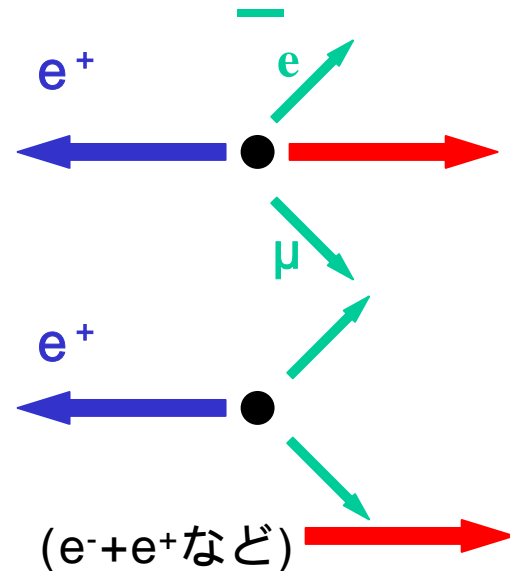
$\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e$  崩壊



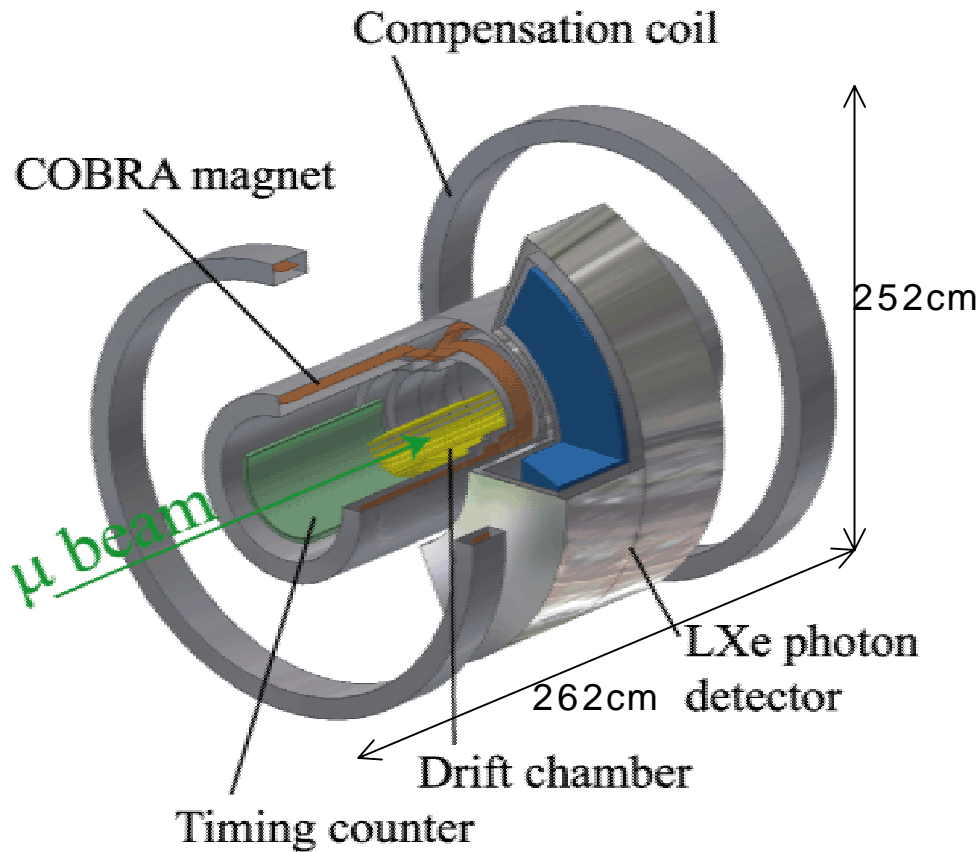
バックグラウンド

Radiative  $\mu^+$  decay  
reduce down to  $< 10^{-14}$

Accidental overlap  
reduce down to  
 $10^{-14}$



# $\mu^+ e^+$ 崩壊探索用検出器



Positron

超伝導電磁石  
タイミングカウンター  
ドリフトチャンバー

gamma

液体キセノン 線検出器  
( LXe1000liter, PMT 850本 )

Energy: 4.0 ~ 4.5% (FWHM)

Time: 100psec (FWHM)

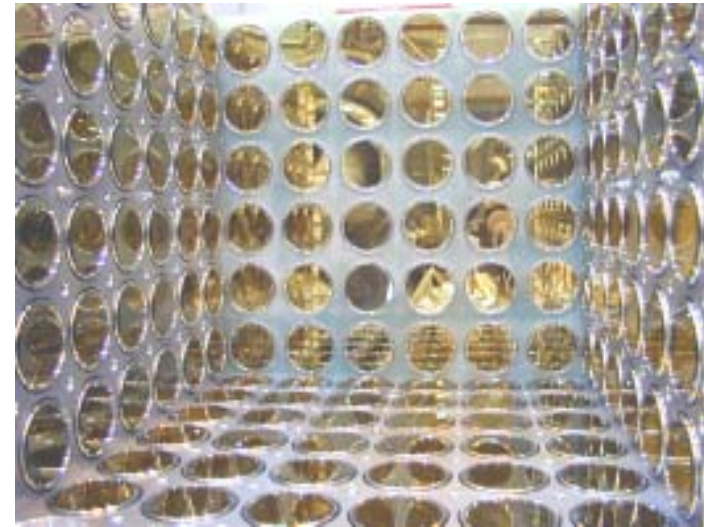
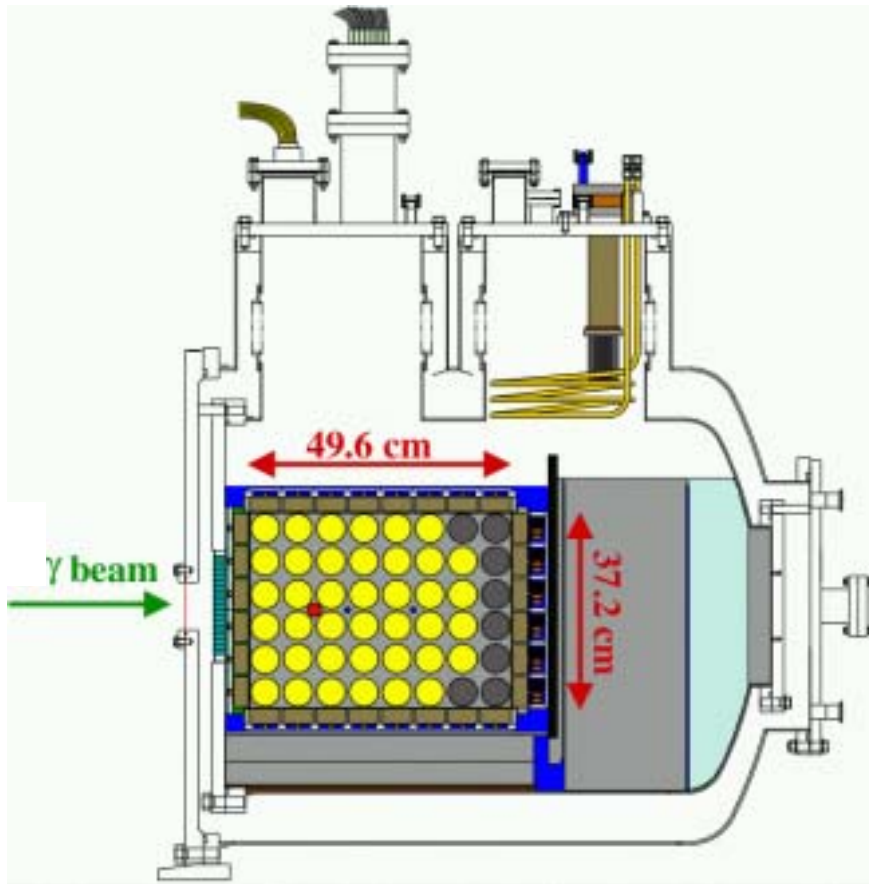
Position: 5 ~ 10mm in x,y (FWHM)

16 ~ 18mm in z (FWHM)



(期待される分解能)

# 液体キセノンガンマ線検出器のプロトタイプ



LXe active volume 68.6liter  
PMT(2inch) 228本

検出器の長期安定性

冷凍機やLN2冷却システムのテスト

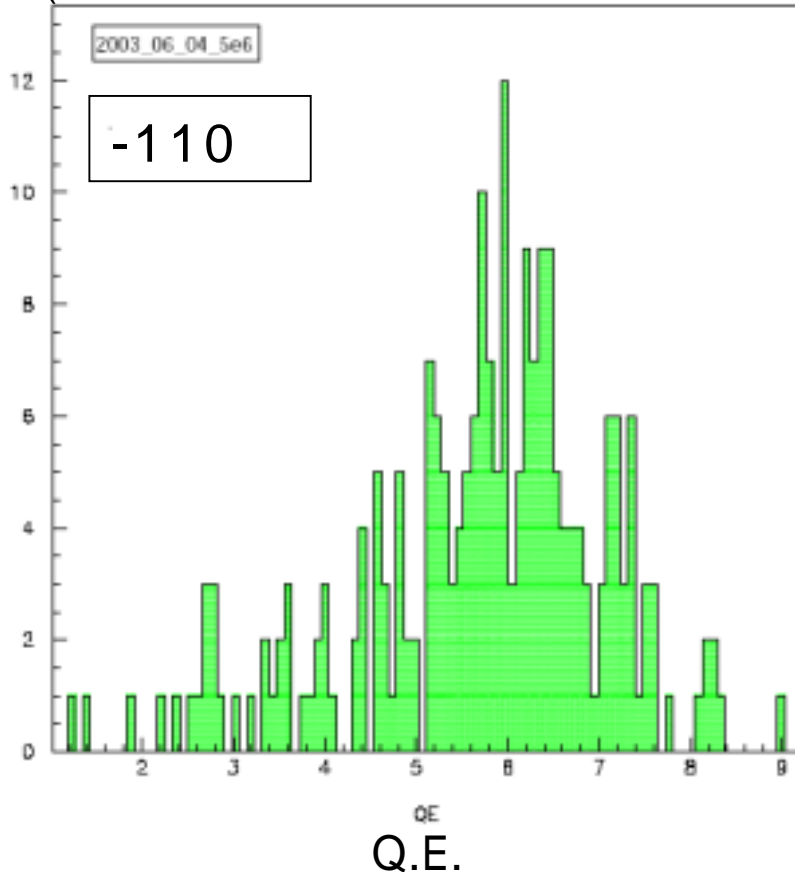
シンチレーション光の減衰長の測定

PMTの較正法の確立

52.8MeV付近の線に対する検出器の性能評価  
(28pZD-9小曾根,28pZD-10西口,28pZD-11澤田)

# 今回の実験の目的

R6041-06, 228本のPMTのQ.E.の分布  
(ラージプロトタイプを使って測定した値)



R6041-06(現行モデル)  
Q.E.(in LXe) 6%(typ.)  
high rateに不安



R9288 を開発  
Q.E.(in LXe) ?%  
rate dependenceは?

R9288をLXe中でテストし  
R6041-06と比較するのが目的

浜松ホトニクスによる常温でのデータとの相関を利用することによってR9288のQ.E.を見積もった。

# PMTs for the MEG experiment

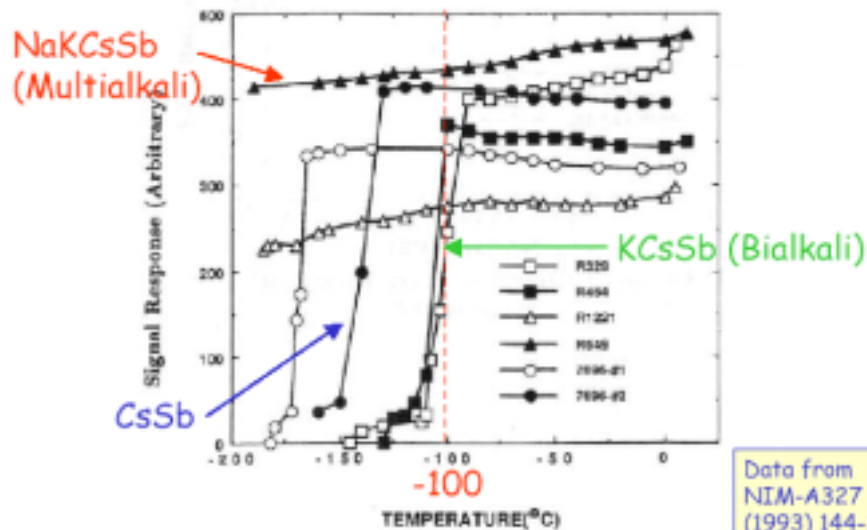


Fig. 4. The temperature dependence of the output pulse for different types of photomultipliers.

Data from  
NIM-A327  
(1993) 144-147  
Dr.Doke et al.

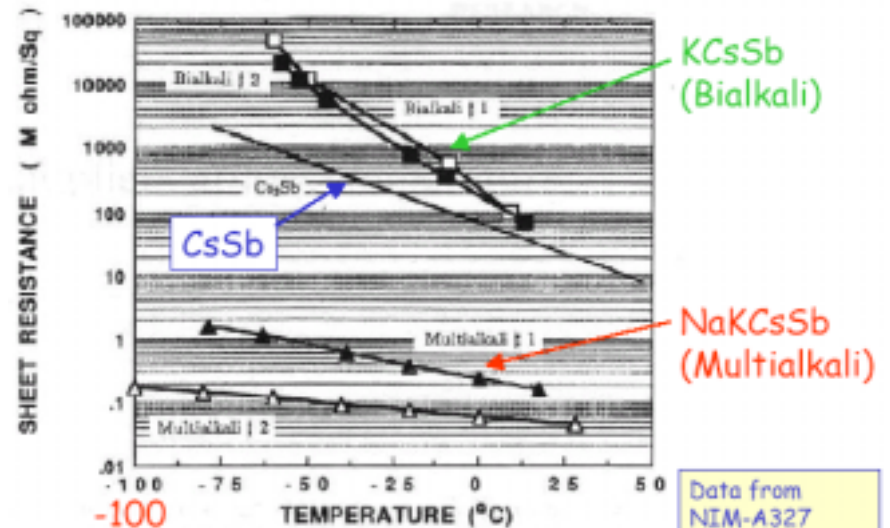


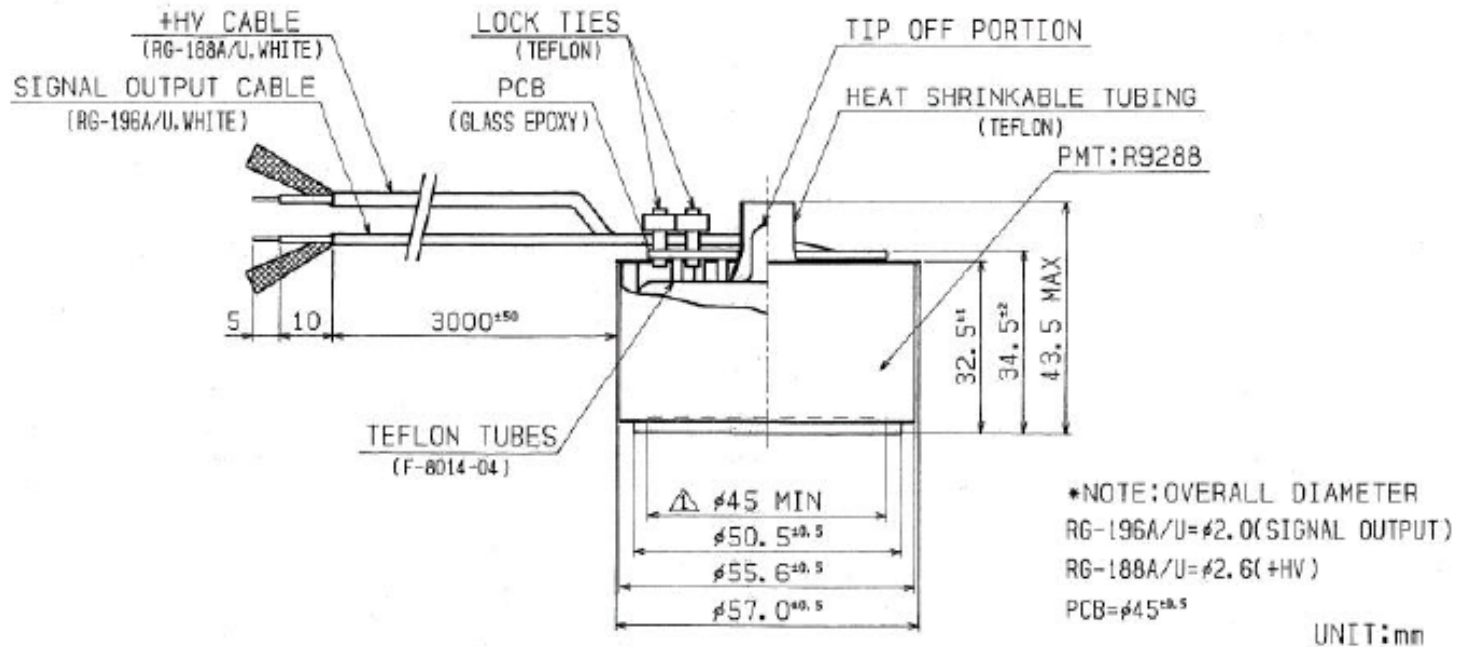
Fig. 8. The sheet resistance of different photocathodes as function of temperature.

Data from  
NIM-A327  
(1993) 144-147  
Dr.Doke et al.

## MEG実験で使用されるPMTの条件

- 低温 (-110 )でのパフォーマンス
- 耐圧
- 入射面の法線方向の物質質量 小
- 耐磁場
- 紫外光に感度 (178nm)

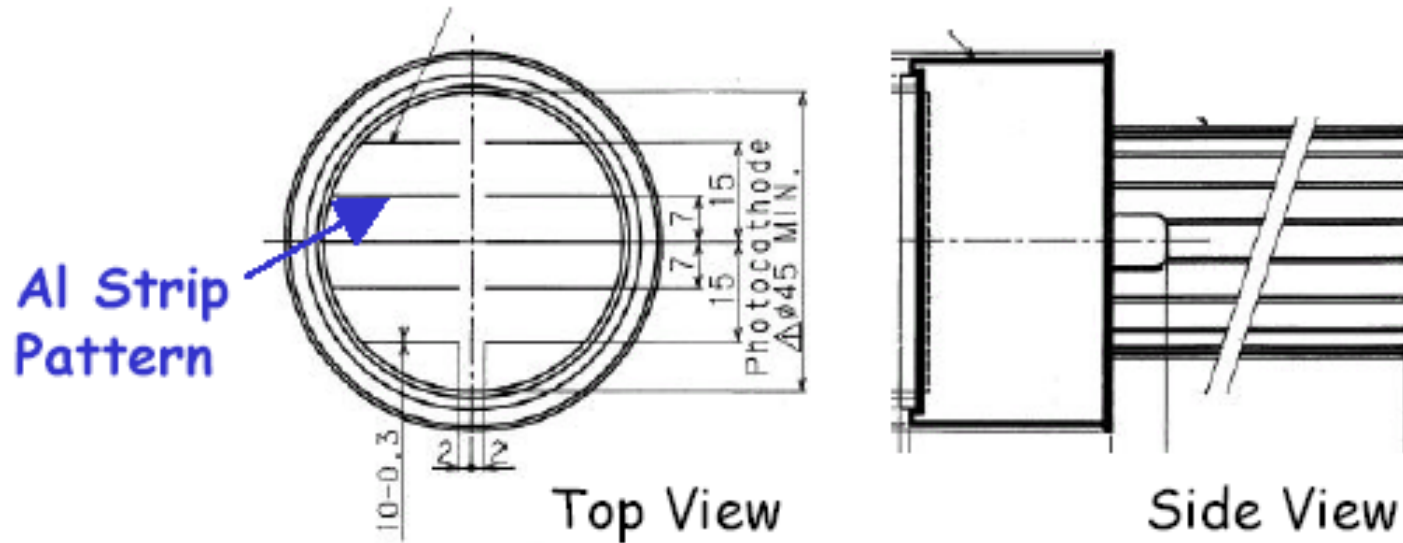
# R6041-06 (浜松ホトニクス)



PMT Size	57mm
Photo-Cathode Material	Rb-Cs-Sb (with Mn layer)
Active Area	46mm
Dynode type	Metal channel
Number of Stages	12
Supplied H.V.	900V typ.
Gain	10 <sup>6</sup> typ.
Q.E.(in Lxe)	6%(typ.)



# R9288 (浜松ホトニクス)



## R6041を改良

Mn Layerの排除

Aluminum Strip

Photo-Cathodeの材質の変更(KCsSb)

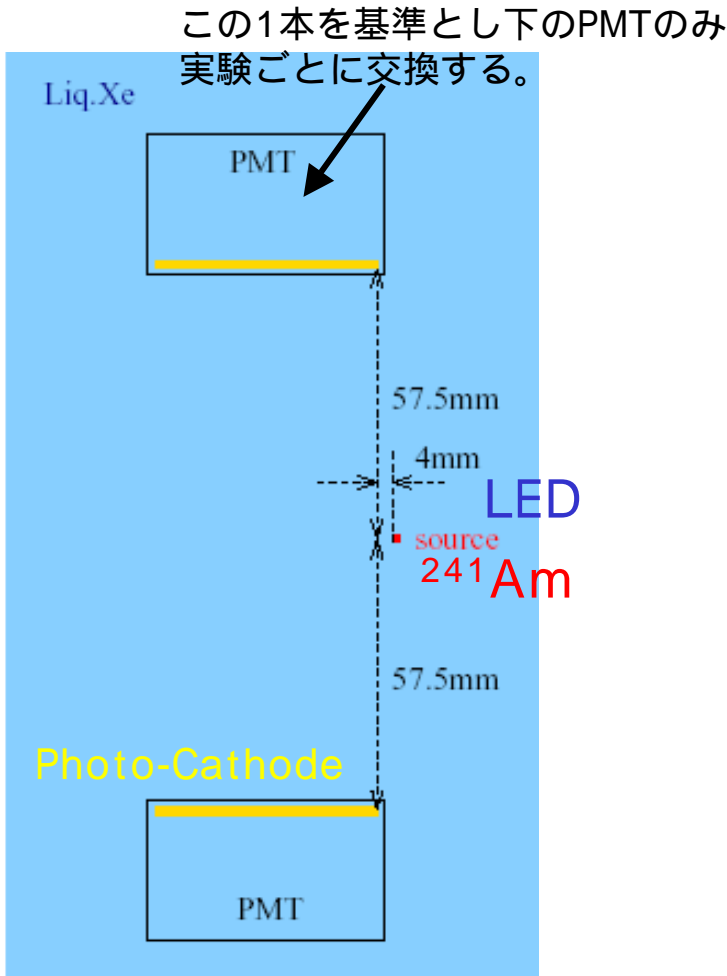
Mn Layerによる光の吸収をなくす

抵抗を減らす

Q.E.の向上とgainの安定性の改善



# 実験のセットアップ



sample

R9288            3本

R6041-06        2本

この5本の光電子数の比を求め、  
それをQ.E.の比とする。

Gain(LEDを使用してcalibrationする)

$1 \times 10^6$

$$g = \frac{c^2}{eM}$$

$$c^2 = g \frac{e}{c} (M - M_0) + \sigma^2$$

g: gain

c: ADC least count

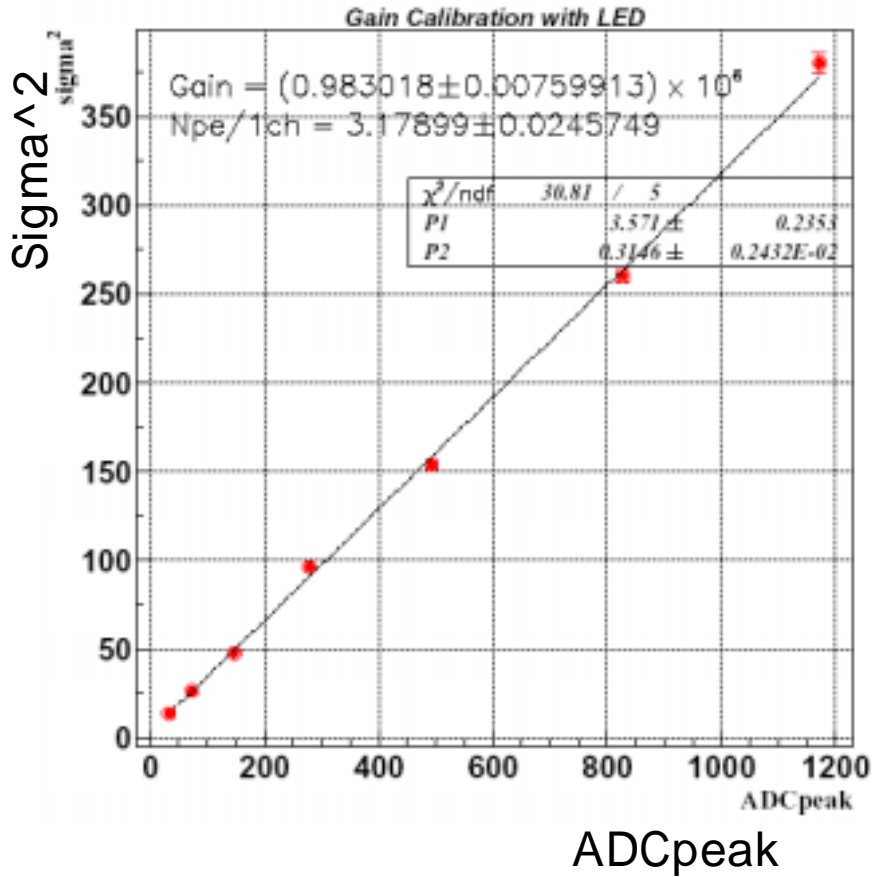
$\sigma$ : standard deviation

M: mean of ADC spectrum

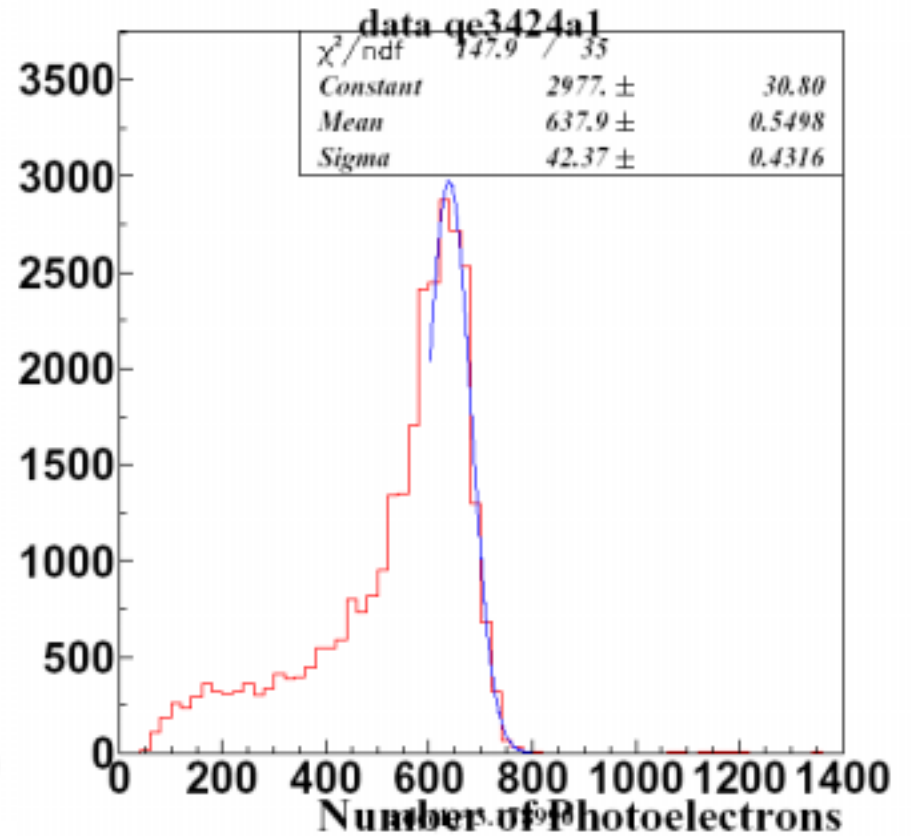
e: elementary electric charge

# Samples

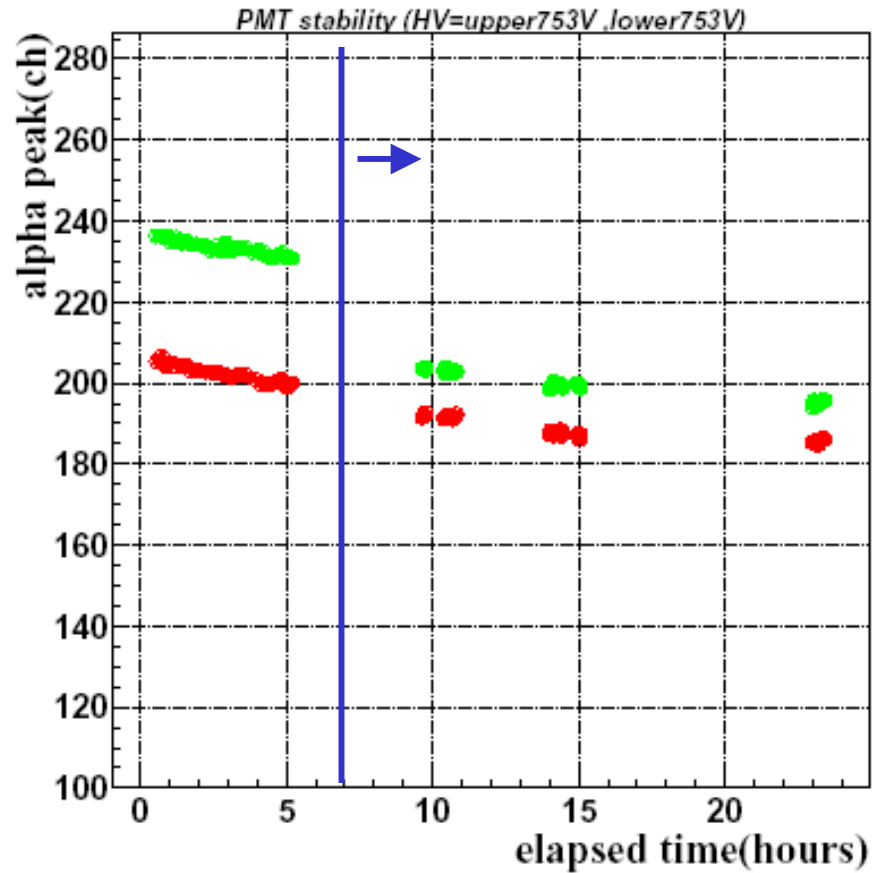
## Gain calibration



## Alpha data

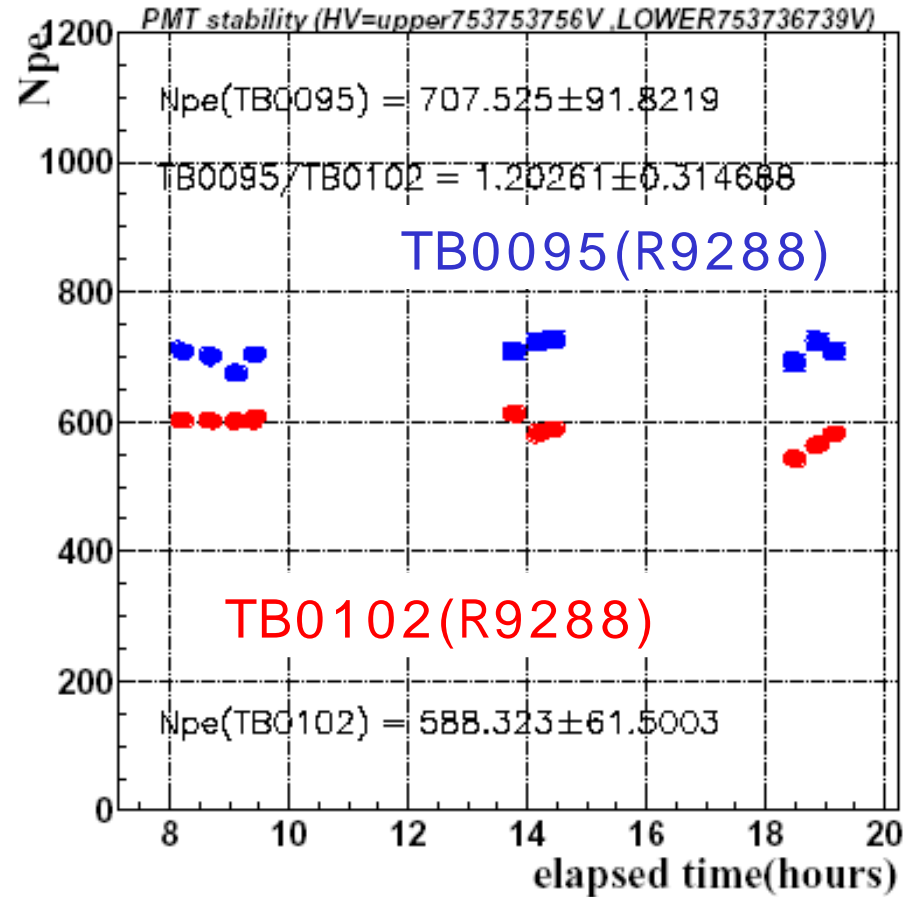
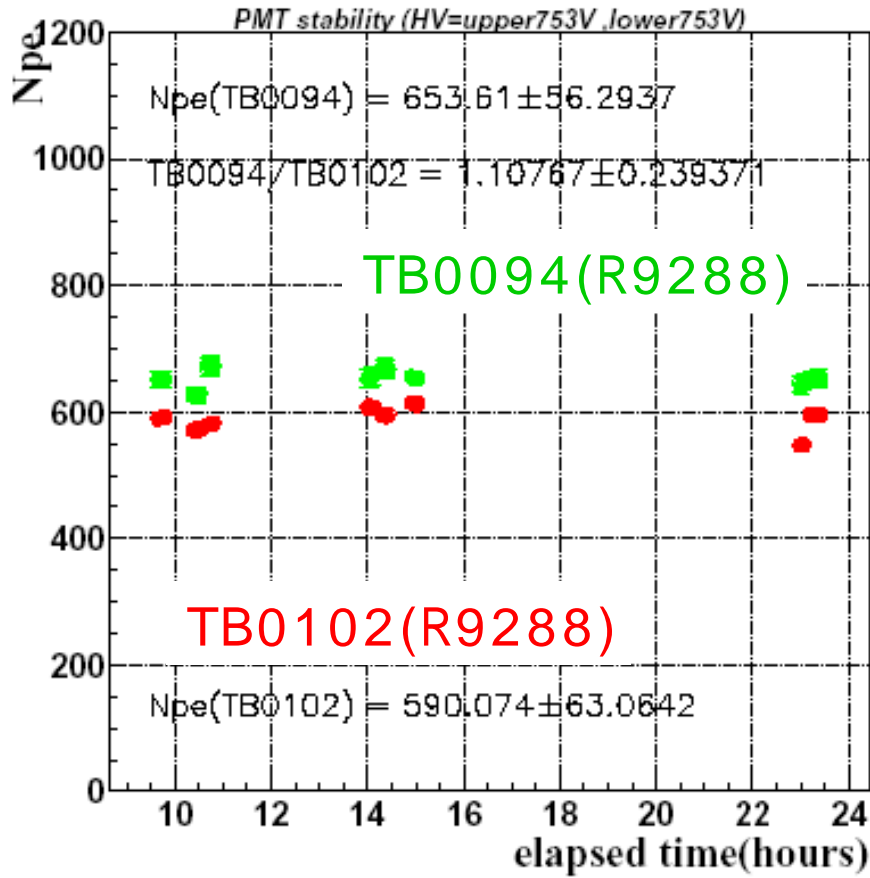


# PMT stability



Elapsed time > 7 hours

# Samples



# 実験値と常温のデータ(浜松ホトニクス)の相関

	TB0094	TB0095	TB0102	No.-----	TB0027
hamamatsu(175nm)					
Q.E.(%)	14.85	16.86	13.80	7.30	4.05
* /TB0102	1.08	1.22	1.00	0.53	0.29
@normal temperature					
data					
* /TB0102	1.11	1.20	1.00	0.54	0.26

in LXe

R9288

R6041-06

浜ホトの常温データのQ.E.の比と液体キセノン温度での比がだいたい一致している。

# R9288の液体キセノン中でのQ.E.(typ.)

	常温でのQ.E. (浜ホトによるデータ)	液体キセノン温度での Q.E.
R6041-06	7%	6% (LPによる測定値)
R9288	20%	17%

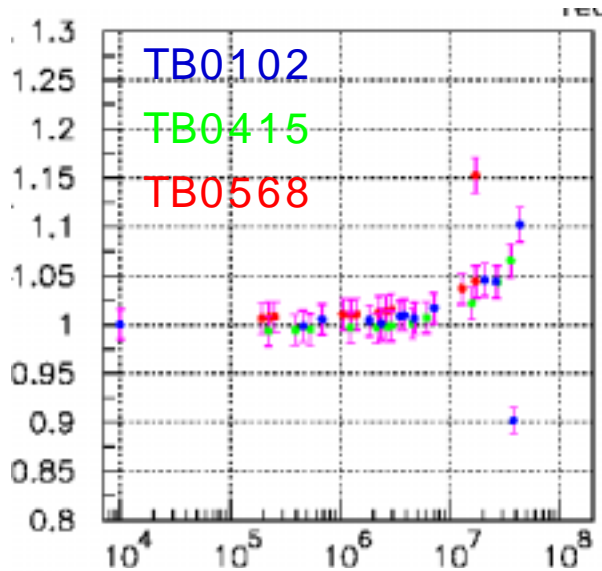
↓ 2.86倍

# Rate Dependence

LPを使ったビームテストで,background(  $1.5 \times 10^6$  p.e.)によりresponseが落ちてしまうPMT(R6041-06)が約200本中3割程度で見られた。

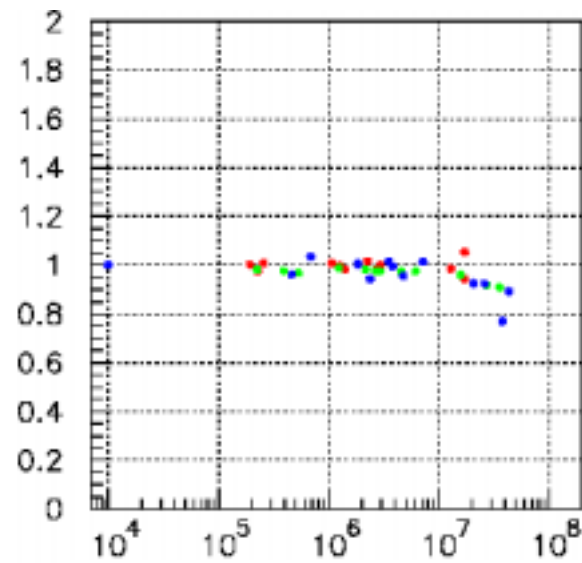
(28pZD-10西口)

alpha peak  
(@LED ON / @LED OFF)



Background LED rate (Npe/sec)

alpha peak/sigma  
(@LED ON / @LED OFF)

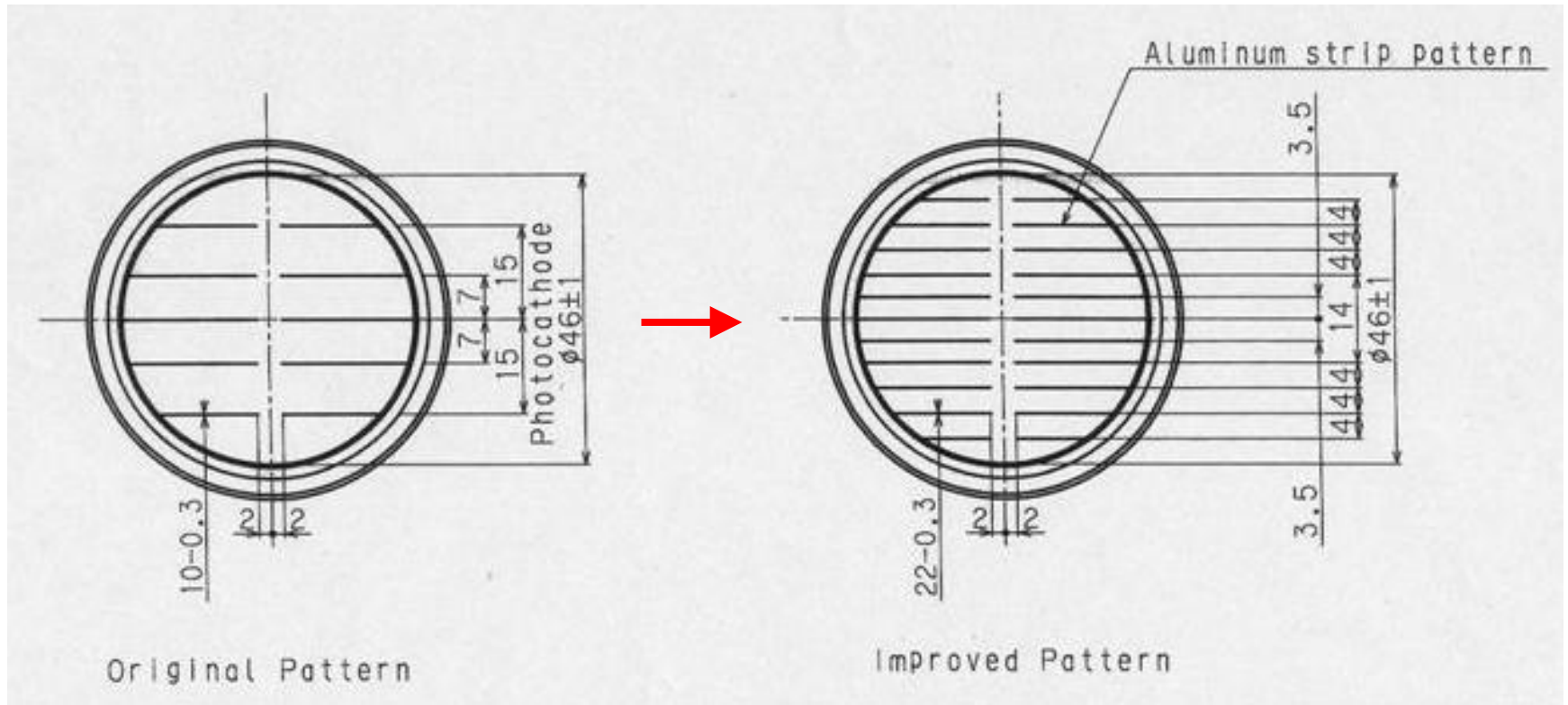


Background LED rate (Npe/sec)

R9288では $10^6$  (Npe/sec)程度のbackgroundでresponseの落ちるものは今のところ9本中1本も見つかっていない。



# R9288の改良



- Inefficiency 4% 8%
- Al Stripの本数を増やすことによりさらに面抵抗を減らし、よりhigh rateにも耐えられるようにする。

# まとめ

- MEG実験に使用する予定のPMT(R9288)の液体キセノン温度でのテストを行なった。
- 浜松ホトニクスによる常温でのQ.E.の比が液体キセノン温度中でもほぼ適用できることが分かった。
- これまでプロトタイプで使用してきたR6041-06に対して、R9288は液体キセノン温度でも約2.9倍のQ.E.が期待できることが分かった。また、rate dependenceについても調査中だが今のところPhoto-Cathodeが原因でhigh rateに極端に弱くなっているようなものは見つかっていない。
- 今後、Photo-Cathodeに取り付けるAl Stripの本数を増やすことにより、さらにhigh rateに強いものにする予定である。