

# $\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma$ 探索実験用 液体 Xe Photon Detector 開発

—電総研における大型プロトタイプの性能評価—

Kenji Ozone  
(ICEPP, University of Tokyo)

## 内容

- イントロ
- 液体 Xe Photon Detector
- 検出器組み立て作業
- 今後の予定

# Collaboration (Japan)

## ● 東大素粒子センター

小曾根健嗣, 浅井祥仁, 大谷航, 佐伯学行, 西口創, 真下哲郎, 三原智, 森俊則, 山下了

## ● 東大理学部

折戸周治

## ● 早大理工総研

岡田宏之, 菊池順, 澤田龍, 鈴木聡, 寺沢和洋, 道家忠義, 山下雅樹, 吉村剛史

## ● KEK 素核研

杉本康博, 春山富義, 真木晶弘, 八島純, 山本明, 吉村浩司

## ● 名大理学部

増田公明

## ● 阪大理学部

久野良孝

# Collaboration

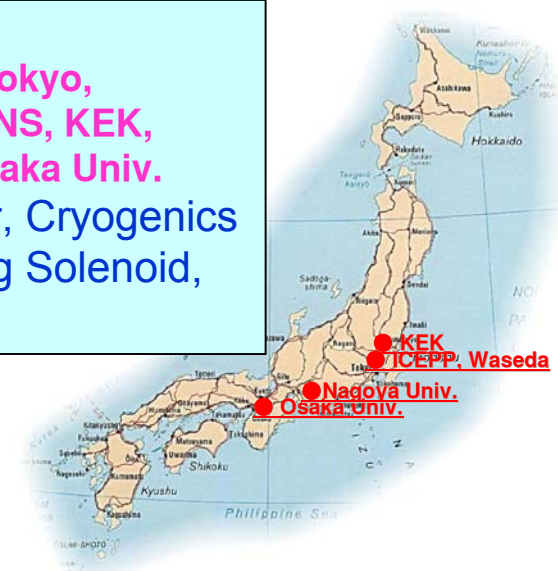
**Switzerland**  
**PSI**  
Drift Chamber,  
Beam Line, DAQ



**Russia**  
**BINP, Novosibirsk**  
LXe Tests and  
Purification



**Japan**  
**ICEPP, Univ. of Tokyo,**  
**Waseda Univ., IPNS, KEK,**  
**Nagoya Univ., Osaka Univ.**  
LXe Calorimeter, Cryogenics  
Superconducting Solenoid,  
M.C.

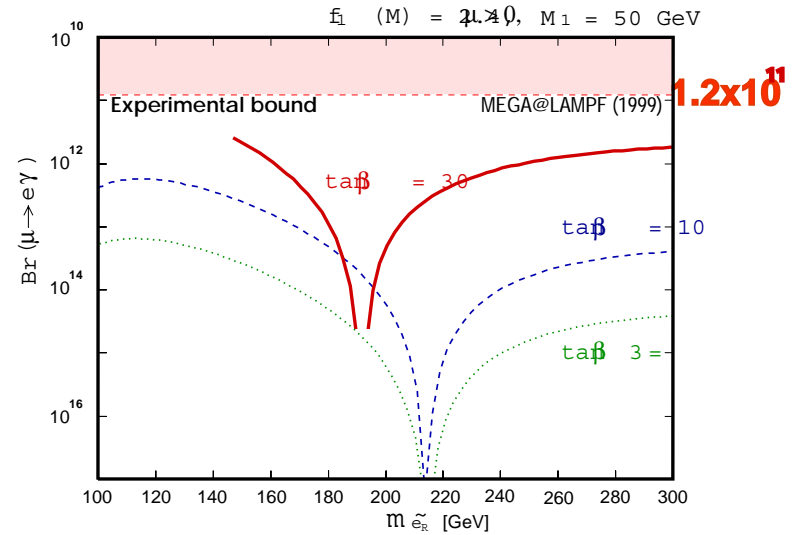
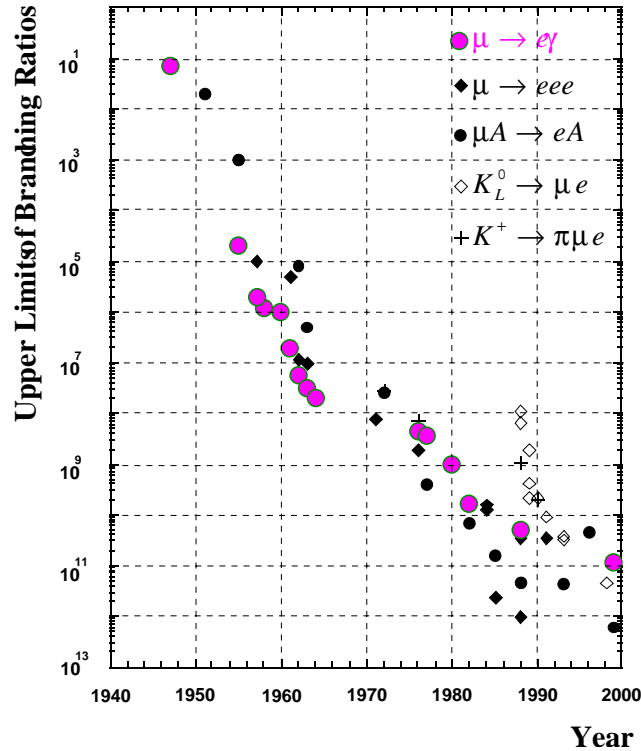


**Italy**  
**INFN, Pisa**  
e+ counter,  
Trigger, M.C.



# Physics Motivation

## History of $\mu \rightarrow e \gamma$



Recent topics put spurs to  $\mu \rightarrow e \gamma$  search.

- SK result confirms LFV for neutral lepton.
- $\nu$  mixing is expected to enhance the rate of LFV process in SUSY.
- Anomalous Muon (g-2)

# Signal and Backgrounds

- $\mu$  beam stopped on the target;  $10^8/\text{sec}$ 
  - $E_e = 52.8 \text{ MeV}$ ,  $E_\gamma = 52.8 \text{ MeV}$
  - $\theta_{\gamma e^+} = 180^\circ$

Back to back, in time

- **Main background sources**

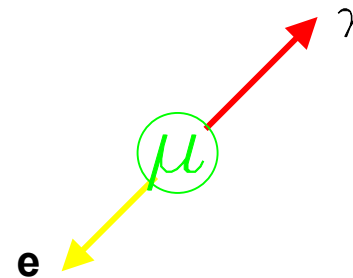
(1) Radiative  $\mu^+$  decay

(2) Accidental overlap

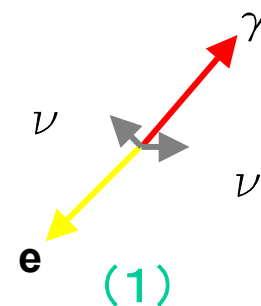
NOT back to back

And NOT in time

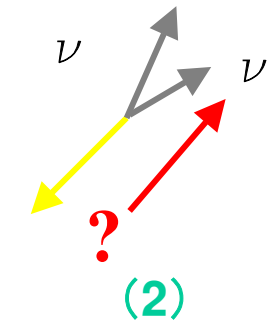
$\Rightarrow$  Reduced down to  $10^{-15}$  level



$\mu \rightarrow e \nu \nu \gamma$



$\mu \rightarrow e \nu \nu + \text{"}\gamma\text{"}$



● 検出器に要求される分解能

$E_e : 0.3\%$ ,  $E_\gamma : 0.6\%$ ,

$\theta_{e\gamma} : 5.1 \text{ mrad}$ ,  $t_{e\gamma} : 64 \text{ psec}$

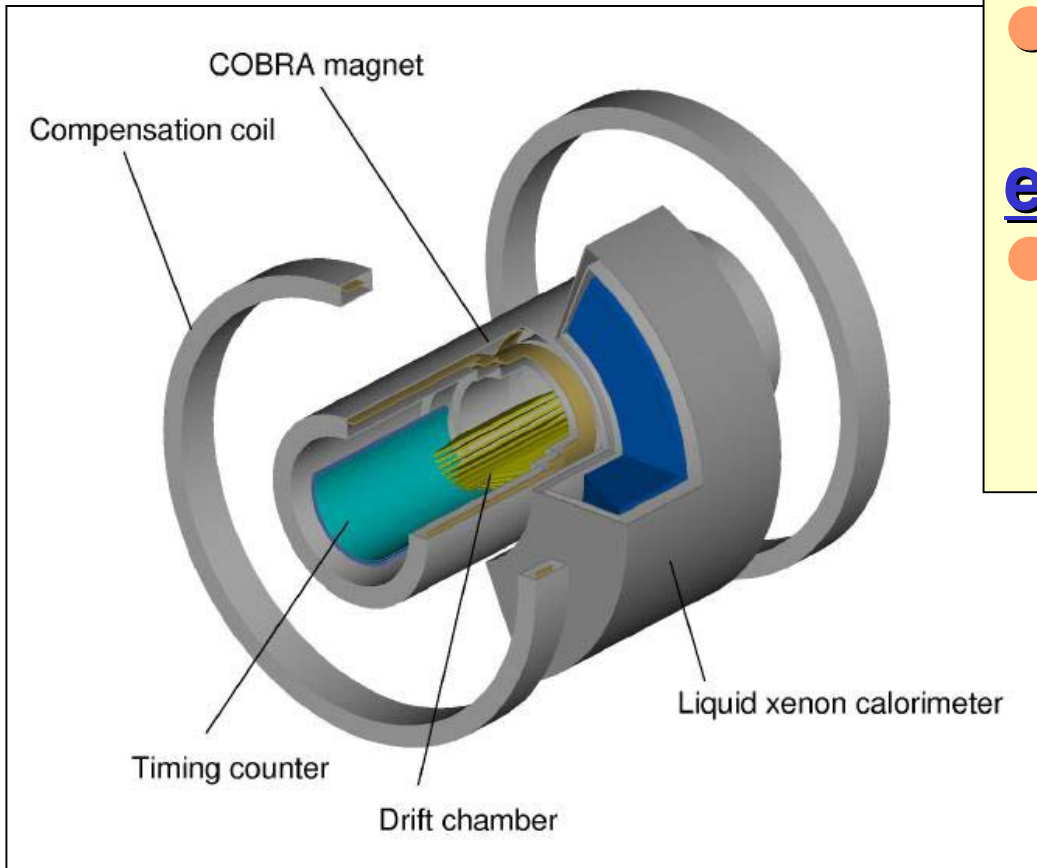
# $\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma$ 探索実験用検出器

## $\gamma$ detection

- LXe Photon Detector

## $e^+$ detection

- COBRA Spectrometer
  - ・ Drift Chamber
  - ・ Timing Counter
  - ・ COBRA Magnet



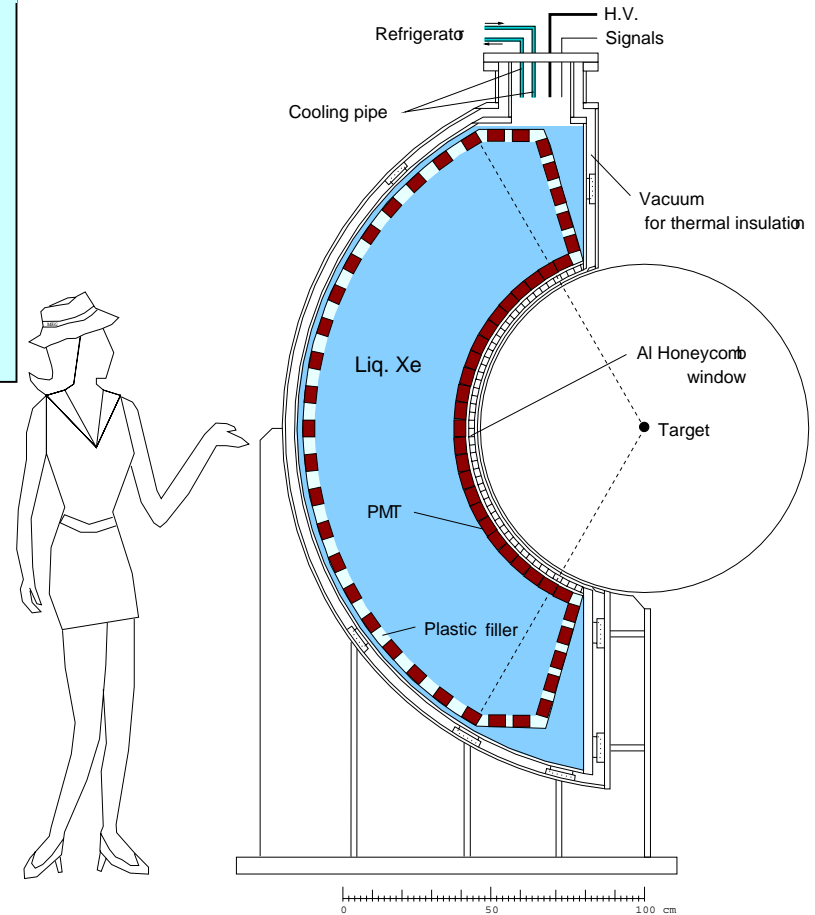
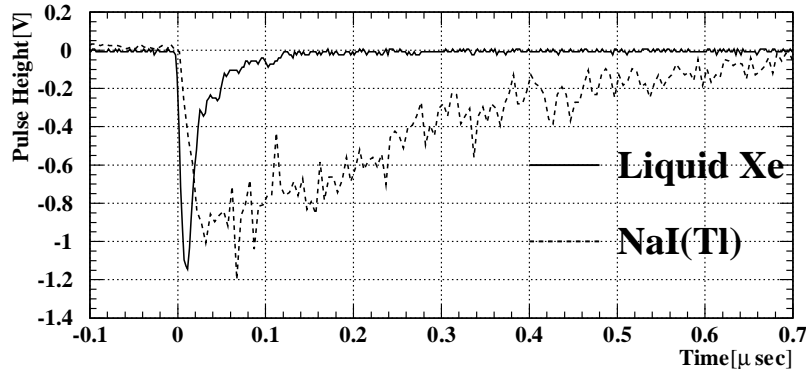
**Drift Chamber** については

**30aSC(9:45~) 西口の talk** で。

# 液体Xe Photon Detector

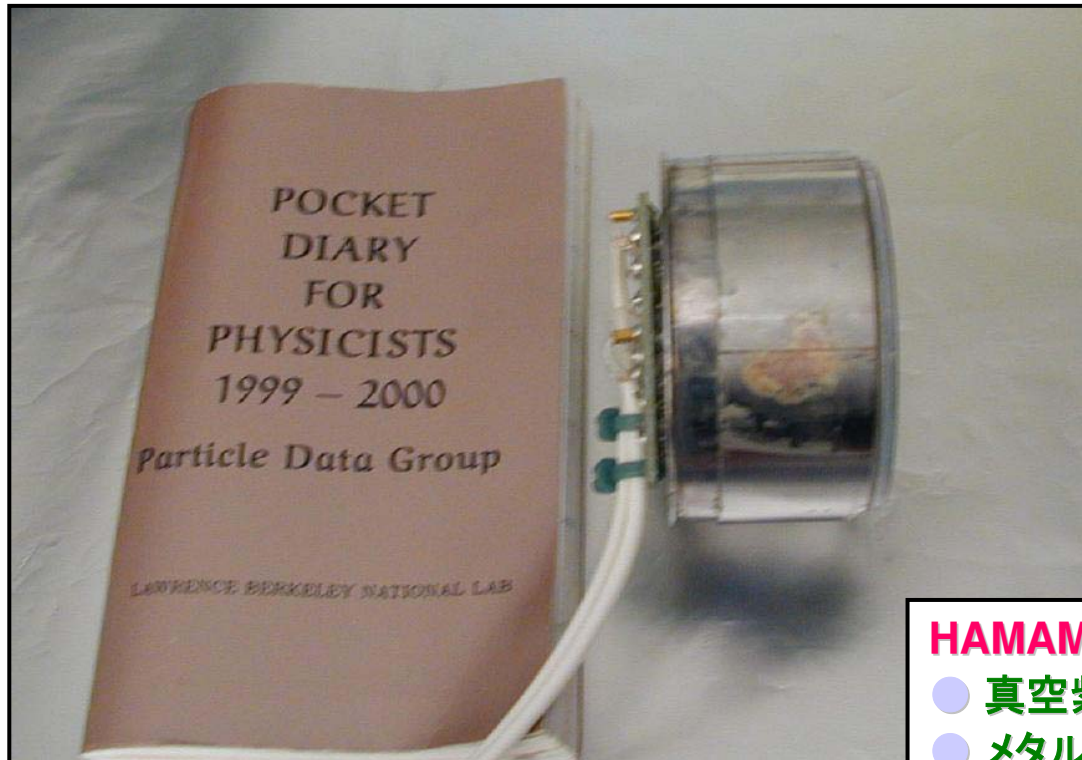
## Why Liquid Xe Detector?

- 光量が多い  
 $W_{ph} = 24 \text{ eV}$  (NaI: 17 eV)
- 速い立上がり→パイルアップの低減  
 $\tau$  (fast) = 4.2 nsec  
 $\tau$  (slow) = 22 nsec  
 $\tau$  (recombi.) = 45 nsec (75%)
- 液体なので一様・任意の形状可





# PMT (R6041Q)

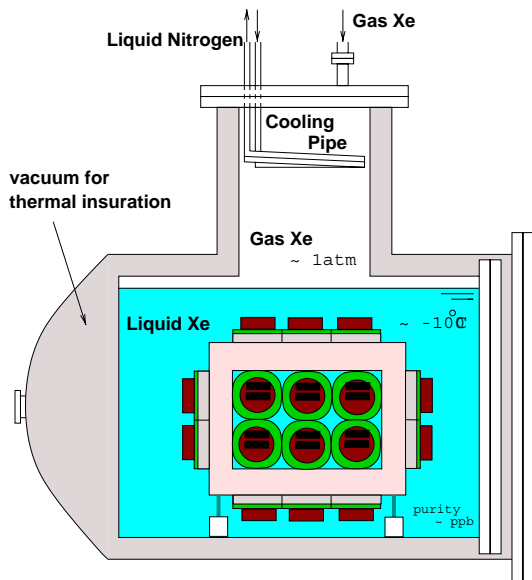


## HAMAMATSU R6041Q の特長

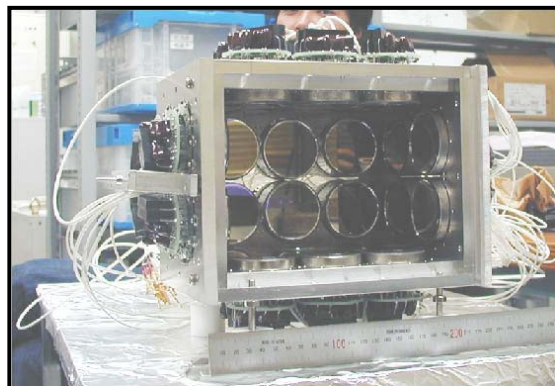
- 真空紫外光を通す石英ウインドウ
- メタルチャンネル・ダイノード
- -100 °Cで安定動作
- 耐圧 3 atm
- Gain 106 (1kV 印加時)
- Q.E. 10% (Typ.)



# Small Prototype



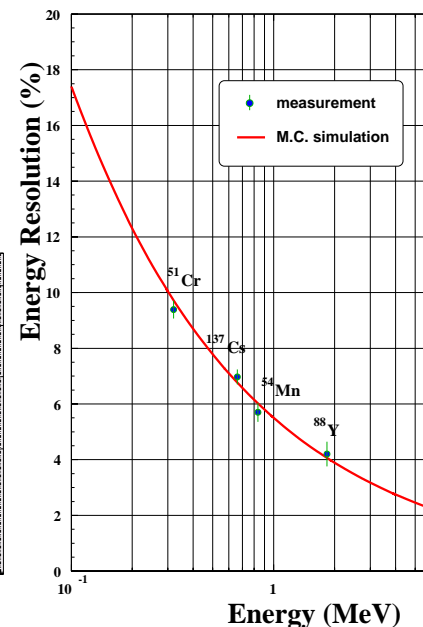
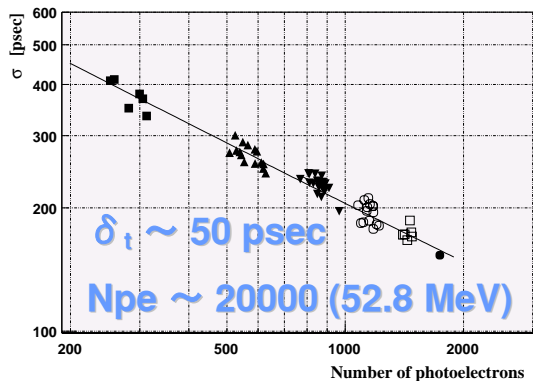
- $\gamma$  線源 ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{51}\text{Cr}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{88}\text{Y}$ ) によりテスト
- PMT の校正には  $\alpha$  線源 ( $^{241}\text{Am}$ ) を使用



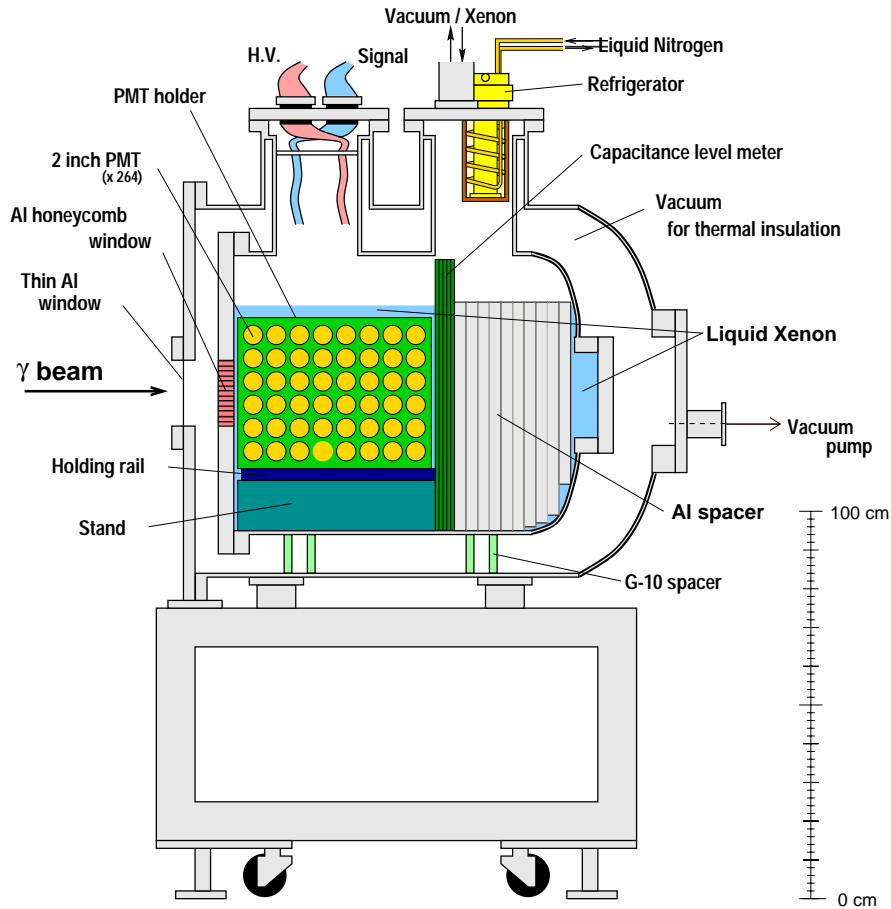
- 2.34 liter LXe
- 32 PMTs

## Test Result

低エネルギーでは検出器の  
分解能は実験の要求どおり！  
本当に52.8 MeVでもそうか？

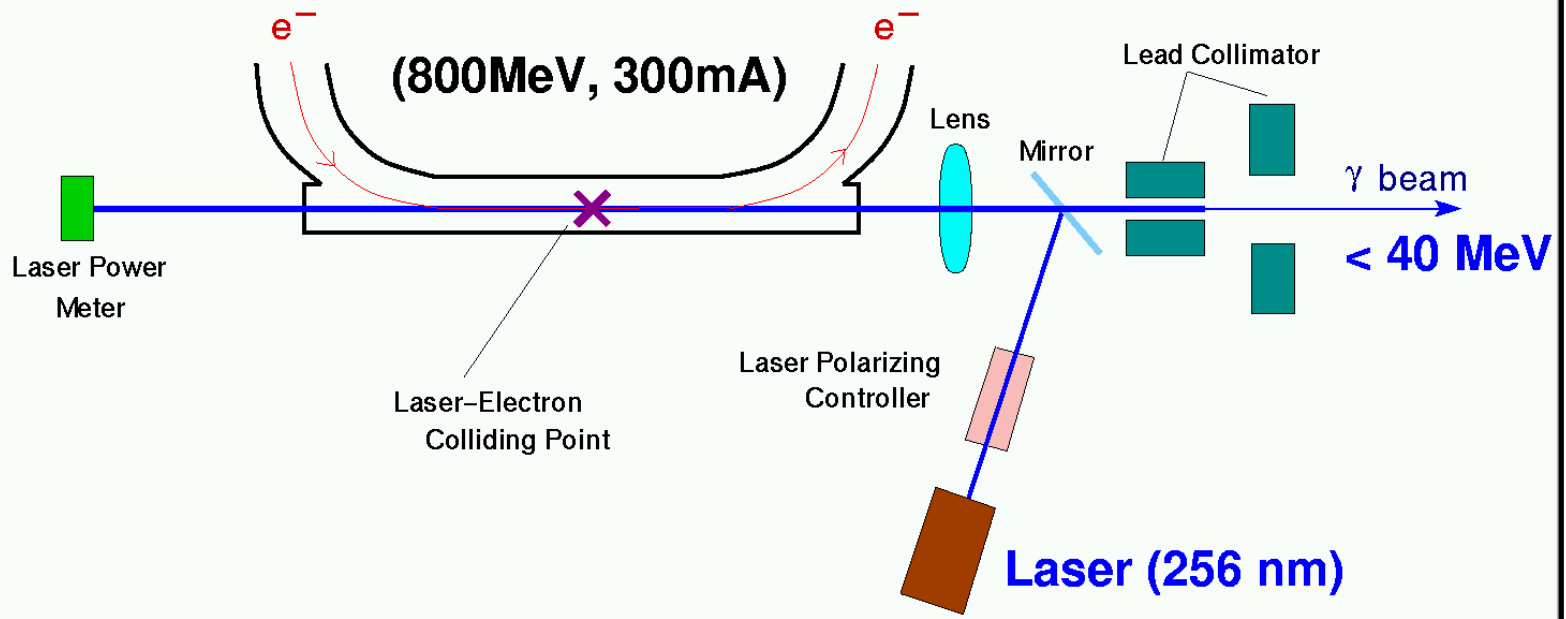


# Large Prototype



- 228 PMTs
- 68.6 liter LXe
- 40 MeV での性能評価

電子技術総合研究所  
Storage Ring TERAS



# 性能評価方法

## 入射させる $\gamma$ 線

- electron による tag はしない。
- エネルギーは選べない。(右下図参照)
- 直径1mm のコリメータにより全エネルギーを入射させる。

## 評価方法

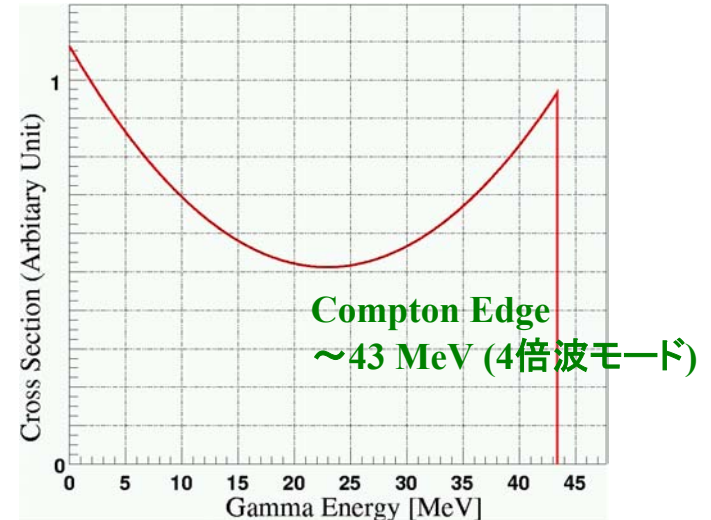
### エネルギー:

PMT に入射した全光量を算出し、  
コンプトンエッジの広がりから求める。

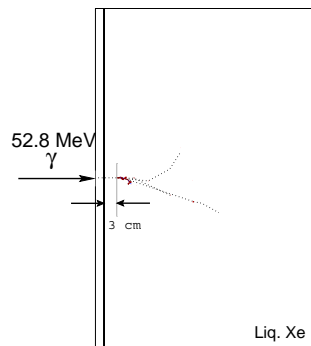
位置: PMT に入る光量の分布より求める。  
(特に  $\gamma$  線入射方向、すなわち深度)

時間: 入射光量の多いPMTからの  
TDCデータより求める。

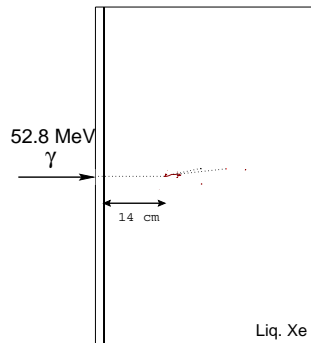
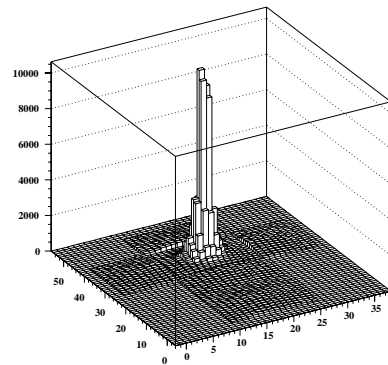
- 位置・時間分解能については、検出器を二分し、  
それぞれで得られる位置・タイミングの差を分解能とする。



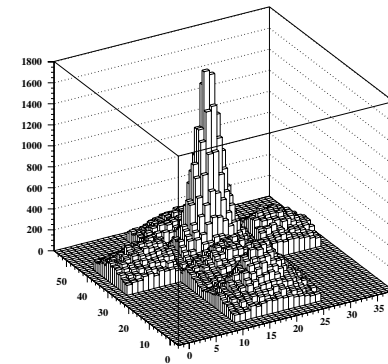
# GEANT3 によるM.C. simulation



(a)



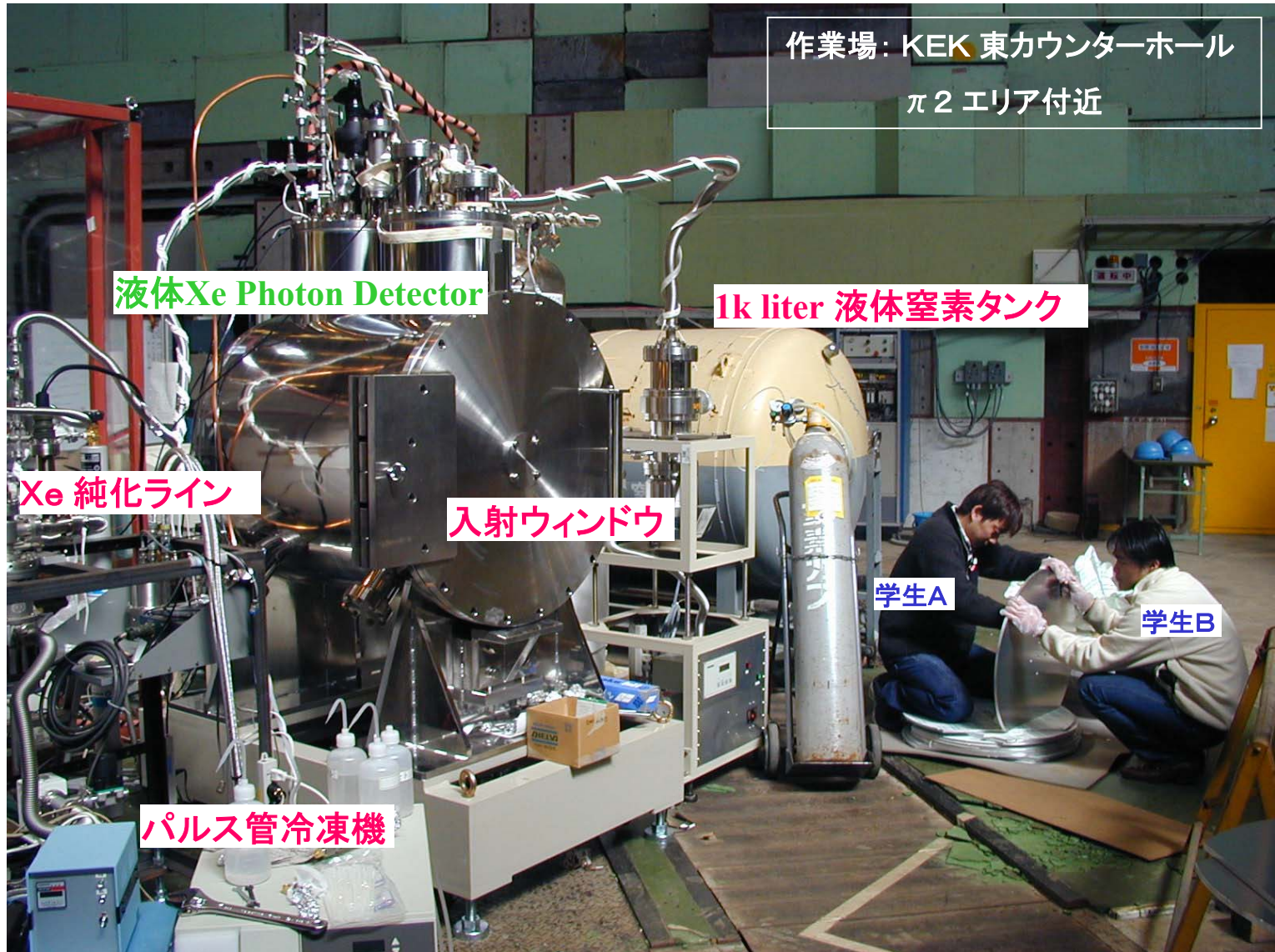
(b)



- Signal is distributed over many PMTs in most cases
- Weighted mean of PMTs on the front face  
→  $\delta x \sim 4\text{mm}$  FWHM
- Broadness of distribution  
→  $\delta z \sim 16\text{mm}$  FWHM
- Timing resolution  
→  $\delta t \sim 100\text{ps}$  FWHM
- Energy resolution  
~ 1.4% FWHM  
depends on light attenuation in LXe



# 作業風景





# $\gamma$ 入射面 (PMT ホルダー)



RTV注入中

## 使用材料

フレーム: G10

カバー: アクリル、RTV(ピュアシーラント)

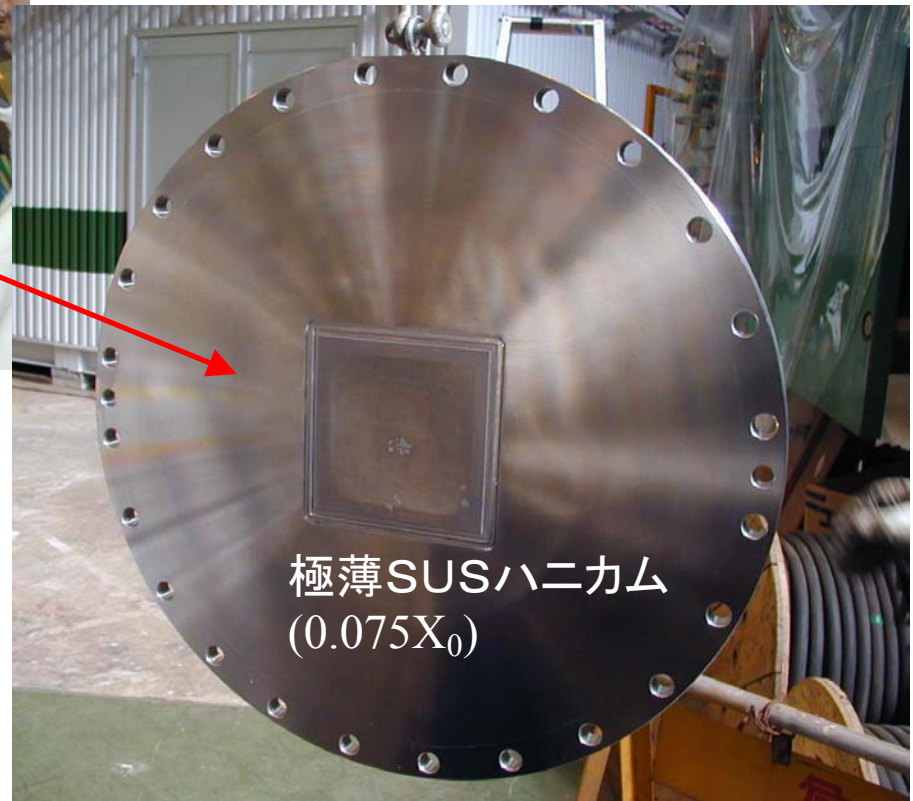
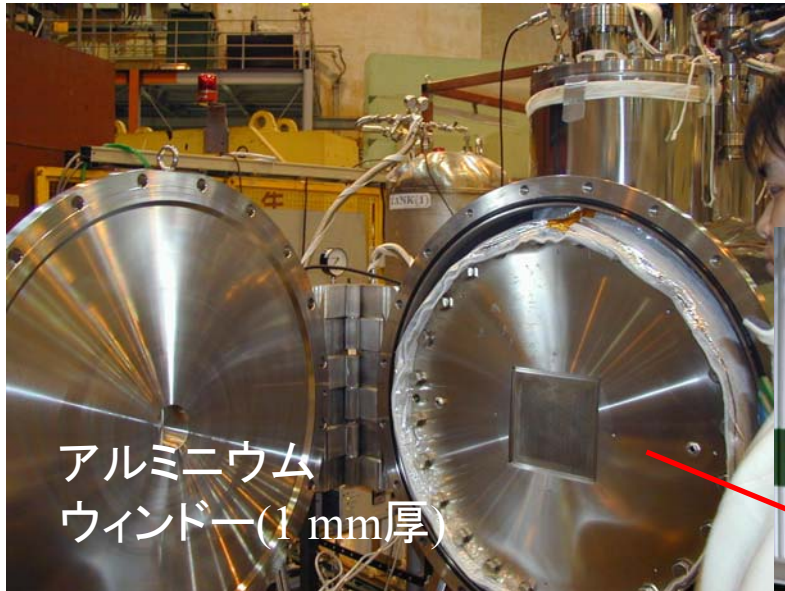


平均  $0.22 X_0$

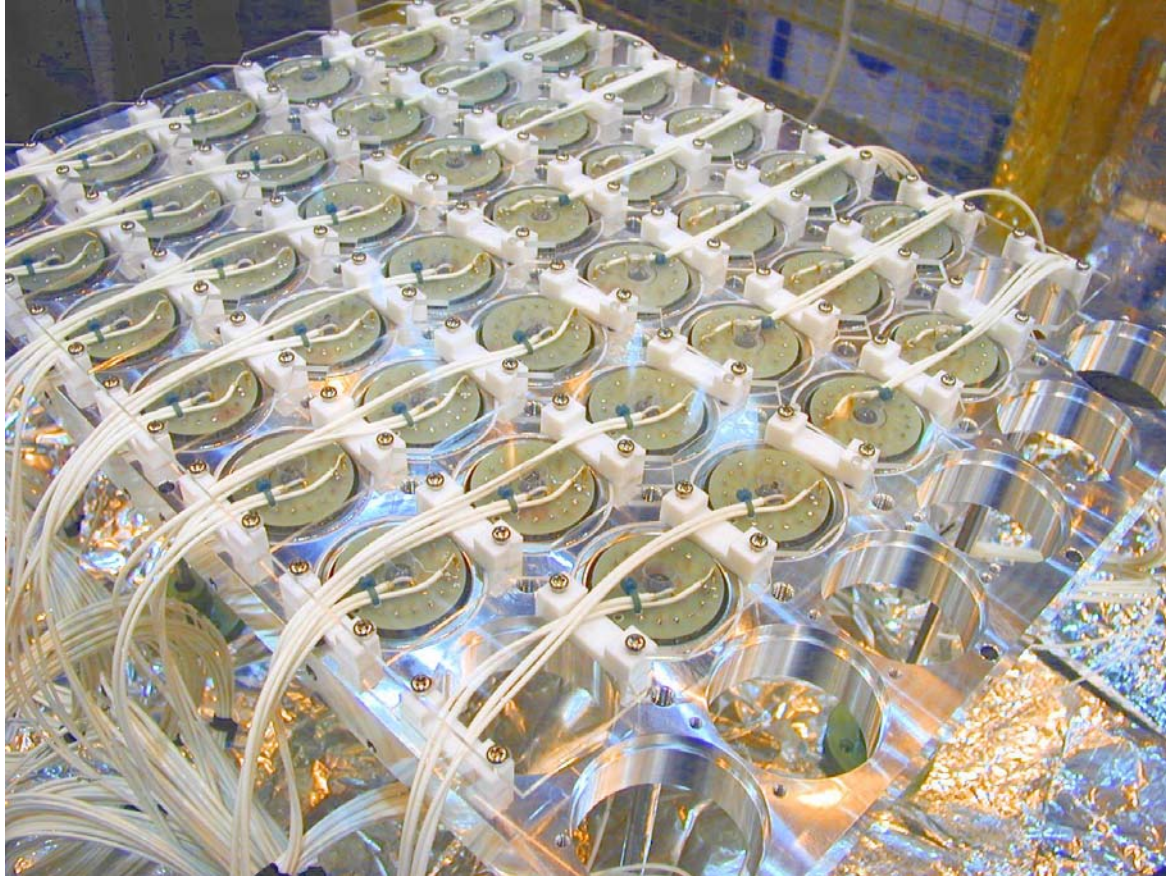
	$X_0$ (cm)	厚さ
液体Xe	2.87	—
G10	19.4	$0 \sim 0.15 X_0$
アクリル	34.4	$0.009 \sim 0.04 X_0$
RTV	数十	$0 \sim 10^{-2} X_0$



# $\gamma$ 入射面(真空 chamber)



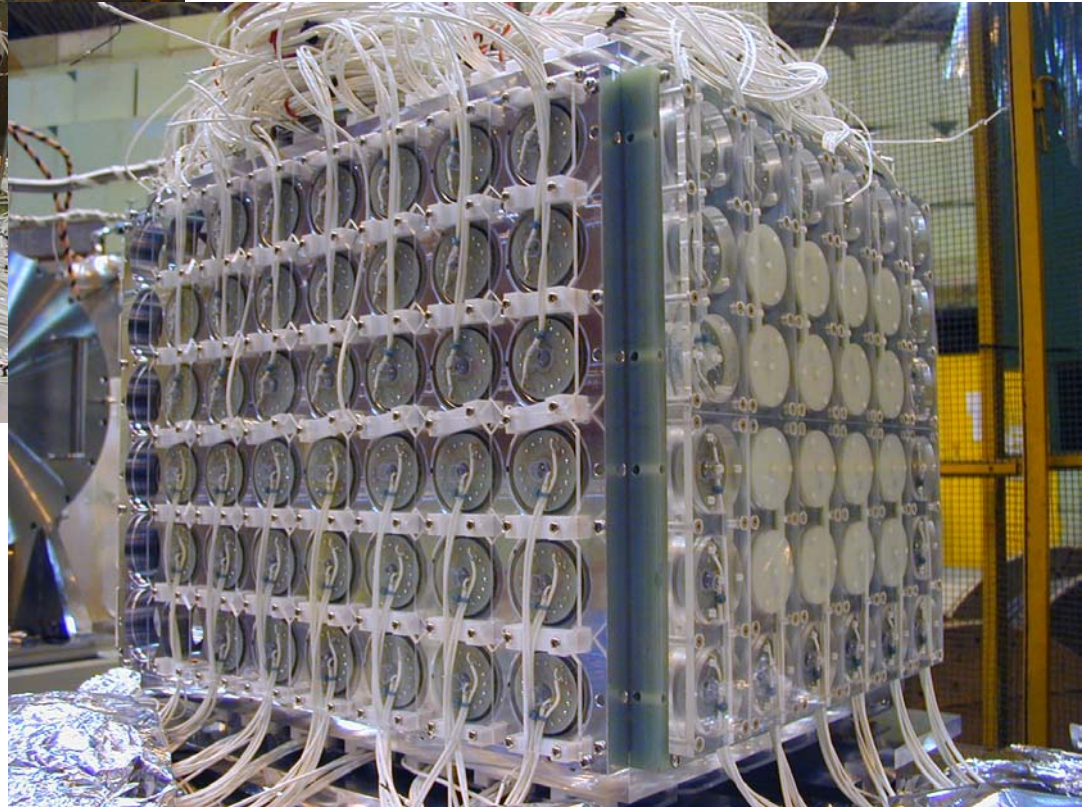
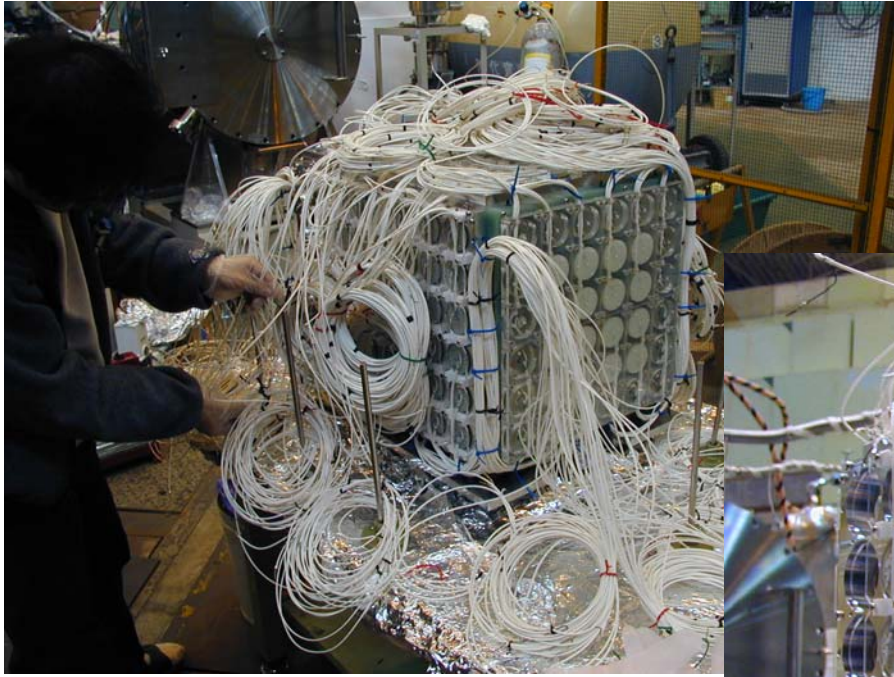
# 側面



側面からは  $\gamma$  を入射させないのでフレームにはアルミを採用

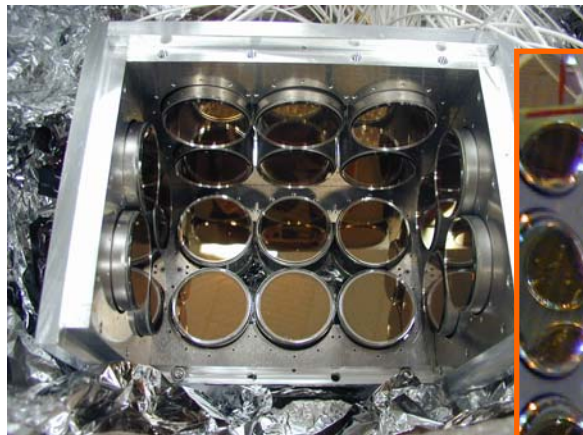


# 組み立て



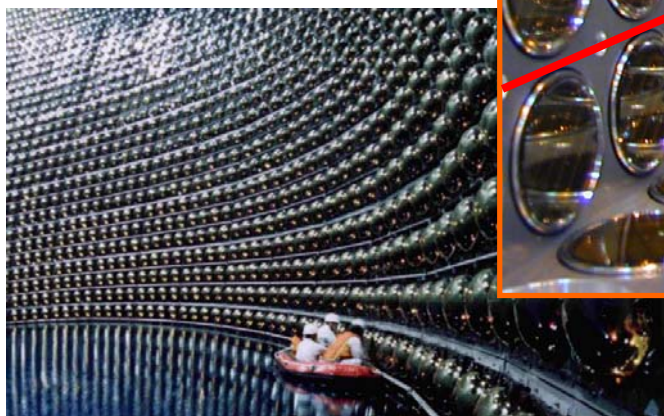
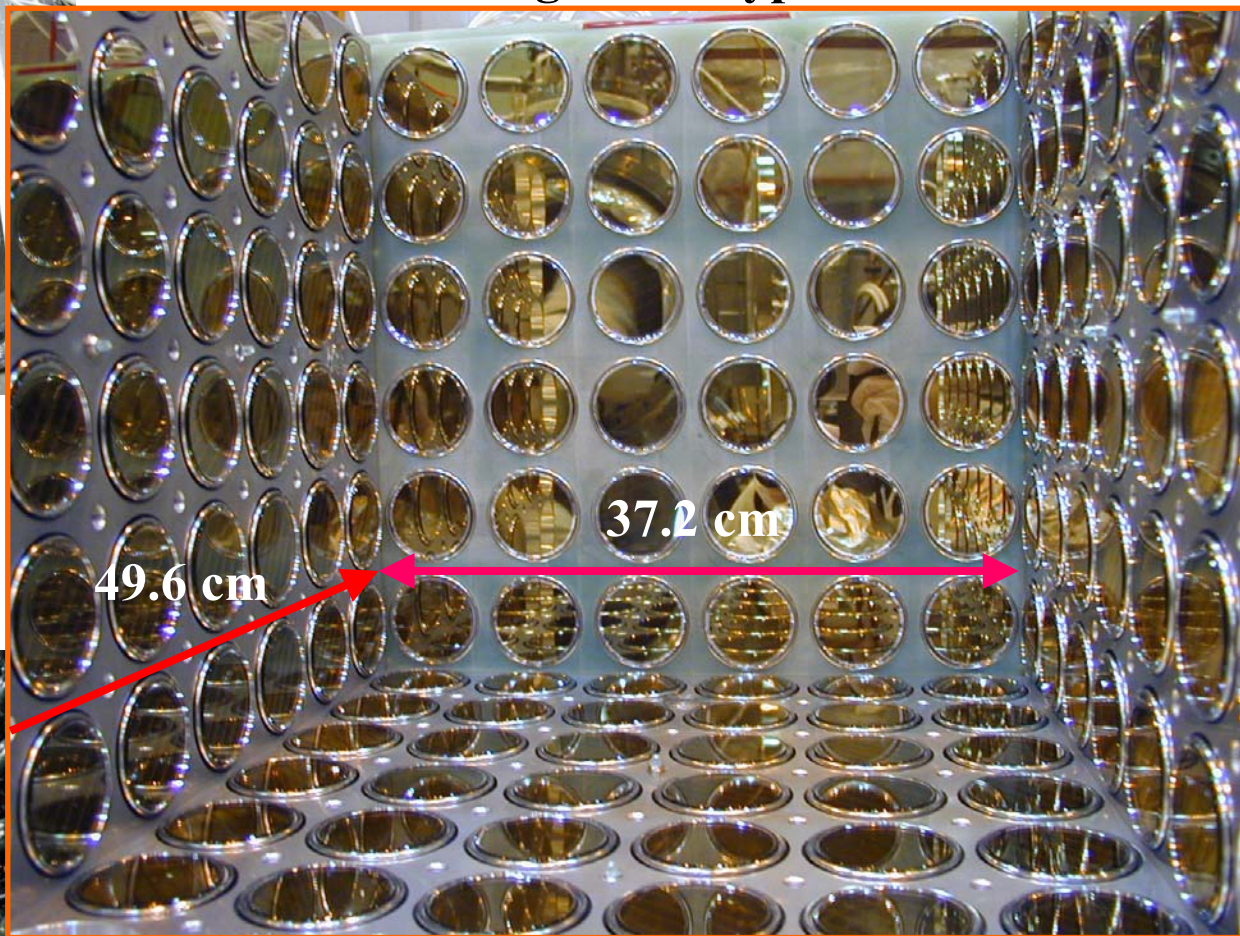


# Mini-Kamiokande



↑ Small Prototype

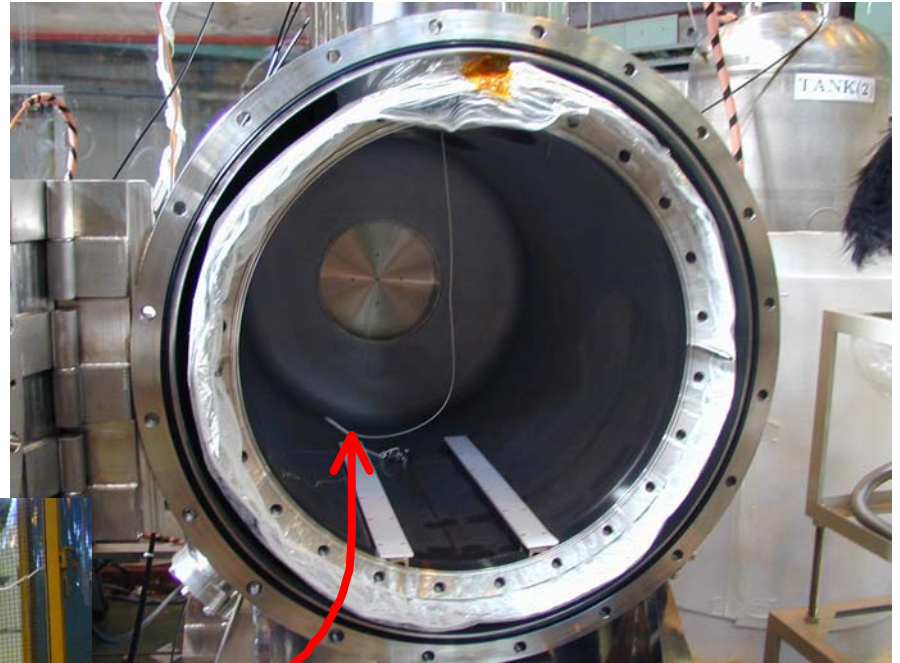
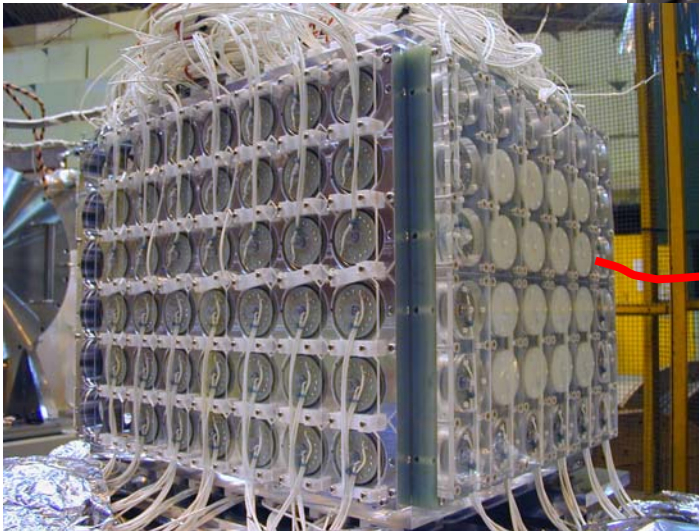
↓ Large Prototype



← Super Kamiokande (こっちの方がもちろんでかい！)



## Installation



この中にぶちこむ

# 今後の予定

## 電総研スケジュール

真空系にトラブル発生→解決

- ・バルブ破損
- ・ injection line のトラブル

現在、枯らし運転により真空度を高めるConditioning Run。

月末に、NaI によるbeam line のチェック

## Large Prototype のスケジュール

- ・ 真空引き
- ・ その合間に液化テスト(2回目)
- ・ GW 明けに性能評価テスト開始

## HP URL

<http://meg.icepp.s.u-tokyo.ac.jp>

<http://meg.pi.infn.it>

<http://meg.psi.ch>