

# XMASS実験

平成19年度共同利用研究発表会

東大宇宙線研神岡施設

小林兼好

# XMASS実験

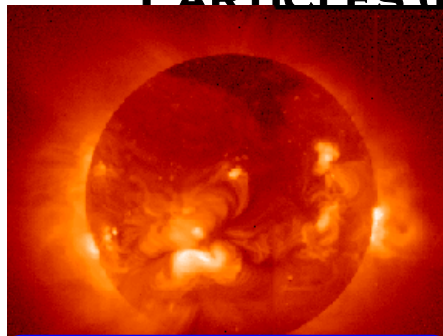
## 液体キセノンを用いた低バックグラウンド 多目的宇宙素粒子検出器

### ● XMASS

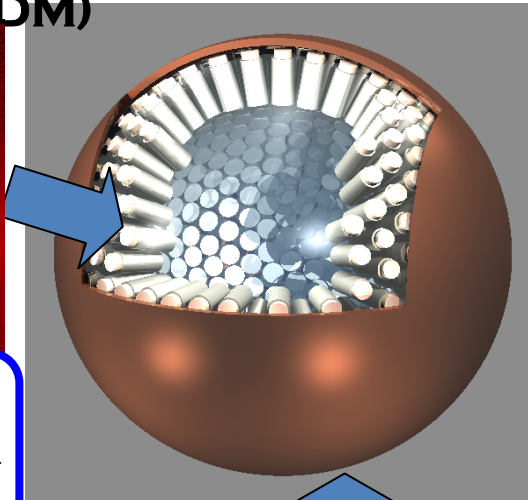
◎ XENON MASSIVE DETECTOR FOR SOLAR NEUTRINO (PP/ $^7\text{Be}$ )

◎ XENON NEUTRINO MASS DETECTOR (DOUBLE BETA DECAY)

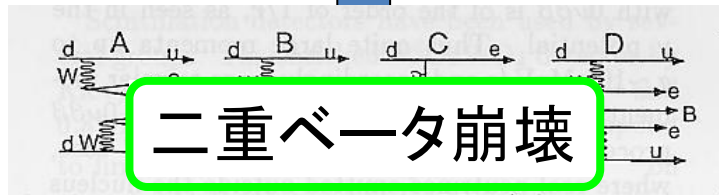
◎ XENON DETECTOR FOR WEAKLY INTERACTING MASSIVE PARTICLES (DM)



低エネルギー  
太陽ニュートリノ

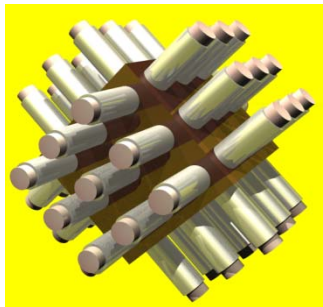


暗黒物質検出



# XMASS実験計画

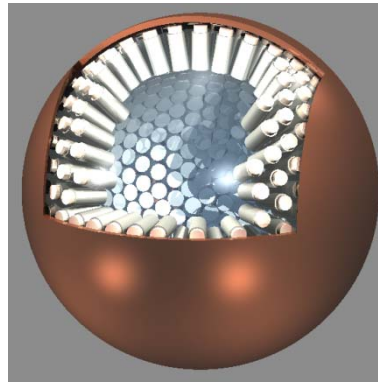
100kg プロトタイプ  
(FV:30kg、~30cm)



R&D

完了

800kg 検出器  
(FV:100kg、~1m)



暗黒物質探索

今年度から  
予算がおりる

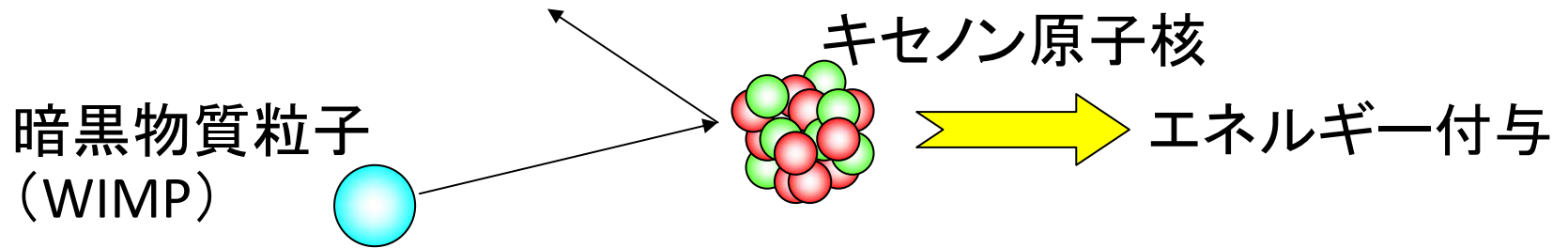
20ton 検出器  
(FV:10ton、~2.5m)



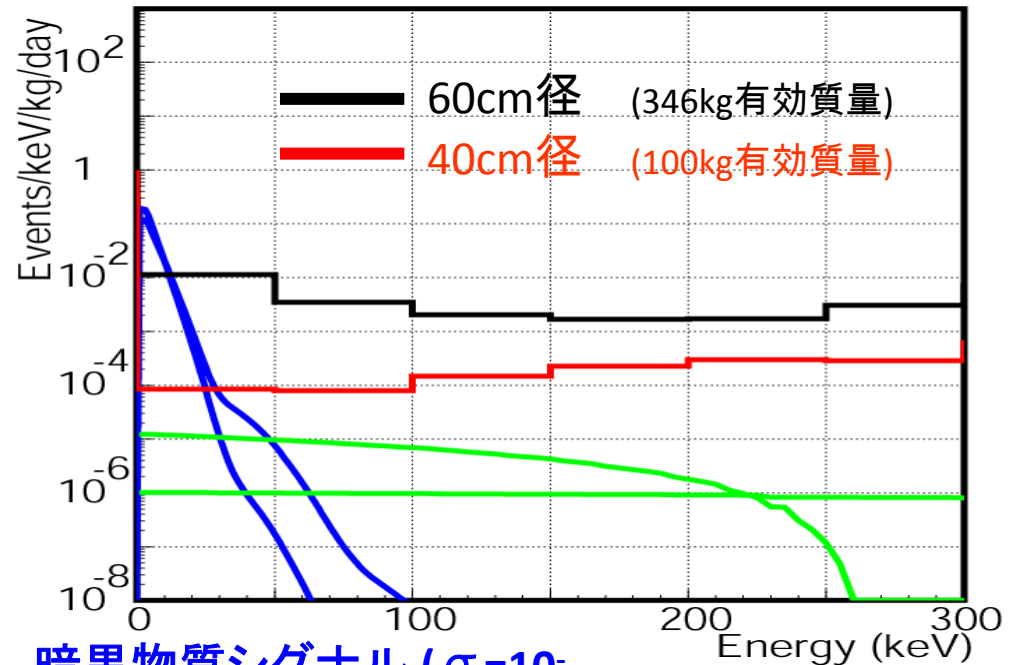
太陽ニュートリノ  
暗黒物質探索

二重ベータ崩壊探索

# 暗黒物質 (WIMPs) 検出原理



- 暗黒物質粒子とキセノン原子核の弾性散乱からのシンチレーション光を観測する。
- エネルギー閾値が低いほど観測感度が上がる。
- 100keV以下のバックグラウンドを  $10^{-4}$  count/keV/kg/dayまで低減し、低エネルギー領域に現れるシグナルを探索する。



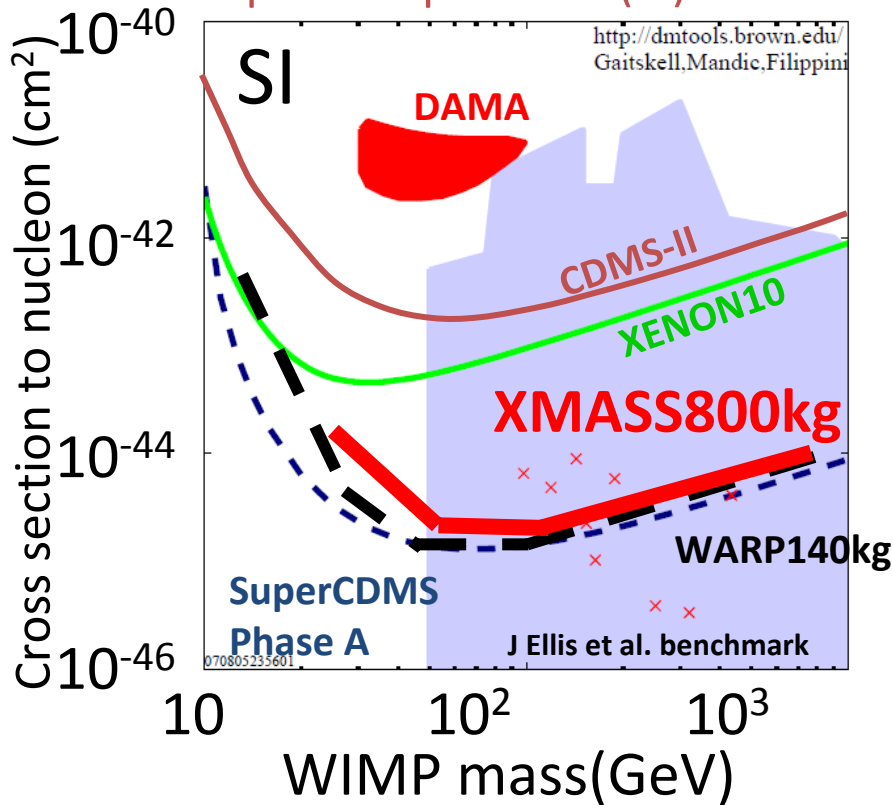
暗黒物質シグナル ( $\sigma=10^{-42}$  cm<sup>2</sup>, Q.F.=0.2,  $m_{DM}=50$ , 100GeV)

**$10^{-4}$  events/keV/kg/day :  $10^{-9}$  pb @ 100GeV以上の感度を目指す。**

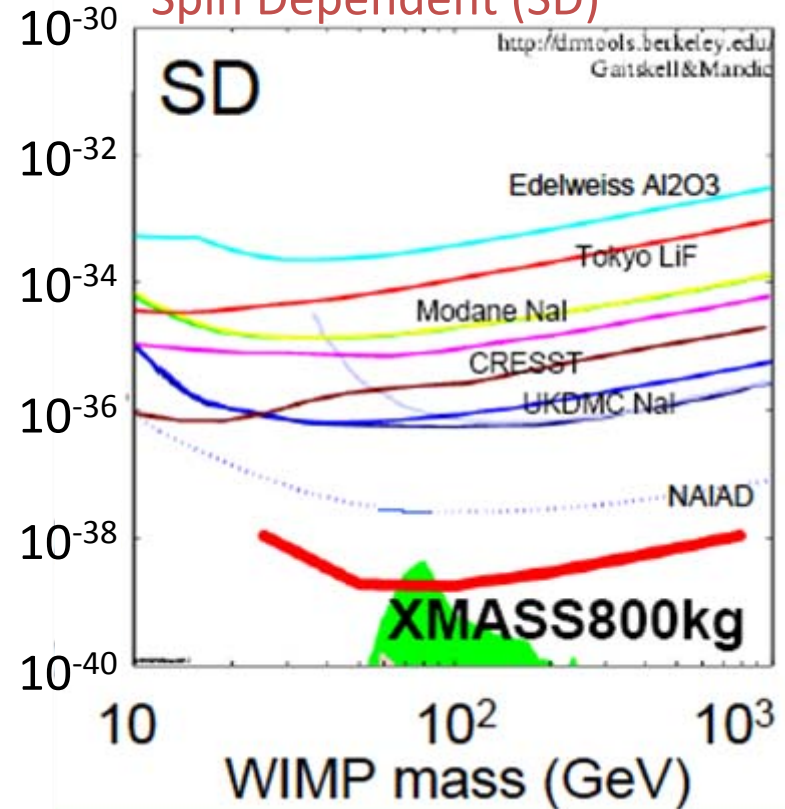
# 800kg検出器で期待される検出感度

0.5 ton·year exposure ,  $3\sigma$  discovery

Spin Independent (SI)



Spin Dependent (SD)

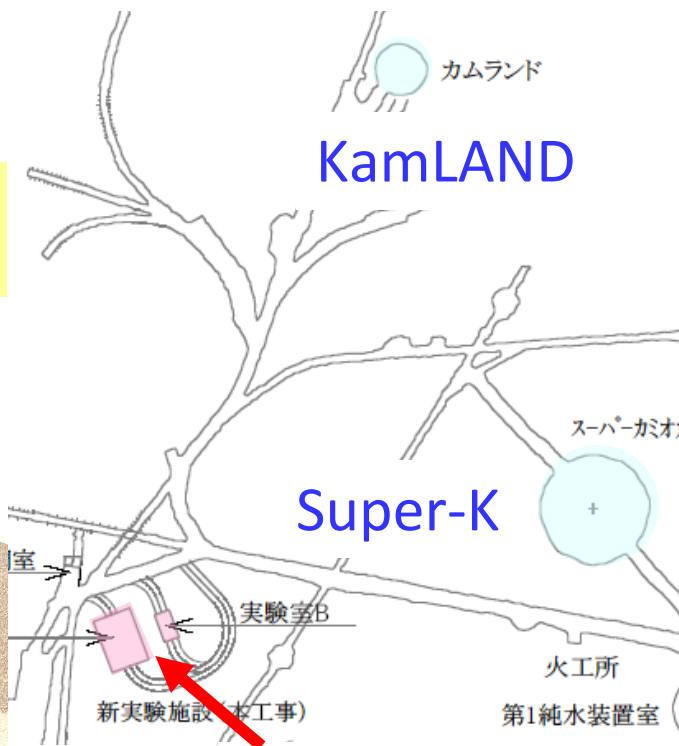
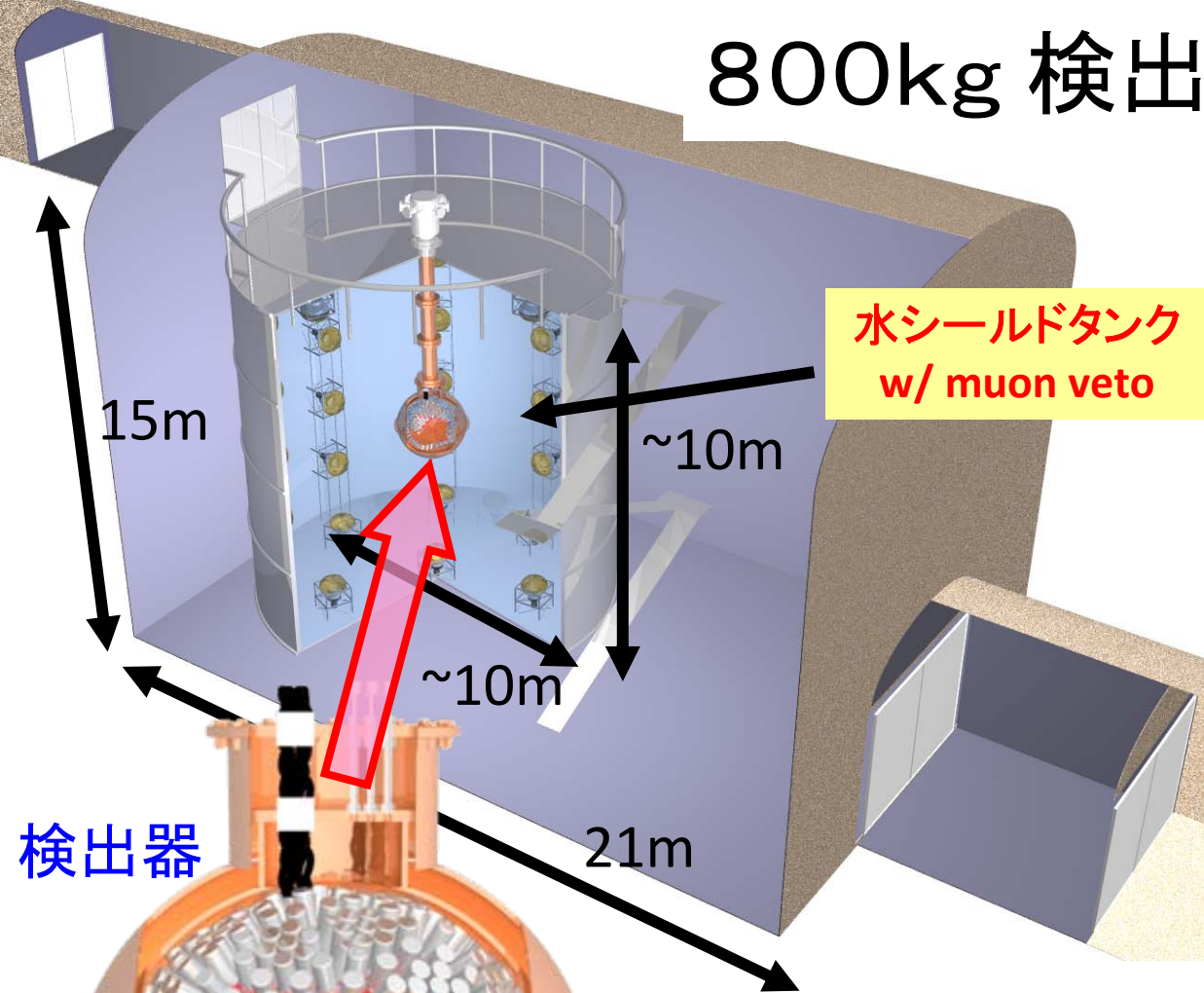


- $10^{-45} \text{cm}^2$  ( $10^{-9} \text{pb}$ ) for SI and
- $10^{-39} \text{cm}^2$  ( $10^{-3} \text{pb}$ ) for SD

Plots except for XMASS  
<http://dmtools.berkeley.edu>  
 Gaitskell & Mandic



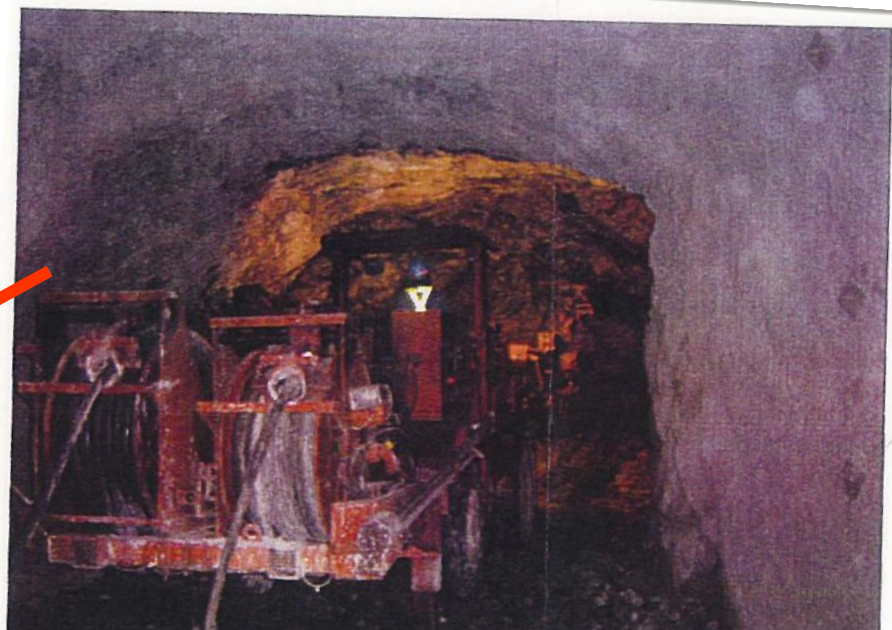
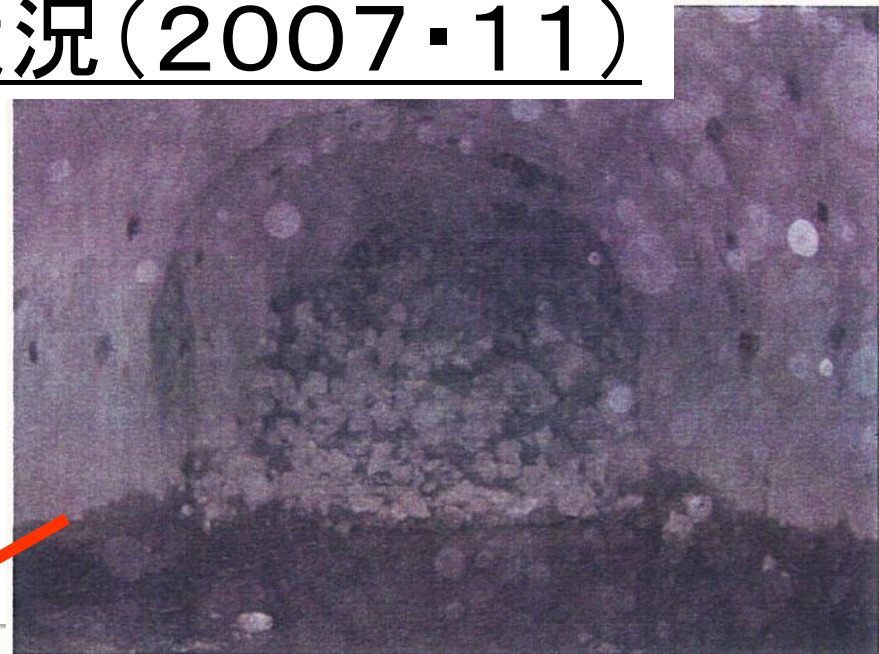
# 800kg 検出器の建設状況



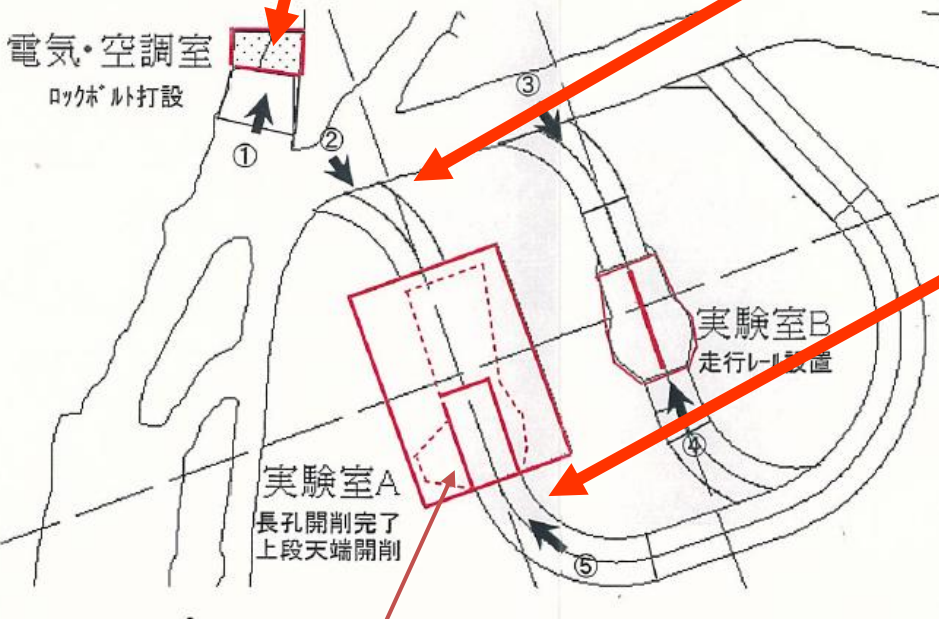
**新実験室**

- 掘削が2008年3月に終了予定。
- 2008年3月から、新実験室の設備設置。  
⇒ マインガード、ラドンフリーエア等
- 水シールドタンクの設置もすすめる。

# 新実験室開削状況(2007・11)



電気・空調室  
ロック打設



実験室A  
長孔開削完了  
上段天端開削

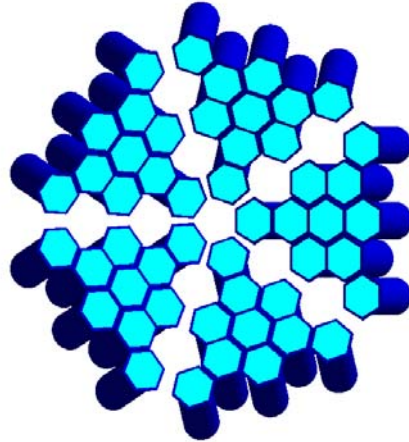
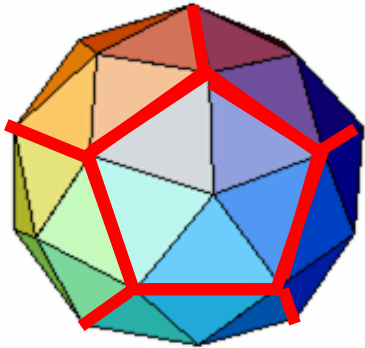
実験室B  
走行レール設置

XMASS実験の入る実験室

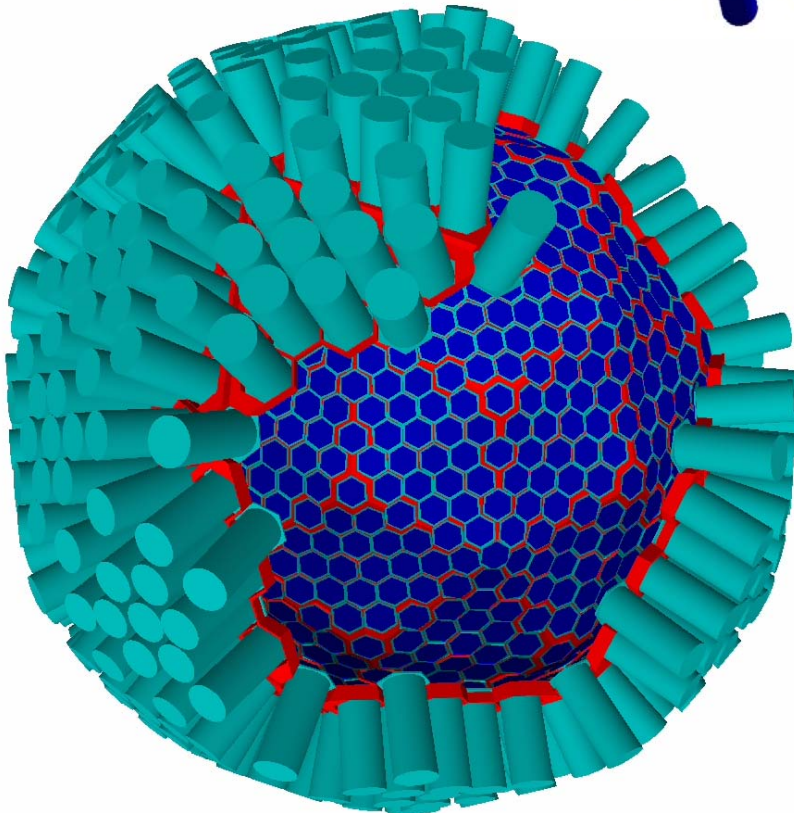
新実験室は来年3月に開削完了予定 7



# 800kg 検出器のデザイン



六角型PMT  
(R8778mod)

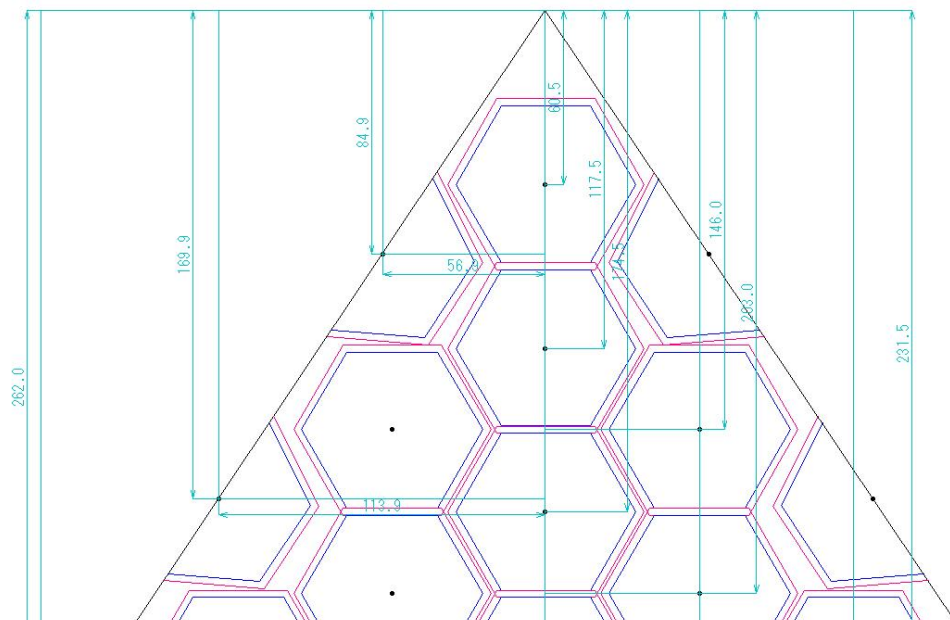


- 合計60面
- 10PMT/三角形 × 60面=600 PMT
- 三角形同士の境界部分にも 212本
- 合計: 812 PMTs
- Photo coverage: 67.0%
- 位置分解能: 5keVで6cm ( $\sigma$ ) @FVの端

➡ 十分な性能が期待



# 検出器設計 (mockup)



- 測定器の詳細な設計が進行中
- PMT固定方法、ケーブル、外真空層との接続等を設計中



光電面被覆率を上げるため隣り合うPMTのへり部分を重ねて配置する

# 超低放射能PMTの開発（ブリーダー含まず）



R8778 (100kg プロトタイプで使用した低放射能光電子増倍管)

ウラン系列 (mBq/PMT)	トリウム系列 (mBq/PMT)	$^{40}\text{K}$ (mBq/PMT)	$^{60}\text{Co}$ (mBq/PMT)
18±2	6.9±1.3	140±20	5.5±0.9



$^{60}\text{Co}$  除きバックグラウンドを1/10にすることを目標として  
浜松ホトニクスと開発



## R8778MOD

- 部品毎に測定を行い放射能レベルの高い部品は交換する
- 1/10にすることでバックグラウンドレベル  $10^{-4}/\text{day}/\text{kev}/\text{kg}$  が達成できる

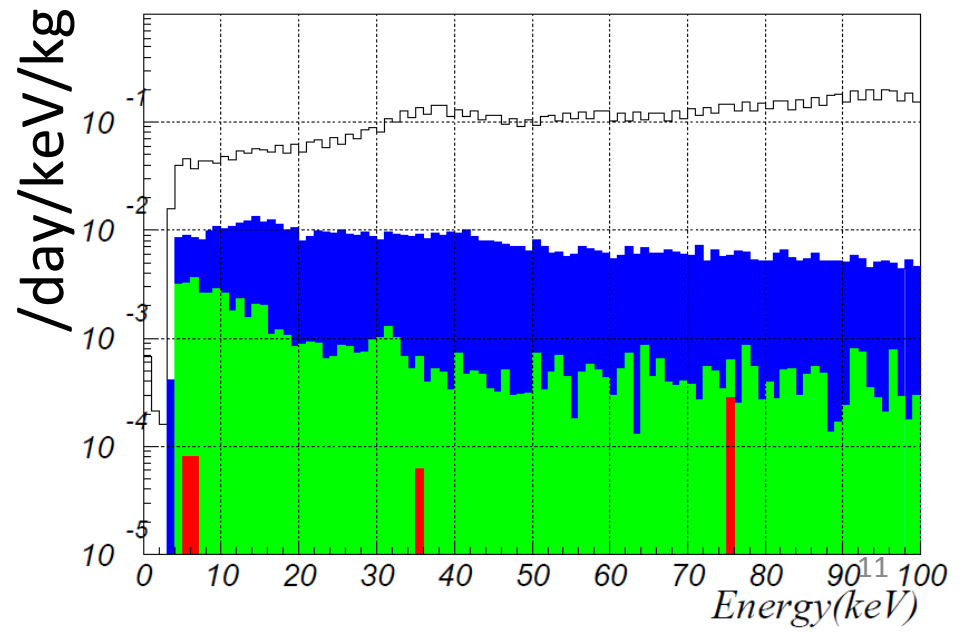
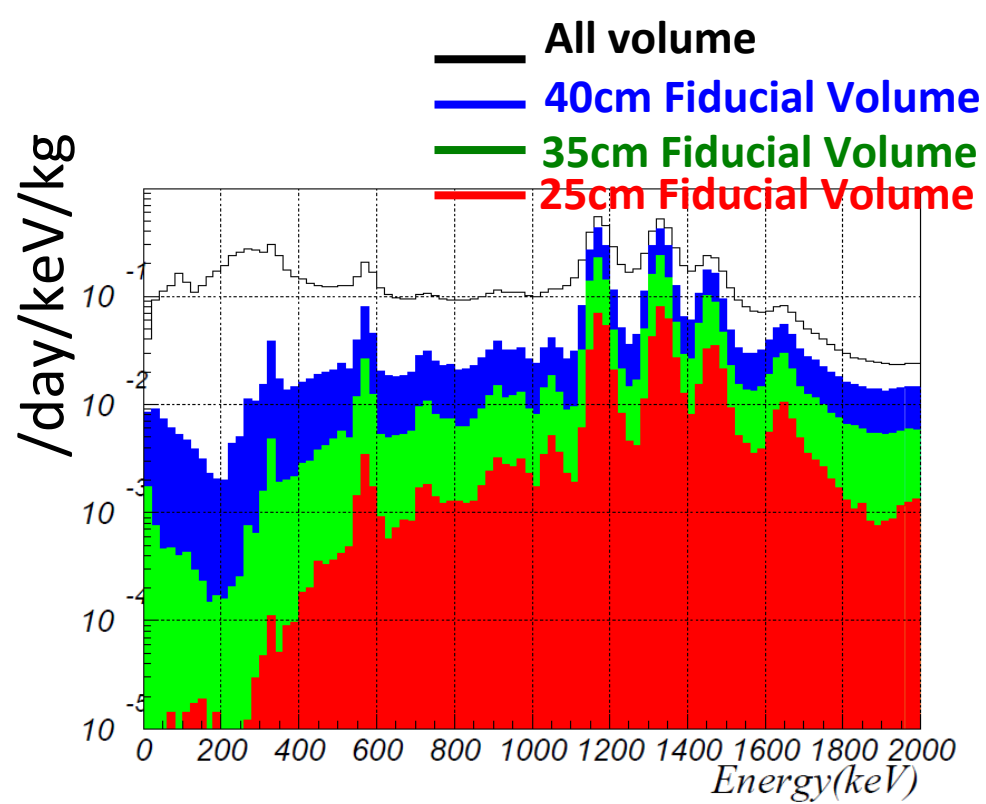
# MCによるPMTからのバックグラウンドの見積もり

- Activity of PMT

- 100kg 検出器で用いたPMT の 1/10
- $^{238}\text{U}$  系列 1.8 mBq/PMT
- $^{232}\text{Th}$  系列 0.69 mBq/PMT
- $^{60}\text{Co}$  5.5 mBq/PMT
- $^{40}\text{K}$  14 mBq/PMT

- $^{238}\text{U}$   $^{232}\text{Th}$   $^{60}\text{Co}$   $^{40}\text{K}$  それぞれの寄与を合計。

- <300keV の領域で目標である $10^{-4}$ /day/kev/kg を切る。





# Ge 検出器による新PMT 起源バックグラウンドの測定

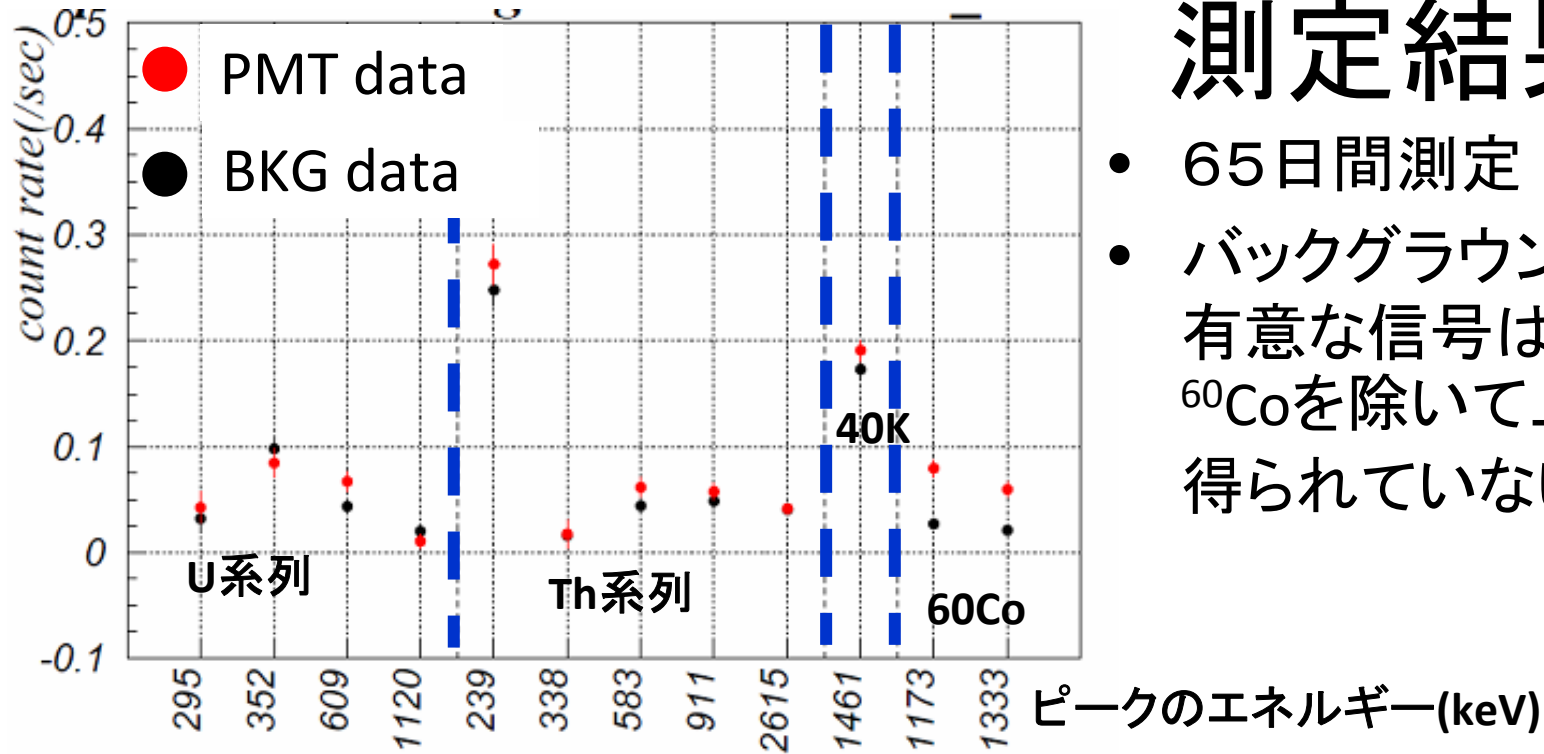
R8778MOD



- 神岡坑内に設置されたGe 測定器で測定
- 低バックグラウンド部品を使用

# 測定結果

- 65日間測定
- バックグラウンドを超えた有意な信号は得られず、 $^{60}\text{Co}$ を除いて上限値しか得られていない。



	ウラン系列	トリウム系列	$^{40}\text{K}$	$^{60}\text{Co}$
目標値 (mBq/PMT)	1.8	0.69	14	5.5
測定値 (mBq/PMT)	<1.00	<0.94	<9.68	4.47 ± 0.34

- Thを除いて目標値をクリア。Thも上限値のみで目標近い
- ブリーダーからのバックグラウンド低減に関しては現在部品を選定中

# PMTの液体キセノン中における特性試験

六角PMT の液体キセノン中での様々な特性を確認した



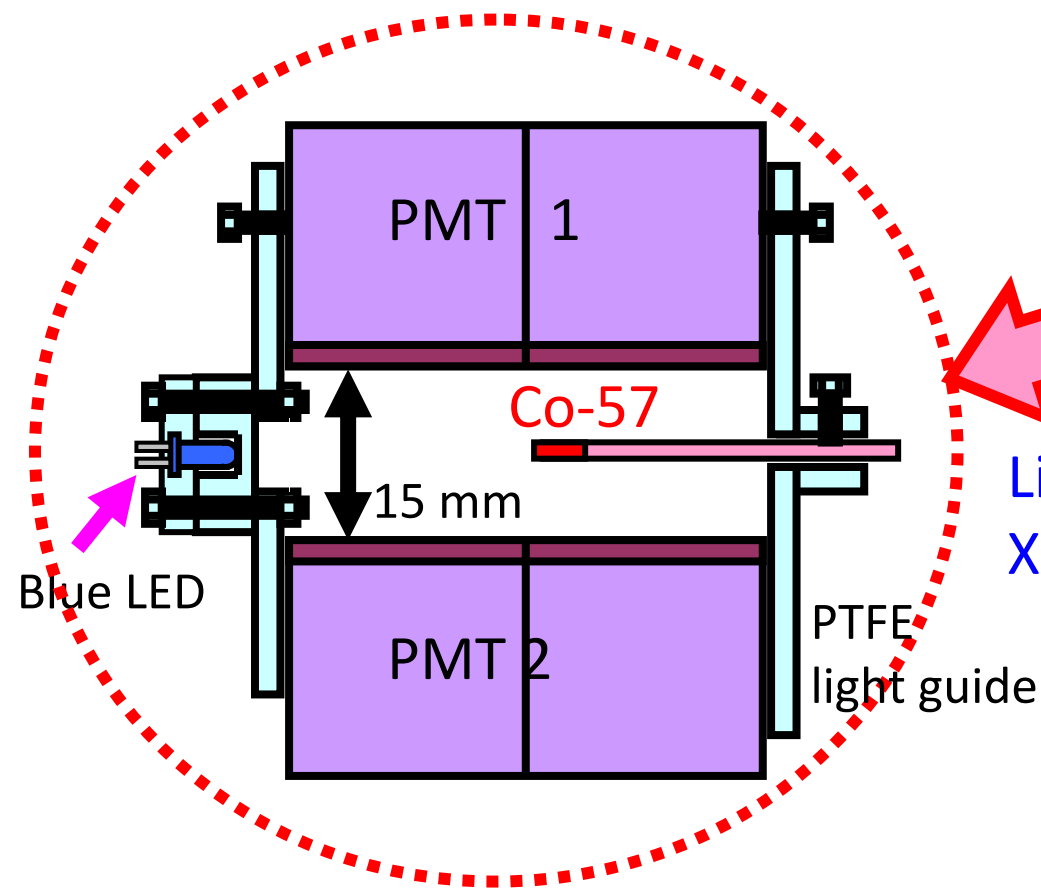
- 発光量
- エネルギー分解能
- 長期安定性

XMASS検出器用に開発が進められている  
超低バックグラウンド六角型2インチPMT  
HAMAMATSU R8778MOD

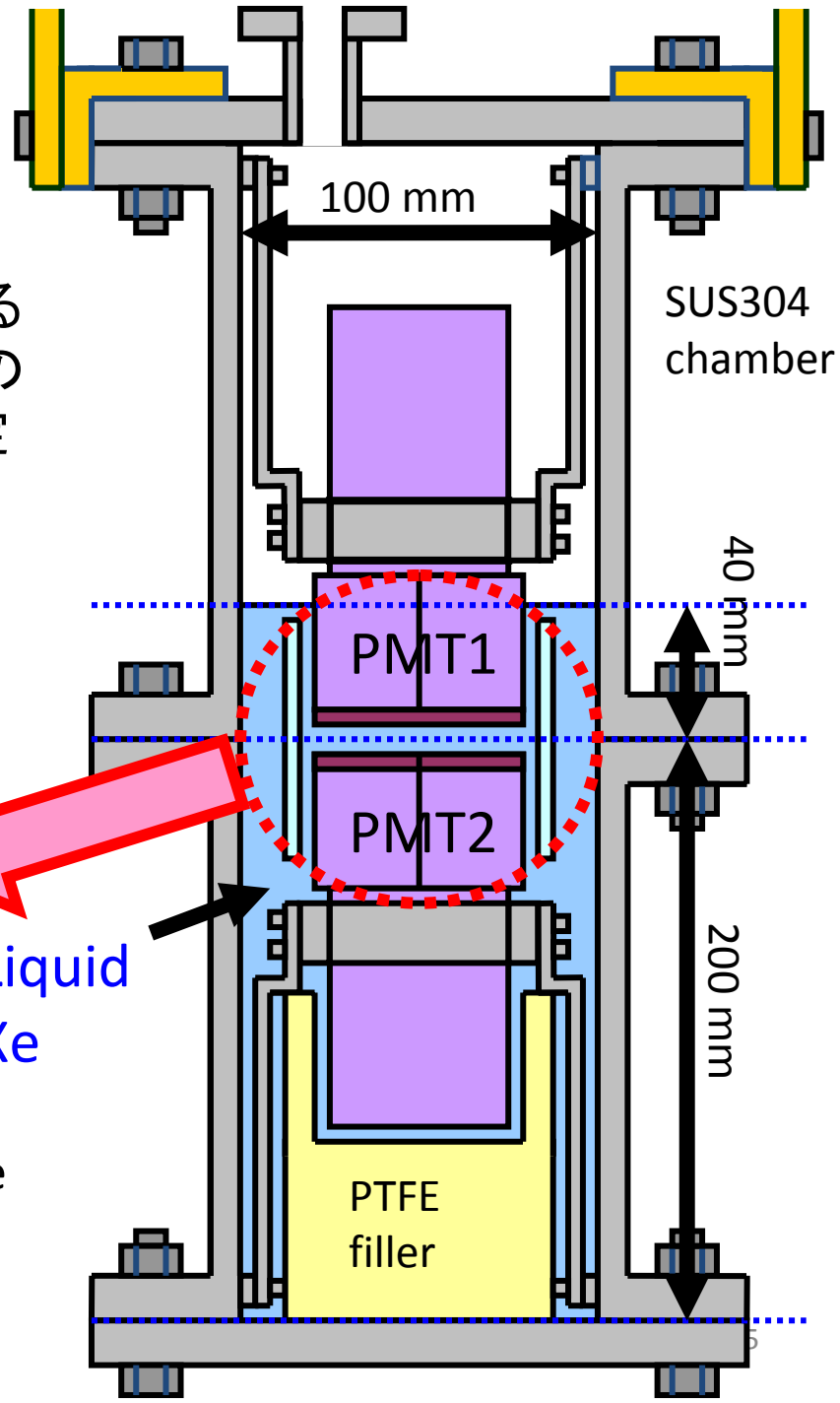


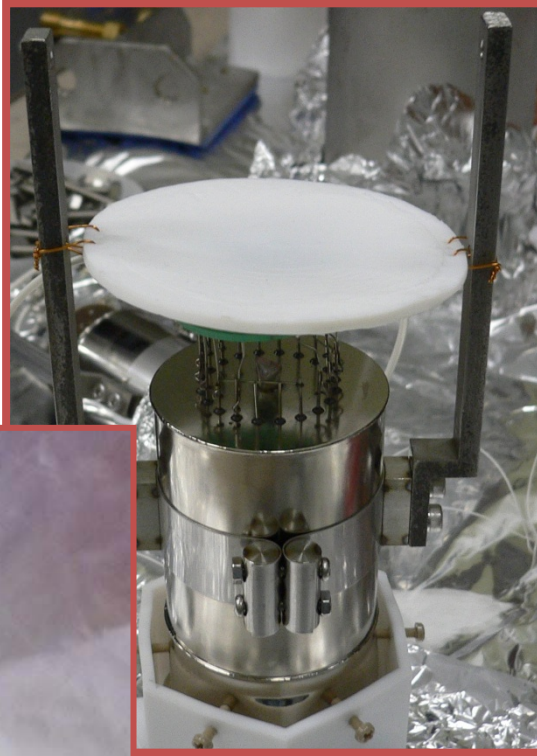
# セットアップ

- PMTを液体キセノン中で動作させる
- 2本のPMTが15mm 離れて向き合っている
- 光電面間の中央に置かれた **Co-57** からの **122keV, 136keV** の光電吸収ピークを測定

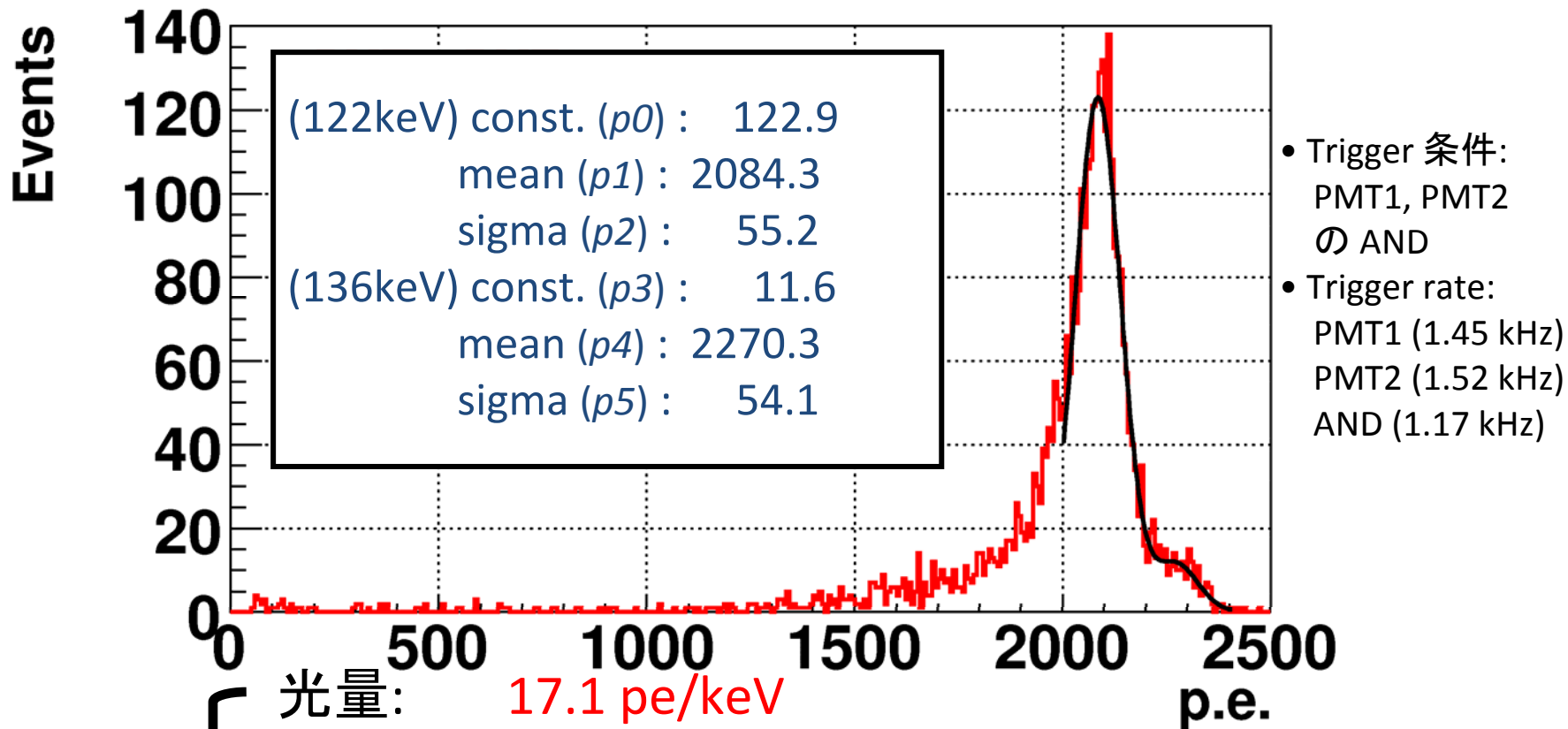


Cold cap





# ● Co-57 peak (PMT1+PMT2)



光量: 17.1 pe/keV

分解能: 2.6 % @122keV

非常に高い光量が得られた。

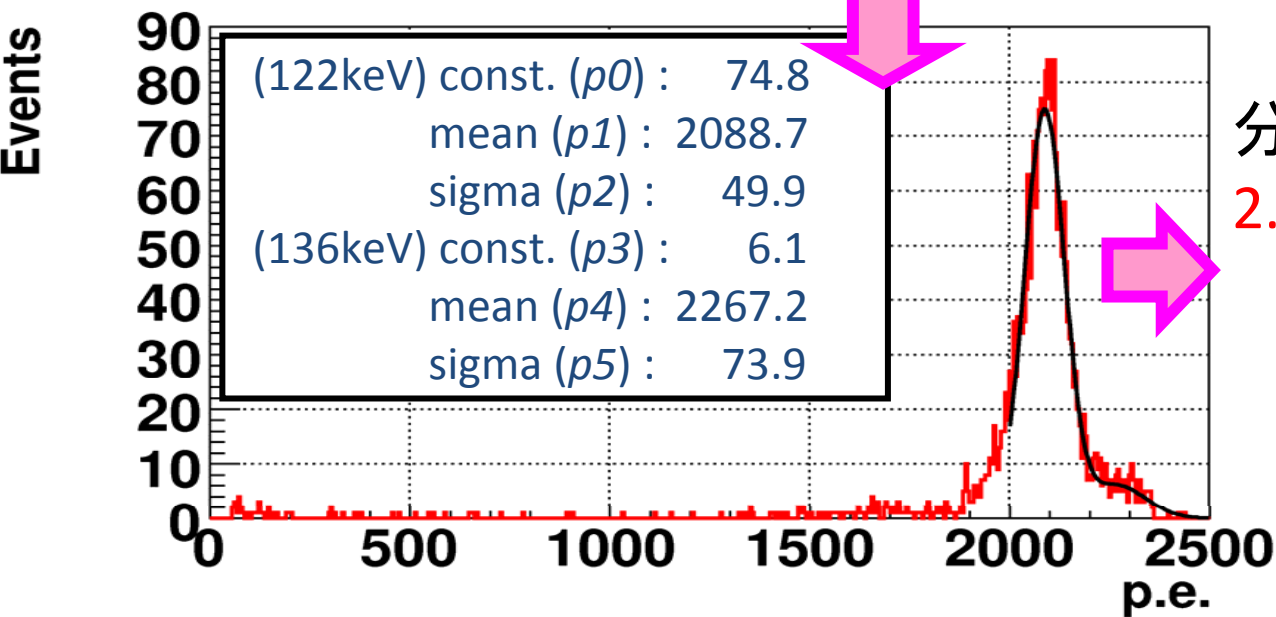
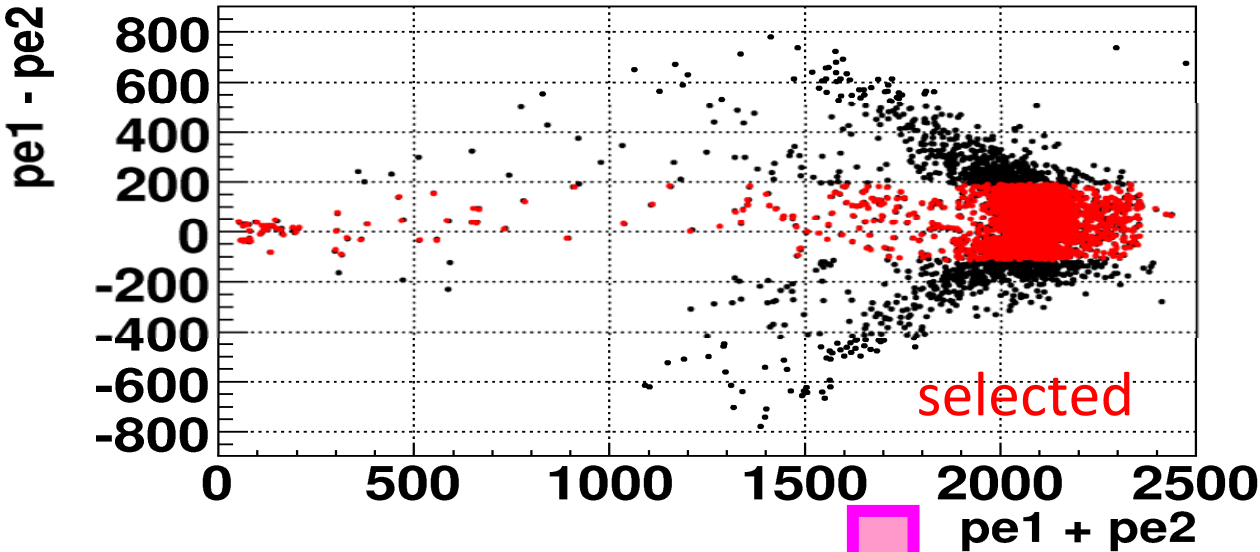
1pe の不定性~10%を考慮しても 15.4~17.1pe/keV.

(\*)136keV peak meanの比 (energy ratio):  $(p_4)/(p_1) = 1.09$  ( $\Leftrightarrow 1.12$ )

面積比 (intensity ratio):  $(p_3 \times p_5)/(p_0 \times p_2) = 0.093$  ( $\Leftrightarrow 0.125$ )



# ● shadow 事象のカット

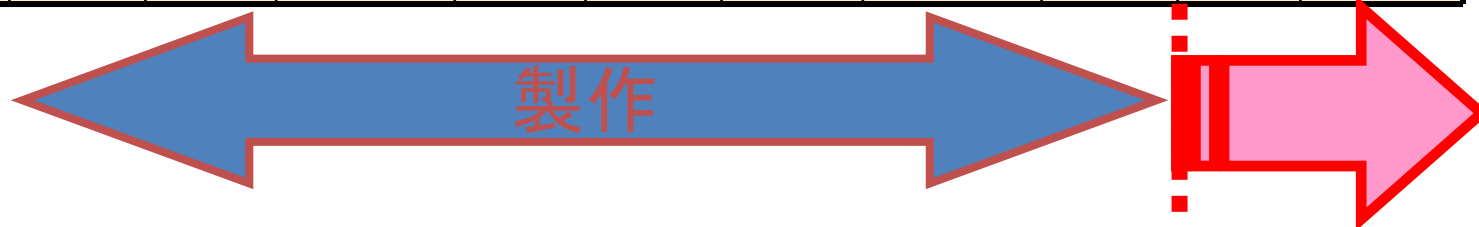


分解能：  
2.4 % @122keV

(\*)136keV peak 面積比 (intensity ratio):  $(p_3 \times p_5)/(p_0 \times p_2) = 0.121$  ( $\Leftrightarrow 0.125$ )

# スケジュール

	2007 年度				2008 年度				2009 年度	
	4-6月	7-9月	10-12月	1-3月	4-6月	7-9月	10-12月	1-3月		
検出器	← 設計 →				← 製作 →		← アセンブル →			
冷却・ガスライン		← 設計 →			← 製作 →		← アセンブル →			
PMT	← ブリーダー部分開発 →				← 本体製作 →					
エレクトロニクス		← 試作機製作・テスト →			← 製作 →		← アセンブル →			



- 検出器建設終了までに約2年を予定
- ~2009年度に観測開始予定.

探索開始

# まとめ

- 800kg検出器は、スピんに依存しないモデルで $10^{-9}$ pbまで感度がある。
- 800kg検出器は今年度から予算がつき、建設が始まった。
- 2009年度に実験開始予定である。