

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

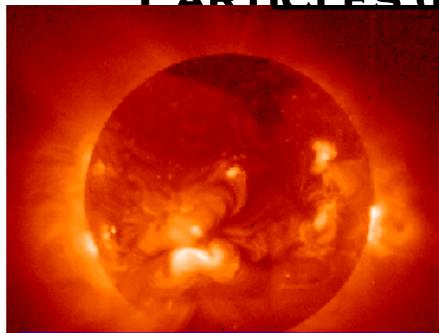
液体キセノンを用いた低バックグラウンド 多目的宇宙素粒子検出器

● XMASS

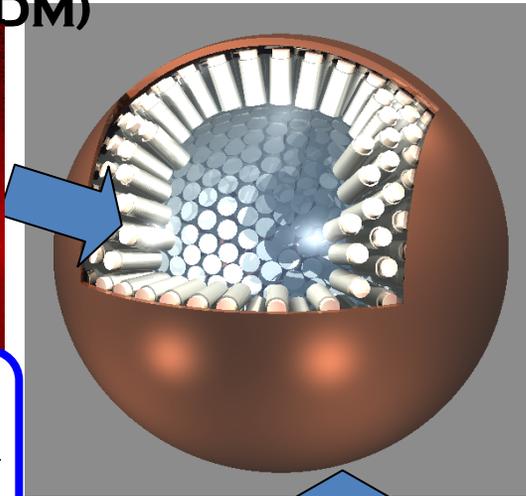
◎ XENON MASSIVE DETECTOR FOR SOLAR NEUTRINO (PP/ ^7Be)

◎ XENON NEUTRINO MASS DETECTOR (DOUBLE BETA DECAY)

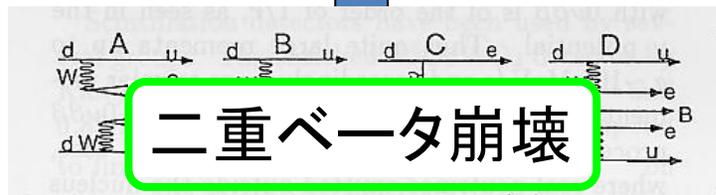
◎ XENON DETECTOR FOR WEAKLY INTERACTING MASSIVE PARTICLES (DM)



低エネルギー
太陽ニュートリノ

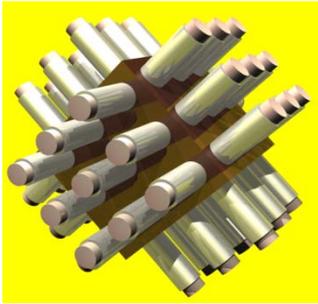


暗黒物質検出



XMASS実験計画

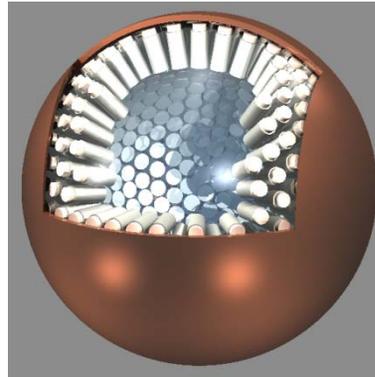
100kg プロトタイプ
(FV:30kg、~30cm)



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

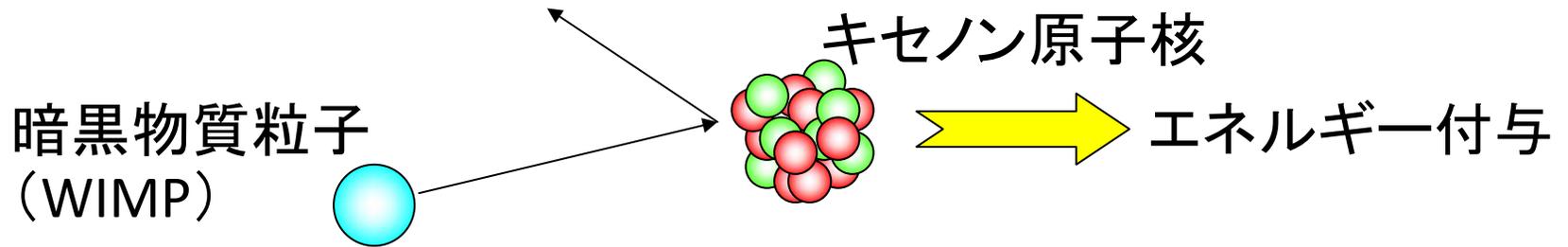
20ton 検出器
(FV:10ton、~2.5m)



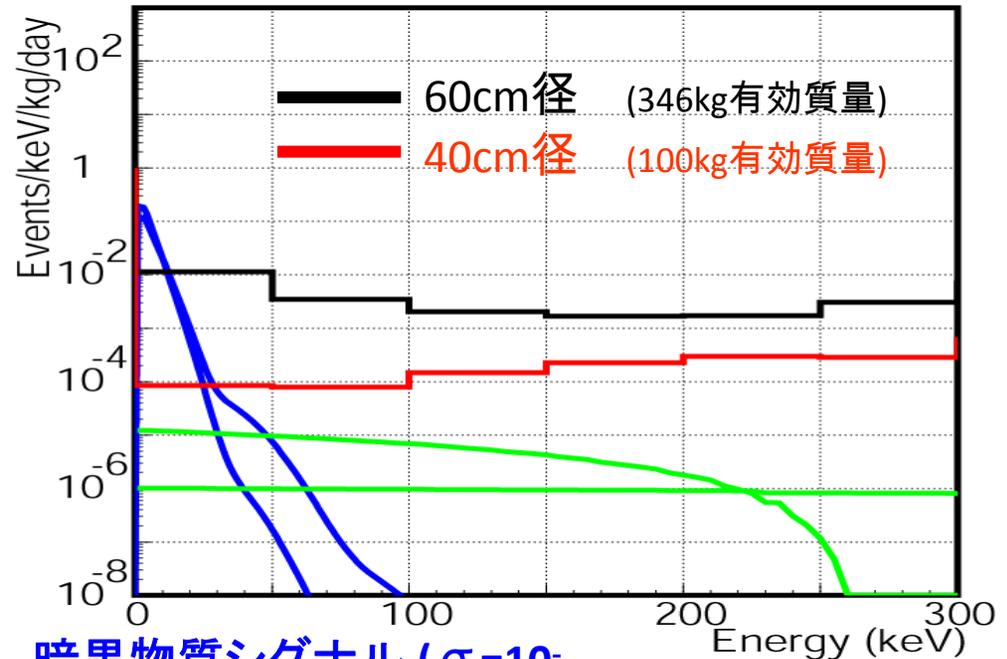
太陽ニュートリノ
暗黒物質探索

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。



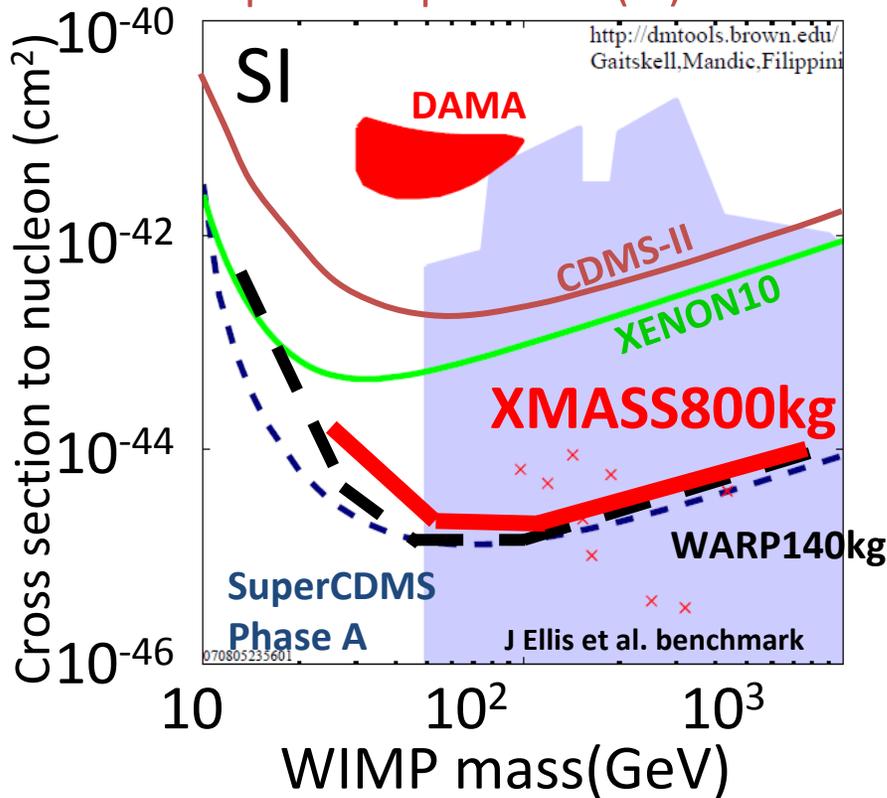
暗黒物質シグナル ($\sigma=10^{-42}$ cm², Q.F.=0.2, $m_{DM}=50$, 100GeV)

10⁻⁴ events/keV/kg/day : 10⁻⁹ pb @ 100GeV以上の感度を目指す。4

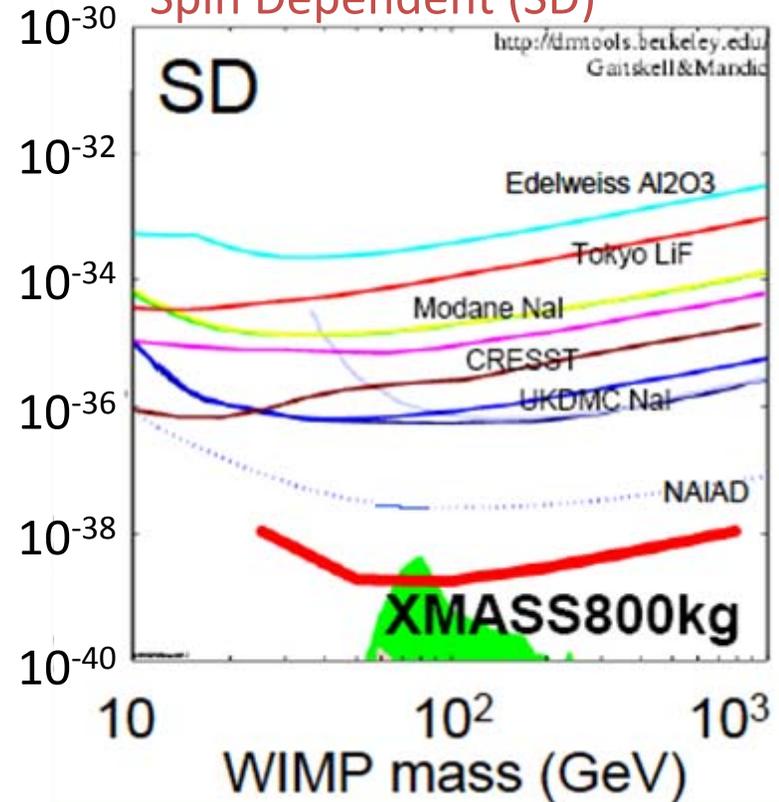
800kg検出器で期待される検出感度

0.5 ton·year exposure , 3σ discovery

Spin Independent (SI)



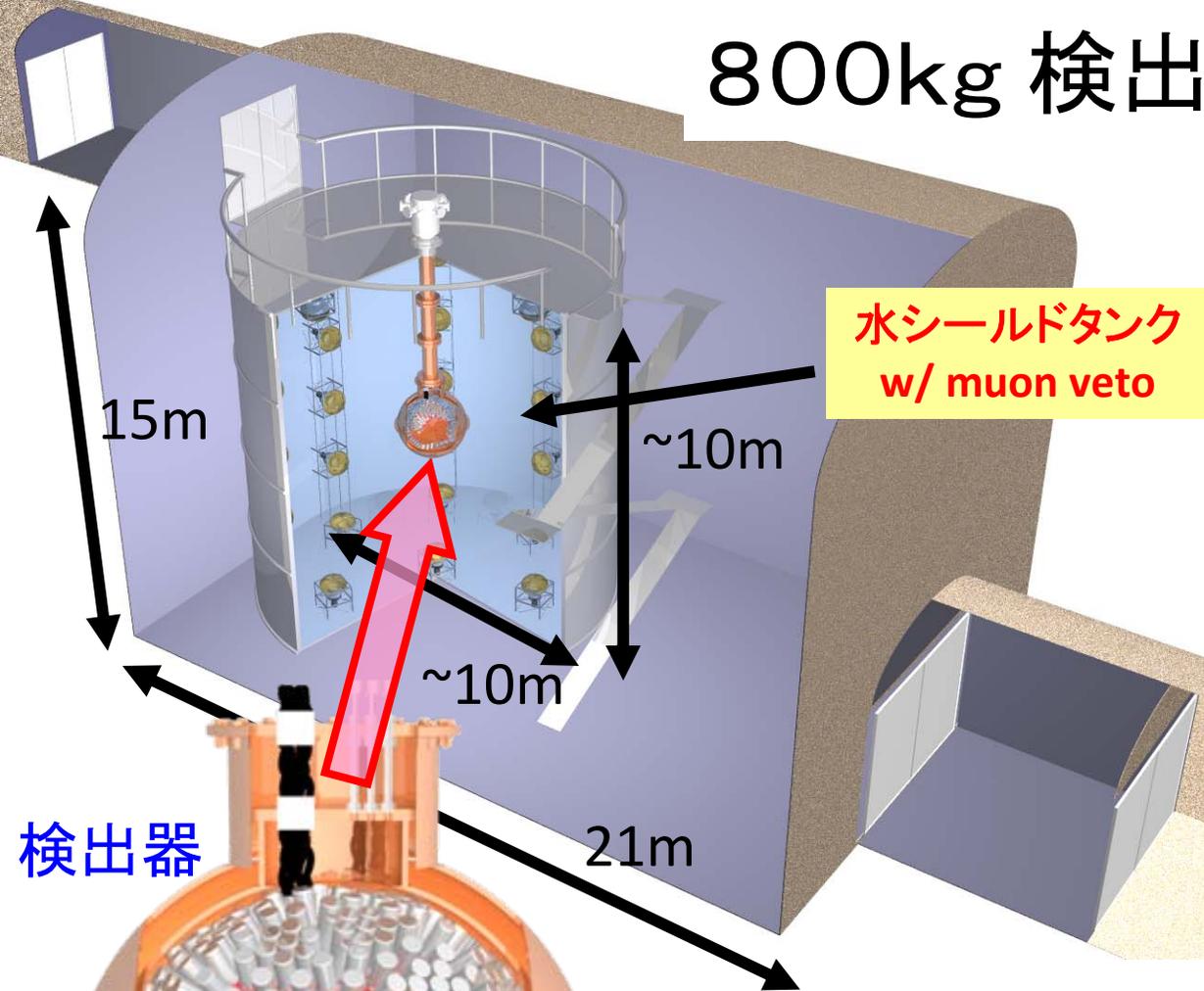
Spin Dependent (SD)



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

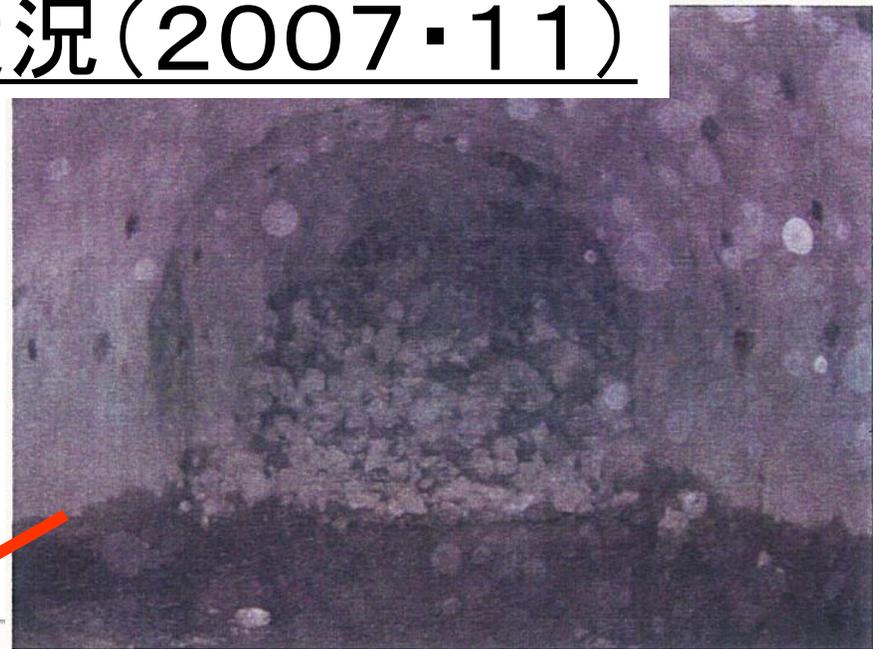
Plots except for XMASS
<http://dmtools.berkeley.edu>
 Gaitskell & Mandic

800kg 検出器の建設状況

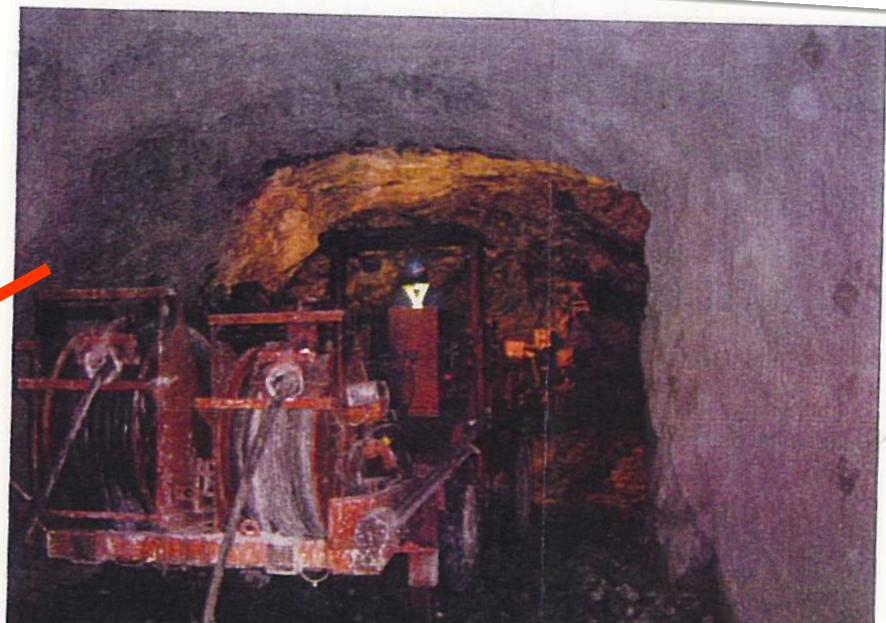
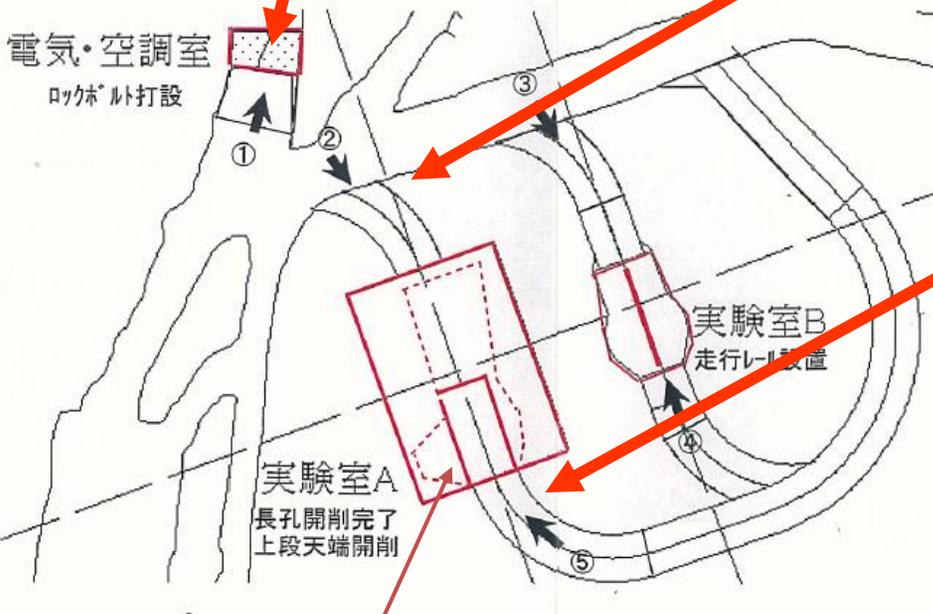


- 掘削が2008年3月に終了予定。
- 2008年3月から、新実験室の設備設置。
⇒ マインガード、ラドンフリーエア等
- 水シールドタンクの設置もすすめる。

新実験室開削状況(2007・11)



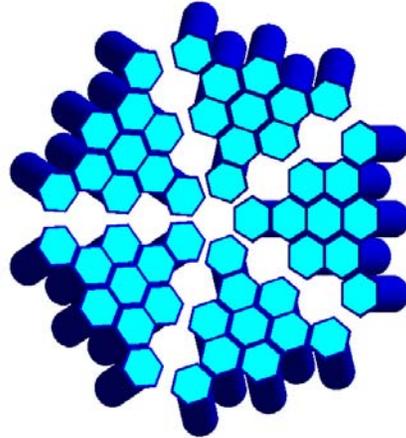
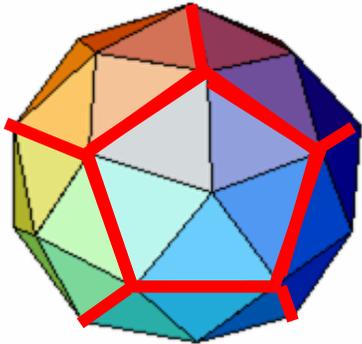
電気・空調室
ロック打設



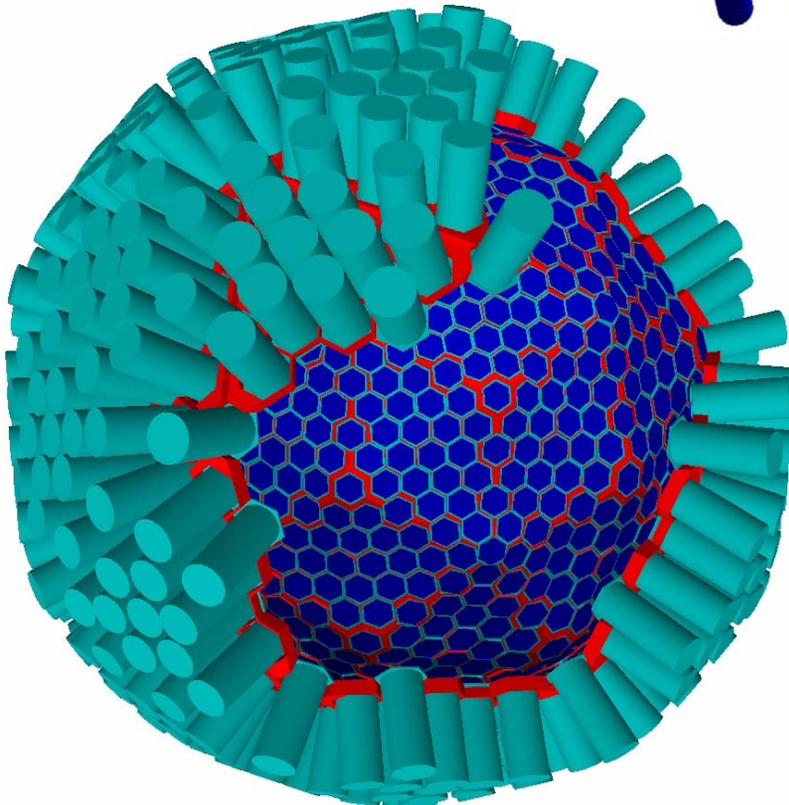
XMSS実験の入る実験室

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



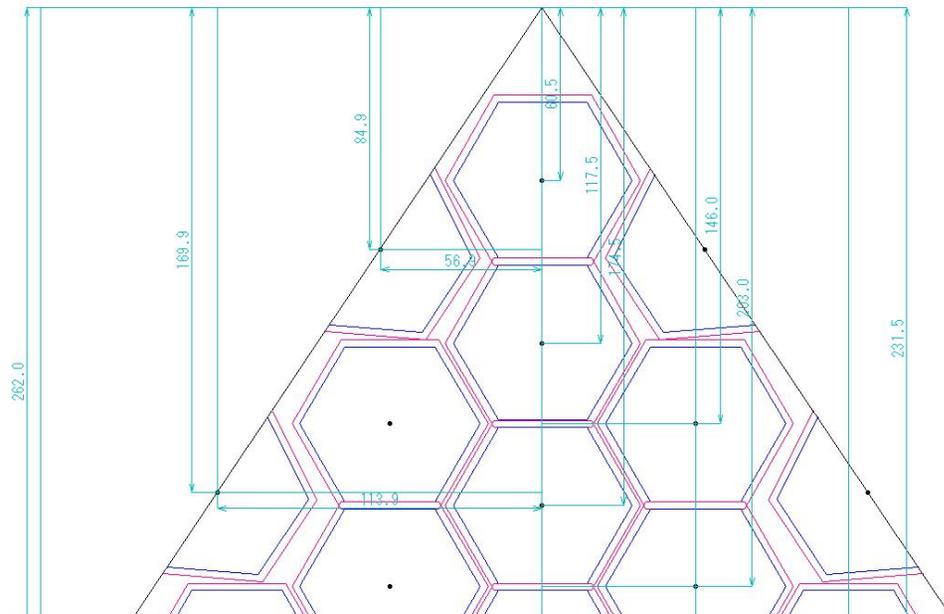
六角型PMT
(R8778mod)



- 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 (σ) @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}K (mBq/PMT)	^{60}Co (mBq/PMT)
18±2	6.9±1.3	140±20	5.5±0.9



^{60}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

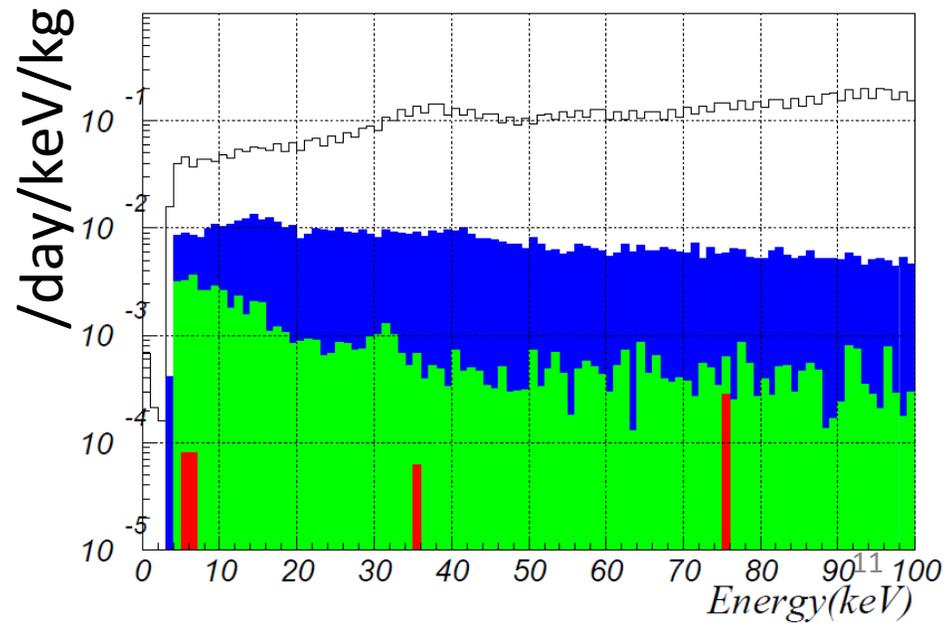
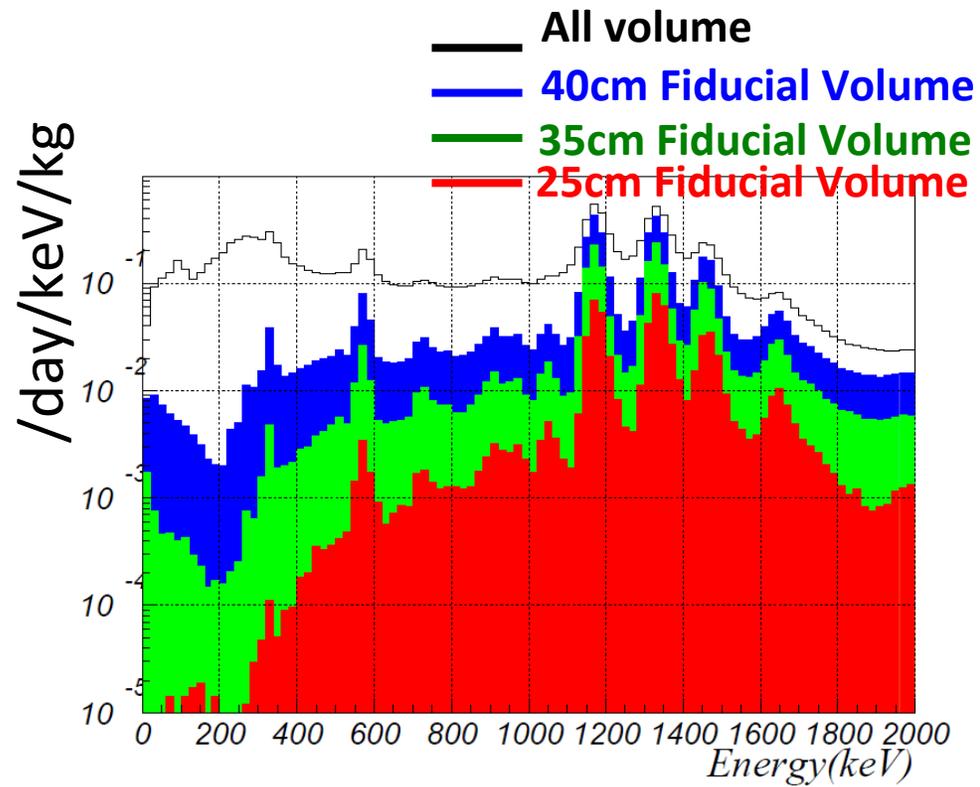
MCによるPMTからのバックグラウンドの見積もり

- Activity of PMT

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

- ^{238}U ^{232}Th ^{60}Co ^{40}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

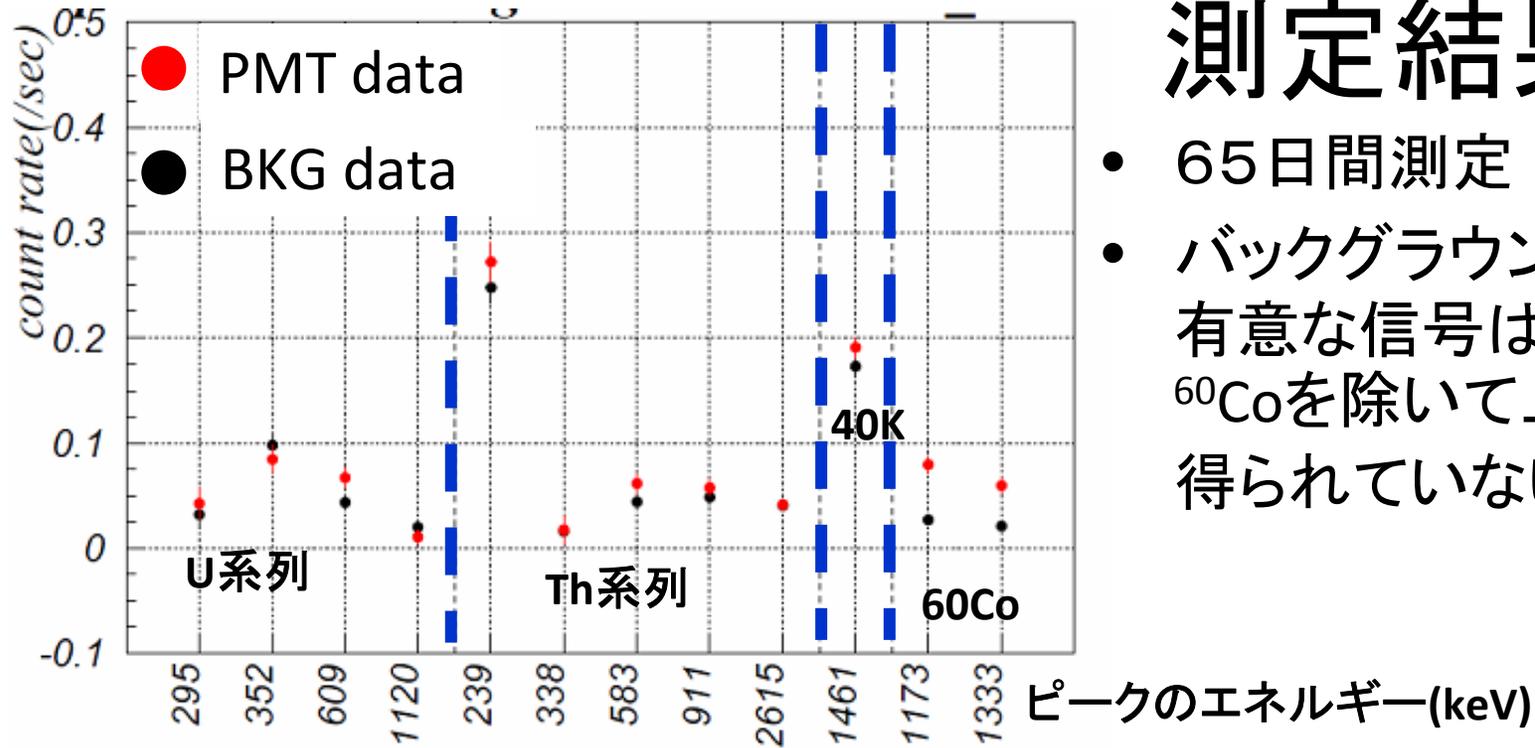
R8778MOD



- 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}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}K	^{60}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

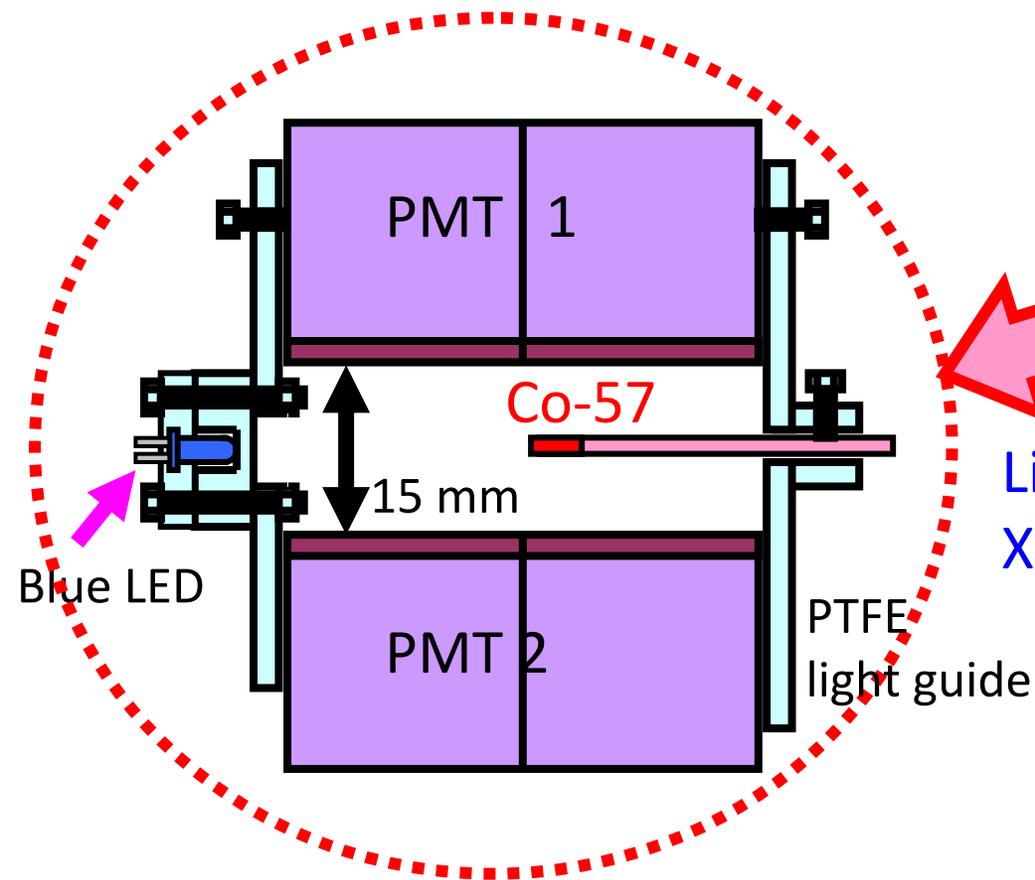


- 発光量
- エネルギー分解能
- 長期安定性

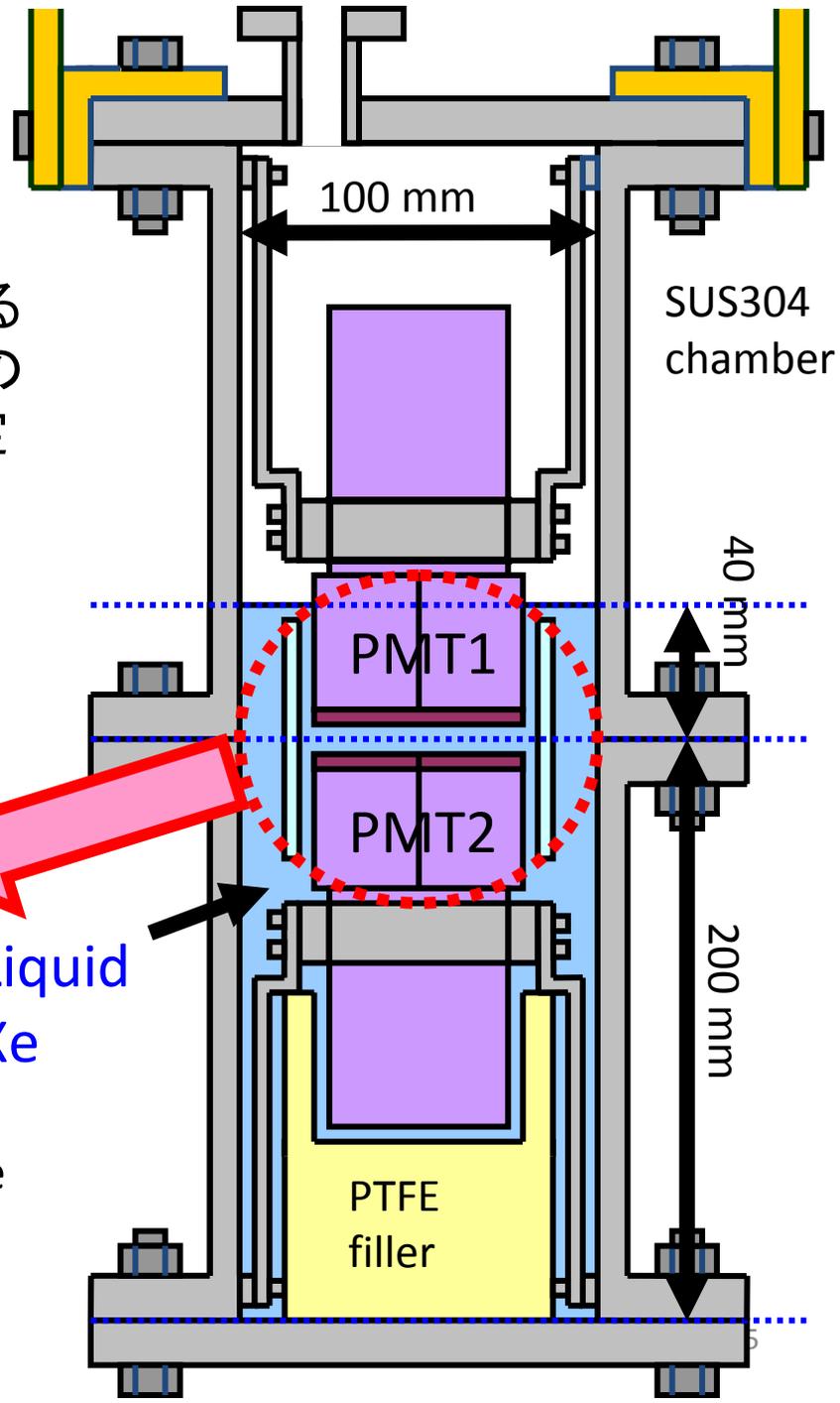
XMASS検出器用に開発が進められている
超低バックグラウンド六角型2インチPMT
HAMAMATSU R8778MOD

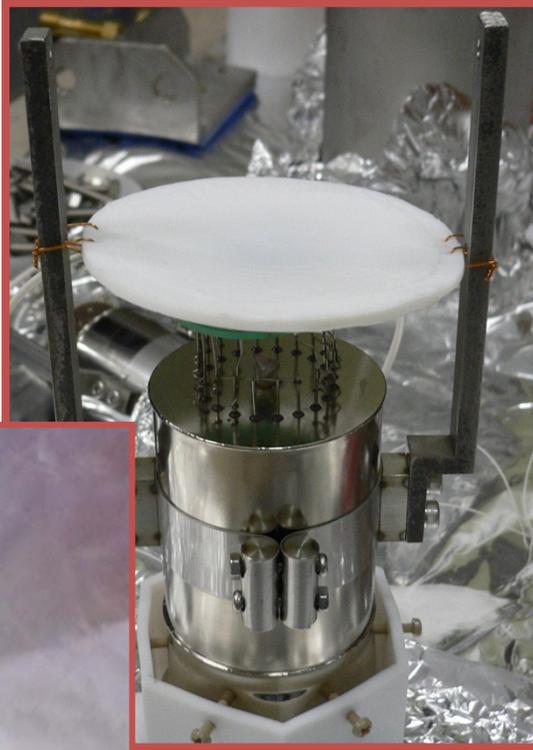
セットアップ

- 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

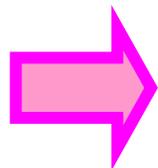
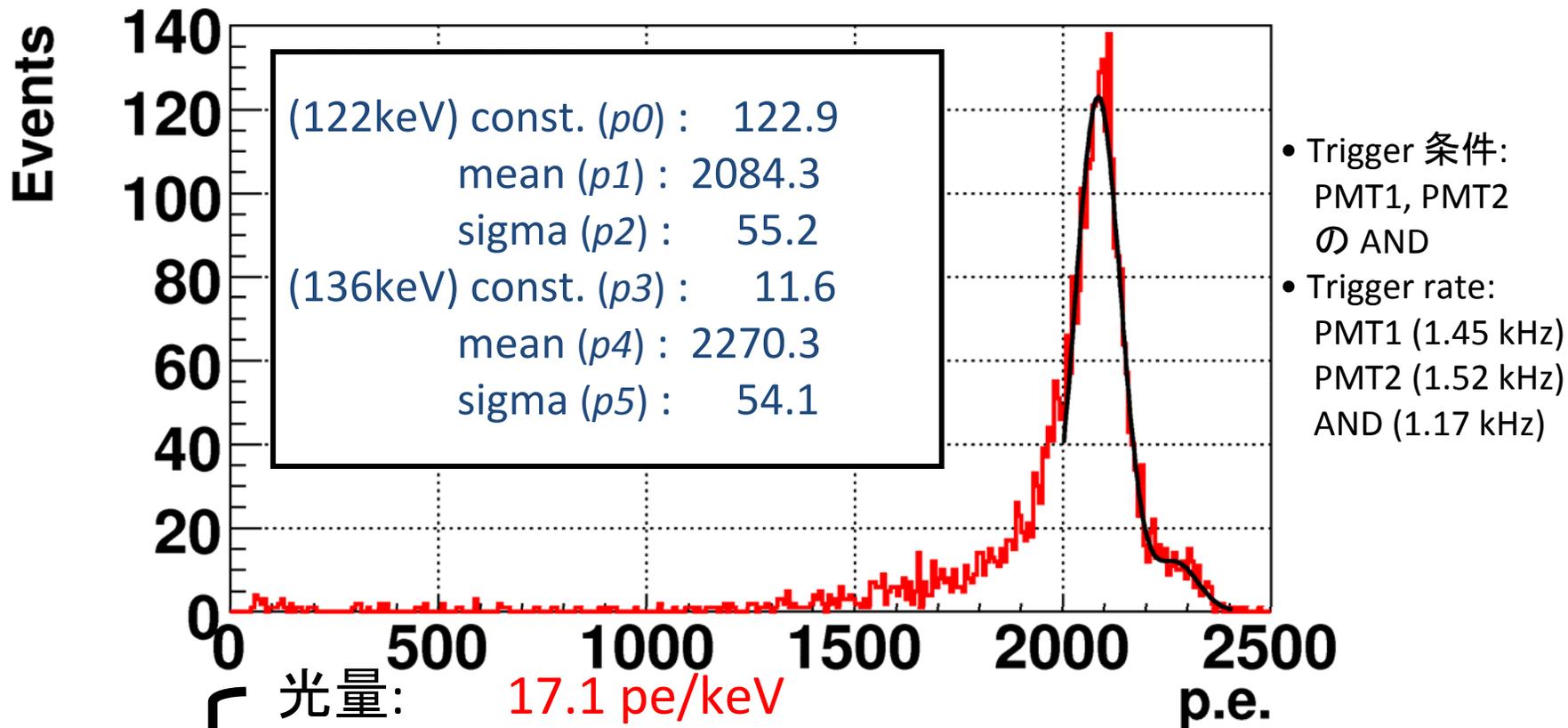


Cold cap





● Co-57 peak (PMT1+PMT2)



光量: 17.1 pe/keV

分解能: 2.6 % @122keV

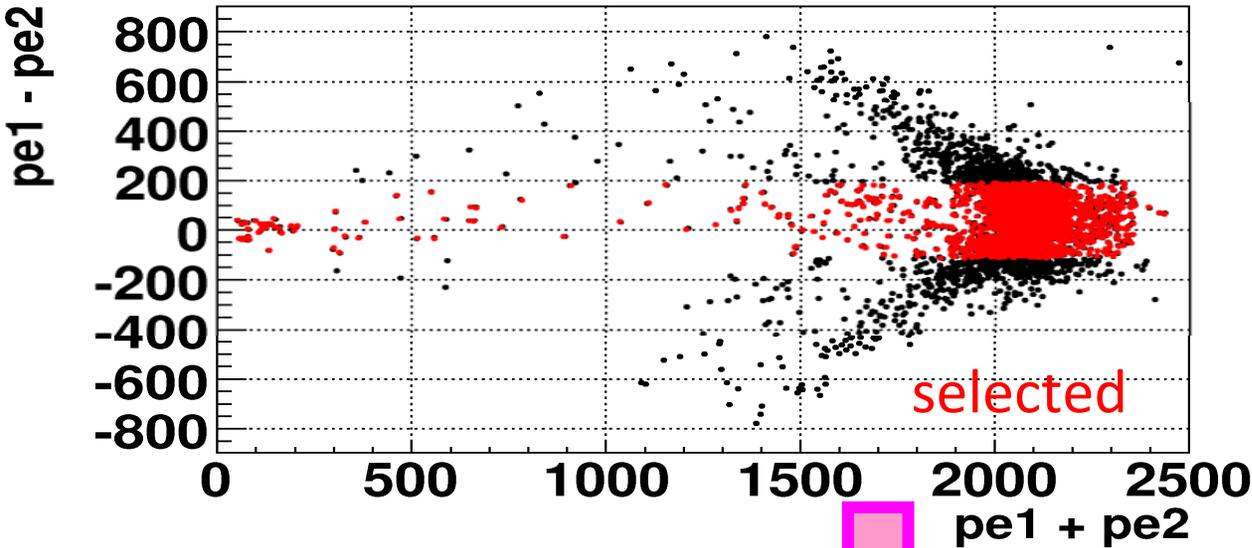
非常に高い光量が得られた。

1pe の不定性~10%を考慮しても 15.4~17.1pe/keV.

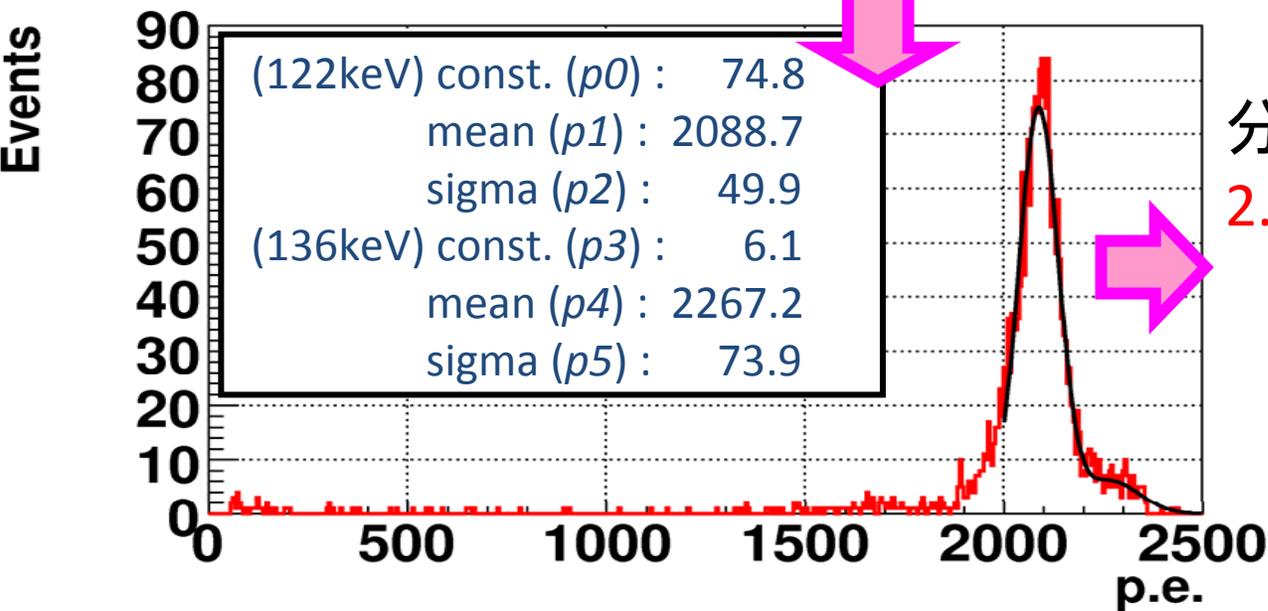
(*)136keV peak meanの比 (energy ratio): $(p_4)/(p_1) = 1.09$ ($\Leftrightarrow 1.12$)

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



pe1: p.e. of PMT1
pe2: p.e. of PMT2



分解能 :
2.4 % @122keV

(*)136keV peak 面積比 (intensity ratio): $(p3 \times p5)/(p0 \times p2) = 0.121$ ($\Leftrightarrow 0.125$)

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。