

日本のこれまで (若干古代史＋近・現代史)

森山茂栄

2017/1/27

darkon_2017

日本のこれまで (若干古代史＋近代史)

蓑輪一派(一部)と、神岡

森山茂栄

2017/1/27

dankon_2017

(私の)有史以前ころ

- 1992年、修士1年生 (quarter century ago)
- 世間の話題
 - CMBが見えた
- 身近な話題
 - ニュートリノの出ない二重ベータ実験: 冷やしシンチ
 - 北大での学会がうらやましい
 - 17 keV ニュートリノ
 - アクシオン: 自分はこっちだった。暗黒物質は横目。
 - 暗黒物質探索
 - ボロメーターがいいぞ (阪大出身の渡辺さんがもってきた)
 - 阪大のELEGANTのNaI(Tl)の棺桶
 - 神戸大学の戎さんの方法 (このへんは神戸大から)

おそらくこれはWitten直後から

AKEN 科学研究費
助成事業データベース

準安定超伝導粒子による磁気単極子の新型検出器

研究課題/領域番号	60540181
研究種目	一般研究(C)
研究分野	核・宇宙線・素粒子
研究機関	神戸大学
研究代表者	エビス 健男 神戸大学, 理学部, 助手 戎 健男 神戸大, 理学部, 助手 (50090543)
研究分担者	森下 淳也 神戸大学, 総合情報処理センター, 助手 (20182230) 横山 千秋 神戸大学, 理学部, 教務職員 (30093537) 渡辺 正 神戸大学, 理学部, 助手 (20030786)
研究期間 (年度)	1985 - 1986
研究課題ステータス	完了(1986年度)
配分額 *注記	2,100千円 (直接経費 : 2,100千円) 1986年度 : 500千円 (直接経費 : 500千円) 1985年度 : 1,600千円 (直接経費 : 1,600千円)

- 抜きん出た先見の明

これが最初なので

PHYSICAL REVIEW D

VOLUME 31, NUMBER 12

15 JUNE 1985

Detectability of certain dark-matter candidates

Mark W. Goodman and Edward Witten

Joseph Henry Laboratories, Princeton University, Princeton, New Jersey 08544

(Received 7 January 1985)

We consider the possibility that the neutral-current neutrino detector recently proposed by Drukier and Stodolsky could be used to detect some possible candidates for the dark matter in galactic halos. This may be feasible if the galactic halos are made of particles with coherent weak interactions and masses $1-10^6$ GeV; particles with spin-dependent interactions of typical weak strength and masses $1-10^2$ GeV; or strongly interacting particles of masses $1-10^{13}$ GeV.

- 飛びついた感がありますが、日本の暗黒物質探索のパイオニアは神戸大にあることがわかります。

戎さんの研究 from 神戸大

Page 1

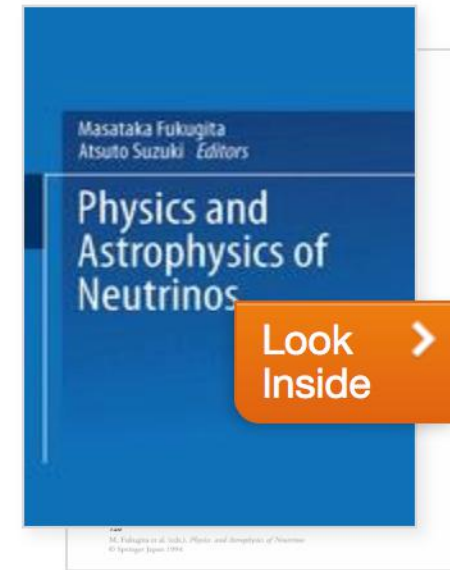
Superheated Superconducting Granules for a Particle Detector

Takeo Ebisu

Department of Physics, Kobe University

Tadashi Watanabe

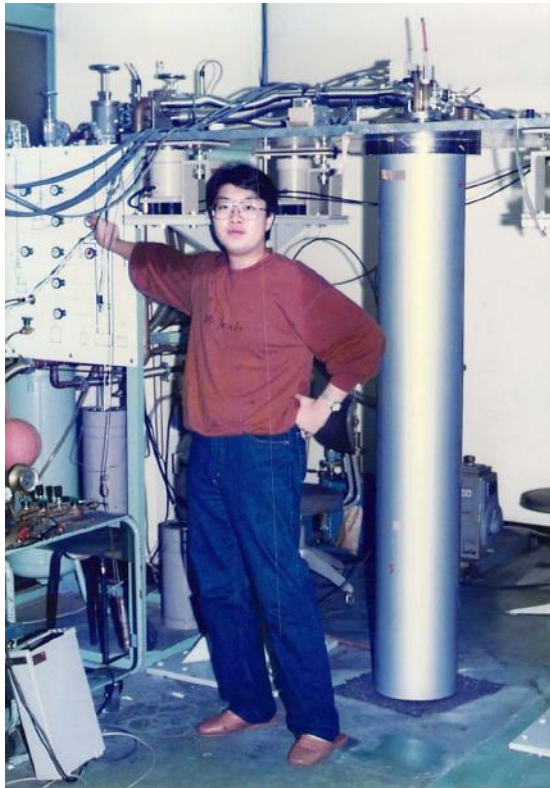
Department of Information Systems, Tokyo University of Information Sciences



- 私の知った最初の国内の暗黒物質探索
- 梶田さんの論文も入っている。
- 宇宙線研で昨日探したが、行方不明なほど人気。

蓑輪家：最初は、のこぎり山

- 宇宙線研の山越さんが管理していた穴
- 水銀遮蔽体とかあったはず。
- 渡辺・坂本・伊藤・井上・大谷・西垣・岸本が中心



日本物理学会 online: 1999-

- すでにだいぶ進展: でも「暗黒物質」これだけ

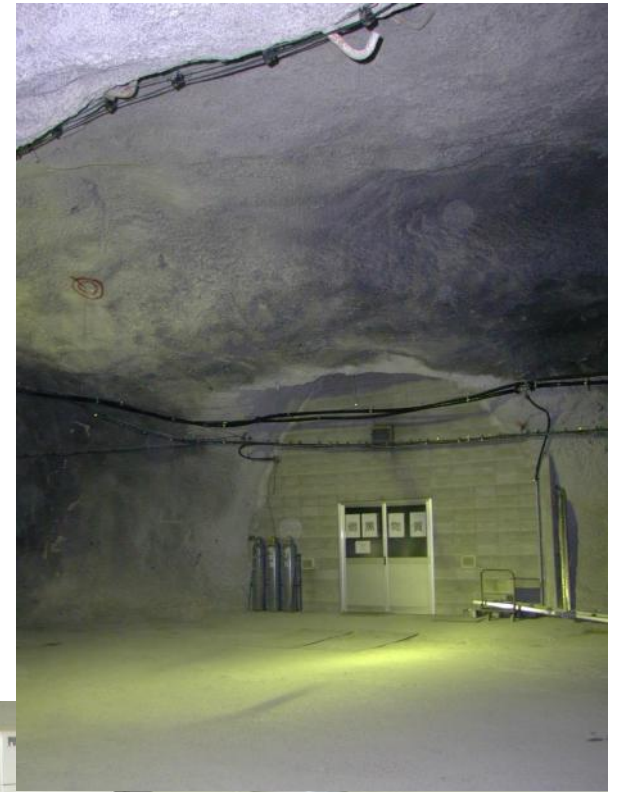
検索結果

講演番号	タイトル	著者	所属	領域
25aSE-1	暗黒物質探索実験に用いるボロメータの高感度化	竹田敦, 井上慶純 ^A , 伊藤寛 ^B , 蓑輪眞, 身内賢太郎, 森山茂栄 ^F , 大谷航 ^D , 大塚洋一 ^C , 関谷洋之, 渡辺隆行 ^E	東大理, 東大素セ ^A , 高エ研 ^B , 筑波大学物理 ^C , 理研 ^D , 湘南工科大 ^E , 東大宇宙線研 ^F	宇宙線
25pSC-11	大型NaI(Tl)検出器による暗黒物質の探索	吉田斉, 江尻宏泰, 伏見賢一 ^B , 久富信之, 久米恭, 蔵本大文, 高久圭二, 林康太郎, 松岡健次 ^A , 辻本義孝, 梅原さおり ^B , 大隅秀晃 ^C	阪大RCNP, 阪大理 ^A , 徳島大総合科 ^B , 佐賀大文教 ^C	原子核実験

再検索

そして神岡に暗黒物質が

- この辺は身内・竹田・関谷さんが中心



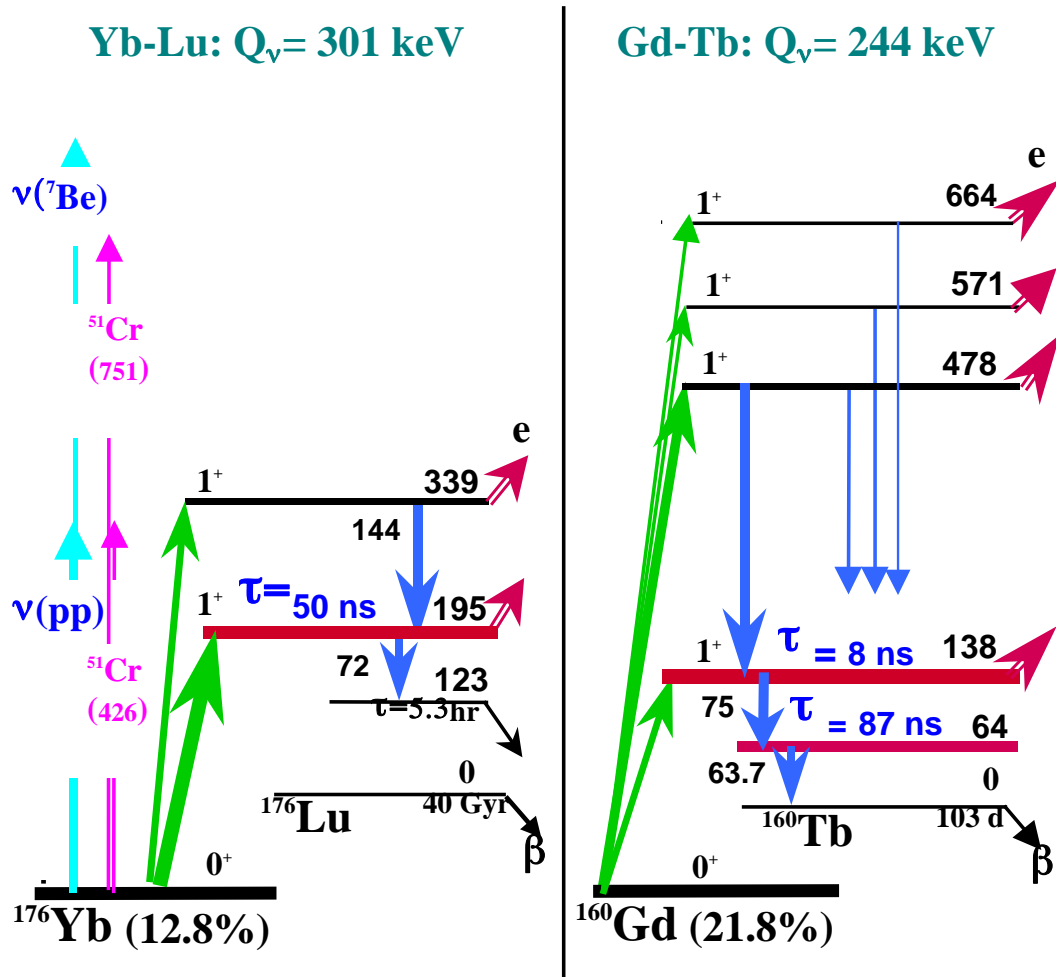
1999年宇宙線研にて

- 鈴木さんが特定領域科研費で、低エネルギー太陽ニュートリノの研究を開始。
- 当時はneutrino oscillationにも様々な解釈があり、 θ_{12} を精度よく決める意義や、低エネルギー太陽ニュートリノを観測する意義が大きかった。
- GSO(Gd_2SiO_5)を用いたpp, Be7太陽ニュートリノの観測を検討。
- その頃のlogbookのタイトルは”pp Be7”

GSO: Gd₂SiO₅(Ce)

- **Proposed by R.S.Raghavan in 1996**
- (R.S.Raghavan, Phys. Rev. Lett., 78(1997))

- ~300pp ν events/
10ton Gd
expected



次は

- HERON(He)とか、CLEAN(Ne)とかの実験の提案はそれまでもあった。
- 2000年の夏ころ、鈴木さんが部屋に入ってきて、「液体キセノンは放射性同位体がなくて筋がいい。クリプトンがあって嫌われているが、それさえ取り除けばいいんだ。二重ベータ崩壊もやれるし、それをどかせばpp solar nuがやりやすいし、ダークマターも原子核を適当なところで分ければ奇数核、偶数核にわけられて面白い探索ができる。ppの前にダークマターがやれる。」と発言。すぐさまその旨の論文がarxivに入れられる。
- FV内のBGは予言しやすい(internal BG, pp solar nu)。BGを差っ引いて、信号を探せ！

arxiv paper

Low Energy Solar Neutrino Detection by using Liquid Xenon

(September 5, 2008)

← コンパイルした日

Y.Suzuki

(for the Xenon Collaboration [1])

*Kamioka Observatory, Institute for Cosmic Ray Research, University of Tokyo, Higashi-Mozumi,
Kamioka, Gifu 506-1205, Japan*

(Talk presented at LowNu workshop, June-15-2000, Sudbury, Canada)

[1] The current members of the Xenon collaboration are: Y.Suzuki, Y.Fukuda, Y.Itow, Y.Koshio, M.Miura, M.Moriyama, M.Nakahta, M.Shiozawa, Y.Takeuchi (Kamioka Observatory, ICRR, University of Tokyo), T.Kajita, K.Kaneyuki, A.Okada (Research Center for Cosmic Neutrinos, ICRR, University of Tokyo), S. Suzuki, M.Yamashita (Waseda University), K.Miyano(Niigata University), K.Nishijima(Tokai University).

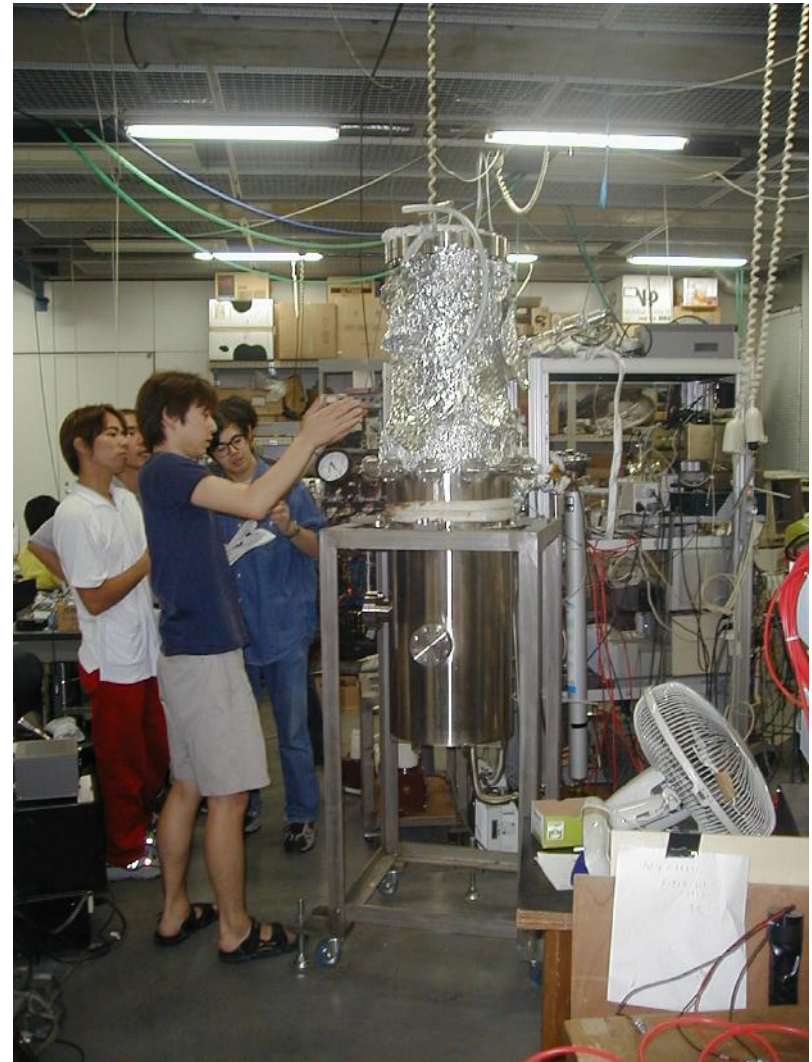
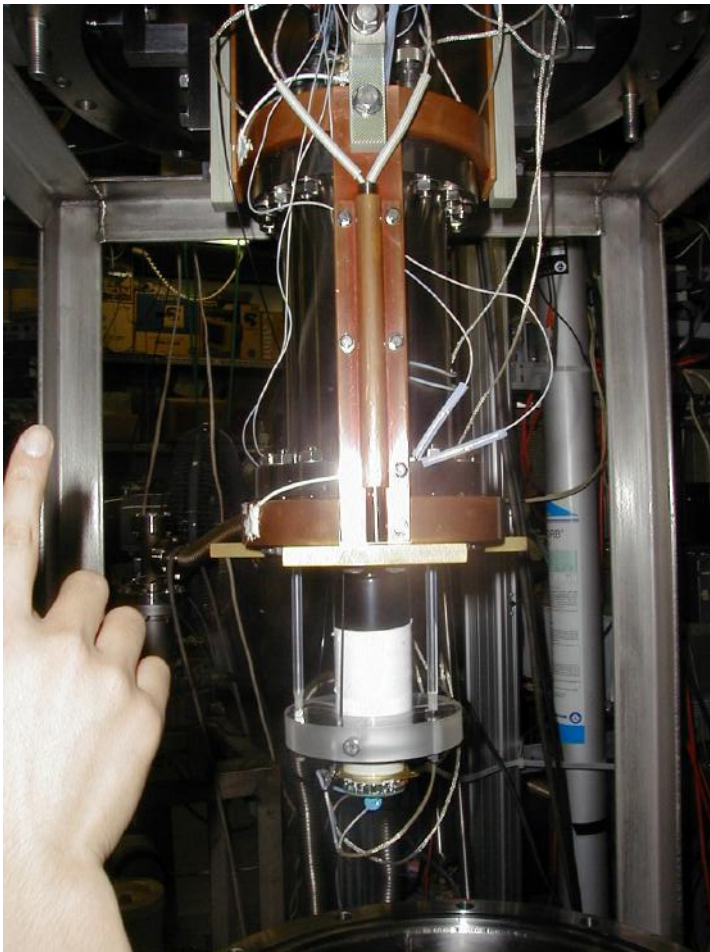
arXiv:hep-ph/0008296v1 29 Aug 2000

- 当時はXenon Collaboration だった！

プロジェクト発進

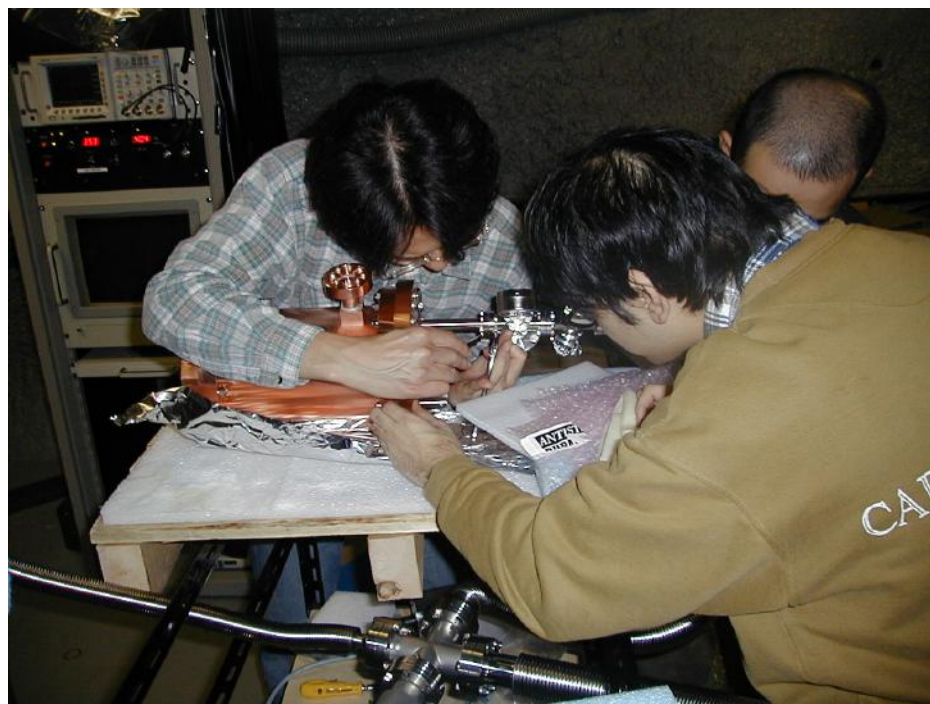
早稲田に学ぶ

- デッドコピーを
- 2000年9月



LINAC室での活動

- 2000年末？



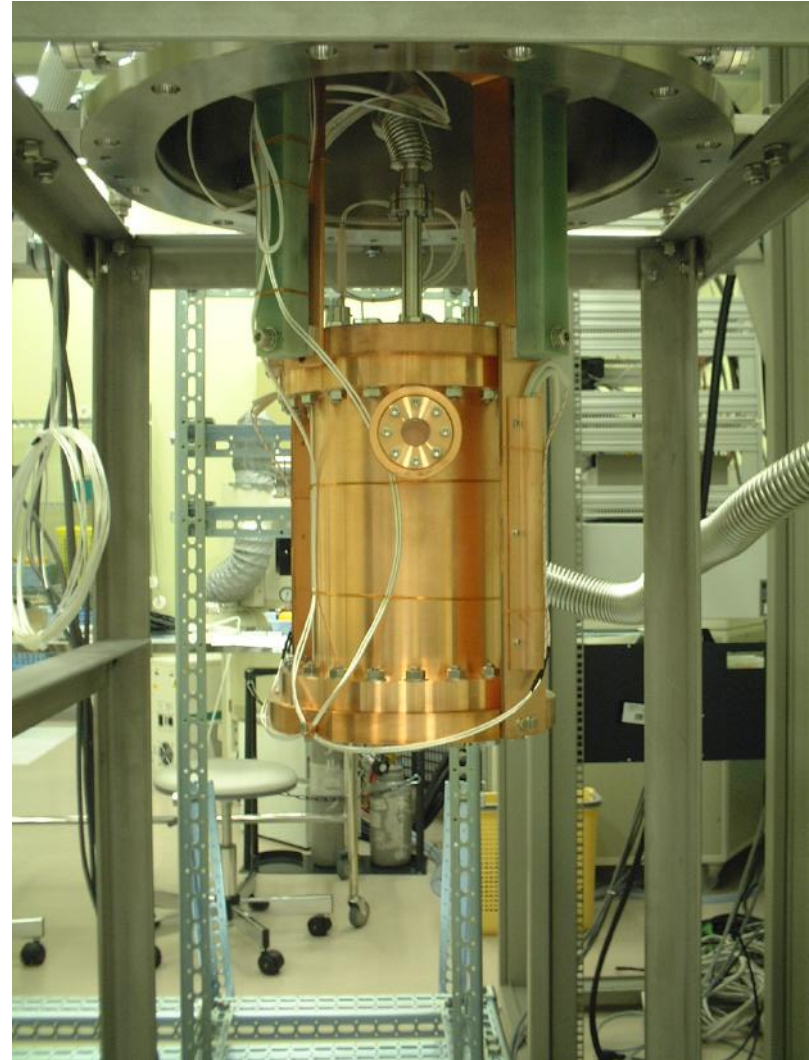






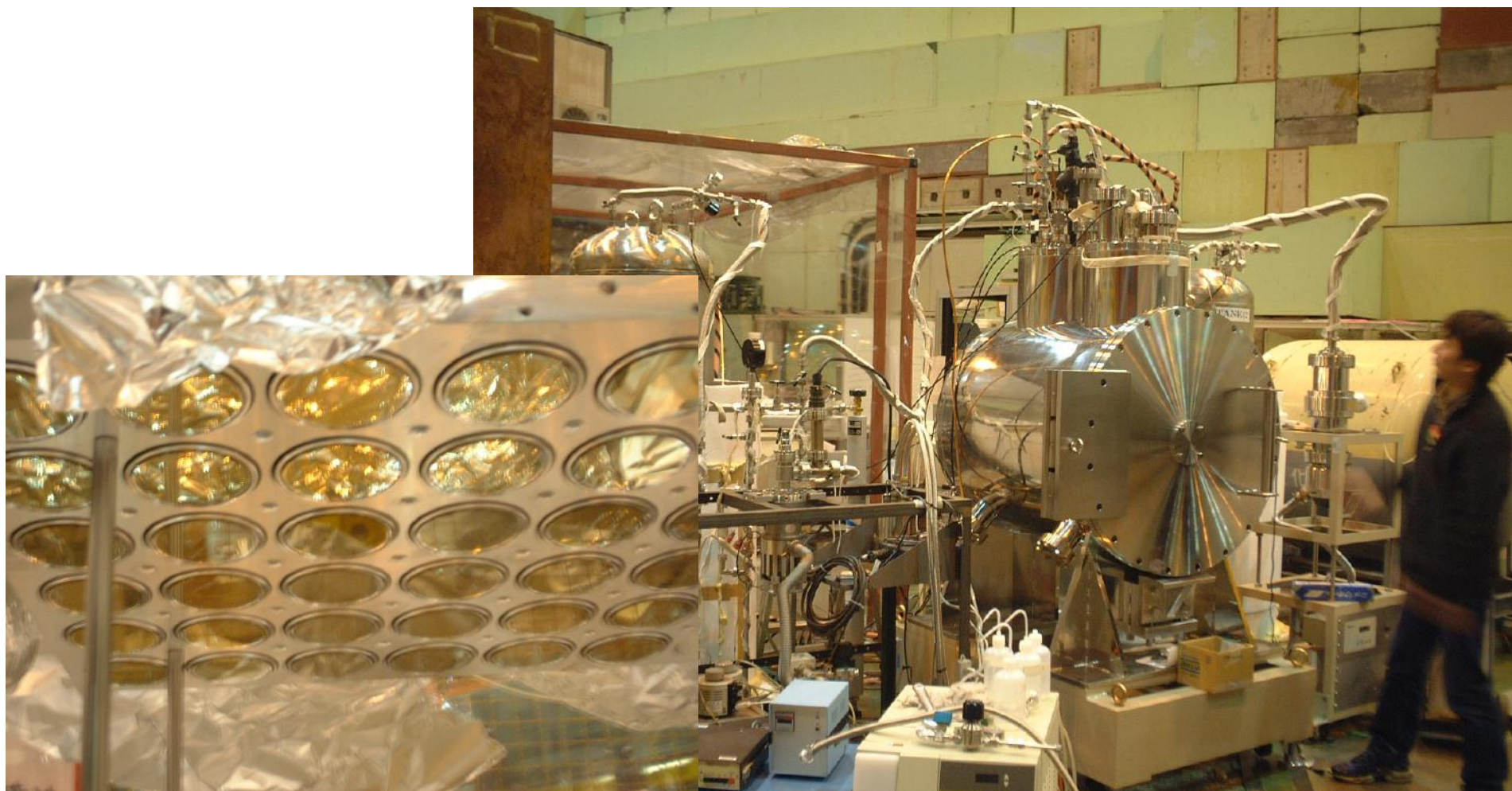
SKクリーンルームでの活動 1リッター検出器

- 2001年3月



当時MEGではジャボ付けだが、

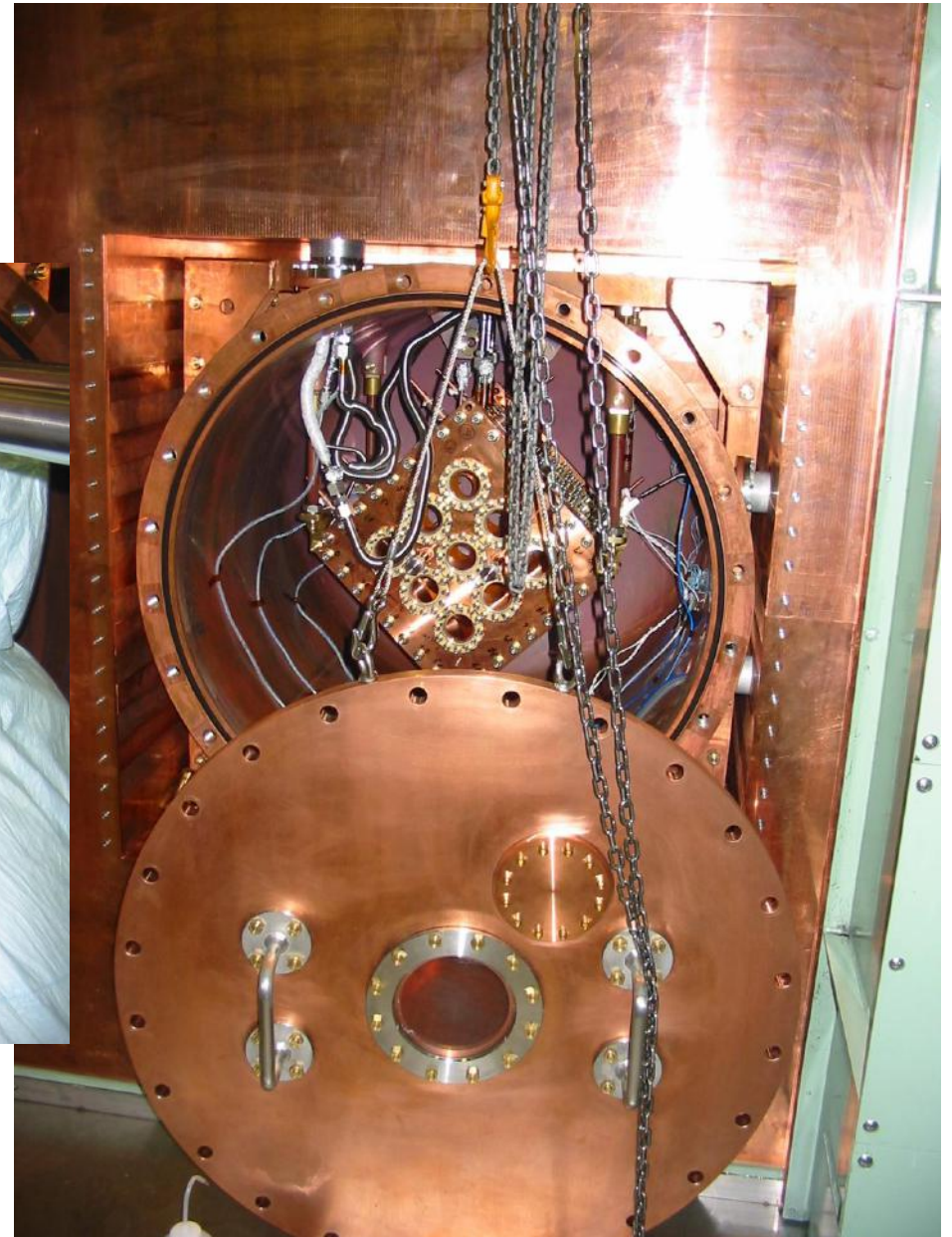
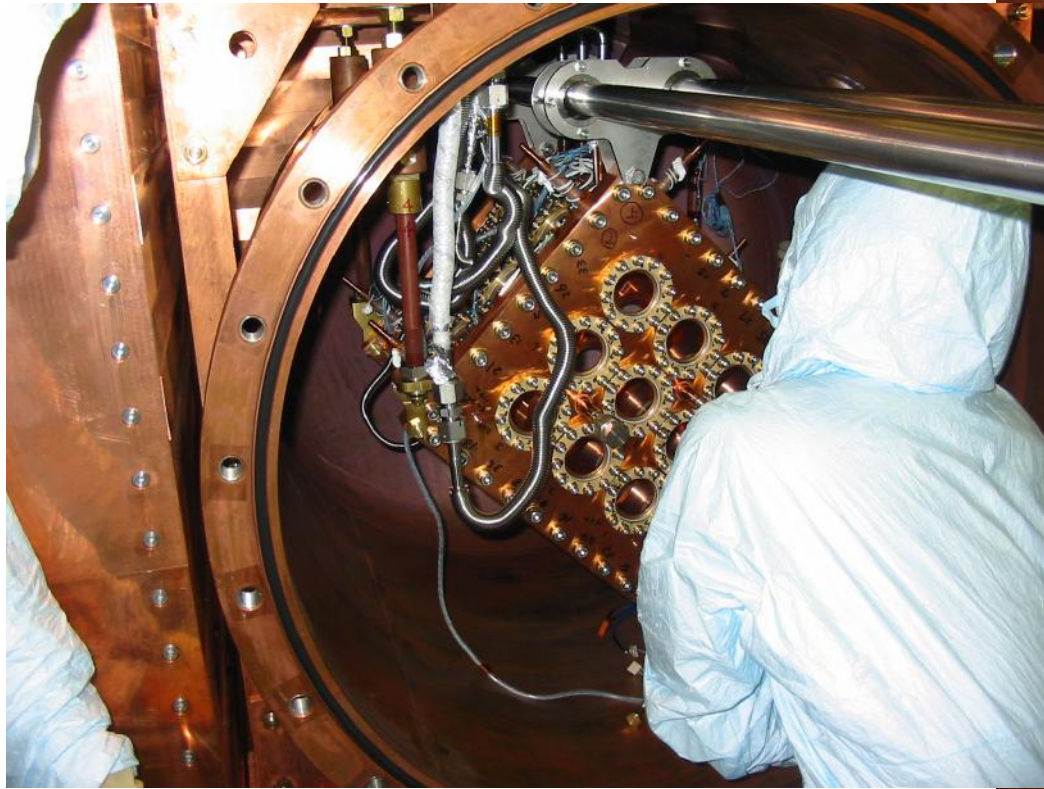
- KEKにて



2000年夏

- Collaborationの名前を決めようという話に
- 名前を投票して決める
- XMASS: 中畑さんの案(との記憶)
- 当時はクリスマスと呼ぶのかどうか議論をしたが、やめて、エックスマス、とした。

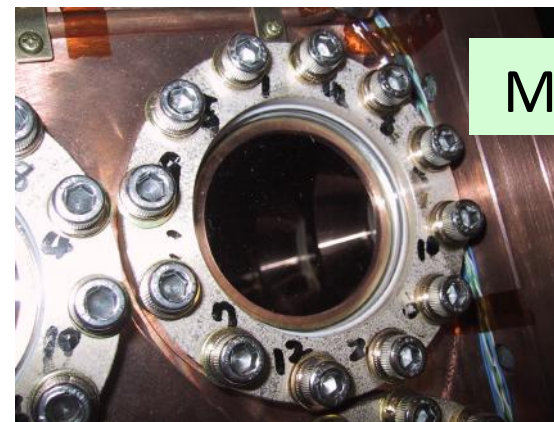
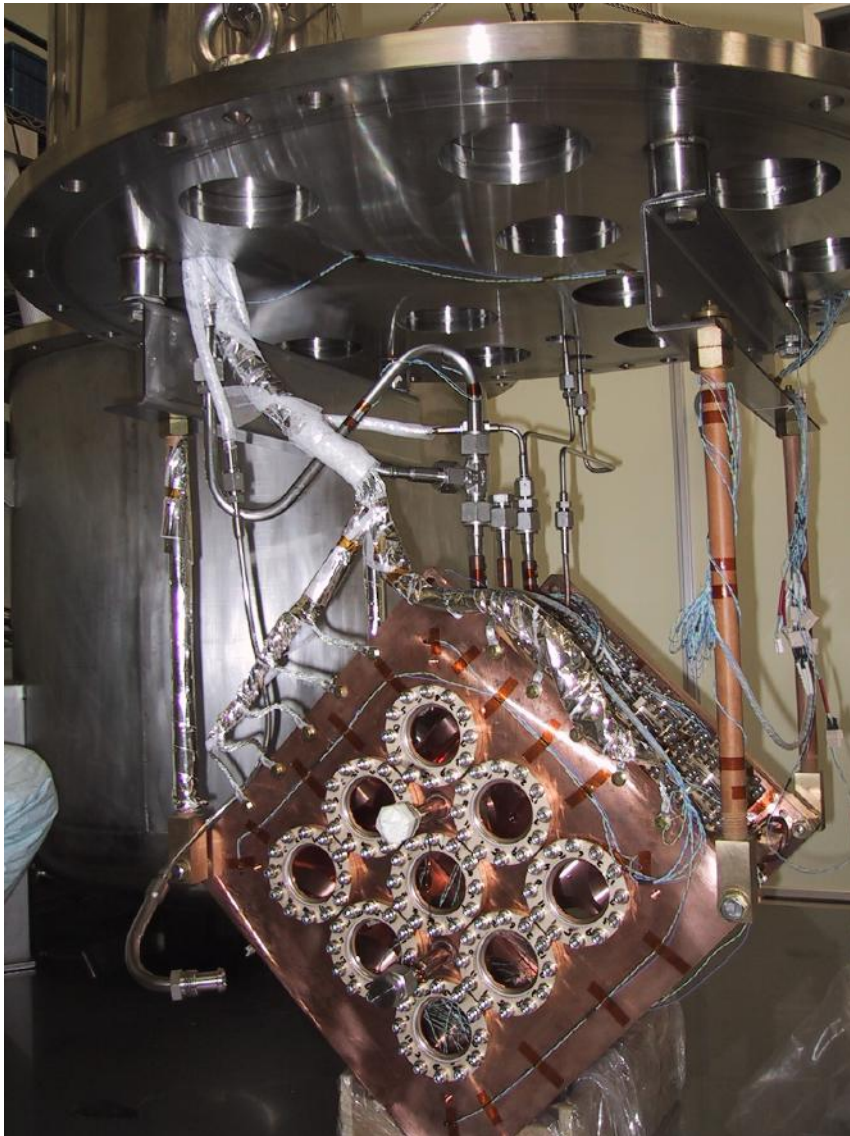
100kg検出器



- とても大変な作業

100kg detector

難波先生のNDM03のスライドより



MgF2 window

遮蔽体



- カイツをつぶした男が営業だった。
- 技術の人から「地震がおきたらどうするんだ」と

そのころ最初のindicationが

== MC status ==

problem in reconstruction for 100kg detector (I)

There is a problem in the reconstruction of the 100kg detector. We reviewed what is the problem and discussed how to overcome it.

review of the problem

We studied the reconstruction performance by using 1MeV alpha source uniformly distributed in the detector. [The figure](#) shows the problem. The first page shows the photo electron distribution, reconstructed energy, and the distance between true and reconstructed vertex. There is a clear bump around 150p.e. in the upper most figure. It shows there are some region where almost scintillation light cannot reach PMTs. The second page shows the event position (ix, iv, iz are the true

[These figures](#) shows the results. The first page shows the situation again. It shows relation of the energy and the distance of the vertex from the center. The upper figure shows the reconstructed energy vs. distance from the center to true MC vertex. The lower figure shows the reconstructed energy vs. the distance from the center to the reconstructed vertex. It clearly can be seen that many events around the **wall** come into the deep inside, though they are reconstructed as low energy.

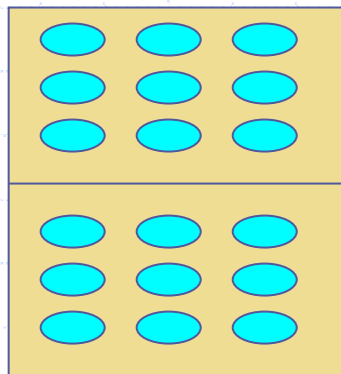
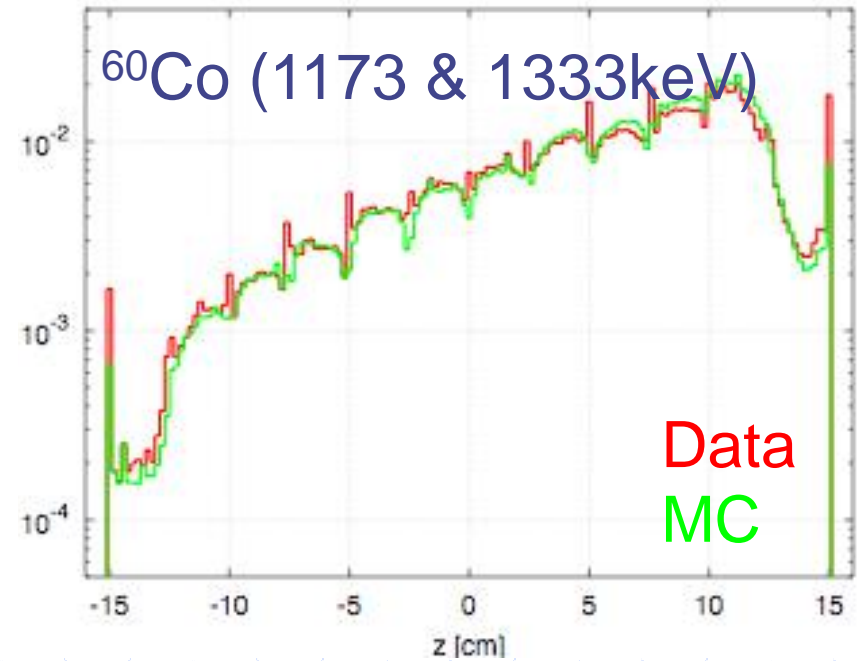
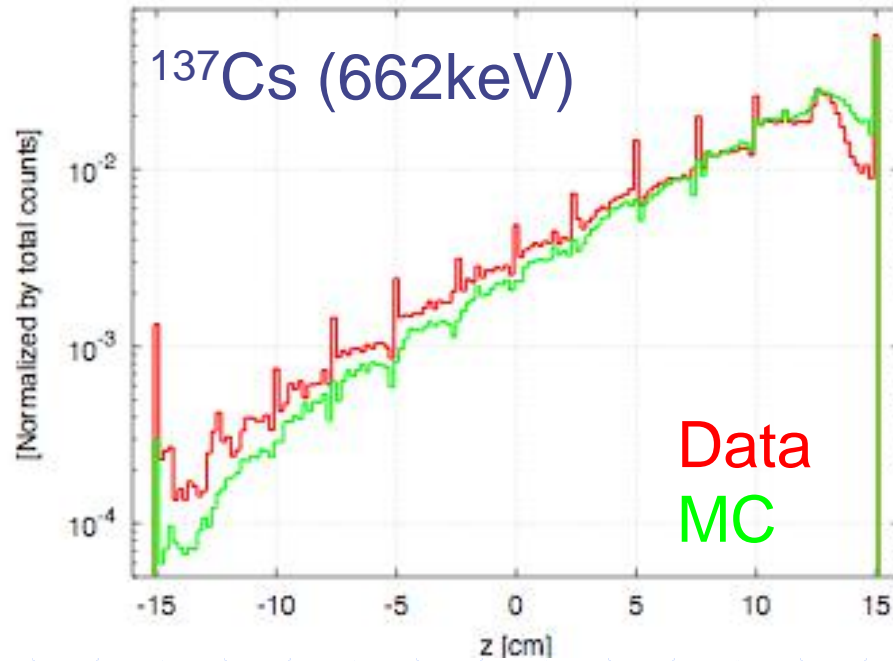
The sixth, seventh figures - skipped. The eighth figure shows the likelihood distribution of all events. The cluster around 1MeV is well fitted. Since the log of the Poisson probability is around -2.5 if the expected/observed is around 20p.e., we can expect the value is $-2.5 \times 54 \sim -120$. However, the log of the probability is not change so much if the expected/observed is very small. So, we cannot distinguish the wrong reconstructed events from the well reconstructed events.

- Wall effectと呼ばれる現象。

初めての100kg検出器でのデータ

Self shielding performance

Z position distribution of photoelectric peaks



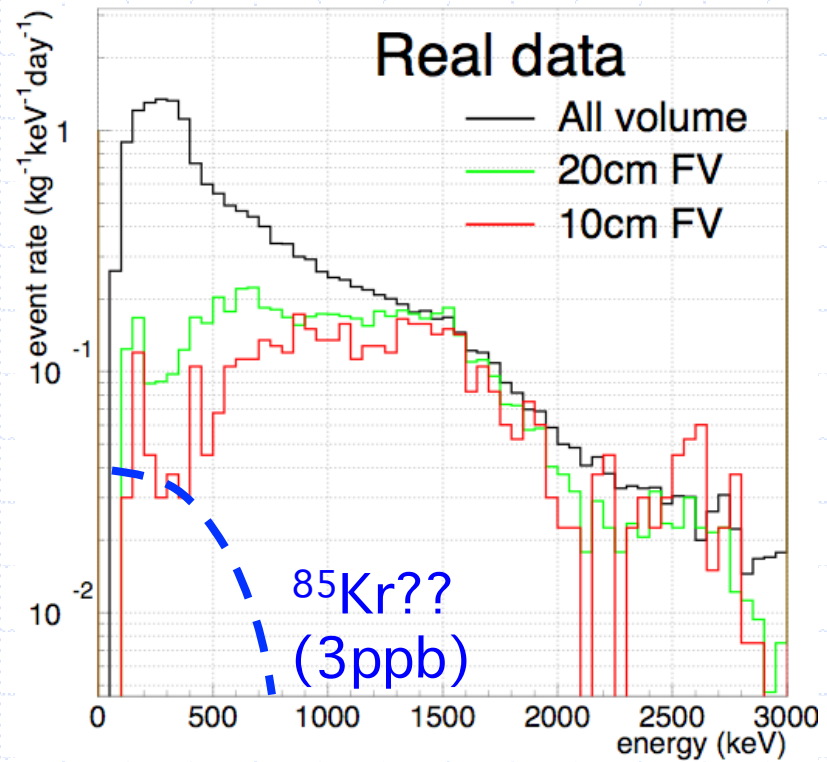
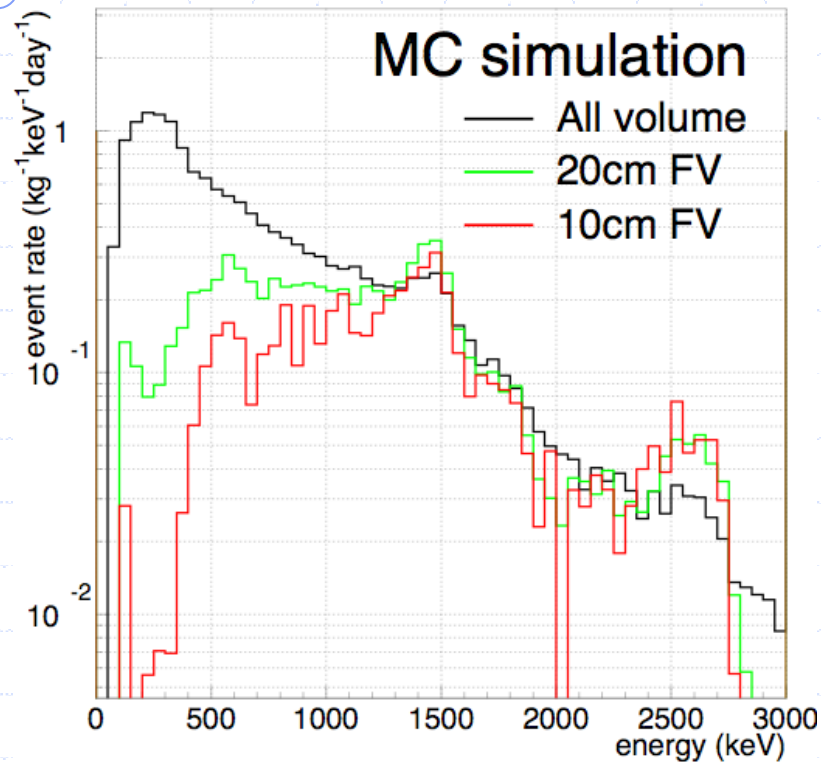
Gamma rays

- ◆ Good agreement with MC
- ◆ Self shielding power works well as expected
- ◆ (Need to improve fitter)

Z= -15

Z= +15

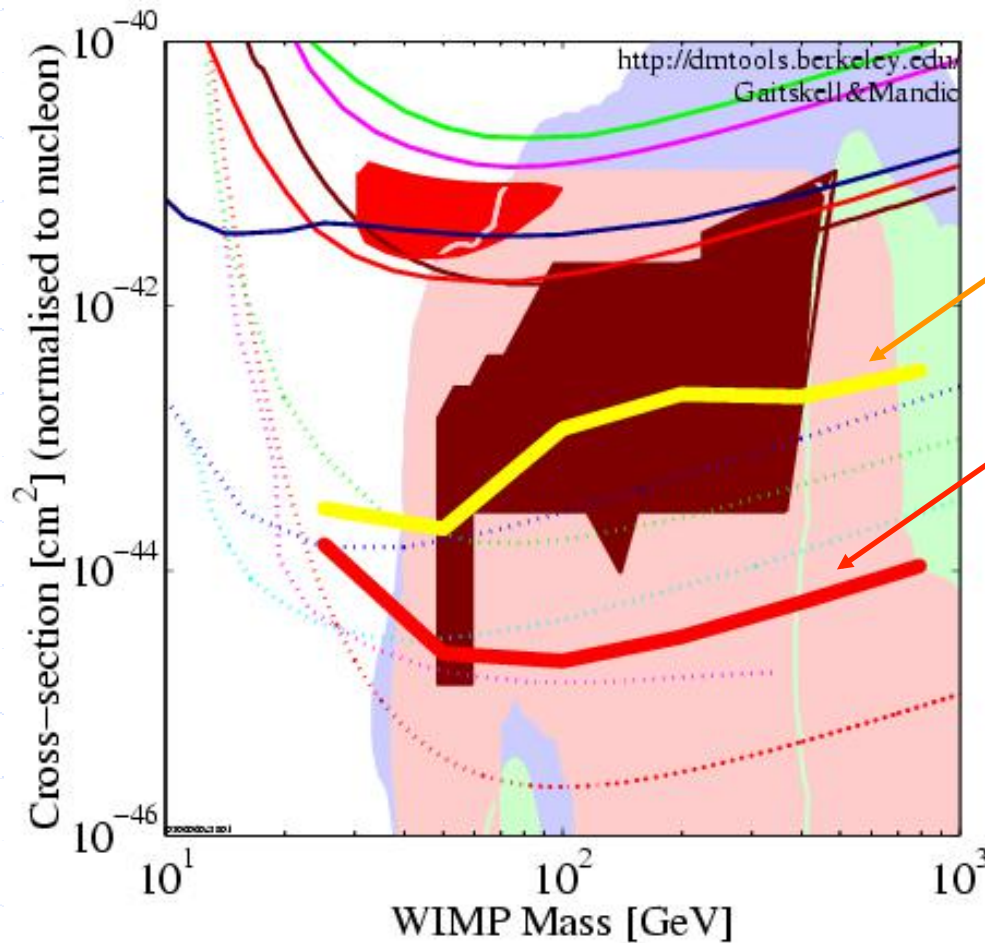
Self shielding power



- ◆ Background decreases with the fiducial volume cut
→ Ultra-low BG at the inner volume
- ◆ Something exists at low energy region
→ $^{85}\text{Kr}??$

Estimated DM sensitivity

Spin independent case



Annual
Modulation
3σ discovery

Raw spectrum, 3σ discovery

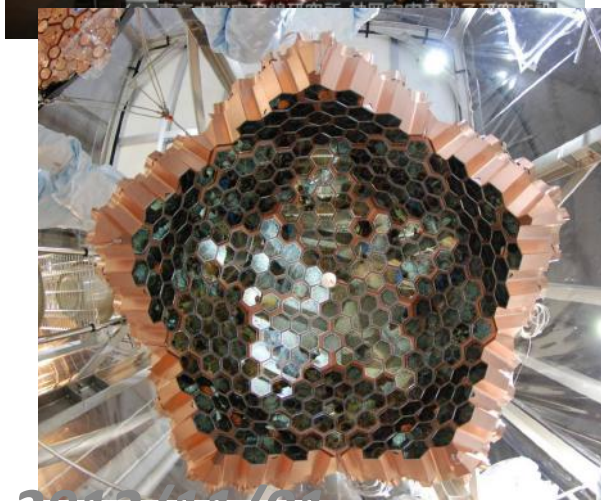
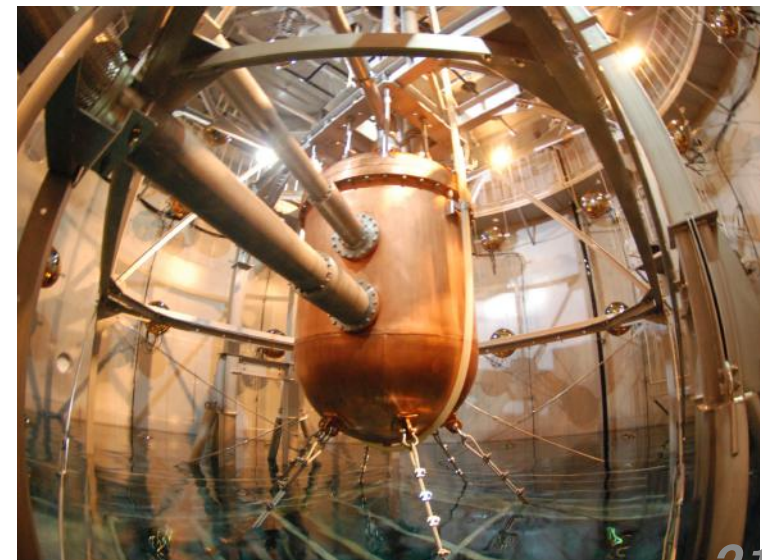
- DATA listed top to bottom on plot
 - NAIAD 2002 result
 - Heidelberg Moscow, 1998
 - CDMS June 2003, bkgd subtracted
 - DAMA 2000 58k kg-days NaI Ann.Mod. 3sigma, w/o DAMA 1996 limit
 - ZEPLIN I Preliminary 2002 result
 - Edelweiss, 32 kg-days Ge 2000+2002+2003 limit
 - Edelweiss 2 projection
 - CDMS, projected at Soudan mine
 - ZEPLIN 4 projection
 - Heidelberg – Genius, projected
 - Baltz and Gondolo, spin indep. sigma in MSSM, with muon g-2 constraint
 - XENON, 1 ton, projected
 - Gondolo et al. SUSY (Gaugino-like Models)
 - Gondolo et al. SUSY (Higgsino-like Models)
 - Gondolo et al. SUSY (Mixed Models)
- 030606043801

Detector Construction

- 2009.11: PMT holder and PMT installation



- 2010.09: Construction Completed

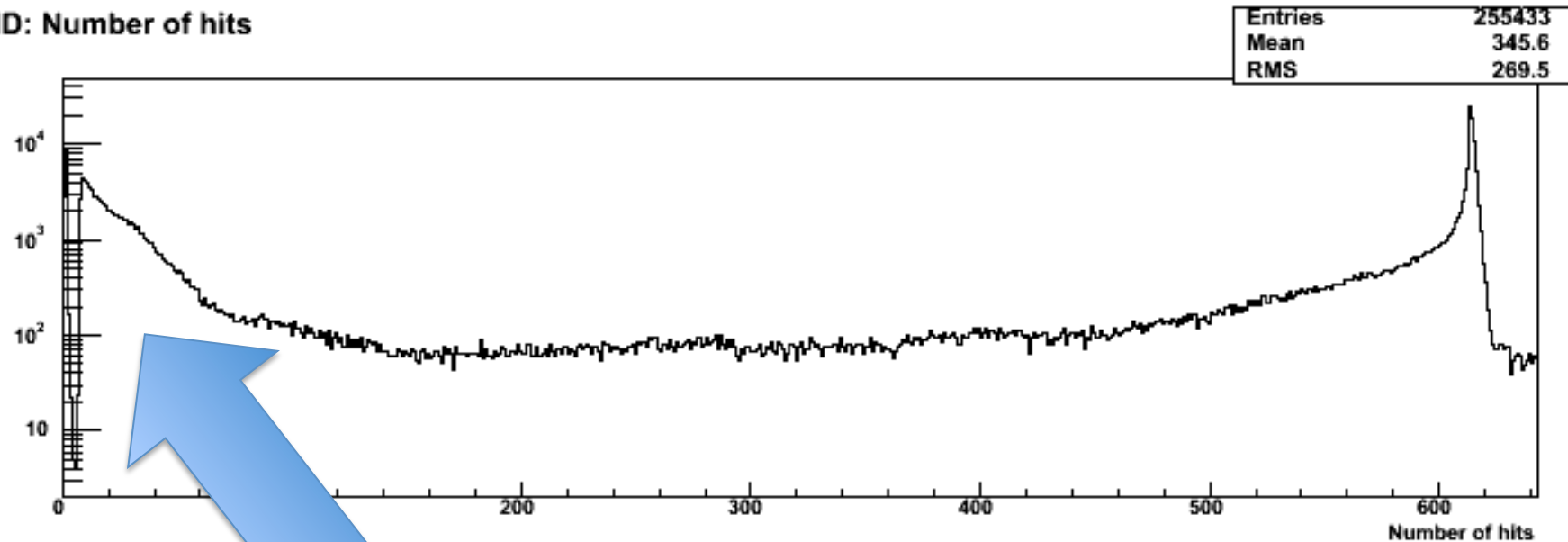


2012/11/01

はじめての運転(2010年)

- 驚愕の生データ (nhit distribution)

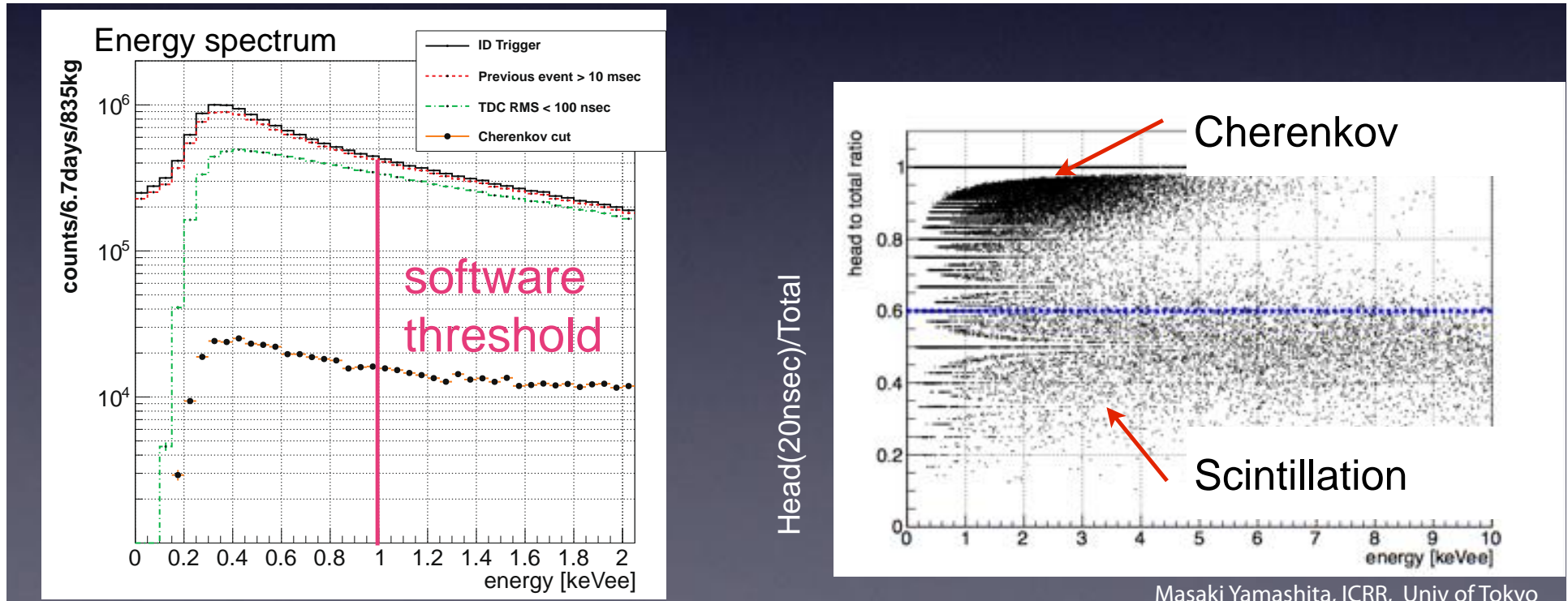
ID: Number of hits



これはいったい、

こっからが本番勝負

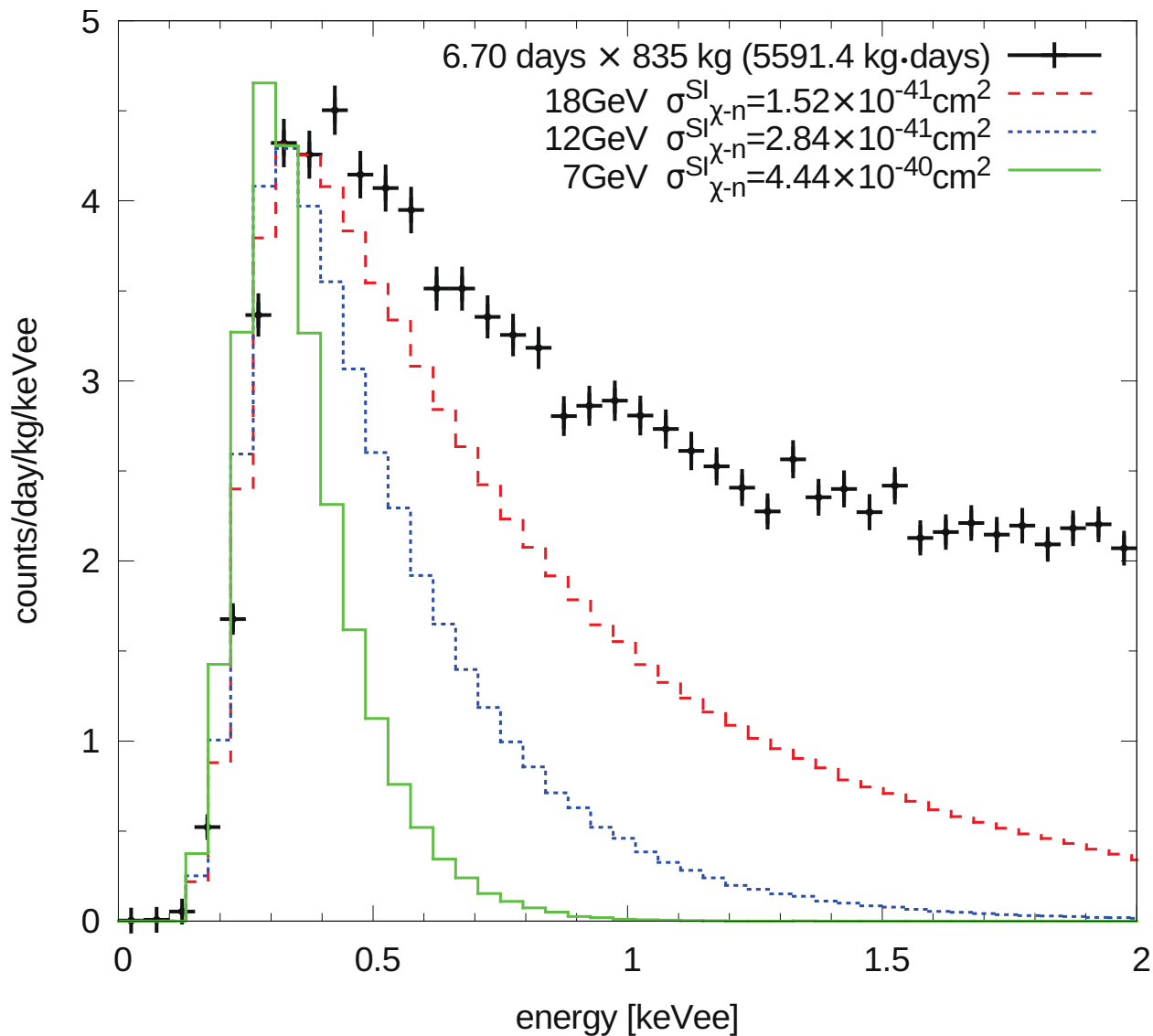
ははあ、



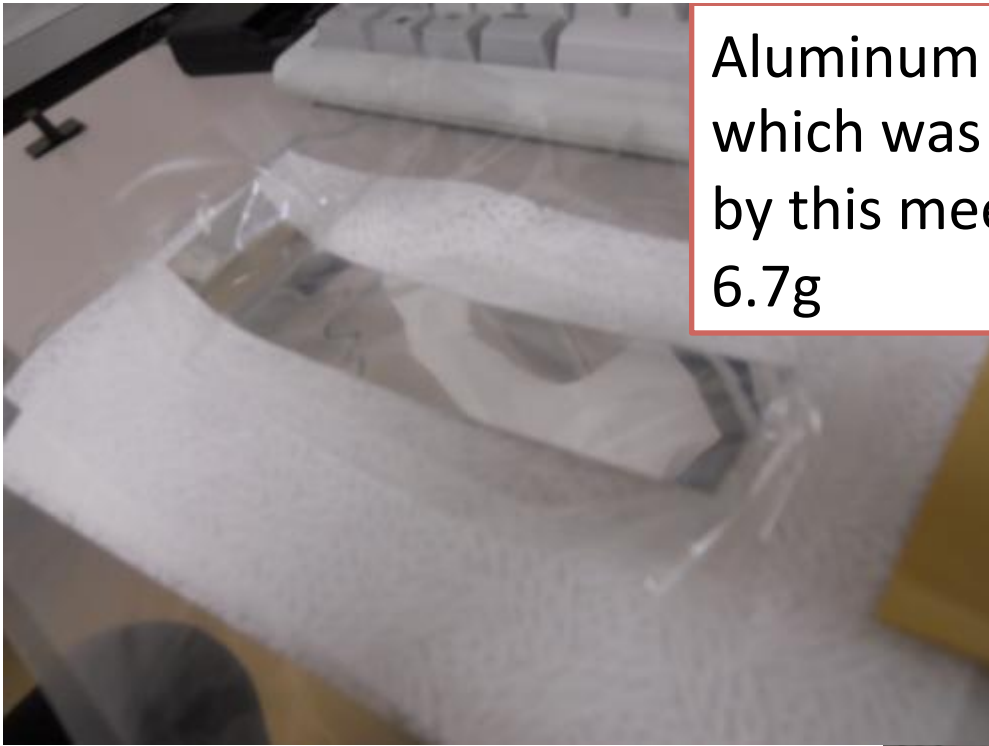
Masaki Yamashita, ICRR, Univ of Tokyo

- チェレンコフ事象
- PMTのフォトカソードのカリセシの⁴⁰K!

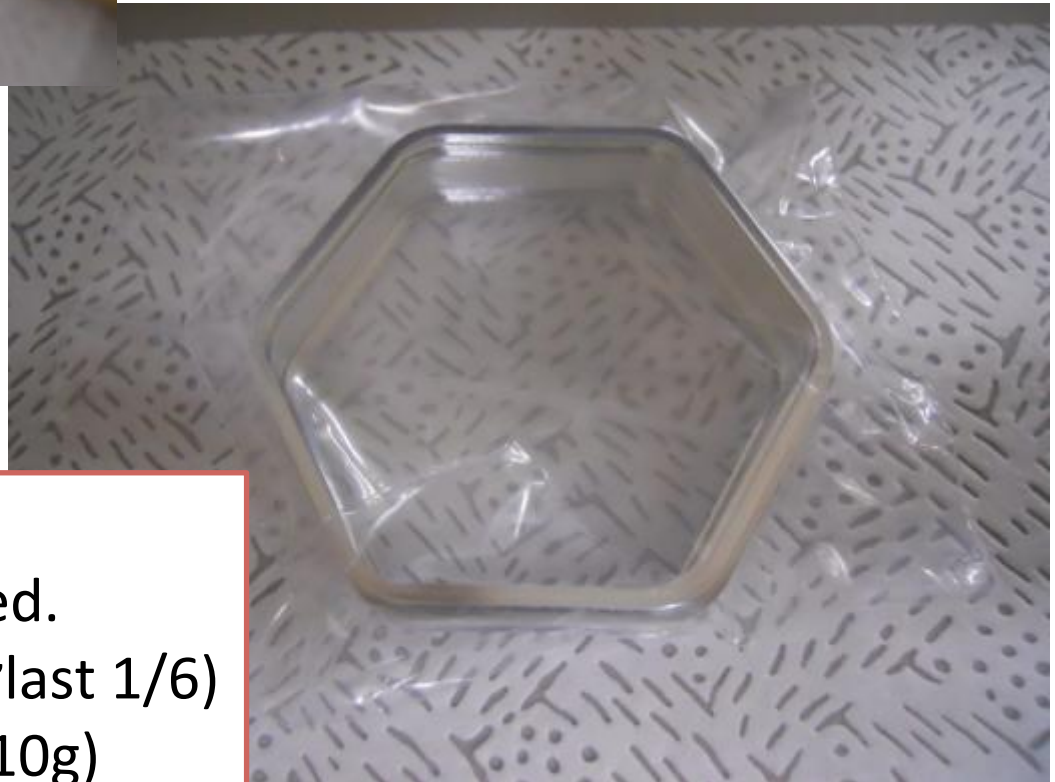
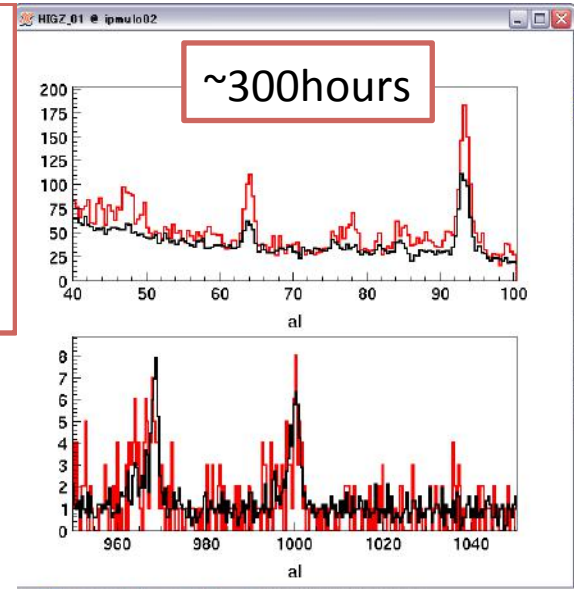
それではこれは？



low mass
WIMP
search



Aluminum sample
which was measured
by this meeting
6.7g

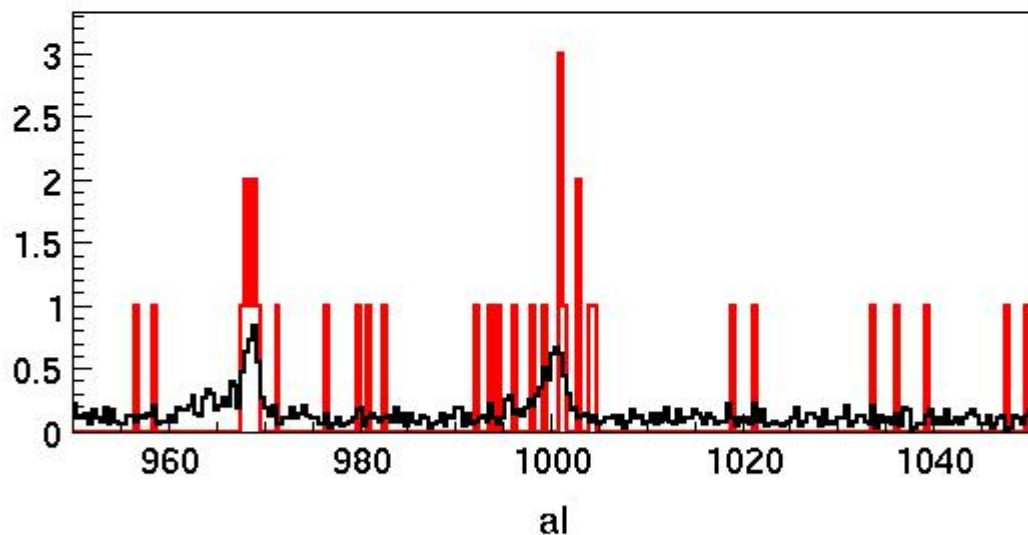
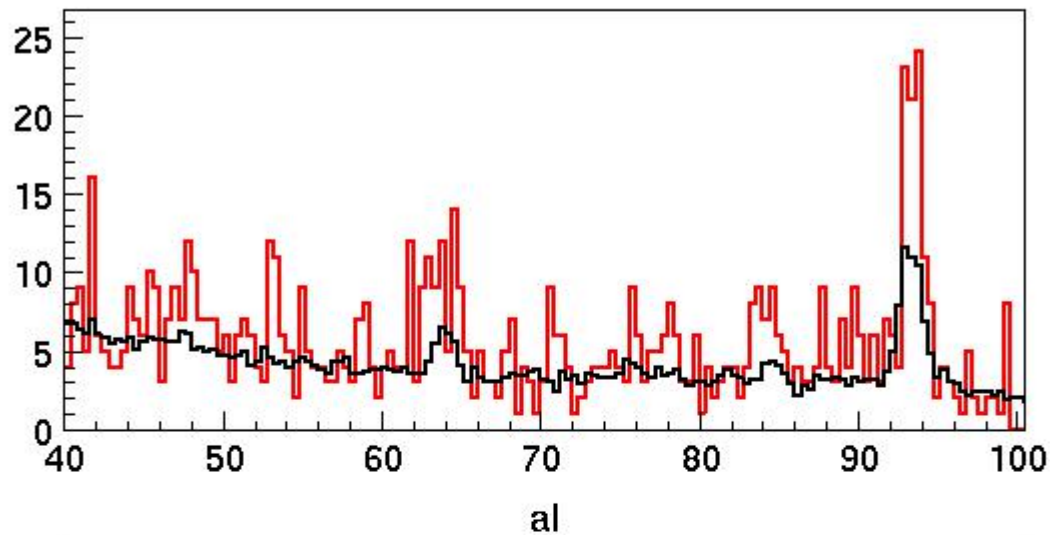


Aluminum sample
which was started to be measured.
Remaining parts after KA1180 (~last 1/6)
after chemical etch (30 pieces, ~10g)

これが、(2012年)

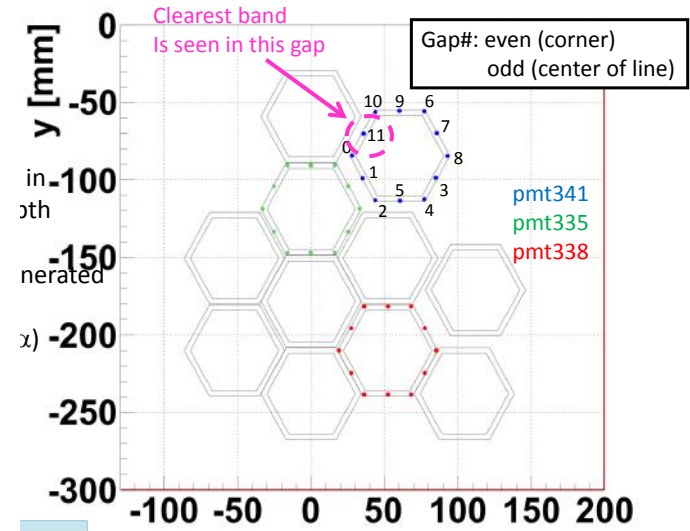
30 hours
data

- Clear signals at 63keV and 92keV.
- Efficiency need to be calculated.



負けないぞ

- 竹田さんの見つけたバンドカット！
- これが幾多の論文を生んだ
 - 129Xe inelastic
 - super bosonic WIMPs
 - double electron capture

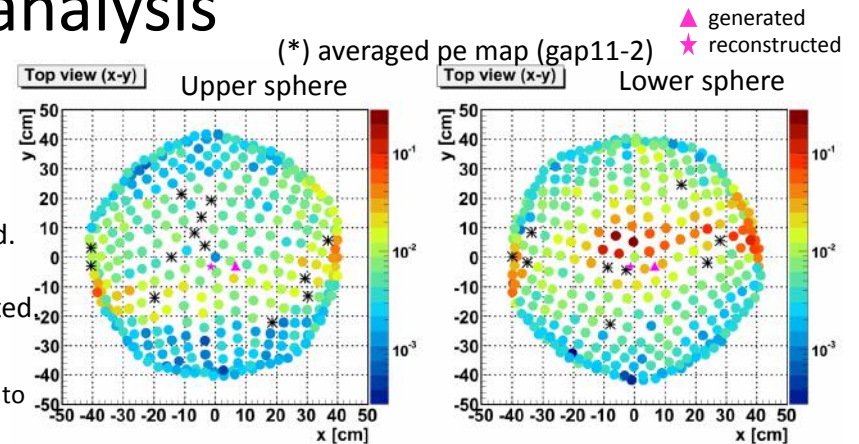


Band cut analysis

(1) Before rotating

(left) top view. PMTs in the upper sphere is plotted.
 (right) top view. PMTs in the lower sphere are plotted.

(*) Event axis: line from center to reconstructed position

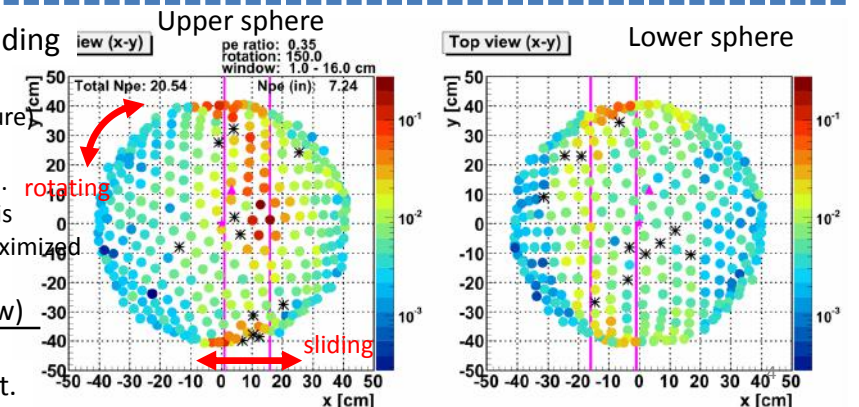


(2) After rotating and sliding

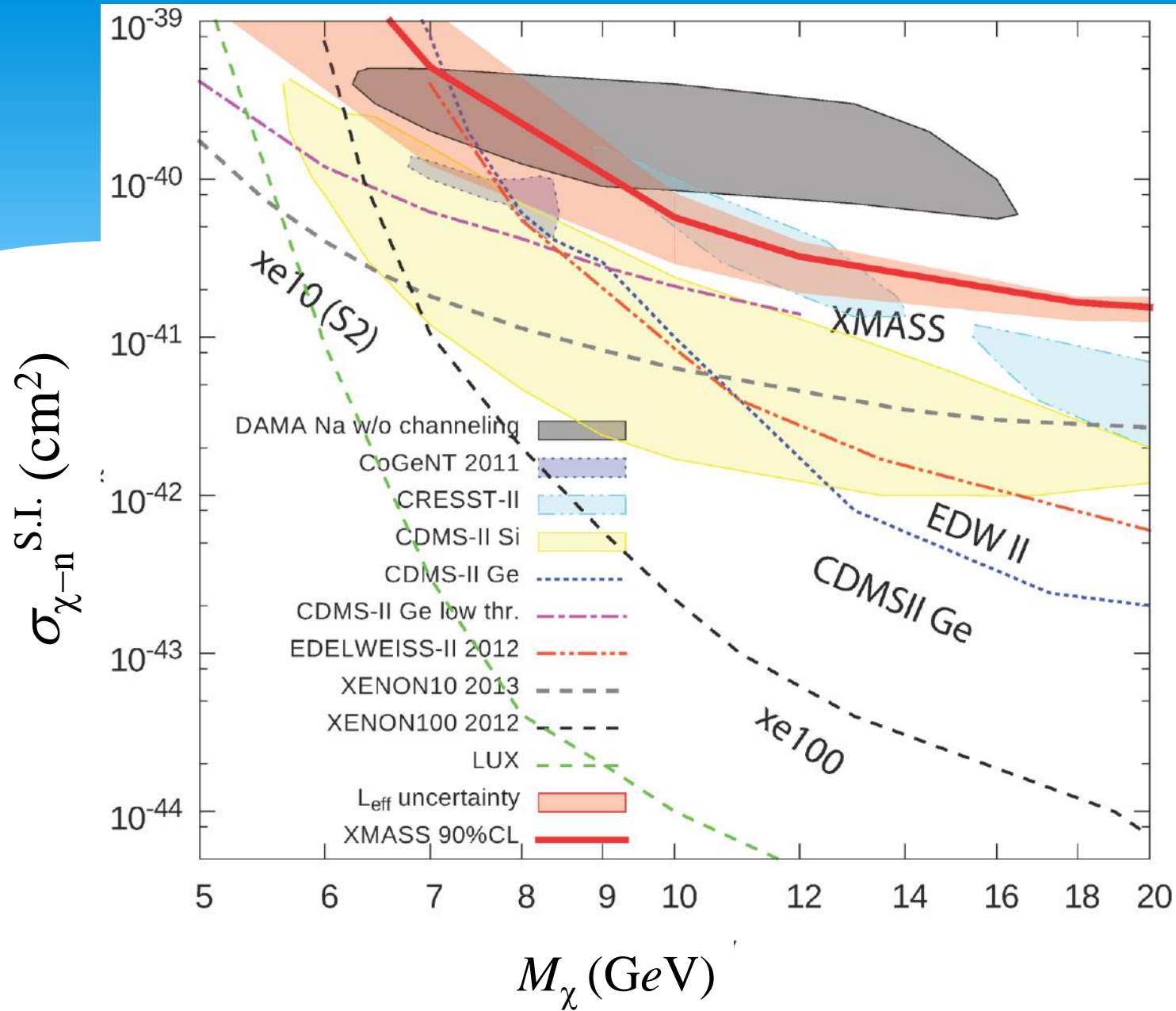
- Event axis is set to zenith direction (center in the left figure)
- Rotating along z axis so that pe_ratio is maximized.
- Window (pink line) position is also slid so that pe_ratio is maximized.

$$pe_ratio = \frac{(pe \text{ inside window})}{(\text{total } pe)}$$

-> This value is used for cut.



たくさん頑張った(楽しんだ)
岸本さんのスライドより



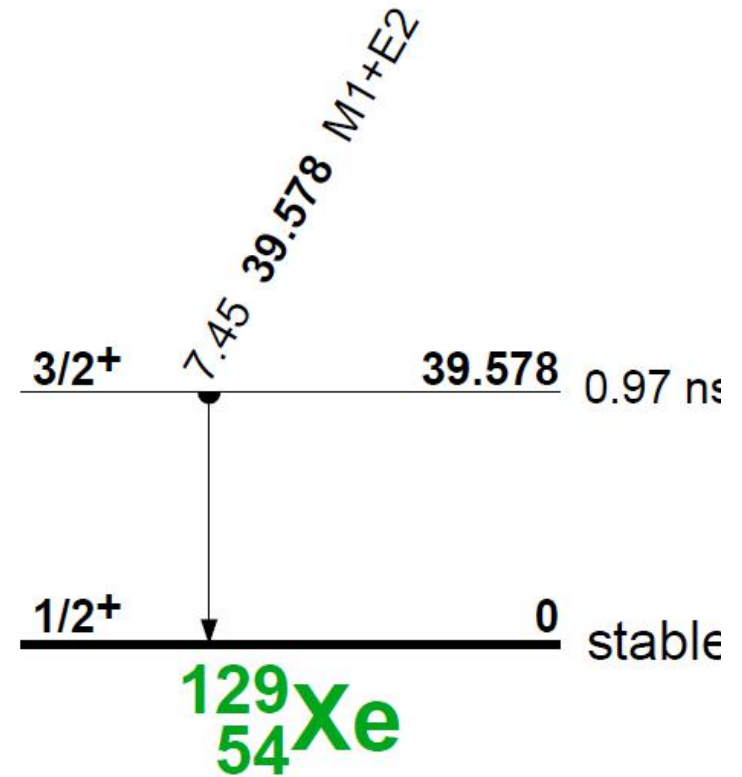
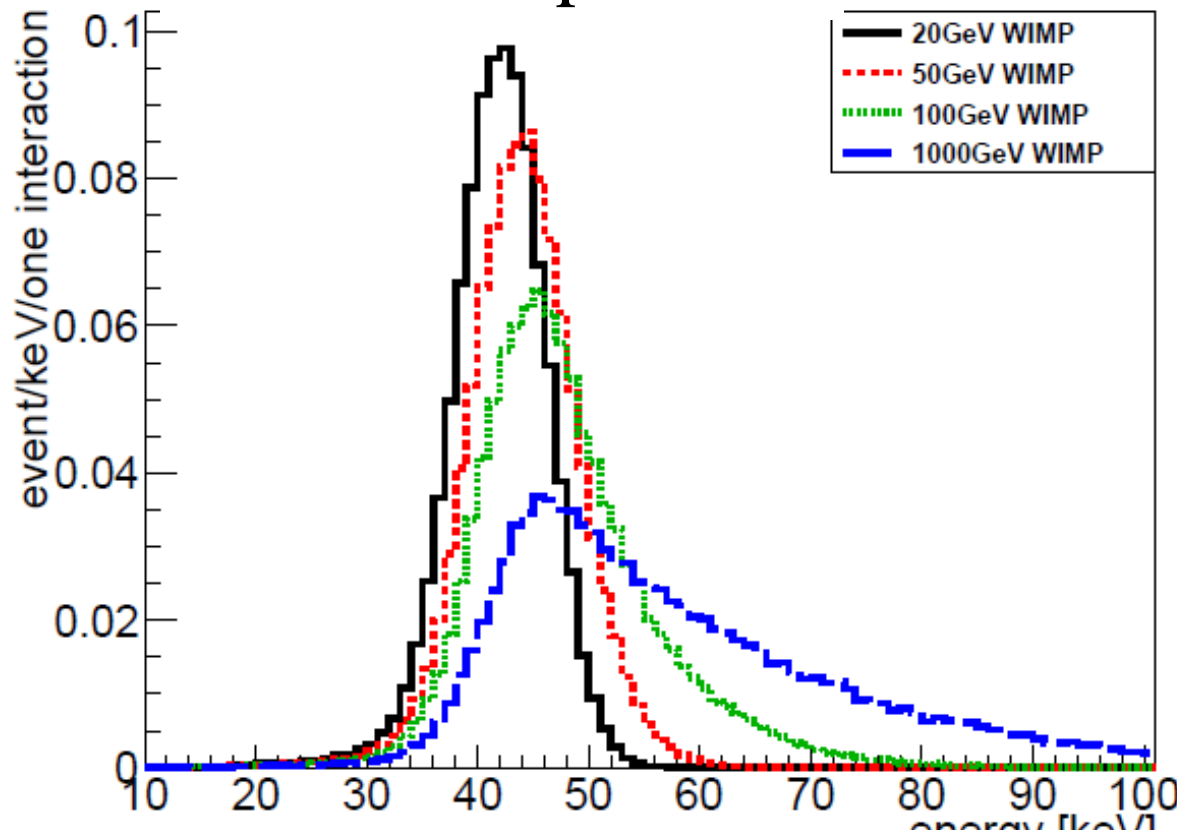
Physics Letters B 719 (2013) 78-82

^{129}Xe inelastic scattering by WIMPs

* $\chi + ^{129}\text{Xe} \rightarrow \chi + ^{129}\text{Xe}^*$

* $\rightarrow \chi + ^{129}\text{Xe} + \gamma$ ($E_\gamma = 40\text{keV}$, $\tau = 1.0\text{ns}$)

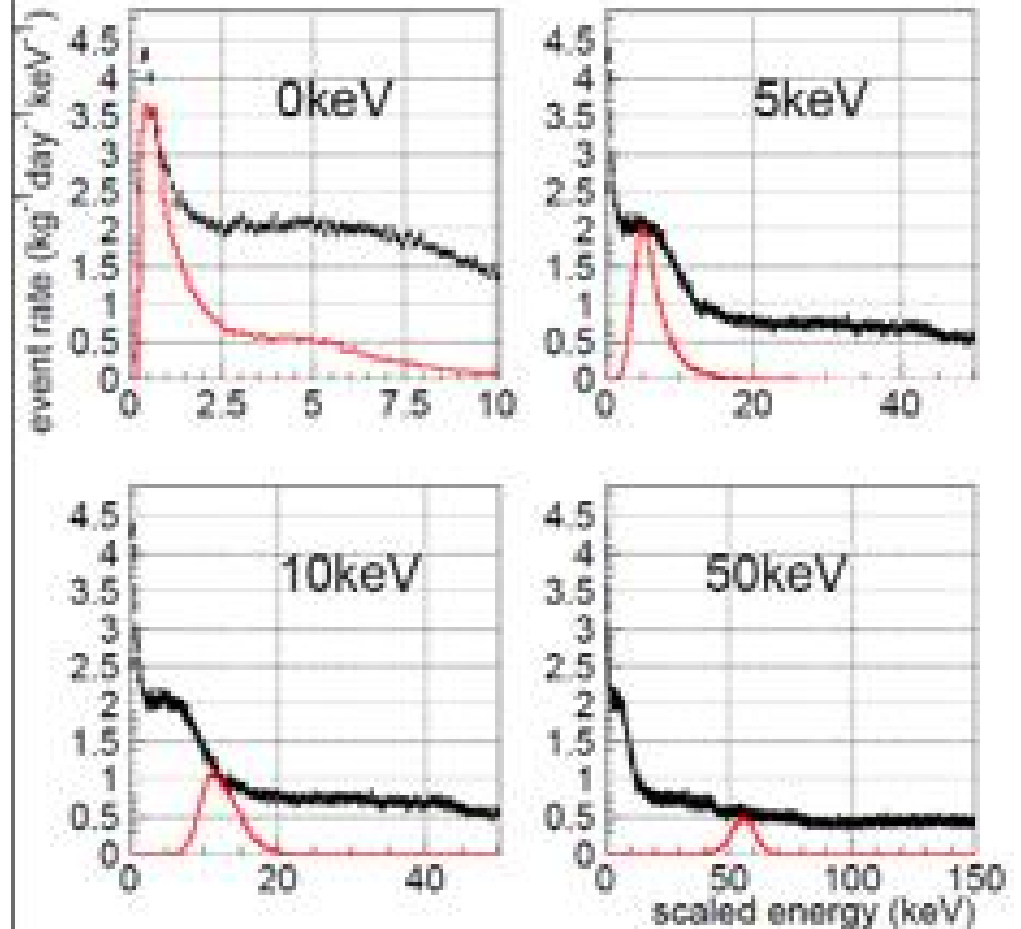
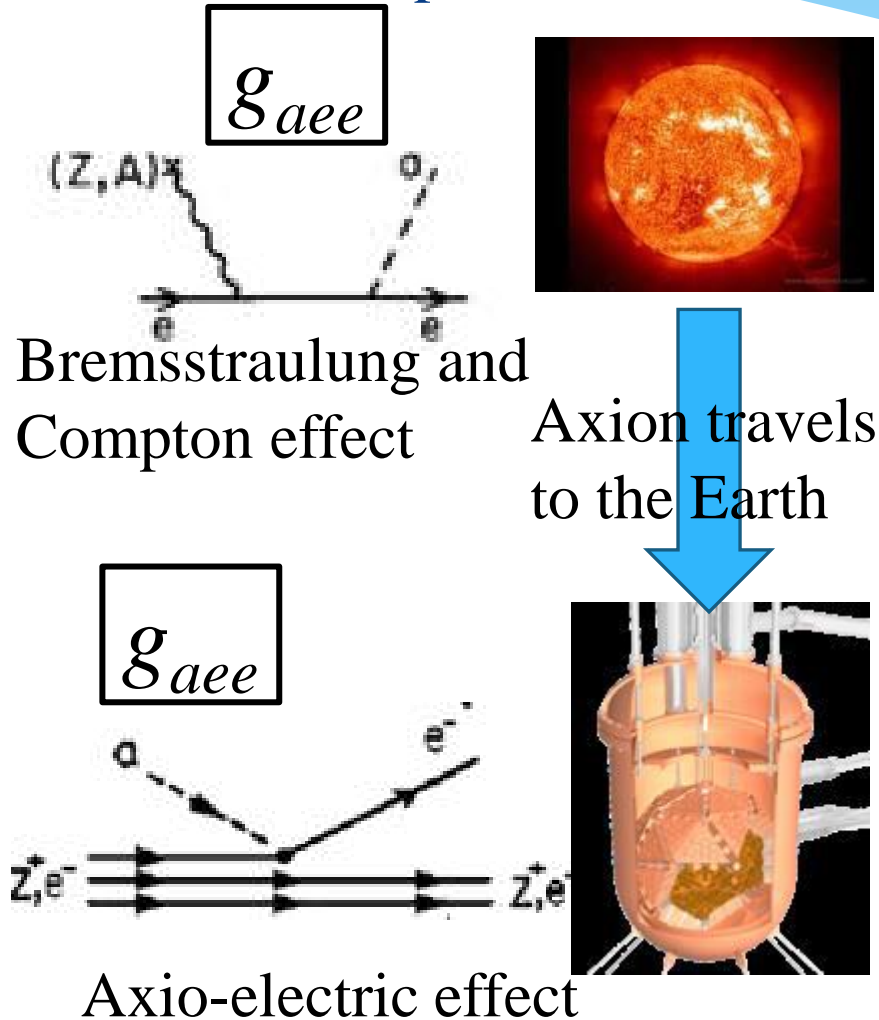
Simulated spectrum



N.A. of $^{129}\text{Xe} = 26.4\%$

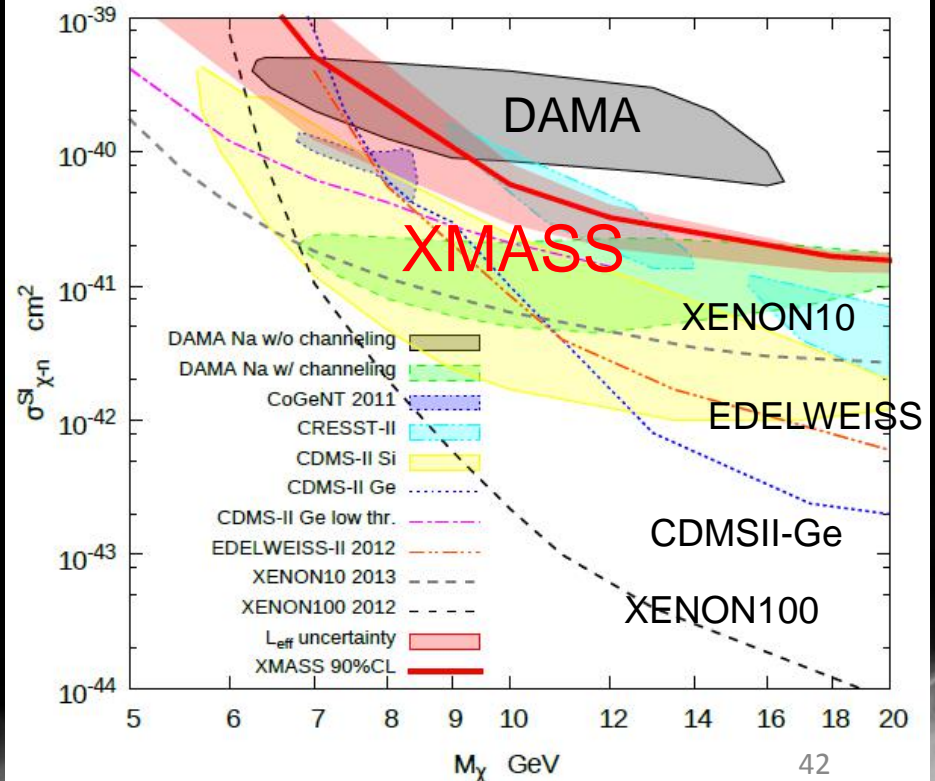
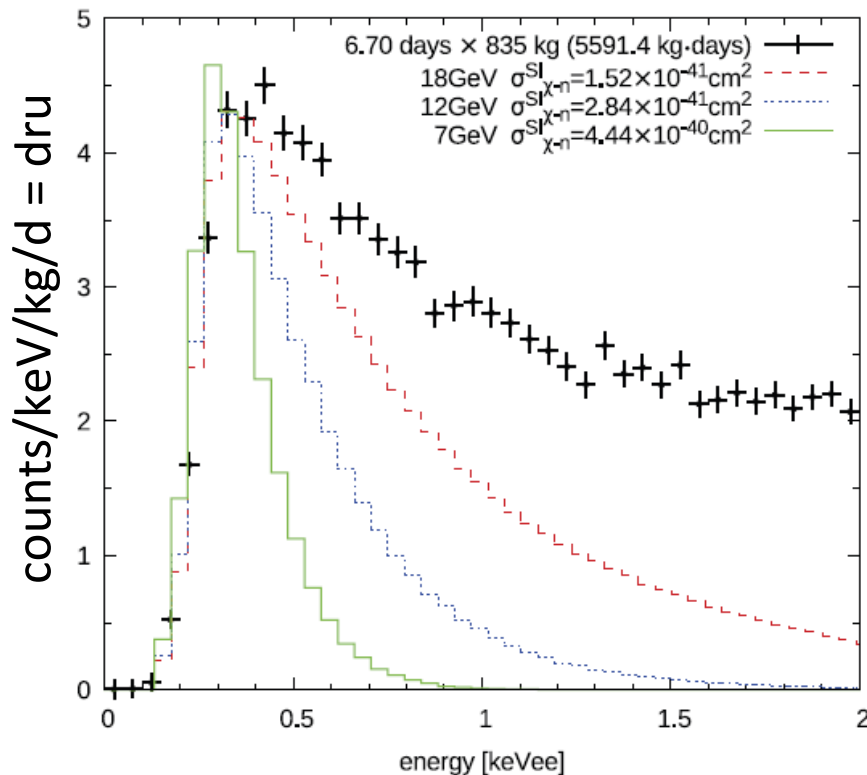
Solar Axion search

* Axions are produced in the Sun and detected in the XMASS



Light WIMP search

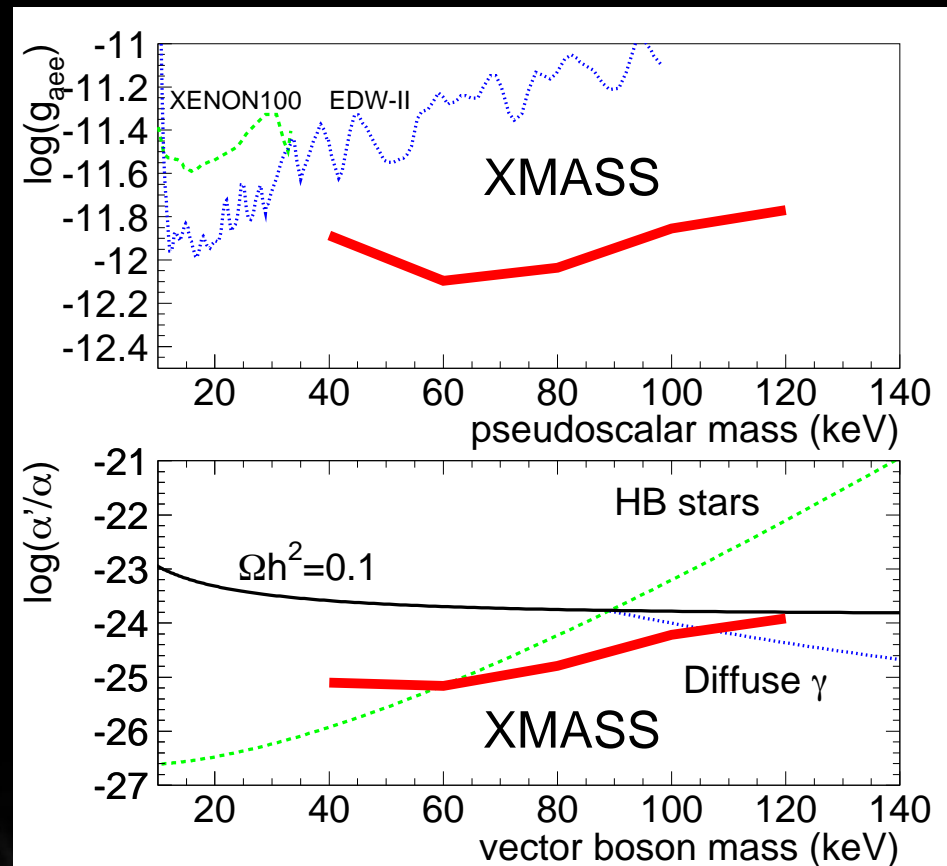
- All volume (835kg of LXe w/o fiducialization), ≥ 4 hits.
- Large p.e. yield, 14.7p.e./keV, thre. confirmed by LED's data \rightarrow **low Energy threshold 300eVee was achieved.**
- Simple cut to remove Cherenkov events was used.



Bosonic super-WIMPs

- This is the first direct test in the mass range 40-120keV and **most strict constraint so far.**
- For vector bosons, this **excludes the possibility that the vector bosons constitute all the DM.**
- Published in PRL 113, 121301 (2014) as Editors' Suggestion.

constraints on the coupling constants for electrons and super-WIMPs

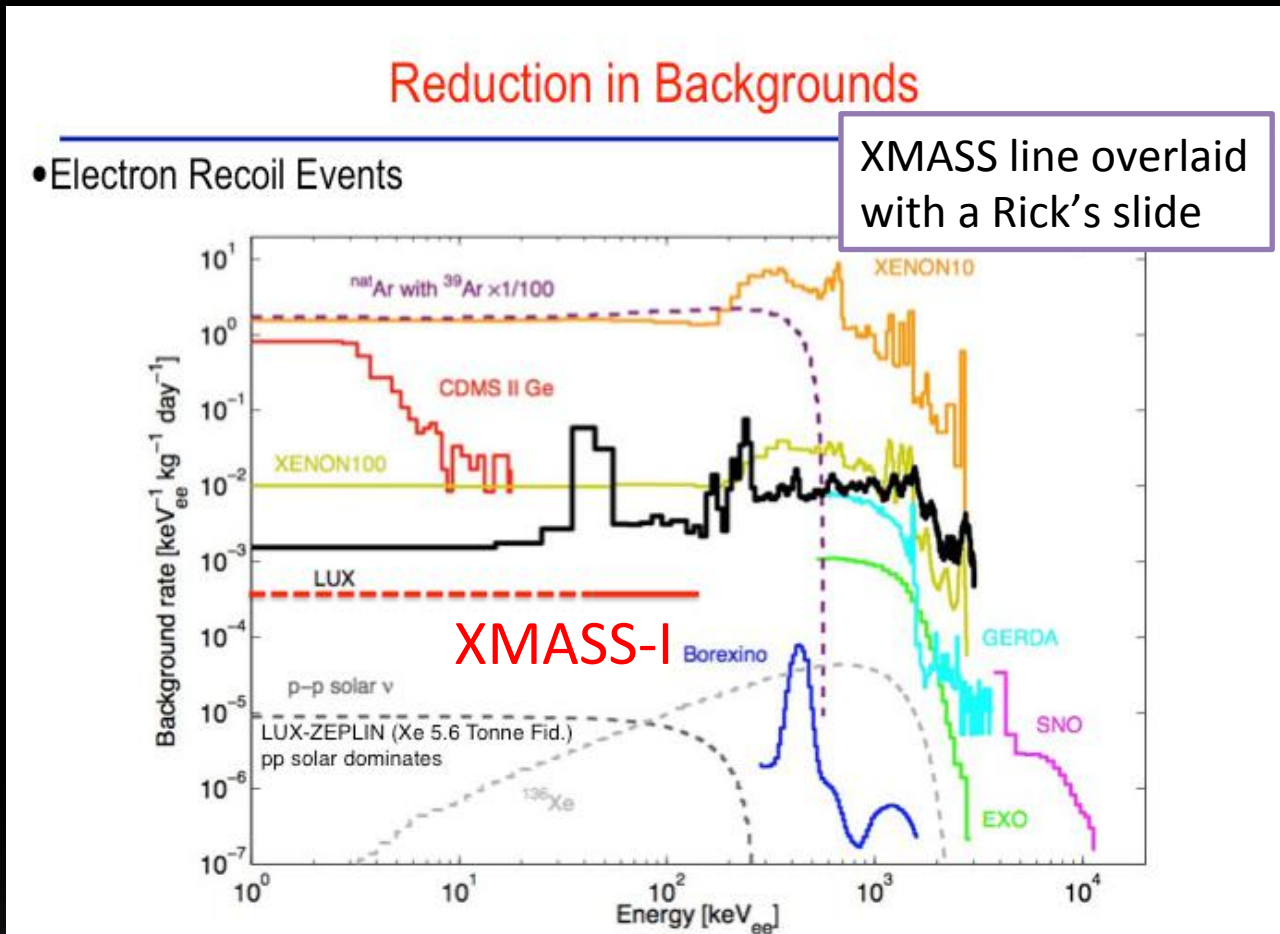


Bosonic super-WIMPs

- More importantly, BG level is $\sim 10^{-4}$ /kg/keV/day which is the world best background without particle identification.

- Remaining events are consistent with int. BG ^{214}Pb (^{222}Rn).

Demonstrait the advantage of XMASS!



臭いものを隠そう(2013年)

- Thin plate installation

- July 29 – Aug. 6

- Incident:

- Difficulty on M1 Cu screws

- Enlarge holes on the thin plates:

- » Cu washer:

- Broken M1 heads:

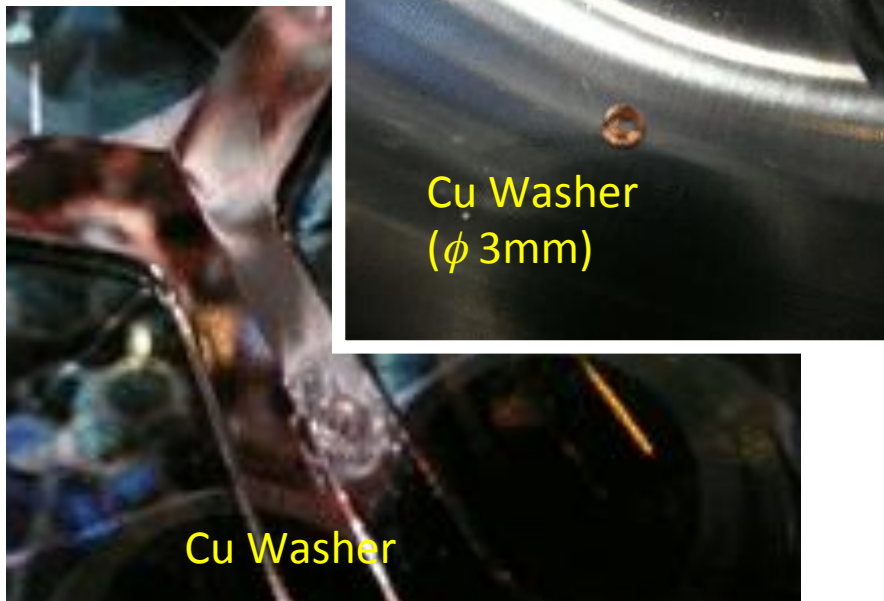
- Stainless Fillip screws:

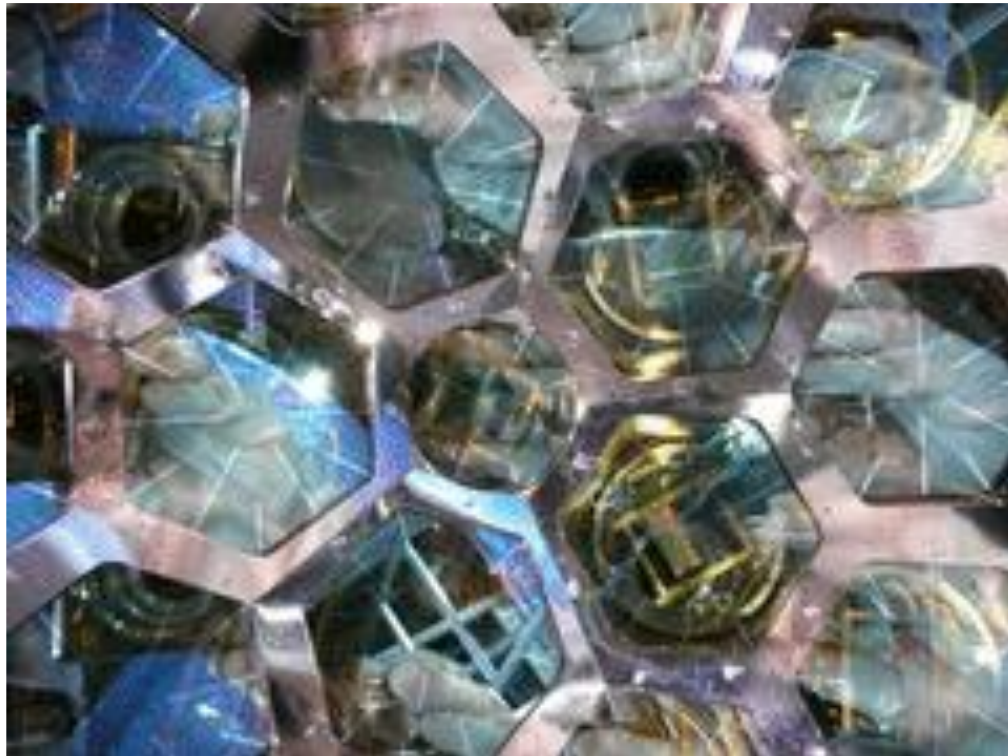
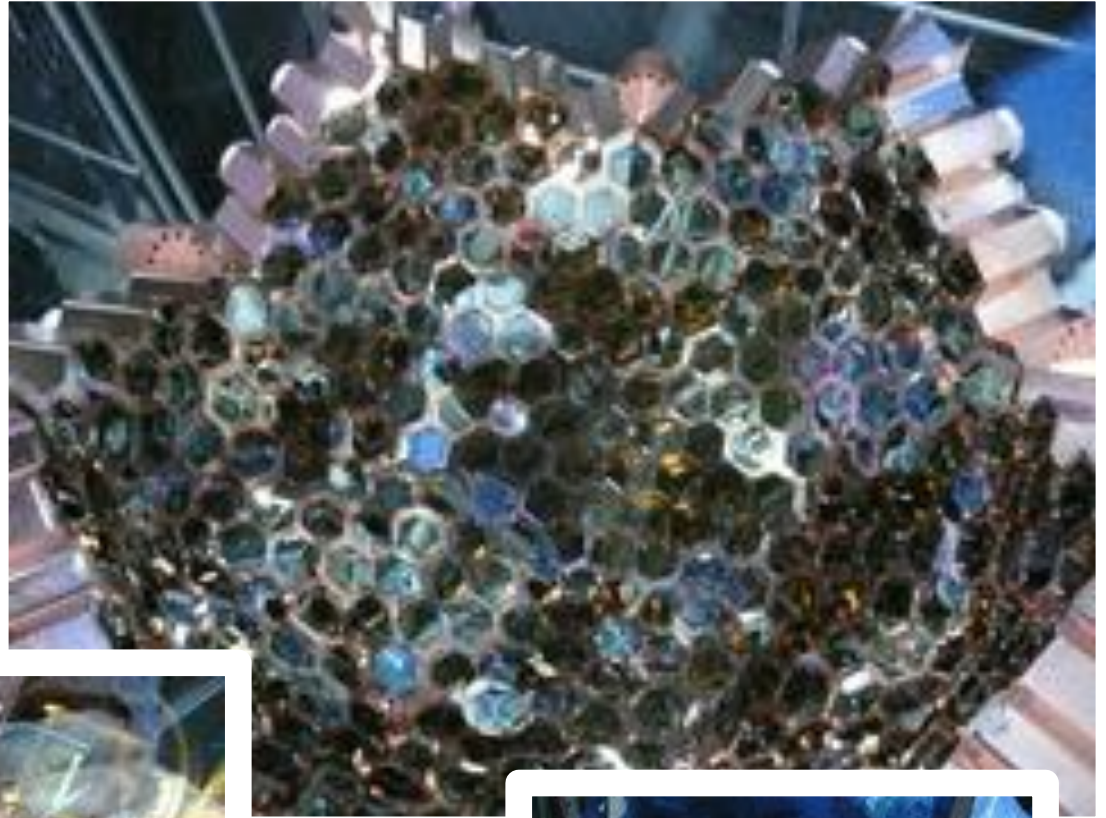
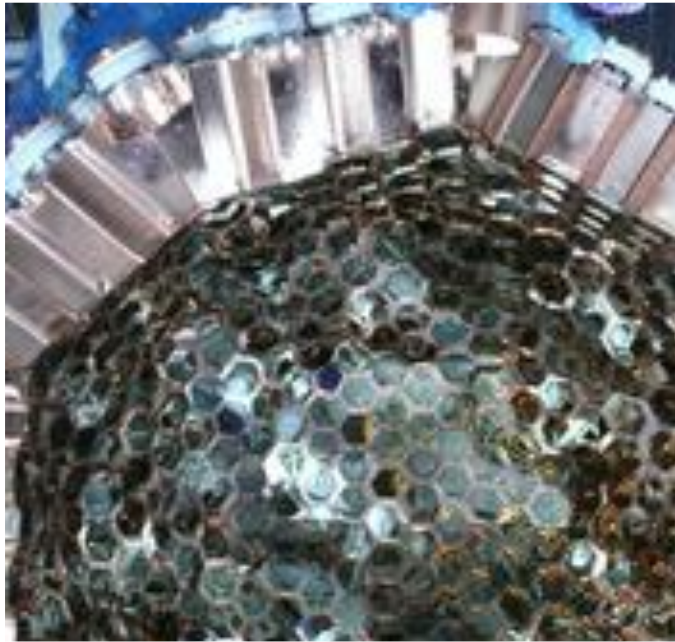
of stainless screws = 61(2.7%)

of damaged head = 35(1.6%)

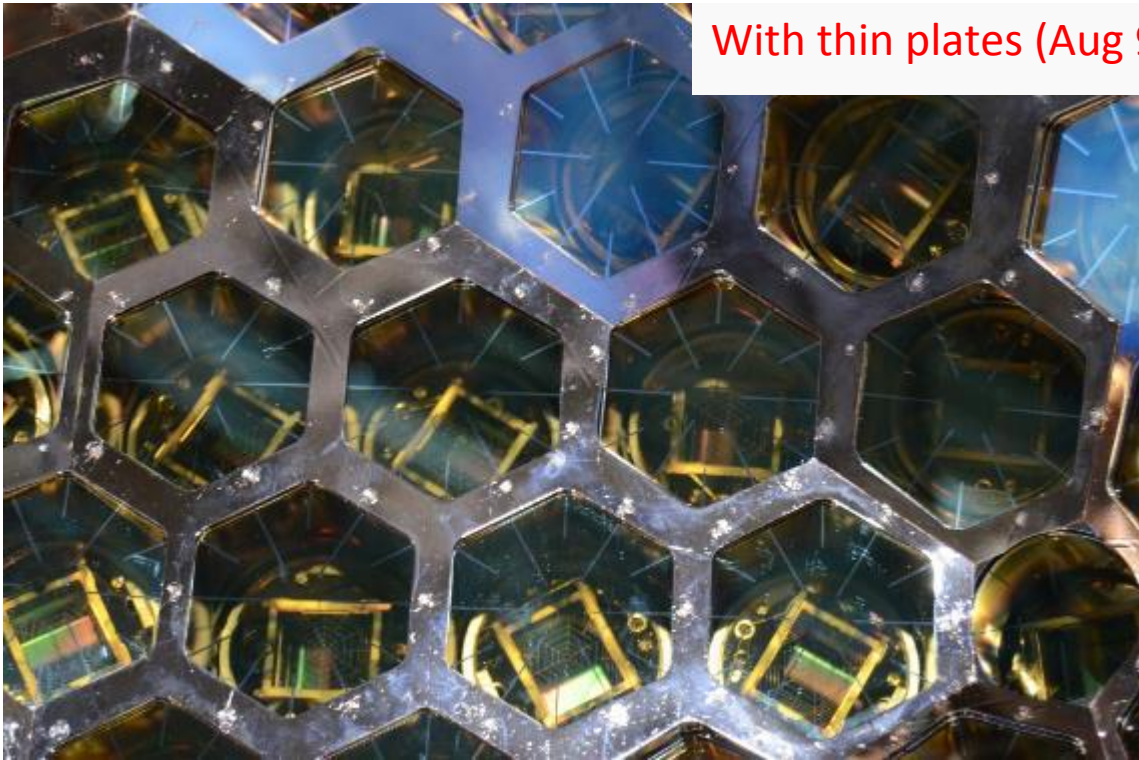
of not well driven screws=13(0.6%)

of Cu washer = 13(0.6%)





With thin plates (Aug 9, 2013)



Without thin plates (Jan. 30, 2010)

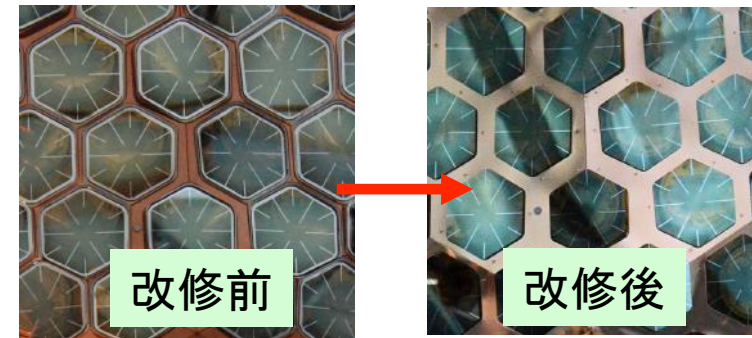


- 2010.10-2012.05 : XMASS-I 検出器によるdata taking
 - 予期せぬバックグラウンドが観測される。: PMTのアルミシール起源

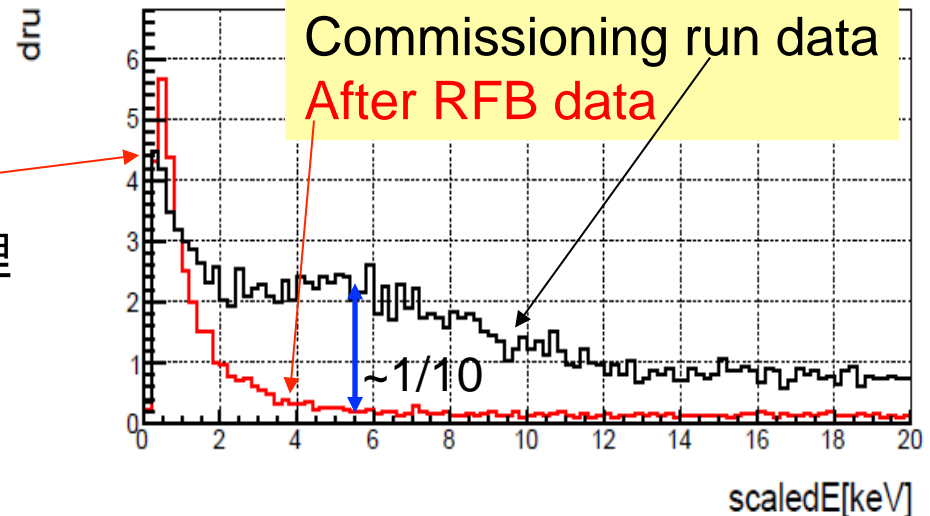


- 2012.05-2013.10: 改修作業
- 2013.10- : XMASS.Ref (改修.refurbishment) 検出器による暗黒物質探索。

- バックグラウンドの低減に成功

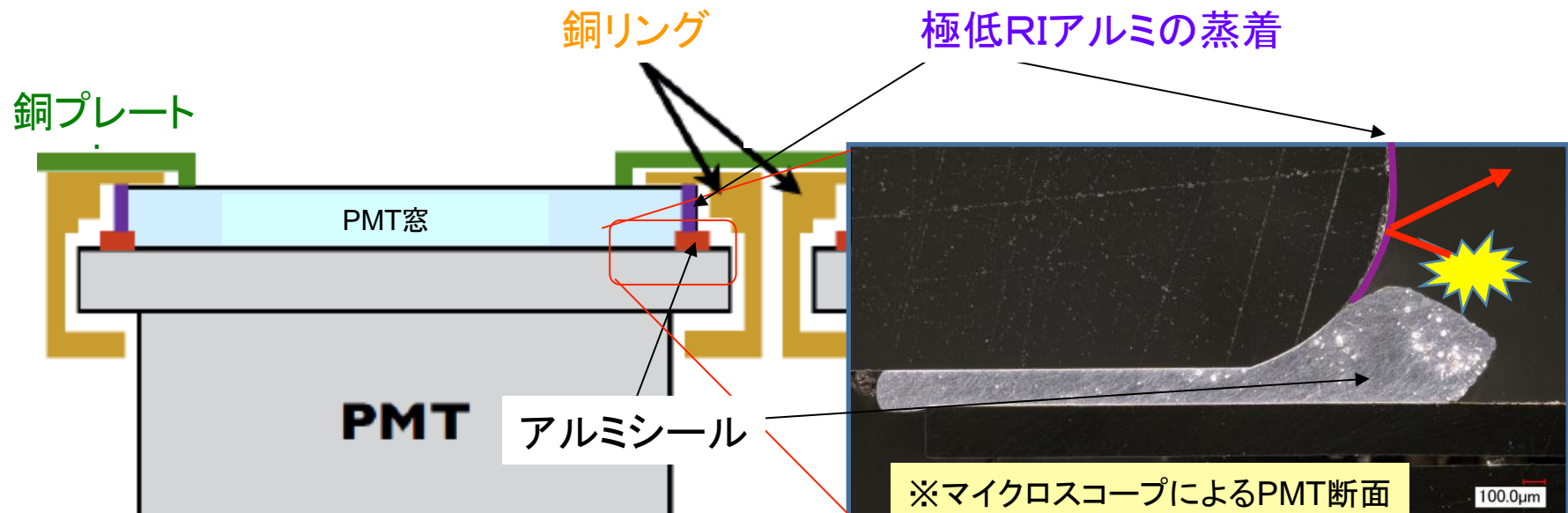


- 本講演目的: **ONGOING!**
 - 改修後の検出器バックグラウンドの理解をし、
 - 暗黒物質探索の感度向上
 - 将来検出器へのフィードバックを目指す。
- 特に低エネルギー事象についての理解を進めたい。



2. 改修後バックグラウンド評価 バックグラウンド低減のための改修について

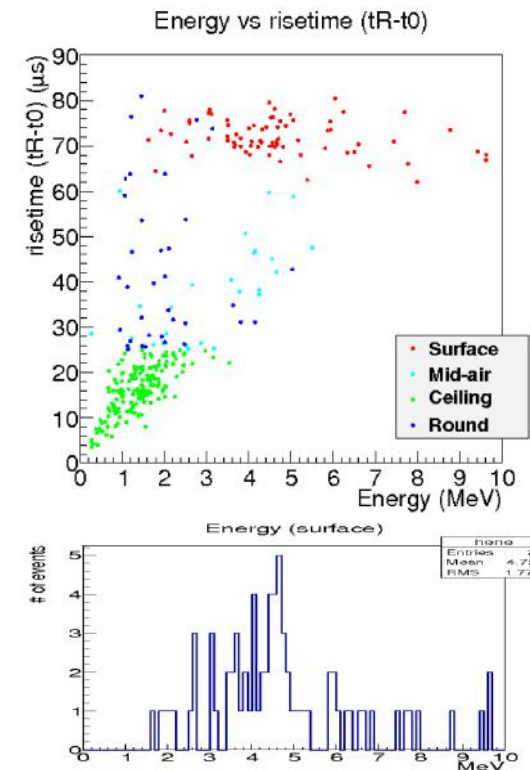
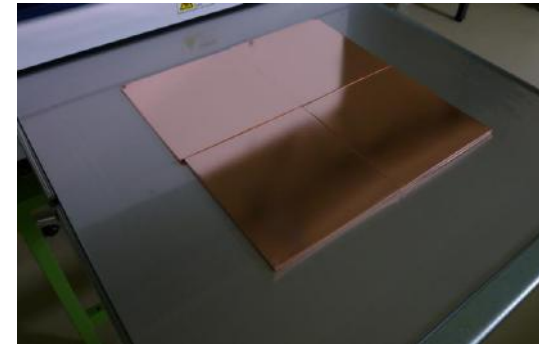
- PMT アルミシールは銅リングおよび銅プレートで覆う。
 - 銅リング：100keV以下のバックグラウンド源であったβ線およびX線を遮蔽する。
 - 銅プレート：検出器表面構造をシンプルにして、検出器内側に間違っ再構成される事象を低減させる。
- PMT窓の側面はPMTと銅リングの隙間でおこる事象の影響をなくすため、極低RIアルミの蒸着で遮光した。



さらにこれ

OFC ingot plate (EP)

run#	154 (707cm ² active region)
purge	90min
duration	7.06days (Jan. 28 th , 2016 - Feb. 4 th , 2016)
sample	OFC ingot EP plate (Made by Mitsubishi material. 4 plates (17cmx17cmx4mm). Plates are made by Takata-seimitsu. EP by Asahi-Kinzoku (50um))
emissivity	$(3.27 \pm 0.54) \times 10^{-4} \alpha / \text{cm}^2 / \text{hr}$ ($2.5 < E < 4.6 \text{MeV}$)



- 無酸素銅に²¹⁰Pbが入っているなんて誰もおしえてくれなかった。

ドーム玉

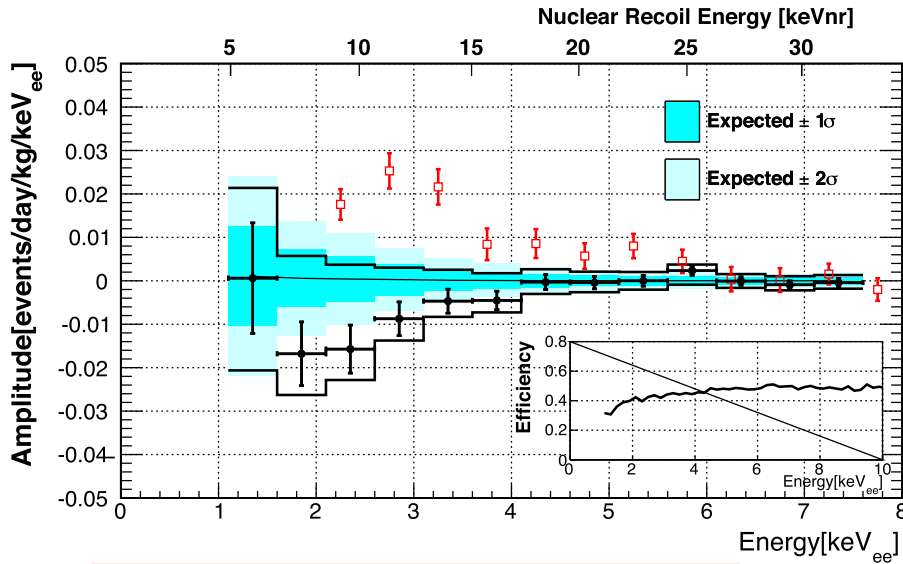


- 6角玉を作る時に、すでにこの案を浜松にお願いしたら、断られた。
- 当時は石英の切削技術がなかった？

長期運轉の成果

Results from XMASS-I

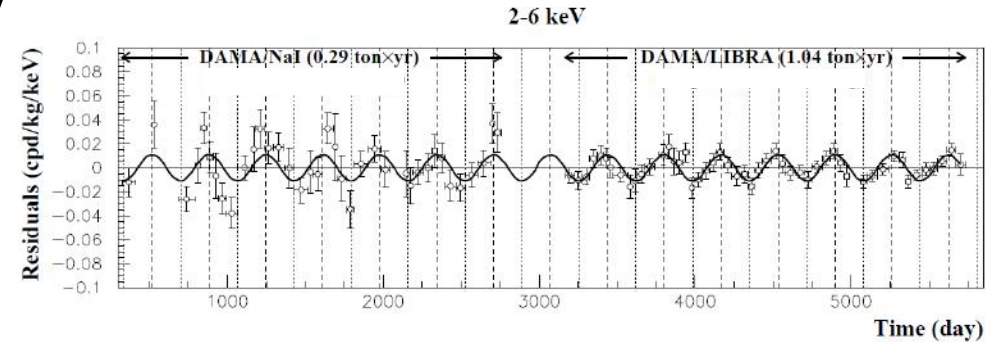
- Modulation analysis ~ 1 yr



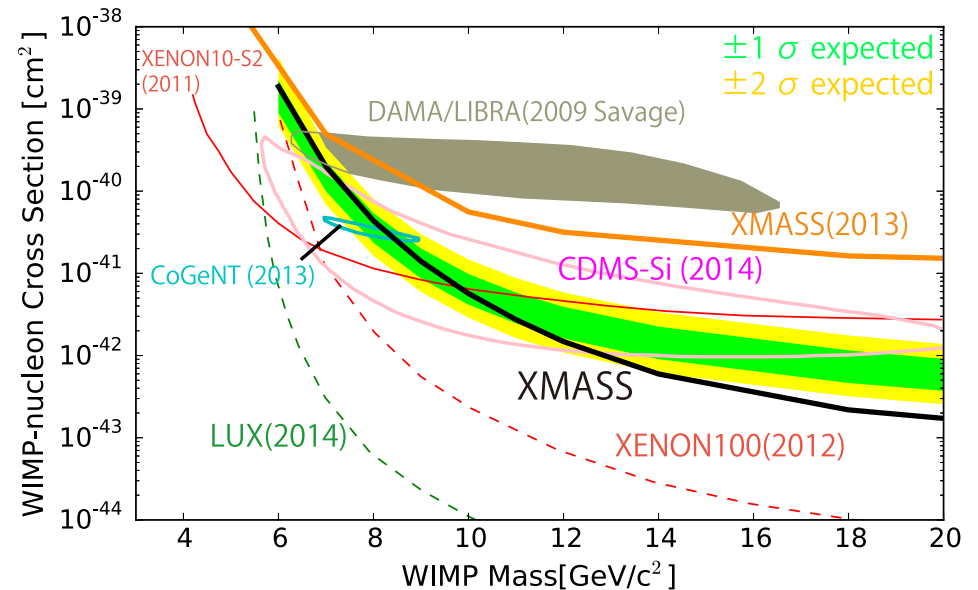
XMASS collaboration
Phys. Lett B. 759 (2016) 272

The first extensive search against the DAMA region, including electron recoils.

DAMA 100-250kgx14yr

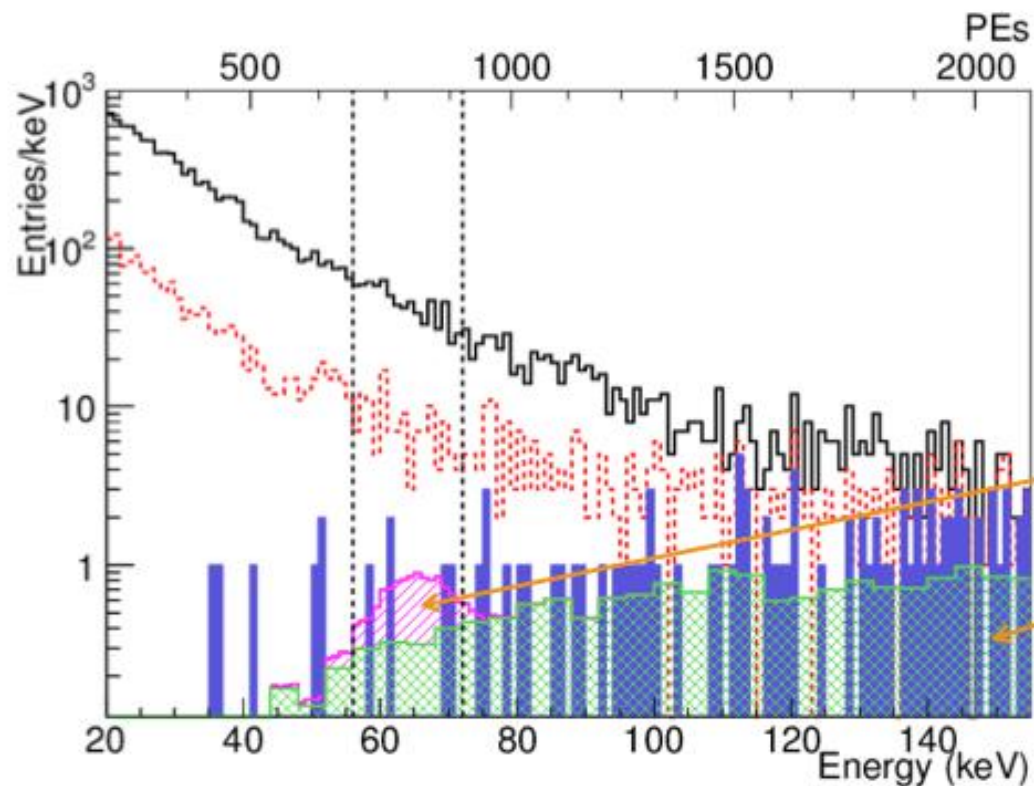


XMASS 832kg x ~ 1 yr



ニュートリノ関係も

^{124}Xe の 2ν 二重電子捕獲に対する制限



$T_{1/2} > 4.7 \times 10^{21}$ years (90%CL)

Cf. Other experimental result
 $T_{1/2}(2\nu 2K) > 2.0 \times 10^{21}$ years (90% CL)
by Y.M.Gavrilyuk et al., arXiv:1507.04520

Expected ^{124}Xe 2ν $2K$ -capture signal
with $T_{1/2}(2\nu 2K) = 4.7 \times 10^{21}$ years

^{214}Pb background

そしてもうすぐ

- 2000年に夢見たBG subtracted search for DM particles!