

NEWAGE

神戸大学 身内賢太郎

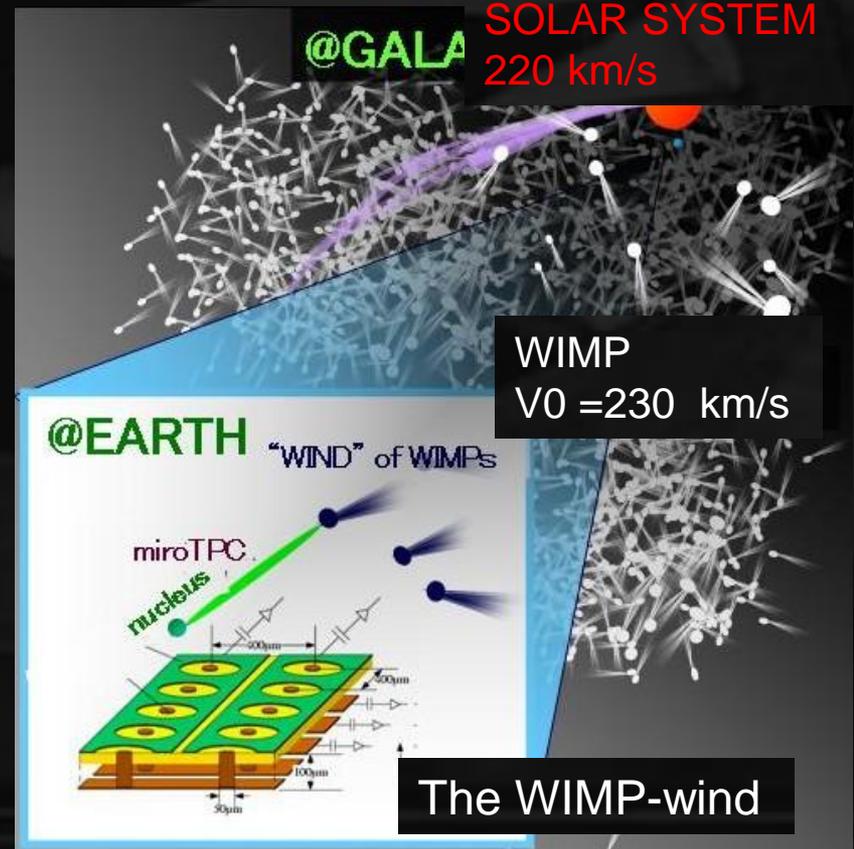
2014年3月14日

平成25年度CRC将来計画タウンミーティング

JINST 7 C02023
Phys. Lett. B 686(2010)
HEニュース 31(2013)

神戸大 京大 ICRR

NEWAGE概説
NEWAGEこれまで
NEWAGE将来



まとめ

概説

NEWAGE：方向に感度を持つ暗黒
物質検出⇒性質解明まで

これまで

2014年3月 中村D論（京大）
制限の1桁更新&BGの理解

将来

大型化・低BG化による感度向上へ

概説

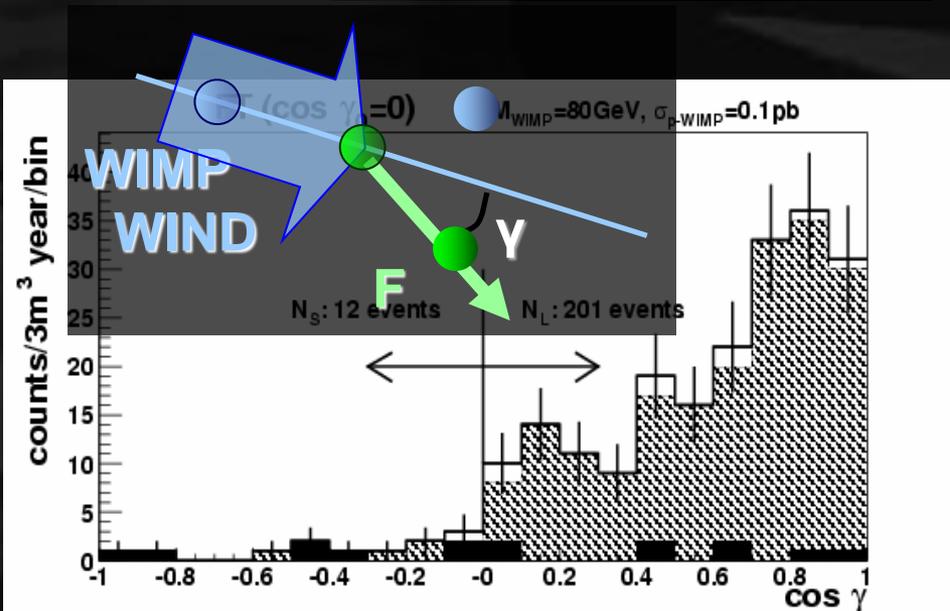
NEWAGE

(New generation WIMP search with an advanced gaseous tracker experiment)

目的：

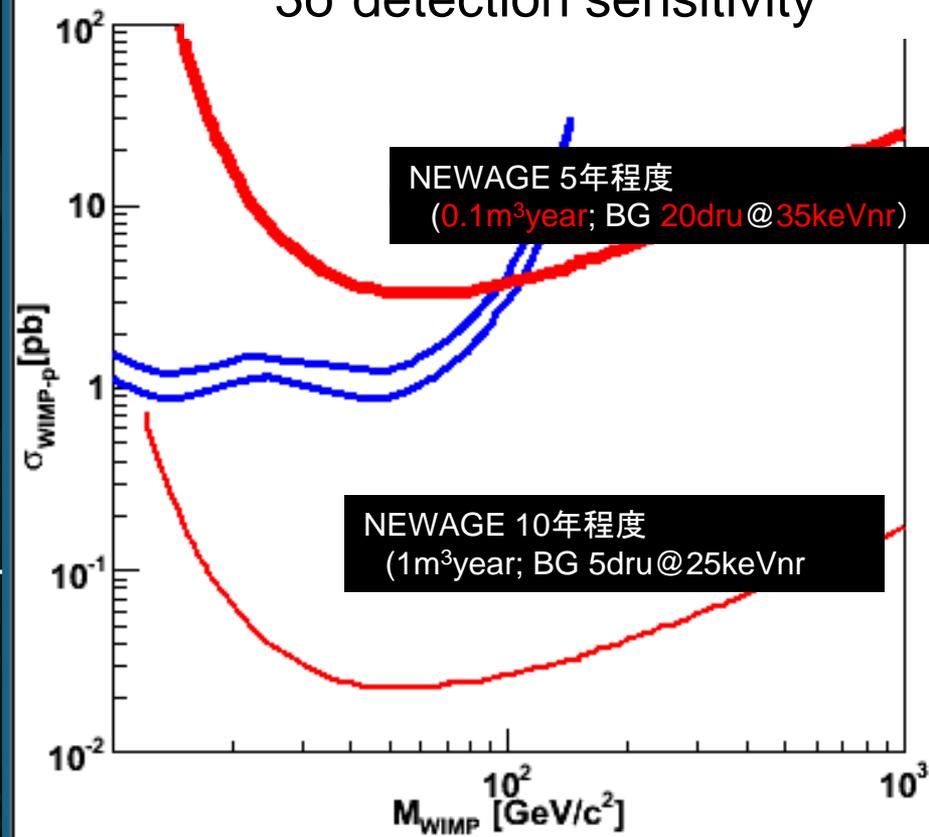
- 方向に感度を持つ暗黒物質の発見：5~10年
= 強力な信号
- 銀河内での暗黒物質の運動解明：10~20年

原子核反跳の角度分布



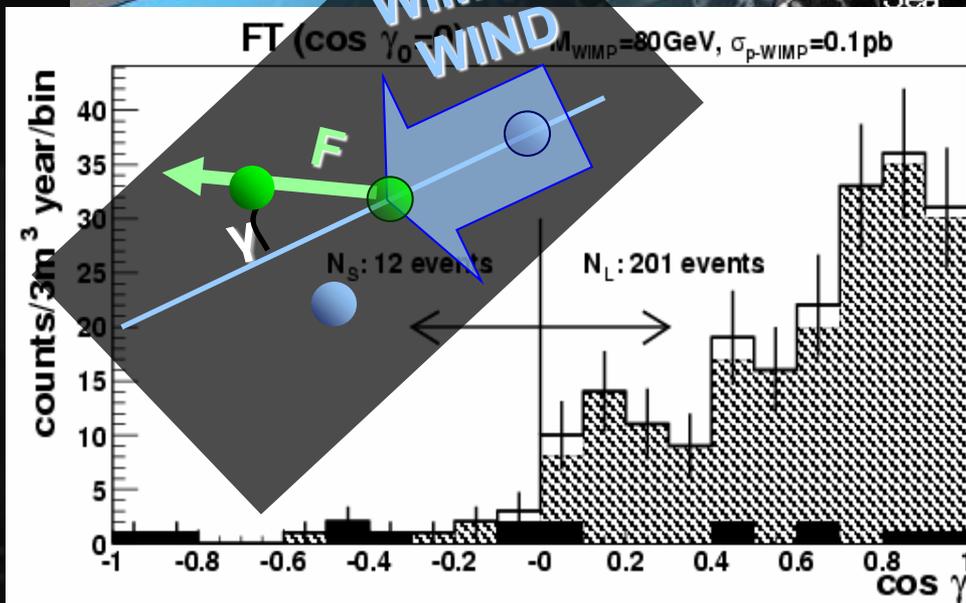
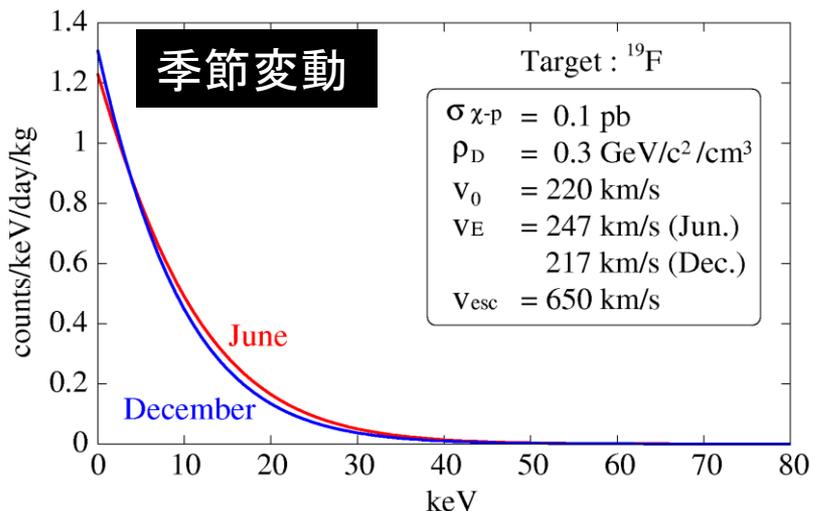
前方散乱のピーク

3 σ detection sensitivity



飛跡検出のメリット

- 季節変動(5%以下)と比較して確実な証拠となる
(前後の非対称度は最大で10倍。)
- 検出の後には暗黒物質の性質解明



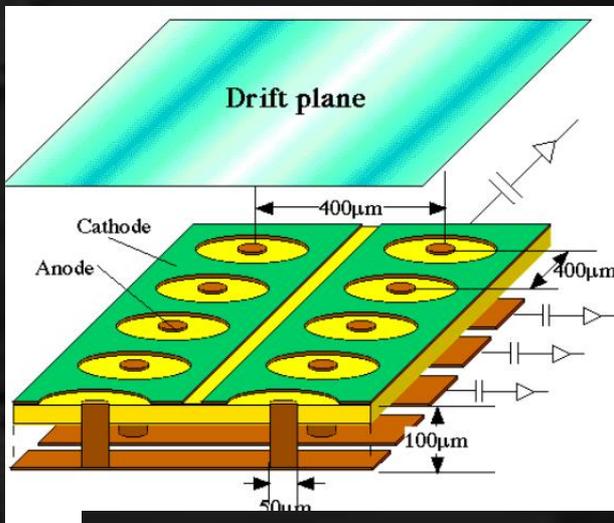
検出器：ガス TPC

- 三次元飛跡検出器
- MPGD[‡] による読み出し
- CF₄ gas (~0.05 bar)

‡ MPGD: Micro Pattern Gas Detector

ガス検出器のメリット

- 方向に感度を持つ
- ガンマ除去 (<10⁻⁵)



体制

- 神戸大, 京大, ICRR
- ~10 in paper, 実働 3

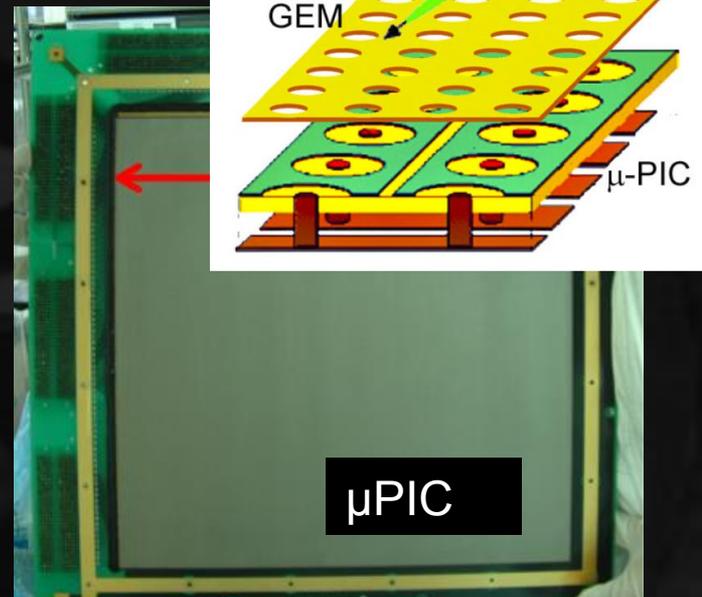
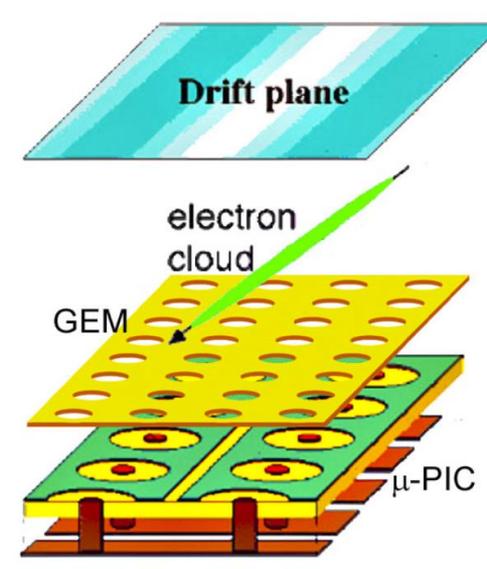
現状と将来

- NEWAGE-0.3a 30×30×30cm³ : 解析中
- NEWAGE-0.3b 30×30×40cm³ : 2013年3月～ 観測中
- NEWAGE-0.6a デザイン中

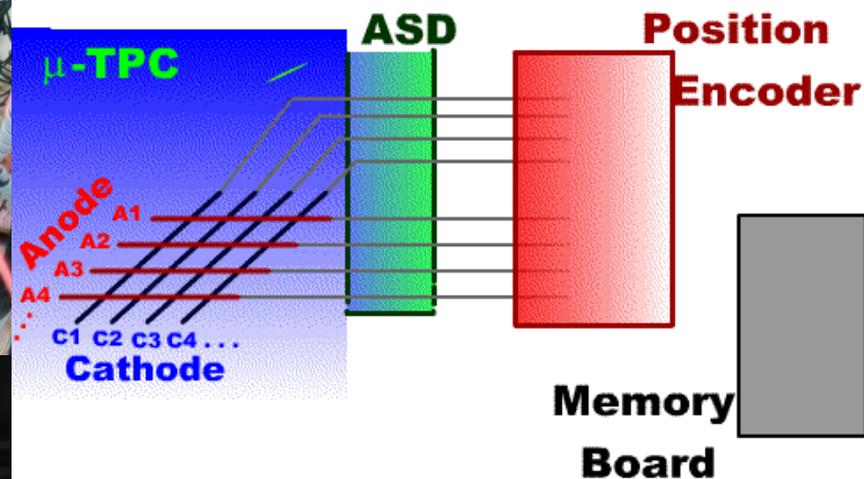
NEWAGEこれまで

NEWAGE-0.3a

- 京大で開発した「 μ PIC」検出器
- 30cm角検出器
- CF₄ ガス SD探索

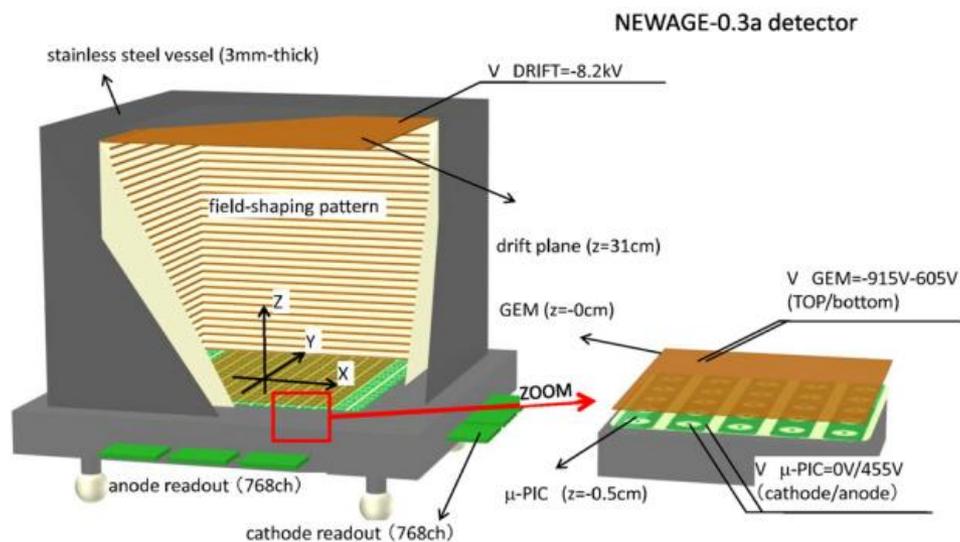


検出器
NEWAGE-0.3a

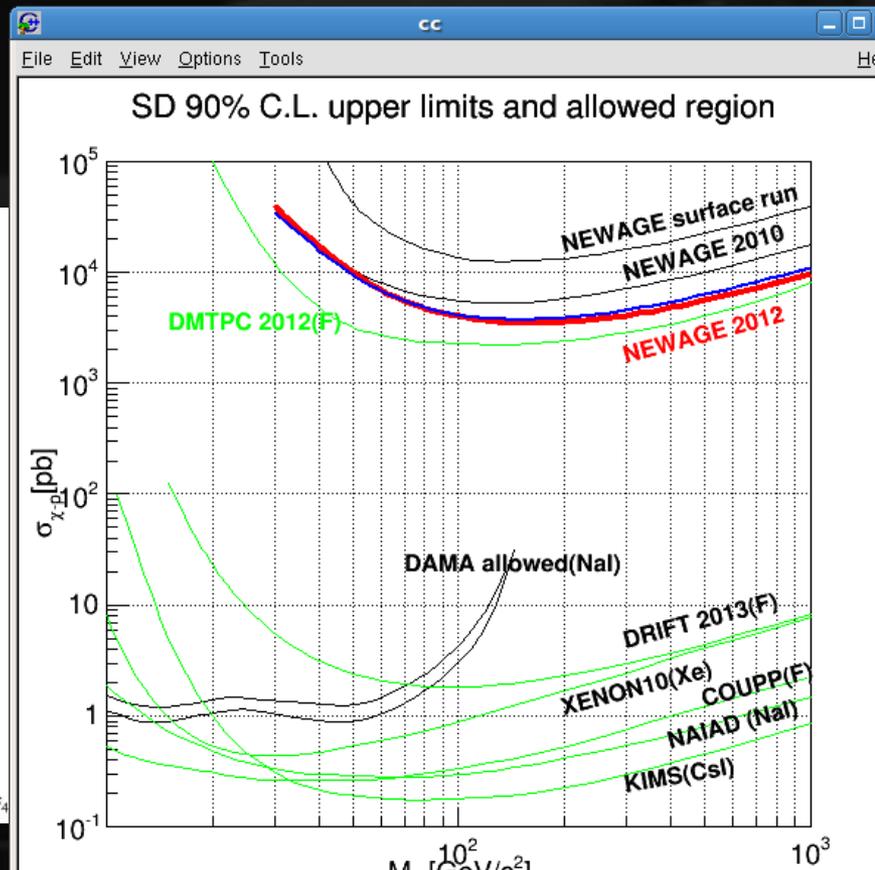


NEWAGE-0.3a あゆみ

- 2004年 開発開始
- 2006年 地上RUN → 初の方向感度実験
- 2008年 地下RUNその①
- 2012年1月～2013年1月 地下長期RUN
 - exposure 0.140kg · days
 - rate: $\sim 1/2$ at 100keV

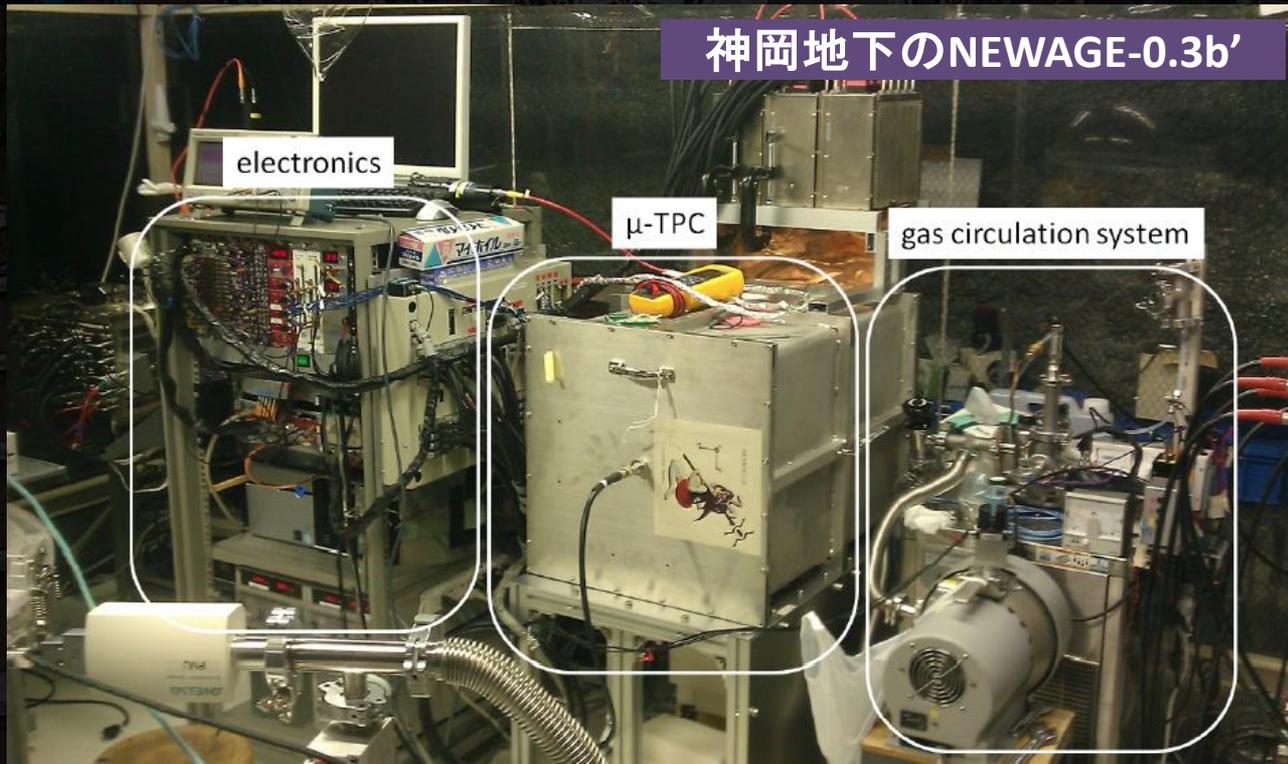


Schematic view of NEWAGE-0.3a detector. The volume between the drift plane and the GEM is the detection volume, it is filled with CF_4 .



NEWAGE-0.3b'

- 前回 (NEWAGE2010) の10倍以上の感度向上を目指す
 - 大型化: ~2倍 ($23 \times 27 \times 31 \text{cm}^3 \Rightarrow 30 \times 30 \times 41 \text{cm}^3$)
 - 低圧化 (低閾値化): $0.2 \Rightarrow 0.1 \text{atm}$ ($100 \Rightarrow 50 \text{keV}$)
 - DAQのアップグレード
 - 冷却活性炭を用いたガス循環システム



NEWAGE-0.3b

μ-PIC

- ・サイズ：
30x30cm
- ・ピッチ：400μm

GEM (8分割)

- ・サイズ：**31x31cm**
- ・厚み：100μm
- ・穴径：70μm
- ・ピッチ：140μm
- ・材質：LCP

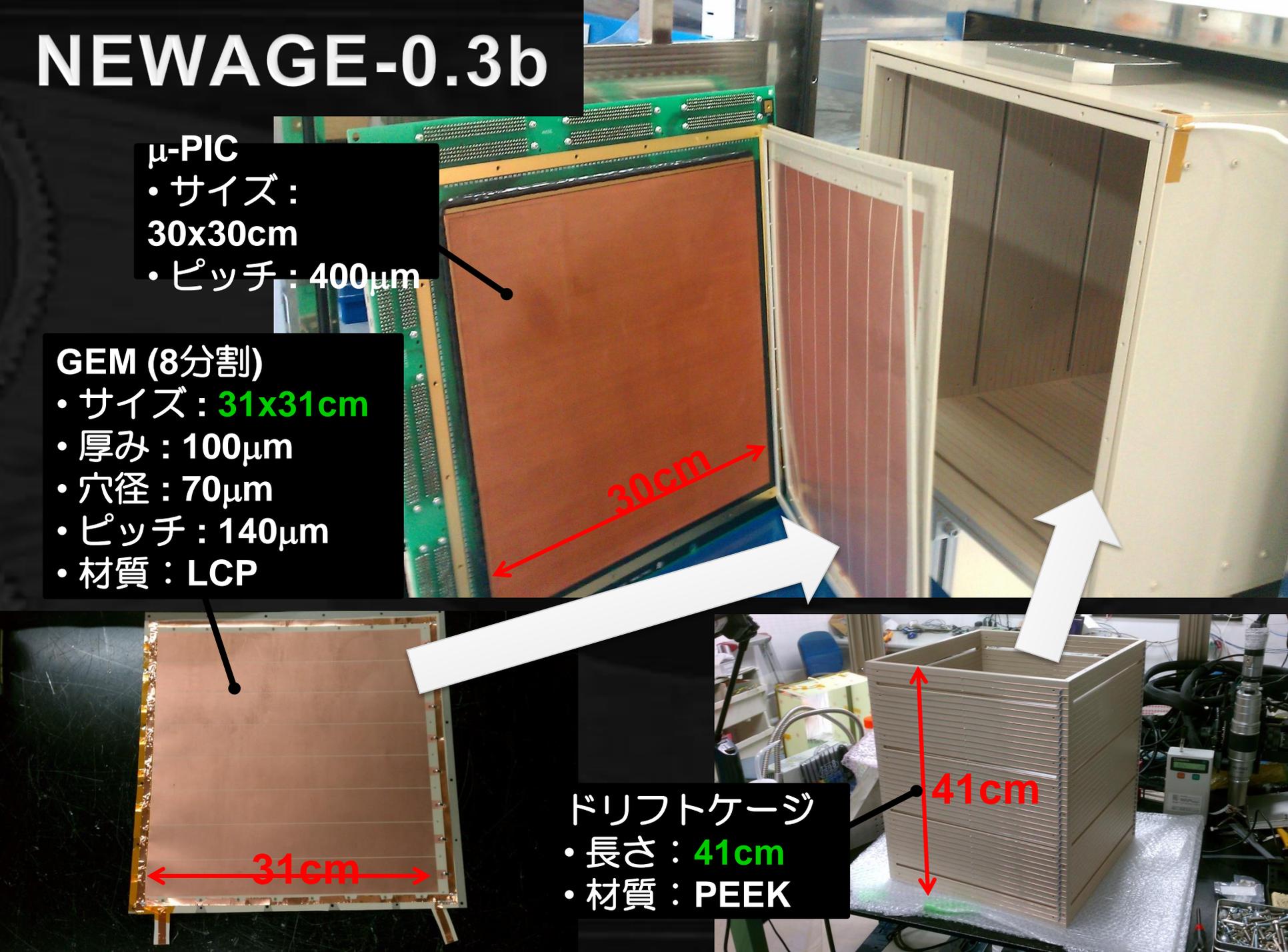
30cm

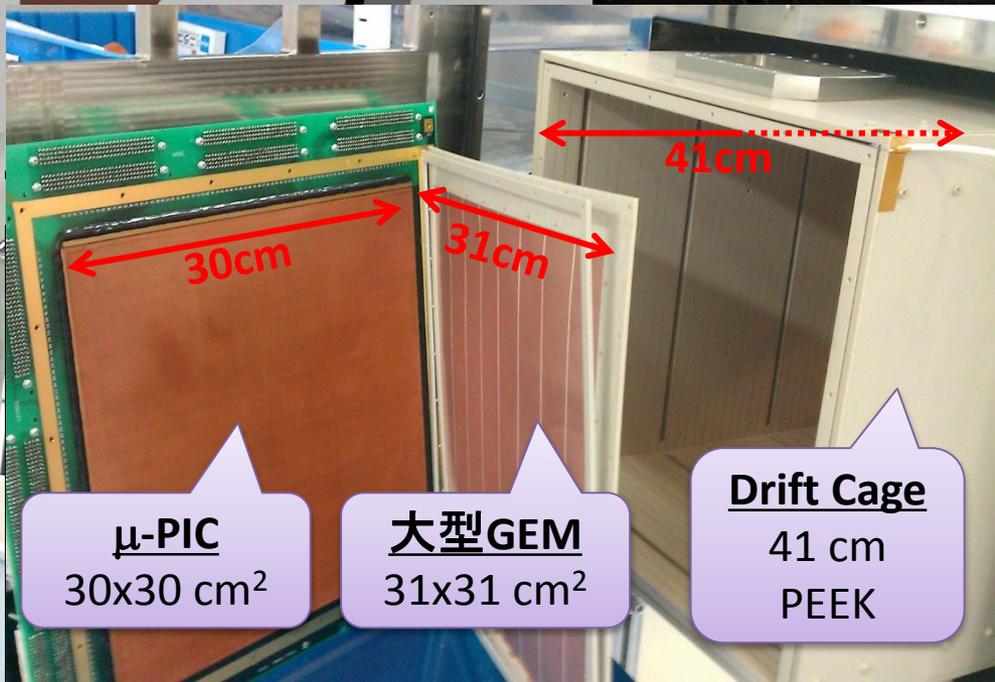
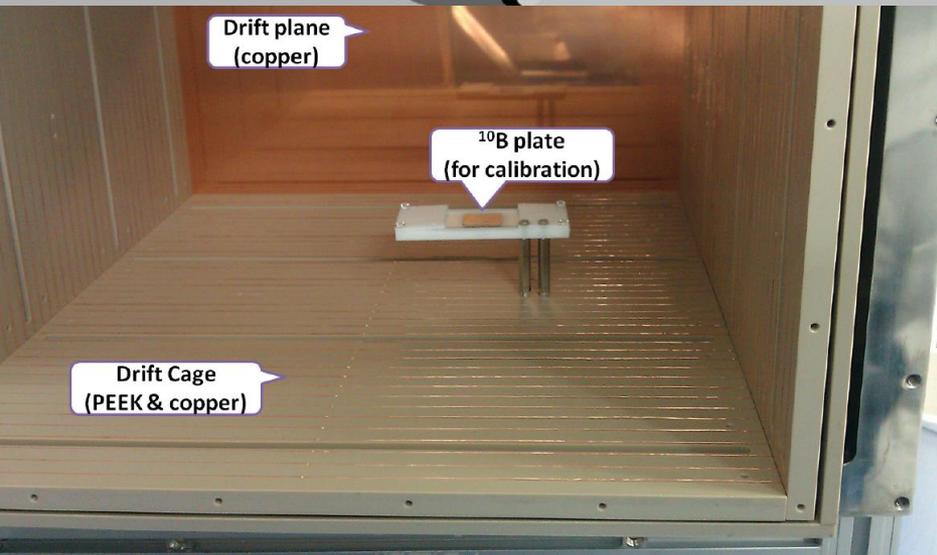
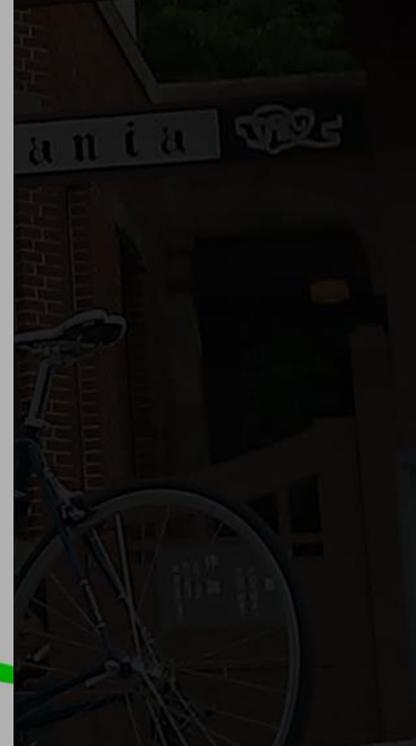
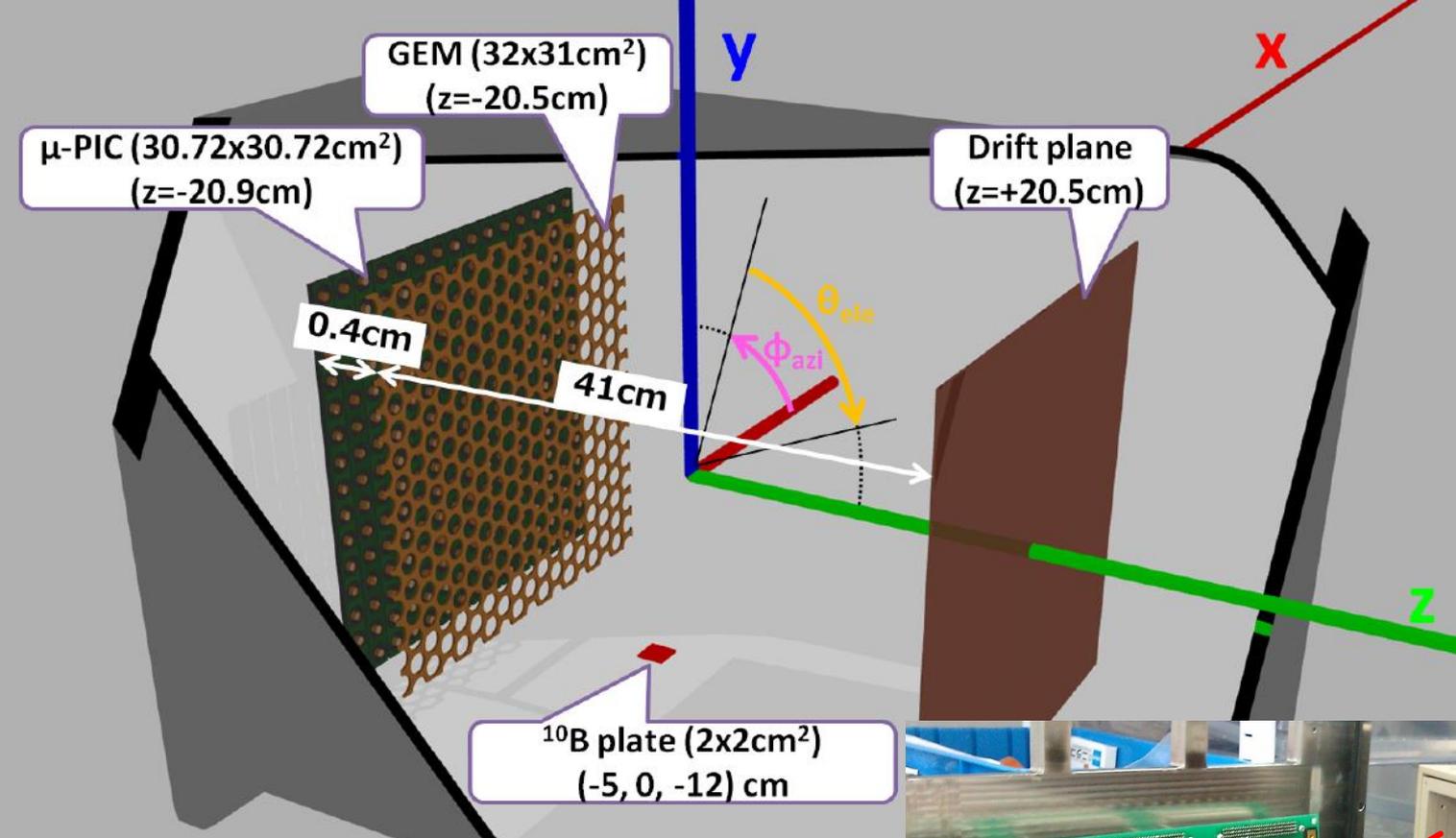
31cm

ドリフトケージ

- ・長さ：**41cm**
- ・材質：PEEK

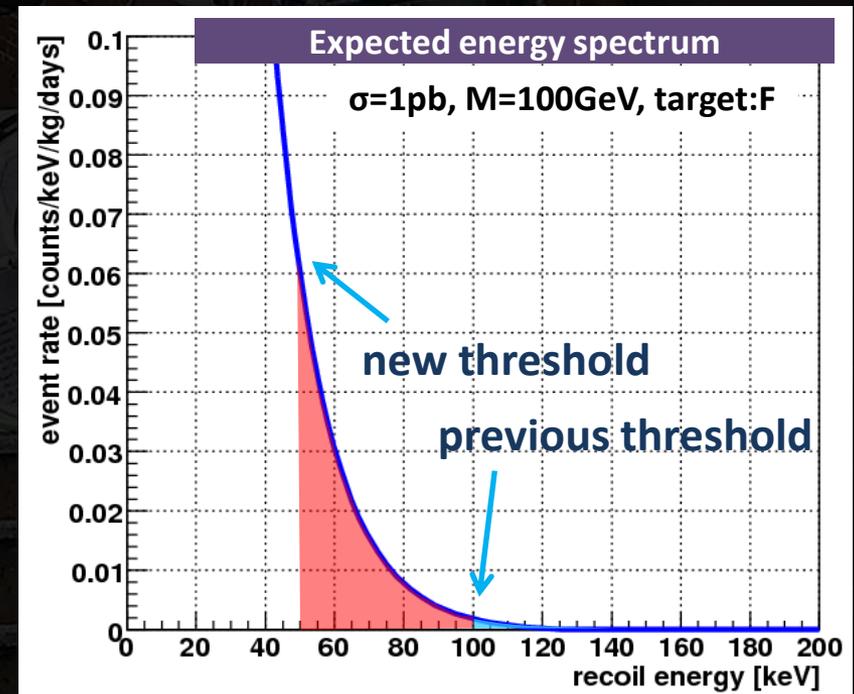
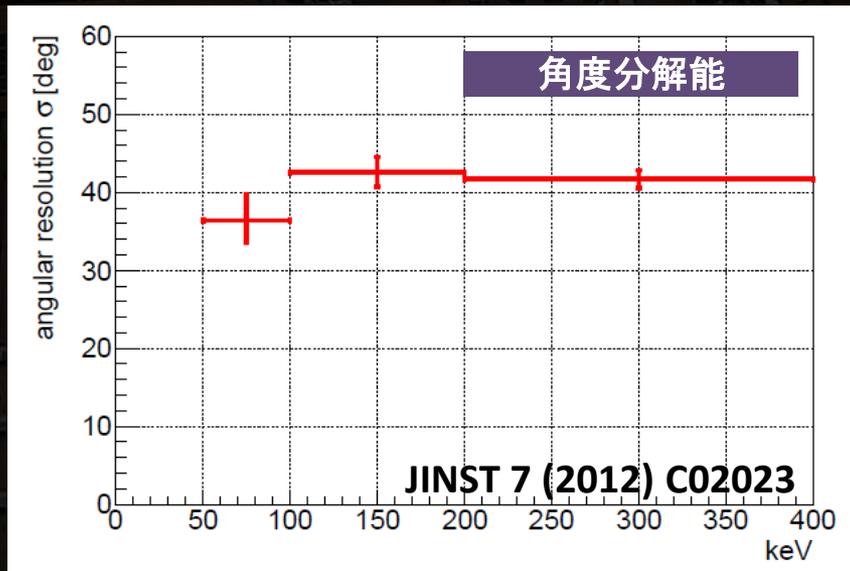
41cm





低圧化による低閾値化

- ガス圧: 0.2 \Rightarrow 0.1atm
- 角度分解能: ~ 40 度 @50-100keV



- 方向感度を保つエネルギー閾値は100 \Rightarrow 50keVに

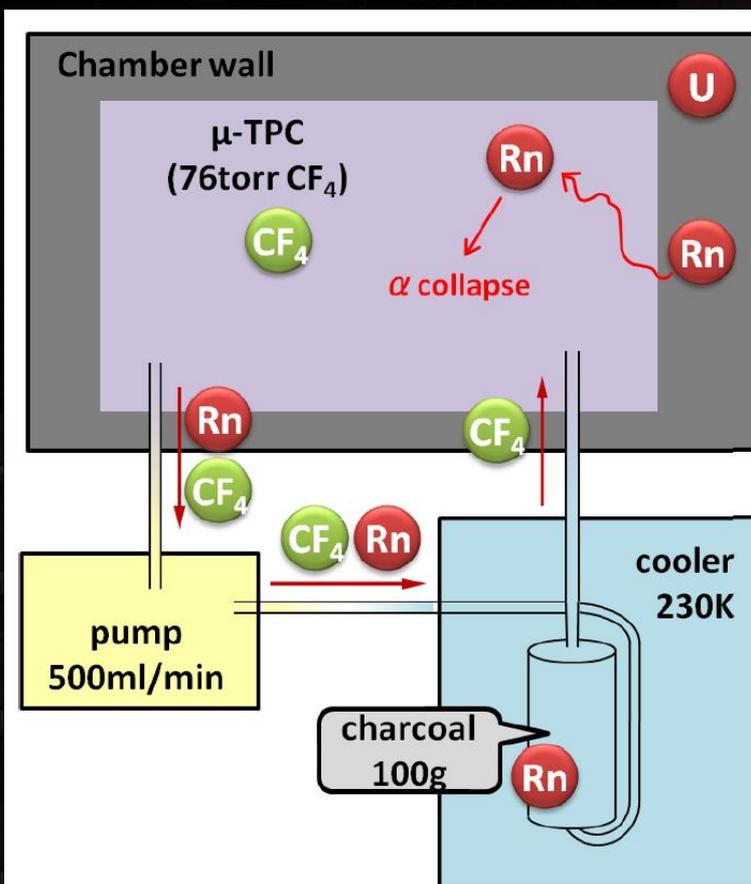
ガス循環システム

- 目的

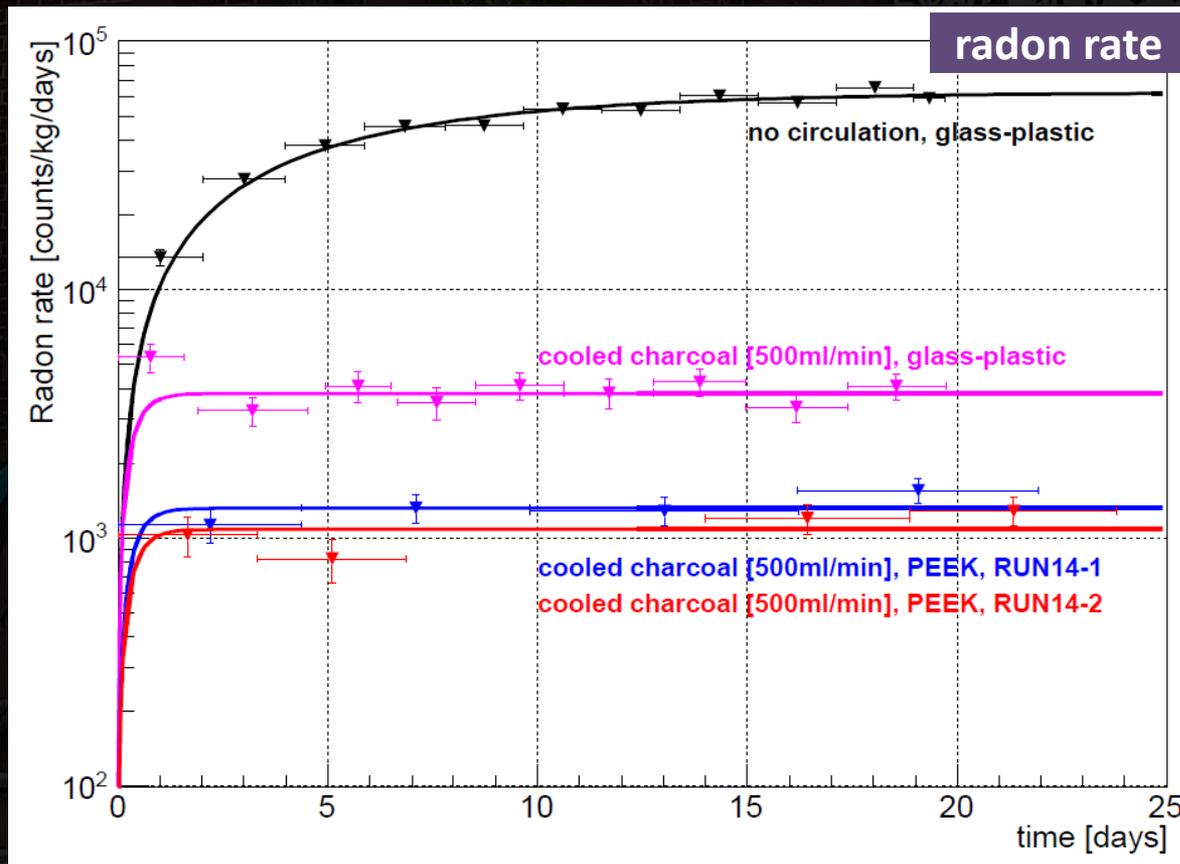
- BG低減(ラドン除去): 1/10以下
- 長期安定性(不純物除去): 1ヶ月以上

- スペック

- 流量: 500ml/min
- 冷却温度: 230K
- 活性炭: 100g



高エネBG(ピーク成分)

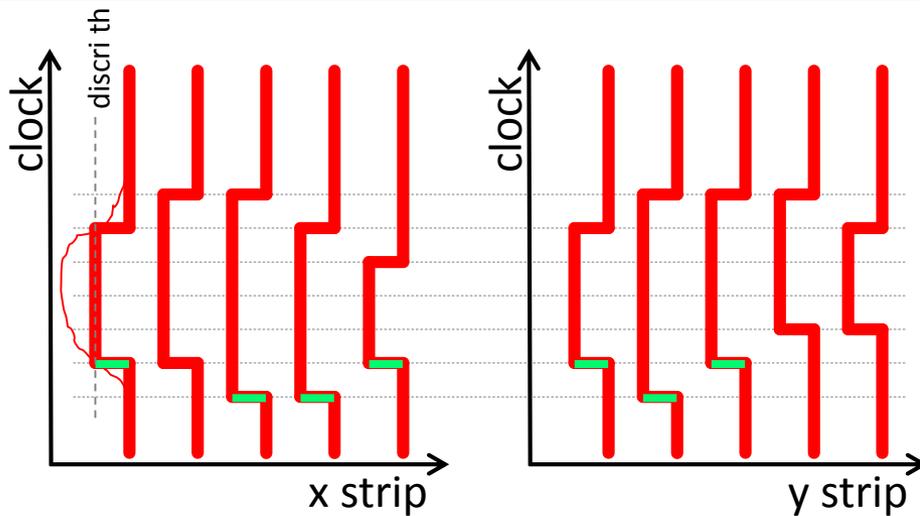


- 等方、6MeV ⇒ ガス中のラドン
- ラドンレート: 冷却活性炭のガス循環 + 材料選択で1/50に低減
- ラドン濃度: 9.3mBq/m³(²²²Rnの場合)、14mBq/m³(²²⁰Rnの場合)

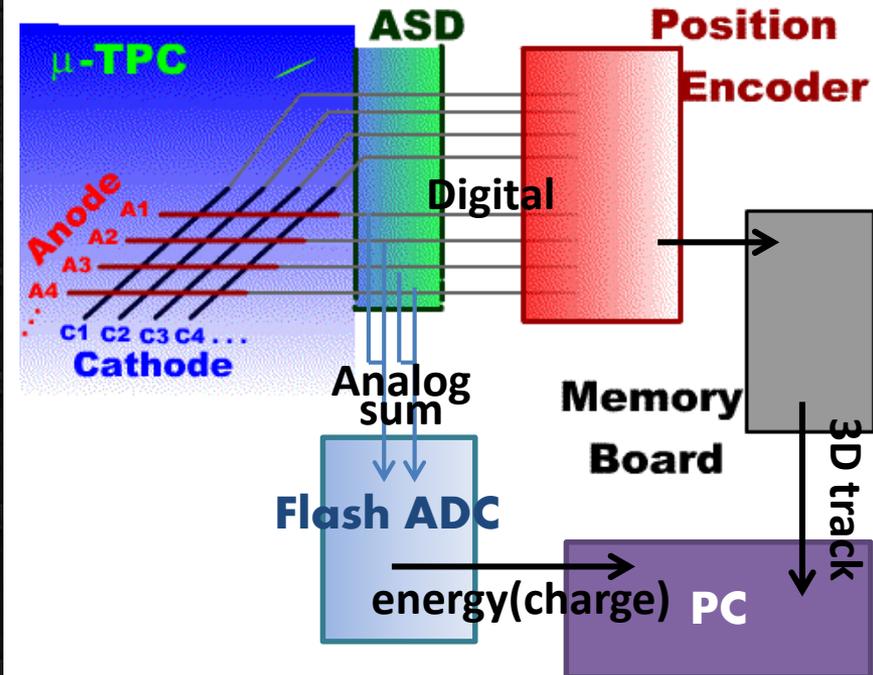
DAQ

	Strip information (for each clock)	Time Over Threshold	Detector
mode5	all	Rise & Fall timing ("energy" of each strip)	NEWAGE-0.3b'
mode1	x-y coincidence max, min only	Rise timing	NEWAGE-0.3a

- 全ストリップについてTOT(time over threshol)取得



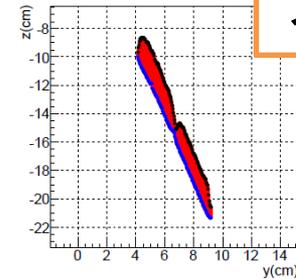
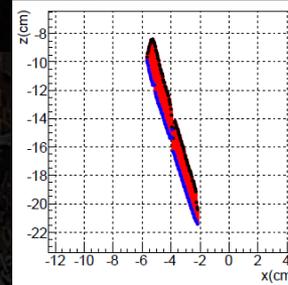
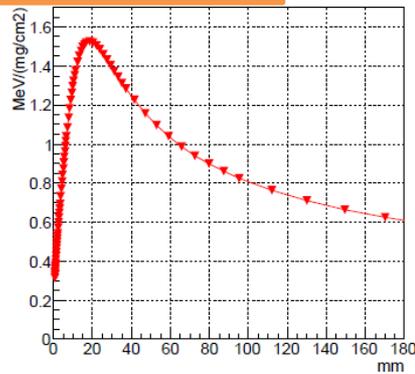
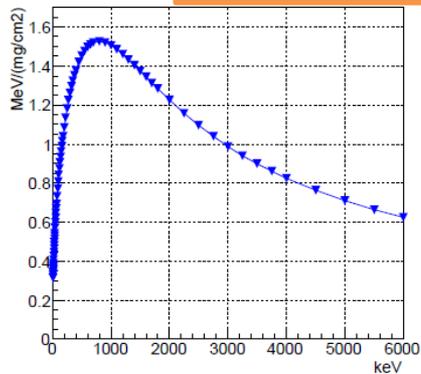
mode5
mode1



TOTの有用性① ブラッグカーブ

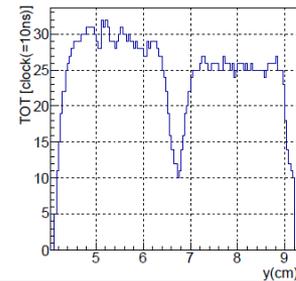
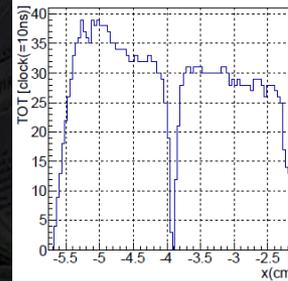
- ストリップごとのTOT(～検出エネルギー)
⇒ 粒子の運動方向

ブラッグカーブ(α 線)



イベント例

DM RUN14
ene_high=5468.707605 [keV]
 $\theta_{\text{elevation}}=62.306578$ [deg]
length=13.007051 [cm]
TOT-sum=5681
roundness=0.046847

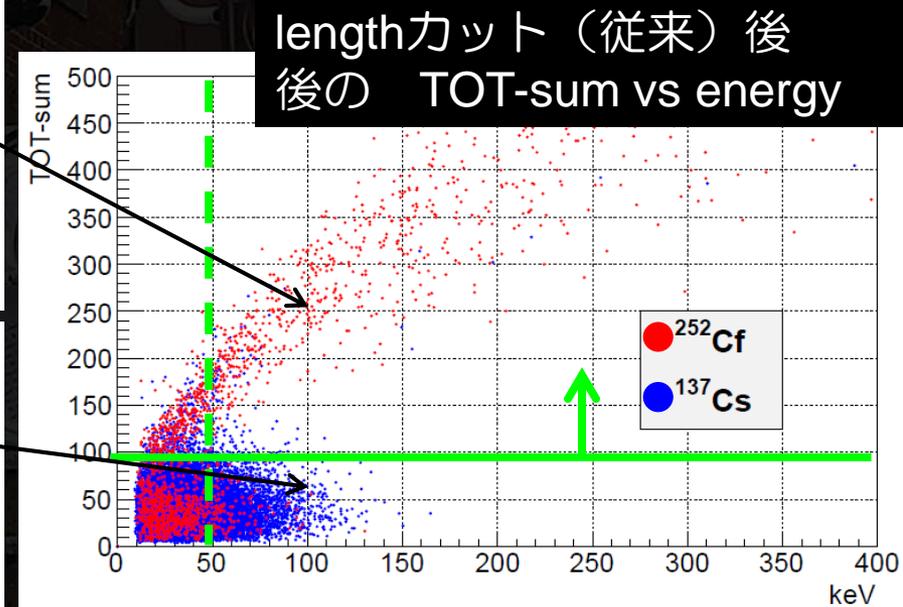
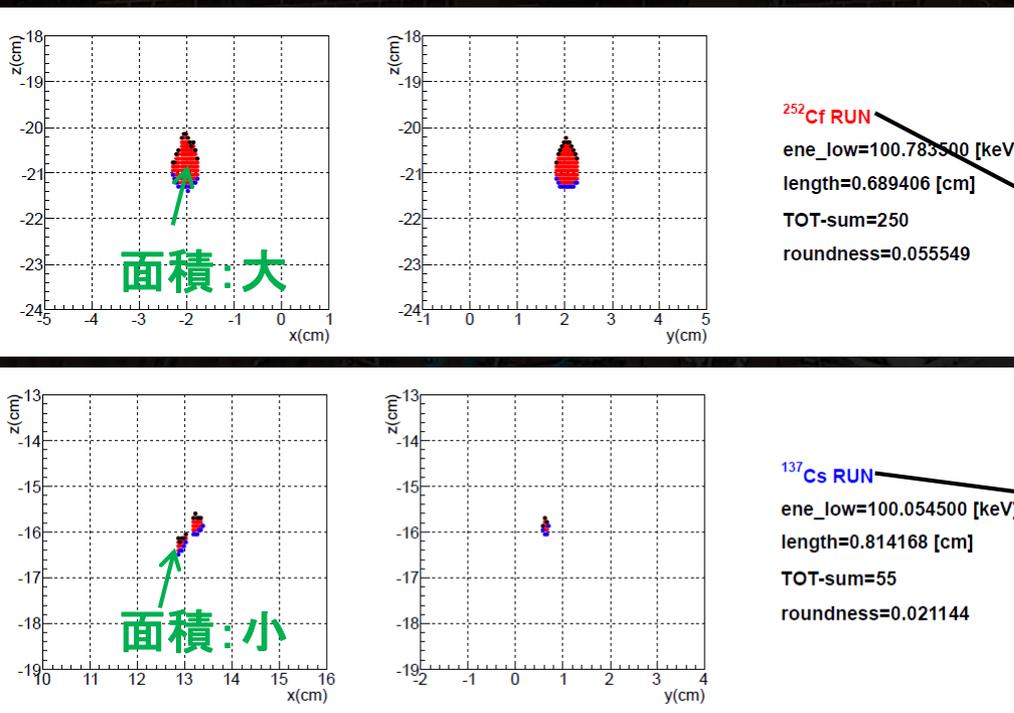


- 現状: 1MeV以上の α 線 → BG理解に大きな寄与
- 将来: 低エネルギーF飛跡 → DM runの感度向上

TOTの有用性② ガンマ線除去

TOT-sum-cut (ガンマ線カット):

TOT-sum・・・トラックのTOTの和(面積)



- 原子核反跳(252Cf): エネルギーと正の相関
- ガンマ線(137Cs): かすれた飛跡(dE/dx: 小)

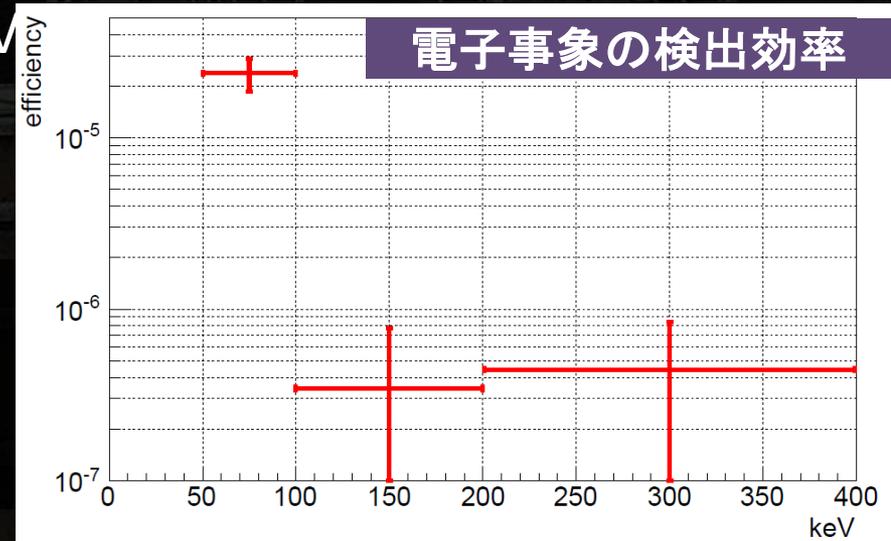
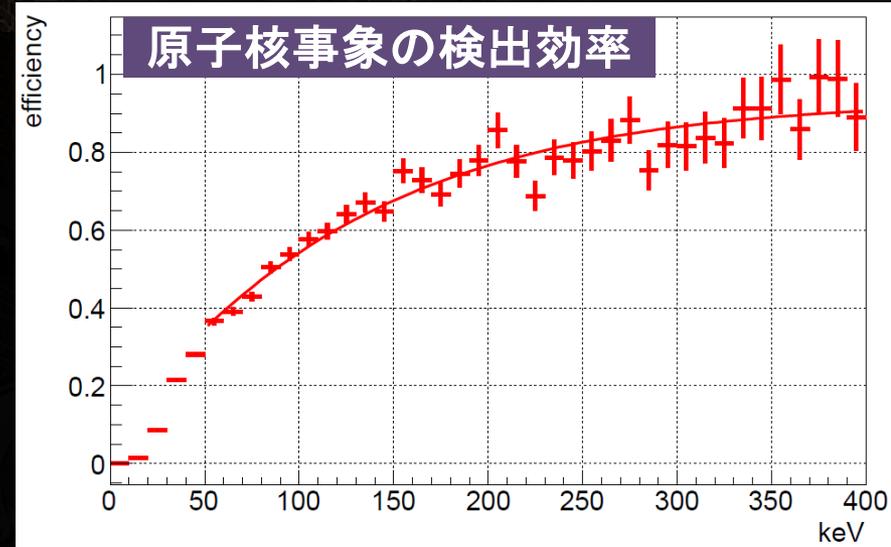


TOT-sum>100
を選択

γ線除去効率

- カット後のデータとGeant4を比較
(Geant4はガスとの反応まで振る)
- 原子核 (^{252}Cf 中性子照射)
 - 検出効率: **40%**@50keV(閾値)
- 電子 (^{137}Cs ガンマ線照射)
 - 除去能力: **2.5×10^{-5}** @50-100keV

mode5で取得できる飛跡の形状を用いて、原子核を残してガンマ線を効果的に除去できた



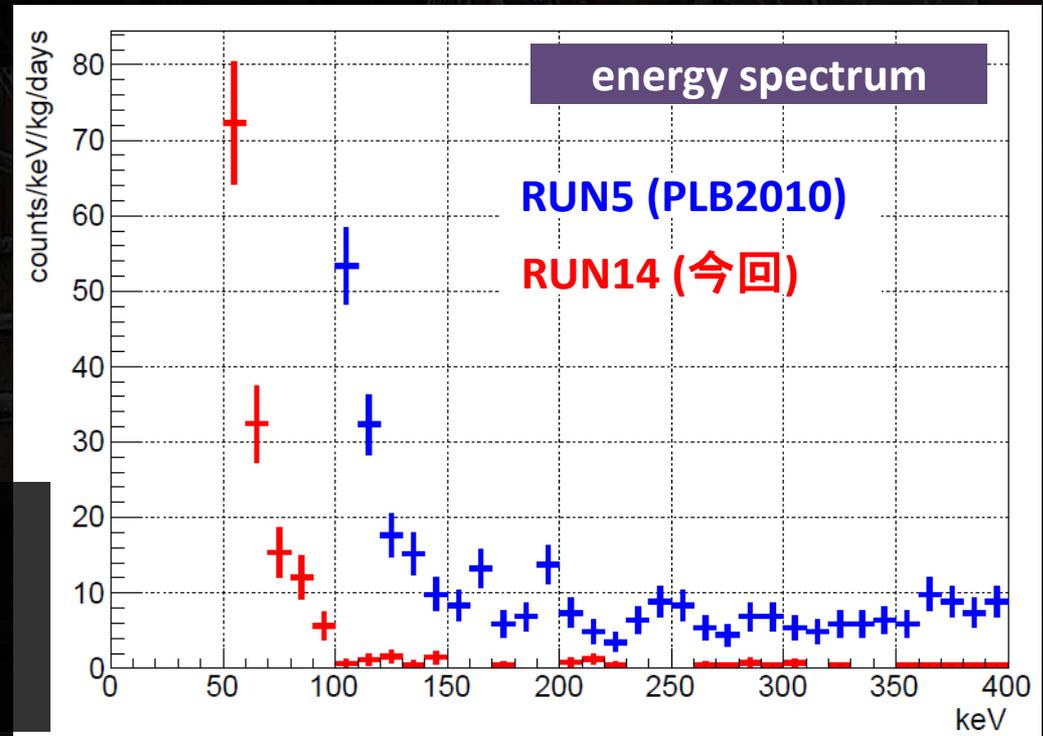
NEWAGE-0.3b 地下測定

RUN14諸元

- period : 2013/7/20-8/11, 10/19-11/12
- live time : 31.6 days
- fiducial volume : $28 \times 24 \times 41 \text{cm}^3$
- mass : 10.36g
- exposure : 0.327 kg·days

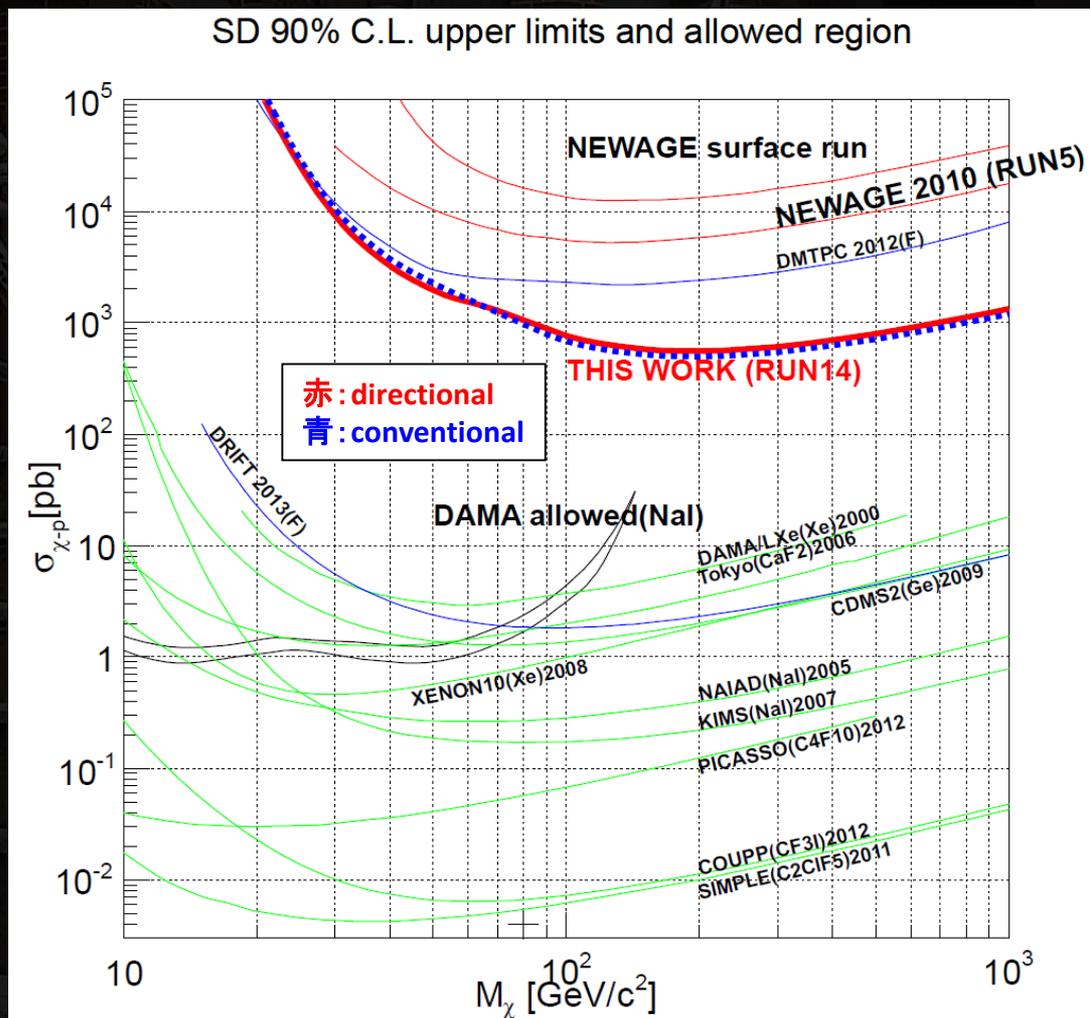
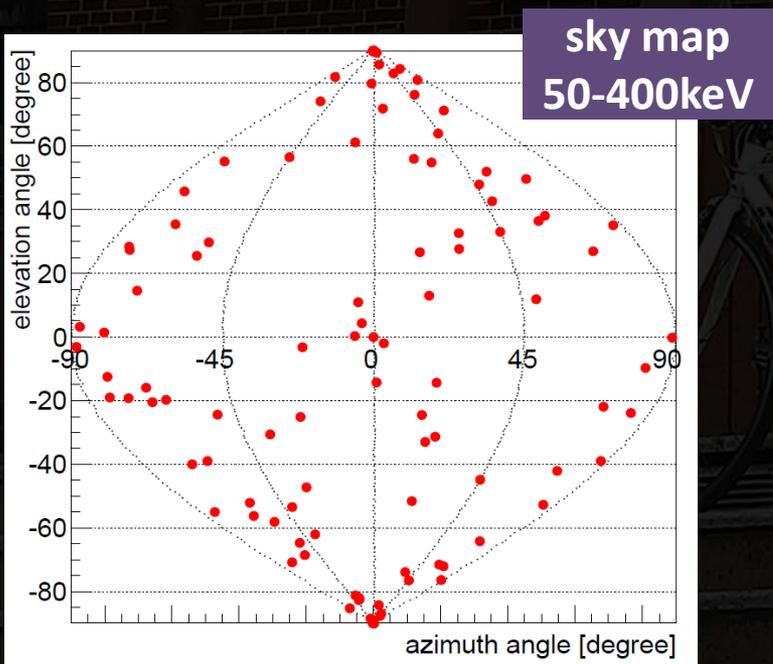
RUN14結果

- threshold : $100 \Rightarrow 50 \text{keV}$
- BG : $\sim 1/10$ @ 100keV



NEWAGE-0.3b 結果

- Directionalな世界最良のlimit: **557pb @200GeV**
- 前回の測定(RUN5)を一桁更新



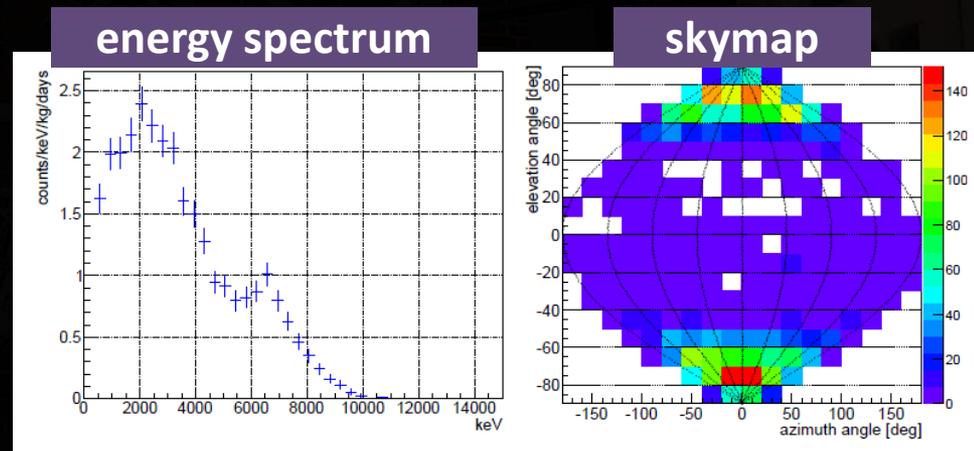
BG STUDY

高エネルギーBG

- 内部由来 (U/Thコンタミからの α 線)
 - GEM $\cdot\mu$ -PIC
 - ドリフトプレーン
 - ガス

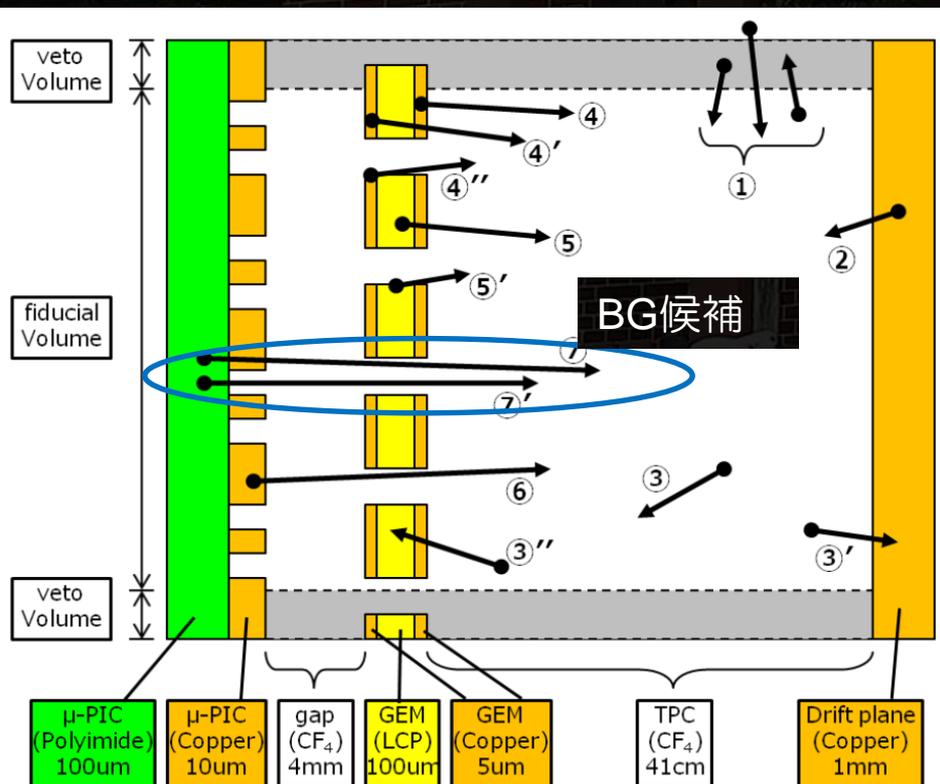
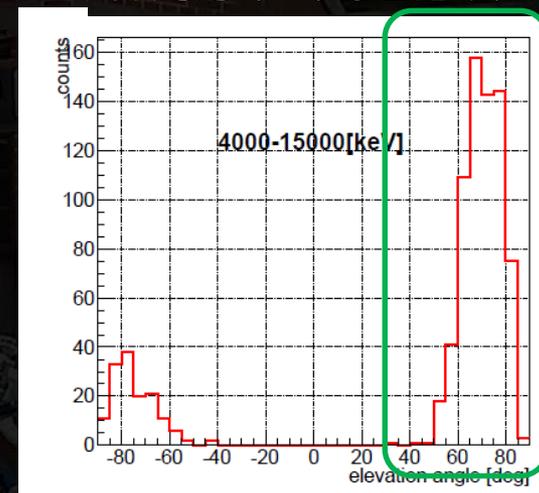
低エネルギーBG

- 外部由来
 - 環境ガンマ
 - 環境中性子
- 内部由来
 - GEM $\cdot\mu$ -PIC
 - ドリフトプレーン
 - ガス



高エネルギー-BG STUDY

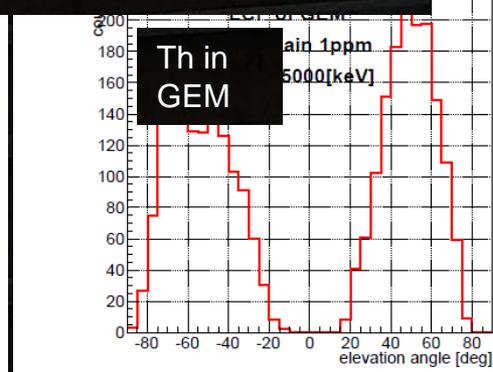
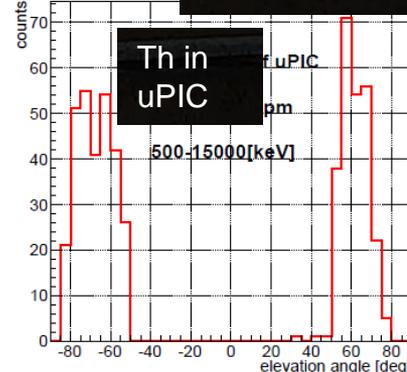
仰角分布 (測定結果)



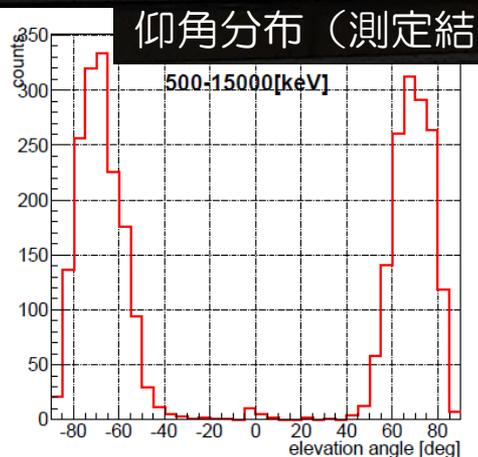
I ブラックカーブで「上向き」
⇒②を排除

II 角度分布から「GEM穴通過」

仰角分布 (シミュレーション)



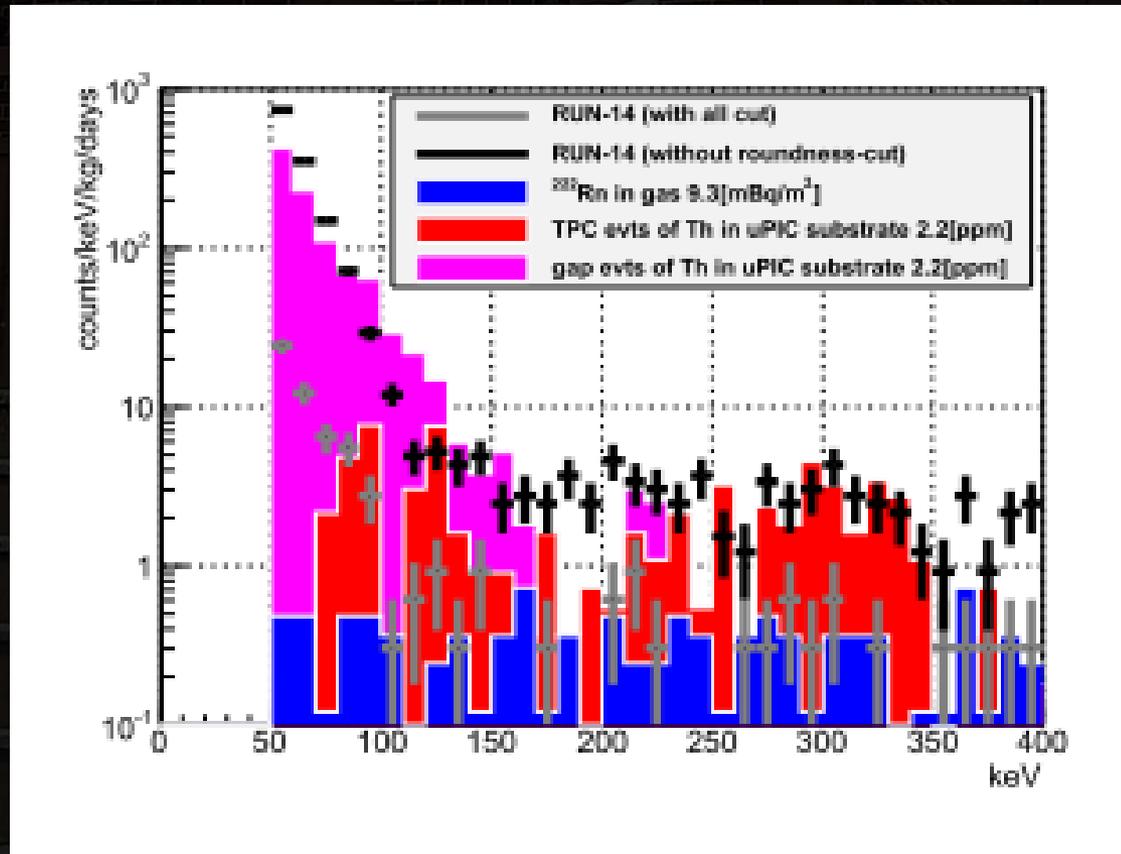
仰角分布 (測定結果)



⇒ μ -PICの絶縁体に含まれる放射性不純物

低エネBGの理解

- 高エネBG-studyで特定したBG (uPIC中の放射線不純物、ガス中のラドン) で低エネBGスペクトル形状を説明可能

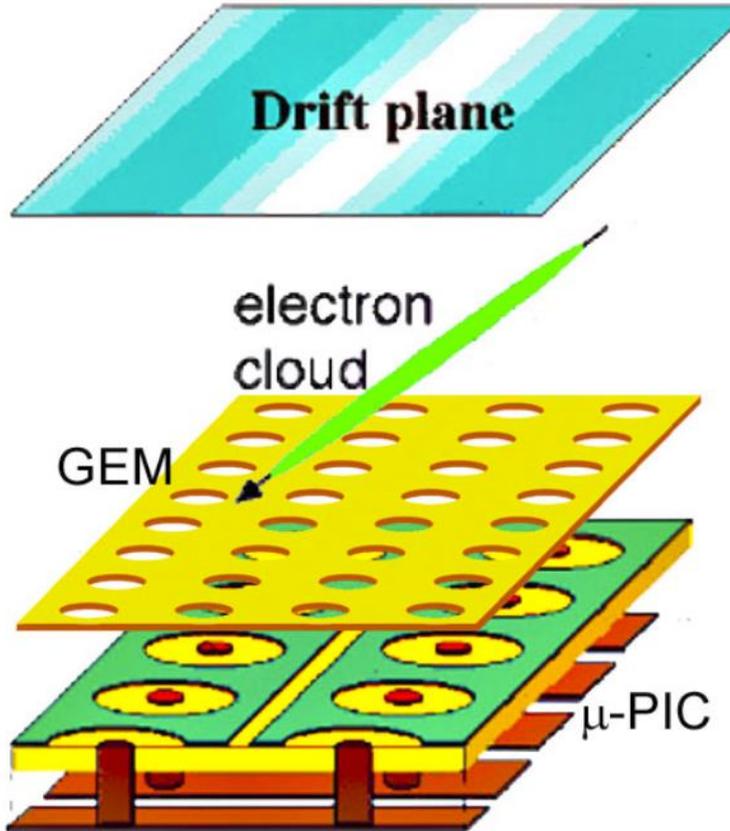
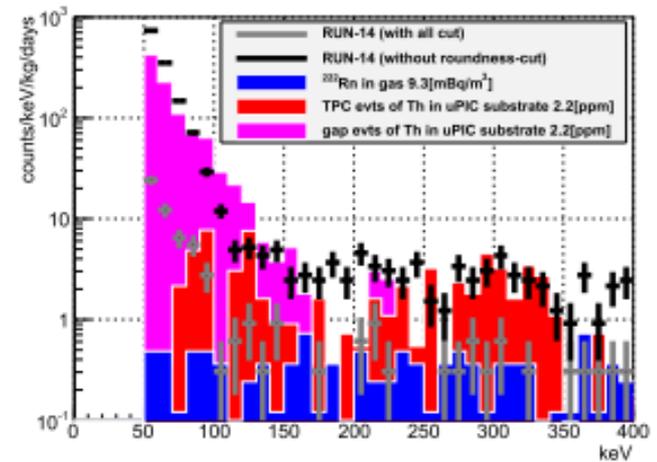


NEWAGE将来



残存BG

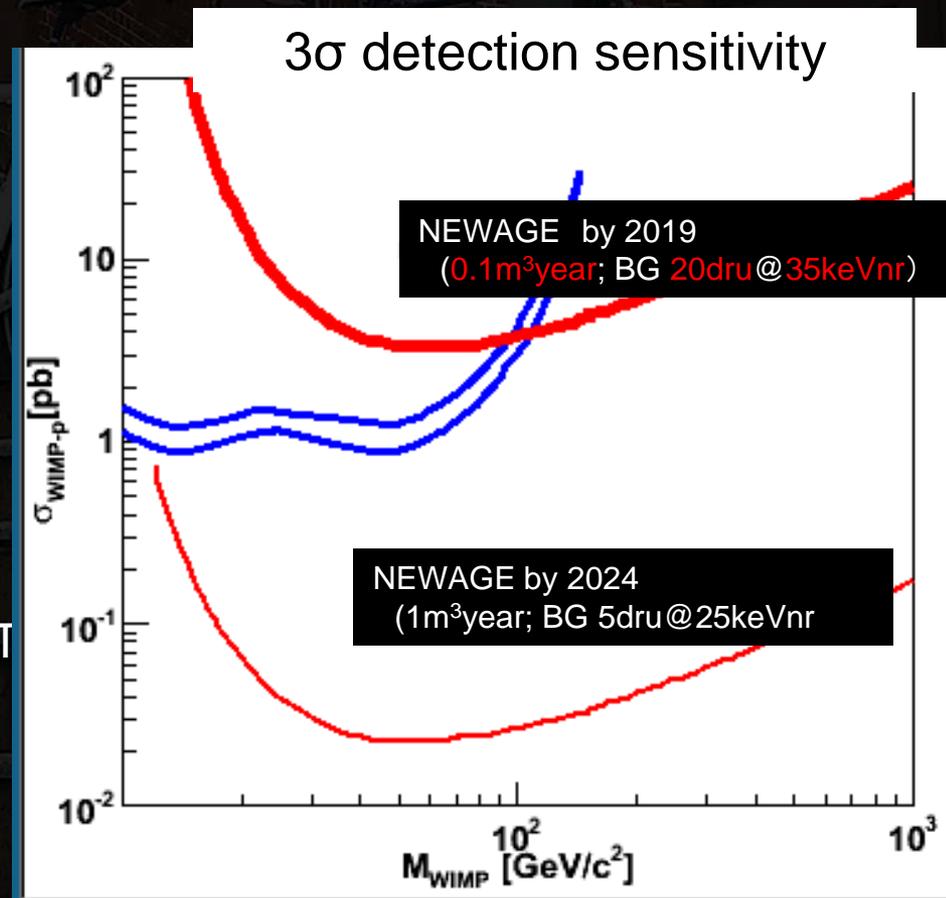
- μ PICのポリイミド(下図黄色部)からの α 線が低エネルギーの主成分
⇒ 低BG材料(1/100以下)への変更



- 低BG μ -PICの開発と並行して
 - 低閾値化 (50keV \rightarrow 25keV)
 - 大型化 NEWAGE-0.6a 製作 (30cm角 μ PIC \times 4)



- 5年を目途にDAMA
領域の探索



まとめ

概説

NEWAGE：方向に感度を持つ暗黒
物質検出⇒性質解明まで

これまで

2014年3月 中村D論（京大）
制限の1桁更新&BGの理解

将来

大型化・低BG化による感度向上へ

Direction Sensitive
WIMP-search
NEWAGE