

方向感度検出器（計画研究 B02） の課題

神戸大学 身内賢太郎

2015年3月9日

代表 身内賢太郎（神戸）

現状把握
低BG検出器へ

Direction-Sensitive
WIMP-search
NEWAGE

Emulsion

8月第一回研究会スライドより

検索

メニュー

- ▶ 代表挨拶
- ▶ 領域目的
- ▶ 研究計画
- ▶ X00 総括班
- A01 大型液体シンチレータ検出器でのニュートリノのマヨナラ性と世代数の研究
- A02 48Caを用いたニュートリノのマヨナラ性と研究と高分解能技術の開発
- B01 大型実験装置による暗黒物質の探索

B02 低バックグラウンド技術を用いた方向感度をもつ暗黒物質探索の基礎研究 Edit

ガスTPC、原子核乾板

本研究では、方向に感度を持つ暗黒物質研究の為の低バックグラウンド(BG)化による基礎研究を総合的に行います。ガスを用いた高精度な手法(B02-1、B02-2)、相補的である原子核乾板を使用した大質量検出器の開発(B02-3)を合わせて研究を進めることで国内技術を結集、当該分野で世界をリードしてゆきます。

方向に感度を持つ暗黒物質探索実験は、その有用性は認識されながらも、技術的困難さから実現されておりません。NEWAGE(B02-1)は日本独自の技術、マイクロビクスルチェンバーを初めて暗黒物質探索実験に応用することで、世界に先駆けて当該分野を切り拓き、唯一の制限を与えています。最先端の技術を用いて開始した研究であるため、これまで原理実証を最優先し、現在「低バックグラウンド実験」への発展段階です。

本研究はB02-1を軸として行い、領域内D班の低BG技術を合わせて装置の低BG化を進め、期間内に一桁以上の感度向上、さらには暗黒物質の発見が示唆されている領域の探索への具体的な方針を示すことを目標とします。また、将来計画への基礎研究として、スピンの依存しない核子を用いた実験の検討(B02-2)、大質量検出器による方向に感度を持つ探索の検討(B02-3)などの基礎研究も進めます。暗黒物質探索の感度として先行するB01班との連携を密にとり、B01班で何かしらの兆候を得られたと

これまで：原理実証

本領域での研究：低BG化 ⇒ 本格的DM実験へ

NEWAGEの課題

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

TPCガス
CF4 0.1気圧

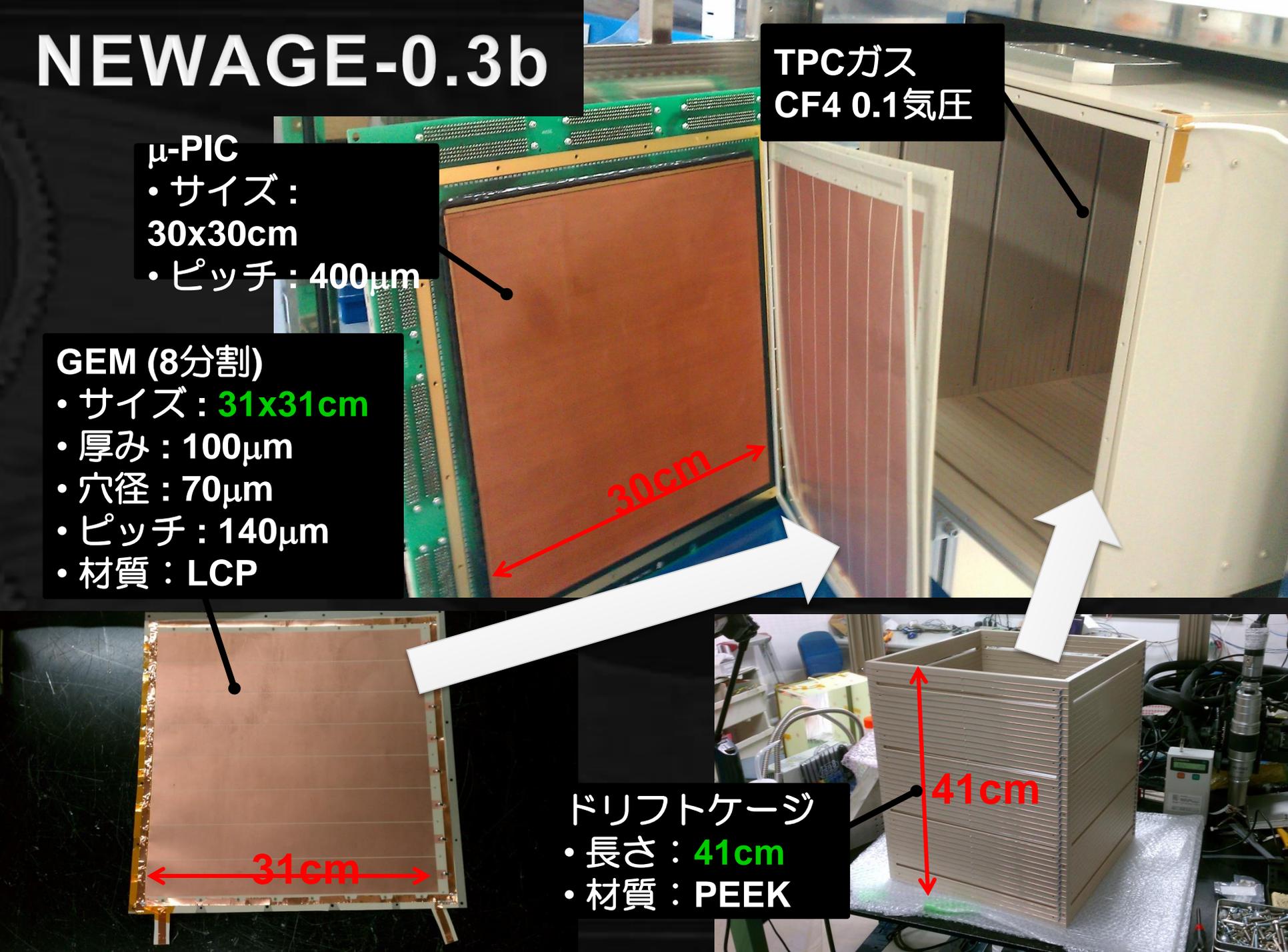
30cm

31cm

ドリフトケージ

- ・長さ：**41cm**
- ・材質：PEEK

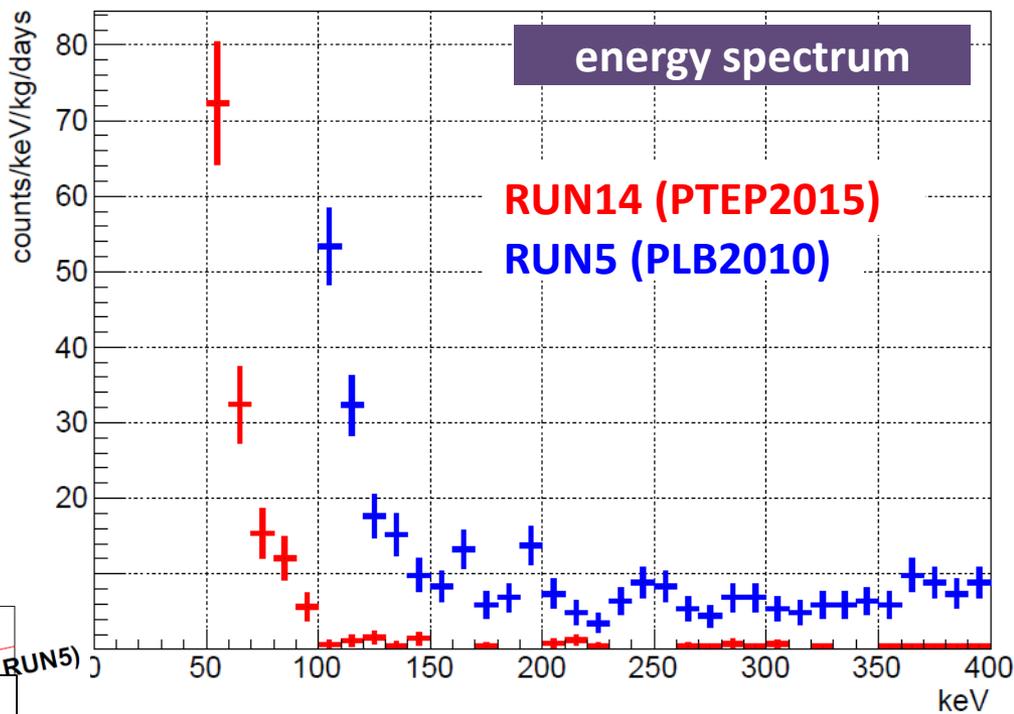
41cm



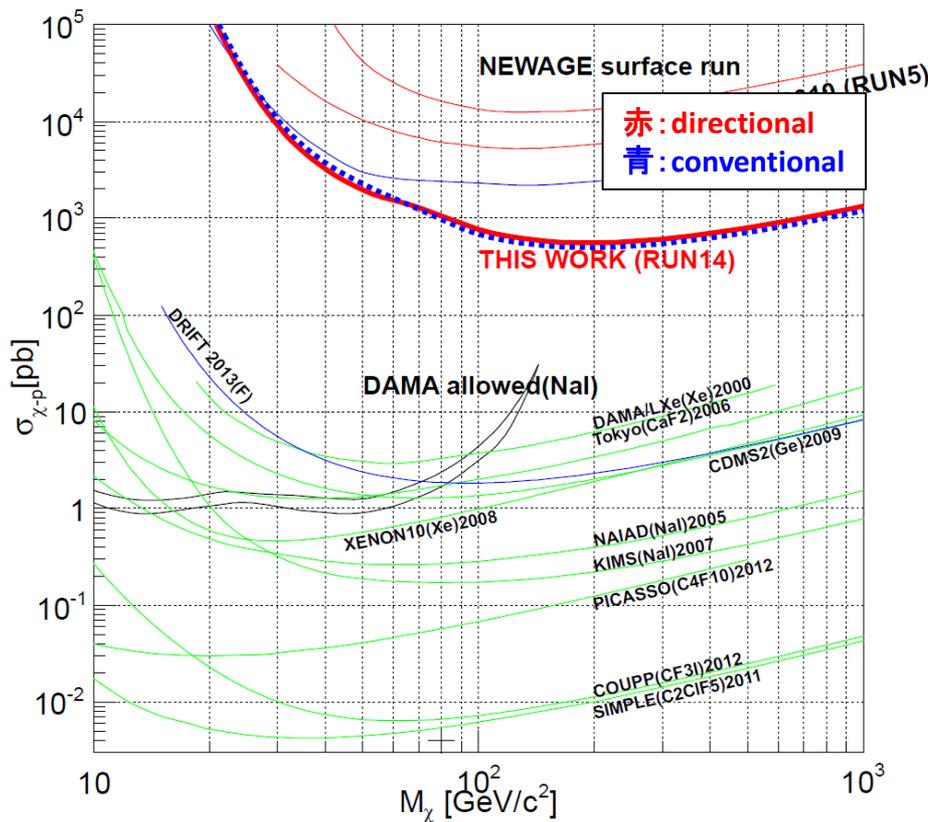
現状

エネルギースペクトル

- BG level: **100dru @50keV**
- 目標: 期間内に1桁以上削減



SD 90% C.L. upper limits and allowed region



ガスTPC BGの特徴

- いろいろなものの飛程が長い(CF4 0.1気圧)

電子 100keV 50cm

α 線 5MeV 15cm

F原子核(100keV) 1mm

「一部だけ落とす」BGが問題になる

- 三次元飛跡情報 → dE/dx による

→ 電子飛跡を除去($\times 10^{-5}$)

→ 原子核のPID (たとえば α とFを見分ける) は非現実的

原子核飛跡のBGが問題になる

- fiducialization

XY方向：可能

Z方向：難しい (明日のSnowdenn-Ifft氏の話)

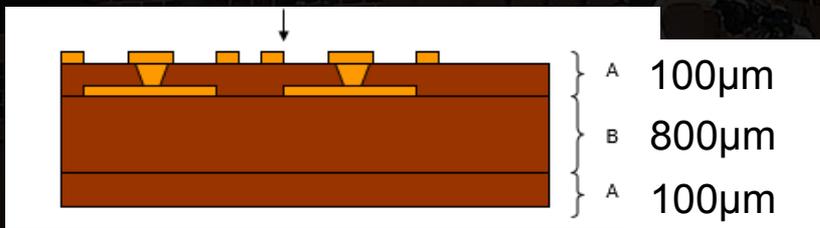
読出し面、ドリフト面からのBGが問題になる

ガス検出器BGの特徴

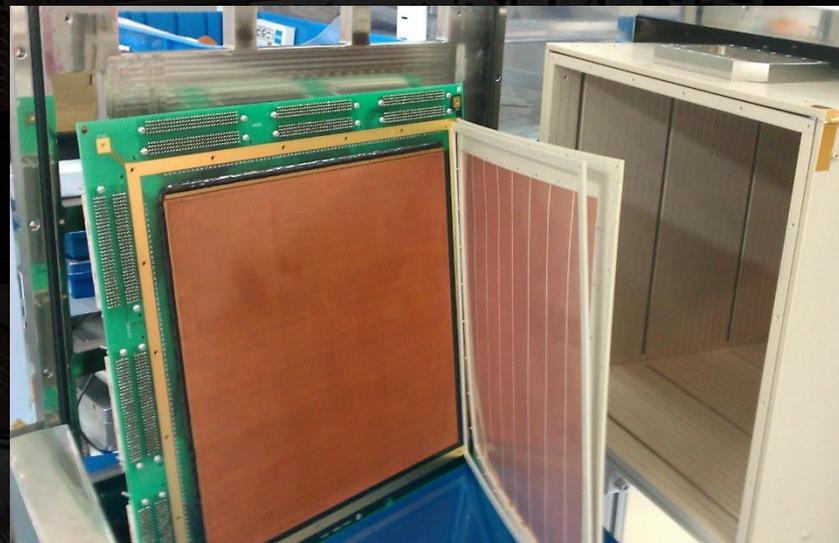
- もともといるもの
検出器中のU/Th
- ガス中に入ってくるもの
ラドン（午後身内）

一番の敵

μ-PICのポリイミド(橋本ポスター参照)
からのα線



μ-PIC断面図(A,Bともにガラス繊維強化ポリイミド)



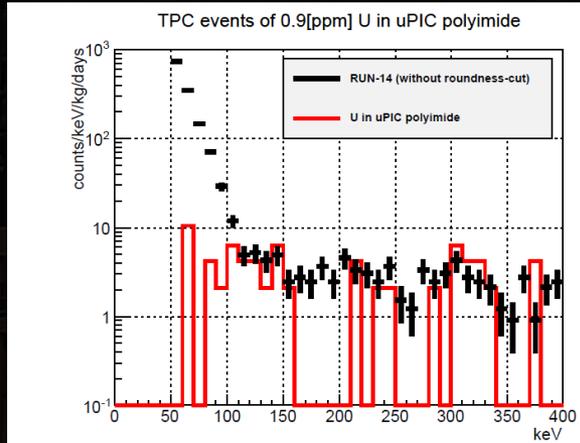
放射平衡を仮定 誤差は系統誤差	^{238}U [ppm]	^{232}Th [ppm]
ポリイミド	0.5	2.6

細かい数値は橋本ポスター参照

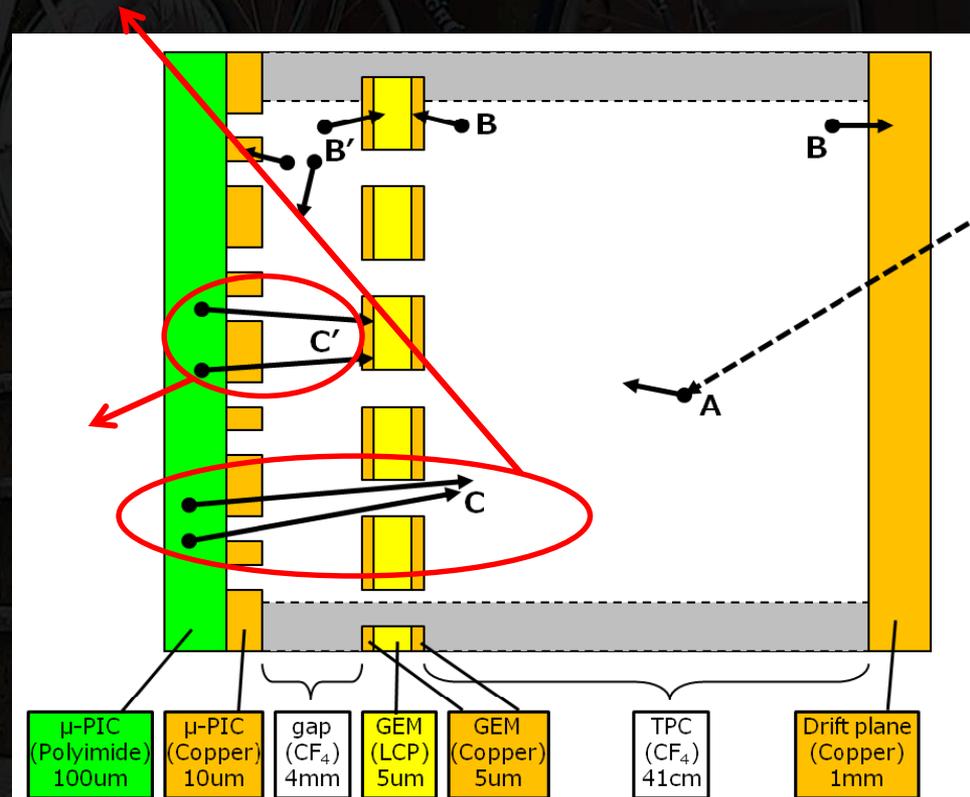
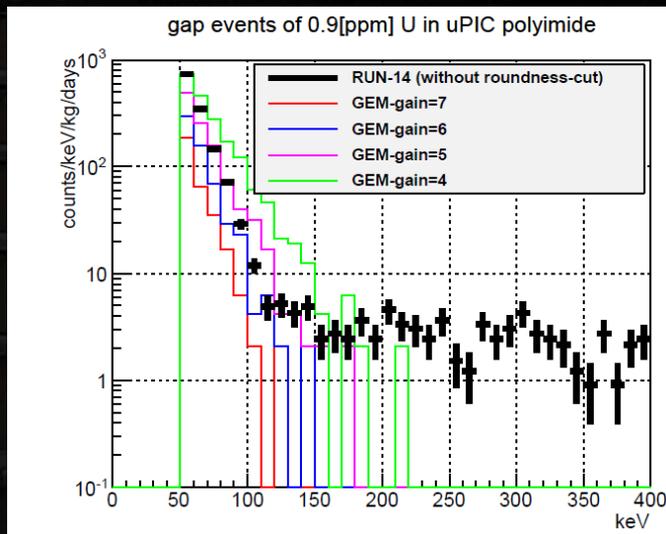
低エネBG (内部 polyimide)

- Geで測定したU/Th量
- C: 100-400keVのフラット成分
- C'(gap事象): 50-100keVの立ち上がり成分を説明
- 定量的な理解へ

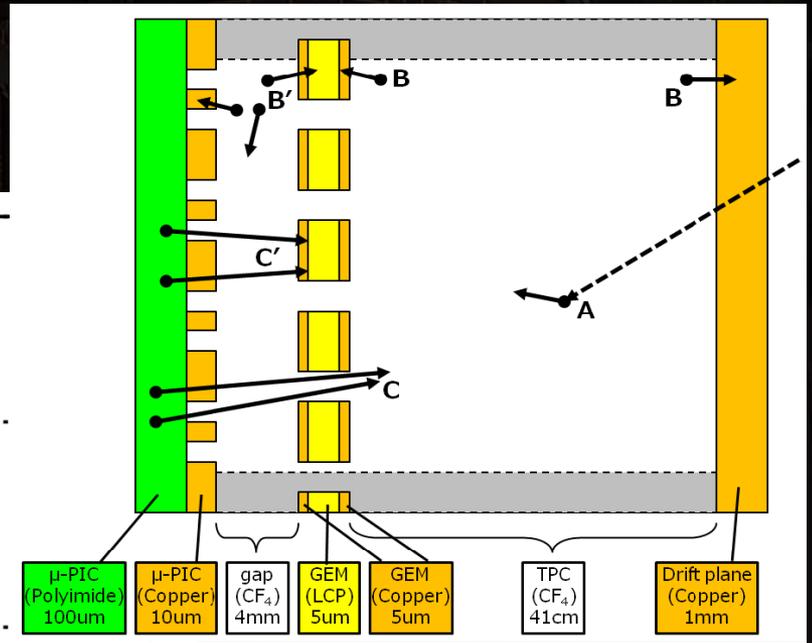
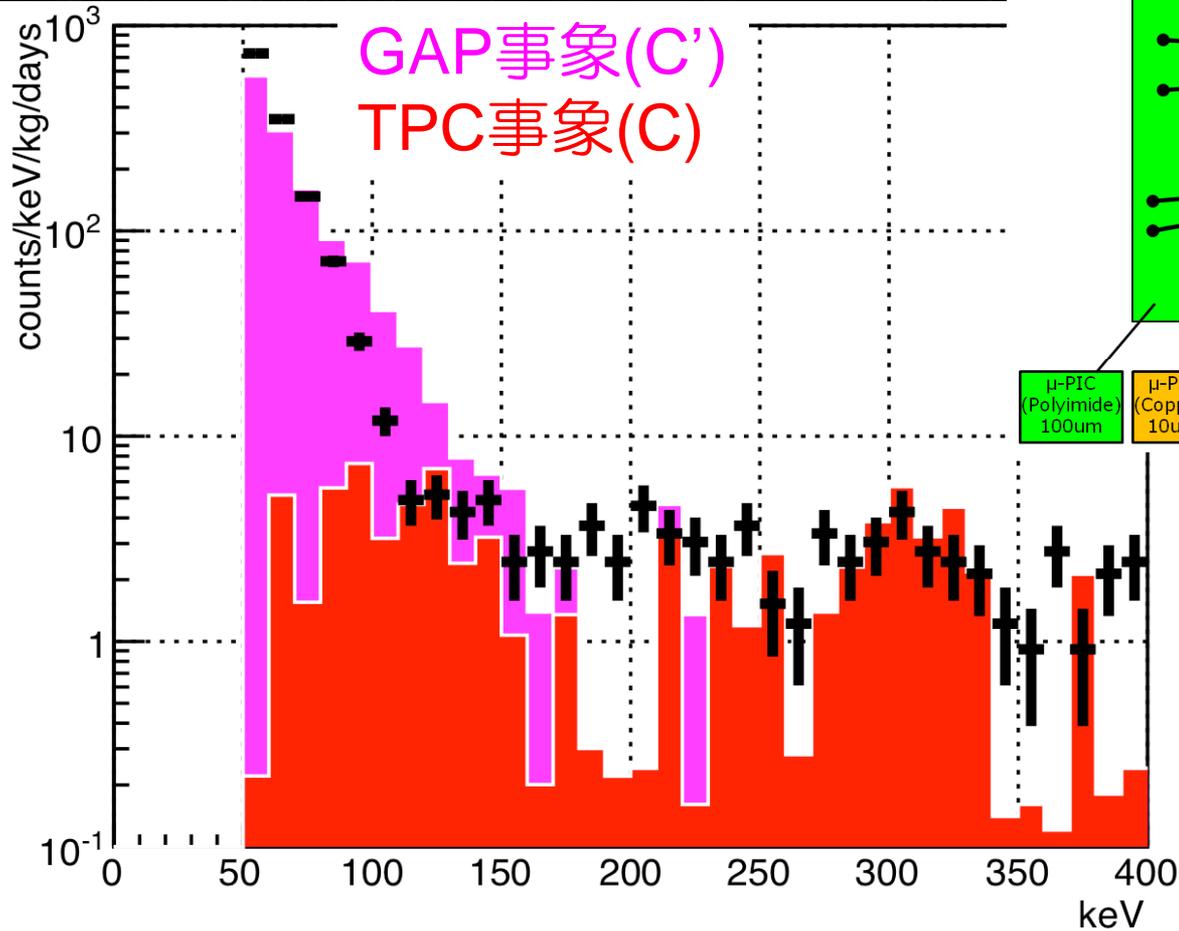
TPC領域のU/Th in polyimide(C)



gap領域のU/Th in polyimide(C')



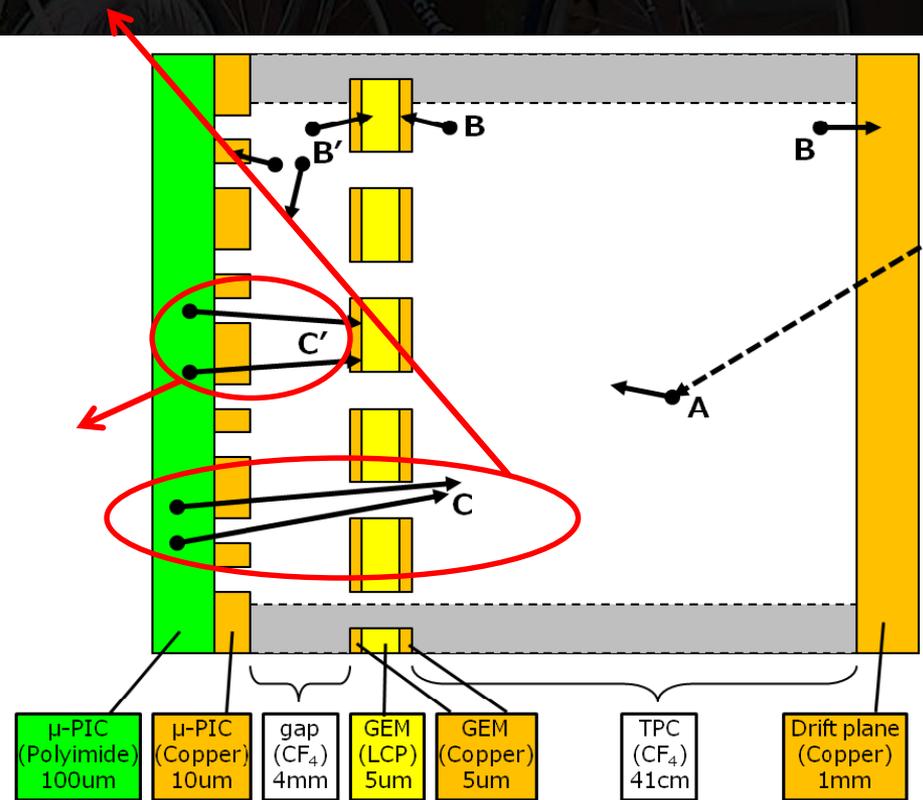
BG内訳 (study中)



μ PIC中の α がメイン
ラドン、環境 γ 、環境中性子が1桁下に

その他

- ドリフト面からの α 線 現在は無酸素銅
 - 内部 U/Th
 - ラドン娘の打ち込まれ (参考明日のSnowden-Ifft氏のトーク)



原子核乾板の課題

検出器内部の微量放射線同位体測定

エマルジョン内部に含まれる放射性同位体も並行して測定
(イタリア人研究者と共同研究 @ グランサッソ研究所)

Current type

Type	Gelatin (normal)	Silver halide crystals (normal)
^{228}Ra (mBq/kg)	30 ± 10	< 52
^{228}Th (mBq/kg)	50 ± 10	< 3.8
^{226}Ra (mBq/kg)	19 ± 7	< 25
^{234}Th (Bq/kg)	< 0.34	< 3.3
^{234m}Pa (Bq/kg)	< 0.64	< 2.0
^{235}U (mBq/kg)	< 19	< 35
^{40}K (Bq/kg)	1.4 ± 0.2	98 ± 9
^{137}Cs (mBq/kg)	< 4.5	< 22
^{60}Co (mBq/kg)	< 2.9	< 22
^{108m}Ag (mBq/kg)	-	67 ± 9
^{110m}Ag (Bq/kg)	-	4.54 ± 0.23

K-40を減らしたタイプは現在測定中



名古屋で試料を作成し、グランサッソに送って測定

AgBr crystal sample



協力：
Stefano Nisi (Chemical Plants Service, LNGS),
C. Galbiati (Co-spokesperson, DarkSide)

まとめ

- NEWAGE

100 events/keV/kg @ 50keV

U,Th ppm オーダー → 2桁以上少ない材料へ
(結果として1桁以上のBG低減)

- 原子核乾板

反跳原子核の飛跡検出 (次のJPS)

(現状) 反跳原子核最大効率化

(将来) 反跳原子核シグナルの検出効率の維持と高い

γ・β線バックグラウンド除去効率の最適化

1. 化学的な手法による結晶の量子効率コントロール
2. 低温デバイス (結晶の温度変化を利用)