



暗黒物質探索のための方向感度を持つ 高圧キセノンガス検出器の開発

中村輝石(市川代理) | 京大理

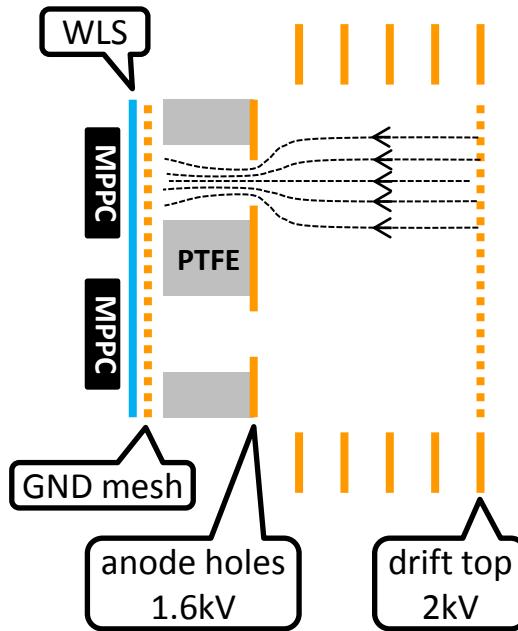
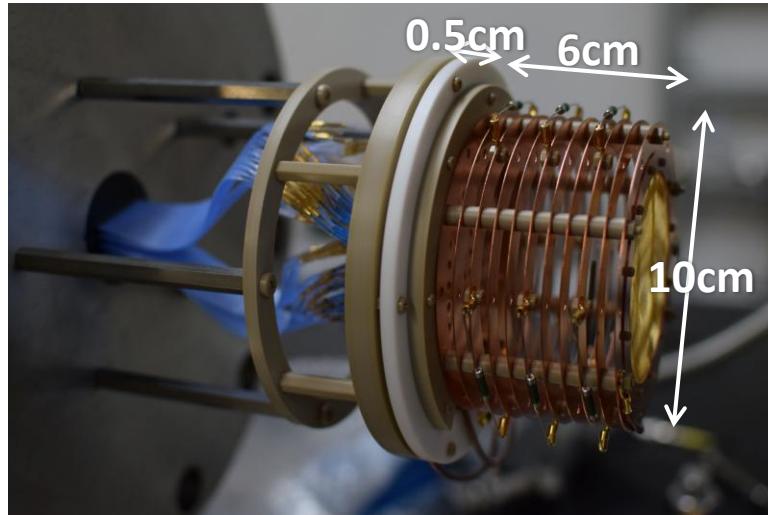
AXEL実験

A Xenon ElectroLuminescence detector

- 高圧キセノンガスTPC

- 高エネルギー分解能: 0.5% (FWHM) @ 2.5 MeV
- 大質量 : 1トン ($\phi 2 \times 1.6\text{m}$, 30atm)
- トラッキング : pixel readout (7.5mm pitch)

- 試作機で試験中



- いつもは $0\nu\beta\beta$ の話ですが、今日は暗黒物質です

方向感度のある暗黒物質探索

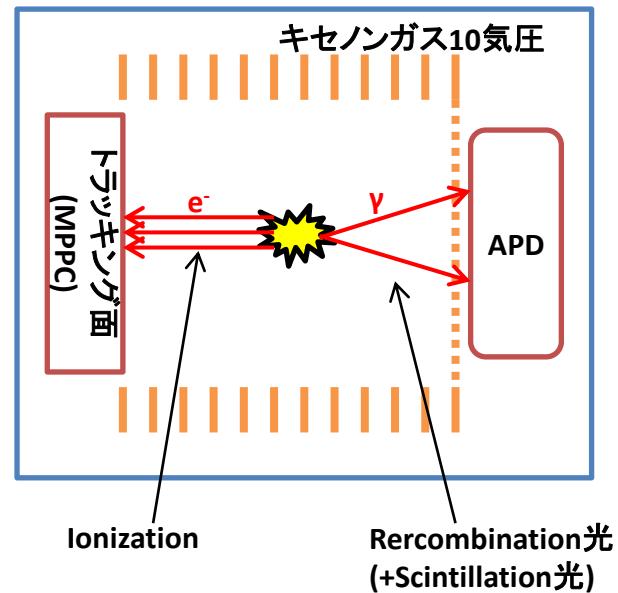
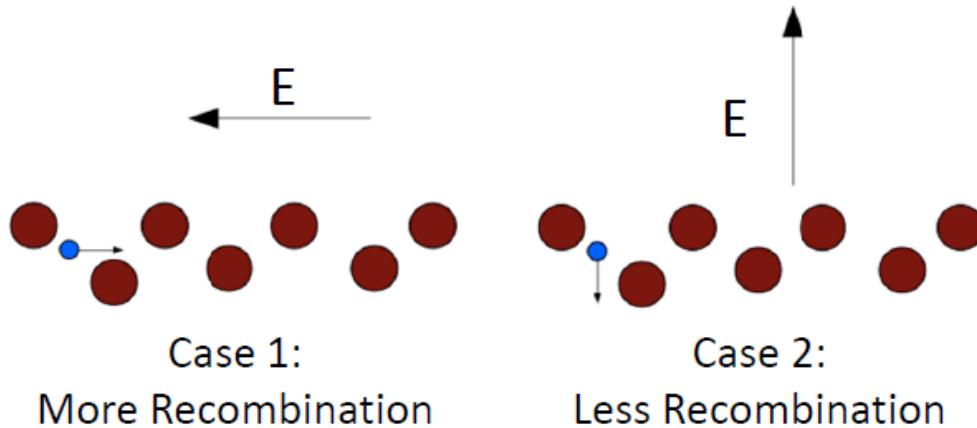
- 到来方向異方性という強い信号が得られる
- (原子核の反跳方向を捉えるのは容易ではない)
- 方向感度のある暗黒物質探索
 - 低圧ガス検出器: DRIFT、NEWAGE、DM-TPC、MIMAC、D3
 - エマルジョン: 名古屋NIT
- 求められているもの
 - 質量(今は10~150g程度)
 - SI感度(ほとんど ^{19}F 、重くても ^{32}S)

高圧キセノンガス検出器

- 電場と飛跡の角度により、再結合の光量が変わることの可能性あり

J. Phys. Conf. Ser. 460 (2013) 012006

- 得られる信号
 - シンチレーション光 + 電離電子数 \Rightarrow エネルギー
 - シンチレーション光 / 電離電子数 \Rightarrow 天頂角
- (うまくいけば) 大質量 + 方向感度 + SI

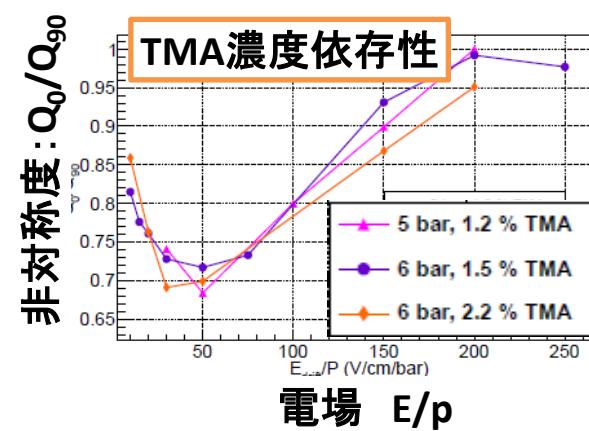
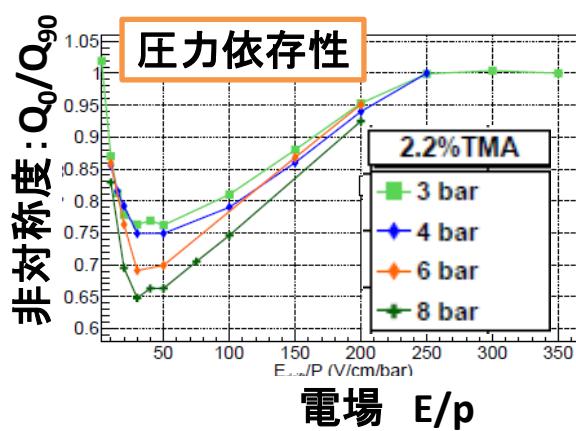
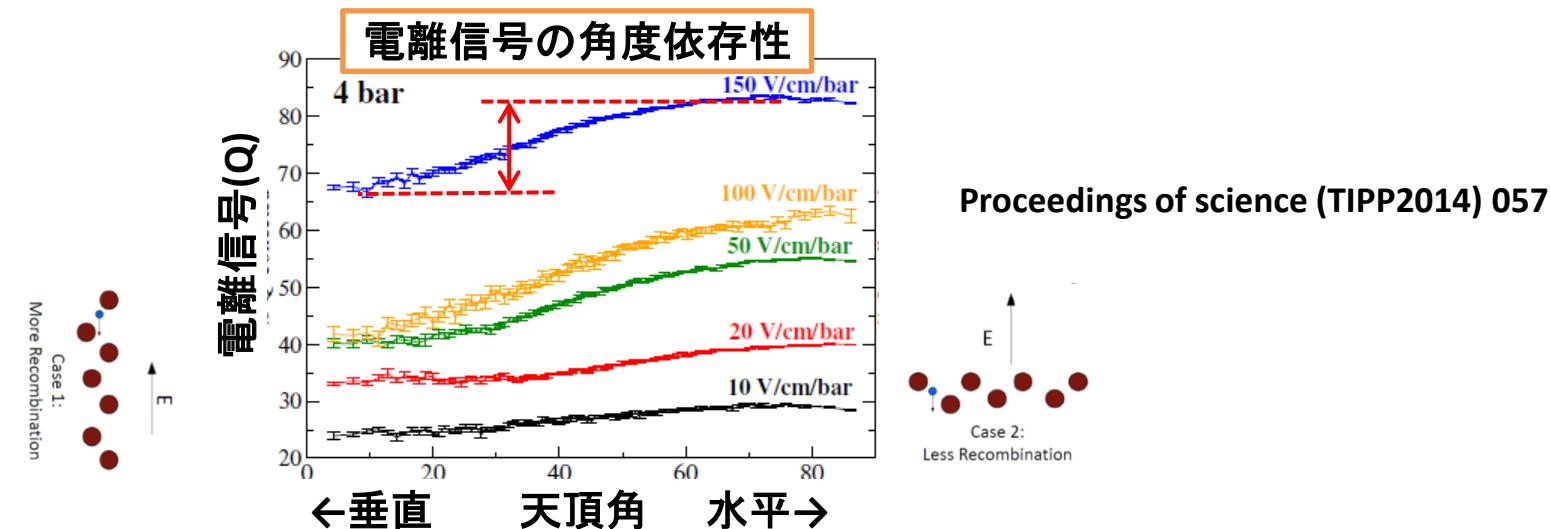


問題点

- ・方向感度を持つかどうかが肝(低エネルギー原子核反跳)
 - ・数MeVの高エネルギーでは実証あり ⇒ 次ページ
- ・再結合光が弱いと、光/電荷の角度依存性が悪化
 - ・一次シンチレーション光ですら3500photon@100keV
 - ・フォトカバレッジとPDEをかけると10～100photon

先行研究

- 電離信号の角度依存性が見えている(5.4MeVの α 線)
- TMA濃度依存性はあまりない(ペニング効果で励起 $Xe \Rightarrow$ 電離)

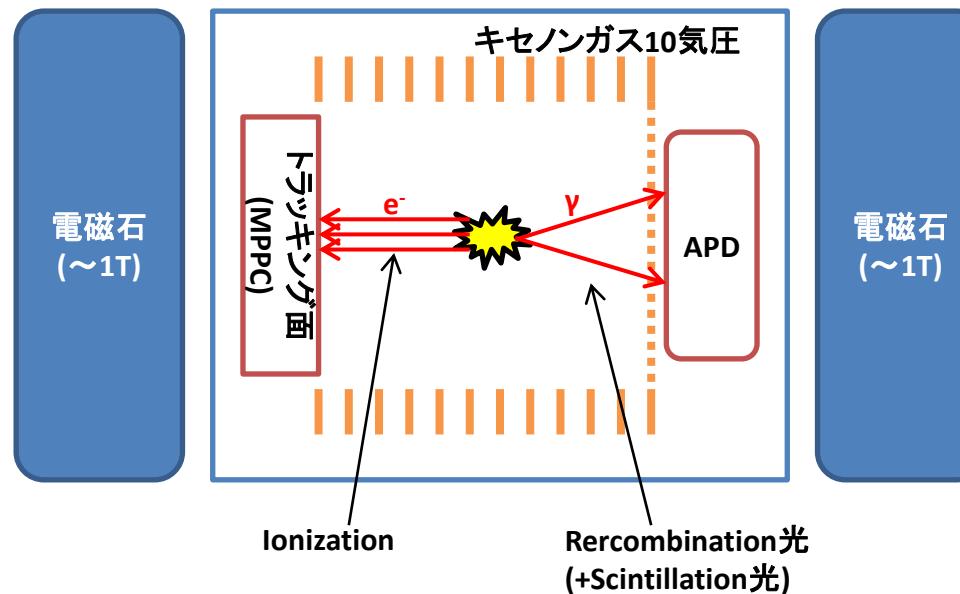


戦略1：磁場

- 磁場で電離電子を局在化 \Rightarrow 再結合率up

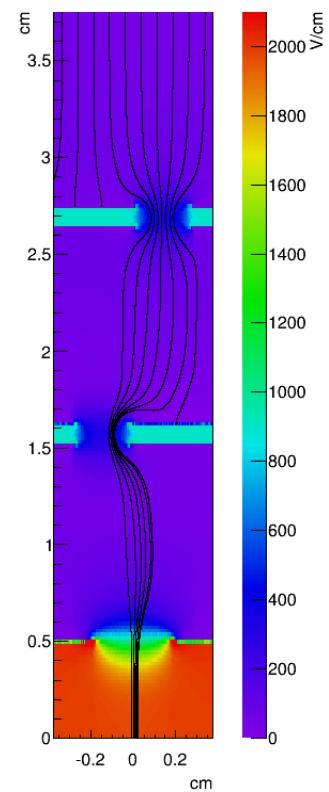
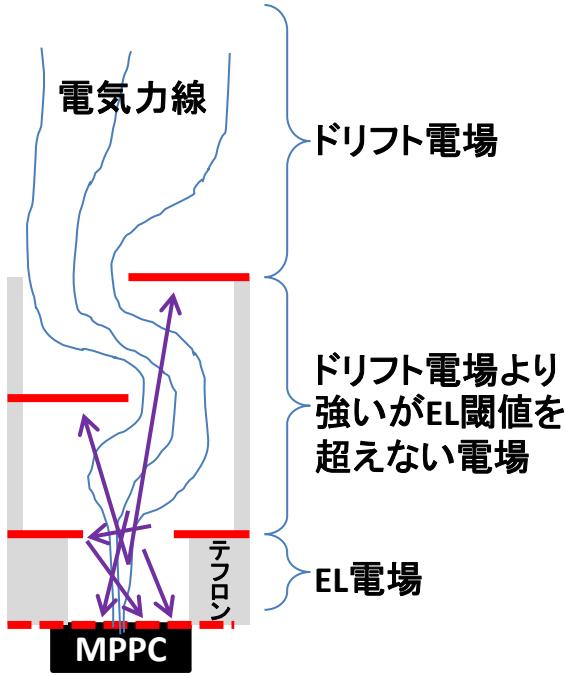
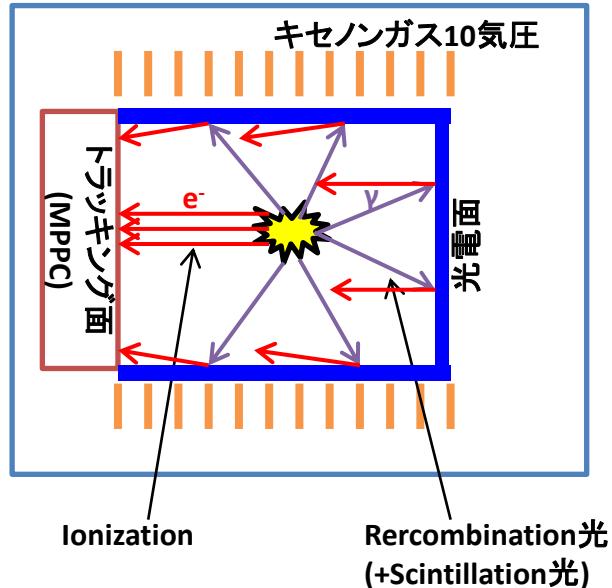
- ローレンツ力による回転運動
- 横方向の電子拡散を抑える
- まじめに計算するなら分子シミュレーションなど
- 最初は0.1T@神戸、それを踏まえて数T@KEK

回転半径: 3.4um (1T, 1eV)
反跳飛跡: 3.7um (100keV, 10atm)



戦略2: 壁光電面

- ・壁と天井に光電面を置き、電子をドリフトさせて読む(ガスPMT)
 - ・紫外線の光電面: CsI, QE=20% (バイアルカリよりは楽)
 - ・イオン・脱励起光フィードバック: EL読み出しなら起きない
 - ・EL光フィードバック: 電場構造を工夫する
- ・検出光子数: ~700 photon@100keV



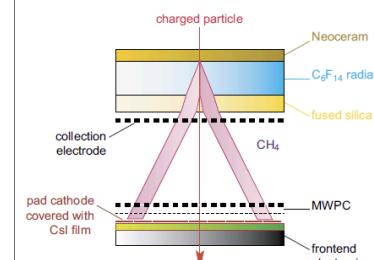
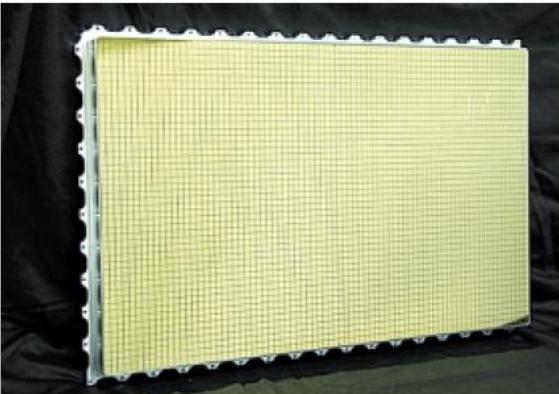
戦略2: 壁光電面

- cernのALICEやCOMPASSで**大型CsI光電面**の実績あり

The radiator trays of the HMPID proto-2



The photocathode pad plane



170nm

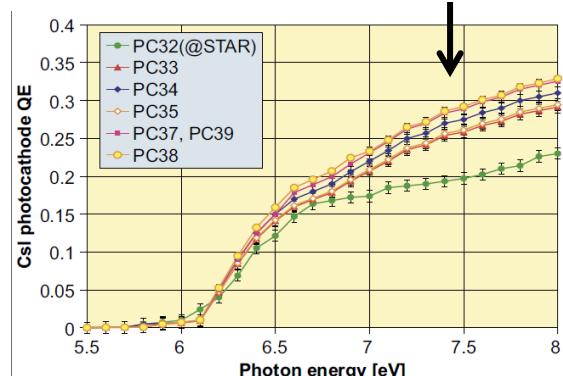


Fig. 7. CsI evaporation plant Fig. 8. Glove-box preparation.

計画

高エネで再結合

磁場印加で再結合率向上

フォトカバレッジ
上昇で低エネへ

再結合テスト

0v $\beta\beta$ 用試作機を
流用(Ra線源)

再結合確認
6MeV- α

磁場(0.1T@神戸大)

小型圧力容器を
設計・製作

APD・MPPCの磁場
中の動作試験

再結合確認
6MeV- α

磁場(～2T)

磁石調達
(0v $\beta\beta$ 用試作機が
入れれば御の字)

圧力容器の設計
(必要に応じて)

APD・MPPCの磁場
中の動作試験

再結合確認
6MeV- α

壁光電面

EL電場構造最適化
(シミュレーション)

光フィードバック調
査(0v $\beta\beta$ 用試作機
を流用?)

光電面を浜松ホト
ニクスと相談・発注

再結合確認
6MeV- α
100keV-Xe

まとめ

- 方向に感度を持つ暗黒物質探索 using 高圧キセノンガス
 - 大質量 + 方向感度 + SI感度
- 「電離 \Rightarrow 再結合光」のプロセスが角度依存性を持つか?
 - 高エネ α はOK
 - 低エネ原子核反跳は未実証
- 独自のアイデア
 - 磁場印加 \Rightarrow 再結合光を増やす
 - 壁光電面 \Rightarrow フォトカバレッジを増やす