

気液2相型アルゴン光検出器 による暗黒物質探索

寄田浩平 田中雅士 鷺見貴生

木村真人 飯島耕太郎 青山一天 武田知将

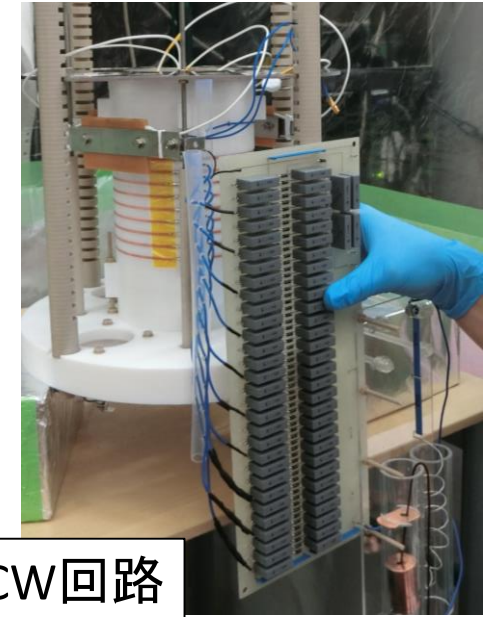
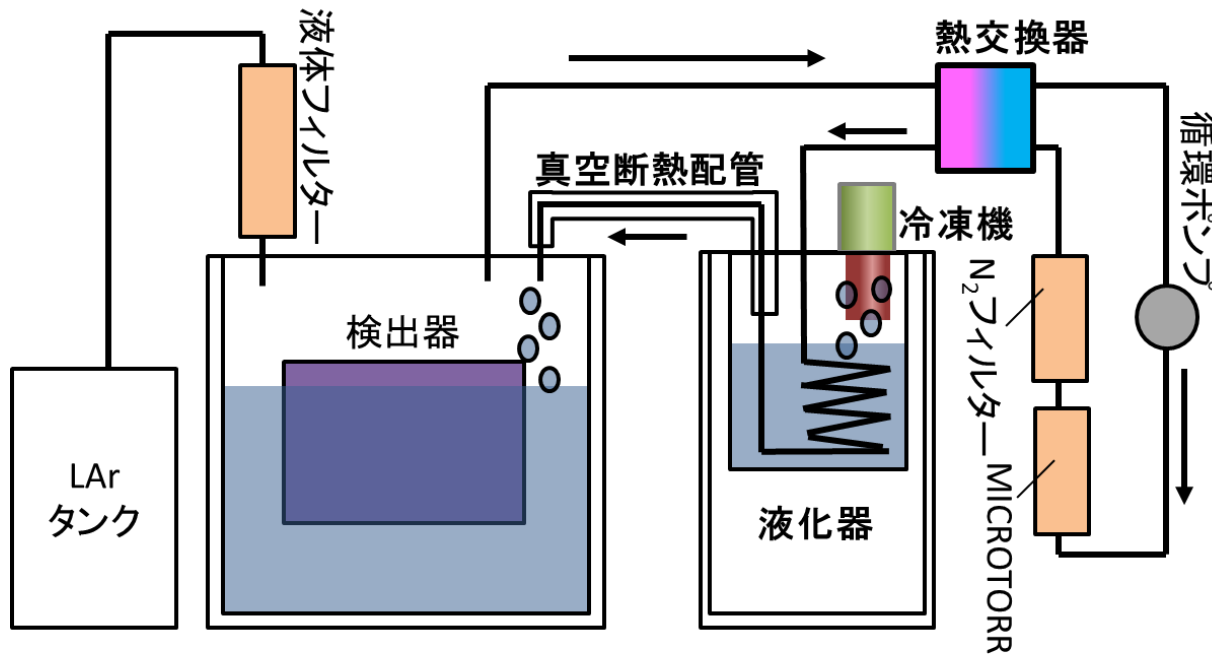
本田侑己 諸星博之 小津龍吉

早大理工

21.Dec.2018 @ 東大柏キャンパス

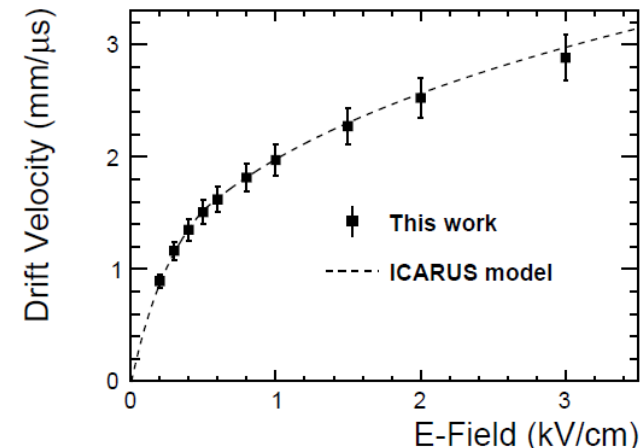
東大宇宙線研共同利用成果発表会

実験セットアップ@早大



◆ 特にCWによる高電圧印加とAr応答の精査に注力

- ✓ 安定運用の達成(圧力・温度、液面、循環流量等)
- ✓ 3kV/cm迄の電圧印加を達成
- ✓ 高純度(O_2 , H_2O , N_2)の達成:
 → 電子寿命換算で**2.0ms(→0.16ppb)を達成**
 → 30cm driftしても7%の損失(@1kV/cm)
- ✓ 消光因子測定用の線源セットアップ構築

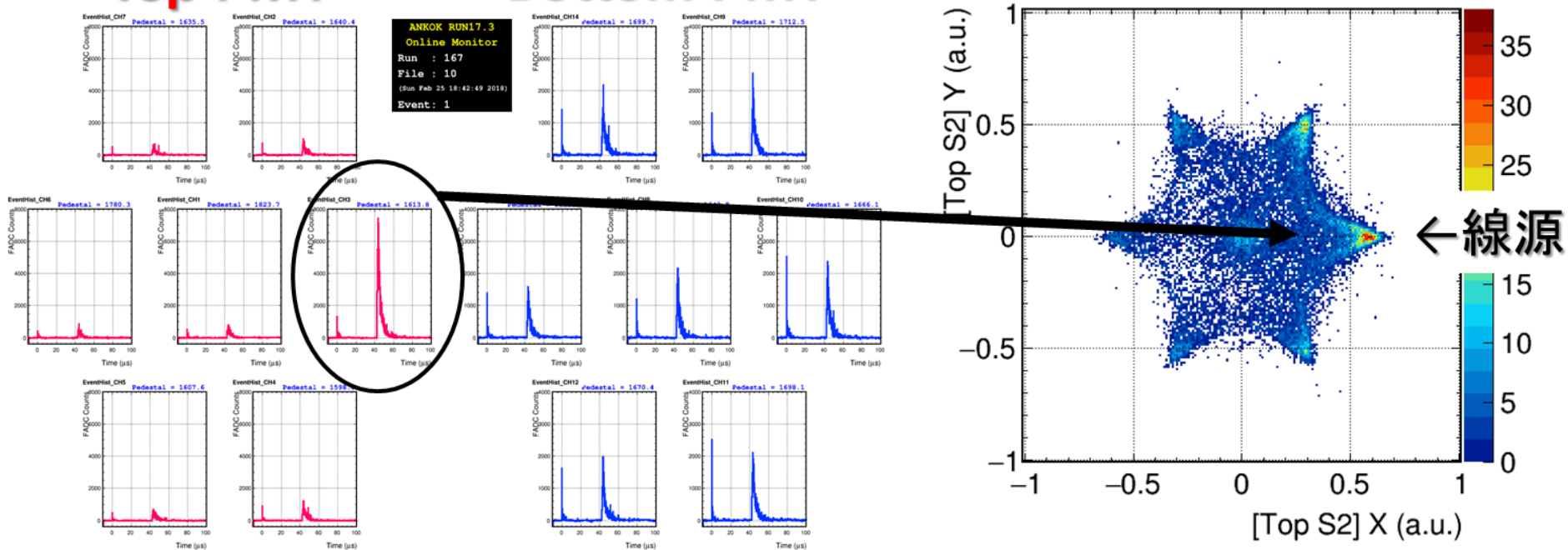


2018年度の活動概要

◆ 上下面にPMT(3inch)を7本ずつ配置→ $\phi 22\text{cm} \times h10\text{cm}$ (5.3kg)

Top PMT

Bottom PMT

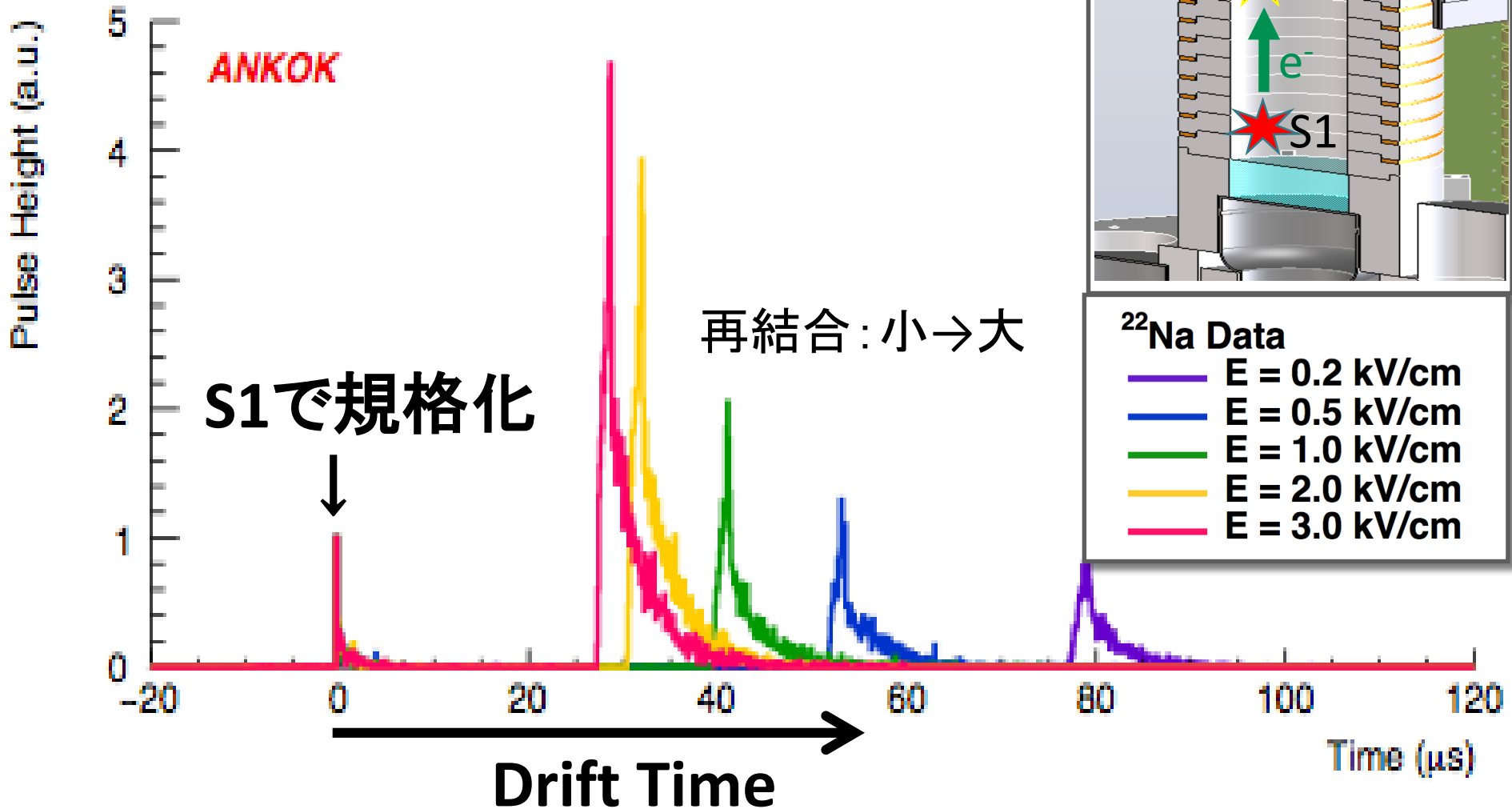


◆ 今年度、主に取り組んだ課題

- S2の詳細理解(比例係数・波形解析・環境依存性等)
 - NR事象の消光因子測定
 - ER/NR識別能力の評価
 - 検出光量最大化の取り組み(真空蒸着・MPPC基礎試験)
- 高電場・低エネルギー領域

取得波形と高電圧印加

◆ $E=0.2\sim 3.0\text{ kV/cm}$ のデータ例



S2波形の詳細解析

■ モデル過程

①反跳電子の飛跡(GEANT4)

$$y(t; \tau_1, \tau_2, \sigma, T', A, t_0, y_0) = y_0 + A \cdot [p y'(t; \tau_1, \sigma, T') + (1 - p) y'(t; \tau_2, \sigma, T')]$$

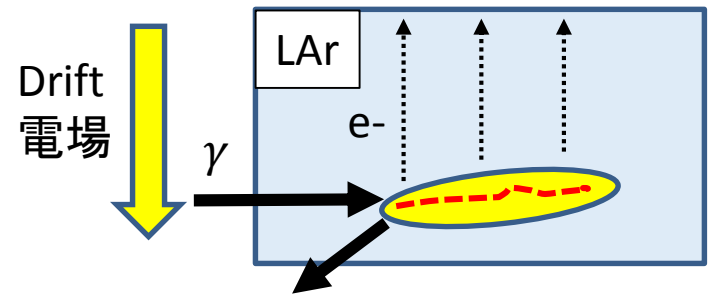
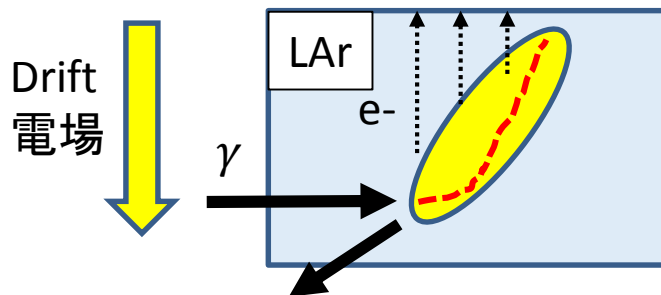
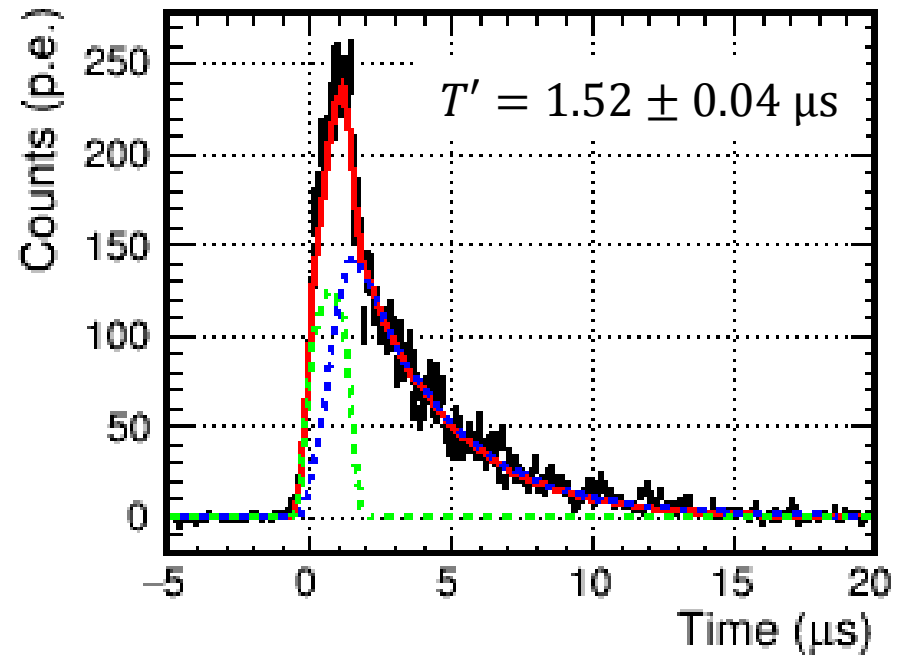
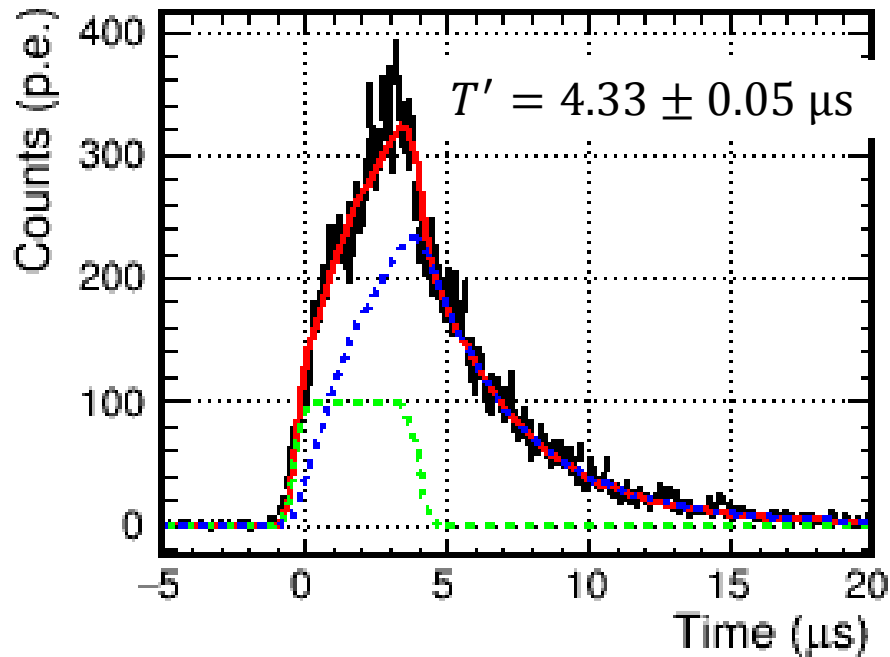
②ドリフト電子拡散

$$y'(t; \tau, \sigma, T') = \frac{1}{2T'} [y''(t; \tau, \sigma) - y''(t - T'; \tau, \sigma)]$$

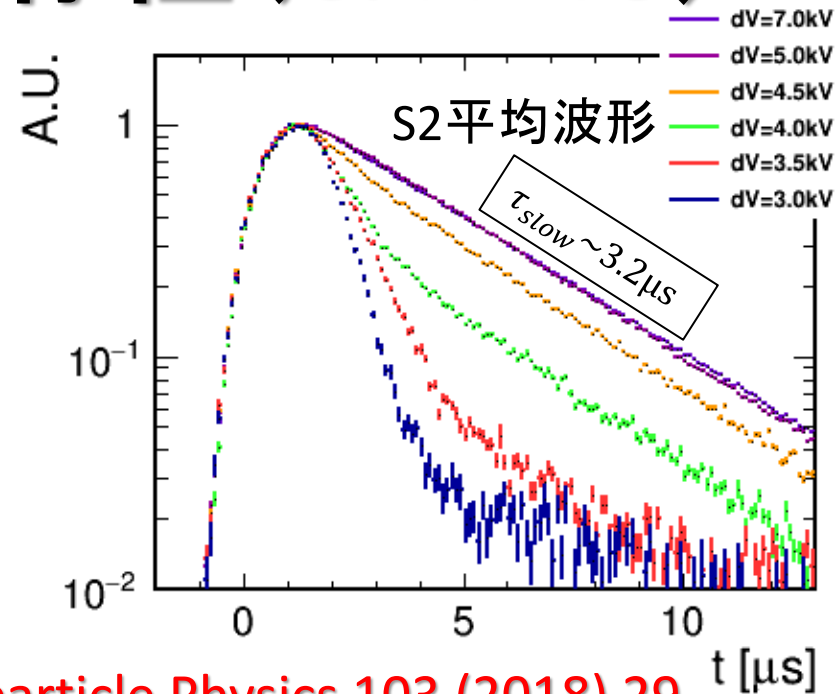
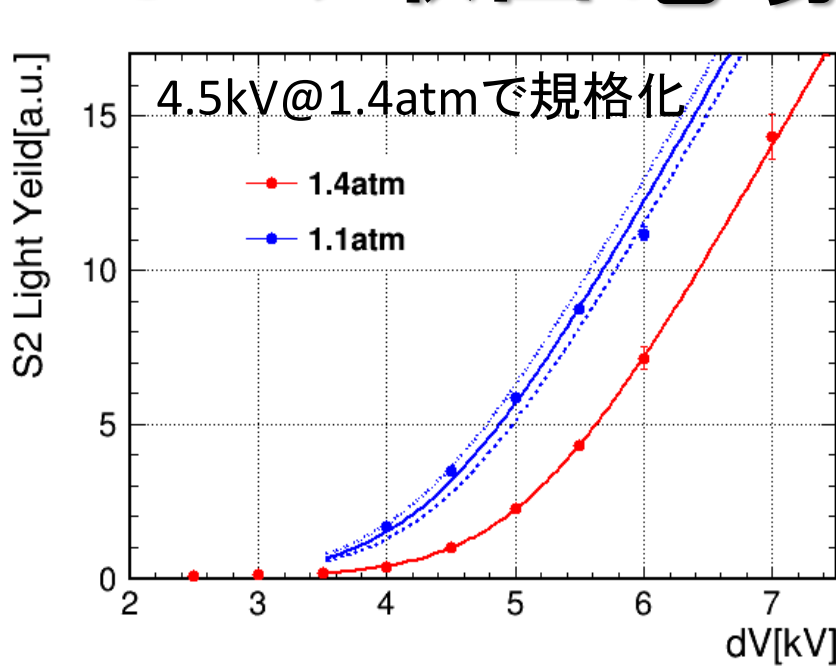
③気相ドリフト

$$y''(t; \tau, \sigma) = \text{erf}\left(\frac{t}{\sqrt{2}\sigma}\right) - \exp\left(-\frac{t}{\tau} + \frac{\sigma^2}{2\tau^2}\right) \cdot \text{erfc}\left(\frac{\sigma^2 - t\tau}{\sqrt{2}\sigma\tau}\right)$$

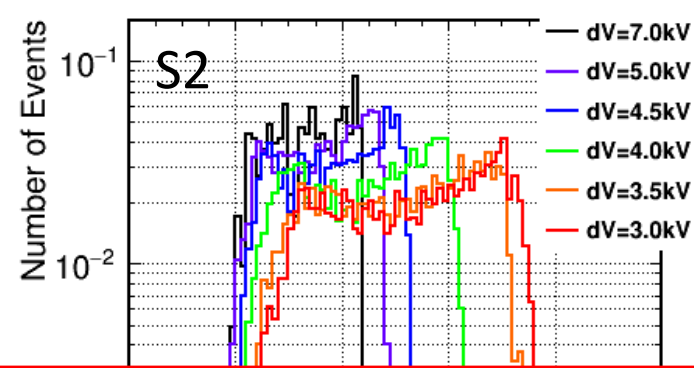
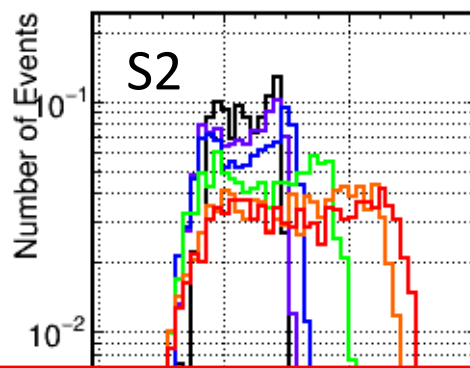
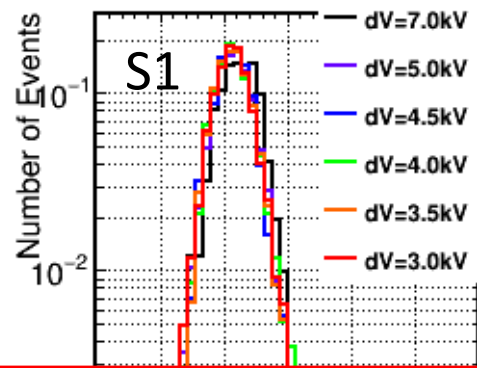
④Arガス発光



S2の取出電場依存性(& NBrS)



◆ NBrS (Neutral Bremsstrahlung): [Astroparticle Physics 103 \(2018\) 29](#)

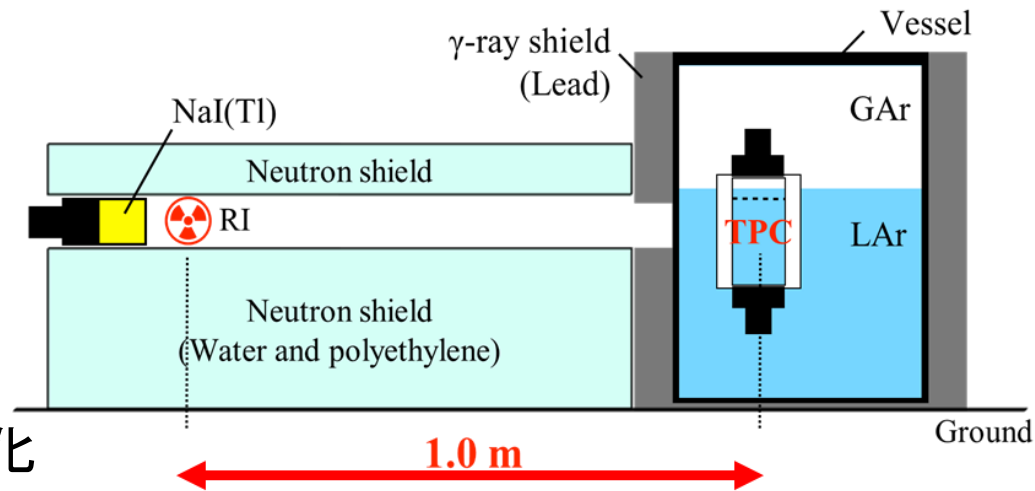


◆ 低エネルギー制動放射→電子の運動方向に出やすい傾向を確認

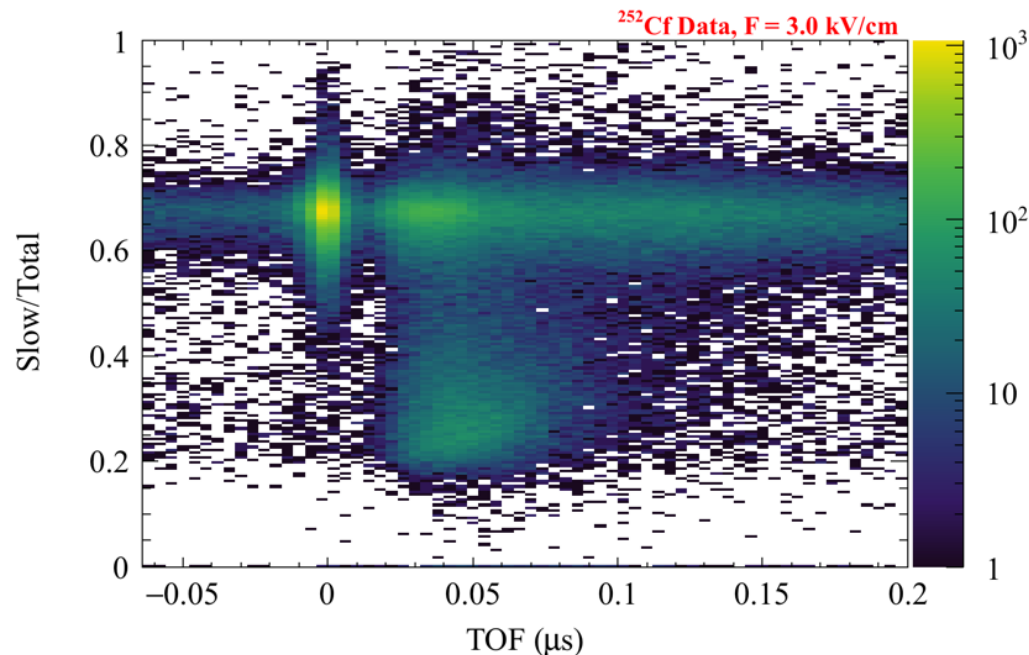
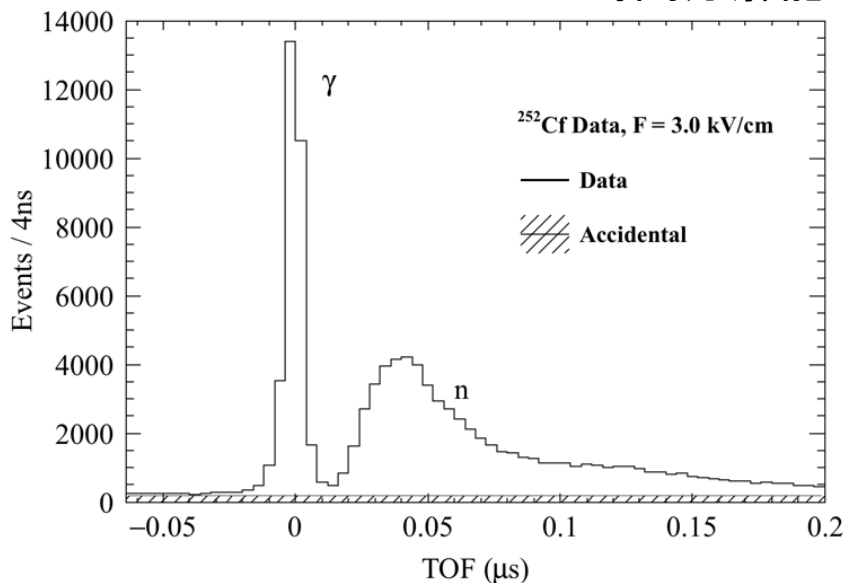
NR事象の取得(消光因子測定)

◆ ^{252}Cf 線源+TOFデータ

- Time of Flight ($L=1\text{m}$)を用いて
事象毎に入射中性子 E を特定
($t_0 = \text{NaI@RI}$, $t = \text{ArTPC}$)
- ドリフト電場: $0.0\text{kV} \sim 3.0\text{kV/cm}$
- PSDでNR事象を抽出
→ 電場依存性を含めてモデル化

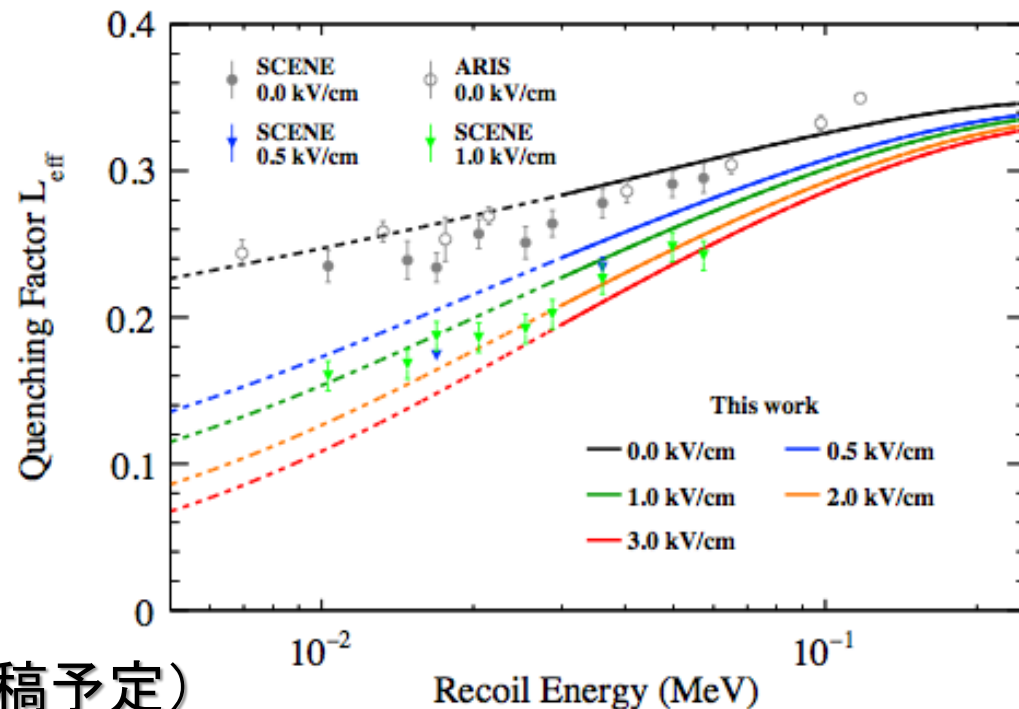
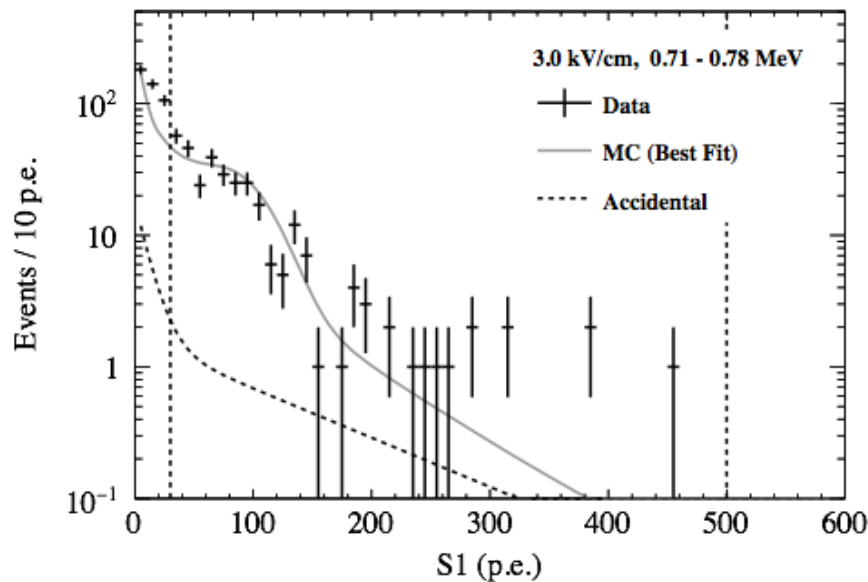
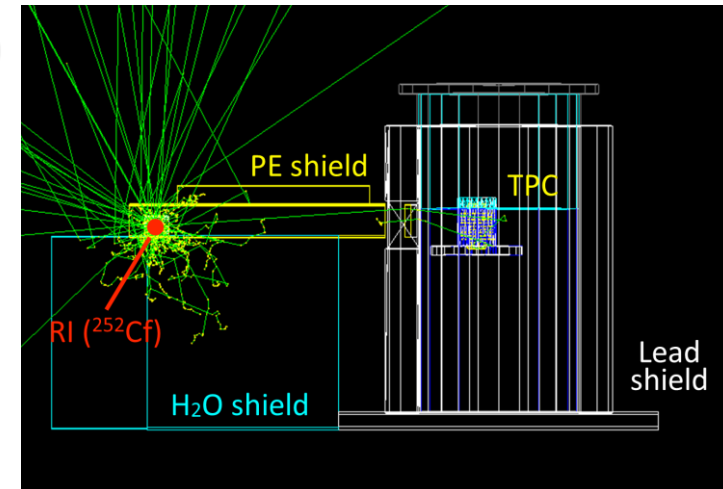
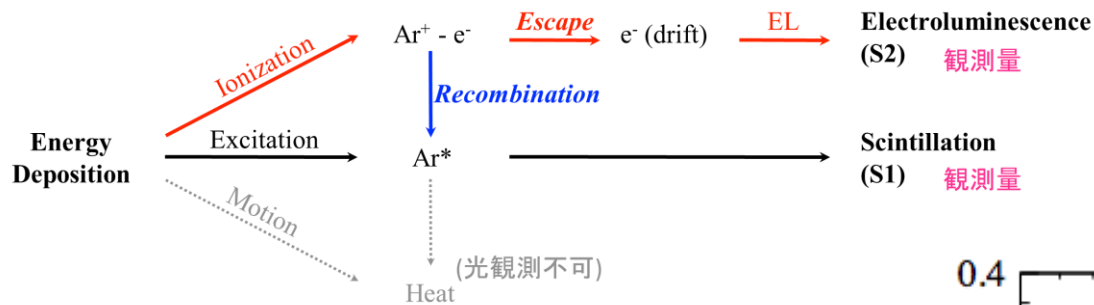


4ns FADCの時間分解能



NR事象：消光因子測定

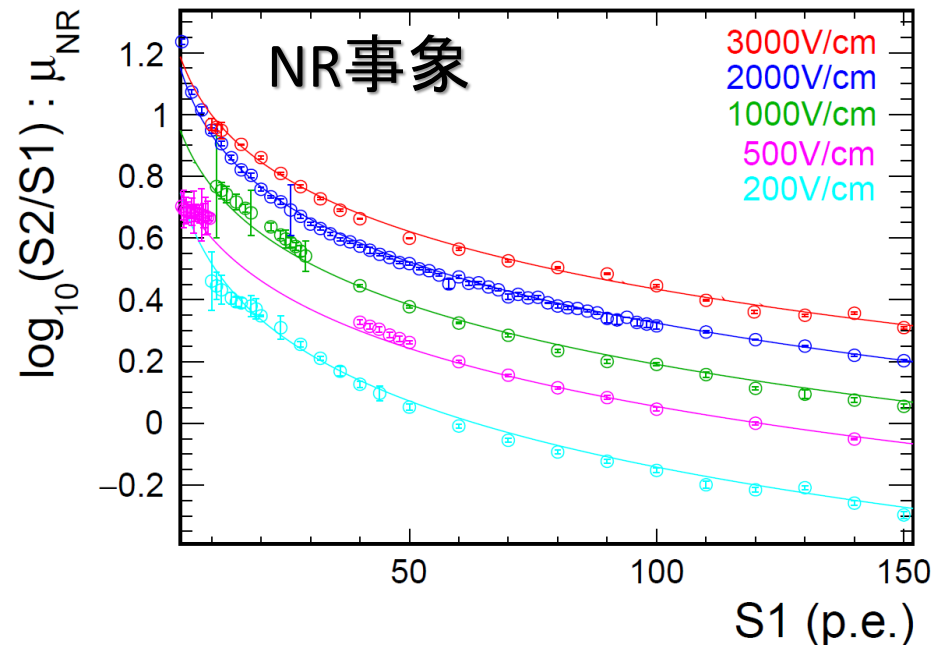
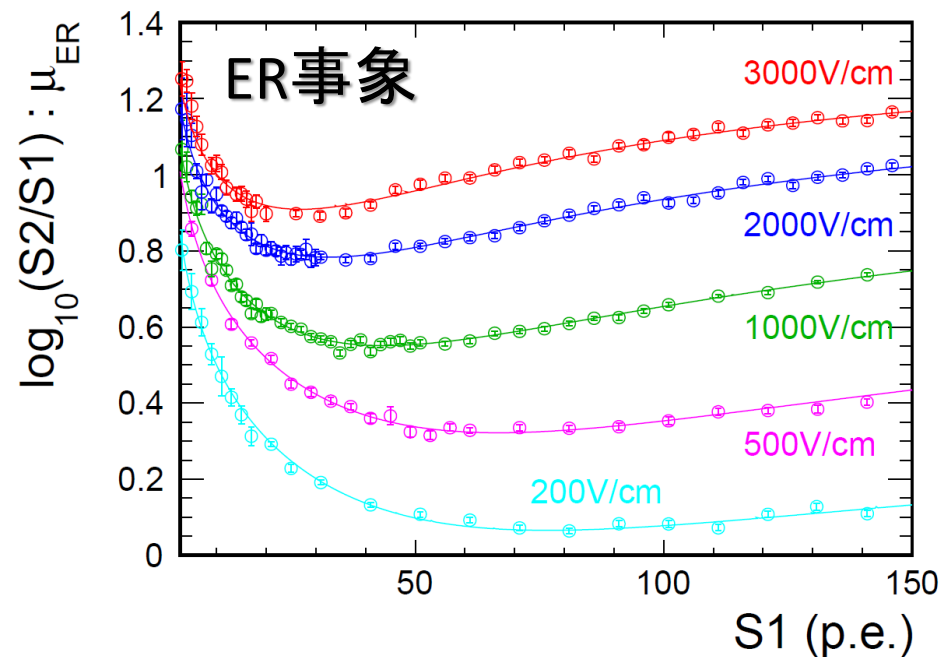
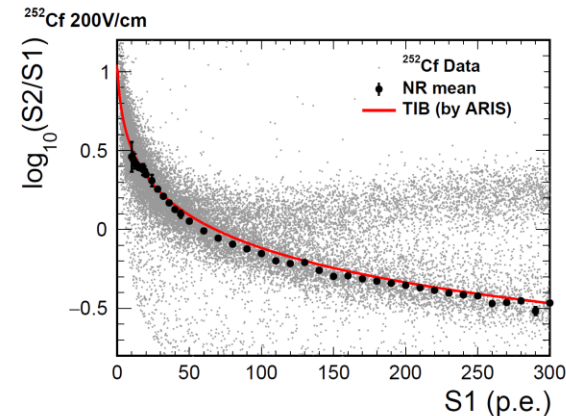
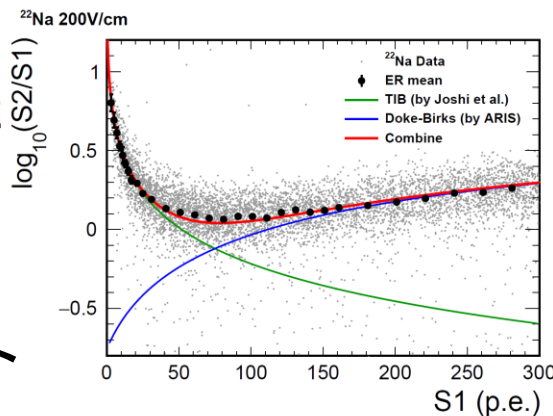
- TOF bin(4ns)毎の光量分布MC(G4)作成(17個)
- Mei Model/TIB modelを利用
- 各電場点、各TOF binでS1とS2を同時フィット



→ 現在論文校正中(12月中には投稿予定)

ER & NR事象のS2/S1比

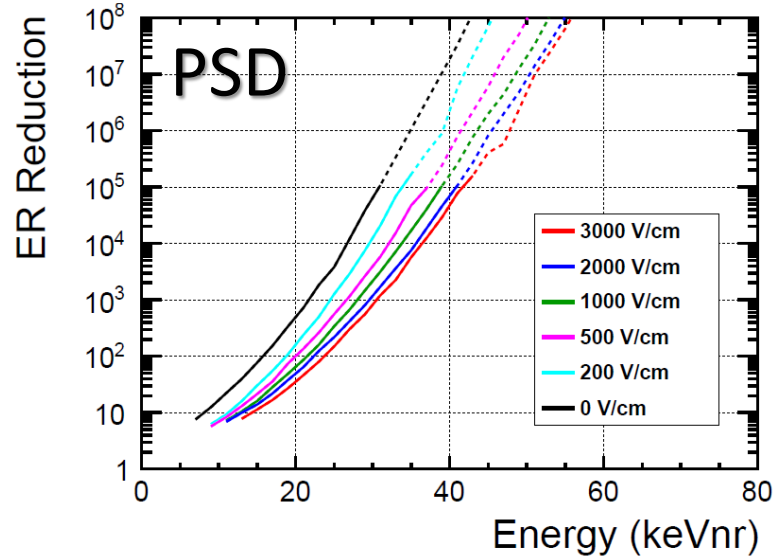
- ◆ 励起電離比やS2 gain、
TIBとDoke-Birks接続点等
を電場依存性も含めて
体系的にモデル化する。
→各電場点を同時フィット



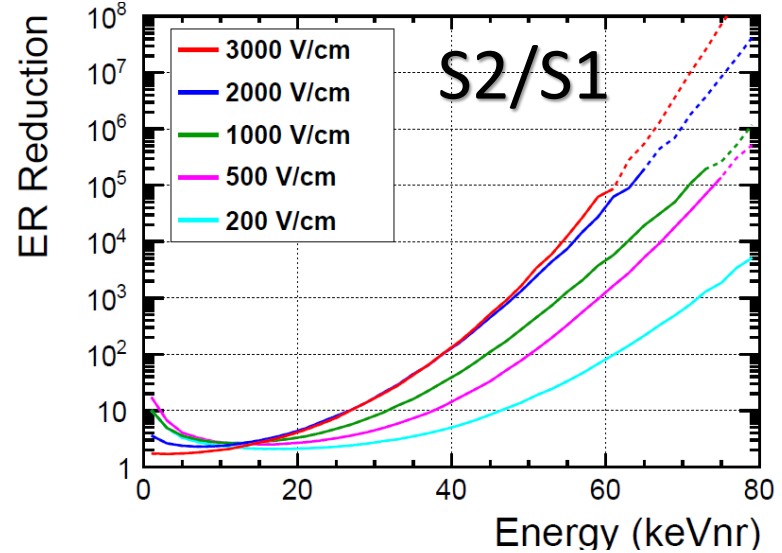
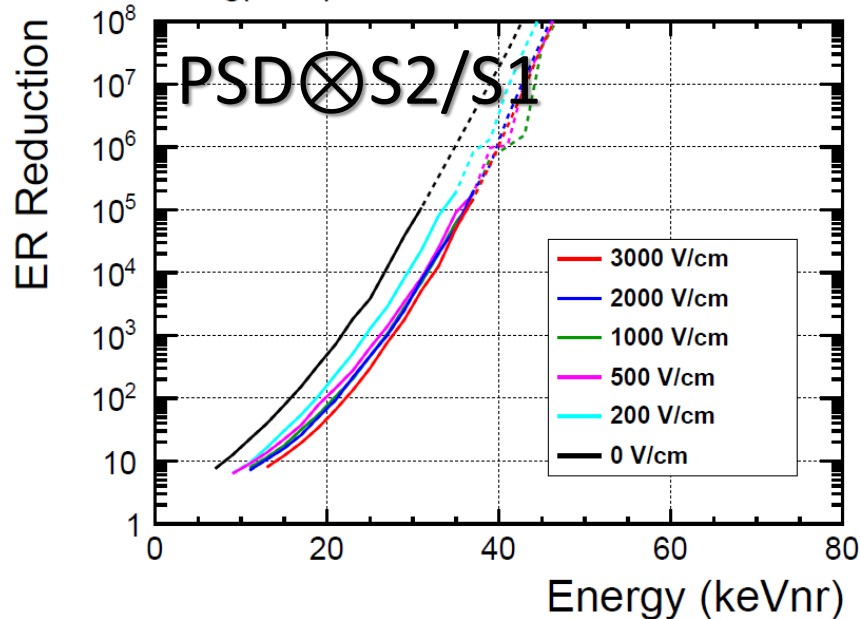
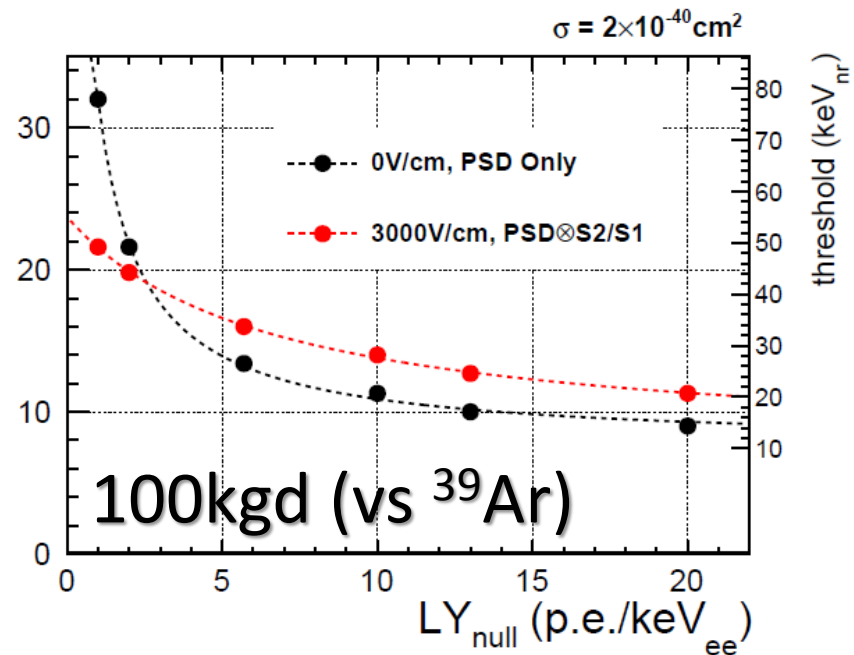
- 200-3000V/cmの電場でS1, S2発光のモデル化に成功

ER/NR識別能力 (PSD&S2/S1)

Slow/Total Only

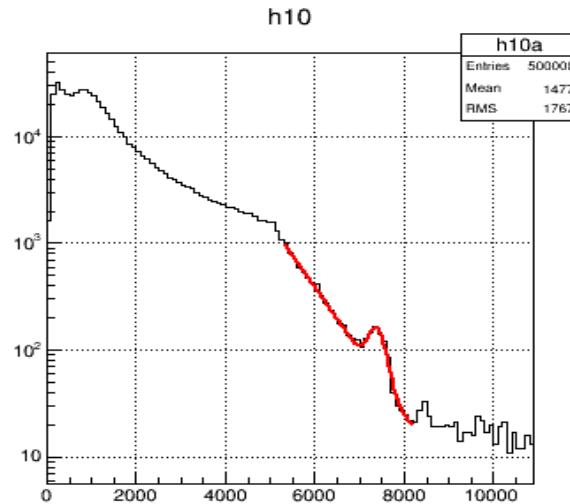
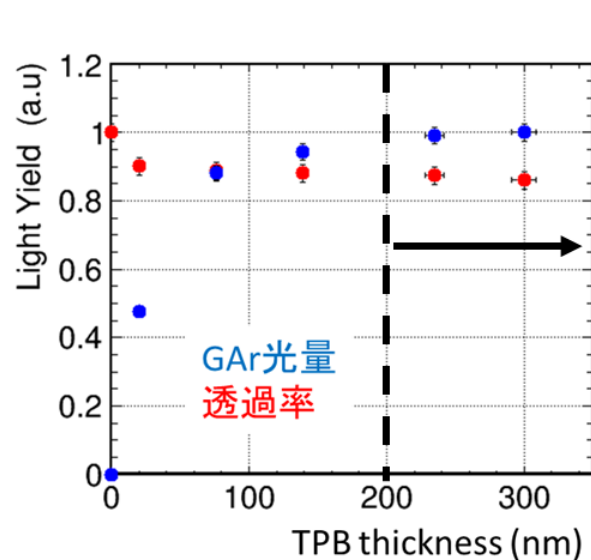


log(S2/S1) Only

Slow/Total \otimes log(S2/S1) CombinedWIMP mass (GeV/c²)

検出光量最大化の取組み

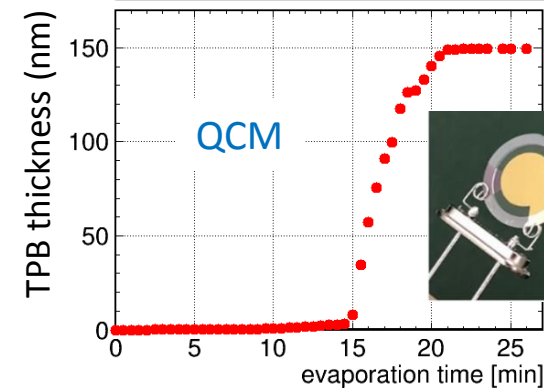
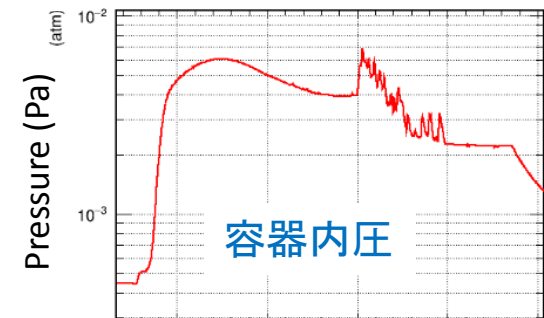
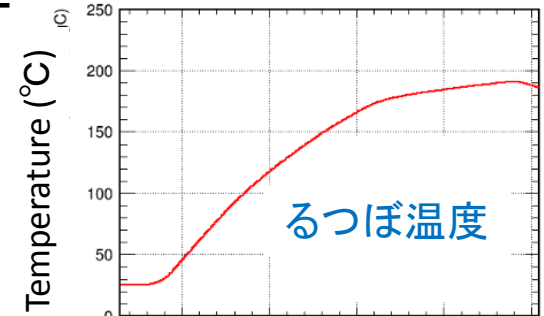
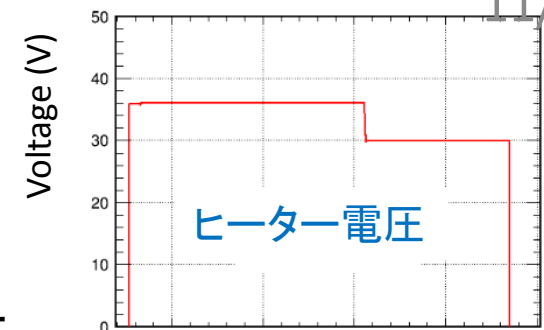
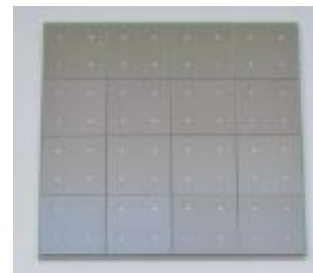
- 大型($\phi 30\text{cm}$)にも対応できる新しい真空容器構築
- TPBの真空蒸着: ヒーター電圧コントロールで一体化
- QCMの導入で蒸着量・一様性の定量化・再現度が向上



★ 現在行っている実験で**11.1pes/KeVee**(暫定)を観測
→液体1相で(再び)世界最高光量を樹立

- ◆ さらなる光量増加に向けたR&Dも
並行して推進中(PMT→MPPC化)
→ TSV type MPPC array (4x4)の
低温試験や基礎特性等

□6mmが4x4



まとめ

- 高電場下による消光等のモデル化→ER/NR識別力の評価:
(光量がある程度高くなると)高電場によるS2/S1識別力の向上よりもPSD分離力の低下が顕著になる(S1消光が強い)。
→ 検出光量を向上させることが肝(or S2-only解析による探索)

- これまでの成果をまとめた学術論文と新しい取り組み
 - ー 高電場ER/NR分離: NIM A v910, 22-25 (2018)
 - ー 高電場消光因子: 最終校正中→12月中に投稿予定
 - ー S2詳細解析(波形、NBrS等): 論文準備中
 - ー 光量最大化の取り組み: 試行錯誤中(MPPC化等)
 - ★ ANKOK初の博士学位(鷲見貴生→1月からKAGRAへ)



□ 2018年度の査定額:10万円(神岡出張費)

→ 中性子測定コンソーシアムの推進(液シン純化、 ^3He との接続等)