

液体シンチレータを用いた 神岡地下環境中性子測定

2016/11/22

第1回B,E班合同若手研究会

早稲田大学

M2 鈴木優飛

液体シンチレータ BC501A

溶媒：キシレン

溶質：発光材, POPOP

蛍光時定数：

- ・ Fast成分 3.16 ns
- ・ 中間成分 32.3 ns
- ・ Slow成分 270 ns

粒子の dE/dx によって Slow 成分の割合が変化

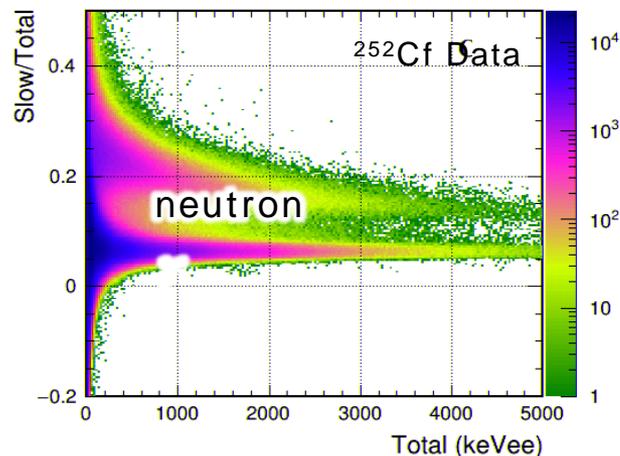
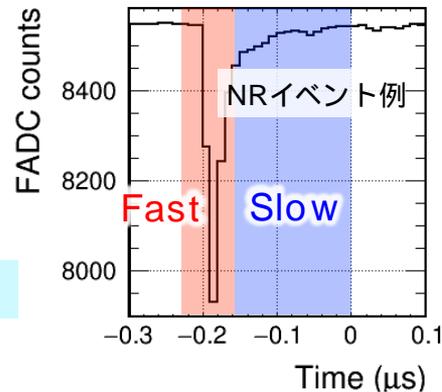
- ・ 濃 Slow 成分 **小**
- ・ , n 濃 Slow 成分 **大**

PSD (Pulse Shape Discrimination) 性能が高く、
中性子測定に適している

PSD 方法

Slow/Total の値で
, n を区別

$$\text{Total} = \text{Fast} + \text{Slow}$$



Lab-Bにおける環境中性子測定

3/14

検出器：BC501A 液シン検出器（有効質量 4.37kg）
DAQ：FADC（CAEN V1724）を用いた波形データ取得

6/16 LS検出器4つを用いて測定開始
4つの内2つは鉛シールド（5cm厚）の中で測定

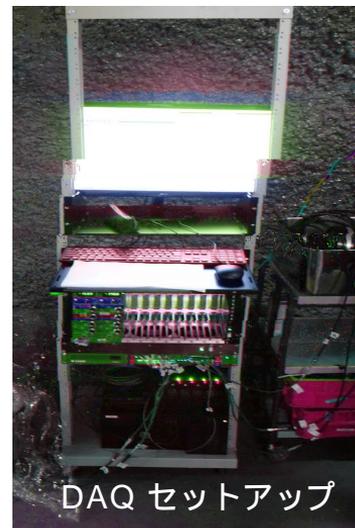
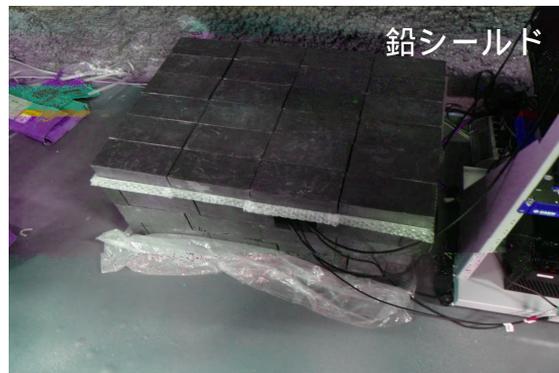
7/28 ノイズ状況が悪い検出器（鉛の外）を1つ回収
3つのLS検出器での測定に

8/8 LS検出器を追加。全部で7つのLS検出器での測定を開始
（鉛内：2つ、鉛外5つ）

本発表での解析に用いた Data Set

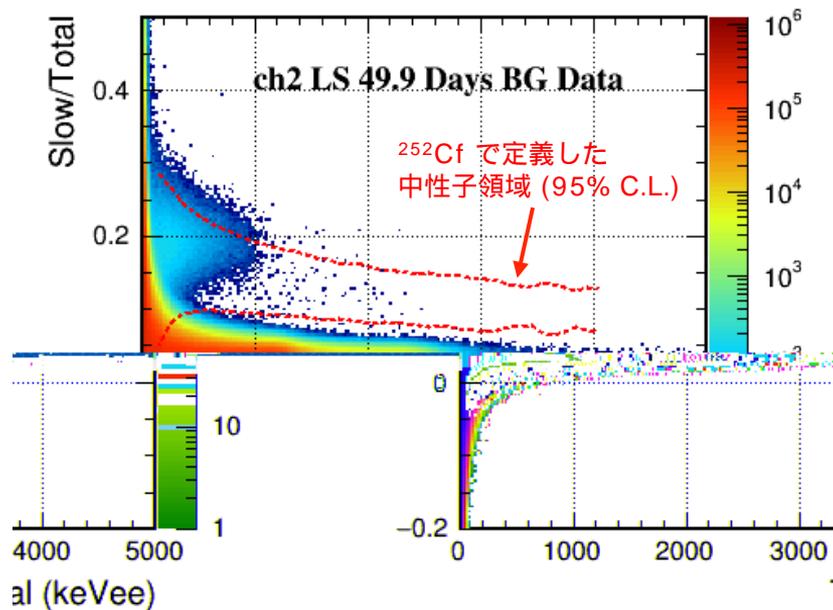
鉛シールド内の2つのLS検出器のうち、
ノイズレベルが低い方1つを用いた
6/16 から 9/5 までの測定データ
Lab-Bで ^{252}Cf 使用時のデータは除く

LS検出器



測定結果 (50 days data)

4/14



- ◆ 中性子領域内にイベントを確認
- ◆ 1000 keVee 以下のエネルギー領域に中性子領域とほぼ重なるようにして多数のイベントが存在
滯 地上での測定時には中性子に埋もれていた

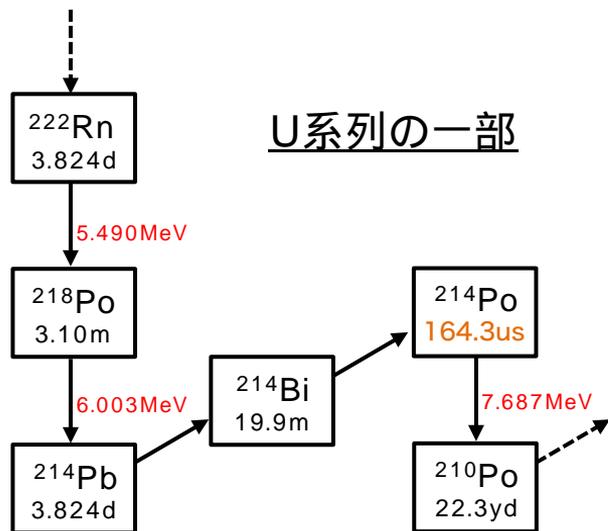
中性子測定における背景事象の理解の必要性
背景事象となりうるもの： 線

線信号の液シン中でのクエンチングを考慮
U/Th系列の数MeV の可能性

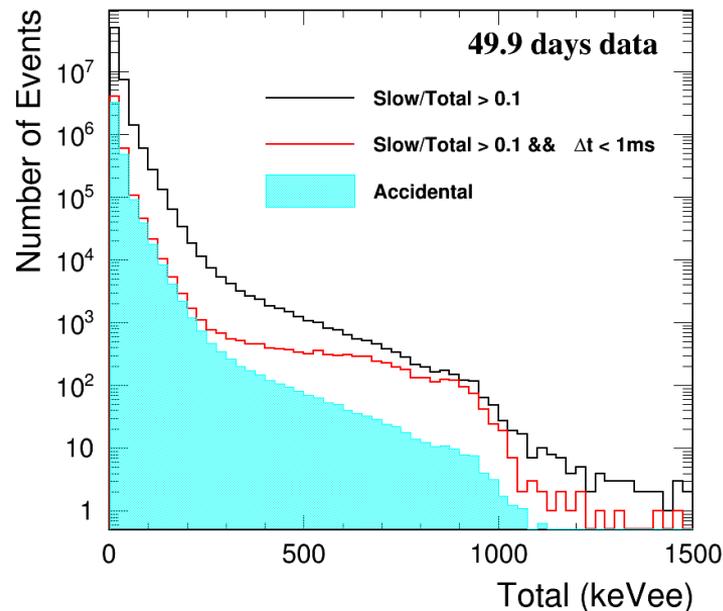
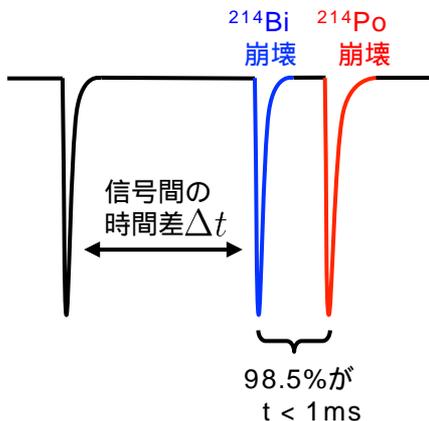
Calibration

- ¹³⁷Cs で Energy Calibration
- ²⁵²Cf で中性子領域の定義

Bi-Poを用いた α 線信号の存在確認



Bi-Po のタグ



^{214}Po の半減期がトリガーレートと比較して短いことを利用して ^{214}Po を抽出

液シントリガーレート: $\sim 70 \text{ Hz}$

$t < 1 \text{ ms}$ cut に対する efficiency

- ^{214}Po 濃 98.5%
- その他の時間相関のないイベント 濃 6.5%

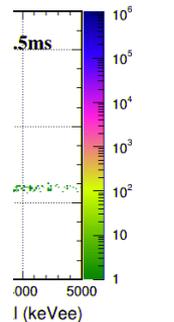
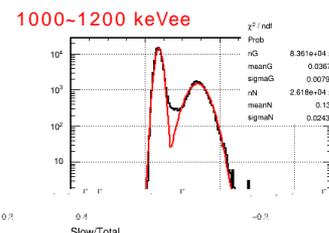
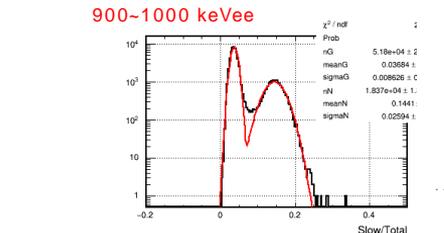
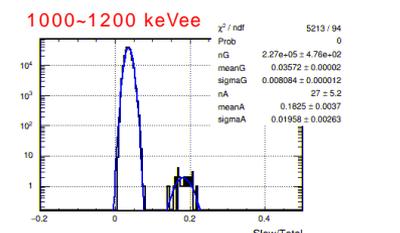
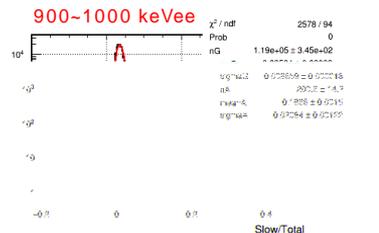
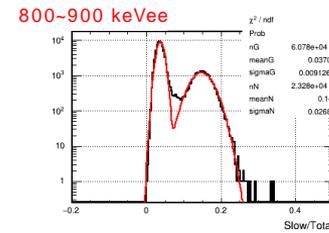
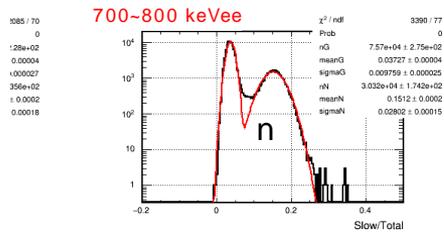
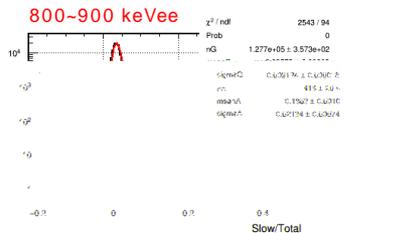
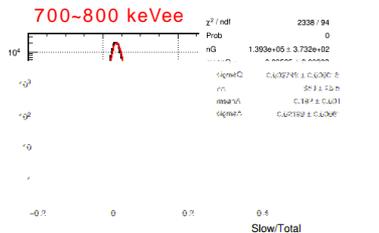
^{214}Po の存在を確認

その他のU系列核種も液シン検出器中に存在

γ, α, n のSlow/Total分布エネルギー依存性

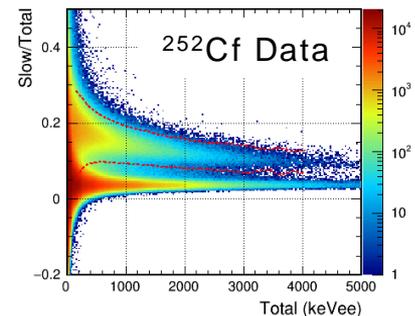
BG Data ($t < 0.5\text{ms cut}$) : $\gamma + \alpha(^{214}\text{Po})$

^{252}Cf Data : $\gamma + n$

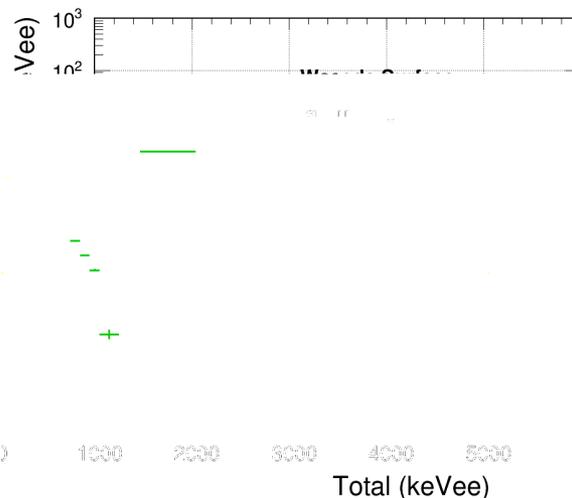
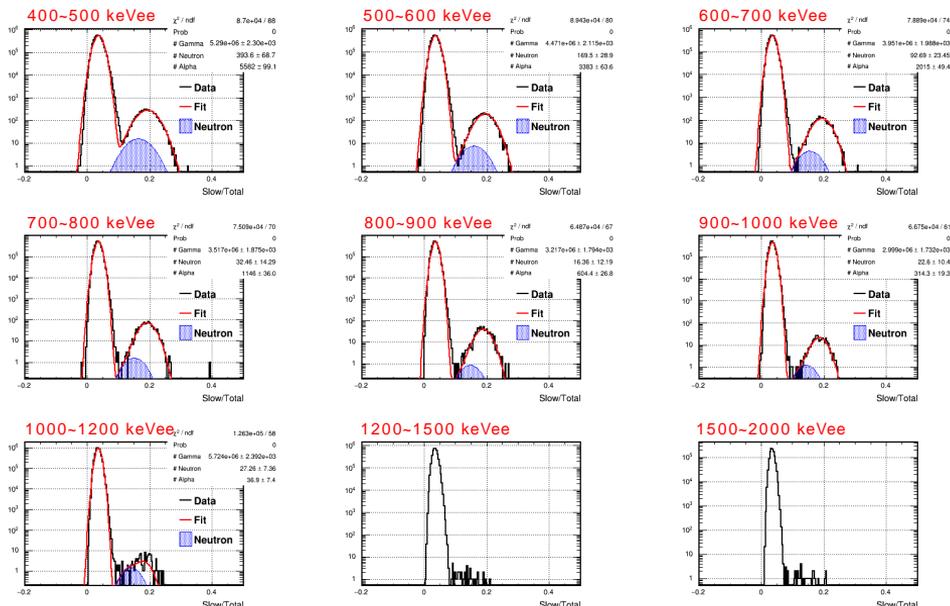


BG Data
($t < 0.5\text{ ms}$)

- ◆ BG Data + ^{252}Cf Data で γ, α, n に関する情報を得る
 - ◆ エネルギー領域毎にダブルガウシアンフィット
 - ◆ フィット結果から γ, α, n の Slow/Total mean と n のエネルギー依存性を調査
- 溼 BG Data を3成分フィット



3成分フィット結果と測定スペクトル



澁 MCの結果から、700keVee以上のfit結果を信用する。

- ◆ 早稲田地上での測定結果と比較して神岡地下では中性子が約3桁ほど少ない
- ◆ 神岡データの1000 keVee以下ではが支配的

エネルギー領域	中性子数	誤差
700 ~ 1200 keVee	Fitを用いる	Fit の誤差
1200 keVee ~	中性子領域内のイベントをカウント	澁Nの統計誤差

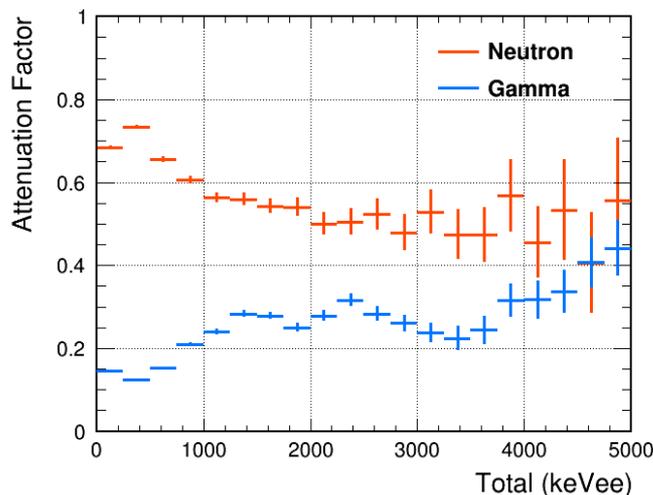
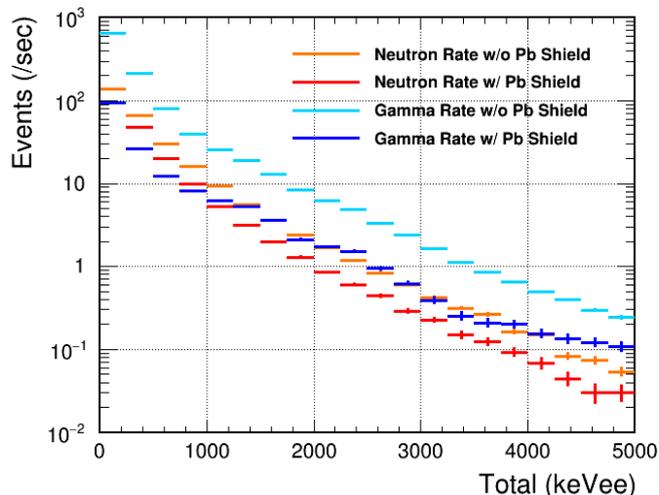
今後の目標

- ◆ 統計を増やしてUnfoldingを行う
澁 神岡地下中性子のエネルギー分布を得る

鉛シールドの中性子遮蔽能力

鉛シールド： 線遮蔽

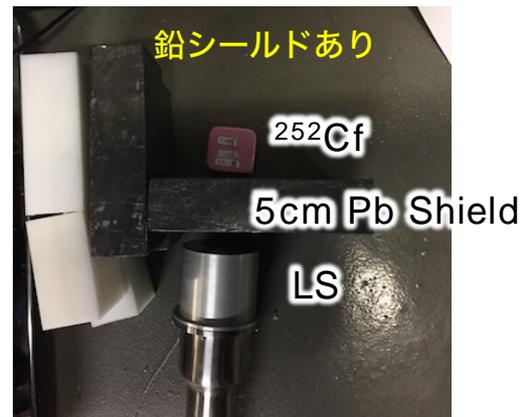
滯 中性子は鉛シールドで減衰するかを簡単に検証する



環境 線の差っ引きは行っていない

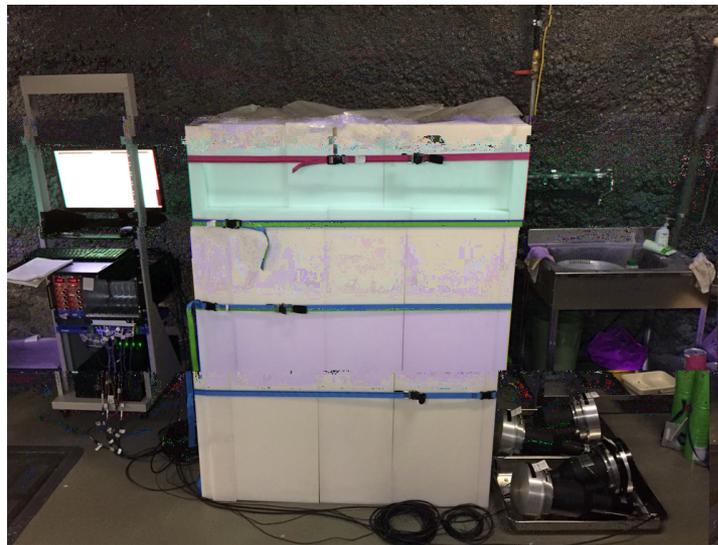
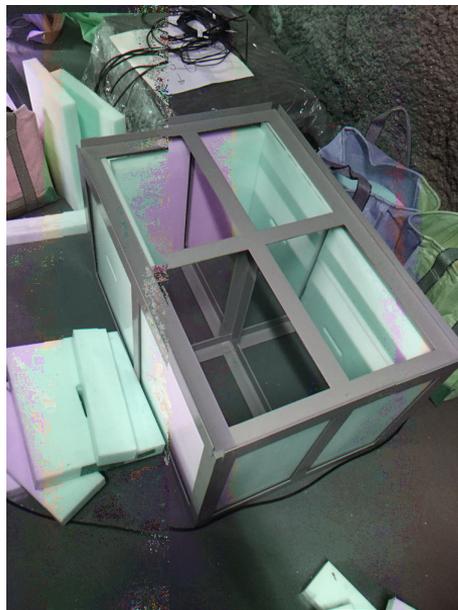
シールドあり・なしデータを比較して鉛の中性子遮蔽能力を検証
エネルギーにもよるが、鉛5cmで中性子はおよそ60%に減衰

実際の測定に対する影響はシミュレーションを作って理解する必要がある (今後の課題)



最新のactivity

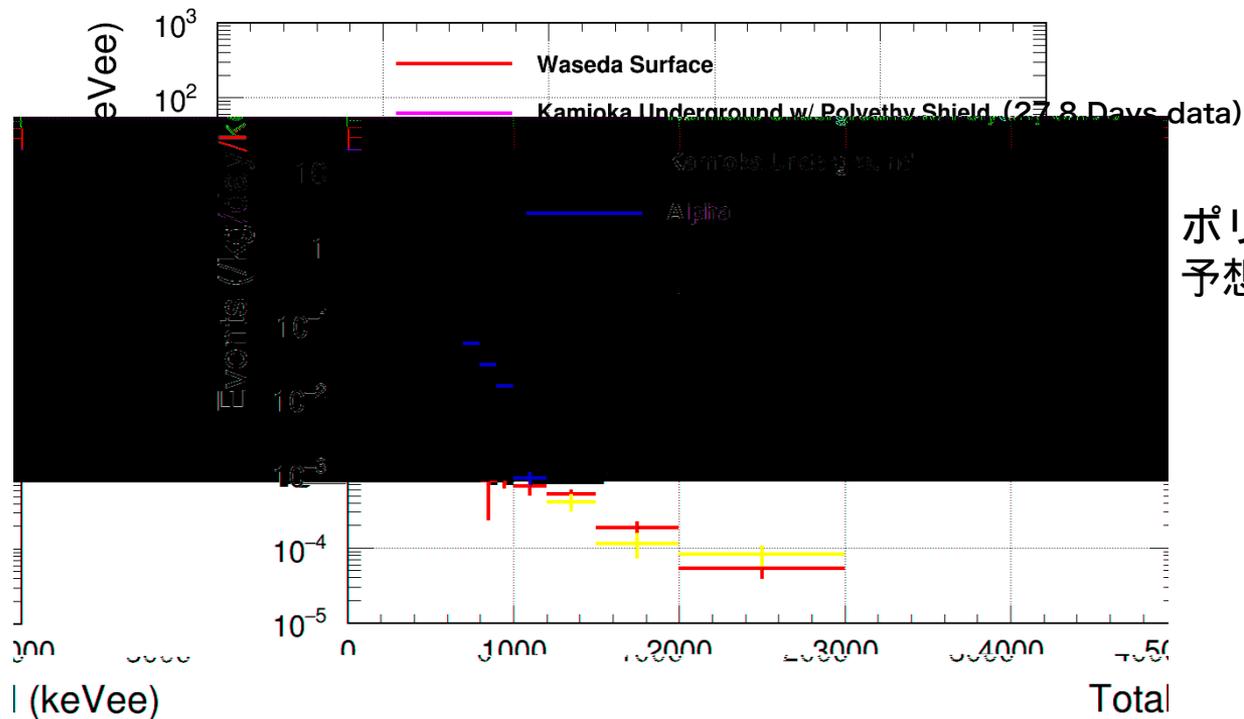
2016/10/11 ~ 10/13 ポリエチレンシールド作成



架台作成 -> シールド組み立て

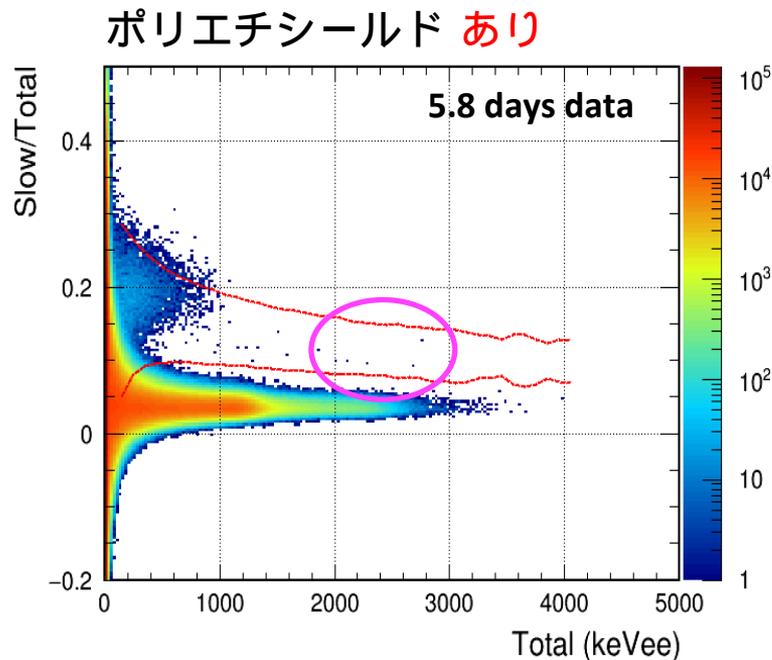
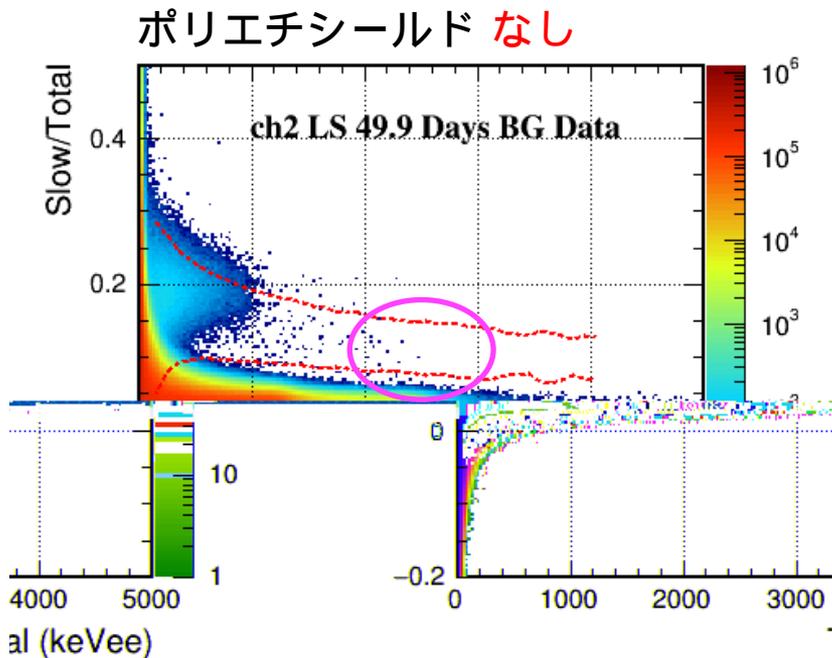
目的：今までにLab-Bで測定された中性子が環境起因かどうかを調べるため

Trigger Rate ~ 1.5kHz で現在までに約一ヶ月間のデータ取得



ポリエチシールドありのデータ：
予想よりも減っていない

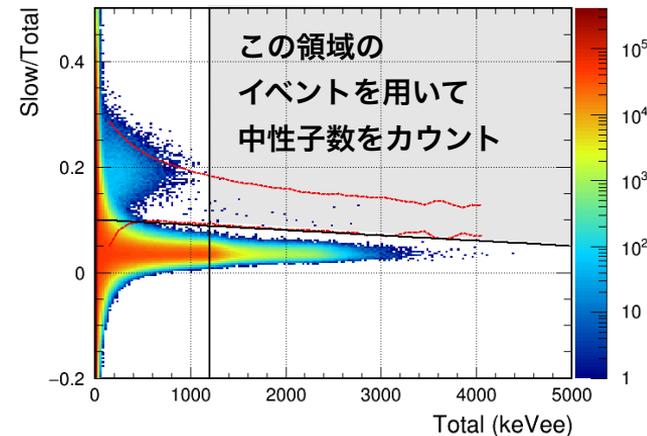
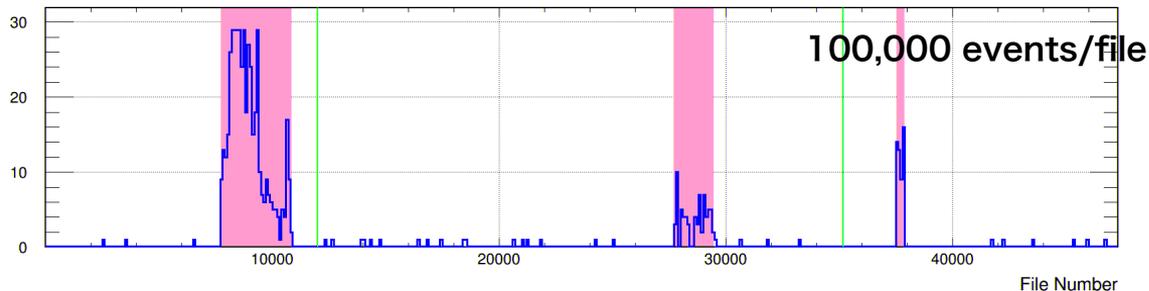
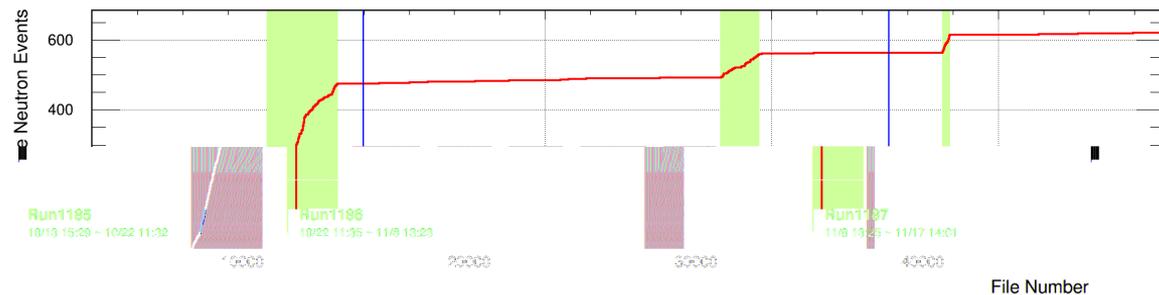
ポリエチシールド実装前との比較



- ◆ ポリエチシールドありの場合のほうがエネルギーが高い中性子が多いように見える

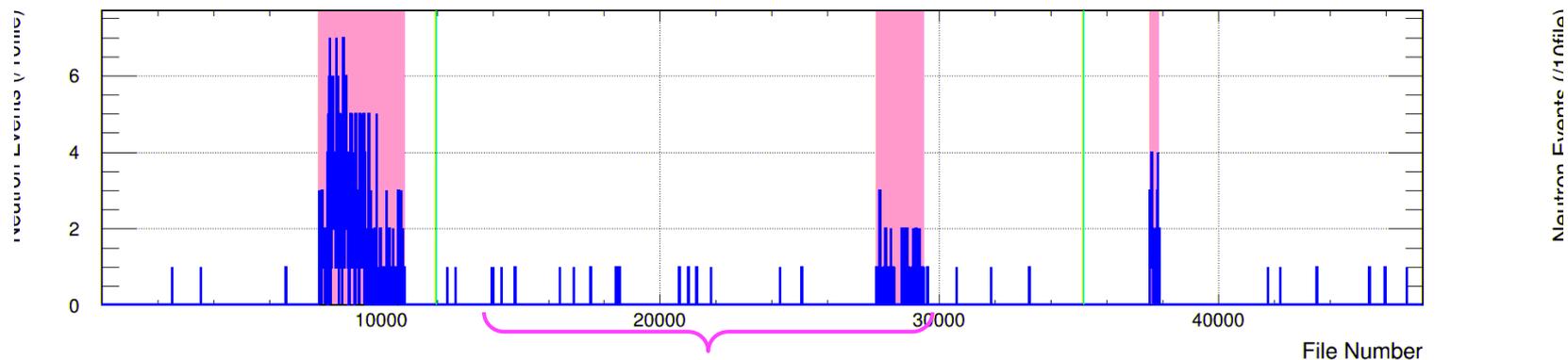
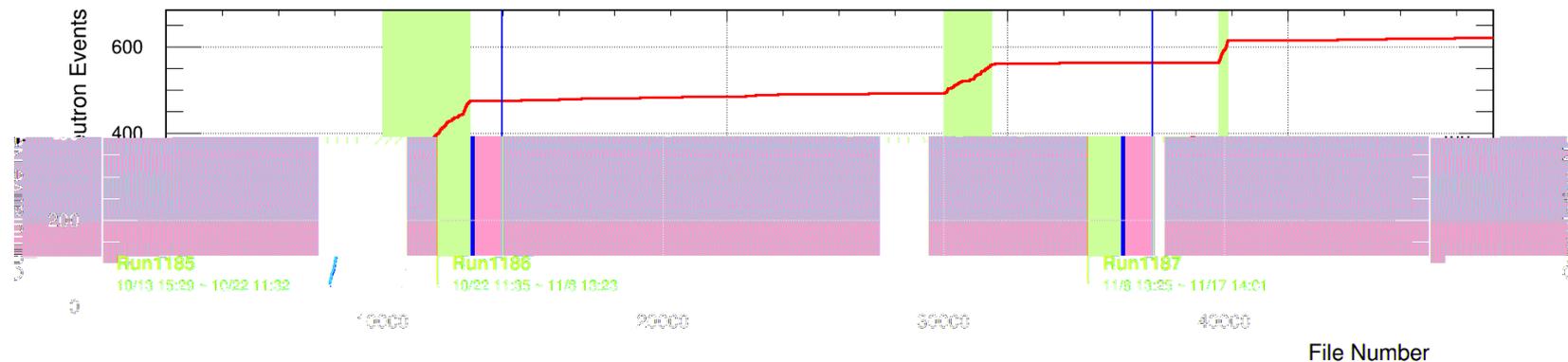
252Cf 使用期間 @Lab-B

Lab-B で ^{252}Cf を使用している時間帯は解析から除く



Neutron Events (/100file)

中性子イベントの時間相関



この期間は中性子が多いように思える

- ポリエチシールド詳細な解析
 - 中性子のエネルギー、時間依存性の確認
 - (γ, n)の可能性は低い
 - Lab-Bではないが近くで中性子を使用している可能性
 - ミューオンとポリエチレンの反応
 - ^{252}Cf 線源による放射化
 - Simulation を用いた理解
 - シンチを用いたVETO (早稲田に 1m x 1m シンチあり)
- 神岡での中性子量、検出器由来 α 線量の算出
 - 次期検出器への要請
- 地上測定データのunfolding