

J-PARC K⁰TO実験

KLビームラインのコア中性子の測定

特定領域「フレーバー物理の新展開」研究会 2012

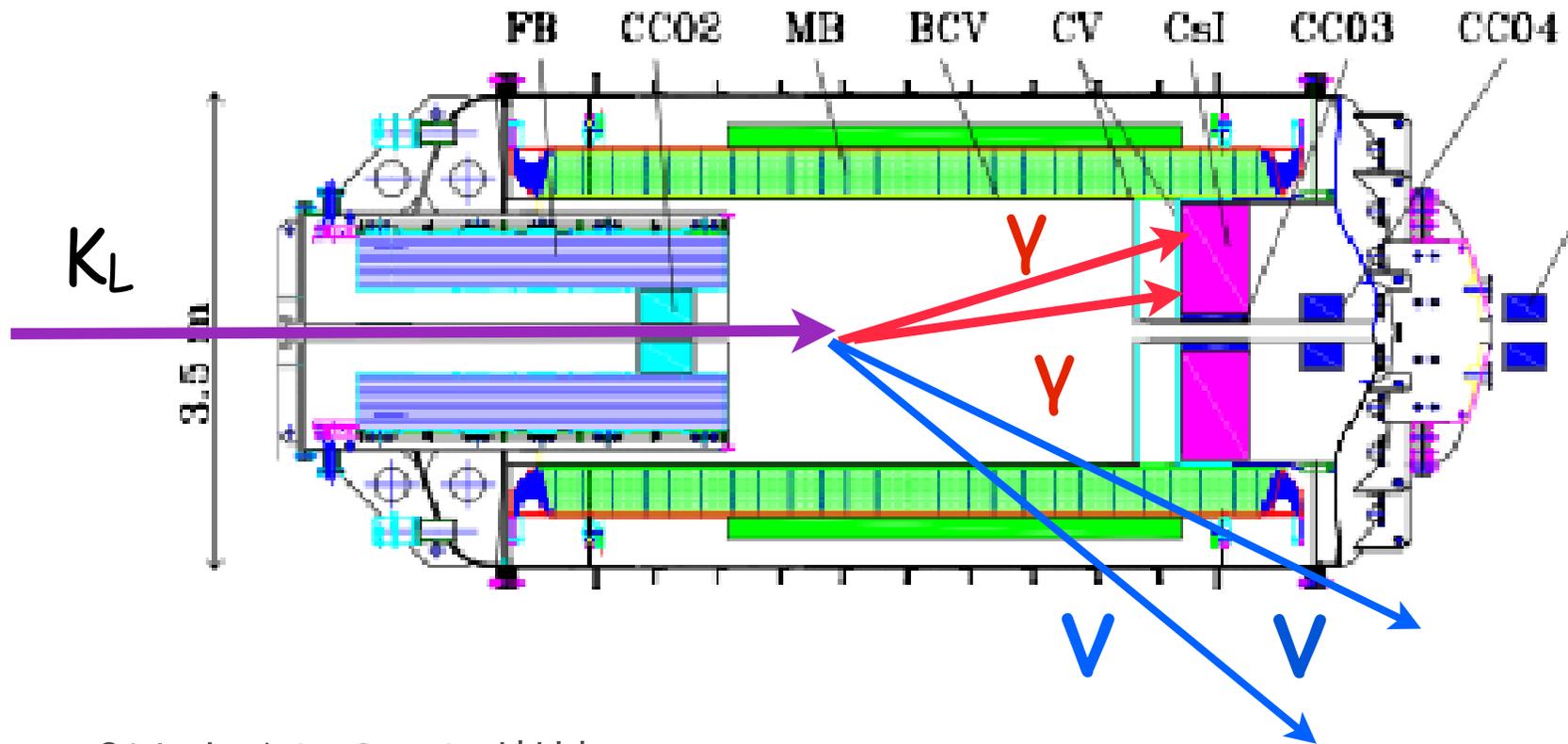
2012/07/08

山形大学 佐々木 未来

J-PARC K⁰T0実験

- K⁰T0実験(K_L⁰ at TOKAI)
 - CP保存則を破る稀崩壊過程 $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ の探索実験
 - 標準理論からの予想分岐比： 3.0×10^{-11}
 - J-PARCの大強度ビームを用いて初観測を目指す
 - 現在得られている分岐比の上限値
 - 2.6×10^{-8} (from KEK E391a実験)
 - K⁰T0実験目標
 - step1:初観測(2012年から)
 - step2:100イベントの観測(2015年から)

K⁰T0実験測定原理



- π^0 はすぐに 2γ に崩壊
- 崩壊領域で 2γ のみを検出したとき信号事象とする
- 2γ の検出した位置とエネルギーから $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ イベントを同定

バックグラウンド

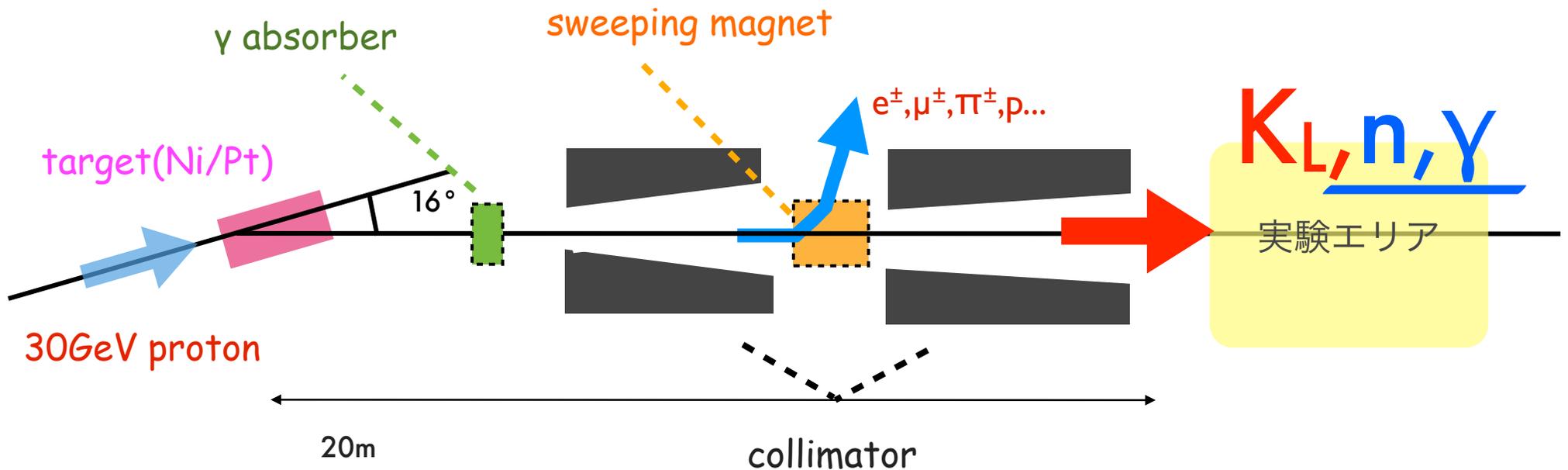
(1) K_L 崩壊から

- $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \nu$ 以外の崩壊モードによるバックグラウンド。
崩壊した粒子をすべて検出できなかったときに起きる
 - $K_L^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0$ ($\gamma \gamma \gamma \gamma$)
 - $K_L^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0 \pi^0$ ($\gamma \gamma \gamma \gamma \gamma \gamma$)
 - $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$ ($\gamma \gamma \pi^+ \pi^-$)

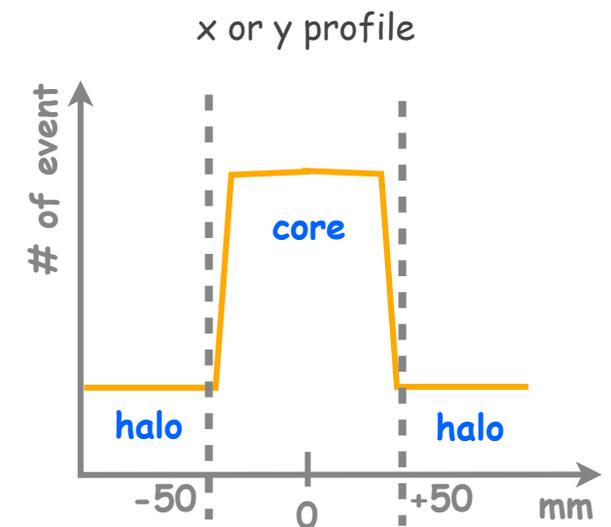
(2) ハロー中性子から

- ハロー中性子が検出器にあたって、二次粒子が発生する。

KLビームライン

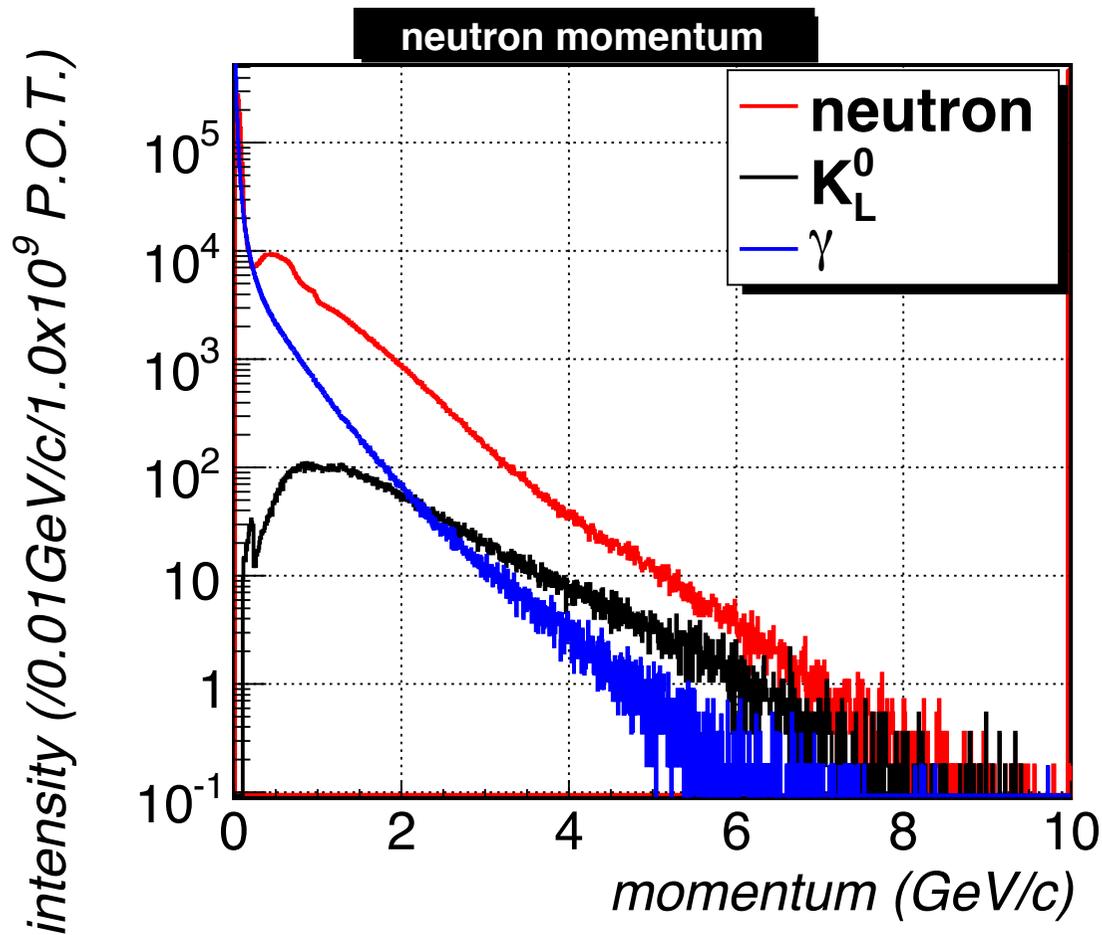


ビームハローが少ない(Halo n/Core n $\sim 10^{-5}$)
→バックグラウンドを抑える
細く平行なビーム(7.6 μ sr)→ K_L の同定に必要



ビーム中の粒子

GEANT3シミュレーションによる運動量分布



$$K_L/n \rightarrow \sim 10^{-2}$$

$$K_L/\gamma \rightarrow \sim 10^{-4}$$

KOTO実験スケジュール

- 2009

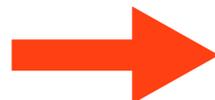
- ビームライン建設
 - **ビームサーベイ実験**

- 2010

- CsIカロリメーター建設
 - エンジニアリングラン
 - **ビームサーベイ実験**

- 2011年,2012年

- veto検出器建設
 - エンジニアリングラン

 物理ランへ

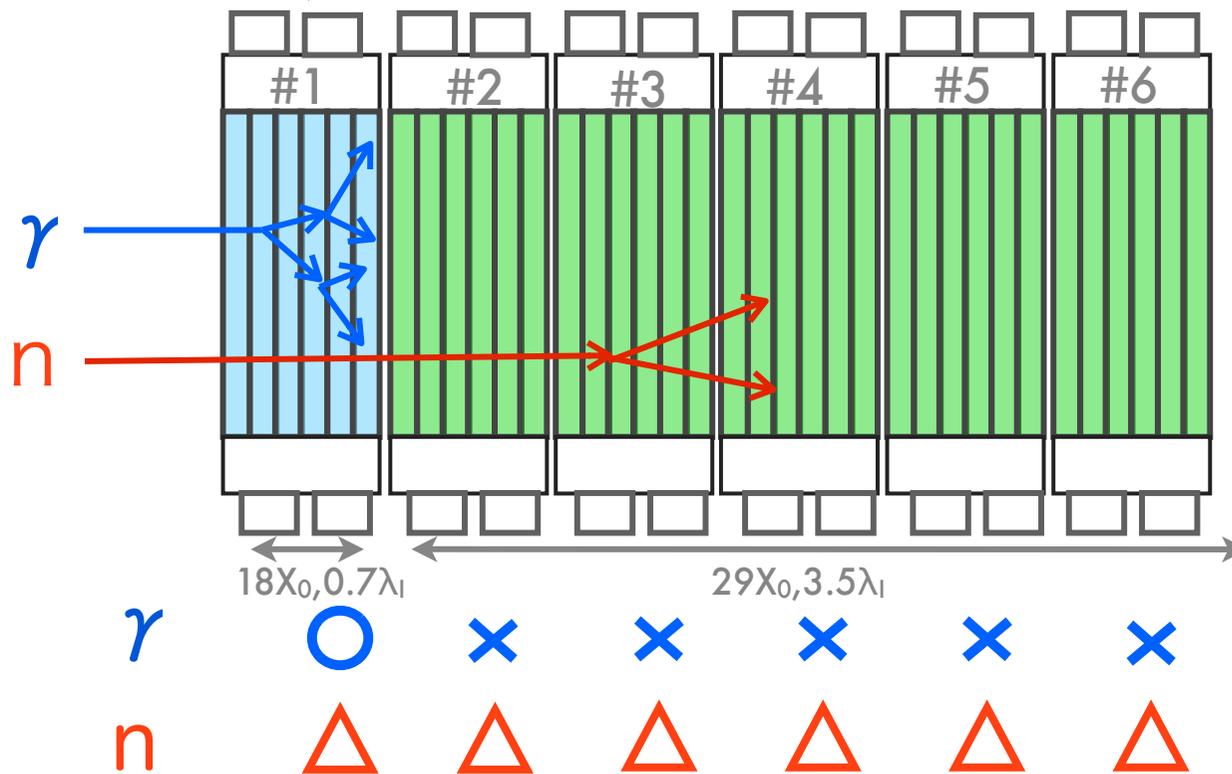
ビームサーベイ実験

- 中性子の生成量,運動量分布 ← 本研究
- ビームプロファイル
- K_L の生成量,運動量分布
- γ 線の生成量,運動量分布

中性子検出器

- γ 線と中性子を識別する必要がある
- 6台のサンドイッチカロリメータ(各段25層)

(Pb 4mm+Scinti 3.7mm)/層 (Fe 4mm+Scinti 3.7mm)/層



反応確率 ○:~100%,△:~20%程度

中性子トリガー：#1 no hitかつ#2~#6のどれかがhit

測定条件

Feb 2010

target	Ni			Pt		
γ abs	0cm	7cm	9cm	0cm	7cm	9cm
1kW	✓	✓	-	✓	✓	✓

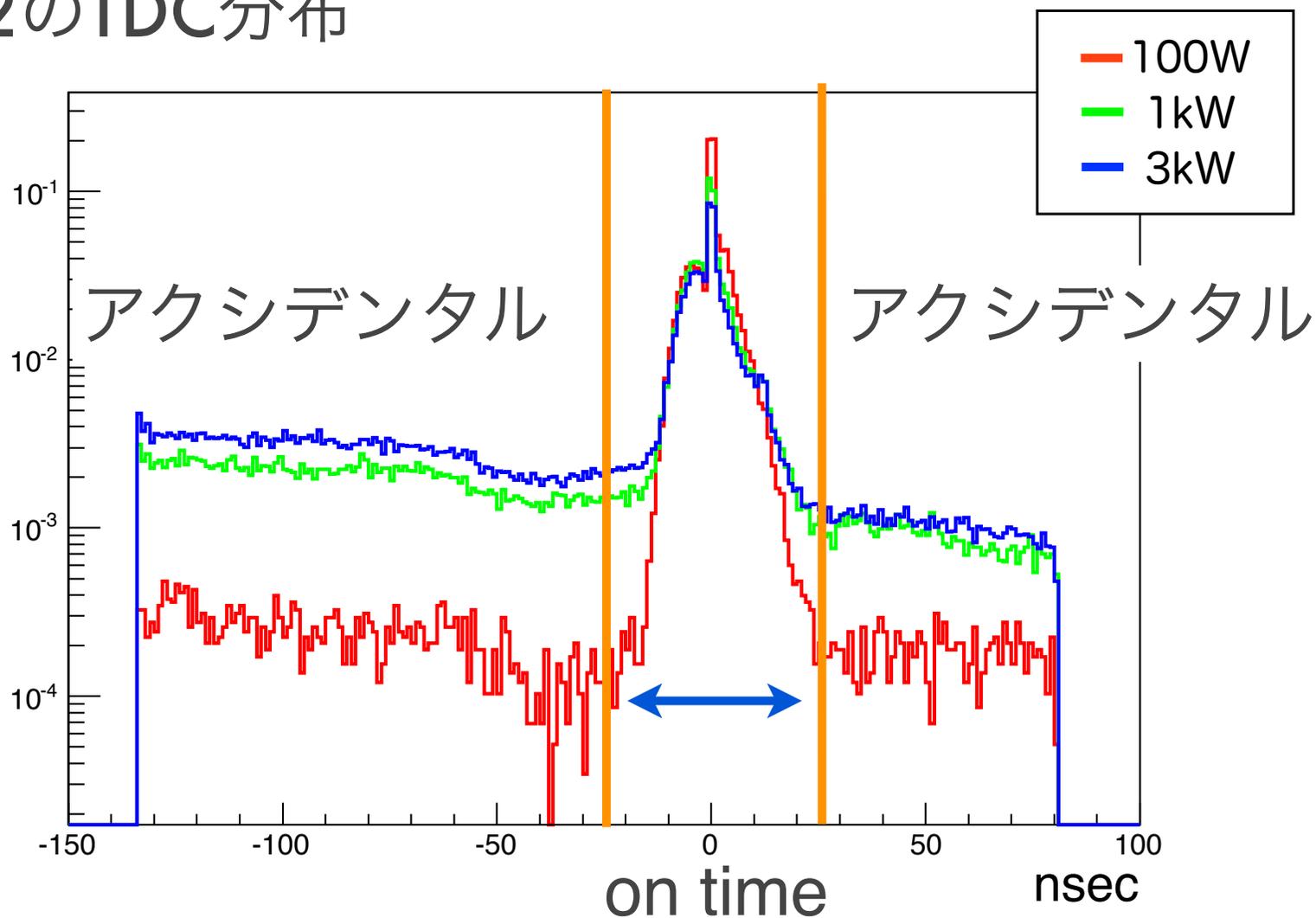
Oct. 2010

target	Pt		
γ abs	0cm	7cm	9cm
100W	✓	✓	✓
1kW	✓	✓	✓
3kW	-	✓	-

* 100W, 1kW, 3kW → 一次陽子ビームの強度

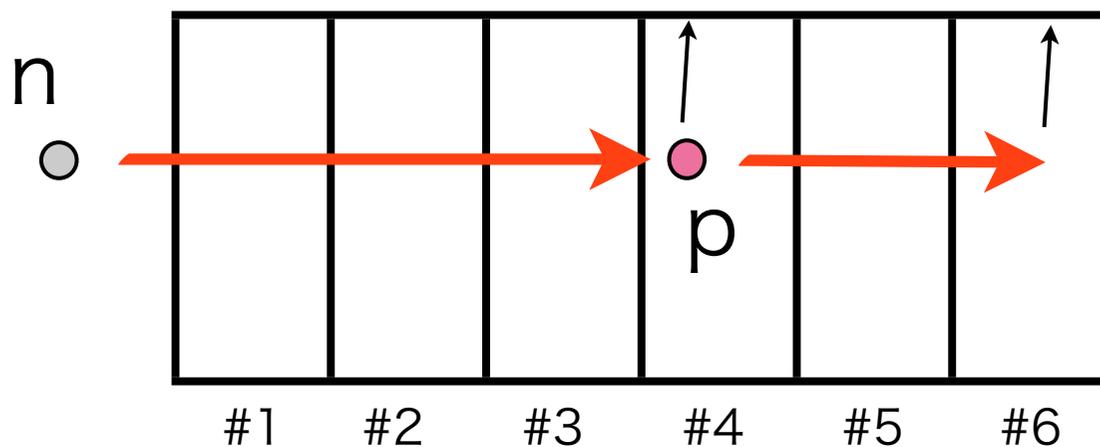
アクシデンタルイベントの除去

例：#2のTDC分布

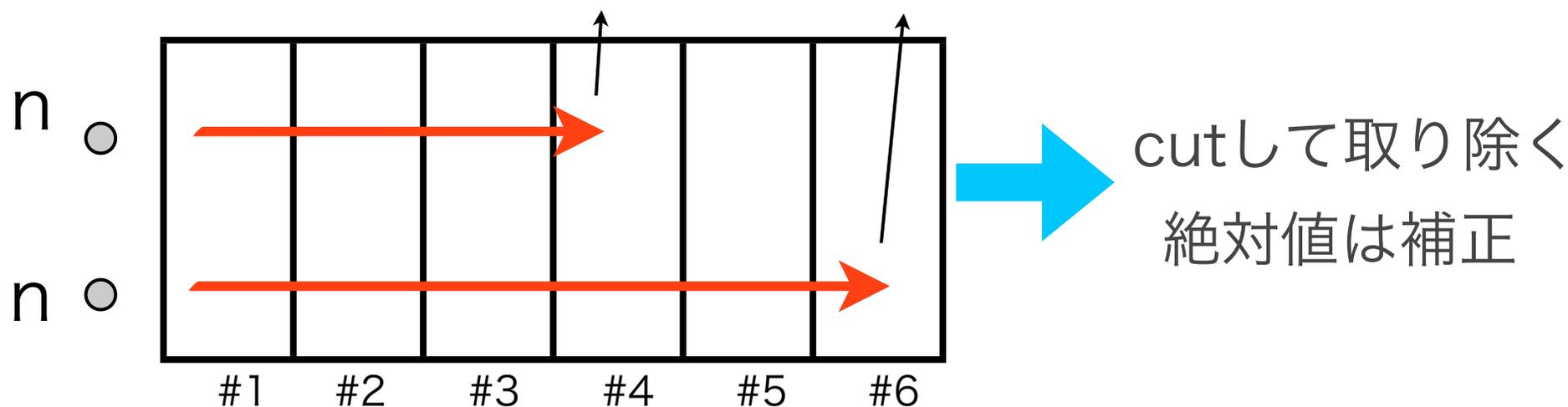


アクシデンタルイベントの除去

on time



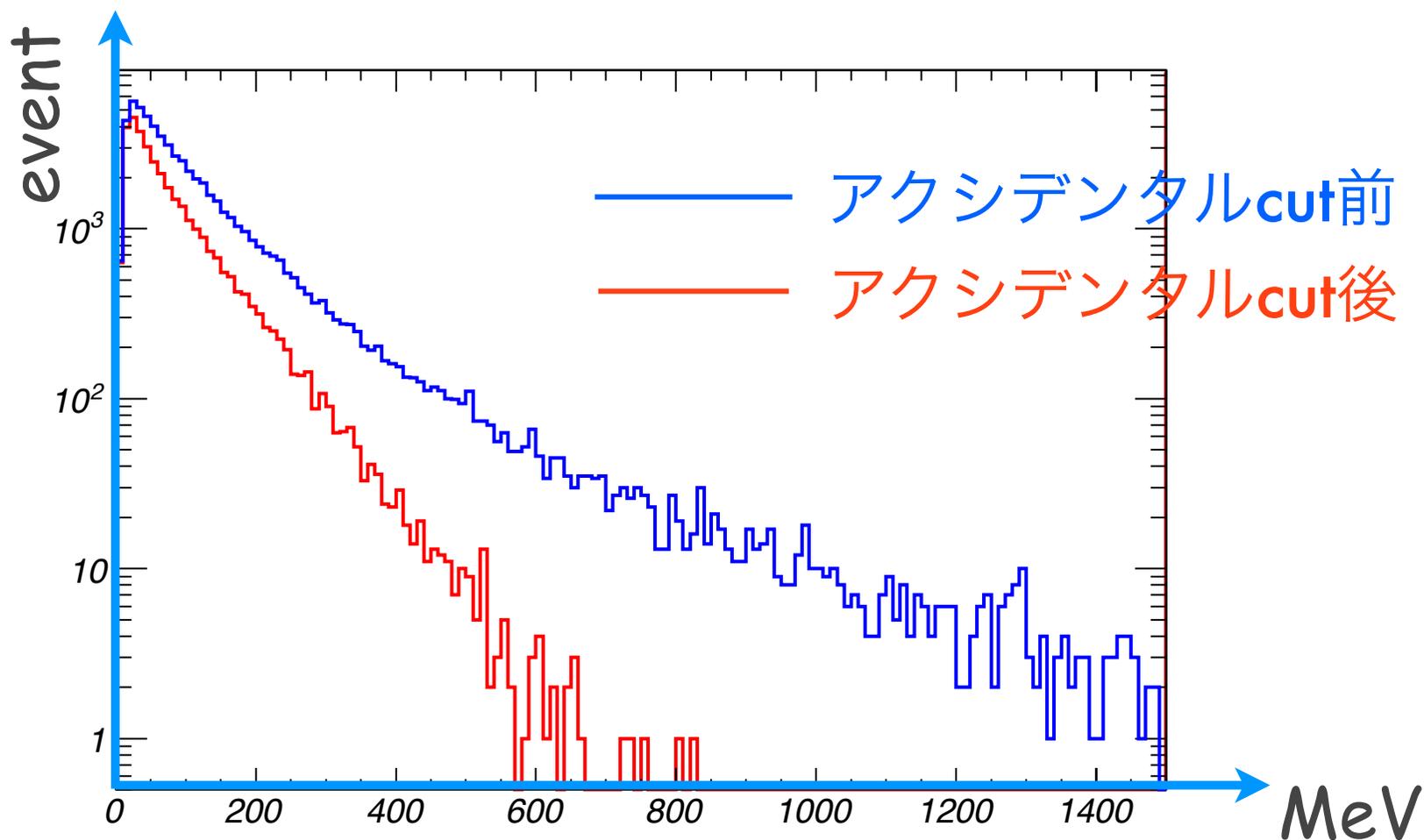
アクシデンタル → 2つ以上の中性子が同時に入射



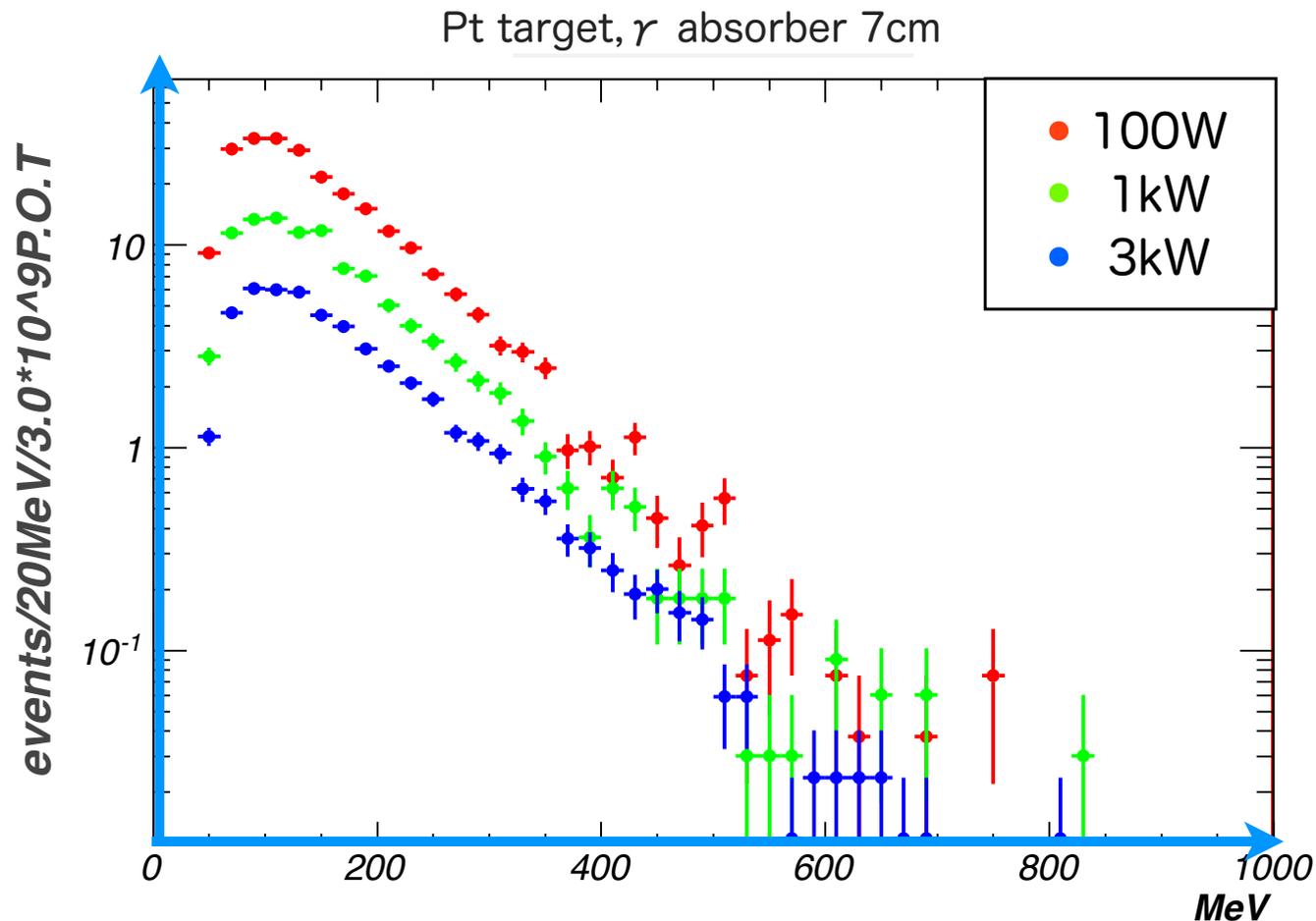
除去の効果

中性子のエネルギー損失

6モジュールの合計



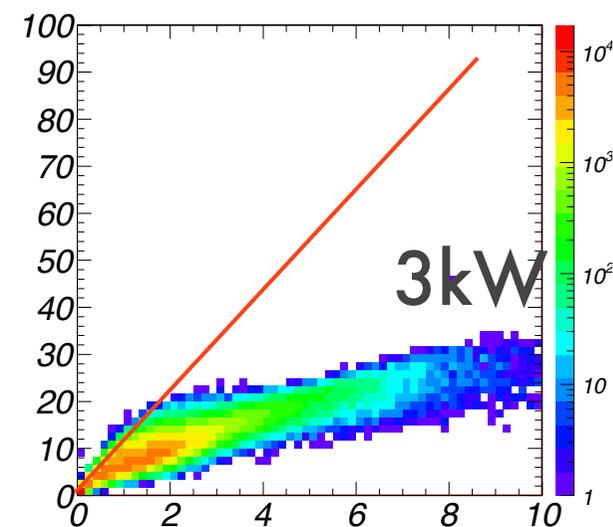
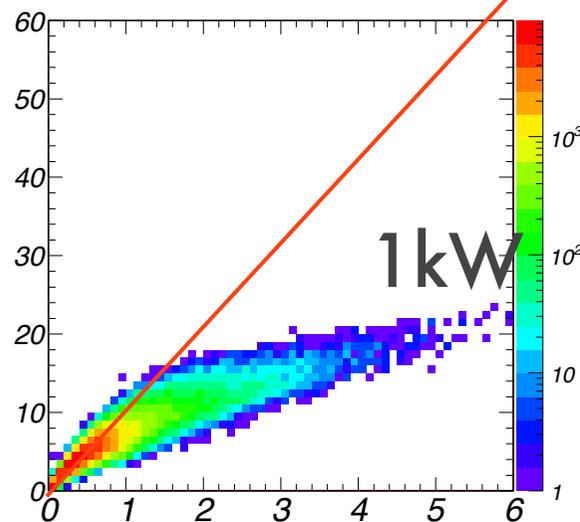
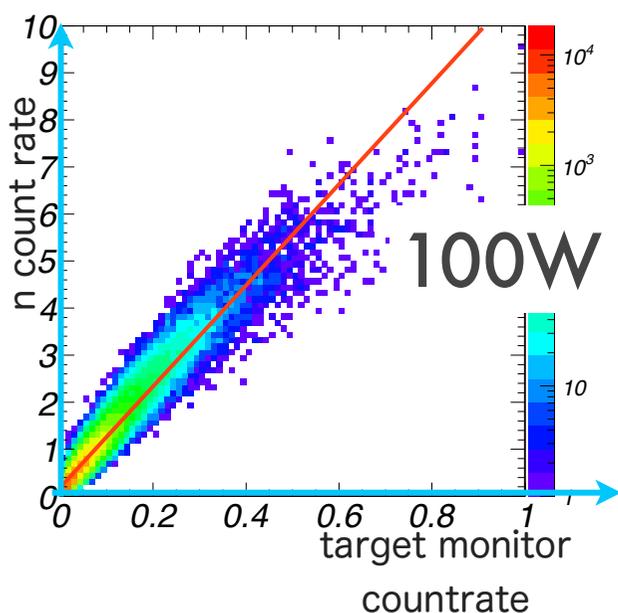
一次ビーム強度依存性



ビーム強度が上がると中性子強度が
低下しているように見えている

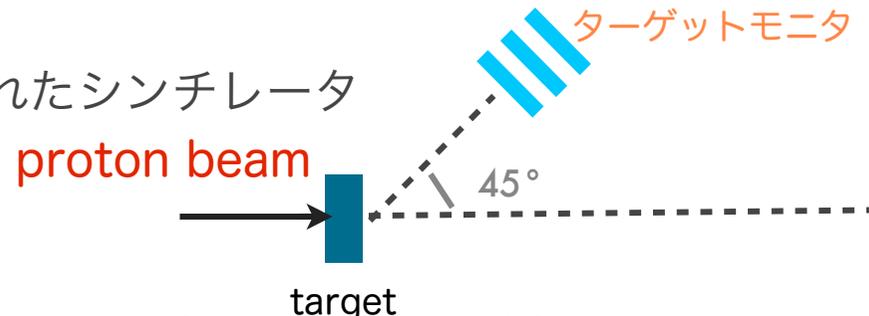
イベントの数え落とし

ターゲットモニタ計数率VS 中性子トリガー 計数率



ターゲットモニタ：ターゲット下流45°に設置されたシンチレータ

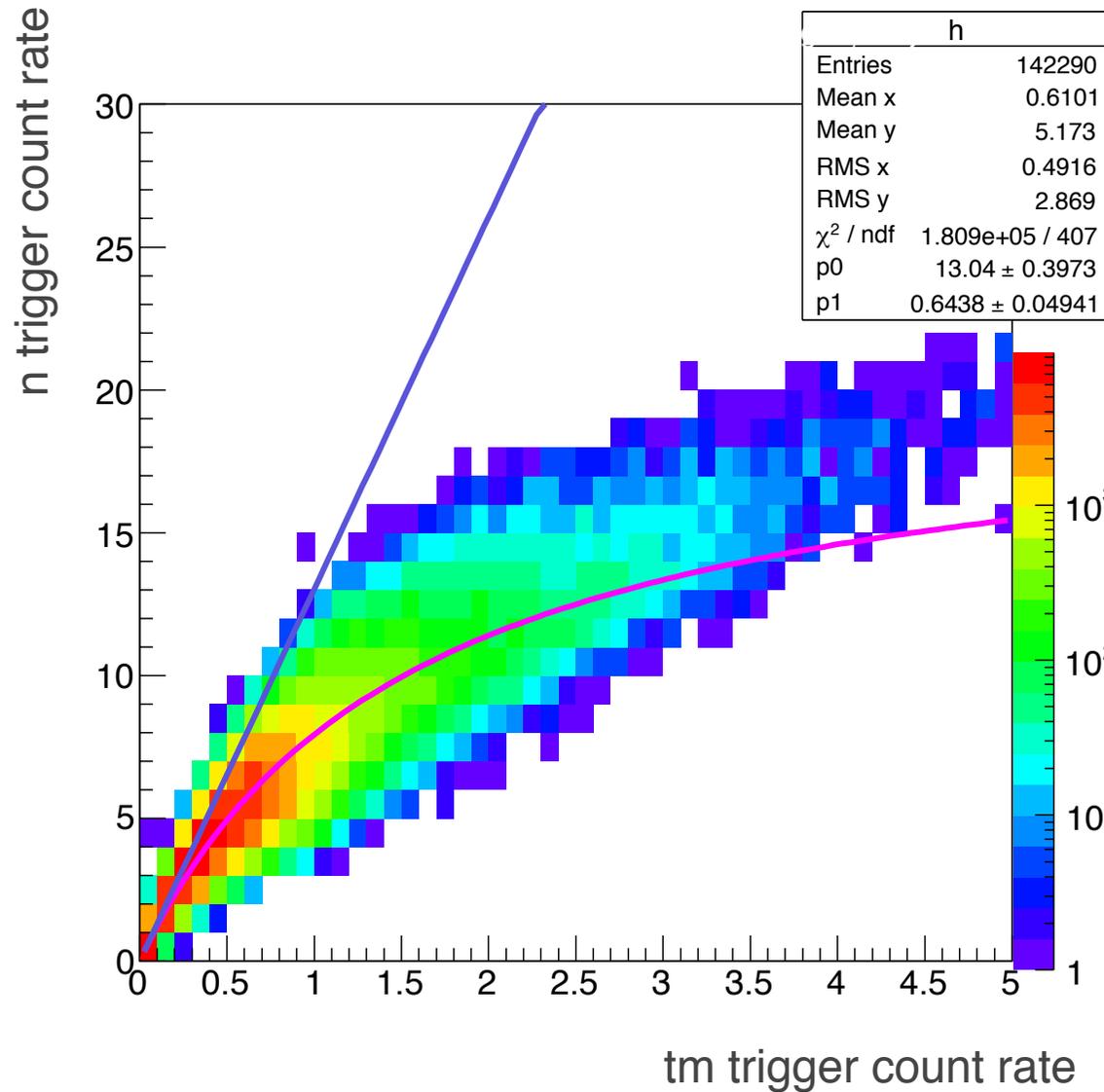
ターゲットモニタの計数率 \propto ビーム強度



1kW、3kWの中性子トリガーの計数率はターゲットモニタの計数率に比例しない

ターゲットモニタの計数率の情報を使って中性子トリガーの数え落としを補正

計数率補正

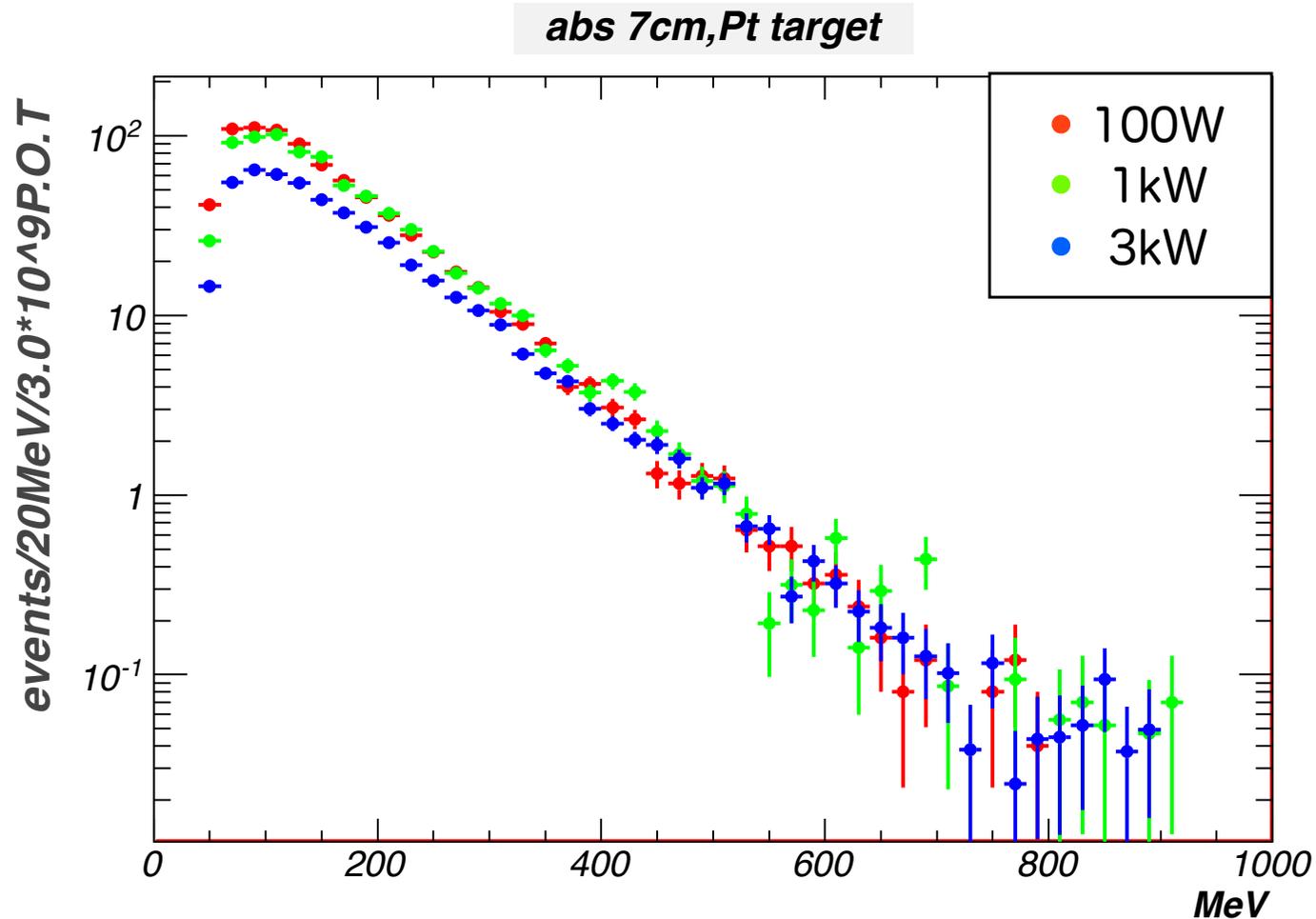


$$y = \frac{ax}{bx+1} \text{ でfitting}$$

(from 放射線計測ハンドブック)

$$y = ax \text{ に補正 (x=0の接線)}$$

補正後のエネルギー分布



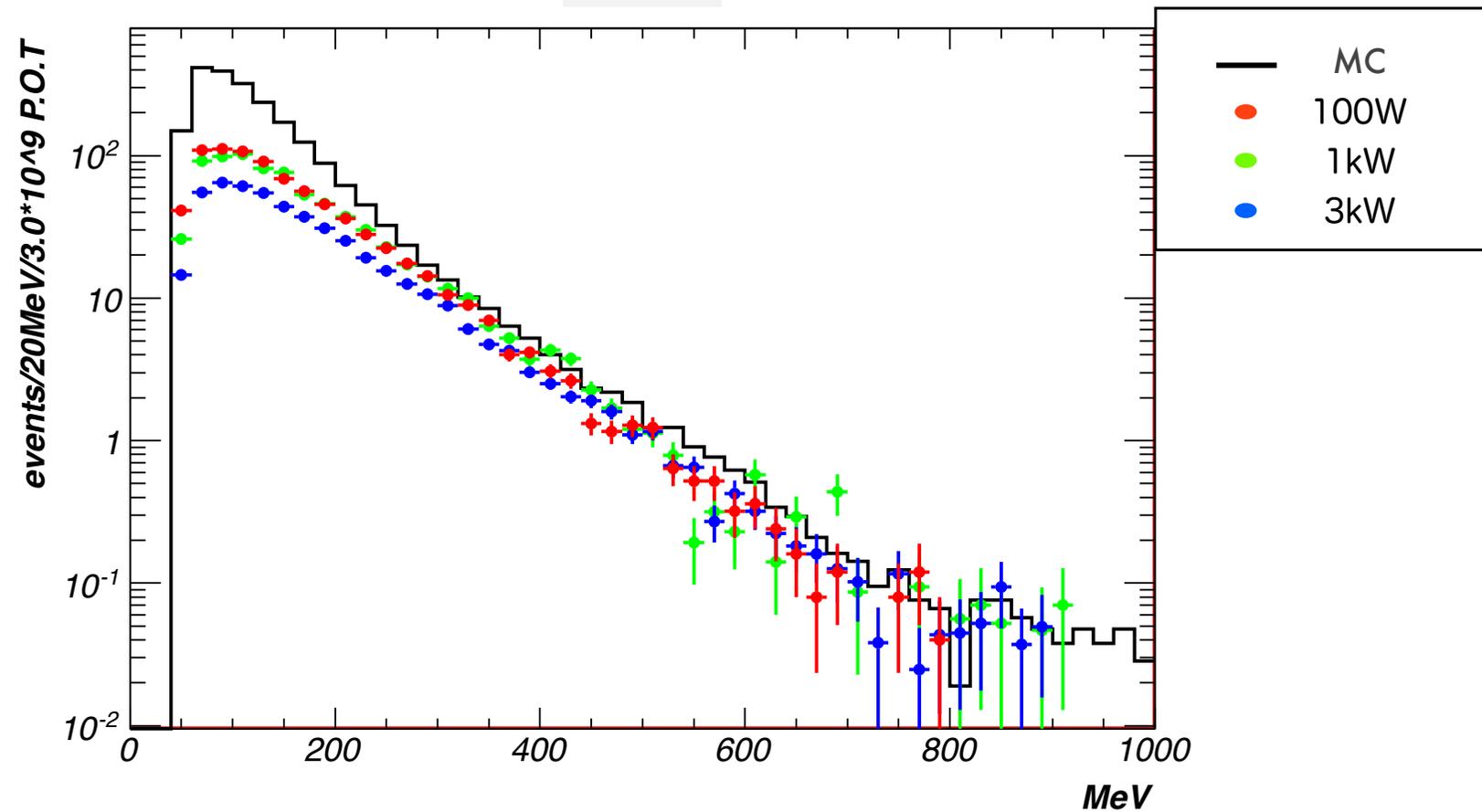
1kWはほぼ補正

3kWは低エネルギー側が補正しきれていない

シミュレーションとの比較

GEANT4による検出器の応答

Pt 7cm



シミュレーションは測定結果をよく再現している

まとめ

- J-PARC KLビームラインでビーム中性子の測定を行った
- 測定には6台のサンドウィッチカロリメータを使用した
- 測定した中性子強度は一次ビーム強度依存性による減少が見られたが計数率の補正、アクシデンタルイベントの補正を行う事で減少を回復することができた
- シミュレーションは測定結果をよく再現していたが、低エネルギー側などさらに理解を深める必要がある