

K中間子ヘリウム4原子
3d→2p X線の精密測定

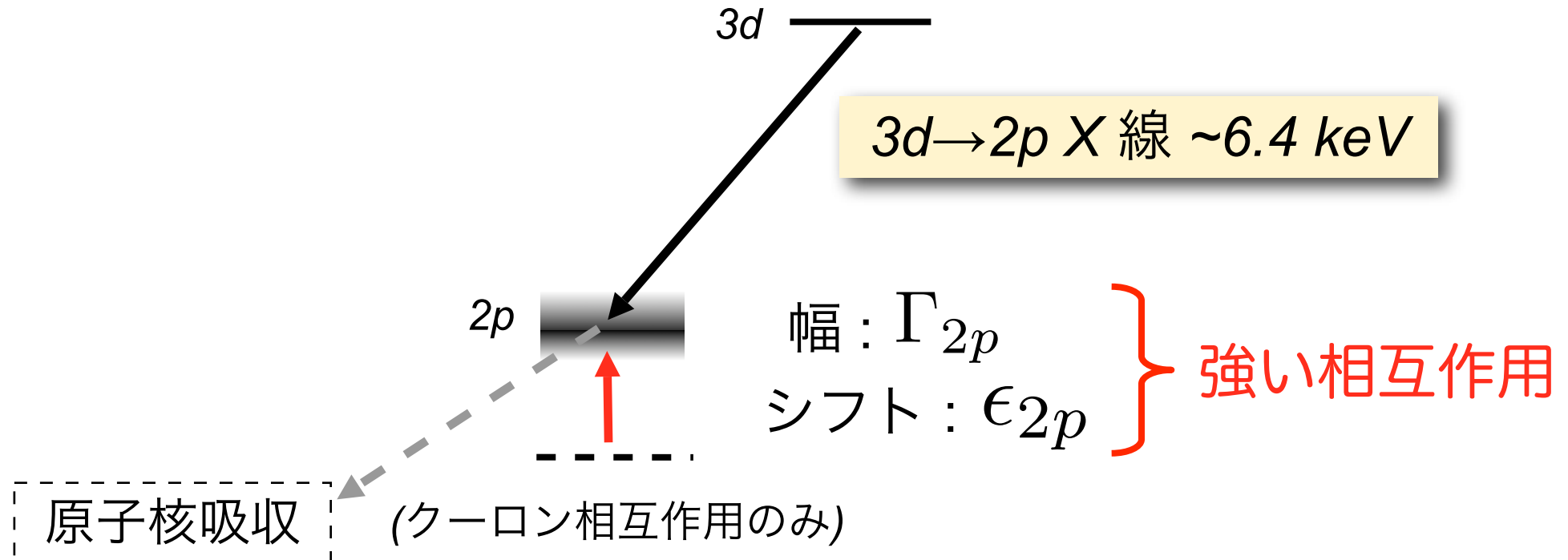
東京大学 竜野 秀行
for KEK-PS E570
collaboration

KEK-PS E570 collaboration list

G. Beer¹, H. Bhang², M. Cargnelli³, J. Chiba⁴, S. Choi²,
C. Curceanu⁵, Y. Fukuda⁶, T. Hanaki⁴, R. S. Hayano⁷, M. Iio⁸,
T. Ishikawa⁷, S. Ishimoto⁹, T. Ishiwatari³, K. Itahashi⁸, M. Iwai⁹,
M. Iwasaki⁸, B. Juhasz³, P. Kienle³, J. Marton³, Y. Matsuda⁸,
H. Ohnishi⁸, S. Okada⁸, H. Outa⁸, M. Sato⁶, P. Schmid³,
S. Suzuki⁹, T. Suzuki⁸, H. Tatsuno⁷, D. Tomono⁸,
E. Widmann³, T. Yamazaki⁸, H. Yim², J. Zmeskal³

Victoria Univ.¹, SNU², SMI³, TUS⁴, INFN(LNF)⁵,
Tokyo Tech⁶, Univ. of Tokyo⁷, RIKEN⁸, KEK⁹

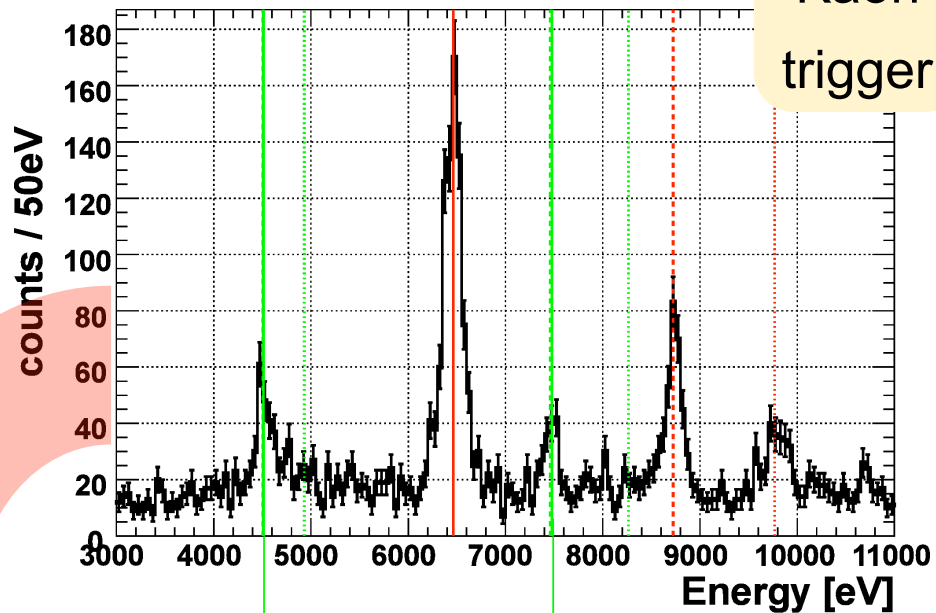
K^- - ^4He 原子 $3d \rightarrow 2p$ X線



最終原子軌道のシフトと幅を測定しK中間子とヘリウム原子核との強い相互作用を評価

E570実験

K-HeX 3d→2p



Kaon
trigger

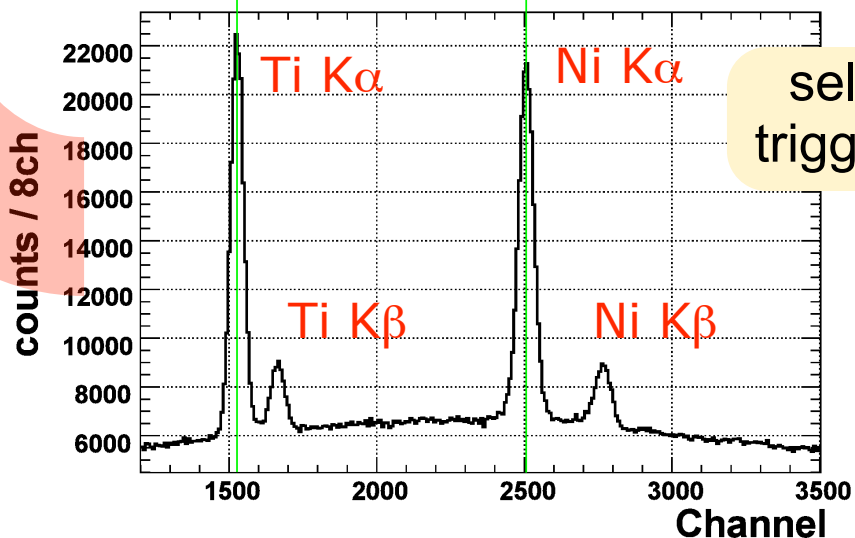
1st cycle: 75シフト

2nd cycle: 40シフト

Kビーム 650MeV/c

@KEK K5 ~5k/spill (4 sec)

合計 4G のK中間子を利用し、**1.5k カウント**のK中間子原子 3d→2p X線を計測

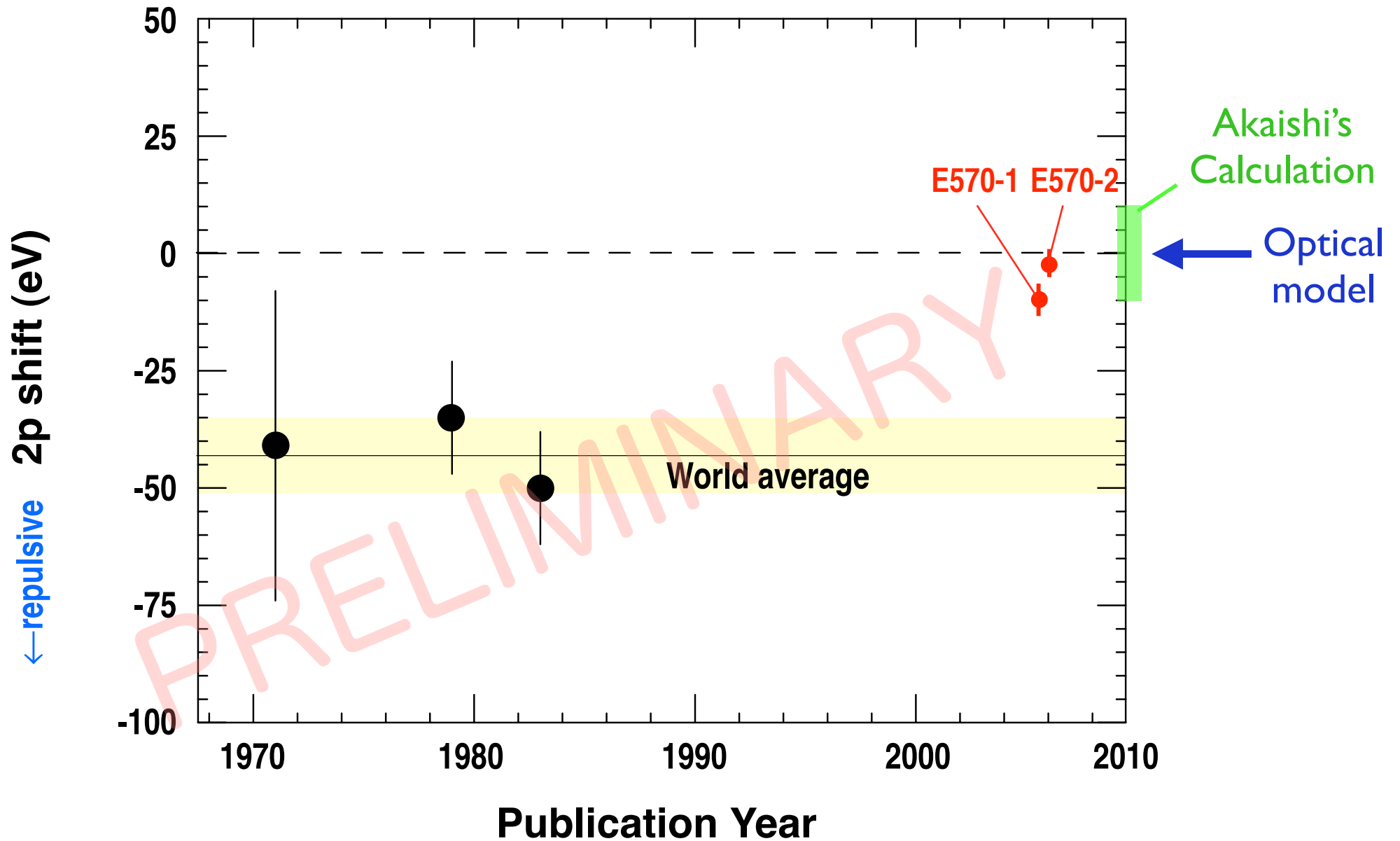


self
trigger

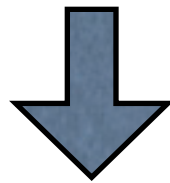
X線検出器 SDD の in-beam 分解能
185 eV (FWHM)@6.5 keV

同時
計測

Kaonic Helium X-ray Spectroscopy



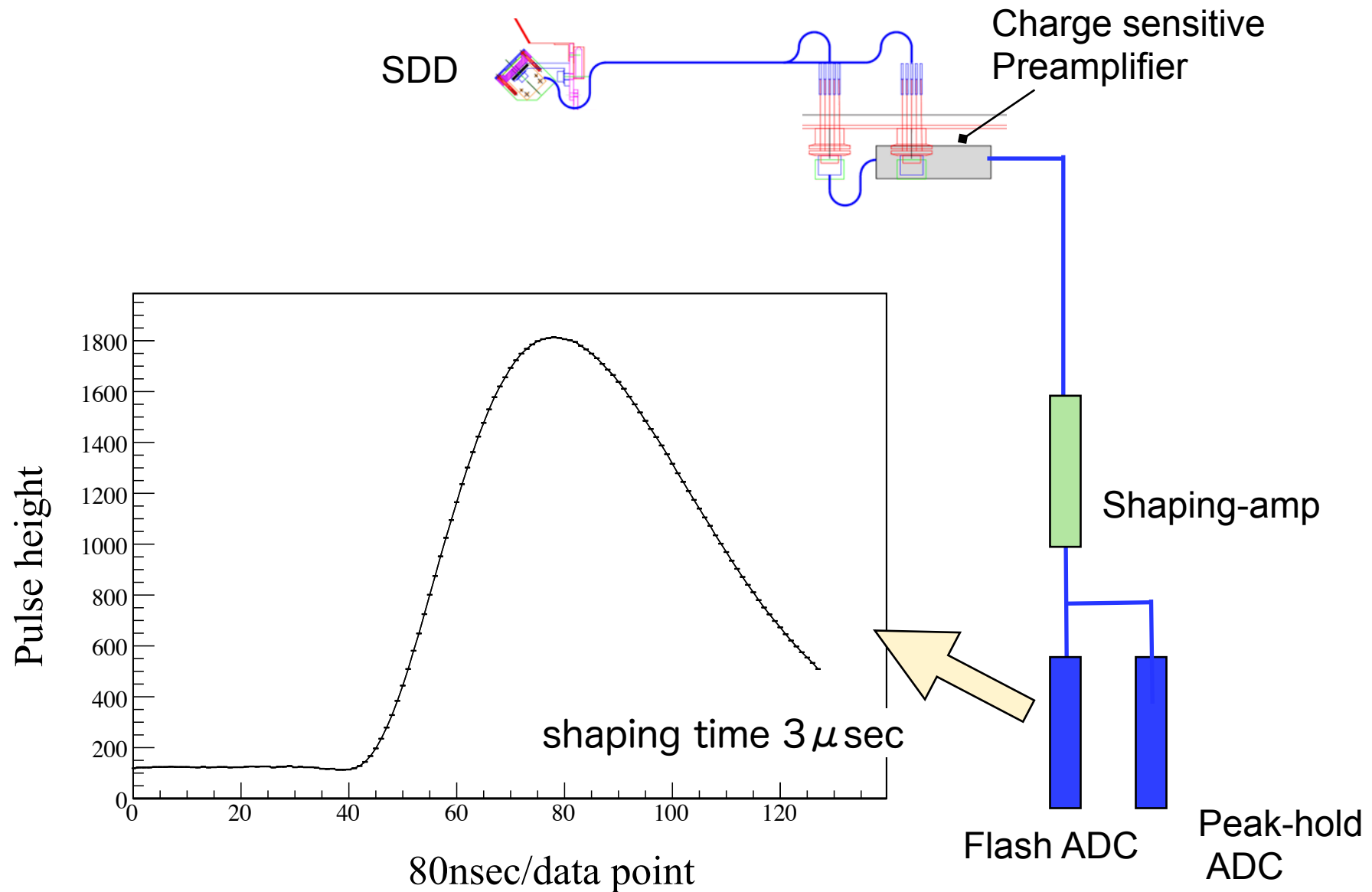
統計誤差を ~ 2 eV で決められたが、
実験値付近で理論が別れている



系統誤差の見積もりおよび
精度の高いエネルギー較正が重要

フラッシュADCのデータを使い
エネルギー較正の精度を向上させる

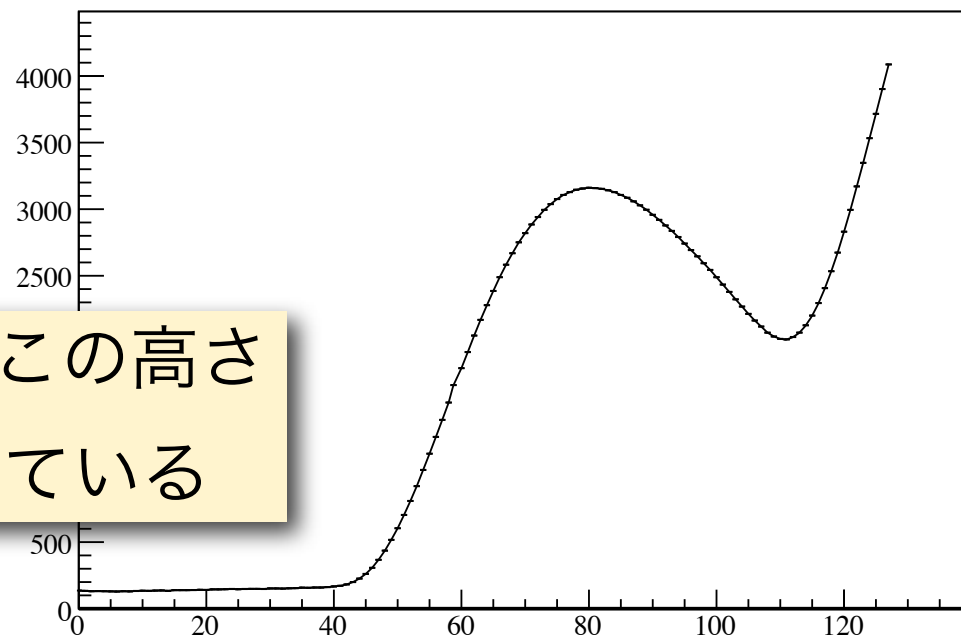
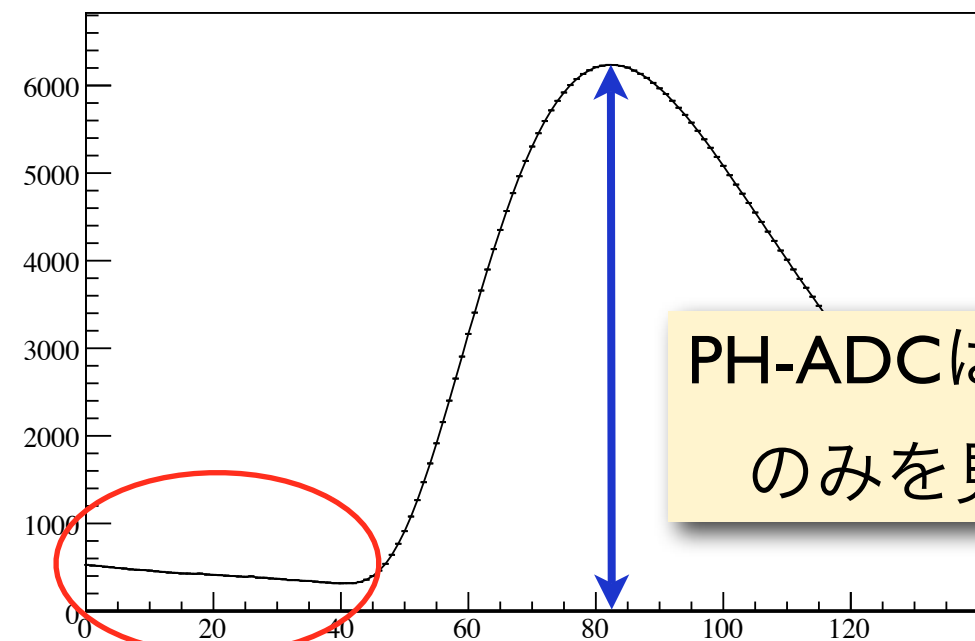
フラッシュADCでみたSDDの波形データ



PH-ADC ではわからない パイルアップを見ることができる

プレ・パイルアップ

ポスト・パイルアップ



PH-ADCはこの高さのみを見ている

80 nsec/data point

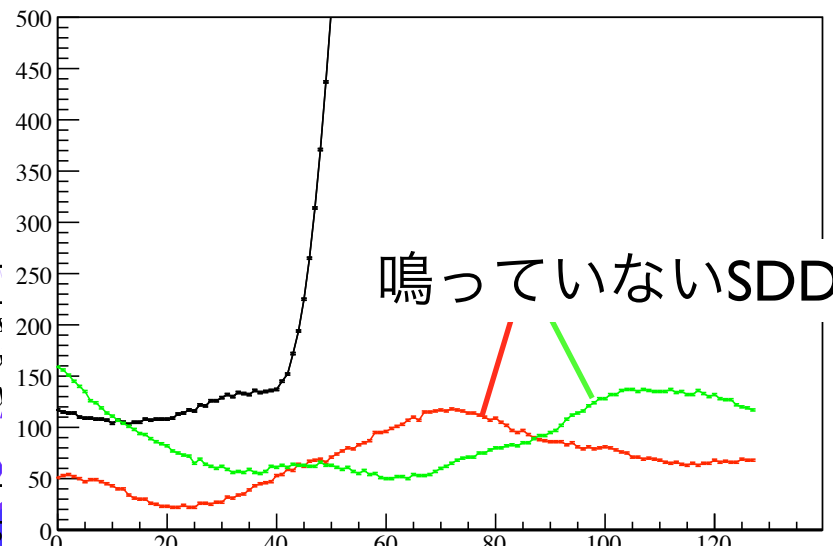
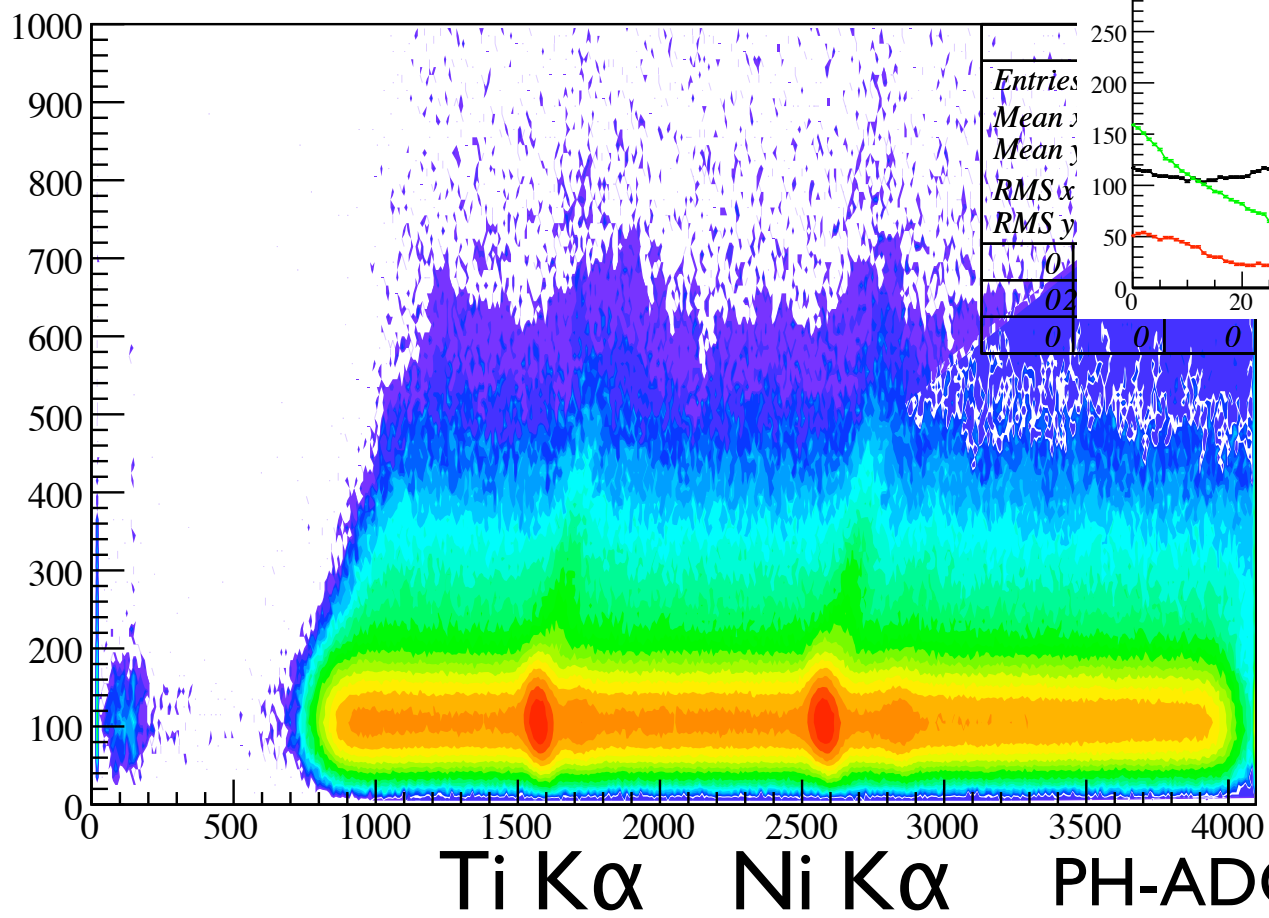
80 nsec/data point

ベースラインに注目して
PH-ADC との相関を見てみると...

プレ・パイルアップイベントの除去

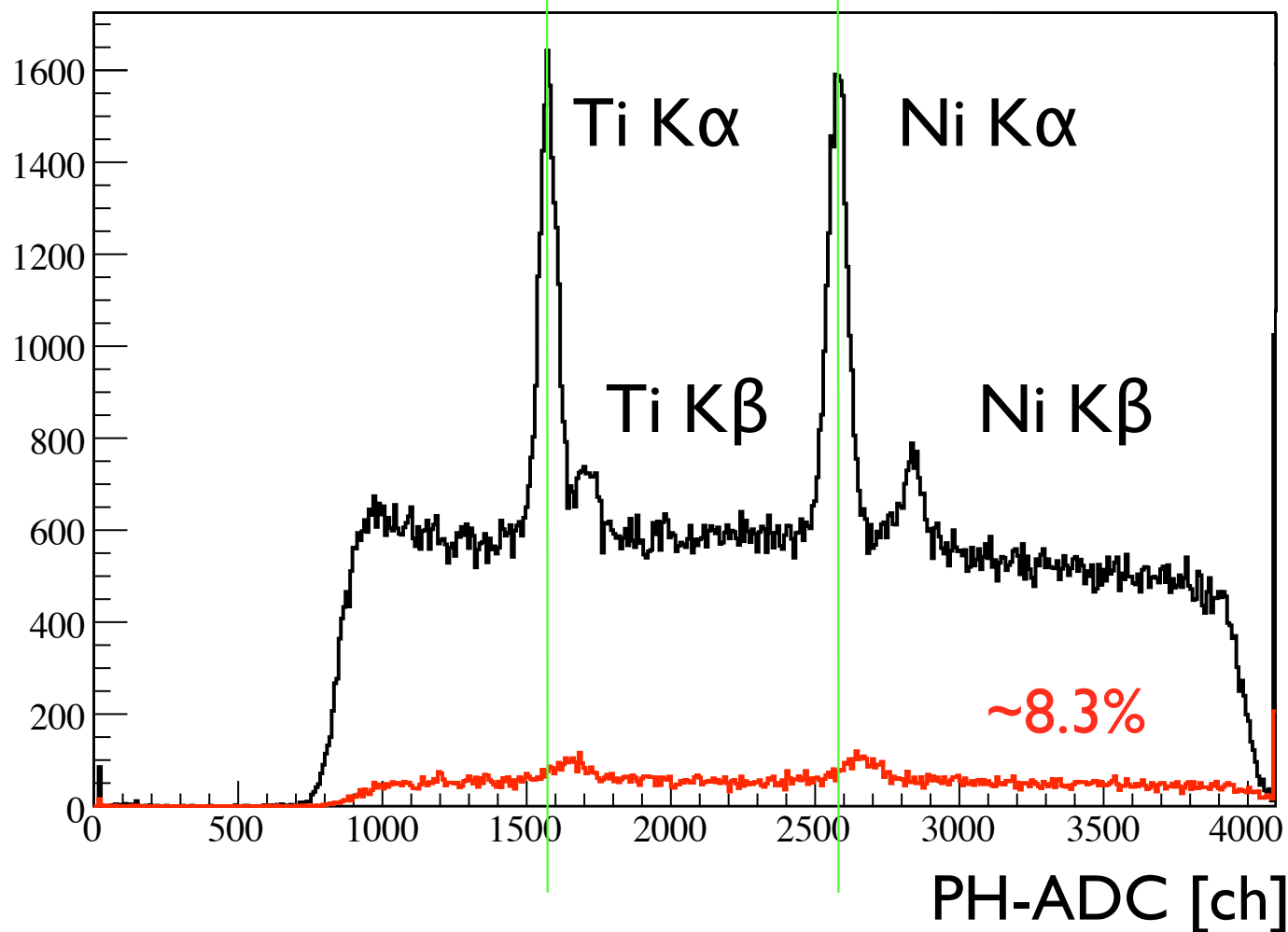
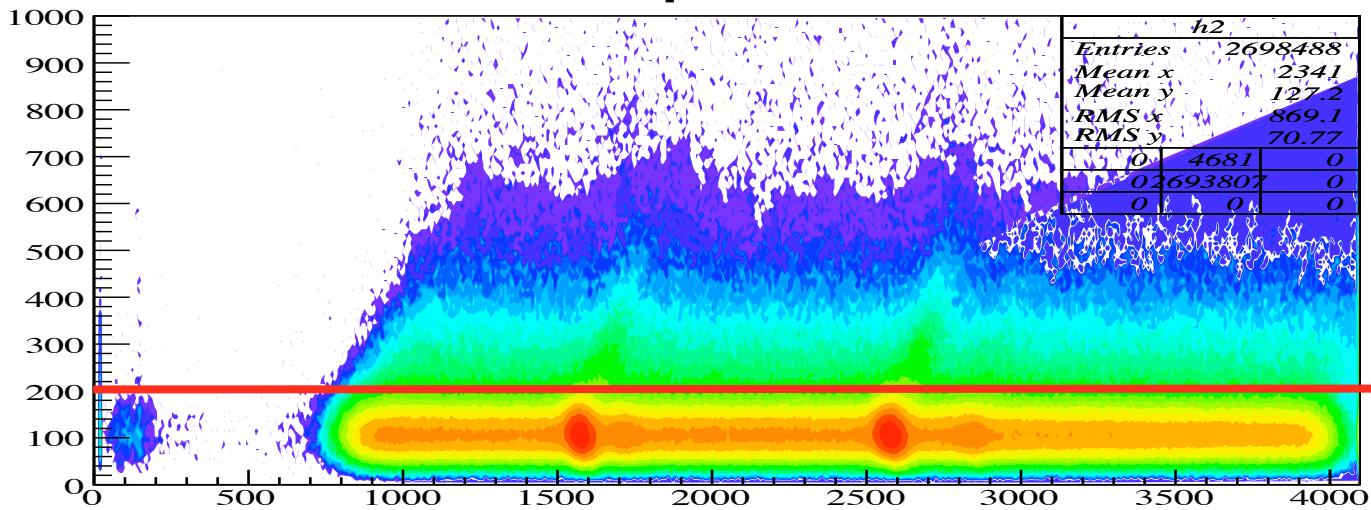
FADC ベースライン [ch]

エネルギー較正用データ



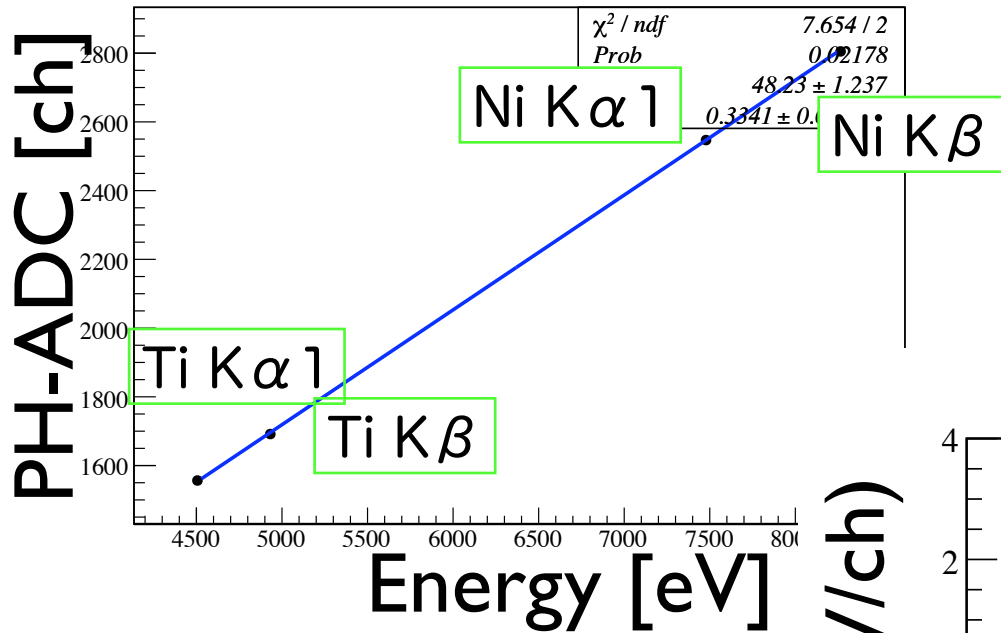
周期 $\sim 6\mu\text{sec}$

FADC ベースライン [ch]



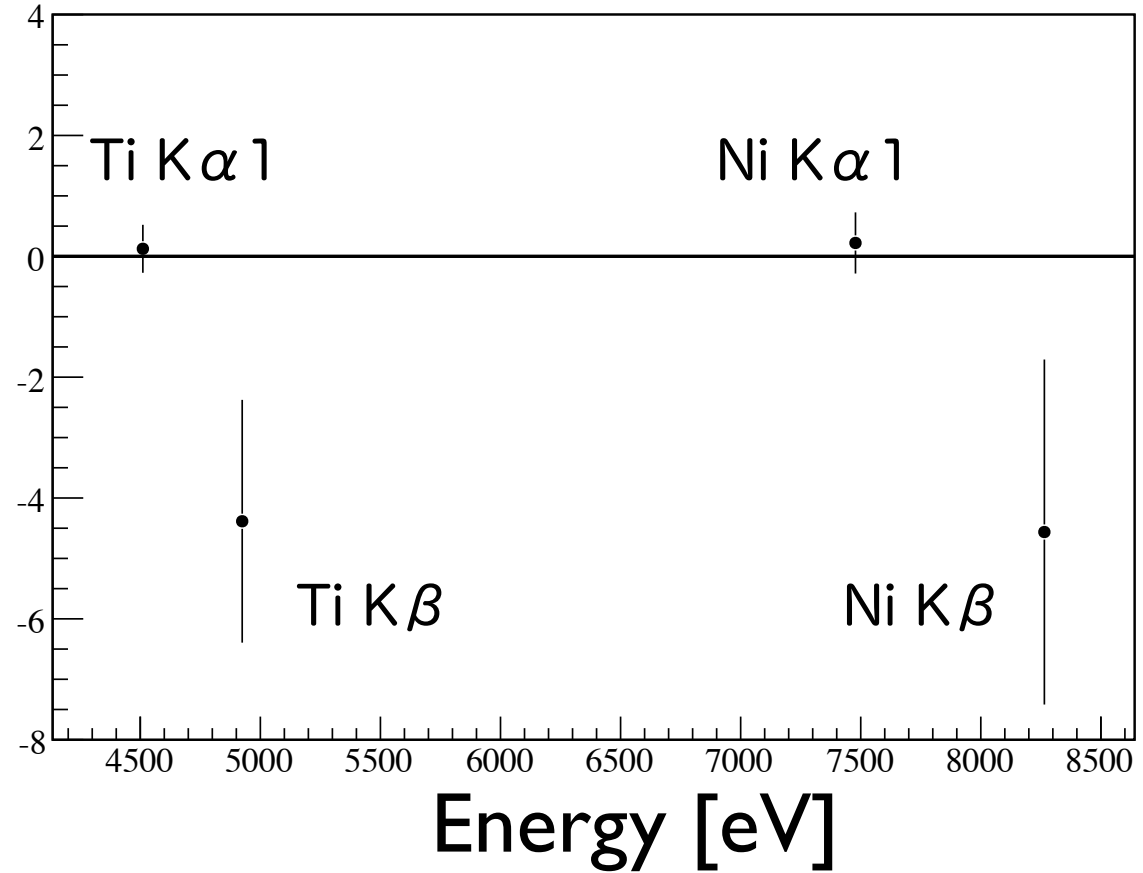
フラッシュADC
のベースラインか
らカットをかける
ことで、PH-ADC
では除けないイベ
ントを除去可能

エネルギー較正直線 (I)

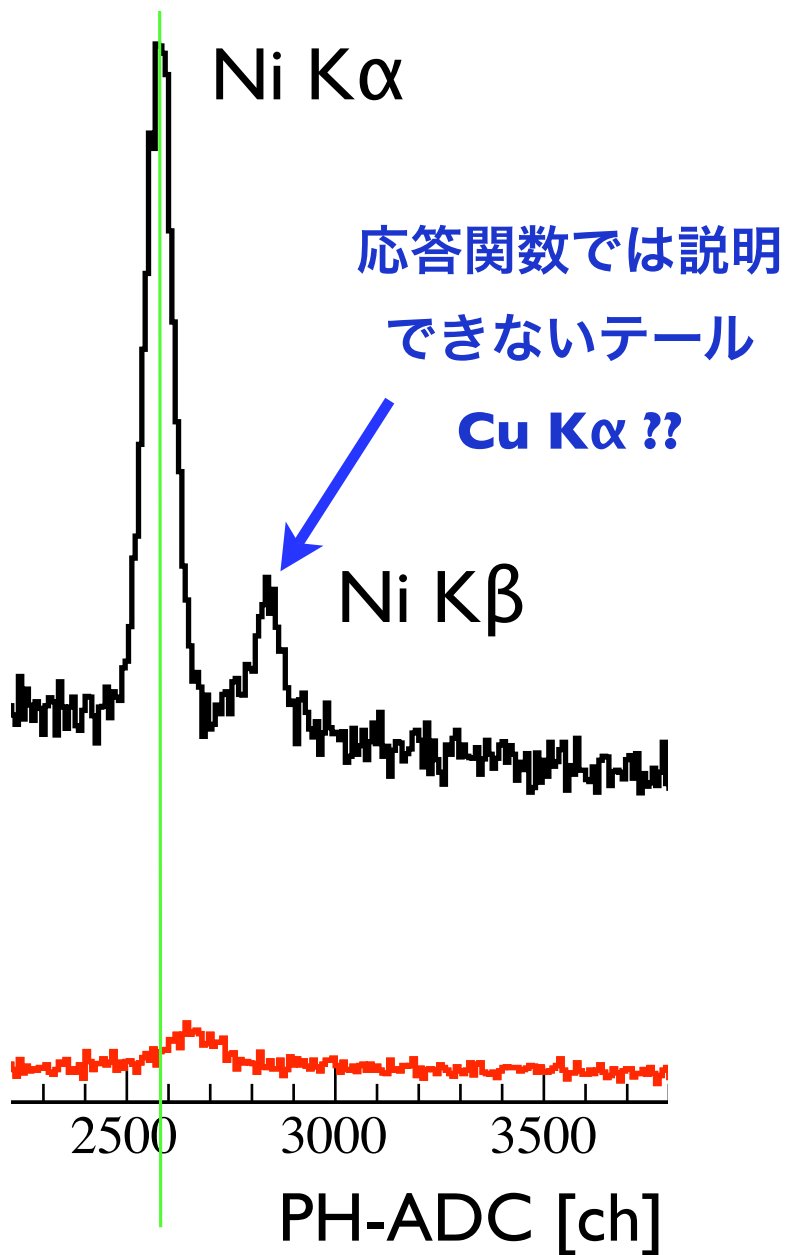


K α とK β の間のエクセスによりK β の中心値がK α に引っ張られた

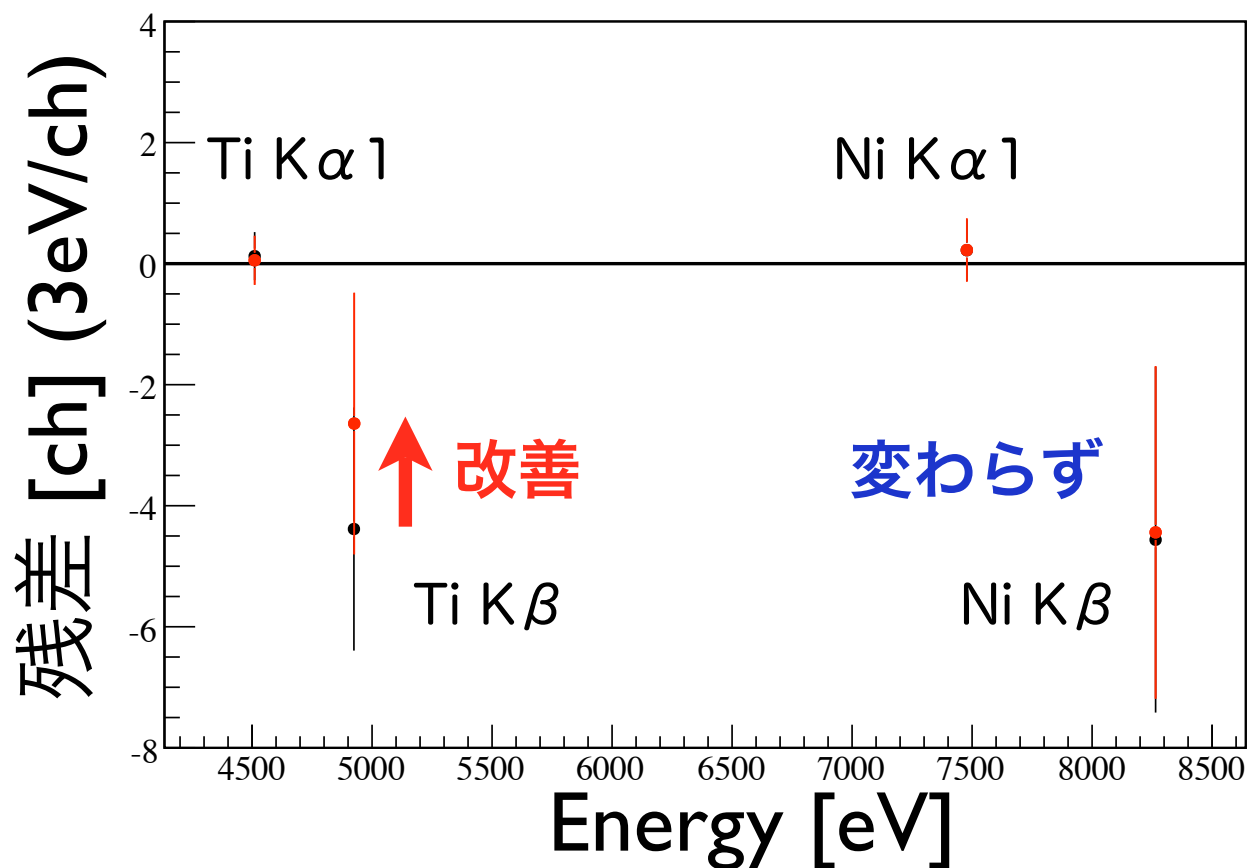
残差 [ch] (3eV/ch)



エネルギー較正直線 (2)



パイルアップイベントを
除去した後

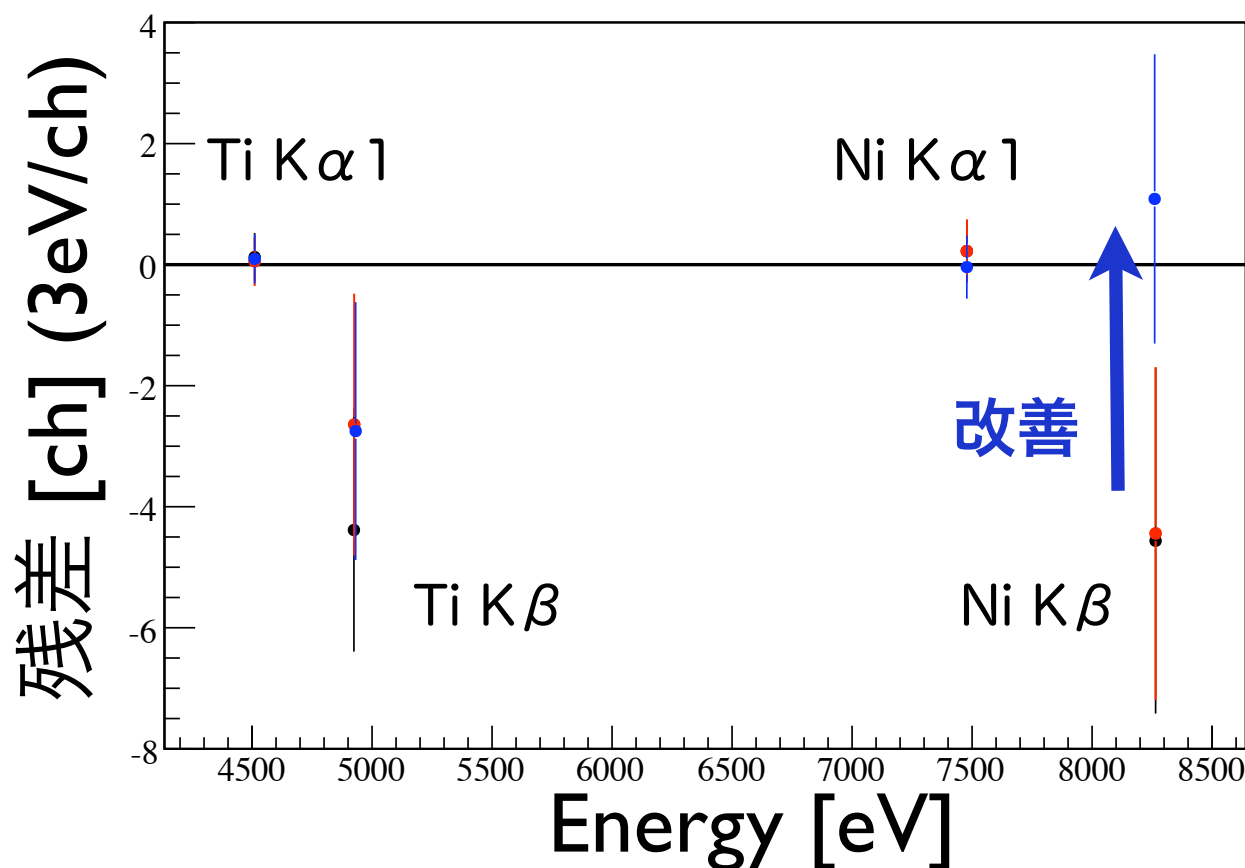


エネルギー較正直線 (3)

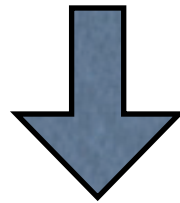
パイルアップイベントを
除去した後 + **Cu K α**

Cu K α の存在比は Ni K β の20%程

Ti K α と Ni K α を用いた
較正において、パイル
アップイベントを除去し
たことによって補正でき
る系統誤差は $\sim 1\text{eV}$



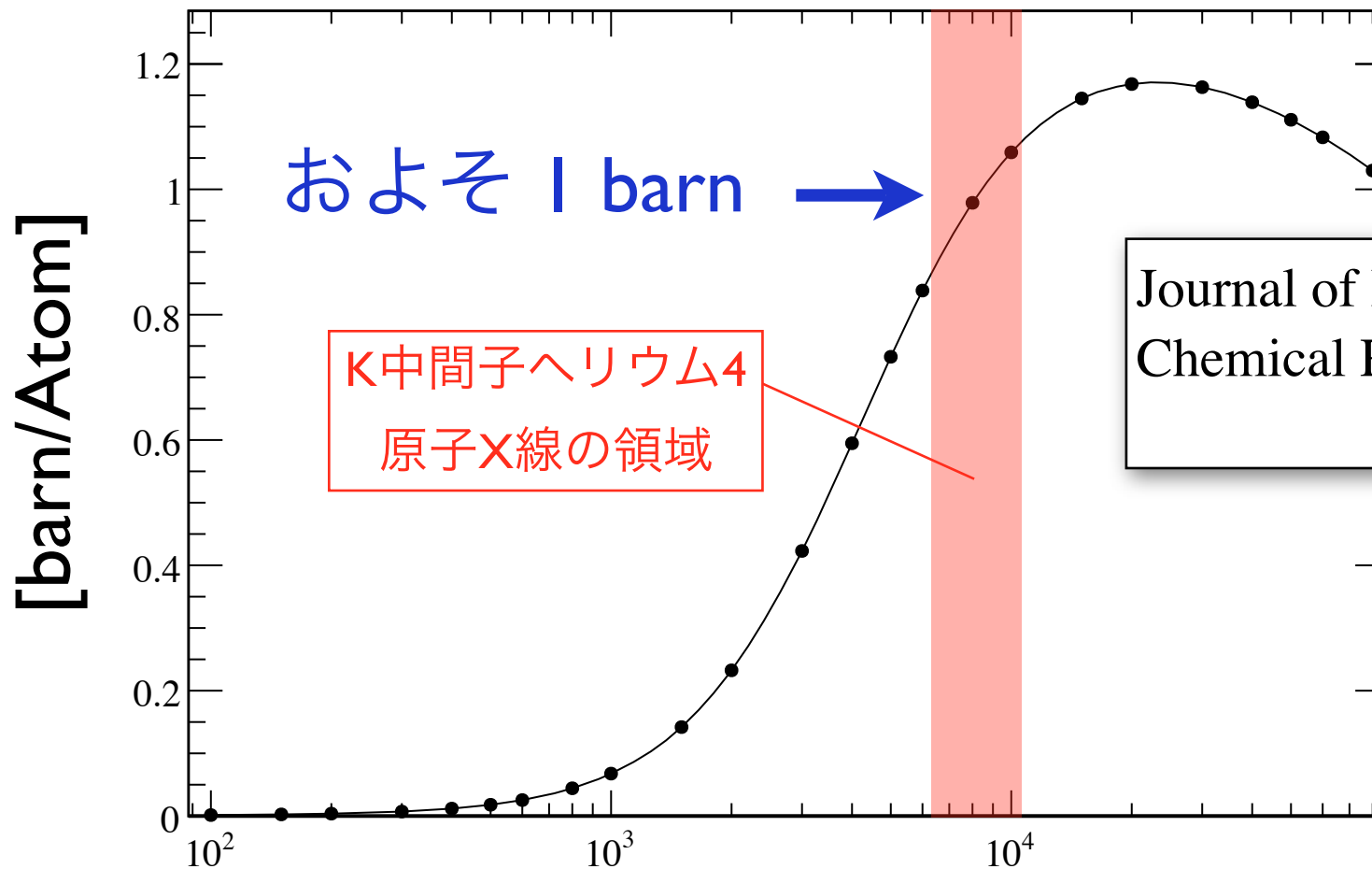
ピークを中心値をシフトさせる
ような要因は他にないか？



目的X線の標的内でのコンプトン散乱
計測されるX線自体のエネルギーが小さくなる

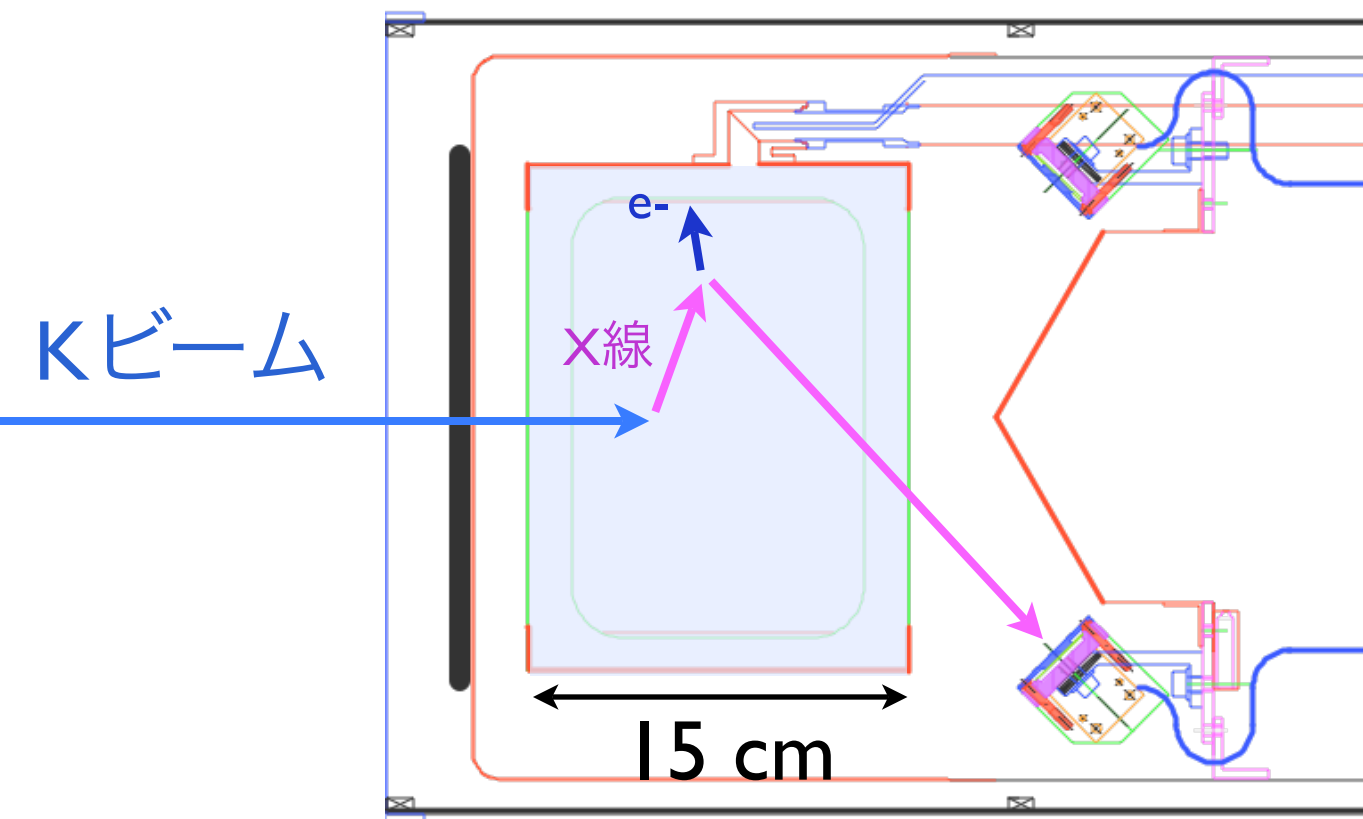
ヘリウム原子の In-coherent 散乱断面積

In-coherent 散乱断面積



光子のエネルギー [eV]

液体超流動ヘリウム4 標的内でのコンプトン散乱 (密度 0.145g/cm³)



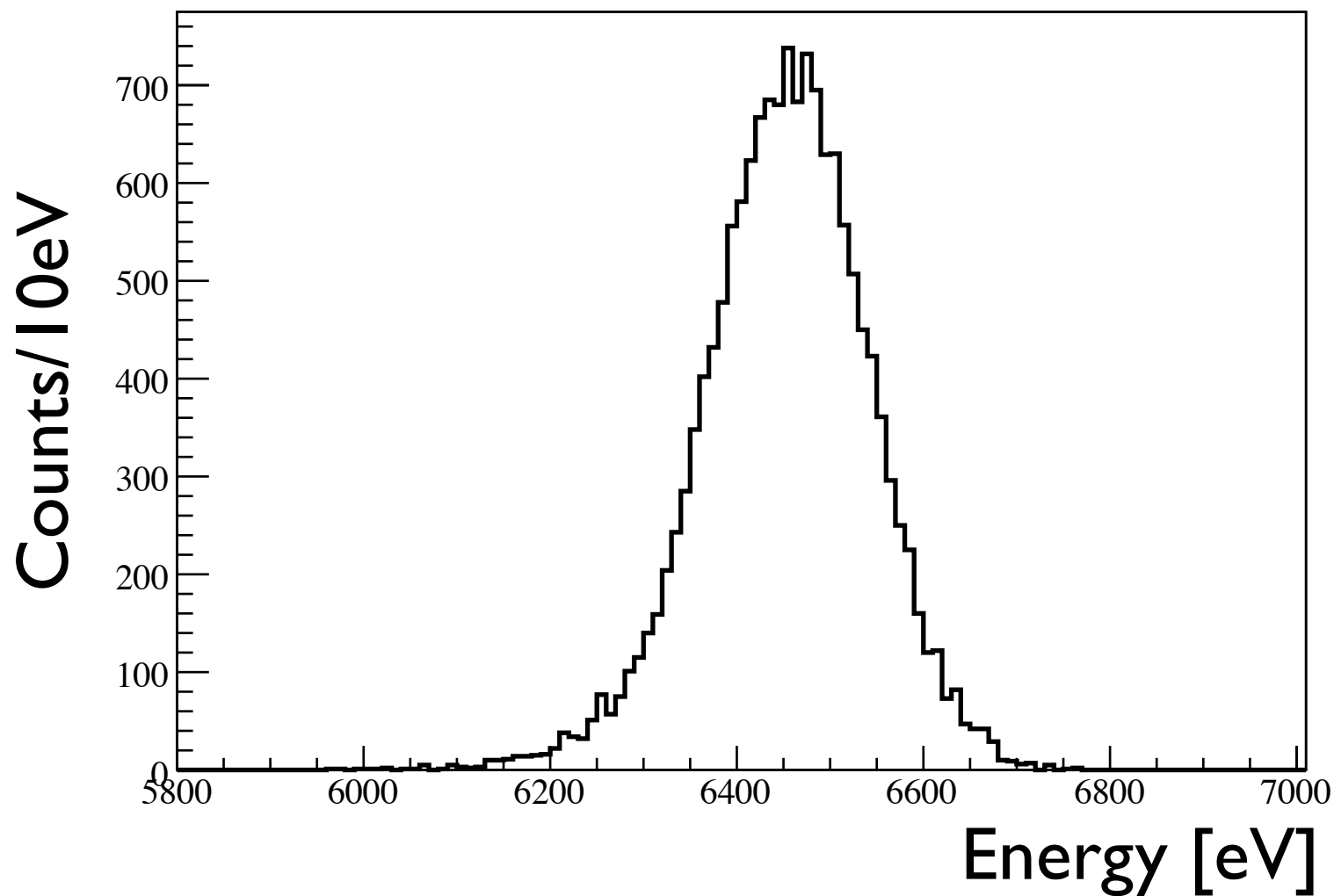
1 barn で計算すると...

10 cmのヘリウム
を通過するとき
約20%がコンプト
ン散乱を起こす

エネルギー損失したX線が測定されるので、
エネルギーの小さい側にテールを引くことになる

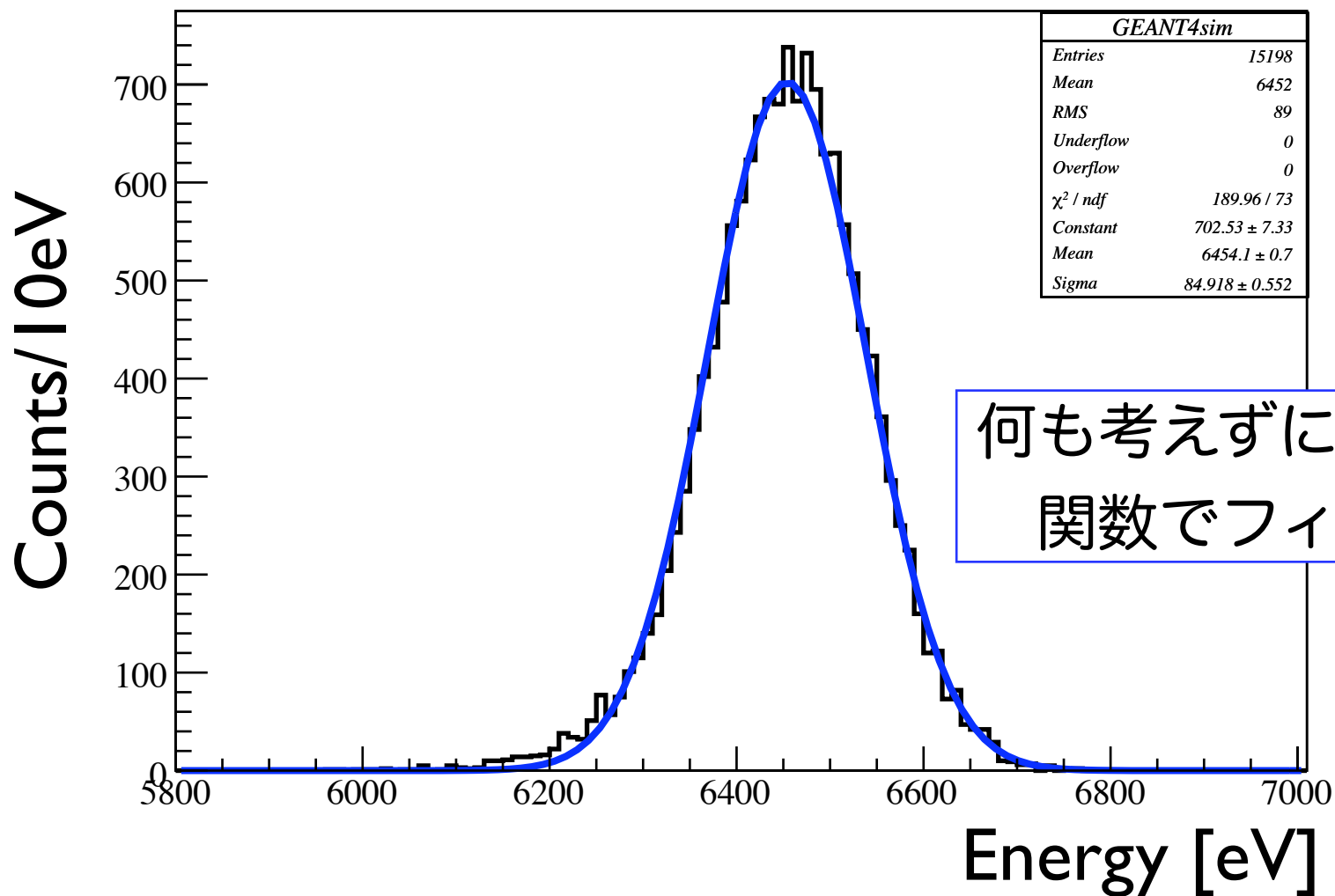
コンプトン散乱 (GEANT4 シミュレーション)

K中間子原子X線 (6464 eV) をガウス関数応答



コンプトン散乱 (GEANT4 シミュレーション)

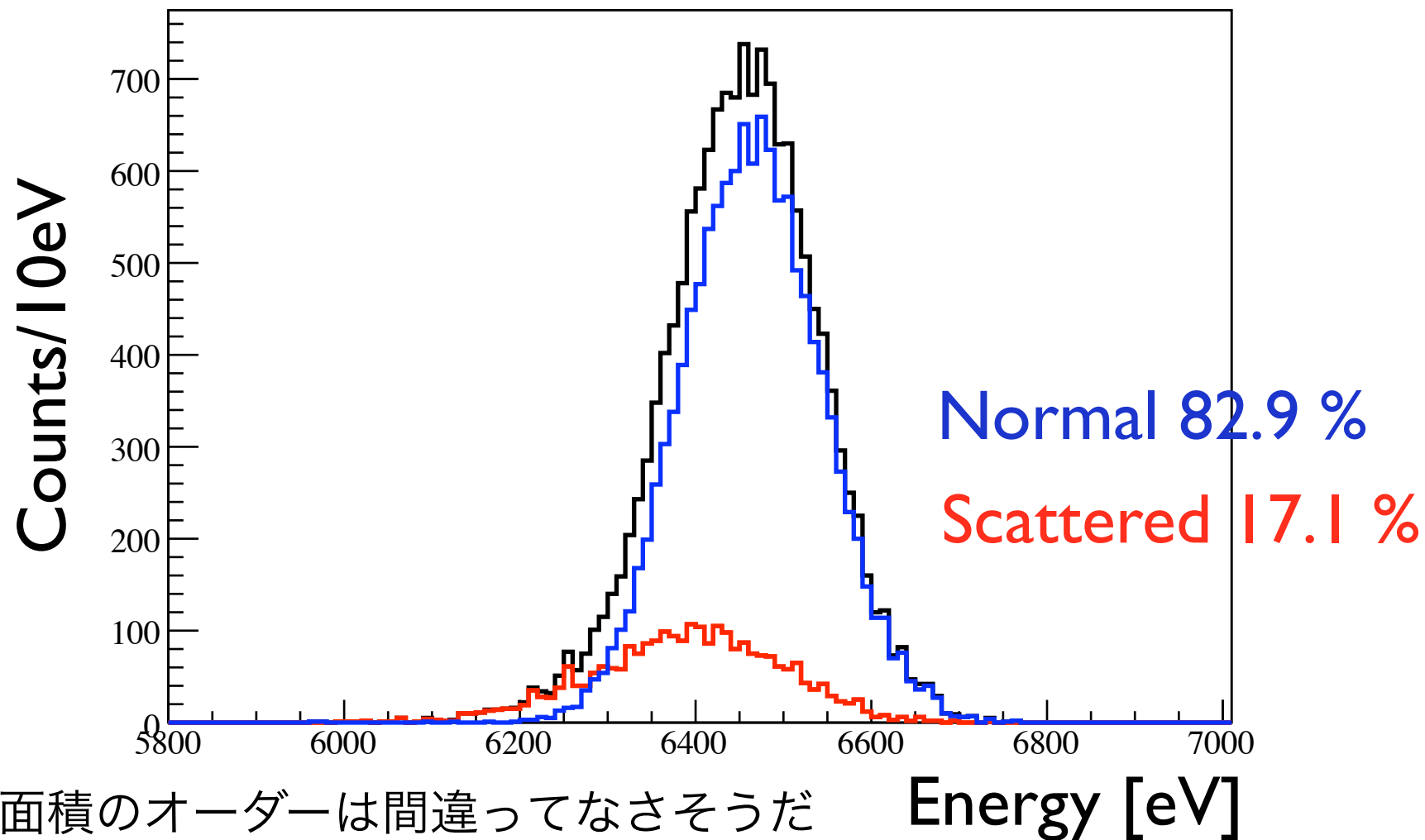
K中間子原子X線 (6464 eV) をガウス関数応答



中心値が ~ 10 eV 小さい方にずれた

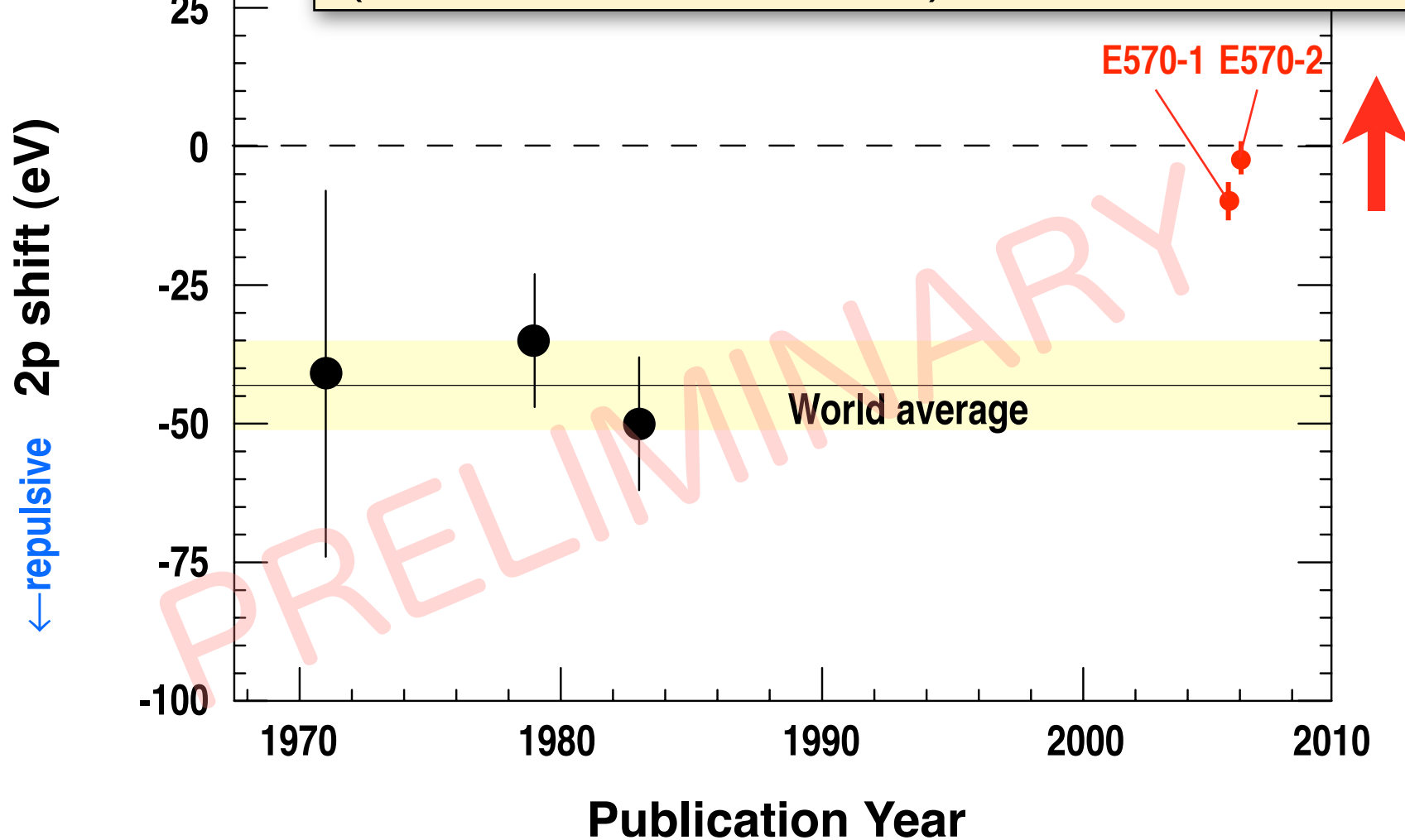
コンプトン散乱 (GEANT4 シミュレーション)

K中間子原子X線 (6464 eV) をガウス関数応答



- 断面積のオーダーは間違ってるなさそう
- 散乱されたX線のエネルギー分布は
あっているかわからない

コンプトン散乱の効果をシミュレーションで補正すると、現在の実験値は上側(ゼロに近づく方向)に動くと期待される



Compton 補正シミュレーション

- 標的内のどこでK中間子が止まったか
- keV オーダーの領域で、GEANT4
シミュレーション (low energy package)
を信頼できるか

まとめ

- K-中間子ヘリウム原子 $3d \rightarrow 2p$ X線を測定した
 - 高分解能X線検出器 SDD (185eV FWHM@6.5keV)
 - TiとNiの特性X線を用いた同時計測エネルギー較正
 - フラッシュADCのデータを用い、エネルギー較正の精度を向上
 - 液体超流動ヘリウム標的内で目的X線がコンプトン散乱され、フィットしたときにピークを中心値を誤ってしまう可能性があり、今後シミュレーションによる正確な補正を試みる
-