

K中間子ヘリウム原子 $3d \rightarrow 2p$ X線の精密測定

理研 岡田 信二

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

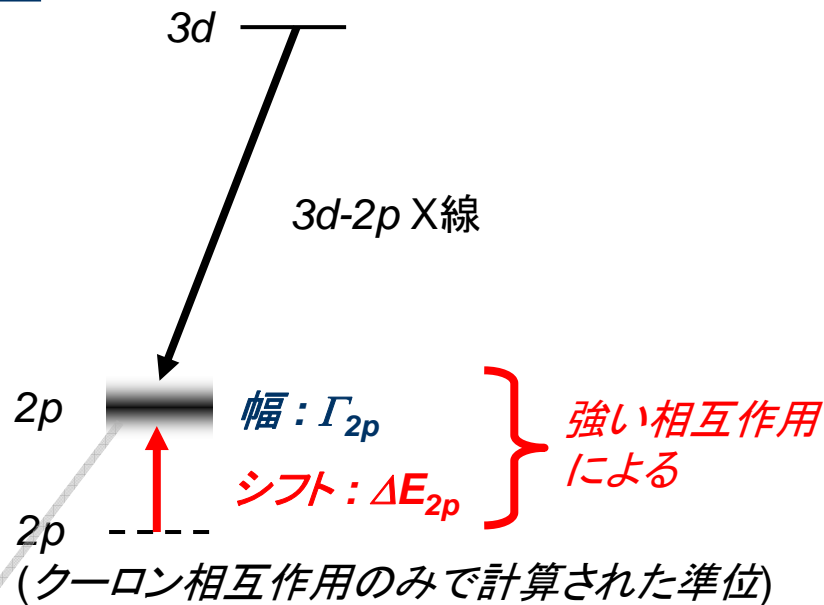
Victoria Univ.¹, SNU², SMI³, TUS⁴, INFN(LNF)⁵,
Tokyo Tech⁶, Univ. of Tokyo⁷, RIKEN⁸, KEK⁹

Introduction

強い相互作用によるエネルギー準位シフト

K中間子原子の観測可能な最終軌道
→ K中間子-原子核の強い相互作用に強く反映

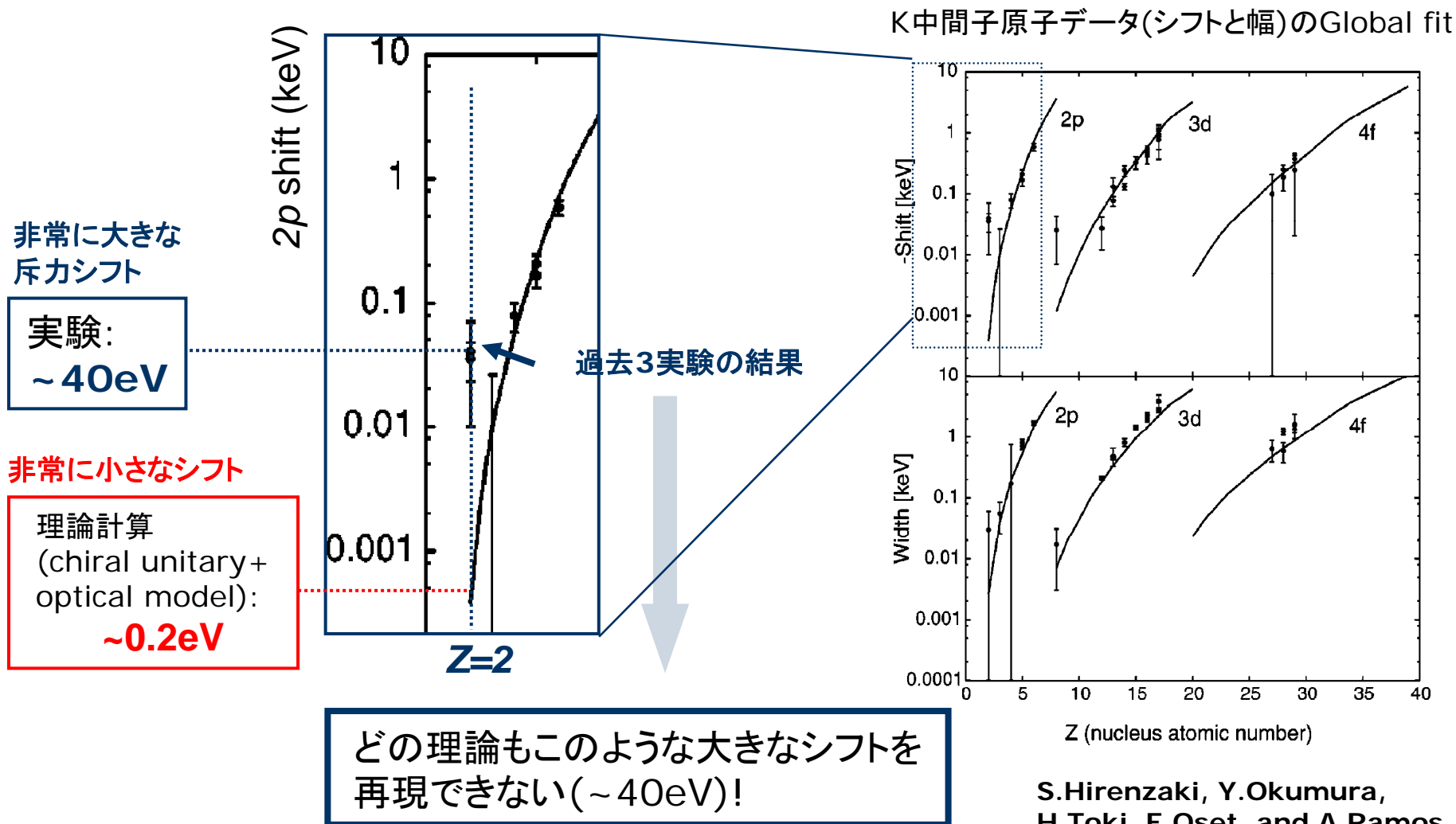
K中間子ヘリウム原子



原子核吸収

K中間子ヘリウム原子
→ 最終軌道 = $2p$

The Kaonic Helium Puzzle

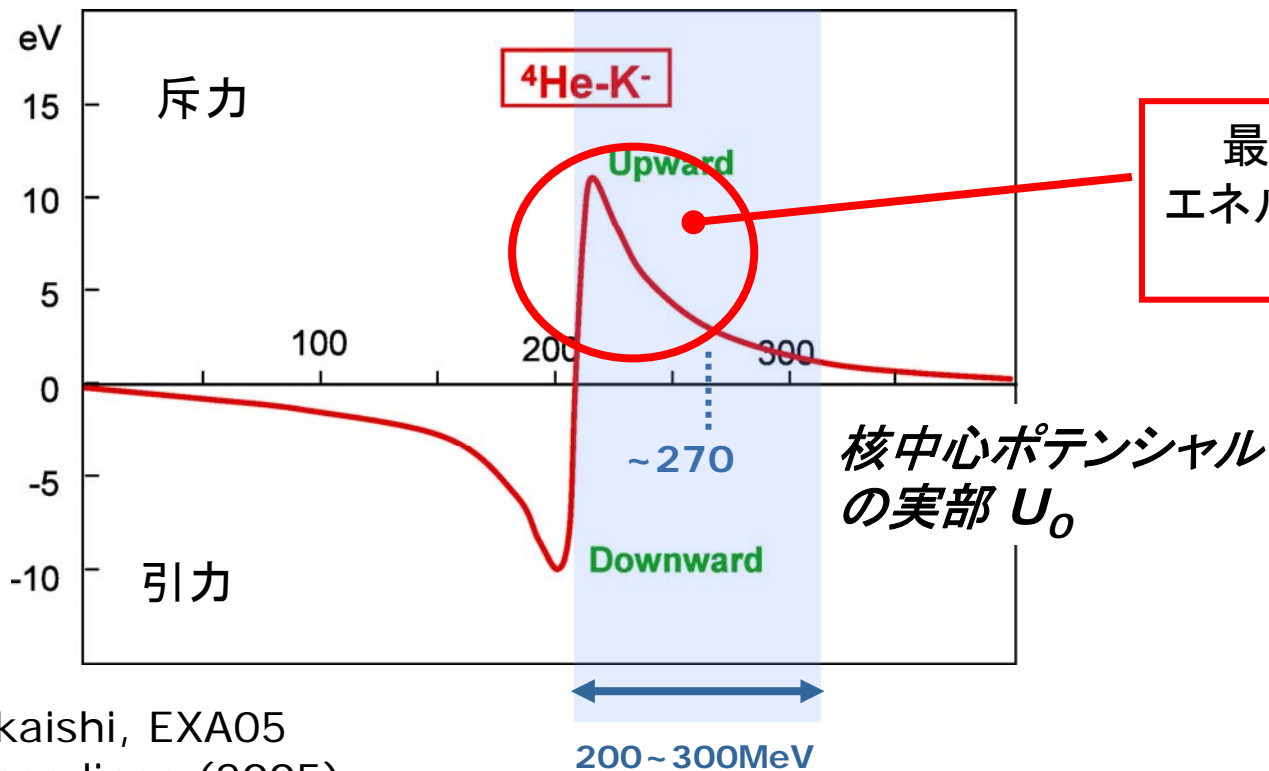


S.Hirezaki, Y.Okumura,
H.Toki, E.Oset, and A.Ramos
Phys. Rev. C 61 055205

< ~11eVの大きなシフトの可能性を予言

赤石・山崎：“Deep optical pot. + Coupled-channel model”

K中間子ヘリウム原子の2pレベルシフト



最大11eVの斥力
エネルギーシフトを許容
< ~ 11 eV

Y.Akaishi, EXA05
proceedings (2005)

過去の実験

- X線測定器: Si(Li)検出器
分解能(FWHM) $\sim 300\text{eV}$ @ 6.5keV
- シグナルを取りながらのエネルギー較正をしていない
- シグナルに対して大きなバックグラウンド

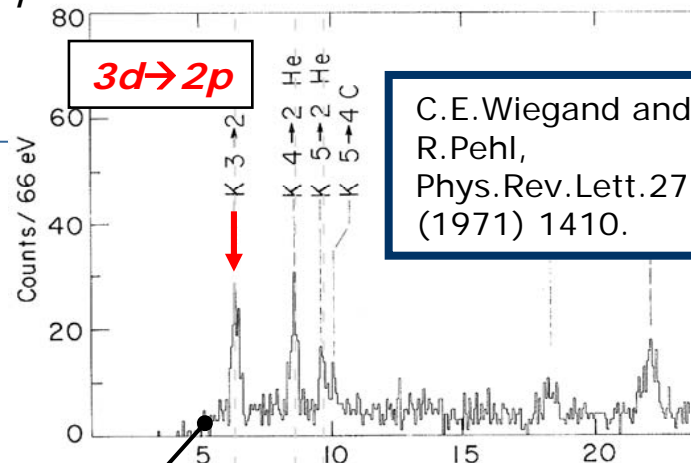


精密測定が必要



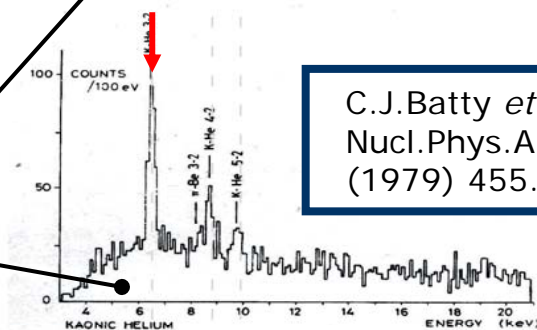
KEK-PS E570実験

2p level shifts of the $K^{-}-^4\text{He}$ atom

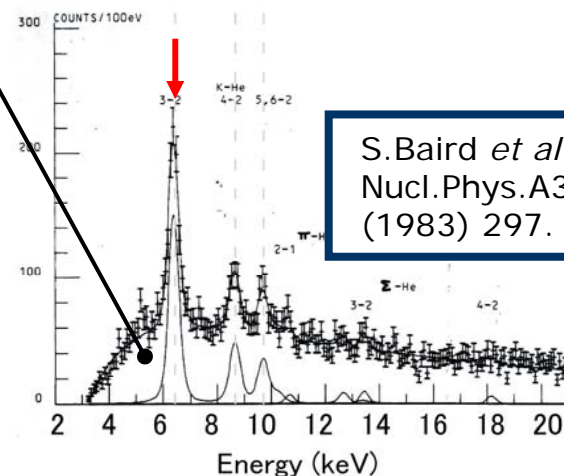


3d to 2p

C.E.Wiegand and R.Pehl,
Phys.Rev.Lett.27
(1971) 1410.



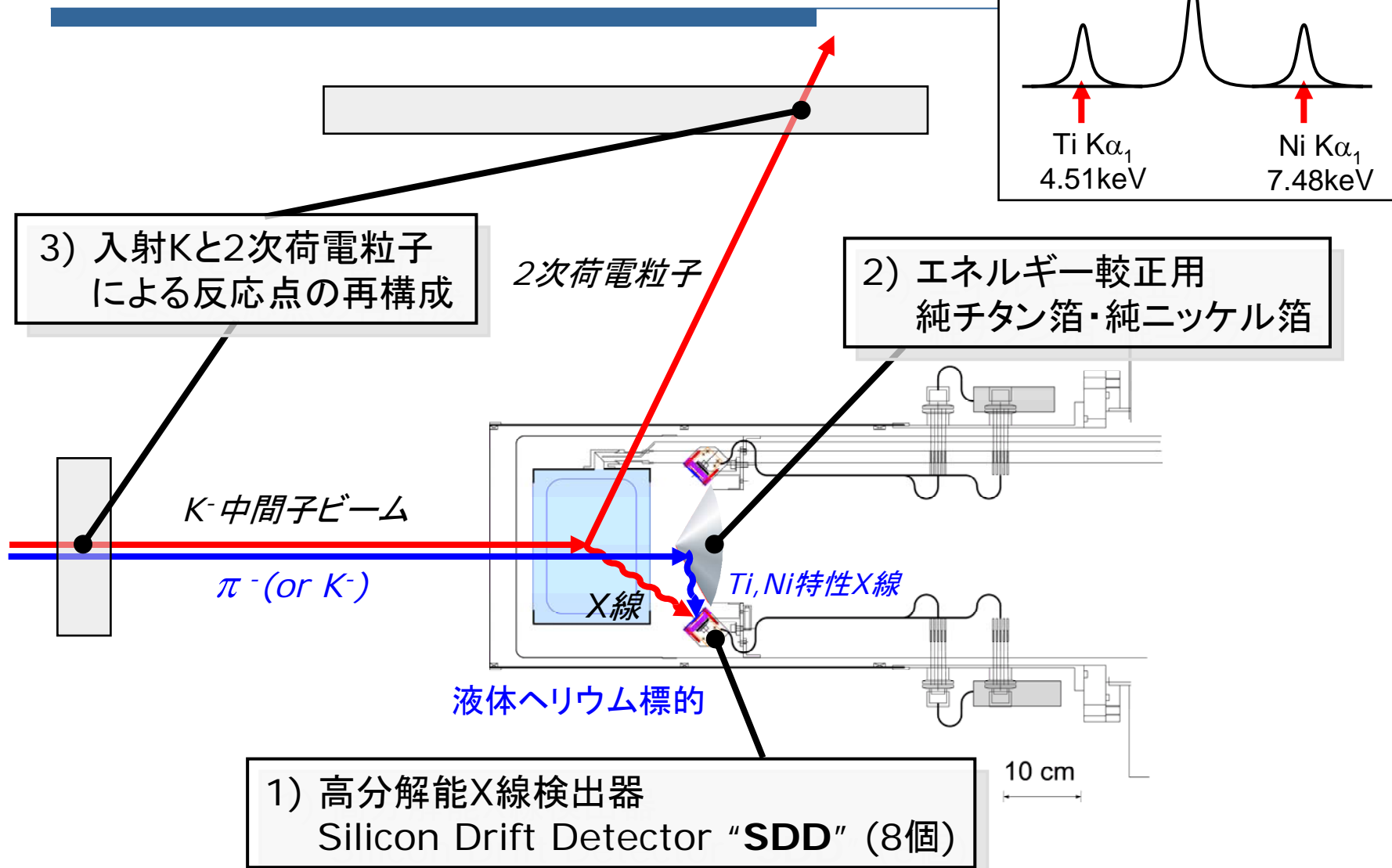
C.J.Batty *et al.*,
Nucl.Phys.A326
(1979) 455.



S.Baird *et al.*,
Nucl.Phys.A392
(1983) 297.

Experiment

KEK-PS E570実験



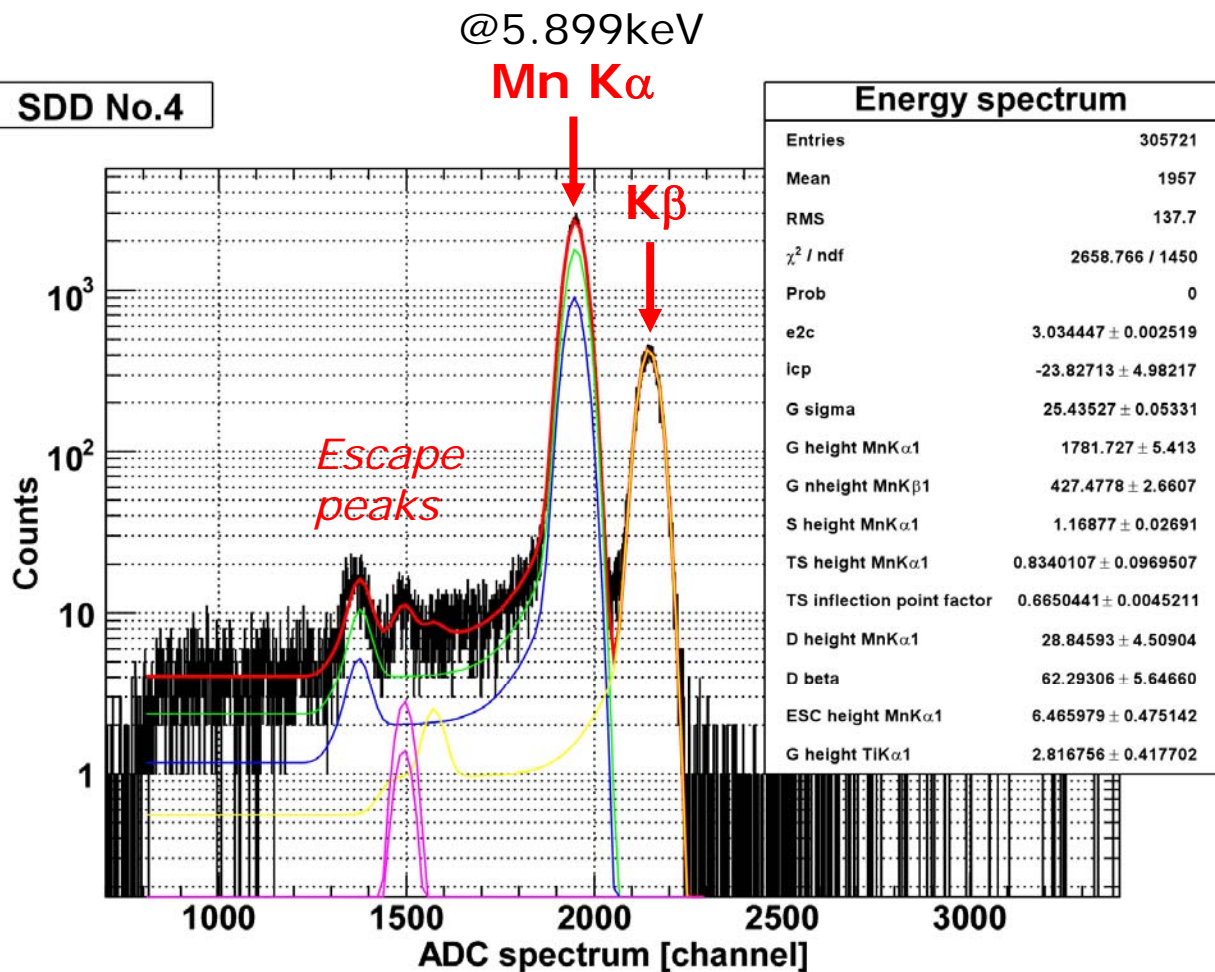
過去の実験条件との比較

	E570	過去の実験
X線検出器	"SDD" (Silicon Drift Detector) ※	Si(Li) detector
分解能 (FHWM) @6.5keV	~185eV 1.6倍 ←	~300eV
有効領域	100mm ² * 8 SDDs 2.6倍 ←	300 mm ²
検出器の厚さ	0.26mm 1/15倍 ←	~4mm
エネルギー較正	In-beam calib.	No in-beam calib.
反応点再構成による イベント選択	Yes	No

※ SDDの詳細は、27日の“K中間子ヘリウム原子X線測定実験のための検出器系 II”(27aWB-8)において、竜野によって報告。

エネルギー分解能 (^{55}Fe 線源)

SDD No.4



測定:
E570と同じセットアップ

FWHM
= $181.8 \pm 0.41 \text{eV}$
@Mn $K\alpha_1$ = 5.899keV

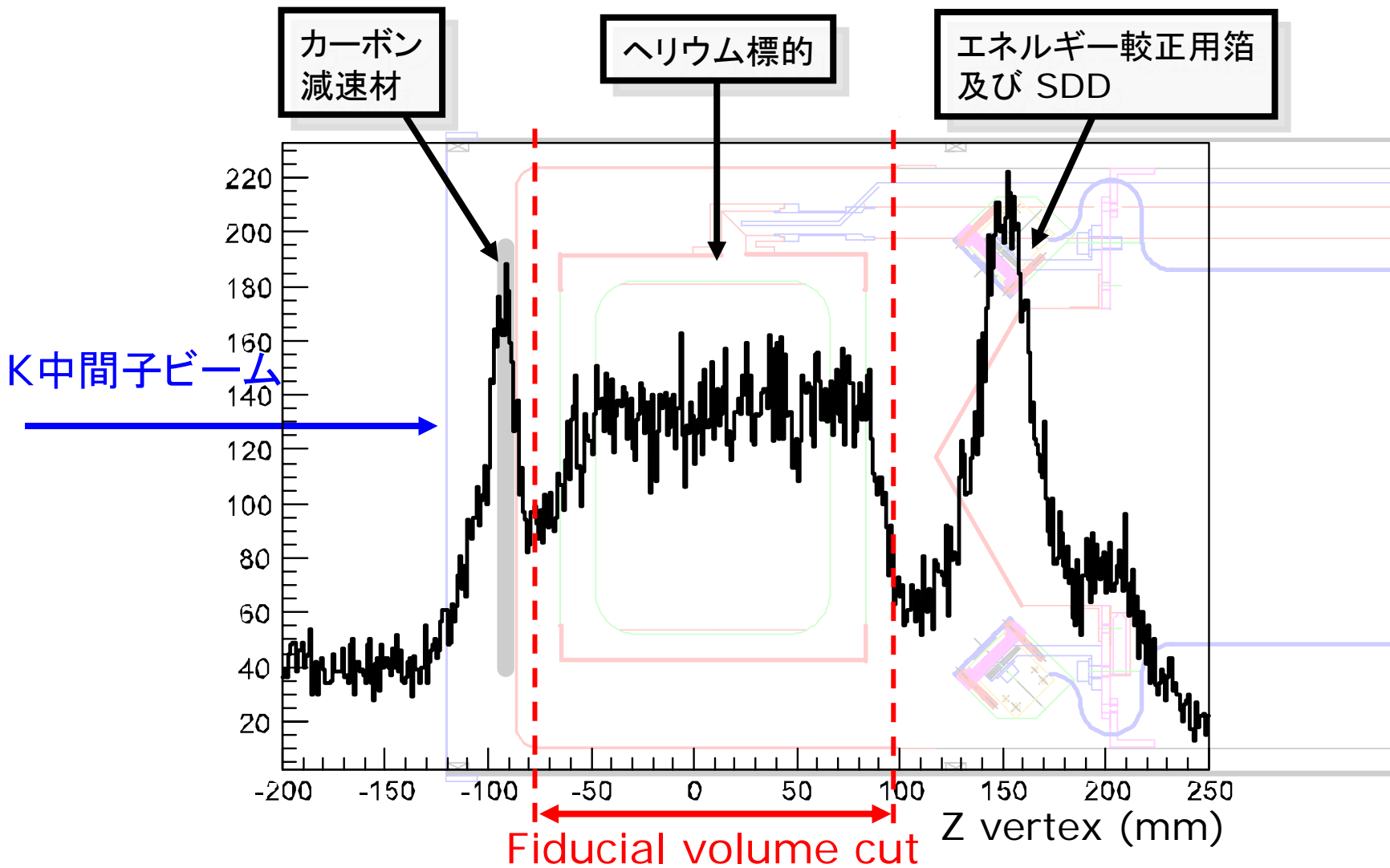


185eV@6.5keV

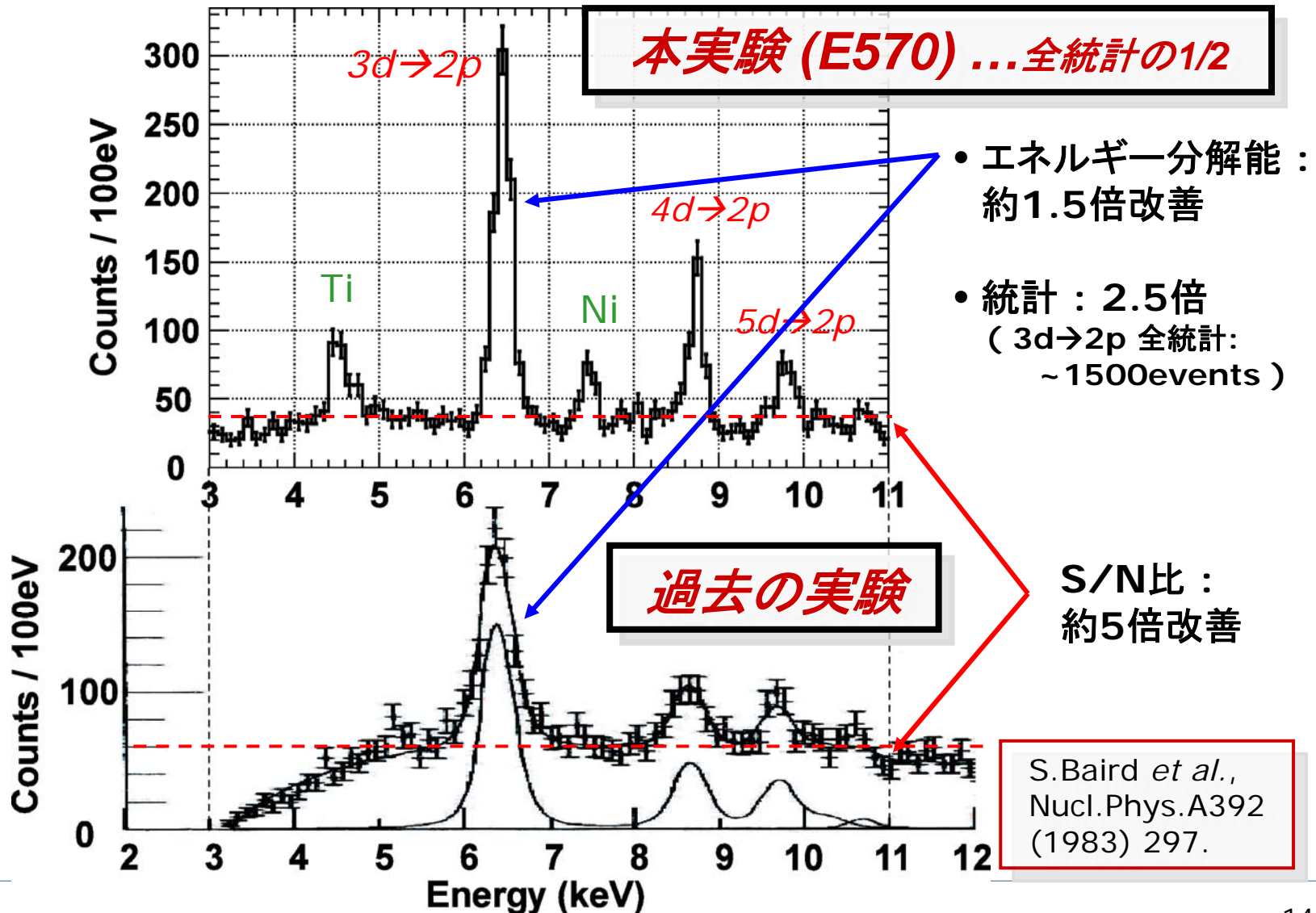
cf. 過去の実験:
~300eV @6.5keV

Preliminary result

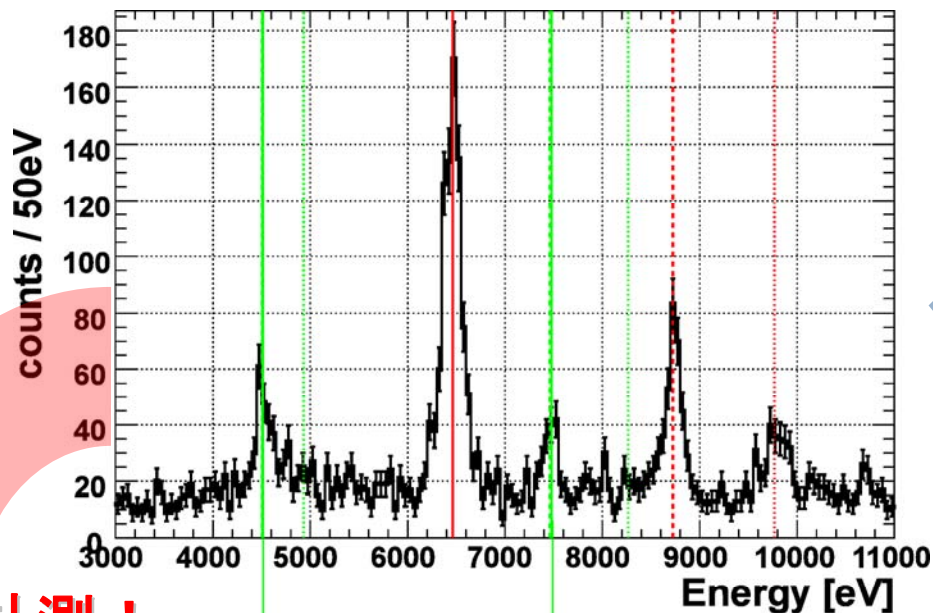
反応点再構成



過去の実験との比較



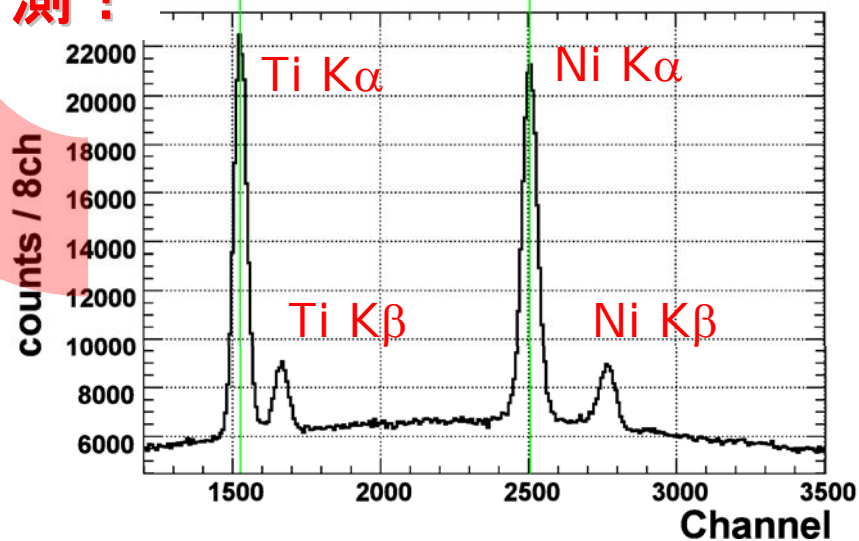
エネルギー較正 (高統計キャリブレーションデータ)



Energy

高統計のキャリブレーションデータ
を用いたエネルギー較正

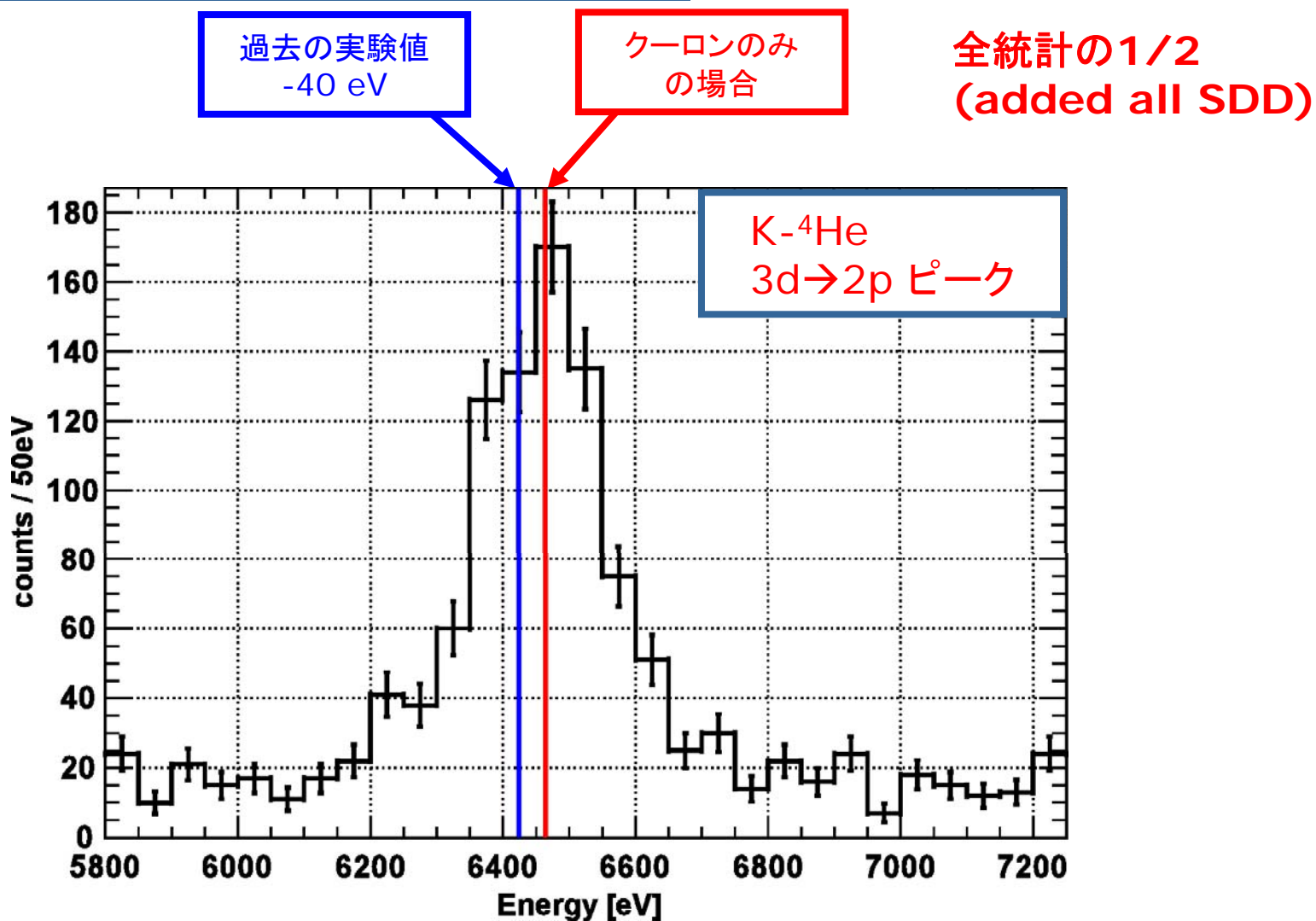
同時計測!



Channel

SDD calibration (Self) trigger events
Ti Ka1: 15k events/SDD/8hours

過去の40eVという巨大なシフトを否定



まとめ

- K中間子ヘリウム原子 $3d \rightarrow 2p$ X線を測定
 - 分解能 : 185 eV @6.5keV (SDD)
 - 統計 : ~2.5倍、S/N ratio : 5倍改善 (fiducial volume cut)
 - シグナルをとりながらのエネルギー較正 (TiとNiの特性X線を使用)
- 過去の40eVという巨大なシフトが否定されることはほぼ確実
- シフトの誤差を2eV以内で決定(統計誤差)

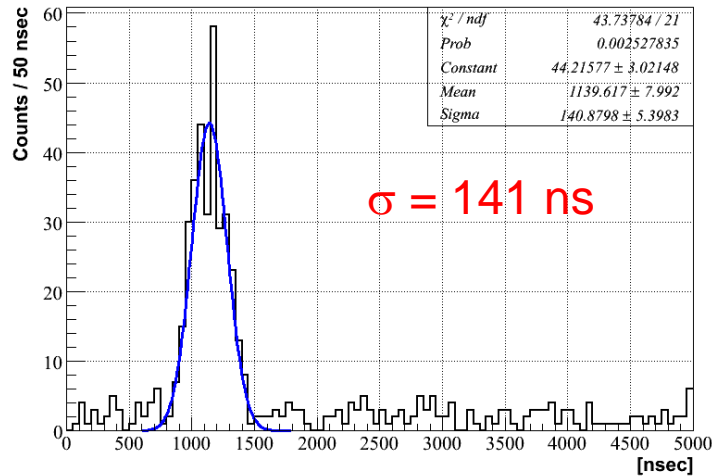


現在鋭意解析中...
(系統誤差の見積もり等)

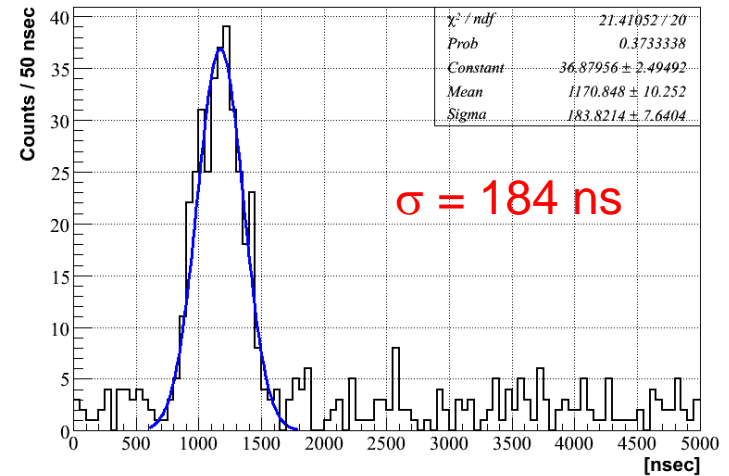
Spare

SDD time spectra for Kaonic Helium 3d→2p X-rays

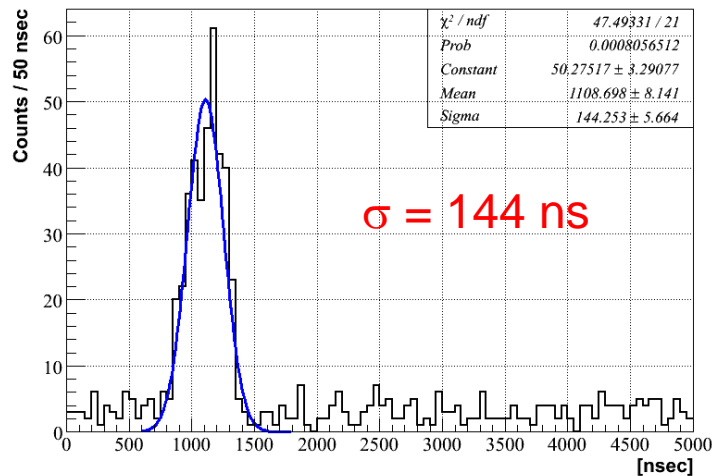
SDD No.2 TDC



SDD No.4 TDC



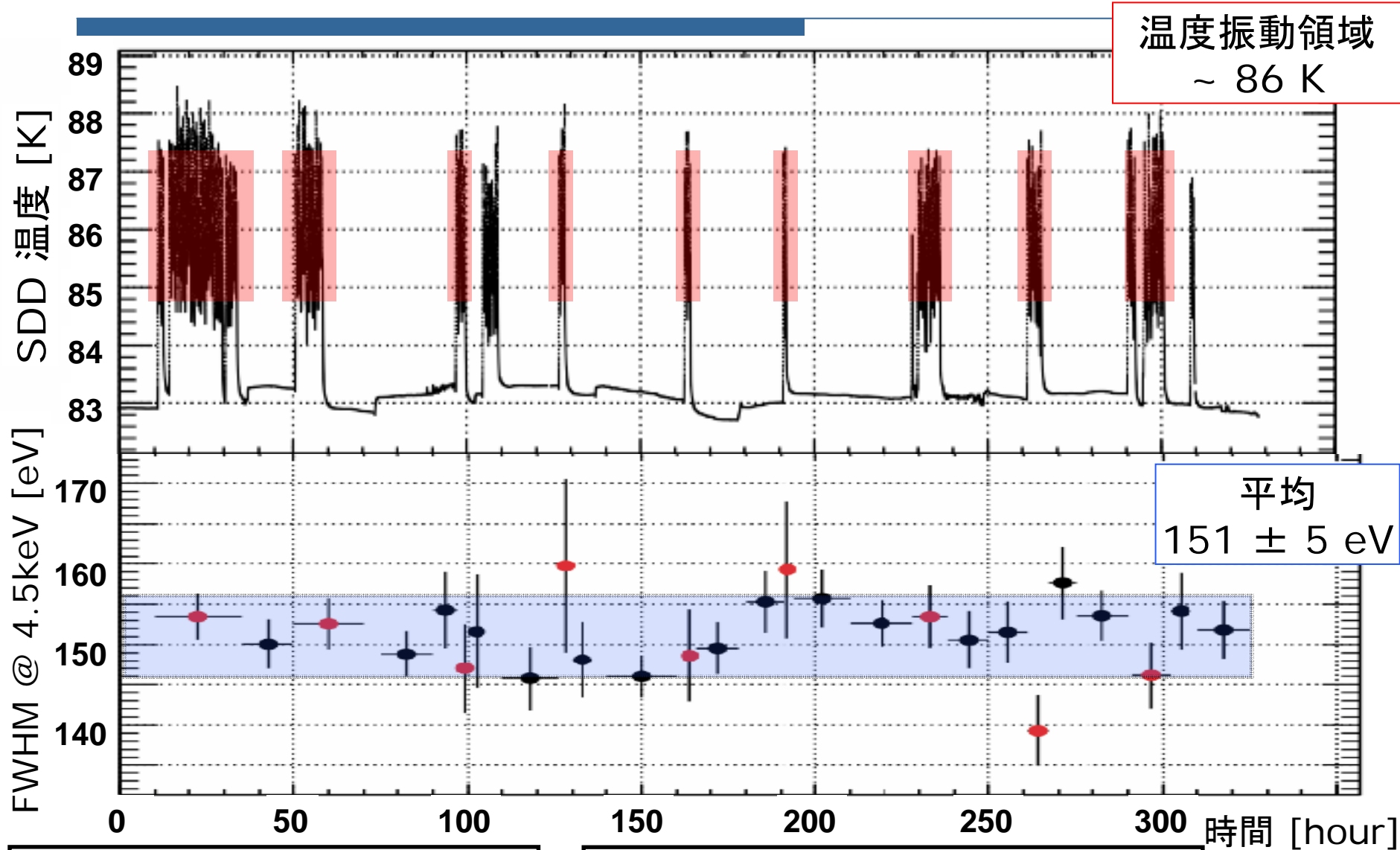
SDD No.5 TDC



- without Kaon stopping time correction
- without time-walk correction

cf.) KpX (KEK-PS E228)
 $\sigma = 123 \text{ nsec}$ (Si(Li))
 with time-walk correction
 (T.Ito, PRC58,2366)

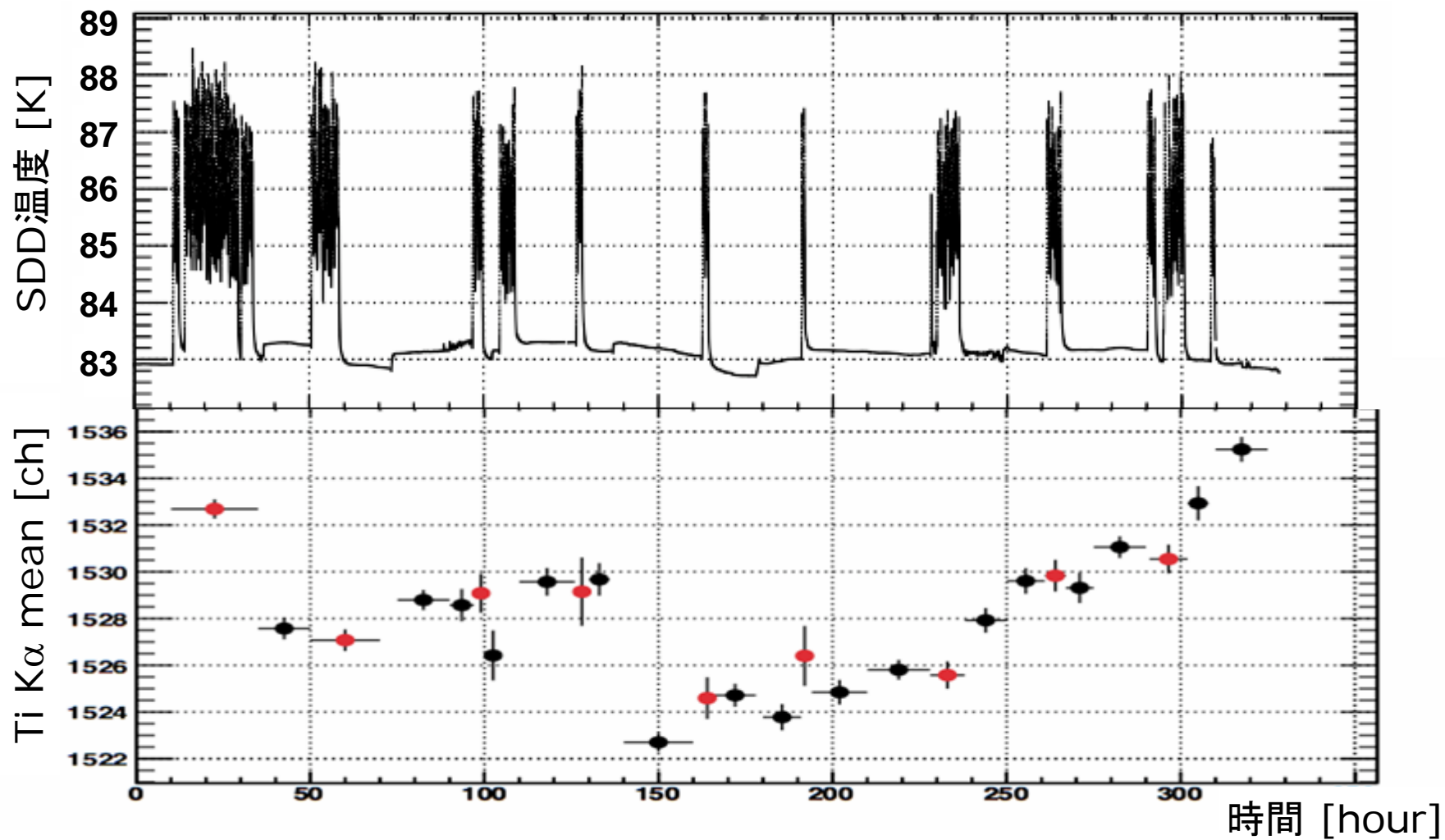
SDDの温度とエネルギー分解能



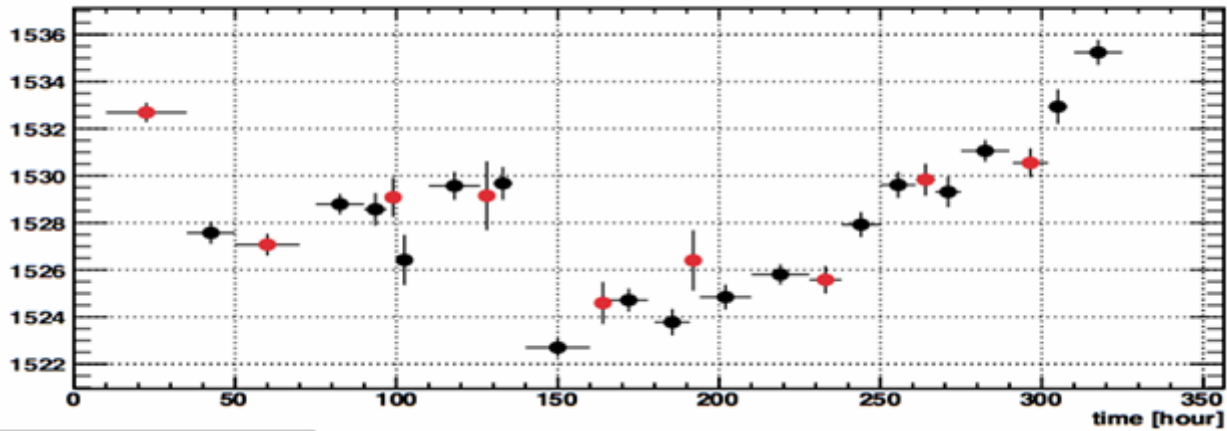
温度振動領域でも分解能は不変

温度変化によるゲイン変動は無視可能

SDDの温度と Ti K α mean値

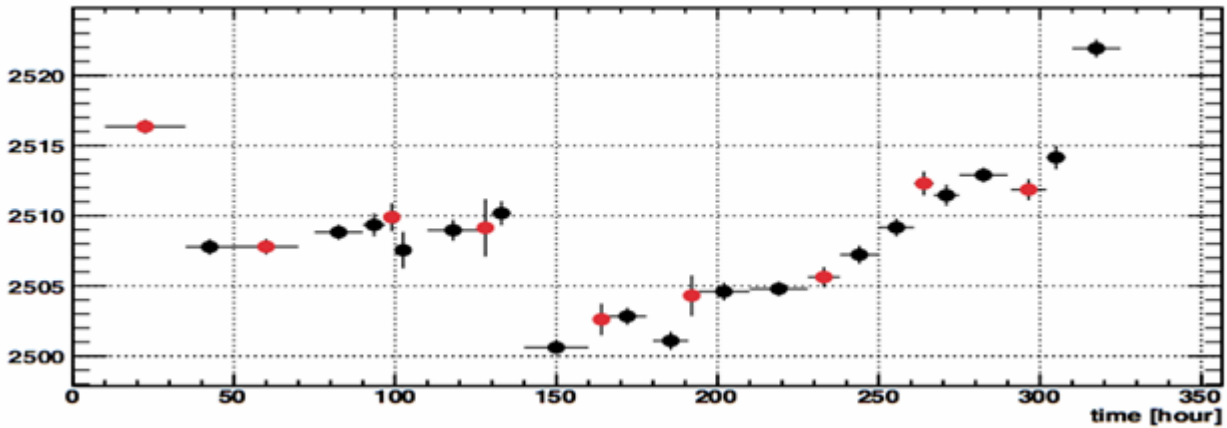


TiKa1Mean cycle2 sdd1



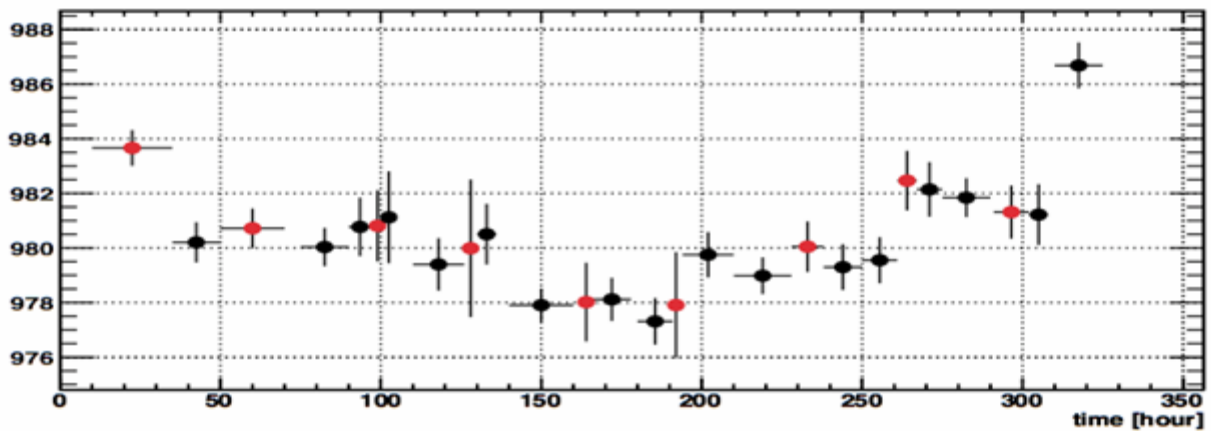
Ti K α mean [ch]

NiKa1Mean cycle2 sdd1



Ni K α mean [ch]

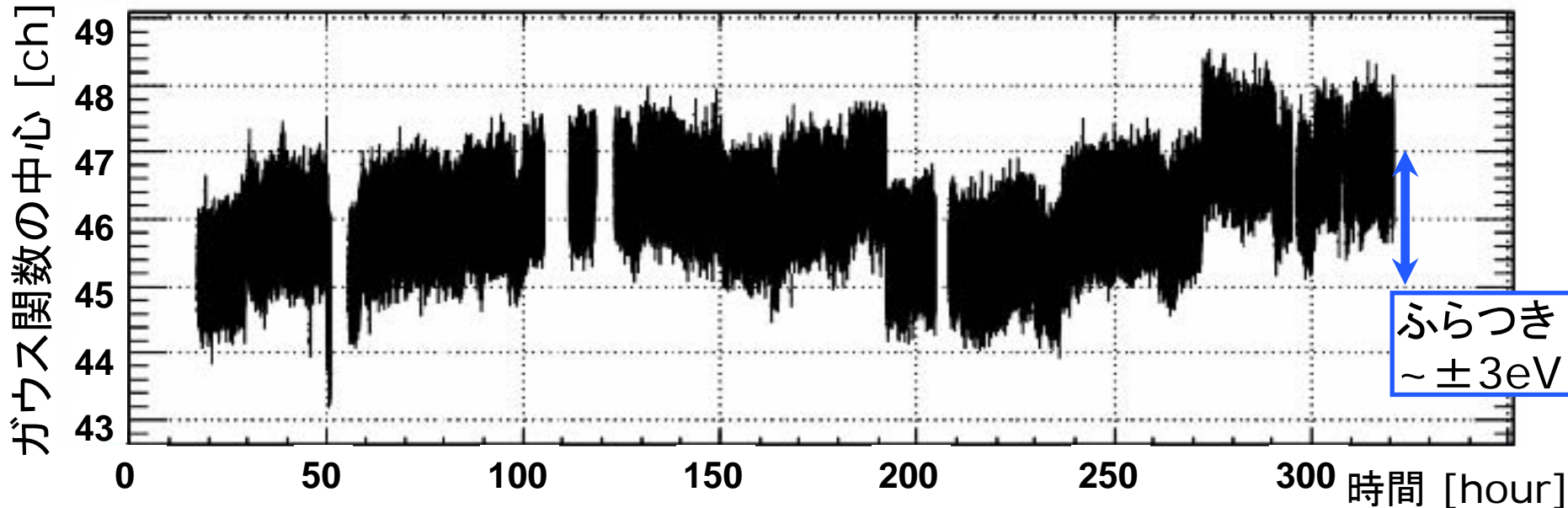
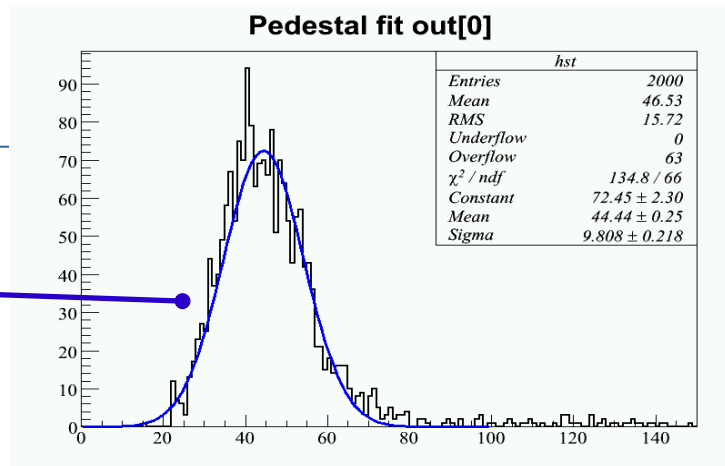
MeanDifference cycle2 sdd1



Mean difference [ch]

ペDESTAL

ペDESTALを数千イベントごとに
ガウス関数でフィット



ペDESTALは2週間という長い実験期間で
 $\pm 3\text{ eV}$ 程度しかふらついていない

ゲイン変動は小さく無視できる