

Kaonic Helium X-ray

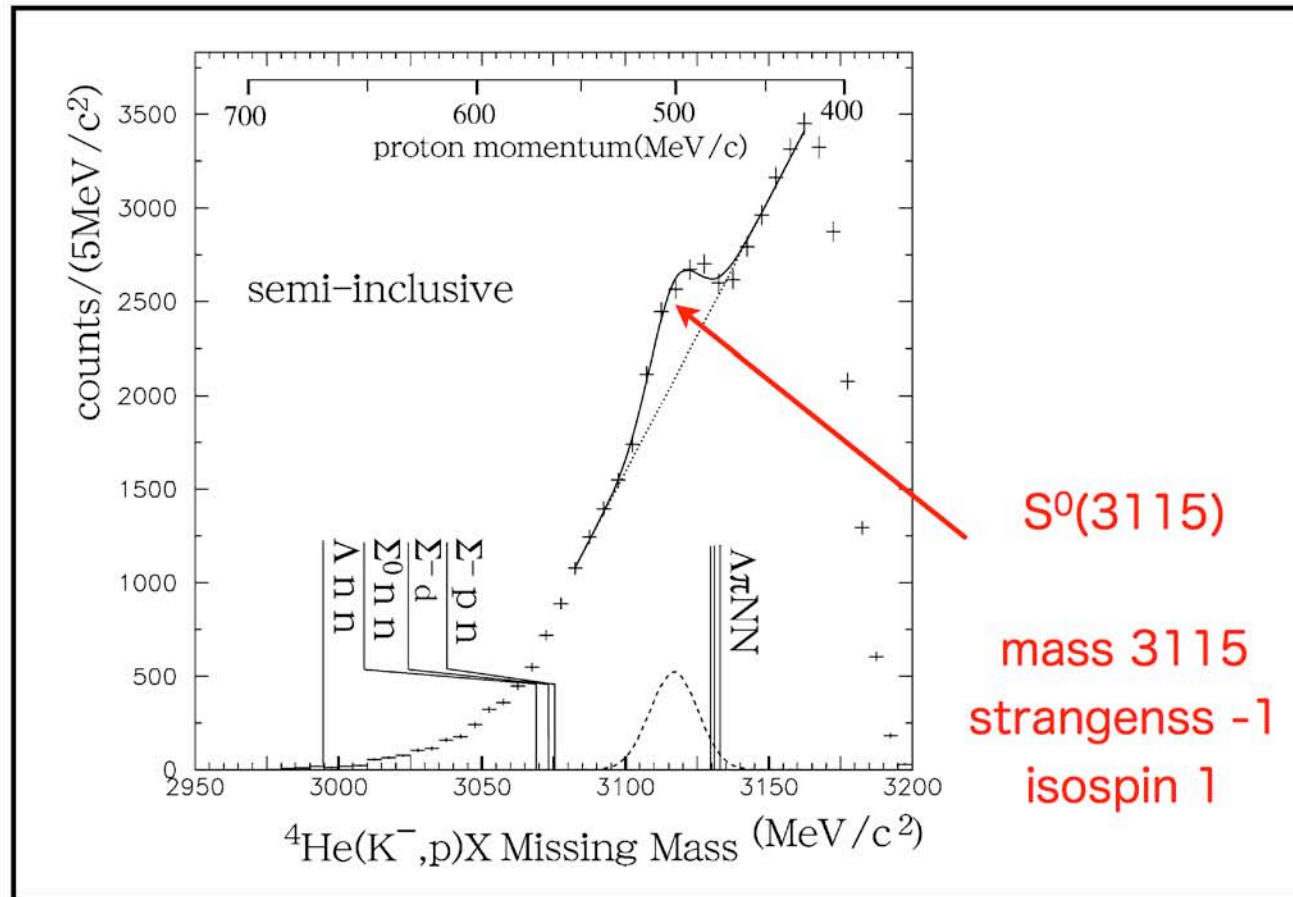
KEK E570 and future

東京大学 早野龍五

1. Introduction

E570の目的: K-HeのX線測定により

$S^0(3115)$ がdeeply-bound kaonic stateかどうかを明らかにする



T. Suzuki et al,
Phys. Lett. B597,
263 (2004)

KEK E471

“deeply-bound K”の予言においては
K⁻ - nucleusの深いポテンシャルが不可欠

J. Schaffner-Bielich, V. Koch & M. Effenberger, Nucl. Phys. A669 (2000) 153.

A. Ramos & E. Oset, Nucl. Phys. A671 (2000) 481.

A. Cieply, E. Friedman, A. Gal & J. Mares, Nucl. Phys. A696 (2001) 173.

Shallow optical potential

$$V_0 + iW_0 = -50 - i60 \text{ MeV}$$



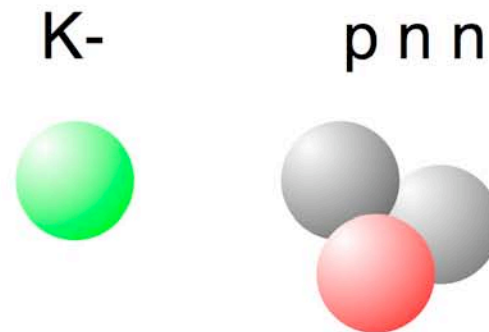
Deep optical potential

$$V_0 + iW_0 = -120 - i10 \text{ MeV}$$

Y. Akaishi & T. Yamazaki, Phys. Rev. C65 (2002) 044005.

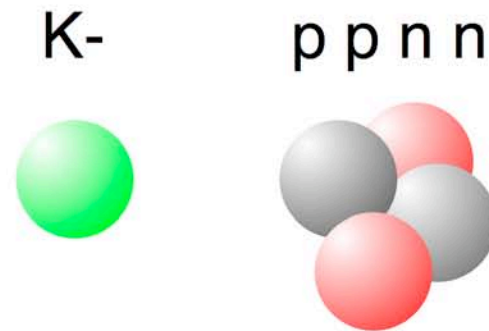
N. Kaiser, P.B. Siegel & W. Weise, Nucl. Phys. A594 (1995) 325.

K⁻ - nucleusの深いポテンシャルは
K-He原子の2p状態の大きなrepulsiveシフトを予言



tritium は標的にならないが

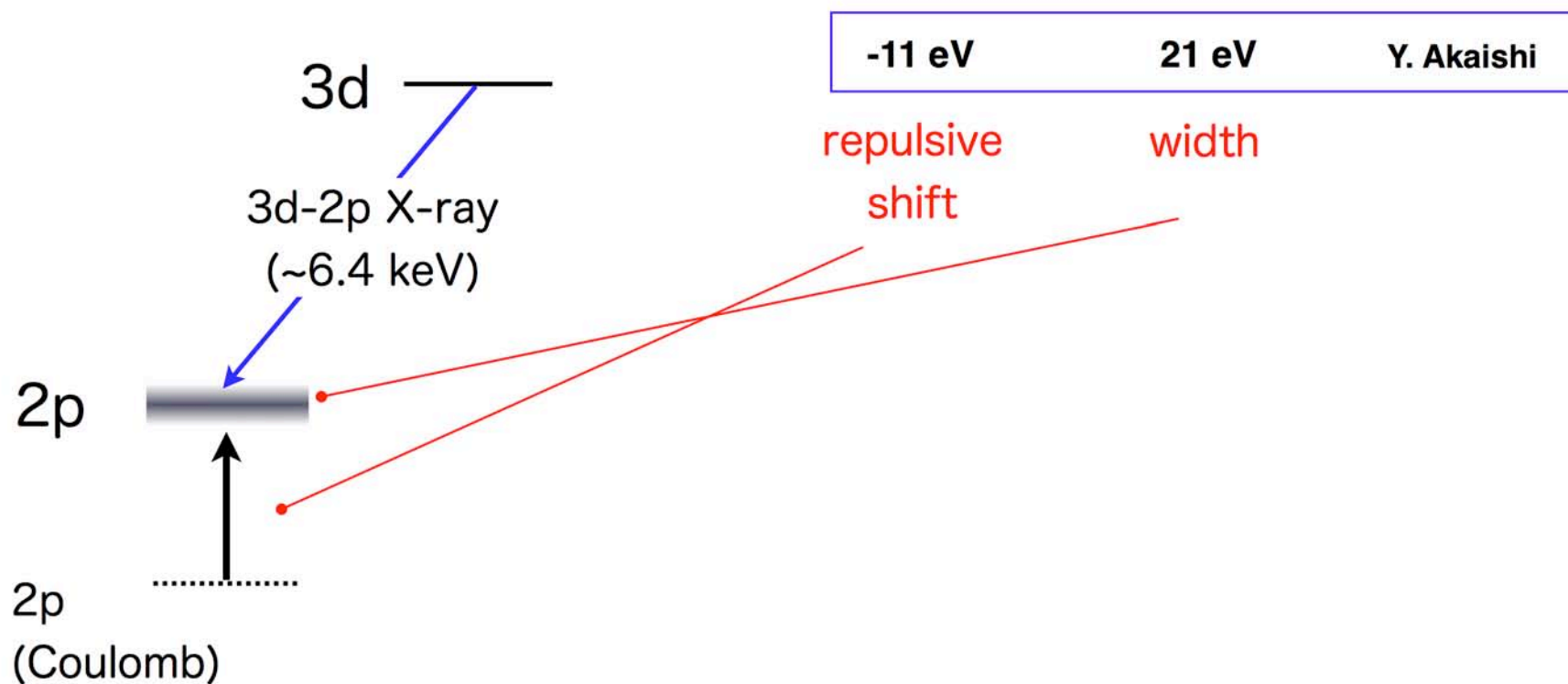
K⁻ - nucleusの深いポテンシャルは
K-He原子の2p状態の大きなrepulsiveシフトを予言



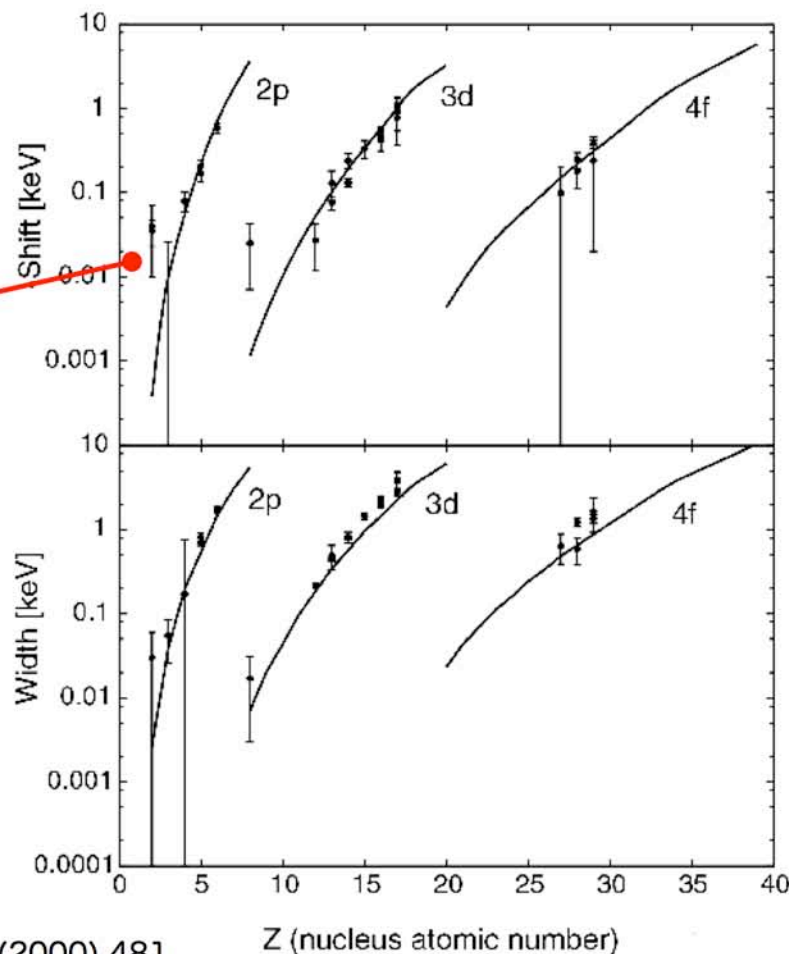
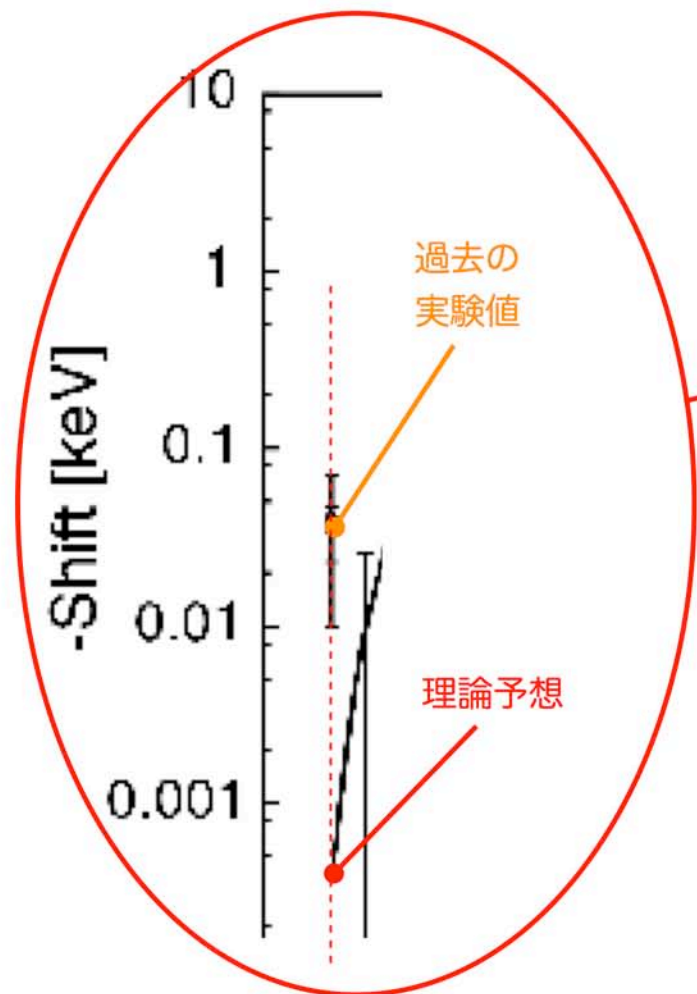
helium-4なら実験できる

K⁻ - nucleusの深いポテンシャルは K-He原子の2p状態の大きなrepulsiveシフトを予言

(i.e., x-ray energyはpure Coulombの計算値よりも小さい)



一方、“Deeply-bound K”の存在に否定的な理論は
K-He原子の2p状態シフトをほぼゼロと予言



A. Ramos and E. Oset, Nucl. Phys. A 671 (2000) 481

過去に3回行われた実験: 巨大なシフト

Exp.

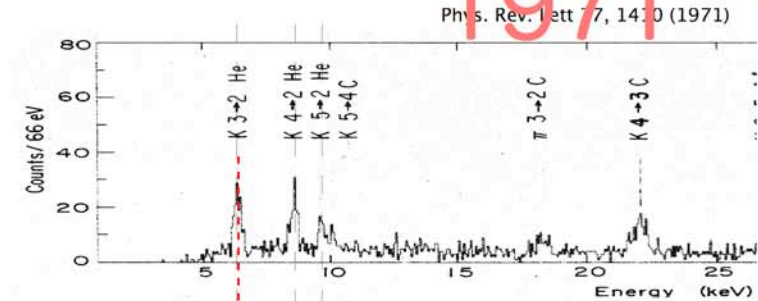
$$\Delta E_{2p} = -43 \pm 8 \text{ eV} \quad \Gamma_{2p} = 55 \pm 34 \text{ eV}$$

repulsive

ΔE_{2p} (eV)	Γ_{2p} (eV)
-41 ± 33	—
-35 ± 12	30 ± 30
-50 ± 12	100 ± 40
-43 ± 8	55 ± 34

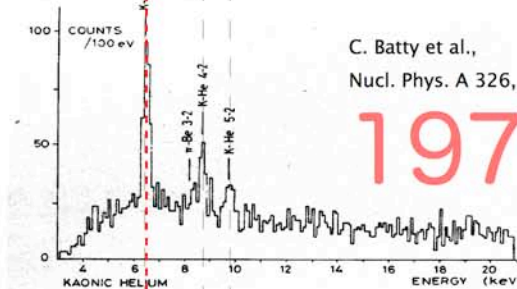
どの理論でも、こんな巨大なシフトは出せない
過去の実験がすべて誤りなのか?
理論に重大な問題があるのか?

1971



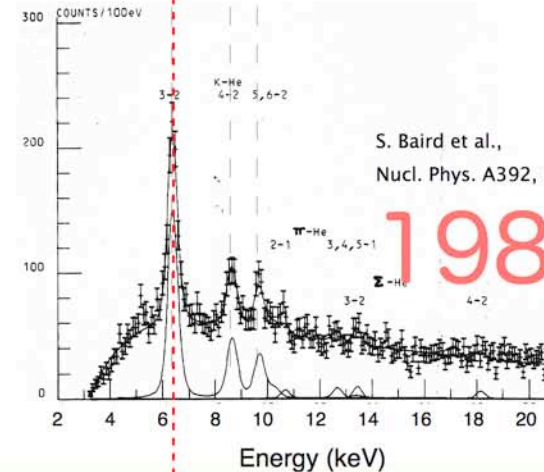
C. Batty et al.,
Nucl. Phys. A 326, 455 (1979)

1979



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

1983



E570実験の目的と手段

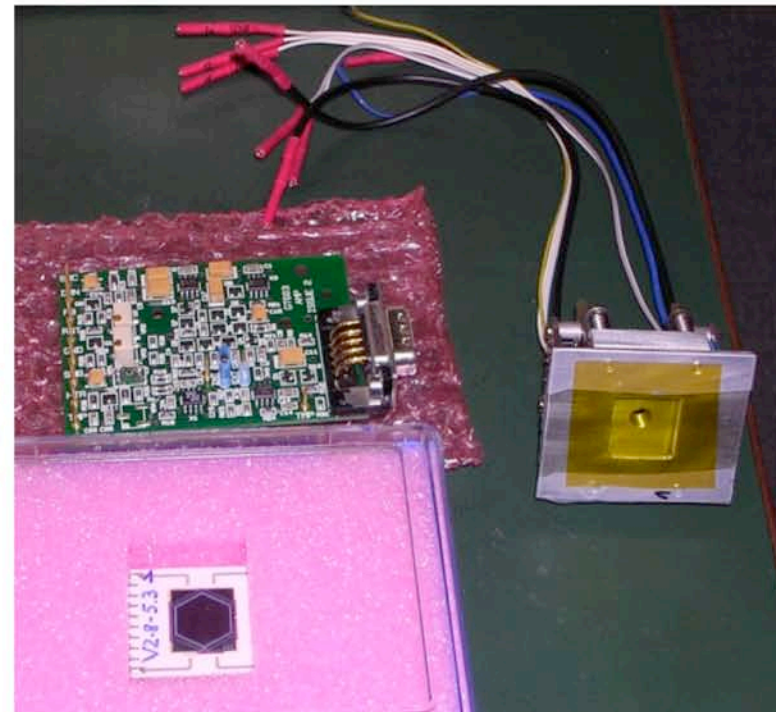
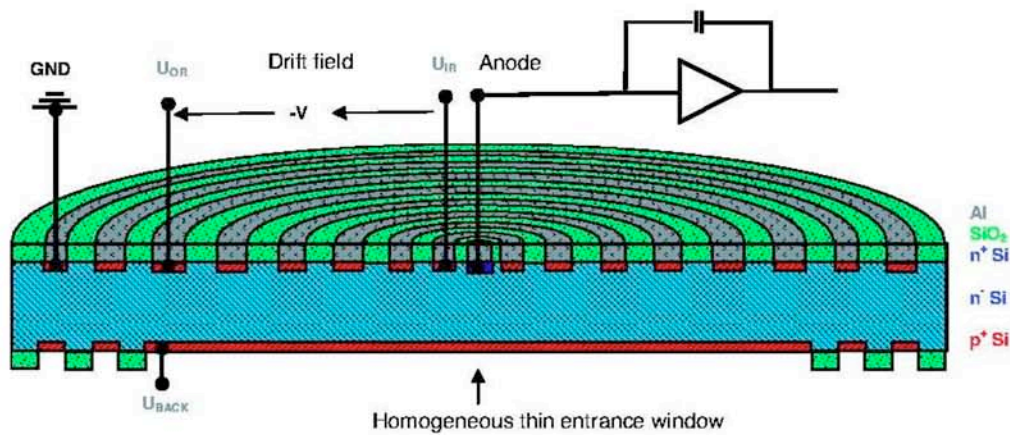
- ▶ K^- ^4He 2p levelのシフトが
 - 0 eV (deeply-bound K unlikely)
 - 10 eV (supports deeply-bound K)
 - 40 eV (serious difficulty with all theories)のどれに近いかを明らかにする
- ▶ Silicon Drift Detector (SDD)を用いた高分解能測定
- ▶ E549のvertex測定と組み合わせて、fiducial cutを行う

We propose to measure the strong-interaction shift of $3d \rightarrow 2p$ X-rays of kaonic helium with a precision better than ~ 2 eV, using silicon drift X-ray detectors mounted inside the E549 helium-target assembly. The measurement will provide a crucial information to understand the nature of the strange tribaryons $S^0(3115)$, recently discovered by the E471 collaboration [1].

E570 proposal

2. Experimental

SDD - Silicon Drift Detector



- ▶ 小さなanode capacitanceにより高分解能を実現
- ▶ 薄い → Comptonバックグラウンドが少ない
- ▶ 一方drift timeの寄与により、時間分解能は良くない

E570(SDD使用)と過去の実験(Si(Li)使用)との比較

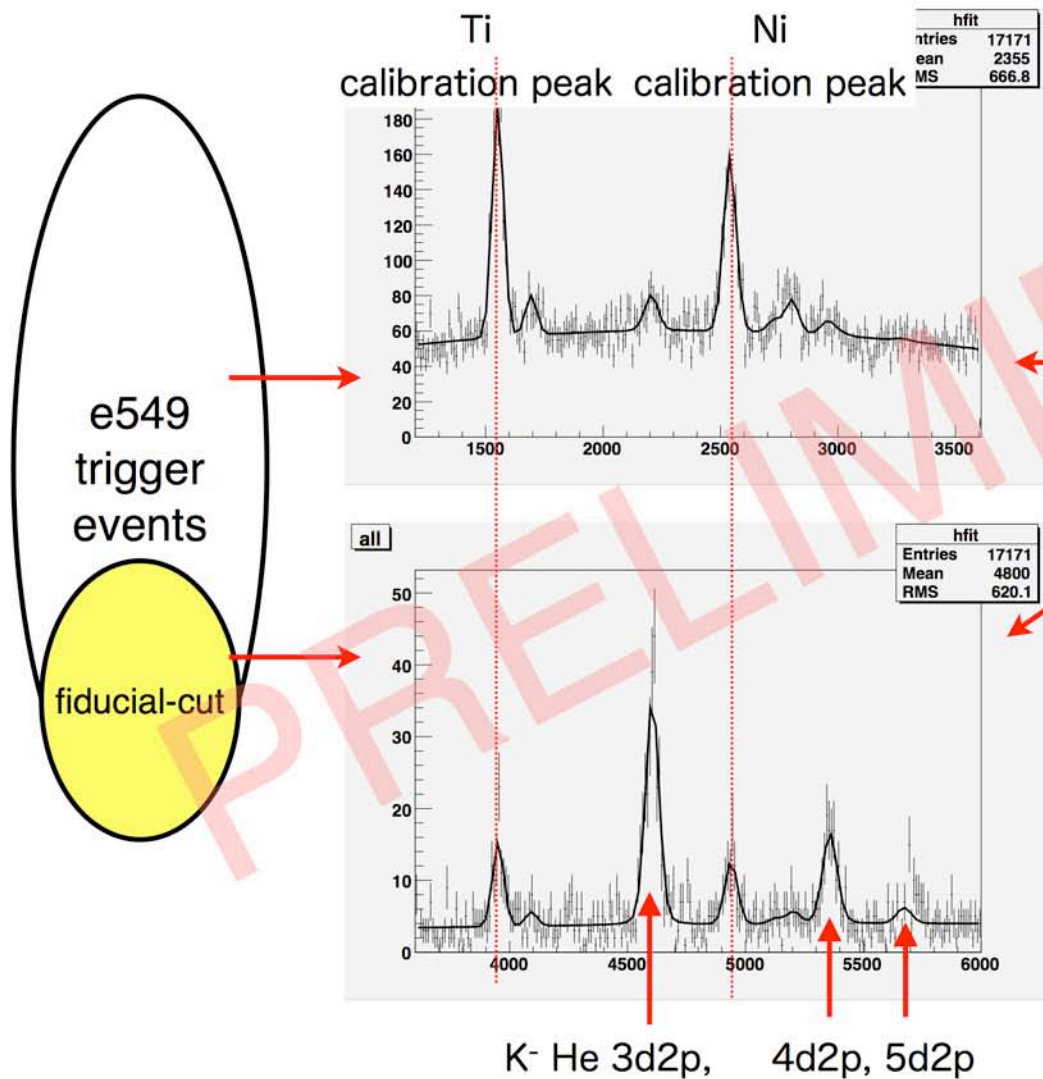
- 分解能 ~ 300 eV \rightarrow 160 eV FWHM @ 6.5 keV (SDD)
- 面積 300 mm² \rightarrow 100 mm² x 6個
- 厚さ ~ 4 mm \rightarrow 0.5mm (S/N改善)
- No fiducial cut \rightarrow E549 triggerによるfiducial cut

Si(Li)で行われた過去の3つの実験

ΔE_{2p} (eV)	Γ_{2p} (eV)	Si(Li) Detector area, thickness	Resolution @ 6.5 keV (eV FWHM)	Reference
-41 ± 33	—	254 mm ² , 4 mm	340	[7]
-35 ± 12	30 ± 30	300 mm ² , 5 mm	250	[8]
-50 ± 12	100 ± 40	300 mm ² , 5 mm	360	[9]
-43 ± 8	55 ± 34			Average

3. Preliminary results

E570で得られつつあるX線スペクトルの例



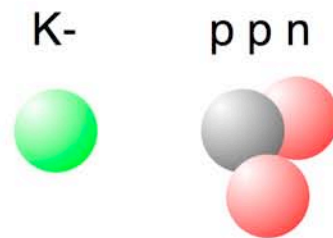
- ▶ 1個のSDDの例
- ▶ kaon triggerでfiducial cutをする前のスペクトル
- ▶ fiducial cutを行った後のスペクトル
- ▶ in-situ calibration, TiとNiのピークでK-Heの3d-2pを挟んでいる

Expected outcome

- E570 延長 (12月28日まで)
- 過去の ~ -40 eV という結果が否定されることはほぼ確実
- Shift を ~ 3 eV で決定 (statistical)

4. J-PARC

A relatively easy experiment

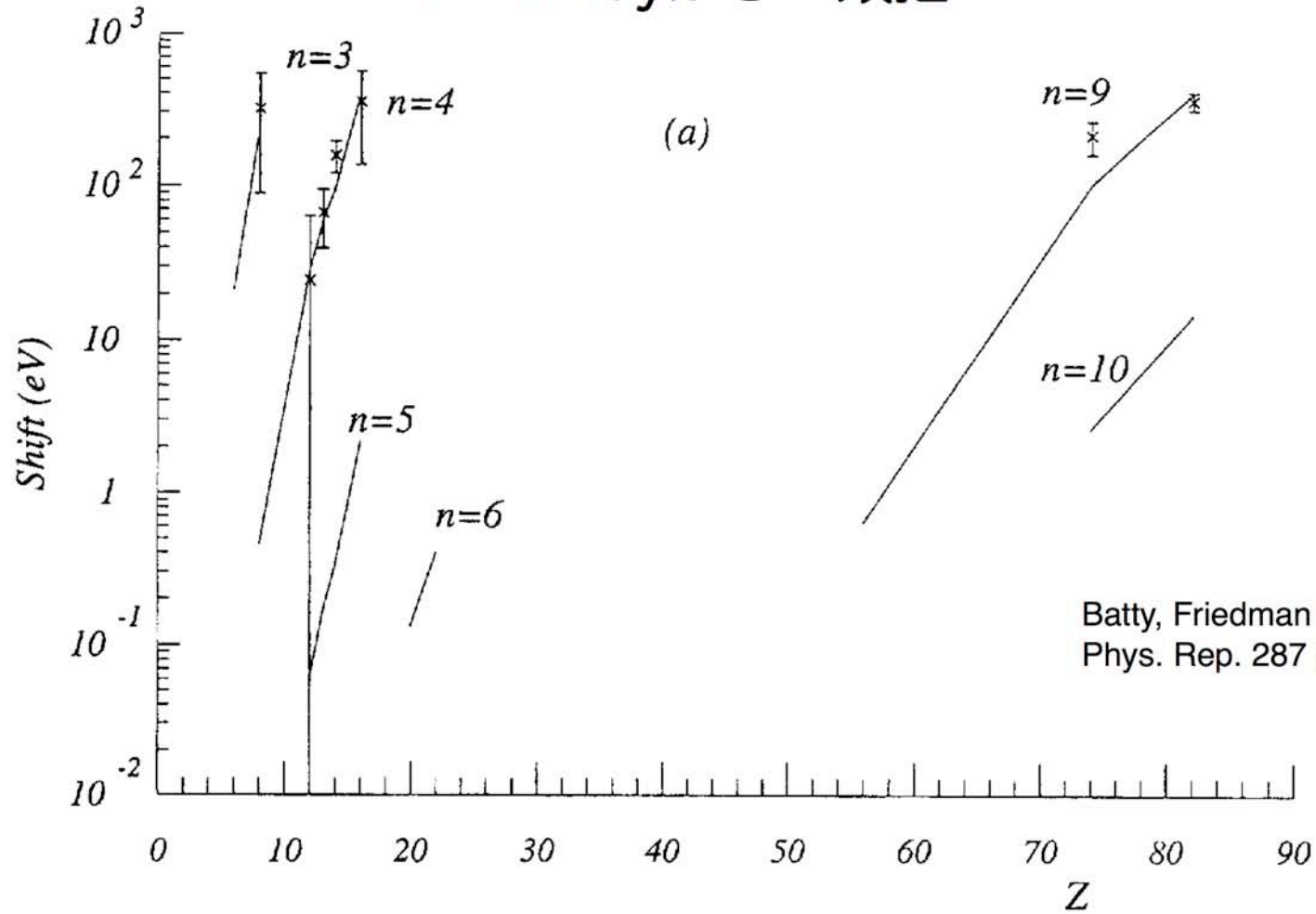


Original Akaishi-Yamazaki prediction

- KEK PS実験の積み残し
- K- ^3He X-ray
- stopped K- が必要だがK 1.1でも多分可能

Ξ^- X-ray

Σ^- X-rayからの類推

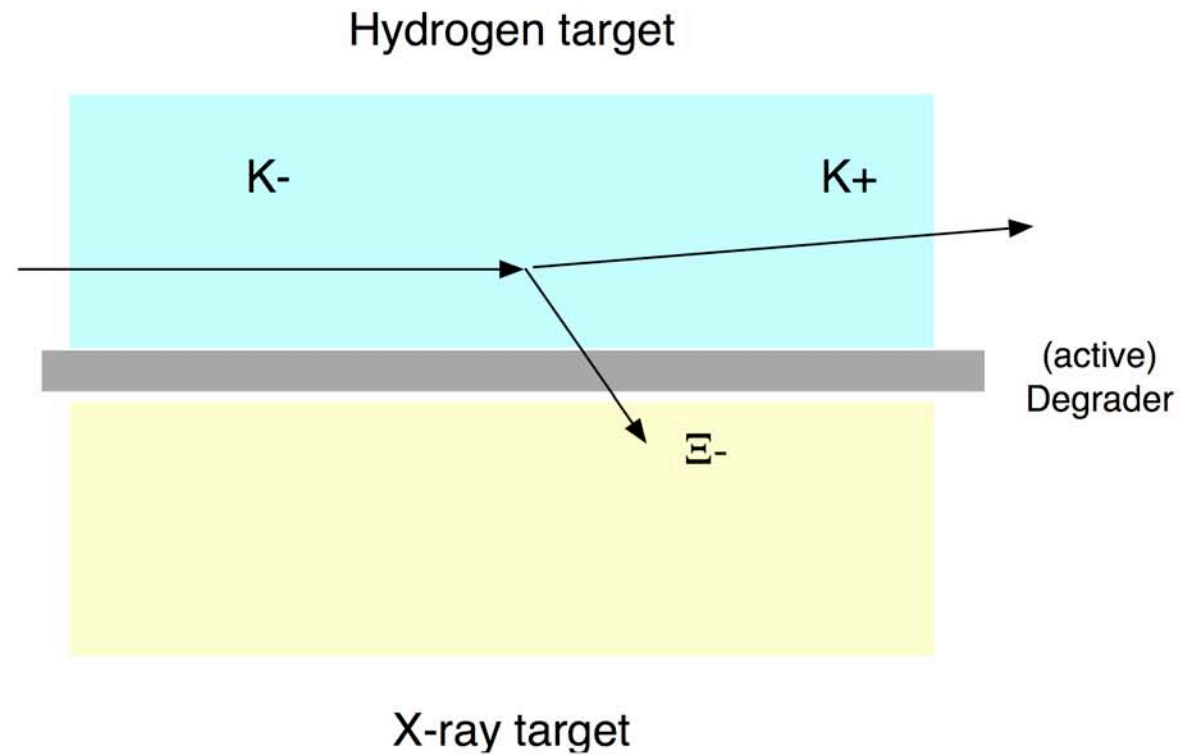


Ξ^- X-ray

Σ - X-rayからの類推

Element	Last orbit	Energy	Shift
He	3	7 keV	<10 eV
C	3	60 keV	50-100 eV
Sn	7	420 keV	~100 eV
Pb	9	550 keV	~100 eV

Ξ^- X-ray



a la BNL H experiment