

K中間子ヘリウム原子X線測定 実験のための検出器系 I

独立行政法人 理化学研究所

- 岩崎先端中間子研究室 -

飯尾 雅実

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

Contents

1. Introduction
2. 検出器系の構成
3. 超流動ヘリウム標的の改良
4. Summary

Silicon Drift Detector (SDD)については、次の27aWB-8で報告
“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”

by 竜野さん



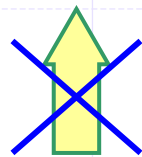
1. Introduction

E570実験 (K中間子ヘリウム原子の2p軌道のシフトを測定)

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

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

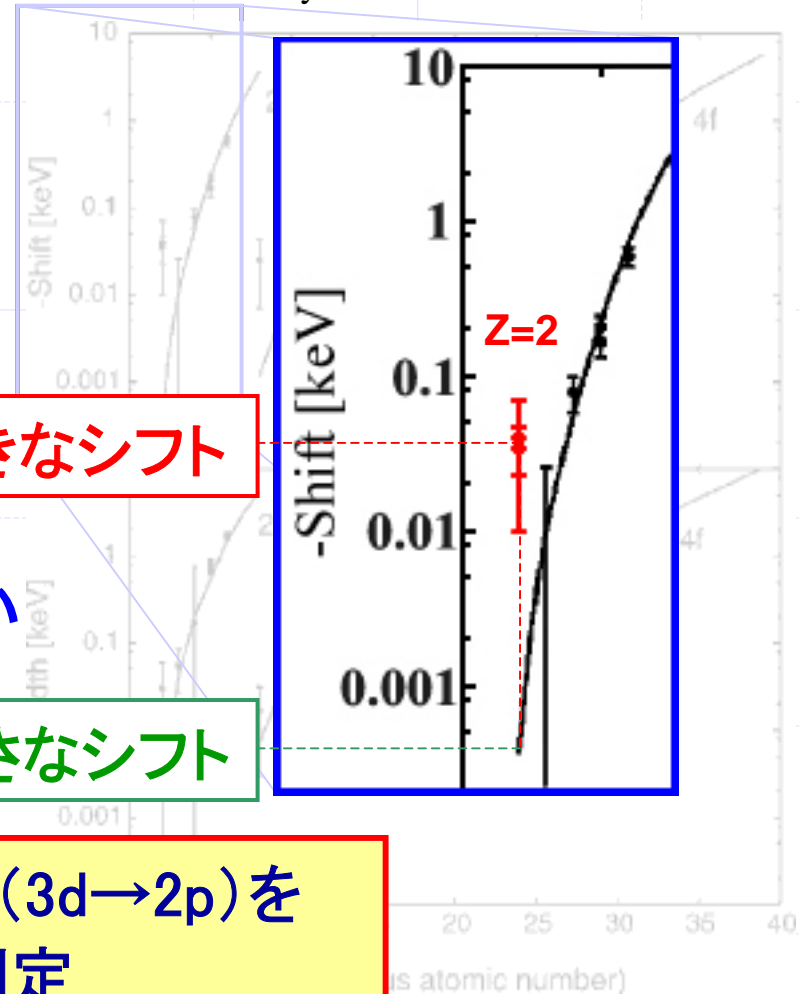
実験結果: 約40 eVの大きなシフト



再現できない

理論計算: 約0.2 eVの小さなシフト

K中間子ヘリウム原子のX線(3d→2p)を
2eV以下の精度で測定



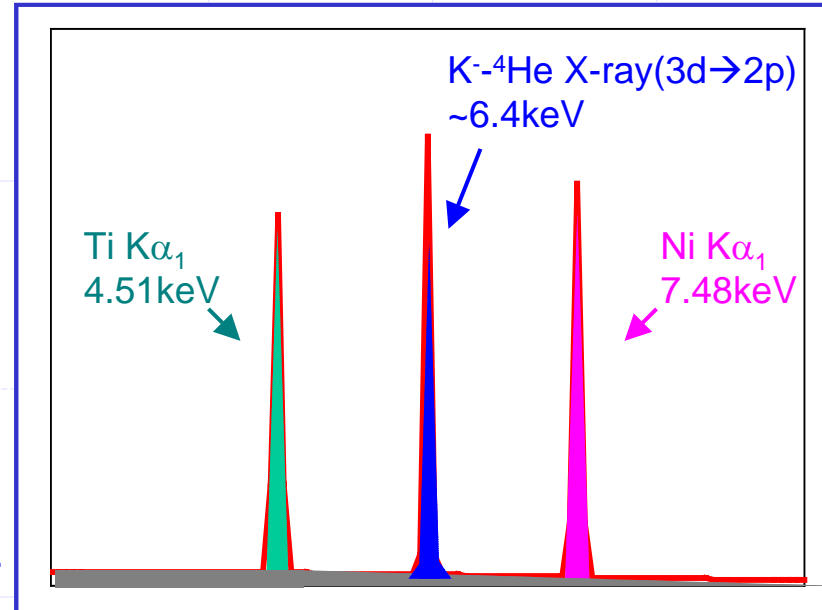
2. 検出器系の構成

検出器系の特徴

1. Silicon Drift Detector (SDD)を使用

☆ エネルギー分解能の向上

→ 検出器系 II (27aWB-8)で報告 by 竜野さん



2. ^4He (K $^-$ 静止, N)実験の測定系との統合

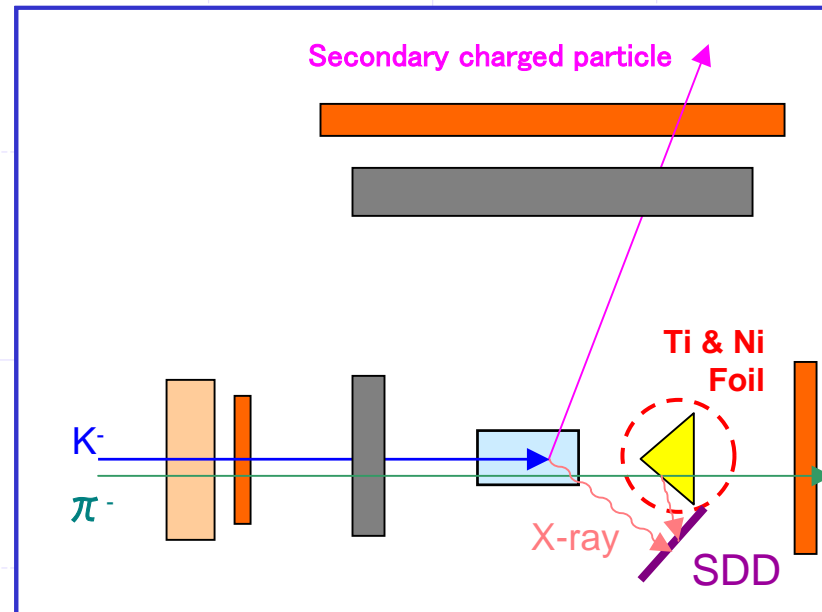
- 選択的にK-中間子起因で発生するX線のデータを収集
- トラッキングによりK-中間子の静止位置が特定でき、バックグラウンドを除去

☆ 確実に、K-中間子が標的中に静止した事象からのX線の測定が可能

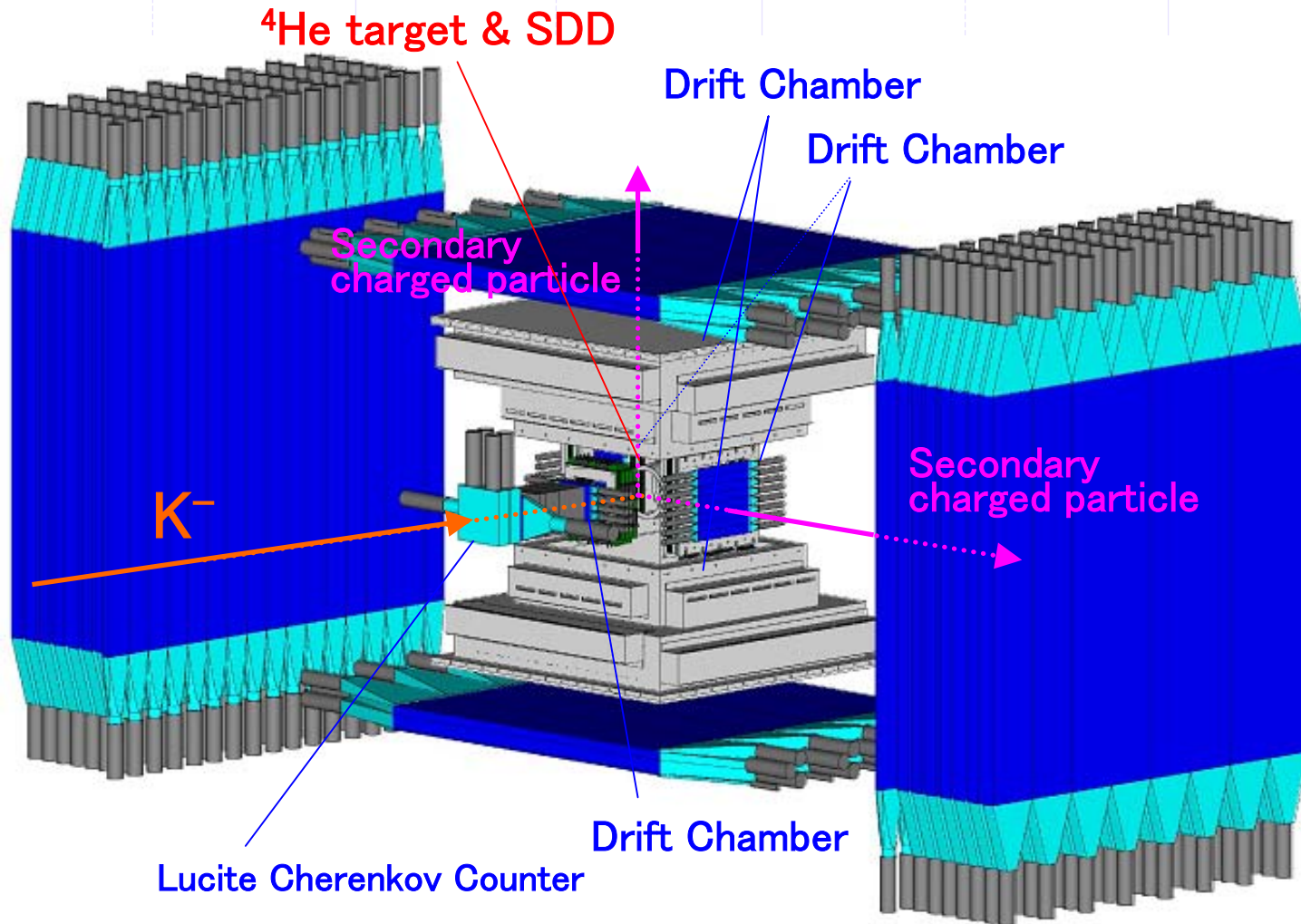
3. In Beamでのエネルギー較正

- TiとNiの特性X線を用いてin beamでのエネルギーの較正を行う

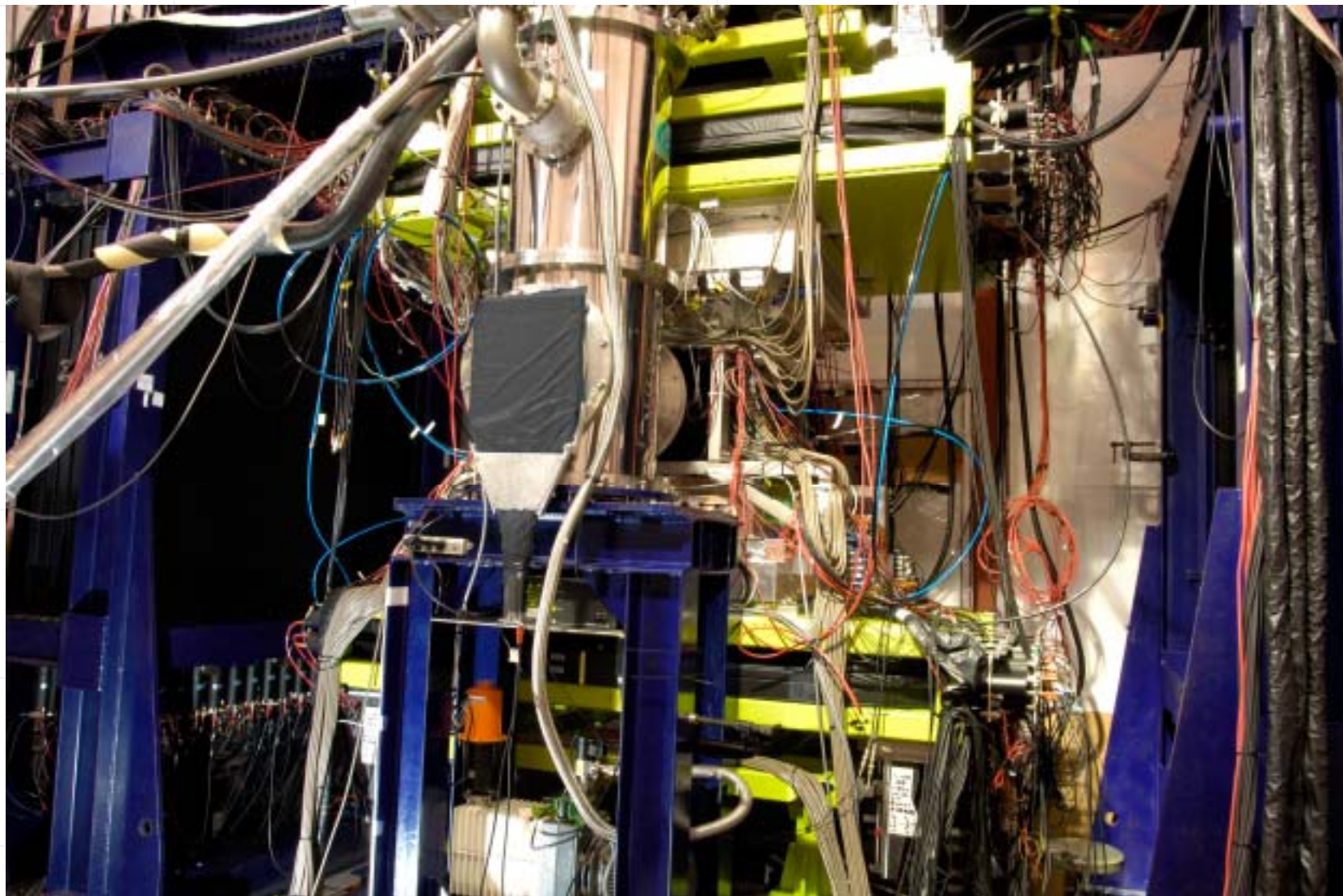
☆ 実験中のゲイン変動にも対応



検出器系の全体構成



検出器系の写真



3. 超流動ヘリウム標的の改良

超流動ヘリウム標的

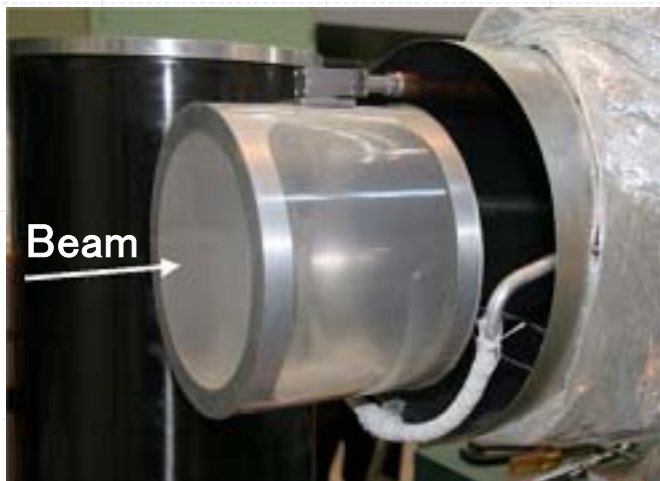
＜ 標的への要求 ＞

1. 標的容器とその周辺が薄いこと

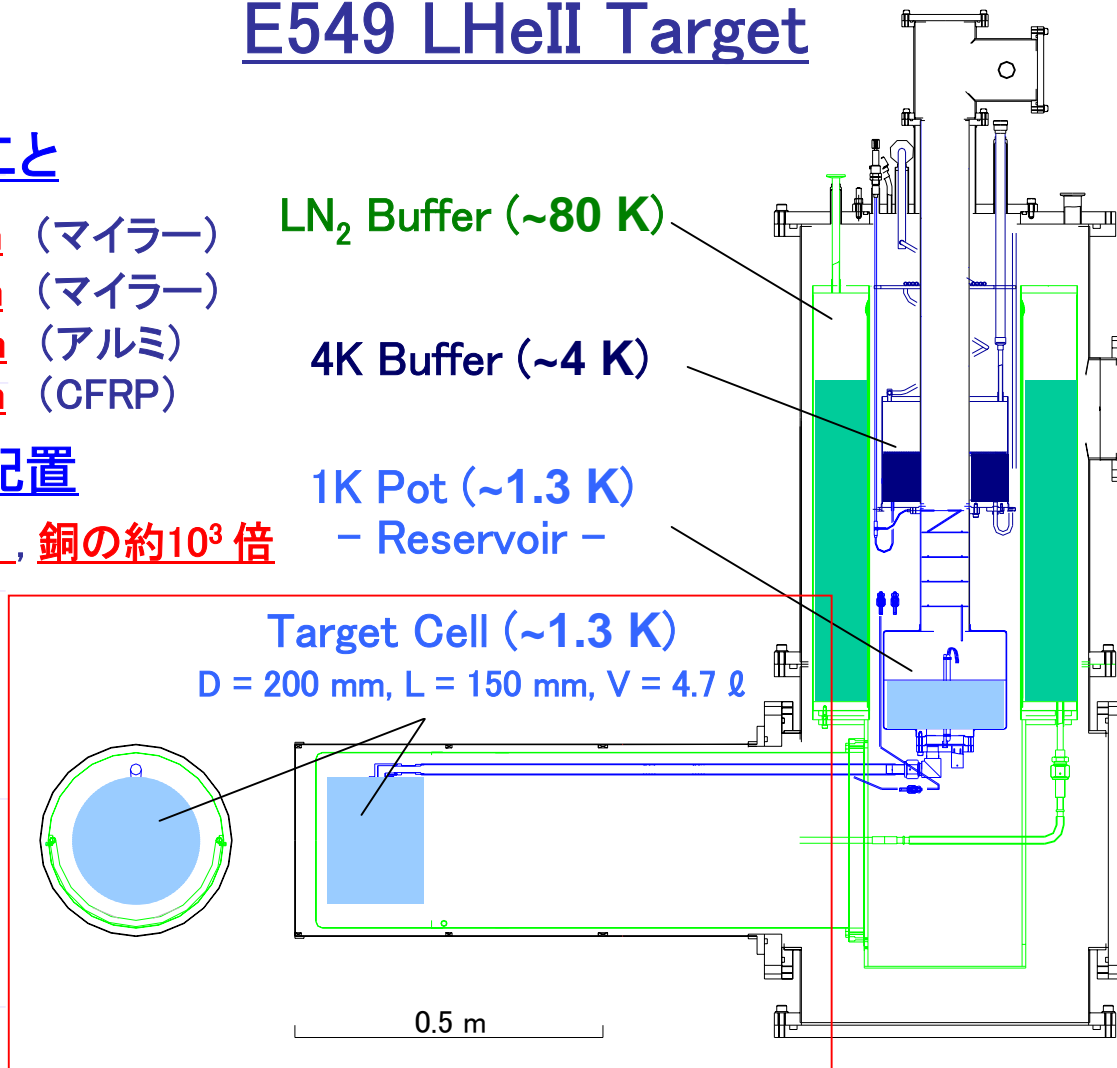
- 標的容器の窓(ビーム方向): 75 μm (マイラー)
- 標的容器の窓(横方向): 188 μm (マイラー)
- 熱シールドの窓: 0.1 mm (アルミ)
- 真空容器: 1 mm (CFRP)

2. 上下と左右方向に検出器を配置

- He II の熱伝導率: He I の約 10^6 倍!, 銅の約 10^3 倍



E549 LHeII Target



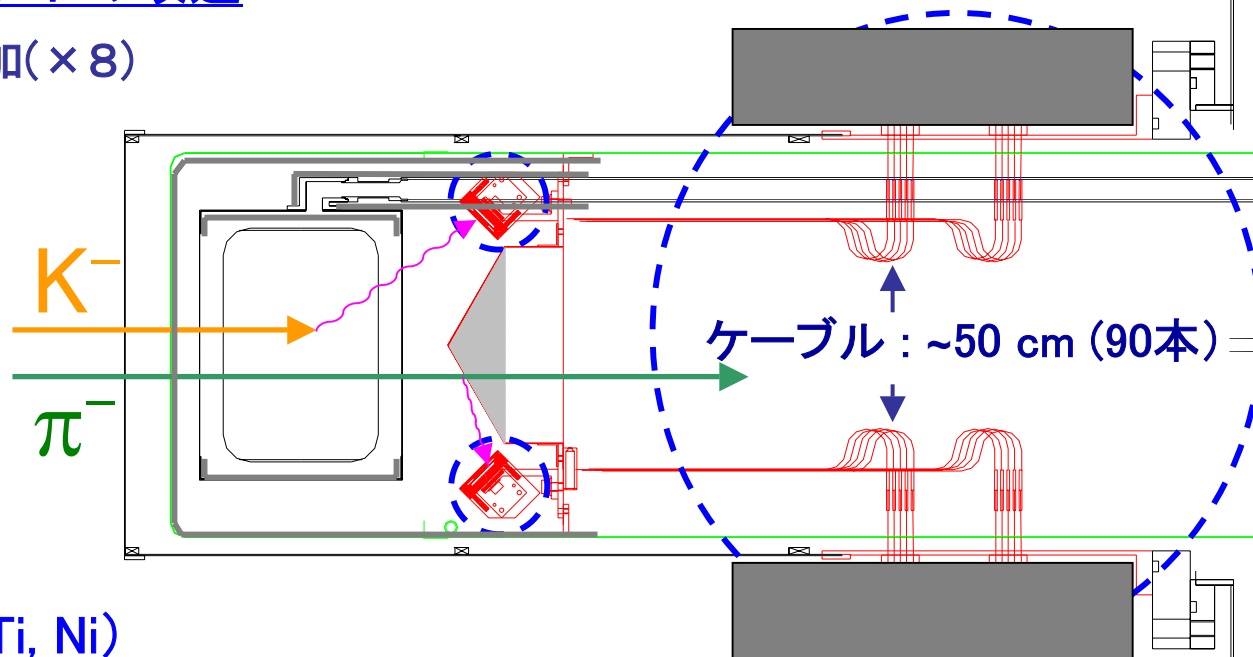
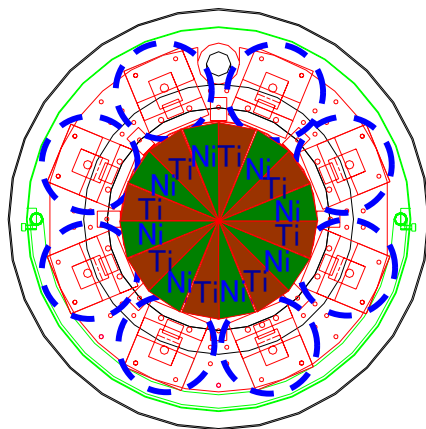
X線検出器の取り付け

1. SDDを8個インストール

- 熱シールドと熱接触により冷却保持 ($\sim 85\text{K}$), 温度コントロール ($\pm 0.1\text{K}$)

2. CFRP容器と熱シールドの改造

- ハーメチックポート追加 ($\times 8$)



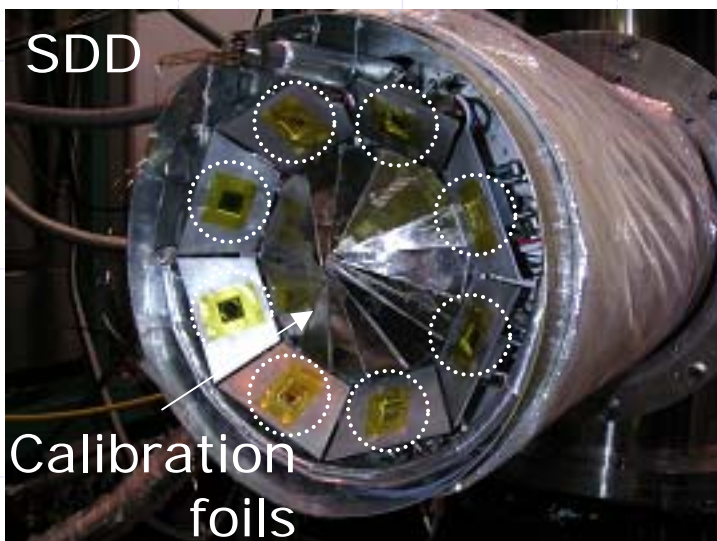
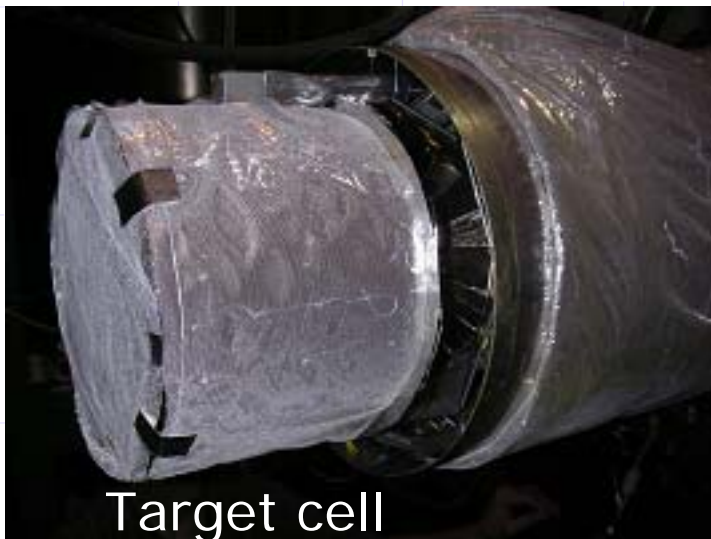
3. 校正用のフォイル (Ti, Ni)

- 純度の低い金属の内側を全て純アルミ (99.999%) のフォイルで覆った。

4. プリアンプの取り付け

- 冷水循環による温度コントロール ($\pm 1\text{K}$)

標的内の写真



SDDとプリアンプの温度安定性

□ SDDの温度安定性: $\sim 85 \pm 2.5$ K

この温度領域での5Kの温度変化は、
SDDのゲイン変動には問題ない
(テストでも確認済み)



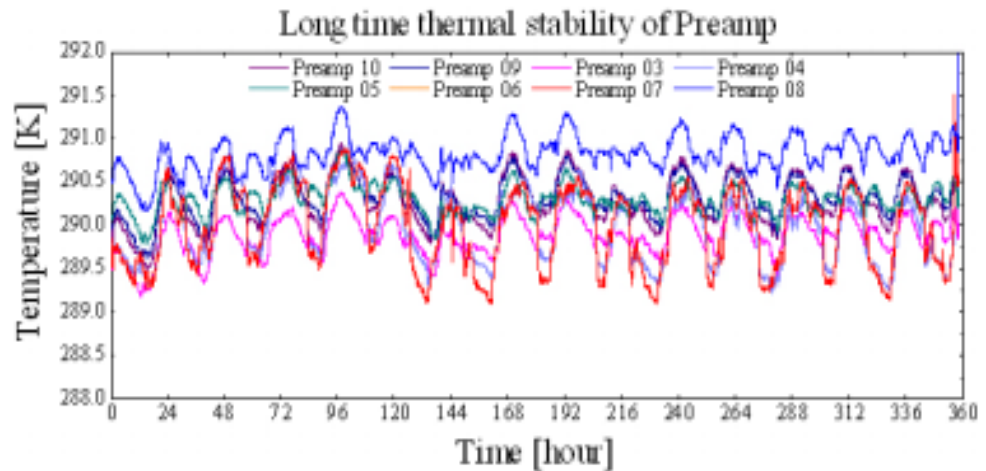
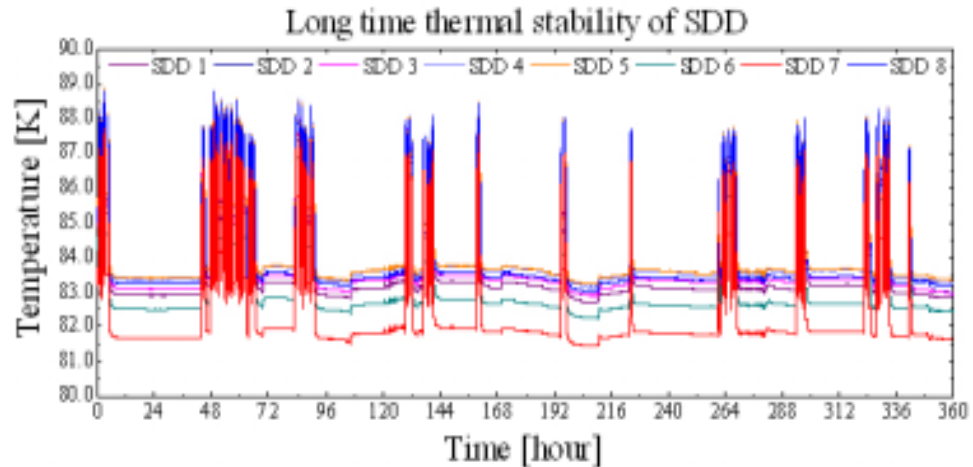
標的容器への熱流入を考慮し、
温度コントロールは行わなかった

□ プリアンプの温度安定性:

$\sim 290 \pm 0.5$ K

- 冷水循環による温度コントロール -
Day-night effectによる

1K程度の温度変化



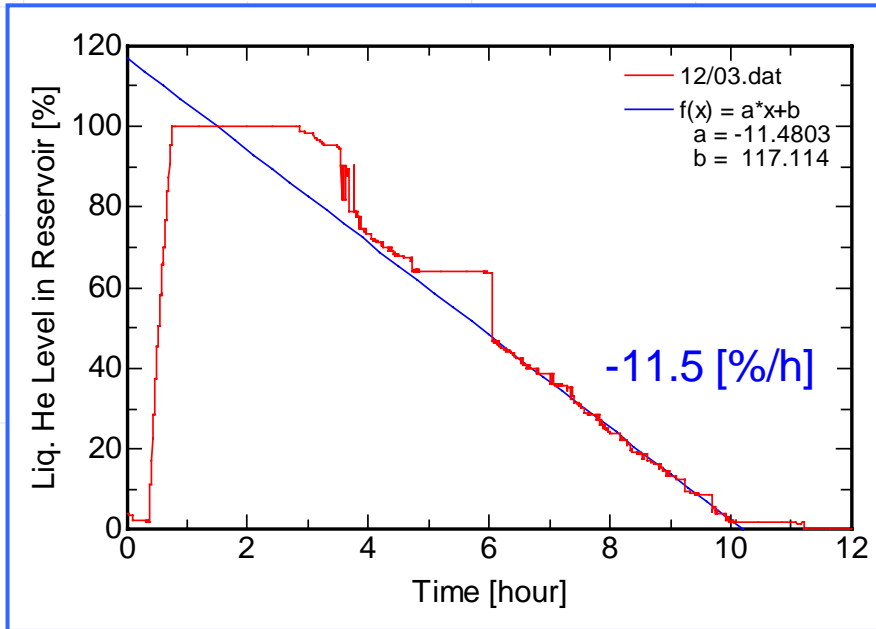
標的への熱流入の軽減

＜ X線検出器の追加による

熱流入の増加 ＞

⇒ 液体ヘリウムの消費が増える

⇒ データの収量が減少する



He消費 He注入の周期

(E549実験:)

-0.2 l/h

~34時間

テスト1回目:

-1.0 l/h

~7時間

テスト2回目:

-0.8 l/h

~9時間

テスト3回目:

-0.6 l/h

~11時間

5倍

— E570実験 —

標的容器の温度: 1.40 K

標的容器の圧力: 3.0 Torr

熱流入量: 0.48 W

Heの消費量: -0.5 l/h

He注入の周期: 約12時間



4. Summary

Summary

- K中間子と原子核との相互作用を調べる為にK中間子ヘリウム原子のX線(3d→2p)精密測定実験を行った。
- E549実験で使われた測定器系とX線検出器を組み合わせ、確実にK-中間子が標的中で静止した事象からのX線を測定できる検出器系を完成させた。
- 超流動ヘリウム標的は、新たに組み込まれたX線検出器により、熱負荷が増大したが、改良の結果、液体ヘリウム注入の周期が12時間になるまで熱流入を軽減させることに成功した。


実験の詳細内容は、29pWD-8で報告

“K中間子ヘリウム原子 3d→2p X線の精密測定” by 岡田さん

Thank you !!!

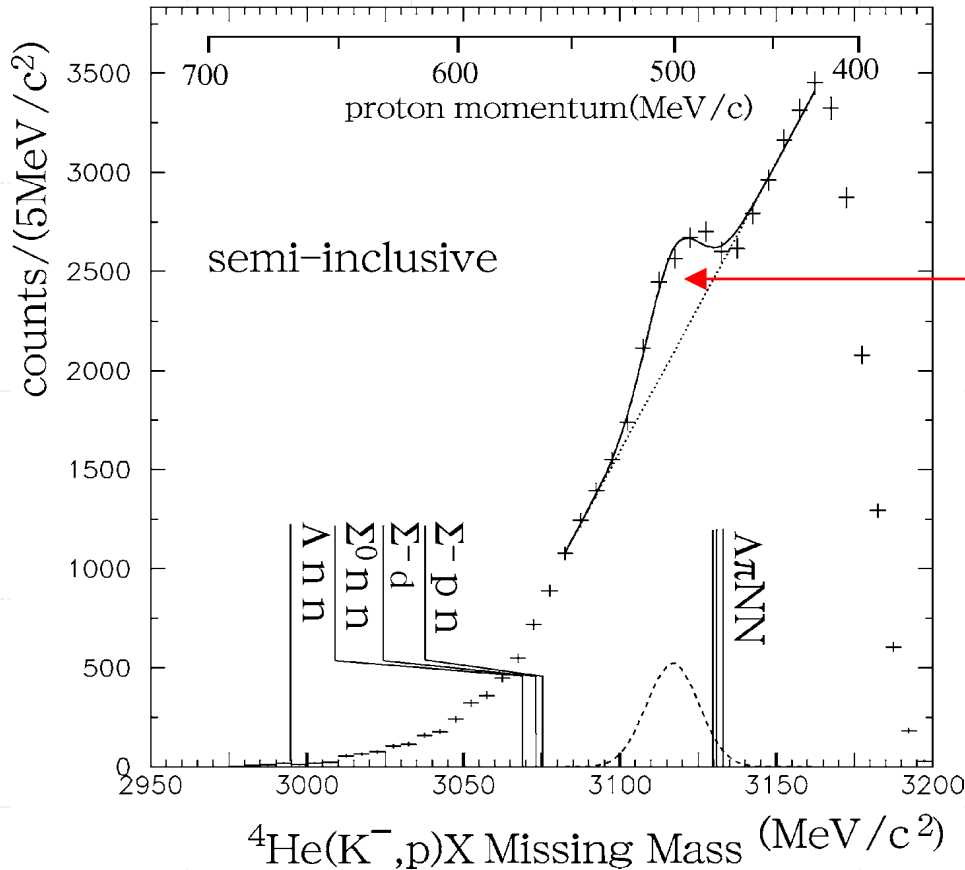
“K中間子ヘリウム原子X線測定実験
のための検出器系 II”

へつづく



予 備

Strange Tribaryon $S^0(3115)$



$S^0(3115)$

Mass : 3117MeV

Strangeness : -1

Isospin : 1

@ KEK-PS E471

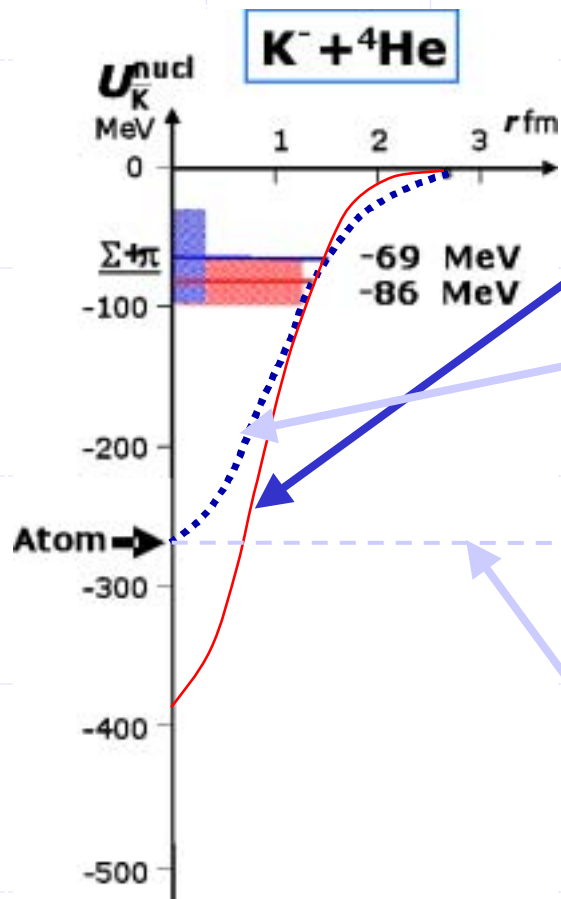
T.Suzuki *et al*,
Phys. Lett. B597,
263 (2004)

Is this interpretable as Kaonic deeply bound state ($T=1, K-pnn$)?

K-nucleus potential information

Y.Akaishi,
EXA05 proceedings (2005)

which can be extracted by the data of
“Kaonic nuclei and atoms”



Kaonic nuclei
→ the **shrunk-core potentials**

Kaonic atoms
→ the **unchanged-core potentials**

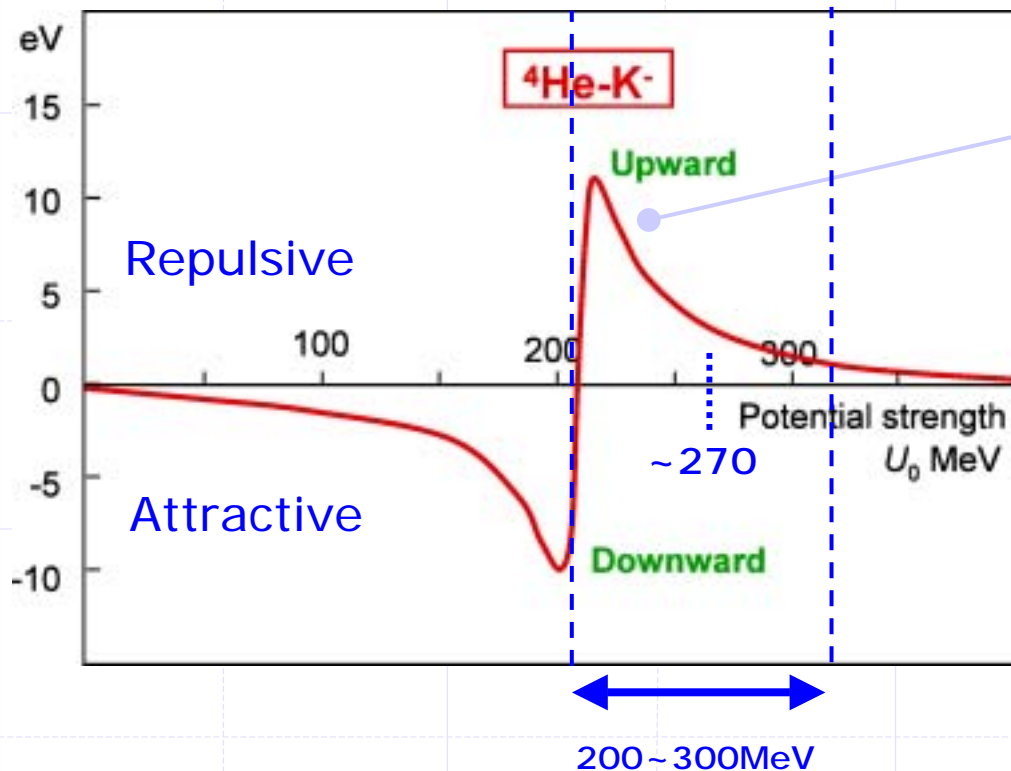
More directly related to the
free KN interaction with less
medium modifications.

Unchanged-core potential
depth for K^- -He = **$\sim 270\text{MeV}$**
(Akaishi and Yamazaki theory ... "Deeply bound K")

A possible large repulsive shift !

with “Deep optical pot. + Coupled-channel model”

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



Repulsive shift for K^{-} - ${}^4\text{He}$
 $< \sim 11 \text{ eV}$

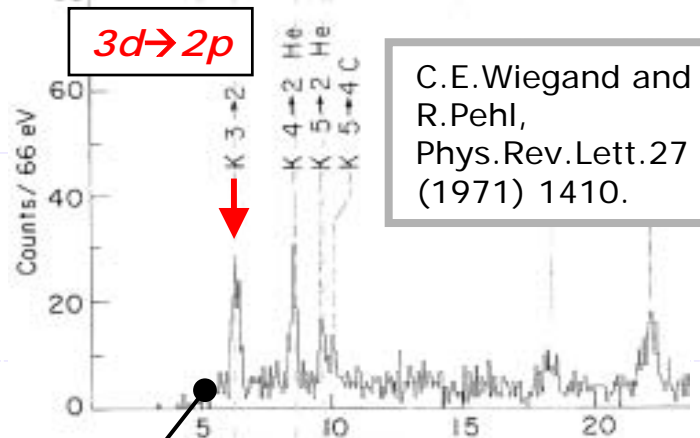
Shift : $\Delta E_{2p}^{\text{cc}} = -11 \text{ eV}$
 (at a maximum)
 Width : $\Gamma_{2p}^{\text{cc}} = 21 \text{ eV}$

Y.Akaishi, EXA05
 proceedings (2005)

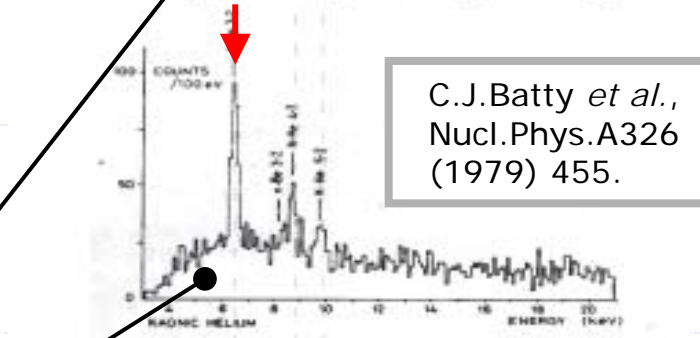
Three early experiments

2p level shifts of the K⁻-⁴He atom

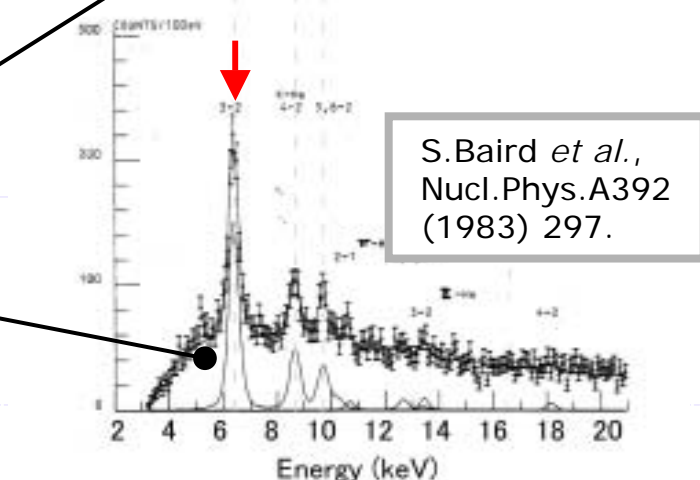
| Exp. | ΔE_{2p} (eV) | Γ_{2p} (eV) |
|---------|----------------------|--------------------|
| | -41 ± 33 | — |
| | -35 ± 12 | 30 ± 30 |
| | -50 ± 12 | 100 ± 40 |
| Average | -43 ± 8 eV | 55 ± 34 eV |
| | Shift | Width |



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



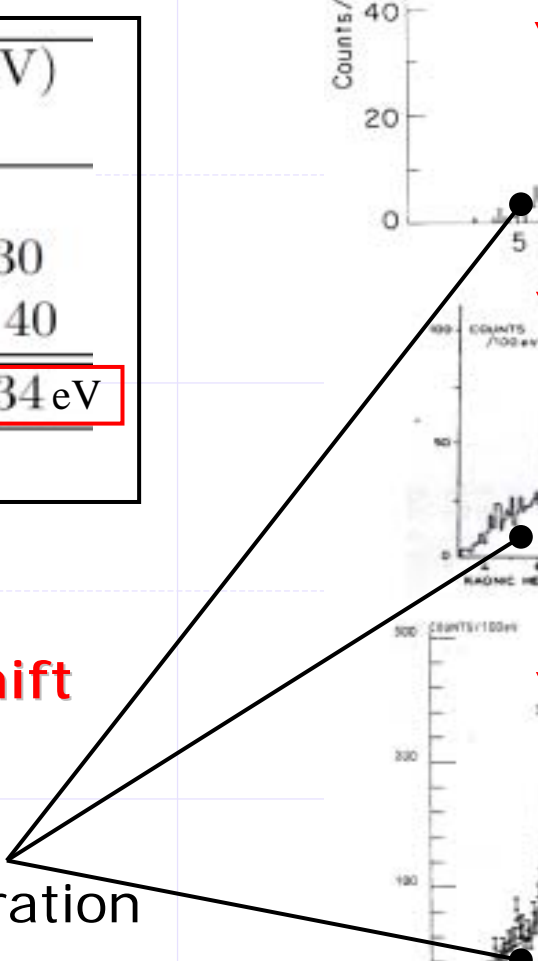
C.J.Batty et al., Nucl.Phys.A326 (1979) 455.



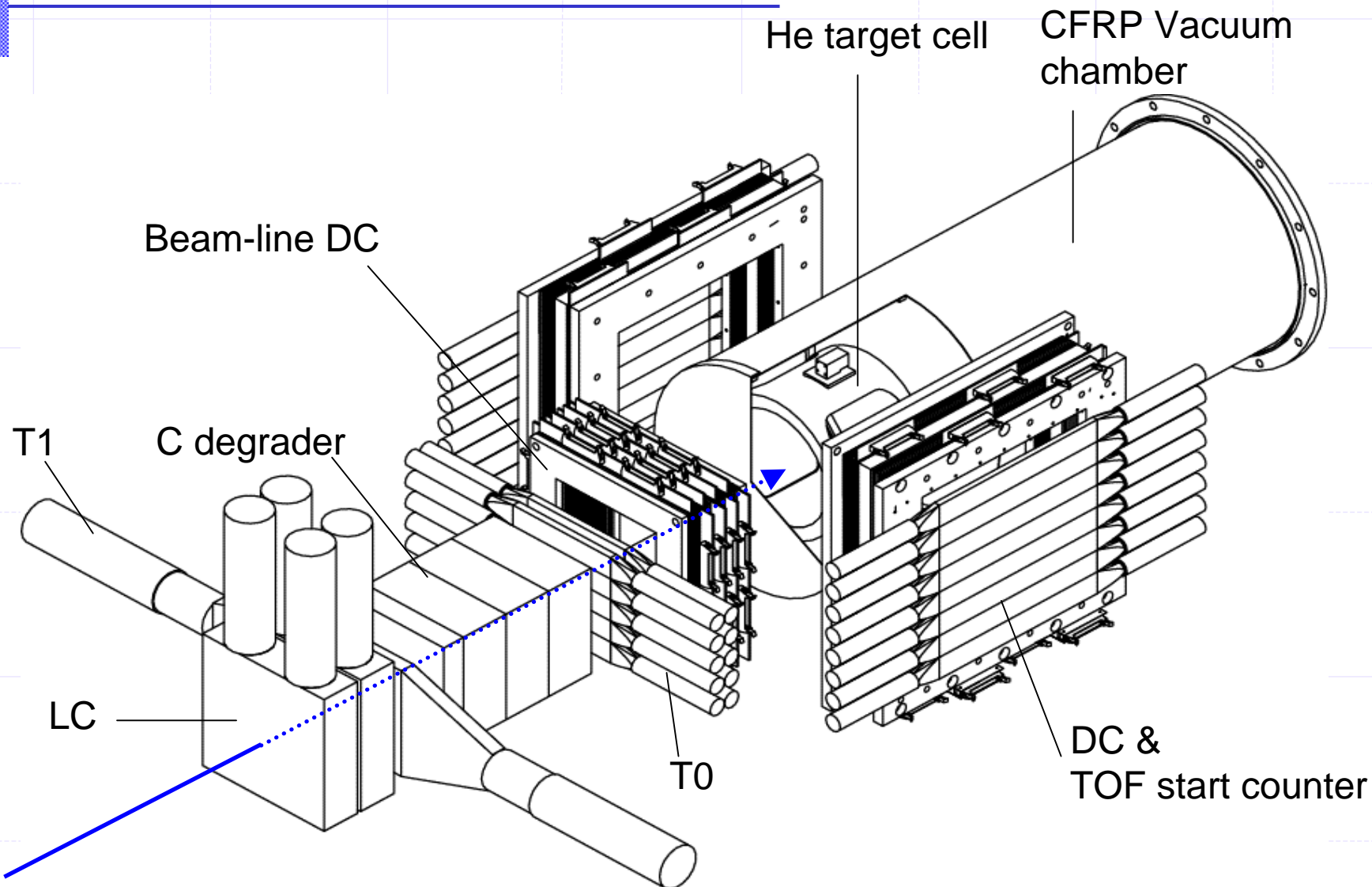
S.Baird et al., Nucl.Phys.A392 (1983) 297.

⇒ Very large repulsive shift

- Large background
- No in-beam energy calibration etc...



Beam-line apparatus



検出器系の全体構成

Beam Time

- 2005年 10月 (first cycle) ... 約 1ヶ月間
- 2005年 12月 (second cycle) ... 約 2週間

Beam (@KEK-PS K5 Beam line)

Momentum of K^- : 600 MeV/c

K^- beam : 4K/spill

π^-/K^- ratio : ~200

LC : π/K separation

BLC : K^- beam trajectory

VDC and **PDC** :

Secondary charged particle trajectory

Trigger

- (stopped K^-) *
(secondary charged particles)
- SDD self trigger

