

K⁰TO実験 KLビームラインの ビーム粒子の測定

京大理, 岡山大^A, KEK^B, 山形大^C, 佐賀大^D

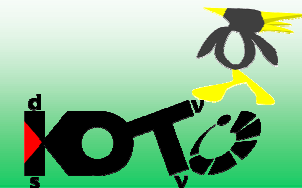
前田陽祐, 笹尾登^A, 野村正^B, 田島靖久^C, 南條創, 下川哲司^D,
塩見公志, 河崎直樹, 増田孝彦, 内藤大地, 高橋剛, 佐々木未来^C
他 K⁰TO Collaboration

2011年3月25日

関西高エネ発表会 @大阪大学

$$K_L^0 \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$$

K⁰TO実験と $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ 崩壊



J-PARC K⁰TO experiment

◇ direct CP violation

◇ $\text{Br} \propto \eta^2$

◇ clean process

◇ 理論からくる不定性は 数%

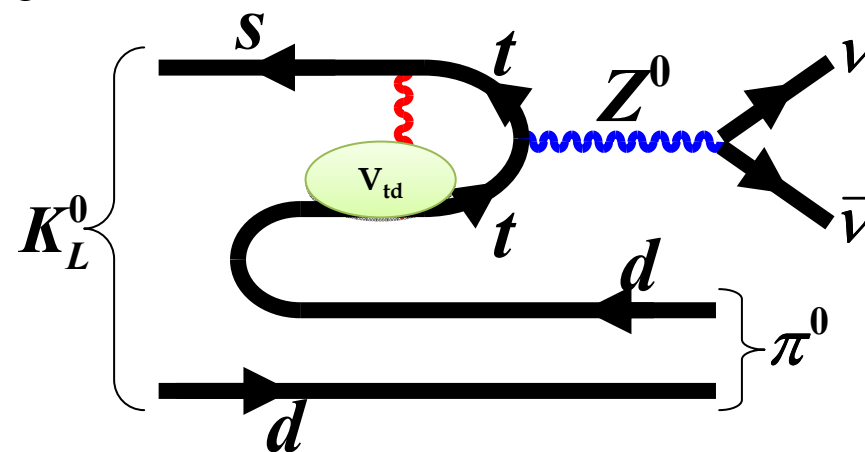
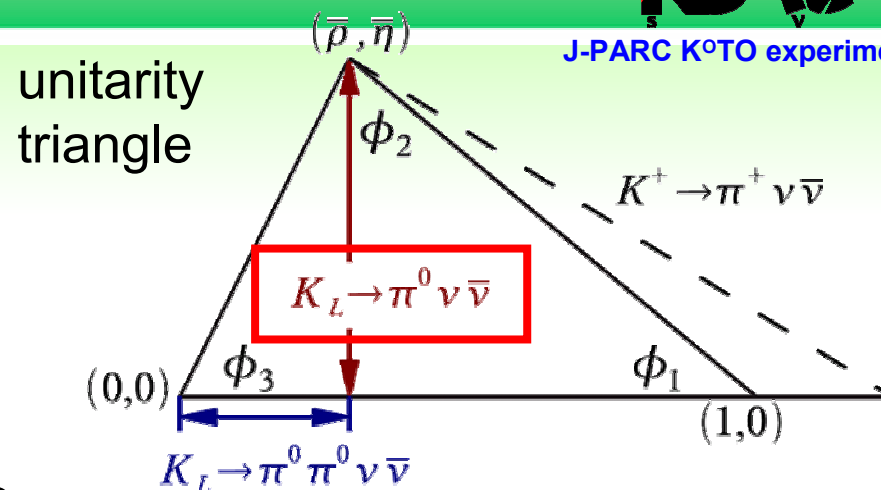
◇ probe of new physics

◇ ループを含んだ崩壊

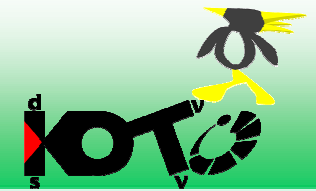
→ 標準理論の検証,
新物理の探索

◇ K⁰TO実験 @J-PARCハドロン実験施設

◇ 世界初の崩壊事象の探索を目指す.

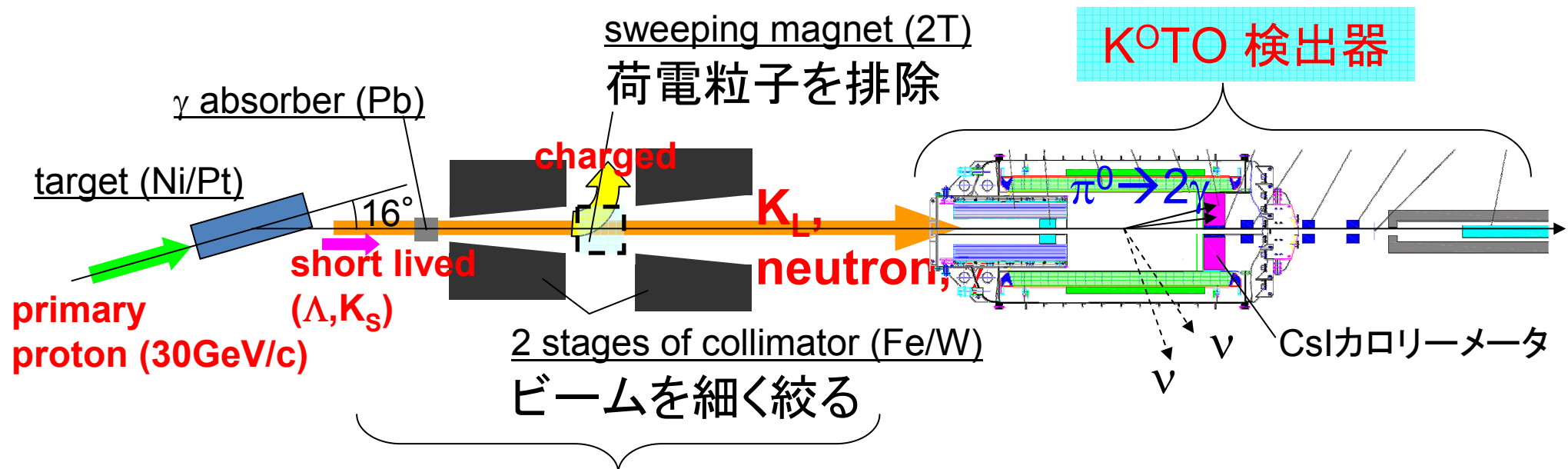


neutral K_L beam



J-PARC K⁰T0 experiment

- ◇ Ni / Pt ターゲットからの二次粒子を細く絞り,
 K_L ビームを生成
→ K_L の他に中性子や γ がビーム中に残存
- ◇ $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ 崩壊では, 観測出来る変数が少ない
→ ビームの性質をよく理解出来ていることが重要



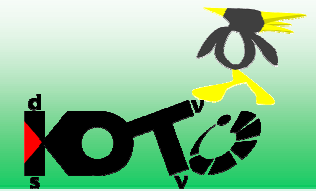
実際のビームライン



◇2009年9月完成

◇全長20m, 立体角 $7.8\mu\text{str}$

ビーム γ の測定



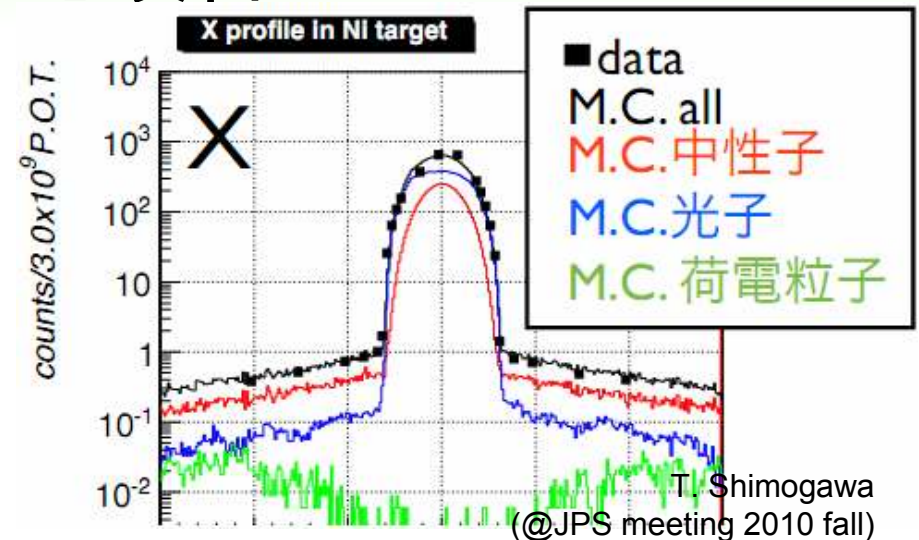
J-PARC K ϕ TO experiment

◇ビームについてチェックすべき項目

◇K $_L$ 中間子生成数
- プロポーザルの2.3倍

◇ビーム形状 →

◇その他のビーム粒子の
フラックス, エネルギー



→ 特にバックグラウンドとなるビーム周りに存在する中性子(ハロー中性子)の理解のための重要な情報

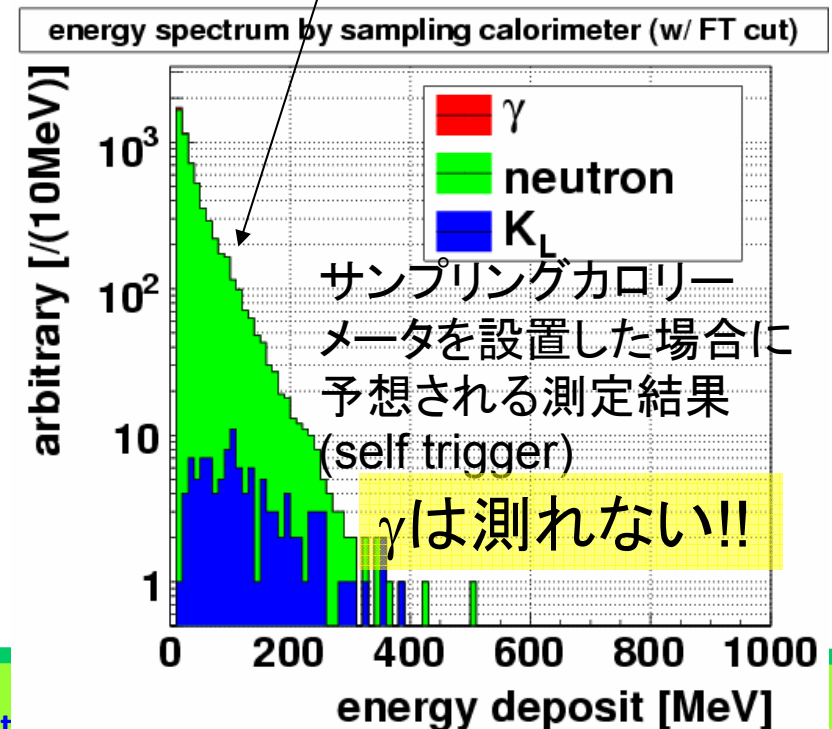
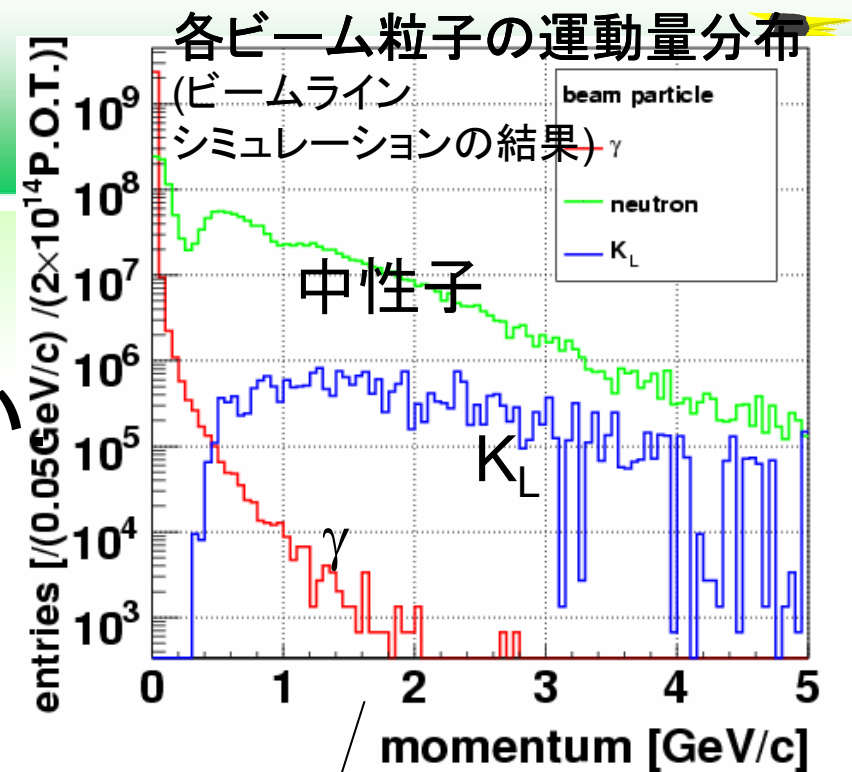
→ 本研究では ビーム γ の測定に焦点を当てる

測定の手法

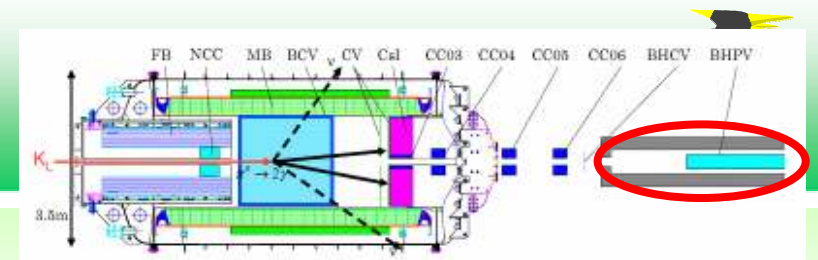
- ◇膨大な数の中性子の中から,
 γ をより分けなければならない
→ γ -tagger + calorimeter

中性子を効率よく排除
→ エアロジェルCerenkov
カウンター (BHPV, 次項)

- ◇アクシデンタルヒットによる
パイルアップを軽減
→ 100Wの低強度ビームで
測定を行う(通常3kW)



検出器 & 測定setup



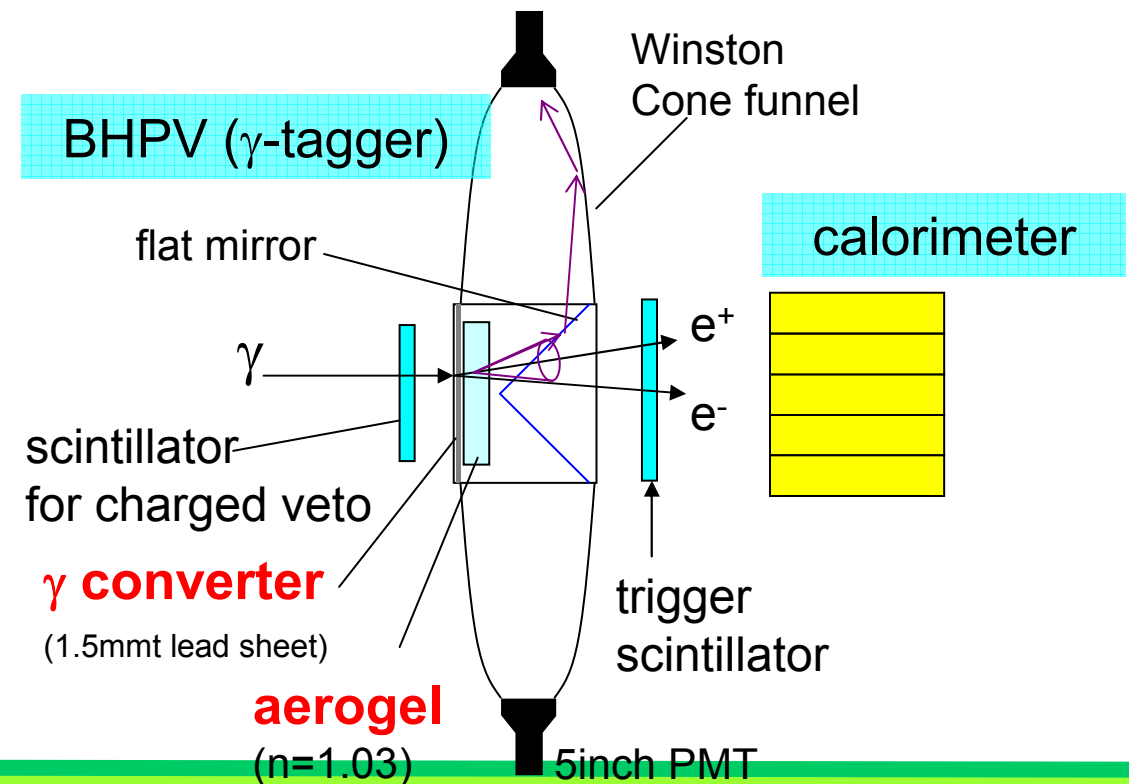
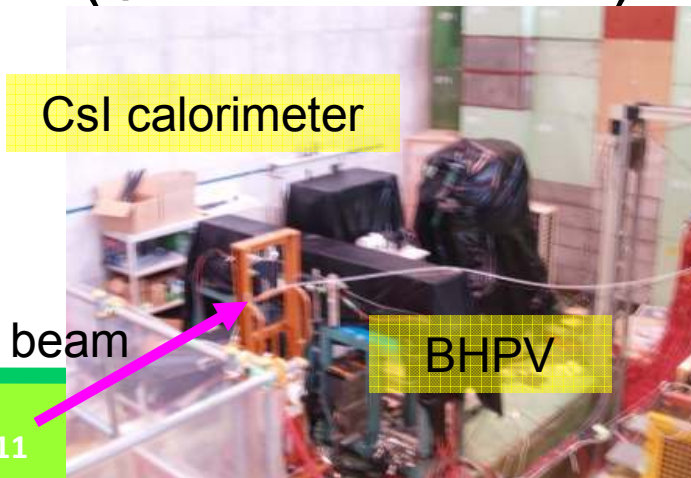
◇ Beam Hole Photon Veto検出器(BHPV)

- ◇ 本実験で用いる, In-Beamの γ 検出器
- ◇ 鉛 γ コンバーター + エアロジェルによる Cerenkov閾値型検出器
→ 中性子に不感



◇ calorimeter

- ◇ 5x5のpure CsI結晶
(各7cm² x 30cm)



expected performance

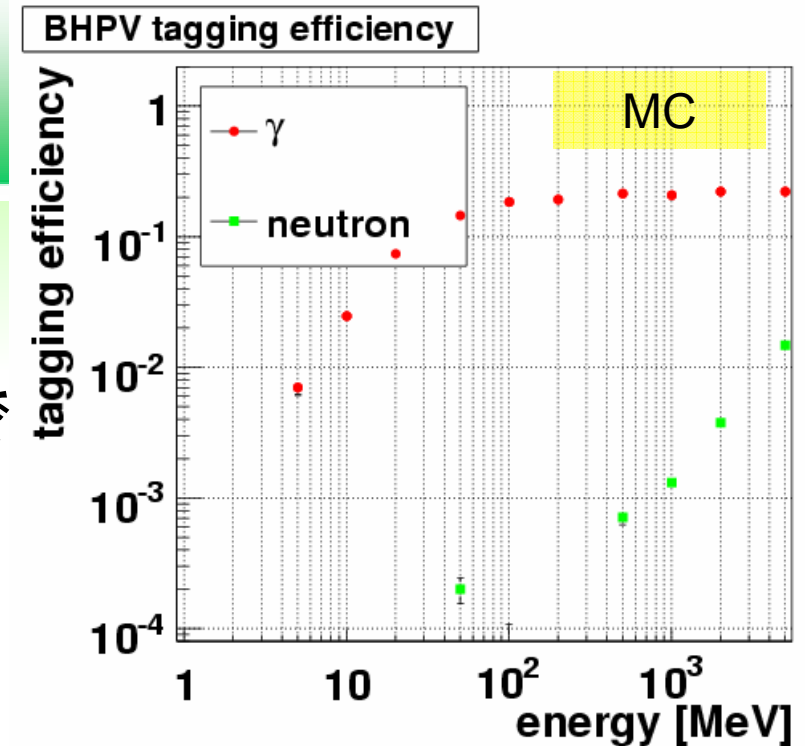
◇ γ tagging efficiency

◇ 単色のエネルギーの γ /中性子でシミュレーション

◇ トリガー条件：
(BHPV 1pe以上)
&& (hit in trigger scintillator)

→ ~50MeV以上の γ をエネルギーに依らず約15%の効率でtag出来る

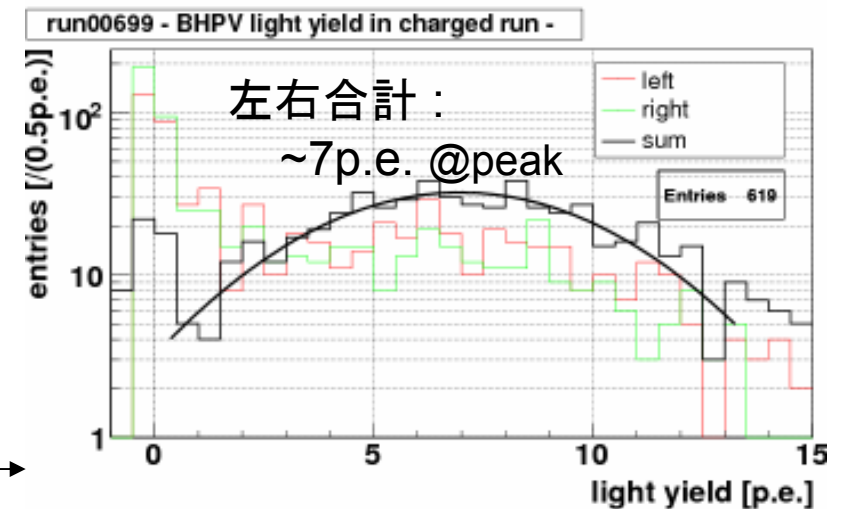
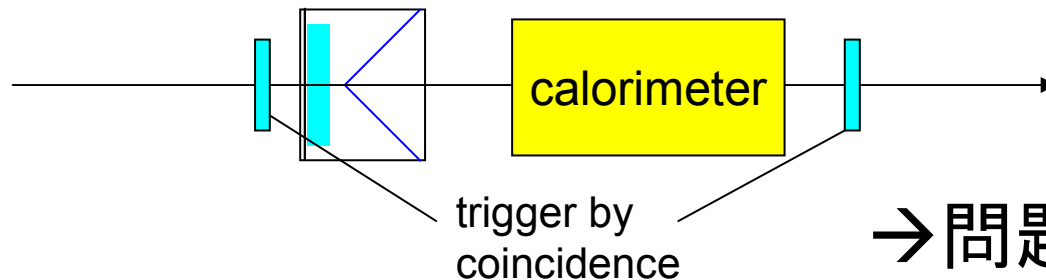
◇ 中性子をトリガーする確率は γ に比べて1桁以上小さい



◇エアロジェル発光量

◇ビームライン中のマグネットを落とし, 荷電粒子を導く

◇BHPV下流のカロリーメータ
つきぬけまで要求し,
運動量の高い荷電粒子による
イベントを選択



→問題ない光量

calorimeter performance

◇宇宙線を用いた キャリブレーション

◇hitパターンからtracking

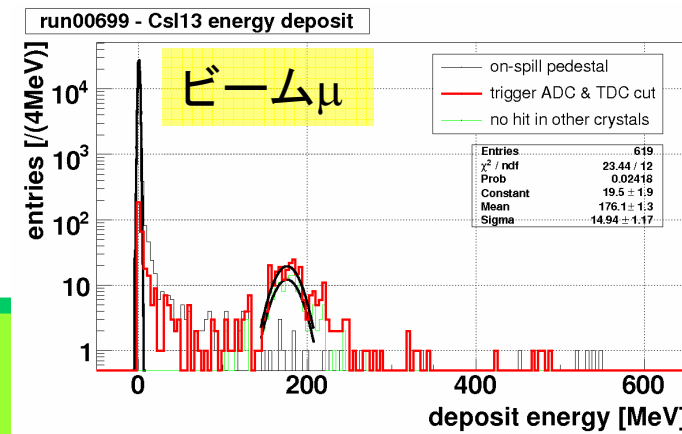
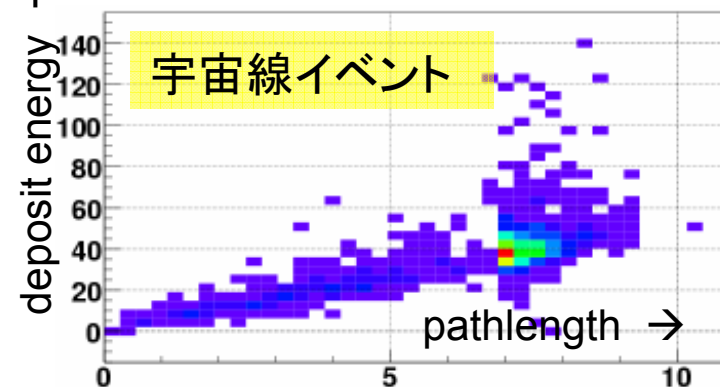
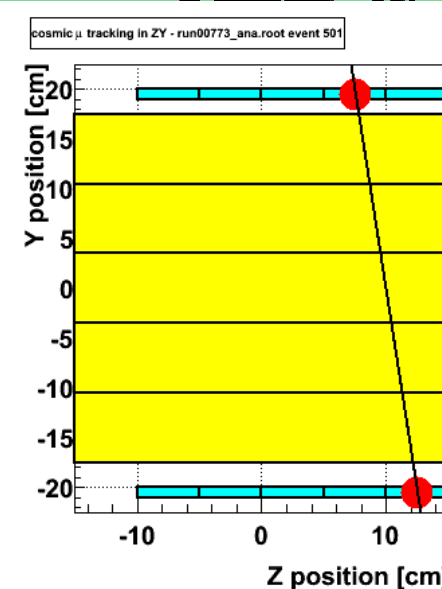
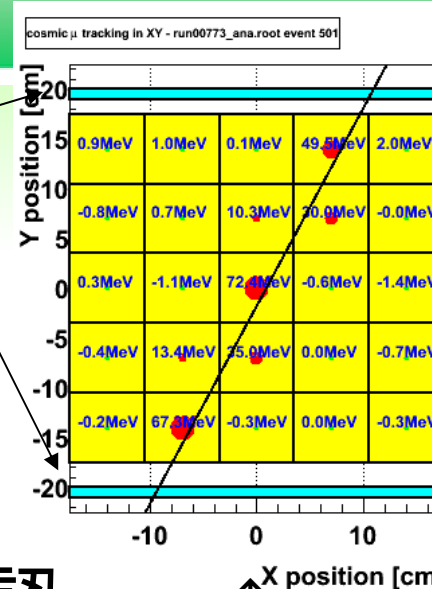
→結晶内のpathlengthと
deposit energyの相関を確認

→鉛直なtrackのみを選んで
エネルギースケールの決定に使用

◇ビームμによるチェック

◇略期待される場所にpeakを確認

宇宙線用
トリガー



event selection

◇ trigger timing

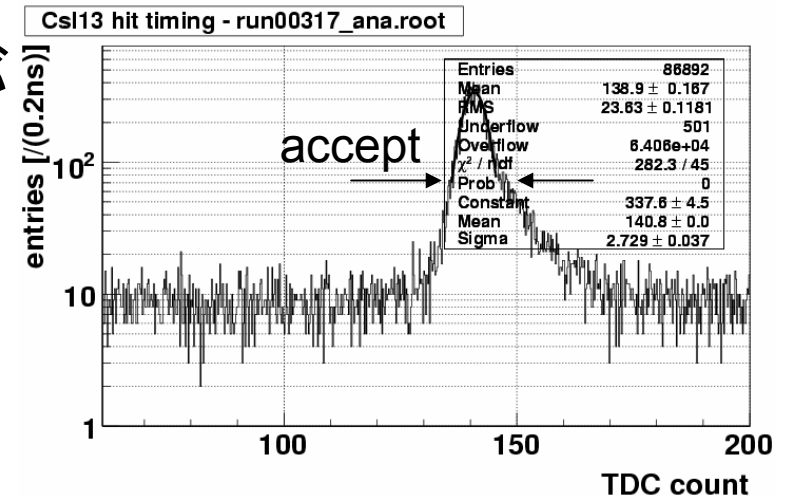
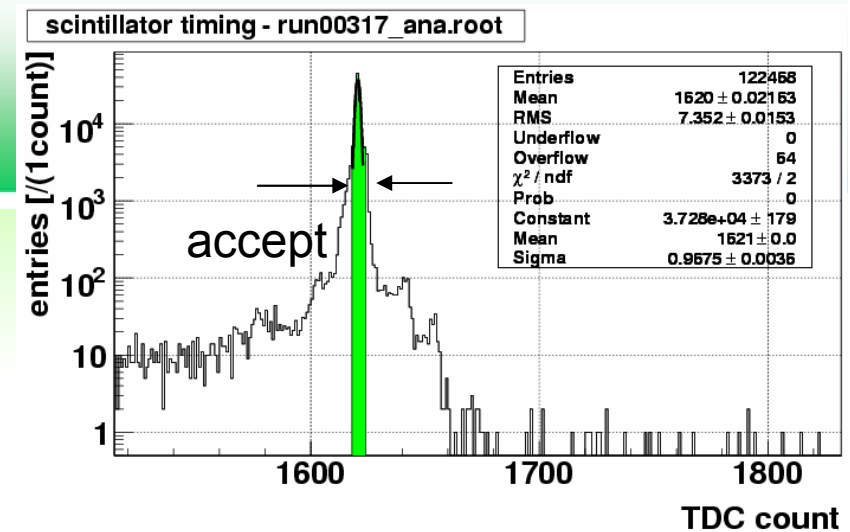
◇ アクシデンタルコインシデンス
を除去

◇ CV

◇ ペDESTALとコンシステントであることを要求
→ K_L 由来の荷電粒子によるイベントを除去

◇ calorimeter timing

◇ 全ての結晶について, TDC hitが
 $\text{peak} \pm 3\sigma$ 以内か overflowで
あることを要求
→ アクシデンタルヒットを除去



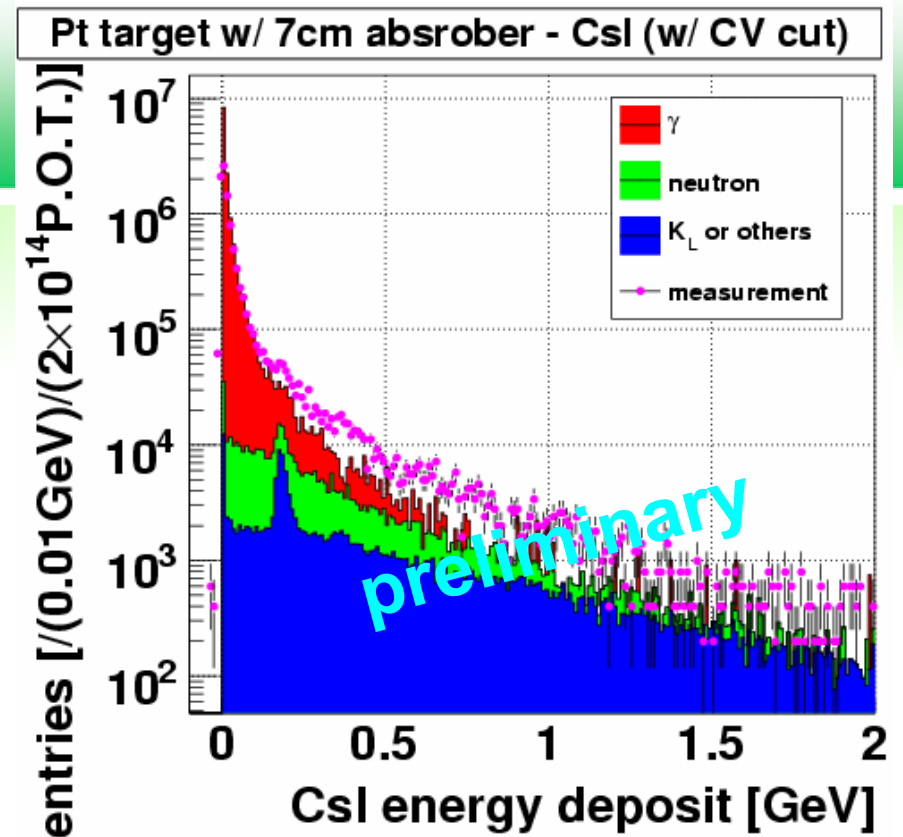
result

◇測定結果とMCで近い
分布が得られている
→ γ のエネルギー分布に
ついて大雑把には理解
出来ている

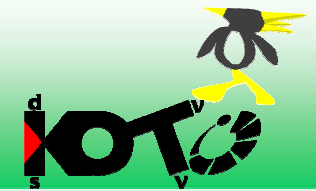
◇next to do

◇accidental hitの評価

◇samplingタイプのカロリーメータの場合との比較



summary & to do next



J-PARC K⁰TO experiment

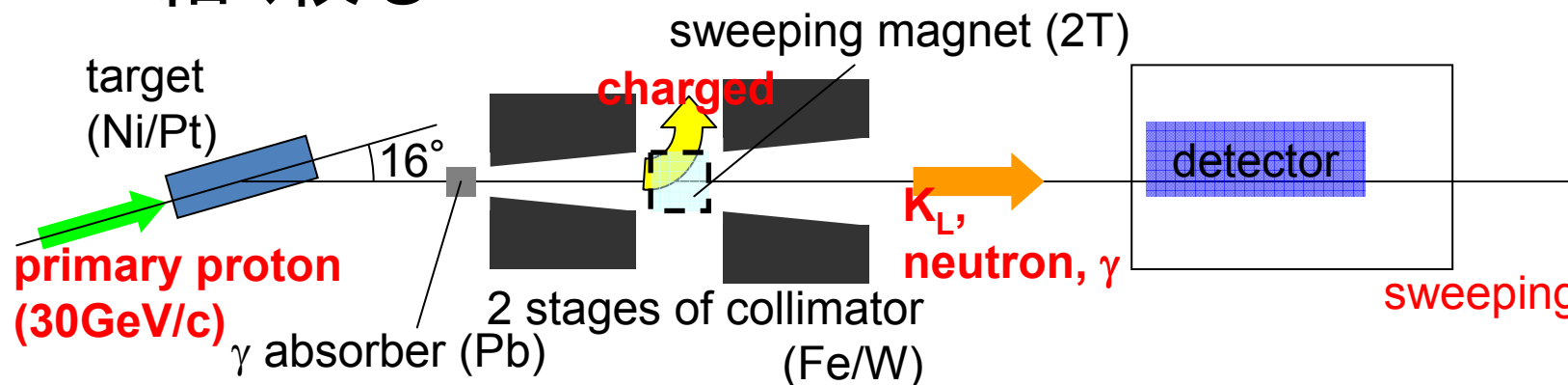
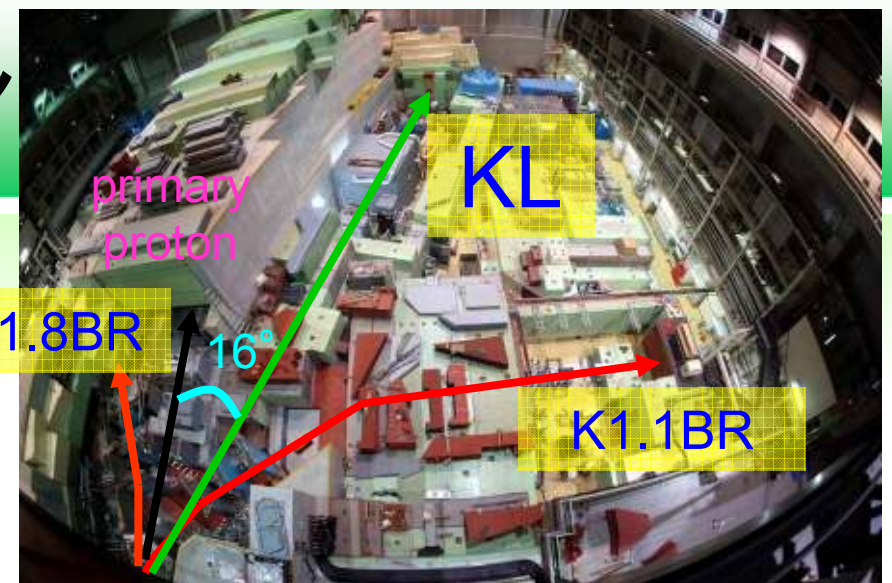
- ◇ K⁰TO実験では中性ビームラインの性質をよく理解しておくことが重要である.
- ◇ 本実験で用いるエアロジェルを用いた γ 検出器を用いて, ビーム中に含まれる γ のエネルギー測定を行った.
- ◇ 現在のところ, シミュレーションに近い分布が得られており, アクシデンタルヒットの影響等, 更に詳細な解析を進め, γ のフラックス, エネルギー分布の理解を進めて生きたい.

backup slides

$$K_L^0 \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$$

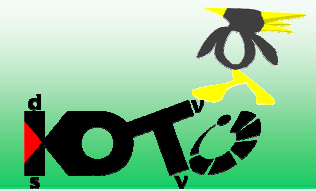
実験原理 – ビームライン

- ◇ターゲット(Ni/Pt)からの生成する中性の二次粒子をコリメータで細く絞る.



- 長いビームライン(~20m):
短寿命粒子(K_S, Λ...)を排除
- 細く絞ることで(~8μstr)K_Lの崩壊点を制限

実験原理 – 信号事象の同定

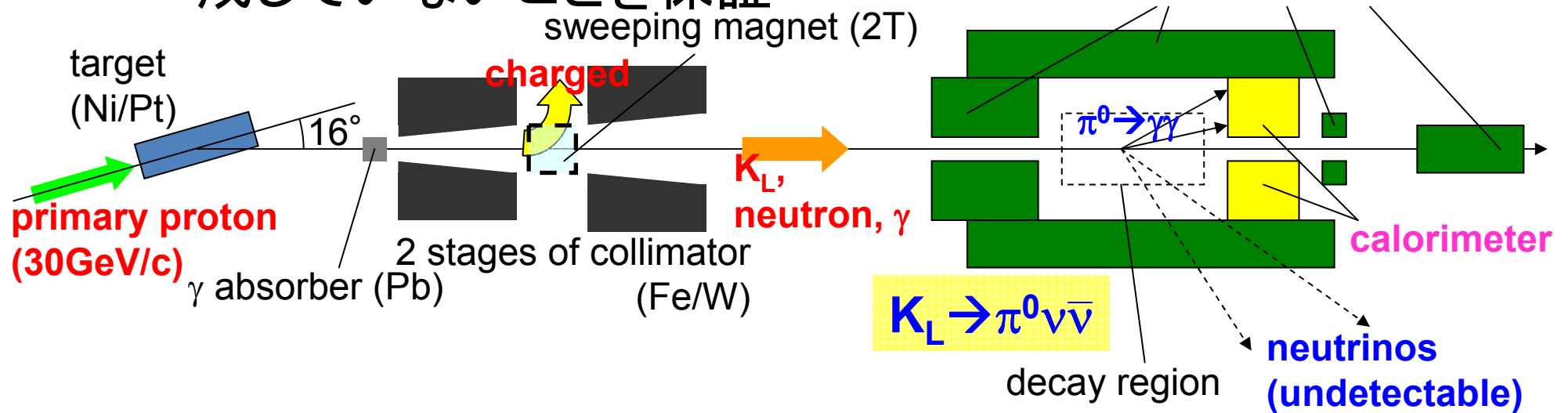


J-PARC KOTO experiment

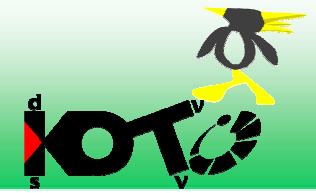
◇ π^0 & nothing

◇ $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ をカロリメータで検出

◇ 全崩壊領域を検出器で覆い, π^0 以外の粒子が何も生成していないことを保証



実験原理 – バックグラウンド事象

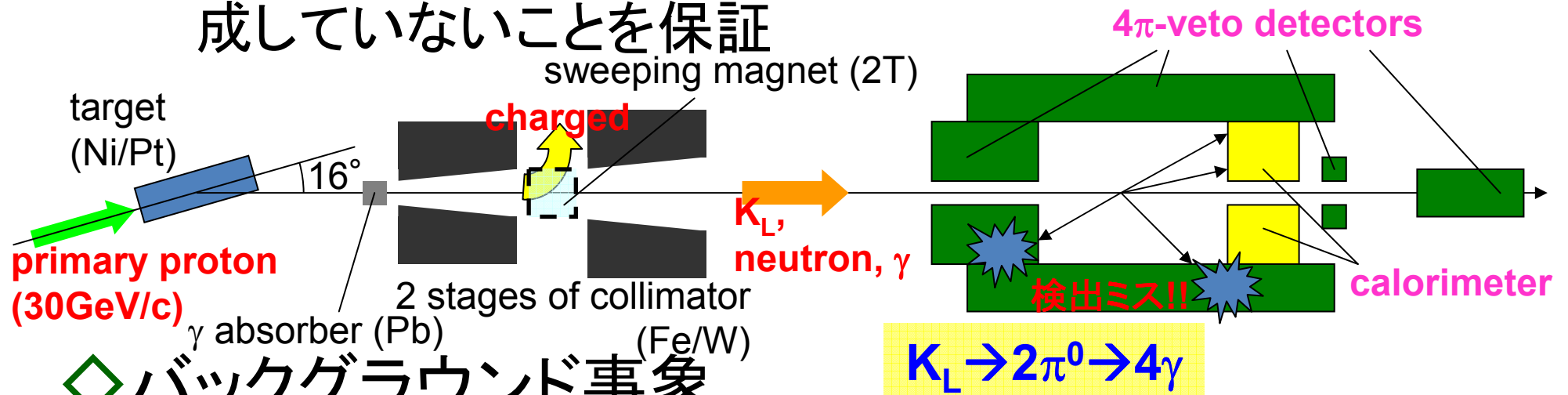


J-PARC KOTO experiment

◇ π^0 & nothing

◇ $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ をカロリメータで検出

◇ 全崩壊領域を検出器で覆い, π^0 以外の粒子が何も生成していないことを保証

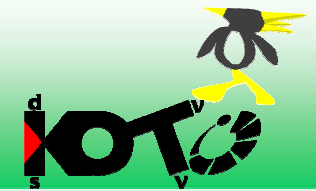


◇ バックグラウンド事象

◇ $K_L \rightarrow 2\pi^0 (\rightarrow 4\gamma)$: miss 2γ

◇ halo neutron : 検出器と相互作用して π^0 を生成

実験原理 – バックグラウンド事象

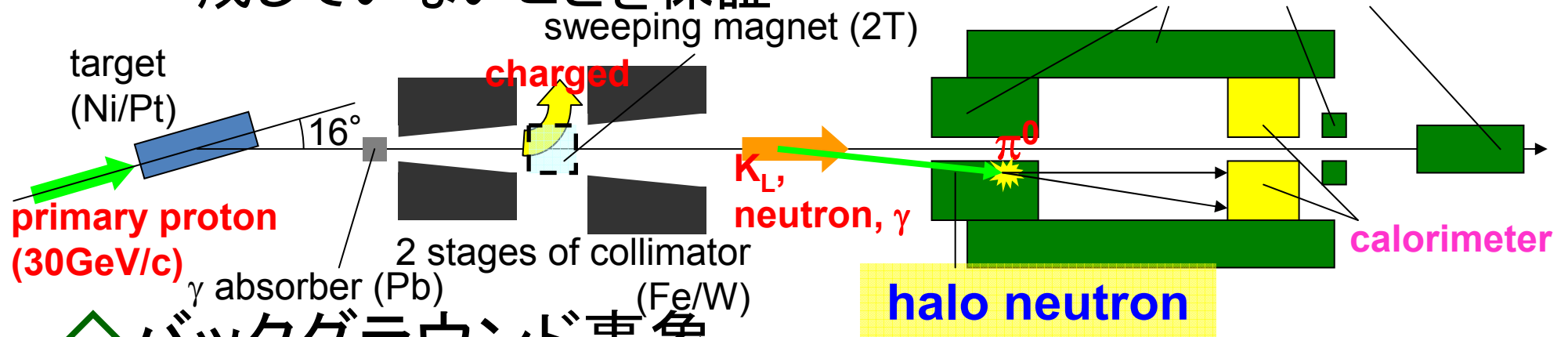


J-PARC KOTO experiment

◇ π^0 & nothing

◇ $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ をカロリメータで検出

◇ 全崩壊領域を検出器で覆い, π^0 以外の粒子が何も生成していないことを保証



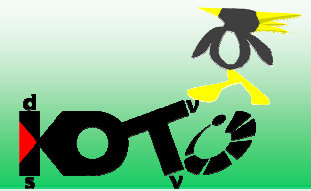
◇ バックグラウンド事象

◇ $K_L \rightarrow 2\pi^0 (\rightarrow 4\gamma)$: miss 2γ

◇ halo neutron : 検出器と相互作用して π^0 を生成

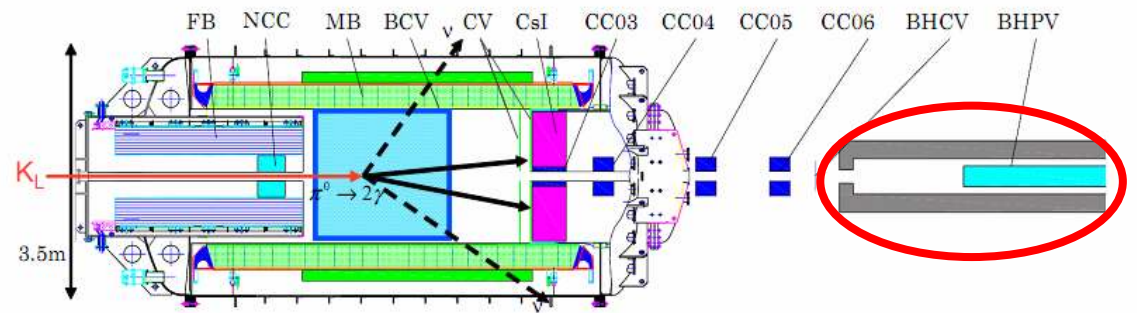
先行実験(E391a)
での最大のBG

Beam Hole Photon Veto検出器



◇役割

◇ $K_L \rightarrow 2\pi^0 \rightarrow 4\gamma$ 等で、
ビームホール
中に逃げた余剰な γ を検出する。



今後の展望

◇2011年4月

- ◇カロリメータ
全システムの性能評価

◇~10月

- ◇全検出器建設

◇12月~2012年2月

- ◇全検出器を配置して
エンジニアリング

◇2012年春

- ◇Grossman-Nir limitを越える感度での崩壊事象の探索

- ◇ $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$ 崩壊の分岐比測定結果からの間接的な制限

- ◇LHCやsuper Bと共に,新しい物理を探索していく

