



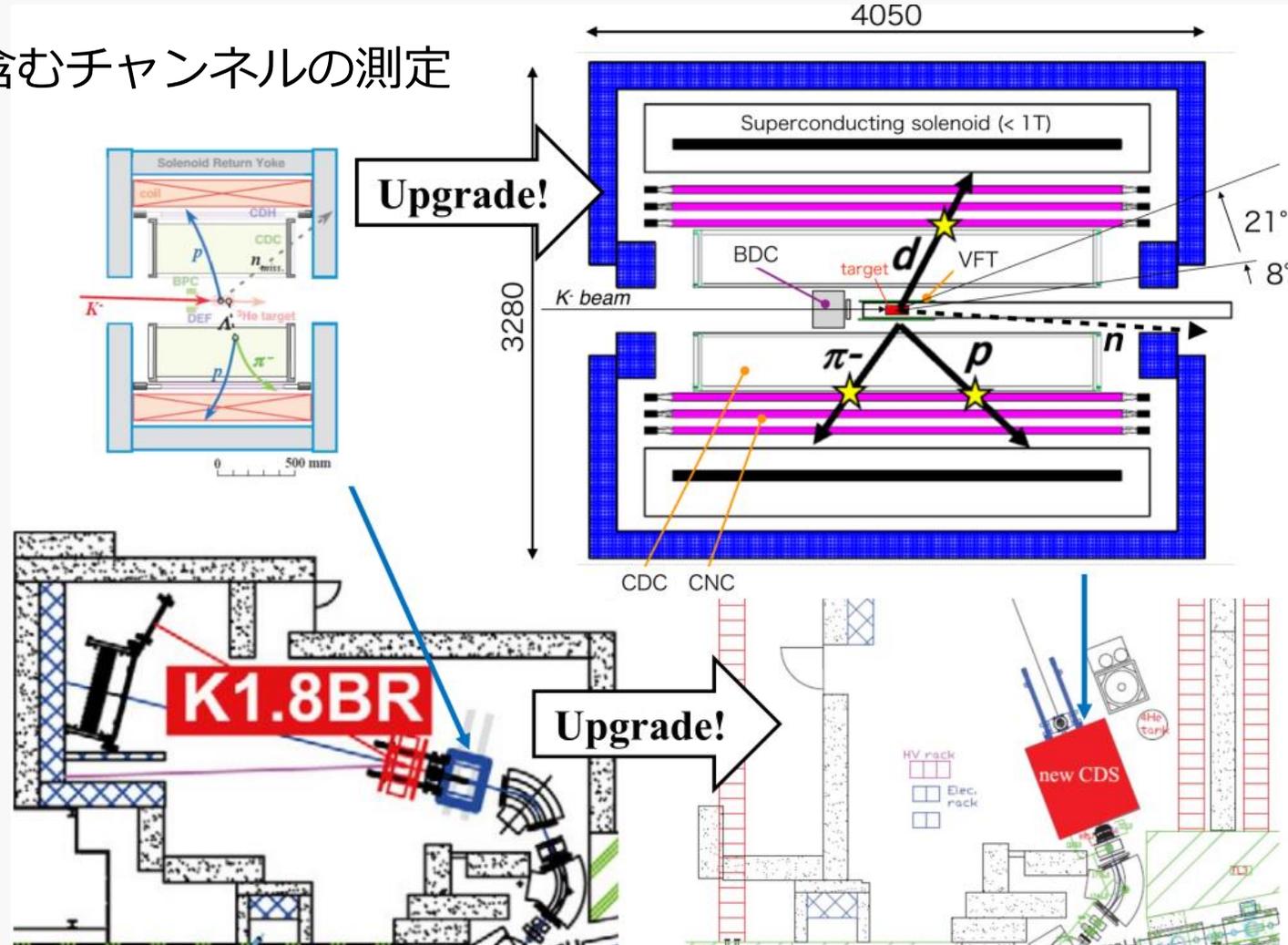
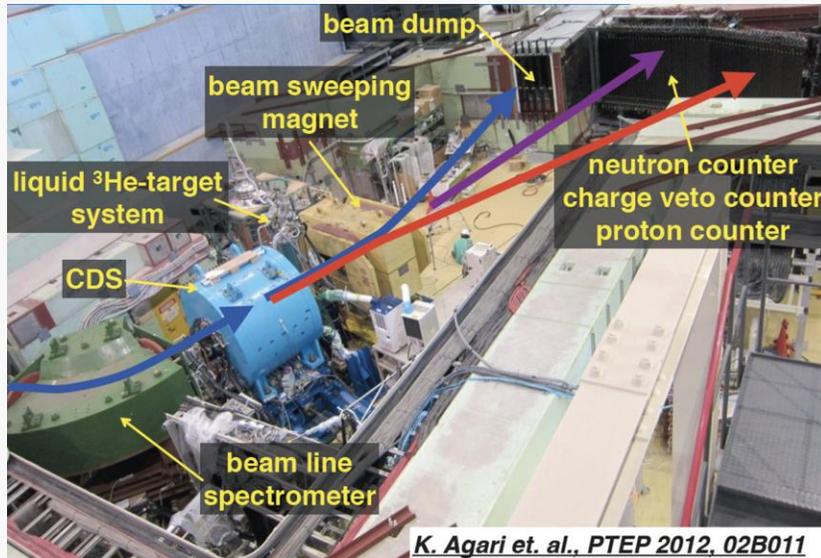
CDS状況まとめ 2024年度前期

理研 中間子理研ECL研究チーム 七村 拓野



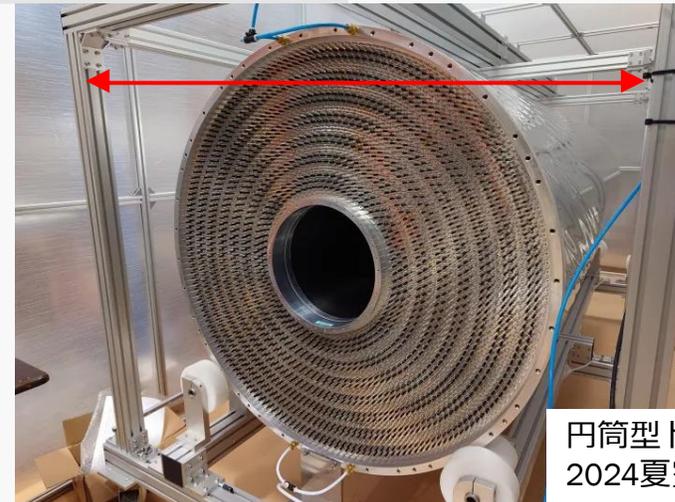
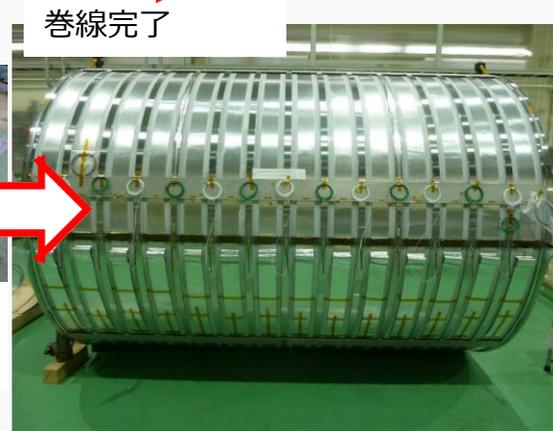
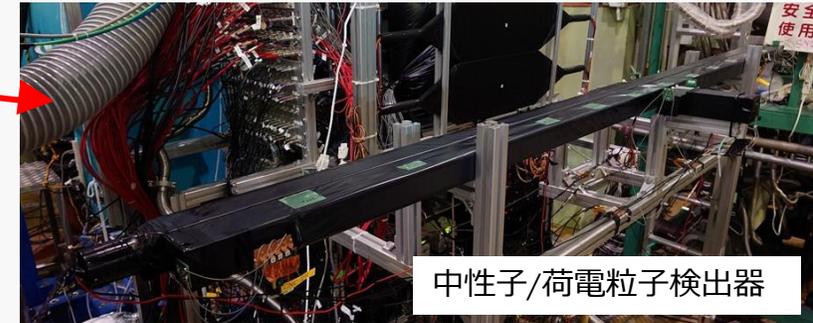
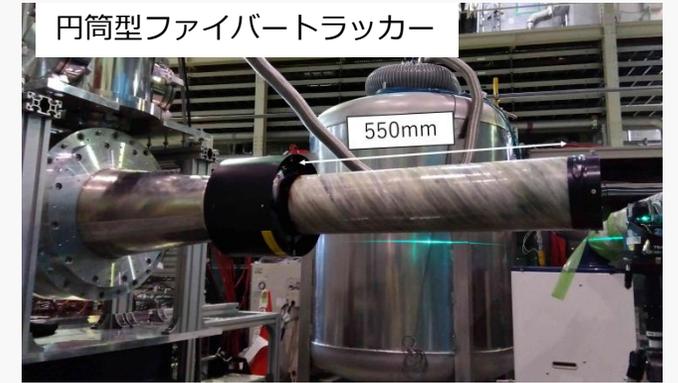
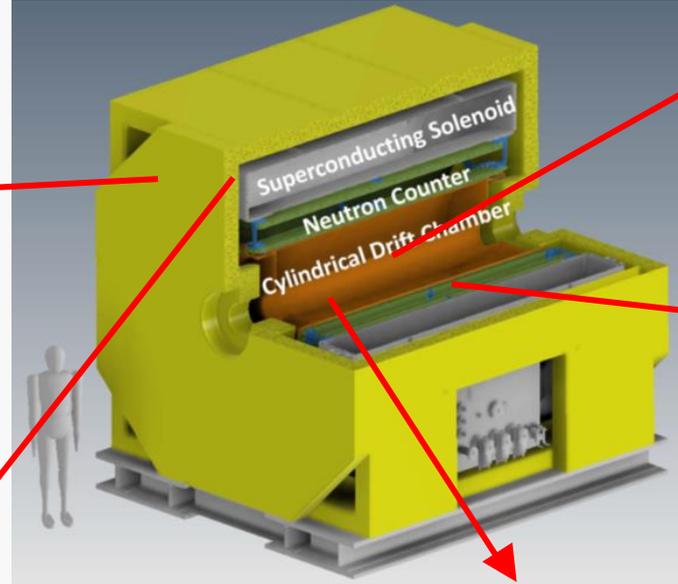
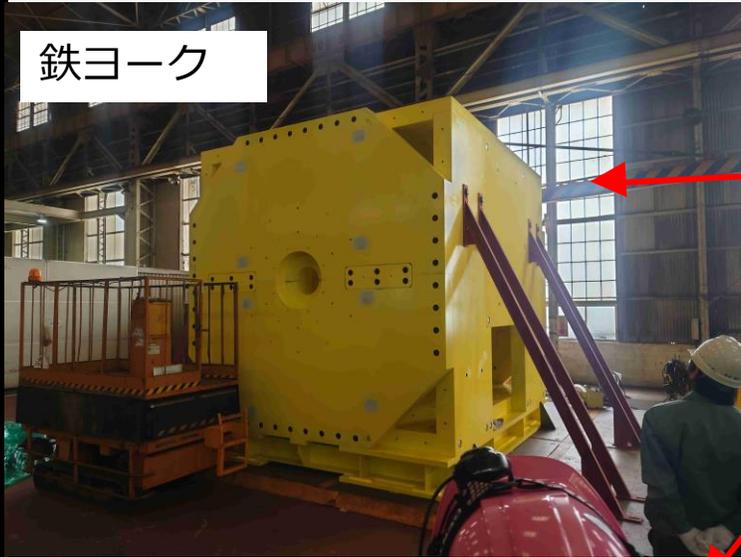
アップグレード計画と意義

- スペクトロメータの大型化
 - 大立体角・中性子検出効率向上
 - 崩壊粒子数が多い、中性子を含むチャンネルの測定
 - KbarNNN, KbarNNNN...
 - Mesonic decay
 - “ $K^0 \text{ barnn}$ ” $\rightarrow \Lambda n$
- ビームラインの短縮
 - K 強度向上 \rightarrow 収量向上

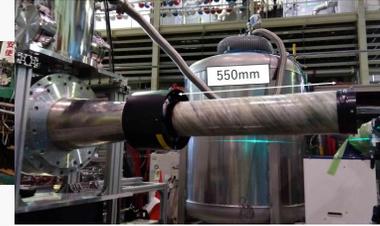
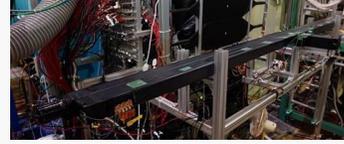


K1.8 BRでの新スペクトロメータ建造

■ 主要要素と写真



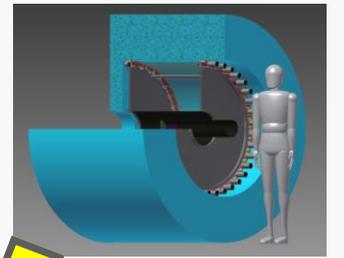
今年度の出来事



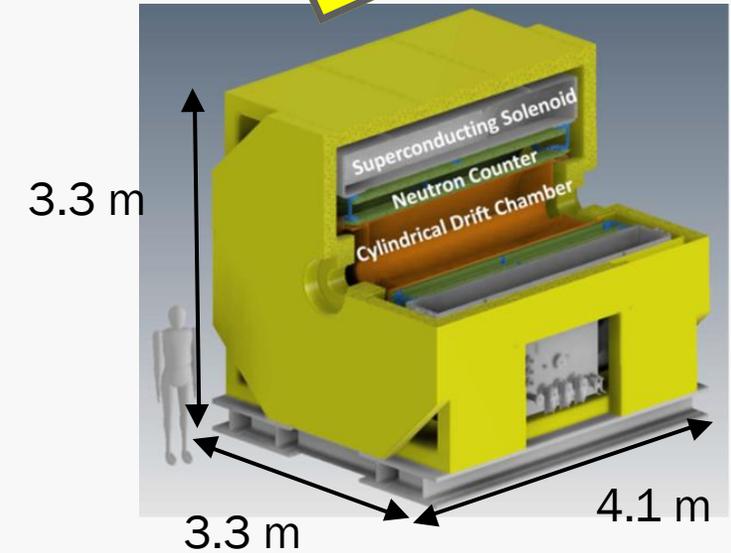
	ソレノイド	CDC	CNC	VFT	ビームライン改造	K1.8 BR
前年度	鉄ヨーク・電源納品済 コイル巻線完了済み	ワイヤ張り開始(1月)	試作機試験@ELPH	“試作機”試験 折れていたファイバーの 取り換え・修復	π ビーム線量の確認・ 50度取り出し穴からの 影響の線量計算(七村)	E73実験準備 (6月までに完了・ ドラえもん撤収予定 だった)
4		↓ ワイヤ張り		↓		↓
5		↓ 張力確認	↓ 試作機試験	↓ 試作機試験		↓
6	COMET DS 磁場測定@東芝				↓ ハドロン職員/ 測定器センターとの 打ち合わせ	↓ ビームタイム (^3H 寿命測定 $^3\text{He}(K,n)$ も測定可) 加速器トラブルに より終了せず
7		↓ J-PARC納品 Daisy chain準備	↓ シンチ発注			
年度目標	コールドマスとの一 体化・磁場測定・納品	立ち上げ・ 一部の読み出しで 宇宙線データ取得	一通りのものをそろえる →来年度組み立て MPPCbias調整回路・ 読み出し試験	検出効率評価・ CDC Trackingへの組み込み 性能評価	放射線申請書類準備 (主に施設サイド・ 計算結果まとめ)	E73ビームタイム完了 (~2月末?) ドラえもん撤収開始

Superconducting solenoid magnet

- より大きな体積中で既存のCDSと同じ一様磁場を作るために
常電導→超電導化が必要
 - $3.3\text{m} \times 3.3\text{m} \times 4.1\text{m}$
- 最大中心磁場 1.0 T , 定格189A - 10V
 - 基本デザインは *COMET Detector Solenoid* の流用
 - 当面は既存のものと同様の0.7 Tで運用予定
- 前年度末の状況
 - 鉄ヨーク・電源納品済・コイル巻線完了済み



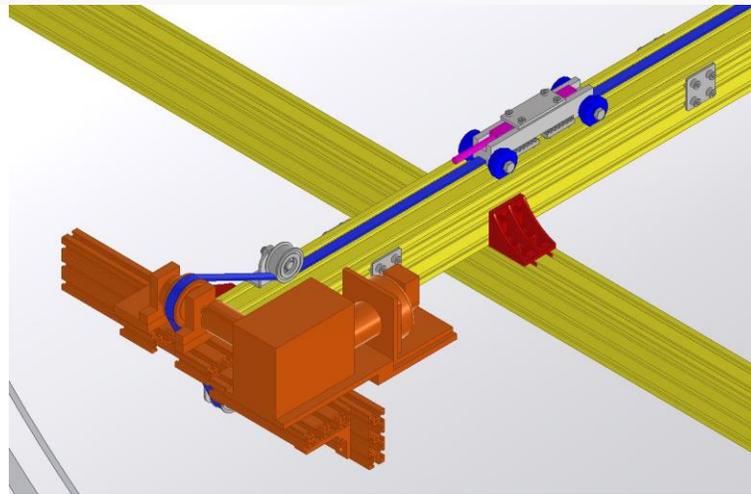
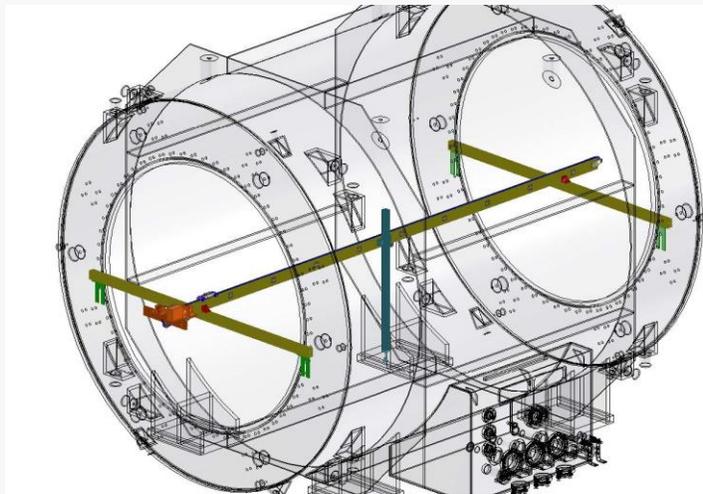
10 times larger
in volume!



Superconducting solenoid magnet

■ 今年度の状況

- COMET DS磁場測定@東芝
- 同型のものが正常に動いているという点でも意味が大きい



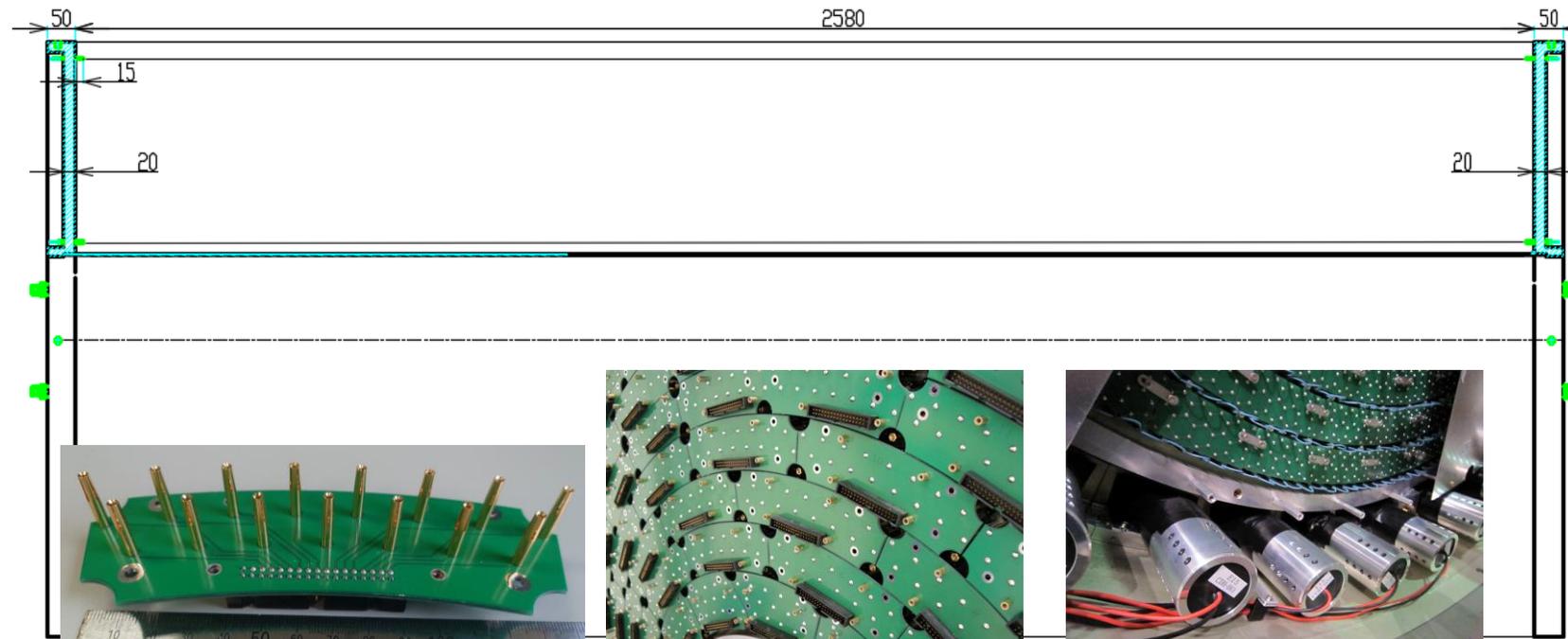
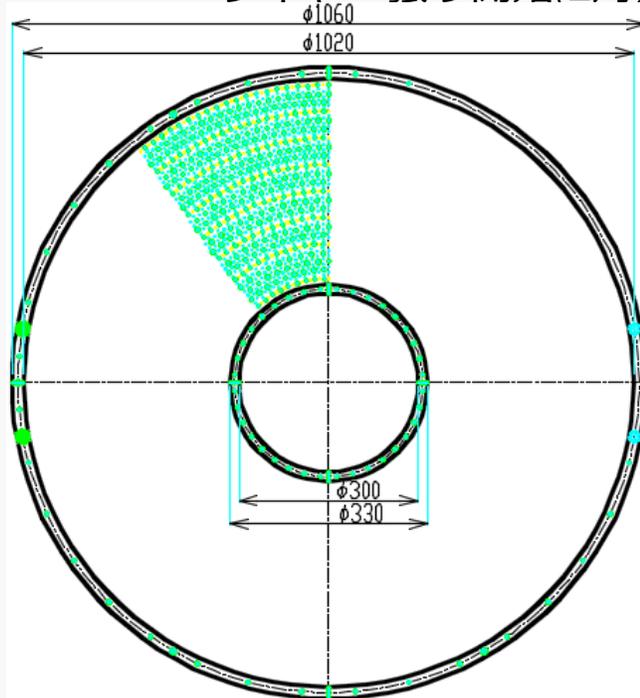
■ 今年度中の目標

- コイルのコールドマスとの一体化
- 冷却試験・磁場測定→完成！



円筒型ドリフトチェンバー(CDC)

- 既存のものより3倍長い
- 半径方向・ワイヤ構成(8064本)に関しては既存のものと同様
 - 回路類(読み出し1816ch)の流用が可能、性能も維持
 - E73実験終了までは使えない
- 前年度末までの状況
 - 両端の円盤・CFRP内筒+CFRP柱($\phi 18$) $\times 6$ で骨組みの組み上げ完了
 - ワイヤー張り開始(1月)



円筒型ドリフトチェンバー(CDC)

■ 今年度の状況

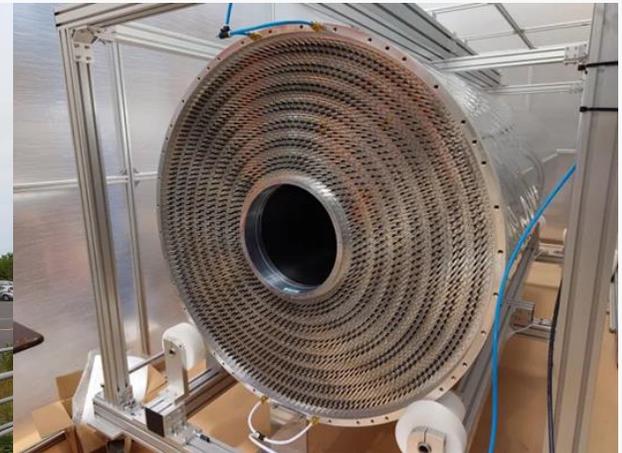
- ワイヤ張り完了
 - 張力も問題なし
- J-PARC (HD実験準備棟)まで搬入済み
 - Ar-CO2 (90:10%)を流している



館山からJ-PARCへ

■ 今年度の目標

- HV印加に向けて
 - Field/guardのdaisy chain(木村くん)
- 宇宙線コミッションング
 - 全ch(はE73終了後(来年度)に持ち越し
 - 14/118だけ読みだすことから始める
 - 木村くん(東北大RARiS)修論に



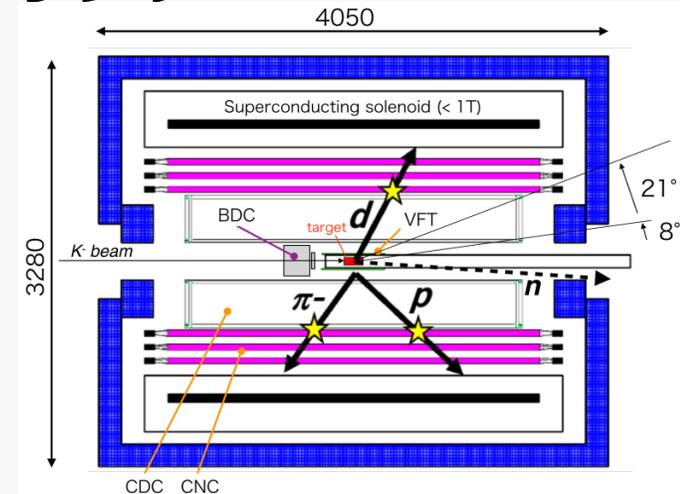
中性子検出器

■ スペクトロメータ外周部に配置するシンチレーションカウンター

- 荷電粒子・中性子を検出、トリガーを作る
- 長さ約3,000mm
- 要求時間分解能
 - p/(K)/ π separation: 150 psあれば十分
 - 中性子の位置分解能: 100ps で2 cm程度

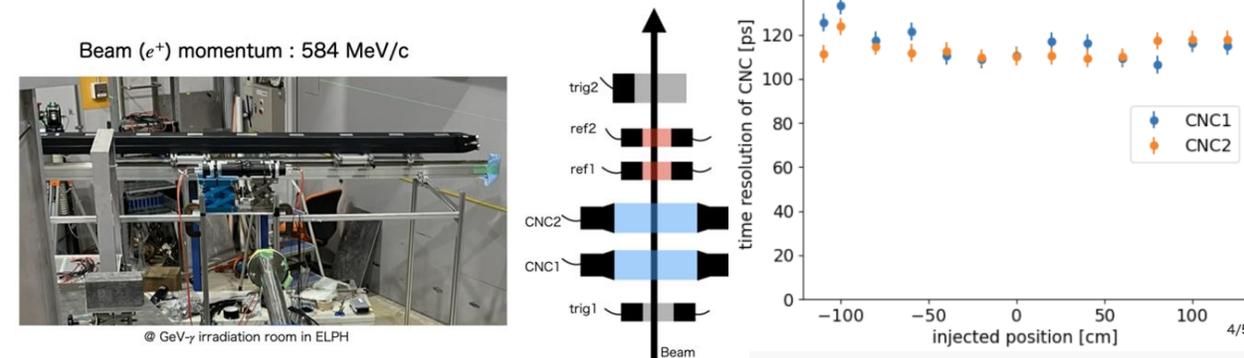
■ 前年度末までの状況

- 試作機試験(ビーム@ELPH)
 - 5cm×12cm×260cmのもの
 - 典型的な時間分解能～110ps
 - 位置依存性→小さいことを確認
 - ライトガイド→短い(ない)方がよい
- 予算の確保



CNC proto

CNC beam test at ELPH in October 2023



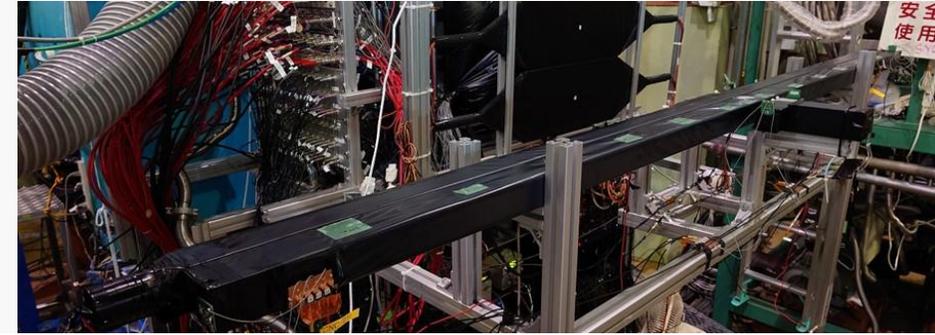
中性子検出器

■ 今年度の状況

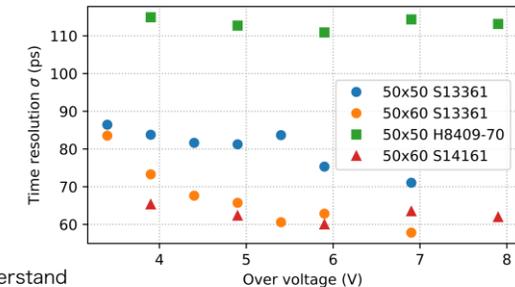
- 再試作機テスト@J-PARC
 - 5cm×5cm×260cm, 6cm×5cm×260cmのもの
- FM-PMT [H8409(R7761)], MPPC(S13361, S14161)
- MPPCでは100psを切る時間分解能を確認
- PMTは昨年のELPHでのテストと変わらない?
 - 宇宙線での追試験中
- 最終デザイン決定
 - 6cm×6cm×300cm, 2層
 - 陽子の偏極測定のための追加トラックのための空間を考慮
 - シンチレータ発注

■ 今年度中の目標

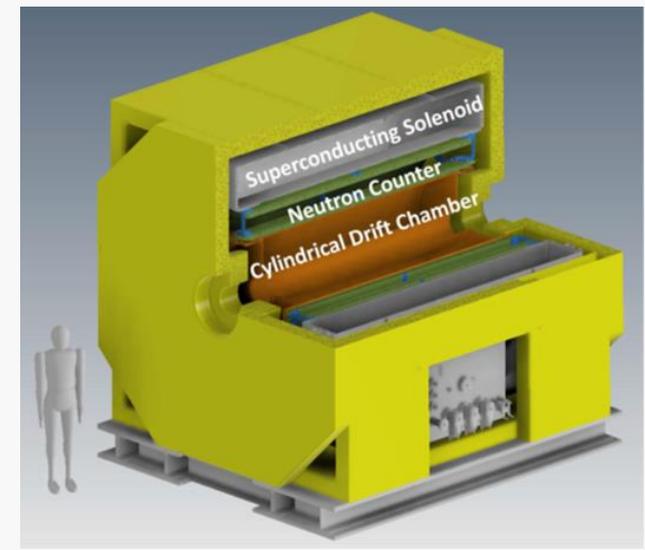
- PMT読み出しでの性能を確認→読み出しの最終決定
 - 1層目PMT+2層目MPPC or 全部MPPC?
- MPPC Bias調整回路・読み出し回路の試験



Preliminary results 橋本さんスライド



- We do not understand
 - PMT: why the resolution is almost the same as the 50x120 + LG case (p.2)?
 - MPPC: why the difference between 50x50 and 50x60 is so large?
- Anyways, MPPCs can achieve good enough time resolution!



Vertex Fiber Tracker(VFT)

■ 標的周りを囲む検出器

- $\Phi 1\text{mm}$ の円筒型ファイバーをらせん状に巻いた4層
 - 合計896本

■ スペクトロメータの性能を向上させる

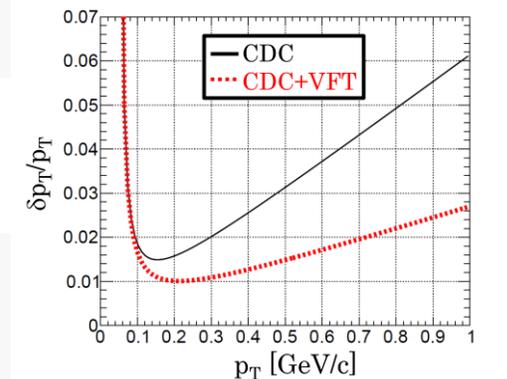
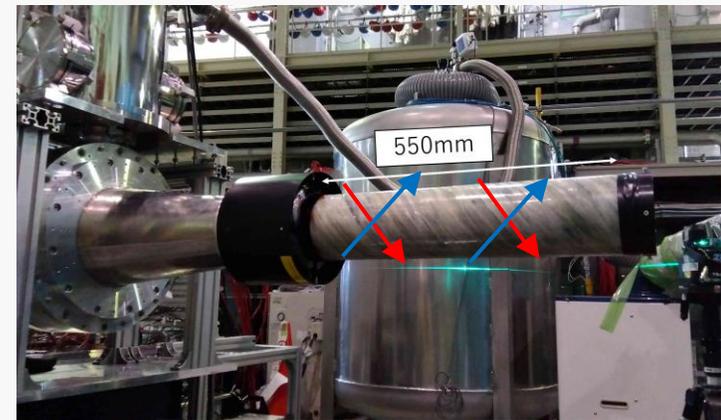
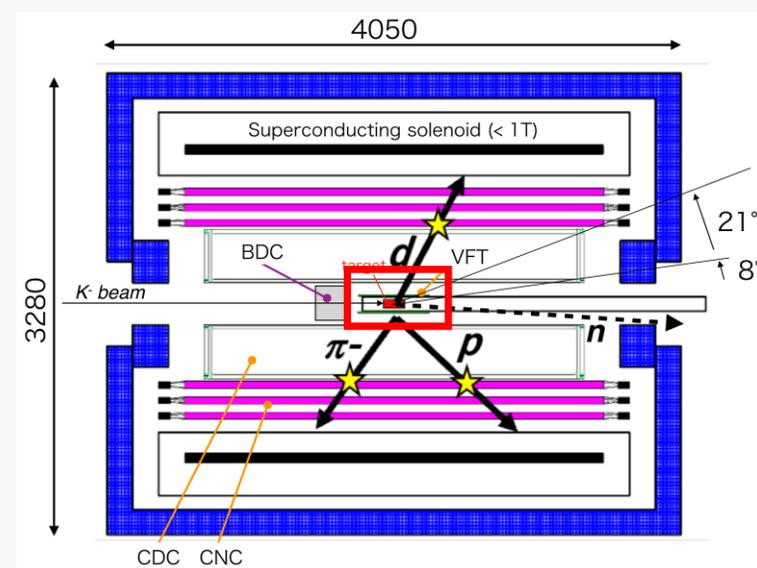
- ビーム軸方向の位置分解能
 $\sim 1\text{cm}$ (CDC only) $\rightarrow \sim 1\text{mm}$ (CDC+VTF)
- ターゲット周りの立体角
 97% of 4π (15° - 165°)
- Momentum resolution
 $L \sim 30\text{cm}$ (CDC only) $\rightarrow \sim 43\text{cm}$ (CDC+VFT)

Efficient for Background reduction

■ 前年度末の状況

- ビームテスト、宇宙線テスト
 - ビーム軸方向位置分解能の向上を確認
 - 多く($\sim 80/896$ 本)のファイバーが折れていた \rightarrow 交換・修復

$$\left(\frac{\delta P_T}{P_T}\right)_m = \frac{P_T \sigma_{r\phi}}{0.3L^2B} \sqrt{A_N}$$



Vertex Fiber Tracker(VFT)

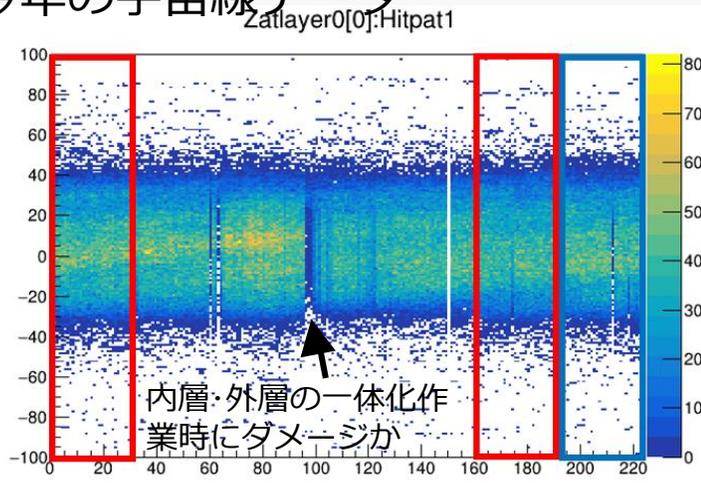


- 今年度の状況
 - “試作機”試験 in E73 setup
 - 大きく破損していた帯などは取り換え
 - ノイズも昨年よりは減り～3photon Vthで運用
 - Beam, CDCでVertexを組んでVFT内側を要求したとき
 - Roughな見積もりのEff(少なくとも1hitがある) 95%-97%
 - 折れているファイバーの本数の面積比よりは少し小さい
 - 分母の選択、hitのcluster化、Trackとのmatchingなど詰める必要あり

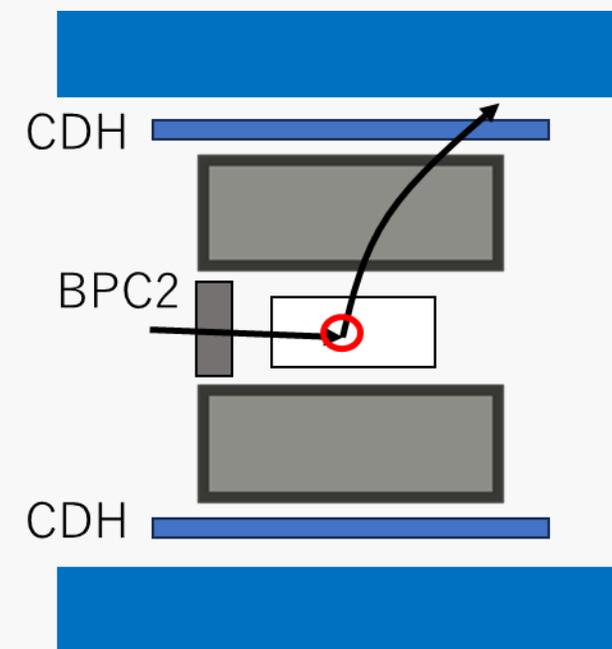
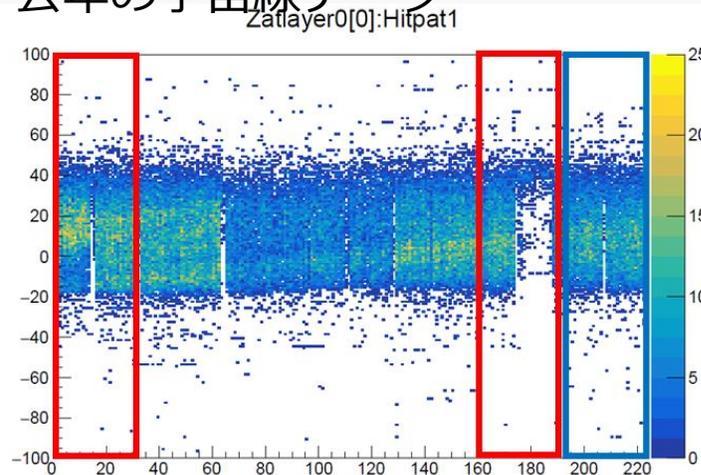
今年度の目標

- efficiencyの評価を固める→実機の作り方などの議論へ
- CDCTrackingに組み込む・分解能の評価(E73の続きまでには)

今年の宇宙線データ



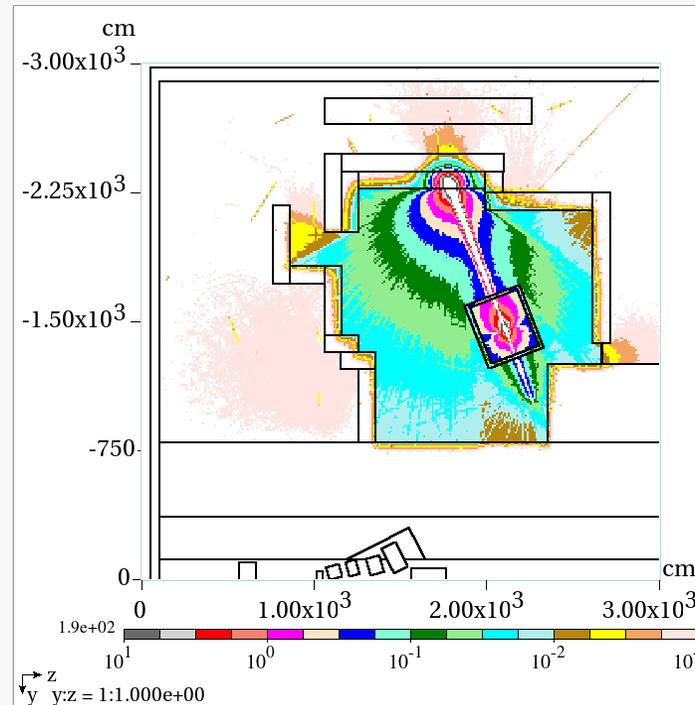
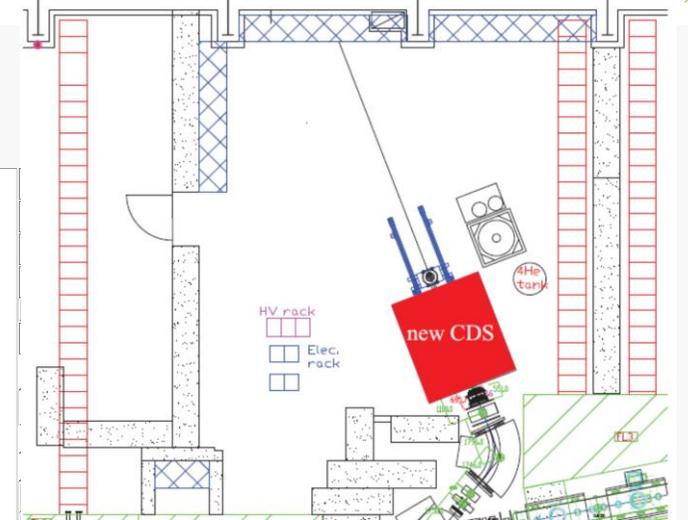
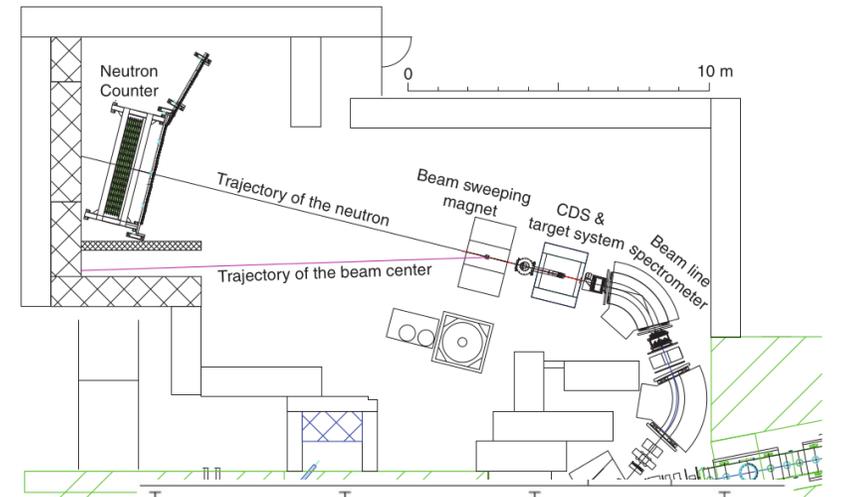
去年の宇宙線データ



取り替えた帯
外してつけなおした帯

線量計算

- ビームラインアップグレードではK1.8BRエリアの“形”(ビームダンプ・遮蔽体の積み方など)が変わる
 - 原子力規制庁に申請が必要
- MARSコードなどでの線量計算を行い、(運転中の)ホール内の空間線量が規定値を超えないことを確認する必要がある
- 浅野計算→七村も再確認
 - エリア内で30M/spillの2次 π ビームを出した時にK1.8BRエリア外の線量が $25\mu\text{Sv/h/m}^3$ を下回ることを確認

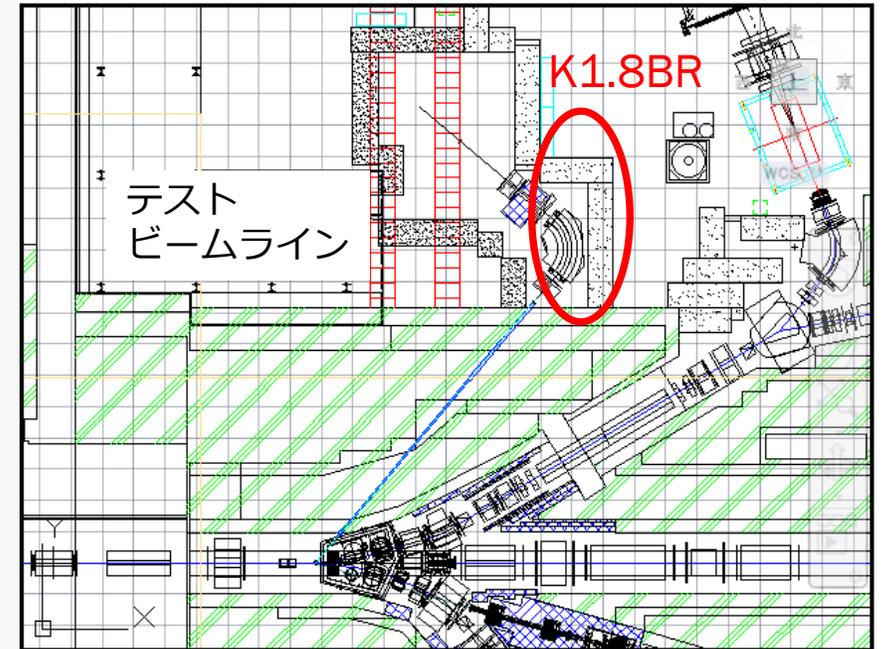


線量計算

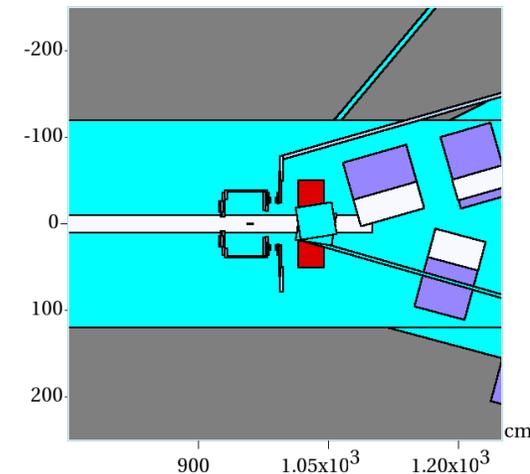
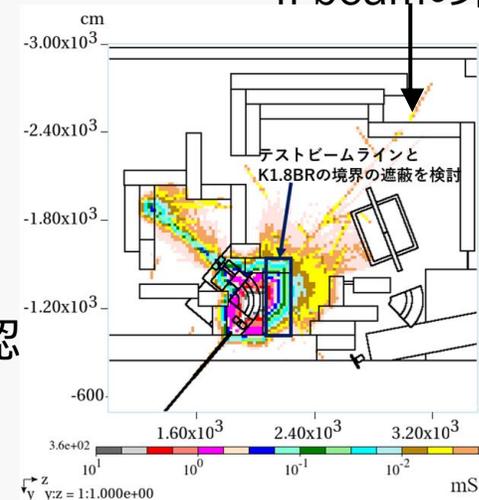
- 将来的にハドロンビームでの検出器テスト等を行える
テストビームラインをK1.8BRの隣に作る計画もある
 - T1標的から50度取り出しの穴が開いている
- ここにビームを出すときにも十分な
K1.8BRとの境界の遮蔽を検討しておきたい
 - 1次陽子とT1標的の反応由来の粒子の影響の計算
 - 標的周りの真空箱などを計算に入れて、
1次陽子由来の粒子数が実測と大体合うようになった

■ 今年度の出来事・目標

- KEK測定器センターもテストビームラインの本格的な
検討を開始→議論
 - 1 GeV/cは高エネの人には物足りない?
 - TM後方に検出器を追加して粒子数の実測
 - 低エネルギー電子などを除外する
- PACによるエリア改造の *recommendation*
- 結果をまとめる・計算ジオメトリと現実の予定の再確認
 - 申請書を用意する段階になったはず

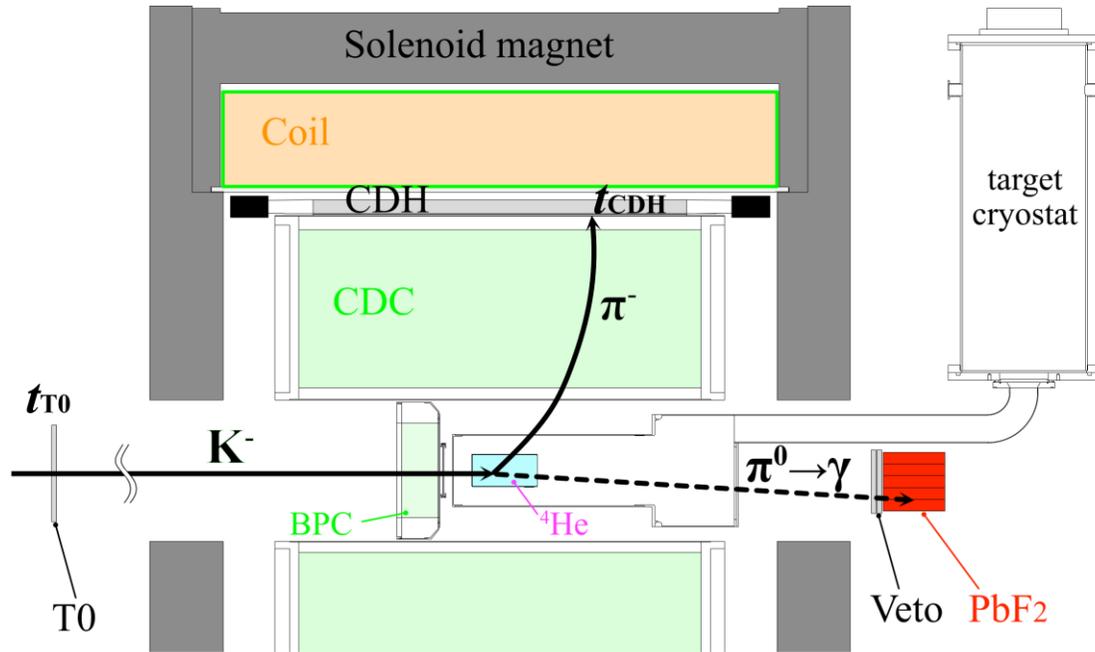


この遮蔽は2m高さ (by山我さん)
π beamの計算に影響



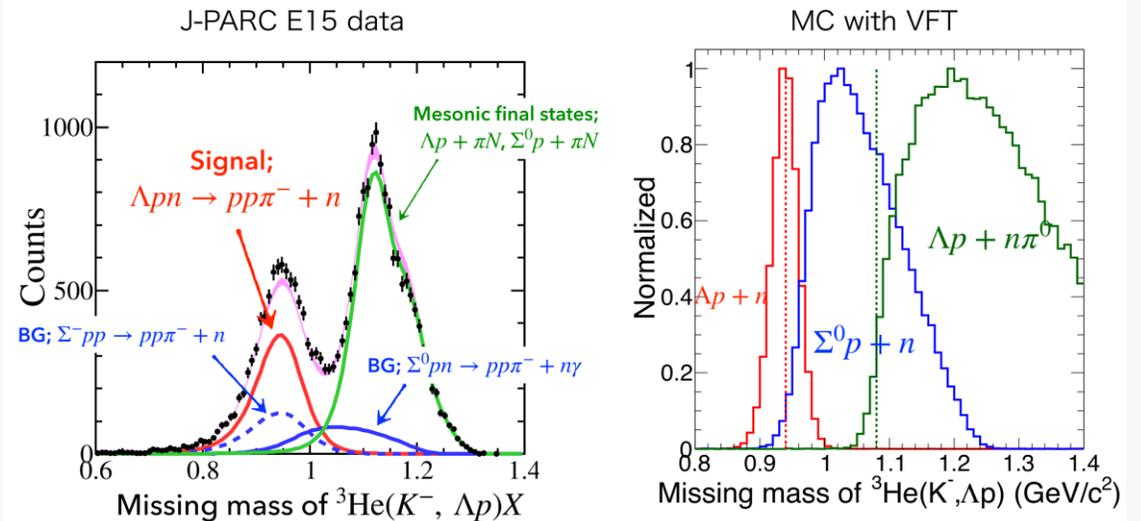
E73実験ビームタイム

- ${}^3\text{He}(K^-, \pi^0)$ 反応を用いた ${}^3_\Lambda\text{H}$ 寿命測定実験
 - 同時にE15実験と同様の ${}^3\text{He}(K^-, n)$ 反応, T77と同様の ${}^4\text{He}(K^-, n)$ も測定可能
 - 統計量は約2倍
 - VFTを導入することによるビーム軸方向位置分解能・運動量分解能の向上
 - $\Lambda p/\Sigma^0 p$ の分離など、量だけでなく質も向上したデータが得られることを期待



$$t_{\text{decay}} = (t_{\text{CDH}} - t_{\text{T0}}) - t_{\text{CDC}}^{\text{calc.}} - t_{\text{beam}}^{\text{calc.}}$$

橋本さんスライド
 Λ/Σ^0 separation might be possible

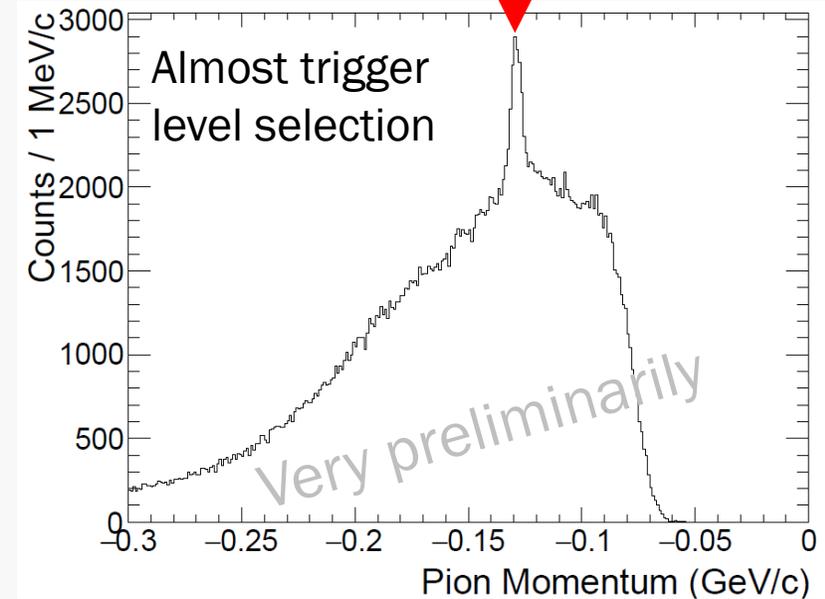


- Resolution would be improved $\sim 40 \text{ MeV} \rightarrow \sim 25 \text{ MeV}$
- We expect different structure in $m_{\Sigma^0 d} (I=1)$ because $\bar{K}NNN \rightarrow \Lambda d (I=0)$

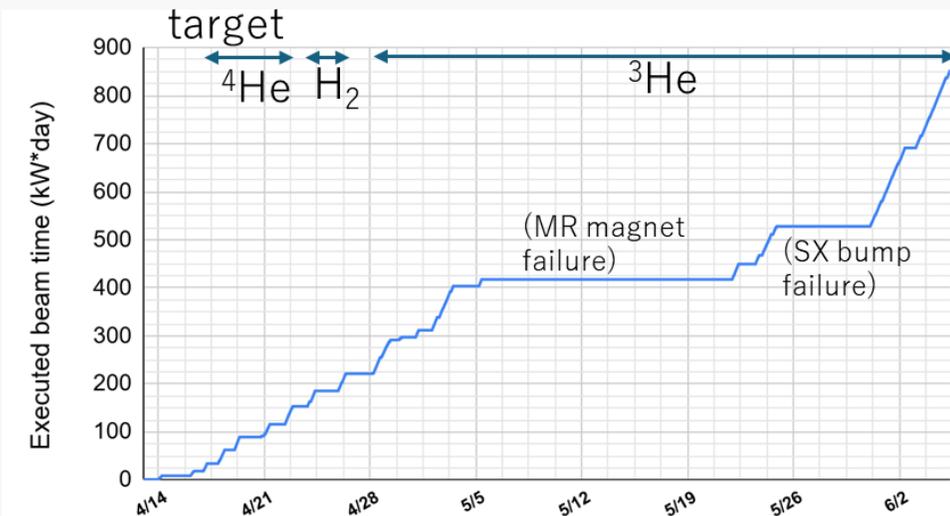
Apr-June 2024 run summary

- Allocated beam time: **80kW*25 days** including controlled run
- Controlled run was successfully performed almost as scheduled!
 - **~80kW*3 days**
 - Apr 17-22 : ${}^4_{\Lambda}H$ production (4He target)
 - 134 kW*days data in total.
 - ほぼT77と同量
 - ${}^4_{\Lambda}H$ event はトリガーレベルのcutでも見えている
 - Apr 23-26 : Hydrogen target run
 - 74 kW*days data in total.

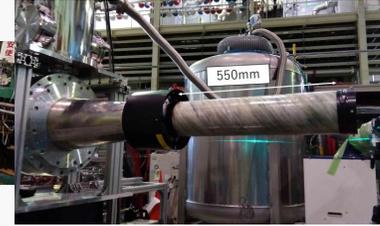
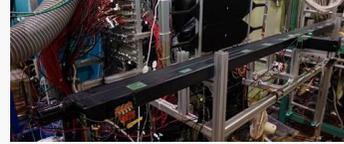
Decay π^-
from ${}^4_{\Lambda}H$ (~ 133 MeV/c)



- ${}^3_{\Lambda}H$ production (w/ 3He target)
 - We could take only **~80kW*8 days** data.
 - About **80kW*14 days** beamtime is left.
 - リクエスト通り次は80kW*16 days assignされる予定 (4He target run 2日も含む)



まとめ(今年度の出来事・目標)



	ソレノイド	CDC	CNC	VFT	ビームライン改造	K1.8 BR
前年度	鉄ヨーク・電源納品済 コイル巻線完了済み	ワイヤ張り開始(1月)	試作機試験@ELPH	“試作機”試験 折れていたファイバーの 取り換え・修復	π ビーム線量の確認・ 50度取り出し穴からの 影響の線量計算(七村)	E73実験準備 (6月までに完了・ ドラえもん撤収予定 だった)
4		↓ ワイヤ張り		↓		↓
5		↓ 張力確認	↓ 試作機試験	↓ 試作機試験		↓ ビームタイム (^3H 寿命測定 $^3\text{He}(K,n)$ も測定可) 加速器トラブルに より終了せず
6	COMET DS 磁場測定@東芝	↓	↓	↓	↓ ハドロン職員/ 測定器センターとの 打ち合わせ	
7		↓ J-PARC納品 Daisy chain準備	↓ シンチ発注			
年度目標	コールドマスとの一 体化・磁場測定・納品	立ち上げ・ 一部の読み出しで 宇宙線データ取得	一通りのものをそろえる →来年度組み立て MPPCbias調整回路・ 読み出し試験	検出効率評価・ CDC Trackingへの組み込み 性能評価	放射線申請書類準備 (主に施設サイド・ 計算結果まとめ)	E73ビームタイム完了 (~2月末?) ドラえもん撤収開始