

23aSG-01



COMET-CDC の 宇宙線を用いた性能評価試験

森津 学

久野良孝、坂本英之、佐藤朗、中沢遊、山根峻人、吉田学立、
Nam Tran Hoai, Ming Liang Wong, Ting Sam Wong, Chen Wu^{A,B}, Jie Zhang^A、
他COMET-CDCグループ
阪大理, IHEP^A, Nanjing Univ.^B

2016/09/23

日本物理学会2016年秋季大会 @宮崎大学

Contents

1. Introduction

- μ -e conversion & COMET experiment

2. CDC の建設状況

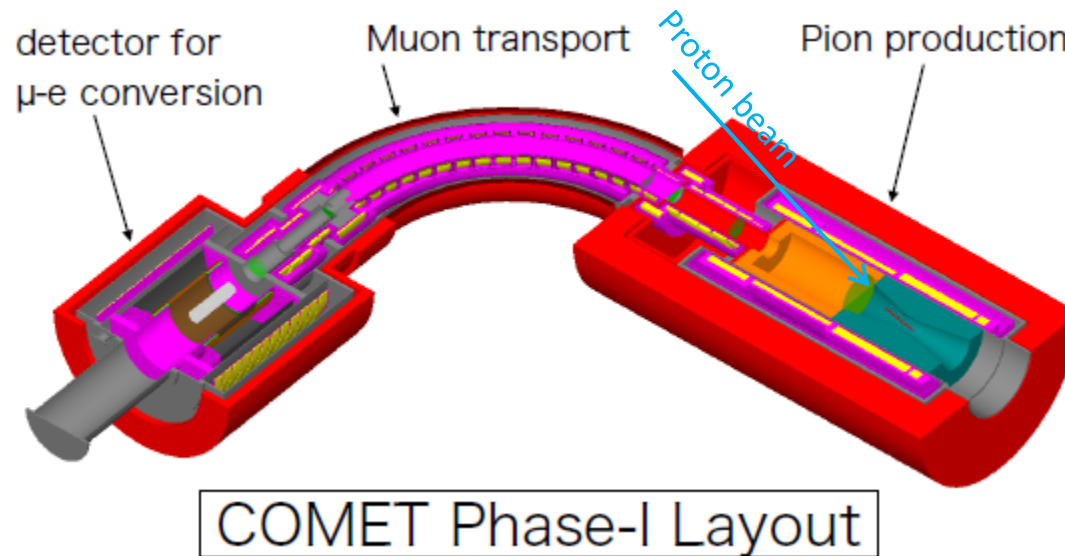
- 内筒のインストール
- ガスリーク試験
- ケーブル配線

3. 宇宙線試験

- First data taking
- 試験の展望とスケジュール

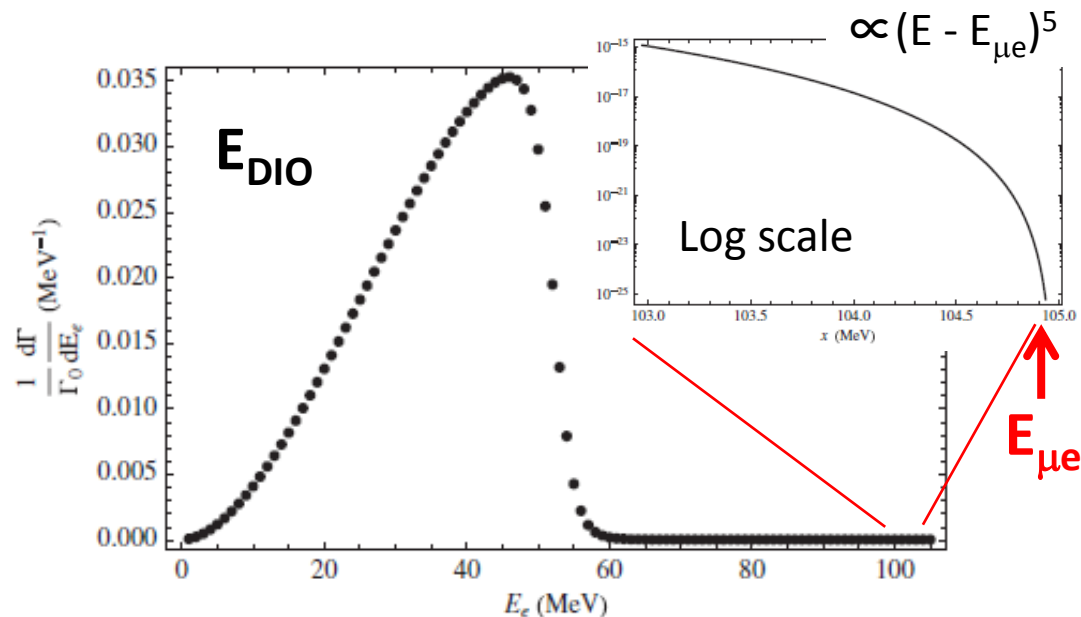
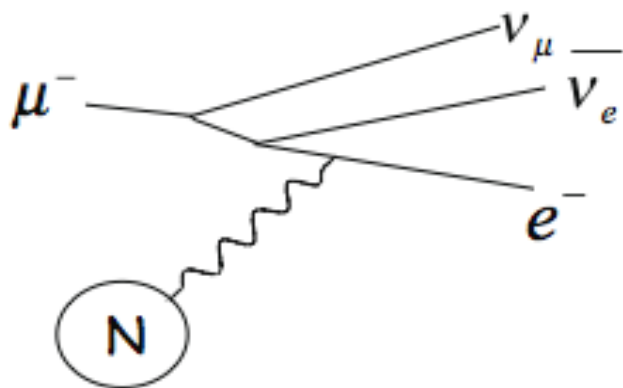
4. Summary

Introduction --- μ -e conversion search



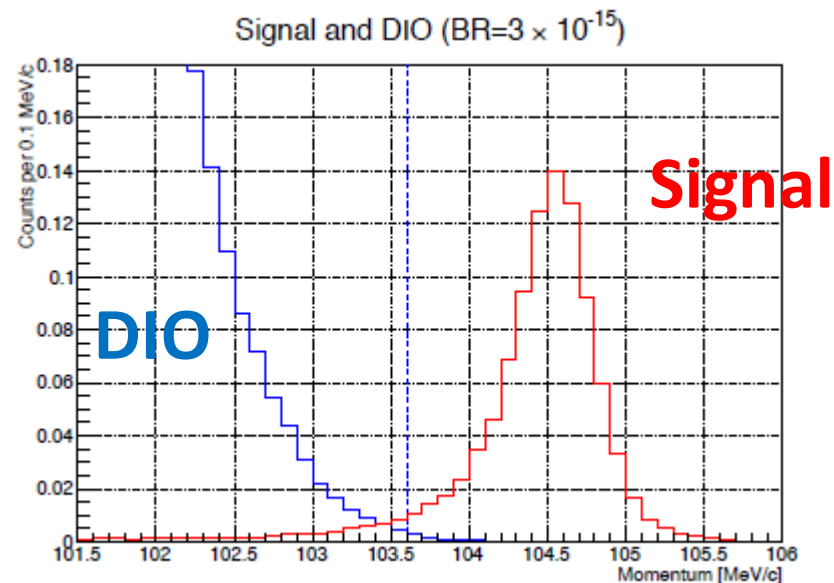
- ミューオン・電子転換過程 $\mu^- N \rightarrow e^- N$
- Charged Lepton Flavor Violation beyond the Standard Model
- 探索感度: S.E.S. $\sim 3 \times 10^{-15}$ at COMET Phase-I
- J-PARCの大強度ビームと超伝導ソレノイドにより大量のミューオンを生成・輸送
- 物理測定にCylindrical Drift Chamber (CDC) を採用
- シグナルは ~ 105 MeVの単色電子 (for Al標的)
- 主な背景事象は、
 1. Beam-related BG $\rightarrow$ 高純度パルスビーム@J-PARC Bunched SX
 2. Decay-In-Orbit electron (DIO電子) $\rightarrow$ 次のページ

Muon Decay in Orbit



DIO電子とシグナル電子を分けるには、
運動量分解能 < **200 keV/c**
for **100 MeV electrons**

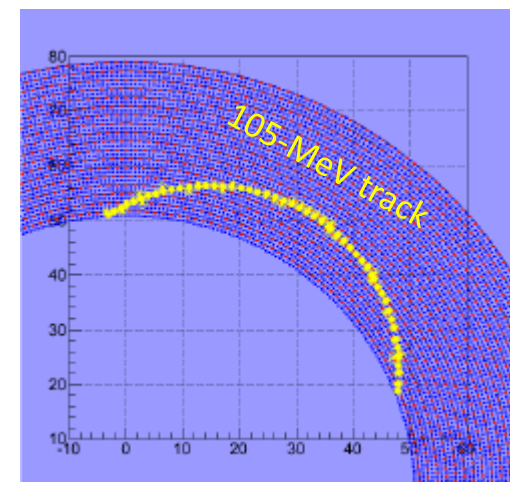
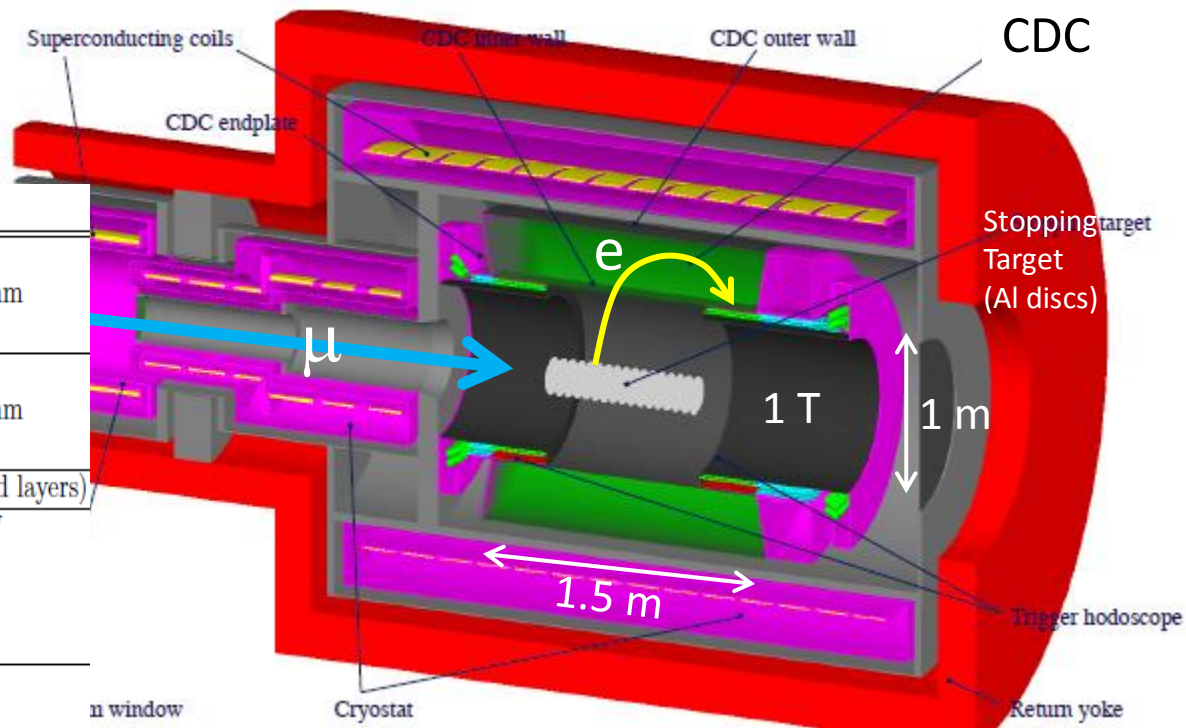
@ S.E.S. = 3×10^{-15} (Phase-1)



COMET CDC

Table 13.1: Main parameters of the CDC.

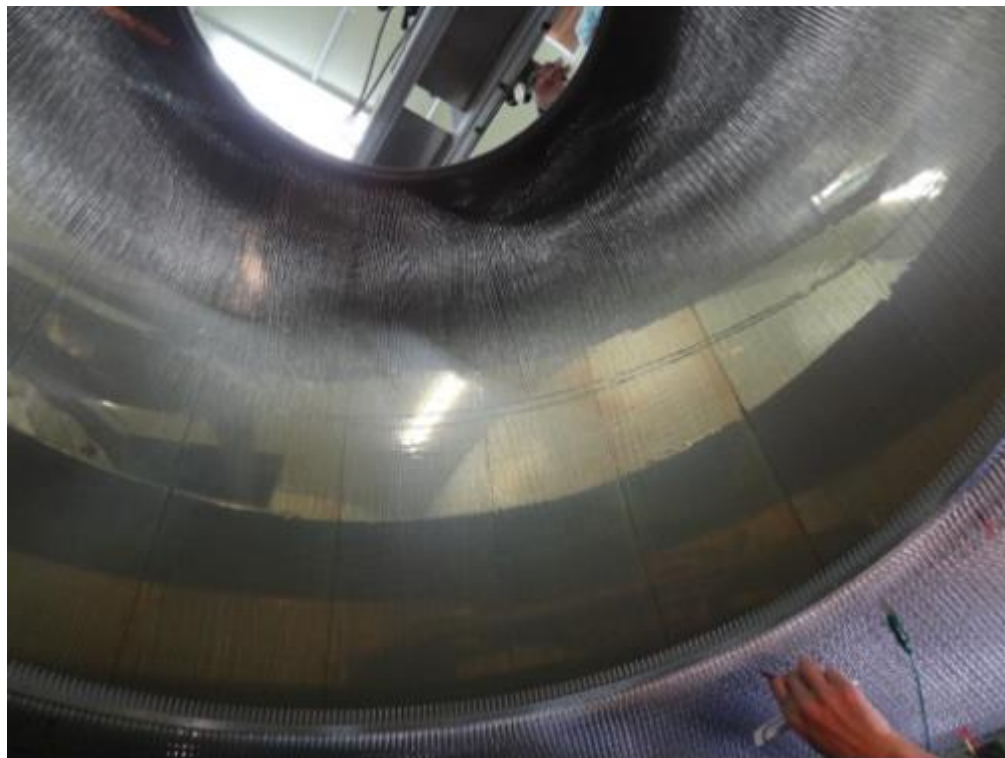
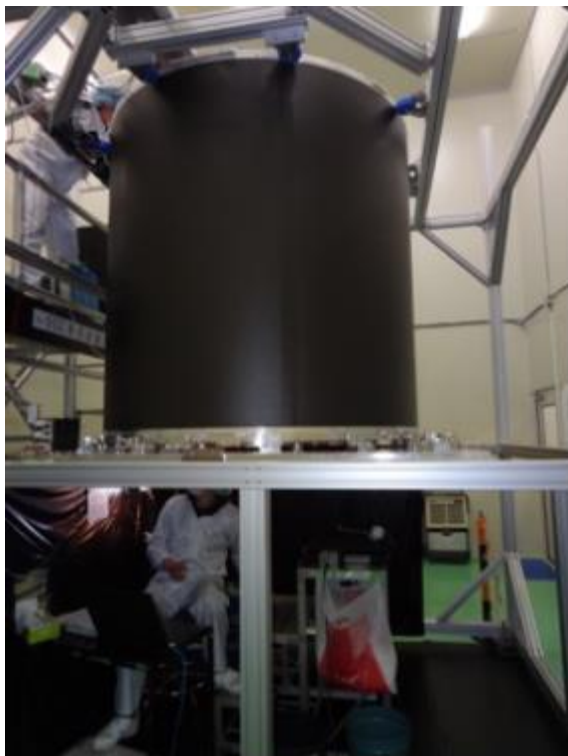
Inner wall	Length	1495.5 mm
	Radius	496.0~496.5 mm
	Thickness	0.5 mm
Outer wall	Length	1577.3 mm
	Radius	835.0~840.0 mm
	Thickness	5.0 mm
Number of sense layers		20 (including 2 guard layers)
Sense wire	Material	Au plated W
	Diameter	25 μm
	Number of wires	4986
	Tension	50 g
Field wire	Material	Al
	Diameter	126 μm
	Number of wires	14562
	Tension	80 g
Gas	Mixture	He:i-C ₄ H ₁₀ (90:10)
	Volume	2084 L



COMET CDC の特徴

- Large inner bore, $\phi 1\text{ m}$ @1 T <- suppress DIO hits
- All stereo wire, $\pm 4\text{ deg}$ <- z-resolution
- Low mass gas = He:i-C₄H₁₀ (90:10) <- p resolution

CDC の建設状況



- 2015年度中に全約2万本のワイヤー張り、張力測定を完了
@KEK富士実験棟B4F クリーンルーム

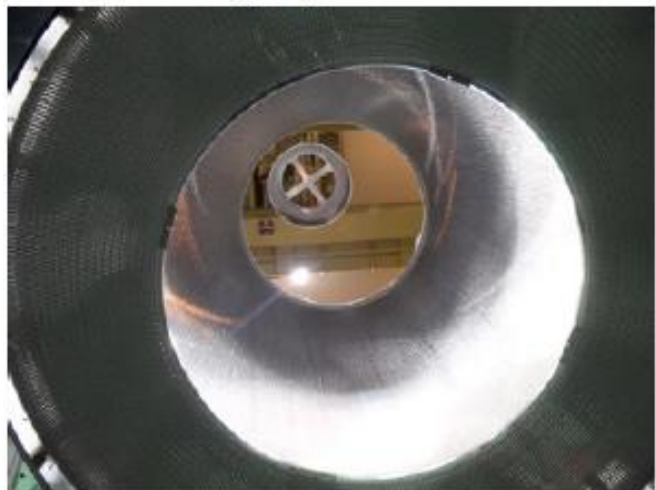
前回の学会で報告済

内筒のインストール (1)

Inner wall: 0.5-mm thick CFRP



hanging inner wall



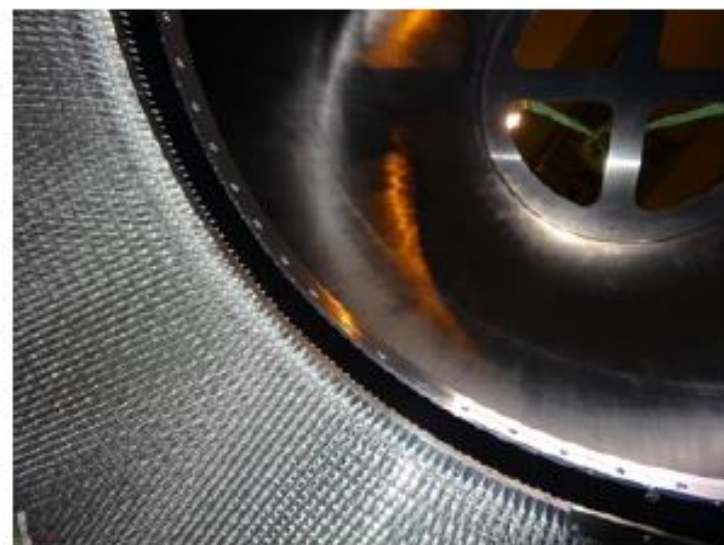
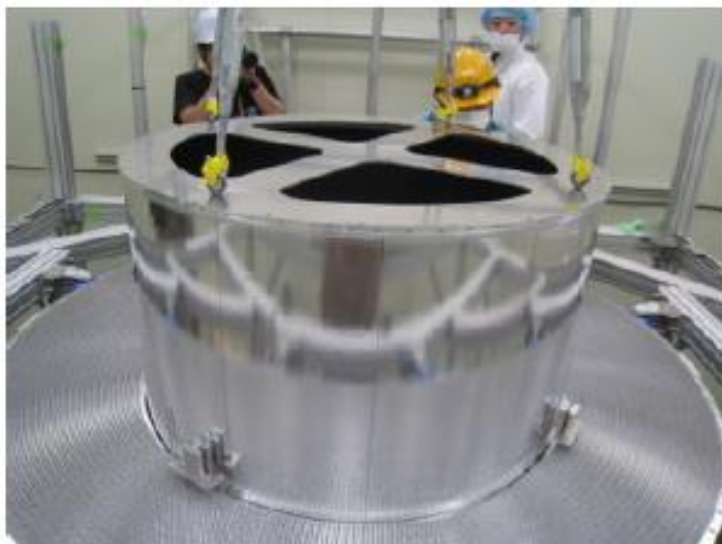
from bottom of the CDC



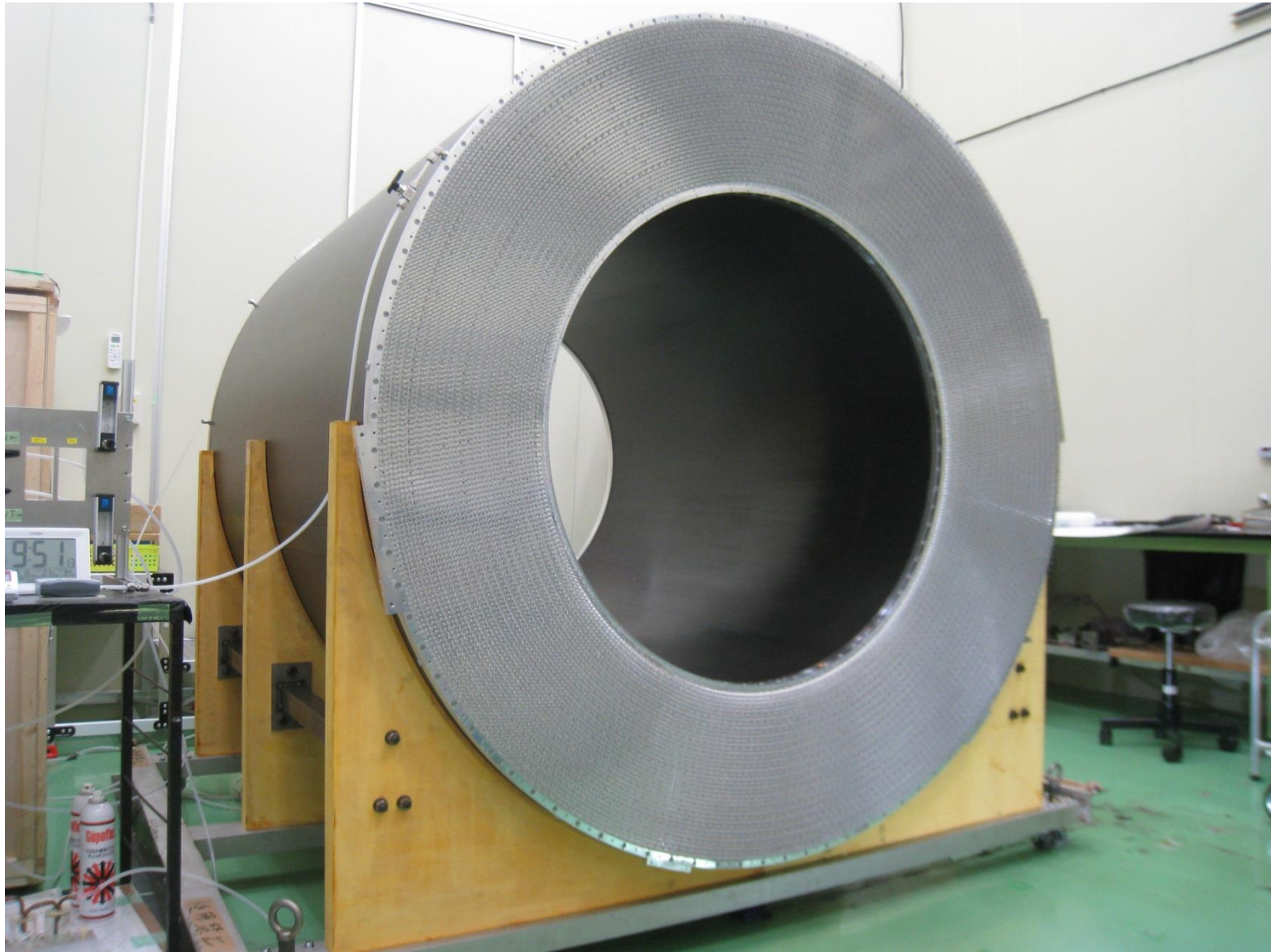
installing



内筒のインストール (2)

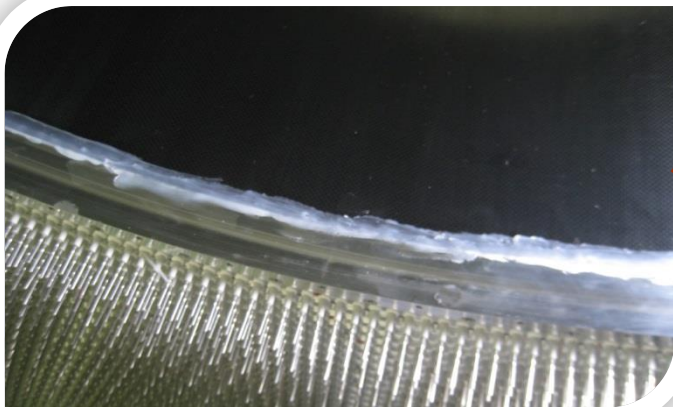
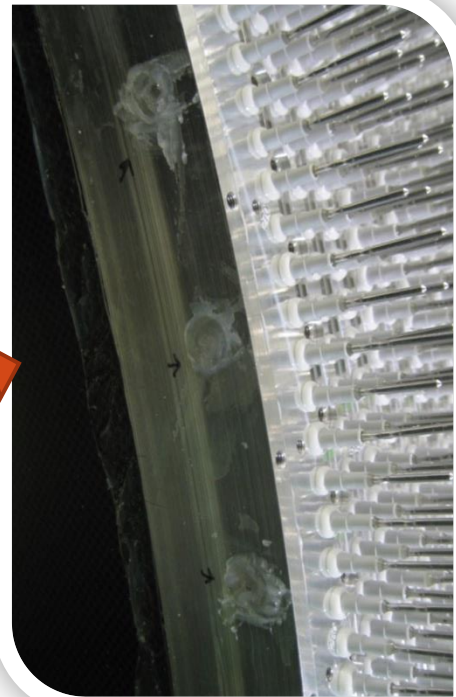
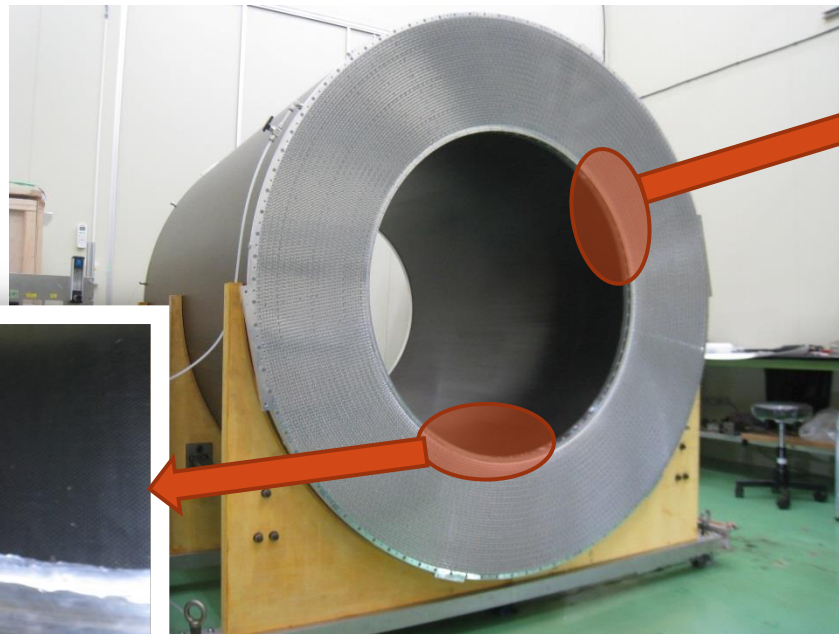


CDC の完成

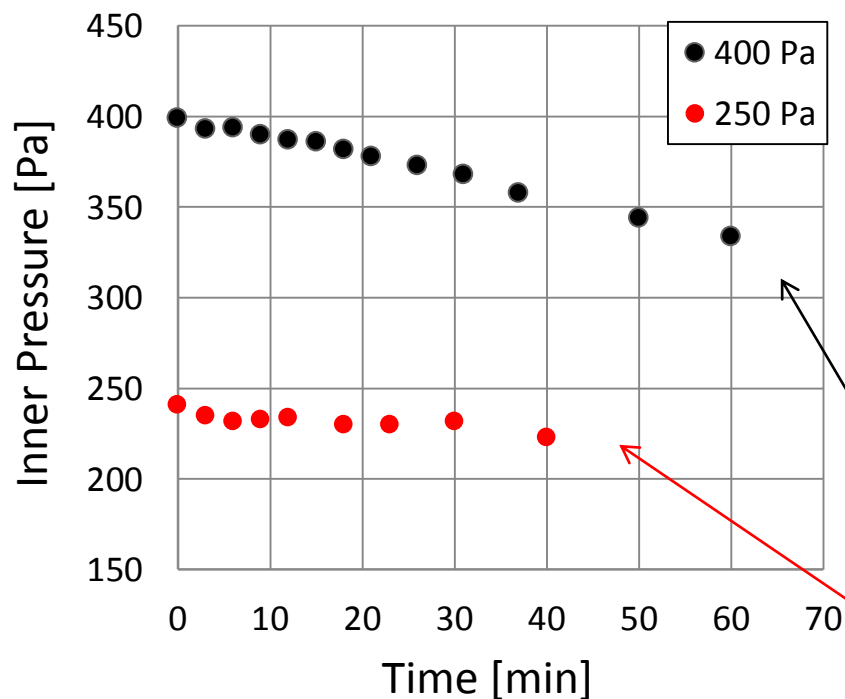


ガスリーク対策

- CDC内をHeで満たし、微正圧状態でガスリークを調べる。
- エンドプレートと外筒、内筒の接合部を中心にリーク箇所をRTV ゴムで埋めていく。



ガスリーク試験



$$\text{Leak} = \frac{\Delta P V}{P T}$$

ΔP : pressure drop

P : atm. pressure

V : volume of CDC

T : time

22 cc/min in 60 min from **400 Pa**

10 cc/min in 40 min from **250 Pa**

✓ ガスのリーク量は十分低く抑えられている。

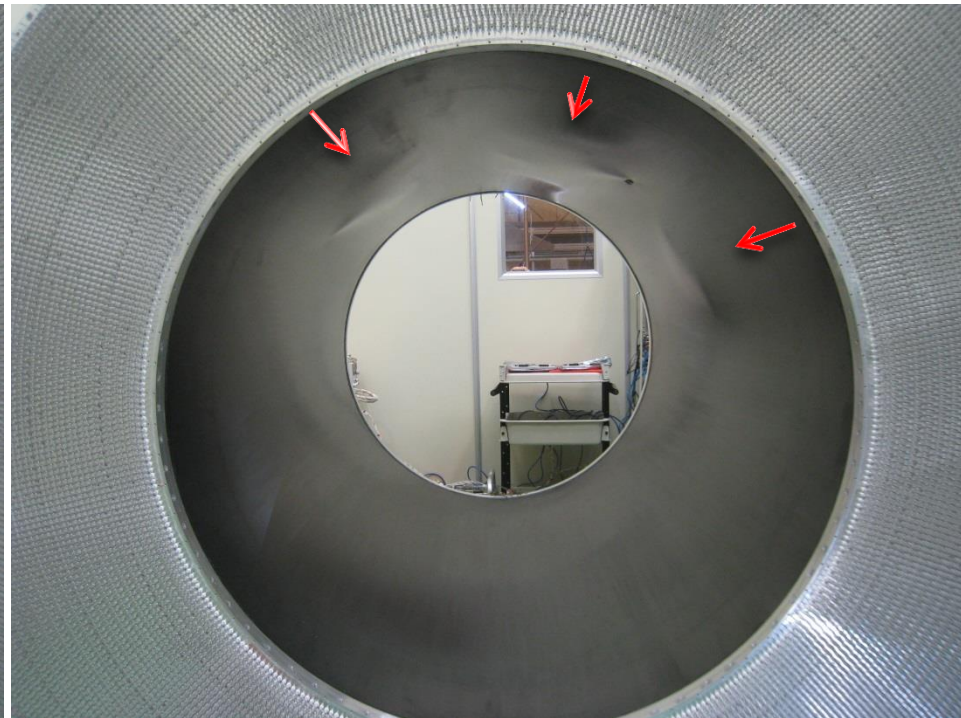
内圧による内筒の変形

- 内筒が非常に薄く径が大きい(0.5 mm厚CFRP, $\phi 1\text{m}$)ため、内圧が250 Paを越えると圧されて膨らみを生じる。
- 計算上は変形しないはずだが、CFRPの微妙な非一様性により局所的な力がかかってしまうようだ。

Normal inner wall



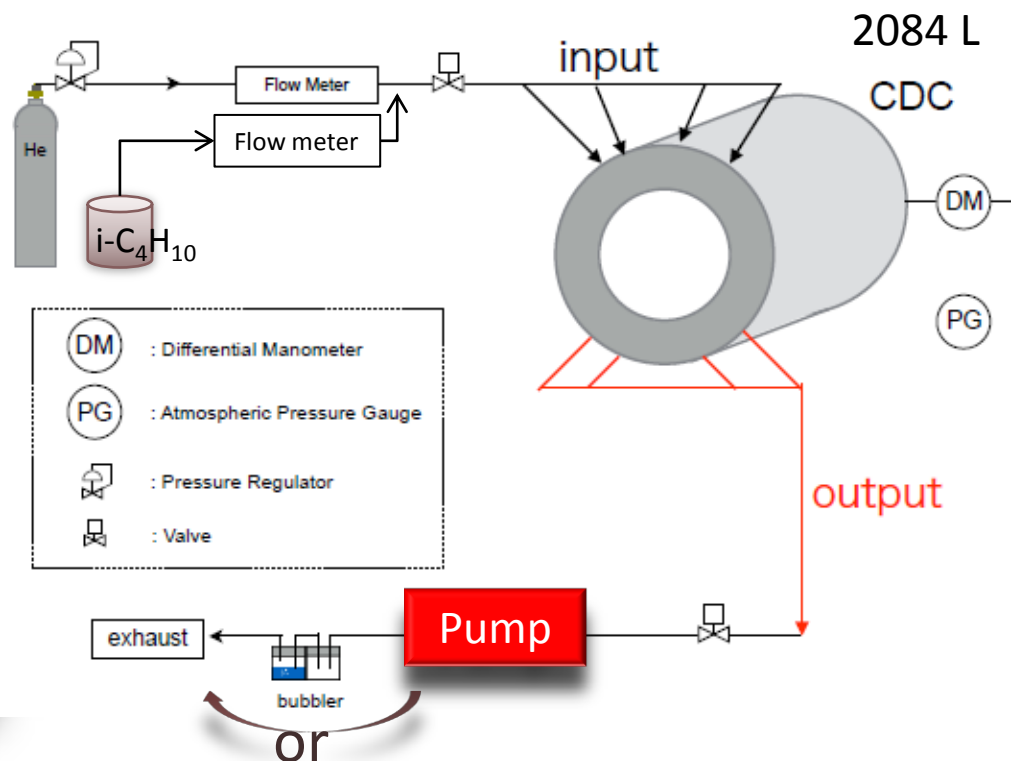
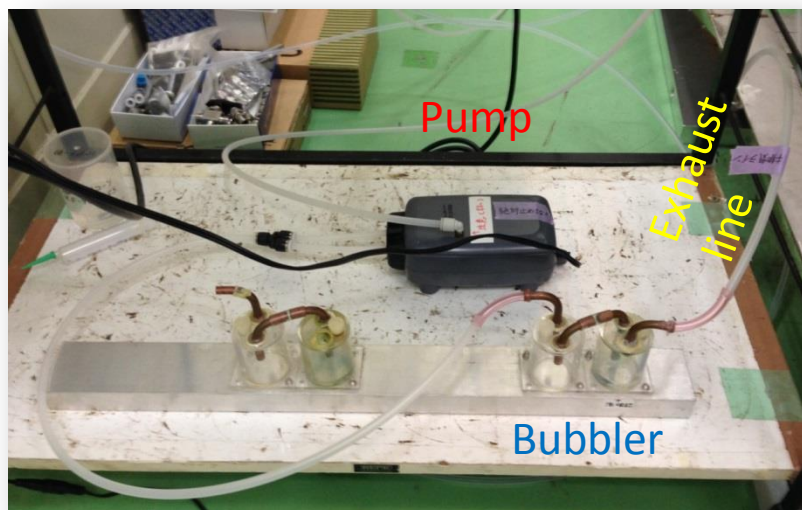
Deformed inner wall @ 400 Pa



view from HV side

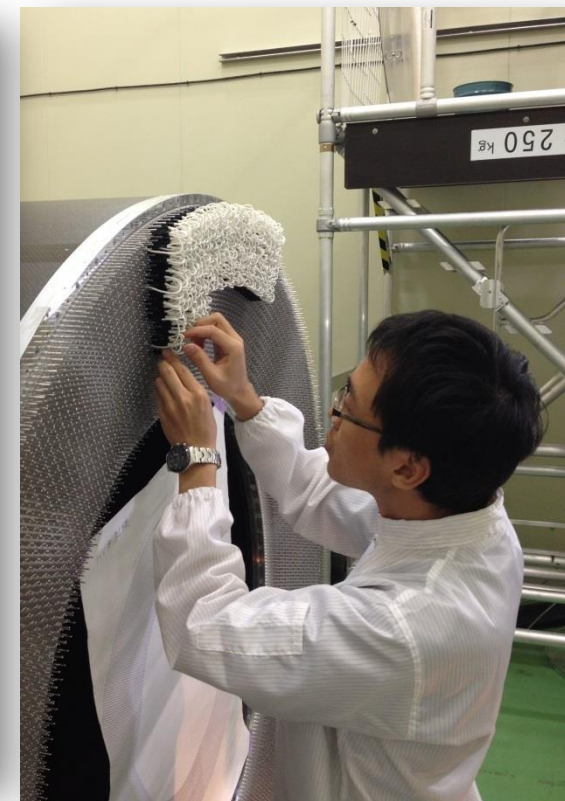
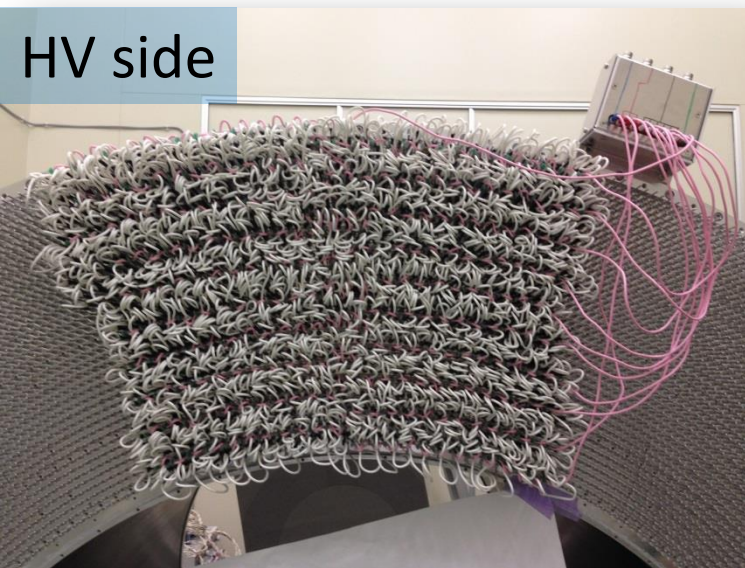
ポンプによる減圧とガス置換

- 250 Pa以下では100 cc/minも流せないの下流に強制排気用のポンプ(金魚水槽用)を導入した。
- これにより内圧を250 Pa以下に抑えつつ1 L/minでガス置換を開始した。
- He:i-C₄H₁₀ (90:10)で7 volume相当分のガス置換をおこなった。(約10日)



ケーブル配線

- フィールドワイヤーにはGND用のケーブル(白)
- センスワイヤーにはHV印加/読出し用のケーブル(ピンク色)をそれぞれ配線する。



ケーブル配線

まずは上下1セクター分のケーブル配線を完了した。全体の約15%相当。

HV side



RO side

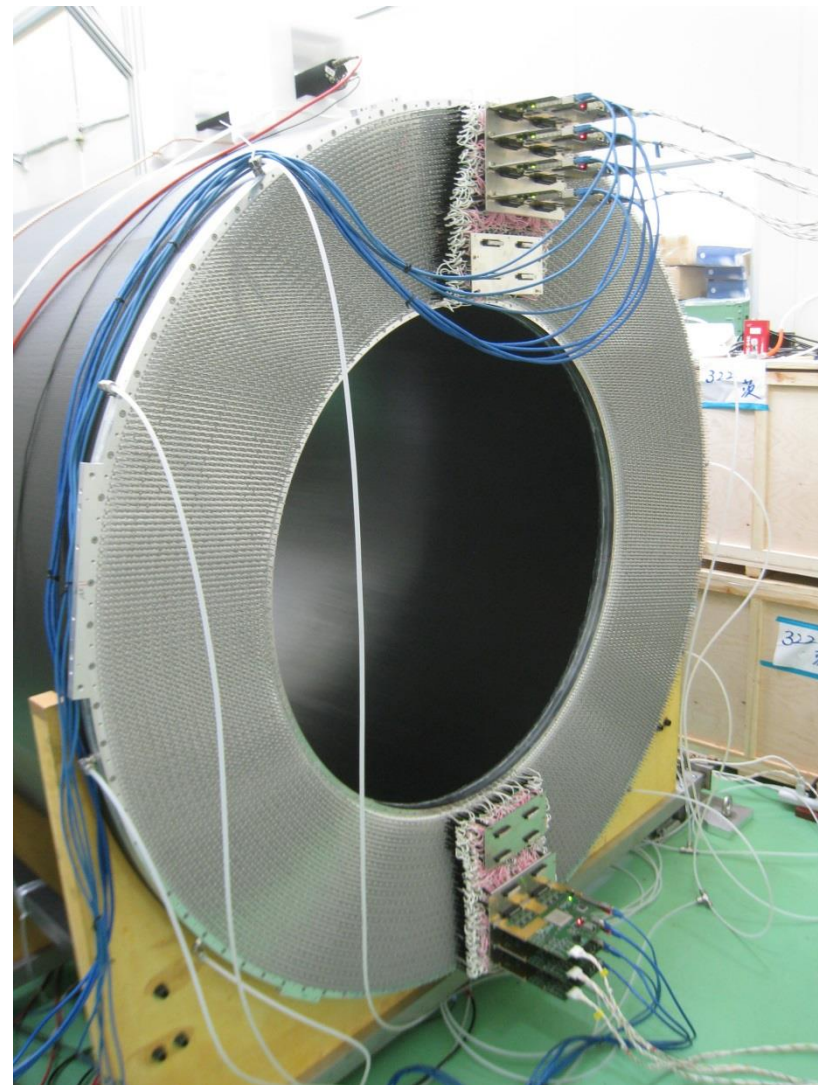
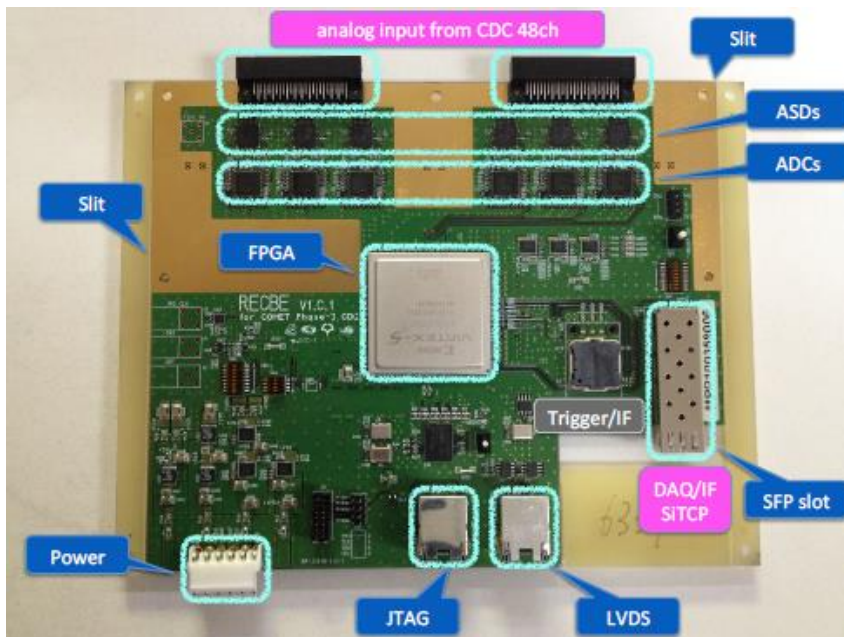


Readout Electronics

RECBE board

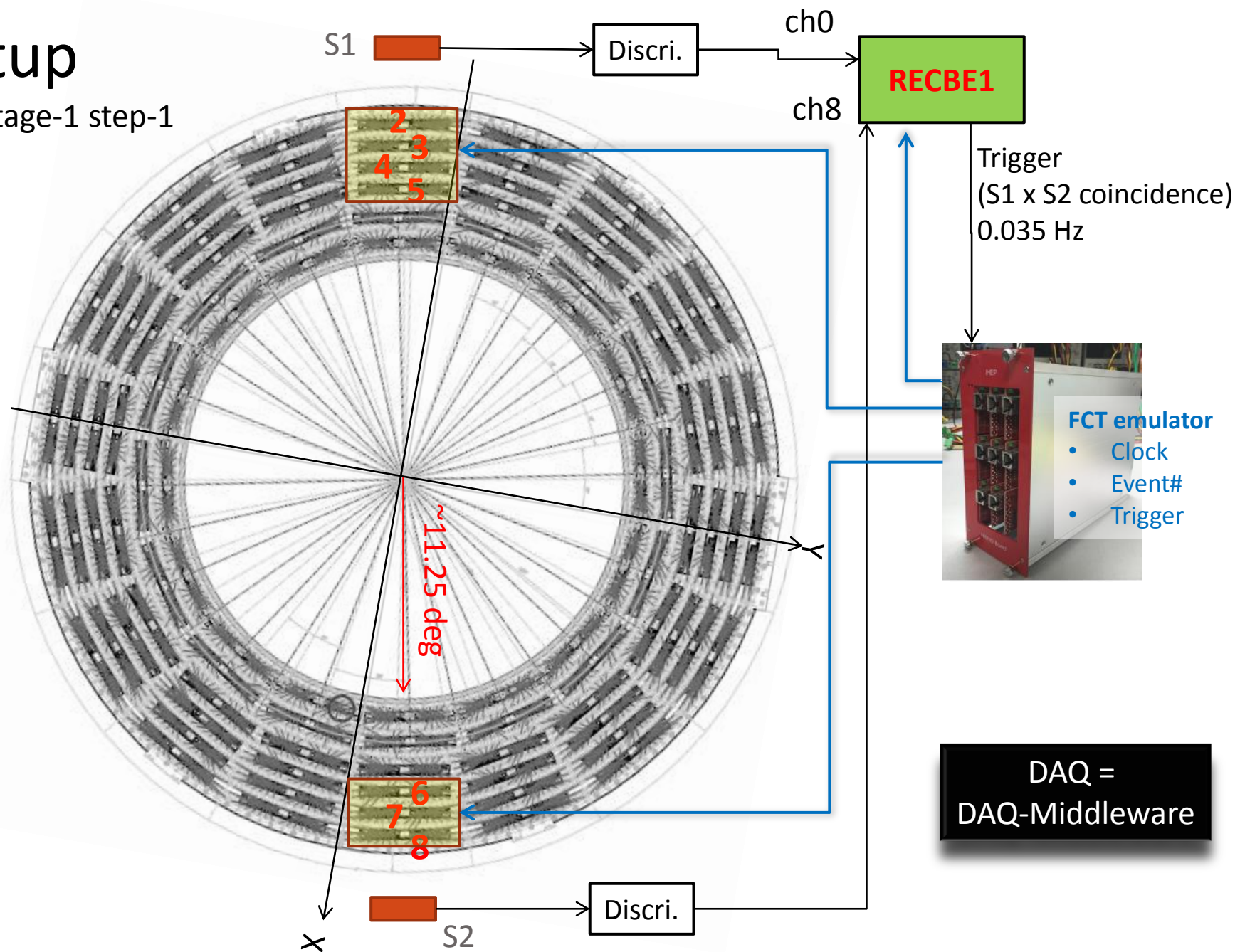
Belle-II CDC 用読出しボードをCOMET用にカスタマイズしたものを使用。

- ASD
- ADC 30MHz
- TDC (FPGA) 960MHz



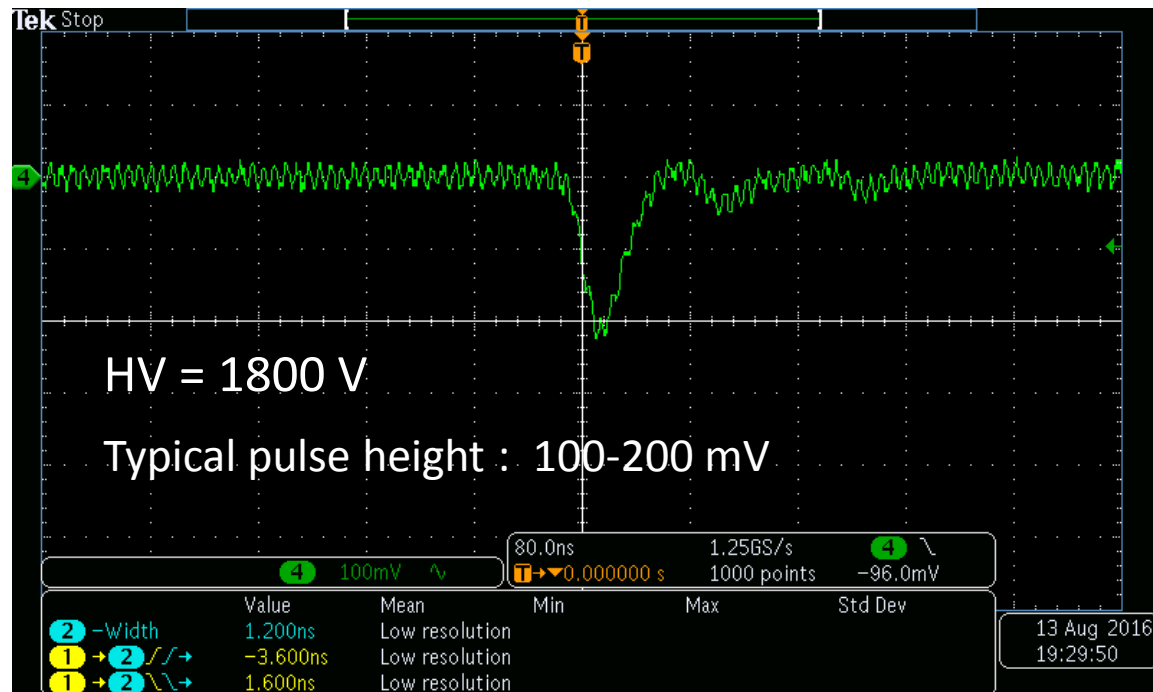
Setup

CRT stage-1 step-1



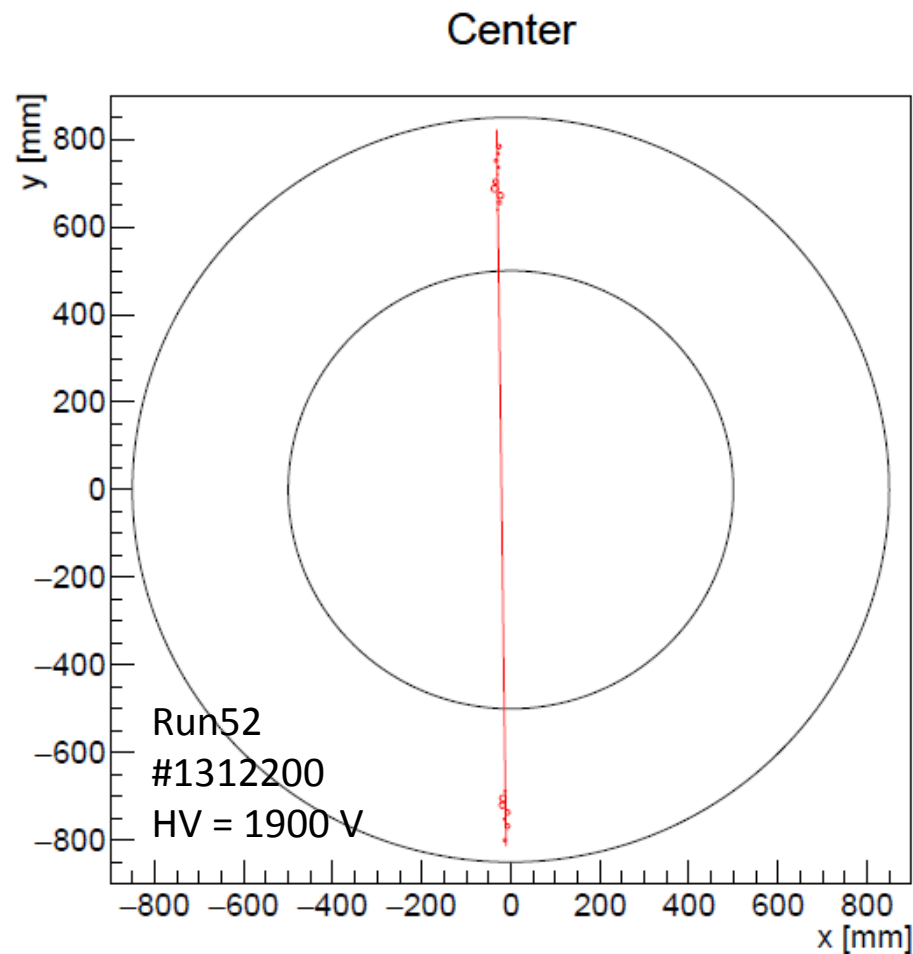
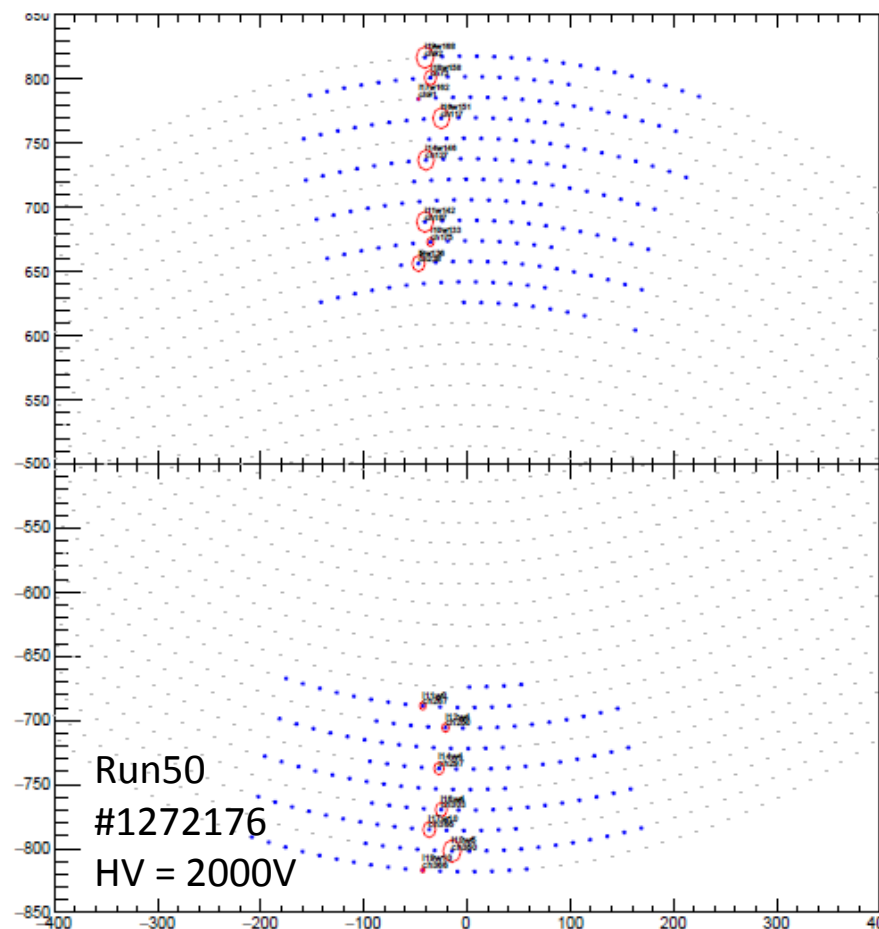
First cosmic-ray signal

- ノイズレベル(± 20 mV)が少し大きいがまずはデータを取ってみる。
- パルスハイトがなぜか予想より小さい。(後述)



RECBE analog out

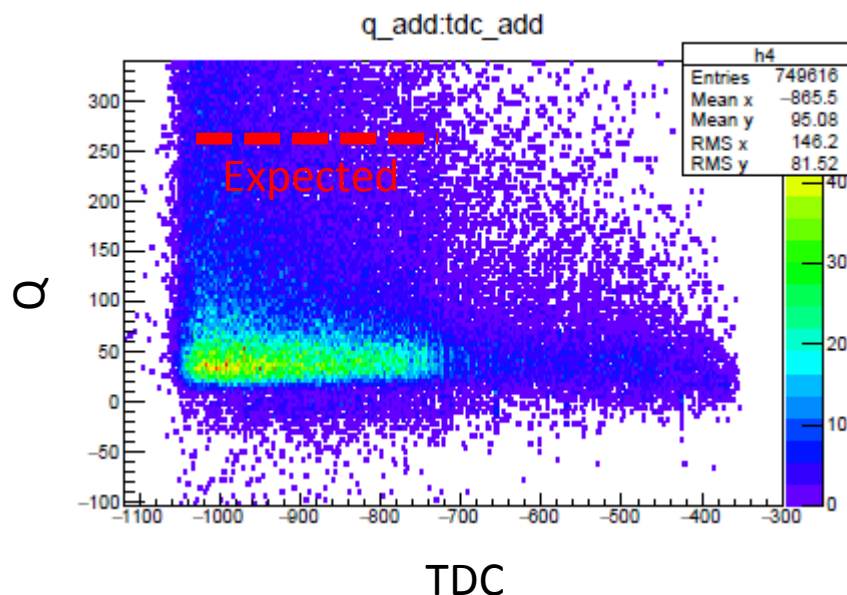
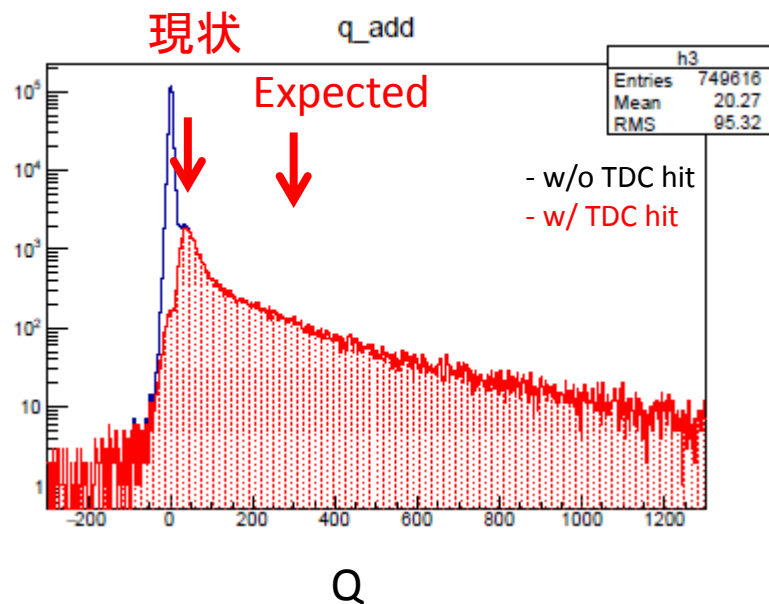
First event display



ひとまずデータはうまく取れているようだ。
今の所、チャンネルスワップ等はなさそう。

しかし、ゲインが低い。。。

HV = 1850 V



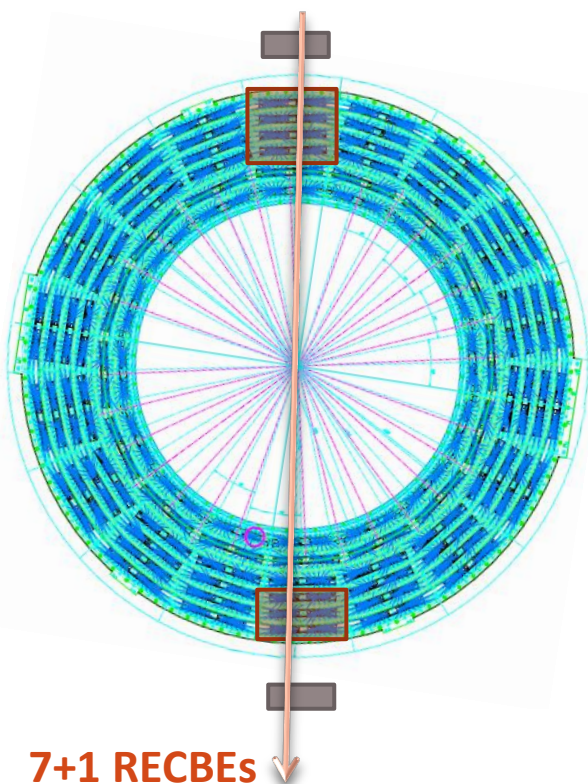
- どうやらガスの混合比 $\text{He:i-C}_4\text{H}_{10}$ (90:10) が正しくなかったようだ。
- ガス置換時にはMass Flow Controller (MFC)ではなく、簡易的な面積流量計を使っていた。(1 L/minで流せるMFCを持っていなかったため。)
 - 小さいチェンバーでMFCに替えて試してみたところゲインの増加が確認できた。
 - 詳細は現在調査中。

宇宙線試験の展望とスケジュール

Stage	Goal etc.	Period
1st	宇宙線試験のセットアップの確立 - Minimum setup: 6-8 RECBES - Simple trigger: NIM logic / FCT emulator, small scintillators - Simple DAQ / slow control system - Should establish analysis procedure	Summer 2016 Demonstration
2nd	CDCの詳細な性能評価 a few tens of RECBES, sufficient volume should be covered - Trigger: FCT+FC7, large scintillators - DAQ/SC: as real as possible = MIDAS - Confirm performance of CDC	Autumn-Winter 2016 Precise check
3rd	フルセットアップのテスト All 104 RECBES - All the setup should be as real as possible (may integrate CTH + COTTRI) - Long-term operation → Wire alignment calibration etc.	Spring 2017 ~ Full test

Stage-1

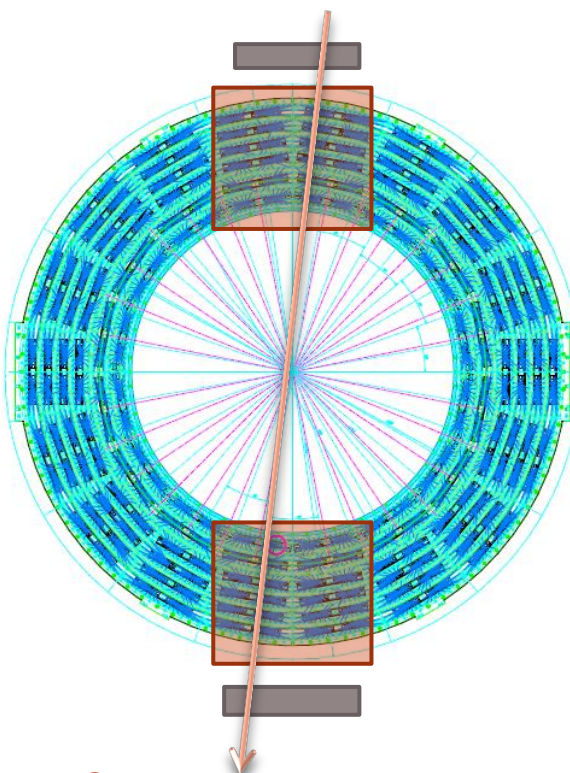
2016夏～



↑今ここ

Stage-2

2016秋・冬～

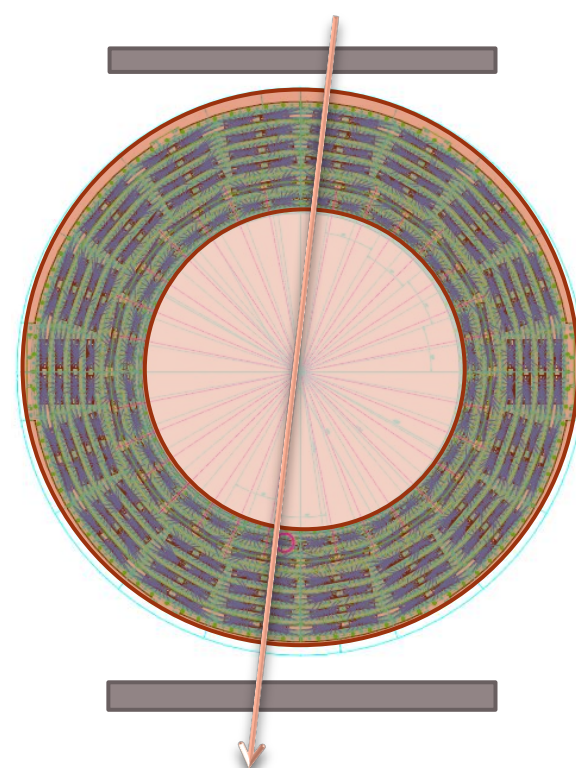


~24 RECBs

本実験用TRG+DAQ system
導入 (FCT + FC7)

Stage-3

2017春～



104 RECBs

Summary

- COMET実験Phase-I で用いる主検出器CDCは、内筒のインストールを無事に終えて完成した。
- ガスリーク量は十分小さく抑えられている。10 ~ 20 cc/min
- 内圧が250 Paを越えると内筒に変形が現れるため、適切な差圧コントロールが必要。
- CDCの一部の領域を用いた宇宙線試験を開始した。
- データは正しく取れているが、ゲインが低い問題があった。ガス混合比の問題と考えられる。
- 今後、約1年をかけて段階的にシステムを拡張しつつCDCの詳細な性能評価をおこなう。