

# J-PARC MRアップグレードのための 新しい入射セプトラム電磁石の開発(3)

**芝田達伸(KEK)**

川口祐介、中村健太、濱野慧、石井恒次、杉本拓也、

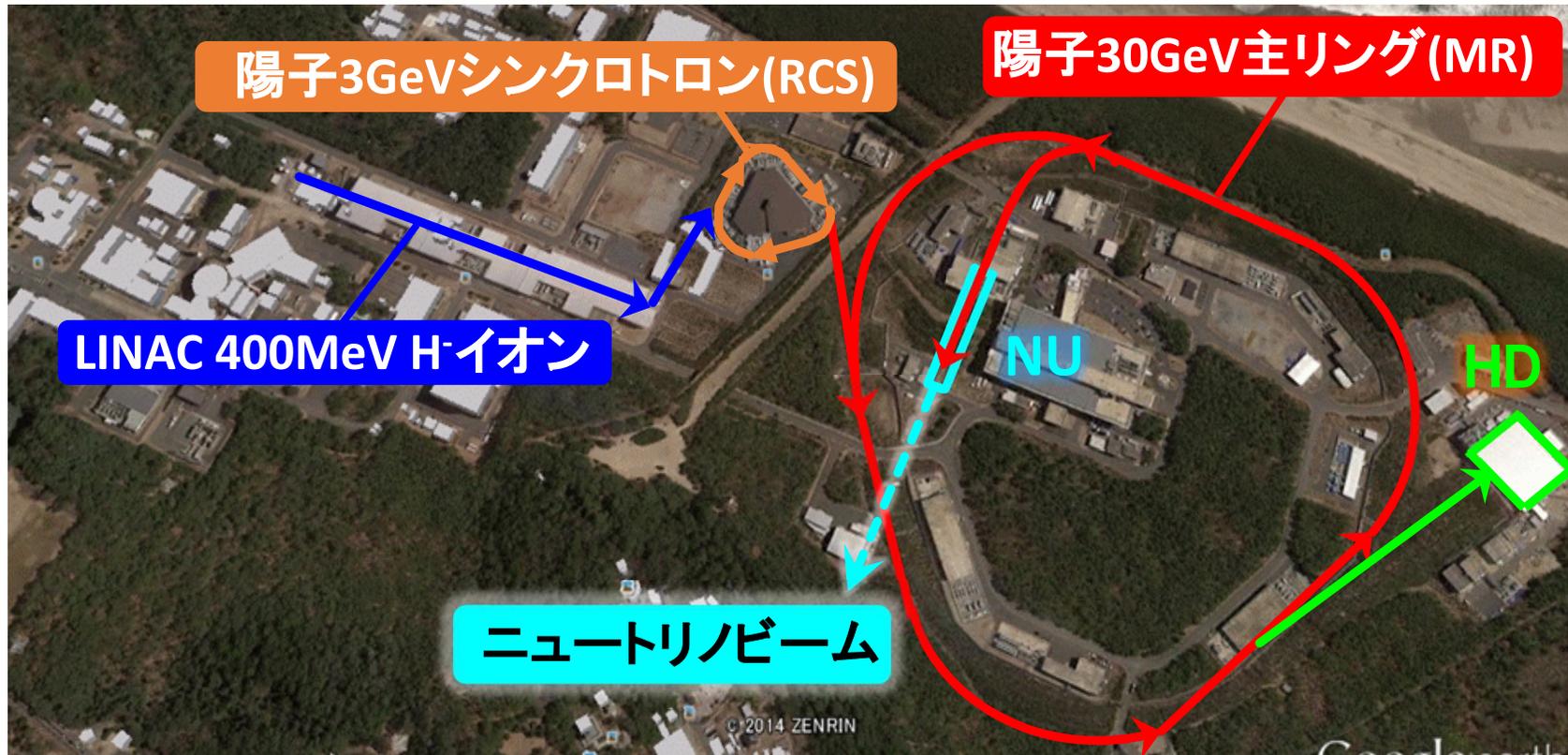
松本浩、松本教之、Fan Kuanjun

KEK、ニチコン草津(株)、HUST

2017年8月1日(火)

電磁石と電源2 TUM06

# J-PARC=Japan-Proton Accelerator Research Complex 2



2017年 3月 最高 約470kW(FX) ➡ 目標は750kW

MRの高繰り返し化が必要(周期2.48秒→1.32秒)

# MR入射用電磁石



## 入射用電磁石

RCSからの3GeV陽子をMR周回ラインに入射するための電磁石

セプタム電磁石1  
曲げ角 220 mrad

セプタム電磁石2  
曲げ角 36 mrad

キッカー電磁石  
曲げ角 7.6 mrad

補正キッカー電磁石  
曲げ角 0.33 mrad



750kWのためにアップグレードが必要

セプタム電磁石 1  
曲げ角 220 mrad

今日の報告  
入射セプタム 1

**2016年夏 電磁石、電源交換完了**

**電源の初期不良発生**

**2017年7月まで 安定運転**

**性能評価**

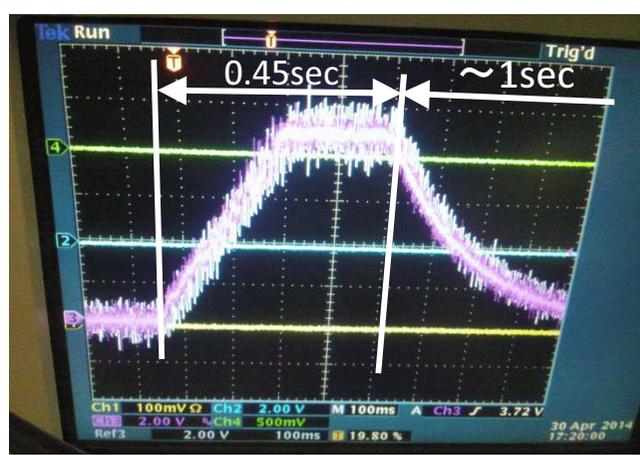
**漏れ磁場軽減を確認**

**漏れ磁場のビームへの影響は小さい**

# 入射セプタム1用新電源

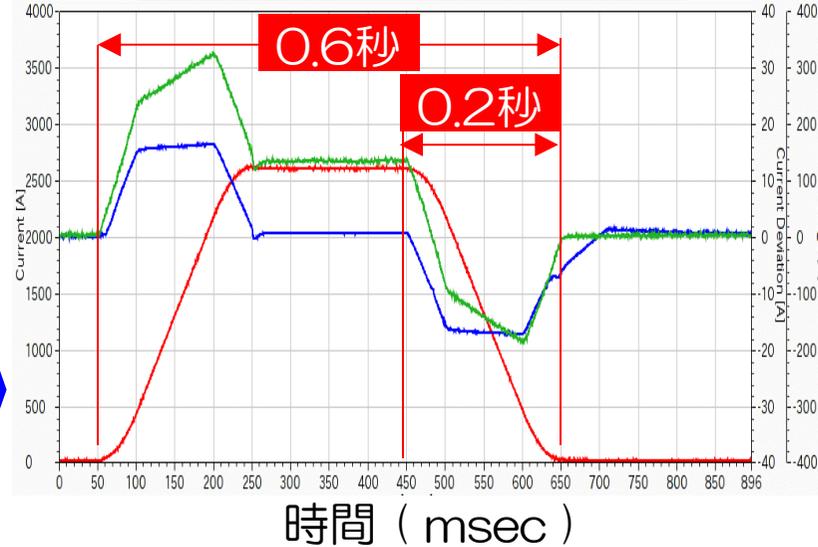
交換理由 旧電源では1.3秒周期運転は不可能

旧電源の出力電流波形



立ち上がり時間の制御ができない。  
(1-IGBT=正電圧制御)

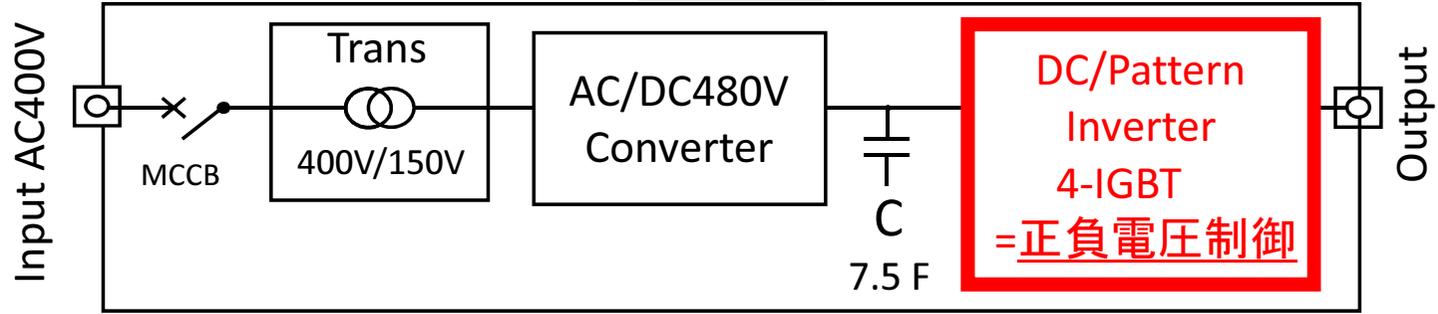
新電源の出力電流(赤)



新電源

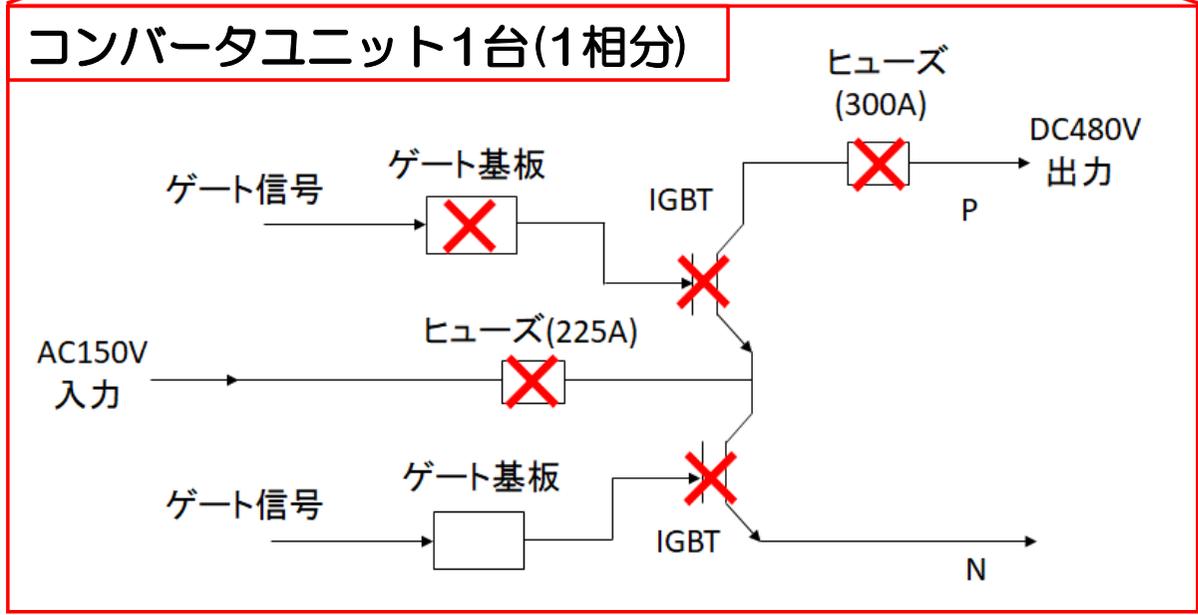
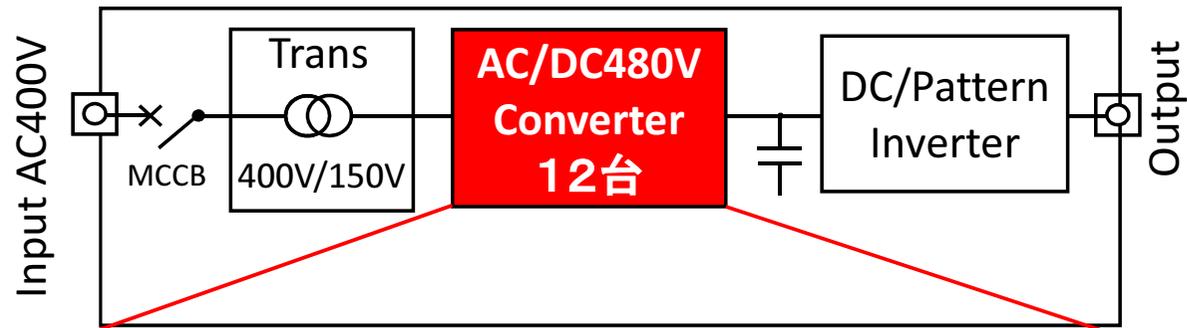


回路構成

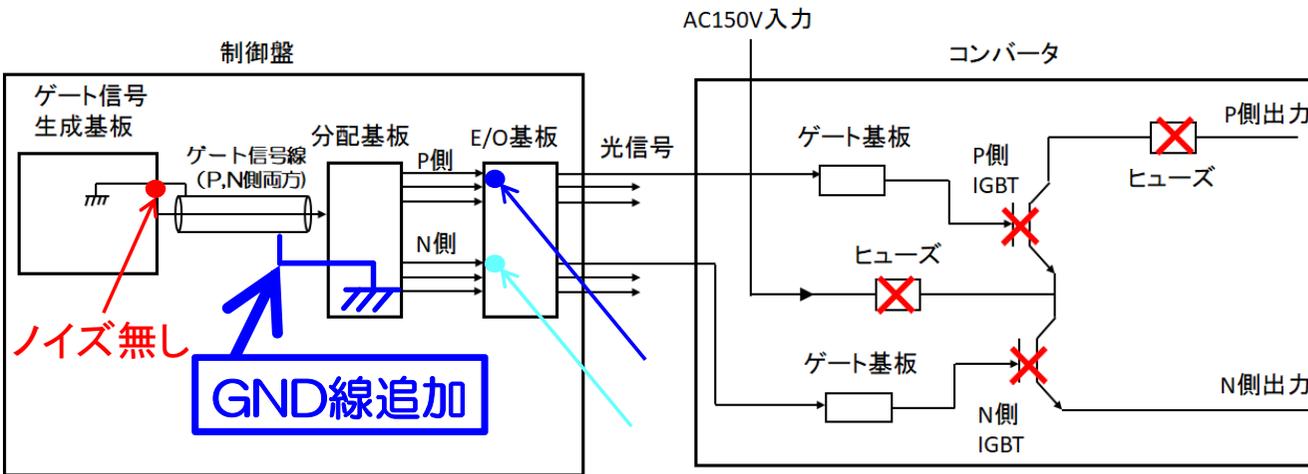


# 新電源の初期不良

2016年10-11月 **コンバータユニットを構成するIGBTが破損**



# 新電源の初期不良-cont'd



## 原因

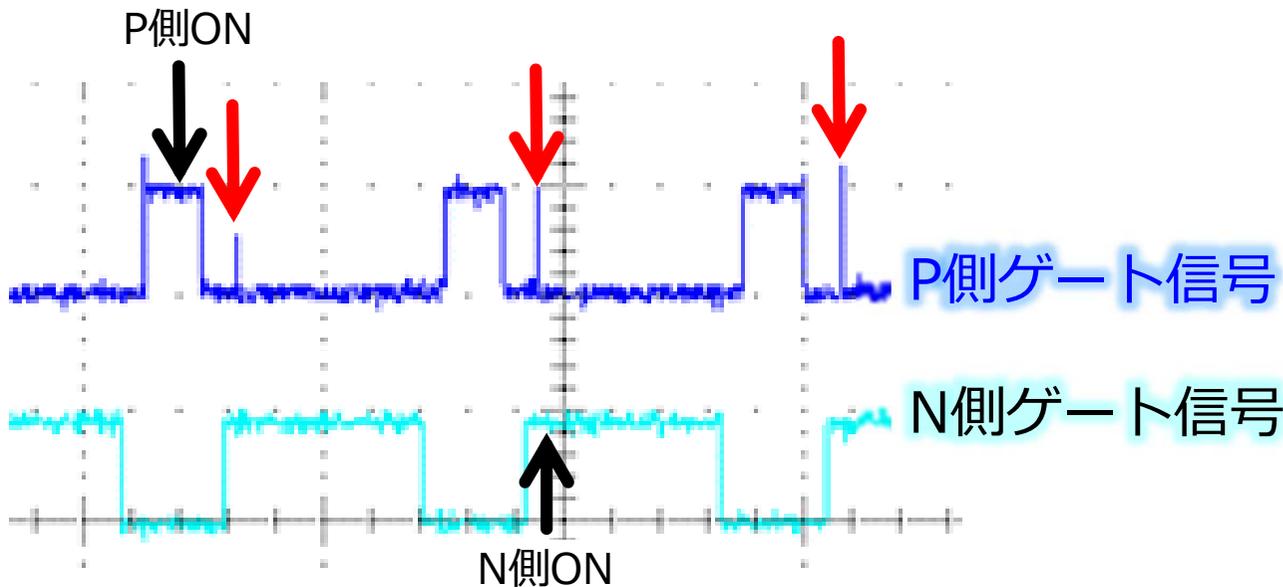
P側のゲート信号に  
スパイクノイズを確認  
P,N側両方のIGBTがON  
になる短絡状況を確認

## 対策

GND線の追加

## 結果

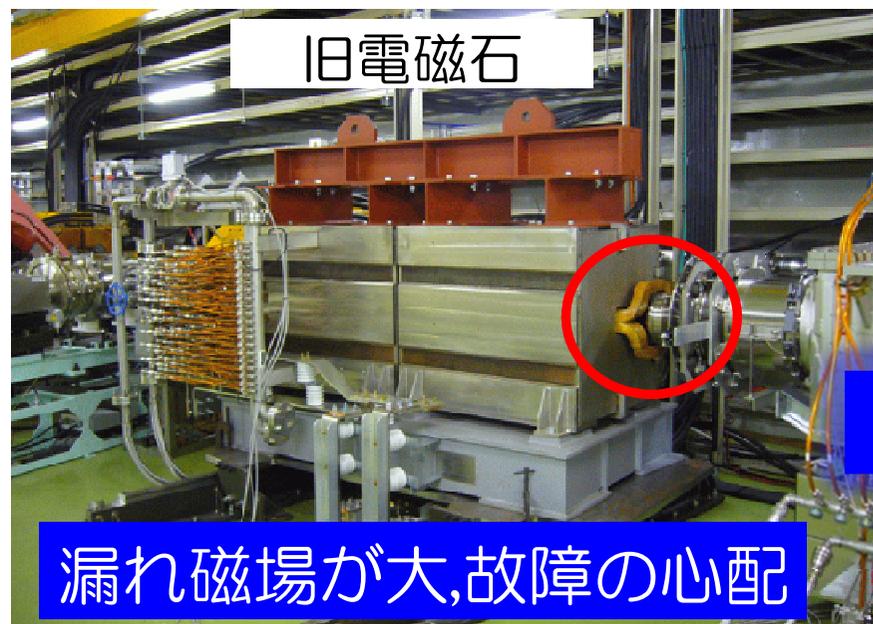
ノイズ除去成功  
その後は再発せず



# 入射セプタム1用新電磁石

10

旧電磁石

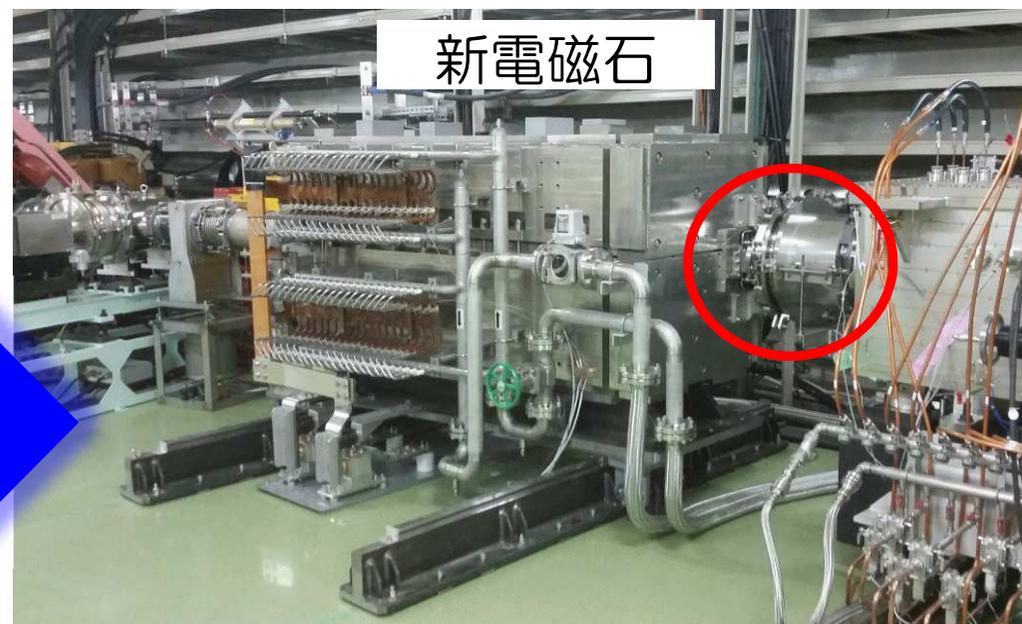


漏れ磁場が大,故障の心配

交換



新電磁石



Specification

旧

新

ビームダクト口径

150mm(H) × 80mm(V)

180mm(H) × 80mm(V)

最大磁場

1.46 T

1.78 T

漏れ磁場

Max ~20Gauss

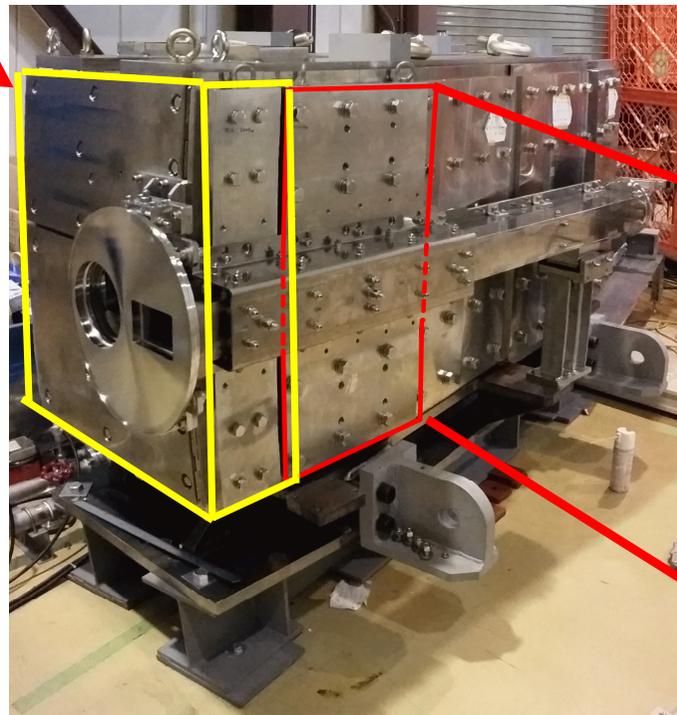
同じ箇所では1 Gauss以下

- 対策** { **ダクト出口にフィールドクランプ**設置  
**周回ビーム周りに三重の磁気遮蔽**を設置

## フィールドクランプ



コイルをケイ素鋼鉄  
(強磁性体)で遮蔽



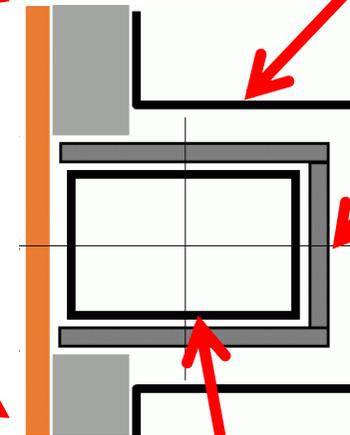
## 三重遮蔽

セプタム板(t17mm)

純鉄(t5mm)

純鉄(t10mm)

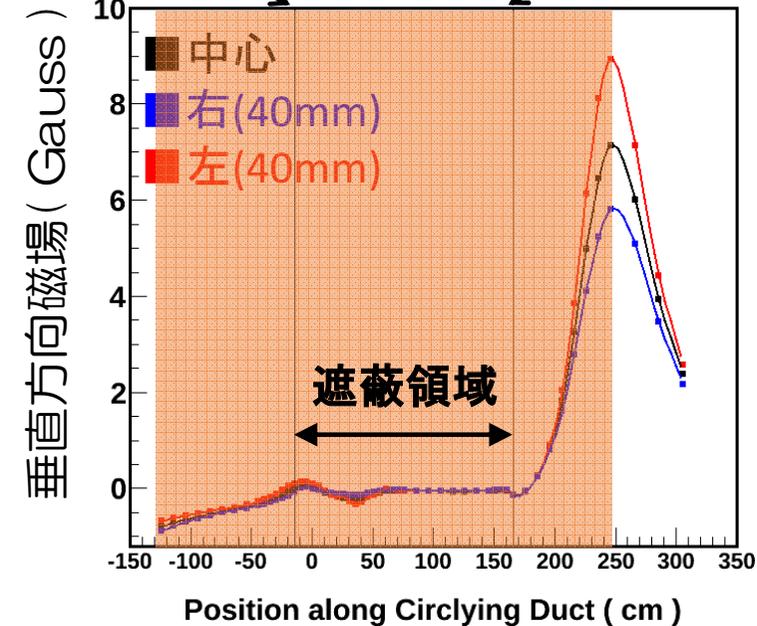
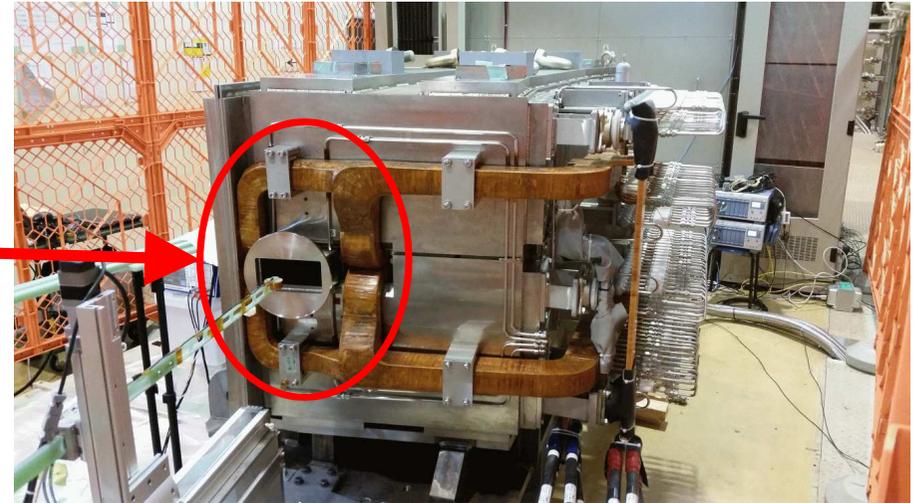
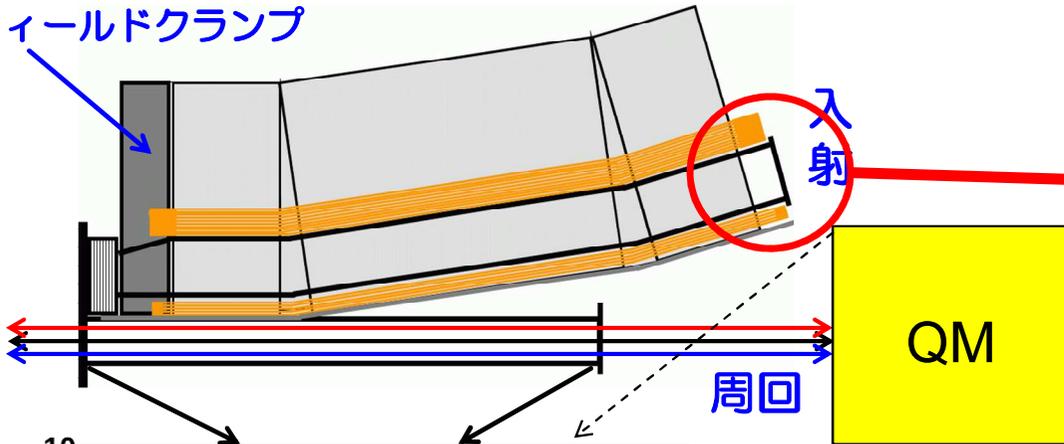
純鉄製の周回ダクト



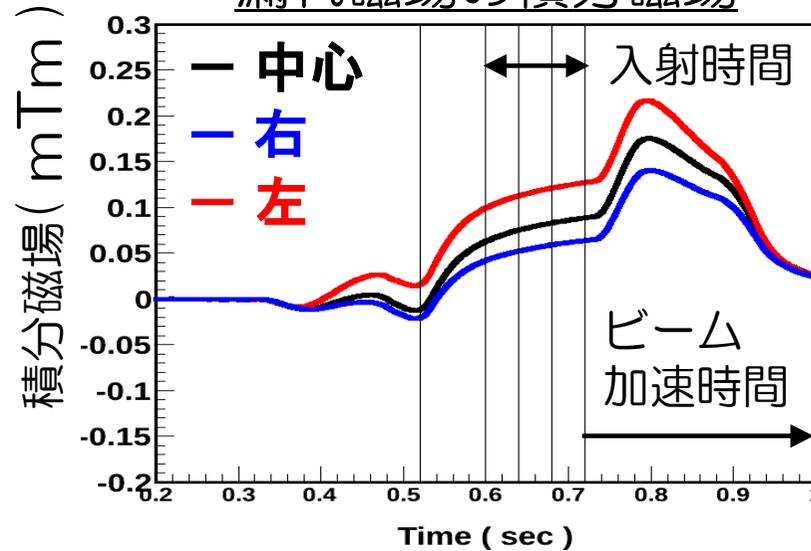
# 漏れ磁場測定

周回ビームラインに沿って測定

フィールドクランプ



漏れ磁場の積分磁場

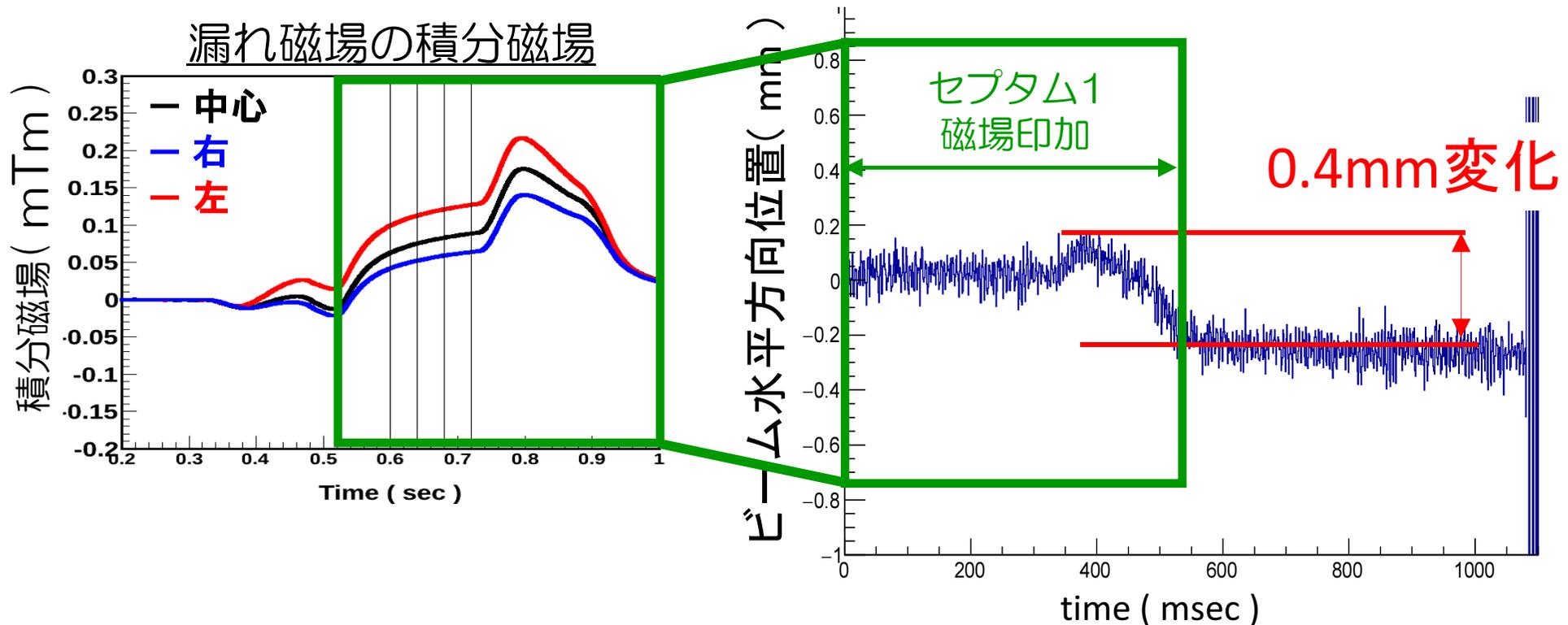


- 遮蔽領域 < 1Gauss  
(旧は20Gauss)
- 遮蔽無し部 ~8Gauss  
(旧は10~20Gauss)
- 積分磁場~0.2mTm  
→ 曲げ角 ~0.02mrad  
補正キッカーの1/10程度

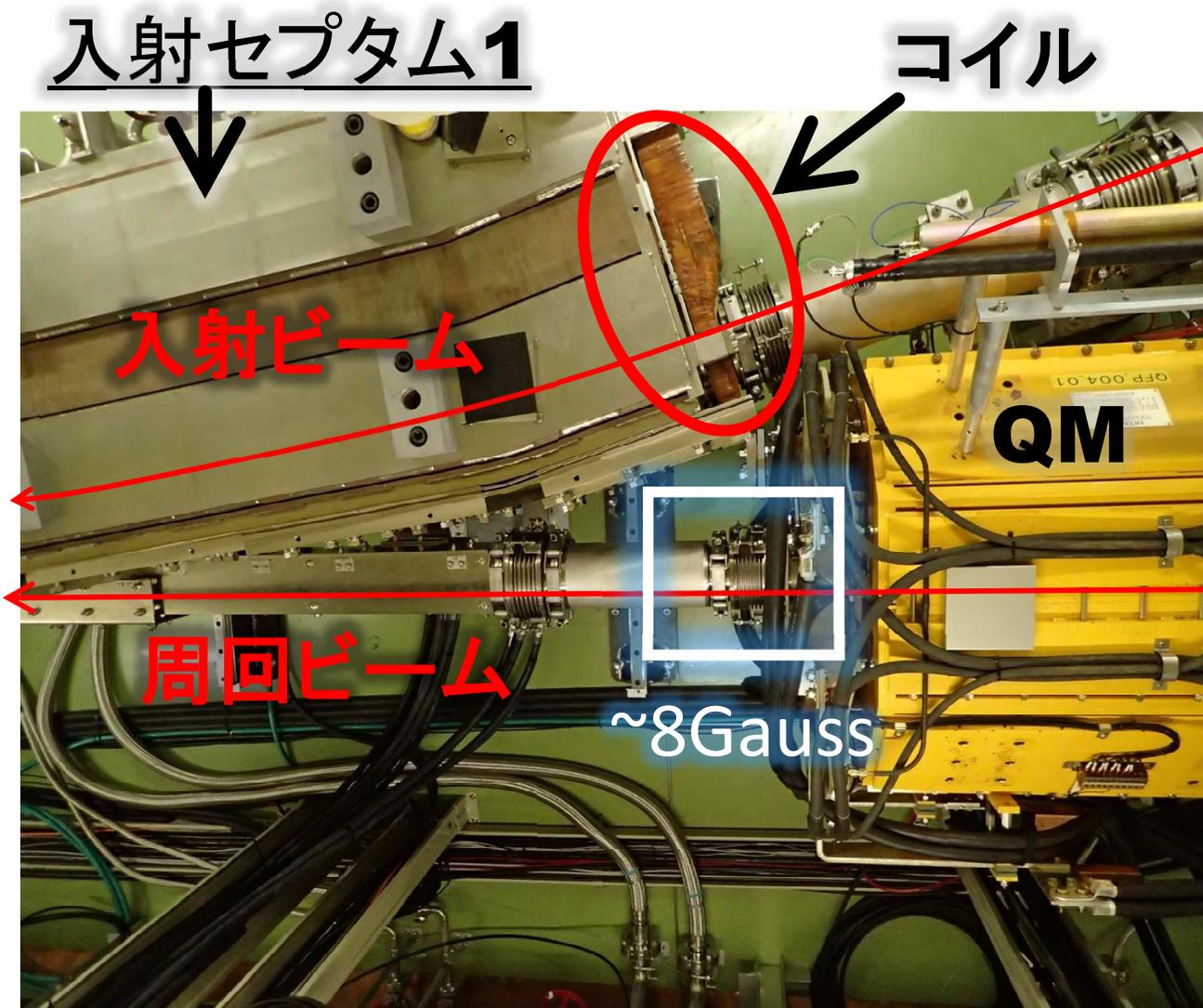
# 漏れ磁場の影響(ビームスタディ)

## 漏れ磁場が3GeV陽子ビームに与える影響

ビーム水平位置の時間変化(BPMによる測定)



0.4mmの変化は $\sim 0.25$ mTmの積分磁場 = 磁場測定結果と一致  
但しこの変化量は大きな問題ではない

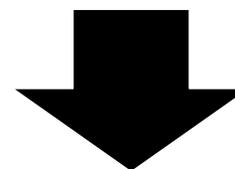


## 漏れ磁場の発生源

上流部コイルからの  
回り込み磁場

## 条件

QMの漏れ磁場軽減率  
は約30%以下



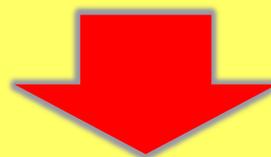
追加シールドの試験中

# まとめ

MR750kWに向けて

2016年 新入射セプタム電磁石1 導入完了

初期不良 コンバータ故障



初期不良改善後 安定運転を維持

漏れ磁場の影響は小さい

課題 更なる漏れ磁場の軽減 追加シールド試験中