

# KEK 電子陽電子入射器の SuperKEKB 入射性能向上計画

古川和朗, 明本光生, 荒川大, 荒木田是夫, 飯田直子, 惠郷博文, 榎本收志, 榎本嘉範, 大沢哲, 岡安雄一, 小川雄二郎, 柿原和久, 梶裕志, 片桐広明, 紙谷琢哉, 川村真人, 佐武いつか, 佐藤政則, 設楽哲夫, 周翔宇, 白川明広, 杉村仁志, 諏訪田剛, 清宮裕史, 染谷宏彦, 竹中たてる, 田中窓香, 張勳, 中島啓光, 夏井拓也, 坂東佑星, 東保男, 肥後寿泰, 本間博幸, 松下英樹, 松本修二, 松本利広, 三浦孝子, 三川勝彦, 宮原房史, 矢野喜治, 横山和枝, 吉田光宏, 由元崇, レーマン・ムハマド・アブドウル, 王迪 (KEK)

## 要旨

KEK 電子陽電子入射器は、SuperKEKBの短いビーム寿命が予想される中で、電子陽電子衝突素粒子実験と放射光科学実験を両立させるための基礎として、まず2019年5月にSuperKEKB HER、LER及びPFリング、PF-ARの4蓄積リングへの同時トップアップ入射を実現した。さらに、徐々に入射安定度を上げており、同時にリングの衝突性能が向上して世界記録も更新している。実験成果を向上させるために、数年後に入射器と蓄積リングの双方で設計値性能を達成すべく準備を進めている。特に、蓄積リングの衝突性能の向上のためにビームビーム効果が増大するとともに力学口径が小さくなり、ビーム寿命が当初の設計値よりも小さくなることがわかって来たことにより、入射ビームの低エミッタンス化と大電流化の実現が急がれることになった。衝突点ベータ関数の絞り込みに従って入射効率が低下しており、その安定性についての理解も必要とされているが、時間を要する装置の改造・増設を延期することはできない状況となっている。現在のところ、設計時から予定された改造を現状に合わせて修正しながら、7つの項目に分けて進めているところである。これらの概要について述べてみたい。

40x  
Luminosity

2x beam  
current

PF  
2.5 GeV

Damping  
Ring

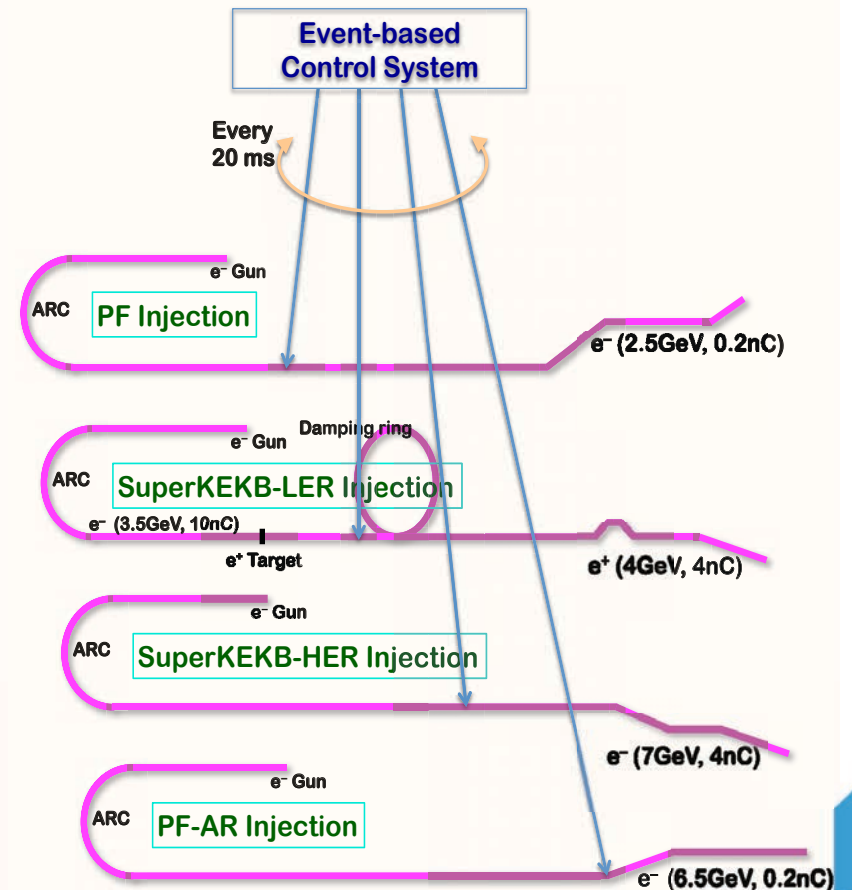
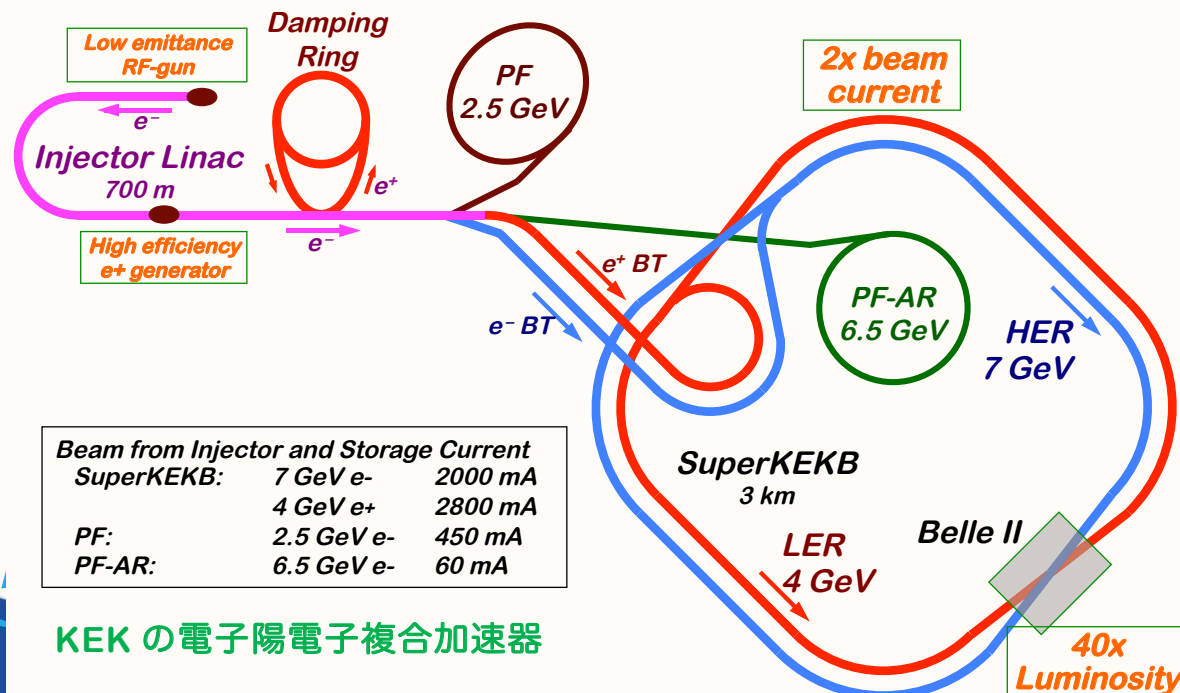
Low emittance  
RF-gun



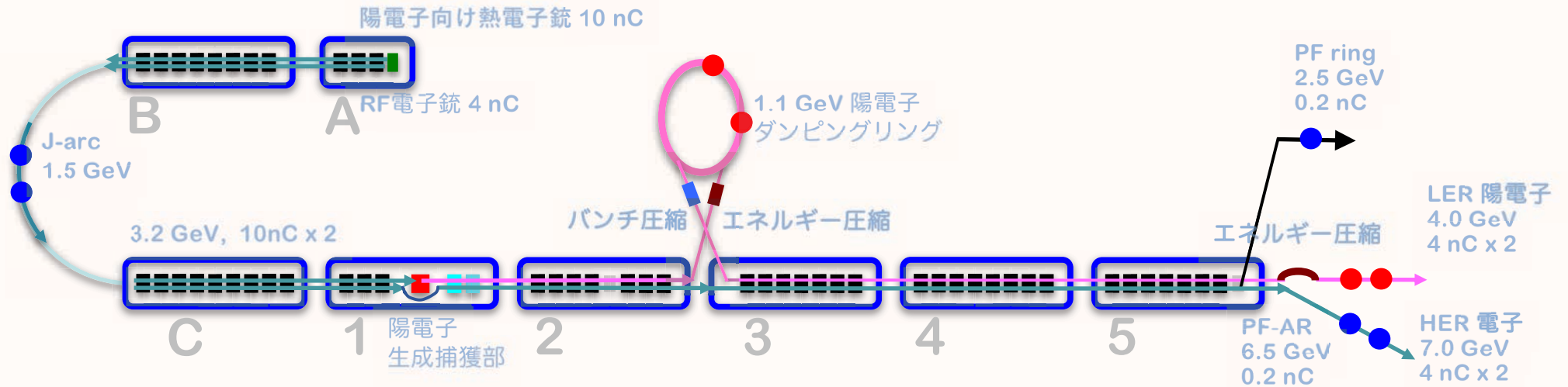
# SuperKEKB 向けの入射器の役割

- 放射光科学実験と素粒子衝突実験向けに同時トッパアップ入射
- SuperKEKBのナノビームスキームと整合する低エミッタンス 低エネルギー広がりで大電流の入射
  - 電子ビームは RF 電子銃の性能向上
  - 陽電子ビームは捕獲部の性能向上
  - ビーム特性を劣化させない輸送と加速

同時トッパアップ入射を実現する仮想加速器概念



# 入射器の概要と更新



高速パルス電磁石・電源



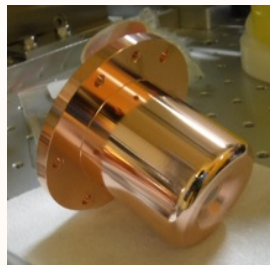
高精度架台駆動機構



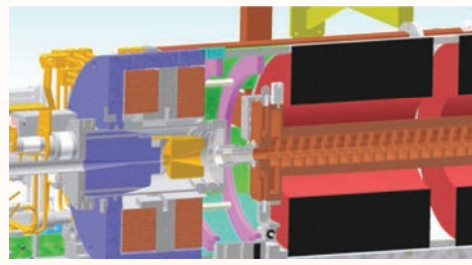
PCB コンデンサ更新



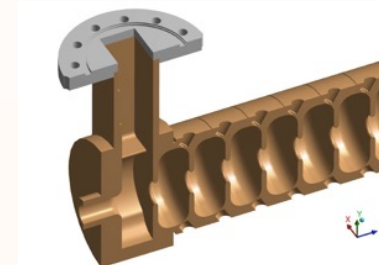
新規エネルギー圧縮装置



RF 電子銃



陽電子捕獲部



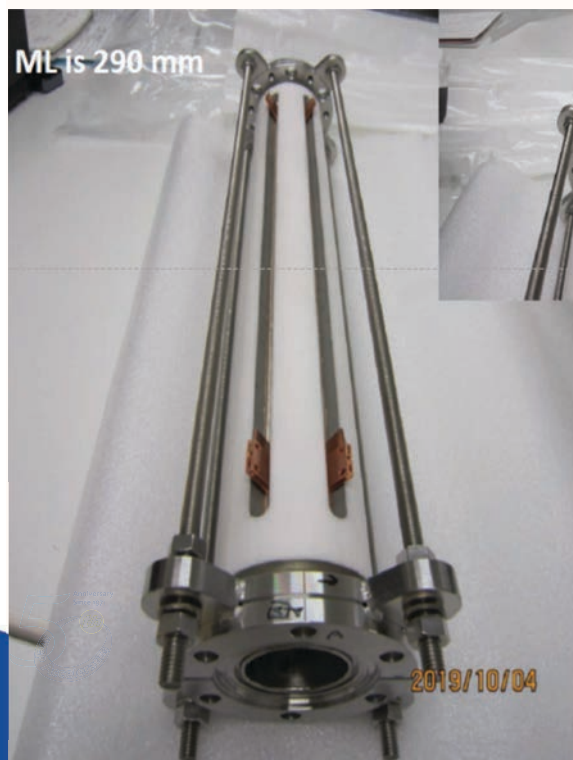
加速管

# パルス電磁石キッカーと架台駆動

入射器は、SuperKEKBの電子・陽電子リング、PFリング、PF-ARリングと4つの蓄積リングにそれぞれに適したビーム拡がり、エネルギー幅や強度でビームを入射している。1秒間に最大50回リングにビームを入射することができ、その間隔は最短0.02秒になる。この間に電子を送るか、陽電子を送るか、どのリングに送るかを瞬時に切り替えている。

特にSuperKEKB向けの電子・陽電子ビームについて、さらに大電荷となるビームでの航跡場非線形効果によるビーム品質悪化の困難を抑えるために、加速装置の高精度駆動架台とパルス電磁石を増設し、また96ナノ秒だけ離れたビームバンチを分離して制御するキッカーを新設する。

高速パルスキッカー



パルス電磁石と電源



高精度駆動架台

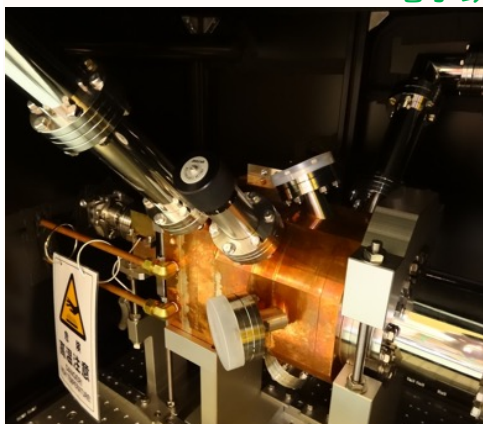
10ミクロン以下の位置精度で大重量の加速管や電磁石を遠隔駆動する



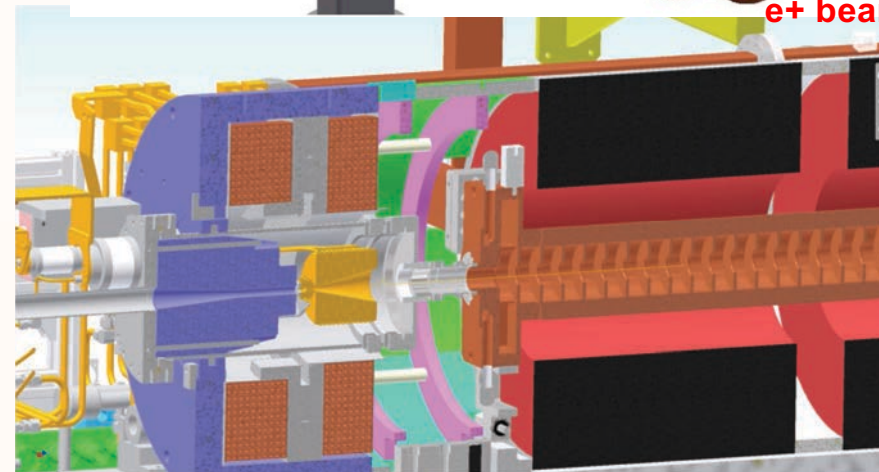
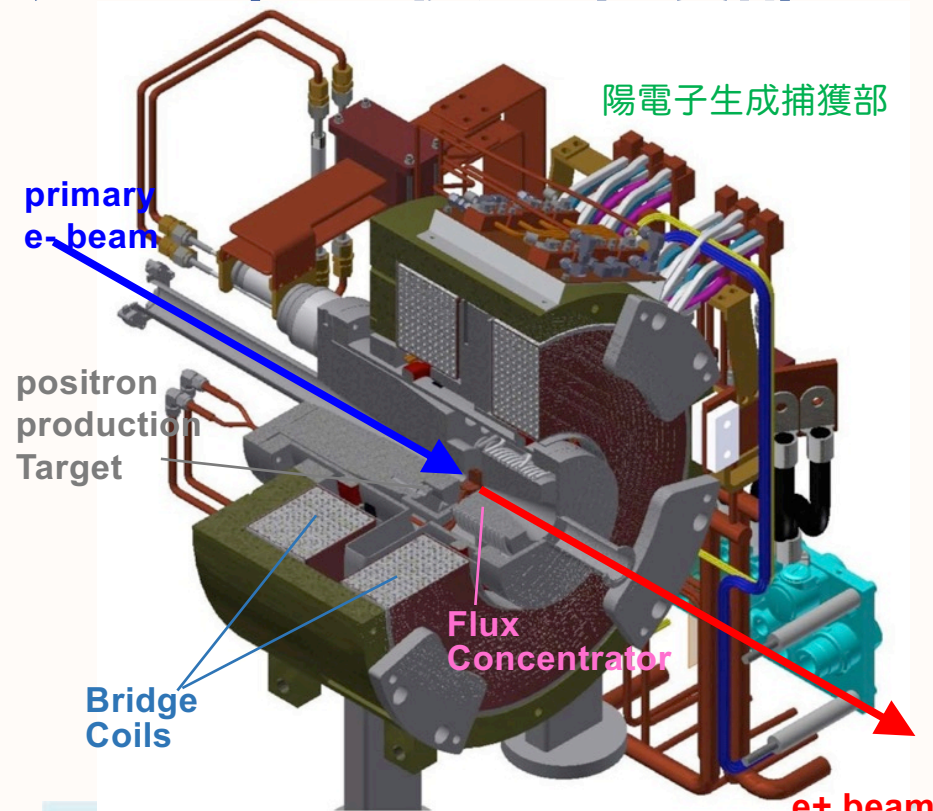
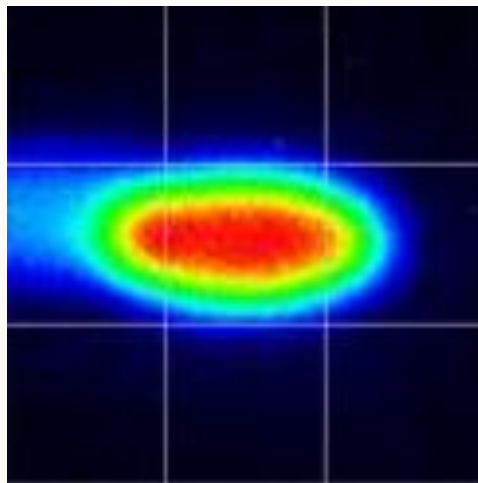
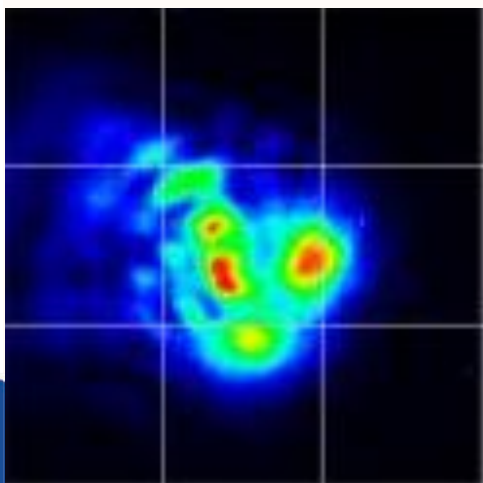
# RF 電子銃による電子源と陽電子標的後の捕獲部

低エミッタンス大電流の電子ビームを生成するRF 電子銃、大電流の電子から発生する電磁シャワーから陽電子を効率よく捕獲する陽電子生成捕獲部もさらに性能の向上を行う。

電子銃空洞と光陰極



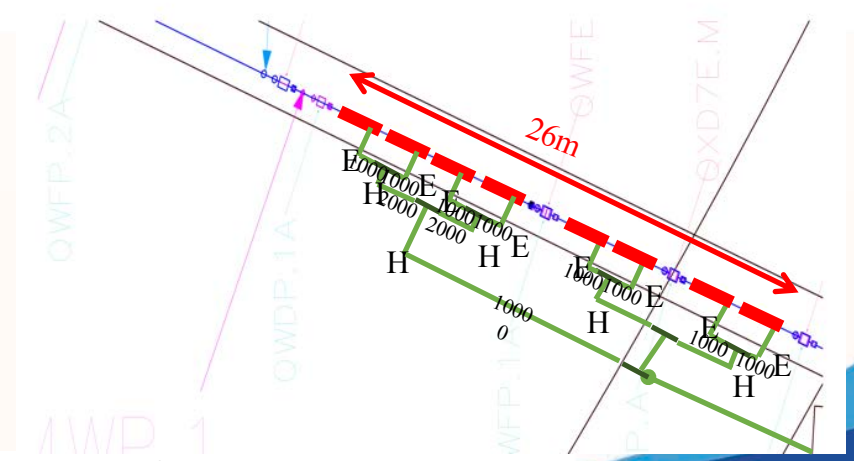
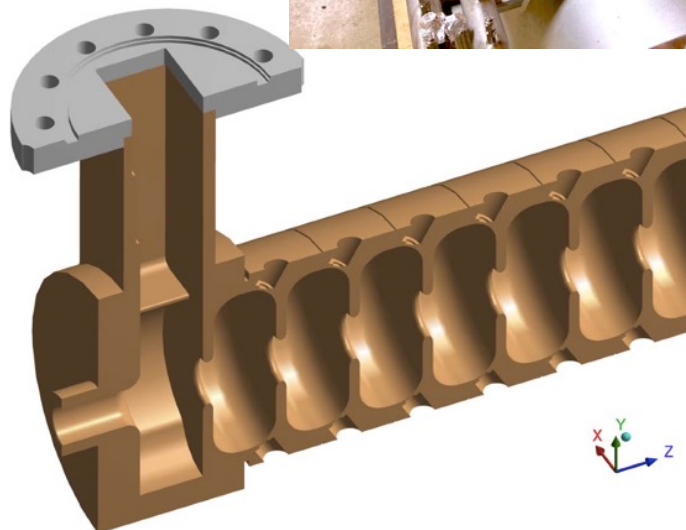
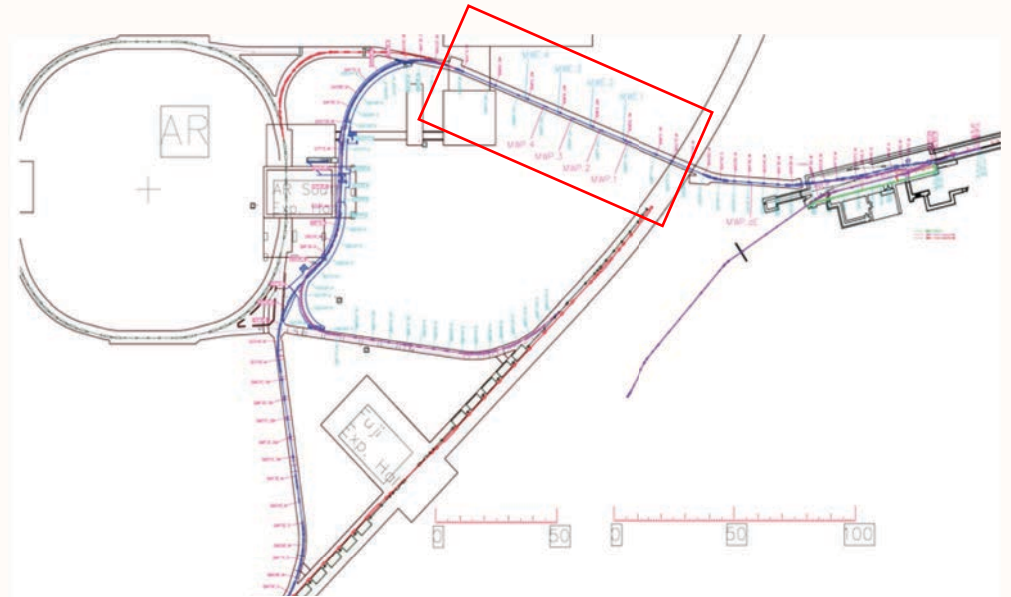
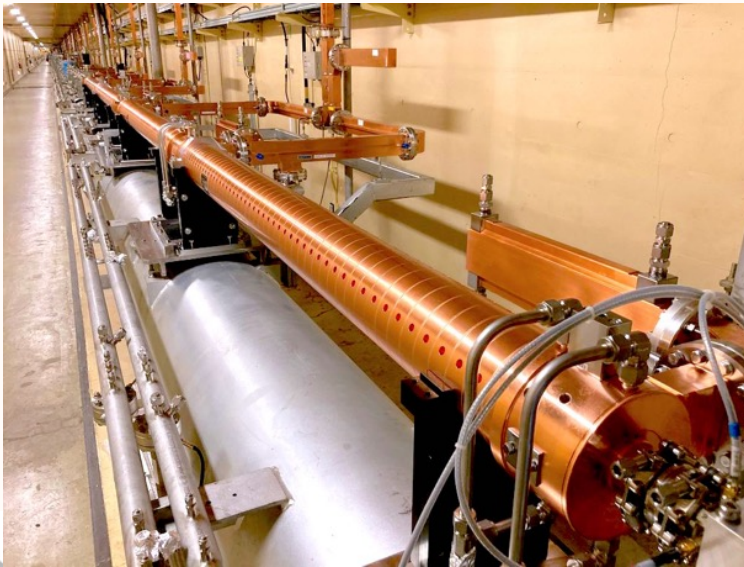
回折光学素子による形状補正



# 加速管の更新とエネルギー圧縮装置の新設

230本の加速管の40年の経年放電劣化に対応するため7%、16本新作交換し、より高いエネルギーの共鳴状態の研究も目指す

電子ビームを大電流化する際に電荷の約二乗に比例して広がってしまうエネルギーを圧縮するエネルギー圧縮装置



## 微量 PCB の処理、まとめ

微量の PCB を含むかもしれないコンデンサについて、破壊検査しか行えないため、全数を計画的に更新する



以上のような 7 つのカテゴリに分けた計画に基づき、放射光実験も継続させながら、年ごとに向上する SuperKEKB の衝突性能を支えるべく、入射器の更新を進める予定である。

