



入射器の現状

2018/1/31

榎本 嘉範

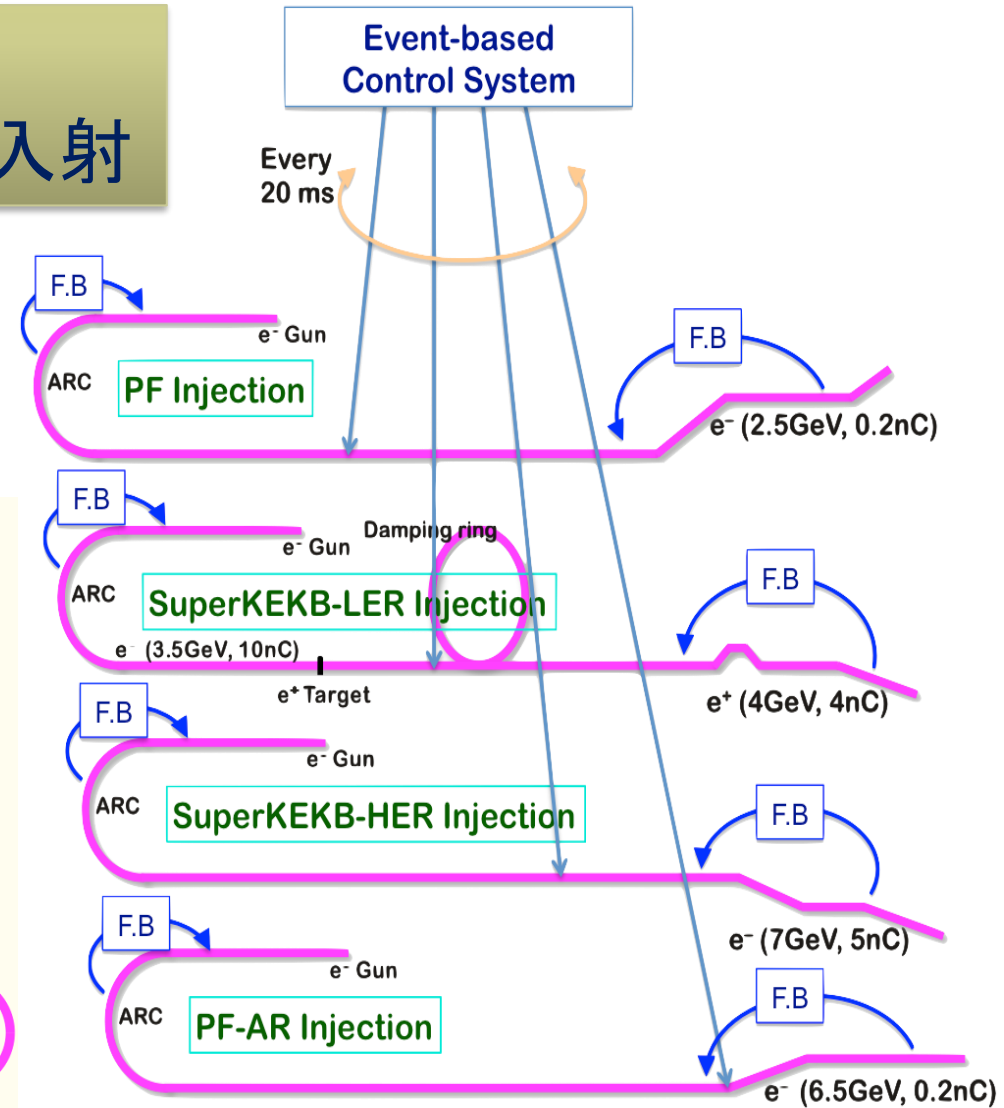
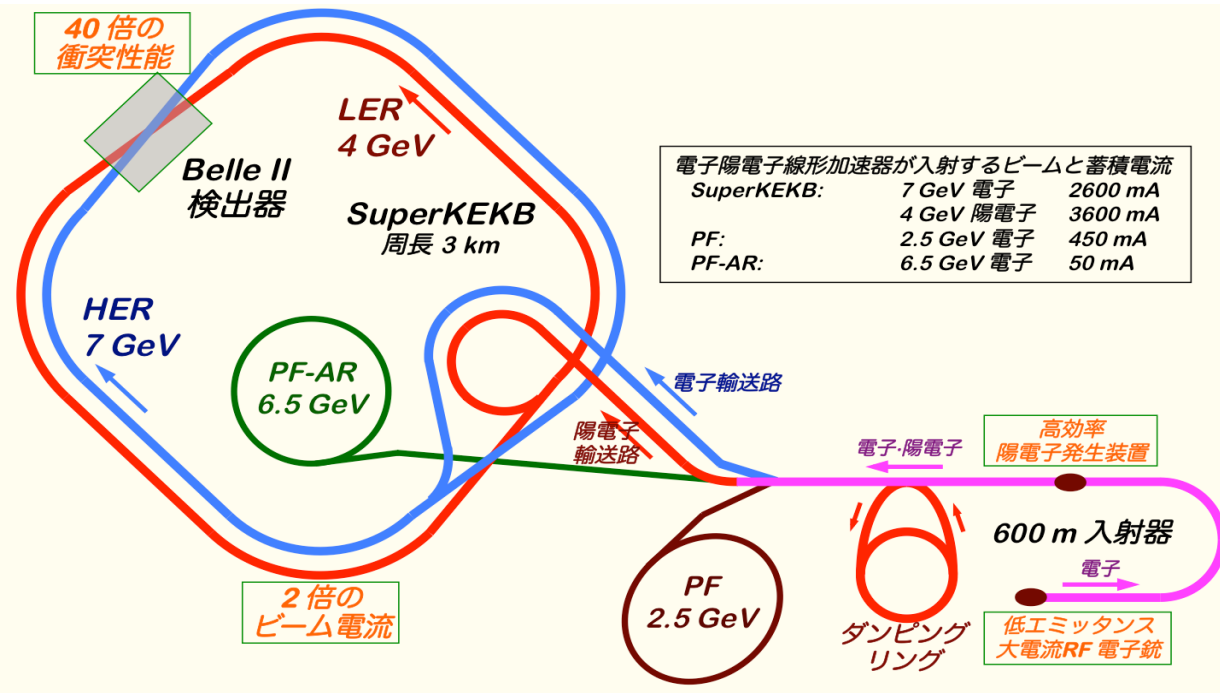
SKEKBへ向けた入射器のupgrade

- 新陽電子源(第111回 2017/2/1 紙谷氏)
 - High efficiency positron production and capture
- RF 電子銃 (第112回 2017/7/11 吉田氏)
 - Low emittance high bunch charge electron beam
- パルスマグネット (第113回 2018/1/31 榎本)
 - 50 Hz shot by shot selection of beam destination
- DR and LTR/RTL
 - 導波管のトラブル対処
- そのほかにも多数のupgrade

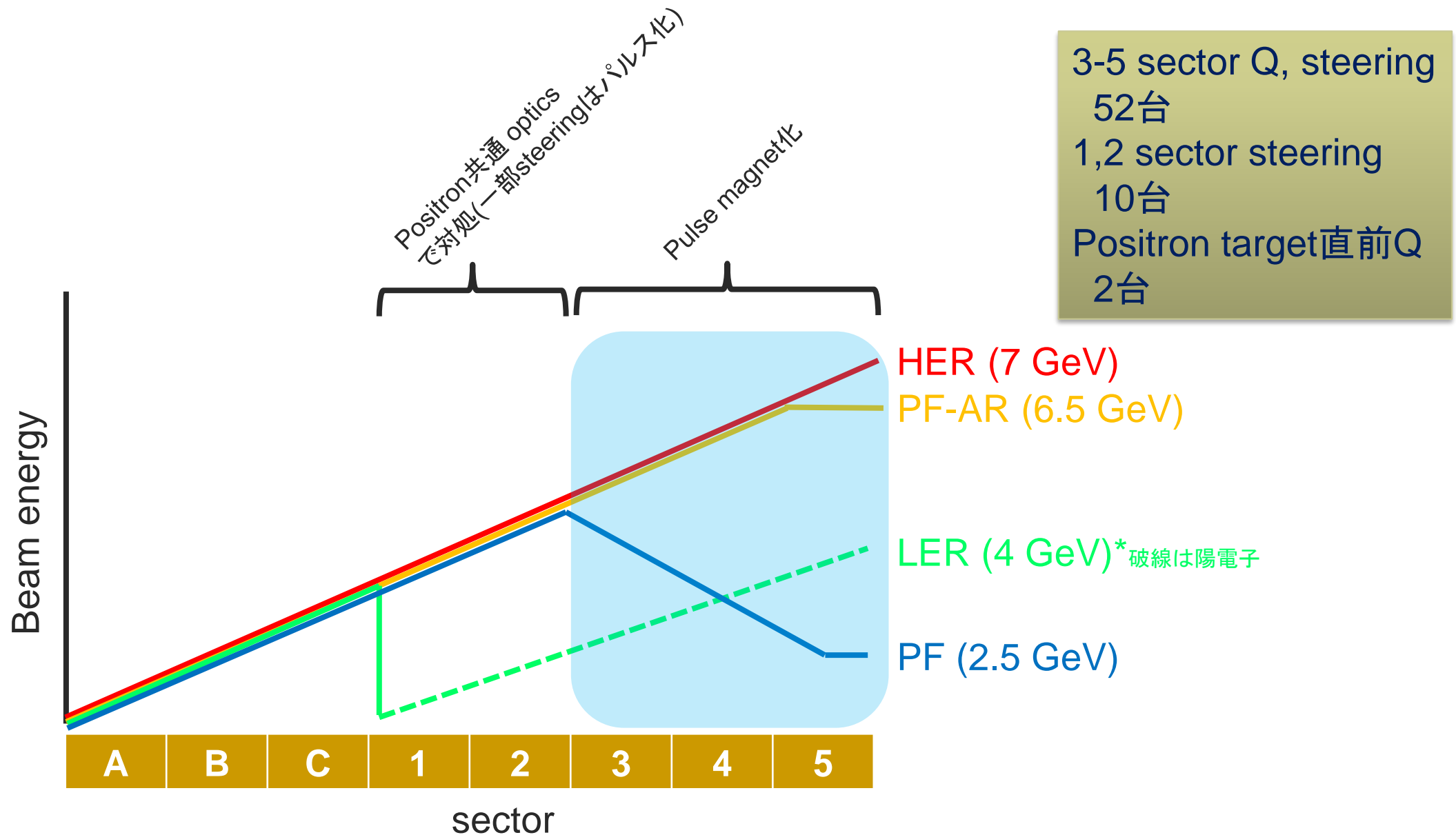
パルスマグネット導入の目的

HER, LER, PF, PF-AR

4リング同時(パルスごとの切り替え)入射

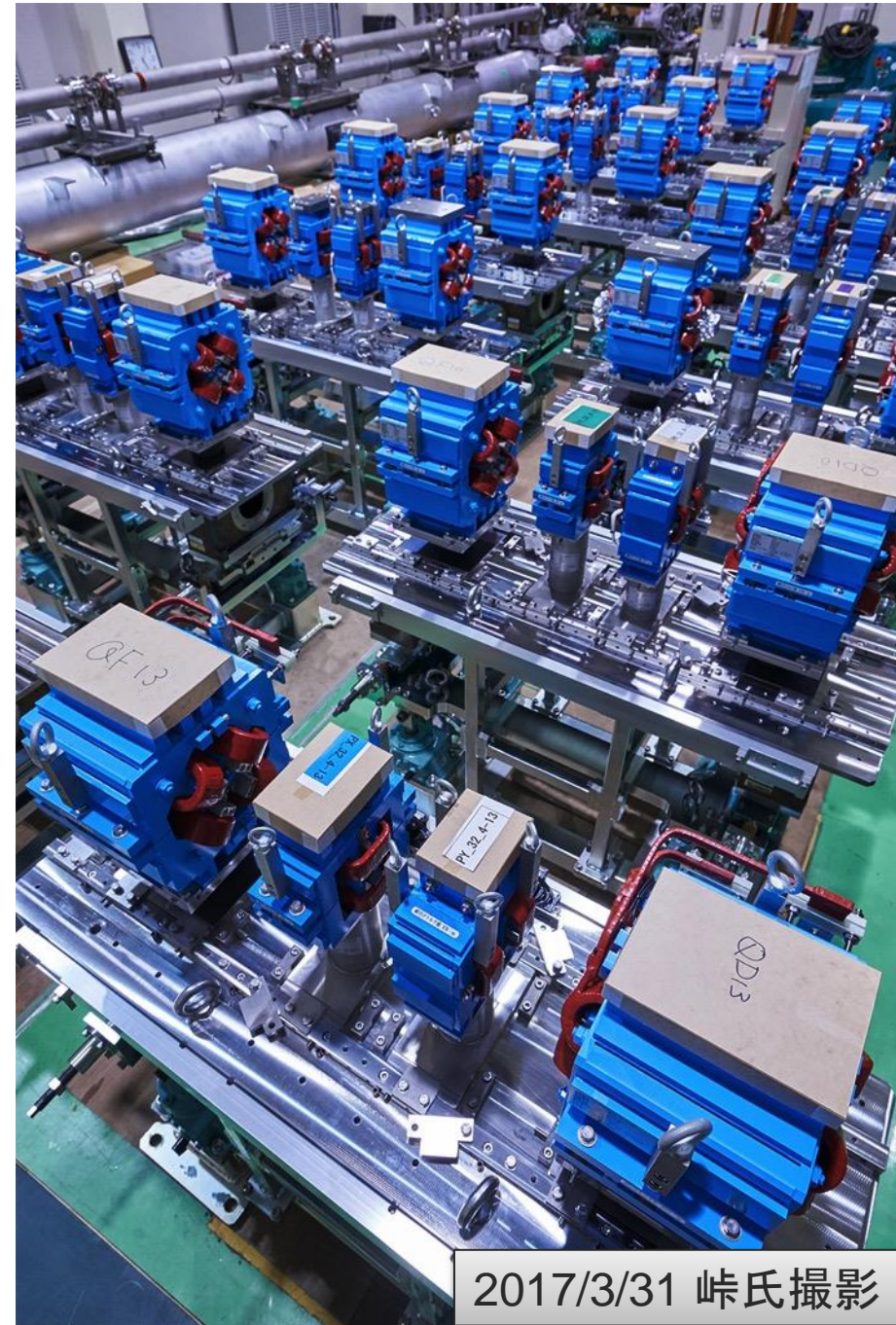


パルスマグネット置き換え箇所



設置工事について 1

- 2017年夏に大工事を行った
 - 入れ替えは64台
 - 工事期間は5-10月の99日間
 - マグネット、電源、配線、冷却水、制御システム、ソフトのすべてを新しくする
 - Pulsed magnet以外の工事も多数あり



2017/3/31 峠氏撮影

設置工事について 2



設置工事について 3

パルスマグネット電源筐体標準構成(1 set = 8 ch)
[PF, PX, PY, PD] x2 →0.5 sector分をカバー

パルス電源+インターロック
Q2台、ST2台分

パルス電源+インターロック
Q2台、ST2台分

制御系



工事は順調に進み

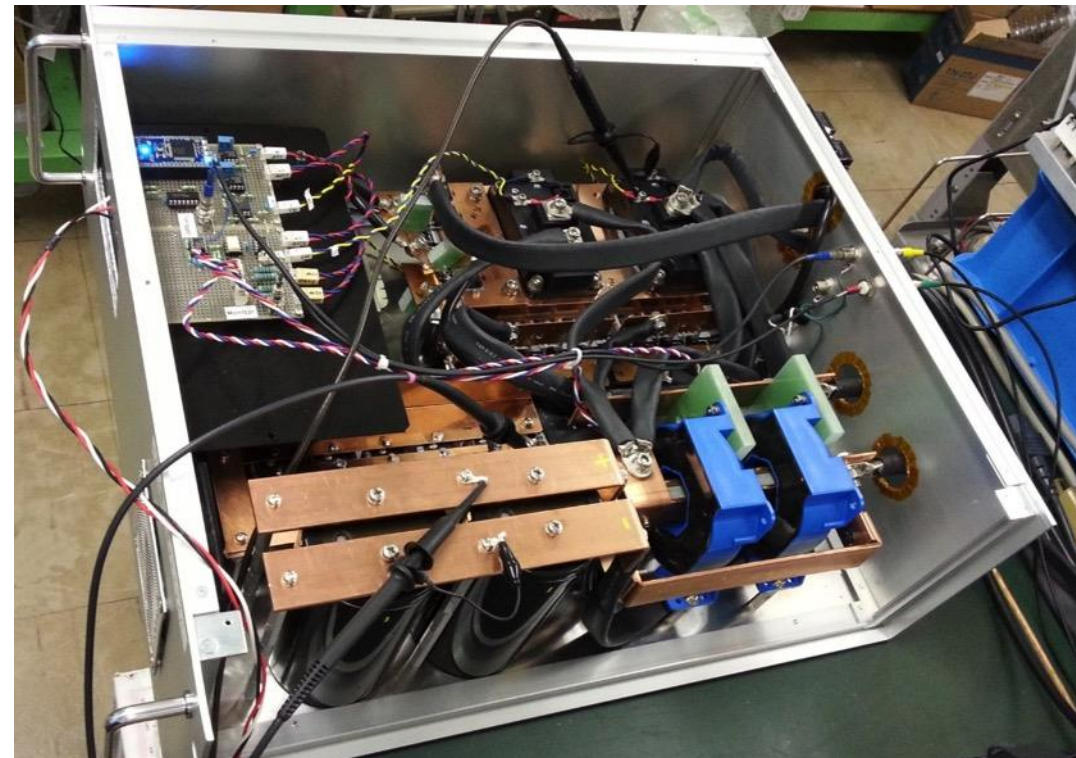
6月までに架台、マグネットの入れ替え

8月までに電源、配線工事を行った

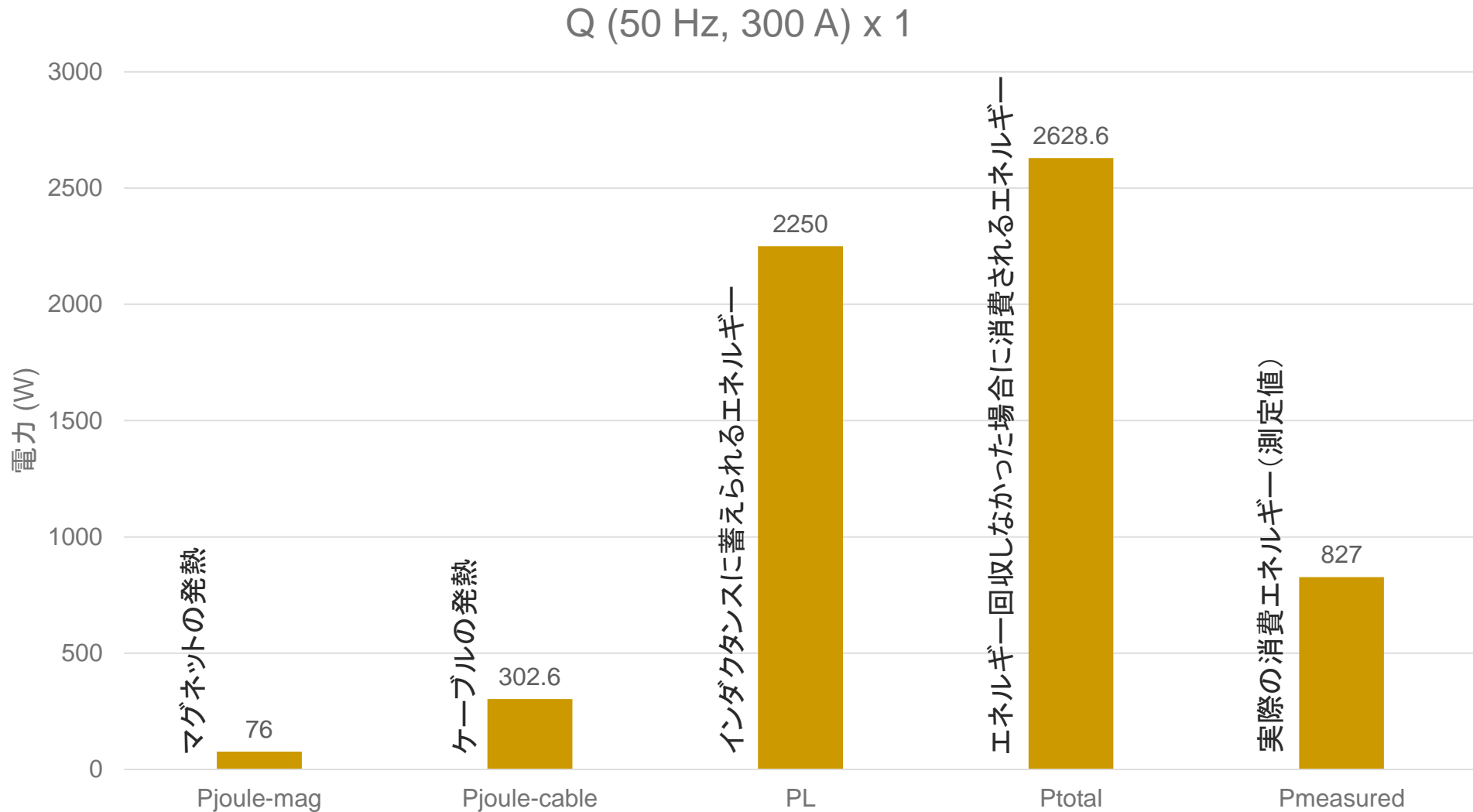
9月は1か月間の総合運転テストにあてることができた

Q電源の特徴

- エネルギー回収により高効率
 - トータルエネルギー回収率
68.5% (実測)
- IGBTのアナログフィードバック制御により、高精度、高安定
 - 24時間の安定性0.01%
- Event systemに対応した柔軟な制御
 - 50 Hzで 1 shotごとに全ての電源
に対して独立に任意の出力を設定可能



消費電力の計算と測定



$$\text{エネルギー回収率} = 1 - P_{\text{measured}} / P_{\text{total}} = 68.5 \%$$

消費電力まとめ

- 1unit当たりの消費電力は 6 kW (電力計による測定値)
 - Q 299 A x 4台 + ST 8 A x 4台 (50Hz)
- 3-5 sectorで6.5unit
- 6 kW x 6.5unit = 39 kW
- 1か月だと 39 kW x 24 hour x 30day = 28 MWh
 - 50 Hz最大電流運転を仮定
- パルスマグネットの消費電力は入射器全体の1%程度
 - 実際(実運転電流では)にはこれの半分以下の値になると思われる

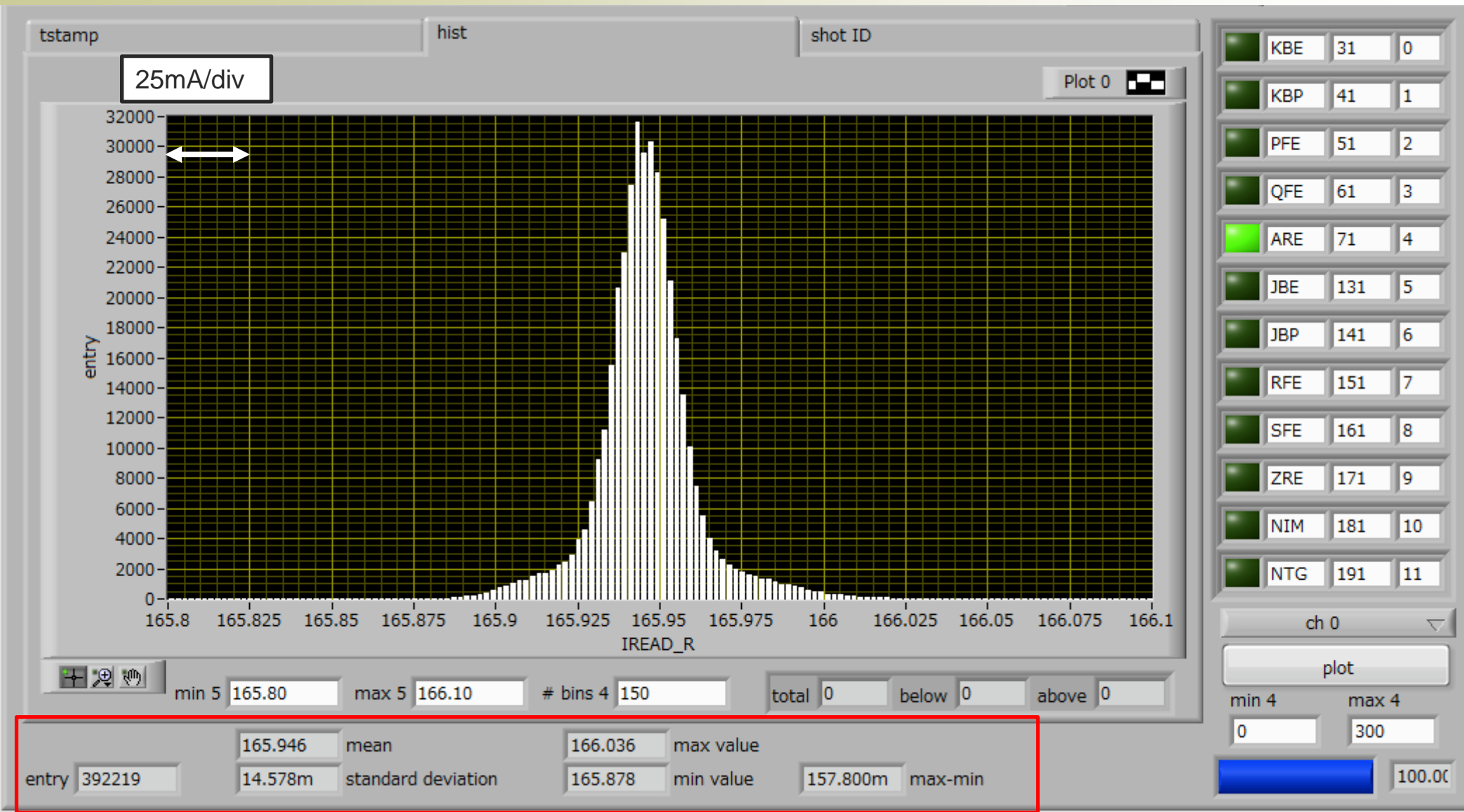
入射器の月別電力消費量(2017)

月	電力(MWh)
8	536.7
9	1455.7
10	2778.5
11	2301.4
12	2115.6

Q電源の特徴

- エネルギー回収により高効率
 - トータルエネルギー回収率 68.5%
- IGBTのアナログフィードバック制御により、高安定
 - 24時間の安定性0.01%
- Event systemに対応した柔軟な制御
 - 50 Hzで 1 shotごとに全ての電源にたいして独立に任意の出力を設定可能

Q電源の安定度(PF_52_4)

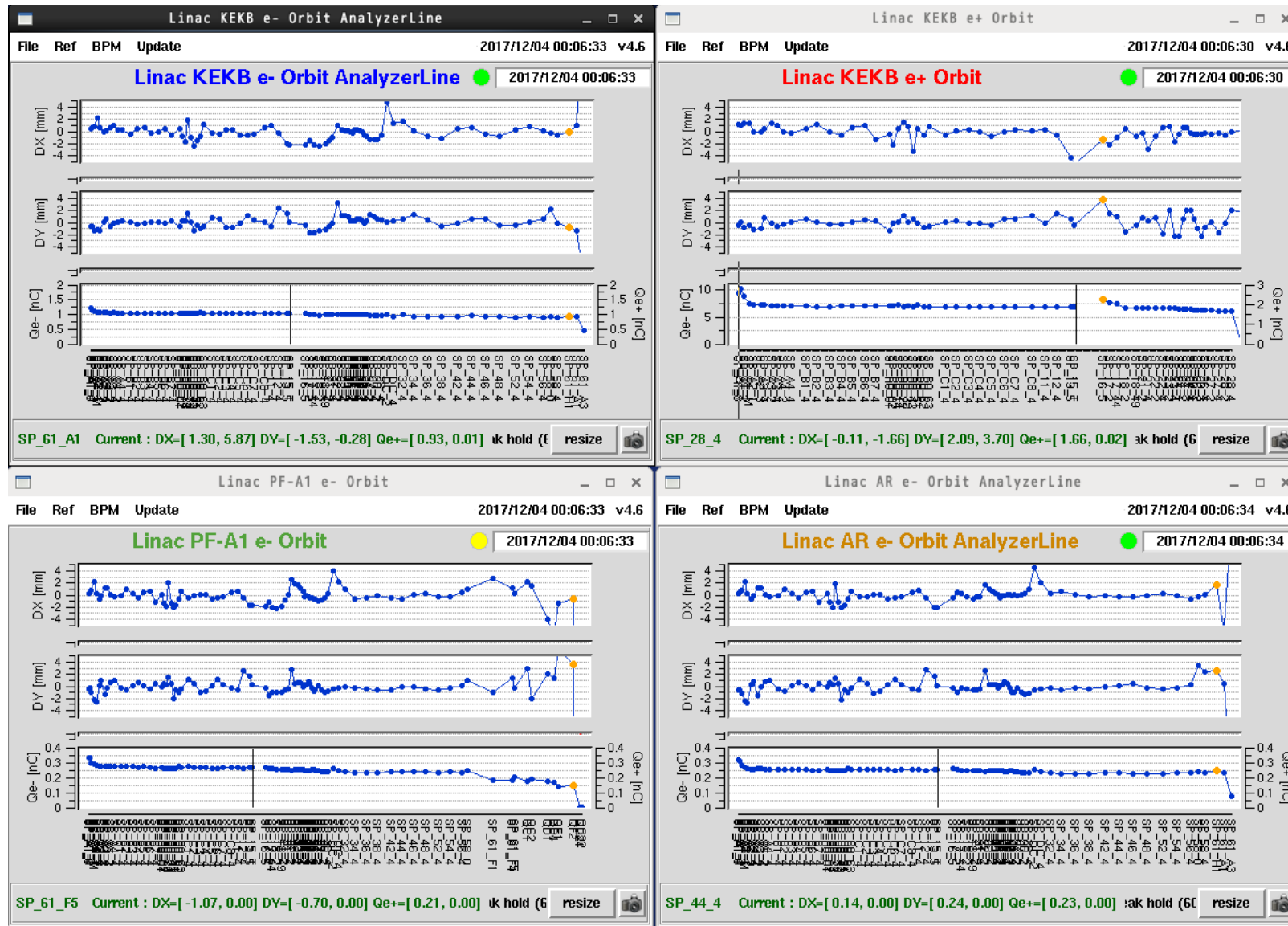


$$0.014578/165.946=0.0107\% / 24時間@ARE 165.946 A$$

Q電源の特徴

- エネルギー回収により高効率
 - トータルエネルギー回収率 68.5%
- IGBTのアナログフィードバック制御により、高安定
 - 24時間の安定性0.01%
- **Event systemに対応した柔軟な制御**
 - **50 Hzで 1 shotごとに全ての電源にたいして独立に任意の出力を設定可能**

4 ring同時入射パラメータの確立



まとめ

- 高効率、高安定、高柔軟性、低価格電源の独自開発、量産および同時運用に成功
- 2017年5-10月のシャットダウン期間において、64カ所のマグネットをパルスマグネットで置きかえる工事を行った
 - 限られた時間の中で、工期に遅れが生じることなく工事を完了し、十分なテスト時間を確保できた
- 2017年10月の運転開始以来、今のところトラブルはほぼ無く、安定して性能を発揮している
- 2017年10-12月の運転で4リング同時入射パラメータの確立に成功し、4リング同時トップアップ運転が可能になっている

今後の予定

- RF electron gun / thermal electron gunのパルスごとの切り替えへ向けて、合流部ベンドマグネットのパルス化
- Offset injectionによる低エミッタンス化のためのパルスステアリングの追加
- 旧パルスステアリング電源の置き換え

2018年夏には40カ所弱の置き換えを予定している。
→制御系、ソフト等は本年確立したシステムを使うため、リスクは低い

合流部のパルス化

24度ライン合流部Bend
2台

熱電子銃

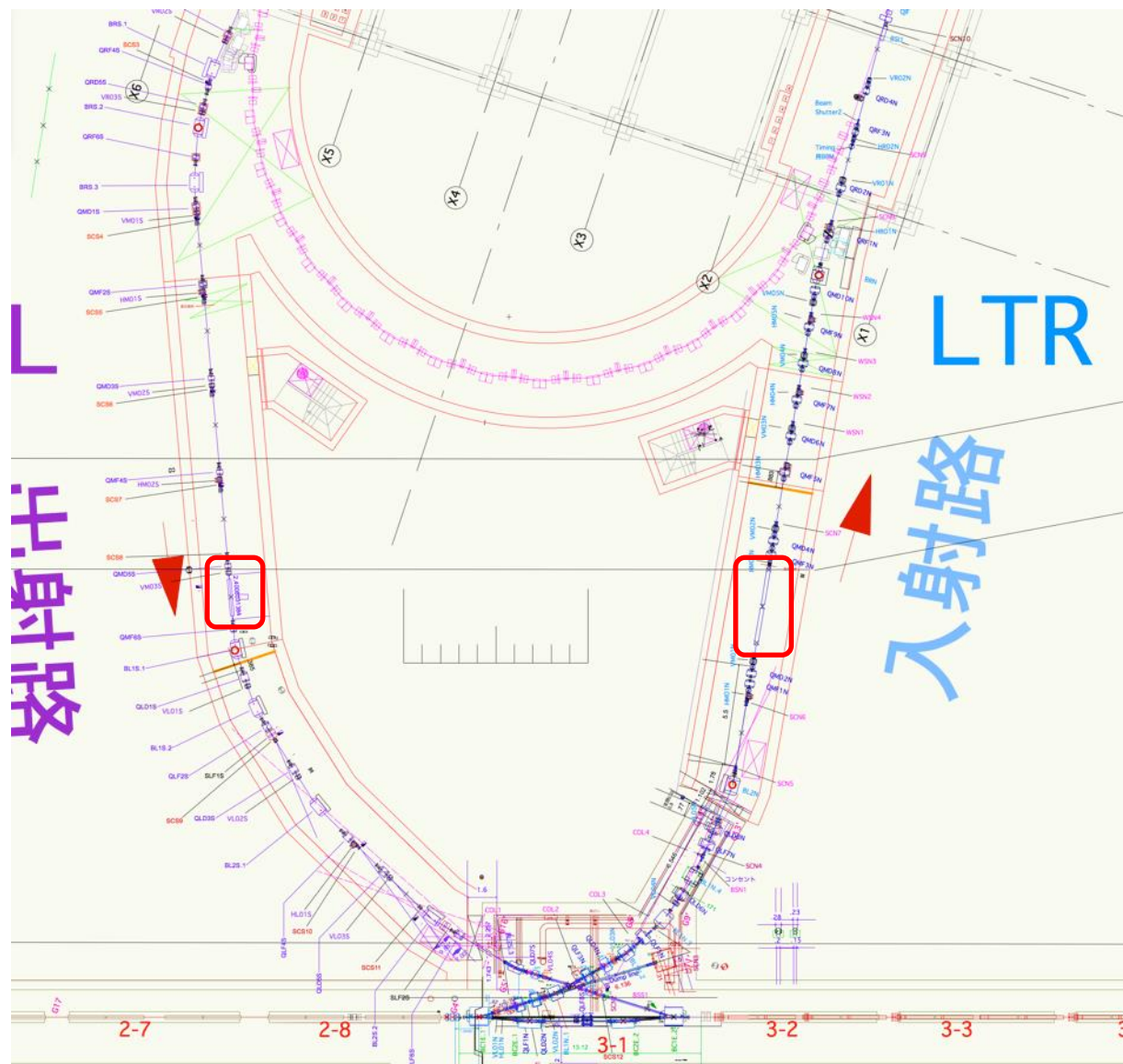
PF-AR
LER(陽電子生成用電子)
PF

HER

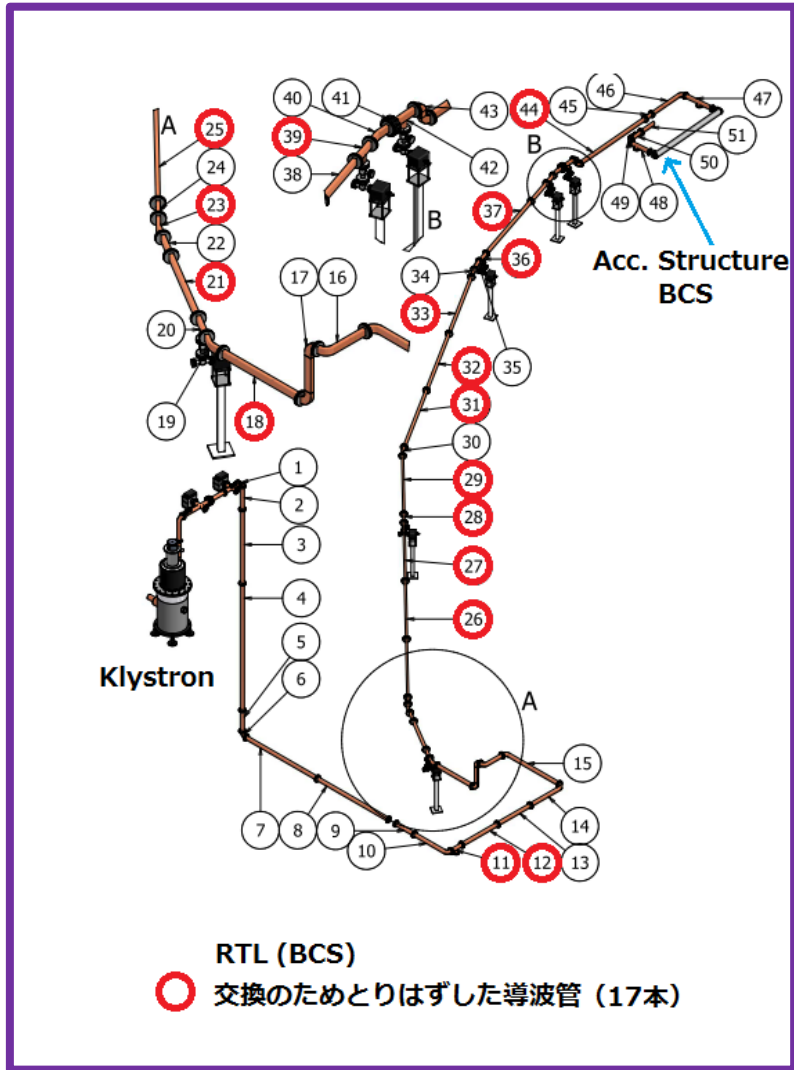
RF電子銃

LTR/RTL導波管

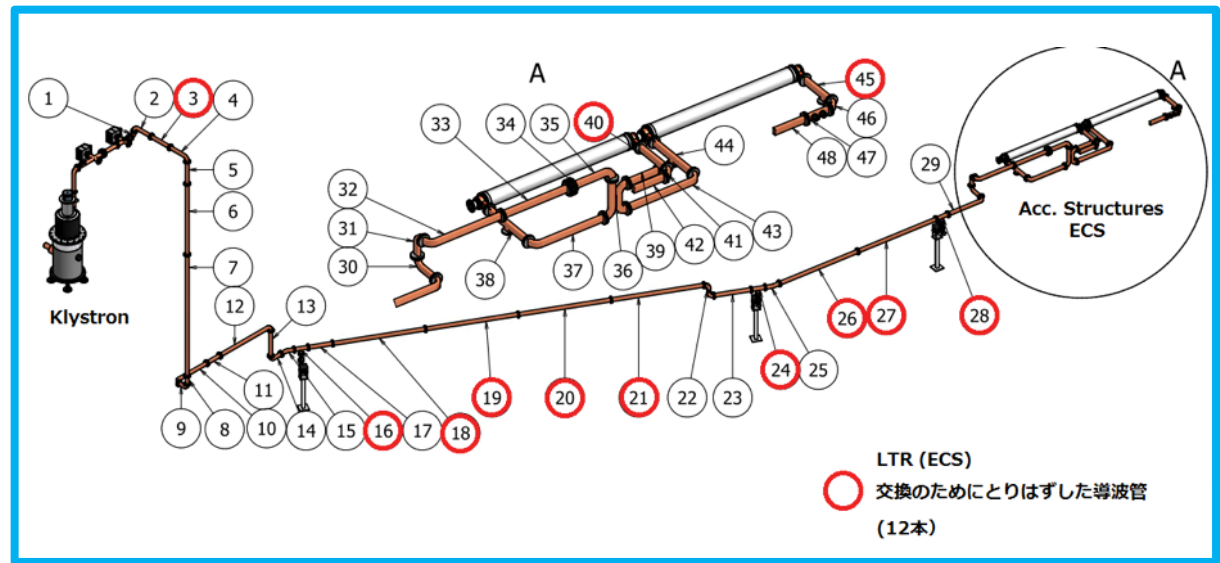
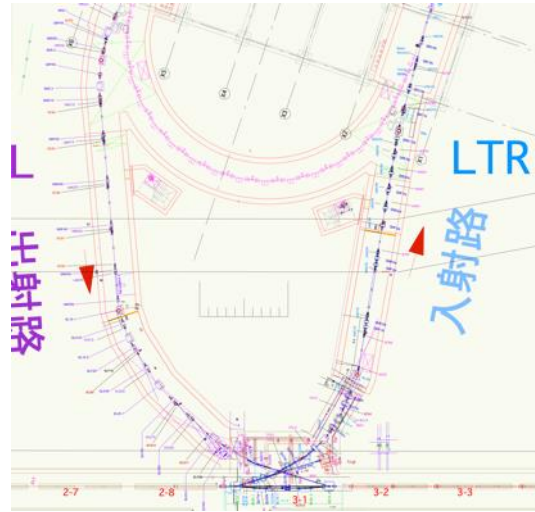
- LTR/RTLには入射器担当の加速管が2台/1台設置されている
- 電源、クライストロン、導波管も入射器担当



LTR/RTL導波管

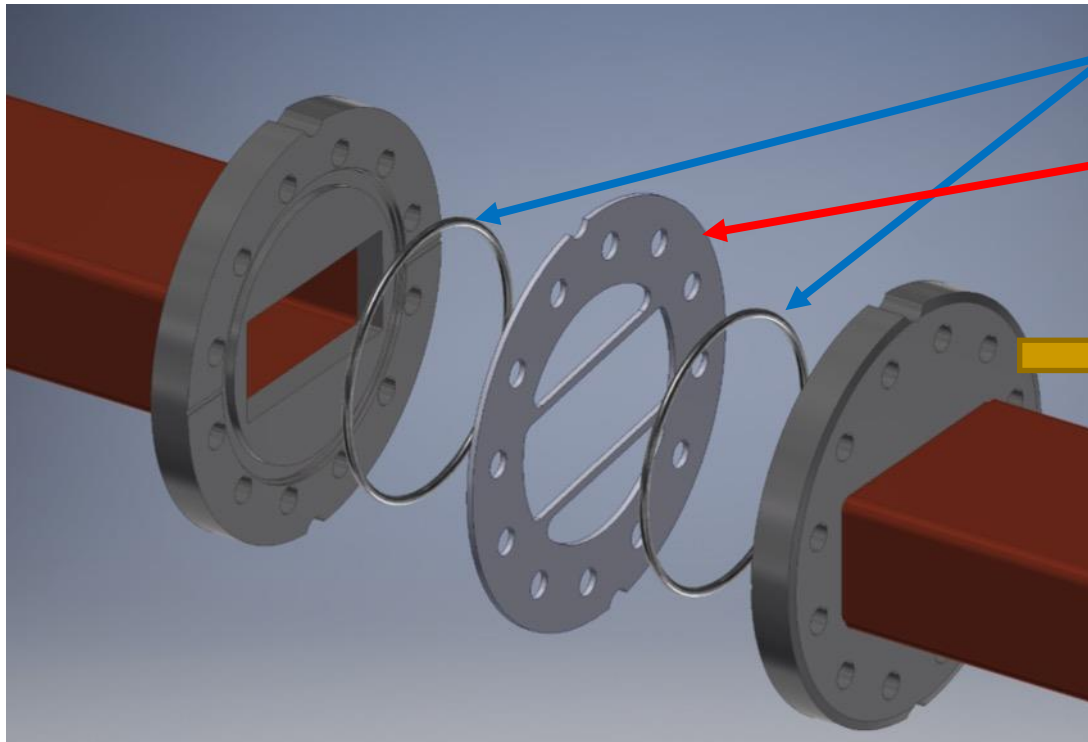


RTL



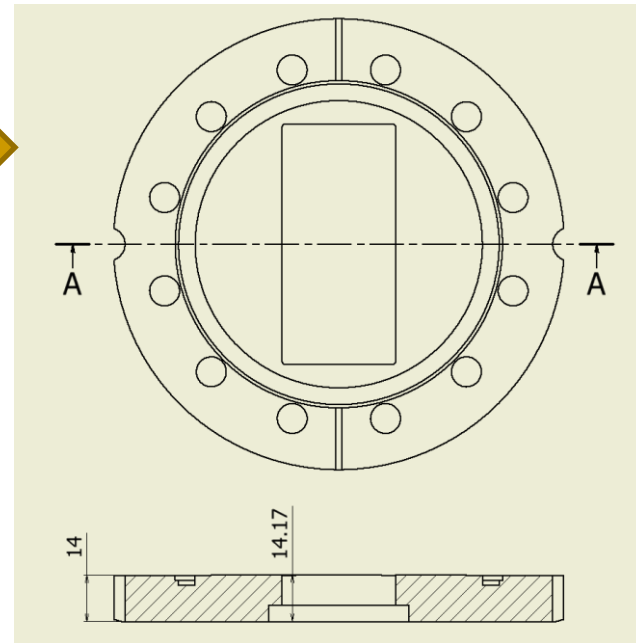
LTR

導波管フランジの構造



メタルシール(真空封止用)

RFコンタクタ(電氣的接触用)

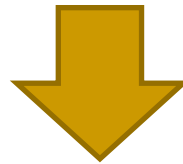


断面を強調して書くと



問題発覚とリカバリー作業

- 2017/9
 - ハイパワー投入前のRF反射特性の測定により、搬送路の途中から大きな反射が見つかった
 - 調査の結果導波管フランジの加工ミスが発覚した
- 2017/10
 - 不具合のある導波管をテストスタンドでテスト
 - ギャップ放電のため使用予定電力の1/10程度までしか、電力を投入できないことが判明した



予備があるものは置き換え
在庫がないものは急遽新造
することとし、問題がある導波管(29本)はすべて置き換えることを決断

問題発覚とリカバリー作業

- 2017/10上旬
 - 不具合のある導波管を取り外し、トンネルから搬出
- ~2017/11
 - 入れ替え用導波管の準備
 - 新造品の製作、交換作業のための準備
- 2017/11下旬~2017/12
 - 運転の合間を縫って、複数回に分けての組み込み作業
- 2017/12/17, 24
 - 試験運転を実施し問題がないことを確認
- 2018/1
 - DR工事の合間を縫ってエージング作業を継続
 - エージングは順調に進み、現時点では定格電力での運転が可能となっている。

まとめ

- LTR/RTLの導波管(入射器担当)に不具合が発覚した。
- DR立ち上げ前の限られた期間で、PF、PF-ARへの運転をしながらという制約の中、問題のある導波管を全数交換し根本的解決を行った。
- 現時点では定格電力の運転が可能となっており、DR立ち上げへの影響を避けることができた。