

SPring-8シンクロトロンの検討とその後の10年

「SPring-8加速器ビーム運転10周年記念講演会」

イーグレひめじ 「あいめっせホール」

2007年2月15日（木）

SPring-8/JASRI加速器部門 円型加速器グループ 米原 博人

SPring-8シンクロトロン関係者

- **1990** 熊原忠士、吉川 博、米原博人、橋本 宏、大塚英雄、中山光一、梶沢光昭、中村直樹、芦田和雄、島田太平、柳田謙一、山田浩司、石田 勉、鈴木寛光、横山稔、飯塚元昭、荻野晃久、黒坂範雄、永井高久、原見太幹、横溝英明、宮原義一、鈴木康夫.
- **1993** 米原博人、鈴木寛光、青木 毅、谷 教夫、佐々木泰、米山勝治、上山泰男、佐々木泰、藤田久美雄、永井高久、林壮一郎、永渕照康、平井宏治、荻野晃久、市原正弘、堀 利彦、原見太幹、宮原義一.
- **1994** 米原博人、鈴木寛光、青木 毅、米山勝治、佐々木泰、上山泰男、永渕照康、深見健司、林壮一郎、堀 利彦、藤田久美雄、市原正弘、永井高久、平井宏治、荻野晃久、伊藤雄一、阿部浩之、金田隆良、岡西賢二、大槌茂樹、原見太幹、宮原義一、横溝英明、白形弘文.
- **1995** 米原博人、鈴木寛光、上山泰男、佐々木泰、永渕照康、林壮一郎、青木 毅、谷 教夫、阿部浩之、深見健司、金田隆良、岡西賢二、大槌茂樹、細田直康、堀 利彦、小林利明.

コミッショニング以降

- **1996.12.09** シンクロトロン：ビーム調整開始
- 1996.12.10 ビーム周回確認
- **1996.12.16** **8 GeV**加速成功
- **1997.02.25-26** 運転時検査
 - ⇒ 03.11 施設検査合格通知／SSBT系調整（翌日から）
- 1997.4月下旬** 単バンチビーム生成試験
- **1997.5月下旬** リングで不純度**1%**程度達成⇒ **10^{-6}** 以下に。
- **1999.04** 米原博人、青木 毅、深見健司、細田直康
- 現在：青木 毅、深見健司、細田直康

ブースタ・シンクロトン計画検討事項(1)

・周長の適正化

基本ラティスはほぼ決まり；ラティス確認

(磁石製作及び設置誤差評価／田中 均さん。2,3年後、再確認)

電磁石小型化（ボア径見直し）、偏向電磁石湾曲化

on-axis入出射方式 $\longrightarrow$ パルス電磁石配列とビーム観測

入射エネルギー（出射エネルギー：8 GeV）

加速設備＋入射 & 出射 $\longrightarrow$ レーストラック状

リングとの整数比関係

・周期間隔検討；1秒繰り返し $\longrightarrow$ 0.5秒繰り返し（却下）

・タイミング制御

単バンチビーム生成；周回周波数ベースから加速周波数ベースへ（基準周波数発信機は1台）

低ジッター回路（リングRFグループと共同）

500 MHz Non-stop Digital Counter 開発／川島さん+RFグループ

Li電子銃-入射部を使った低ジッタトリガ回路試験 ＋堀さん

低ビーム電流（陽電子ビーム）対策 $\Rightarrow$ 8パルス入射（別途、陽電子ビーム不要検討案）

ブースタ・シンクロトン計画検討事項 (2)

- ・ 加速電圧の合成

Two-klystron systemの選択 (冗長性; クライストロン4本案はダメ)

加速周波数の位相制御 ($150^\circ - 0^\circ$) / 一定電力が空洞に

- ・ 初期調整と通常運転を念頭に置いたモニターの検討

Sy 蛍光板モニタ台数1/3以下に削減 (パルス電磁石開口部に) 。

ストリップラインモニタ増設 (3台) 、...

- ・ 出射条件に強いSSBT系の検討

出射パルス電磁石安定度 $\leq 10^{-3}$; OK

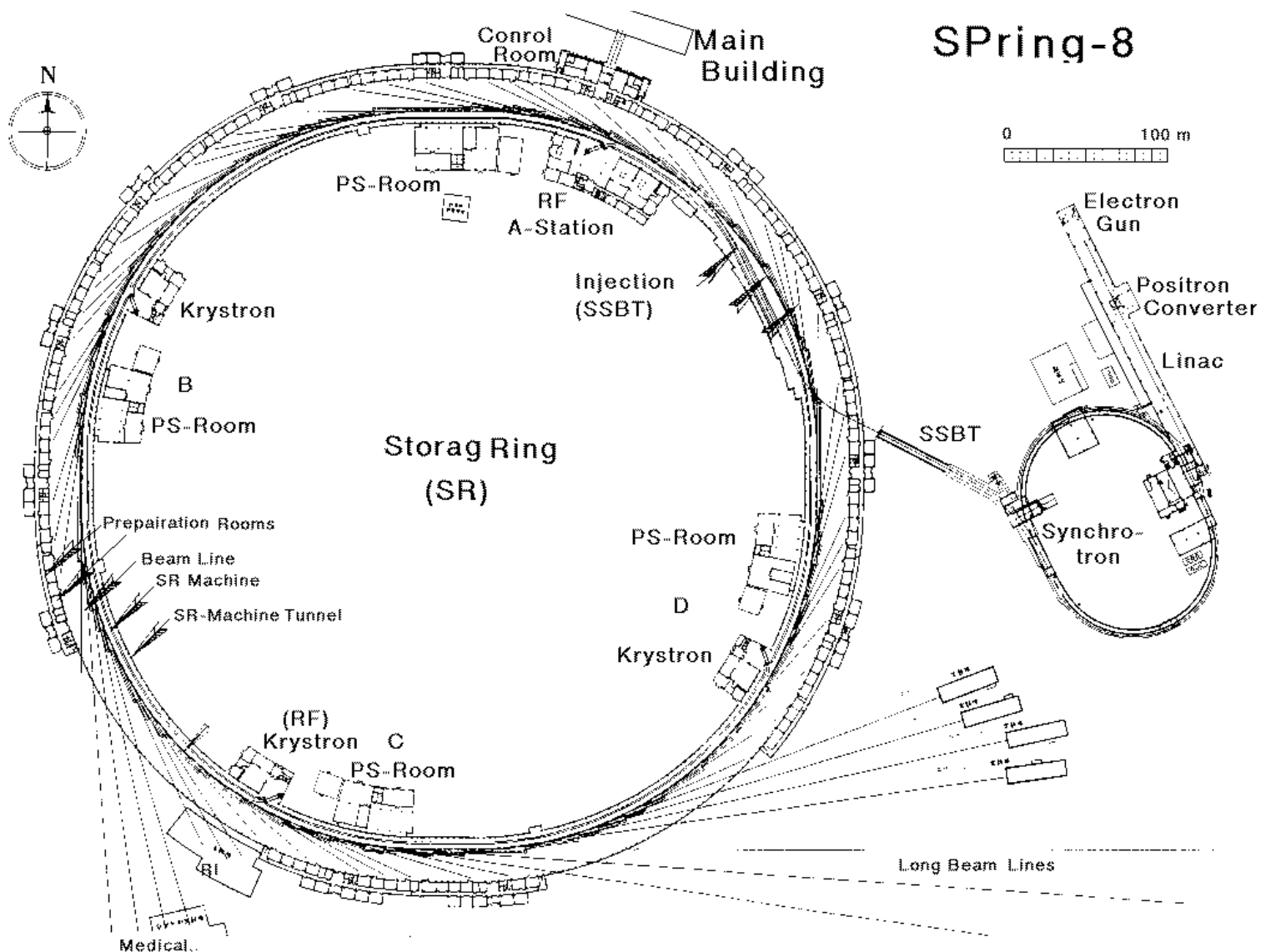
- ・ 計算機制御の位置付け (「SPring-8 シンクロトン制御系及びタイミング系」 920412 -)

電源・タイミング 運転データ収集、設定値変更、出力監視 ; 初めから使えること。

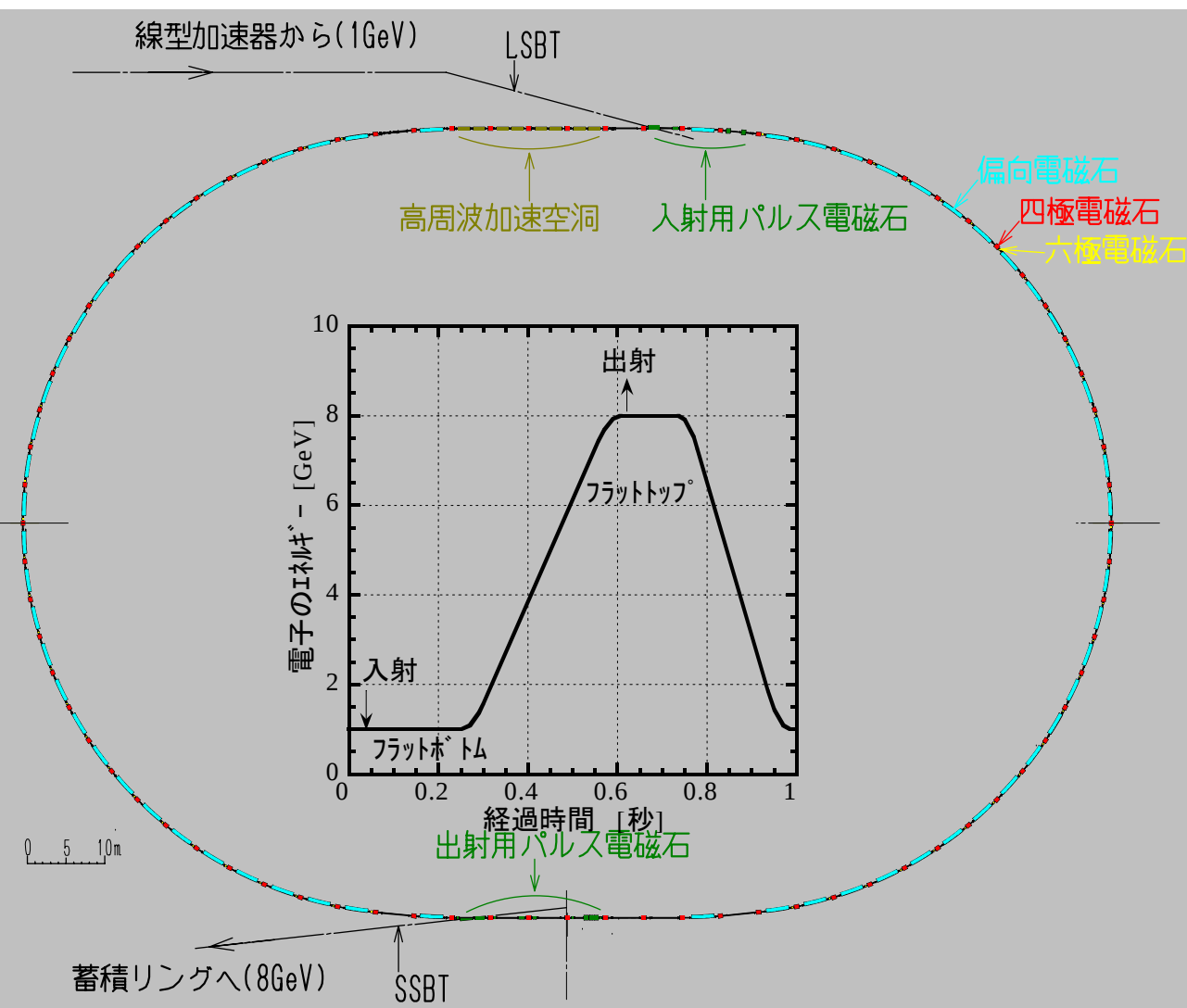
電源類・タイミング設備の運転設定

動作機器の遠隔操作 $\Rightarrow$ GUIによる操作性の向上

SPring-8加速器設備ーシンクロトン・SSBT

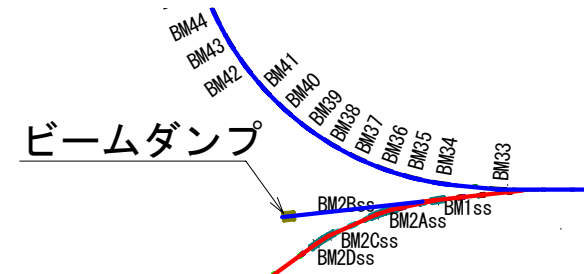


シンクロtron機器配置(周長396.124m)

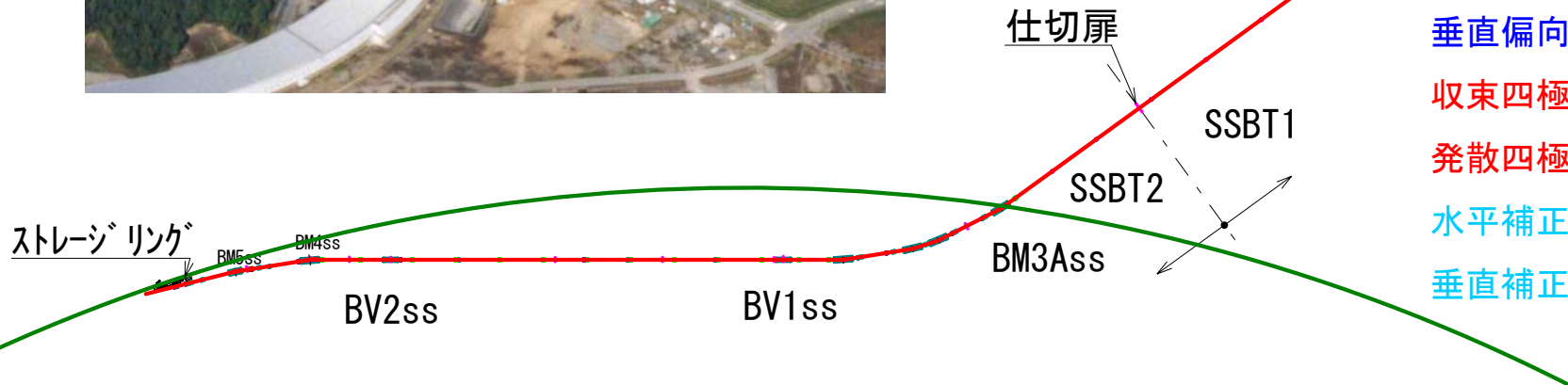


- 電子の速度: $300,000,000[\text{m/秒}]$
- 電子の周回時間:
 $396.124[\text{m/回転}] / 300,000,000[\text{m/秒}]$
 $= 0.00000132[\text{秒/回転}]$
- 電子の周回回数:
 $0.6[\text{秒}] / 0.00000132[\text{秒/回転}]$
 $= 455,000[\text{回転}]$
- 電子の走行距離:
 $0.6[\text{秒}] \times 300,000,000[\text{m/秒}]$
 $= 180,000,000[\text{m}] = 180,000[\text{km}]$
- 電子の個数:
 $0.001[\text{A}] \times 0.00000132[\text{秒/回転}] / 1.6 \times 10^{-19}[\text{C/個}]$
 $= 8,250,000,000[\text{個}]$
- 偏向電磁石の曲げ角:
 $360[\text{度}] / 64[\text{台}] = 5.625[\text{度/台}]$

SSBT全系



- 水平偏向電磁石 11台
- 垂直偏向電磁石 2台
- 収束四極電磁石 22台
- 発散四極電磁石 20台
- 水平補正電磁石 11台
- 垂直補正電磁石 10台



タイミング制御

1990.07 「SPring-8 タイミング系」

リングの単バンチ運転を実行するために必要であろう機能
不純度目標；リングのビーム調整に必要な $\sim 10^{-3}$ まで作る

1992.12 リナック・ジッタ測定計画 $\Rightarrow$ **1993.01** トリガ回路ジッタ測定開始
同上 「基本周波数及びタイミングシグナル転送用機器の特性について」

1993.06 – 1994.07 リナック入射部を用いたタイミング系ジッタ測定

1994.06 タイミング制御機器 ジッタ測定

1 μ sビーム(RF-KOをかける前) 23 April 1997

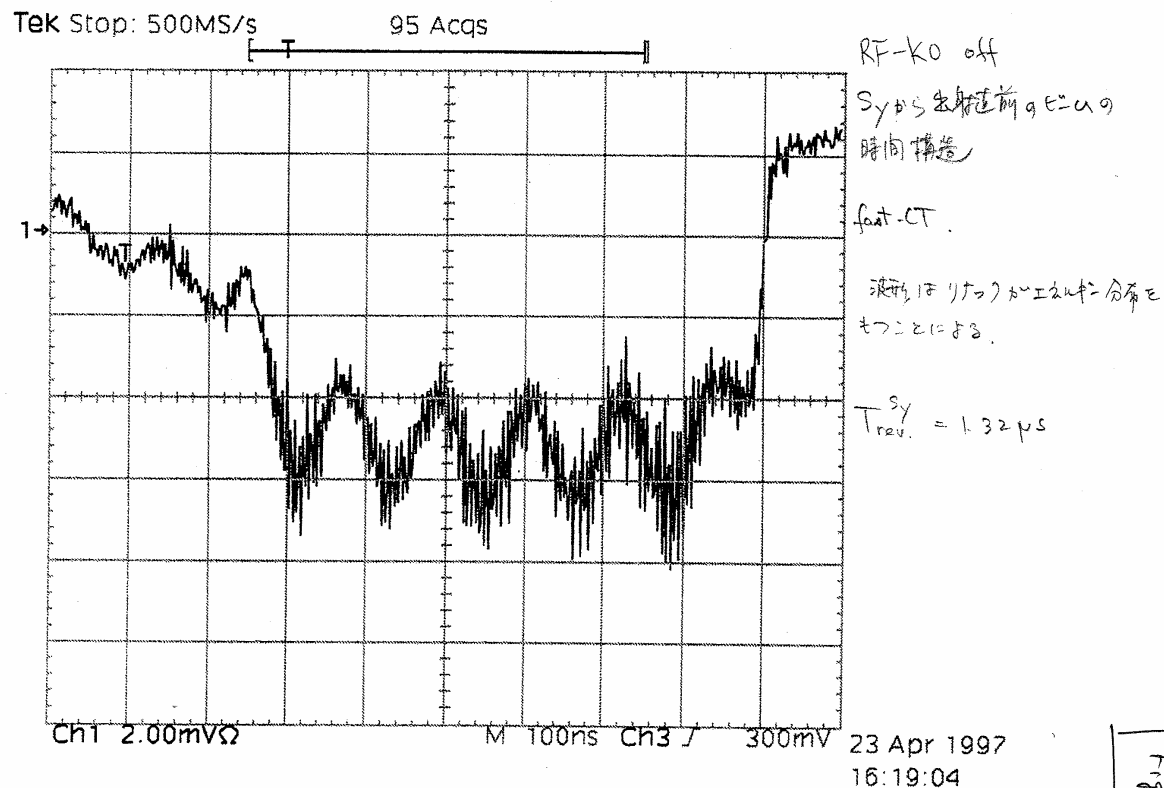


図1-1. 通常のビーム波形

Fig. 0

48分周RF-KO 23 April 1997

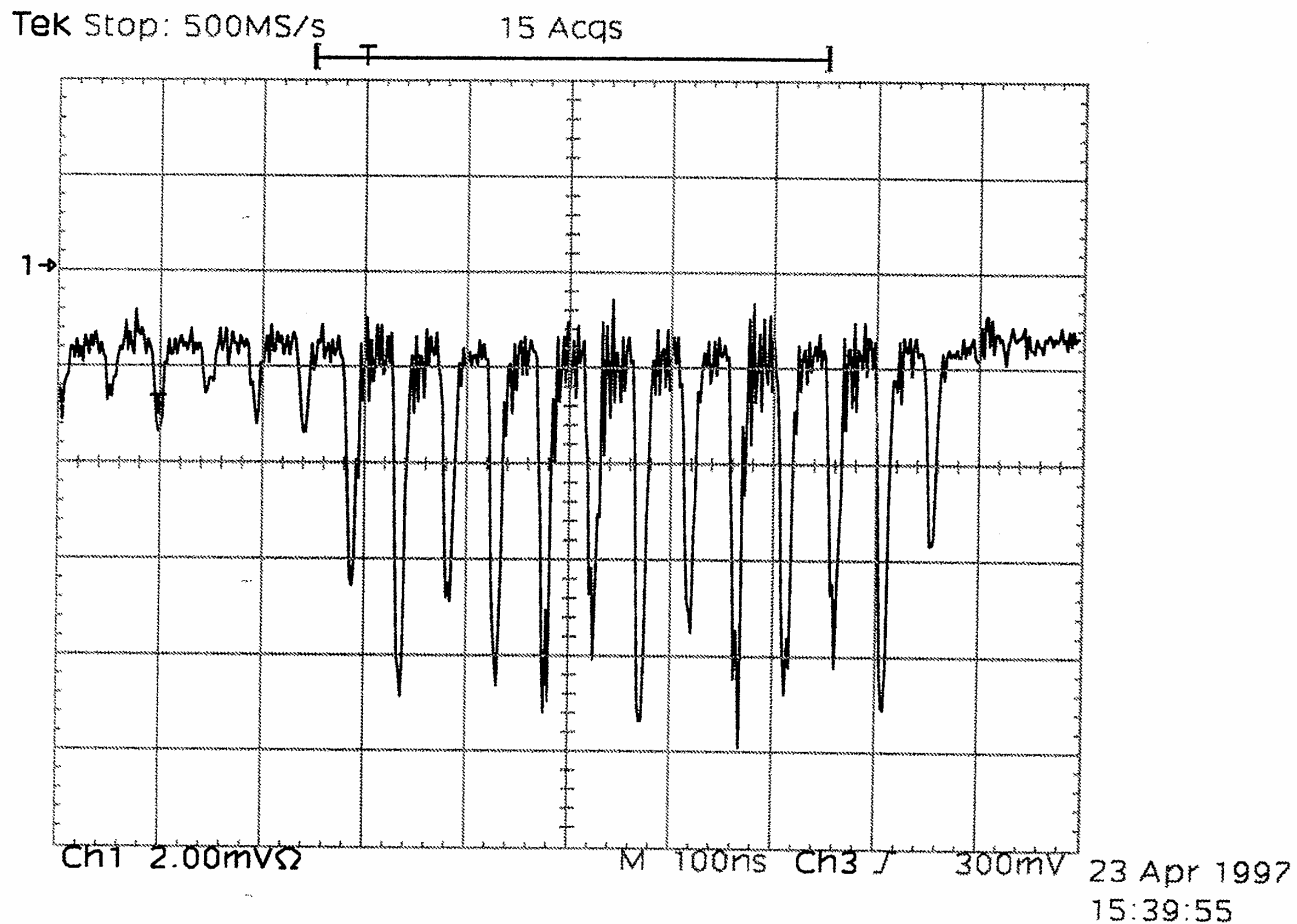


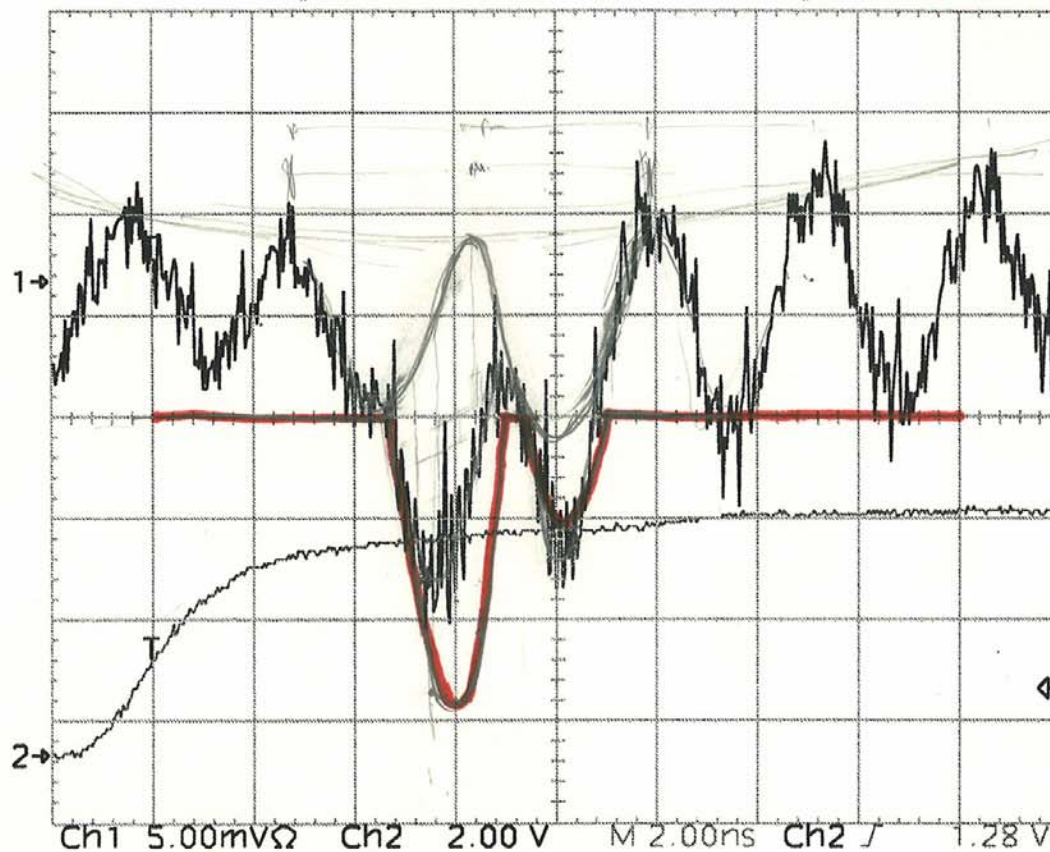
図1-2. RF-KO動作中

- ・ 予選同位素数 1.3526 MHz
- ・ 50.58 MHzの48分周 10.5254 MHz
- ・ アップ出力 75W

シンクロトロンで最初の単バンチ様ビーム成形 15 May 1997

Tek Stop: 25.0GS/s ET 182 Acqs

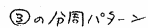
Sy fast-CT: Single-Bunch like
(ST-R. へ入射)



508 MHz / 24 分周 0.7 V

15 May 1997
17:42:33

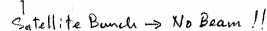
Fig. 1



$$\frac{1}{12} \text{ 分周} + \frac{1}{21} \text{ 分周} + \frac{1}{32} \text{ 分周}$$

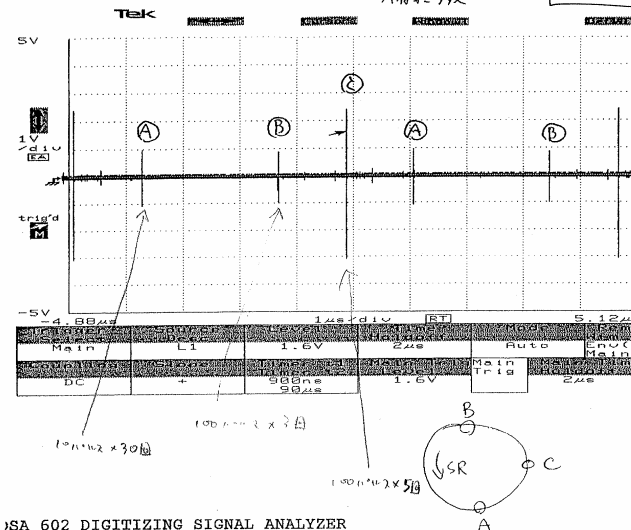
各 40ms
全乙矩型波

Fig. 2

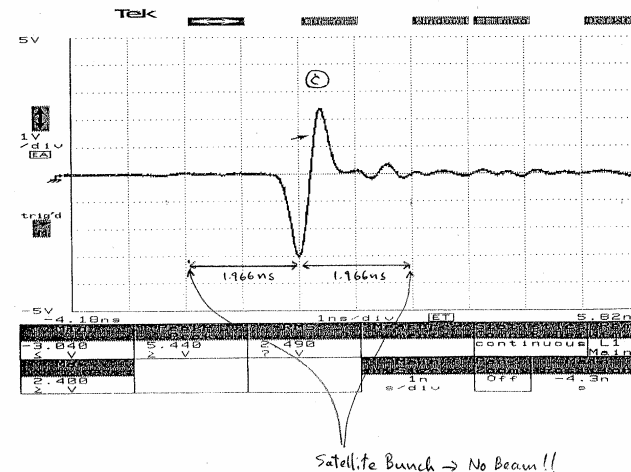


入射終了後

Fig. 3

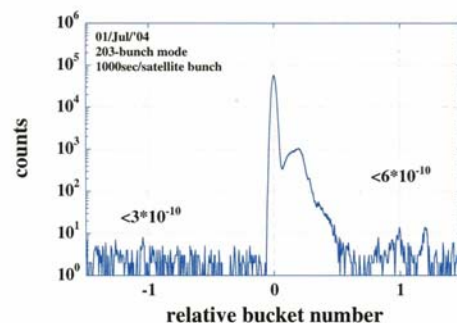


Tek

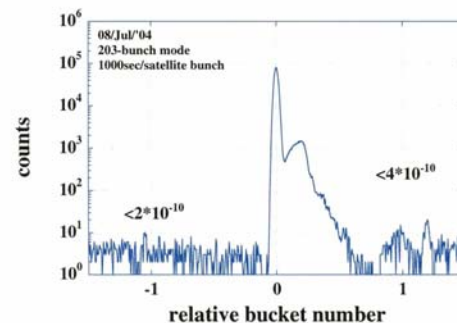
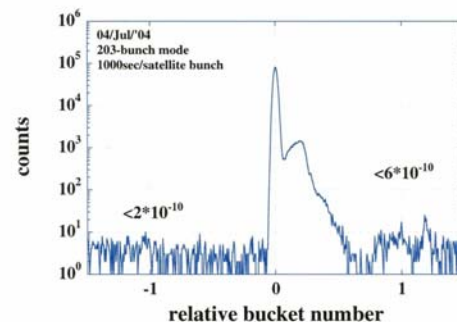


加速器10周年-シンクロトロン

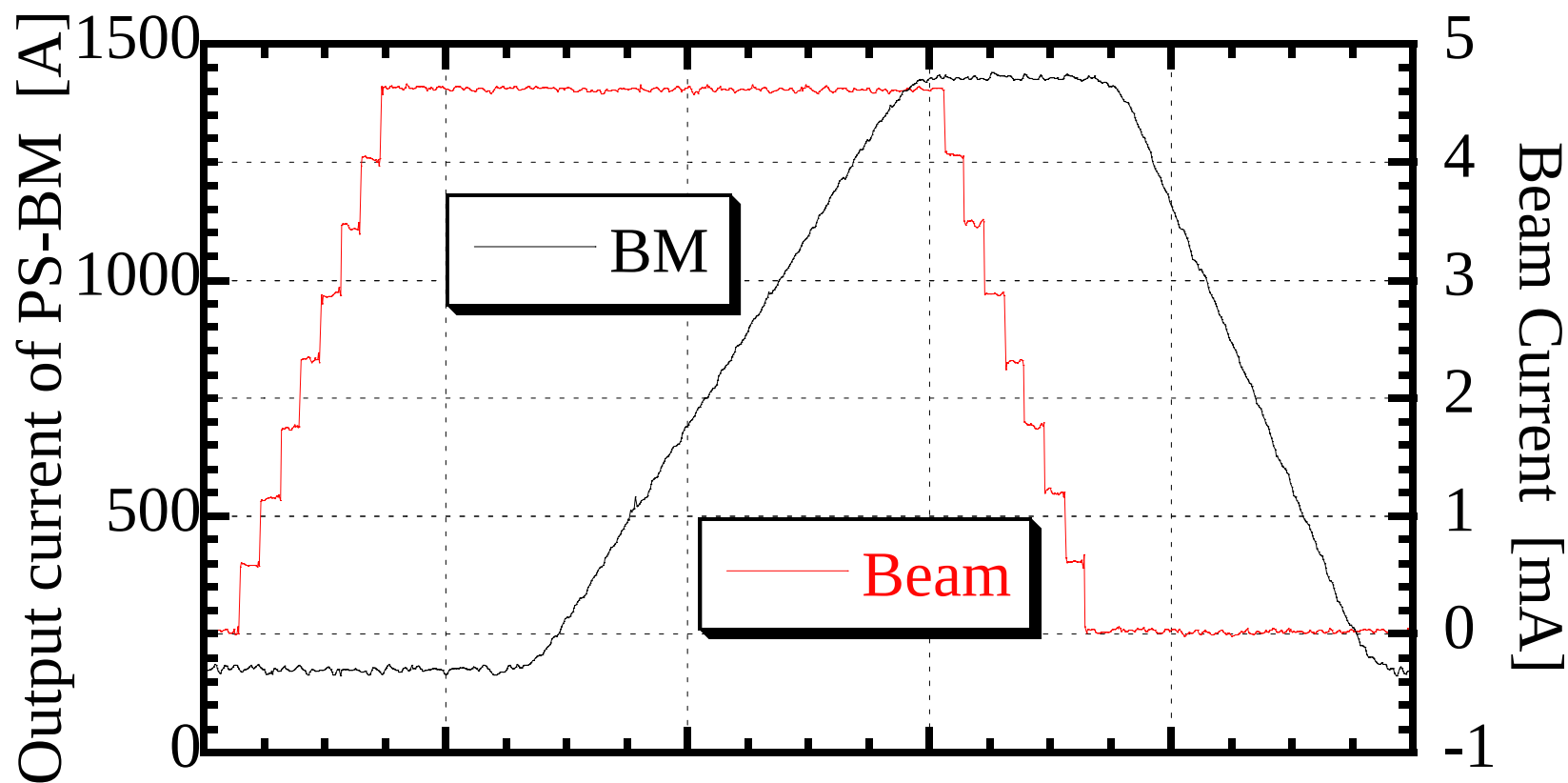
トップアップ運転 連続入射 単バンチビーム不純度



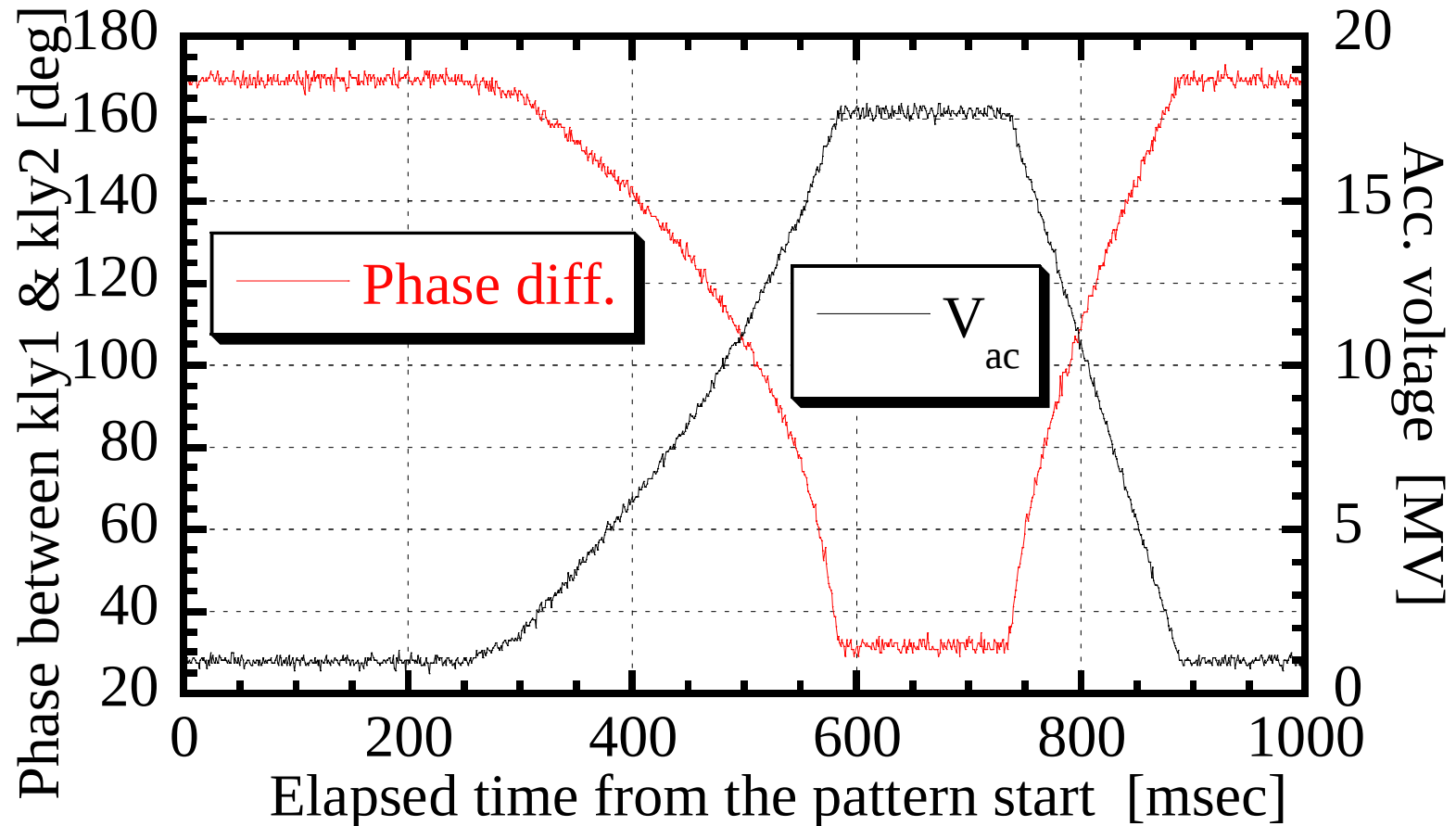
光子数計測方法；
2段ポッケルセル（田村 和宏）



8パルス入射・出射の達成

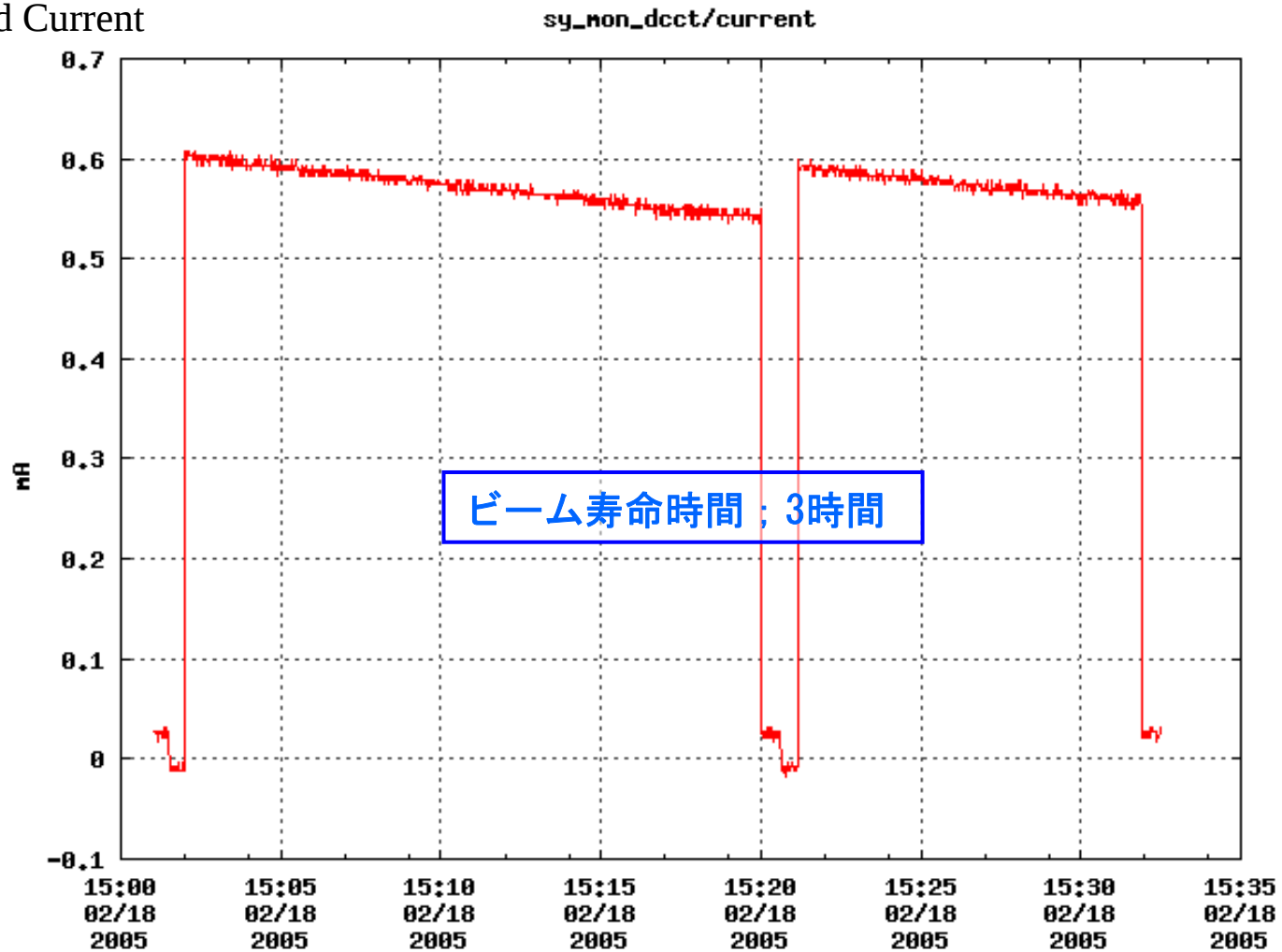


クライストロン間位相制御による実効加速電圧



シンクロトロンDC運転実現

Stored Current
(mA)



加速器10周年-シンクロトロン

シンクロトロン 今後の課題(1)

さらに安定にビームを供給する

単バンチビーム純度を長期に渡り保つ **RF-KOシステム二重化**

COD自動補正;入射効率の確保と出射軌道の安定化

補正電磁石電源双極化

入射軌道の調査・安定化;LSBT系・パルス電磁石

入射軌道観測

出射軌道の調査・安定化;SSBT系・パルス電磁石

ビームサイズ整形用にスリット系を設置

今後、故障対策が重要

クライストロン予備器スタンバイ設備の評価

電源類の更新検討

シンクロトロン 今後の課題(2)

加速器としてのシンクロトロンの知見を広げる

DC運転の有効活用 **ビームスタディ等**

5連空洞マルチパクタリング調査と対策

シンクロトロン電子ビームの応用

電子ビーム照射設備？

将来計画？

SCW → MeV Photon, + + + Positron, Neutron



HFR ; Photon Science