

## STATUS OF THE ACCELERATOR DIAGNOSTICS BEAMLINES I&II AT THE SPRING-8 STORAGE RING

Mitsuhiro Masaki<sup>1</sup>, Shiro Takano<sup>1</sup>, Kazuhiro Tamura<sup>1</sup>, Masazumi Shoji<sup>1</sup>, Masaya Oishi<sup>1</sup>,  
Yukiko Taniuchi<sup>1</sup>, Takeshi Nakamura<sup>1</sup>, Shigeru Yamamoto<sup>2</sup>, Haruo Ohkuma<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Japan Synchrotron Radiation Institute (JASRI/SPring-8)

1-1-1 Kouto, Sayo, Hyogo, 679-5198

<sup>2</sup> High Energy Accelerator Research Organization (KEK) / Institute of Materials Structure Science

1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0810

### Abstract

The accelerator diagnostics beamline I (BL38B2) is dedicated to non-destructive measurements of transversal, longitudinal beam profiles and bunch purity using visible to x-ray synchrotron radiation (SR) from a bending magnet. In the accelerator diagnostics beamline II (BL05SS), a multi-pole wiggler has been installed and components of the SR transport line are under construction. Using edge radiation at BL05SS, coherent synchrotron radiation was surveyed in the microwave range, and malfunction of the Bayard-Alpert ionization gauge by radiation was studied.

## SPring-8蓄積リング加速器診断ビームラインI, IIの現状

### 1. はじめに

SPring-8蓄積リングには、偏向電磁石を光源に持つ加速器診断ビームラインI (BL38B2)と直線部に挿入光源<sup>[1]</sup>を設置した加速器診断ビームラインII (BL05SS)がある。BL38B2では、通常の加速器運転時におけるビーム診断を主に行なっている。BL05SSは、ビーム診断のみに限定せず、要素技術開発的なテーマから比較的挑戦的なテーマまで行なえるような汎用性を持ったビームラインとして整備を進めてきた。

### 2. 加速器診断ビームラインI (BL38B2)

BL38B2は、加速器トンネル内のフロントエンド、実験ホール光学ハッチ内のX線輸送系および可視光輸送系から構成され(図1)、臨界エネルギーが28.9keVである偏向電磁石放射の可視領域から硬X線領域に至る広いエネルギー範囲の光の利用が可能である。X線輸送系の途中にBe窓など蓄積リングの真空と絶縁するための仕切りを設けていないため、全て超高真空機器で構成されている。放射光のX線成分を利用するX線プロファイルモニター<sup>[2]</sup>により、光源電子ビームのプロファイルを測定している。二結晶分光器により単色化された8.2keVのX線を、1枚のフレネルゾーンプレートをを用いて集光し、光学ハッチ最下流に設置したX線ズームング管で光源電子ビームの像を測定する。典型的な光源のプロファイルを図2に示す。一方、可視光成分はミラーによりX線成分から分離され、鉛で遮蔽された輸送パイプを通り光学ハッチ外側の暗室まで導かれる。暗室内に、光子計数法を用いたバンチ純度モニター<sup>[3]</sup>を整備している。また、ストリークカメラを用いてバンチ長の測定も行なうことができる。加速器運転中

は常に放射光が光学ハッチ内に導入されており、これらのモニターが常時使用できる状態となっている。バンチ純度測定については自動化されており<sup>[4]</sup>、ユーザータイム中の純度を常時監視している。

また、遠赤外線レーザーを用いた逆コンプトン散乱によるMeVガンマ線の生成試験を行ない、ガンマ線生成に成功した<sup>[5]</sup>。

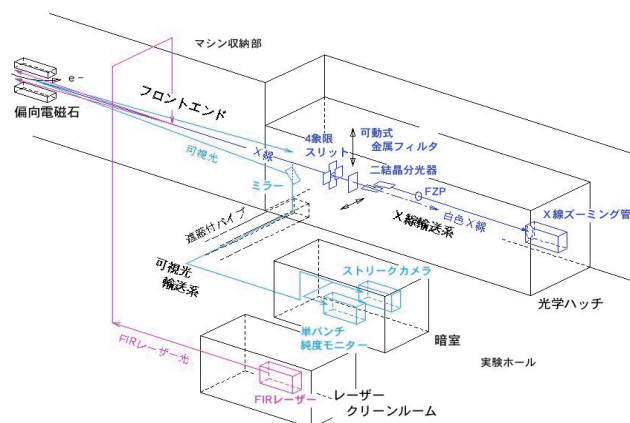


図1 : BL38B2の概略図

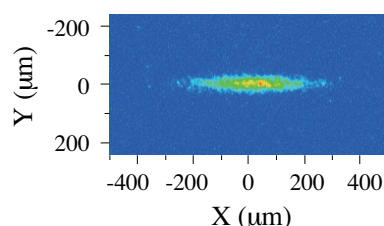


図2 : X線プロファイルモニターで得られた光源電子ビームのX線像。ビームサイズ(1σ)は、110.2μm (H) / 14.9μm (V)である。

### 3. 加速器診断ビームラインII (BL05SS)

BL05SSは、挿入光源からの放射光と共に、その上下流に位置する偏向電磁石エッジ部からの放射光を利用することも可能である。現在までにエッジ放射光を用いて、コヒーレントセンチ波の観測および放射線による真空計異常動作の実験的調査を行ってきた。平行した作業として、挿入光源からの放射光を実験ホール光学ハッチ内に導くための輸送系機器の整備を進めている。

#### 3.1 挿入光源

設置した挿入光源は、out-vacuum型で、磁石列の交換が容易なように、本体フレームがスライドレールの上に取り付けられビーム軸から退避できる構造となっている<sup>[1]</sup>。現在取り付けられている磁石列は、周期長76mm、周期数51、最小磁極ギャップにおけるK値が約5.8のマルチポールウィグラー(MPW)タイプである。ギャップが最小のとき、蓄積電流が100mAで、全放射光パワーは約10.4kWの高出力となる。

MPWの誤差磁場によって生じるCODは、両端に設置したステアリング電磁石によって補正される。ギャップを変化させてCODを測定し、ステアリング電磁石の励磁量を求めて補正テーブルを作成した。ギャップ駆動によるCODの変化は、補正後では3~4 $\mu$ m (r.m.s.)以下に抑えられている。

#### 3.2 放射光輸送系

MPWからの放射光をハンドリングするための機器の整備を進めてきた。実験ホールの光学ハッチ1および光学ハッチ2内の機器配置を図3に示す。BL05SSもBL38B2と同様に蓄積リングの真空系との仕切りBe窓がないために、光学ハッチ1内の差動排気システムよりも上流側は超高真空機器で構成されている。可動式ガンマストッパーや二結晶分光器など超高真空に立ち上げることが困難な機器は、差動排気システムよりも下流側に設置する。

グラファイトフィルター (全10軸) およびアルミ

フィルター (全4軸) は、必要に応じて光量調整、エネルギースペクトルの調整が行なえるように、全ての軸が可動式であり挿入退避操作が可能である。MPWからの放射光の光軸調整用として蛍光板モニターを設置しているが、前述した最大出力(10.4kW)には熱的に耐えられないため、偏向電磁石放射の出力パワー程度になるまでギャップを開けるか蓄積電流を下げた状態でのみ使用できる。可動式アブソーバーの機能は、必要なときに放射光を止めるストッパーである。下流側の水冷機器の冷却水停止時などには自動的に放射光を止める必要があるため、インターロックシステムにも組み込まれている。光学ハッチ1最下流には、真空封止型の可動式ガンマストッパーを設置している。鉛とポリエチレンからなる放射線遮蔽体が真空中に入っており、放射光を光学ハッチ1にのみ導入する場合は、光学ハッチ2側に放射線が漏洩しないように、遮蔽体を光軸上に挿入した状態とする。放射光を光学ハッチ2まで導入する場合には遮蔽体を光軸から退避させる。光学ハッチ2に設置する二結晶分光器は、SPRING-8標準型<sup>[6]</sup>に準拠した構造である。結晶は液体窒素を用いて間接冷却される。

光学ハッチ1内の機器はすでに設置が完了している。光学ハッチ2内の機器の設置は、2007年8月から行なう予定である。また同時期に、放射光を整形するための4象限スリットを加速器トンネル内のフロントエンドに設置する予定である。

#### 3.3 エッジ放射光を用いた実験

##### (1) コヒーレントセンチ波の観測

SPRING-8蓄積リングでは、バンチ長の半値幅が1cm程度であるので、いわゆるコヒーレントシンクロトロン放射(CSR)はセンチ波の領域となる。エッジ放射光は指向性がよく、 $4\gamma$  (=0.26mrad@8GeV) の角度範囲に集中して放射されることからセンチ波領域でも真空ダクトなどによる抑制効果を受けにくいものと思われる。それゆえ、バンチ形状の診断などへの応用が期待できるCSRの観測を試みた。光学ハッチ1最上流部に設置されている可動式の水冷銅ミラーと水晶窓によりセンチ波を大気中に取り出し、

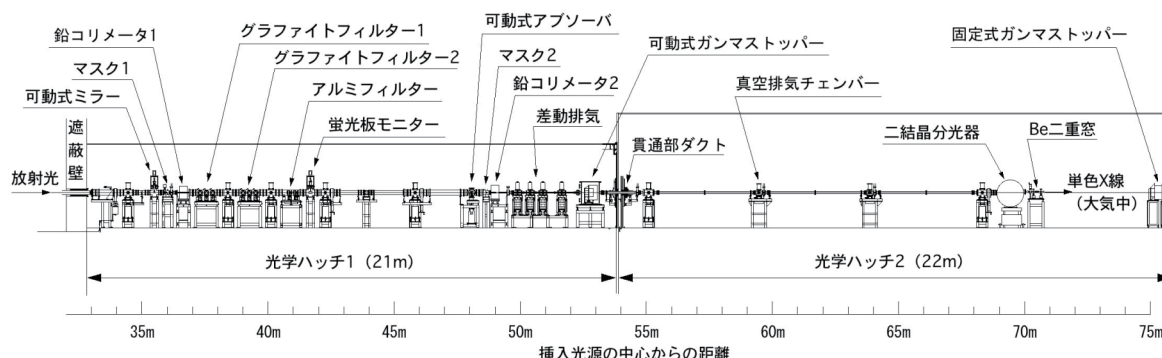


図3: BL05SS光学ハッチ1および光学ハッチ2の機器配置

ホーンアンテナを用いて集光しスペクトラムアナライザーで測定した。蓄積ビームのフィリングパターンは203バンチ等間隔、ビーム電流は10mA、32mA、100mAとした。また、RF電圧の設定値を変えることによりバンチ長を変えながら測定した。バンチ長は前述したBL38B2のストリークカメラを用いて測定した。図4に、RF周波数の整数倍にあたる14.7GHz(29倍)、20.3GHz(40倍)、26.4GHz(52倍)での測定結果を示す。センチ波のパワーは1バンチあたりのパワーに換算し、バンチ長依存性を調べるためにバンチ形状因子 $F(\omega)$ で規格化してある。全ての測定周波数において、センチ波のパワーがバンチ形状因子に比例し、かつビーム電流(バンチ内電子数)の二乗に比例するCSRの特徴が現れていることが分かる。

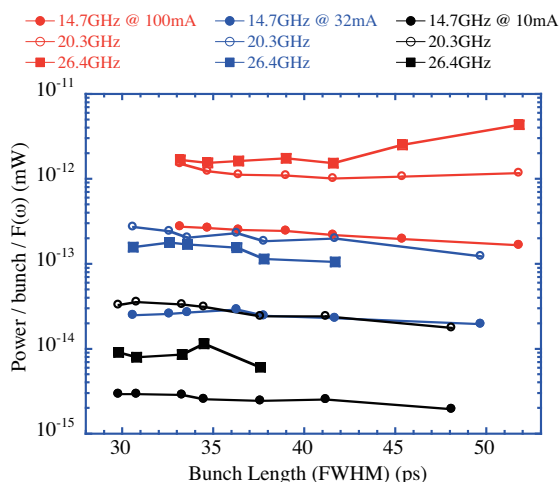


図4：測定されたセンチ波強度のバンチ長および電流値依存性

#### (2) 放射線による真空計異常動作の調査

放射光受光体(アブソーバー)による散乱X線や光電子の影響により、ヌード型B-A真空計が正しい圧力値を示さないという現象がSPRING-8蓄積リングで観測されていた。この現象の原因やメカニズムを解明するため、放射光のX線成分を用いて真空計への照射実験を行なった<sup>[7]</sup>。結果の一例を図5に示す。真空計にX線が照射されると、エミッション電流を流さなくてもコレクタ電流が誘起されることが確認された。圧力が0.1Pa以下では、コレクタにX線が照射されたときの光電効果およびコンプトン散乱による電子放出が電流誘起の主因であり、0.1Pa以上では、残留ガスの電離により発生したイオンがコレクタに流入することが主因であることが分かった。

## 4. 今後の計画

BL38B2では、X線プロファイルモニターの自動化、常時モニター化を進める予定である。

BL05SSでは、2007年9月以降に放射光を使って二

結晶分光器などの機器の調整を開始する予定である。また、MPWからの放射光のエネルギースペクトル、空間分布を測定し、MPWの光源としての性能評価、および電子ビームのエネルギー広がり、水平方向のエミッタンスなどの診断を行なう予定である。今後の計画としては、レーザースライシングなどの、レーザと電子ビームの相互作用を利用して時間空間特性に特徴のある放射光の生成と、このために重要となるlongitudinal方向のビーム診断システムのR&Dを行なうことを検討している。また、ハイパワーの放射光を出力するMPWの特徴を生かした加速器コンポーネントの放射線損傷の調査、放射線による冷却水の水質への影響調査などの照射実験も検討している。

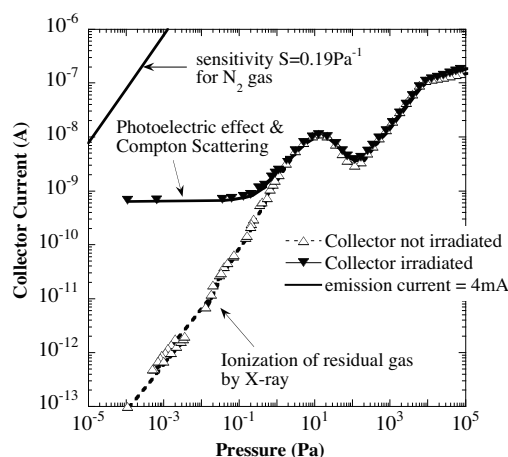


図5：放射光照射時のコレクタ電流と圧力の相関。エミッション電流は0mAである。△は、残留ガスの電離により流れたコレクタ電流、▼は、残留ガスの電離に加え、光電効果およびコンプトン散乱により流れたコレクタ電流の和。実線は、窒素に対する感度係数を用いて求めたエミッション電流4mAを流した通常時の測定圧力とコレクタ電流の相関。

## 参考文献

- [1] M. Masaki, et al., Proceedings of the 2nd Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan 2005, p.657.
- [2] S. Takano, et al., Nucl. Instr. and Meth. **A556** (2006), p.357.
- [3] K. Tamura, et al., Proceedings of the 1st Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan 2004, p.581.
- [4] Y. Kaji, et al., "Development of Bunch Purity Measurement GUI for SPRING-8 storage ring", in these proceedings.
- [5] H. Ohkuma, et al., Proceedings of the 10th European Particle Accelerator Conference 2006, p.961.
- [6] M. Yabashi, et al., Proceedings of SPIE Conference on X-ray Optics Design, Performance and Applications, Vol.3773 (1999), p.2.
- [7] 大石真也, 他, "放射線による圧力異常測定の実験的研究", 「真空」, 投稿準備中.