

Status and Future Plan of HSRC

Atsushi Miyamoto^{1,A)}, Kiminori Goto^{A)}, Hiroshi Tsutsui^{A),C)}, Shinji Hanada^{B)}, Shigemi Sasaki^{A)}

^{A)} Hiroshima Synchrotron Radiation Center, Hiroshima University

2-313 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, 739-0046

^{B)} Department of Physical Science, Graduate School of Science, Hiroshima University

1-3-1 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, 739-8526

^{C)} Sumitomo Heavy Industries, Ltd.

1-1, Yato-cho 2-chome, Tanashi, Tokyo 188-8585

Abstract

HSRC is synchrotron radiation institution of Hiroshima University established in 1996. We report operation status of the last year and will describe a future plan of HSRC. The emittance of HiSOR is not small because it is based on an industrial SR source, and it has only two straight sections for insertion devices. Therefore we are planning to install the new type quasi-periodic undulator for HiSOR. Additionally we are designing the new compact low emittance SR source 'HiSOR-II'. We referred to MAX-III and were able to make the lattice which satisfied demand specifications.

広島大学放射光センターの現状と将来計画

1. はじめに

広島大学放射光科学研究センター(Hiroshima Synchrotron Radiation Center)は、固体物理学をはじめとする物質科学研究を推進するために、小型放射光源を有するセンターとして1996年に設立された。

源に適合したビームラインを設置した結果、光子エネルギー数eV～数百eVのVUV～軟X線領域において、数meVの分解能を可能にする世界水準の光電子分光ビームラインを有している。リングとビームラインの概要を図1に、HiSORの主な仕様を表1に示す。

表1 HiSORの主なパラメータ

Circumference	21.95 m
Type	Racetrack
Bending radius	0.87 m
Beam energy at Injection	150 MeV
at Storage	700 MeV
Magnetic field at Injection	0.6 T
at Storage	2.7 T
Injector	Racetrack Microtron
Betatron tune (ν_x, ν_y)	(1.72, 1.84)
RF frequency	191.244 MHz
Harmonic number	14
RF voltage	200 kV
Stored current (nominal)	350 mA
Natural emittance	$\sim 400 \pi$ nmrad
Beam life time	~ 10 hours @ 200 mA
Critical wavelength	1.42 nm
Photon intensity (5 keV)	1.2×10^{11} /sec/mr ² /0.1% b.w./300mA

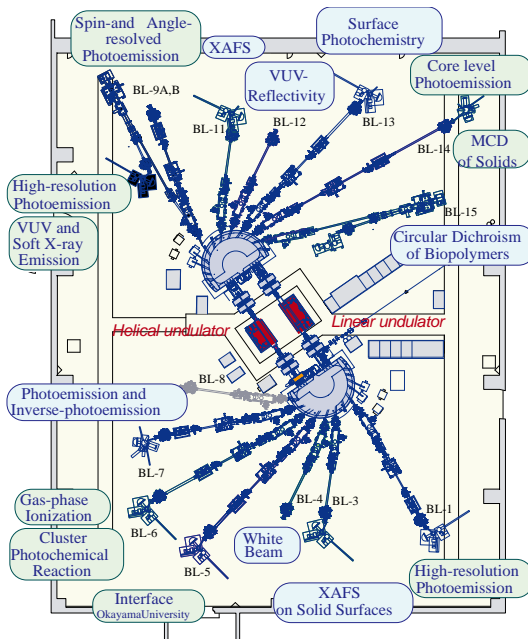


図1 光源リングとビームラインの概要

放射光源リングHiSOR^[1]は、産業用リングをベースとしているために、小型であるが故にエミッタンスは 0.4π mmradと決して小さくはない。しかし、光

2. 放射光センターの現状報告

2.1 昨年度の運転状況

HiSOR蓄積リングへの入射器150MeVマイクロトロンは、同室に設置されているベンチャービジネス

¹ E-mail: a-miyamoto@hiroshima-u.ac.jp

ラボラトリー (VBL) 所有の超高速電子周回装置 (REFER) への入射器を兼ねている。マイクロトロン
の運転時間は主にこの周回装置と HiSOR への入射と
なる。HiSOR のビーム蓄積時間を含めた当センター
加速器の運転時間の推移を図2に示す。2004年10月
からユーザー利用時間を延長して20:00までの運転
を開始したために蓄積時間が長くなり、2005年度以
降は1800時間を超えるまでになっている。

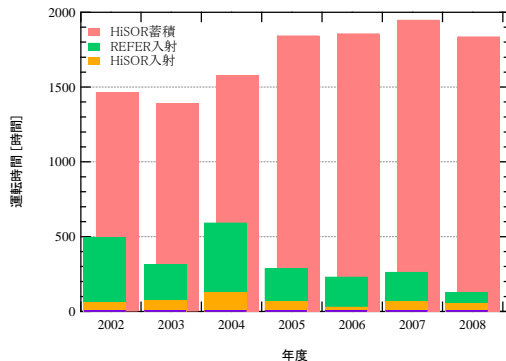


図2 マイクロトロンおよび蓄積リングの運転時間

2008年度の4月に放射線安全申請手続き上の問題
があり、約1ヶ月間運転を完全に停止したため、例
年に比べ運転時間が短くなっている。その後は順調
にスケジュールを消化することができたものの、
2007年度と比べ約100時間のユーザー利用時間が減
少した。なお、今年度はここまで例年通り順調にス
ケジュールをこなしている。図3に昨年度の運転時
間の内訳を示す。

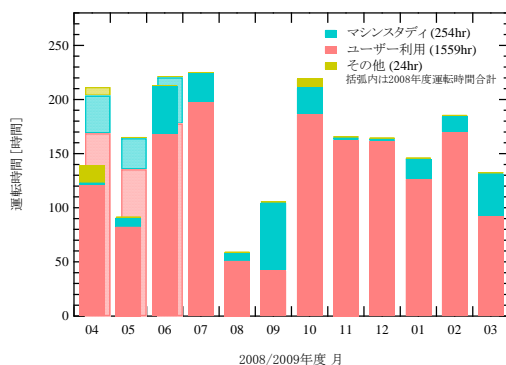


図3 2008年度のHiSOR運転時間の内訳

2.2 ユーザー登録状況

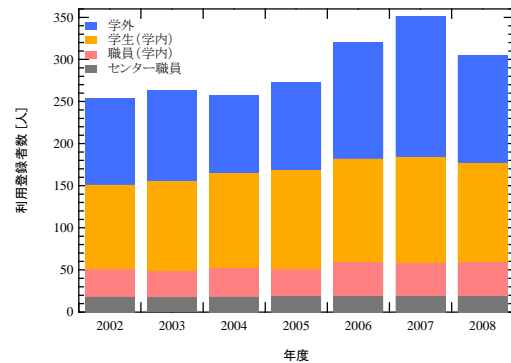


図4 年度ごとの登録ユーザーの推移

図4は利用登録ユーザーの推移である。登録ユー
ザー数は増加傾向にあり、ここ数年は約300名以上
を保っている。当センターは大学に設置されてい
ることが大きな特徴であり、多くの学内外のユー
ザーに利用され、最先端の研究を取り入れた教育が行
われている。

3. 将来計画

3.1 新型準周期アンジュレータへの更新

現在HiSORのビームライン向けの空きポートはほ
ぼなく、新規にビームラインの建設を行うことは困
難であるが、アンジュレータビームラインの利用を
積極的に進めるべくBL-9には既に分岐ビームライン
が設置されている。しかし、限られたユーザー利用
時間を2本のビームラインで共有するため稼働効率
があまりよくない。そこで、HiSORのヘリカルアン
ジュレータを更新し、強度を向上することで2本の
ビームラインの並行利用を目指した計画^[2]が進めら
れている。

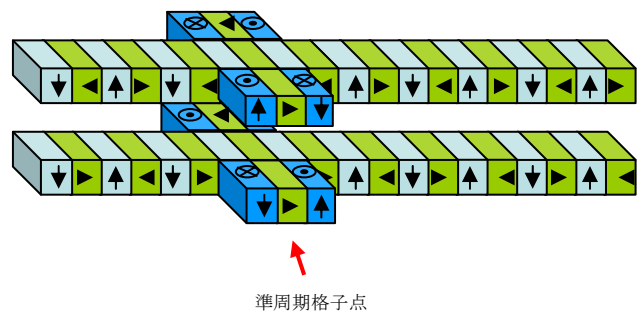


図5 新型準周期アンジュレータの概要

従来型の準周期アンジュレータとは異なる準周期
構造をもつ、この計画で導入予定の新しいタイプの
アンジュレータでは、モノクロメータを通した後の
光が整数次の高次光を含まないため、単色性の高い
光を得ることができる。また、円偏光アンジュレー

タとも異なり、軸上に無理数次の高次光もあるため、これを利用することも可能となっている。

3.2 新光源リングHiSOR-II

当センターは設立から既に10年以上が経過し、利用性かも数多く輩出され、ユーザーからもアンジュレータビームラインの増強や高輝度化が望まれるようになってきた。そこで将来計画として、第3世代小型低エミッタンスリング**HiSOR-II**^[3]を建設し、**HiSOR**と比較して輝度を1桁以上向上させる計画が進められている。同規模の光源リングである**MAX-lab**の**MAX-III**^[4]を参考に、各電磁石を機能複合型とすることで小型化と低エミッタンス化の両立を図っている。図6に**HiSOR-II**蓄積リングの概要を、図7に光学関数、表2には主なパラメータを示す。

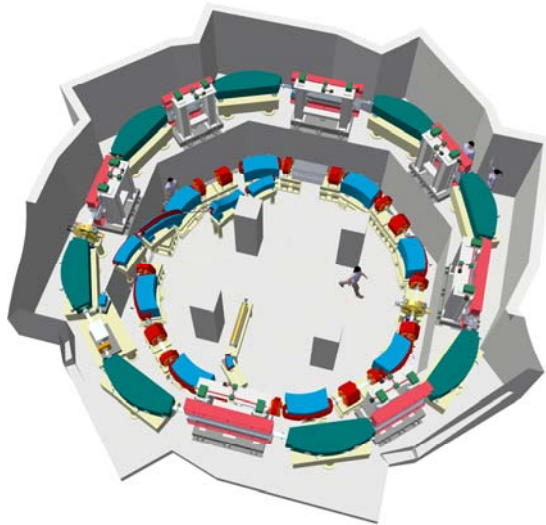


図6 HiSOR-IIの概要

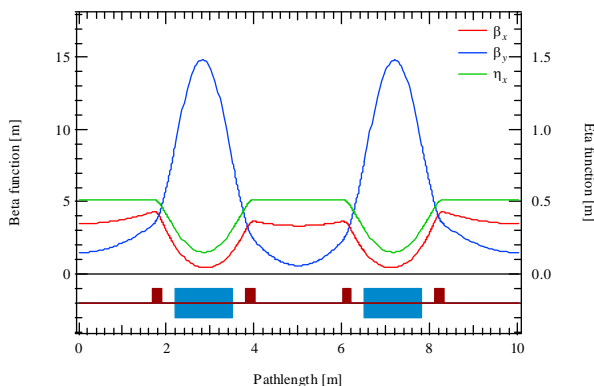


図7 HiSOR-IIの単位セルあたりの光学関数

表2 HiSOR-II蓄積リングの主要なパラメータ

Beam energy [MeV]	700
Circumference [m]	40.079
Maximum bending field [T]	1.4
Bending radius [m]	1.667
Betatron tune	(3.761, 2.846)
Chromaticity	(+1.0, +1.0)
Natural emittance [nmrad]	13.57
Momentum spread	5.79e-04
Momentum compaction factor	0.0319
Bunch length [mm]	37.0
Harmonic number	27
RF Frequency [MHz]	201.962
Touschek lifetime [min]	40.7
Straight sections	3.4 m×4
	2.0 m×4

HiSOR-IIの内側にはブースターリングが配置されており、**top-up**入射を行うことができるようになっている。また、ブースターリングを半地下に置き、蓄積リングとの高さを変えることで、両リングの電磁石間における磁場干渉の抑制や、ブースターリングに必要な放射線遮蔽壁の厚さの節約が可能となっている。

3.2.1 放射光のスペクトル

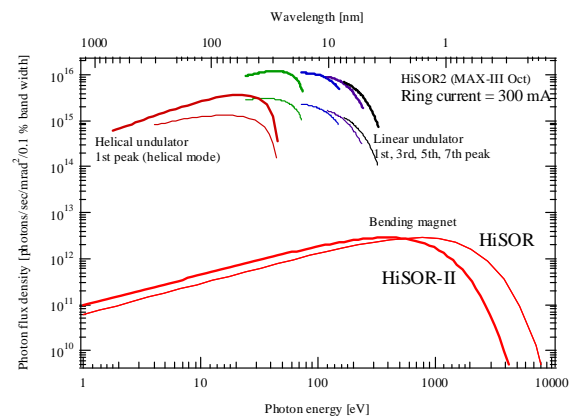


図8 放射光のスペクトル比較

偏向磁場が**HiSOR**の2.7Tに対して1.4Tとなるため、偏向部からの放射光のエネルギーが低くなる。一方、アンジュレータからの光の強度は、**HiSOR**と同仕様のアンジュレータと仮定しても1桁程度向上することが計算によって確かめられた。**HiSOR**と**HiSOR-II**の放射光のスペクトルを比較したものを図8に示す。

3.2.2 偏向電磁石の設計

HiSOR-IIの偏向電磁石は偏向磁場だけでなく、収束磁場も発生し、さらに磁極端部を円弧にすることで6極成分も発生する。このような複雑な電磁石の設計においては、計算コードを用いた設計が重要と

なってくる。現在、3次元磁場計算コードRadiaを用いた設計^[5]が進められている段階である。

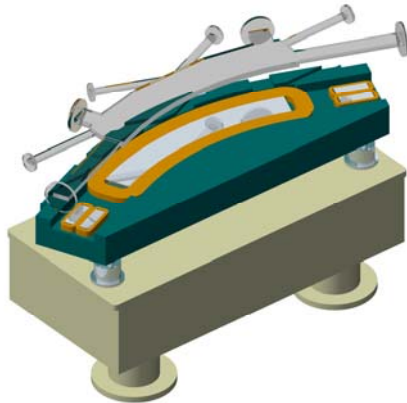


図9 HiSOR-II電磁石ユニットと真空チェンバー

3.2.3 各加速器の配置

HiSOR-II計画では新光源ホールの建屋とともに、蓄積リング、top-up入射が可能なブースターリングおよびその入射器の全ての加速器を現有する敷地に建設する。ブースターリングへの入射器は新規に40MeV程度の線形加速器を建設するか、現在HiSORへの入射器として稼働している150MeVマイクロトロンを使用する案の2つがあり、それぞれに対応した加速器の配置案が検討されている。

図10にブースターリングを蓄積リングとは分離して入射器室に配置し、150MeVマイクロトロンを入射器とする配置案を示す。この場合、ブースターから蓄積リングへ長いビーム輸送系が必要となる。

一方で、前述のように蓄積リングの内側へブースターを配置する案もあり、現在はどちらの案にすべきかを検討中である。

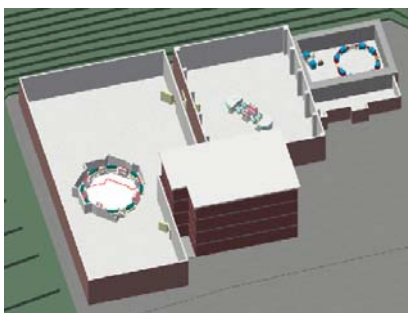


図10 ブースターを入射器室に配置した場合

3.2.4 ブースターリング

HiSOR-IIにはtop-up入射に対応したブースターリング^[6]が必要であり、現在は仕様の決定に向けた検討が進められているところである。

設置場所が前述の通り蓄積リング内側地下または入射器室となるため、周長が約30mという大きさの制約がある。また、ビーム損失を最小限に抑えつつ蓄積リングへ入射を行うために、エミッタンスは100nmrad以下とした。さらに、短寿命な蓄積リングへの高頻度な入射に対応するために、繰り返し3Hz、偏向磁石の最大磁場は1.4Tとして、詳細な仕様を検討中である。

参考文献

- [1] K. Yoshida, et al., "Commissioning of a Compact Synchrotron Radiation Source at Hiroshima University", Proc of APAC'98, KEK (1998), pp.653-657.
- [2] S. Sasaki, et al., "New Scheme of Quasi-periodic Undulator Design", in this proceedings.
- [3] A. Miyamoto, et al., "Design study of the HiSOR-II compact light source", Proc of the 13th Hiroshima International Symp. on Synchrotron Radiation, Hiroshima (2009). pp.336
- [4] G. LeBlanc, et al., "MAX-III, a 700 MeV Storage Ring for Synchrotron Radiation", EPAC2000, Vienna (2000).
- [5] S. Hanada, et al., "Study of Interference between Bending and Quadrupole Magnet for HiSOR-II", in this proceedings.
- [6] A. Miyamoto, et al., "Design of Booster ring for HiSOR-II and Study of Injection with Pulsed Sextupole Magnet", in this proceedings.