

広島大学放射光科学研究センター施設報告

STATUS REPORT OF HIROSHIMA SYNCHROTRON RADIATION CENTER, HIROSHIMA UNIVERSITY

宮本篤[#], 後藤公徳, 佐々木茂美, 谷口雅樹

Atsushi Miyamoto[#], Kiminori Goto, Shigemi Sasaki, Masaki Taniguchi
HSRC; Hiroshima Synchrotron Radiation Center, Hiroshima University

Abstract

The HSRC is a synchrotron radiation facility of Hiroshima University established in 1996. The HiSOR is a compact racetrack-type storage ring having 21.95 m circumference, therefore its natural emittance of $400 \pi \text{ nmrad}$ is very large compared with those of other medium-large storage rings. The most outstanding advantage of the facility lies in good combination with beamlines for high-resolution photoelectron spectroscopy in energy range in VUV ~ soft X-ray. We report the operation status of HiSOR and the present status of beamlines and experimental stations.

Since the quasi-periodic APPLE-II undulator for BL-9A and B was installed in FY2011, the ring and undulator operation has been in good shape.. However, several vacuum leak incidents occurred in autumn, 2012. After series of these incidents a certain amount of users' operation time was lost.

1. 放射光科学研究センターの概要

広島大学放射光科学研究センターは、1996年に固体物理学をはじめとする物質科学研究を推進する学内共同利用施設として設立され、2002年には全国共同利用施設、さらに2010年4月には共同利用・共同研究拠点として認定された。

1.1 小型放射光源リング HiSOR

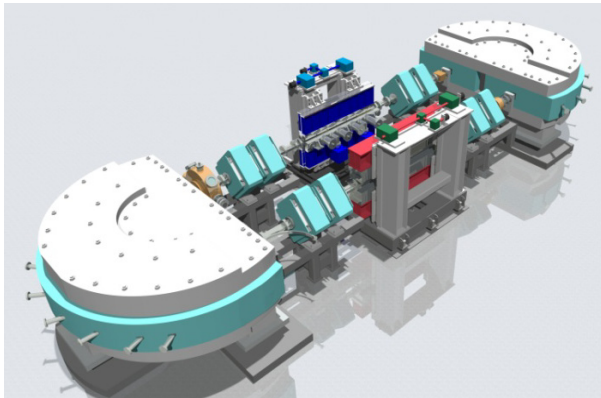


Figure 1: The bird's-eye view of HiSOR.

本センターの所有する放射光源リング HiSOR^[1]は、産業用光源リングをベースとしたレーストラック型の小型放射光源リングである。このリングの偏向磁場は常伝導ながら 2.7 T を発生し、 $E_e = 700 \text{ MeV}$ でありながら keV 領域の光が利用可能であることが特徴である。

また 2 本の直線部には、それぞれ直線偏光および準周期型 APPLE-II アンジュレータが設置されている。Figure 1 に HiSOR の概観と、Table 1 および Table 2 に HiSOR の主なパラメータとアンジュレータのパラメータ^[2]を示す。

[#] a-miyamoto@hiroshima-u.ac.jp

Table 1: Main Parameters of HiSOR

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 (v_x, v_y)	(1.72, 1.84)
RF frequency	191.244 MHz
Harmonic number	14
RF voltage	200 kV
Maximum stored current	350 mA
Natural emittance	$\sim 400 \pi \text{ nmrad}$
Beam life time	$\sim 10 \text{ hours}@200 \text{ mA}$
Critical wavelength	1.42 nm
Photon intensity (@Critical energy = 880 eV)	$2.8 \times 10^{12} / \text{sec}/\text{mr}^2/0.1\% \text{b.w./}300 \text{ mA}$

Table 2: Main Parameters of Undulators at HiSOR

Linear undulator (BL-1)	
Total length	2354.2 mm
Periodic length λ_u	57 mm
Periodic number	41
Pole gap	30-200 mm
Maximum magnetic field	0.41 T
Magnetic material	Nd-Fe-B (NEOMAX-44H)
Quasi-periodic APPLE-II undulator (BL-9A,B)	
Total length	1845 mm
Periodic length λ_u	78 mm
Periodic number	23
Pole gap	23-200 mm
Maximum magnetic field	0.86 T (linear horizontal) 0.59 T (linear vertical) 0.50 T (helical mode)
Magnetic material	Nd-Fe-B (NEOMAX-46CH)

1.2 ビームラインと実験ステーション^[3]

このリングは小型であるが故にエミッタンスは 400 nmrad と決して小さくはないが、光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最高水準の光電子分

光ビームラインを有しており、この分野において世界をリードする研究成果も多く発表されている。Figure 2 に、HiSOR に設置されたビームラインと実験準備棟の実験設備とその主な研究内容を示す。また、Figure 3 には HiSOR のスペクトルと各ビームラインの利用エネルギー範囲を示す。

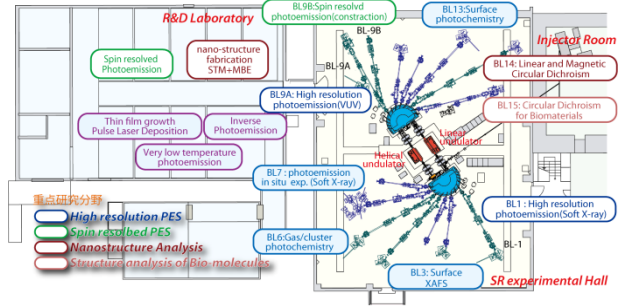


Figure 2: Beamlines and experimental systems of HSRC.

HiSOR の直線偏光アンジュレータのビームラインである BL-1 には、光軸のまわりで実験ステーションのチャンバーを回転して試料上での偏光の向きを切り替えて観測できる高分解能光電子分光装置が設置されて、この機能を活用する海外ユーザーが増加している。

また、2011 年夏に導入された準周期型 APPLE-II アンジュレータ^[4]側には高分解能直入射ビームライン BL-9A が接続され、サブ meV 分解能の光電子分光実験が行われている。このビームラインにはブランチビームライン BL-9B があり、現在は meV の分解能を目指す高分解能スピン偏極光電子分光装置の整備が進められ、昨年から本格的な共同利用に供されるようになった。

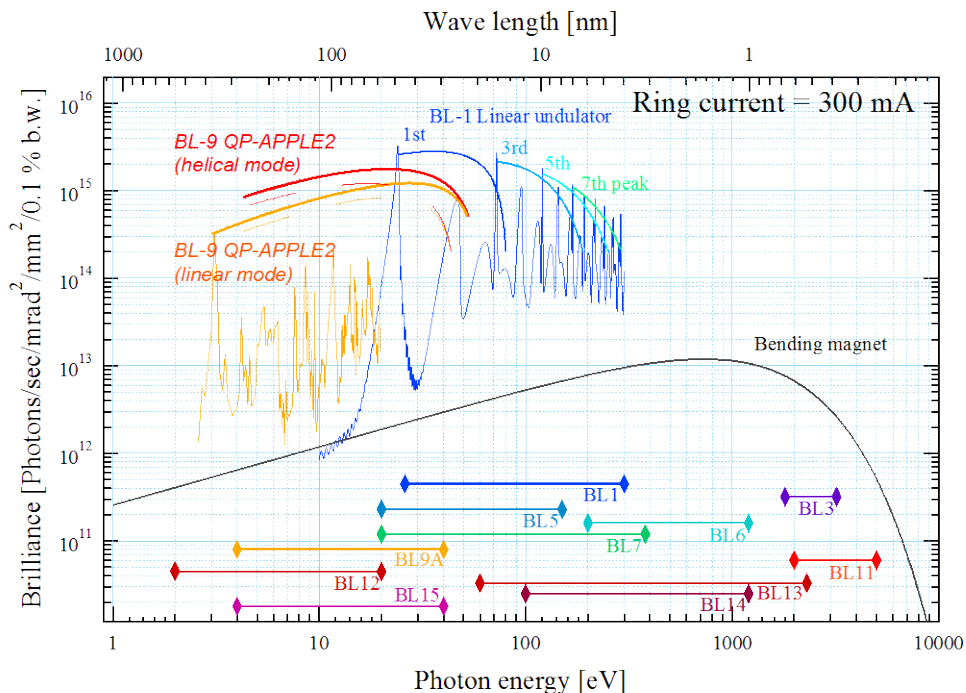


Figure 3: Radiation spectra of HiSOR and beamlines.

2 放射光科学研究センターの現状

2.1 加速器の運転状況

HiSOR 蓄積リングへの入射は、光源ホール隣の入射器室に設置された 150MeV マイクロトロンから行われている。2010 年度までは同室に設置されていたベンチャービジネスラボラトリー(VBL)所有の超高速電子周回装置(REFER)への入射器を兼ねていたが、現在は廃止となったため HiSOR への入射専用である。HiSOR のユーザー利用時間とマシンスタディその他の運転時間を含むビーム蓄積時間とマイクロトロンの運転時間の年度推移を Figure 4 に示す。

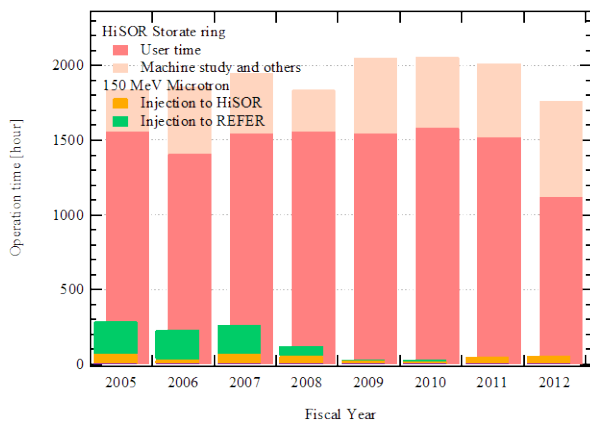


Figure 4: Operation time of Microtron and Storage ring.

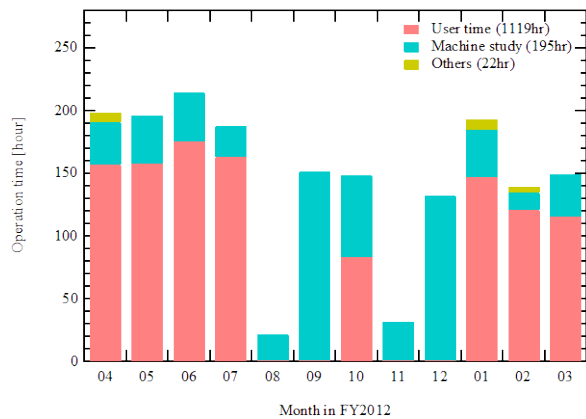


Figure 5: Monthly operation time in FY2012.

センターでは毎週月曜日をマシンスタディ、火曜日から金曜日をユーザー利用日としており、9:00 から 20:00 までのうち 2 度のビーム入射時間を除き 1 日平均約 10 時間の放射光の利用が可能となっている。また、例年 8 月を夏期長期停止期間とし、定期点検にあてている。また、9 月は 10 月からのユーザー運転に向けた立ち上げ調整運転を行っている。

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、2009 年度からは 3 年連続で 2000 時間を超えるまでになり、ユーザー利用時間も 1500 時間を超えるまでになっていたが、後述する真空トラブルにより昨年度は運

転時間およびユーザー利用時間共に例年を大きく下回り、ユーザー利用時間は 1119 時間、蓄積リングの総運転時間は 1762 時間となった。2012 年度の蓄積リングの月ごとの目的別運転時間の推移を Figure 5 に示す。

2.2 昨年度の主なトラブル

HiSOR の建設からは約 17 年が経過しており、ユーザー運転を取りやめる事態となるようなトラブルも年々増加傾向にある。特に昨年度は、夏期長期停止後に蓄積リングの真空トラブルが数度発生して、長期間ユーザー利用を取りやめることになった。

2012 年 9 月 26 日は 10 月からの後期ユーザー利用の為のマシンスタディ期間であったが、ビームラインのバルブ操作ミスによる真空リークが発生した。これによりリングはほぼ大気開放状態となったため、真空の立ち上げが長引くこととなり、ユーザー利用開始が約 1 週間延期されることとなった。

2012 年 10 月 21 日には偏向部の真空ダクト内部にある銅製のアブソーバ冷却配管継ぎ目からの水漏れが発生した。この原因特定に数日を要し、さらにリークが発生した配管を修理するためには、偏向電磁石内の偏向部真空ダクトを開ける必要があり、11 月 15 日まで完全停止を余儀なくされた。修理後の立ち上げは 16 日から行われたが、その途中 11 月 19 日にはビームラインのビームシャッターの冷却水が漏れ、再びその修理のために 1 日マシンは停止した。その後、12 月末までは主に蓄積ビームによる真空の焼きだしを行うマシンスタディとする措置が執られ、ユーザー利用の再開は翌年の 1 月からとなった。

一方、真空度の悪化が原因のビーム寿命の短縮にともなう放射線量増加に対応するため、ユーザー利用再開後には最大蓄積電流を 250mA に制限した運転を行った。その後、真空度の回復に伴って徐々に電流値を増やしているが、2013 年 7 月現在も 350mA まで回復するまでには至っていない。

これらのトラブルによって、例年よりユーザー利用時間は約 400 時間、蓄積リングの総運転時間は約 250 時間の減少となった。

2.3 センターの利用状況

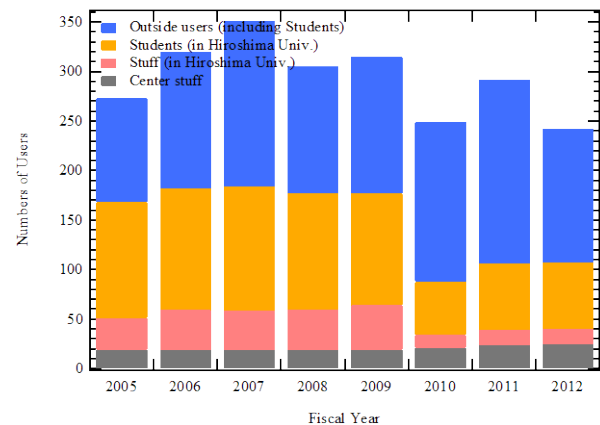


Figure 6: Distribution of users.

Figure 6 は利用登録ユーザーの学内外の分布と年度ごとの推移である。ユーザー数はおおまかに増加傾向にあり、2006 年度から 4 年間は 300 名以上を保ってきたが、2010 年度から共同利用・共同研究拠点への認定に伴って、集計方法を変更したために減少したように見えている。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も行われ、多くの優れた人材を輩出することに貢献している。

3. 新型小型放射光源リング HiSOR-II

現 HiSOR リングは産業用光源をベースとしているので、エミッタンスは現在稼働中の中小型光源リングのそれに比べて一桁以上大きい。またアンジュレータビームライン利用の需要は多いが、HiSOR の 2 本の直線部には既にアンジュレータが設置されており、これ以上の増設は望めない。

そこで、稼働中の放射光源リング HiSOR の後継機として、挿入光源を主な光源とする小型放射光源リング HiSOR-II を計画中的である^{[5][6][7][8]}。挿入光源からの光のエネルギーは現在と同じ範囲としつつも、低エミッタンス化と挿入光源の高度化を図ることで数十から百倍程度の輝度向上を目指している。

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] A. Miyamoto, et. al., "Status of the HiSOR storage ring", HiSOR Activity Report 2008, pp.3-6.
- [3] <http://www.hsrc.hiroshima-u.ac.jp>.
- [4] S. Sasaki, et. al., "APPLE-II type quasi-periodic variably polarizing undulator at HiSOR", Proceedings of the 9th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Osaka, Japan (2012) pp.131-133.
- [5] "HiSOR-II, Future Plan of HSRC", HiSOR Activity Report 2010, pp.6-15.
- [6] A. Miyamoto and S. Sasaki, "The Proposal for the Compact Accumulator that has a Long Orbit and Many Straight Sections", Proceedings of the 8th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Tsukuba, Japan (2011) pp.212-214.
- [7] A. Miyamoto and S. Sasaki, "Design Study of HiSOR-II lightsource ring with torus-knot type compact accumulator ring", Proceedings of the 9th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Osaka, Japan (2012) pp.1022-1025.
- [8] A. Miyamoto and S. Sasaki, "Ultra-Low Emittance Light Source with a Torus-knot Accumulator Ring", in this proceedings.