

STATUS REPORT OF HIROSHIMA SYNCHROTRON RADIATION CENTER, HIROSHIMA UNIVERSITY

Atsushi Miyamoto[#], Kiminori Goto, Shigemi Sasaki
 HSRC; Hiroshima Synchrotron Radiation Center, Hiroshima University
 2-313 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, 739-0046

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 not so small compared with the 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.

The user time last year was achieved 1576 hours which was at the same level with those in the past several years because there was no serious trouble. The helical undulator for BL-9A and B is going to be replaced to Quasi-periodic APPLE-II undulator in this summer.

広島大学放射光科学研究センター施設報告

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、さらに昨年には共同利用・共同研究拠点に認定された。

1.1 小型放射光源リング HiSOR

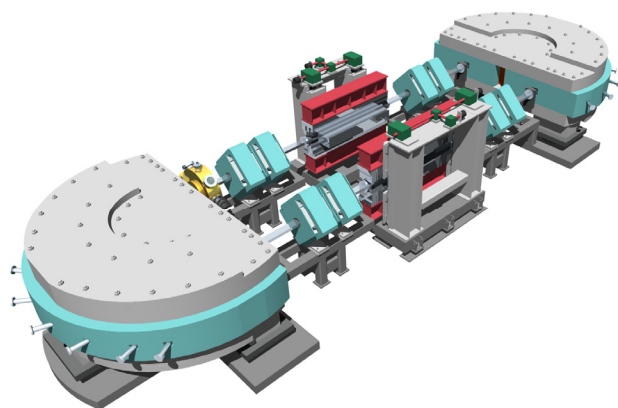


図1:HiSORの概観

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、それぞれ直線および楕円偏光アンジュレータが設置されている。図 1 に

HiSOR の概観と、表 1 および表 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。

なお、ヘリカルアンジュレータは今夏期停止期間中に後述する準周期型 APPLE-II アンジュレータへ更新されることになっている。

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	$\sim 400 \pi \text{ nmrad}$
Beam life time	$\sim 10 \text{ hours}@200 \text{ mA}$
Critical wavelength	1.42 nm
Photon intensity (5 keV)	$1.2 \times 10^{11} / \text{sec/mr}^2 / 0.1\% \text{ b.w.} / 300 \text{ mA}$

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

表2:アンジュレータの主なパラメータ

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)
Helical undulator (BL-9A,B)	
Total length	1828.6 mm
Periodic length λ_u	100 mm
Periodic number	18
Pole gap	30-200 mm
Maximum magnetic field	0.347 T (helical mode) 0.597 T (linear mode)
Magnetic material	Nd-Fe-B (NEOMAX-44H)

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。図 2 にセンターのビームラインと実験ステーションを示す。

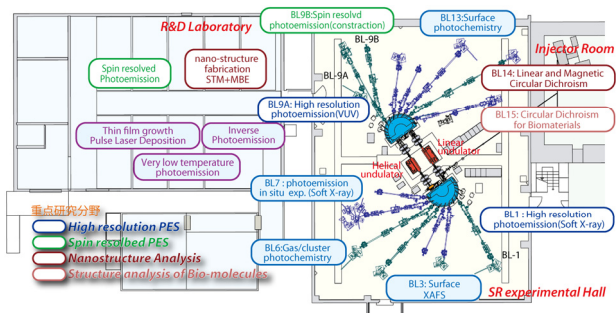


図2:放射光科学研究センターのビームラインと実験ステーション

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。

また楕円偏光アンジュレータ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ている。

2. 放射光科学研究センターの現在状況

2.1 加速器の運転状況

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ラボラトリ (VBL) 所有の超高速電子周回装置 (REFER) への入射器を兼ねており、運転時間は主にこの周回装置と HiSOR への入射となる。この周回装置は昨年度で運転を終了し廃棄となったため、今年度からは蓄積リングへの入射のみとなる。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 3 に示す。

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。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 年度と昨年度は 2 年連続で 2000 時間を超えるまでになった。

センターでは例年 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。昨年度は大きなトラブルもなく順調にスケジュールを消化し、年間合計 1576 時間をユーザー利用に供することができた。図 4 に昨年度の蓄積リングの運転時間の月別推移を示す。

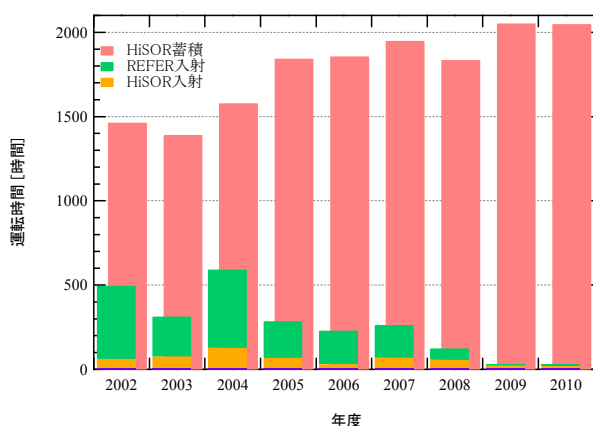


図3:マイクロトロンおよび蓄積リングの運転時間の年度推移

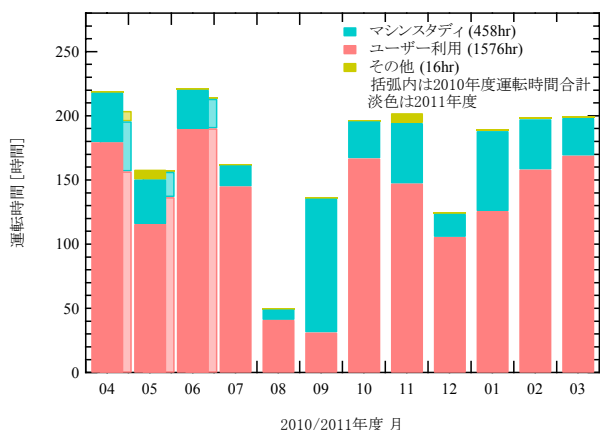


図4:2010 年度および 2011 年度 6 月期までの蓄積リングの目的別運転時間の推移

2.2 センターの利用状況

図 5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、昨年度から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ている。

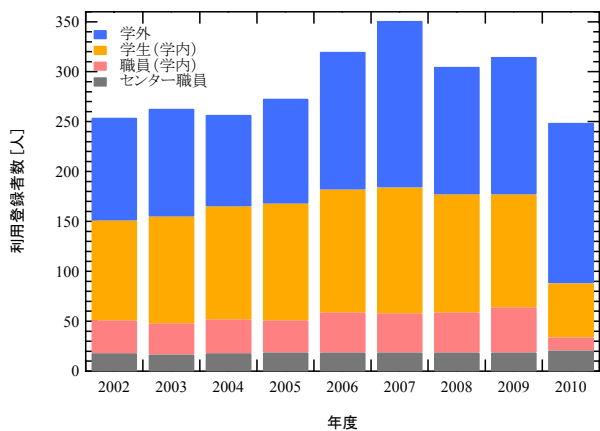


図5:センター利用者の分布と推移

3. アンジュレータ更新と将来計画

3.1 準周期型 APPLE-II アンジュレータへの更新

HiSOR は建設から約 14 年が経過し、多くの成果があげられる一方、アンジュレータの高度化を求める声が多くなってきた。そこで、今年度には楕円偏光アンジュレータが準周期型 APPLE-II 型アンジュレータ^[4]へ更新される。

このアンジュレータは通常の周期的な磁場ではなく、図 6のように準周期位置の磁場が弱くなる磁石の配置をしている。高次光は通常、基本光のエネルギーの整数倍のエネルギーを持つが、この準周期ア

ンジュレータでは図 7のように高次光のエネルギーが基本光の整数倍からずれた位置にくることが最大の特徴であり、回折格子等の分光装置と組み合わせることで、高次光の混入の少ない単色光をより容易に得ることができる。表 3にこの準周期型 APPLE-II アンジュレータの主な仕様を示す。

さらに、図 8には HiSOR の放射光スペクトルと各ビームラインで利用可能なエネルギー範囲を示す。図中の準周期型 APPLE-II アンジュレータスペクトルの下に示された点線は、旧ヘリカルアンジュレータによるスペクトルである。

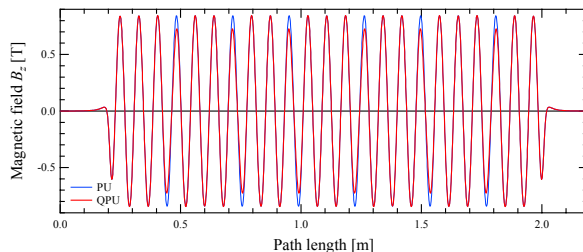


図6:準周期アンジュレータの磁場分布

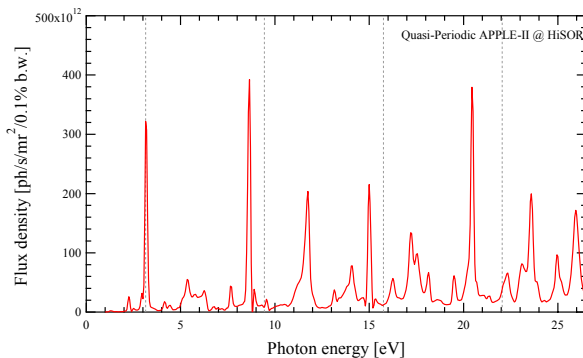


図7:準周期型アンジュレータの放射スペクトル

表3:準周期型 APPLE-II アンジュレータの主な仕様

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)

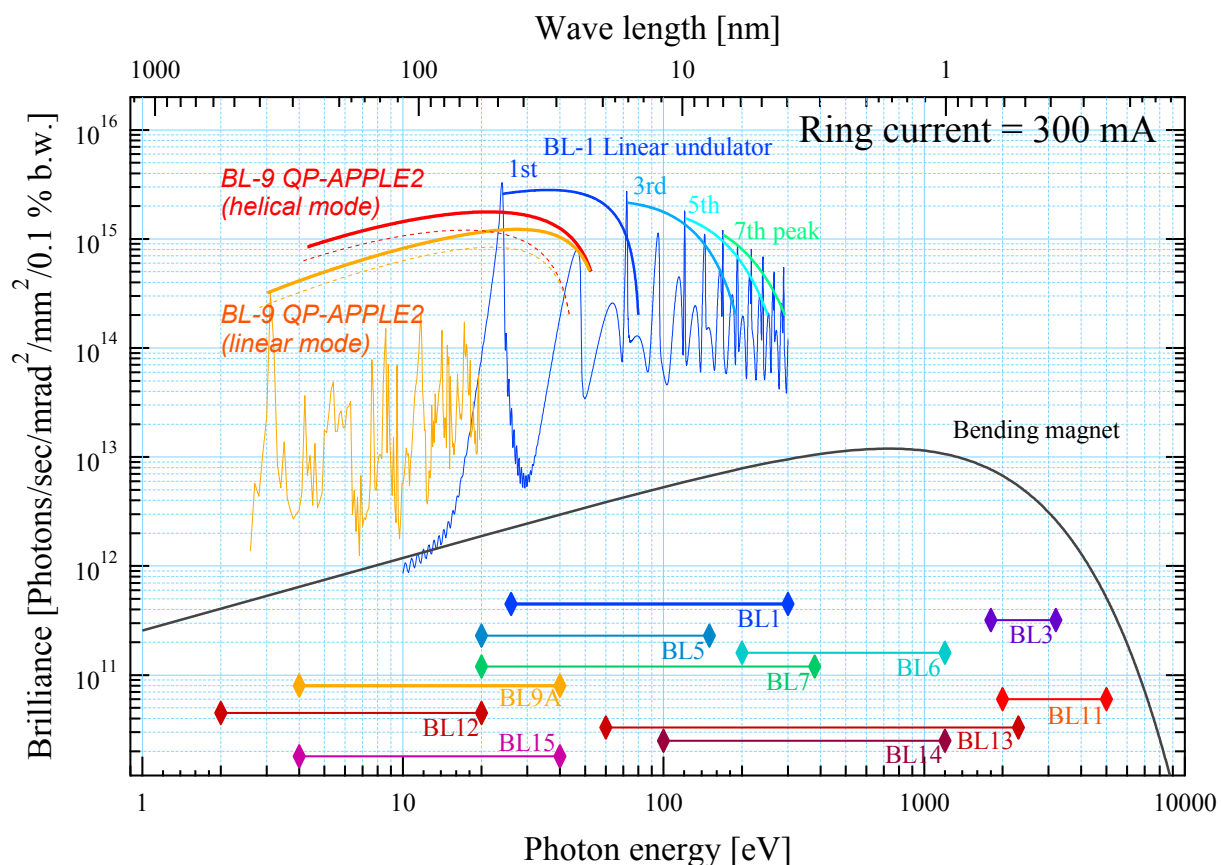


図8:HiSOR の放射光スペクトルとビームライン

3.2 新型小型放射光源リング HiSOR-II

HiSOR は産業用光源をベースとしているので、エミッタンスは決して小さくない。またアンジュレータビームラインの需要は多いが、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^[5]である。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倍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., “Effectiveness of Introducing a Quasi-Periodicity in APPLE-II type Variably Polarizing Undulator”, Proceedings of the 7th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Himeji, Japan (2010), pp.304-306.

[5] A. Miyamoto, et. al., “Future Plan of Hiroshima Synchrotron Radiation Center - HiSOR-II”, Proceedings of the 7th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Himeji, Japan (2010), pp.732-734.