

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 1521 hours which was at the same level with those in the past several years because there was no serious trouble. The Quasi-periodic APPLE-II undulator for BL-9A and B was installed last 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

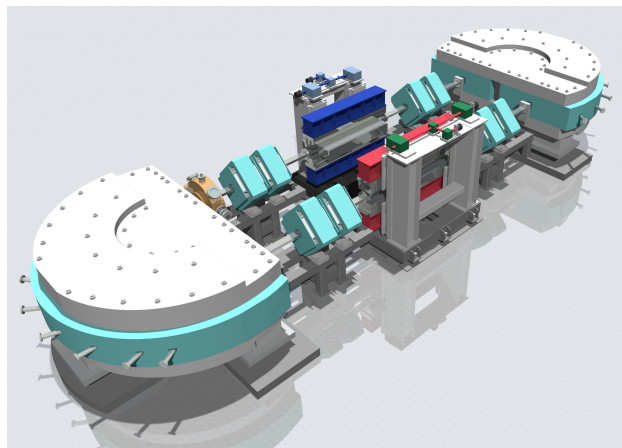


図1:HiSORの概観

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。

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 (@Critical energy = 880 eV)	2.8×10^{12} /sec/mr ² /0.1%b.w./300mA

[#] 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)
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。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。

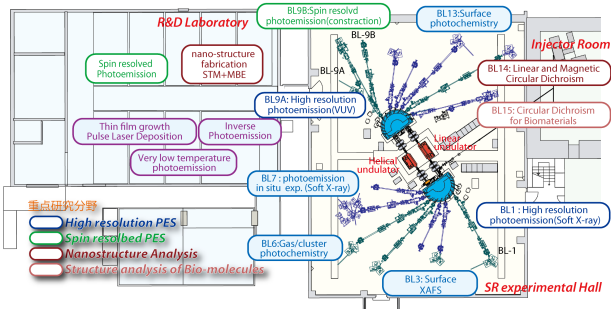


図2:放射光科学研究センターのビームラインと実験ステーション

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。

また準周期型 APPLE-II 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、REFER は 2010 年度をもって廃止となったため、HiSOR への入射のみとなった。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 年度からは 3 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。昨年度は夏期停止期間中にアンジュレータと真空チャンバーの更新を行ったために、9 月にはマシンスタディのみを行った。当初はチャンバーの交換に伴う真空度の悪化によってビーム寿命が短くなり、放射線安全管理上の考慮もあって最大蓄積電流を制限した運転を行った。しかし、年末までには運転に伴って徐々に真空度も回復してきたため、最大ビーム電流も 350 mA に戻し、最終的に年間合計 1521 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。

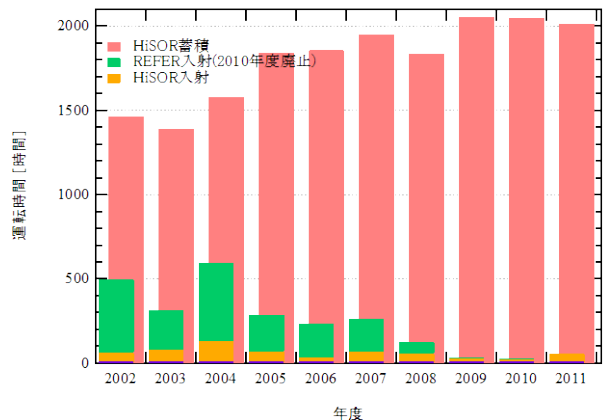


図3:マイクロトロンおよび蓄積リングの運転時間の年度推移

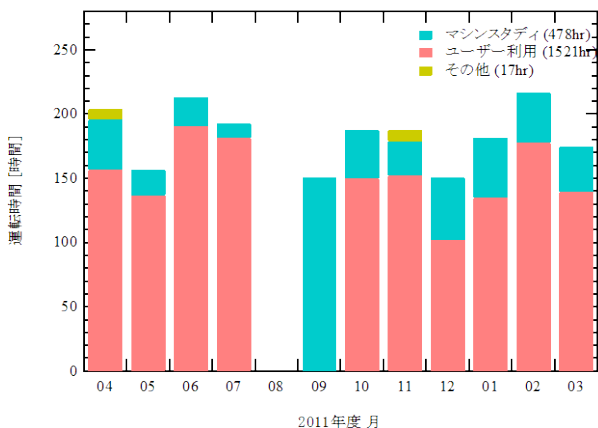


図4:2011年度の蓄積リングの目的別運転時間の推移

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、2010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。

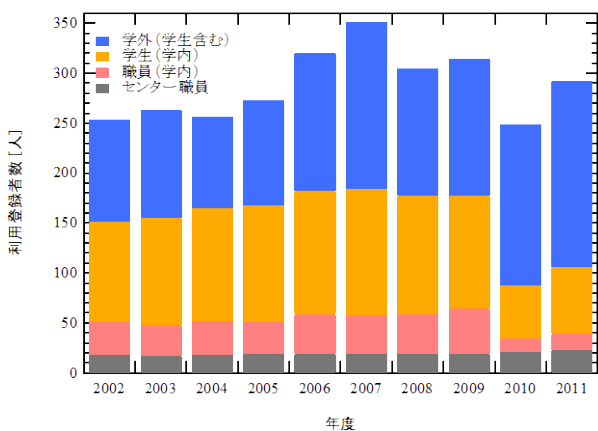


図5:センター利用者の分布と推移

3. アンジュレータ更新

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、昨年度の夏期停止期間中に楢岡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]へ更新された。

このアンジュレータは通常の周期的な磁場ではなく、準周期位置の磁場が弱くなる磁石配列をしている。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。図8は工場で磁場測定試験中の準周期型APPLE-II アンジュレータである。写真からもわかるように、準周期位置の磁石がビーム軸から遠ざけられ、磁場を弱める構造となっている。

さらに、図9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。

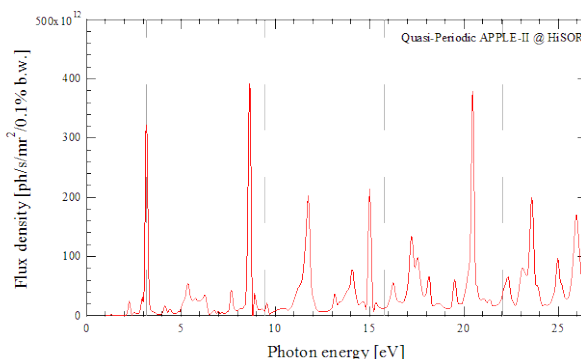


図6:準周期型アンジュレータの放射スペクトル



図7:準周期型APPLE-II アンジュレータ

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を計画している。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から百倍程度の輝度向上を目指している。

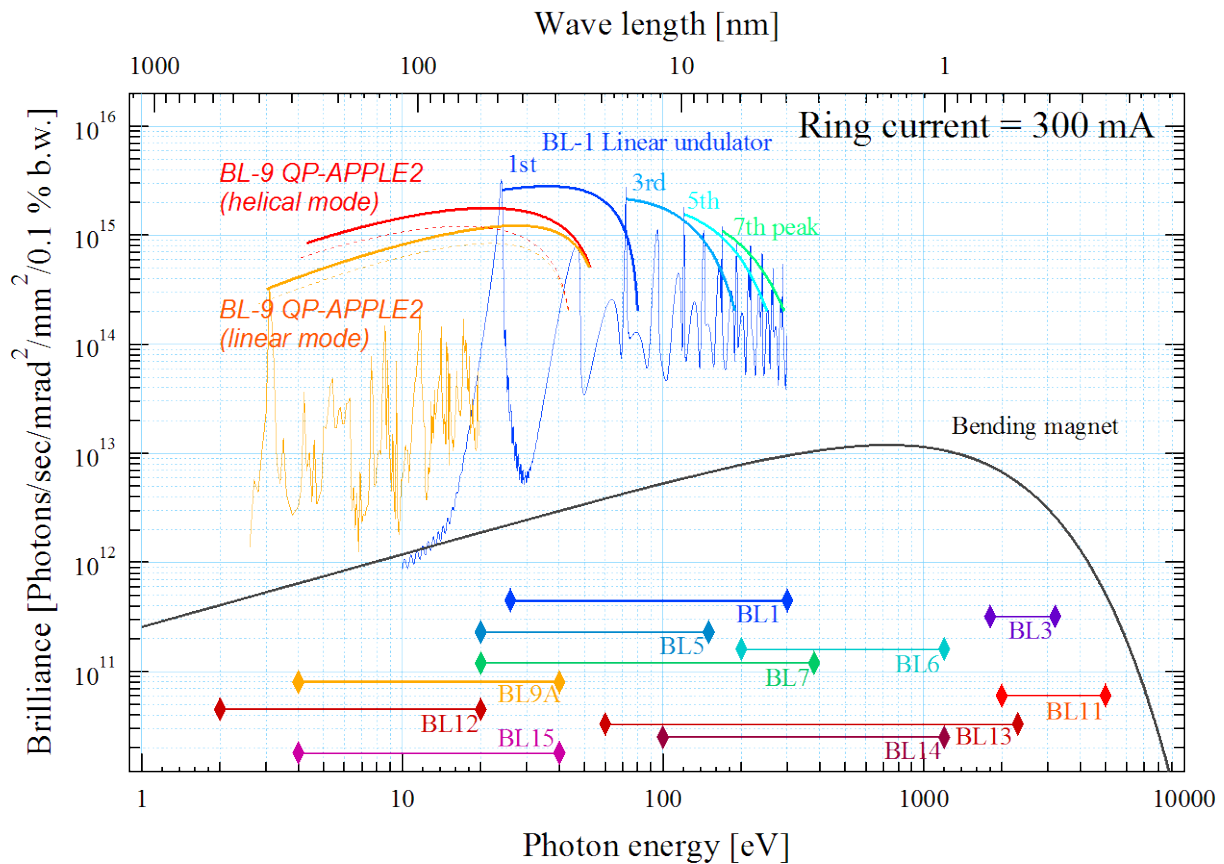


図8:HiSOR の放射光スペクトルとビームライン

この将来計画には大きく 2 つの案が検討中であるが、どちらもビームエネルギーは現在の HiSOR と同じ 700 MeV であり、リングの規模も同程度でセンター敷地内への建設を目指している。この 2 つの計画の大きな違いはリング形状の違いであり、1 つは 8 つの偏向電磁石からなる 4 回対称のリング^[5]である。もう 1 つの案は、リングの軌道が複数周回した後に閉じる“トーラス結び目”の形状を持つリング^{[6][7]}である。後者の計画での施設全体の予想図を図 9 に示す。

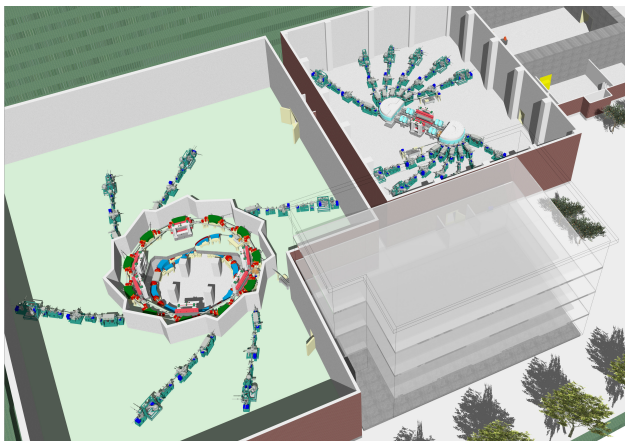


図9: HiSOR-II 計画における施設全体の予想図

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”, in these proceedings.
- [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).
- [7] A. Miyamoto and S. Sasaki, “Design Study of HiSOR-II lightsource ring with torus-knot type compact accumulator ring”, in these proceedings.