

広島大学放射光科学研究センターの現状

PRESENT STATUS OF HIROSHIMA SYNCHROTRON RADIATION CENTER

川瀬啓悟[#], 後藤公德, 松葉俊哉

Keigo Kawase [#], Kiminori Goto, Shunya Matsuba

Hiroshima Synchrotron Radiation Center, Hiroshima University

Abstract

The Hiroshima Synchrotron Radiation Center (HSRC) at Hiroshima University was established in 1996 for researches of the materials science especially of solid state physics using the synchrotron radiation with the wavelength range from ultraviolet to soft x-ray. The HiSOR ring is a compact racetrack-type storage ring with a circumference of 21.95 m. The beam energy is 700 MeV and natural emittance is 400π nmrad. During the fiscal year 2016, there is no serious trouble for the operation of the HiSOR storage ring and its injector. Therefore, the user operation time in FY 2016 is 1564 hours. In this paper, we report the present status of HSRC.

1. 広島大学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[1]は、紫外線から軟 X 線域の放射光を利用した固体物理学を中心とする物質科学研究推進、人材育成のため 1996 年に設立された。2002 年には全国共同利用施設となり 2010 年より共同利用・共同研究拠点として認定されている。

1.1 小型放射光源リング HiSOR

Figure 1 に HiSOR の俯瞰図を示す。HiSOR は産業用光源リングをベースにした、周長 21.95 m のレーストラック型リングである[2]。Table 1 に HiSOR の主要なパラメータを示す。HiSOR では 150 MeV マイクロトロンにより入射されたビームは蓄積後 700 MeV まで加速される。常伝導偏向電磁石としては比較的強い 2.7 T の磁場を発生させることで軟 X 線領域まで放射光利用が可能となっている。2 本の長直線部には直線偏光アンジュレータおよび準周期型 APPLE-II アンジュレータ[3]が挿入されている。APPLE-II 型アンジュレータは磁石列の一部を入れ替えることで非準周期型と準周期型の切り替えが可能となっており、現在は非準周期型で運用されている。Table 2 に各アンジュレータのパラメータを示す[4]。

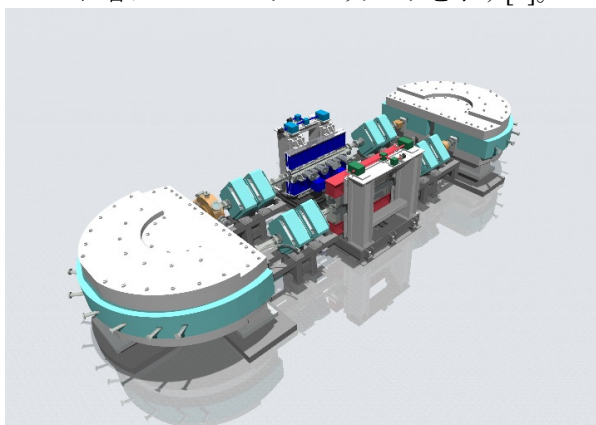


Figure 1: Bird's-eyes view of HiSOR.

Table 1: Main Parameters of HiSOR

Circumference	21.95 m
Type	Racetrack
Beam radius	0,87 m
Beam energy at Ingection	150 MeV
at Storage	700 MeV
Magnetic field at Ingection	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
Maximum stored current	350 mA
Natural emittance	$\sim 400 \pi$ nmrad
Beam life time	~ 10 hours @ 200 mA
Critical wavelength	1.42 nm (880 eV)
Photon intensity	2.8×10^{12}
at critical wavelength.	(/sec/mr ² /0.1%b.w./300mA)

[#]kawase@hiroshima-u.ac.jp

Table 2: Parameters of Undulators

Linear undulator (BL-1)	
Total length	2354.2 mm
Periodic length	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-9)	
Total length	1845 m
Periodic length	78 mm
Periodic number	23
Pole gap	22-200 mm
Maximum magnetic field	0.86 T 0.59 T 0.50 T
Magnetic material	Nd-Fe-B (NEOMAX-46CH)

1.2 ビームラインと実験ステーション

Figure 2 に HiSOR に設置された放射光ビームラインと実験準備等の設備を示す。Figure 3 に各ビームラインの利用エネルギー範囲を示す。

BL-1 は直線偏光アンジュレータビームラインであり、光軸の周りでチャンバーごと試料を回転させることで偏光の向きを切り替えて観測可能な高分解能光電子分光実験ステーションであり、海外からのユーザーも多い。

BL-9 は 2011 年に導入された準周期型 APPLE-II アンジュレータビームラインであり、ここではサブ meV の分解能を持つ光電子分光ビームライン BL-9A とブランチとして高分解能スピン偏極光電子分光ビームライン BL-9B が稼働している。アンジュレータは現在、非準周期型で運用されている。

偏光電磁石のビームラインも複数整備されており、BL-7 では共鳴光電子分光及び角度分解光電子分光実験、BL-12 では真空紫外円二色性装置によって、たんぱく質、糖類、核酸の高精度構造解析、BL14 では偏向部からの円偏光、直線偏光を利用した磁気円、線二色性分光装置による実験が行われている。

実験準備棟ではレーザーを用いた角度分解光電子分光の高空間分解能化などの将来計画における微小集光放射光のための要素技術開発などが行われている。

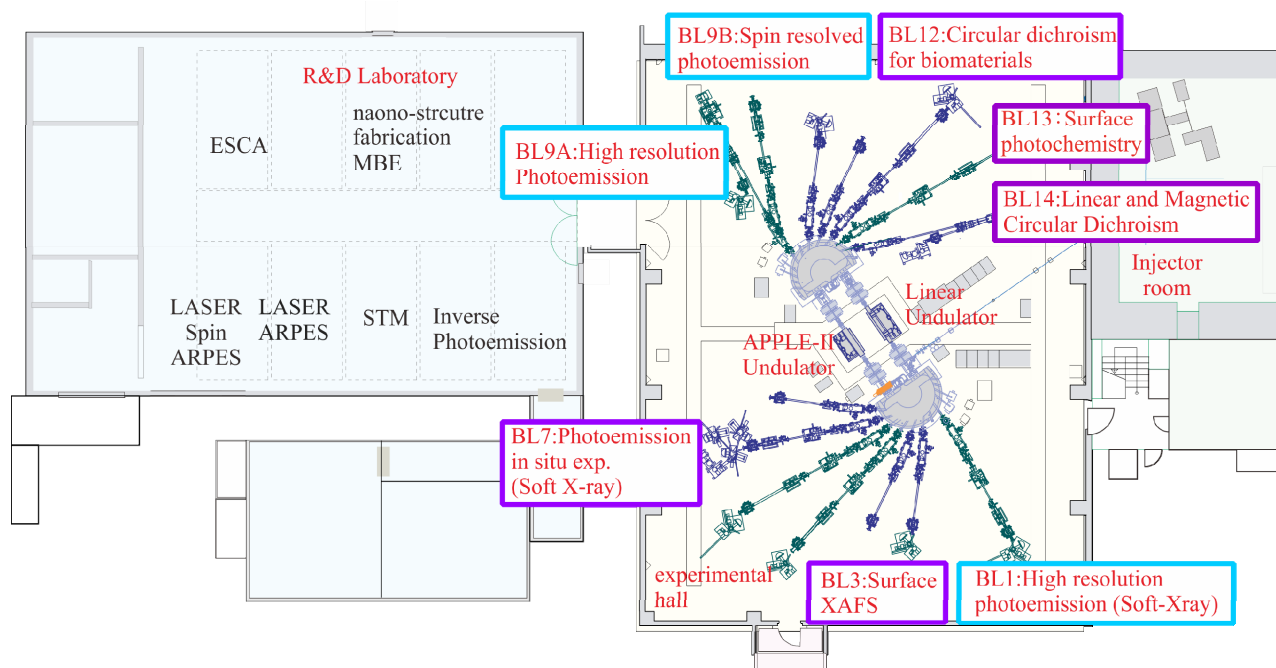


Figure 2: Outline of experimental hall and R&D laboratory.

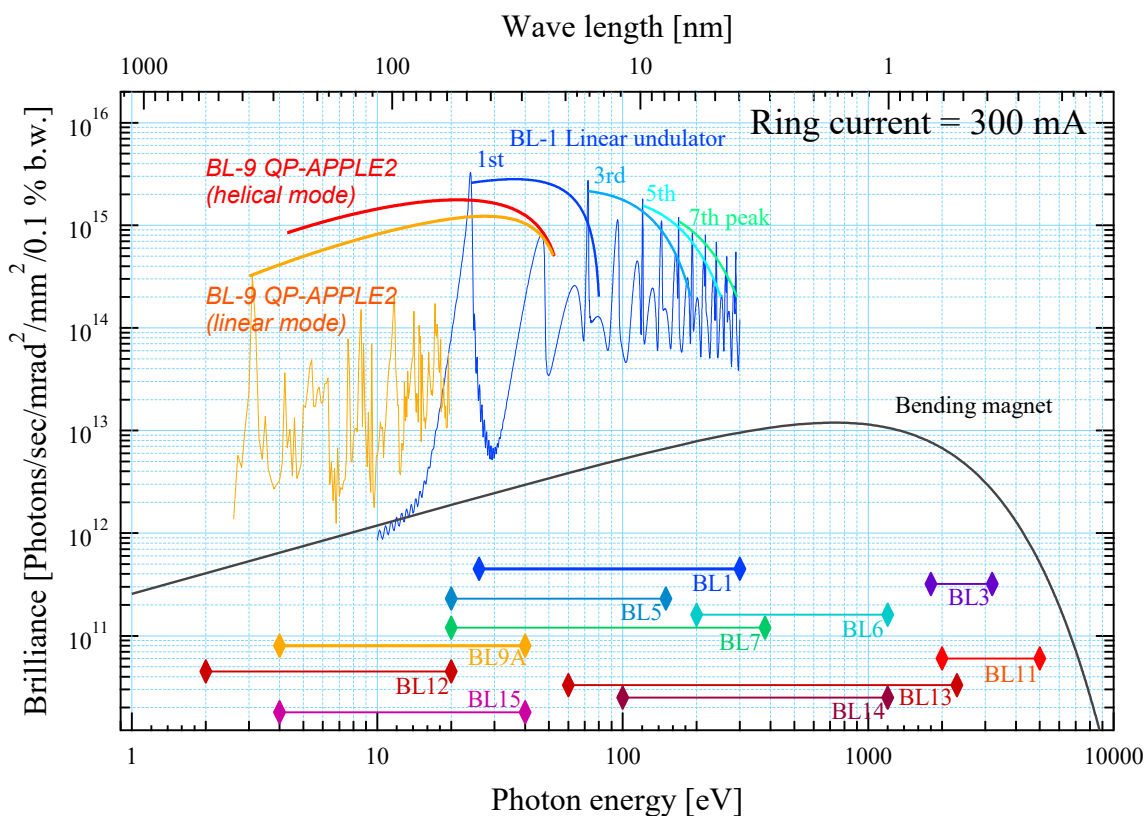


Figure 3: Photon energy spectra of the SR from HiSOR.

2. 加速器運転状況

当センターは8月の夏季停止期間と9月の立ち上げ調整運転を除いてユーザー運転を行っている。この期間以外では月曜にマシンスタディを行って、火曜から金曜までをユーザー運転としている。ユーザー運転時は9時に入射を行い、14時に再入射し20時にシャットダウンしており、一日約10時間程度の放射光利用が可能である。

Figure 4に過去10年間の運転時間を示す。2010年まではベンチャービジネスラボラトリー所有の超高速電子周回装置(REFER)にも入射を行っていたが、現在は廃止されている。2004年から運転時間が延長され2007年から1500時間のユーザー運転が継続的に行われてきた

が、加速器老朽化に伴うトラブルによりユーザー運転を取りやめる事態も起こってきた。2012年度に起きた偏向部のビームダンパー冷却配管からの水漏れは、応急処置した後2013年度の夏にビームダンパーの交換を行ったが、不備があったため2015年度の夏に再度交換を行った。そのため2012年度から2015年度にかけては、これらの保守作業の長期化のために、ユーザー利用は年間1300時間程度であった。2016年度は幸い深刻なトラブルが発生せず、2011年度以前の1500時間を超えるユーザー利用時間を供給できた。2016年度の月別運転時間の状況をFigure 5に示す。

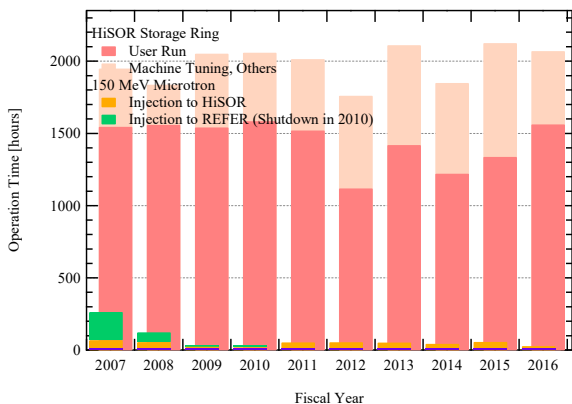


Figure 4: Operation time of storage ring and microtron.

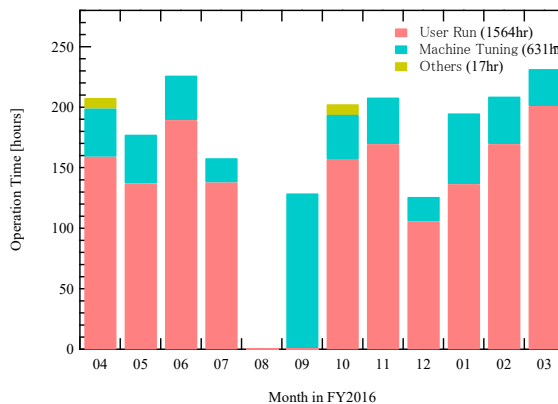


Figure 5: Monthly operation time in FY2016.

加速器保守に係る2016年度の特筆すべき事項としては、前年度までに散発的に発生していた蓄積リング高周波空洞用電力源の不具合を解消し、信頼性の高いユーザー利用時間を担保するために、三極真空管電力増幅器から半導体増幅器への更新を開始した。これにより、長期的な保守に対する費用対効果も向上することが期待できる。2017年度にこの半導体増幅器を正式に運用し、現在のところ、不具合は見られていない。

一方、2017年度に入って、入射器マイクロトンへ高周波電力を供給しているクライストロン周辺から水漏れが発生し、数日間運転停止するトラブルが発生した。水漏れは集束コイル冷却管から発生し、幸いながら、補修可能箇所であったため、当該箇所に銅板溶接することで対応した。しかしながら現在のクライストロン自体10年の利用期間を経ており、近日中の更新を検討している。その際は、集束コイルも含めて更新を実施する。

3. 今後の計画

HiSORリングは産業用光源をベースとしているため、他の同規模の光源リングに比べてエミッタンスが一桁以上大きく、また、運用開始から20年が過ぎ、マシントラブルも頻発してきている。そのため数十倍から百倍程度の輝度向上を目指した小型放射光源リングHiSOR-IIが計画されている[5 - 9]。

参考文献

- [1] <http://www.hsrc.hiroshima-u.ac.jp>
- [2] K. Yoshida *et al.*, "Commissioning of a Compact Synchrotron Radiation Source at Hiroshima University", Proc. of APAC'98, KEK (1998), pp.653-657.
- [3] S. Sasaki *et al.*, "APPLE-II type quasi-periodic variably polarizing undulator at HiSOR", Proc. of the 9th Annual Meeting of PASJ, Osaka, Japan (2012) pp.131-133.
- [4] A. Miyamoto *et al.*, Proc. of the 11th Annual Meeting of PASJ, Aomori, Japan (2014) pp. 327-330.
- [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", Proc. of the 8th Annual Meeting of PASJ, Tsukuba, Japan (2011) pp.212-214.
- [7] A. Miyamoto and S. Sasaki, "Design Study of HiSOR-II light source ring with torus-knot type compact accumulator ring", Proc. of the 9th Annual Meeting of PASJ, Osaka, Japan (2012) pp.1022-1025.
- [8] A. Miyamoto and S. Sasaki, "Torus-knot Type Ultra-Low Emittance SR Ring with Multi-bend Lattice", Proc. of the 11th Annual Meeting of PASJ, Aomori, Japan (2014) pp.504-506.
- [9] K. Kawase and S. Matsuba, "Future plan for light source at Hiroshima Synchrotron Radiation Center, Hiroshima University", TUP009, these proceedings.