

## 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

松葉 俊哉<sup>#,A)</sup>, 後藤公徳<sup>A)</sup>, 川瀬啓吾<sup>A)</sup>

Shunya Matsuba<sup>#,A)</sup>, Kiminori Goto<sup>A)</sup>, Keigo Kawase<sup>A)</sup>

<sup>A)</sup> Hiroshima Synchrotron Radiation Center, Hiroshima University

#### Abstract

The Hiroshima Synchrotron Radiation Center (HSRC) Hiroshima University was established in 1996 for research of solid state physics. 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 400 pi mm-mrad. Since beam dumper was exchanged in summer shut down, the machine study for vacuum baking were executed extra one month at October. Therefore, the user operation time in FY 2015 is 1338 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た。

##### 1.1 小型放射光源リング HiSOR

Fig.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 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]。

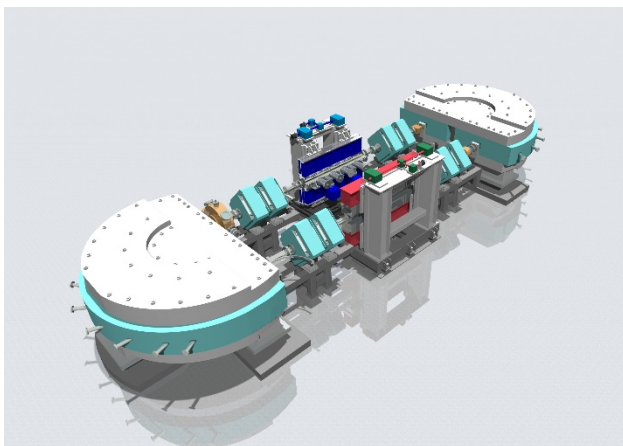


Figure 1: Bird's-eyes view of HiSOR.

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 (vx,vy)	(1.72,1.84)
RF frequency	191.244 MHz
Harmonic number	14
RF voltage	200 kV
Maximum sotred current	350 mA
Natural emittance	~400 $\pi$ nmrad
Beam life time	~10 hours @ 200 mA
Critical wavelength	1.42 nm (880 eV)
Photon intensity at critical wavelength.	$2.8 \times 10^{12}$ (/sec/mr <sup>2</sup> /0.1%b.w./300mA)

<sup>#</sup>matsubash@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

Fig. 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。Fig.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。BL-9A では、床面の傾きと連動して、分光光のエネルギーが時間とともにシフトする現象が起こっていたためその対策を今年度行う予定である。アンジュレータは現在非準周期型で運用されているが、BL-9B での縦偏光度が準周期型では下がっていたようである。

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 では偏光部からの円偏光、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 Laser を使って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。

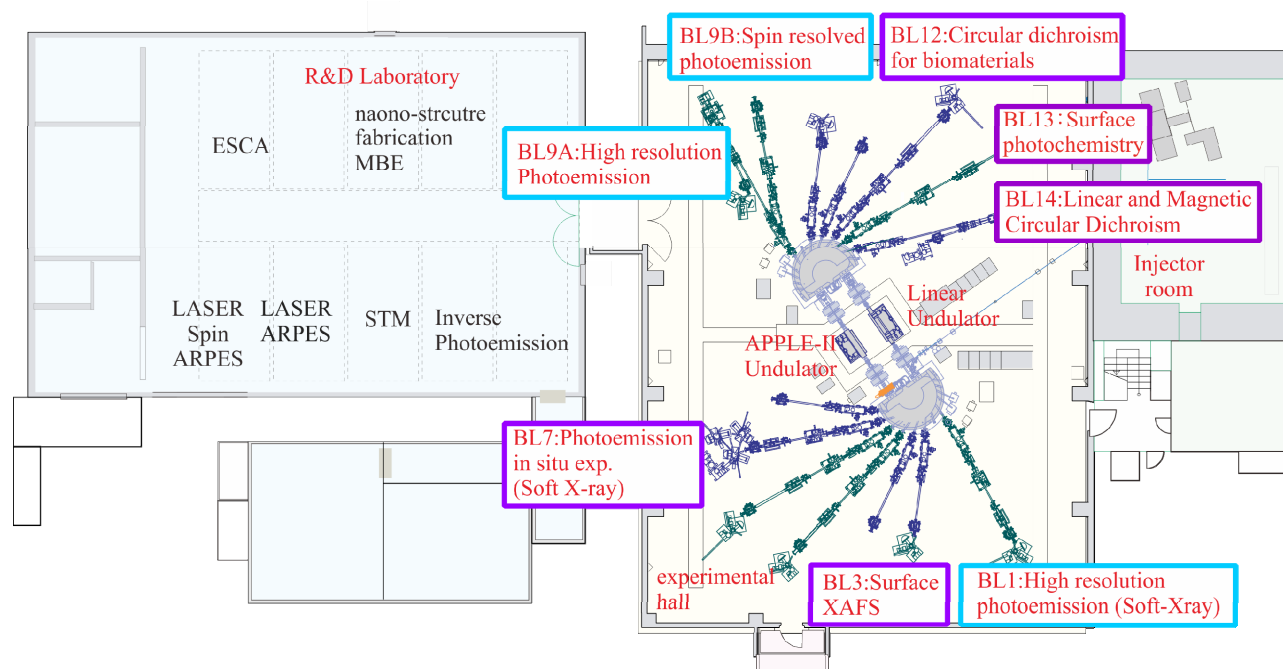


Figure 2: Outline of experimental hall and R&D laboratory.

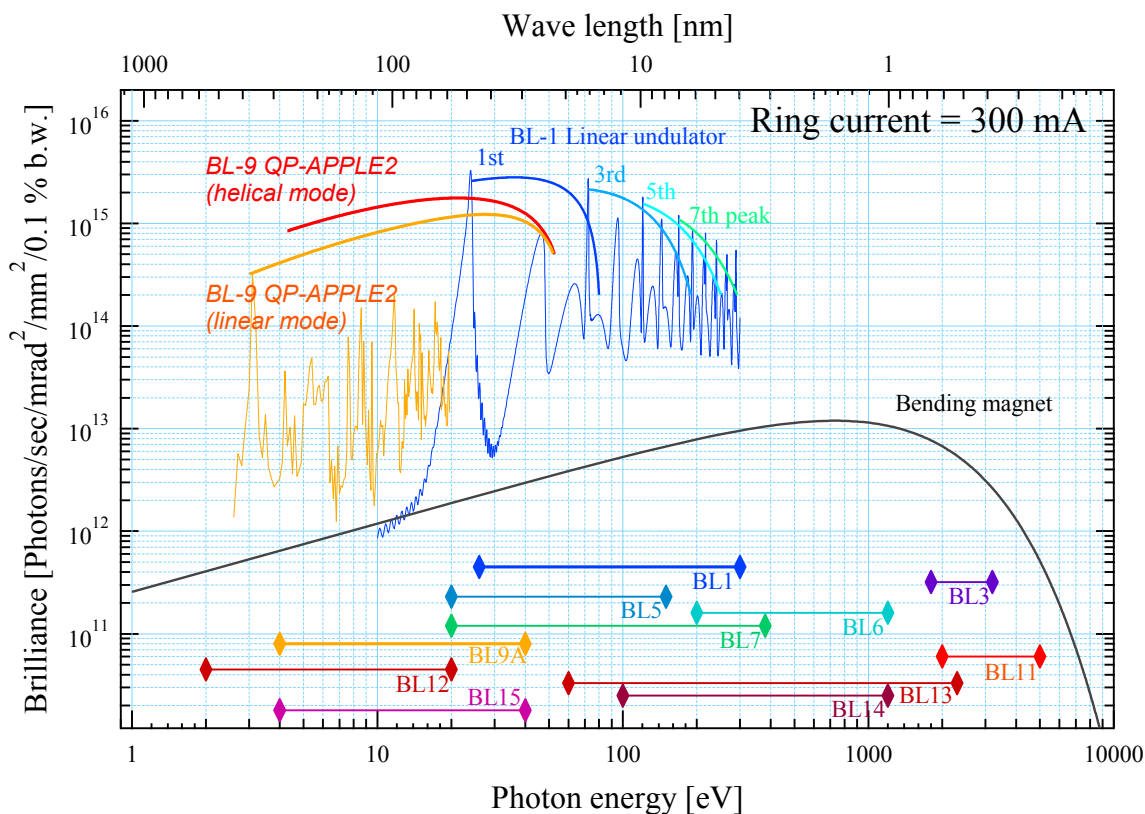


Figure 3: Photon energy spectra of the SR from HiSOR.

## 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 9:00 に入射を行い、14 時に再入射し 20:00 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。Fig.4 に過去 10 年間の運転時間を示す。2010 年まで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 2015 年度は夏の調整運転を 1 か月延長し焼きだし運転が行われた。真空度悪化によって 250 mA に制限されていた電流も現在では 300 mA に回復している。Fig.5 に 2015 年度の月ごとの運転時間を示す。ユーザー運転は 1338 時間であった。

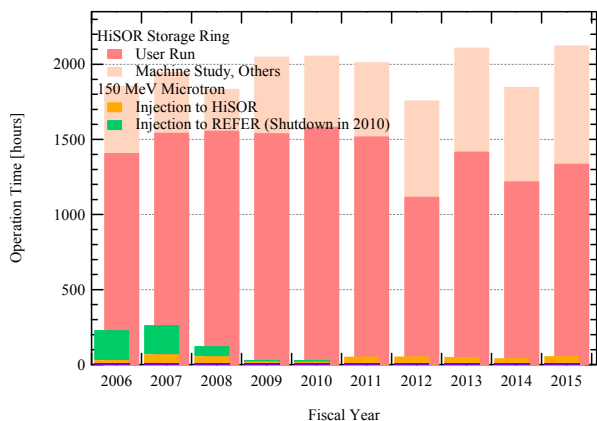


Figure 4: Operation time of storage ring and microtron.

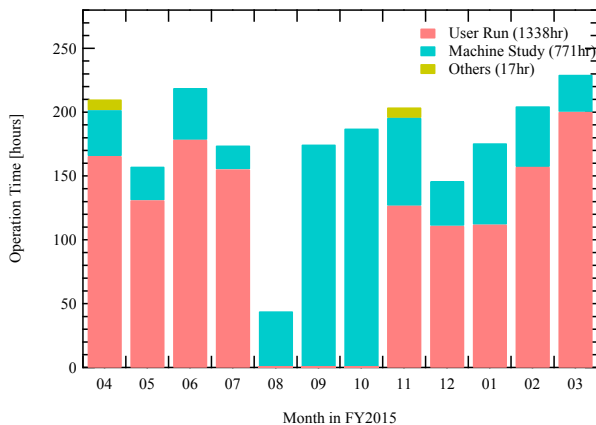


Figure 5: Monthly operation time in FY2015.

### 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、設立から 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][6][7][8]。

#### 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.