

## 広島大学放射光科学研究センター光源加速器の現状

### PRESENT STATUS OF HISOR

加藤政博<sup>#, A, B)</sup>, 島田美帆<sup>C, A)</sup>, 後藤公德<sup>A)</sup>,

Masahiro Katoh<sup>A, B)</sup>, Miho Shimada<sup>C, A)</sup>, Kiminori Goto<sup>A)</sup>

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

<sup>B)</sup> UVSOR, Institute for Molecular Science

<sup>C)</sup> KEK

#### Abstract

HiSOR, a 700 MeV compact synchrotron light source in Hiroshima Synchrotron Radiation Center, Hiroshima University has been stably operational in the second half of FY2019 and the first half of FY2020. The operation time for users is about 1500 hours per year. However, in 2020, because of the COVIT-19, the operation was canceled in April and May. Although the machine is stably operational, to meet the growing demands for brighter synchrotron light, an upgrade plan is being considered.

#### 1. はじめに

広島大学放射光科学研究センターは光源加速器 HiSOR を中核とする放射光の共同利用・共同研究拠点である。150MeV の入射用マイクロtronと700MeV の小型電子シンクロtronからなる HiSOR 加速器は、1996 年の稼働以降、20 年以上にわたり安定に稼働を続けている。共同利用のための年間のビームタイムは 1500 時間に及び、真空紫外・軟 X 線領域の放射光を国内外の物質・生命科学を中心とする研究者に供給している。最近では、より高輝度な放射光への要望の高まりを受け、将来計画の検討も進めている。

#### 2. 加速器の現状

HiSOR 光源加速器は、入射器である 150MeV レーストラック型マイクロtronと光源リングである 700MeV レーストラック型小型電子シンクロtron(ストレージリング)からなる。シンクロtronはレーストラック形状であり、偏向部には 180 度偏向磁石が用いられている。この偏向磁石は常伝導磁石にもかかわらず最大磁場強度が 2.7T と極めて高いことが大きな特徴であり、比較的低エネルギーのシンクロtronにもかかわらず軟 X 線の広い領域において十分な強度で放射光を供給できる。一方、2 つの直線部には直線偏光型と可変偏光型の 2 台のアンジュレータが設置されており、真空紫外線領域の高輝度放射光を供給している。加速器の主要パラメータを Table 1 に、また、配置を Fig. 1 に示す。

加速器の運転は毎週月曜日の調整運転、マシンスタディに始まり、火曜日から金曜日は放射光利用にあてられる。週末及び祝日は運転を休止する。放射光利用では午前 9 時と午後 2 時半の 2 回入射が行われる。150MeV の電子ビームを約 350mA まで入射したのち、700MeV まで加速する。入射・加速に関わる作業は通常 30 分程度で終了する。入射中、放射光利用者は実験ホールから退出する必要がある。一日の典型的な運転パターンを Fig. 2 に示す。

# mkatoh@hiroshima-u.ac.jp

加速器の運転には大学教員・技術職員が交代で当たっているが、加速器の専門家でなくてもマニュアルに従って運転できるように制御システムが整備されている。

アンジュレータの更新を除くと、近年は加速器本体の大幅な改造・高度化は行っておらず、老朽化対策を順次進めている。2012 年から 2014 年の間、偏向部の真空リークに悩まされたが、原因となった放射光アブソーバの更新により、その後は特に重篤なトラブルはなく順調に運転できている。2018 年度の月単位での運転時間の推移を Fig. 3 に示す。また最近7年間の運転時間を Fig. 4 に示す。

Table 1: Main Parameters of HiSOR Accelerator

Circumference	21.95 m (Racetrack)
Bending radius	0.87 m
Beam energy (Inj., Str.)	(150, 700) MeV
Magnetic field(Inj., Str.)	(0.6, 2.7) T
Injector (Microtron)	150MeV, 2Hz, 2mA, 2μsec
Betatron tune (H, V)	(1.72, 1.84)
RF frequency	191.244 MHz
Harmonic number	14
RF voltage	200 kV
Stored current	300 mA
Natural emittance	400 nmrad
Beam life time	~10 hours@200 mA
Critical wavelength	1.42 nm
Undulators	(length, period, max. B)
Linear undulator	2.35m, 57mm, 0.41T
Quasi-periodic undulator	APPLE-II 1.85m, 78mm, (H)0.86, (V)0.59, (C)0.50 T

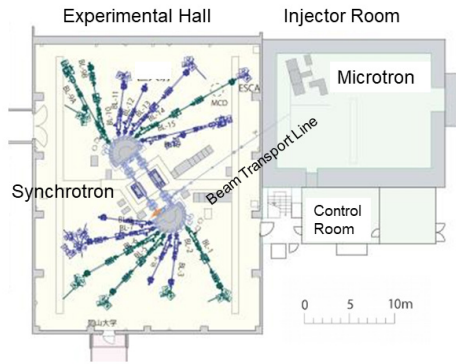


Figure 1: HiSOR accelerators and SR experimental hall.

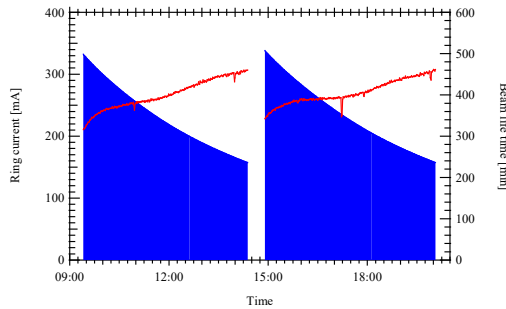


Figure 2: Typical operation pattern in a day.

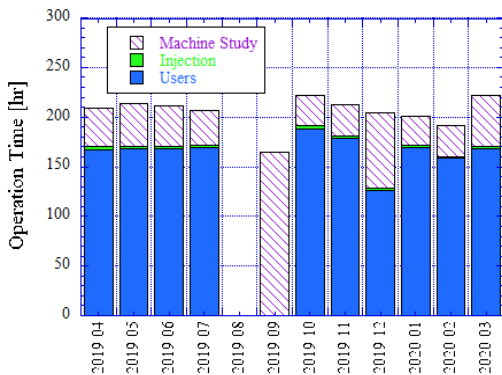


Figure 3: Operation statistics in FY2019.

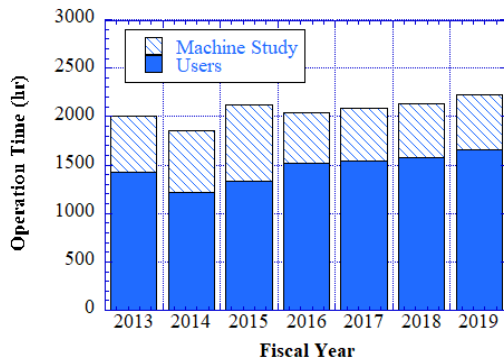


Figure 4: Operation time in the past 7 years.

通常の年間運転スケジュールは、8月に運転停止し、保守点検作業を行い、9月に調整運転、10月から運転再開というものであるが、2020年度に限り大学の計画停電が例年の8月末から11月中旬に変更になったことから、11月を運転停止、12月を立ち上げ調整と変更した。これに加えて COVID-19 の影響により利用者の来学が困難となったことから4月、5月の運転を一時停止した。

### 3. 将来計画

HiSOR 加速器は、産業応用を強く意識して設計された加速器を原型としており、極めてコンパクトであること、また、運転維持管理の容易さ、放射線防護の容易さなど、数多くの優れた特徴を持っている。大学の放射光センターの限られたマンパワーで長期にわたり安定な運用が実現されてきたことは、この加速器の特長に負うところが大きい。

一方、学術研究用の装置としてみた場合、コンパクトさや無駄のない設計により、新しい加速器技術や放射光源技術を導入するのは極めて困難である。また放射光の輝度を決める重要な要因である電子ビームのエミッタンスは第2世代光源としてもかなり大きく、第3世代光源との比較でおおよそ二桁、近年稼働を始めた第4世代光源との比較では三桁大きい値となっている。国内外でも第2世代光源の多くではラティスの改造などにより低エミッタンス化が行われてきているが、HiSOR においては偏向部を2台の180度偏向磁石で構成するという条件下で既にエミッタンスはほぼ最適化されており、ビーム収束系の改良によるさらなる改善の余地がない。直線部2本は既にアンジュレータや入射、高周波加速装置などで占められており、大学の加速器施設に求められるボトムアップ的な光源開発研究や加速器技術開発研究を進める余地がない。

建設後20年以上が経過し、放射光分野で光源加速器の世代交代が進んでいる中で、先端研究設備として競争力を維持していくためには、次期計画の早期の実現が強く望まれる。大学の加速器施設として適正な規模の小型のシンクロトロンを中核とする将来計画案の検討を進めてきており、放射光分野を取り巻く状況などを考慮しながら実現可能な案を模索している状況である[1]。既存の加速器や周辺設備も有効に活用しつつ早期の計画実現を目指す。

### 謝辞

HiSOR の日常運転業務に多大なる貢献をしている広島大学放射光科学研究センターの利用系の教職員に感謝申し上げる。

### 参考文献

[1] S. Matsuba *et al.*, J. Phys. Conf. Ser. 1350, 012015 (2019).