

UVSOR-IIIの現状 2016 STATUS OF UVSOR-III 2016

林 憲志[#], 藤本 将輝, 山崎 潤一郎, 手島 史綱, 加藤 政博
Kenji Hayashi [#], Masaki Fujimoto, Jun-ichiro Yamazaki, Fumitsuna Teshima, Masahiro Katoh
UVSOR, Institute for Molecular Science

Abstract

UVSOR-III, a 750 MeV synchrotron radiation facility at Institute for Molecular Science, has been operational from 1983. After two major upgrade, it is one of the brightest SR source in low energy region with 17 nm·rad emittance and 300 mA Top-Up operation. Fourteen beamlines are operational with six undulators. Users' experiments are performed by total of about 1100 researchers. Beside the SR users runs, light source development including optical vortex, CSR, CHG, FEL, edge radiation, laser Compton scattering gamma-rays, etc. are widely performed. In 2016, RF power amplifier for storage ring main cavity was replaced after operation over twenty years. Also, a pulser and power source for the septum of the booster synchrotron was replaced.

1. はじめに

分子科学研究所極端紫外光研究施設(UVSOR)は1983年の稼働開始以来、低エネルギー領域での放射光大学共同利用の拠点として稼働してきた。分子・物質科学、化学、地球・宇宙・生命科学などに幅広く利用されている。ビームエネルギーは、建設当初は600 MeVであったがほどなくビーム蓄積後750 MeVまで加速されるようになった。2003年に四極六極複合型マグネットの導入を伴う大規模なアップグレードを行い、UVSOR-IIと改称された[1]。ブースターシンクロトロンや輸送路の電磁石などは750 MeV運転可能な設計となっていたため、これらの電源のアップグレードにより、750MeVでのフルエネルギー入射が可能となった。その後、放射線遮蔽増強、安全インタロック整備等必要な措置を経て2010年より全てのユーザー運転をビーム電流300mAでのトップアップモードにて行っている[2]。現在では6つの利用可能な直線部すべてにアンジュレーターが配置されている。2012年には収束部のマグネットに加えて偏向電磁石も四極六極コンバインド型になることにより17 nm·radへ低エミッタンス化された。それに伴い、UVSOR-IIIと改称されて現

在に至っている(Figure 1)[3]。今後はビームラインのスクラップアンドビルドによってユーザーが利用できる光品質の向上を行っていく。光源開発としては、1980年代より共振器型自由電子レーザーの開発を活発に行うとともに、2000年代からは外部レーザーも用いてコヒーレント放射に関する研究を進めている。近年では光渦に関する研究を積極的に展開しており、今後も多くの共同研究者との協力のもと進めていく。

2. 光源加速器運転の現状

光源加速器は、15 MeV線形加速器、750 MeVブースターシンクロトロン、750 MeVストレージリングで構成されている。主なパラメーターをTable 1、Figure 2に示す。蓄積電流は、マルチバンチ運転では300 mA、シングルバンチでは40 mAである。ユーザー運転の運転時間は火曜日・水曜日は朝9時から夜9時までの12時間であり、木曜日から金曜日にかけては36時間連続運転を行っている。ユーザー運転の週合計は60時間である。月曜日はマシンスタディに充てられている。他に、土曜日と日曜日にも必要に応じてスタディを行っている。2015年度は



Figure 1: Recent view of UVSOR-III storage ring.

Table 1: Main Parameters of UVSOR-III

Accelerator	Linac (15 MeV) Booster Synchrotron (750 MeV) Storage Ring (750 MeV)
Circumference	53.2 m
Harmonic Number.	16
Beam Current	300 mA (multi) / 40 mA (single)
Emittance	17.5 nm·rad
Betatron Tune	(3.7 / 3.2)
RF frequency	90.11 MHz
Energy Spread	5.3 E-4
RF Voltage	120 kV

[#] h-kenji@ims.ac.jp

34 週間のマルチバンチ運転、2 週間のシングルバンチ運転と 3 週間のマシンスタディ運転を行い、総運転時間は約 2600 時間であった(Figure 3)。

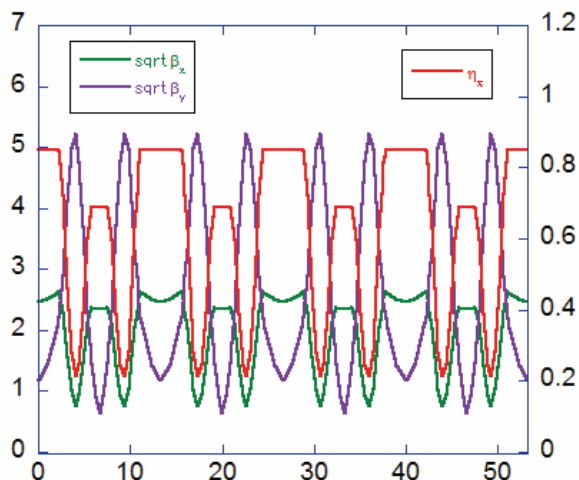


Figure 2: Betatron and dispersion function of UVSOR-III storage ring.

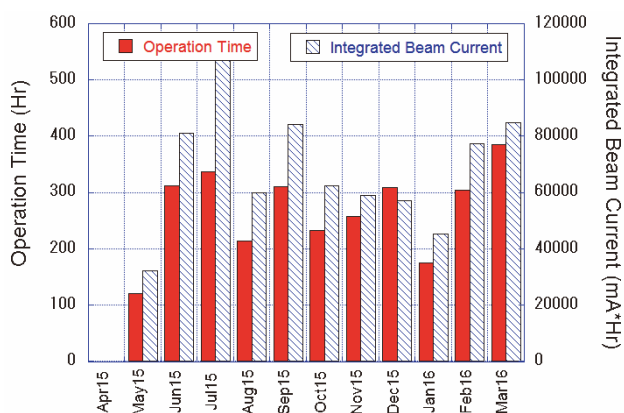


Figure 3: Operation time and integrated beam current of UVSOR-III in FY2015.

3. 放射光利用の現状

UVSOR では現在 14 本のビームラインが稼働しており、テラヘルツから軟 X 線までの幅広い領域の放射光を供給している。利用可能な 6 箇所の直線部すべてにアンジュレーターを備えている(Figure 4)。ビームラインのうち 2 本は所内ビームラインとなっている。年間ユーザー数は延べ約 1100 名である。大学共同利用機関としての役割を果たしつつ、近年では海外や産業界からの利用も増加しつつある。

2014 年には、光源開発専用ビームライン BL1U の整備が進むことに合わせて、それまで FEL にも用いられていたアンジュレーター(U5)が磁極配列を光クライストロン型から Apple-II へ変更することによって放射光利用専用となり、輝度も大幅に向上した。それに合わせてスピン分解光電子分光(Spin-ARPES)用ビームラインも新規に建設された。2016 年 6 月よりユーザー運転を正式に開始し

たところである。

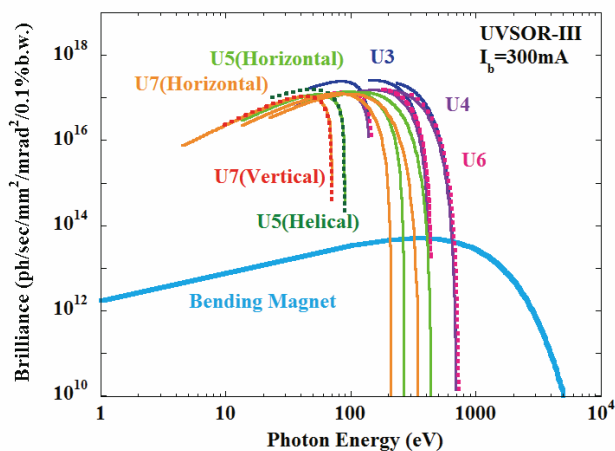


Figure 4: SR spectra of UVSOR-III.

4. 加速器高度化・光源開発の現状

UVSOR は紫外域で回折限界光を発生でき、光源開発専用ビームラインに 2 台の直列 Apple-II アンジュレーターを備えていることからアンジュレーターによる光渦の発生と特性研究、更に利用法の開拓に力を入れている[4]。また、レーザーコンプトンガンマ線を用いたイメージング技術の開発を進めている[5]。これらの研究は全て、名古屋大、広島大、京大、佐賀 LS 等との共同研究であり、光源開発研究においても大学共同利用機関としての役割を果たしている。2016 年度は、光源開発用ビームライン BL1U の大幅な拡張を進めている。これは下流に瀬谷浪岡型分光器を設置し光電子アナライザーをビームラインエンドに置くもので、隣接するテラヘルツ専用ビームライン BL1B と組み合わせることで、テラヘルツポンプ VUV プローブといった実験も可能となる予定である。

5. 近年の保守、トラブルなど

UVSOR は過去2回の大幅な高度化により、使用機器の多くが更新されてきたが、再更新の時期を迎えている機器も出てきている。2015 年 4 月にはブースターシンクロトロン加速空洞用高周波パワーアンプ(90 MHz, 5 kW)、2016 年 4 月にはストレージリング加速空洞用高周波パワーアンプ(90 MHz, 20 kW)の更新を行った。既設のものは導入されてから 20 年以上が経過しており保守部品の入手が難しくなったためである。既存のものは空冷で大きな送風装置を備えていたが、水冷化により大幅に設置面積を削減するとともに発生する騒音を減少させることができた。加速器やビームラインと同じ室内に置かれているこれら機器の水冷化は装置の温度安定性の向上にも効果があるものと期待している。2016 年4月には、シンクロトロンの入射用静電セプタムのパルサー・電源部も更新した。

近年のトラブルとして、2015 年春のシャットダウンでは、

入射バンブ用のキッカーマグネット用セラミックダクト(3台中 1 台)の交換を行った。これは、付近で非常に強い高周波ノイズが観測されたもので(Figure 5)、入射フィードバック系に悪影響をあたえたほか観測系やビーム不安定性への影響も考えられたため交換を行った。内面の金コートに横方向に一周失われている部分があり、これを挟んでビーム進行方向の導通が失われていることが分かった(Figure 6)。交換したものは、使用可能な過去の取り外し品である。交換後異常なノイズ発生はみられなくなった。しかしビーム不安定性に対してはとくに変化は見られなかった。

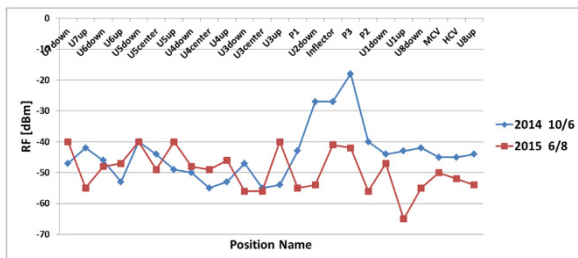


Figure 5: Noise along storage ring before (blue) and after (red) replacement of the kicker ceramic duct.

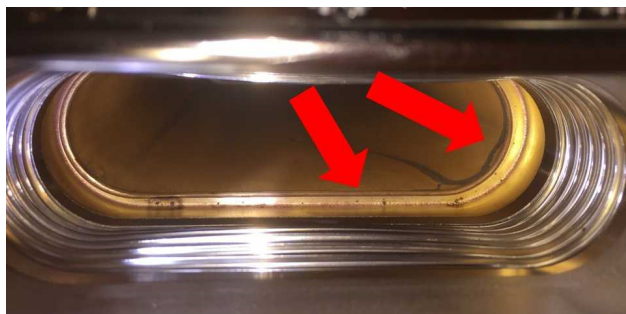


Figure 6: Break at Au coat on a ceramic duct.

UVSOR のストレージリングはビームの不安定性抑制及びビーム寿命改善のために 3 次高調波空洞を備えているが、2014 年に冷却水路からの真空漏れが発生し、シール剤での応急修理を行った。幸いさらなる真空度の悪化は見られていない。名古屋大学の協力も得て、新規設計に向けて検討を開始した。

UVSOR のブースターシンクロトロンマグネットは UVSOR 建設以来まったく更新されていない。2015 年はこのうち四極電磁石のコイルの冷却水配管から複数箇所の水漏れが発生した。シール剤での補修を試みたが、もともと破損が激しかった箇所は漏れを止めることができなかったため、マグネットを分解してコイルを取り外し、冷却配管を別途取り付ける修理を行った。

2015 年度は他に、UVSOR-II への高度化後 13 年ほどを経たストレージリングの四極六極複合型電磁石でも冷却水漏れが起きたが、幸いにもコイル内部ではなかったため、破損箇所を切断して交換する処置を行うことで対応することができた。

ブースターシンクロトロン以外にも、すぐに性能に響かない冷却水系や電気系などの基盤的な設備では老朽化が進んでいるものも多く残っており、施設の持続可能性を高める上での課題となってきた。

6. まとめ

UVSOR は、2 度にわたる大規模な高度化を含め不断の改良を続けてきた。現在では、300 mA トップアップ運転を行い 17 nm·rad のエミッタンスをもち、利用できる 6 か所の直線部すべてにアンジュレーターを備えている。14 本のビームラインではテラヘルツ領域から軟 X 線までの光を用いて分子・物質科学から地球・宇宙・生命科学までの幅広い領域の研究が行われている。

今後は、基盤設備を含めた老朽化対策を行って施設全体の持続可能性を向上させ、ビームラインのアップグレードによってユーザーが利用できる光品質を向上させるとともに、共同研究者の協力を得て光源開発を幅広く進めて行く。

参考文献

- [1] M. Katoh, M. Hosaka, A. Mochihashi, J. Yamazaki, K. Hayashi, Y. Hori, T. Honda, Y. Takashima, T. Koseki, S. Koda, H. Kitamura, T. Hara, T. Tanaka, "Construction and Commissioning of UVSOR-II", AIP Conf. Proc. 705(2004), 49-52.
- [2] M. Katoh, M. Adachi, H. Zen, J. Yamazaki, K. Hayashi, A. Mochihashi, M. Shimada, M. Hosaka, "Full Energy Injection and Top-up Operation at UVSOR-II", AIP Conf. Proc. 1234, 531 (2010).
- [3] M. Adachi, H. Zen, T. Konomi, J. Yamazaki, K. Hayashi, M. Katoh, "Design and Construction of UVSOR-III", J. Phys.: Conf. Ser. 425(2013)042013.
- [4] Fujimoto *et al.*, in these proceedings.
- [5] Ohgaki *et al.*, in these proceedings.