あいち SR 光源加速器の現状

PRESENT STATUS OF ACCELERATORS OF AICHI SYNCHROTRON RADIATION CENTER

高嶋圭史^{#, A,B)}, 保坂将人 ^{A,B)}, 山本尚人 ^{A,B)}, 高見 清 ^{C)}, 高野 琢 ^{A,B)}, 真野篤志 ^{A,B)}, 森本浩行 ^{A,B)}, 加藤政博 ^{D,A)}, 堀洋一郎 ^{E,A)}, 佐々木茂樹 ^{F,A)}, 江田茂 ^{G,A)}, 竹田美和 ^{B)}

Yoshifumi Takashima ^{#, A,B)}, Masahito Hosaka^{A,B)}, Naoto Yamamoto ^{A,B)}, Kiyoshi Takami^{C)}, Takumi Takano ^{A,B)}, Atsushi Mano ^{A,B)}, Hiroyuki Morimoto ^{A,B)}, Masahiro Katoh ^{D,A)}, Yoichir, Hori ^{E,A)}, Shigeki Sasaki ^{F,A)}, Shigeru Koda ^{G,A)}, Yoshikazu Takeda ^{B)}

A) Synchrotron Radiation Research Center, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, 464-8603
 B) Aichi Synchrotron Radiation Center, ASTF, Minamiyamaguchi-cho, Seto, Aichi, 489-0965
 C) Osaka Prefecture University, 1-2 Gakuen-cho, Nakaku, Sakai, Osaka 599-8570

D) Institute for Molecular Science, National Institutes of Natural Sciences, Myodaiji-cho, Okazaki, 444-8585 E) High Energy Accelerator Research Organization, KEK, 1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki 305-0801

Abstract

"Aichi Synchrotron Radiation Center" is the principal facility of the project "Knowledge Hub Aichi" of Aichi prefecture, to establish a new research center for technological innovations in collaboration with universities, research institutes, local government and industries. Beam commissioning of accelerators, 50 MeV linac, 1.2 GeV booster synchrotron and 1.2 GeV storage ring, started late in March 2012. The first synchrotron radiation from the storage ring was observed on July 18, and the beam current of 300 mA was achieved in September 2012. The opening ceremony was held on March 22, 2013, and after that the facility has opened for users since March 26.

1. はじめに

これまで仮称であった「中部シンクロトロン光利用施設」は、2013年3月に「あいちシンクロトロン光センター」(あいち SR)と命名され、3月22日の開所式を経て、3月26日より供用が開始されている。

あいち SR^[1]は、愛知県の科学技術政策である「知の拠点あいち」計画^[2]における中核施設として、中部地区を中心とする大学、研究機関、産業界、行政の協力によって整備が進められて来た。運営は公益財団法人科学技術交流財団が行い、加速器やシンクロトロン光ビームラインなどに対する技術的な支援を大学連合(名古屋大学、名古屋工業大学、豊田工業大学、豊橋技術科学大学)が行っている。

建屋の建設は2010年8月にはじまり、約1年後の2011年8月にほぼ完成した.その後、2011年9月下旬より加速器やビームラインを設置するための精密測量及び加速器設置に関連する作業がはじまった.2012年3月には直線加速器のビーム調整を開始し、2012年7月18日に蓄積リングにおいてビームの蓄積に成功し、常伝導偏向電磁石から発生したファーストライトを観測した[3].2012年9月7日には、蓄積電流が当初の予定である300mAに達した.その後、各ビームラインの調整が進められ、一部のビー

takasima@nusr.nagoya-u.ac.jp

ムラインでは 2013 年早々から試験的な利用がはじまった.

ビームラインは、1) 硬 X 線 XAFS、蛍光 X 線 (BL5S1)、2) 粉末 X線回折(BL5S2)、3) 軟 X線 XAFS、光電子分光(BL6N1)、4) 真空紫外分光、光電子分光 (BL7U)、5) X 線反射率、薄膜表面回折(BL8S1)、6) 広角・小角散乱(BL8S3)が建設され、2013 年 8 月時点で4) を除く5本のビームラインが供用されている。

2. あいちSRの概要

Figure 1 は、あいち SR の平面図である。約70m×55 mの建屋の中央部にコンクリートによる加速器室を配置している。加速器用電磁石電源等は、この加速器室上部に配置している。加速器室へのアクセスは、建屋 2 階の制御室からブリッジを通って行う。加速器用の電気、冷却水、圧縮空気もこのブリッジを通して配給されている。

Table 1 および Table 2 に、蓄積リング、ブースターシンクロトロンおよび直線加速器のパラメータを示す。本施設の最大の特徴は、電子蓄積リングのエネルギーを 1.2 GeV という比較的低い値に抑え、偏向電磁石の一部を超伝導とすることで硬 X 線を発生することである.

加速器は、50 MeV 直線加速器、1.2 GeV ブース ターシンクロトロン、1.2 GeV 蓄積リングから成っ ている。蓄積リングは周長 72 m、ラティス構成は Triple-bend の 4 回対称であり、12 台の偏向電磁石の

F) Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI/SPring-8), Kouto, Sayo-cho, Sayo-gun, Hyogo, 679-5198

G) Saga Light Source, 8-7 Yayoigaoka, Tosu, Saga, 841-0005

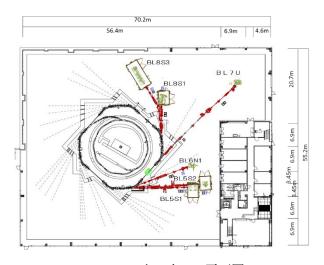


Figure 1: あいち SR 平面図

うち、4 台はピーク磁場 5T、偏向角 12°の超伝導電磁石、8 台は磁場強度 1.4 T、偏向角 39°の常伝導電磁石である。直線部には APPLE-II 型可変偏光アン

Table 1: 蓄積リングパラメータ

Tuoie 1. 由权力	• / / /
ビームエネルギー	1.2 GeV
周長	72.0 m
ビーム電流	> 300 mA
常伝導偏向電磁石	$1.4 \text{ T}, 39^{\circ} \times 8$
超伝導偏向電磁石	5 T, 12°×4
ラティス構造	Triple Bendセル4回対称
自然エミッタンス	53 nm-rad
ベータトロンチューン	(4.72, 3.23)
RF周波数	499.654 MHz
RF加速電圧	500 kV
バケットハイト	0.99 %
エネルギー広がり	8.4×10^{-4}
モーメンタム	0.019
コンパクションファクター	
$(\beta x, \beta y, \eta x)$ @superbend	(1.63, 3.99, 0.179)
(βx, βy, ηx)@直線部	(30.0, 3.77, 1.20)
ハーモニクス	120

Table 2: 入射器パラメータ

ブースターシンクロトロン	
ビームエネルギー	50 MeV - 1.2 GeV
周長	48.0 m
RF周波数	499.654 MHz
ハーモニクス	80
繰り返し	1 Hz
直線加速器	
最大ビームエネルギー	50 MeV
パルス当たりの電荷量	\sim 1 nC
繰り返し	1 Hz
RF周波数	2856 MHz

ジュレ-タ1台が設置されている。

ブースターシンクロトロンは, FODO Cell を基本構造とし, 周長は 48 m である. 加速エネルギーは 1.2 GeV であり, 蓄積リングへフルエネルギー入射を行うことが可能である.

Table 3 には現在建設されている 6 本のシンクロトロン光ビームラインを示す. このうち, BL7U を除く 5 本のビームラインでユーザー利用が行われている.

Table 3: シンクロトロン光ビームライン

ビーム ライン名	マグネット	測定手法	光エネル ギー範囲 (波長範囲)	ビーム サイズ	分解能 (E/ΔE)	光子数 個/sec
BL5S1	超伝導	硬X線XAFS 蛍光X線	5~20 keV (0.25~ 0.06 nm)	0.50 mm× 0.30 mm	7000 @12keV	1×10 ¹¹ @12keV
BL5S2	超伝導	粉末X線回折	5~23 keV (0.25~ 0.053 nm)	0.40 mm× 0.14 mm	7000 @12keV	1×10 ¹¹ @12keV
BL6N1	常伝導	軟X線XAFS 光電子分光	1.75~6 keV (0.7~0.2 nm)	2.0 mm× 0.5 mm	>2000 @3keV	1.5×10 ¹⁰ @3 keV
BL7U	アンジュレータ	真空紫外分光 超軟X線XAFS 光電子分光	30∼850 eV (40∼1.5 nm)	<0.04 mm× 0.1 mm	>5000 @200eV	1×10 ¹² @200 eV
BL8S1	超伝導	X線反射率 薄膜表面回折	9.5~14 keV (0.13~ 0.09 nm)	0.42 mm× 0.14 mm	2000 @12keV	1×10 ¹¹ @12 keV
BL8S3	超伝導	広角·小角散乱	8.2 keV & 13.9 keV	0.67 mm× 0.14 mm	2000 @8.2keV	7.7×10 ¹⁰ @8.2keV

3. **あいち SR の現状**

昨年9月に300 mA の蓄積に成功後,早い段階からトップアップ運転の調整を行っており,3月26日の供用開始後も、トップアップ運転によってシンクロトロン光を提供している. Figure 2に2013年8月1日の運転における蓄積電流値を示す.

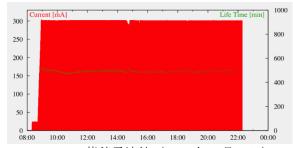


Figure 2: 蓄積電流値(2013年8月1日)

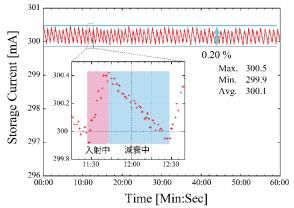


Figure 3: トップアップ運転中の電流値^[4]

Figure 3 はトップアップ運転時における電流値の変化であり、1 分毎に 15 秒程度入射を行っている[4]. 電流値の変化は、300mA に対して約 0.2 %である.

Figure 4 は積分電流値に対する $I \cdot \tau$ 積であり、 2013 年 8 月現在では $I \cdot \tau$ 積はほぼ 2400 mA h である.

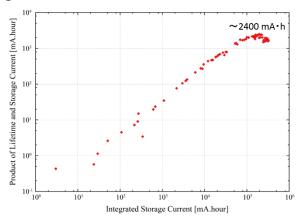
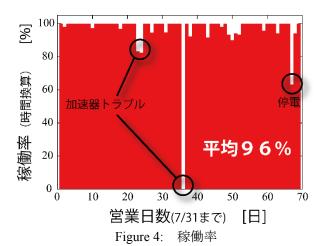


Figure 4: Ι·τ積

直線加速器の出射電荷量はほぼ1nCであり当初の目標値に達している.直線加速器からブースターシンクロトロンへの入射効率およびブースターシンクロトロンでの加速効率はそれぞれ約60%と約40%であり、まだ改善できる可能性がある.ブースターシンクロトロンから蓄積リングへの入射効率は約50%であり、1Hz毎に行われる1回の入射で、約0.4mAづつ蓄積することができている.

Figure 4 は、供用がはじまった 3 月 26 日から 7 月 31 日までのユーザー利用日における稼働率を示している.



5月9日、10日及び5月31日には、電磁石電源の 異常のため稼働率が落ちている。これらと同様のト ラブルは供用開始以前にも発生しており、現在でも 原因がはっきりと特定できていないのであるが、電 源基板のハンダ不良箇所の補修等を行い、5月31日

以降には発生していない.また、稼働率が90%に落ちている日が何日かあるが、これらの多くはダストトラップによるものではないかと考えている.これまでの平均の稼働率は約96%である.

4. まとめ

あいちシンクロトロン光センターは, 3月22日に開所式を行い,3月26日より供用が開始されている.6本のシンクロトロン光ビームラインが建設されており,そのうちの5本のユーザー利用がはじまっている.

1 週間のうち、月曜日は加速器のマシンスタディにあてられ、火曜日から金曜日の10:00から18:30がユーザー利用時間であり、土日は運転を行っていない、供用がはじまった当初よりトップアップ運転が行われている.

供用が開始された 3 月 26 日から 7 月 31 日までの 平均の稼働率は約 96 %である.

参考文献

- [1] http://www.astf-kha.jp/synchrotron/
- [2] http://www.astf-kha.jp/
- [3] N. Yamamoto, et al., Beam commissioning of central japan synchrotron radiation facility. 加速器, 9(4):223-228, 2012.
- [4] N. Yamamoto, et.al.," Present Status of Top-up operation at Aichi SR Storage ring", These Proceedings, SAP023