

## あいち SR 光源加速器の現状

### PRESENT STATUS OF ACCELERATORS OF AICHI SYNCHROTRON RADIATION CENTER

真野篤志 <sup>#A,B</sup>, 高嶋圭史 <sup>A,B</sup>, 保坂将人 <sup>A,B</sup>, 持箸 晃 <sup>A,B</sup>, 石田孝司 <sup>A,B</sup>, 加藤政博 <sup>C</sup>, 山本尚人 <sup>D</sup>, 竹田美和 <sup>B</sup>  
Atsushi Mano <sup>#A,B</sup>, Yoshifumi Takashima <sup>A,B</sup>, Masahito Hosaka <sup>A,B</sup>, Akira Mochihashi <sup>A,B</sup>, Takashi Ishida <sup>A,B</sup>,  
Masahiro Katoh <sup>C</sup>, Naoto Yamamoto <sup>D</sup>, Yoshikazu Takeda <sup>B</sup>

<sup>A)</sup> Synchrotron Radiation Research Center, Nagoya University

<sup>B)</sup> Aichi Synchrotron Radiation Center, ASTF

<sup>C)</sup> Institute for Molecular Science, National Institutes of Natural Sciences

<sup>D)</sup> High Energy Accelerator Research Organization, KEK

#### Abstract

Aichi Synchrotron Radiation Center was built by cooperation of universities, research institutes, Aichi Prefecture, and industries. The facility has been run by Aichi Science & Technology Foundation, with support by industries, universities, and Aichi Prefecture. Public use of the facility was started on March 26, 2013. In the 2015 fiscal year, user beam time increased up to 1,618 shifts (1 shift=4 hours) and two new hard X-ray beamlines were constructed. In this paper, operating status and troubles which occurred in this period are reported.

#### 1. はじめに

あいちシンクロtron光センター(あいち SR)は、愛知県が愛・地球博(2005 年開催)の跡地に整備して来ている研究開発拠点「知の拠点あいち」を構成する地域共同利用施設である。あいち SR は、愛知県からの補助や名古屋大学をはじめとする大学連合からの技術面での支援を受けて公益財団法人科学交流財団が運営を行っている。

2013 年 3 月の開所以降順調に利用を増やしている。ユーザー供用開始から 3 年目の 2015 年度は、全ビームラインを合算したユーザー供用シフト数が前年度の 1,798 シフトから 1,992 シフトに増加した。これは、ユーザー供用日数の増加やビームライン増設による。平均シフト利用率も前年の 78.4%から 81.2%(1,618 シフトの利用)に増加した。

あいち SR の特徴として産業利用に重きを置いた運営をしており、2015 年度は企業の利用が全体の約 70%を占めている。[1]

#### 2. 光源加速器とビームライン

##### 2.1 光源加速器概要

あいち SR の光源構成を Figure 1 に、光源リングの主要パラメータを Table 1 に示す。

あいち SR の光源加速器は、5 T の超伝導偏向電磁石の採用により、1.2 GeV と低い加速エネルギーでありながら、20 keV 越えの硬 X 線を利用可能とすることを特徴としている。また、1.2 GeV のフルエネルギーまで加速可能なブースターシンクロtronを備えており、2013 年のユーザー供用開始時からトップアップ運転を行っている。

もう 1 つの特徴として、初段の直線加速器およびブースターシンクロtronを光源リングの内側に配置すること



Figure 1: Accelerator complex of Aichi SR.

Table 1: Parameters of Aichi SR Storage Ring

Beam Energy	1.2 GeV
Circumference	72.0 m
Beam current	> 300 mA
Lattice Type	Triple Bend
Natural Emittance	53 nm-rad
Normal Bends	1.4 T × 8
Super Bends	5 T × 4
Betatron tunes	(4.73, 3.18)
RF Frequency	499.702 MHz
RF Cavity Voltage	350 kV
Harmonic Number	120
Bunch Filling	110/120
Natural energy spread	$8.4 \times 10^{-4}$
Life Time@(300 mA)	~600min

# a.mano@nusr.nagoya-u.ac.jp

により、全方位へのビームライン設置が可能となっており、高い拡張性を有している。

## 2.2 加速器運転体制

あいち SR の光源加速器の運転は名古屋大学の技術職員が常駐して行い、必要がある場合は名古屋大学の教員が支援に入る体制で行ってきた。さらに昨年度より業務委託先から運転人員の補強を行った。

運転人員は最少となった 2014 年度は名大技術職員 2 名、随時支援教員 2 名の 4 名体制であった。

2015 年度は名大技術職員 2 名、業務委託先の技術者 2 名が常駐し、名大教員 2 名の 6 名体制となった。

2016 年 4 月に名大教員 1 名が新たに着任し、現在は常駐 4 名、随時支援員 3 名の 7 名体制となっている。

## 2.3 ビームライン概要

ビームラインは硬 X 線 XAFS の需要超過が続いている状況に対応すべく 2015 年度に硬 X 線ビームライン 2 本の増設が行われた。

現在は Figure 2 及び以下に挙げる様になっている。

- 硬 X 線(赤文字): 7 本、
- 軟 X 線(青文字): 2 本、
- アンジュレーター(緑文字): 1 本

なお、硬 X 線ビームラインの内 2 本は名古屋大学および企業の専有ビームラインである。

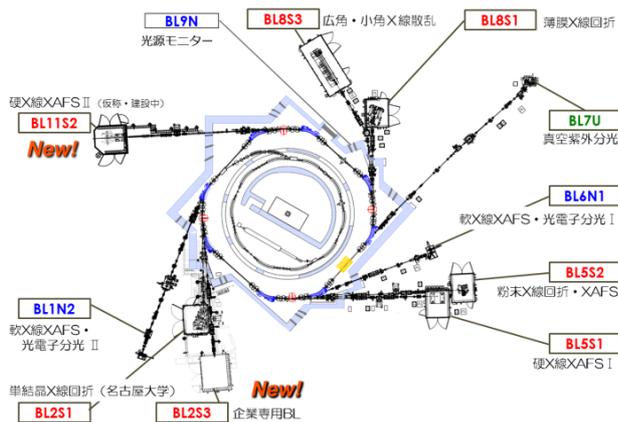


Figure 2: Beam lines of Aichi SR.

## 3. 加速器の状況

あいち SR は月曜日をマシンスタディ等の調整日、火～金曜日をユーザー共用日として運転している。ユーザー共用時間は第一シフトが 9:00~14:00、第二シフトが 14:30~18:30 となっている。トラブル発生時の代替やあふれた利用申し込みに対応するため、臨時に 18:30~22:30 の夜間にユーザー共用を行うことがある。

月曜日は終日マシンスタディとする日と午前をマシンスタディ、午後をビームライン調整とする日に分かれている。

2015 年度のあいち SR の運転状況を Table 2 に示す。

Table 2: Operating Statistics

ユーザー共用運転日数	173 日
終日マシンスタディ日数	26 日
半日マシンスタディ日数	19 日
メンテナンス停止日数	22 日
ユーザー共用運転時間	1586 時間
ダウンタイム	36 時間
稼働率	98%

また、あいち SR のユーザー共用運転開始から 3 年目となる 2015 年度は、定常的な運転を継続できた。しかし、それに影響を与える不具合も散発的な発生が続いている。従来の代表的な不具合としては以下の様になっている。

- 2013 年度:
  - 電磁石電源出力急変現象
  - クライストロン電源のサイラトロンミスファイア連続現象
- 2014 年度:
  - 蓄積電子ビーム寿命急落現象 (ダストトラップと推測)

2015 年度に発生した事象については以下に述べる。

### 3.1 電子銃絶縁トランスのトラッキング放電

2015 年 8 月 25 日 16 時頃より、電子銃の高圧印加部分に AC100V を供給する絶縁トランスの樹脂製碍子において放電が発生するようになり、トップアップ運転の継続が困難となった。当初、電子銃を制御する PLC のエラー以外の警報が出ていなかった為、制御系の不具合であると誤認し、原因究明に時間を要した。結果、復旧に 2 日間を要した。

放電は Figure 3 に示す出力用樹脂製碍子の根元にまかれた金属部(銅板)と中心導体間の貫通放電であると推測されている。

碍子根元の銅板は絶縁トランス製作時に微小放電が発生していた為、電界緩和を目的として追加したものであるが、この銅板により碍子内部に電界が集中し、絶縁耐力を超える箇所ができたことで時間をかけて浸食が発生し、Figure 4 の様なトラッキング放電に至ったと考えられている。

本放電の対策としては、次のようなものを行った。

応急策としては放電の電極となっていた銅板を取り外し、電子銃加速電圧を定格の 100 kV から 70 kV に下げた。これにより一応の安定運転が可能となった。

その後、碍子の外径を大きくし、押さえ金具にフィレット加工を施した改良版絶縁トランスを製作し、2016 年 4 月のメンテナンスにて交換を行った。交換後も安全を見て 70 kV での運転を継続している。

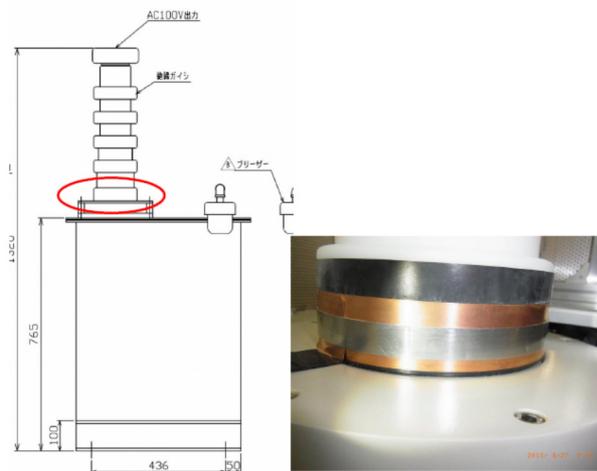


Figure 3: Schematic drawing and photo of the isolation transformer.

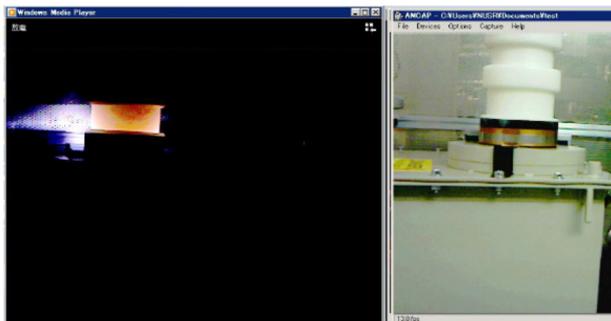


Figure 4: Photos of the discharge.

### 3.2 イオンポンプの大量ガス放出

2015年6月23日よりブースターシンクロトロンにおいてイオンポンプで突然大量のガス放出が発生し、極度真空悪化(10-6Pa→10-1Pa)によってトップアップ入射が一時的にできなくなるという事象が数回発生している。

また、上記事象とは別のイオンポンプにおいては数時間周期で真空が1~2桁程度のスパイク状悪化を繰り返す状態となっている。スパイク状悪化を繰り返すイオンポンプ近傍(光源リング入射セプタム)に質量分析計を取り付けて計測を行ったところ、Figure 5, Figure 6に示すように質量数40のガスにより真空が悪化していることが分かった。あいちSRの光源加速器で用いているイオンポンプは排気速度を優先した為、ダイオード型となっており、アルゴン不安定性が発生しているものと推測されている。現在、イオンポンプの3極管型への交換や高電圧連続放電での内部清浄化といった対策について検討を行っている。

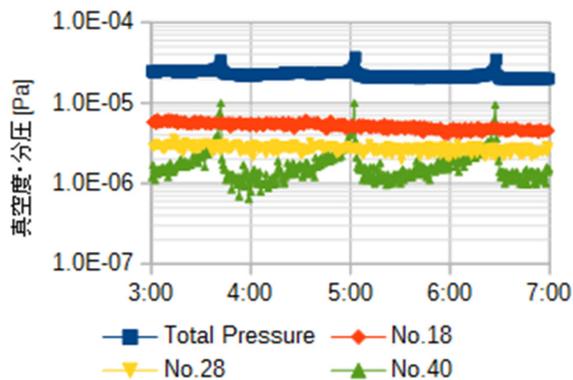


Figure 5: Vacuum pressure of the injection point.

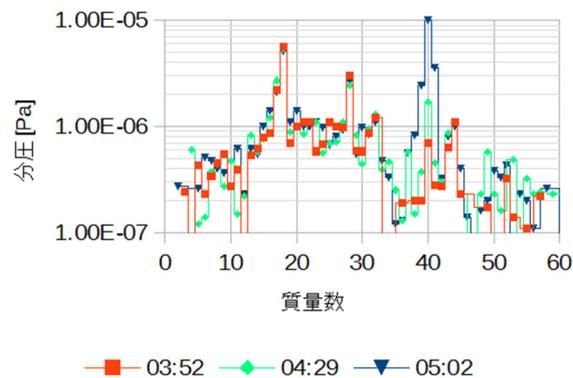


Figure 6: Mass Spectrum of the injection point.

## 4. 加速器の高度化

2015年度に行われたあいちSRの光源加速器高度化としてはパルス六極電磁石の設置がある。(Figure 7)

設置は順調に行われ、従来のキッカー電磁石4台を用いたバンプ入射システムと同等以上の効率で入射が可能であることが確認できた。

しかし、電磁石のヨークやセラミックダクト表面のチタンコーティングで生じる渦電流の影響と思われる磁場の空間分布・時間構造の変化により、蓄積電子ビームに対してキック力が生じる状態となっており、現在、原因追求と調整を行っている [2]。

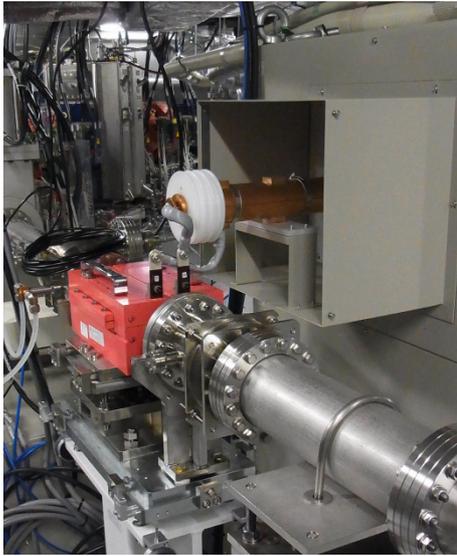


Figure 7: Pulse sextupole magnet.

## 5. その他

超伝導偏向電磁石を用いたあいちSRの加速器設計、  
運転実績、およびその産業への貢献に対して、第 20 回  
超伝導科学技術賞を受賞した。

## 参考文献

- [1] あいちシンクロtron光センター2016 年度所長挨拶  
<http://www.astf-kha.jp/synchrotron/about/greeting.html>
- [2] K. Yamamura *et al.*, “High-speed observation and evaluation  
of the beam fluctuation at injection timing in Aichi SR” in  
this proceedings.