

## あいちシンクロトン光センターの概要と利用案内

科学技術交流財団あいちシンクロトン光センター 竹田 美和\*

Aichi Synchrotron Radiation Center has been open for public use since March 26, 2013. The storage ring is operated at the top-up 1.2 GeV with normal-bend, super-bend, and undulator light sources. Six beam lines for hard X-ray XAFS, soft X-ray XAFS, ultra-soft X-ray XAFS, powder X-ray diffraction, X-ray reflectivity/thin film diffraction, and small angle X-ray scattering are in service. Application procedure and user-friendly measurement equipment and software are newly organized. It is pointed out that coordinators are very important to match the users and beam line technicians for an appropriate and efficient use of each beam line. The improvement of experimental environment and technical level of technicians and researchers is continuing.

**Keywords:** synchrotron radiation, beam line, user-friendly

## 1 はじめに

あいちシンクロトン光センター（以下、あいち SR と略す）は、平成 25 年 3 月 22 日の開所式の後 26 日に供用を開始した。6 本のビームライン（以下、BL）を建設していたが、準備のできたものから順次供用するという方針で、まず 3 本（硬 X 線 XAFS、軟 X 線 XAFS、粉末 X 線回折）の供用から始まり、5 月の連休後には 2 本（X 線反射率／薄膜表面回折、広角・小角散乱）、9 月 25 日に最後の 1 本（真空紫外分光）を供用開始し、全 6 本が揃った。Figure 1 を参照された

い。平成 25 年度中に更に 2 本（軟 X 線 XAFS【図中 BL1N2】と単結晶 X 線回折【図中 BL2S1】）が完成予定で、平成 26 年度中に供用開始予定である。これらのビームラインは、いずれも産業界と学界から利用希望の多いものである。各 BL の名称と特徴を Table 1 にまとめた。本センターは、付加価値の高いモノづくり技術を支援するため、愛知県が愛・地球博跡地に整備を進めてきた「知の拠点あいち」の中核となる地域共同利用施設である。地域の産学行政による連携・協力のもと公益財団法人科学技術交流財団が施設の整備・運営を行っている。この施設は、従来の学術利用中心のシンクロトン光施設とは異なり、産業利用と新規利用を重視して支援体制の充実や使いやすいメニューを提供している。

## 2 建設の経緯と施設の概要

設立の経緯の概要を記す。この施設は、科学技術交流財団の設立当初（平成 6 年）からあった「科学技術交流センター」構想と名古屋大学が平成 15 年度から提案してきた「光科学ナノファクトリー」構想の融合が検討され、愛知県科学技術会議の「知の拠点」中間とりまとめ案に取り入れられた。その中に最先端の計測分析評価装置「シンクロトン利用施設」の整備が盛り込まれた。平成 18 年 11 月のことである。このニュースは全国に広まり、多くのシンクロトン光関係者の間で評判となった。「シンクロトン利用施設」だけに関心が集中したが、知の拠点構想は、シンクロトン光施設だけではなく、高度な計測分析機器を併設し、研究推進室、研究支援室を置いて人材を配置し、共同実験室、インキュベーション施設が同居して次への展開を図るというものである。このうち、シンクロトン光施設以外は、隣接した「あいち産業科学技術総合センター」として愛知県の施設となった。このような総合的・複合的な施設と多数のプロジェクトが「知の拠点あいち」を構成している。

このとりまとめ案を受けて、愛知県は、平成 19 年

Outline and user services of Aichi Synchrotron Radiation Center

Yoshikazu TAKEDA\* (Aichi Science & Technology Foundation, Aichi Synchrotron Radiation Center),

〒489-0965 愛知県瀬戸市南山口町 250 番 3

TEL: 0561-76-8331, FAX: 0561-21-1652,

E-mail: takeda@astf.or.jp

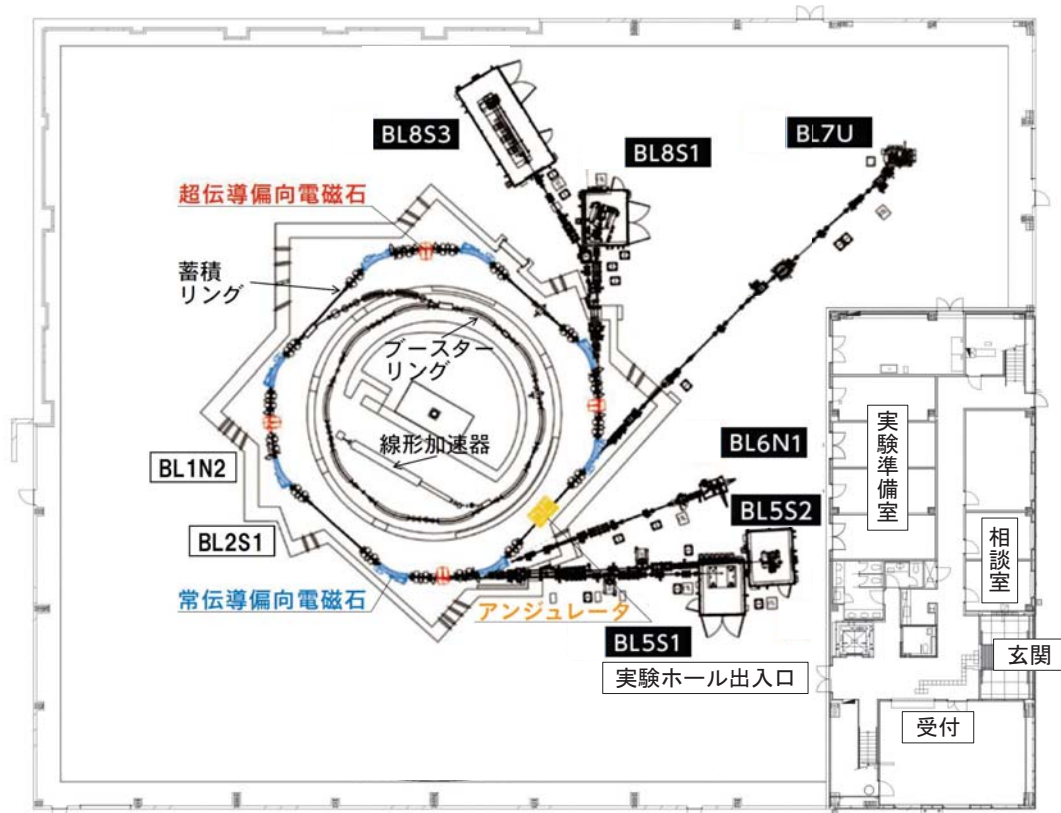


Figure 1. Overview of facility of Aichi Synchrotron Radiation Center.

に基本設計費、20年度予算には整備費を計上した。同年3月には、愛知県と4大学（名古屋大学、名古屋工業大学、豊橋技術科学大学、豊田工業大学）が協力協定を締結し、4月には名古屋大学小型シンクロトロン光研究センターが発足するなど準備は整ったが、折しものリーマンショックで状況待ちとなった。しかし、「知の拠点」に期待する声は大きく、愛知県は平成21年に建設費を計上した。また、産業界からの寄付も募り、多額の繰金は建設費の一部に充当された。同年12月には文部科学省の「地域産学官共同研究拠点整備事業」に採択され、止め置かれていた計画が走り出した。平成22年4月には「知の拠点」の起工式が、8月には「中部シンクロトロン利用施設」（当時の仮称、現あいちSR）の建屋の起工式も行われた。建屋の建設に1年、装置の設置に半年を要し、財団が引き渡しを受けたのが平成24年3月であった。ここから装置群の立ち上げ・調整に入り、7月に蓄積リングでの電子蓄積に成功（First Lightとして発表）、9月には目標の蓄積電流300 mAを達成、10月には放射線施設検査に合格して、供用できる施設として認められ

た。光の安定供給やビームライン・測定機器の調整を行い、平成25年1月から試験的測定を開始し、供用の目処が付いたところで、3月22日に開所式を迎えるに至った。上記のように、文字通り産学官（官には文部科学省と愛知県を含む）の連携により大規模な施設を作り上げた。重厚な産業基盤と学術基盤をもつ東海地区ならではの連携構造である。光源に対しては、コンパクトであるが硬X線も使いたい、という相矛盾する要望であったが、超伝導偏向電磁石と常伝導偏向電磁石を併用することで解決した（Figure 1）。蓄積リングは、周長72 m、蓄積電子のエネルギーは1.2 GeVである。12台の偏向電磁石のうち4台が超伝導電磁石で、硬X線から真空紫外光までカバーし、幅広い用途に応えられる。また、50 MeVの直線加速器と1.2 GeVのブースターシンクロトロンにより、電流値を常に一定に保つトップアップ運転で光を供給できる。Figure 2に我が国の供用8施設の輝度を示す。いずれも偏向電磁石からの光である。青い太線が常伝導電磁石からの光で軟X線用、赤い太線が超伝導電磁石からの光で硬X線用である。あいちSRは、汎用として評価の高い

Table 1. List of beam lines.

ビームライン名		測定手法	光エネルギー範囲 (波長範囲)	光子数 (個/sec)
BL5S1	材料化学状態・構造分析 I	硬 X 線 XAFS	5 keV–20 keV (0.25 nm–0.06 nm)	$1 \times 10^{11}$
BL6N1	材料化学状態・構造分析 II	軟 X 線 XAFS	1.75 keV–6 keV (0.7 nm–0.2 nm)	$7 \times 10^{10}$
BL7U	材料化学状態・構造分析 III	真空紫外分光 軟 X 線 XAFS 光電子分光	30 eV–850 eV (40 nm–1.5 nm)	$1 \times 10^{12}$
BL8S3	有機・高分子材料分析	小角散乱	8.2 keV, 13.9 keV (0.15 nm, 0.09 nm)	$7.7 \times 10^{10}$
BL5S2	総合材料評価 I	X 線回折	5 keV–23 keV (0.25 nm–0.05 nm)	$1 \times 10^{11}$
BL8S1	総合材料評価 II	X 線反射率 蛍光分析	9.5 keV–14.0 keV (0.13 nm–0.09 nm)	$1 \times 10^{11}$

Photon Factory の光と同じエネルギー領域をカバーしている。ちなみに、供用施設としては我が国で 8 番目の施設である。これだけの数のシンクロトロン光施設を有する国は米国と我が国だけである。

### 3 独自の利用制度

産業利用を謳う施設とするため、産業界の要望を多岐にわたって調査した。「コンパクトであるが硬 X 線も利用できる施設」という要望も、その一つである。費用対効果を考えれば当然の要件である。また、当初建設の BL の選定もその結果である。その他の要望は、

- (1) 利用申し込みから利用までの時間短縮、
- (2) 成果占有（非公開）、
- (3) 技術支援、
- (4) 交通の至便性、

が主なものであった。(1) については、年 6 回の利用受付と 1 ヶ月後には利用できる迅速な対応をすることで理解を得た。たとえば、4、5 月の利用受付は 3 月上旬に行い、中旬には利用日を決定し、4 月初日から利用できる。これを行うために、課題の審査はしないこととした。学術利用では新規性や学術基盤の構築などが審査対象となる。実用化には、反復実験や類似実験が極めて重要で、課題審査をしない理由はここにもあ

る。(2) については、企業の場合は、すべて成果占有とした。大学等の公的機関は、成果公開とすることで利用料金を減額し、技術支援や解析支援を行う大学は更に半額とした。(3) の技術支援については、BL 技術者 10 名を配置し、必要な光の調整と測定の支援を行っている。(4) は Figure 4 にあるように公共交通機関の駅前にあり、最も便利な施設と思っている。利用にあたっては、申請の前および利用前に産業利用コーディネータ（6 名）との事前打ち合わせを課している。これは、適切な測定法と利用時間、利用希望日等を把握するためであり、危険物の持ち込みの排除も含まれる。「適切な測定法」がシンクロトロン光ではない場合もあり、隣接するあいち産業科学技術総合センターの高度計測分析機器を紹介することもある。また、場合によっては他施設を紹介することもある。利用者は利用内容に合う特定のコーディネータと組み、利用前から利用終了までフォローしてもらう。必要であれば相談の初期から秘密保持契約を結ぶ。

### 4 利用しやすい環境作り

Figure 3 の利用の流れも、利用しやすい環境作りの一つである。産業利用は、産業全体のレベルアップの意味もあるので、既にシンクロトロン光を利用している企業へはより利便性の高いハードとソフトを提供す

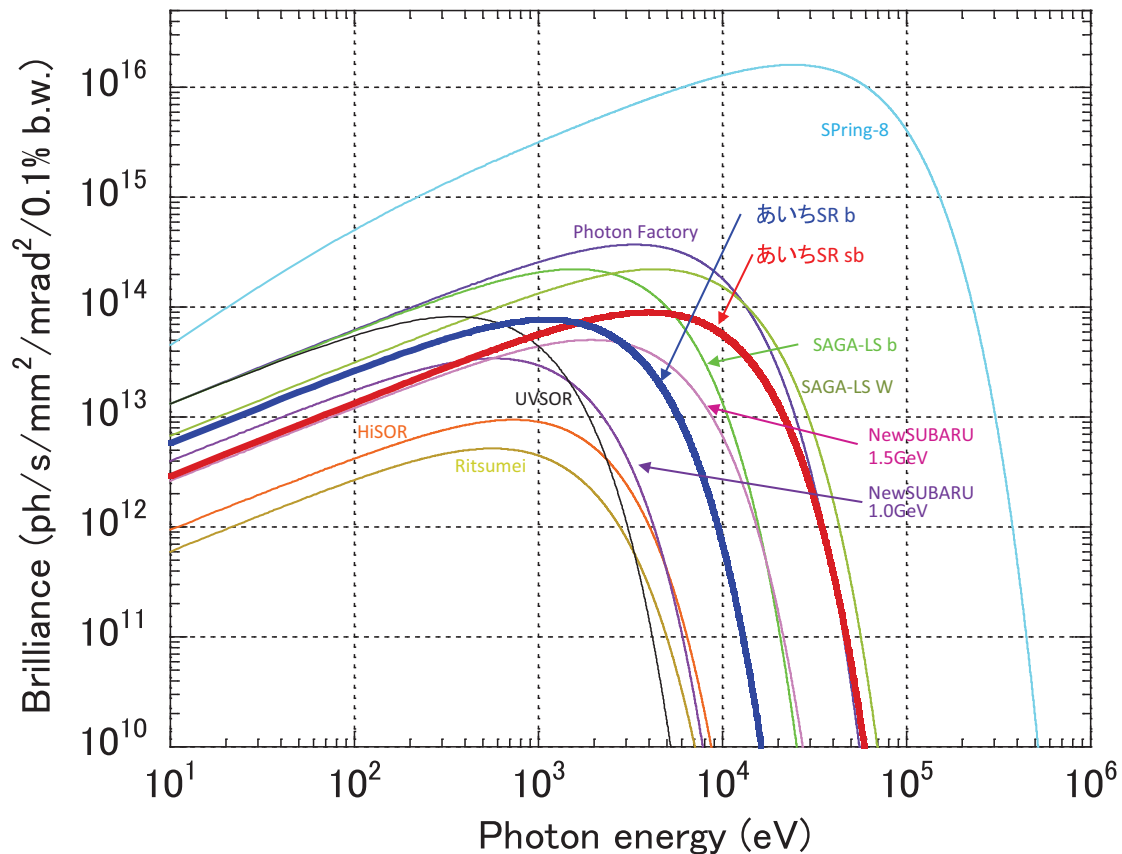


Figure 2. The brilliance of eight public synchrotron facilities in Japan. Blue and red lines show Aichi SR.

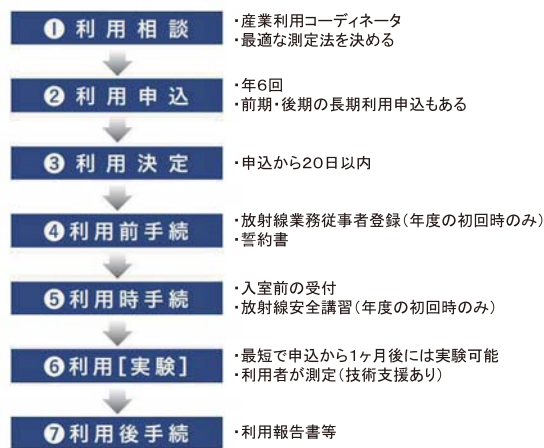


Figure 3. Facility use flow.

ると同時に、新規利用者の開拓やなじみの薄い（しかし、我々の目から見ると利用課題を多く抱えているは

ずの) 中小企業への利用拡大が重要である。これは地域の産業界をよく知っている地方行政にはうってつけである。施設の供用開始前から産業利用コーディネータは、個別企業の訪問から総合的な利用説明会まで、啓発活動に多くの時間を割いた。産業利用と学術利用では、施設の用意すべき測定環境も大きく異なる。学術利用の場合、利用者の研究レベルのアップ、若手人材の育成なども目的であるため、たとえば、施設側ではここまで、利用者はそれに合わせて自ら装置類を工夫・準備する、という関係を主張できる。しかし、産業利用では、時間を含めた費用対効果を考えるので、利用者の施設側への要求は細部にわたる。あいち SR でもそれはわかっていたので、供用開始の時点で、それなりの準備はしたつもりであった。しかし、実際に使ってもらおうと、不足する装置やソフト等が多々出てきた。特に、世界中のシンクロtron光施設を使っているグループは、各所の実験環境をよく知っており、同じレベルの環境整備を望む。あいち SR では、供用開始時から要望事項を指摘してもらったが、実に 61 項





「知の拠点あいち」はJR名古屋駅から直線距離で19km。地下鉄東山線で藤が丘まで。ここで東部丘陵線（リニモ）に乗り換えて陶磁資料館南駅で下車。目前が「知の拠点あいち」。右の写真参照。所要時間約1時間。

2棟の建物の一角が「知の拠点あいち」。右があいちシンクロトロン光センター。左があいち産業科学技術センター。左側の高架が東部丘陵線で最寄りの駅舎が見える。遠景は名古屋市内。

Figure 4. Access to Aichi Synchrotron Radiation Center.

目があがってきた。もともと施設側も考えていたが供用開始に間に合わなかった項目も含まれるが、いずれにしろこれらは早急に「カイゼン」に掛かった。9月末には8割、11月末には2、3件以外は整備できた。BL5S2にXAFS測定機能を増設するというカイゼンもあった。硬X線XAFSの利用率が9月には100%を超える見通しであることがわかっていて、これに対処するには、同じ光学系を持つBL5S2にXAFS機能を加えることと、1日2シフト（1シフトは4時間）の運転を3シフトにするしかなく、装置のカイゼンと運営上のカイゼンを同時に行った。とはいえ、まずは可能な範囲でのサービス提供で運営している。すべてをフルスペックに持っていくには、2-3年は優にかかるBLもあり、当分の間カイゼンは続く。カイゼンの状況はあいちSRのホームページ<sup>1)</sup>に各BLの整備状況として随時掲載してある。

## 5 おわりに

平成25年3月末に供用開始してまだ1年たっていないが、利用率が100%に達するBLも3本となっている。当該地域に要望があるからこそその建設ではあったが、改めて、シンクロトロン光に対する要望の高さを認識した。当初「中部シンクロトロン光利用施設」と仮称していたのは、愛知県だけでなく、少なくとも中部圏で広く使って欲しいという意味もあった。「利

用施設」としたのも、財団ができるのは利用支援まで、という意識もあった。シンクロトロン光施設は、歴史的に世界中で利用し合い、協力もする、という伝統があり、中部圏どころか全国、あるいは外国からも使いに来ることから「中部」と限定せず、施設のある場所を示す方がよいということから「あいち」とし、施設全体を財団が保有しているの、「利用施設」という限定も取り、「あいちシンクロトロン光センター」という単純明快な名称となった。まだまだ、性能向上の課題が多々あり、技術スタッフも事務スタッフも不足している。利用者の要望に応えるには、スタッフ自らの先行的研究も必要である。産学行政の緊密な連携で生まれた本施設を長期間にわたって育てていくには、やはり産学行政の連携で対処していくしかなく、2-3年の運営経験を踏まえて、それぞれの役割をよく考えて積極的に関わることが肝要である。利用の詳細はあいちSRのホームページ<sup>1)</sup>を参照されたい。また、あいち産業技術総合センターは参考文献のURL<sup>2)</sup>を、高度計測分析機器については参考文献のURL<sup>3)</sup>をご覧ください。あいちSRの建設の経緯や施設の詳細は、参考文献<sup>4,5)</sup>をご覧くださいと幸いです。

## 〈参考文献〉

- 1) <http://www.astf-kha.jp/synchrotron/>
- 2) <http://www.aichi-inst.jp/>

- 3) <http://www.astf-kha.jp/mesurement/>
- 4) 高嶋圭史, 加藤政博, 渡邊信久, 保坂将人, 竹田美和, 山根隆, 曾田一雄, 放射光, 21 (2008) 10.
- 5) 竹田美和, 渡邊信久, 高嶋圭史, 加藤政博, 保坂将人, 伊藤孝寛, 山本尚人, 曾田一雄, 桜井郁也, 原 玲丞, 八木伸也, 竹内恒博, 放射光, 22 (2010) 88.