

九州シンクロトロン光研究センターの現状と利用展開について

平井康晴 助佐賀県地域産業支援センター 九州シンクロトロン光研究センター
〒841-0005 佐賀県鳥栖市弥生が丘 8-7

要旨 九州シンクロトロン光研究センターの現状と利用展開について述べる。センターは2006年2月に開所し、現在、産学官のユーザーによる放射光利用が順調に進められている。また、並行して三本のビームライン新設と施設拡充が予定されている。今後、センターが放射光利用を通じた研究開発を支援する先端的地域拠点として機能することが期待される。

1. はじめに

佐賀県立九州シンクロトロン光研究センター（The SAGA Light Source）は地方自治体（佐賀県）が設置した初めての放射光施設（Fig. 1）であり、白色 X 線および40 eV～23 keV の単色 X 線を提供可能な中規模施設として2006年2月に開所した¹⁾。設置の目的は、放射光利用のユーザー支援を通じて、(1)新産業創出と地域産業高度化、(2)多様な産学官連携促進、(3)科学技術分野の人材集積の拠点となることである²⁾。上記の目的に沿った施設の管理運営は、助佐賀県地域産業支援センターが地方自治体に基づく指定管理者となって県と協定を結んで進めている。やや紛らわしいが、筆者の所属する「九州シンクロトロン光研究センター（The Kyushu Synchrotron Light Research Center）」は、助佐賀県地域産業支援センター内において実際に施設の管理運営を担当する部門の名称である。

センターの組織は、現在、上坪宏道所長の下に、副所長（技術、事務各1名）、加速器グループ、ビームライング

ループ、利用・企画グループ、経営グループ、及び安全管理室で構成されており、ユーザーにとって使い易く、機密保持にも配慮した安心・安全な利用環境を実現するように努めている。

センターの建屋は Fig. 2 に示すように実験・研究棟と宿



Fig. 1 Building façade of the SAGA Light Source¹⁾.

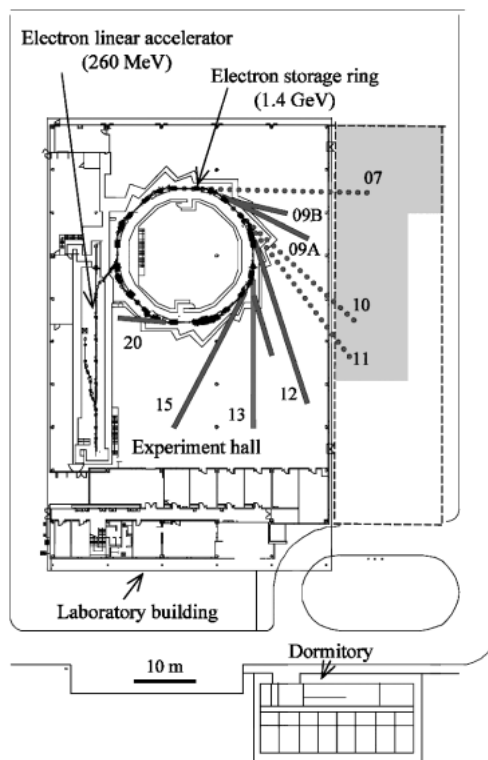


Fig. 2 Plan view of the SAGA Light Source¹⁾. The laboratory building will be enlarged to hold more beamlines and offices as shown by the area enclosed with broken lines. The extended area of the experiment hall is indicated by hatching.

泊棟（18個室）の二棟から成り何れも二階建てである。実験・研究棟の一階は加速器収納部、実験ホール、実験準備室、化学実験室、事務室、二階はスタッフ居室、セミナー室、会議室、談話室などが配置されている。次に、センターの現状と利用展開を述べる。

2. 加速器と運転状況

2.1 加速器について

光源加速器は1.4 GeV 電子蓄積リングであり、リングへの電子入射は260 MeV 電子線型加速器を用いる³⁾。電子線型加速器（Fig. 3(a)）の仕様を Table 1 に示す。加速管の周波数は S-band（2856 MHz）であり、毎秒 1 回 0.2 μ s の電子パルス（マクロパルス）を電子蓄積リングに入射する。1 マクロパルスあたりの電荷量は 10 nC 程度である。電子蓄積リングに入射された電子パルスは、現状、260 MeV、100 mA（定格 300 mA）で蓄積し、その後リング内加速により 1.4 GeV まで殆どビームロスすることなく加速した後貯蔵する。グローバル COD（Closed Orbital Distortion の略）の補正精度は、規準軌道に対し 20 μ m 以内である。ビームポジションモニタの原点は、4 極電磁石磁場中心に対し、ビームベースに校正している。一連の入射・貯蔵プロセスに要する時間は概ね 10 分である。電子蓄積リング（Fig. 3(b)）の仕様を Table 1 にまとめて示す。ビームエミッタンスはおよそ 25 nm \cdot rad であり、所謂、第三世代光源の範疇に属する。周長約 75.6 m の電子蓄積リングは 8 回対称のダブルバンド型のラティスで構成され、16 台の偏向電磁石、40 台の 4 極電磁石、32 台の 6 極電磁石が配置されている。6 極電磁石には水平垂直ステアリング機能が内蔵されている。ステアリング電磁石の一部を除く電磁石は全て積層鋼板の接着タイプであり、コンパクトな電磁石配置を実現している。入射点と RF 空洞を除く 6 箇所直線部に挿入光源の設置が可能である。直線部の長さは約 2.5 m であり、複数のアンジュレータとウイグラーを設置可能である。なお、偏向電磁石から放射される放射光の臨界エネルギーは 1.9 keV である。偏向電磁石に挟まれた真空ダクトには、実験ホールに放射光を導くためのビームポート（ビームラインとの接続フランジ）が合計 20 箇所設けられている。また、リング室内でビームモニターを行うためのビームポートが別に 1 箇所設けられている。光源の安定性は良好であり、長期シャットダウン後の立上も容易に行うことが可能となっている。また、2007 年 4 月、佐賀大学の専用ビームライン用光源として、水平直線偏光タイプのアンジュレータがリングにインストールされ、運用が開始されている。現在、光源装置はバンチ長モニタなどビームプロファイルモニタ系の整備の他、大電流化に向けたスタディを行っており、今秋の長期シャットダウン中に新規セプトム電磁石のインストールを予定している。

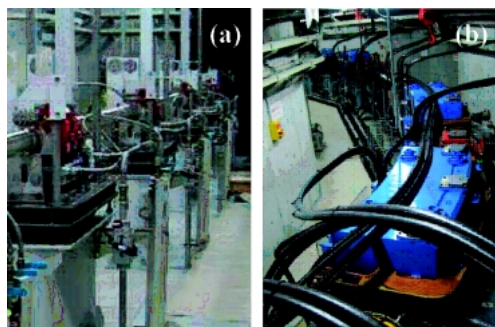


Fig. 3 Photographs of accelerators¹⁾. (a) Electron linear accelerator (260 MeV). (b) Electron storage ring (1.4 GeV).

Table 1 Designed parameters of the SAGA Light Source

Electron linear accelerator (injector)	
Energy	260 MeV
Length	30 m
Repetition rate	1 Hz
Pulse duration	0.2 μ s
RF frequency	2856 MHz
Electron storage ring	
Energy	1.4 GeV
Stored current	300 mA (100 mA at present)
Circumference	75.6 m
Life time	15 hrs@100 mA
Natural emittance	25 nm \cdot rad
Bending field	1.46 T
Critical energy	1.9 keV
Radiation loss	106 keV
Harmonic number	126
RF frequency	499.8 MHz
Momentum compaction	0.0134
Energy spread	6.7×10^{-4}

2.2 運転状況

一週間の運転状況は、月曜日が加速器スタディ、火曜日から金曜日がユーザー運転、土曜日と日曜日は休止となっている。ユーザー運転時間は一日 10 時間（10：00～15：00と 16：00～21：00）であり、電子の蓄積寿命は約 15 時間で一日 2 回入射を行っている（加速器運転前と 15：00～16：00 の各時間帯に行く。入射所要時間は短いため、15：00 の入射完了後は 16：00 までポーナスタイム）。今後、徐々に定格電流運転に近づく予定であり、蓄積寿命が短くなると予測されるため、原則 2 回入射の運転パターンを続ける予定である。24 時間運転を行っていないのはスタッフ数と運転経費の制約による。

また、年間のユーザー運転日数は当面 150 日（1500 時間）程度であるが、夏期も運転を行っている点に特徴がある（但し、お盆の 1 週間は休止）。これは、国内の放射光施設のほとんどが夏期にシャットダウンに入ることを考慮

し、ユーザーによる計画的な利用に資することを目的とした措置である。

3. 既設ビームラインと利用例について

前章で述べた20箇所のビームポートには、偏向磁石ビームライン13本、挿入光源ビームライン6本、逆コンプトン散乱実験用ビームライン1本（将来計画）を接続することが出来る。これらのうち、既設、および設計中のビームラインの仕様を **Table 2** に示す。また、実験ホールの様子を **Fig. 4** に示す。現在、4本の県有ビームライン（BL09⁴⁾、BL12⁵⁾、BL15⁶⁾、BL20）と1本の専用ビームライン（BL137）、佐賀大学）が設置されている。BL20は加速器グループ専用のビームモニター用ビームラインである（リング室内での光源モニター用ビームラインとあわせて2本設置されている）。また、今年度からさらに3本の県有ビームライン（BL07、BL10、BL11）を順次新設する予定である（**Table 2**）。

3本のビームライン新設と同期して、**Fig. 2**の点線部分に示すように実験・研究棟の増築が予定されている。増築には、**Fig. 2**のハッチング領域で示すように実験ホールの拡張も含まれ、3本の新設ビームラインはその拡張部分に展開することを予定している。拡張部分は、現在の実験・研究棟の壁面を撤去し一体とする予定である。

次に、既設の県有ビームライン3本と利用例を紹介する。それらの詳細は2007年3月20日に行った九州シンクロtron光研究センターの開所1周年を記念する「平成18年度研究成果報告会 実施報告書」に掲載されている。

3.1 ビームライン BL09

偏向電磁石を光源とするビームラインであり、BL09A

とBL09Bの二本の分岐ラインから成る⁴⁾。BL09Aは白色ライン、BL09Bは極紫外光（Extreme Ultraviolet Light、略してEUV）ラインである。二本の分岐ラインは同時使用が可能である。白色ラインは、LIGA（Lithographie Galvanoformung Abformung）プロセスなどの微細加工法において、放射光照射のために用いられる。白色ビームは、偏向電磁石から放射される光を厚さ200 μm の二枚のBe板を透過させて得られ、ピーク強度を与える光子エネルギーは約4 keVである。このラインには試料ステージを搭載した露光チャンバを設置し、チャンバ内は真空雰囲気またはヘリウムガスで置換出来る。照射面積は50 mm（水平） \times 10 mm（垂直）程度であり、これは、発光点から試料照射面までの距離（約11.5 m）で決まっている。上記の条件下で、LIGAプロセスを用いてサブミクロメートルの深さまでレジストにパターニング出来ることが確認され、羽賀等により微小歯車が製作された⁸⁾。

極紫外光ラインは、瀬谷・波岡型回折格子単色器で単色

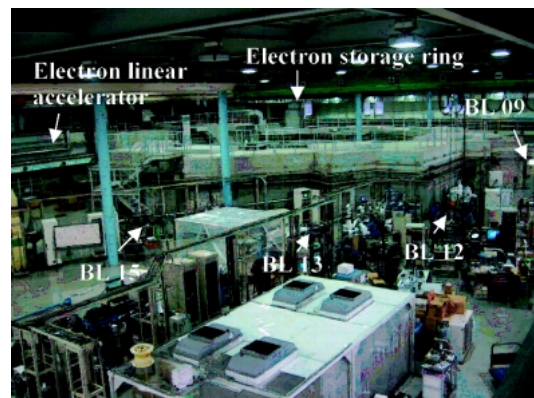


Fig. 4 Overview of the experiment hall¹⁾.

Table 2 Beamlines at the SAGA Light Source

Beamline	Source ^{a)}	Monochromator	Photon energy	Main experiments	Category ^{b)}	Status ^{c)}
BL07	W	Double crystal	5 keV–35 keV	XRD, XAFS, etc.	Pref.	P
BL09A	BM	None	White beam	LIGA process	Pref.	O
BL09B	"	Seya-Namioka	10 eV–50 eV	Photochemistry	Pref.	O
BL10	U	VLS-PGM ^{d)}	30 eV–1200 eV	PEEM, ARPES, etc.	Pref.	P
BL11	BM	Double crystal	1.75 keV–23 keV	XAFS, SAXS, etc.	Pref.	P
BL12	BM	VLS-PGM ^{d)}	40 eV–1500 eV	XPS, XAFS, etc.	Pref.	O
BL13	U	VLS-PGM ^{d)}	15 eV–600 eV	ARPES, etc.	Saga U.	O
BL15	BM	Double crystal	2.1 keV–23 keV	XAFS, XRD, Imaging	Pref.	O
BL20	BM	None	Visible light	Beam monitor	Pref.	O

a) Source: W, wiggler; BM, bending magnet; U, undulator.

b) Category: Pref., beamline by Saga Prefecture; Saga U., contract beamline by Saga University.

c) Status: P, being planned; O, currently operated.

d) VLS-PGM: Varied-line-spacing plane grating monochromator.

化した10 eV~50 eVの放射光をハッチに導入し、光化学反応に関する実験が可能である。

3.2 ビームライン BL12

偏向電磁石を光源とする軟X線ビームライン⁵⁾であり、刻線密度600本/mmの不等間隔溝平面回折格子を搭載した単色器 (Varied-Line-Spacing Plane Grating Monochromator, 略してVLS-PGM) により、40 eV~1500 eVの軟X線を得ることが出来る。エネルギー分解能 $E/\Delta E$ は400 eVで約2000、光子数は 4×10^9 photons/s程度である。実験ステーションは光電子分光装置と軟X線吸収分光装置 (XAFS装置) から成る。光電子分光装置 (電子エネルギーアナライザはULVAC Phi社製 Model 1-1600C) は5軸試料ステージと試料加熱/冷却機構 (-110°C~800°C)、及び試料導入機構を備えている。軟X線XAFS測定装置は、全電子/部分電子収量測定や試料電流測定が可能であり、軽元素のK吸収端、遷移金属元素のL吸収端、希土類金属元素のM吸収端でのXAFSスペクトルを得ることが出来る。この測定法でプローブ出来る試料深さは二次電子の脱出深さで決まり表面から数nmのオーダーである。そこで、バルク内部の情報が見られる蛍光X線収量法の整備も進めている。ユーザーによる具体的な利用例として、有機電子デバイスの開発に関連した有機単分子膜 (0.5 nm~2.5 nm厚さ) の炭素K吸収端でのEXAFS測定、角度分解XANES測定が加藤等により試みられ、有効性が確認されている⁹⁾。また、Mg-K、Al-K吸収端でのXANES測定も可能である。今後は、水素や希ガスの励起・吸収・脱離状態を調べるためにイオン・電子同時測定法の開発も進めていく予定である。

3.3 ビームライン BL15

偏向電磁石を光源とするX線ビームライン⁶⁾であり、二枚のSi単結晶を搭載した二結晶単色器により111反射を用いて2.1 keV~23 keVの単色X線を得ることが出来る。特に、2.1 keV~14 keVでは前置集光ミラーを用いて高フラックスX線を得ることが出来る。ピーク強度時の光子エネルギーはおおよそ5 keV、光子数は 10^{11} photons/sのオーダーである。本ビームラインの特徴は、高エネルギーX線のバックグラウンド (高次光) の影響を殆ど無視できること、第一結晶への熱負荷が小さくイメージング測定に適した均一な強度分布のビーム断面が得られること等である。利用実験のメニューは(1)XAFS測定、(2)X線回折測定 (面直, 面内)、(3)イメージング、(4)蛍光X線分析、(5)X線小角散乱測定、(6)X線反射率測定、等である。

ここでは、(1)~(3)の測定法と利用例を紹介するが、(4)の蛍光X線分析は微量元素の高S/N測定、(5)のX線小角散乱測定は数十nmから数百nmのナノ粒子径分布などの測定、(6)のX線反射率測定は膜構造や密度に関する標準的な測定 (ダイナミックレンジ7桁程度) が可能であり、

ユーザー利用がスタートしている。

(1) XAFS測定

現在、CaからPdまでのEXAFS測定が可能である。検出器はイオンチェンバー、ライト検出器、高効率のSiマルチカソードX線検出器 (蛍光X線検出器) を準備し、透過法、電子収量法、蛍光法などの手法が利用できる。XAFS測定は、産業利用を中心としてセンターで最も利用頻度の高い測定法となっている。利用例として、(イ)電子部品や構造部品に用いられるセラミックス材料の機能特性や信頼性の向上を目指した局所構造解析、(ロ)佐賀県窯業技術センターの勝木等とセンターが連携して進めている陶磁器顔料の発色状態と着目元素周りの局所構造との相関解析¹⁰⁾、などがある。

(イ)のセラミックス材料の構造解析例として、安川等による (Ba, Ca)TiO₃ のXAFS測定¹¹⁾について紹介する。この材料はBaTiO₃をベースとし、一部をCaで置換したものであり、小型化・高容量化が進む積層セラミックスコンデンサの誘電体材料として、誘電特性と信頼性の向上を目指した材料設計が進められている。Caの置換量を変えると上記の特性が変化するが、ここでは材料特性の理解を深めるためにCaがFig. 5に示すBaTiO₃の結晶構造においてBa (Aサイト) またはTi (Bサイト) の何れと置換するかを検討した。Fig. 6(a)にCa K吸収端でのXANES測定結果を示す。試料はBaの一部がCaで置換されたと仮定した場合、Ba_{1-x}Ca_xTiO₃の化学式でx=0.05の置換量に相当する。次に、Fig. 5でCaがBaまたはTiと置換すると仮定した場合のXANESスペクトルの第一原理計算結果をFig. 6(b), (c)に示す。測定結果はBa (Aサイト) がCaで置換されると仮定した計算結果と良い一致を示す。このような知見を積み上げることで材料特性向上の指針を得ることができると期待される。

(2) X線回折測定

X線回折装置は ω , 2θ , χ , ϕ , α (ステージ回転) の5軸を有する多軸回折計である。検出器はNaIシンチレーションカウンター、イメージングプレートである。利用例として、ハードディスク用GMRセンサ (Giant Magnetic

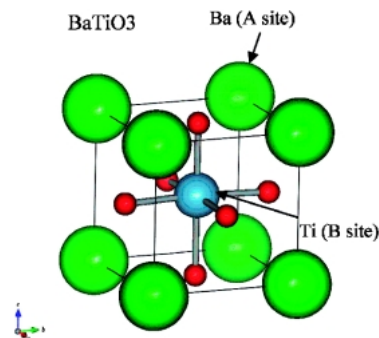


Fig. 5 Unit cell structure of BaTiO₃. Green, blue, and red spheres are Ba (A site), Ti (B site), and O atoms, respectively¹¹⁾.

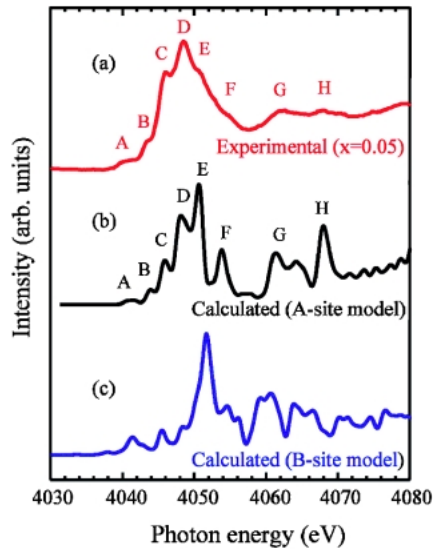


Fig. 6 XANES spectra of $Ba_{1-x}Ca_xTiO_3$ at Ca K-edge¹¹⁾. (a) Experimental result for $x=0.05$. (b) Calculated result using A-site model. (c) Calculated result using B-site model.

Resistance の略。2007年度ノーベル物理学賞は GMR の発見に対して授与された) の高感度化と微細化に必須な加工プロセス最適化を目的とした加工ダメージ評価に関する上田等の研究¹²⁾を紹介する。GMR センサーの心臓部である磁性多層膜は nm 厚さの組成の異なる層を重ねた膜であり、その中でも PtMn 反強磁性層の構造と組成はセンサーの磁気特性を左右する。実際、センサーの加工プロセスに使われる Ar^+ イオンビームエッチングは反強磁性層に加工ダメージを与え、磁気特性の劣化が懸念される。そこで Ar^+ イオンビームでエッチング加工した PtMn 反強磁性層 (25 nm) の加工歪による表面からの構造変化を、斜入射面内 X 線回折法により測定した。X 線エネルギーは 8 keV である。試料膜面への斜入射角度を 0.15° から 0.7° まで変えながら面内回折ピークを測定した。その結果、Fig. 7 に示すように表面から深さ方向に結晶構造の変化 (fcc 構造 \rightarrow $L1_0$ 構造) が検出され、加工歪の深さは 7 nm 程度、エッチングで形成された fcc 構造の不規則相は 2 nm 程度であることが判った。この測定結果に基づいて加工歪の少ない Ar^+ イオンビームの照射条件を割り出し、プロセスにフィードバックすることが出来た。

(3) イメージング

X 線イメージングは、試料中を透過する X 線の吸収コントラストを測定する方法と、試料中で生じた X 線の位相のずれを測定する方法に大別できる。後者は軽元素で構成される生体軟部組織や高分子材料などの観察に適し、前者より 2~3 桁高感度である。また、強度が強く平行性の良い放射光はプローブとして最適である。試料中で生じた X 線の位相のずれを検出するイメージング法の一つに回折強調法 (Diffraction Enhanced Imaging, 略して DEI)^{13,14)}がある。この方法は、大きな断面を持つ平行 X

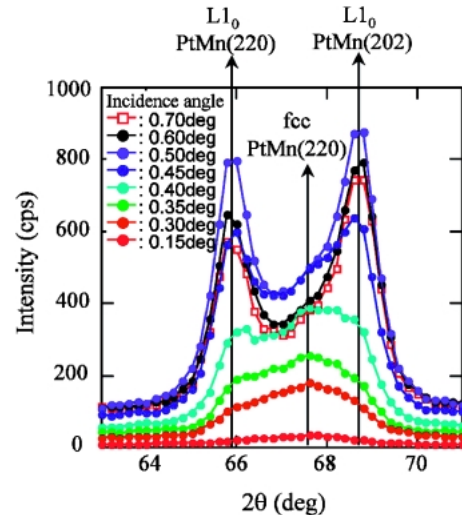


Fig. 7 In-plane diffraction peaks for grazing incidence angles from 0.15 to 0.7 degree¹²⁾.

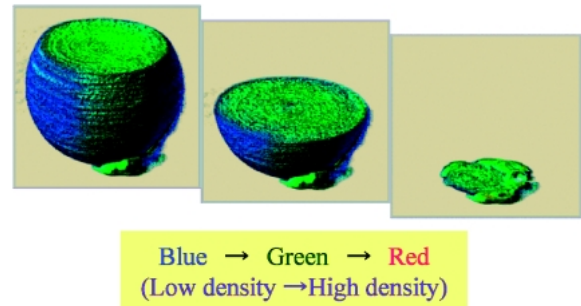


Fig. 8 Three-dimensional images of a sphere 3 mm in diameter made of polypropylene (PP). Images are shown at various cross sections. Blue areas indicate low-density regions and red areas indicate high-density regions¹⁶⁾.

線ビームを試料に照射し、試料を透過して屈折をおこした X 線ビームの角度変化分布 (ビーム断面内での平行ビームからのズレ分布) を、角度アナライザーとして機能する Si 単結晶を用いて二次元的に検出する。検出信号は Si 単結晶からの回折ビーム強度であり、測定には CCD 二次元検出器を用いる。X 線ビームの角度変化分布はビーム断面内の位相勾配 (密度勾配) に比例するので、角度変化分布を二次元面内の一方向に線積分して位相 (密度) の二次元分布を得ることが出来る¹⁵⁾。試料を光軸に直交する軸の周りで回転して複数の二次元像を測定し、三次元像 (CT 像: Computed Tomography) を再構成することも可能である¹⁵⁾。本方法はアナライザ結晶などの光学素子による X 線の吸収損失を殆ど無視できるので、偏向電磁石ビームラインでも実用レベルのイメージング法として使用出来る。センターでは企業との共同研究の一つとして回折強調イメージング法を立ち上げたので米山等による実験結果を紹介する¹⁶⁾。Fig. 8 に本方法で測定したポリプロピレン球 (直径約 3 mm) の三次元像 (CT 像) を示す。画像

の色調は密度分布に比例している。観察視野は15 mm (水平)×5 mm (垂直)であり、Si(220)非対称結晶で照射ビームの縦方向サイズを拡大した。屈折角の検出はSi(220)対称結晶で行い、回折ビーム強度を二次元検出器で測定した。X線エネルギーは13.75 keV、測定時間は約4時間、空間分解能は50 μmである。測定条件の最適化、高速画像検出器の導入により測定時間の短縮を図り、実用レベルの観察を進める予定である。

4. 新設ビームラインについて

Table 2 に示した様に、佐賀県予算で今後3本の県有ビームラインの新設を予定している。各々について簡単に紹介する。

4.1 ビームライン BL10

APPLE II タイプの可変偏光アンジュレータを光源とするビームライン¹⁷⁾であり、2007年度から製作が開始される。アンジュレータは、磁石周期長72 mm、周期数28であり、水平、垂直、楕円、及び円偏光を得ることが出来る。本ビームラインは、次節で述べるビームラインBL11と同一のリング遮蔽壁面から実験ホールに放射光を取り出すため、両ビームラインの基幹部はほぼ一体として設置される。また、前置偏向鏡でビームをBL-9側に4°振る予定のため、BL-11の輸送部やハッチ等の機器との干渉を避け得る配置になっている。単色器はVLS-PGMタイプであり、光子エネルギー範囲は30 eV~1200 eV (7次光までの利用)を想定している。実験ステーションは、光電子顕微鏡 (Photoemission Electron Microscopy, 略してPEEM)、および角度分解光電子分光装置 (Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy, 略してARPES) をタンデムに接続する予定である。また、ステーションの終端に持ち込み装置の接続を可能とすることも検討している。

4.2 ビームライン BL11

偏向電磁石を光源とするビームラインであり、BL15のビームタイムが逼迫する状況となっているため、その実験メニューのうち主にXAFSとX線小角散乱実験に供することを目的に新設する。BL10と同期して2007年度から製作が開始される。

単色器はInSb単結晶の111反射およびSi単結晶の111反射を用いる二結晶タイプを予定しており、光子エネルギー範囲は1.75 keV~23 keVである。実験ハッチはタンデムに2箇所設ける予定である。上流ハッチは単色器からの高エネルギーX線を集光ミラーなしで試料に照射し、下流ハッチは低エネルギーX線を集光ミラーで集めて試料に照射してXAFS実験等を行う予定である。また、反応ガスを使うin situ実験などに対応できるようにガス供給・除外設備の設置も検討している。

4.3 ビームライン BL07

超伝導ウイグラーを光源とするビームラインであり、BL07として2008年度から製作開始の予定である。超伝導ウイグラーの磁場強度は検討中であるが、一例として磁場強度が5 Tの場合、光子エネルギー範囲は5 keV~35 keVである。利用に関しては、X線回折 (例えば蛋白質結晶構造解析)、中重元素のXAFS、イメージングなどの手法を供することを計画している。

5. 利用について

2006年度はセンター運用の初年度でもあり、トライアルユース (無料、成果公開) により多数の産学官ユーザーに使って頂くこととした。また、企業による一般利用 (有料、成果非公開) や共同研究も行われた。利用状況は、企業利用が50%以上、大学の利用は約40%である。利用分野は材料分野が約70%で、他に微細加工、環境、バイオ関係などであった。測定方法は、X線領域では主にXAFS法が用いられ、他にX線回折法 (面内、面直)、蛍光X線分析法、イメージング法、X線小角散乱法などが用いられた。また、軟X線領域では、XAFS法とX線光電子分光法であった。軟X線の利用は2006年12月からスタートしたが、軽元素XAFSのニーズが多く、3.2で述べたように一層の整備を進めている。2006年度の研究成果を公開するため、2007年3月に鳥栖市内で初めての研究成果報告会を開催した (報告書の入手方法はホームページ²⁾参照)。

ユーザー利用は、

- (1) 一般利用 (産学官によらず成果非公開、料金¥20,000/時間、但し2007年度は半額)、
- (2) 公共等利用 (学官、成果公開、料金¥9,000/時間、但し2007年度は半額)、
- (3) ナノテク利用 (産学官、成果公開、無料)、

を柱として進めている。ナノテク利用は、2007年度から5年間の予定で実施される文部科学省のナノテクノロジー・ネットワーク事業において、「九州地区ナノテクノロジー・拠点ネットワーク」(中核機関:九州大学)を構成する連携機関の一つとして、事業を受託して進めている。ナノテク利用と公共等利用は、外部評価委員に課題評価をお願いし、それに基づいてセンターが課題採択を行なっている。

今後、ユーザー利用の一層の展開と充実を図るためには、利用技術の高度化と新しい着想に基いた測定法の開拓が必要である。その意味で、ユーザー利用に資するX線~軟X線計測技術の試験研究を推進すると同時に、地域産業に資する課題と結びついた利用技術の先行的研究を進める予定である。

6. おわりに

冒頭に述べたように、当センターは(1)新産業創出と地域産業高度化、(2)多様な産学官連携促進、(3)科学技術分野の人材集積、の拠点となることを目指している。具体的には、電子デバイス、ストレージ、ディスプレイ、電池、触媒、機能性材料、通信、バイオメディカル、食品、などの産業分野、新機能発現をもたらす新物質の探索などの学術分野を視野に入れた利用支援を進めている¹⁸⁾。既設の放射光施設に於いても、上記の分野を含む産業分野、或いはさまざまな学術分野での利用支援が進められている。このことは、放射光施設が、文献19)に述べられているように、「社会のインフラストラクチャ」の地位を占めつつあることの査証とも考えられる。さらに、広範囲な利用分野と関連して世界の放射光施設の数は面白い分布を示している¹⁸⁾。世界中の放射光施設の数は約50箇所（自由電子レーザー関連施設を入れると約60箇所）であるが、そのうち米国と日本に併せて約40%の施設が集中している。この比率は、世界のGDP（Gross Domestic Product、国内総生産）のうち日米が占める割合とほぼ一致している。さらに、経済発展の著しいBRIC'sと日本のGDPは遂に並んだが、施設数もほぼ同数である。GDPは国の経済力（競争力）の指標であり、社会的経済基盤を形成する「インフラストラクチャ」の固定費的な維持経費を賄う力を示すものでもある。従って、上記のGDPと施設数の関係から、放射光施設が国の競争力と相関があり、「インフラストラクチャ」であると捉えることは的を射ているであろう。一方、経済停滞が生じると維持コストが財政等に押し掛かるため、インフラ整備に逆風が吹くことは否定できない。先を見た競争力の強化・維持を行うことが重要となる所以である。九州では日本の基幹産業を担う企業の集積が進み、アジア経済圏の一つの核として発展しつつある。とくにグローバル化の流れの中で、製品を組立てる企業は言うに及ばず、部品や材料を供給する企業も必然的にワールドワイドな環境下での活動を迫られている。中長期的には、企業の研究開発部門の集積と産学官の連携により競争力のある技術を開発し、持続的な発展を見込める経済・文化圏に脱皮して行くと期待される。このようなプロセスとゴールにセンターがいささかでも貢献できればと願っている。

参考文献

- 1) 上坪宏道：九州シンクロtron光研究センター年報2004-2005（九州シンクロtron光研究センター、2007）2；森満：放射線と産業 111, 50（2006）；同左 108, 55（2005）。
- 2) ホームページを参照：<http://www.saga-ls.jp>
- 3) 江田 茂，他：平成18年度研究成果報告会実施報告書（九州シンクロtron光研究センター、2007）6；T. Tomimasu et al.: AIP Conf. Proc. 879 (SRI2006 Proceedings), 184 (2007); K. Yoshida et al.: ibid 879, 179 (2007)。
- 4) 吉村大介，他：平成18年度研究成果報告会実施報告書（九州シンクロtron光研究センター、2007）127；T. Tanaka et al.: AIP Conf. Proc. 879, 559 (2007)。
- 5) 瀬戸山寛之，他：平成18年度研究成果報告会実施報告書（九州シンクロtron光研究センター、2007）132；M. Kamada et al.: AIP Conf. Proc. 879, 623 (2007)。
- 6) T. Okajima et al.: AIP Conf. Proc. 879, 820 (2007)。
- 7) K. Takahashi et al.: AIP Conf. Proc. 879, 1218 (2007); Activity Report of Synchrotron Light Application Center, Saga University 2003-2004, 26 (2005)。
- 8) 羽賀 剛：平成18年度研究成果報告会実施報告書（九州シンクロtron光研究センター、2007）47；日高昌則，他：同上 76。
- 9) 加藤拓司，他：同上 90。
- 10) 勝木宏昭，他：同上 26。
- 11) 安川勝正，他：同上 34。
- 12) 上田和浩，他：同上 55。
- 13) V. A. Somenkov et al.: Sov. Phys. Tech. Phys. 36, 1309 (1991)。
- 14) T. J. Davis et al.: Nature 373, 595 (1995)。
- 15) 百生 敦：日本国特許出願番号 H08-2048 (1996)，米国特許登録番号5715291，等。
- 16) 米山明男，他：平成18年度研究成果報告会実施報告書（九州シンクロtron光研究センター、2007）61。
- 17) 吉村大介，他：同上 156。
- 18) 平井康晴：インフォ SAGA 47, 4 (2007.01)。
- 19) 上坪宏道：日経サイエンス3月号，1 (2007.03)；放射光 20, 3 (2006)。

● 著者紹介 ●



平井康晴

佐賀県地域産業支援センター九州シンクロtron光研究センター副所長

E-mail: hirai@saga-ls.jp

専門：固体物理、量子ビーム物理

【略歴】

1978年3月東京大学大学院工学系博士課程終了 工学博士

同年4月(株)日立製作所中央研究所入社、2006年6月(株)日立製作所基礎研究所退社、同年7月より現職。

Present status and future development of the SAGA Light Source

Yasuharu HIRAI Saga Prefectural Regional Industry Support Center Kyushu Synchrotron Light Research Center 8-7 Yayoigaoka, Tosu, Saga 841-0005, Japan

Abstract Present status and future development of the SAGA Light Source were described. The dedication of the SAGA Light Source was performed in February 2006, and has been open to industry, government, and academia users in the field of synchrotron radiation application. Also, new three beamlines will be installed in parallel with an expansion of the facility building. It is expected that the SAGA Light Source will serve an excellent function for advanced research and development in Kyushu.
