

## STATUS OF SR FACILITY SAGA-LS

Shigeru Koda<sup>1,A)</sup>, Yoshitaka Iwasaki<sup>A)</sup>, Yuichi Takabayashi<sup>A)</sup>, Katuhide Yoshida<sup>A)</sup>,  
Takio Tomimasu<sup>A)</sup>, Hideaki Ohgaki<sup>B)</sup>

<sup>A)</sup>Saga Light Source 8-7 Yoyoigaoka, Tosu, Saga 841-0005

<sup>B)</sup>Institute of Advanced Energy, Kyoto University, Uji, Kyoto, 611-0011

### Abstract

Saga Light Source (SAGA-LS) is a synchrotron radiation (SR) facility, which is established by Saga Prefecture. The purpose of the facility is to apply SR to development of technology, science and education in Kyushu area. The light source consists of a 1.4 GeV storage ring with circumference of 75.6 m and a 260 MeV injector linac. The storage ring is stably operated under conditions of maximum current of 100 mA and user time of 10 hours per day. The product of beam current and lifetime I-tau of 1000mAh has been attained at present. Three beamlines (BL9, BL12, BL15) and a beamline (BL13) were constructed by Saga prefecture and Saga University, respectively. The beamlines of BL9, BL12 and BL15 are used for industrial applications of SR. The beam line BL13 is applied to surface science.

## 放射光施設SAGA-LSの現状

### 1. はじめに

佐賀県は1999年に産業及び基礎研究・教育への放射光利用を目的に鳥栖市弥生が丘町の丘陵地にSaga Light Source (SAGA-LS)の建設を決定した。周長75.6m、電子エネルギー1.4GeVという九州では初めての高エネルギー電子蓄積リングの建設となる。自治体事業としての供用放射光施設の建設は国内では初めての事例となる。

SAGA-LSは2004年秋にリニアックの調整に入り、同年11月には蓄積リングのコミッショニングに入ったが技術的課題及び2005年5月に発生した福岡西方沖地震等の影響で蓄積リングの立ち上げが遅れた。地震後の再測量、再アラインメント、入射部改修、電磁石電源改修を経て2005年9月には当初の目標である100mA蓄積の目途がついた。図1に運転試験中に観測された放射光を示す。2005年12月15日に施設検査に合格し、正式な運用を開始した。その後2006年2月17日に九州シンクロトロン光研究センターとして組織としても正式に開所した。その間、加速器



図1 試験運転時光モニターポート(BL20)で観測された1.4GeV電子からの放射光。

は徐々に性能を上げ、現在では施設申請上の最大電流値である100mAに近い蓄積電流で定期的に運転を行っており、一部ユーザー利用も始まっている。以下ではSAGA-LSの概要と現状について報告する。

### 2. 加速器及びビームラインの構成

加速器全系の配置を図2に示す。入射用リニアック、ビームトランスポート及び蓄積リングから構成される[1]。リニアックで260MeVに加速されたビームは、トランスポートを介して蓄積リングに打ち込まれる。電子ビームはさらにリングで1.4GeVに加速された後ビームエネルギーを保持し放射光をユーザーに提供する。現在ビームラインは4本設置されている。

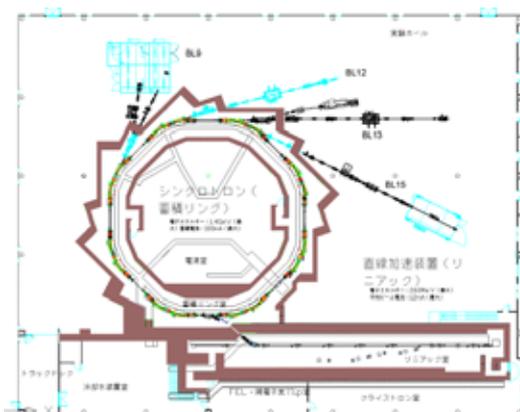


図2 SAGA-LS加速器配置

SAGA-LSは既設の施設内での加速器建設と異なり支援設備のない更地での単独建設となった。そのため水、受電等支援設備整備から行う必要があった。限られた予算の中で支援設備と加速器本体とのコスト上のバランスが求められた。受電に関しては建設費、維持費を抑えるために特別高圧受電を避け

<sup>1</sup> E-mail: koda@saga-ls.jp

6.6kV受電を採用して受電容量を2MWとした。最大の電力負荷である蓄積リング偏向電磁石については臨界エネルギーと使用電力の兼ね合いで電源容量、磁場等仕様が決められた。ブースターシンクロトンの設置は電源容量、設置コストの点から見送り、リニアックから蓄積リングへの低エネルギーで直接入射後、蓄積リングで加速という構成が採用された。さらに使用電力を抑えるために熱負荷の大きな実験ホールは都市ガスを用いた空調を採用している。このような設計で現在1.4GeV運転時で施設の全使用電力は約1.2MWとなっている。



図3 リニアック室現状。パンチャー出口から下流側を撮影。

入射用リニアックの基本デザインは自由電子レーザー研究所(現大阪大学FEL研究施設)の自由電子レーザー用リニアック[2]をベースとしている。クライストロン出力を上げ加速管を1本追加する

ことによって加速エネルギーを260MeVに増加させた。リニアックは熱陰極電子銃、プリバンチャー、バンチャー、加速管6本から成るレギュラーセクションから構成される。図3に設置状況を示す。現在繰り返し周波数1Hz、電子ビームパルス幅200nsで運転している。

表1 蓄積リングパラメータ

電子エネルギー	1.4GeV
放射損失	106keV
周長	75.6m
ベータトロンチューン	(x, y)=(5.796, 1.825)
セル数	8
RF周波数	499.8MHz
ハーモニクス	126
電子周回周波数	3.97MHz
ビームエミッタンス	25nmr
ビームサイズ(@4度)	x=200, y=150 μm

蓄積リングのデザインパラメータを表1に、リングの構成を図4に示す。偏向電磁石からの放射光取り出しポートは14ある。またリングには8つの長直線部があり、4つの直線部に高周波空洞、キッカー、セプタム電磁石、ビームモニターが設置されており、残りの直線部(及び一部キッカー、モニターセクション)に挿入光源を最大6台設置するスペースがある。高周波空洞はKEK、東大物性研で共同開発され、KEK-PF、兵庫県立大学ニュースバルで運転実績のあるHOM damped Cavity[3-6]を設置した。

放射光利用ビームラインは、現在BL9[7]、BL12[8,9]、BL13[10,11]、BL15[12,13]の4本が建設されている。そのうちBL9,12,15が佐賀県有、BL13が佐賀大学専用ラインとなっている。県有ビームラ

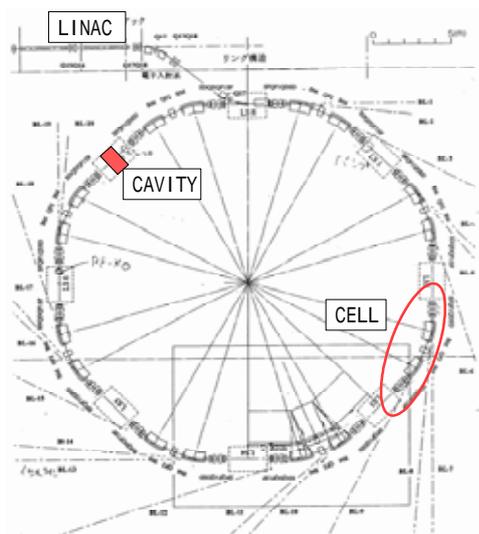


図4 蓄積リング

インは、デザインの公募を行い大学、企業(佐賀大、九大、九工大、福大、東レリサーチ、コベルコ科研)及びSALA-LSスタッフによって県予算で建設が行われた。佐賀大学ラインは大学予算によって建設された。各ビームラインの光子エネルギー、用途等を表2に示す。現在BL9のブランチ(白色ライン)及びBL15においてユーザー利用が開始されている。BL9(分光ライン)、BL12, BL13は立ち上げ調整を行っ

表2 ビームライン概要

ビームライン	所属	光子エネルギー[eV]	分光器	手法
BL9	佐賀県	10~50 eV	Seya-Namika	光励起 LIGA アブレーション、エッチング 表面改質
		白色	---	
BL12	佐賀大	40~1000 eV	VLSPGM	XAFS 光電子分光
BL13	佐賀県	30~800 eV	VLSPGM	高分解能光電子分光
BL15	佐賀県	21~142 keV	2結晶分光器	XAFS X線回折 顕微鏡イメージング

LIGA: Lithography galvanofomung abformung  
VLSPGM: Varied Line Spacing Plane Grating Monochromator  
XAFS: X-ray absorption fine structure

ている。

### 3. 運転状況

実験ホールの現状を図5に示す。2006年6月現在、蓄積リングは施設申請上の最大電流値100mA近くで入射蓄積を行っている。蓄積リング真空は順調に枯れている。i 積は現在1000mAhに達しており100mAでのユーザー運転が可能になっている。リングの入射電流積算に対するi の増大の状況を図6に示す。

典型的な1日の運転パターンでは10時と16時に入射を行い21時に運転を終了する。リニアックの蓄積リングへの入射は8nC/secで行われ、蓄積リングの入射効率は数%、入射蓄積速度は数百 μA/sec程度である。入射調整時間を除き計10時間放射光をユーザーに提供する。週の基本運転サイクルは1週5日このうちマシンスタディ1日、隔週で点検日1日、残りがユーザー運転である(その他ビームラインの放射



図5 実験ホール現状

光による真空からしのための低電流運転が夜間行われることがある)。現状の典型的な週当たりのユーザータイムは60時間程度である。施設検査合格以降の運転実績を図7に示す。図中3月の光源停止期間によるものであり、これを除くと順調にユーザー利用時間が増加している。

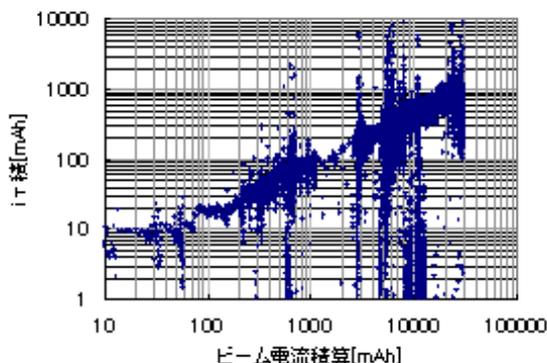


図6 積分電流値に対するiの増大

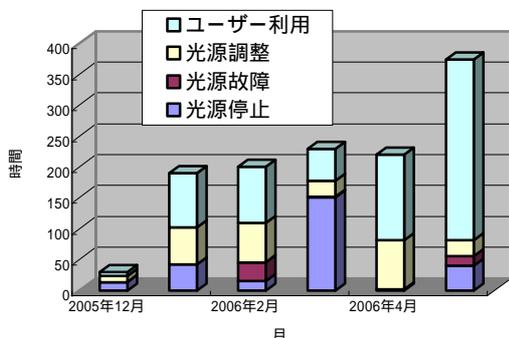


図7 運転統計(夜間運転を含む)

## 6. まとめ

SAGA-LSは260MeV入射リニアックと1.4GeV蓄積リングから成る放射光加速器施設である。2005年末に施設検査に合格し翌年2月に正式に開所した。真空

は順調に枯れており  $i \sim 1000\text{mAh}$ に達した。現在1.4GeV100mAで一日2回の定常的な入射蓄積が行われている。ビームラインは4本が建設済みで一部ビームラインでは外部ユーザーの放射光利用も始まっている。

## 参考文献

- [1] T. Tomimasu, et al., "The SAGA Synchrotron Light Source in 2003", Proceedings of the 2003 Particle Accelerator Conference, Portland, USA, 902-904, 2003
- [2] T. Tomimasu, et al., "First Lasing at Visible and IR Range of Linac-based FELs at the FELI", Proceedings of the 1995 Particle Accelerator Conference, Dallas, USA, 257-259, 1995.
- [3] T. Koseki, et al., "An RF Cavity for High-Brilliance Synchrotron Radiation Source", Journal of the Japanese Society for Synchrotron Radiation Research, vol10, No1, 3-21, 1997
- [4] M. Izawa, et al., "Operation of New RF Damped Cavities at the Photon Factory Storage Ring", Proceedings of the First Asian Particle Accelerator Conference APAC98, KEK, 23-27, 1998
- [5] A. Ando, "New SUBARU and Other Light Source Projects in Japan", Proceedings of the First Asian Particle Accelerator Conference, Tsukuba, 645-649, 1998.
- [6] S. Koda, et al., "Construction of RF System for Storage Ring at SAGA-LS", Proceedings of the 1st Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan and the 29th Linear Accelerator Meeting in Japan, Institute of Quantum Science, Nihon University, 284-286, 2004
- [7] T. Tanaka, et al., "Design of beamline BL9 at Saga Light Source", Proceedings of the 9th International conference on Synchrotron Radiation Instrumentation, Daegu, Korea, 2006, to be published
- [8] M. Kamada, et al., "Soft X-Ray Beamline for Industry Application in Saga", Proceedings of the 9th International conference on Synchrotron Radiation Instrumentation, Daegu, Korea, 2006, to be published
- [9] Y. Kondo, et al., "Design of Grazing Incident Monochromator for Saga Synchrotron Light", Proceedings of the 8th International conference on Synchrotron Radiation Instrumentation, San Francisco, USA, 627-630, 2003
- [10] K. Takahashi, et al., "Beamline for high-resolution angle-resolved photoemission at Saga Light Source", Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena 144-147, 1093-1096, 2005
- [11] K. Takahashi, et al., "Development of the Experimental System for Time- and Angle-resolved Photoemission Spectroscopy", Proceedings of the 9th International conference on Synchrotron Radiation Instrumentation, Daegu, Korea, 2006, to be published
- [12] Okajima, et al., "The Design and Performance of Beamline BL15 at Saga Light Source Proceedings of the 9th International conference on Synchrotron Radiation Instrumentation", Daegu, Korea, 2006, to be published
- [13] Okajima, et al., "The design of beamline BL15 at Saga light source", Nuclear Instruments and Method, B238, 185-188, 2005