

Present Status of Synchrotron Radiation Facility SAGA-LS

SAGA Light Source Accelerator Group

8-7 Yayoigaoka, Tosu, Saga, 841-0005

Abstract

We report recent status and developments at the SAGA-LS accelerator. The storage ring has been stably operated with beam current of 300 mA. The accidents on user operation have certainly reduced from the official opening. The beam abort attained to order of 10^{-3} at FY 2009. Six bending magnets and two undulators of APPLE-II and planar are under operation as light sources at present. A laser Compton scattering experiment using a CO₂ laser has been carried out. The first 3.5-MeV gamma rays were observed in December 2009. As new hard X-ray source, a hybrid superconducting three pole wiggler with peak field of 4 T was developed and installed to a long straight section LS2 of the storage ring in March 2010. The first light around 30 keV was observed July 2, 2010. The wiggler beam line BL7 is under commissioning.

放射光施設 SAGA-LS 施設現状報告

1. はじめに

放射光施設 SAGA Light Source (SAGA-LS)では2008年の増築工事以降、県有及び他機関ビームラインの新設、移設が進んだ。図1に実験ホールの現状を示す。立ち上げ中のBL7を含めユーザー用ビームラインは9本となった。加速器は定常的な運転サイクルに則ってユーザーに放射光を提供している。コミッショニング中の超伝導ウィグラーも含めた施設の全光源スペクトルを図2に示す。

SAGA-LS 加速器グループではユーザー運転を行いつつ、既設加速器系のさらなる安定化、性能向上及び挿入光源等の開発を継続的に進めている。本報告では2009年以降2010年7月現在までの加速器の状況及び加速器に関わる開発研究について報告する。

2. 光源加速器及びビームライン

開所以来段階的に蓄積リングの貯蔵電流増大を行ってきた。2009年6月以降、蓄積リング高周波系の設計負荷である蓄積電流300mAでユーザー運

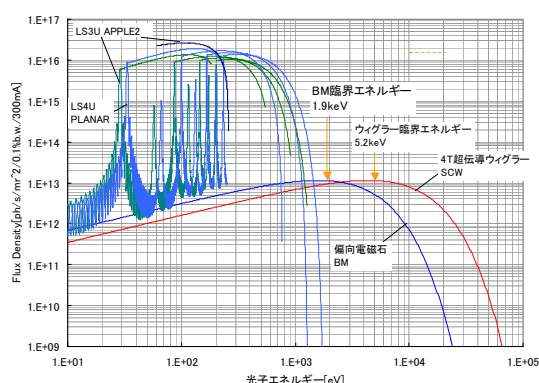


図2: 光源スペクトル

転を行っている。放射光光源としては、偏向電磁石6及び、アンジュレータ2 (LS3U-APPLE-II [1-3]、LS4U-佐賀大プラナー)が運用されている。また現在、後述の超伝導ウィグラーがコミッショニング中である。

ビームラインは現在、県有4、他機関ビームライ

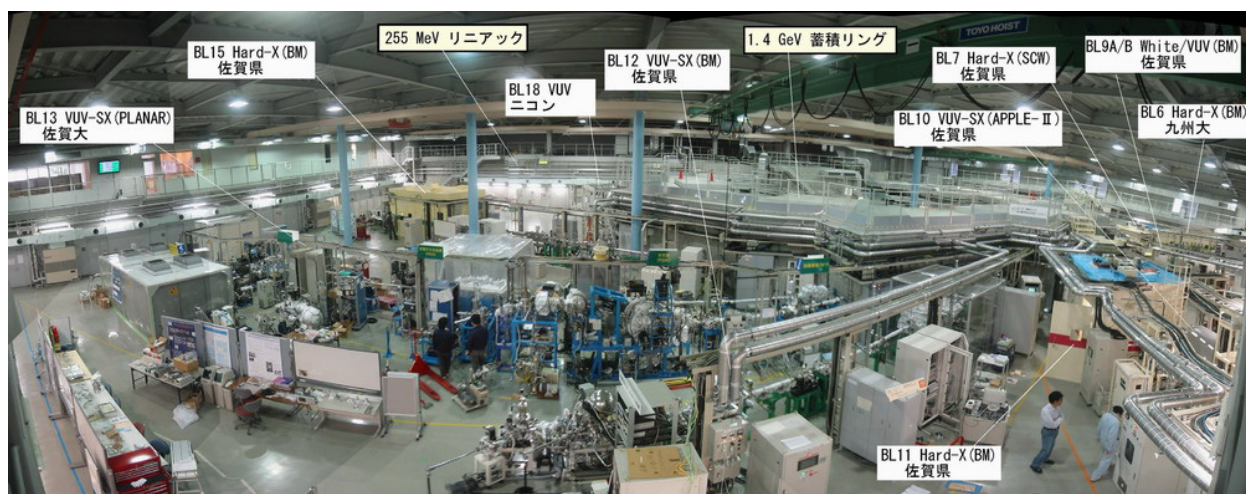


図1: 実験ホール現状

ン3 (九大1、佐賀大1、ニコン1) が運用中である。ビームラインの内わけを表1に示す。APPLE-IIラインであるBL10では2009年度よりPEEM、ARPESの実験が開始された。また現在、新BLとして超伝導ウィグラーラインBL7が立ち上げ調整中である。

表1: ビームライン内わけ

BL	Source	Photon Energy	Method	Organization	Status
BL06	Bending Magnet	3-23 keV	XAFS, SAXS	Kyushu Univ.	Operating
BL07	Bending Magnet	4.2-37 keV	XRD, XAFS	Saga Pref.	Commissioning
BL09A	Bending Magnet	White (>3 keV)	LIGA	Saga Pref.	Operating
BL09B	Bending Magnet	10-50 eV	Photo Excitation	Saga Pref.	Operating
BL10	Undulator (APPLE2)	30-1200 eV	PEEM, ARUPS	Saga Pref.	Operating
BL11	Bending Magnet	3-23 keV	XAFS, SAXS	Saga Pref.	Operating
BL12	Bending Magnet	40-1500 eV	XPS, XAFS	Saga Pref.	Operating
BL13	Undulator (planar)	15-600 eV	ARPES	Saga Univ.	Operating
BL15	Bending Magnet	3-23 keV	XAFS, XRD Imaging	Saga Pref.	Operating
BL18	Bending Magnet	~92 eV	Irradiation Multilayer Refraction	Nikon Corp.	Operating

3. 運転状況

3.1 運転サイクル及び運転実績

図3に典型的な運転週(上)の例を示す。加速器の運転は、月曜マシンスタディ、火曜～金曜ユーザー運転、土日停止のサイクルで定常的に行われている。入射は1日2回行われ、ユーザー運転時間は10時間/日である(ユーザータイム不足時やBL立ち上げ調整等で必要に応じて終夜及び土日運転も行われる)。点検改修のためのシャットダウンは積算でおおよそ2ヶ月/年程度である。

2006年開所以来のユーザー運転時間を図4に示す。増築工事による2008年度の減少を除くとおおよそ1500時間前後で推移している。これは上述の運転サイクルとシャットダウン期間によってほぼ決まる。継続的な24時間運転による運転時間拡大の潜在的ニーズはあるが、現状の人的体制では難しい状況である。

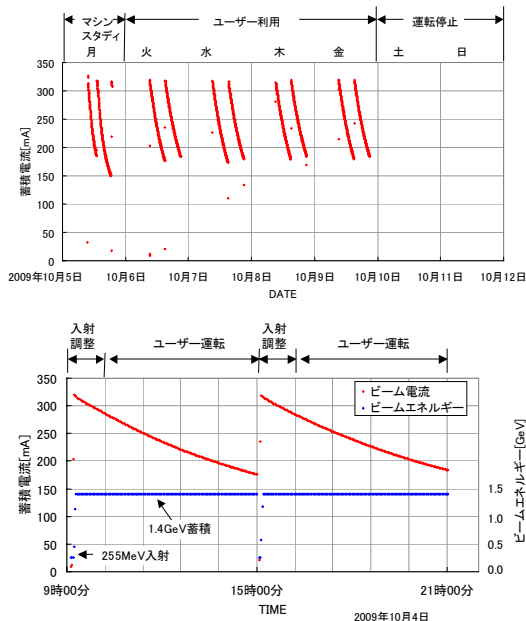


図3: 典型的な週(上)と日(下)の運転サイクル

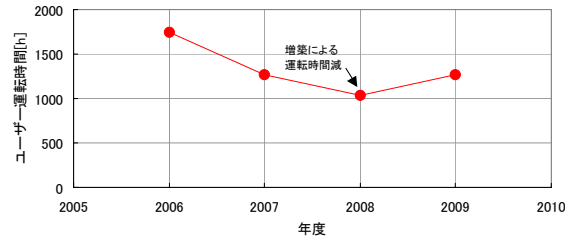


図4: ユーザー運転実績

3.2 ビームアポート

ユーザー運転におけるビームアポート率は開所以降減少を続けている(ここでいうアポート率とはユーザー運転実績時間に対するユーザー運転中の故障中断時間の比である)。開所から3年間は主にリニアッククライストロン系及び蓄積リング電磁石電源の重故障が年間のビームアポートを決め、 10^2 台であった。2009年度は重故障はなく、 10^3 台となった。本年度も7月現在までのところ2009年度と同じ程度のアポート頻度で推移している。

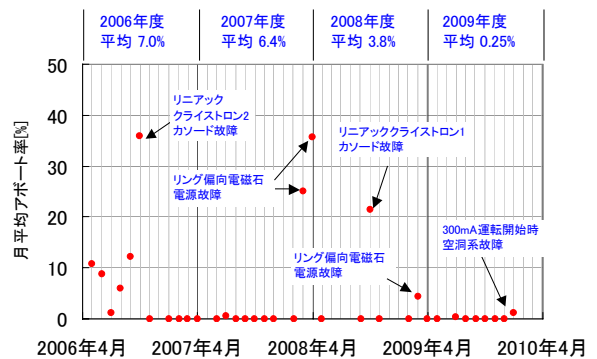


図5: 開所以降4年間の月及び年平均ビームアポート率

4. 開発

4.1 レーザーコンプトン実験

ビームモニター及びガンマー線応用を目的に蓄積リング入射長直線部LS8において、CO₂レーザーによるレーザーコンプトン(LCS)実験の準備をすすめてきた[4]。レーザー波長 10.6 μm、ビームエネルギー1.4GeVの条件で3.5MeVのガンマー線が生成する。CO₂レーザーを選択した理由はLCS反跳電子がRFバケットを越えないため、LCSによるビーム寿命低下がなく、放射光を利用するユーザー運転と共存できるメリットがあり、加えてレーザーのパワーあたりのコストが他レーザーに比べ低いためである。2009年12月に初めて実験を行い、3.5MeVのガンマー線の観測に成功した[5]。現在、実験系の改善、最適化を進めている[6]。図6に実験系セットアップ及び観測されたスペクトルを示す。

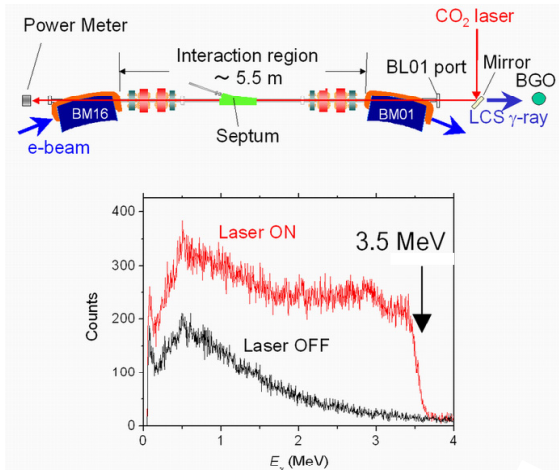


図 6: レーザーコンプトン実験セットアップ(上)及び BGO 検出器で観測されたガンマ線スペクトル(下)

4.2 超伝導ウィグラー

より高エネルギーの X 線提供を目的に、超伝導ウィグラー(LS2W)の開発を進めた[7-9]。本ウィグラーは長期にわたる運用の安定性と人的負担軽減を特に考慮して設計された。3 極型ウィグラーでメインポール超伝導 4T、サイドポール常伝導 0.97T のハイブリッド構成である。メインポールのみ超伝導としたのは、クライオスタットのコンパクト化、冷凍機系の負荷抑制が目的である。また冷凍機系は、液体ヘリウムを使用せず、超伝導コイルを小型 GM 冷凍機によって直接冷却する伝導冷却方式を採用し、

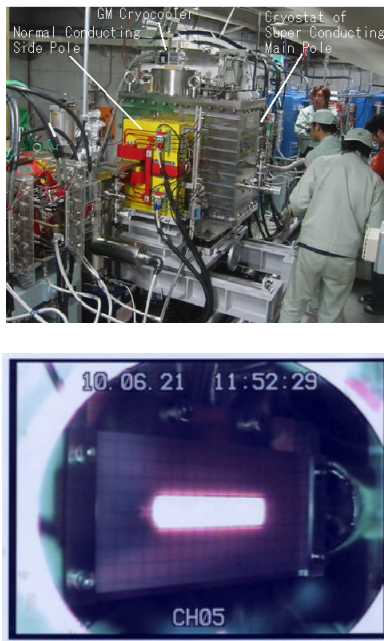


図 7: LS2 設置直後の超伝導ウィグラー(上)及び BL7 上流部蛍光板において観測されたウィグラー光による蛍光(下)。

冷媒を使用するシステムに比べ、構成を単純化した。またウィグラー磁場による軌道変位を抑えるためメインポール磁極では横方向リターンヨークを廃し、ビーム軸方向磁極両端に大型のフィールドクランプを設けた。2010 年 3 月に製作が終了し、長直線部 LS2 に設置された[5]。設置直後の状況を図 7 上に示す。2010 年 4 月には極低温に達し、5 月より励磁試験を開始し、低電流蓄積状態での 4T 励磁試験に成功した。6 月にビームライン BL7 にウィグラー光を導入し、BL7 上流部においてファーストライトが観測された(図 7 下参照)。7 月には分光器による試験で 20~40keV 領域の硬 X 線が発生していることが確認された。7 月以降は BL7 の立ち上げ調整のためにユーザー運転時間外に 10 時間/週程度低電流でウィグラー光の提供を開始した。またこれと平行し、蓄積電流増大試験を進め、ほぼ 300mA でウィグラー励磁試験に成功した。現在実用的なユーザー運転を行うためにウィグラーの励磁消磁パターン及びその手順の最適化スタディを進めている。

5. まとめ

SAGA-LSでは定常サイクルに則って安定にユーザー運転を行っている。蓄積電流は 300mAに達し、ビームアポートは 10^{-3} 台まで低下した。既設加速器の性能維持向上を行いつつ、開発研究を進めている。2009 年末にレーザーコンプトンによるガンマ線生成に成功した。これと平行して超伝導ウィグラーの開発を進め、4T磁場による放射光発生に成功し、ビームラインへのウィグラー光の試験的な提供を開始した。

参考文献

- [1] S. Sasaki, "Analyses for a planar variably-polarizing undulator", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A347, 83-86, 1994
- [2] 江田他, "SAGA-LS における APPLE-II アンジュレータの製作", 第 22 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム予稿集, 東大, 108, 2009
- [3] 金安他, "電子ビームを用いた可変偏光アンジュレータの不整磁場評価", 第 6 回加速器学会年会報告集, 原研東海, 230-232, 2009
- [4] 金安他, "SAGA-LS におけるレーザーコンプトンガンマ線生成の準備状況", 第 6 回加速器学会年会報告集, 原研東海, 237-239, 2009
- [5] S. Koda, *et al.*, "Progress and Status of Synchrotron Radiation Facility SAGA Light Source", Proceedings of IPAC10, WEPEA040, Kyoto, 2579-2581, 2010
- [6] 金安他, "SAGA-LS におけるレーザーコンプトンガンマ線の生成試験", 本年会発表 WEPS034
- [7] 江田他, "SAGA-LS における超伝導ウィグラーの設計検討", 第 6 回加速器学会年会報告集, 原研東海, 112-114, 2009
- [8] T. Semba, *et al.*, "Design and Manufacture of Superconducting Magnet for the Wiggler in SAGA-LS", Proceedings of IPAC10, MOPEB038, Kyoto, 358-360, 2010
- [9] 阿部他, "SAGA-LS 放射光源用超伝導磁石の磁場設計", 本年会発表 FRLH04