

光源加速器の 2019 年度の状況

江田茂、岩崎能尊、高林雄一、金安達夫
SAGA-LS 加速器グループ

SAGA-LS 加速器は、シンクロトロン光を発生する周長 75.6m の電子蓄積リングとこれにビームを入射するリニアックから構成されている。低エネルギー入射方式を採用しており、リニアックで電子を 0.257GeV に加速後蓄積リングに入射し、蓄積リング内で軌道を保ったまま 1.4GeV に加速する。シンクロトロン光光源としては偏向磁石と挿入光源が運用されている。挿入光源の内訳は、APPLEII アンジュレータ LS3U (佐賀県)、プラナーアンジュレータ LS4U (佐賀大)、ハイブリッド型 3 極超伝導ウィグラー LS2W (佐賀県)、LS5W (住友電工) である。蓄積リングは蓄積開始電流 300mA でビーム寿命×電流値 ($i\tau$ 積) は 1500mAh 程度である。週の基本運転パターンは、月曜マシンスタディ、火～金ユーザー運転 (火 2 回入射、水～金 1 回入射)。1 日の運転時間は、2 回入射日 9.5 時間、1 回入射日 11 時間である。本年度のユーザー運転時間は 1643 時間であった。

本年度、加速器が要因となったユーザー運転アボートは総計 71.3 時間で、年間アボート率 (アボート時間/ユーザー運転実施時間) は 4.3% であった。前年度 (6.0%) に比べ若干減少した。アボート率は 2009 年度に極小値 (0.2%) となって以降増大し、ここ数年は変動しつつ数%程度の状況が続いている。本年度のアボートの内わけは蓄積リング 4 極電磁石 QD1 電源故障 33 時間、リニアッククライストロン電源 KLY2 故障 11 時間、蓄積リング偏向電磁石 BM5 漏水 11.4 時間、台風による停電 11 時間、蓄積リング高周波系空洞反射 4.5 時間であった。ここ数年の傾向として電磁石電源等電気設備の経年劣化、老朽化によるトラブルが主なアボート要因となっている。一方で長らく発生していなかった電磁石の冷却水の漏水が本年度発生した。またアボートの積算時間としては比較的少ないものの、空洞反射の頻度が増加した。空洞反射については空洞本体かこれに近い領域での放電が要因と推定されており、ここ数年空洞反射が頻発した際には空洞電圧を段階的にわずかずつ下げることで抑制してきた。現在、空洞反射によるユーザー運転の中断は比較的短時間で復旧できているものの、空洞電圧を下げることは電子の安定周回条件の限界に近づくことを意味しており、潜在的には大きな課題となりつつある。以上のような状況から、加速器の重要設備の経年劣化が様々な形で進行していると考えている。開所から 14 年が経過し、重要設備の老朽化対策、更新が重要な課題となっている。

光源加速器の2019年度の状況



江田茂、岩崎能尊、高林雄一、金安達夫・SAGA-LS加速器グループ

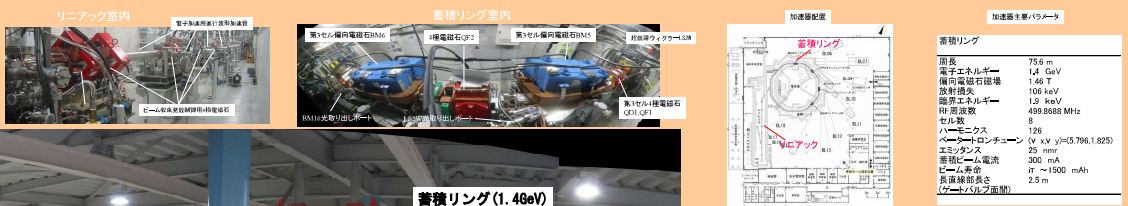
加速器の概要と現状

SAGA-LS加速器は、シンクロtron光を発生する周長75.6mの電子蓄積リングとこれにビームを入射するリニアックから構成されている。低エネルギー入射方式を採用しており、リニアックで電子を0.257GeVに加速後蓄積リングに入射し、蓄積リング内で軌道を保ったまま1.4GeVに加速する。シンクロtron光光源としては偏向磁石と挿入光源が運用されている。挿入光源の内訳は、APPLEIIアンジュレータLS3U(佐賀県)、プランナーアンジュレータLS4U(佐賀大)、ハイブリッド型3極超伝導ウィグラーLS2W(佐賀県)、LS5W(住友電工)である。蓄積リングは蓄積開始電流300mAでビーム寿命×電流値(it積)は1500mAh程度である。週の基本運転パターンは、月曜マシンスタディ、火～金ユーザー運転(火2回入射、水～金1回入射)。1日の運転時間は、2回入射日9.5時間、1回入射日11時間である。本年度のユーザー運転時間は1643時間であった。

本年度、加速器が要因となったユーザー運転アボートは総計71.3時間で、年間アボート率(アボート時間/ユーザー運転実施時間)は4.3%であった。前年度(6.0%)に比べ若干減少した。アボート率は2009年度に極小値(0.2%)となって以降増大し、ここ数年は変動しつつ数%程度の状況が続いている。開所から14年が経過し、重要設備の老朽化対策、更新が重要な課題となっている。

光源加速器

加速器はシンクロtron光を発生する蓄積リングとこれに電子ビームを入射するためのリニアックから成る。電子ビームはリニアックで目標エネルギーの約1/5(0.257GeV)まで加速され、蓄積リングに入射され、蓄積リングさらに目標エネルギー(1.4GeV)まで加速される。



項目	値
蓄積リング	
周長	75.6 m
電子エネルギー	1.4 GeV
偏向磁石磁場	1.58 T
放射損失	106 keV
電子エネルギー	1.3 keVf
円周放射	499.8688 MHz
セル数	8
ハニカムス	126
ベームロンチューン	(v x y) = (5.796, 1.825)
電子損失	25 mmf
蓄積ビーム電流	300 mA
ビーム寿命	it ~ 1500 mAh
高周波駆動系	2.5 m
(クォータリオン)	

ハイブリッド型3極超伝導ウィグラー2台運用体制

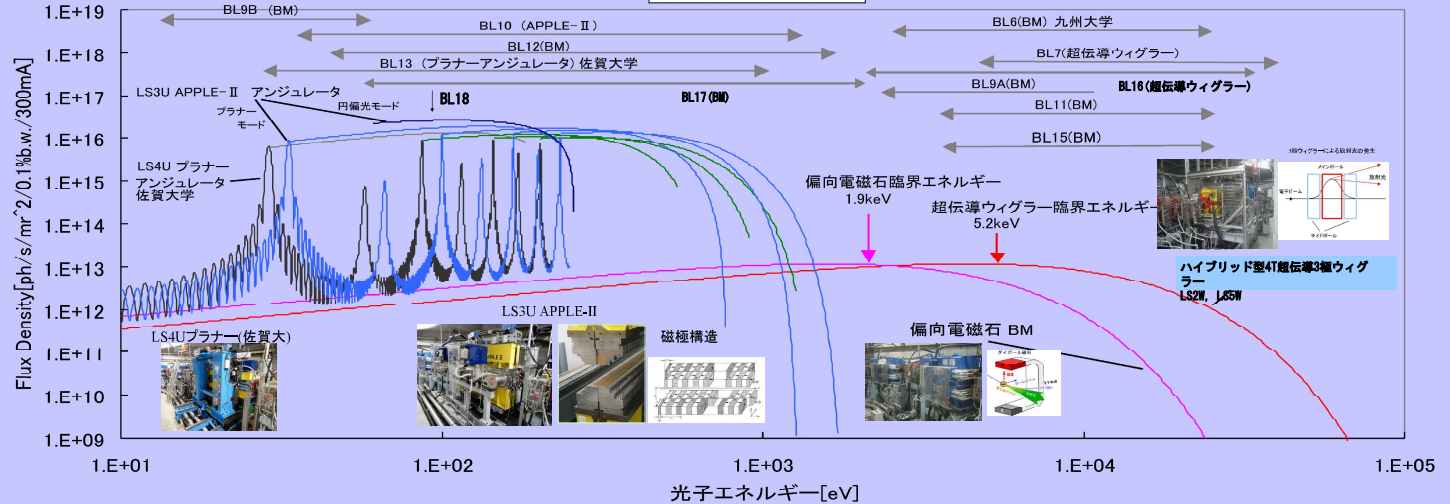
ハイブリッド型超伝導・電ウィグラー

メインポール超伝導、サイドポール常伝導磁石のハイブリッド構成で冷凍機負荷を抑える。伝導冷却方式で液体ヘリウムを使用せず、小規模施設での運用に適したデザイン。

ウィグラー2台運用体制

現在、ウィグラー2台(LS2W,LS5W)が、定常的に運用されている。2011年に稼働するまで17用(1号機LS3W)が稼働した。2015年稼働するまで1号機と住友電工エビームライン16用として住友電工予算で1号機と同じ仕様で2号機LS3Wが製作された。

SAGA-LS 光源スペクトル



加速器オペレーション

1週間の運転サイクル

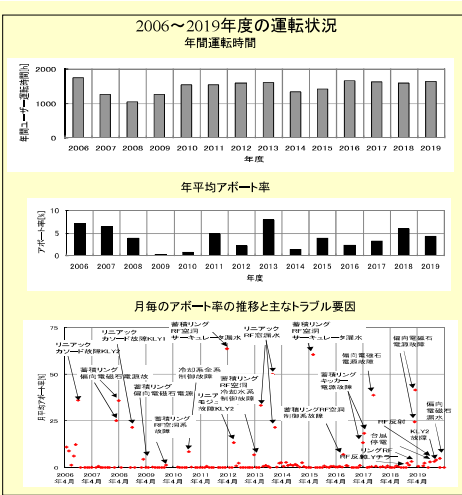
マシンスタディ、ユーザー運転、運転停止のサイクルを示すグラフ。

1日の運転パターン(1日1回の場合)

蓄積リング電流変動、リニアック電流変動、ユーザー運転、ウィグラー2台同時励磁の一日の運転パターンを示すグラフ。

入射蓄積手順

- ビーム入射
- リニアック 257MeV電子ビーム蓄積リングへ入射
- 軌道補正
- 蓄積リング加速 257MeV→1.4GeV
- 超伝導ウィグラー2台同時励磁 0→4T
- ウィグラー励磁後補正
- 軌道補正
- チューン補正
- 色収差補正
- 軌道補正
- ビームサイズ補正
- ユーザー運転



2019年度運転状況

ユーザー運転実施時間 1643 時間
光源要因の総アボート時間 71.3 時間
光源要因ビームアボート率 4.3 %

アボート要因	時間(h)
蓄積リング4極電磁石QD1電源故障	33
リニアッククライストロン電源KLY2故障	11
蓄積リング偏向磁石BMS漏水	11.35
台風による停電	11
蓄積リング高周波系空洞反射	4.53333
その他	0.45
総計	71.3333

ここ数年の傾向として電磁石電源等電気設備の経年劣化、老朽化によるトラブルが主なアボート要因となっている。一方で長らく発生していなかった電磁石の冷却水の漏水が本年度発生した。またアボートの積算時間としては比較的少ないものの、空洞反射の頻度が増加した。空洞反射については空洞本体がこれに近い領域での放電が要因と推定されており、ここ数年空洞反射が頻発した際には空洞電圧を段階的にわずかなずつ下げることで抑制してきた。現在、空洞反射によるユーザー運転の中断は比較的短時間で復旧できているものの、空洞電圧を下げることは電子の放電間隔条件の限界に近づくことを意味しており、潜在的には大きな課題となりつつある。以上のような状況から、加速器の重要設備の経年劣化が様々な形で進行していると考えている。