

理研 SACLA における 1 年間の消費エネルギー

One-year energy consumed in RIKEN SACLA

関口芳弘^{#B)}、飛永隆史^{#,A)}、上西雅彦^{A)}、
 Sekiguchi Yoshihiro^{B)}, Tobinaga Takashi^{A)}, Uenishi Masahiko^{A)},
^{A)} SPring-8 service Co., Ltd.
 1-20-5 Kohto, Shingucho, Tatsunoshi, Hyogo 679-5165
^{B)} RIKEN
 2-1, Hirosawa, Wako-shi, Saitama, 351-0198

Abstract

The X-ray free electron laser facility "SACLA" has opened to users from March 2012 . Operation is continued since very stably. The hours worked of SACLA in the 2012 fiscal year reached in 7,016 hours. There are also no big fault and trouble and it has realized long-term continuous running as an operation track record shows. This is because the accelerator system is not only stable, but infrastructure equipment, such as a power supply, air-conditioning, etc. supporting it, contributes to stable operation greatly.

1. はじめに

理研播磨事業所に設置した X 線自由電子レーザー施設「SACLA」は、平成 24 年 3 月より供用を開始したが、以来非常に安定に稼働を継続している。平成 24 年度の SACLA の稼働時間は 7,016 時間に達した。運転実績が示すとおり、大きな不具合やトラブルもなく長期連続運転を実現している。これは加速器システムが安定しているだけでなく、それを支える電源、空調などインフラ設備も安定稼働に大きく貢献しているためである。それとともに、消費エネルギーもこれまでの加速器施設と比して非常に少なくなっている。

本稿では、平成 24 年度 1 年間の SACLA の消費エネルギーを報告するとともに、SPring8（リニアック、シンクロトロン、蓄積リング）との比較を行い、その省エネルギー性について検討する。

2. SACLA の消費エネルギー

2.1 SACLA での最大電力の状況

SACLA は加速器棟、光源棟、実験研究棟、XFEL-SPring-8 相互利用実験施設（以下「相互利用実験施設」という）の 4 施設から構成されている。測定収集装置の設置上の制約から、SACLA 全体と加速器棟、その他すなわち、光源棟と実験研究棟、相互利用実験施設を総和したものとで最大電力（60 分平均値での最大値）の比較を実施した。その結果を図 1 に示す。各日における最大電力を縦軸とした。

年間最大電力は平成 25 年 1 月 10 日（木）に記録しており、その数値は SACLA 全体で 4,770kW、加

速器棟が 3,790kW、その他が 1,010kW であった（数値の合計が整合しないのはそれぞれの発生時間が異なることによる）。現状は加速器繰り返し周波数 10Hz での運転であるが、この日は 20Hz での本格運用を目指した試運転調整が実施されたため最大電力を記録した。最大電力は加速器が収納されている加速器棟が SACLA 全体の約 79% を占めていることがわかる。

SACLA 全体で 2,500kW 以下の時が、加速器・実験設備等が運転停止となっている期間と一致していることから、3~4 ヶ月程度の長期連続運転を成し遂げて、非常に高い稼働率を維持したことがわかる。その結果、年間の運転時間 7,016 時間を達成した。なお、7 月末での 500kW 以下の数値は電気設備の年次点検整備作業にともなう全停電によるものである。

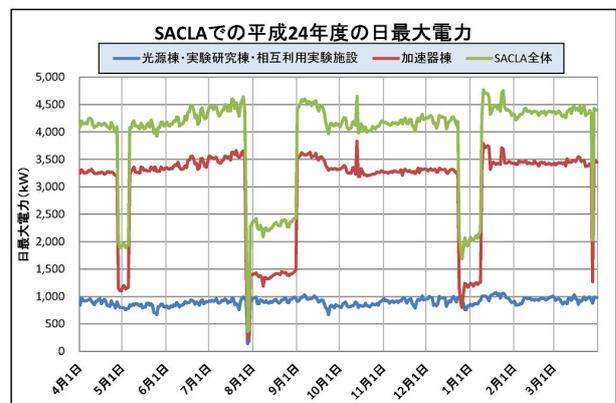


図 1：平成 24 年度の日最大電力（SACLA）

2.2 SACLA での使用電力量の状況

図 2 は月別使用電力量を加速器・実験設備と装置冷却・空調設備、照明・コンセントに分類したグラ

[#] sekiguchi@riken.jp

フである。加速器・実験設備での使用電力量はその運転時の電力がほぼ一定であることから、運転時間に比例する結果となっている。8月はメンテナンスなどの点検調整期間であるため、使用電力量は非常に少ない結果となっている。装置冷却と空調の熱源機は共通であるため同じ分類とした。その使用状況の特徴としては、夏期に外気温度の上昇や除湿等で電力使用量が増加している。照明・コンセント設備は年間を通じてほぼ一定で推移している。各使用電力量割合は年間使用電力量 32,497MWh に対して、加速器・実験設備が 51%、装置冷却・空調設備が 44%、照明・コンセント設備が 5%であった。

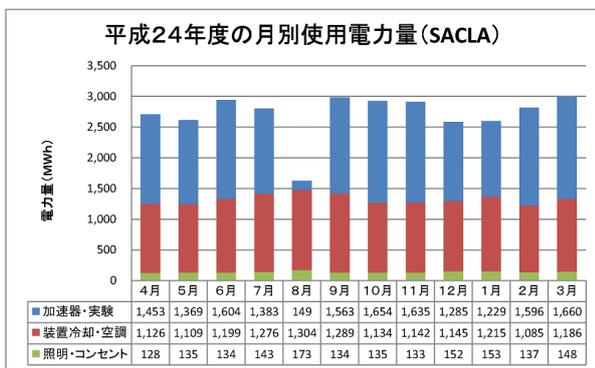


図 2：平成 24 年度の月別使用電力量 (SACLA)

2.3 SACLA の冷凍機 COP

SACLA 加速器棟の冷熱源は、空調用と装置冷却用を共用しているため、両者への安定した冷水の供給が必要である。そこでリニア制御による安定運転、省エネ性ではトップランナーである高効率インバータターボ冷凍機 (冷凍能力 2,450kW×3 台) が設置されている。インバータ制御によるターボ冷凍機は冷却水温度が低下する冬期や中間期ならびに部分負荷運転時に COP が向上し、省エネ運転が可能である。図 3 は、SACLA 加速器棟冷凍機 COP のグラフである。

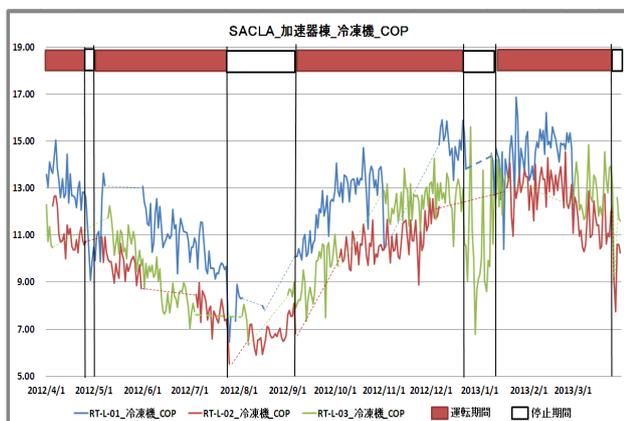


図 3：SACLA 加速器棟冷凍機 COP

冷凍機 3 台合計の年平均 COP は 11.22 (運転期間 11.52、停止期間 9.32) であり、メーカーの定格運転時の COP6.34 を大きく上回っている。年間最高 COP は、2013 年 1 月 24 日の COP は 16.87 で、メーカー値の 2.6 倍以上であった。これらは、年間の平均冷水出口温度が 11.47℃、冷却水温度が 21.63℃と定格使用点 (冷水出口温度 9.0℃、冷却水温度 32.0℃) より緩和しての運転ができたためである。

3. Spring8 の消費エネルギー

3.1 SPring-8 での最大電力の状況

入射系建屋である線型加速器棟 (LI) とシンクロトロン棟 (Sy)、これらの空調やコンセント・照明等のユーティリティー設備の電源となる入射系電気室、放射光利用実験が行われるビームラインハッチがある蓄積リング棟 (SR) での最大電力を図 4 に示す。それぞれの年間最大電力は、LI が 750kW、Sy が 4,290kW、入射系電気室が 790kW、SR が 19,640kW であった。SR が他の棟より圧倒的に電力規模が大きい。また、SR での日最大電力の推移から、加速器・実験設備の運転と停止で 10,000kW 以上の増減が発生していることがわかる。

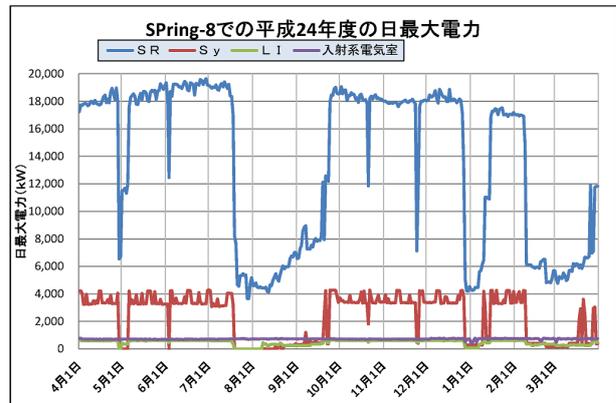


図 4：平成 24 年度の日最大電力 (SPring-8)

3.2 SPrin-8 での使用電力量の状況

図 5 は LI や Sy、入射系電気室、SR での月別使用電力量を加速器・実験設備と装置冷却設備、空調設備、照明・コンセント設備に分類したグラフである。加速器・実験設備が運転をすると 1 時間あたり 15,000kW 程度 (図 6 参照) 増加する。したがって、加速器・実験設備での月別使用電力量は SPrin-8 運転計画表にある運転時間によって大きく影響する特徴がある。2012 年度の蓄積リング運転時間は 5,063 時間であった。装置冷却設備は加速器運転時間に連動して運転されており、加速器・実験設備が停止する夏期の点検調整期間にメンテナンスを実施している。空調設備は点検整備時を除いて 24 時間 365 日の常時運転となっている。照明・コンセント設備での電力使用量は年間を通じてほぼ一定となっている。各

使用電力量割合は年間使用電力量 139,837MWh に対して、加速器・実験設備が 60%、装置冷却設備が 19%、空調設備が 18%、照明・コンセント設備が 3%であった。

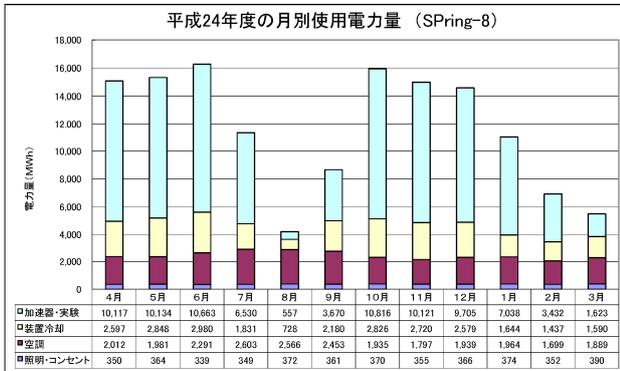


図 5：平成 24 年度の月別使用電力量 (SPring-8)

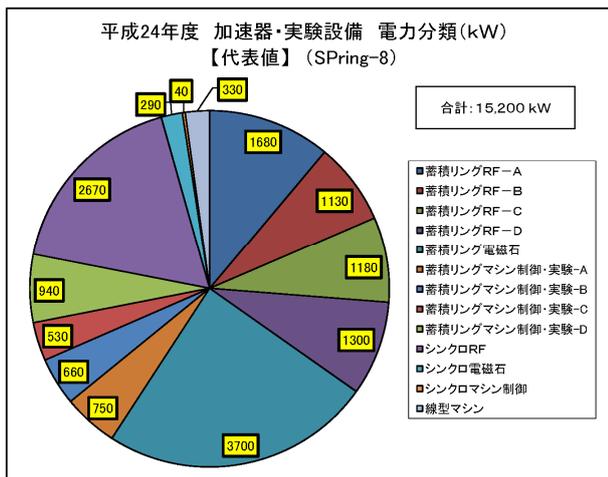


図 6：平成 24 年度 加速器・実験設備 電力分類 【代表値】 (SPring-8)

3.3 SPring-8 (蓄積リング棟) の冷凍機 COP

SPring-8は、蓄積リング棟を中心として、線型加速器、シンクロトロン及びそれを収容する建物並びにそれらを有効に活用するための研究施設、ユーティリティ施設等 30 数棟の建物、構築物で構成されている。蓄積リング棟は、直径約500m、幅約35mのドーナツ型で、延べ面積は約73,000㎡の大きさで構内のエネルギーの大半はここで消費される。

蓄積リング棟の冷熱源は、装置冷却系と空調系が別々に構成されており A、B、C、D 棟の 4 ブロックに同じ機器が配置されている。

(1)装置冷却水系の冷凍機 COP

装置冷却水系は、水熱源スクリー式冷凍機 446kW 4 台及び冷却塔 1 台で冷却水を温調しており、供給温度 30℃以下の系統は冷凍機、30℃超過の系

統は冷却塔による温調を実施している。また、最高気温が 15℃以下となる冬期には、冷却塔 (外気) によるフリークーリング運転を行い節電に努めている。

図 7 は、蓄積リング棟装置冷却水系冷凍機 COP のグラフである。

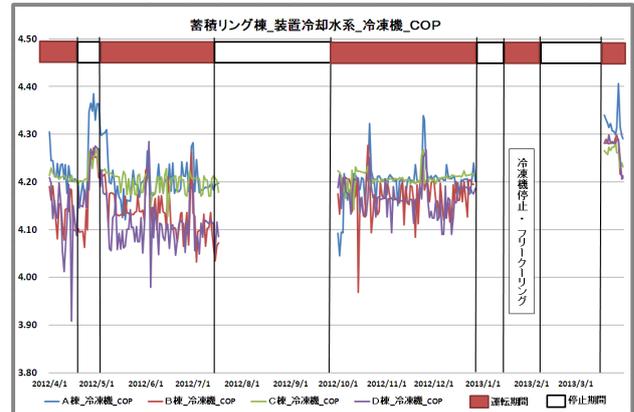


図 7：蓄積リング棟装置冷却水系冷凍機 COP

全ブロックの平均 COP は、4.18 でありメーカーの定格値 3.70 を上まっている。これは、冷水出口温度が 24.0℃と高い事と負荷の変化が少なく、定格使用点以上の運転が行われ、冷媒循環量及び圧縮比が安定しているため部分負荷対応に比べて損失の少ない運転となっている事が要因である。

(2)空調系の冷凍機 COP

空調系の冷凍機は以下の通りである。

- 1) 熱回収型水熱源スクリー式冷凍機 344kW 1 台
- 2) 空気熱源スクリー式冷凍機 931kW 1 台
- 3) ガス吸収冷温水機 527kW 2 台

図 3 は、蓄積リング棟空調系冷凍機 COP のグラフである。

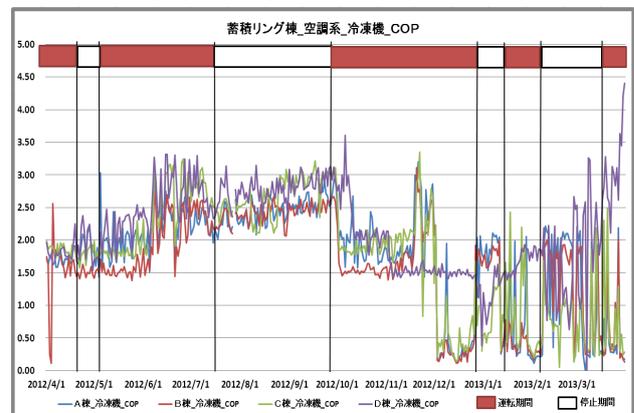


図 8：蓄積リング棟空調系冷凍機 COP

蓄積リング棟の建設が始まった約 20 年前は、これらの冷凍機が主流であった。省エネルギーへの関心が高まって来た時期ではあったが、COP は、上から 3.70、3.56、1.00 と低い。ガス吸収冷温水機は、

オゾン層破壊を引き起こすフロンを使用せず機内が大気圧以下のため、特別な法規制もなく、エネルギー需要季節間格差の平準化には最適で有るが COP が低いので、現在は電気式を主機として運転している。

全ブロックの平均 COP は、1.83 である。これは、冷水出口温度が 7°C~10°C と定格使用点での運転である事とガス吸収冷温水機の COP の低下（アイドリング時 0.10~高負荷時 0.80）によるものである。また、能力の大きい空気熱源スクルー式冷凍機は、除湿負荷が無くなる秋季以降は、ハンチング運転（ON-OFF を繰り返す）となる事からガス吸収冷温水機を運転せざるを得ない。従って夏季に比べて COP は低くなっている。

4. おわりに

昨年供用を開始した SACLA、平成 9 年に供用を開始した SPring-8. この 15 年の間には、地球温暖化防止と CO₂ 排出量削減などの環境問題を受け、省エネルギーへの関心が高まってきた。このような背景のもと、冷凍機の COP は、インバータ冷凍機等の要素技術が改良され、定格時だけでなく部分負荷時の性能が格段に向上している。本稿での調査を元に、SACLA のさらなる省エネ運転に、また SPring-8 の高度化に向けた設備類の更新計画に役立てていきたい。