

# Inspection of the energy-saving performance of RIKEN SACLA utility

Tobinaga Takashi<sup>A)</sup>, Uenishi Masahiko<sup>A)</sup>, Sekiguchi Yoshihiro<sup>B)</sup>

<sup>A)</sup> SPring-8 service Co.,Ltd.

1-20-5 Kohto, Shingucho, Tatsunoshi, Hyogo 679-5165

<sup>B)</sup> RIKEN

2-1,Hirosawa,Wako-shi,Saitama,351-0198

## Abstract

SACLA uses mass energy. As well as the main machine, We need energy to cool it. Therefore the energy-saving driving of the utility is important, too. We want to reduce energy to cool an accelerator. Therefore we want to operate a refrigerator in high efficiency. We measured the use situation of the electricity in June. And I calculated COP of the refrigerator. As a result, the possibility that could operate a freezer in more than COP10 are made.

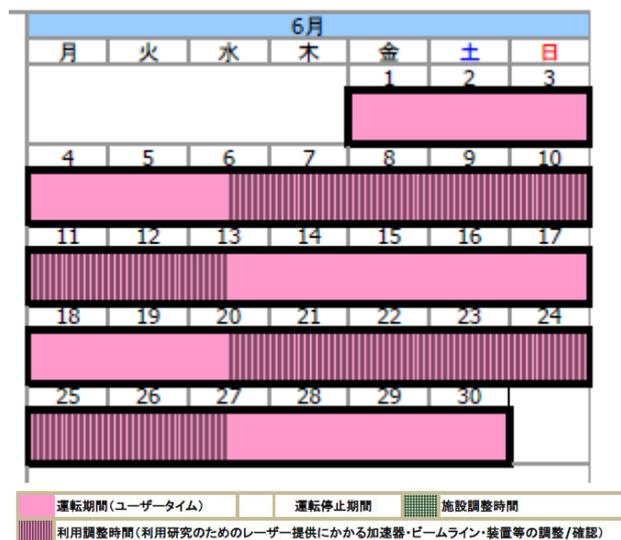
## 理研 SACLA ユーティリティの省エネルギー性の検証

### 1. はじめに

SACLA のような大規模実験施設において、省エネルギーに配慮した運用は必須な状況となっている。マシン本体の省エネルギー性はもちろん、それを支える電源、冷却、空調などのユーティリティ設備に対しても、省エネルギー性が求められている。SACLA は冷熱源に高効率な水冷式インバーターボ冷凍機を採用するなど、高い省エネルギー性能を発揮するよう設計、建設された。

SACLA は、マシン交流電源、装置冷却水設備、空調設備等は建設工事の中で一体的に建設した<sup>[1]</sup>ため、それらのエネルギー計測は施設管理側で一体的に行うことができる。

本年 6 月、SACLA は 10pps 運転にて 1 ヶ月連続で運転した。6 月の計測結果を元に、省エネルギー性能の検証を行った。



### 2. 電力の使用状況

6 月は放射光利用実験が行われるユーザータイムと、加速器・ビームライン・実験装置等の調整や確認を行う利用調整時間であったため、SACLA の加速器はほぼ常時定常的に運転された。

#### 2.1 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。月間最大電力は 6 月 18 日（月）に記録しており、その数値は SACLA 全体で 4,490kW、加速器棟が 3,600kW、その他が 940kW であった（数値の合計が整合しないのは計測器の誤差による）。最大電力は、加速器が収容されている加速器棟が SACLA 全体の約 80%を占めていることがわかる。

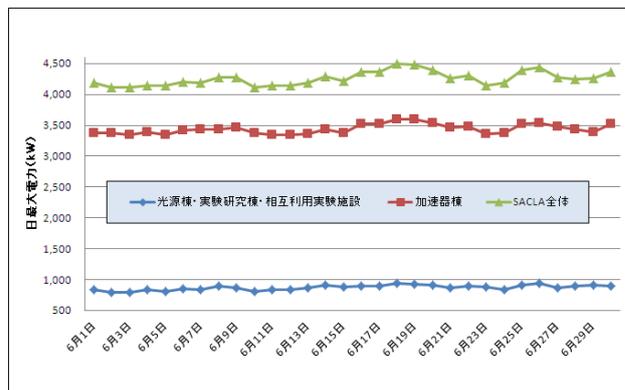


図 1：平成 24 年 6 月の日最大電力

## 2.2 電力量の状況

SACLA には、加速器棟に 4 カ所、光源棟に 1 カ所、実験研究棟に 1 カ所、相互利用実験施設に 1 カ所、合計 7 カ所の二次変電所（6.6kV から 400V、200V、100V に降圧する施設）が設置されており、それぞれの変圧器ごとに電力量計が取り付けられている。二次変電所のすべての変圧器の容量を合算すると 21,250kVA となることから、変圧器自身での損失も考慮する必要が生じる。その対策や電源系統毎の細やかな使用電力量管理を可能とするために、積算電力量計は変圧器の 2 次側に装備されている。また、実験系負荷、一般系負荷に区分して変圧器を設置しているため、用途ごとの管理も可能となっている。これらの積算電力量計からのデータを集計したものを表 1 に示す。

施設名称	系統	電圧種別	変圧器容量 (kVA)	使用電力量 (kWh)	使用電力量割合 (%)	備考
加速器棟	実験系	3Φ400V	5,000	281,100	9.8	加速器・実験設備等
		3Φ200V	4,000	1,066,570	36.3	
		1Φ100/200V	450	114,890	3.9	
	建屋系	3Φ400V	2,750	453,210	15.4	装置冷却水・空調・衛生設備等
		3Φ200V	1,500	384,668	12.4	
		1Φ100/200V	500	72,591	2.5	
光源棟 (ビーム輸送 トンネルを 含む)	実験系	3Φ400V	500	32,250	1.1	実験設備等
		3Φ200V	300	16,040	0.6	
		1Φ100/200V	500	141,890	0.5	
	建屋系	3Φ400V	300	27,810	0.9	装置冷却水・空調・衛生設備等
		3Φ200V	925	87,166	3.0	
		1Φ100/200V	275	92,764	1.1	
実験研究棟	実験系	3Φ200V	500	9,508	0.3	実験設備等
		1Φ100/200V	500	55,630	1.9	
		3Φ200V	925	160,040	5.5	
	建屋系	3Φ400V	275	241,84	0.8	装置冷却水・空調・衛生設備等
		3Φ200V	275	241,84	0.8	
		1Φ100/200V	275	241,84	0.8	
XFEL-SPring-8 相互利用実験施設	実験系	3Φ200V	500	1,284	0.0	実験設備等
		1Φ100/200V	300	2,910	0.1	
		3Φ200V	500	106,668	3.6	
	建屋系	3Φ200V	500	106,668	3.6	装置冷却水・空調・衛生設備等
		3Φ200V	500	5,011	0.2	
		1Φ100/200V	50	2,937,755	100	
合計			21,250	2,937,755	100	

表 1：平成 24 年 6 月の使用電力量の状況

## 2.3 各施設での使用電力量割合

全体の月間使用電力量である 2,937,755kWh に対して各施設の割合は、加速器棟が 80%、光源棟が 7%、実験研究棟が 9%、相互利用実験施設が 4%であった。加速器棟の最大電力と使用電力量とが、ともに 80%程度となることから、電力の使用形態が日時や加速器の運転状況にあまり関係なく平坦であることがわかる。

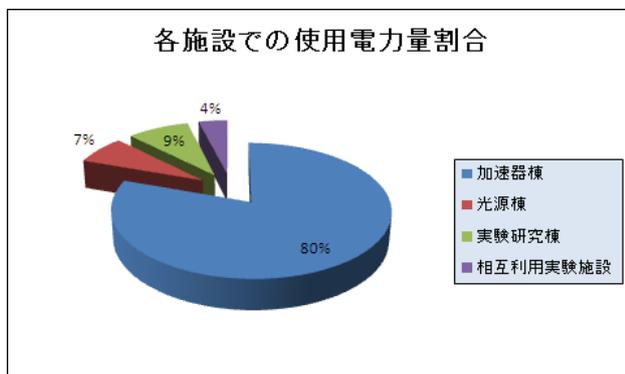


図 2：各施設での平成 24 年 6 月の使用電力量割合

## 2.4 系統・電圧種別による使用電力量割合

各二次変電所からは、加速器本体や実験設備の電源となる実験系統、装置冷却設備や空調設備、給排水衛生設備、照明・コンセント設備の電源となる建屋系統へと給電されている。さらに、建屋系統には一般系統と、停電が発生した場合に非常用発電機により給電する非常用保安系統がある。また、電圧種別には 3Φ400V、3Φ200V、1Φ3 線式 100/200V がある。

配電系統と電圧種別で分類した結果を図 3 に示す。使用電力量が多い順に示すと、全体の使用電力量に対して、実験系 3Φ200V が 37%、建屋系 3Φ200V（ほぼ空調やポンプ動力）が 25%、建屋系 3Φ400V（ほぼターボ冷凍機動力）が 16%の順であった。

変圧器設備容量が最大の 6,000kVA を有する実験系 3 相 400V の使用電力量が 11%と低いのは、このときの加速器設備運転が定格フル出力運転(60pps)ではなく 10PPS 運転であったためである。

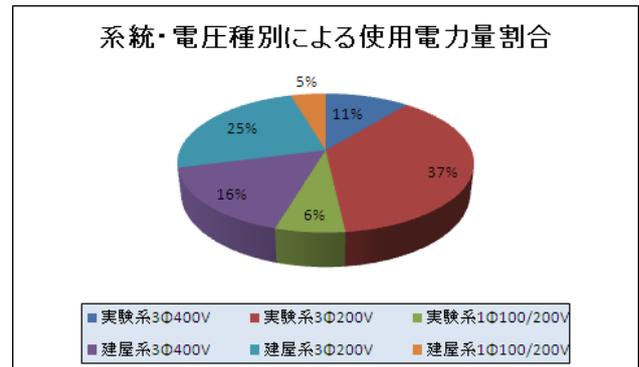


図 3：系統・電圧種別による平成 24 年 6 月の使用電力割合

実験系の使用電力量が 54%に対して、建屋系の使用電力量は 46%となっている。加速器がフル出力運転した場合、実験系 3Φ400V の使用電力が増加し、それに伴って冷却のためターボ冷凍機動力、すなわち建屋系 3Φ400V の使用電力が増加すると予想される。しかしながら、その他の使用電力量は加速器の出力によらずほぼ一定と思われる。加速器がフル出力した場合は、建屋系使用電力はさらに少ない割合となることが予想される。

## 3. 高効率ターボ冷凍機の COP 計測

SACLA においては 700Rt（冷却能力 2450kW）の水冷式インバーターターボ冷凍機が 3 台設置されている。冷熱負荷に応じ 3 台の冷凍機を手動にて台数制御する。この冷凍機で、空調および装置冷却水両方に冷水を供給している。インバーターターボ冷凍機は

負荷追従性が良好で、高効率な運転が可能である。コンプレッサモータをインバータ制御することにより、圧縮比を変えることができるため、製造冷水温度を上げられる場合や、冷却水温度が低くできる冬季や中間季に、また部分負荷運転時に高効率となる。

冷凍機の省エネ性評価に用いられる指標が「COP ; Coefficient Of Performance/成績係数とも言う」である。COP は、製造冷水熱量をそれに要したコンプレッサの電力量で除して求められる。すなわち、COP の数値が高いほど省エネ性も高いと言える。

### 3.1 1次冷水温度の変更

当初、ターボ冷凍機の製造する1次冷水の温度は9℃となるように設定していた。装置冷却水設備は、ターボ冷凍機で製造した1次冷水を2次純水系と熱交換して、±0.1℃に温調された後マシンへと送水している。温度制御は、プレート式熱交換器出口に設置されている1次冷水の比例制御弁で行う。温度制御を安定させるには、比例制御弁開度を10°以上とし、CV値(弁容量)の変化を緩やかにする事が必要である。ところがSACLAは現状10ppsで運転されているため、発熱が小さく、装置冷却水負荷も低い。装置冷却水設備は全出力運転(60pps)に適合するよう設計されたため、10pps運転の時の比例制御弁開度が10°未満となってしまう、冷却水温度が安定しない状況だった[2]。

これを解決するために、1次冷水の温度を上げることを検討した。1次冷水と2次冷却水の温度差が小さくなるため、比例制御弁開度が大きくなり、安定域となることが期待できたからである。さらに、1次冷水温度を高くすればターボ冷凍機のCOPも向上するため、省エネ運転とできる。

しかし、1次冷水は空調と共通になっていることから、多湿季では空調機による除湿が必要となる。除湿をするためには、冷水温度は低くないとしない。そこで室内の温湿度を25.0℃/60%RH以下とする条件で、1次冷水温度を何℃まで上げる事が出来るか検討した。マシンの発熱が小さい場合は除湿が必要であるが、発熱が大きくなるにつれマシン自体が再熱器の役割をするので除湿の必要性が低くなる事がわかった。その結果、熱負荷による台数制御で運転している3台のターボ冷凍機の設定温度を、初期設定の9℃から、発停順に10.5℃、11.0℃、13.0℃に変更する事ができ、装置冷却水の精密温調を満たすとともに、空調空気の湿度担保も実現することができた。

図4は、2012年6月の加速器棟ターボ冷凍機(RT-L-01、RT-L-02、RT-L-03)のCOP(エネルギー消費効率=冷凍能力(kW)÷消費電力(kW))のグラフである。RT-L-03は10.5℃、RT-L-01は冷水温度11.0℃に設定。RT-L-02は熱負荷が軽いため停止していた。RT-L-03がほぼ全負荷運転、RT-L-01が

部分負荷運転となった。凝縮器冷却水温度はいずれも23.0℃前後でのデータである。

冷凍機のカタログデータによると、冷却水温度32.0℃、冷水温度9.0℃の時、全負荷時のCOPは6.34となっている。6月の平均COPはRT-L-01は10.27、RT-L-03は7.86とCOPカタログ値6.34を上まわっていることが確認できた。これは冷却水温度を低く、冷水温度が高くてきたためである。

冬季、中間季にはさらに冷却水温度を下げる事が可能となるので、COP値はさらに向上することが期待される。計画時、冷凍機3台の総合COPは10.00以上を目標としたが、現状の10pps運転においても目標以上の省エネ性能を発揮できると期待している。

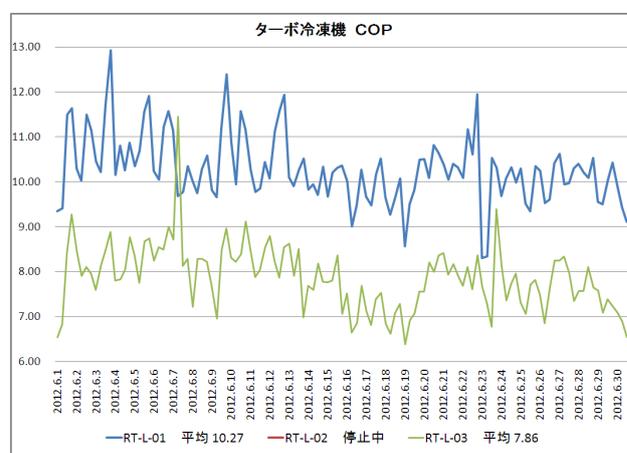


図4：2012.6ターボ冷凍機COP

## 4. おわりに

SACLAはアンジュレータラインが増設されるまで、当面10pps運転を続けると思われる。10pps運転時においても、空調、装置冷却水設備とも必要な温調を行いつつ、省エネルギー運転ができていることが確認できた。特に主たる熱源機器であるインバータターボ冷凍機の総合年間COPを、当初目標とした10以上での運用ができそうである。今後も継続して測定を続け、年間のデータを蓄積していきたい。また、マシン負荷によらず固定的に電力を消費している空調機、ポンプ類について、マシンの安定運転を損なわない範囲で省エネ運用が可能かどうか模索していきたい。

## 参考文献

- [1] 関口他「XFEL交流電源・冷却水設備を建設工事でやってみた」WPCEA03 第6回日本加速器学会年会 平成21年8月5日～8月7日
- [2] 飛永他「SACLA装置冷却水設備の温度制御状況」MOPS157 第8回日本加速器学会年会 平成23年8月1日～8月3日