

D-5

**追加分析対象熱源機の運転状況及び
製品技術資料と運用初期の運転記録から作成した重回帰式の比較**
Additional Analysis of Operation Conditions of Heat Source Equipment and
Comparison of the Electricity Consumption Calculated by Multiple Regression Equations
developed from Product Data and Initial Operation Records

○藤本浩太¹, 井口雅登², 蜂巢浩生²

*Kota Fujimoto¹, Masato Iguchi¹, Hiroo Hachisu²

In this paper, the authors have investigated the operating conditions of module chillers additionally and compared the electricity consumption calculated by multiple regression equations developed from product data and initial operation records. The results of the analysis of the operating conditions showed that fluctuations in outdoor temperature had an impact on power consumption. The calculated power consumption agreed well with recorded values using an equation developed from the initial operation records, on the opposite, separated into three sets using an equation developed from the product data. It is necessary to consider the operating conditions of each unit to calculate the power consumption of modular chillers.

1. はじめに

建築設備は建物よりも耐用年数が短いことが一般的であり、建築の継続的運用にあたっては適切な維持管理を行っていく必要がある。既報^[1]では、運用途中よりBEMSが導入された熱源機を対象として、製品技術資料を基準とした性能評価法について検討を進めてきた。本報では追加分析対象の熱源機について、運転状況の分析とともに、製品技術資料より作成した重回帰式と運用初期のBEMSデータより作成した重回帰式を用いた計算結果の比較を行った。

2. 分析対象

分析対象は対象建物（以降、S地点）に設置されたターボ冷凍機2台（以降、RC-1-1、RC-1-2）、モジュールチラー4台（以降MRC-1-1、MRC-1-4、MRC-1-5、MRC-1-6）である。各熱源機の仕様を表-1に示す。S地点は冷房負荷が支配的であるため、MRC-1-6以外の5機は冷房専用機となっている。建物運用開始時よりMRC-1-1が常時運転、MRC-1-4、MRC-1-5、MRC-1-6の3機が蓄熱用の夜間運転を行っており、2022年2月より

RC-1-1、RC-1-2をメインとした運用へと変更が行われた。本報では運転期間が長く、製品技術資料^[2]に運転性能の記載があるMRC-1-4とMRC-1-5について、運転状況の分析と重回帰式の作成及び比較を行った。分析には2012年2月より記録されているBEMSデータと熱源機の仕様書及びメーカーより公開されている技術資料を用いる。

表-1 S地点熱源機の仕様

	RC-1-1, RC-1-2	MRC-1-1	MRC-1-4, MRC-1-5	MRC-1-6 (冷房時)
形名	AART-60I	RUA-TBP0603LNKV-A	RUA-TBP0603LKV-A	RUA-SP241HK2
電源	200V 50Hz	400V 50 Hz	400V 50Hz	200V 50 Hz
冷却能力	2215.3 kW	214 kW	181 kW	170 kW
冷水入口温度	17 °C	17 °C	15 °C	17 °C
冷水出口温度	7 °C	7 °C	5 °C	7 °C
冷水流量	190.3 m ³ /h	18.48 m ³ /h	15.6 m ³ /h	14.64 m ³ /h
外気温	—	35°C	35°C	35°C

3. 運転状況分析

図-1にMRC-1-4の消費電力と外気温の時系列変化を示す。なお、消費電力はモジュールごとの消費電力を合計したMRC-1-4全体での消費電力となっている。グラフの作成にあたっては以下の条件により精査した

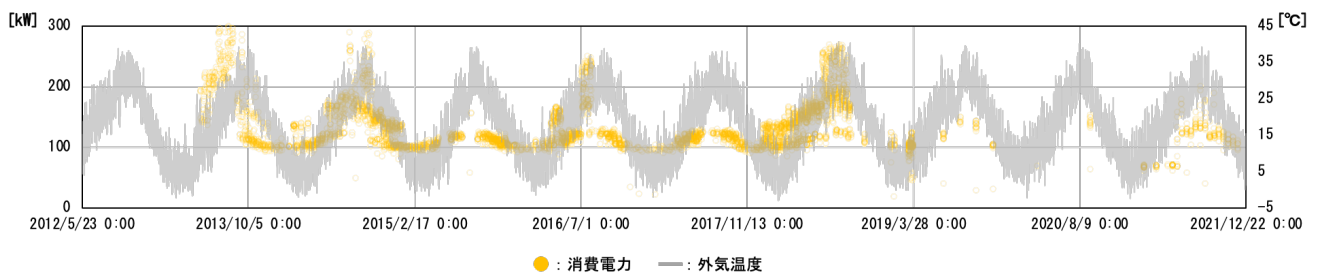


図-1 MRC-1-4 消費電力と外気温の時系列変化

1 : 日大理工・修士・建築 2 : 日大理工・教員・建築

データを用いた。

- (1) 消費電力が0kW より大きい
- (2) 積算熱量が0kW より大きい
- (3) 冷水出入口温度差5℃以上

冷水出入口温度、積算流量、積算熱量については運用期間全体を通しておよそ一定の値であったが、図-1より消費電力には外気温度と同様の周期性が見られ、外気温度の変動の影響が表れていることがわかる。MRC-1-5もこれと同様の傾向であった。

4. 重回帰式の作成

MCR-1-4、MRC-1-5の製品技術資料と運用初期で一年を通した運転記録が得られている2013年のBEMSデータを用いて消費電力を求める重回帰式を作成した。重回帰式の作成に用いた能力表を表-2に示す。重回帰式の構成は既報^[3]と同様、説明変数とした冷却能力、冷水出口温度、外気温度それぞれの二乗項と交差項を加えたものとした。重回帰式の構成を式(1)に示す。式(1)より、変数増減法により有意性の高い変数を取捨選択して重回帰式を作成した。変数の取捨選択の結果、採用となった変数を表-3、式と決定係数を表-4に示す。

表-2 能力表

外気温度DB [°C]		25	30	35	40	43	
冷水出口温度	5	冷却能力[kW]	191	181	170	157	150
		消費電力[kW]	39.6	43.6	48.2	53.4	56.6
	7	冷却能力[kW]	202	191	180	167	159
		消費電力[kW]	40.4	44.4	49.0	54.2	57.6
	9	冷却能力[kW]	212	202	190	177	170
		消費電力[kW]	41.2	45.2	49.8	55.0	58.2
	12	冷却能力[kW]	230	218	206	193	184
		消費電力[kW]	42.4	46.4	51.0	56.2	59.6
	15	冷却能力[kW]	248	236	222	208	199
		消費電力[kW]	43.6	47.6	52.2	57.4	60.8
	20	冷却能力[kW]	260	248	234	218	210
		消費電力[kW]	44.6	48.6	53.2	58.2	61.6
25	冷却能力[kW]	260	248	234	218	210	
	消費電力[kW]	44.6	48.6	53.2	58.2	61.6	

$$E_0 = \alpha_1 Q + \alpha_2 t + \alpha_3 t_0 + \alpha_4 Q^2 + \alpha_5 t^2 + \alpha_6 t_0^2 + \alpha_7 Q t + \alpha_8 Q t_0 + \alpha_9 t t_0 + \beta \dots \dots (1)$$

E_0 : 消費電力[kW] Q : 冷却能力[kW] t : 外気温度[°C]
 t_0 : 冷媒出口温度[°C] $\alpha_1 \sim \alpha_9$: 係数

表-3 採用した説明変数

	Q	t	t ₀	Q ²	t ²	t ₀ ²	Q・t	Q・t ₀	t・t ₀
技術資料	○			○	○		○		
MRC-1-4		○		○		○	○	○	○
MRC-1-5		○	○	○		○	○	○	○

表-4 作成した重回帰式と決定係数

	式	決定係数
製品技術資料	$E_0 = 17.68 \times 10^{-5} \cdot Q - 7.624 \times 10^{-10} \cdot Q^2 + 0.01541 \cdot t^2 + 2.275 \times 10^{-6} \cdot Q \cdot t + 22.57$	0.99983564
MRC-1-4	$E_0 = 22.11 \cdot t_0 + 1.27 \times 10^{-4} \cdot Q^2 + 0.1332 \cdot t^2 + 6.241 \times 10^{-3} \cdot Q \cdot t - 0.01566 \cdot Q \cdot t_0 - 0.8639 \cdot t \cdot t_0 - 27.23$	0.993623
MRC-1-5	$E_0 = -5.095 \cdot t + 17.61 \cdot t_0 + 1.280 \times 10^{-4} \cdot Q^2 + 0.1305 \cdot t^2 + 8.506 \times 10^{-3} \cdot Q \cdot t - 0.02127 \cdot Q \cdot t_0 - 0.3392 \cdot t \cdot t_0 - 27.65$	0.99168559

5. 重回帰式の計算結果の比較

作成した重回帰式にBEMSデータより変数を代入して求めた計算結果(以降、計算値)とBEMSデータの記録値(以降、記録値)の関係を図-2に示す。なお、能力表は1ユニット単位であったため、製品技術資料より作成した重回帰式の計算結果に実際の設置ユニット数分の6を乗じて計算値とした。また、グラフの作成には精査後のデータを用いた。図-2より、運用初期の運転データより作成した重回帰式の計算値は記録値とほぼ同値となっている。対して、製品技術資料より作成した重回帰式の計算値と記録値の関係においては3つのプロットの集合が顕れている。これは、前述の通り、能力表が1ユニット単位であるのに対し、記録値が6ユニットの合計値であることにより、モジュールの運転台数等の項目が計算値に反映されていないことが原因ではないかと考えられる。

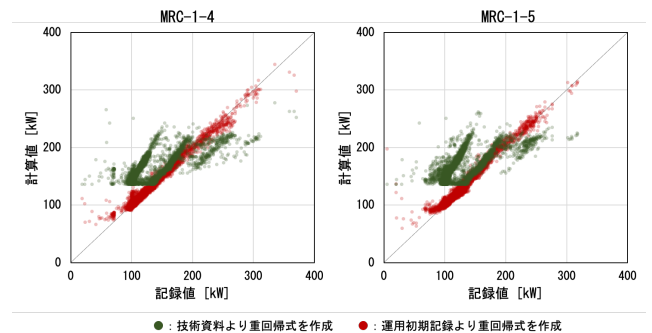


図-2 重回帰式の計算結果の比較

6. まとめ・今後の検討

本報では、既報で検討した性能評価法に分析対象を追加するにあたり、運転状況の分析と、製品技術資料と運用初期のBEMSデータから作成した重回帰式の計算結果の比較を行った。今後は重回帰分析を用いた製品技術資料からの熱源機の性能評価法について引き続き分析を進めるとともにこれまで分析してきた熱源機の分析結果との比較を行っていききたい。

謝辞

本論文を作成するにあたり、データを提供いただきました東京電力ホールディングス(株)の皆様へ深く感謝いたします。

7. 参考文献

- [1] 藤本浩太:「高経年化空調機器の稼働状況の分析と熱源機の性能低下率の試算」, 空気調和・衛生工学会論文集掲載予定
- [2] 東芝キャリア株式会社 RUA-TBP0603LV-A 技術資料
<https://www.toshiba-carrier.co.jp/spec/dl/?oid=127748&unitName=RUA-TBP0603LV-A>
- [3] 藤本浩太:「熱源機の性能低下率算出精度向上のための新たな重回帰式の検討」, 第65回日本大学理工学部学術講演会 2021.12