

FTE 新入社員課題報告書

本社屋上室外機における 散水システム導入および比較検討

○高橋 京佑, 小坂 丞, 仲野 茂翠, 設樂 日和, 吉岡 拓海, 渡辺 夏芽,
中村 天音, 塚田 浩貴, 青木 昇, 吉川 唯希, 佐藤 央都, 阪田 悠

Introduction and Comparison of Watering System for Condensing Unit on the office rooftop

○ KEISUKE Takahashi, TASUKU Kosaka, MOTOAKI Nakano, HINOWA Shidara, TAKUMI Yoshioka, NATSUME Watanabe,
AMANE Nakamura, HIROTAKA Tsukada, NOBORU Aoki, ITSUKI Yoshikawa, HIROTO Sato, YU Sakata

Abstract :

1. 序論

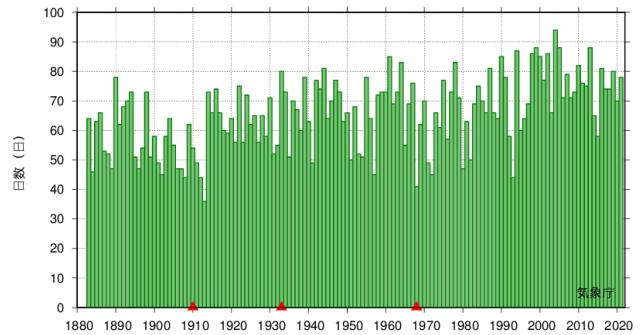
1.1 背景

近年, 地球温暖化の影響のため, 日本全国の気温は上昇傾向にあり, 2021 年の大坂府の年間平均気温は 1883 年に比べ 2.5°C 上昇している [1]. さらに, 2021 年の真夏日と猛暑日の合計日数は, 2014 年の 65 日に比べ 13 日増加, 猛暑日に関しては 8 日増加しており [2], 1880 年からの真夏日および猛暑日の長期的推移を見ると増加傾向である (Fig. 1).

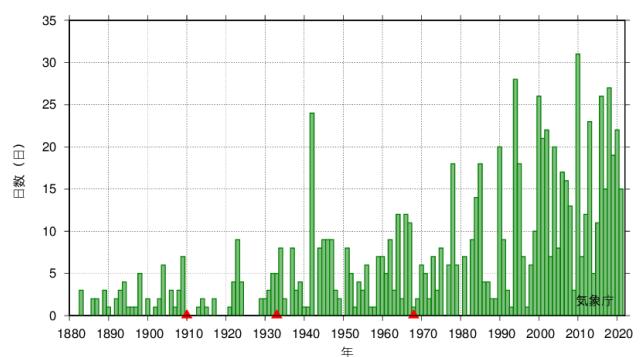
気温上昇に伴う問題点として, 空調による電力量の増加が懸念される. 一般に空調機器は室内機と室外機に分類されており, 冷房時において, 室外機は圧縮・凝縮, 室内機は蒸発・膨張の行程をそれぞれ担っている. 室外機は高圧化した冷媒ガスを外気と熱交換させることで凝縮させ, 室内機では, 膨張した冷媒液を室内的空気と熱交換させて冷媒の潜熱を利用して冷却する.

ここで, 室外機吸い込み側空気, つまり外気温度が上昇すると, それに付随して凝縮温度が高くなる. それにより冷却能力は小さくなり, 圧縮機駆動の駆動力が大きくなるため, 結果的に成績係数が小さくなる. したがって, 同じ冷凍能力を出すためには消費電力が大きくなる. さらに, 空冷機の冷却温度は外気温度マイナス 10°C が目安とされており, 猛暑日になると室内が十分に冷えなくなるや高圧化防止のため運転が停止されるなどの問題もある.

これらの問題を防止するために自動散水機などの導入が挙げられる. [7] によると, 散水装置を利用した食品メーカーの経済効果試算では使用電力量は約 -7% , 電気料金は約 -13% の削減率が見込める結果となっている.



(a) 大阪 真夏日



(b) 大阪 猛暑日

Fig. 1: 真夏日および猛暑日の年間日数 1883-2021 年 [3]

実際に外気温 30°C , 相対湿度 50% の環境下で簡易的な散水をしながら電力量を計測した. その対照実験の計測環境は Table. 1 のとおりである. Fig. 2 に示すように, 実験 2 (散水あり) の電力量は実験 1 (散水なし) のそれと比較して小さくなっていることが分かる.

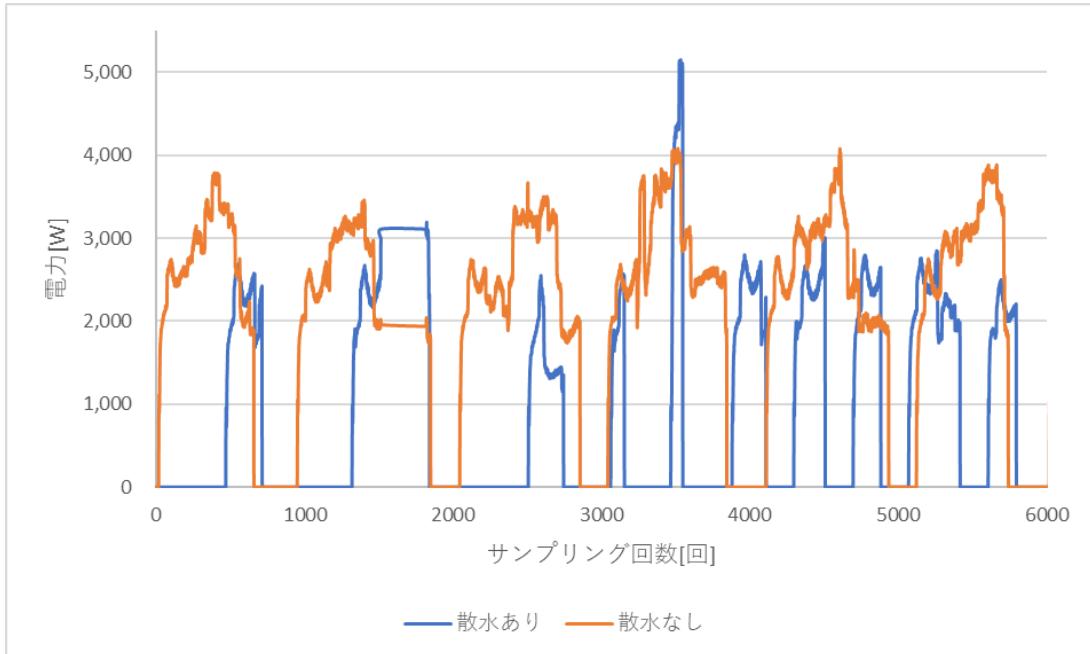


Fig. 2: 散水の有無による電力量の比較

Table 1: 計測環境

	外気温 [°C]	湿度 [%]	設定温度 [°C]	気候
実験 1	34.3	48.0	27.0	晴れ
実験 2	32.9	58.9	27.0	曇り

実験 1.2 散水あり (手動)

実験 1.3 散水あり (自作)

実験 1.4 散水なし (雨天)



Fig. 3: 室外機 PUHY-EP355DMG9

1.2 目的

1.1 節より、室外機において散水システムの導入が効果的であるという事が分かった。そこで本研究では、散水システムの導入に伴い自作散水システムや市販の機器など様々な条件で比較検証を行い、電気代および水道代とのコストバランスを考慮しながら、最適な散水システムを検討することを目的とする。

2. 調査内容

本章では本研究で行った計測のための調査内容について説明する。

本研究で調査対象とした室外機はビル用マルチエアコンである三菱社 PUHY-EP355DMG9[4] を採用した (Fig. 3, Table. 2)。この室外機に散水の有無など、以下の 4 条件に分けて計測を行っていく。

実験 1.1 散水なし

Table 2: 室外機仕様 (冷房時)

PUHY-EP355DMG9

電源	3 相 200V
能力	33.5 kW
消費電力	10.7 kW
冷媒	R410

また、計測時間は日中で最も気温が高くなる 13 時から 15 時までの 2 時間とし、データログを取れるもの以外のパラメータは 10 分ごとに計測するとした。

2.1 自作散水システム

本節では、計測実験の比較対象として自作する散水システムの概要について説明する。屋上にある蛇口からホースと塩化ビニル管を結合させて室外機まで通し、散水ノズルを凝縮器側に左右3個ずつ計6個を設置した(Fig. 4)。



Fig. 4: 散水システム

2.2 計測

実験で計測するパラメータは以下の通りである。

- ・ 外気環境(気温、相対湿度、風速)
- ・ 凝縮器入口温度(2箇所)
- ・ 凝縮器出口温度(2箇所)
- ・ 室外機(圧縮機運転状況)
- ・ 電気系(電流、電圧、電力量)
- ・ 散水系(水温、散水流量)
- ・ 室内系(設定温度、温湿度)

これらのパラメータを各実験で比較、得られた電力量の差について考察していく。

3. 結果

各条件での計測結果はTable. 3に示す通りである。

各計測実験での電力量との推移はFig. 2に示す。

従量電気料金を25円として見積もった際の各実験における2時間でかかった電力量および電気代はTable. 4およびFig. 5に示す。

Table 3: 実験の計測環境及び結果

計測日	気温 [°C]	湿度 [%]	気候	設定温度 [°C]
7/13	34.3	48.0	晴れ	26 - 27
7/15	32.9	58.9	曇り	27.0
7/19	27.9	82.8	雨	27.0
7/23	33.2	43.4	晴れ	27.0
7/21	32.1	58.4	曇り/雨	27.0
7/25	36.5	42.2	晴れ	25.0
7/26	37.5	41.0	晴れ	25.0
7/29			晴れ	25.0

Table 4: 2時間あたりの電力量およびその他比較指標

計測日	外気 h [kJ/kg]	消費電力 [kWh]	電気代 [円]	変化率 [%]
<i>27 °C</i>				
7/13	76.5	4.24	118	—
7/15	80.9	1.66	42	35.6
7/19	78.4	2.88	72	61.0
7/23	66.2	0.72	18	15.3
7/21	77.5	1.04	26	22.0
<i>25 °C</i>				
7/25	78.5	3.12	80	—
7/26	80.6	4.45	112	140
7/29				

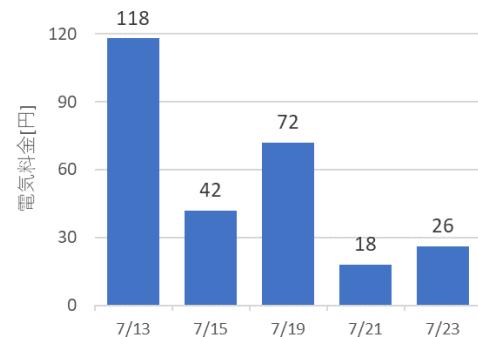
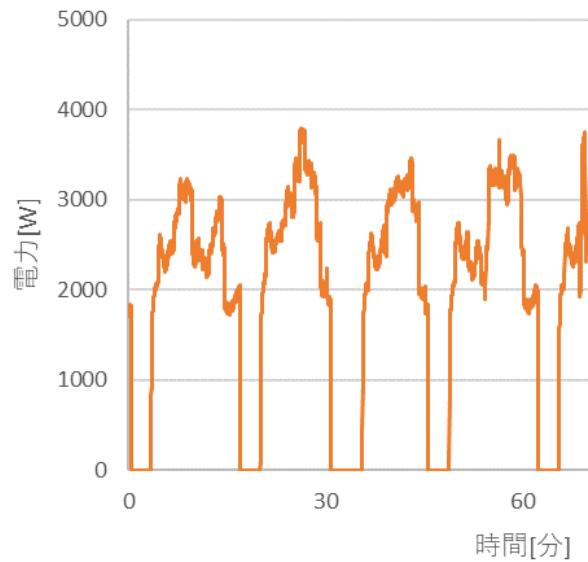
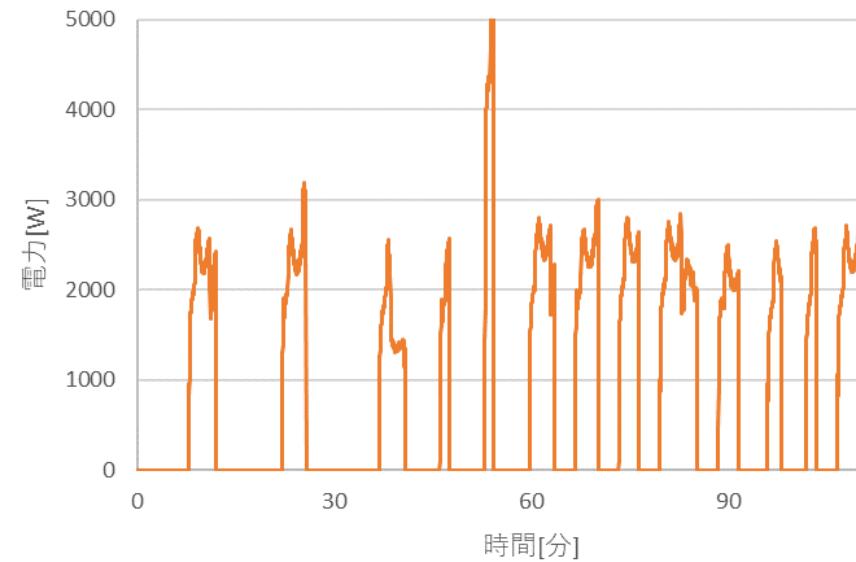


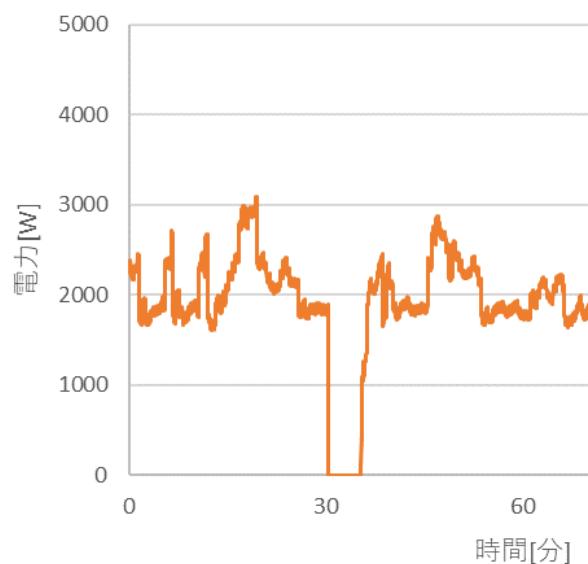
Fig. 5: 電気料金比較 (実験グループ1)



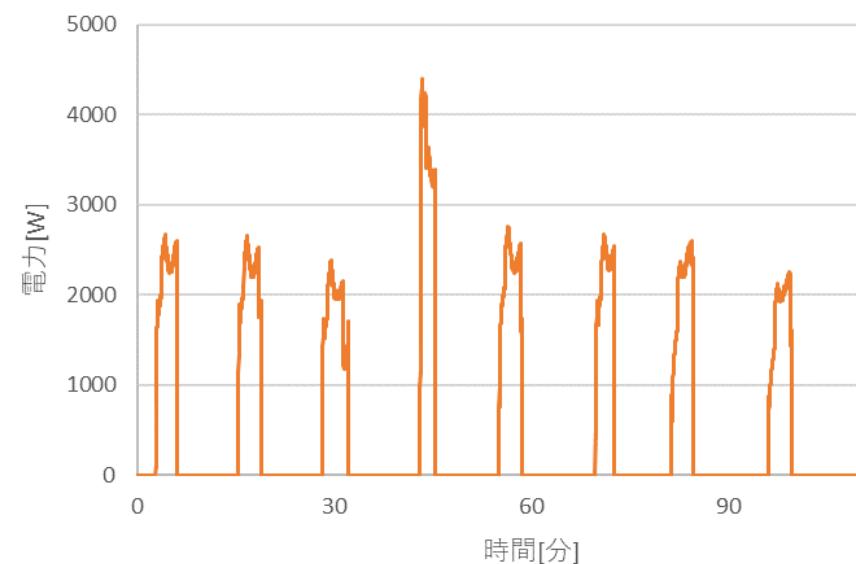
(a) 7/13 (27 °C 散水なし)



(b) 7/15 (27 °C 手動散水)

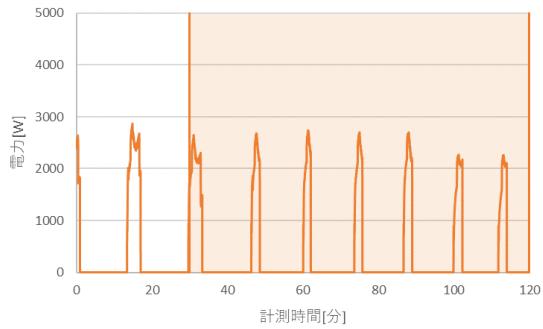


(c) 7/19 (27 °C 雨天)

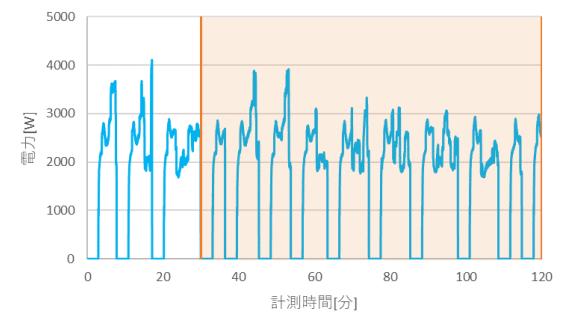


(d) 7/21 (27 °C 手動散水)

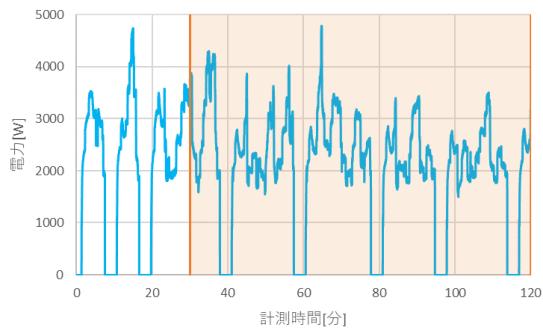
Fig. 6: 電力量推移と散水タイミング (1 of 3)



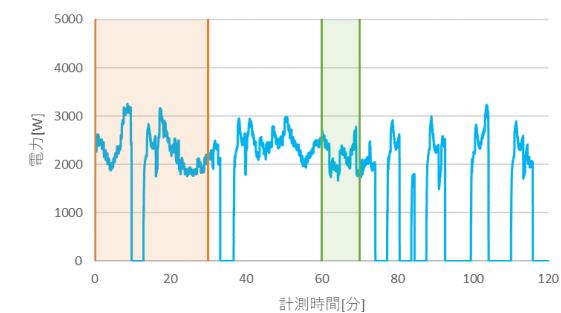
(a) 7/23 (27 °C 手動散水)



(b) 7/25 (25 °C 散水なし)

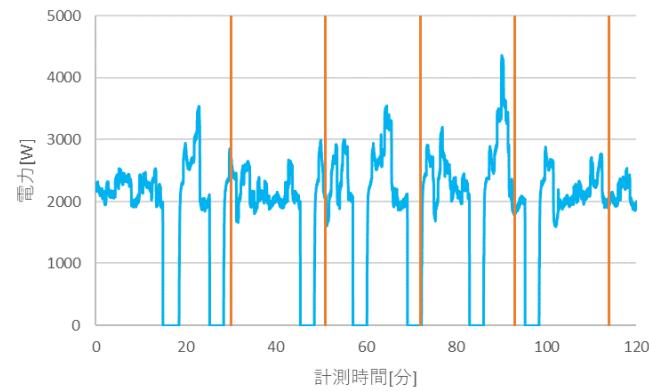


(c) 7/26 (25 °C 自動散水)

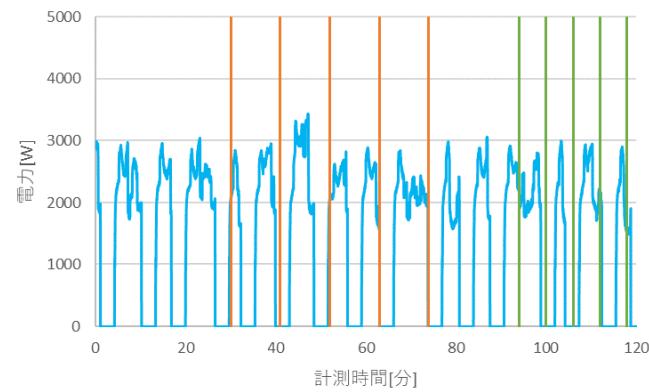


(d) 7/28 (25 °C 自動散水)

Fig. 7: 電力量推移と散水タイミング (2 of 3)



(a) 7/29 (25 °C 自動散水)



(b) 8/3 (25 °C 自動散水)

Fig. 7: 電力量推移と散水タイミング (3 of 3)

4. 考察

(挿入したグラフ)に示す通り、散水した場合は最大消費電力および運転時間が小さくなっている事が分かる。Fig. 5から、実験1に比べた消費電力の減少率は、実験2で約60%、実験4で約32%減少することが分かった。これらの値は外気環境が異なるため、正当性の評価としては難しい面があるが、大まかな比較として電力量が減少していることが分かる。

また、散水ありの場合でも、手動で行った場合と自動機器を用いて散水した場合では○○%減少率に偏差が生まれた。これは散水量と散水範囲の違いも考慮できるが、大部分は、紙コップで散水したのに対し、ノズルによる散水は粒子の大きさが小さいために水の潜熱による凝縮器吸込温度の低下が効率良く行えたことによるものが大きいと考えられる。今回手動の散水では約○○Lの水を1分間かけて散水するのを2回行ったが、十分効果があるため、機器の導入が難しい場合であっても有効な手段であると考える。しかし、散水は炎天下のなか行う場合が多いため、担当者の負担と人的コストと考慮すると賢明な判断とは言い難い。

本州などの比較的平均気温の高い地域では、導入におけるイニシャルコストは約○○ヶ月で償却できるであろう。

4.1 グラフによる考察

Fig. ??に示すように散水を停止した時間に好成績を収めている。これはフィンに付着した水滴が蒸発した潜熱によるもの、或いはファンが吸い込んだ内側の水滴が蒸発したためであると考察する。ここで、1分間の散水量は約450mlであり

一見、一貫性がなく見えるが散水タイミングと圧縮機の運転ピークの始まりと終わりのタイミングに相関あるように見受けられる。これは散水タイミングと合わせると潜熱を使い切った状態である。

5. 結論と今後の課題

本章では計測結果およびSection 4.からの考察を総括した結論を示す。

雨天時や長時間散水の計測結果から、継続的な散水はフィンに水滴が付着することにより熱交換が阻害されることがわかった。また、水滴の蒸発速度はその半径に概ね比例する。これらのことから、散水時間を断続的にする、散水粒子の半径を小さくする、散水角度などによる散水方法の工

夫が必要である。また、散水時間を短くすると蒸発速度が速くなるので散水回数の考慮が必要であるが、今回の計測装置の条件では15分に1回程度が適正であった。

5.1 今後の課題

[7] スケール対策

参考文献

- [1] 国土交通省、気象庁、大阪府 日最高気温の月平均値、https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/monthly_s3.php?prec_no=62&block_no=47772&year=&month=&day=&view=a2
- [2] George's Web Sites、大阪府-大阪市の気温に関する統計情報、http://www.tvg.ne.jp/george/weather/gw_stat_temp.html?city=oosaka
- [3] A-PLAT 気候変動適応プラットフォーム、気候変動の観測・予測データ、大阪府観測データ、https://adaptation-platform.nies.go.jp/map/Osaka/index_past.html
- [4] 三菱電機、暮らしと設備の業務サイト WIN2K、ビル用マルチエアコン 室外ユニット PUHY-EP335DMG9、<https://www.mitsubishielectric.co.jp/ldg/wink/ssl/displayProduct.do?pid=317186&ccd=2020121158>
- [5] ”エアコン室外機への散水による省エネ効果の実験結果”, 総合技術センター計測・制御技術分野 飯田仁
- [6] 資源エネルギー庁, ”2. 夏の節電生活の基本を知っておく”
- [7] ”空調室外機散水システム（Eミズシャワー）による節電・CO₂削減”, 綿部智一, 中塚修志, ダイセン・メンブレン・システムズ株式会社技術開発センター