

オフィス環境を対象とした環境創造技術に関する研究

(その6) 運転データに基づく並列型潜顕分離空調機の性能評価

STUDY OF TECHNOLOGY TO ACHIEVE THE OPTIMAL OFFICE ENVIRONMENT

Part6 Performance evaluation of air conditioning systems with parallel coils for sensible heat and latent heat separation based on operation data

浅野 涼太*1, 村江 行忠*2, 竹中 優揮*3
 Ryota ASANO, Yukitada MURAE and Yuki TAKENAKA

In recent years, there has been a demand for comfortable indoor thermal environments that also conserve energy. With the reduction of the sensible heat load due to a high performance which is achieved in heat insulation and airtightness for low-load building exteriors, if neither the sensible heat load nor the latent heat load can be properly adjusted, the indoor thermal environment may deteriorate. In this study, we adopted an air conditioning system with parallel coils for sensible heat and latent heat to reduce the installation area of air conditioners and evaluated operation data. The results are follows,.

- 1) Stable temperature and humidity control could be achieved by an air conditioning system which separated latent heat and sensible heat.
- 2) When operating an air-conditioning type which separates latent heat and sensible heat, the amount of heat processed by the latent heat coil increased due to warm-up control operation. In order to achieve energy-conservation operation, it is necessary to efficiently handle the heat load with a sensible heat coil.

Keywords : Office Building, Air Conditioning System with Parallel Coils for Sensible Heat and Latent Heat, Changing Heat Load, Sensible Heat Load, Latent Heat Load, Processed Heat Load by Cold Water
 オフィス建築, 潜顕分離空調方式, 熱負荷変動, 顕熱負荷, 潜熱負荷, 冷水熱量

1. はじめに

実証建物において2017年4月から運用を始め、2020年10月まで各種環境技術を検証した¹⁾。近年、省エネルギーかつ快適な室内温熱環境を求められているが、低負荷外装建築の高断熱高气密化による顕熱負荷の低減に伴い、在室者等による潜熱負荷の割合が高くなるため、良好な室内環境を維持するためには顕熱負荷だけではなく潜熱負荷を適切に処理する必要がある。

潜熱処理にあたり、顕熱処理コイルと潜熱処理コイルを有する空調機（以下、潜顕分離空調機）の採用が有効であるが、一方で設置面積を要するという課題もある。本施設ではオフィス建築を想定し、2つの潜熱処理コイルを並列に配置した並列型潜顕分離空調機（図1）を採用し、約20%の省スペース化を図った。本報では並列型潜顕分離空調機の運転データに基づく検証結果について報告する。

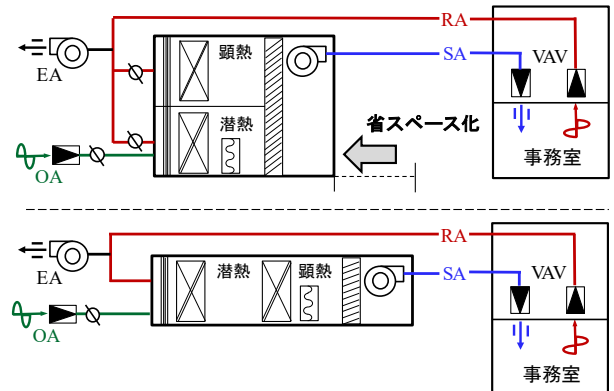


図1 潜顕分離空調機概要図(上.並列型 下.直列型)

2. 概要

2.1 空調方式概要

本施設は1階と2階で異なる空調方式を採用しており、表1に空調能力を示す。1階事務室は熱源として空冷式チラーを用いたエアハンドリングユニットの一般空調方式を採用している。2階事務室は1階と同様、熱源として空冷式チラーを用いており、大規模オフィス建築の熱源の効率運転を想定して、低温冷水で外気潜熱を処理し、中温冷水で顕熱を処理する潜顕分離空調方式を採用した。運転条件については、在室開始想定時刻の1時間前からウォーミングアップ運転を実施しており潜顕分離空調方式のウォーミングアップ運転

*1 戸田建設(株)技術開発センター-修士 (工学)

*2 戸田建設(株)技術開発センター-工学修士

*3 戸田建設(株)技術開発センター

時は外気導入ダンパを閉、潜熱コイル側還気ダンパを開、在室開始時に外気導入ダンパを開、潜熱コイル側の還気ダンパを閉に制御した。外気量は各方式それぞれ1260CMH(1フロアに3室あり、1室あたり420CMH)に設定した。

2.2 実験概要

図2に各測定室の内部発熱機器及び加湿機の設置状況と空調吹出口位置を示す。人体発熱を模擬するため、顕熱分として電気毛布(1台あたり88W)を使用しており、在室者14人(1人あたり60W)を想定し

Technology Development Center, TODA CORPORATION, M.Eng.

Technology Development Center, TODA CORPORATION, M.Eng.

Technology Development Center, TODA CORPORATION

10 枚設置した。上記にあわせて、14 人分の潜熱負荷(一人当たり 80L/h)を想定し、加湿能力 280mL/h を 3 台、加湿能力 320mL/h を 1 台使用した。また、機器発熱は 40W/m²程度を想定し、1000 W のパネルヒータを 3 台設置した。内部発熱と加湿機の稼働時間(在室想定時間)は 9:00-18:00 とし、電源 ON,OFF をスケジュールタイムで管理した。

これら全ての機器を稼働(負荷 100%)した日を Case1, 9:00-10:00 と 15:00-18:00 に負荷 100%とし、10:00-15:00 に電気毛布 5 台とパネルヒータ 1 台、加湿能力 320mL/h の加湿機 1 台のみ稼働(負荷 36%)した日を Case2 とし、内部発熱量及び加湿量を変動させた測定を実施した。空調設定を表 2 に示す。空調時間はウォーミングアップ運転を含めて 8:00-18:00 とし、一般空調方式は設定温度 26°C、相対湿度を成行きとし、潜熱分離空調方式は設定温度 26°C、相対湿度 50%RH に設定した。室内空気温度及び相対湿度は室内中央付近 FL+1500 mm を測定しており、中央監視盤にて 1 分毎に記録している。また、各空調方式の消費熱量は 3.3 に後述する方法で評価した。

2.3 外装概要

既報²³⁾の外装熱性能評価でも報告したが、本施設は図 3 表 4 に示すように事務室毎に異なった外装をしている。外装はそれぞれ、奥行 690 mm の 2 層吹抜のダブルスキン、幅 1.2m の 2 層吹抜の奥行 385 mm のダブルスキン(薄型ダブルスキン)と幅 0.6m のパネル部(アルミ板 2.0 mm+吹付ロックウール 25 mm)の合計 1.8m 幅×4 グリッド、長さ 1.5m の庇と縦ルーバーの付いたバルコニーの 3 種類となる。

3. 測定結果

3.1 室内温湿度

夏期の外気温度が高温の日を対象とし、Case1 の測定を 2020 年 8 月 18 日、Case2 の測定を 2020 年 8 月 17 日に実施した。

Case1 について、図 4.5 に室内温度変動、図 6.7 に室内相対湿度変動を示す。外装仕様が異なるため、空調開始時の温度が各室で異なるが、9 時以降は一般空調方式の事務室 1,2 は 27°C、事務室 3 は 26°C 程度で推移しており、潜熱分離空調方式では事務室 4,5,6 とともに 26°C 程度で推移した。

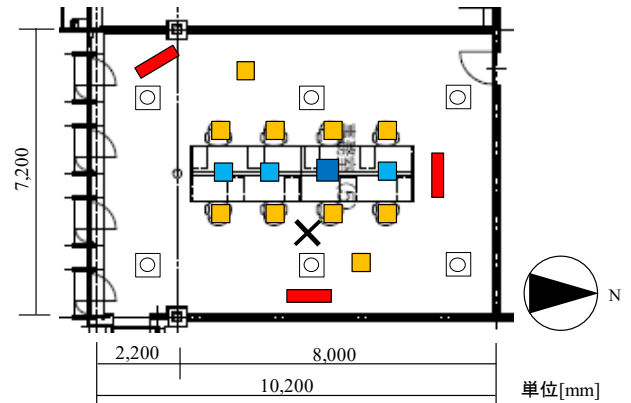
また、相対湿度は、一般空調方式では 50~65%RH で変化しながら推移していたのに対し、潜熱分離空調方式では設定湿度 50%で安定しており、室内温度も一定であったことから良好な制御が実施されていた。

Case2 について、図 8.9 に室内温度変動、図 10.11 に室内相対湿度変動を示す。一般空調方式では事務室 1,2,3 とともに負荷 100%時は 26~27°C、負荷 36%時は設定温度 25°C程度で安定していた。潜熱分離空調方式では事務室 4,5,6 とともに負荷 100%時は 25~26°Cで推移し、負荷 36%時は各事務室において 10 時~11 時に室内温度 25.3°Cに低下するものの、15 時までには設定温度 26°C程度で安定しており、両空調方式ともに良好な温度制御が実施されていた。

また、相対湿度について、一般空調方式で負荷 100%時は 60~65%RH、10 時~15 時の負荷 36%時は 60%RH で推移していたのに対し、潜熱分離空調方式では負荷 100%時は 50%RH 程度、負荷 36%時では設定湿度 50%RH よりも低い 40%RH 程度で推移していた。

表 1 空調能力

空調方式	冷却能力	
	1F 一般空調	39.9kW
2F 潜熱分離空調	顕熱コイル	17.6kW
	潜熱コイル	30.2kW
熱源冷水温度		低温側 7°C 高温側 12°C



×	: 温湿度測定点	■	: 電気毛布(88W/台)	■	: パネルヒータ
○	: 空調吹出口	■	: 加湿機(280mL/h)	■	: 加湿機(320mL/h)

図 2 測定機器設置平面図

表 2 空調設定

空調方式	事務室	設定温度	設定湿度
1F 一般空調	1,2,3	26°C	成行き
2F 潜熱分離空調	4,5,6	26°C	50%RH

表 3 発熱スケジュール

	9:00-10:00	10:00-15:00	15:00-18:00
Case1	負荷 100%		
Case2	負荷 100%	負荷 36%	負荷 100%

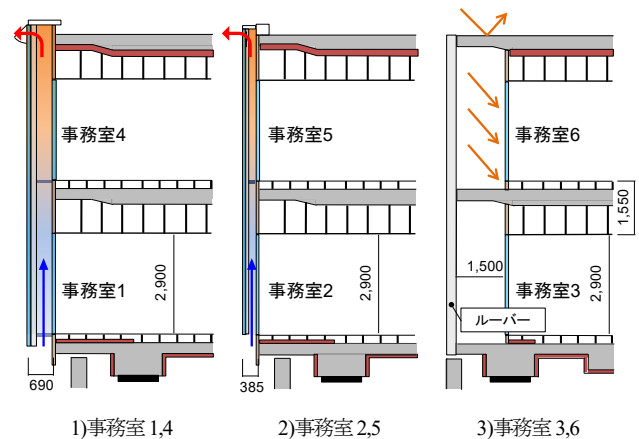


図 3 南面外装概要

表 4 建物南面外装

事務室	外装仕様	奥行
事務室 1,4	ダブルスキン(2層吹抜)	0.69m
事務室 2,5	薄型ダブルスキン(2層吹抜)	0.385m
事務室 3,6	バルコニー+縦ルーバー	1.5m(庇)

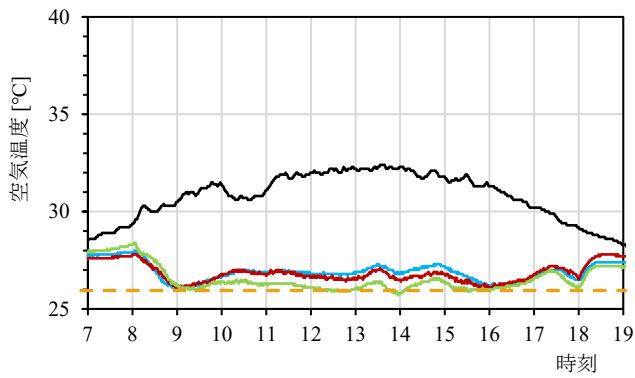


図 4 Case1:1 階事務室内温度変動(2020 年 8 月 18 日)

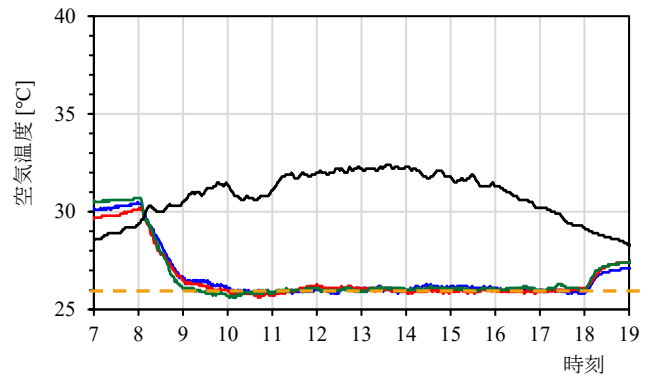


図 5 Case1:2 階事務室内温度変動(2020 年 8 月 18 日)

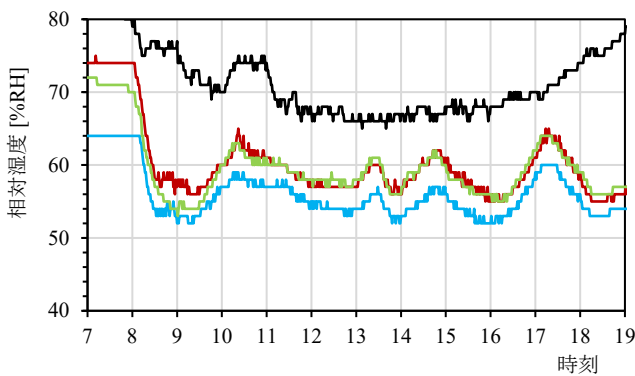


図 6 Case1:1 階事務室内相対湿度変動(2020 年 8 月 18 日)

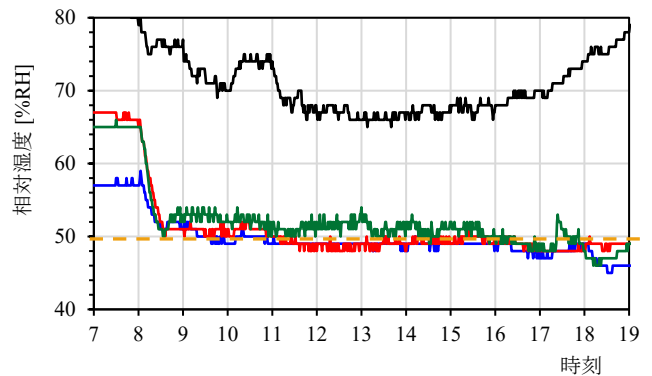


図 7 Case1:2 階事務室内相対湿度変動(2020 年 8 月 18 日)

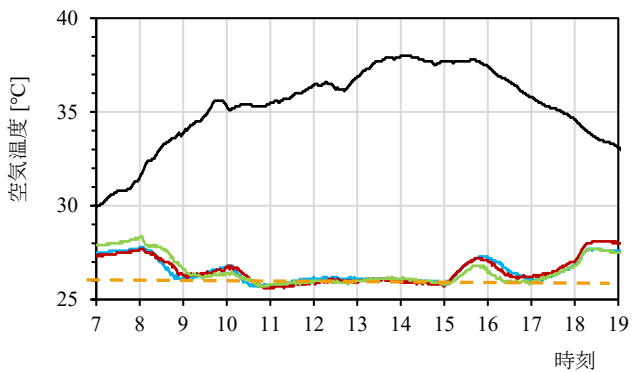


図 8 Case2:1 階事務室内温度変動(2020 年 8 月 17 日)

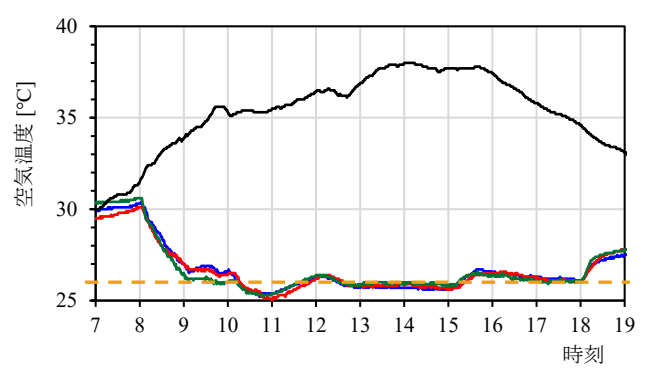


図 9 Case2:2 階事務室内温度変動(2020 年 8 月 17 日)

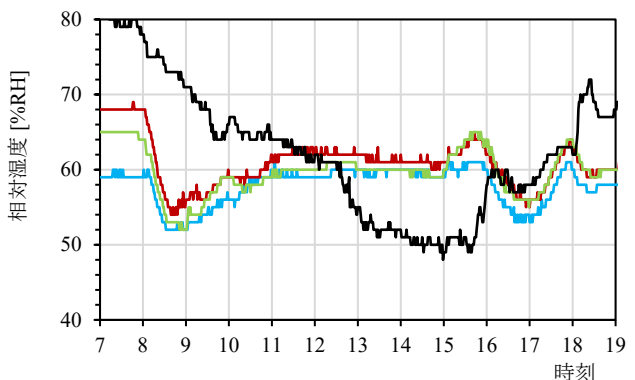


図 10 Case2:1 階事務室内相対湿度変動(2020 年 8 月 17 日)

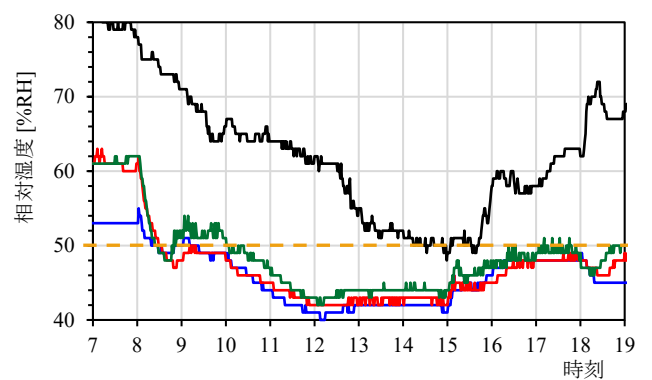


図 11 Case2:2 階事務室内相対湿度変動(2020 年 8 月 17 日)

3.2 室内露点温度

測定した空気温度と相対湿度を用いて、式(1)~(3)により室内露点温度を算出した。

$$Es = 6.1078 \times 10^{\frac{7.5T}{T+237.3}} \quad (1)$$

$$E = Es \times \frac{\phi}{100} \quad (2)$$

$$Td = \log \frac{E}{6.1078} \times \frac{237.3}{7.5 - \log \frac{E}{6.1078}} \quad (3)$$

Es:飽和水蒸気圧[hPa] T:空気温度(°C) E:蒸気圧[hPa]
 φ:相対湿度[%RH] Td:露点温度(°CDP)

Case1, Case2 の室内露点温度変動を図 12~15 に示す。Case1 について、外気露点温度 25°C に対し、一般空調方式では 16~20°C DCP で推移し、潜熱分離空調方式では 15°C DCP で安定していた。また、Case2 では、外気露点温度が 25~27°C DCP で推移しているのに対し、一般空調方式では 16~20°C DCP で推移し、潜熱分離空調方式では負荷 100% 時で 15°C DCP、負荷 36% 時は 12°C DCP 程度で安定していた。潜熱分離空調方式では Case1, Case2 ともに室内露点温度が外気露点温度よりも 10°C DCP 低かったことから、導入外気の除湿運転が有効に実施されていた。

3.3 冷水消費熱量の比較

中央監視盤にて、1 分毎に空調機冷却コイル出入口温度と冷水流量を測定しており、それらを用いて冷却コイル生成熱量を式(4)により算出した。

$$Q = \rho \times C \times V \times \Delta t \times 0.06 \quad (4)$$

Q:冷却コイル生成熱量[MJ/h] ρ:密度(水:1000kg/m³)

C:比熱(水:4.2kJ/kg K) V:冷水流量[L/min]

Δt:冷却コイル出入口温度差[°C]

Case1, Case2 について、一般空調方式と潜熱分離空調方式の冷水瞬時熱量及び 1 日の積算熱量を図 16~19 に示す。冷水瞬時熱量は 1 分ごとの瞬時冷水流量と冷却コイル出入口温度から式(4)により算出した冷却コイル生成熱量であり、積算熱量は測定対象日の冷水瞬時熱量の空調稼働時間帯の積算値である。

Case1 について、積算熱量を比較すると、一般空調方式は 853MJ、潜熱分離空調方式は 1039MJ となった。一般空調方式は湿度を成行きにしており、潜熱負荷を処理していないため、潜熱分離空調方式と比較すると積算熱量が少なくなった。潜熱分離空調方式について、ウォーミングアップ運転開始時に潜熱コイル冷水瞬時熱量が 252MJ/h となっており、9 時以降は 60~70MJ/h 程度で安定していたことから、空調運転開始時の潜熱負荷処理に多大なエネルギーを消費していた。

Case2 について、積算熱量を比較すると、一般空調方式は 813MJ、潜熱分離空調方式は 1054MJ と Case1 と同様の傾向がみられた。潜熱分離空調方式について、ウォーミングアップ運転開始時に潜熱コイル冷水瞬時熱量が 306MJ/h となっており、Case1 と同様に空調運転開始時に潜熱負荷処理に多大なエネルギーを消費する傾向がみられた。また、潜熱分離空調方式の顕熱コイル冷水処理熱量について、9 時~10 時及び 15 時~18 時の負荷 100% においては 30~40MJ/h 程度推移し、10 時~15 時の負荷 36% においては約 20MJ/h で安定しており、図 9 に示した室内温度変動に追従した顕熱処理を実現していた。

潜熱分離空調方式の潜熱コイル冷水処理熱量はウォーミングアップ運転時を除き、負荷 100% 及び負荷 36% においても 60~70MJ/h 程度で推移していた。図 11 に示した相対湿度変動で示した通り、負荷 36% で稼働していた 10 時~15 時では設定湿度 50% RH に対し、40% RH 程度であったのは、潜熱コイルの冷却能力が高く、室内加湿負荷が減った時間帯でも潜熱負荷処理を行っていたためである。

4. まとめ

実測結果から以下の知見を得ることができた。

- ・今回採用した並列型潜熱分離空調方式はほぼ安定した温湿度制御を実現することができた。また、外気露点温度 25°C DCP に対して、室内露点温度が 15°C DCP 程度と 10°C DCP 低く、導入外気の除湿運転が有効に実施されていた。

- ・潜熱分離空調方式において、ウォーミングアップ制御により潜熱コイル側の処理熱量が大きくなった。今後は、省エネ運転を実現するため、空調立ち上がり時の潜熱負荷が大きい時間帯は顕熱コイル側で効率的に顕熱負荷を処理する制御方法の検討が課題である。

- ・潜熱分離空調方式について、顕熱コイル側では室内発熱負荷に追従した顕熱処理を実現できていたが、36% 負荷時においては設定湿度 50% RH に対して 40% RH となり、潜熱処理量は 100% 負荷時と変化が見られなかった。低負荷時における潜熱コイル側の制御や、過剰な処理能力をもたないような機器選定をすることが課題となる。

参考文献

- 1) 伊藤他: オフィス建築を対象とした環境創造技術に関する実証研究(その 1), 戸田技術研究報告第 43 号, 2017.11
- 2) 浅野他: オフィス建築を対象とした環境創造技術に関する実証研究(その 2), 戸田技術研究報告第 44 号, 2018.11
- 3) 浅野他: オフィス建築を対象とした環境創造技術に関する実証研究(その 4), 戸田技術研究報告第 45 号, 2019.11

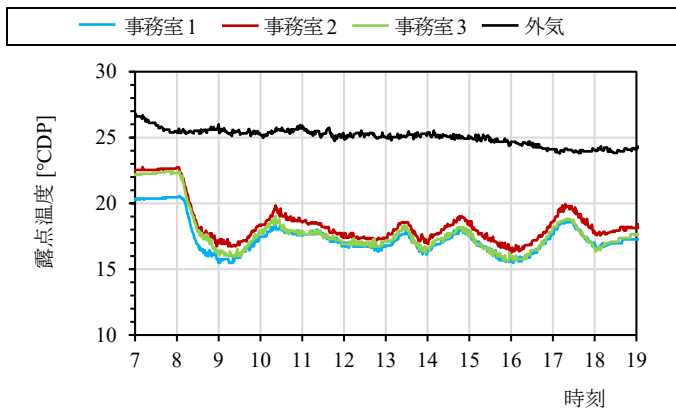


図 12 Case1:1 階事務室内露点温度変動(2020年8月18日)

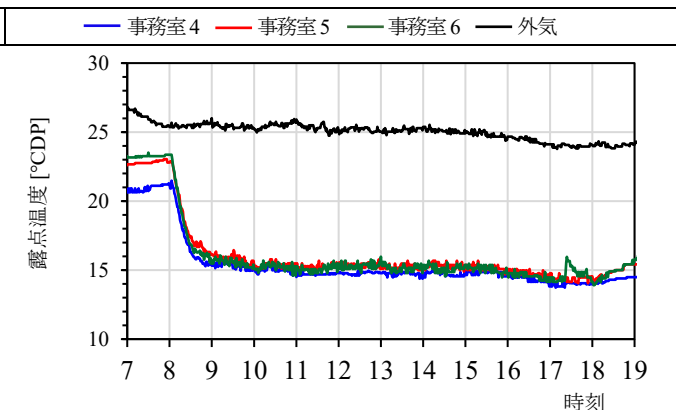


図 13 Case1:2 階事務室内露点温度変動(2020年8月18日)

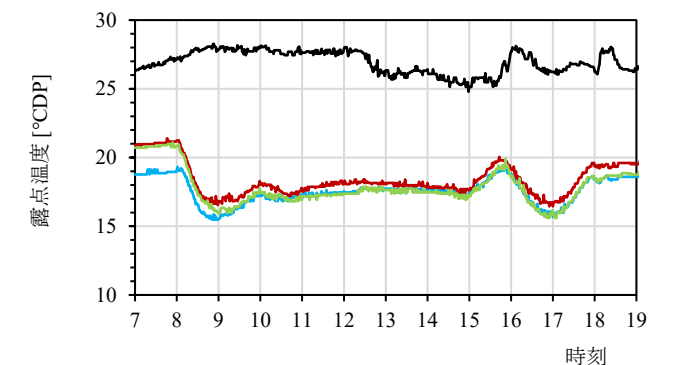


図 14 Case2:1 階事務室内露点温度変動(2020年8月17日)

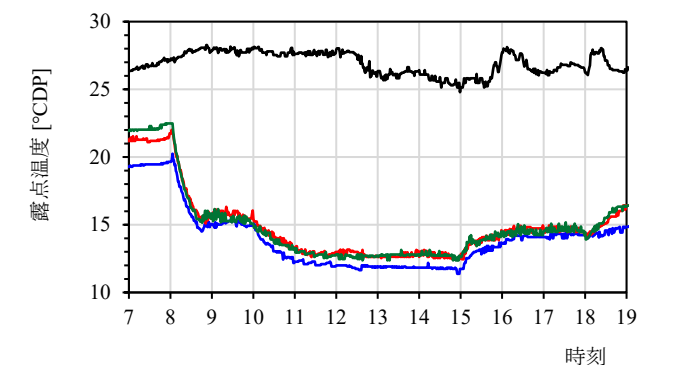


図 15 Case2:2 階事務室内露点温度変動(2020年8月17日)

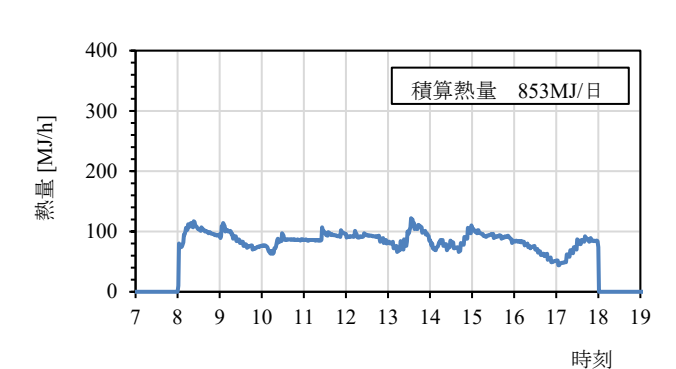


図 16 Case1:一般空調機冷水瞬時熱量(2020年8月18日)

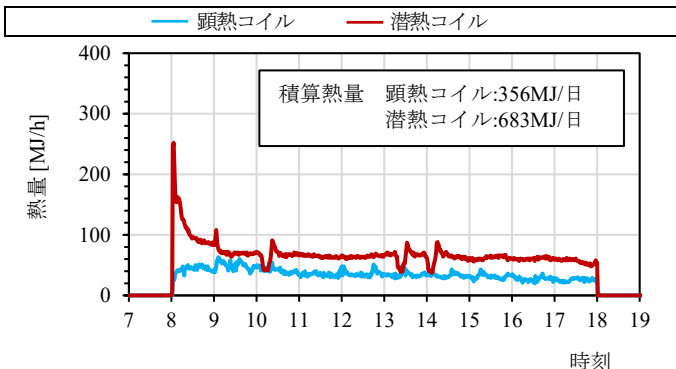


図 17 Case1:潜熱分離空調機冷水瞬時熱量(2020年8月18日)

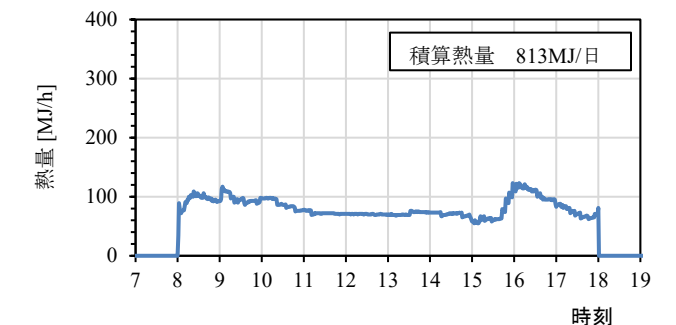


図 18 Case2:一般空調機冷水瞬時熱量(2020年8月17日)

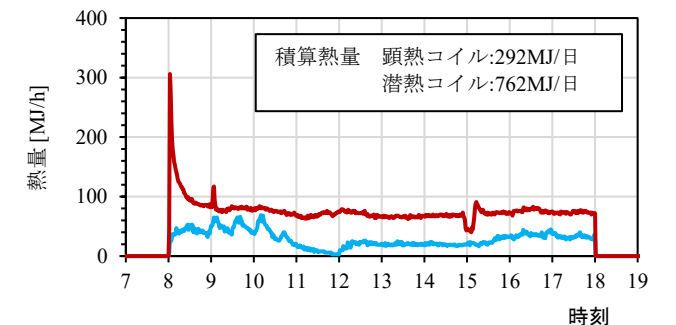


図 19 Case2:潜熱分離空調機冷水瞬時熱量(2020年8月17日)