OA 機器更新に伴う内部発熱減少の実証と空調熱負荷の変動

STUDY ON DECREASING OF ELECTRIC POWER CONSUMPTION AND AIR-CONDITIONING LOAD BY RENEWAL OF OA EQUIPMENTS

藤川 慈久 — * 1 尹 奎英 — * 2

Yoshihisa FUJIKAWA — * 1 Gyuyoung YOON — * 2

キーワード:
OA 機器の効率化, 実測調査, 内部発熱, 空調負荷

Keywords:
High efficiency of OA equipment, Field measurement, Internal heat gain, Air-conditioning load

Recently, it is predicted that internal heat gain reduced because the efficiency of OA equipment is will be become high and the consciousness of energy saving is increasing. And it is effected on reducing of internal heat gain on HVAC system and indoor thermal environment. For example, operating efficiency of HVAC system will be exacerbated by increasing of partial load operating. So, this study makes survey of internal heat gain. To circumstantiate change of energy consumption and offer fundamental information about internal heat gain. In this study, effect of air-conditioning load influenced by change of internal heat gain was investigated.

1. はじめに

OA 機器及び照明機器の効率化、東日本大震災以降の節電行動の強化により、建物のエネルギー消費量は減少していると考えられる。特に、OA 機器や照明機器からの内部発熱は設計当時に想定されたものと比べて大きく減少していることが推定される。そして、これらの内部発熱減少に向けた取組は今後もさらに加速していくと見られる。このような内部発熱の減少は、冷房負荷の低減及び暖房負荷の増大へとつながり、空調システムの挙動や運転性能に与える影響は大きいと考えられる。そのため、OA 機器や照明機器からの内部発熱変化の実態を把握し、空調システムに与える影響を検討することは非常に重要な課題のひとつといえる。建物の内部発熱に関する既往の研究は、浦山ら¹⁾は、内部発熱の実測調査により、設計当時に想定された内部発熱と実態との差を定量的に示した。加藤ら²⁾は、OA 機器発熱と在室人員の相関関係等を明らかにした。しかし、現状では内部発熱の減少を定量的に示し、空調熱負荷への影響を検討した例は、まだ多くないといえる。

そこで本研究では、OA 機器を最新型機器へ入れ替え工事を行う施設を対象に、内部発熱の実測調査を行った。なお、OA 機器更新に伴うエネルギー消費量の変化を定量的に示し、基礎データを確保するとともに、内部発熱の減少が空調熱負荷へ与える影響を検討したので報告する。

2. 調査対象施設及び実測調査概要

本研究の調査対象施設は、大学キャンパス内の延べ床面積 2,160m²、3 階建ての教育施設であり、本施設の西側にあるパソコン室を調査対象とした。

図 1 にパソコン室の全景を示す。パソコン室はパソコンを使った講

義や自習に使われており、125 台のパソコン（以後、PC と記す）が配備されている。図 2 に対象施設の 3F 平面図を示す。PC 室は図中の点線で囲まれた部屋であり、床面積は 516.8m²である。また、PC 室は東西方向に 2 つの部屋に分かれており、本研究ではそれぞれ A 室、B 室とする。PC 室の使用時間は、平日の朝の 7 時から 23 時となっており、それ以外の時間は許可を得ての使用となっている。また、PC 室には、PC のほかにセカンダリーモニター、プリンター、音響機材等の OA 機器類が配備されており、講義や自習等で利用されている。

図 1 パソコン室全景写真

図 2 対象施設の平面図

¹⁾ 名古屋市立大学大学院芸術工学研究科建築都市領域 博士前期課程
(〒464-0083 名古屋市千種区北千種 2 丁目 1 番 10 号)

²⁾ 名古屋市立大学大学院芸術工学研究科 准教授・博士 (工学)

¹⁾ Graduate Student, Nagoya City Univ.

²⁾ Assoc. Prof., Nagoya City Univ., Dr. Eng.

また、この施設の空調システムは、ガス焚冷温水発生機を熱源とする単式ポンプ定流量方式の中央熱源空調システムである。空調二次側システムはファンコイルユニットと全熱交換器からなる。

前述の PC 室において、平成 24 年 9 月に 105 台の旧型 PC (2007 年導入機) を 125 台の新型 PC (2012 年導入機) へと入れ替え・増設工事を行った。また、その他のすべての OA 機器類の更新も行った。今回の調査は、この PC 室を対象とし、更新前後の内部発熱変化及び熱負荷への影響を検討した。表 1 に更新前後それぞれの PC の仕様を示す。表中の PC-A、PC-A' とは A 室に配備されている PC であり、PC-B、PC-B' とは B 室に配備されている PC である。

PC 室の電力系統は、OA 機器・コンセント系統と照明・換気系統に分かれており、OA 機器・コンセント系統 (以後、OA 機器系統と記す。) は、PC 等の OA 機器類の消費電力の消費電力からなる。また、照明・換気系統 (以後、照明系統と記す。) は、照明とファンコイルユニットや全熱交換器などの空調機器で構成される。

表 2 に実測調査項目を示す。調査期間は平成 24 年 4 月から平成 25 年 3 月までの 1 年間とし、PC 室の内部発熱に關係する OA 機器及び照明機器の電力消費量を 1 分間隔で測定した。また、室内及び外気の温湿度を 1 時間間隔で計測した。電力消費量は電力量計 (共立電気計器製 デジタルパワーメーターMODEL6300) を用いて測定し、温湿度の計測には温湿度データロガー (T&W 製 TR-73U) を用いて測定した。

3. 実測調査結果

3.1 OA 機器系統消費電力の日変化

図 3 に OA 機器更新前後の計測期間中における OA 機器系統の消費電力の日変動を示す。なお、同程度の人数が受講している講義日のうち、講義時間中の平均消費電力が大きい日をそれぞれ 3 日間抽出した。

更新前後の電力消費量は、室使用時間外 (23 時～翌朝 7 時の間) と室使用時間内 (朝 7 時～23 時の間) で違いが見られた。さらに、室使用時間内では、講義時と講義時以外の時間帯で電力消費量に変化がみられた。

まず更新前の電力消費量の日変動 (図 3 上図) を見ると、室使用時間外の平均消費電力は、図示日それぞれで 2.7kW、2.6kW、3.2kW であった。この時間帯には、日によってベース電力^{注 2)}を上回る電力消費量が計測されており、課題解決のための PC 使用があったためと考えられる。

室使用時間内で講義の行われていた 13 時 00 分から 14 時 30 分までの平均電力消費量は、図示日それぞれで 7.6kW、7.1kW、7.8kW となり、ベース電力を除くと講義時の PC 使用による電力消費量は図示日それぞれで 5.5kW、5.0kW、5.7kW と推定される。また、講義時以外の時間帯は自習などによる PC 使用があった時間帯である。この時間帯の PC 使用による平均消費電力は図示日それぞれで、1.8kW、1.2kW、2.5kW と推定された。このように講義時以外の電力消費は日によってばらつきが見られ、課題の難易度や量などによって影響されているものと考えられる。

次に、更新後の電力消費の日変動 (図 3 下図) を見ると、室使用時間外の平均消費電力は、図示日それぞれで 1.7kW、1.3kW、1.4kW となり、3 日間の平均で 1.5kW となった。このように、室使用時間

外の電力消費量は更新前に比べて小さくなったことがわかる。また、図示日は午前 (9 時～10 時 30 分、10 時 40 分～12 時 10 分) と午後 (14 時 40 分～16 時 10 分) に講義が行われており、受講人数はそれぞれ 60 人、40 人、80 人であった。ここで、受講人数が更新前と同程度である 9 時～10 時 30 分の時間帯に着目した。この時間帯の平均消費電力は図示日それぞれで 6.0kW、6.2kW、5.6kW となり、ベース電力を除いた講義時の PC 使用による消費電力は 5.0kW、5.2kW、4.6kW と推定された。この結果から、講義時における PC 使用による消費電力量平均値は、更新前後で約 0.5kW 減少している。これは、講義中の PC 作業内容によって変わる可能性があり、PC の電力消費特性をもとに検討が必要であると考えられる。また、室使用時間内のうち講義時以外時間帯の PC 使用による平均消費電力は図示日それぞれで 0.7kW、0.7kW、0.8kW となり、更新前と比べて更新後の方が小さくなった。

ここからは、更新前後の各 PC における電力消費量の特性について述べる。表 3 に更新前後の PC 一台当たりの消費電力比較を示す。表中の平均消費電力とは、講義時の作業を模擬した PC 使用スケジ

図 3 OA 機器系統消費電力の日変動 (上図：更新前、下図：更新後)

表 1 更新前後の PC 仕様

	更新前		更新後	
	PC-A	PC-B	PC-A'	PC-B'
CPU[GHz]	3.4	2.0	3.6	2.7
メモリー[GB]	1.0	2.0	16.0	16.0
定格消費電力[W/台]	625	180	652	180
PC 台数[台] ^{注 1)}	50	55	60	65

表 2 実測調査項目

計測項目	計測機器	計測周期
OA 機器系統消費電力	電力量計	1 分
照明・換気系統消費電力	電力量計	1 分
室内温湿度 (各 4 点)	温湿度データロガー	1 時間
外気温湿度 (各 1 点)	温湿度データロガー	1 時間

ジュールを作成し^{注3)}、測定した際の消費電力である。アイドリング時消費電力とは、PC の電源をいれたまま何も操作をしていない時の消費電力を指す。表中の PC 平均消費電力の測定結果を図 4 上図に示す。それぞれの平均消費電力を比較すると、更新前の PC-A は 109W/台、PC-B は 46W/台となった。また、更新後の PC-A'は 101W/台、PC-B'は 64W/台となった。これらの値は、講義中の PC 消費電力の算定に用いられる。

表 3 中の演算処理時積算電力量の測定結果を図 4 下図に示す。演算処理時積算電力使用量とは、実習作業を模擬した演算課題(PC-B、PC-B'は未対応)を処理するために必要であった電力消費量積算値を指す。演算時の平均消費電力は PC-A では 115W、PC-A'では 157W となり、演算時の電力消費量は PC-A と比べて PC-A'の方が大きくなるのがわかる。しかし、演算時間は PC-A では 14 分 39 秒であったのに対し、PC-A'では 6 分 39 秒となり短縮され、OA 機器更新による PC の性能向上に伴い、処理時間が短縮できた。その結果、PC-A と PC-A'の演算処理時の積算電力量はそれぞれ 1.7kWh/台、1.1kWh/台となった。

表 3 に示すアイドリング時消費電力は、更新前の PC-A と PC-B それぞれで 92.2W/台、2.7W/台となり、更新後の PC-A'と PC-B'それぞれで 64.8W/台、2.3W/台となった。これにより、アイドリング時消費電力は機器更新により、A 室の PC は、PC-A に比べて PC-A'のほうは 29.8%の減少となった。

以上のことから、室使用時間外及び講義時を除く室使用時間内の PC 使用時における電力消費の減少が確認できた。また、OA 機器更新により、PC 性能の向上や処理時間の短縮、アイドリング時の電力消費が減少されることが確認できた。

3.2 OA 機器系統、照明系統の月積算消費電力量

実測期間中における OA 機器系統及び照明系統の月積算消費電力量を図 5 に示す。OA 機器更新前となる期間は 4 月～8 月、更新後となる期間は 10 月～3 月である。9 月は、OA 機器更新工事期間であるため集計から除いた。

照明系統の月積算消費電力量を比較すると、1 月と 2 月の電力消費量が比較的多くなっていることがわかる。このことは、年度末の長期休暇前に課題解決のため、PC 室の使用強度が高まったためであると考えられる。しかし、その他の月では大差はなく OA 機器更新前後で使用実態に大きな差は見られないと考えられる。

OA 機器系統の月積算消費電力量を比較すると、OA 機器更新工事後に変化していることがみてとれる。更新前の月積算電力消費量は、月平均で 3.5MWh となり、更新後には月平均 2.2MWh と小さくなり、約 35%減少された。PC 室の使用強度が高かったと推定される 1 月、2 月には、照明系統と同様に、OA 機器系統電力量は大きくなっている。しかし、OA 機器更新前の期間において、使用強度が高かったと推定される 6 月の月積算電力消費量と比較すると、1 月の照明系統の月積算電力量は 43.6%、2 月は 34.2%大きくなっている。それに対して、OA 機器系統の月積算電力量は、1 月と 2 月それぞれで 40.8%、22.5%減少している。以上のように、PC 設置台数や PC 室の使用人数や使用時間などの異なる室使用状況下ではあったが、更新前と比べて更新後での OA 機器の月積算電力消費量が減少されたことが確認できた。

4. シミュレーションによる年間熱負荷計算の検討

前章より、OA 機器の更新に伴い電力消費量が減少されたことが確認された。そこでここでは、OA 機器更新による電力消費量の低減が空調熱負荷に及ぼす影響を検討するため、実測データを用いて PC 室の OA 機器及び照明などの使用パターンを作成した。また、TRNSYS 17 を用いて年間熱負荷計算を行った。本章では熱負荷計算条件を述べ、熱負荷の計算結果及び更新前後の比較検討については第 5 章で述べる。

4.1 熱負荷計算の計算条件

表 4 に熱負荷計算に用いる計算条件を示す。空調条件は PC 室の実運用に合わせて設定し、その他の項目は設計図書を参考にした。内部発熱となる OA 機器及び照明などの電力消費量は、実測データをもとに使用スケジュールを作成した。4.2 節に作成方法の詳細を述べる。また、気象条件には拡張アメダス標準年気象データ（名古屋）を使用した。

図 4 OA 機器単体の消費電力測定時の電力推移
(上図：平均消費電力測定時、下図：計算時積算電力測定時)

図 5 OA 機器更新による月積算消費電力量の変化

表 3 OA 機器更新前後の PC1 台あたりの消費電力

	更新前		更新後	
	PC-A	PC-B	PC-A'	PC-B'
平均消費電力[W/台]	109	46	101	64
演算処理時積算電力量[kWh/台]	1.7	—	1.1	—
アイドリング時消費電力[W/台]	92.2	2.7	64.8	2.3

4.2 電力消費スケジュールの作成

実測調査結果をもとに、月曜から金曜までの平日 5 日間と休日・祝日^{注 4)}の計 6 日分の電力消費スケジュールを作成した。ここで作成した電力消費スケジュールは、OA 機器・コンセント系統の電力消費（以後、OA 機器の電力消費と記す。）と照明・換気の電力消費（以後、照明の電力消費と記す。）と在室人数のスケジュールである。これらの電力消費量スケジュール作成のために、電力使用パターンの異なる時間帯を検討し分類した。また、分類した各々の時間帯において、実測調査結果をもとに電力消費量を設定することによってスケジュールを作成した。それぞれの時間帯は、まず室使用時間内と室使用時間外に分類し、室使用時間内に対しては講義時と講義時以外の時間帯に分類した。さらに、室使用時間内の講義時以外は、自習等で利用されるため日々使い方が異なっており、在室人数のパターンが切り替わる時間帯を抽出し、図 6 に示すような時間帯に細分した。ここで、昼食の時間帯にあたる時間帯（図中の③）は、午前中に講義が行われる場合（表 5 中の③）と講義が行われない場合（表 5 中の③'）に分けた。また、同様に夕方の時間帯（図中の⑥）も午後に講義が行われる場合（表 5 中の⑤）と講義が行われない場合（表 5 中の⑤'）に分けてスケジュールを作成した。講義の行われる時間は、当該学部の時間割表を参考とした。また、在室人数は講義ごとの受講人数とした。

室使用時間内における講義時の各々の電力消費量の設定方法について述べる。OA 機器の電力消費は、表 3 に示す PC の平均消費電力に講義ごとの受講人数を乗じ、その値にベース電力を加えることによって設定した。また、照明の電力消費量は、実測データから求めた講義時の平均消費電力を用いて設定した。

次に、室使用時間内における講義時以外の電力消費量の設定について述べる。OA 機器と照明の電力消費量は、実測調査結果から各時間帯における平均電力消費量を設定した。表 5 に設定した値を示す。同時帯の在室人数は、OA 機器系統の電力消費量から PC 稼働台数を推定し、稼働台数を在室人数とみなして設定した。また、室使用時間外の OA 機器、照明の電力消費量については、上記と同様の方法で設定し、在室人数はなしと設定した。

図 6 に作成したスケジュールのうち OA 機器の電力消費スケジュールを一例として示す。上記の手順で作成したスケジュールの妥当性を検討するため、作成した電力消費スケジュールを用いて電力消費量を算出し、実測調査結果と比較した。その結果、作成スケジュールを用いた計算値は、更新前の期間で約 5% 多く、更新後で約 4% 少なくなった。このことから、作成した OA 機器及び照明機器の電力消費スケジュールは、本検討を進めるにあたり十分な精度を持っていることが確認できた。そこで、今回作成したスケジュールを用いて年間熱負荷計算時の内部発熱を与えることとした。

作成したスケジュールをもとに、更新前後における OA 機器の年間積算電力消費量を算出した。更新前の OA 機器年間積算電力消費量は 42.6MWh となり、更新後は 57% 少ない 18.0MWh となった。また、照明の電力消費量も含めた対象施設全体の年間積算電力消費量は、およそ 41% 減少する結果となった。これにより、OA 機器更新による電力消費量の削減量を PC 室の同使用条件下で評価できた。

5. OA 機器更新による年間空調熱負荷への影響

5.1 期間積算空調熱負荷への影響

図 7 上図に、更新前後それぞれの期間積算冷房負荷を示す。なお、外気負荷^{注 6)}を含めた空調負荷を示す。冷房期間中における積算負荷は、更新前後それぞれで 82.1GJ、70.2GJ となり、更新前と比べて更新後の方が約 14.5% 減少する結果となった。また、室内負荷は更新前が 63.4GJ、更新後が 51.1GJ となり、約 19.4% の減少となった。これにより、熱源空調システムの処理熱量は減少され、エネルギー消費量の減少も期待できると考えられる。

図 6 作成した OA 機器発熱スケジュールの例

表 4 熱負荷計算に用いた計算条件

外壁	熱貫流率 0.88W/ m ² ・K
屋根	熱貫流率 1.01W/ m ² ・K
内壁	熱貫流率 2.06W/ m ² ・K
窓	日射侵入率 0.89 熱貫流率 5.72W/ m ² ・K カーテン熱抵抗値 0.51 m ² ・K/kJ
外気導入	導入外気量: 1,750m ³ /h ^{注 5)} 全熱交換なし
内部発熱 〔OA 機器 照明 在室人数〕	作成したスケジュールによる OA 機器消費電力: 更新前最大で 20.2W/m ² 更新後最大で 16.2W/m ² 照明消費電力: 最大で 20.6W/ m ² 在室人数: 最大で 0.16 人/ m ²
室内設定条件	冷房: 26℃/50% 暖房: 22℃/40%
空調時間	9 時～17 時 (休日除く、予冷・予熱運転なし)
空調期間	冷房: 6/1～10/31、暖房: 12/3～3/31 中間期 (換気のみ): 4/1～5/31、11/1～12/2
気象条件	拡張アメダス標準年気象データ (名古屋)

表 5 時間帯ごとの電力消費量の設定値 (講義時は除く)

		OA 機器の消費電力 [W/ m ²]		照明の消費電力 [W/ m ²]
		更新前	更新後	
室使用時間外		8.8	3.4	5.6
室使用時間内	①	8.8	3.4	5.6
	②	8.8	3.4	10.4
	③ (③')	8.7 (8.8)	5.7 (3.4)	15.8 (11.7)
	④	8.8	4.7	14.4
	⑤ (⑤')	9.6 (9.3)	4.2 (3.9)	18.0 (18.0)
	⑥	9.6	4.2	19.0
⑦		10.1	3.9	9.1

図 7 下図に、更新前後それぞれの暖房期間積算空調熱負荷を示す。暖房期間の積算空調熱負荷はそれぞれ 22.7GJ、29.5GJ となり、更新前と比べて更新後の負荷は、約 30.0%増加する結果となった。また、室内負荷は更新前が 0GJ、更新後が 7.6GJ となった。

年間の積算熱負荷は、更新前後それぞれで 104.8GJ、99.7GJ となり、更新前と比べて更新後で約 4.9%減少する結果となった。OA 機器更新前後の冷房対暖房の熱負荷比は、それぞれ 1:0.28、1:0.42 となり、冷房負荷に対する暖房負荷の割合が大きくなった。

5.2 負荷率への影響

図 8 上図に、更新前後それぞれの冷房期間における負荷率^{注7)}の出現頻度を示す。OA 機器更新により冷房負荷が低減されたため、冷房期間平均負荷率は更新前後それぞれで 33.5%から 32.8%となった。また、負荷率 30%以下を占める時間は、更新前は 338 時間となったが、更新後は 361 時間となり、低負荷時間帯が増加したことがわかる。このように、低負荷時間帯が増加したことは、熱源空調システムの部分負荷運転の増大へとつながる。

図 8 下図に、更新前後それぞれの暖房期間の負荷率を示す。暖房期間平均負荷率は 22.0%から 23.6%へ高くなり、負荷率 30%以下となる時間は 473 時間から 446 時間と減少した。このような負荷率の変化は、熱源空調システムの運転効率に影響を与えるものと考えられる。

5.3 最大空調熱負荷の変化

図 9 上図に、冷房空調熱負荷のピーク日の日変動を示す。冷房時のピークは、空調開始時の 9 時に発生した。空調熱負荷のピークは、更新前 79.0kW であったのが、更新後には 69.6kW となり、更新前と比べて更新後では 11.9%減少した。これは、OA 機器更新により内部発熱が減少し、空調時間外の室温が低下したため、空調開始時に室温と設定温度との差が小さくなったからであるといえる。

図 9 下図に、暖房空調熱負荷のピーク日の負荷推移を示す。暖房時の空調熱負荷のピークは更新前では 46.0kW であったのが、更新後には 55.2kW となり、更新前と比べて更新後では 16.7%増加した。

以上のように、OA 機器更新による内部発熱の変化が最大空調負荷に与える影響を確認できた。このような結果は、予熱・予冷運転などの空調システムの運用によって異なると考えられる。

5.4 顕熱比の変化

図 10 に、冷房負荷ピーク日における更新前後それぞれの顕熱比の日変動を示す。図示日における更新前の顕熱比は日平均で 0.93 となり、更新後は 0.92 となった。また、更新前後の顕熱比の差は、空調開始時の 9 時に最も大きくなり、その差は 0.06 となった。

図 11 に冷房運転中における更新前後の顕熱比の比較を示す。図より、顕熱比は更新前に比べて更新後の方が小さくなっていることがわかる。冷房運転期間の平均顕熱比は更新前後それぞれで 0.89、0.87 となった。

これは、OA 機器更新により室内顕熱負荷のみが減少したことが要因であり、空調機の潜熱処理能力に影響を与えるものと考えられる。特に、人員密度の高い居住空間における内部発熱の減少時には、詳細な検討が必要と考えられる。

6. まとめ

本研究では、OA 機器更新を行った施設を対象に実測調査を行い、OA 機器更新による電力消費量の変化を調査した。また、最新型 OA 機器に対する電力消費量の実態を定量的に評価することが出来た。

実測調査結果をもとに内部発熱スケジュールを作成し、熱負荷シミュレーションを行った。内部発熱の減少が熱負荷へ与える影響を明らかにした。内部発熱の減少により冷房負荷は低減され、暖房負荷は増加された。その結果、冷房負荷に対する暖房負荷の割合が大きくなった。また、熱負荷の部分負荷率の変化も確認できた。さらに冷房期間中における顕熱比の変化を検討し、内部発熱減少による変化を明らかにした。今後はこれらの変化が空調システムの運転挙動や室内温熱環境へ与える影響を検討する予定である。

図 7 期間積算空調熱負荷
(上図：冷房期間、下図：暖房期間)

図 8 更新前後の期間負荷率の出現頻度
(上図：冷房期間、下図：暖房期間)

図9 ピーク負荷発生日の空調熱負荷と室温推移
(上図：冷房、下図：暖房)

図10 ピーク日における更新前後の顕熱比の日変動

図11 冷房運転期間中における更新前後の顕熱比

謝辞

本研究の一部は、「日比科学研究技術研究助成金」による。

注

- 注1) 平成24年4月から当該大学では、学科再編成により、生徒数が増加した。また、同年9月にOA機器更新と合わせてPC台数を増設した。本研究の検討期間中における更新前後の学生数には変化はない。
- 注2) サーバーとプリンターおよび音響機材等の利用状況からこれらの電力消費は常に一定であり、OA機器コンセント系統のベース電力消費を成していると想定できる。そのため、更新前後それぞれの実測期間中の消費電力最小値をベース電力とみなした。更新前のベース電力は2.1kW、更新後は1.0kWとなった。
- 注3) 講義時の作業を想定し、約20分間のスケジュールを作成した。そのスケジュールを以下に示す。

分	作業内容
0分	計測開始
0分45秒	PCの電源をONにする
5分	パスワードを入力し、ログインする
6分45秒	ブラウザを開く
7分15秒	WEBのトップページからトップニュースにアクセスし、その内容と写真をコピーする。
8分	アプリケーションを立ち上げる。
9分45秒	コピーしたニュースを貼り付け、デスクトップに保存する。
10分45秒	立ち上げているものを全て消し、PCを再起動させる。
16分30秒	パスワードを入力し、ログインする
17分30秒	メールソフトを立ち上げ、先ほど保存したファイルを添付する。
18分30秒	メールを送信する。
19分30秒	シャットダウン
20分	計測終了

- 注4) 休日とは、土曜と日曜、祝日のことである。また、祝日は学事日程表を参照した。
- 注5) 外気導入量は、全熱交換器の設計風量の合計値とした。
- 注6) 外気負荷は以下の式によって算出した。

$$\text{顕熱負荷[kW]} = 1.2 \times V \times (T_{\text{out}} - T_{\text{in}}) / 3600 / 1000$$

$$\text{潜熱負荷[kW]} = 1.2 \times V \times 2500 \times (H_{\text{out}} - H_{\text{in}}) / 3600 / 1000$$

$$V: \text{外気導入量[m}^3/\text{h]} \quad T_{\text{out}}: \text{外気温度[}^{\circ}\text{C]} \quad T_{\text{in}}: \text{室内温度[}^{\circ}\text{C]}$$

$$H_{\text{out}}: \text{外気絶対湿度[kg/kg(DA)]} \quad H_{\text{in}}: \text{室内絶対湿度[kg/kg(DA)]}$$
- 注7) 空調負荷の部分負荷率は以下の式によって算出した。

$$\text{負荷率[\%]} = \text{空調熱負荷[kW]} / \text{ピーク時空調熱負荷[kW]} \times 100$$

【参考文献】

- 浦山 ほか, 「事務所ビルにおける内部発熱の実態調査」日本建築学会九州支部研究報告 第49号, pp.241-244, 2010年
- 加藤 ほか, 「省エネルギー設計のための内部発熱の実態調査」, 空調調和衛生工学会中部支部学術研究発表会論文集, pp.45-48, 2007年

[2014年6月18日原稿受理 2014年8月19日採用決定]