

〈一般研究課題〉 建物内部発熱減少による
空調システムへの影響に関する研究
助成研究者 名古屋市立大学 尹 奎英



建物内部発熱減少による空調システムへの影響 に関する研究

尹 奎英
(名古屋市立大学)

Study on effect of HVAC system influenced by decreasing of internal heat gain

Gyuyoung YOON
(Nagoya City University)

Abstract :

Recently, it is predicted that internal heat gain is reduced because equipment become high efficiency and the conscious of electricity saving method go up. It is thought that this tendency would be continued. Decreasing of internal heat gain will effect of HVAC system and indoor thermal environment. There are two purpose of this study. First, this study consider that effect of HVAC system due to decreasing of internal heat gain and provide knowledge of design and operation of HVAC system. Second, this study propose energy saving design and operating method which can flexibly deal with changing of internal heat gain.

1. はじめに

近年OA機器の高効率化や節電対策などにより、建物内部の照明・コンセント系統の電力消費量は減少傾向にある。また、これにより建物内部発熱は減少され、建物の設計当時に想定された建物内部発熱と比べて小さくなっていることが予測される。このような建物内部発熱の減少は、室内温熱環境や空調システムの挙動に影響を及ぼすと考えられる。

そこで本研究では、内部発熱の減少による空調システムへの影響を検討し、空調システムの設計や運用に有効な情報を提供すると共に内部発熱の変化に柔軟に対応できる省エネ設計・運用方法の提案を目的とする。

2. 実測調査対象施設の概要

実測調査対象施設は、延床面積2,160m²の3階建ての教育施設である。図-1に3F平面図を示す。この建物の3Fには床面積516.8m²、天井高5.3mのPC実習室(図中の点線で囲った部屋)があり、約115台のPC(F社65台、a社55台)とプリンター、音響機材等のOA機器が配備され、講義や自習等で使われている。この部屋の使用時間は、7時から23時であり、それ以外の時間は時間外使用許可を得た場合を除き使用禁止となっている。

この施設では、平成24年9月にOA機器更新工事が行われ、既存の105台のPCを撤去し約142台の新しいPC(H社76台、a社66台)を導入した。また、PCの更新と同時にモニターやサーバー、プリンター、音響機材等の更新も行った。表-1に更新前後のPCの概要を示す。

表-2に実測調査項目を示す。調査項目は、PC実習室の電力消費量(OA機器・コンセント系統、照明・換気系統の2系統)と温湿度(室内温湿度5点、外気温湿度1点、)である。OA機器・コンセント系統は、前述のPCを含めてプリンター、モニター等のOA機器から構成される。また、照明・換気系統は照明やFCU・全熱交換器などの空調機器からなっている。各系統の電力消費量を、電力計を用いて計測した。室内外温湿度については、データロガー(T&D製TR-73U)を用いて計測した。計測期間は、消費電力は平成24年4月19日から1分間隔で、室内外温湿度は6月19日から1時間間隔で計測を行っている。

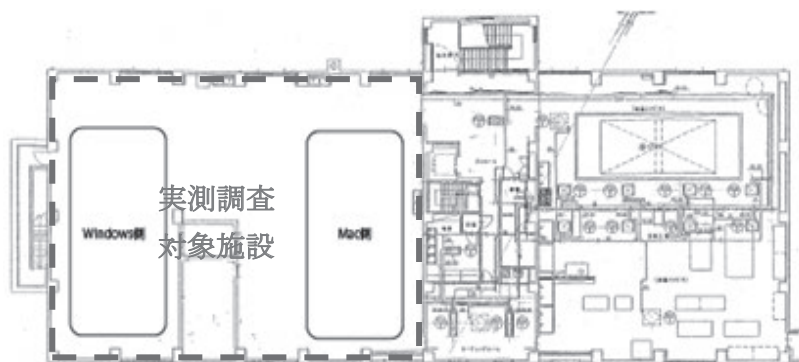


図-1 実測調査対象施設 3F平面図

表-1 更新前後のPC概要

		台数	CPU	メモリー	定格消費電力
更新前	a 社	50	2GHz	2GB	180W
	F社	55	3.4GHz	1GB	625W
更新後	a社	66	2.7GHz	16GB	180W
	H社	66	3.6GHz	16GB	652W

表-2 実測調査項目

計測項目	計測機器	計測周期
OA機器・コンセント系統消費電力	電力量計	1 分
照明・換気系統消費電力	電力量計	1 分
室内外温湿度	データロガー	1 時間

3. 更新前後の消費電力の変化

図-2に更新前後それぞれのOA機器・コンセント系統の消費電力推移の日変動を示す。また、更新前後のそれぞれの期間中、受講人数がほぼ同人数の講義が行われていた日を選択した。

まず、更新前(図2上)の電力消費の日変動を見ると、室使用時間外(23:00～翌日7:00)の平均消費電力は4/27、5/18、5/25でそれぞれ3.2kW、2.7kW、2.6kWであった。この時間帯には、サーバーとプリンターおよび音響機材等に加え、日によって課題解決のためのPC使用による電力消費が見られた。ここで、サーバーとプリンターおよび音響機材等の電力消費は、常に一定でOA機器・コンセント系統のベース電力消費元となっていると考えられる。本報では、ベース電力を更新前後それぞれの消費電力計測期間中の最小値とした。更新前のベース電力は2.1kWであった。

室使用時間帯の電力消費は講義時とそれ以外とで大きく異なり、講義時であった13:00から14:30までの間に講義時の平均電力消費は、図示日それぞれで7.4kW、7.6kW、7.3kWとなった。前述のベース電力を考慮すると講義時のPC使用による電力消費は図示日それぞれで5.3kW、5.5kW、5.2kWと推定できる。開講以外の時間帯には、課題等の自習が行われていた時間帯であり、日によってばらつきはあるが、講義時に比べて少ない消費電力となった。

次に、更新後(図2下)の電力消費の日変動について述べる。図示の日は午前と午後に講義が行われ、受講人数は9:00～10:30の間に60人、10:40～12:10が40人、14:30～16:00が80人であった。ここでは、受講人数が更新前の図示日と同程度である9:00～10:30の間に着目する。まず、室使用時間外の平均消費電力は10/24、11/7、11/21でそれぞれ1.4kW、1.3kW、1.3kWであり、更新後のベース電力は1.0kWであった。更新後のベース電力は更新前に比べて小さくなっており、サーバーとプリンターおよび音響機材等の更新による結果と考えられる。

また、講義時(9:00～10:30)の平均消費電力は、それぞれ5.5kW、6.4kW、5.6kWとなり、ベース電力を除けば講義時のPC消費電力は図示日それぞれで、4.5kW、5.4kW、4.6kWと推定できる。これにより、講義時のPC使用による消費電力は更新前後で大差がないことがわかった。

表-3に更新前後のPC消費電力の比較を示す。表中の平均消費電力とは、講義時間中の作業を模擬した使用スケジュールを作成し測定した消費電力である。その平均消費電力を比較すると、更新前後のPCで大差が見られないことがわかる。このことが前述の講義時におけるPC消費電力に大きな変化が見られない要因と考えられる。

また、表中のアイドル時消費電力とは、PCの操作をしていない状態時の消費電力のことを示しており、計算時積算電力量とは一つの計算課題(a社は未対応)を処理するために必要であった電力量を示している。PCの性能やエネルギー効率の向上により計算速度の上昇とアイドル時の平均消費電力が減少したことが確認できた(表-3参照)。このことから、処理時間の短縮とアイドル時の省電力により室使用時間内における自習時の電力消費が減少すると推測することができる。

図-3に室内温度(外乱の少ない部屋の西側、床上0.7m)と外気温度の相関関係を示す。測定期間中において更新前は6月～8月、更新後は10月～12月である。同季節の更新前後の測定はできていないが、更新前後で同程度の外気温(20～25℃)となったときの室内温度を比較すると、更新前と比べ更新後の方が室内温度が低くなっていることがわかる。このことからOA機器更新によって内部発熱が減少し、室内温熱環境への影響が表れたものと考えられる。今後も室温、外気温ともに計測を

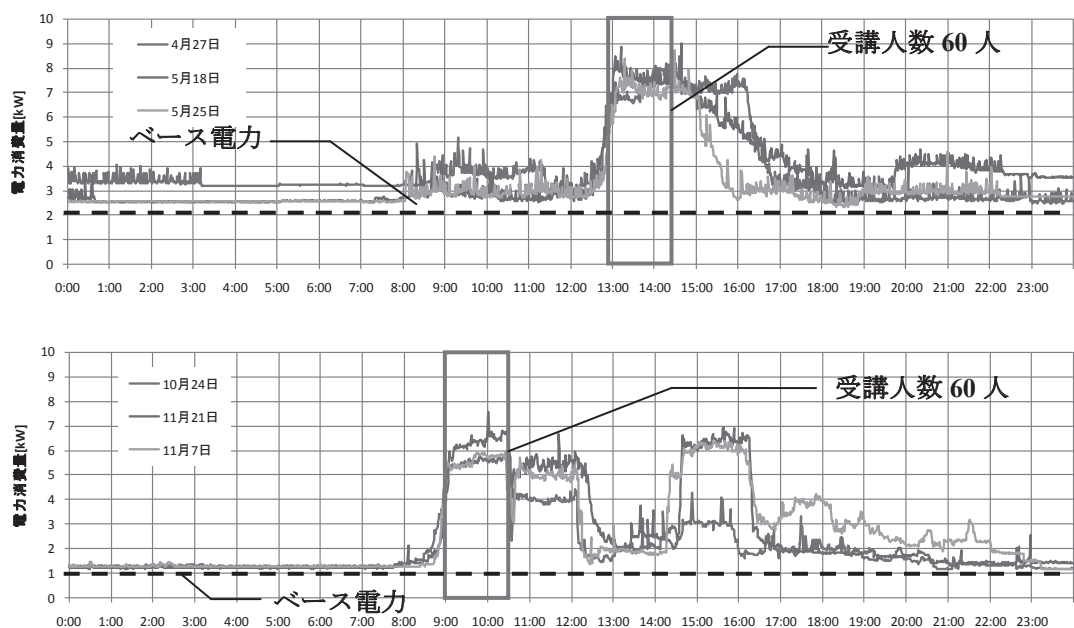


図-2 更新前後のOA機器・コンセント系統消費電力(上図：更新前、下図：更新後)

表-3 更新前後のPC消費電力実測結果

	更新前		更新後	
	F社	a社	H社	a社
平均消費電力[W]	104	45	100	65
計算時積算電力量[Wh]	28.5	—	17.8	—
アイドリング時消費電力[W]	92.2	2.7	64.8	2.3
待機電力[W]	—	1.8	1.8	0

続けていく予定である。

図-4にOA機器・コンセント系統および照明・換気系統の月積算消費電力を示す。OA機器更新前となる期間は5月～8月、更新後となる期間は10月～12月である。9月中は、機器更新の工事期間であったため集計から除いた。

機器更新によりOA機器・コンセント系統の月平均消費電力量の平均値は更新前後で65.8%の減少となり、照明・換気系統を含めた対象施設全体では約30%の減少となった。

3. 年間熱負荷計算

ここでは、OA機器類更新による年間

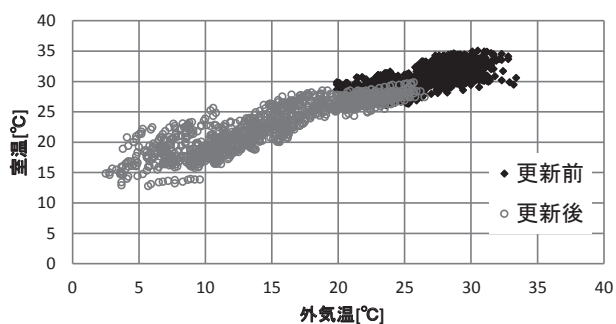


図-3 室温と外気温の相関関係

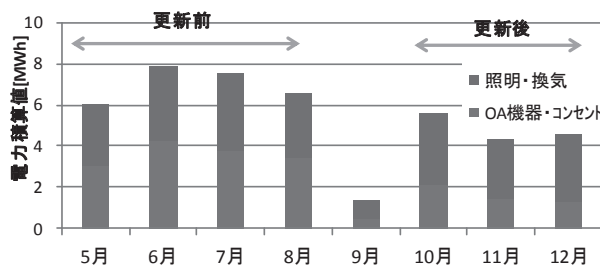


図-4 月積算消費電力量

熱負荷への影響を検討するため実測結果をもとに内部発熱スケジュールを作成し、TRNSYS ver.17を用いて年間熱負荷計算を行った。

3.1 内部発熱スケジュールの作成

実測調査で得られたデータを用いて講義時と講義時以外の時間帯に分けて内部発熱スケジュールの作成を行った。ここで作成した内部発熱スケジュールは、OA機器・コンセント発熱と照明発熱(換気ファン発熱を含む。以後、照明のスケジュールと記す)と在室人数のスケジュールである。

まず、講義時のOA機器発熱は表-3に示すPCの平均消費電力に受講人数を乗ずることで求めた。講義時以外の時間帯では、昼食や夜間など、さらに7つの時間帯に分割したうえで、それぞれの時間帯における実測値をもとに平均値を算出し作成した。図-5に、作成したOA機器発熱スケジュールの一例を示す。

今回作成したスケジュールにより算出した電力消費量は、更新前は実測値に対して1%未満、更

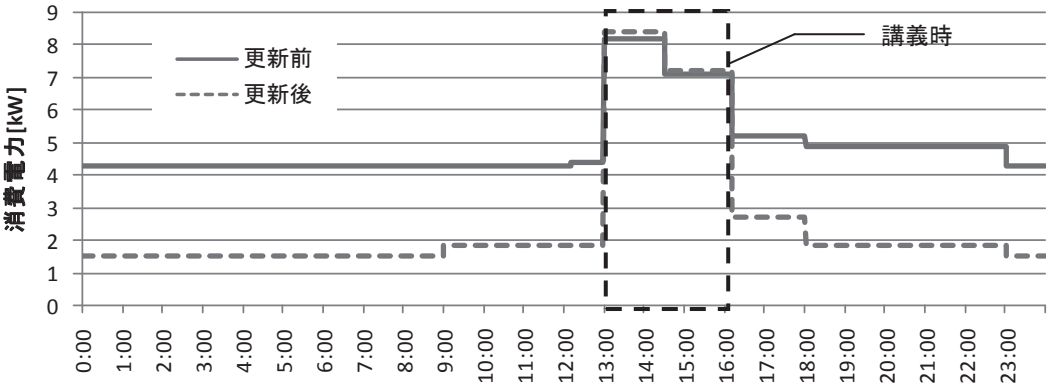


図-5 内部発熱スケジュール(OA機器・コンセント系統)

表-4 年間熱負荷計算の計算条件

新後は実測値に比べて7%の誤差となり、本検討を行うために十分な精度を持っているといえる。

3.2 年間熱負荷計算の計算条件

表-4に熱負荷計算に用いた計算条件を示す。ここでは、空調時間や空調期間は実運用に合わせて設定し、その他の項目は設計図書等を参考にした。この計算条件をもとに年間熱負荷計算を行った。

4. 内部発熱変化による熱負荷への影響

図-6にOA機器更新前後における年間熱負荷を示す。期間積算の熱負荷を比較すると、更新前後の冷房装置負荷積算値はそれぞれ21.0MWh、17.2MWhと

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
隙間風、外気導入量	0.2 回/h、1750 m ³ /h
内部発熱(OA 機器、照明、在室人数)	作成したスケジュール
設定温度	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
気象条件	Meteonorm 名古屋

なり更新前と比べて更新後で18.2%減少した。また暖房装置負荷はそれぞれ16.7MWh、19.6MWhとなり17.6%増加となった。年間積算装置負荷は更新前と比べて更新後で約2%減少となった。また、冷房対暖房の各々の期間積算負荷の比は更新前後でそれぞれ1:0.8、1:1.14となった。

表-5に更新前後のピーク値を示す。ピークは、冷房時では7月23日、暖房時では1月15日に発生しており、いずれも空調開始時の9時に発生した。冷房のピークは更新前に比べて更新後では10kW減少した。これは、内部発熱が低減されたことにより、空調時間外の室温が低下し空調開始時の室温と設定温度の差が緩和されたためであるといえる。それに対して、内部発熱の低減により暖房のピークは8.3kW増加する結果となった。

図-7に更新前後それぞれの負荷率を示す。冷房期間では低負荷時が増加し、暖房時では低負荷時が減少したことがわかる。また、表-6に更新前後の期間装置負荷の平均負荷率を示す。更新前後で暖房時は更新前に比べて更新後で約2%高くなった。一方、冷房時は大差が見られなかった。

次に、更新前後の冷房期間中におけるSHF比の変化をみると、機器更新により顕熱が減少したことにより、冷房期間平均SHF比は更新前0.87であったが更新後には0.82となった。また、更新前後を比較してSHF比の差が最大となる時は7/27の9時であり、0.39の差が生じた。

5. 節電を考慮した場合の熱負荷への影響

ここでは、OA機器更新を行った後に節電対策を講じた場合の熱負荷への影響を検討する。節電対策としては夜間の消灯を徹底した場合を想定した。検討のため

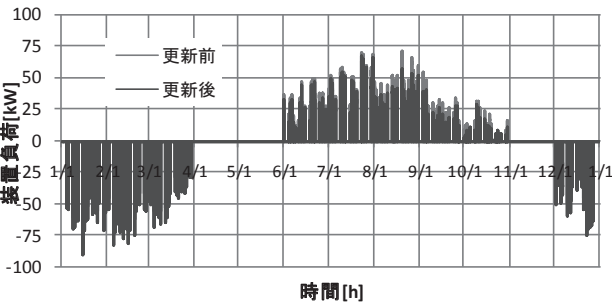


図-6 更新前後の年間装置負荷推移

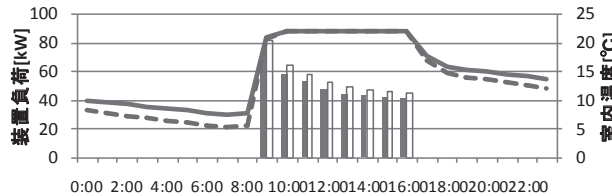
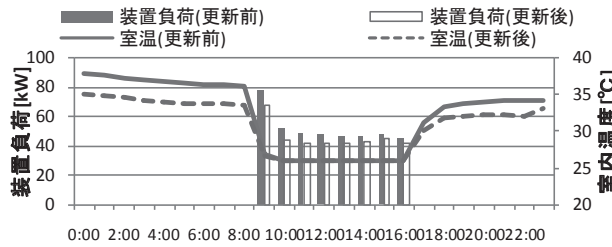


図-7 更新前後のピーク日装置負荷・室温推移
(上図：冷房時、下図：暖房時)

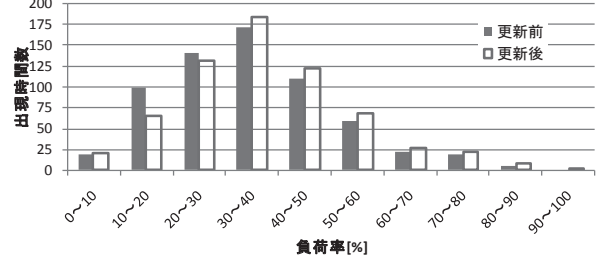
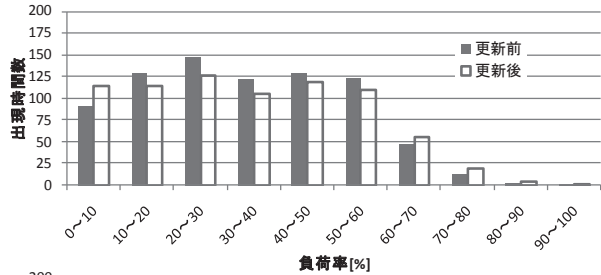


図-7 更新前後のピーク日装置負荷・室温推移
(上図：冷房時、下図：暖房時)

表-5 更新前後ピーク時装置負荷

	冷房		暖房	
	更新前	更新後	更新前	更新後
装置負荷[kW]	77.4	67.4	73.4	81.7

に、23：00～翌日7：00の照明(一部人感センサー付きの照明を除く)がOFFになっていると仮定し、照明・換気発熱スケジュールを作成した。夜間の消灯徹底により年間積算の照明電力消費量は約20％削減となった。熱負荷計算の計算条件は、表-4と同様の条件を用いた。

図-8にOA機器更新後と節電対策を講じた場合の年間熱負荷推移を示す。節電対策を講じたことにより、期間積算装置負荷は更新後と比べて、冷房装置負荷積算値が17.2MWhから16.4MWhに減少し、暖房装置負荷積算値が19.6MWhから20.5MWhに増加した。また、年間積算装置負荷は、更新後と比べて節電対策を講じた場合では、0.2％増加する結果となった。

次に、OA機器更新後と節電対策を想定した場合の期間装置負荷の平均負荷率の比較を行う。その結果、冷房期間では33.4％から33.3％、暖房期間では37.1％から変化せず、ともに節電対策を講じたことによる影響はあまり見られない結果となった。

更新後と節電対策を想定した場合のSHF比を比較すると、冷房期間平均SHF比は0.82から0.81になる結果となった。

表-7にOA機器更新後と節電対策を講じた場合のピーク負荷の値を示す。ピーク発生日は4章と同様、冷房時は7月23日、暖房時は1月15日に発生し、空調開始時の9時に発生した。冷房のピークは節電対策を講じたことにより、1.7kW減少した。このことは、夜間の消灯を徹底したことによって、OA機器更新後と比べさらに夜間の内部発熱が減少し、空調開始時の室温が緩和されたためであると考えられる。また、暖房時では節電対策を講じたことによって、装置負荷が3.5kW増加する結果となった。

更新後と節電対策を想定した場合のSHF比を比較すると、冷房期間平均SHF比は0.82から0.81になる結果となった。

6. まとめ

OA機器類の更新を行う教育施設を対象に実測調査を行い、OA機器更新による内部発熱の減少を定量的に評価することができた。また、内部発熱の減少が、空調熱負荷(年間積算熱負荷、負荷率、ピーク負荷及びSHF比)へ与える影響を検討した。さらに、節電対策(夜間の消灯を徹底した場合)を行ったことによる内部発熱の変化と空調熱負荷への影響を検討し、節電対策を行ったことにより、年間消費電力量は更新前と比べ約40％の削減が見込まれた。

今後、これらの空調熱負荷の変動が空調エネルギー消費量へ与える影響および室内温熱環境へ与える影響を検討することを予定している。

表-6 更新前後ピーク時装置負荷

	冷房期間		暖房期間	
	更新前	更新後	更新前	更新後
平均負荷率	33.9	33.4	35.1	37.1

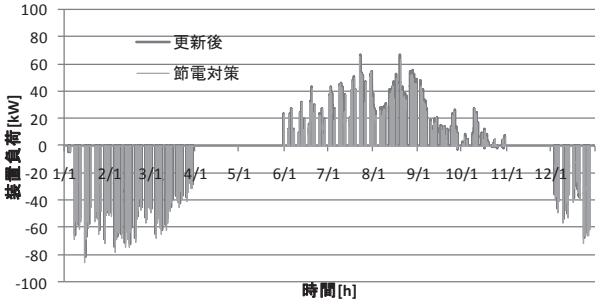


図-8 更新後と節電対策時の年間装置負荷推移

表-7 更新後と節電対策時のピーク負荷

	冷房		暖房	
	更新後	節電対策	更新後	節電対策
装置負荷[kW]	67.4	65.7	81.7	85.2

参考文献: 1) 「断熱性」 三協アルミ建材、H.22.11 P.2

参考文献: 2) 「空気調和設備 計画設計の実務の知識」空気調和・衛生工学会、H.16.3、p.119

【関連発表論文】

- 1) 藤川・尹、建物内部発熱減少による空調システムへの影響に関する研究、第1報 OA機器更新前後における内部発熱の実測調査と年間熱負荷への影響、日本建築学会学術講演梗概集、2013.8(発表予定)
- 2) 藤川・尹、建物内部発熱減少による室内温熱環境と空調システムへの影響に関する研究、第1報 OA機器更新に伴う電力消費量の減少と空調負荷の検討、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、2013.9(発表予定)