

大学施設における環境負荷低減手法に関する研究  
 その5 個別分散空調機の調査結果分析と更新手法の提案

A Study of Environmental Load Reduction Technique for University Facilities

PART5: Investigation and Measurement in a multi-split air-conditioning system and proposal for Renewal method

正会員 ○河野 匡志 (東京大学) 正会員 柳原 隆司 (東京大学) 正会員 坂本 雄三 (東京大学)

正会員 村山 紘之 正会員 塩地 純夫

Masashi KAWANO\*<sup>1</sup> Ryuji YANAGIHARA\*<sup>1</sup> Yuzo SAKAMOTO\*<sup>1</sup>

Hiroyuki MURAYAMA\*<sup>2</sup> Sumio SHIOCHI\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> The University of Tokyo \*<sup>2</sup> Daikin Industries.Ltd.

This paper reports the result of measurements and Investigation of the Multi-Split Air-Conditioning systems in the University of Tokyo. From these results, we understood that the capacity of the equipments were a large tendency. Therefore, we performed examination about reasonable capacity and proposed the renewal method as TSCP measures.

はじめに

東京大学(以下、本学)は、サステナブルキャンパスの実現を目指して、H20年7月より東大サステナブルキャンパスプロジェクト(以下、TSCP)を始動している。TSCPでは、本学全体のCO<sub>2</sub>排出総量削減をアクションプランに掲げ、既に様々な省CO<sub>2</sub>対策を進めている。本報ではTSCPの一環で実施した各種機器の導入実態調査結果を基に、なかでも特に台数・機器容量の多い個別分散空調機に着目し、集計結果の詳細分析を行い、実建物における短期計測と併せて今後の更新対策を含めた検討を行った。以下にその結果を報告する。

1. 個別分散空調機の導入量実態調査

TSCPの発足以降、これまで本郷を始め、駒場1、白金について、個別分散空調機の導入量調査を順次進めてきている。表-1にその集計結果一覧を示す。

教員の研究室など比較的小規模の室が多く、冷暖房のニーズが様々であることから、キャンパス別にみてもパッケージ形がほとんどを占めている。また室内機が複数台構成となるマルチ方式の機器は、講義室など大規模の室、屋上スペースの制約をうける高層建物に多く導入されていることがわかった。図-1にこのマルチ方式の機器について、室内機合計容量と室外機容量との関係を散布図で示す。室外機容量は、冷媒の配管長や高低差による補正率を考慮し、かつ機器型番の大きい方を選定することから、全体的に室内機合計容量よりも大きくなる傾向を示している。しかし上記補正を加味しても、2倍近く大きな室外機容量を選定している機器もあり、今後の更新計画における検討課題であることがわかった。

表-1 キャンパス別の集計結果

キャンパス名称	本郷	駒場1	白金
機器容量合計(kW)	50,650	17,863	6,663
馬力換算(HP)	18,089	6,379	2,380
室外機台数計(台) <sup>†1</sup>	4,851	841	590
	(644)	(381)	(55)
室内機台数計(台)	6,727	2,190	701

†1 ( )内はビル用マルチの台数を示す

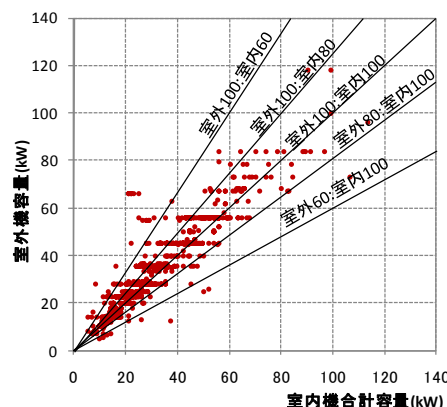


図-1 ビル用マルチエアコンの室内外機器容量比率

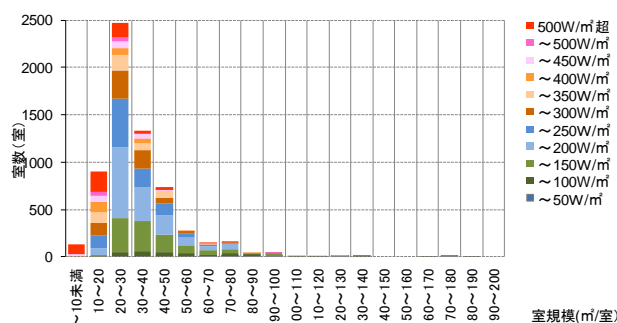


図-2 個別分散空調機の原因集計結果(全体)

次に、各室に導入されている室内機について、最も導入台数の多い本郷キャンパスを対象にして、各室の単位面積あたりの室内機冷房能力(以下、能力原単位と略す)に関する集計・分析を行った。図-2 にその全体結果を示すが、横軸に示す1室あたりの規模は、主に10㎡未満～80㎡に分布しており、なかでも20～30㎡が最も多い室数となっている。それぞれの棒グラフの内訳をみると、能力原単位200～250(W/㎡)が最も多くなっていることがわかる。なかには500(W/㎡)を超過する容量の室内機が導入されている室もあり、一般的な冷房負荷(24～139W/㎡)<sup>9)</sup>と比較すると機器容量としては過大となっている傾向を示していることがわかる。

これらを室の用途別にみると、図-3 に理工系用途(研究室、実験室)の分布を示すが、250(W/㎡)以上の室数が全体の半数以上を占めていることがわかる。図-4 に文科系事務系用途(研究室、事務室、会議室)の分布を示すが、理工系用途と比較して、能力原単位値は全体的に小さいものの、20㎡未満の小規模の室においては、理工系同様に室内機型式上の制約(機器能力の小さい機種が少ないなど)もあることから、能力原単位が大きくなる傾向を示していることがわかる。図-5 に電算機室の分布を示すが、電算機の発熱量が大きいことから、室規模によらず能力原単位の大きな室がほとんどを占めている様子が見られる。

以上から、一般的に個別分散空調機の室内機器能力は、建物外皮負荷、人体負荷、機器発熱、外気負荷などを合算して求める空調最大負荷に、設計安全率、室内機器選定(0.2～1.0kW 刻み)の過程を経て決められることから、年間を通じた実負荷に比べると過大となる傾向が強い。本学においては、加えて実験機器の大きな発熱や高い同時使用率を考慮した設計を行っていることから、電算機室などの特殊用途以外の用途においても、上記のように能力原単位の大きな室が全体に占める比率が高くなっていくものと考えられる。

## 2. 実建物における計測調査結果

### 2.1 計測概要

個別分散空調機の実稼働状況を把握するため、本郷キャンパスにある表-2 に示す建物において、3階南系統の研究室を対象に計測を行った。計測対象室は、表-3 に示す仕様のビル用マルチ機器が、2系統に分かれて設置されている大部屋方式の1室で、能力原単位は418(W/㎡)と図-3 に示す室のなかでも大きい室となっている。

計測は、機器メーカーの協力を得て、室外機に専用計測機器を設置し、収集したデータからCC(コンプレッサーカーブ)法を用いて室外機能力を算定している。また、併せて室外機毎の電力量及び室内の温湿度測定を行い、機器能力に対する負荷率(以下、負荷率)、室内機サーモによる稼働時間の比率(100%で連続運転、以下発停率)及びCOPなどを評価することとした。

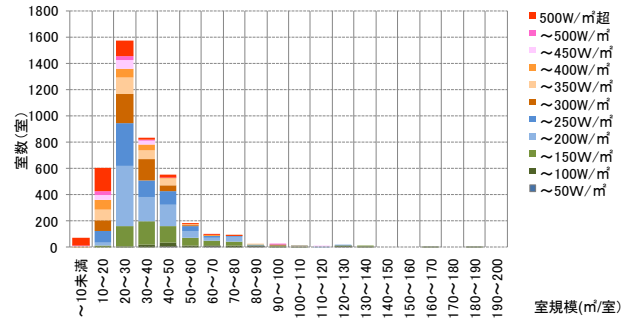


図-3 個別分散空調機の実単位集計結果(理工系)

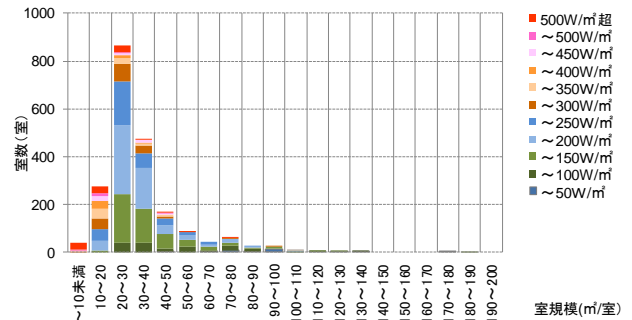


図-4 個別分散空調機の実単位集計結果(文科・事務系)

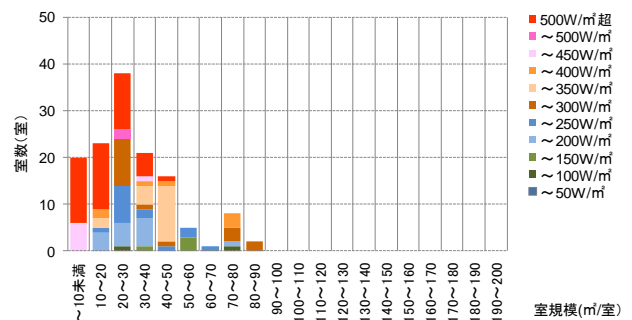


図-5 個別分散空調機の実単位集計結果(電算機系)

表-2 計測対象建物及び室概要

建物用途	医学系用途建物
規模	地上14階地下2階
延床面積	34,640㎡
竣工年	I期:H13年, II期:H17年
対象研究室	3階南側系統:1室に2系統
研究室床面積	134㎡

表-3 計測対象ビル用マルチ空調機器の仕様

項目 <sup>†1</sup>		台数
室外機	定格冷房能力(kW)	28.0
	定格冷房消費電力(kW)	11.8
	冷房定格 COP	2.37
	定格暖房能力(kW)	31.5
	定格暖房消費電力(kW)	10.5
	暖房定格 COP	3.00
室内機 (天井埋込型)	定格冷房能力(kW)	14.0
	定格冷房消費電力(kW)	0.206
	定格暖房能力(kW)	16.0
	定格暖房消費電力(kW)	0.173

†1 冷媒配管長を把握できなかったため、カタログ値をそのまま適用  
室外機は、同一フロアの機械室に設置。

## 2.2 夏期計測結果について

夏期計測は、H21/7/23～9/8 に実施し、代表期間として7/23～7/30を選定した。図-6及び図-7に系統1及び2の日推移を示すが、両系統とも外気温との相関は低く、室使用時間や運転によって、日積算能力が異なっていることがわかる。また、外気温の高い7/30を代表日として、系統1の負荷率及び発停率を時刻別推移(図-8)でみると、連続運転を継続できる20%付近の低い負荷率で運転を繰り返している様子がわかる。同様にして両系統の日推移を図-9に示すが、代表日と同様に各日とも負荷率が20%程度と非常に低く、発停率も70～100%の間を推移している様子がわかる。夏期の暑い時期においても負荷率20%台と低くなっていることから、実負荷に対する機器容量が過大であることがわかった。

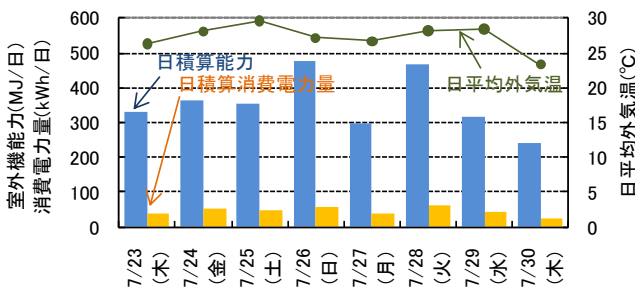


図-6 室外機能力, 電力量の日推移(夏期: 系統1)

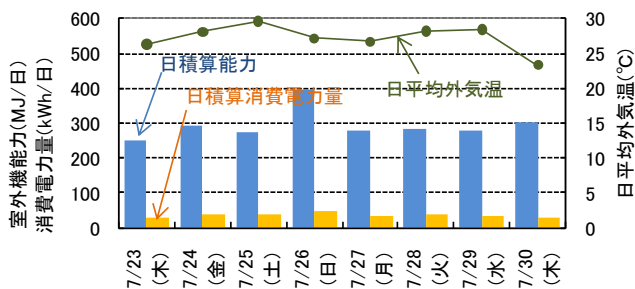


図-7 室外機能力, 電力量の日推移(夏期: 系統2)

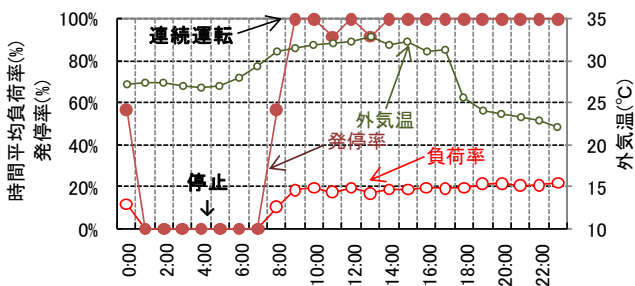


図-8 負荷率時間推移(系統1) 代表日 7/30

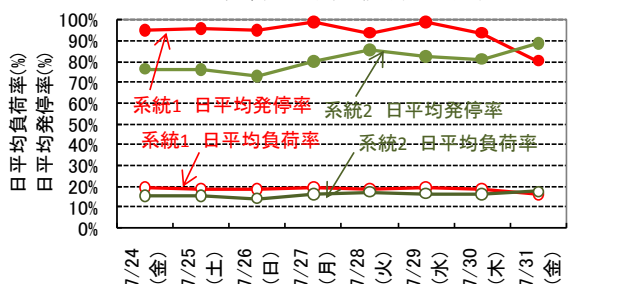


図-9 系統毎の日負荷率(夏期)

## 2.3 冬期計測結果について

冬期計測は、H22/2/16～4/2 に実施し、代表期間として3/2～3/9を選定した。図-10及び図-11に系統1及び2の日推移を示すが、両系統とも夏期同様に外気温との相関は低く、室使用時間や運転によって、日積算能力が異なっていることがわかる。また、負荷変動が大きい3/9を代表日として、系統2の負荷率及び発停率を時刻別推移(図-12)でみると、最大でも20%と低い負荷率で、12:00以降はOn-off発停運転を繰り返している様子がわかる。同様にして両系統の日推移を図-13に示すが、代表日と同様に各日とも負荷率が非常に低く、発停率も60%近くを示しており、除霜運転も3/4の9:00に1回のみと短時間でOn-off運転となっていることが確認できた。冬期のほとんどが上記運転を行っているものと考えられる。

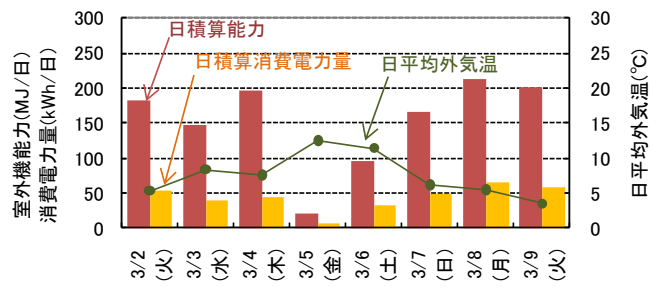


図-10 室外機能力, 電力量の日推移(冬期: 系統1)

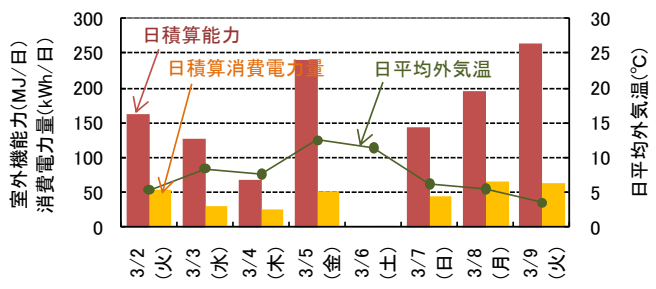


図-11 室外機能力, 電力量の日推移(冬期: 系統2)

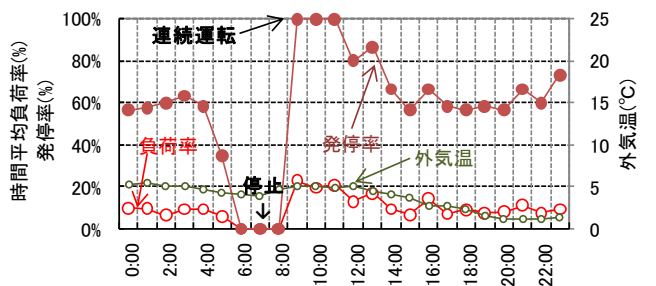


図-12 負荷率時間推移(系統2) 代表日 3/9

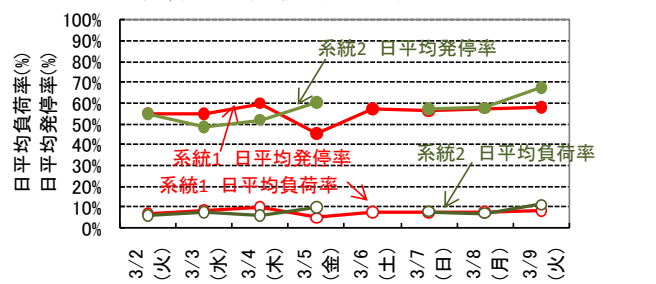


図-13 系統毎の日負荷率(冬期)



## 2.4 計測結果のまとめ

能力原単位の大きな室について、2.2 及び 2.3 ように低負荷率の稼働実態が把握できた。図-14 に夏期及び冬期の室外機負荷率と COP の関係について示す。負荷率が低く、インバータの制御下限以下の On-off 稼働主体の運転となっており、発停ロスが大きく全体的に COP は低くなっていることがわかる。

## 3. 更新時における検討結果

1 及び 2 に示した学内の導入量実態調査、実建物の計測調査を受け、機器容量の適正化が必要であることがわかった。今後、TSCP 対策により学内に多数導入されている個別分散空調機について更新する上でこの機器容量適正化を具体化する一つの手法について検討を行ったので、以下にその結果を示す。

### 3.1 ベンチマークの検討

表-1 に示す機器台数について、各室単位で最適な容量を検討することは、時間的にも非常に困難であることから、1 で示した能力原単位に関して、機器更新時のベンチマークについて検討を行った。

ベンチマークには、上記調査結果に加え、これまでの本学における設計データ(方位や階数などにより変化する最大負荷など)を活用し、現時点での本学の目安として、非実験系用途の室については、室内機の選定容量を原則 200(W/m<sup>2</sup>)以下とし、実験系用途の室(電算機室を含め、実験機器発熱が大きい場合等は個別検討)においては、同様に 250(W/m<sup>2</sup>)以下とすることとした。機器更新時にこのベンチマークを適用することにより、図-15 に示すように、更新後の定格 COP の向上に加え、実稼働時の負荷率改善効果も相乗効果となるものと考えられる。

### 3.2 ベンチマーク設定による更新効果の推定

ベンチマーク設定による効果について把握するため、図-16 に示すように JIS 規格<sup>4)</sup>の APF 算定方法を簡略化したモデルを用いて試算を行った。試算対象の機器は、能力原単位を検討した本郷キャンパスの調査結果を用いて、導入年度が H12 年以前と現時点より 10 年以上が経過しているものを対象とした。また、外気温発生時間や想定建物負荷など計算に必要な条件は、全負荷相当運転時間が本学の使用実態に近い JIS 規格に示された条件(テナント店舗：冷房 723 時間、暖房 500 時間)を適用した。この結果、表-4 に示すように同容量で更新する場合に比べ、CO<sub>2</sub> 削減量はさらに約 24% 向上、併せて投資回収年数も 52% 減と大幅に短縮できることがわかった。

## 4. まとめ

本学に導入されている個別分散空調機について、得られた調査結果を集計・分析することで、今後の更新に向けた一手法について検討を行った。実際の更新計画において適用を進め、TSCP 対策を進めたいと考えている。

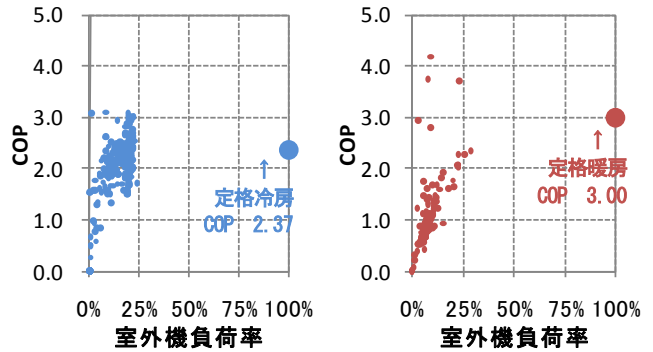


図-14 負荷率と COP の関係(左図:夏期, 右図:冬期)

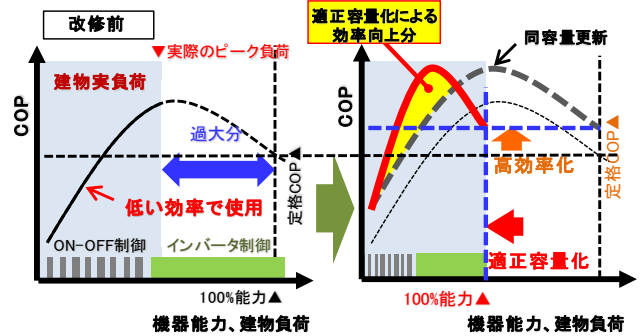


図-15 更新効果の概要図

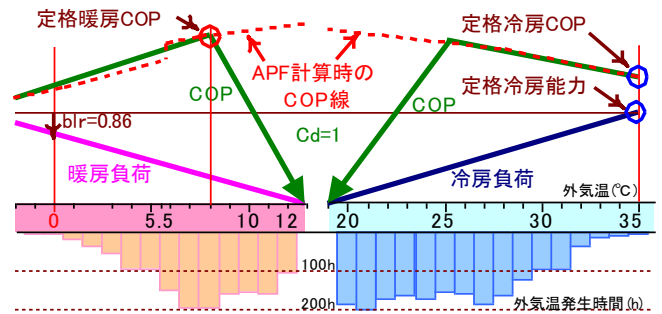


図-16 APF 計算の簡略化モデル

表-4 ベンチマーク設定による削減効果推計

項目	同容量更新	ベンチマーク適用
年間 CO <sub>2</sub> 削減量 (ton-CO <sub>2</sub> /年)	1, 679	2, 079 (+24%)
対象馬力 (馬力)	3, 959	2, 360 (-40%)
投資回収年数 (年)	15.2	7.3 (-52%)

† 地域は東京、テナント店舗の計算条件にて試算

## 参考文献

- 1) 迫田一昭・河野匡志・花木啓祐・野城智也・磯部雅彦：東京大学におけるサステイナブルキャンパス活動，日本建築学会技術報告集，第 15 巻第 30 号 (2009.6)
- 2) 迫田一昭・河野匡志・花木啓祐・野城智也・磯部雅彦：大学キャンパスにおける二酸化炭素排出削減策の立案・実行～東京大学におけるサステイナブルキャンパスプロジェクト～，エネルギー・資源学会，技術報告，会誌通巻 176 号 (2009.7)
- 3) 地域冷暖房技術手引書(改訂新版)，(社)日本地域冷暖房協会，p46, 2002. 11 における全用途の最大，最小値。
- 4) JIS-B8616 規格，パッケージエアコンディショナ(2006.3)

謝辞：本研究は、本学に設置した TSCP 産学連携研究会の中の機器高効率化方策検討 WG において検討した成果を含んでいる。実建物での計測に協力頂いたダイキン工業(株)をはじめ、同会の関係者にここに記して深く謝意を表したい。