

大学施設における環境負荷低減手法に関する研究
その15 個別分散熱源方式の機器容量最適化に向けた検討

A Study of Environmental Load Reduction Technique for University Facilities
Part15 Studies for the capacity optimization of the Multi-split air-conditioning system

正会員 ○岡本 泰英（東京大学） 正会員 迫田 一昭（東京大学） 正会員 赤司 泰義（東京大学）
技術フェロー 柳原 隆司（東京電機大学） 正会員 塩地 純夫（大金工業） 正会員 長澤 浩司（大金工業）

Yasuhide OKAMOTO*¹ Kazuaki SAKODA*¹ Yasunori AKASHI*¹

Ryuji YANAGIHARA*² Sumio SHIOCHI*³ Koji NAGASAWA*³

*¹ The University of Tokyo *² Tokyo Denki University *³ Daikin Industries, Ltd.

It is possible to achieve both a reduction in running costs and initial costs by equipment capacity optimization when updating for the Multi-split air-conditioning system adopted in most of the Utokyo. We report verified the equipment capacity optimization technique through equipment update in the Utokyo

はじめに

東京大学では、TSCP 室¹⁾が主体となって低炭素キャンパスに向けた取組の一つとして、熱源機器の高効率化更新を実施してきた。本学施設の空調方式として最も多くの容量を占めているのは個別分散空調方式だが、機器容量が過大なため、運転負荷率が低く非効率な運転となっていることが考えられる。機器容量の最適化が図れば、導入によるインシタルコストの低減と高効率運転によるランニングコストの低減の両立を行うことができる。そこで本報では、本学独自の機器容量選定方式で改修した機器について運転データ分析、機器容量最適化の検証を行ったので、その内容について報告する。

1. 熱源改修概要

対象施設は、本学柏キャンパス内にある2棟の建物で、2012年11月に建物内全ての個別分散熱源（EHP）を改修した。図1に各建物の空調対象面積に占める用途別（実験室系、研究室・講義室他、事務所系）の比率を示す。どちらの建物も事務所系を除く実験・研究エリアの占める割合が90%以上と非常に高いことがわかる。図2に改修前後の能力原単位と機器容量（室内機冷房能力）の推移を示す。今回の熱源改修では、従来の学内指針^{2,3)}を少し見直し、実験系は250[W/m²]以下、研究室・講義室他は150~200[W/m²]以下、事務所系は100~150[W/m²]以下を基準として容量選定を行った。その結果、理系施設①の機器容量は2,110→1,244kW（41%削減）、能力原単位は331→179W/m²、理系施設②の機器容量は1,069→756kW（29%削減）、能力原単位は332→209W/m²に削減できた。

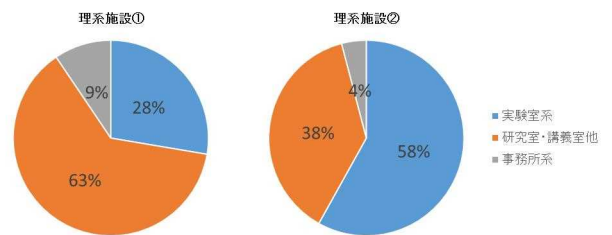


図1 用途別延床面積比率

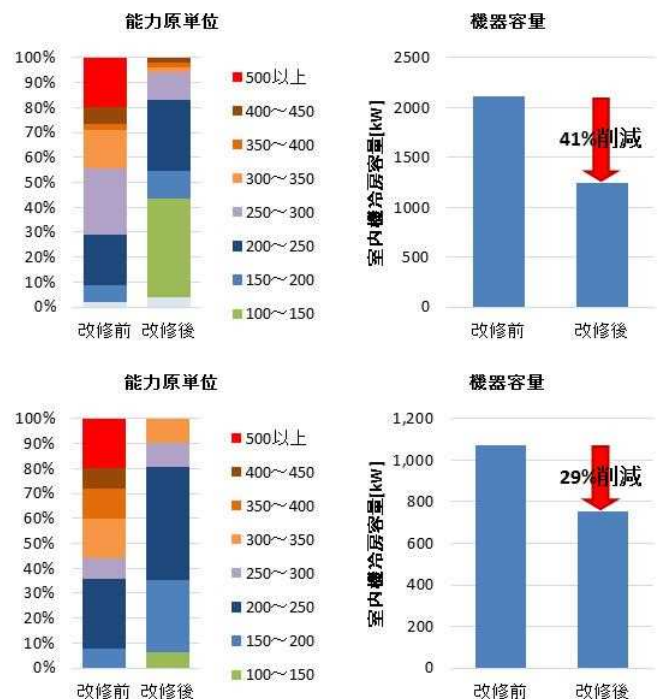


図2 改修前後の能力原単位と機器容量
（上：理系施設①、下：理系施設②）

2. 実測結果

2013年8月1日～2014年2月28日までの5ヶ月間を対象としてデータ分析を行った。収集したデータは、
 室外機：外気吸込温度、運転時間、消費電力、冷暖房能力、
 室内機：室内吸込温度、リモコン設定温度、運転時間、サーモON時間、消費電力である。

2.1 室外機運転から見た最適容量

図3に用途別の室外機運転負荷率の発生状況、図4に計測期間全体における冷房・暖房別の負荷率とCOPの関係を示す。ちなみに、計測期間中は年間冷房が行われている実験室系の一部系統を除き、概ね8月～10月が冷房運転、11月～2月が暖房運転となっていた。

冷房運転においては“研究室・会議室他”の運転負荷率の低さが他の用途に比べてより顕著に表れているが、どの用途も運転負荷率30%未満の割合が全運転時間の60%を超えており、ON-OFF運転（負荷率25%未満）が相当な時間行われている事がわかる。暖房運転においては、やや負荷率の発生状況が改善されているものの“実

験室系”においては運転負荷率30%未満の割合が80%に達しており、依然過大容量となっていることがわかる。運転負荷率とCOPの関係を見ると運転負荷率40～60%のCOPが最も高くなるため、このあたりの運転時間を最大にする機器選定が理想となる。既設の運転状況の把握が難しい個別分散熱源においては、今回のような改修のタイミングに併せて計測環境を整えながら、年間運転データを充実させていくことが今後も必要と考えている。

2.2 室内環境から見た最適容量

これまで、室外機の運転負荷率の発生状況から機器容量の最適化について検討してきたが、ここでは室内の温熱環境が適正に維持されているかどうかについて確認してみる。そこで室外機が定格運転（最大負荷）に近い運転を行った系統の室内温熱環境について冷房時と暖房時それぞれの運転データを示す。

図5は冷房最大負荷発生時における事務所系のエリアの室内環境を示す。IU01～04は室内機で、IU01は天井埋込ダクト形（冷房能力4.5kW）で事務所ゾーンにある

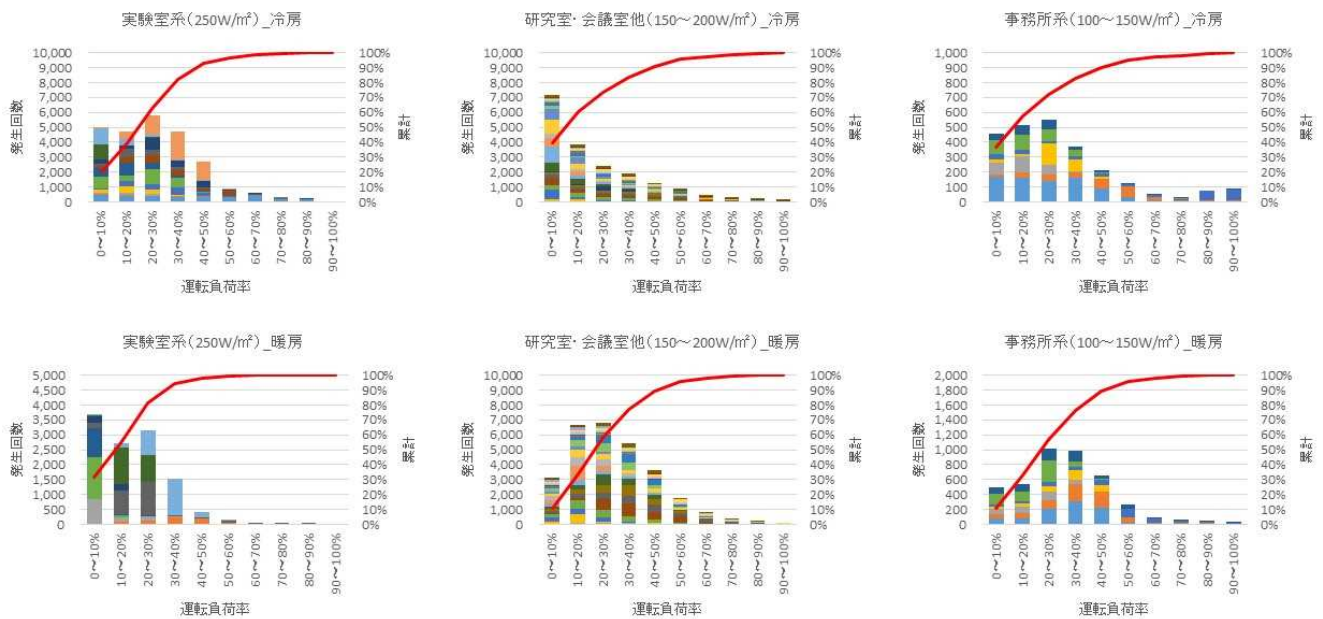


図3 用途別運転負荷率の発生状況（上：冷房、下：暖房）

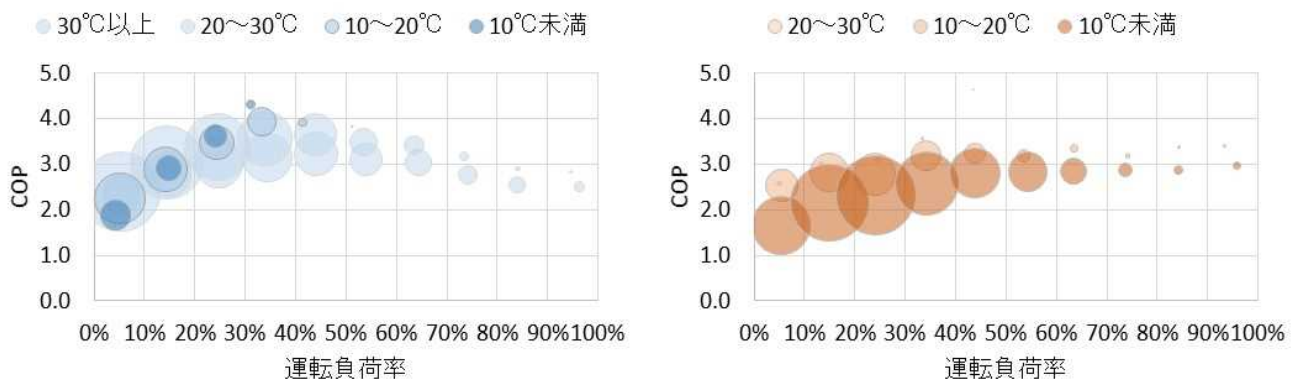


図4 外気吸込温度別のCOPと運転負荷率（左：冷房、右：暖房）

ミーティングルーム用、IU02～04 は天井カセット形 4 方向（冷房能力 2.8kW）で同一空間に配置されている。室外機の冷房能力は 14kW で室内外機の比率は 92%（= 12.9kW÷14kW）であり、空調対象面積が 125 m²であることから、室内機冷房能力原単位は 103W/m²となる。図はこの系統の冷房最大負荷が発生した 2013 年 8 月 12 日（月）～16 日（金）の 5 日間の運転データである。空調時間は朝 8 時から 18 時までで室内温度 28℃を目安に空調を行っている。この事務所スペースでは空調停止時に室温が 32℃程度まで上昇しており、室内温度（リモコンサーモ温度）が設定温度になるまで若干時間がかかっている。室内機運転時間中、全てサーモオン状態つまり最大負荷時に室内機が最大運転となっているが、在室者のクレームもなく必要容量を満足していると思われる。

次に暖房時最大負荷発生時の事例として、会議室のエリアの室内環境を図 6 に示す。室内機は天井埋込ダクト形（冷房能力 14kW）が 2 台設置されている。室外機の冷房能力は 28kW で室内外機の比率は 100%、空調対象面積は 129 m²で室内機冷房能力原単位は 217W/m²である。図はこの系統の暖房最大負荷が発生した 2014 年 1 月 27 日（月）～31 日（金）の 5 日間の運転データである。会議室のような短時間しか使用しないスペースは素早く温熱環境を快適にすることが求められるため、やや大きめの容量選定としている。空調開始直後から素早い温度上昇が行えており、室内機運転時間とサーモオン時間が全て一致していることから最大負荷時に必要容量を満足する容量設定となっていると思われる。

2.3 用途別稼働状況

図 7 に冷房時（8 月）と暖房時（2 月）における室外機の月間平均稼働時間を用途別（実験室系、研究室、講義室、図書室、事務所系）に分けて示す。各系統の積み上げグラフは平日平均、折れ線は休日平均、実線は最大運転時間を表している。対象建物の実験施設は理学系が多いが冷房時も暖房時も一日を通して比較的フラットな運転が行われている。実験室は建物の北側に多く配置されていて日射の影響を受けにくい事も影響していると考えられる。また他の用途に比べると、冷房時の稼働時間が長くなっているが実験室では内部発熱が大きい機器（フリーザーや恒温機など）が多いため冷房負荷の方が多くなっている。研究室も実験室同様に 24 時間稼働している所が多く見られる。こちらは建物の南側に配置される事が多いため、特に夏場は日射による影響から日負荷変動が大きくなっていることがわかる。講義室・図書室・事務所系については平日昼間時間帯の活動が主となっており、特に冷房は休日の負荷がほとんど発生していない（事務所系に仮眠室も含めているため、夜間や休日に負荷が発生している）。ビルマル系統の選定に際し負荷平準化効果が見込まれる場合には、異なる用途を組み合

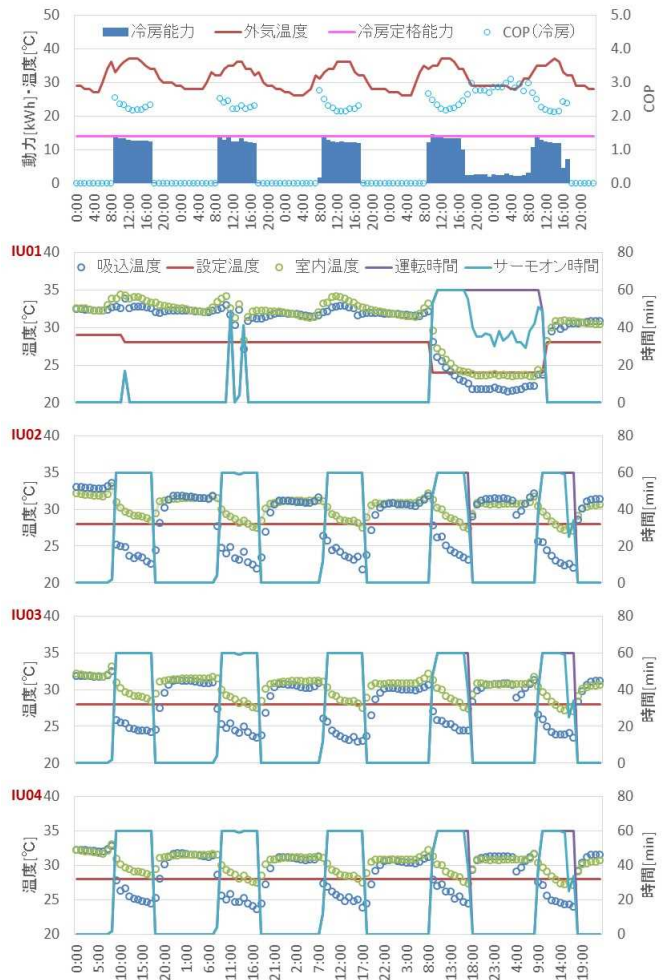


図 5 事務所系における夏期最大負荷時における室内温熱環境

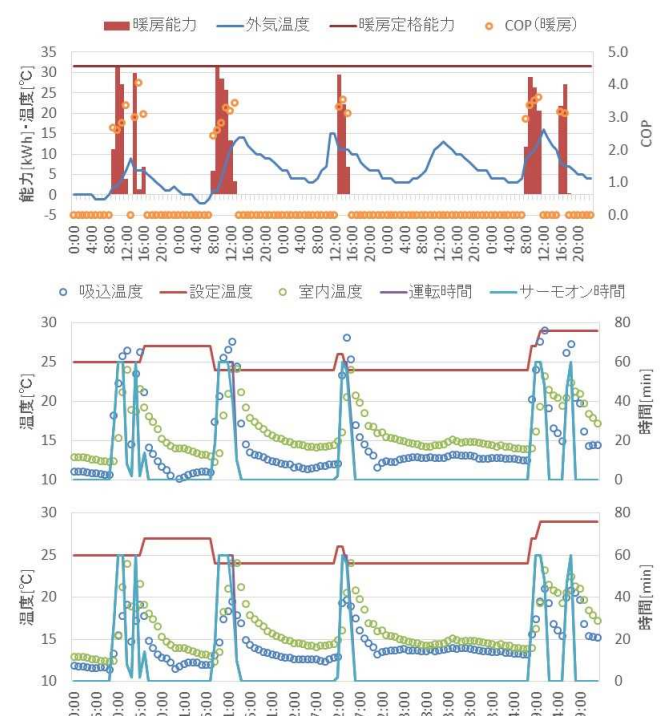


図 6 会議室における冬期最大負荷時における室内温熱環境



図7 冷房時(8月)と暖房時(2月)における用途別室外機平均稼働時間

わせて室外機の負荷率向上を図るが、今回のようにいずれも昼間に最大負荷が発生する場合は逆にピークを押し上げてしまうため、系統選定には注意を要する。

2.4 用途別選定容量の妥当性確認

図8に今回の改修で選定した機器容量と実測最大負荷から算出した機器容量を比較する。実験系については実験設備により大きな変動が生じるため、個別のバラツキが大きいですが、今回採用した250W/m²以下の選定でも多くの実験室では依然過大であると考えられる。一方、研究室のように比較的長時間滞在する室に対しては、150W/m²、講義室、セミナー室や会議室のような短時間利用する室では200W/m²が妥当だと思われる。事務所系については100~150W/m²で選定して問題ないと思われる。

3. まとめ

本学では、これまでの実態調査⁴⁾により熱源設備が過大容量となっており、それが原因で非効率な運転となっていることを問題と考え対策を講じてきた。特に個別分散熱源設備は実態把握が困難なため、ベンチマーク基準による容量最適化を推奨してきたが、実測データによる確認で用途毎の基準値がほぼ定まってきた。今後は、これらの実測データから得られた知見を元に既設設備の運転状態を推定することができれば機器容量の最適化がより効果的に行えると考える。一方、更新時における適正容量化を実施する上で課題がある。工期短縮やコスト削減の観点から既設設備(配管)を流用しようとしても、冷媒技術の向上により最新機器の冷媒配管が縮小化されているため、既設機器よりも容量を縮小することができなくなっている。本学では今後益々個別分散空調機の更新が増えてくることが予想され、ほとんどの系統で容量最適化(縮小化)が必要となることから、そのような場合の既設冷媒管再利用方法について有効な解決策をメーカーとともに検討していきたいと考える。

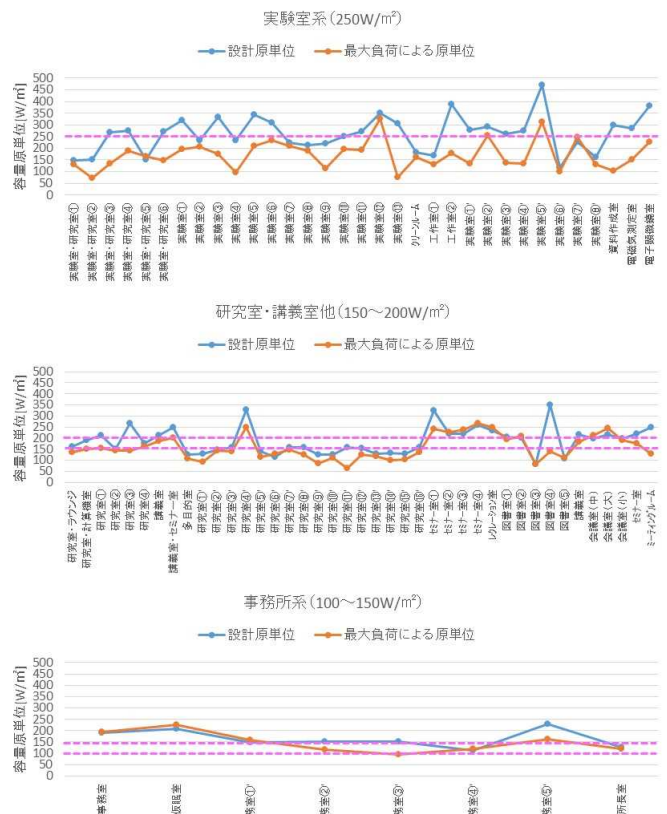


図8 熱源改修における容量原単位と最大負荷との関係

参考文献

- 1) 迫田他: 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, pp. 611~614 (2009. 6)
- 2) 河野他: 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 個別分散型空調機の調査結果分析と更新手法の提案, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp. 927~930 (2010. 9)
- 3) 岡本他: 大学施設における環境負荷低減手法に関する研究 その11 個別分散熱源に関する更新効果の検証, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp. 1, 871~1, 874 (2012. 9)
- 4) 河野他: 国立大学施設における環境負荷低減手法に関する研究, 日本建築学会環境系論文集 第76巻 第666号, pp. 727~734 (2011. 8)