

大学施設のサステイナブル化に関する研究

その4 東京大学における熱源設備の導入実態と最適化に向けた検討

正会員 ○岡本 泰英*
同 磯部 雅彦**
同 迫田 一昭***
同 柳原 隆司****

東京大学 キャンパス 非住宅建築物
調査・実測 中央熱源方式 個別分散方式

1. はじめに

東京大学(以下、本学)では、東大サステイナブルキャンパスプロジェクト(以下、TSCP)主導の下、低炭素キャンパスの実現に向け環境負荷削減を最優先課題として大学独自に取り組を進めている¹⁾。学内の各建物に導入されている熱源設備については、機器更新にあたって可能な限り実測調査を行い(中央熱源方式では必須)、稼働時の機器効率から更新による投資対効果を確認すること、さらに実測負荷に応じた適正機器容量への更新を検討することとしている。本報では、本学建物の既設熱源設備の導入実態について報告する。

2. 中央熱源方式における導入実態

中央熱源方式の熱源機器について、建物用途別に集計した結果を表1に示す。中央熱源方式を採用している建物は、実験機器等の内部発熱が高く、稼働時間も長い安定した空調負荷を有している医薬病院系・理工系建物に多く導入されている。事務系・文科系建物では、外気調和機等の一次空気処理用の熱源機器として、個別分散熱源と併用するケースもみられた。

既報^{2,3)}でも一部紹介してきたが、TSCPが発足した2008年以降に実測調査を行った機器について表2に示す。全体的な傾向として運転負荷率が低いが、原因としては、設計段階での設備容量の算定が結果として過大であることと実負荷に見合った運転管理が行えていないことが考えられる。その代表例として図1,2に理工系Cにおける実測結果を示す。図1は実測期間の最大負荷日であるが、ピーク時においても3,100[MJ/h]しか発生していない。熱源機1台(定格容量4,047[MJ/h])で十分に賄える負荷であるにもかかわらず、終日2台運転(90分毎に2台の熱源機が交互に発停)が行われていたため、運転負荷率ならびにシステムCOPが低い値となっている(図2)。

表1 大型熱源設備の建物用途別集計(単位:RT)

		事務系	文科系	理工系	医薬病院系
冷凍機	水冷チラー	95	90	938	1,802
	ターボ冷凍機	410	0	245	1,985
	蒸気吸収式	0	0	0	1,600
冷温水機	空冷HPチラー	5	356	468	1,802
	吸収式	573	860	3,286	1,000

表2 各熱源機器の運転負荷率とシステムCOP(夏期実測)

建物名	稼働熱源機器・容量	負荷率	COP [※]
保健系 A	熱回収ターボ冷凍機(TR-1) 800RT	91.4%	(冷専) 4.19
	ターボ冷凍機(TR-2) 800RT	89.2%	4.58
	ターボ冷凍機(BTR-1) 1,000RT	79.3%	3.85
	蒸気吸収冷凍機(ACR-1) 800RT	49.2%	0.86
	蒸気吸収冷凍機(ACR-2) 800RT	47.1%	0.80
保健系 B	ガス吸収冷温水機(RH-1) 400RT	82.0%	0.99
	ガス吸収冷温水機(RH-2) 400RT	80.1%	0.98
保健系 C	蒸気吸収冷凍機(RA-1) 215RT	53.9%	(単体) 0.79
	蒸気吸収冷凍機(RA-2) 215RT	64.2%	(単体) 1.07
	空冷ヒートポンプ(RS-1) 130RT	15.6%	4.42
保健系 D	ガス吸収冷温水機(RB-1) 240RT	37.6%	(単体) 0.39
	ガス吸収冷温水機(RB-2) 240RT	46.2%	(単体) 0.47
	ガス吸収冷温水機(RB-3) 120RT	50.8%	(単体) 0.27
	空冷ヒートポンプ(RR-1) 70RT	14.7%	3.71
保健系 E	蒸気吸収冷凍機(RH-1) 200RT	37.8%	(単体) 0.41
	蒸気吸収冷凍機(RH-2) 200RT	53.6%	(単体) 0.44
保健系 F	蒸気吸収冷凍機(RH-3) 170RT	37.3%	(単体) 0.49
理工系 A	ガス吸収冷温水機(RB-1) 240RT	24.2%	0.54
	ガス吸収冷温水機(RB-2) 240RT	21.8%	0.41
	ガス吸収冷温水機(R-1) 98RT	11.4%	0.26
理工系 B	ガス吸収冷温水機(RB-1) 205RT	23.4%	0.49
	ガス吸収冷温水機(RB-2) 205RT	26.6%	0.51
理工系 C	ガス吸収冷温水機(R-1) 320RT	8.9%	0.43
	ガス吸収冷温水機(R-2) 320RT	20.1%	0.60
理工系 D	ガス吸収冷温水機(R-1) 520RT	0.33%	(合計) 0.48
	ガス吸収冷温水機(R-2) 200RT	0.25%	
理工系 E	空冷スクエー冷凍機(R-1) 330RT	59.2%	2.88
	ターボ冷凍機(R-2) 245RT	37.6%	3.21
文科系 A	ガス吸収冷温水機(RB-1) 102RT	37.3%	0.81
	ガス吸収冷温水機(RB-2) 102RT	35.8%	0.80

※電動式は二次エネルギー換算 COP、燃焼式は一次エネルギー換算 COP

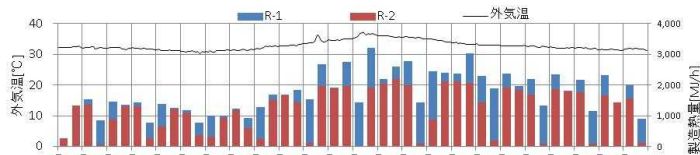


図1 理工系Cの代表日における製造熱量推移

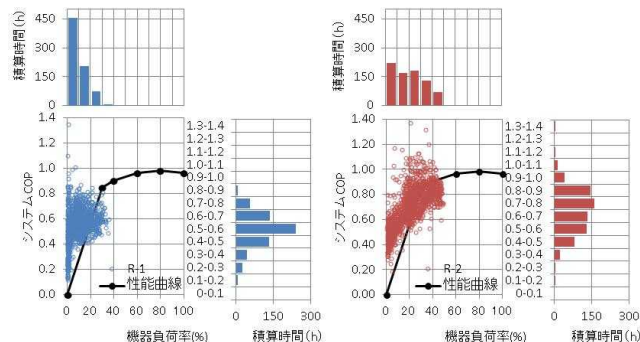


図2 熱源機器負荷率とシステムCOP

3. 個別分散熱源方式における導入実態

個別分散型空調機の集計結果を表3に示す。室外機容量の合計は96,133[kW]となっており、これは中央熱源方式の機器容量の2倍近い値となっている。また、研究室等の小規模室の個別要求に対応するため、パッケージエアコンの設置台数が多い。つぎに、室用途毎の室内機容量と容量原単位について表4に示す。文献値⁴⁾にある一般的な事務所ビルの冷房原単位の最大値92[W/m²]に比べて約2~3倍程度となっており、文系・その他(電算機室を除く)に比べて理工系の容量原単位が高いことがわかる。個別分散方式については、実負荷計測による室毎の容量最適化が難しいことから、ベンチマーク(室内機容量を非実験系200[W/m²]以下、実験系250[W/m²]以下とする)による容量選定を採用することにしている⁵⁾。ベンチマークに基づいて熱源更新した文科系Bの導入状況を表5、図3に示す。機器発熱や外気導入量が多い系統(ACM-13,16)を除き87~290[W/m²]の容量原単位となっており、既存熱源容量の70%程度に容量削減をしたにもかかわらず、運転負荷率はON-OFF運転となる10~20%程度の頻度が最も多くなっている。

4. おわりに

本報では、本学内における熱源設備の実態調査から中央熱源方式・個別分散方式ともに運転負荷率が低いことを示した。大学施設の設計においては、大学特有の実験・研究設備の稼働状況が不確定であることから機器発熱を安全側に高く見込んでいること、更なる内部発熱に各種安全率が掛かることにより実負荷に対して設備容量が過大となる傾向が常態化していることが考えられる。

本学では、建物の新設・改修に関する方針をTSCP指針として独自にまとめており、指針に則った設計を推奨している。指針の中で熱源設備については一定の基準を満たす高効率機器の採用を推奨するとともに、中央熱源方式では、実負荷計測に基づいた容量の最適化を行うこと、個別分散熱源方式では、ベンチマークによる容量選定を行うこと、により設備容量の最適化を図っている。

今後は、運用実態に則した指針への見直しを継続的に行うとともに、実態が不明確な実験設備について調査により明らかにし、更なる環境負荷削減に繋げていきたい。

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30号，pp.611~614(2009.6)
- 2) 柳原他：東京大学における空調用エネルギー消費の実態と省エネ化に向けた提案 その1 工学部1号館を対象とした夏季実測結果，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.1103~1104(2009.8)
- 3) 一ノ瀬他：大学施設における環境負荷低減手法に関する研究 その2 医学・薬学・病院計用途建物における実測調査，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.1361~pp.1362 (2010.9)
- 4) 空気調和衛生工学会：「空気調和設備 計画設計の実務の知識」
- 5) 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1 東京大学における原単位集計と個別分散空調機器の更新手法の提案，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.1359~pp.1360 (2010.9)

表3 個別分散型空調機のキャンパス毎の集計結果

	容量[kW]		台数[台]	
	室外機	室内機	室外機	室内機
本郷	50,650	49,582	4,851	6,816
駒場 I	18,404	16,141	915	2,332
駒場 II	11,647		341	
白金	6,803	5,790	590	733
柏	8,629	6,929	214	1,016
合計	96,133	78,442	6,911	10,897

表4 室用途毎における室内機容量と容量原単位

		室内機容量 [kW]	床面積 [m ²]	容量原単位 [W/m ²]
理工系	研究室	18,802	85,161	221
	実験室	10,641	39,071	272
	講義室	1,732	7,764	223
文系	研究室	3,291	18,751	176
	実験室	43	307	140
	講義室	1,412	6,642	213
その他	事務室	7,474	42,375	176
	会議室	2,152	9,771	220
	電算機室	1,781	4,398	405

表5 文科系Bの個別分散空調機導入状況

系統名	対象階	主な空調対象	冷房能力 [kW]	容量原単位 [W/m ²]
ACM-2	B1F	資料室, 処理室	14.0	250
ACM-3	2F	研究室, 教室	28.0	239
ACM-4	2F	IT室, 図書室	22.4	179
ACM-5	3F	演習室, 教室	28.0	239
ACM-6	3F	標本室, 資料室	14.0	87
ACM-7	4F	実習室, 教室	28.0	239
ACM-8	4F	資料室	22.4	139
ACM-10	B1F	試験室, 書庫	45.0	176
ACM-11	B1F	撮影室, 測定室	28.0	188
ACM-12	1F	ラウンジ, エントランスホール	100.0	290
ACM-13	1F	講義室, 外気処理	95.0	655
ACM-14	1F, 3F	資料室, 企画室	50.0	129
ACM-15	1F, 2F, 3F	資料室, 研究室, 教室	80.0	156
ACM-16	1F	サーバ室	28.0	875
ACM-17	2F	資料室	28.0	109
ACM-18	2F, 3F, 4F	資料室	69.0	100
ACM-19	4F	資料室	33.5	132
ACM-20	4F, 5F	資料室, 研究室, 教室	50.0	194
ACM-21	5F	資料室	61.5	212
ACM-22	6F	資料室	33.5	94

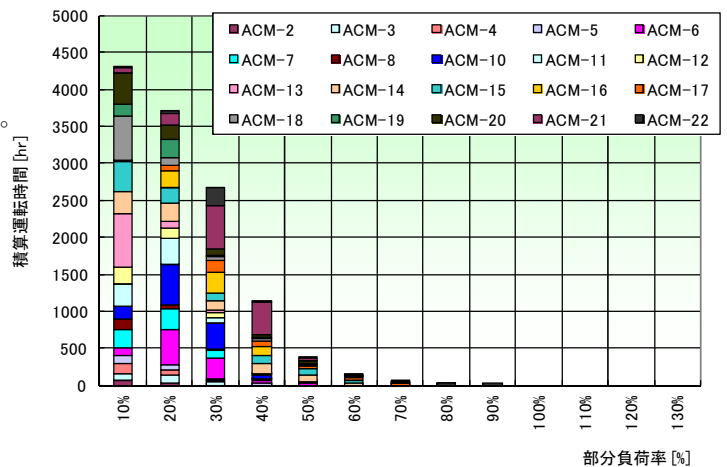


図3 文科系Bにおける室外機発生負荷状況

*東京大学 TSCP 室 室員・修士 (工学)
 **東京大学 TSCP 室 室長・教授・工学博士
 ***東京大学 TSCP 室 室長補佐・学士 (工学)
 ****東京大学大学院 特任教授・博士 (工学)

*Project Specialist, TSCP, The Univ. of Tokyo, M.Eng.
 **Director, TSCP, The Univ. of Tokyo, Prof., Dr.Eng.
 ***Deputy Director, TSCP, The Univ. of Tokyo, B.Eng.
 ****Project Prof., Grad. Sch. of Frontier Sci., The Univ. of Tokyo, Ph.D.