

大学施設における環境負荷低減手法に関する研究  
 その4 医学系建物における実測調査と更新対策の効果検証

A Study of Environmental Load Reduction Technique for University Facilities

PART4 : The Measurement Investigation in the Hospital Building and the Effect of Measures

正会員 ○柳原 隆司 (東京大学) 正会員 河野 匡志 (東京大学) 正会員 坂本 雄三 (東京大学)  
 正会員 一ノ瀬 雅之 (東京大学) 迫田 一昭 (東京大学) 磯部 雅彦 (東京大学)

Ryuji YANAGIHARA\*<sup>1</sup> Masashi KAWANO\*<sup>1</sup> Yuzo SAKAMOTO\*<sup>1</sup>  
 Masayuki ICHINOSE\*<sup>1</sup> Kazuaki SAKODA\*<sup>1</sup> Masahiko ISOBE\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> The University of Tokyo

This paper reports the result of investigation and measurement of energy consumption in the University facilities. The facilities of medicine and a pharmacy and the hospital was much energy consumption. Therefore, we performed CO<sub>2</sub> reduction by improving the operating based on a measurement result and introduction of Heat-recovery turbo chiller in University Hospital.

はじめに

東京大学(以下、本学)は、教育・研究機関としてサステイナブルな社会の実現への道筋を示すために、H20年7月、東大サステイナブルキャンパスプロジェクト<sup>1)2)</sup>(以下、TSCP)を立ち上げ、総長直轄組織となるTSCP室を軸として、多岐にわたる環境負荷を先導的に低減する取り組みを開始している。TSCPでは、大学が先導的役割を果たす必要性の高さ、問題の緊急性・困難性に鑑み、エネルギー起源のCO<sub>2</sub>排出量削減を当面の最優先課題とし、本学全体のCO<sub>2</sub>排出総量に関し削減目標(表-1)を掲げている。TSCP室の発足以降、これまで本学のエネルギー消費形態について、キャンパス単位から建物単位へと細かな集計・分析を実施し、具体的な対策項目を含めた優先順位を検討している。本報では、この結果をもとに実建物の短期計測調査や更新対策を実施し、実効ある省CO<sub>2</sub>対策を行ったので以下に報告する。

1. 建物毎のエネルギー消費実態の把握

本学は、主要5キャンパス(本郷、駒場1, 駒場2, 柏, 白金)で延床面積136万㎡(全体の約9割)、建物数約500棟を保有しており、CO<sub>2</sub>排出総量に占める比率も高くなっている。これら建物毎の年間一次エネルギー消費量原単位について、図-1に散布図を示す。建物規模によらず幅広く分布していることから、建物用途毎に大きく4つに大別し集計を行った。その結果、図-2に示すように最も低い原単位を示す文科系用途や事務系用途の建物と比較して、理工系建物は約2倍、医薬病院系建物約3倍の違いがあることがわかった。また、年間CO<sub>2</sub>排出量原単位でみると図-3に示すとおり同様の傾向であった。

表-1 TSCPのアクションプラン

基準年度	2006年度
TSCP2012	非実験系のCO <sub>2</sub> 排出総量15%削減
TSCP2030	実験系を含むCO <sub>2</sub> 排出総量の50%削減を目指す

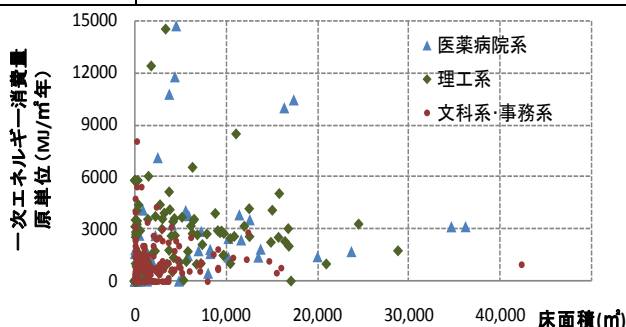


図-2 延床面積と年間一次エネルギー消費原単位

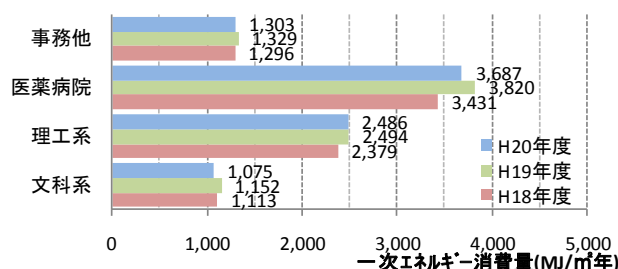


図-3 建物用途別の年間一次エネルギー消費原単位

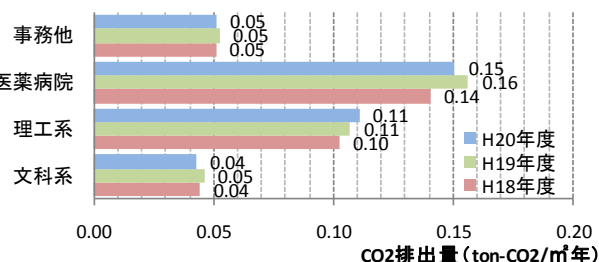


図-4 建物用途別の年間CO<sub>2</sub>排出量原単位

## 2. 既設建物における省 CO<sub>2</sub> 対策

### 2.1 医学部附属病院地区における対策

1 に示すとおり、特に医学・薬学・病院用途の建物は、学内で最も大きな原単位を示していることがわかった。TSCP の発足以降、これらの用途のなかでも CO<sub>2</sub> 排出量が特に多い本郷キャンパス医学部附属病院地区において、熱源設備の更新対策を行っている。既報<sup>3)</sup>に冬期の効果を示したが、本報では、年間の削減効果について示す。

### 2.2 更新対策の概要と効果

本郷キャンパス医学部附属病院地区は、図-5 に示すように、研究・管理施設エリア、病院施設エリアに大別されるが、後者のエリアにおいては、設備管理棟にエネルギーセンターを保有(入院棟 A のみ一部単独熱源を併用)しており、表-2 に示す熱源機器により空調用の冷水・温水、給湯・滅菌用の蒸気を一括で製造している。このなかで、2008 年度(2009 年 1 月竣工)には空冷スクリー冷却機(SCR)1 を高効率熱回収ターボ冷却機(TR-1)に更新、2009 年度(2010 年 2 月竣工)には空冷スクリー冷却機(SCR)2 を高効率ターボ冷却機に更新する対策を行っている。

先に導入した熱回収ターボ冷却機について、設備管理棟の BEMS データを解析した結果、図-6 に示すように熱回収運転時は 6.8~7.6(仕様値 9.24)、冷水専用運転時は 4.2~5.0(仕様値 5.11)と、従来の熱製造効率に比べて大幅に改善できていることがわかった。しかし、負荷側の温度差が十分に確保できていない等、機器単体では改善できない熱源システム上の課題が残っており、仕様値と比較するとやや低い値を示している。

また月毎の生産熱量について、前年同月で比較した結果を図-7 に示す。各月とも製造熱量はほぼ同様の値となっているが、温水については、2008 年はガスボイラで製造した蒸気と熱交換器で熱交換して製造していたが、2009 年は更新機の熱回収運転により、そのほとんどを賅っている様子が見える。これは、既設の冷水蓄熱槽、温水蓄熱槽を活用することで、冷水及び温水の同時製造の効果を最大限引き出すことを可能としている。図-8 に 2008 年 4 月~2009 年 12 月までの日製造熱量の推移を示すが、2009 年 1 月中旬から熱回収ターボ冷却機が稼働したことにより、上記同様に冷熱及び熱回収による温熱の製造について、更新機にて賅っていることがわかる。また冷水専用運転に切り替わる 4 月中旬~11 月初旬にかけての日推移をみると、既設冷却機の運転傾位を一部見直していることから、2008 年と 2009 年を比較すると製造熱量に対する熱源機器各々の内訳が変化している様子が見える。熱回収ターボ冷却機への年間効果について集計すると、表-3 に示すように、当初想定した年間一次エネルギー消費削減量 41,500(GJ/年)や年間 CO<sub>2</sub> 排出削減量 1,862(ton-CO<sub>2</sub>/年)を大幅に上回る結果を得ることができ、併せて冷却塔の補給水量も大幅に削減できた。

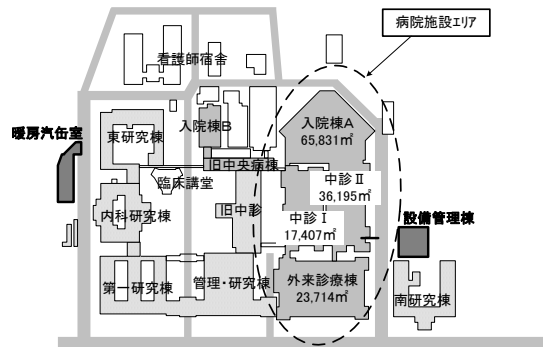


図-5 本郷キャンパス医学部附属病院地区概要図

表-2 設備管理棟における熱源設備内訳

建物名	設備名称	容量・台数	設置年
設備管理棟	空冷スクリー冷却機(SCR)1	800(Rt)×1	1987
	空冷スクリー冷却機(SCR)2	800(Rt)×1	1991
	ターボ冷却機(BTR)1	800(Rt)×1	2006
	蒸気吸収冷却機(ACR)1・2	800(Rt)×2	2000
	ガス焚炉筒煙管ボイラ	12(t/h)×1	2000
	ガス焚炉筒煙管ボイラ	12(t/h)×1	2004
	温度成層型水蓄熱槽	5,540m <sup>3</sup>	—
暖房汽缶室	重油焚炉筒煙管ボイラ	6(t/h)×1	1982
	ガス焚炉筒煙管ボイラ	5(t/h)×1	1979
	ガス焚炉筒煙管ボイラ	10(t/h)×1	1994
	ガス焚水管ボイラ	10(t/h)×1	1977
入院棟(単独)	ガス焚吸収式冷温水発生機	400(Rt)×2	2000
	ガス焚炉筒煙管ボイラ	4(t/h)×1	2000

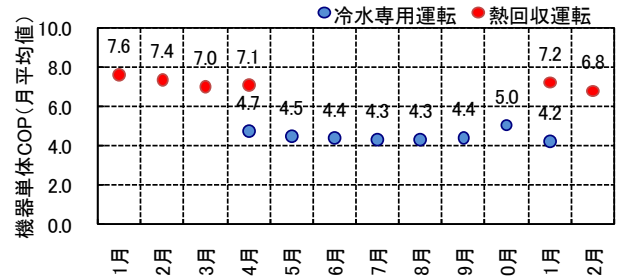


図-6 熱回収ターボ冷却機の単体 COP の推移(2009 年)

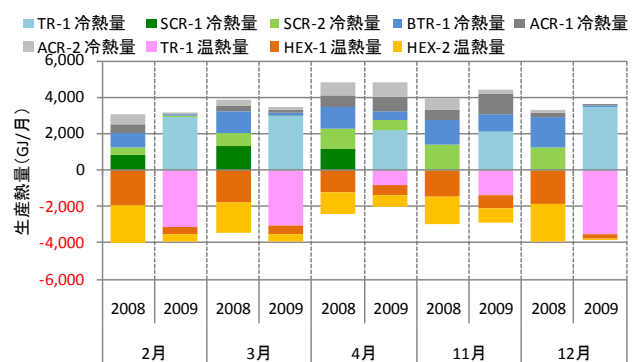


図-7 熱源機器毎の生産熱量の内訳(前年同月比較)

表-3 熱源設備の年間使用量と削減効果(1~12 月分)<sup>†1</sup>

項目	2008 年	2009 年
年間消費電力量(MWh/年)	12,534.4	10,443.4
年間都市ガス使用量(千 m <sup>3</sup> /年)	5,584	4,811.6
年間一次エネルギー消費量(GJ/年)	373,605	318,448 (▲55,157)
年間 CO <sub>2</sub> 排出量(ton-CO <sub>2</sub> /年)	17,511	14,958 (▲2,553)

<sup>†1</sup> 入院棟の単独熱源の入力(電気・ガス)は未計測のため除外

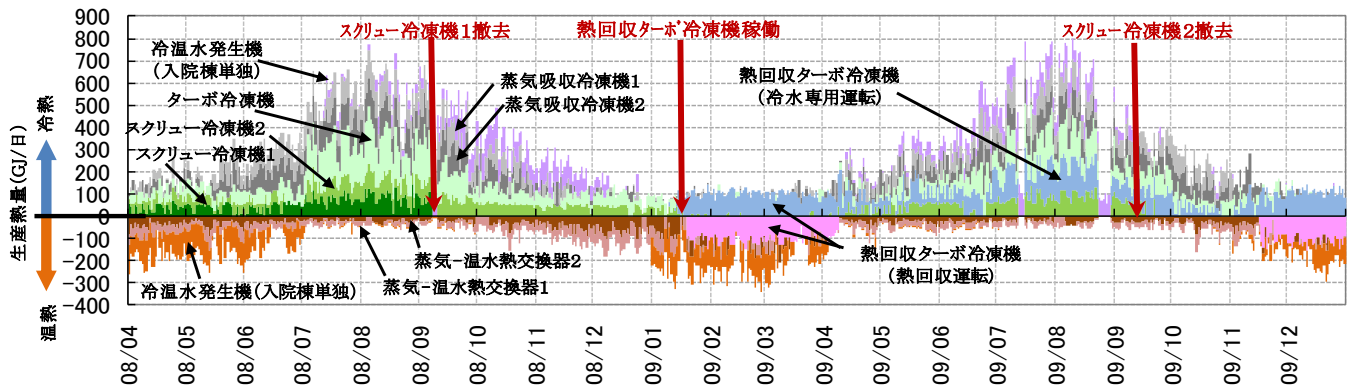


図-8 製造熱量の年推移(2008年4月～2009年12月)

### 3. 熱源設備の計測調査

#### 3.1 対象建物の選定について

1, 2 で示したように医学・薬学・病院用途の建物は、学内で最も大きな原単位を示しており、CO<sub>2</sub>削減効果も大きいことがわかった。そこで、大型熱源設備を保有しエネルギーセンター方式を採用している他の建物として、白金キャンパス医科学研究所を選定し、夏期及び冬期に短期計測を行ない、エネルギー消費実態の詳細把握・分析を行った。表-4 に計測対象建物を示すが、4つの対象建物で白金キャンパス全体のCO<sub>2</sub>排出総量の約56.6%を占めており、各原単位も大きな値を示している。

#### 3.2 計測概要

表-4 に示す建物の熱源設備について、表-5 に建物毎の機器仕様及び図-9、図-10 に熱源設備の系統図をそれぞれ示す。比較的竣工年度の新しい総合研究棟と附属病棟A系統、設備の更新時期に近い動物センター、4号館系統とも、電気、ガス、重油を利用する設備が様々な容量や熱源方式で構成されており、蒸気を主体とした複雑なシステム構成となっていることがわかる。

このため、熱源の一次側設備について短期計測を実施し、運用改善事項の抽出など現状の課題について検討を行うこととした。計測期間は、夏期2009年7月29日～9月2日、冬期2010年1月18日～2010年2月8日において実施した。また計測方法は、各熱源機器及び補機(冷却塔、ポンプ)について、各々5分のインターバルで温度、電流値、電力量の計測を行い、熱源単体COP、負荷率、冷却塔など補機を含めたシステムCOPで評価した(各種流量は電流値から性能曲線を用いて算出、蒸気消費量は冷却塔の放熱量と熱源機処理熱量の合算値から換算)。

表-4 検討対象建物の概要(2008年度実績)

対象建物	延床面積 (㎡)	一次エネルギー消費量 (MJ/㎡年)	CO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> /㎡年)
キャンパス全体	82,601	4,823	196.1
附属病棟A	16,369	14,972	253.6
総合研究棟	12,604	10,007	105.1
動物センター	3,798	4,072	477.5
4号館	4,411	4,747	518.5

表-5 検討対象建物の熱源設備概要

建物名	設備名称	容量・台数	設置年
総合研究棟	空冷ヒートポンプチラー(HP)	155(kW)×1	2002
	蒸気吸収冷凍機(RA)1・2	215(Rt)×2	2002
附属病棟A	ガス燃冷水発生機(RB)1・2	240(Rt)×2	2002
	ガス燃冷水発生機(RB)3	120(Rt)×1	2002
	ガス燃炉筒煙管ボイラ1・2	5.0(t/h)×3	2002
	空冷ヒートポンプチラー(HP)	95(kW)×1	2002
動物センター	蒸気吸収冷凍機	185(Rt)×1	1994
	ガス燃炉筒煙管ボイラ1・2	1.5(t/h)×2	1994
	空冷ヒートポンプチラー(HP)1・2	268(kW)×2	1994
4号館	蒸気吸収冷凍機1・2	200(Rt)×2	1994
	ガス燃炉筒煙管ボイラ1・2	1.3(t/h)×2	1994

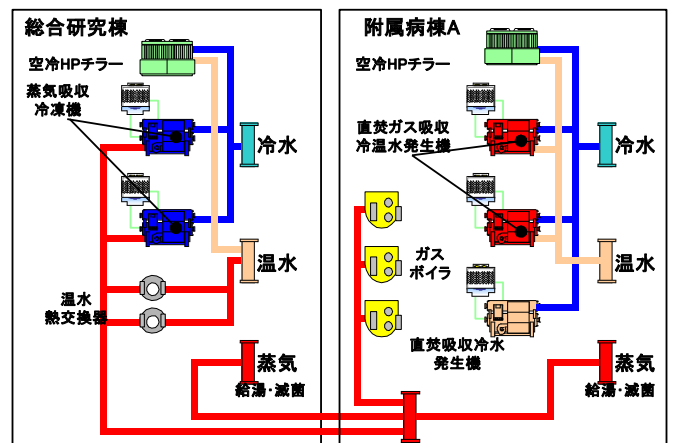


図-9 総合研究棟、附属病棟A 熱源設備系統図

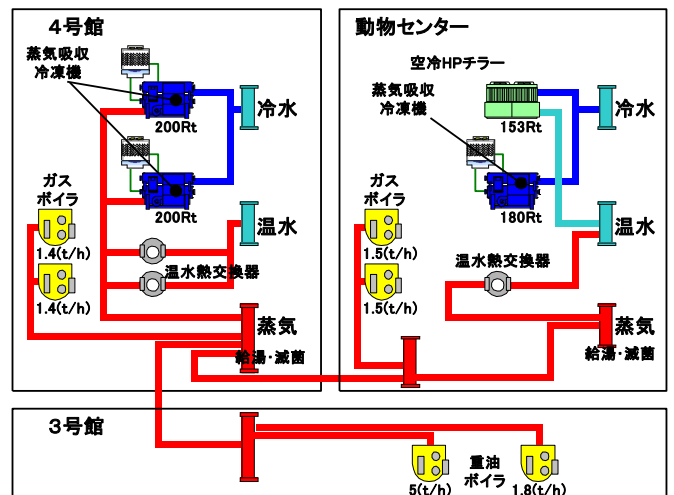


図-10 動物センター、4号館 熱源設備系統図

### 3.3 夏期計測結果

夏期計測の結果一覧を表-5に示す。空冷ヒートポンプチラーは、夏期は運転停止運用であったことから、計測対象外とした。総合研究棟及び附属病棟A系統の熱源機器は、24時間負荷で安定した熱量があるものの、負荷率が最大でも7割程度となっており、特に病棟系統においては、熱源稼働台数の調整が必要であると考えられる。動物センター及び4号館系統については、上記同様に負荷率が低くなっており、単体COPも非常に低い値(機器劣化の影響含む)であることがわかった。また図-11に各建物の熱負荷を示すが、総合研究棟及び4号館は、安定して24時間の冷熱負荷がある一方で、附属病棟A、動物センターについては、休日等に負荷変動がみられることがわかった。

表-5 夏期計測結果(評価期間 8/6~8/19)

建物名	機器	負荷率(%) <sup>†1</sup>	単体COP	システムCOP
総合研究棟	RA-1	46.4~76.2	0.65~0.92	0.62~0.88
	RA-2	37.9~64.8	0.70~1.31	0.68~1.23
附属病棟A	RB-1	25.5~49.2	0.24~0.66	0.23~0.62
	RB-2	34.8~60.9	0.22~0.90	0.22~0.85
	RB-3	40.7~61.2	0.17~0.47	0.17~0.45
動物センター	RA-1	24.9~49.1	0.16~0.45	0.15~0.41
4号館	RA-1	29.7~45.6	0.32~0.64	0.31~0.58
	RA-2	38.9~67.4	0.24~0.54	0.24~0.51

†1 負荷率=一日の最大熱量(MJ/h)÷機器定格容量(MJ/h)

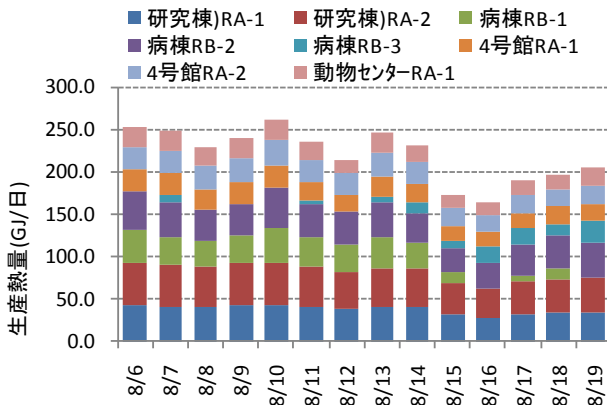


図-11 各建物の日負荷推移(冷熱負荷)

### 3.4 冬期計測結果

冬期計測の結果一覧を表-6に示す。冬期の冷水負荷に対して、各冷凍機共に低負荷率での稼働となっており、頻繁に発停を繰り返す冷凍機もあった。図-12に冷熱負荷、図-13に温熱負荷をそれぞれ示すが、1/26以降運用変更し、空冷ヒートポンプチラーの熱回収運転を行ったが、冷水負荷のほとんどを賄うことができ、熱回収時の温水熱量は、負荷に占める割合は低いものの、蒸気-温水熱交換器の熱量を若干軽減できることがわかった。

### 4. まとめ

今後は、熱源機器の台数制御や運転優先順位の見直しによる運用改善、熱源設備の更新対策も含め、引き続き検討したいと考えている。

表-6 冬期計測結果(評価期間 1/20~2/2)

建物名	機器	負荷率(%) <sup>†1</sup>	単体COP <sup>†2</sup>	システムCOP
総合研究棟	RA-1	20.6~24.7	0.62~0.73	0.59~0.69
	RA-2	未稼働	—	—
	HP <sup>†4</sup>	12.8~18.4	3.38~3.77	2.84~3.23
附属病棟A	RB-1	未稼働	—	—
	RB-2	未稼働	—	—
	RB-3	14.8~17.7	※ <sup>†3</sup>	※ <sup>†3</sup>
	HP <sup>†4</sup>	2.9~18.4	3.46~3.93	2.68~3.32
動物センター	RA-1	2.7~4.5	0.10~0.30	0.07~0.28
	HP	未稼働	—	—
4号館	RA-1	6.8~22.6	0.61~0.89	0.47~0.78
	RA-2	9.6~17.9	0.62~0.93	0.51~0.79

†1 負荷率=一日の最大熱量(MJ/h)÷機器定格容量(MJ/h)

†2 空冷ヒートポンプチラーのCOP(二次エネルギー値)にて示す

†3 頻繁に発停を繰り返すため、値が大きく変動し評価不可能

†4 熱回収運転による計測値を示す

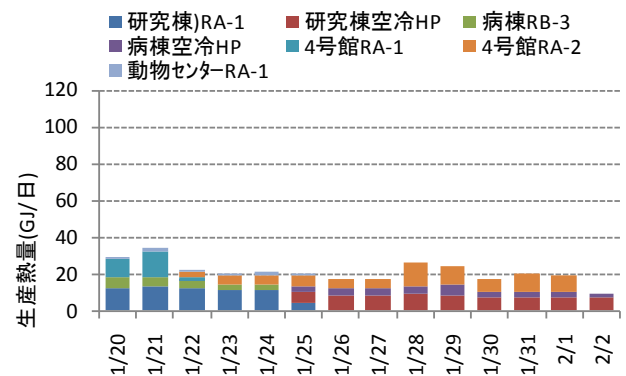


図-12 各建物の日負荷推移(冷熱負荷)

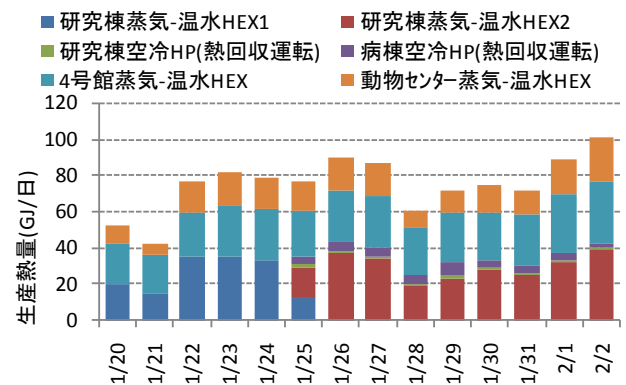


図-13 各建物の日負荷推移(温熱負荷)

### 参考文献

- 1) 迫田他：東京大学におけるサステ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) 迫田他：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ナブルキャンパスプロジェクト～，エネルギー資源会，技術報告，会誌通巻176号（2009.7）
- 3) 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附属病院におけるエネルギー消費実態把握と熱回収ボイラ冷凍機の導入効果，空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集（2009.9）

謝辞：本研究は、TSCP 産学連携研究会の機器高効率化方策検討WG、省CO<sub>2</sub>意識啓発方策検討WGにおける検討内容も含まれている。同会の関係者にここに記して、深く謝意を表したい。