

# 文系・理系キャンパスの違いを考慮した建物用途毎のエネルギー消費特性 および電力デマンド内訳の分析

環境都市専攻 建築都市デザインコース 6143120011-1 小林 隼士  
(指導教員 近本智行)

## 1. はじめに

東日本大震災以降、社会的要請として以前に増して電力デマンド抑制の重要性は高まっており、教育・研究機関である大学施設も例外ではない。立命館大学ではこれまでに、理系キャンパスを対象とした建物のエネルギー消費量調査・対策効果試算・建物用途毎の空調負荷特性分析<sup>文1~4)</sup>、文系キャンパスを対象とした建物用途毎の消費原単位・建物用途毎の電力デマンドの分析<sup>文5)</sup>が行われてきた。しかし、電灯・動力を分け、建物用途毎の原単位の作成、電力デマンド内訳には至っていない。本報は、文系・理系キャンパスを対象とし、電灯・動力を分けて建物用途毎のエネルギー消費原単位および電力デマンド内訳を明らかにすることを目的とする。

## 2. 研究概要

表1、2に対象の立命館大学の衣笠キャンパス(文系)、びわこ・くさつキャンパス(理系)の概要を示す。

表1 文系キャンパスの概要

建物用途 (基準化前)	建物名	延床面積 [m <sup>2</sup> ]	竣工年	一次エネルギー		主要 熱源
				総量[GJ]	原単位 [GJ/m <sup>2</sup> ]	
教室	敬学館	6,400	1989	4,981	0.78	GHP
	明学館	5,078	2000	5,812	1.14	EHP
オフィス	至徳館	6,091	1965	6,845	1.12	GHP
	尽心館	4,137	1963	3,840	0.93	EHP
	啓明館	3,118	1977	2,962	0.95	GHP
	ランゲージセンター	362	1974	565	1.56	GHP
	洋洋館	9,872	1970	8,702	0.88	EHP*
教室+オフィス	清心館	7,385	1973	5,463	0.74	GHP
	恒心館	6,809	2003	6,316	0.93	ガス吸*
	研心館	6,622	1980	6,377	0.96	GHP
	創思館	4,968	1966	5,421	1.09	GHP
	充光館	3,243	2007	3,805	1.17	GHP
	志学館	3,060	1967	2,172	0.71	GHP
オフィス+図書館	図書館	16,672	1966	17,560	1.05	GHP
	修学館	12,235	1987	9,886	0.81	EHP
教室+食堂	アトリサーチセンター	1,258	1973	2,500	1.99	GHP
教室+オフィス +食堂	諒友館	4,888	1965	8,419	1.72	ガス吸*
	存心館	10,731	1979	15,964	1.49	ガス吸*
スポーツ施設	末川記念会館	2,519	1976	4,548	1.81	GHP
	以学館	14,769	2003	16,526	1.12	ガス吸*
課外活動	衣笠体育館	7,903	2012	1,995	0.25	GHP
衣笠全体	学生会館	12,220	1988	8,984	0.74	GHP
		150,337		149,643	1.00	

※は中央熱源方式

一次エネルギー換算係数  
電力: 9.76 [MJ/kWh]  
ガス: 45 [MJ/Nm<sup>3</sup>]

図1、2に文系・理系キャンパスの建物用途の面積比率を示す。

分析には、2013年1月1日~12月31日の建物毎に計測した電力消費量のBEMSデータとガス消費量の検針値を用いた。分析項目は、年間・月別の一次エネルギー消費原単位(電力・都市ガス)、電力デマンド内訳とした。

対象施設は建物毎で電力・ガス消費量を計測されているが、対象施設内に複数の建物用途が混在しているため、建物用途毎の電力・ガス消費量は明確ではない。そこで、複数の建物用途が混在する施設(教室+オフィス、オフィス+図書館など)において単一の建物用途(教室、図書館など)を取り出してエネルギー消費量を算出する方法(以下、基準化)を用いて、建物用途毎のエネルギー消費量を算出し、文系・理系の建物用途毎のエネルギー消費特性を比較する。基準化前の建物用途は、表1、2の8つに分類<sup>注1)</sup>した。

表2 理系キャンパスの概要

建物用途	建物名	延床面積 [m <sup>2</sup> ]	竣工年	一次エネルギー		主要 熱源	
				総量[GJ]	原単位 [GJ/m <sup>2</sup> ]		
(基準化前) 教室	コーニングハウス1	17,029	1993	9,719	0.57	ガス吸*	
	コーニングハウス2	8,692	2003	2,472	0.28	GHP	
	アドセミナー	6,240	1993	4,139	0.66	ガス吸*	
	フォレストハウス	5,056	1993	1,731	0.34	ガス吸*	
	プリズムハウス	9,503	1993	9,428	0.99	ガス吸*	
オフィス	クリエーションコア	19,973	2004	30,484	1.53	ガス吸*	
	イーストウイング	12,206	1993	13,644	1.12	ガス吸*	
	ウエストウイング	12,206	1993	11,529	0.94	ガス吸*	
	サイエンスコア	8,761	2008	19,920	2.27	GHP	
	コアステーション	6,898	1993	9,070	1.31	ガス吸*	
	ロム記念館	6,349	2000	6,133	0.97	GHP	
	防災SRC	6,593	2005	7,686	1.17	GHP	
	セントラルアーク	4,935	2005	6,441	1.31	GHP	
	キャンピ-	1,075	2006	1,043	0.97	EHP	
	学術フロンティア	2,940	1993	4,382	1.49	GHP	
	教室+オフィス	インテグレーションコア	12,830	2010	11,540	0.90	ガス吸*
	図書館	メディアセンター	5,922	1993	7,183	1.21	ガス吸*
	オフィス+図書館	アクロスウイング	22,882	1993	23,198	1.01	ガス吸*
実験施設	エカセル1	6,488	1993	6,765	1.04	ガス吸*	
	エカセル2	5,248	1993	16,388	3.12	ガス吸*	
	エカセル3	7,962	1993	11,514	1.45	ガス吸*	
	テクノコンプレクス	5,495	1994	44,809	8.15	EHP	
	燃料電池センター	465	1993	2,089	4.49	EHP	
	食堂	ユニオンスクエア	6,677	1993	14,570	2.18	ガス吸*
スポーツ施設	リンクスクエア	5,634	1993	9,445	1.68	ガス吸*	
	BKCジム	7,700	1993	8,532	1.11	EHP	
	宿泊施設	エポック21	6,020	2001	5,539	0.92	GHP
BKC全体		221,779		299,391	1.35		

基準化前の分類の手法は、建物用途面積比率、実際の建物使用状況の現地調査を元に行った。食堂を含む施設以外は、施設内で建物用途の面積比率で第一位が70%を占める場合(「オフィス」、「教室」)は、第一位の用途を建物用途とした。それ以外の場合(「教室+オフィス」、「オフィス+図書館」など)は、第二位までを建物用途とした。食堂を含む施設は、食堂を建物用途に含めた。

基準化後の建物用途は、「オフィス」、「教室」、「図書館」、「食堂」、「課外活動」、「スポーツ」、「宿泊」、「実験」の8つに分類した。基準化の方法は、「オフィス」、「課外活動」、「スポーツ」、「実験」は表1、2で分類した基準化前の原単位を用いた。「教室」は、基準化前の「教室」と「教室+オフィス」から「オフィス」を引いて求めた値を含めて原単位を算出した。「図書館」は、「オフィス+図書館」から「オフィス」を引いて算出し、「食堂」は、「教室+食堂」から「教室」を引いた値と「教室+オフィス+食堂」から「教室」と「オフィス」を引いた値を面積荷重平均して算出した。

### 3. 文系・理系の年間・月別のエネルギー消費特性

#### 3.1 年間の一次エネルギー消費比率と原単位

図2に文系・理系の建物用途毎の年間一次エネルギー消費比率を示す。文系は、「オフィス」38%、「教室」24%と「オフィス」と「教室」の割合が大きいことが分かる。

理系は、「オフィス」42%と最も大きく、次に理系の特徴である「実験」は24%と割合が大きいことがわかる。また、理系の「教室」、「図書館」の割合が小さく、文系の約半分の割合であった。

図3、4に文系・理系の年間一次エネルギー消費原単位を示す。文系は、「食堂」が約2,980MJ/m<sup>2</sup>が最も大きく、最も小さい教室の4倍以上であった。

理系では、理系の特徴である用途「実験」が約3,050MJ/m<sup>2</sup>と最も大きく、続いて「食堂」の2,600MJ/m<sup>2</sup>であり、「食堂」は文系・理系ともに極めて大きかった。また、使用用途をみると、「実験」は動力、「食堂」ではガスが極めて大きかった。

#### 3.2 月別の一次エネルギー消費原単位

図5、6に文系・理系の建物用途毎の月別一次エネルギー消費原単位を示す。文系・理系ともに夏期は7月、冬期は、ほとんどが1月にピークを迎えており、長期休暇を除いて最も消費が小さい月(ベース月)は、4月であった。

ベース月の4月の原単位をみると、文系は、「教室」38MJ/m<sup>2</sup>、「オフィス」69MJ/m<sup>2</sup>、「図書館」38MJ/m<sup>2</sup>、「食堂」222MJ/m<sup>2</sup>、「スポーツ」55MJ/m<sup>2</sup>、「課外」29MJ/m<sup>2</sup>と、ベース月でも「食堂」は極めて大きかった。

理系は、「教室」47MJ/m<sup>2</sup>、「オフィス」83MJ/m<sup>2</sup>、「図書館」98MJ/m<sup>2</sup>、「食堂」196MJ/m<sup>2</sup>、「スポーツ」115MJ/m<sup>2</sup>、「宿泊」54MJ/m<sup>2</sup>、「実験」185MJ/m<sup>2</sup>と、「食堂」、「実験」が極めて大きかった結果となった。また、「実験」、「食堂」は、ベー

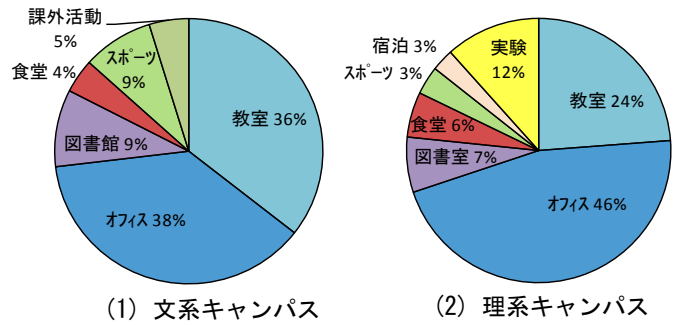


図1 建物用途面積比率

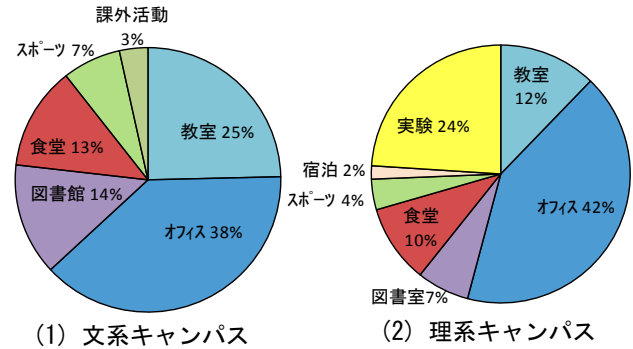


図2 建物用途毎のエネルギー消費比率

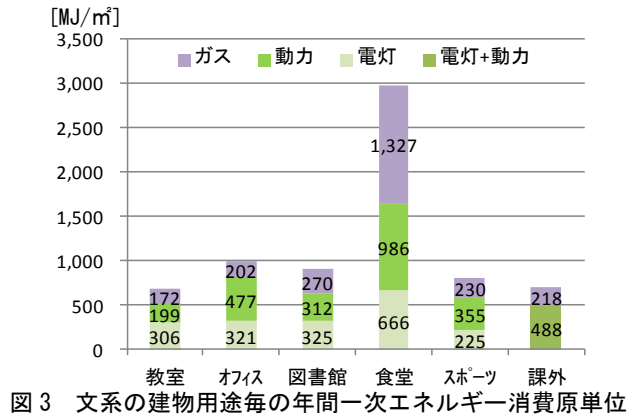


図3 文系の建物用途毎の年間一次エネルギー消費原単位

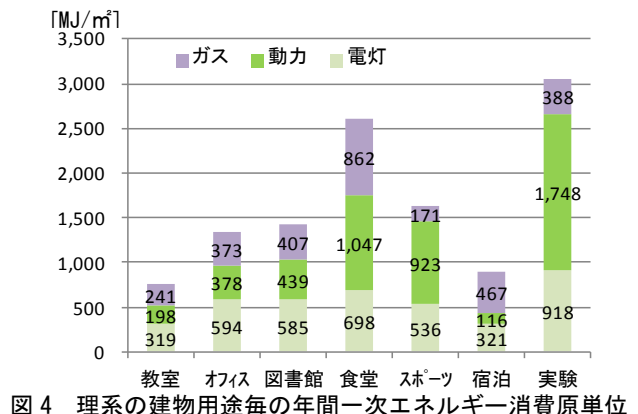


図4 理系の建物用途毎の年間一次エネルギー消費原単位

ス月であっても、動力の消費が大きいことがわかる。ピーク月の7月からベース月の4月を引いた空調による消費をみると、文系は、「教室」51MJ/m<sup>2</sup>、「オフィス」32MJ/m<sup>2</sup>

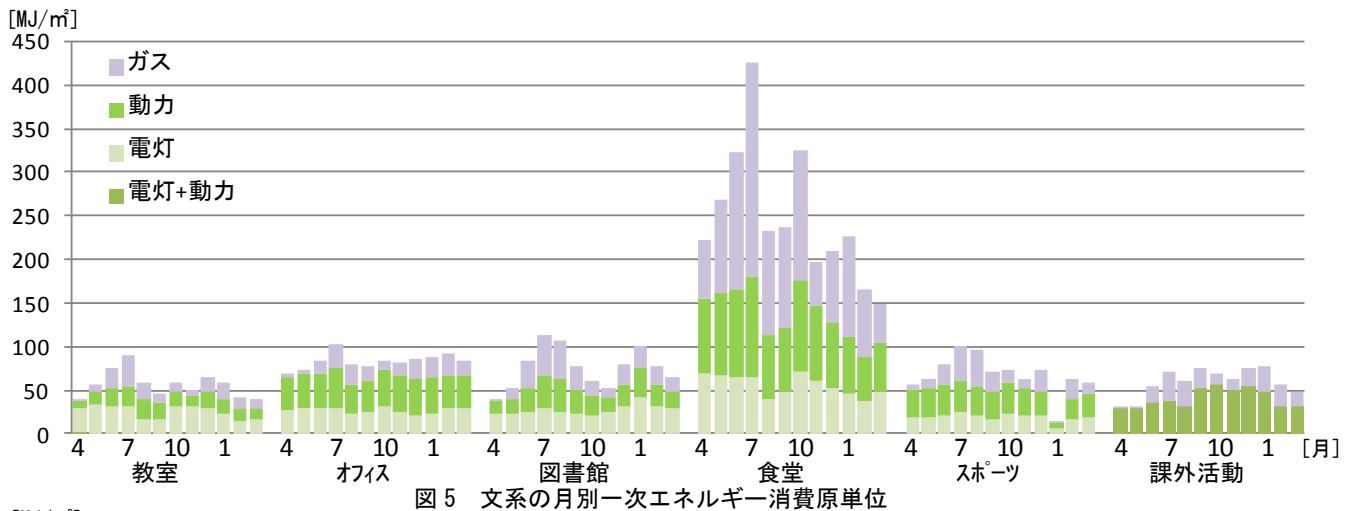


図5 文系の月別一次エネルギー消費原単位

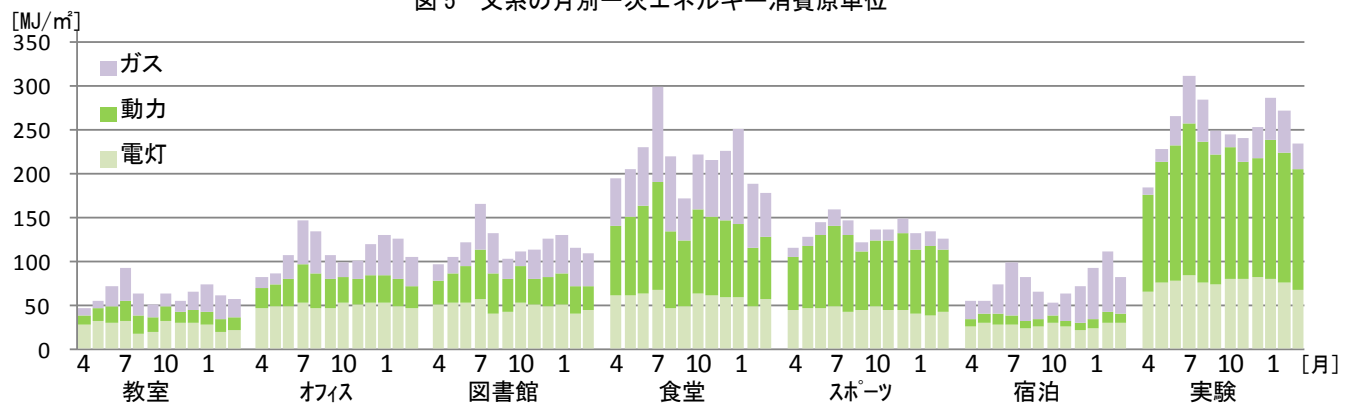


図6 理系の月別一次エネルギー消費原単位

㎡、「図書館」76MJ/㎡、「食堂」202MJ/㎡、「スポーツ」44MJ/㎡、「課外」43MJ/㎡と、「食堂」が極めて大きかった。

理系は、「教室」46MJ/㎡、「オフィス」64MJ/㎡、「図書館」68MJ/㎡、「食堂」104MJ/㎡、「スポーツ」45MJ/㎡、「宿泊」45MJ/㎡、「実験」126MJ/㎡と、「食堂」、「実験」が大きく、「食堂」、「実験」とともに空調の消費も大きいことがわかる。

7月に対する8月の割合で長期休暇による影響をみると、文系は「教室」66%、「オフィス」79%、「図書館」93%、「食堂」55%、「スポーツ」97%、「課外」83%と、「食堂」、「教室」は長期休暇の影響が大きく、「図書館」、「スポーツ」の影響は小さいことがわかる。

理系は、「教室」67%、「オフィス」91%、「図書館」80%、「食堂」74%、「スポーツ」92%、「宿泊」82%、「実験」92%と、長期休暇の影響は、「教室」が大きく、「オフィス」、「スポーツ」、「実験」の影響が小さいことがわかる。

#### 4. 文系・理系の電力デマンド内訳

##### 4.1 ピーク月の電力デマンド<sup>注2)</sup>

図7、8に文系の建物用途毎の夏期のピーク月である7月の平日・土日の平均デマンドを示す。図9、10に理系の7月の平日・土日の平均デマンドを示す。

文系の「図書館」では、負荷の少ない書庫の割合が大きいこと、PCの設置台数が少ないこと等から、終日負荷が

小さい傾向にあった。

理系の「オフィス」は、深夜の方が利用者が多いこと等により、深夜の負荷が大きい傾向にあった。

理系の「スポーツ」では、平日の19時から22時にかけて大きなピークを記録していた。

「実験」は、平日・土日ともに、常に約30W/㎡以上の大きな負荷を記録している。これは、実験用の機器が24時間運転していることが要因の一つであると考えられる。

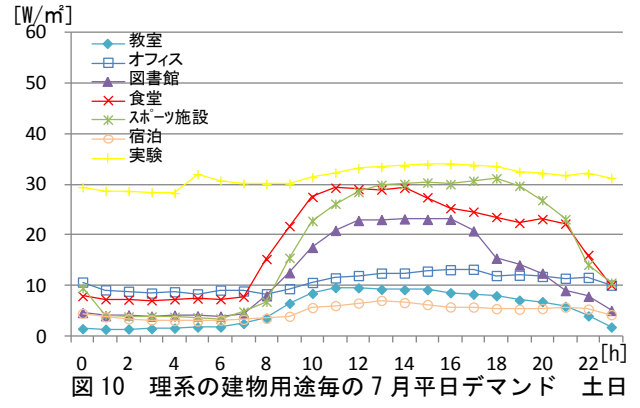
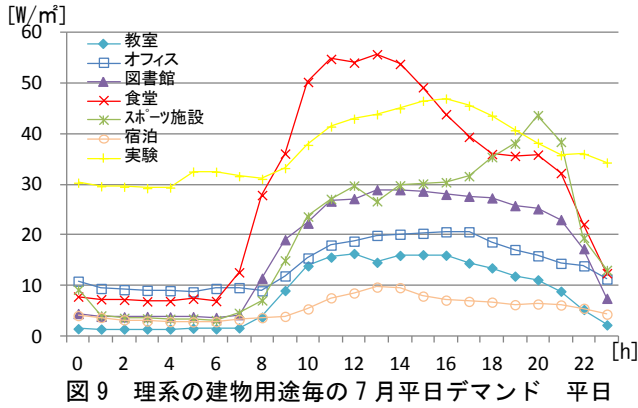
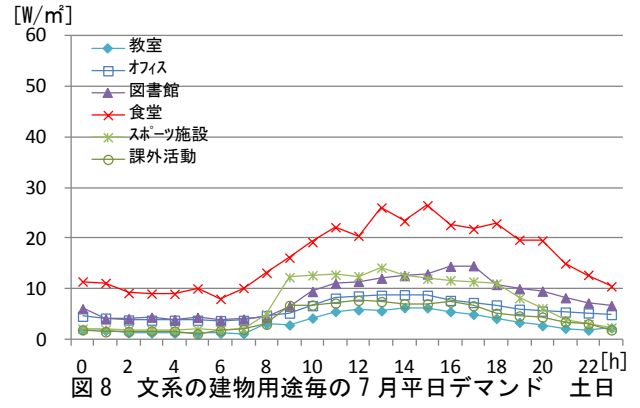
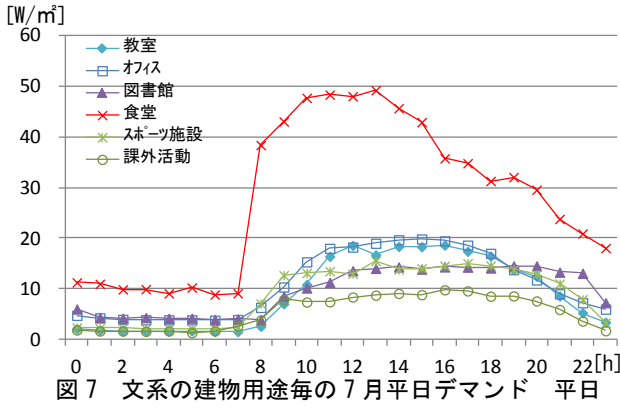
##### 4.2 ピーク時刻のデマンド内訳

###### (1) ピーク時の内訳の手法

デマンドの内訳は、電灯・その他動力<sup>注3)</sup>・空調動力の3つに分けた。電灯は、ピーク時の7月平日の電灯を用いて、その他動力は、最も動力の消費が小さい月の動力とする。空調動力は、7月平日の動力のデマンドからその他動力を引いた値とした。

###### (2) ピーク時の内訳

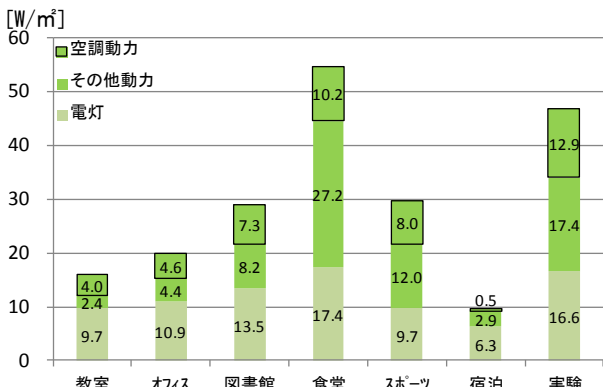
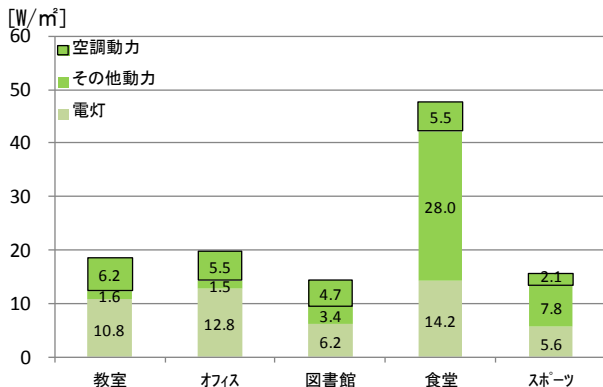
図11、12にピーク時における文系・理系の建物用途毎のデマンド内訳を示す。文系・理系ともに「教室」、「オフィス」、「図書館」、「宿泊」のピーク時の割合は電灯が最も大きいことがわかる。また、「食堂」、「実験」、「スポーツ」では、その他動力の割合が最も大きい結果となった。この結果からピーク時の「食堂」では厨房の冷凍機やファンなど消費



が大きいこと、「実験」の実験用動力の消費が大きいことがわかる。

## 5. まとめ

本研究は、文系・理系キャンパスを対象として建物用途毎のエネルギー消費特性の分析を行った。電力消費を求める際に、電灯と動力を分けて算出することで、建物用途毎に電力消費の使用用途毎の割合を明らかにした。また、電力デマンドの分析では、動力系の消費から空調による消費とEV・ポンプ等の消費を内訳、ピーク時における建物用途毎の使用用途の割合を示した。



## 注釈

注1) オフィス、教室、図書館、食堂、課外活動、ボート、実験、宿泊の8つ用途に振り分けた。各建物用途の定義は、オフィスは、事務室、会議室、個人研究室、院生研究室とした。教室は、一般教室、情報教室、自習室、ホールとした。図書館は、図書室、書庫、収蔵・資料室とした。食堂は、食堂、生協購買とした。課外活動は、サークルバスとした。理系の課外活動は、リソクシアに存在したが、今回の建物分類方法では、面積比率が第一位の用途が70%以上の場合、第一位の用途を建物用途としたため、課外活動は建物用途として分類されなかった。ボート施設は、体育館、ジム、ジャウラム等とした。実験は、エネルギー消費が極めて大きいと考えられる実験器具などが存在する実験室とした。そのため、文系には存在していない。宿泊は、宿泊施設とした。

注2) 基準化を用いて、電力デマンドの算出を行う際に負値が出た場合前後の時刻の平均値を用いた。

注3) その他動力は、EV、ポンプ、換気ファン等とした。

## 参考文献

- 1) 近本CO<sub>2</sub>削減目標設定のための現状調査と対策効果試算 日本建築学会大会学術講演梗概集 2009.8.
- 2) 栄他: 大学キャンパスにおける建物用途毎のエネルギー消費特性分析 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 2010.9.
- 3) 日下部他: 大学キャンパスにおけるガス吸収式冷温水機の部分負荷効率分析 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 2011.9.
- 4) 日下部他: 理系キャンパスを対象とした建物用途・季節毎の空調負荷特性分析 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 2012.9.
- 5) 小林他: 文系キャンパスを対象とした建物用途毎のエネルギー消費原単位および電力デマンドの分析 第30回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集 2013.1.