

## 業務用建築物の内部発熱に関する調査研究

浦山, 真一  
九州大学大学院人間環境学府空間システム専攻修士課程

赤司, 泰義  
九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門

住吉, 大輔  
九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門

今井, 新也  
九州大学大学院人間環境学府空間システム専攻修士課程

<https://doi.org/10.15017/26749>

---

出版情報：都市・建築学研究. 20, pp.77-88, 2011-07-15. 九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門  
バージョン：  
権利関係：

# 業務用建築物の内部発熱に関する調査研究

## Research of the Internal Heat Generation in Commercial Buildings

浦山真一\*, 赤司泰義\*\*, 住吉大輔\*\*, 今井新也\*

Shin-ichi URAYAMA, Yasunori AKASHI, Daisuke SUMIYOSHI and Shinya IMAI

Properly setting internal heat generation of buildings in the design stage is important for the reasonable maximum thermal load calculation. In the recent years, however, it has been reported that the standard design values of internal heat generation are more excessive than the actual ones because the high-efficient lighting and energy-saving type's OA equipment become popular. This paper presents the results of the field survey on the electric power consumption of the lighting/OA equipment and the number of people being in the rooms of the office building, the hotels, the department store, and the restaurant. Furthermore, the ratio of hourly heat generation is made based on the measurement results.

**Keywords:** Commercial buildings, Internal heat generation, Energy consumption, Personnel density, Field survey

業務用建築物, 内部発熱, 電力消費量, 人員密度, 実態調査

### 1. はじめに

地球温暖化防止のために, 建築関連分野におけるエネルギー消費量の削減は必至であり, 建物全体の運用時のエネルギー消費量のうち約4割を占める空調システムの省エネルギー化は急務の課題となっている。この空調システムの設計において, 照明や機器, 人体の内部発熱を適切に設定することは合理的な最大熱負荷算定を行う上で重要である。しかし最近では, 高効率な照明器具や省エネ型のOA機器の普及に伴い, 内部発熱の設計基準値が実態よりも過大になっていることが報告されている<sup>1)3)</sup>。また, 建物の用途によって内部発熱の条件は大きく異なり, 建築基準法や省エネ法等の整備・見直しや空調に係るエネルギー消費の推定精度向上のためにも, 建物用途別の内部発熱に関する基礎的なデータ収集と分析が求められている。

このような背景のもと, 本研究では事務所ビル(執務室), ビジネスホテル・シティホテル(フロント・ロビー, 客室階), 物販店舗, 飲食店(スナック)の建物用途の異なる5件の建物を対象に照明・コンセント用の電力測定及び在室人数調査を実施し, 内部発熱の実態と設計値の比較を行った。また, 調査結果の活用方法として, 空調エネルギー消費係数(CEC/AC)の算出に使用する内部発熱の時間帯別発熱比率を作成した。

\* 空間システム専攻修士課程

\*\* 都市・建築学部門

### 2. 測定調査概要

#### 2.1 建物概要

対象建物5件の概要を表1に, 各建物の測定対象フロアの平面図を図1に示す。単位はミリメートルで, 図中のグレーハッチ部分が測定対象の範囲である。建物の所在地は全て福岡市内である。

#### 2.2 電力測定

電力量計測器を分電盤に設置し, 照明用とコンセント用のそれぞれの電力を測定した。測定期間は1週間, 測定時間間隔は10分とし, 10分間の積算電力量を測定する。各建物の電力測定項目を表2に示す。

#### 2.3 在室人数調査

電力測定と同期間において, 毎日対象エリアに立ち入り入室者の人数を目視で確認した。調査時間帯は事務所とホテルが7時30分~22時30分, 物販店舗が9時30分~20時30分, 飲食店が19時~翌2時であり, 調査時間間隔は事務所, ホテル, 物販店舗が1時間毎, 飲食店が30分毎である。ただし, ホテルの客室階の人数はフロントに口頭で確認し, 飲食店の人数は閉店時刻である1時30分以降も利用客がいる場合は利用客と従業員が全員帰るまで調査した。なお, 事務所の昼休憩時(12時~13時)の状況は12時30分の時点での調査結果によって適切に把握することができる。調査結果は在室者の人数を測定対象の床面積で除した値(以下, 人員密度と定義する)で表す。

表 1 建物概要

建物用途	階数	竣工年	測定対象部床面積	測定期間	備考
事務所	地上 8 階	2003 年	営業部 393.3m <sup>2</sup> , 設計部 350.2m <sup>2</sup>	2009 年 11 月 9 日～11 月 15 日	執務時間:8 時 30 分～17 時 30 分
ビジネスホテル	地上 12 階	1999 年	フロント・ロビー173.7m <sup>2</sup> , 客室階 257.2m <sup>2</sup>	2010 年 11 月 15 日～11 月 21 日	チェックイン時刻:15 時～ チェックアウト時刻:10 時
シティホテル	地上 13 階地下 1 階	1993 年	フロント・ロビー597.7m <sup>2</sup> , 客室階 572.1m <sup>2</sup>	2010 年 11 月 25 日～12 月 1 日	チェックイン時刻:13 時～ チェックアウト時刻:12 時
物販店舗	地上 8 階地下 2 階	1981 年	1745.6m <sup>2</sup>	2010 年 12 月 6 日～12 月 12 日	営業時間:10 時～20 時
飲食店	地上 8 階	-	41.5m <sup>2</sup>	2011 年 1 月 27 日～2 月 2 日	営業時間:19 時 30 分～翌 1 時 30 分 店休日:日曜日

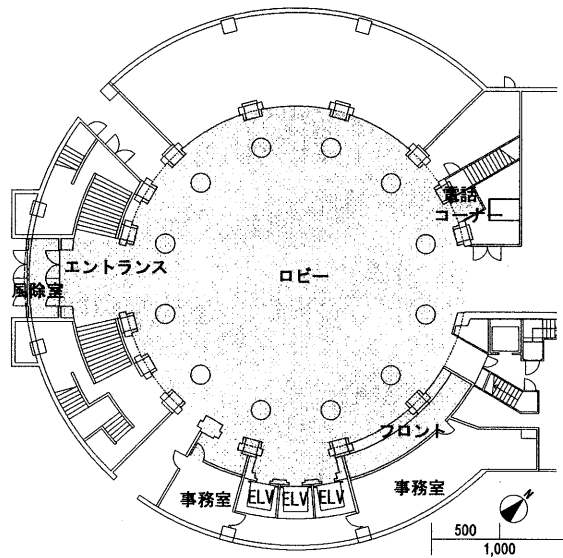
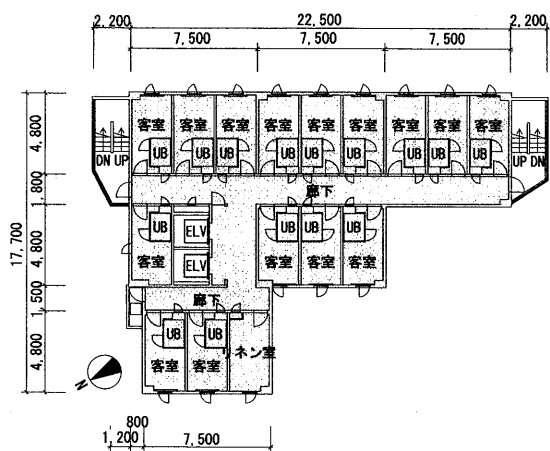
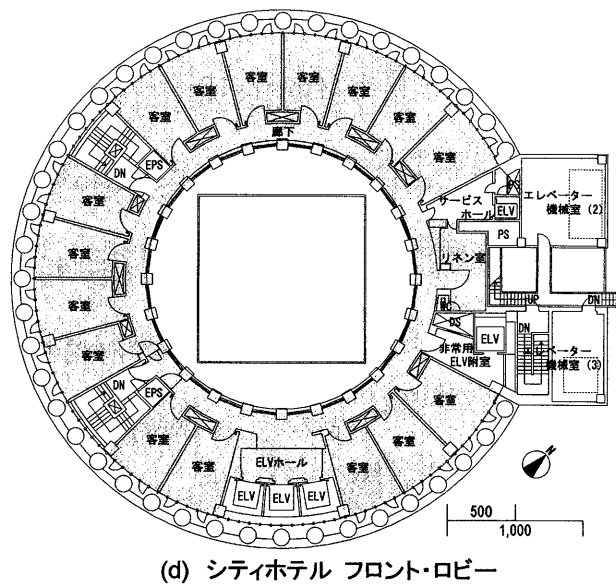
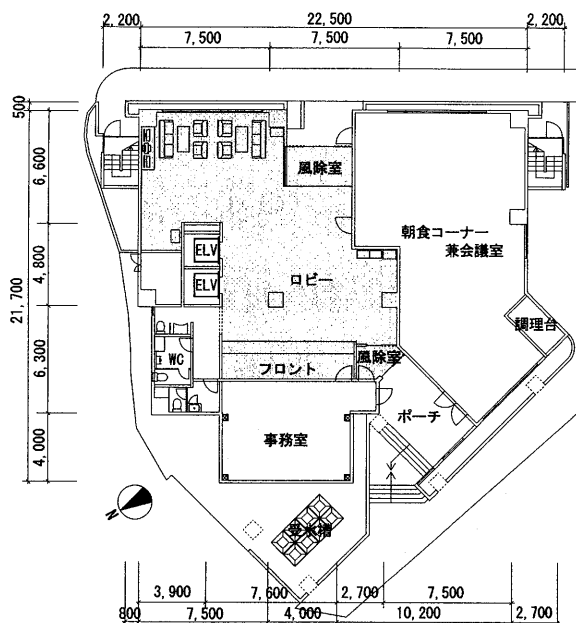
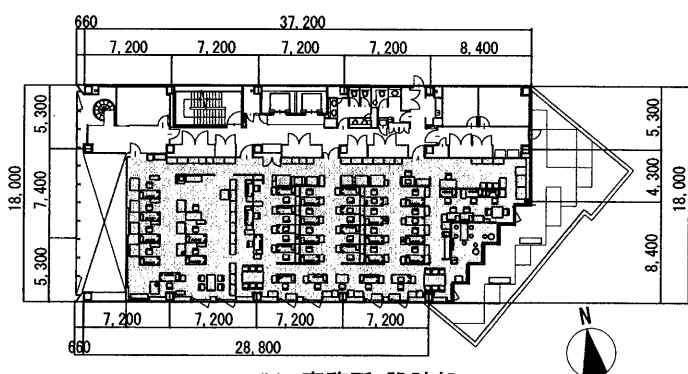
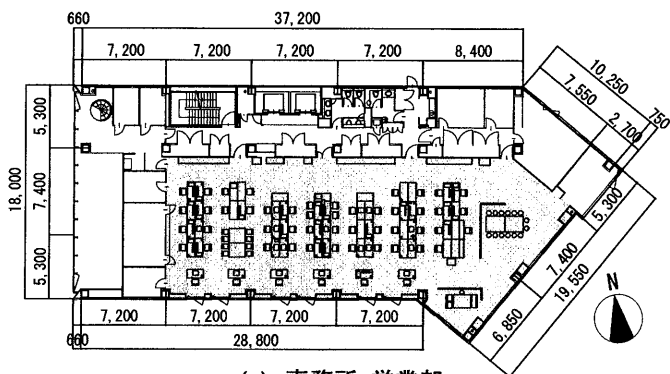
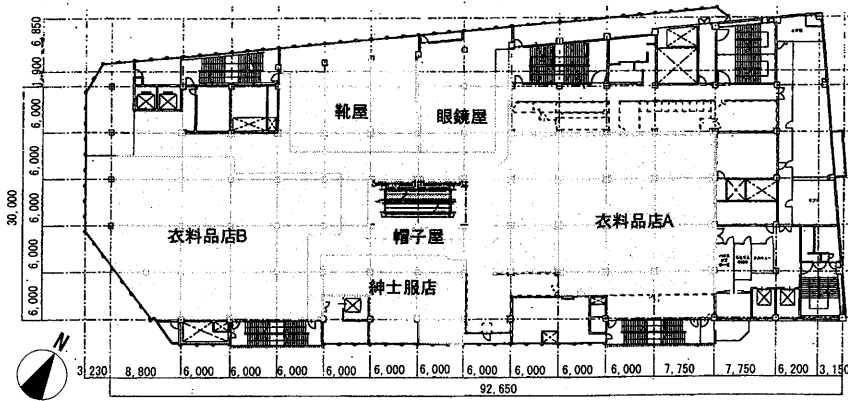
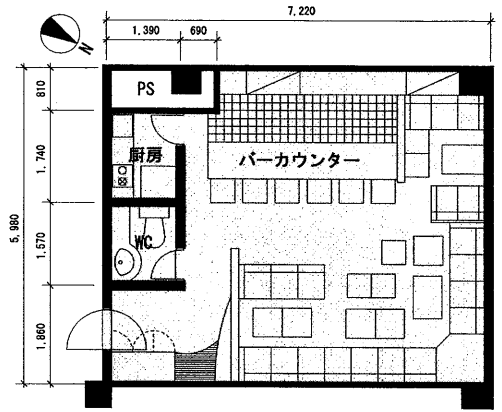


図 1 平面図



(g) 物販店舗



(h) 飲食店

図1 平面図(つづき)

表2 電力測定項目

(a) 事務所

営業部	回路名	設計部	回路名
照明	電灯(1)	照明	電灯(2)
	電灯(2)		電灯(3)
	電灯(3)		電灯(4)
	電灯(4)		電灯(5)
	電灯(5)		休憩室電灯(6)
コンセント	OAフロアー(1)	コンセント	OAフロアー(1)
	OAフロアー(2)		OAフロアー(2)
	OAフロアー(3)		OAフロアー(3)
	OAフロアー(4)		OAフロアー(4)
	OAフロアー(5)		OAフロアー(5)
	OAフロアー(6)		OAフロアー(6)
	OAフロアー(7)		OAフロアー(7)
	OAフロアー(8)		OAフロアー(8)
	OAフロアー(9)		OAフロアー(9)
	OAフロアー(10)		OAフロアー(10)
	OAフロアー(11)		OAフロアー(11)
	OAフロアー(12)		OAフロアー(12)
	OAフロアー(13)		OAフロアー(13)
東側コンセント	プリンター増設(1)		
南側コンセント	プリンター増設(2)		
北側コンセント	東側コンセント		
給茶器用コンセント	南側コンセント		
	北側コンセント		
	給茶器用コンセント		

(b) ビジネスホテル

フロント・ロビー	回路名	客室階	回路名
照明	フロント照明	共用部照明	廊下灯、換気扇
	ロビー照明		誘導灯
	ロビー照明	共用部コンセント	廊下コンセント
	ポーチ、風除室照明		客室(1701、1702)
	誘導灯		客室(1705、1706)
コンセント	フロントコンセント	客室	客室(1707、1711)
	ロビーコンセント		客室(1708)
	ロビーコンセント		客室(1709、1710)
	自動ドア		客室(1712、1715)
	自動ドア		客室(1716、1717)

(d) 物販店舗

回路名	回路名	回路名	
衣料品店A 照明	ベース照明(1)	衣料品店B コンセント	カンバン(1)
	ベース照明(2)		カンバン(2)
	ベース照明(3)		POS専用
	ベース照明(4)		レジ廻り柱コンセント(1)
	ベース照明(5)		レジ廻り柱コンセント(2)
	ベース照明(6)	眼鏡屋 コンセント	H-2400壁面コンセント
	ベース照明(7)		H-150コンセント
	ベース照明(8)		売り場(小)スポット
	ベース照明(9)		新キダウン
店舗電灯(1)	ヤングコーナー蛍光灯		
店舗電灯(2)	レジ廻り電源		
店舗電灯(3)	売り場メイン蛍光灯		
店舗電灯(4)	紳士服店 コンセント	名称なし(1)	
店舗電灯(5)		名称なし(2)	
店舗電灯(6)		名称なし(3)	
店舗電灯(7)		名称なし(4)	
店舗電灯(8)		ダウン照明	
店舗電灯(9)		照明(1)	
店舗電灯(10)		照明(2)	
店舗電灯(11)		照明(3)	
店舗電灯(12)		照明(4)	
店舗電灯(13)		POSコンセント	
店舗電灯(14)		コンセント(1)	
店舗電灯(15)		コンセント(2)	
店舗電灯(16)		コンセント(3)	
店舗電灯(17)	コンセント(4)		
店舗電灯(18)	コンセント(5)		
店舗電灯(19)	共用部 コンセント	店舗天井コンセント(1)	
店舗電灯下り天井(1)		店舗天井コンセント(2)	
店舗電灯下り天井(2)		店舗天井コンセント(3)	
店舗ダウンライト	共用部	共用コンセント	
光壁照明			
名称なし			

(c) シティホテル

フロント・ロビー	回路名	客室階	回路名
照明	照明	共用部照明	廊下照明
	廊下照明		ELVホール 照明
	ホテル棟NO1、2通路照明	共用部コンセント	廊下コンセント
	誘導灯		TVブースター電源
	ロトダ棟廊下照明		製氷機コンセント
	ロトダ棟廊下照明		リネン室、ウォッシュレット
	ELV前照明		客室(1101)
	階段ブラケット		客室(1102)
	電話コーナー照明		客室(1103)
	ホテル棟NO1側照明		客室(1104)
	ホテル棟NO2側照明		客室(1105)
	回廊下スポット		客室(1106)
	2F風除室吹抜部照明		客室(1107)
	インフォメーションクロック照明		客室(1108)
	誘導灯		客室(1109)
	コンセント	客室(1110)	
	コンセント	客室(1122)	
公衆電話コンセント	客室(1123)		
チェックイン用コンセント	客室(1124)		
チェックアウト用コンセント	客室(1125)		
キャッシャー用コンセント	客室(1137)		
ヘッドエンド用コンセント	客室(1138)		
FAX、WORK用コンセント			
コピー用コンセント			
EDP、プリンター、F.O用コンセント			
ロトダ7F排煙オペ操作盤電源			
インフォメーションクロック、カウンターコンセント			
自動ドア			

(e) 飲食店

回路名	回路名
照明	電灯1
	電灯2
	電灯厨房洗面看板店内換気扇
コンセント	コンセントカウンター
	コンセントテレビ
	コンセント店内
	コンセント厨房
	コンセント電源制御器

### 3. 電力測定結果

以下に示す電力測定結果の図は、1日の測定結果を1本の線で表し、それを7日間重ねたものである。

#### 3.1 事務所

##### 3.1.1 照明電力 (営業部, 設計部)

営業部と設計部の照明電力を図2, 図3に示す。照明電力の最大値は営業部が $7.2\text{W/m}^2$ , 設計部が $12.9\text{W/m}^2$ , 平日の執務時間帯における平均値は営業部が $6.8\text{W/m}^2$ , 設計部が $10.8\text{W/m}^2$ となった。単位面積あたりの天井照明の数にほとんど違いはないが、営業部は $480\text{lx}$ , 設計部は $740\text{lx}$ と、異なる照度設定値で制御されているため、照明電力に差が生じたと考えられる。なお、平日12時~13時の照明電力が小さくなるのは、昼休憩時には節電のために営業部では半分の天井照明が、設計部では休憩室以外の全天井照明が消灯されるためである。

##### 3.1.2 コンセント電力 (営業部, 設計部)

営業部と設計部のコンセント電力を図4, 図5に示す。コンセント電力の最大値は営業部が $9.3\text{W/m}^2$ , 設計部が $12.3\text{W/m}^2$ , 平日の執務時間帯における平均値は営業部が $7.4\text{W/m}^2$ , 設計部が $9.5\text{W/m}^2$ となった。設計部では営業部に比べコンピュータ作業をしている人が多く、また残業をする人も多い。加えてパソコンやコピー機等のOA機器の台数や使用頻度も営業部に比べ設計部が多いため、設計部のコンセント電力が大きくなったと考えられる。また、デスクトップパソコンはノートパソコンに比べて定格消費電力が約 $100\text{W}$ 大きく、設置されているパソコンのうち営業部は40台中24台が、設計部は39台中33台がデスクトップパソコンであることも一因と思われる。

#### 3.2 ホテル

##### 3.2.1 照明電力 (フロント・ロビー, 客室階共用部)

###### (1) ビジネスホテル

フロント・ロビーの照明電力を図6に示す。ポーチと風除室の照明が同一回路のため、測定対象の床面積はポーチ面積の $34.5\text{m}^2$ を含めた $208.2\text{m}^2$ である。照明電力の最大値は $19.9\text{W/m}^2$ , 0時~6時30分の平均値は $13.1\text{W/m}^2$  ( $14.1\text{W/m}^2$ と $11.1\text{W/m}^2$ ), 6時30分~23時の平均値は $18.9\text{W/m}^2$ となった。夜間の照明電力が小さいのは、利用者が来ない限り従業員がフロント・ロビー照明の一部を消灯するためである。0時~6時30分の照明電力に差があるが、これはロビー照明の消灯範囲が異なったためである。

客室階共用部の照明電力を図7に示す。廊下灯の回路にリネン室照明が含まれているため、測定対象の床面積は客室15室分の面積を除いた $77.2\text{m}^2$ である。照明電力の最大値は $7.9\text{W/m}^2$ , 平均値は $6.7\text{W/m}^2$ となった。9時頃と14時頃に値が大きいののは清掃時間前後にリネン室照明を点灯し清掃道具を出し入れするためである。

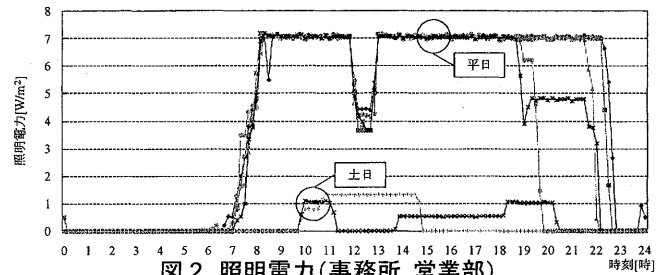


図2 照明電力(事務所 営業部)

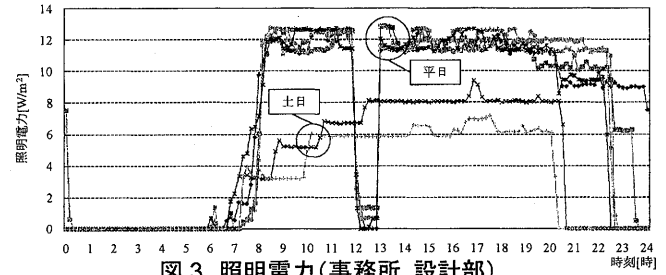


図3 照明電力(事務所 設計部)

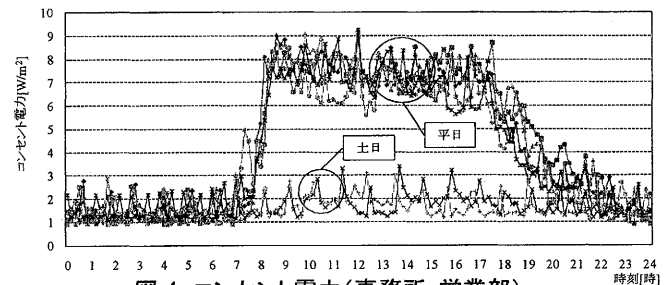


図4 コンセント電力(事務所 営業部)

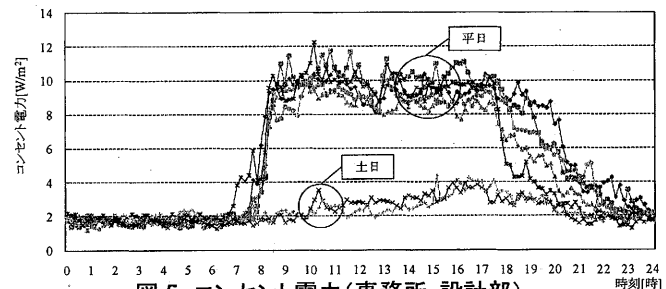


図5 コンセント電力(事務所 設計部)

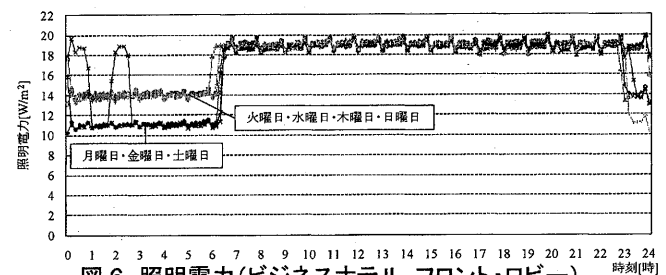


図6 照明電力(ビジネスホテル フロント・ロビー)

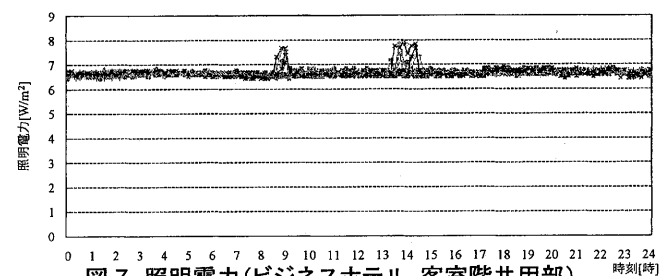


図7 照明電力(ビジネスホテル 客室階共用部)

## (2) シティホテル

フロント・ロビーの照明電力を図 8 に示す。ロビーは中央部分が吹き抜けになっているため、測定対象の床面積は吹き抜け部分の面積の  $273.5\text{m}^2$  を除いた  $304.2\text{m}^2$  である。照明電力の最大値は  $17.4\text{W}/\text{m}^2$ 、1 時 30 分～6 時の平均値は  $6.1\text{W}/\text{m}^2$ 、6 時～24 時の平均値は  $16.3\text{W}/\text{m}^2$  となった。夜間の照明電力が小さいのはフロント・ロビー照明が必要箇所以外は自動的に消灯されるためである。また、金曜日の夕方以降に照明電力が小さくなっているのは廊下照明の一部が消灯されたためである。

客室階共用部の照明電力を図 9 に示す。測定対象の床面積は客室 16 室分の面積を除いた  $155.6\text{m}^2$  である。照明電力の最大値は  $3.3\text{W}/\text{m}^2$ 、1 時 30 分～6 時の平均値は  $1.0\text{W}/\text{m}^2$ 、6 時～翌 1 時 30 分の平均値は  $2.9\text{W}/\text{m}^2$  となった。1 階と同様に夜間は廊下照明が消灯されるため、照明電力が小さくなっている。廊下の照明電力は清掃時間帯（9 時～15 時）に  $0.2\text{W}/\text{m}^2$  程度大きくなる。

### 3.2.2 コンセント電力（フロント・ロビー、客室階共用部）

#### (1) ビジネスホテル

フロント・ロビーのコンセント電力を図 10 に示す。コンセント電力の最大値は  $5.2\text{W}/\text{m}^2$ 、平均値は  $1.9\text{W}/\text{m}^2$  となった。10 時～11 時頃にロビーの床清掃で掃除機を使用するためコンセント電力が大きくなる。6 時～17 時にコンセント電力が約  $0.2\text{W}/\text{m}^2$  小さくなっているが、これはロビーに設置されている客室電話・ビデオカード販売機と精算機の電源が切られていたためだと考えられる。

客室階共用部のコンセント電力を図 11 に示す。コンセント電力の最大値は  $4.0\text{W}/\text{m}^2$ 、使用時間帯の平均値は  $1.0\text{W}/\text{m}^2$  となった。共用部のコンセントは清掃時間帯にしか使用されていない。

#### (2) シティホテル

フロント・ロビーのコンセント電力を図 12 に示す。コンセント電力の最大値は  $4.7\text{W}/\text{m}^2$ 、平均値は  $3.8\text{W}/\text{m}^2$  となった。夜間はフロントに設置されている OA 機器やロビーの電話コーナーに設置されているパソコンの使用率が低くなるため、昼間に比べコンセント電力が約  $0.9\text{W}/\text{m}^2$  小さくなる。

客室階共用部のコンセント電力を図 13 に示す。コンセント電力の最大値は  $2.4\text{W}/\text{m}^2$ 、平均値は  $0.6\text{W}/\text{m}^2$  となった。一定間隔でコンセント電力が約  $1.9\text{W}/\text{m}^2$  大きくなっているが、これは共用部廊下に設置されている製氷機の影響である。

### 3.2.3 照明・コンセント電力（客室）

客室は照明とコンセントが同一回路で分離できないため、客室内の電力は照明電力とコンセント電力の合計値である。

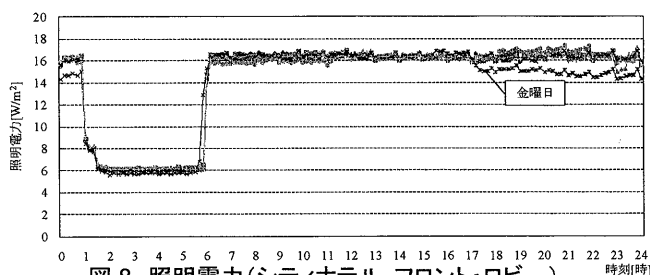


図 8 照明電力(シティホテル フロント・ロビー)

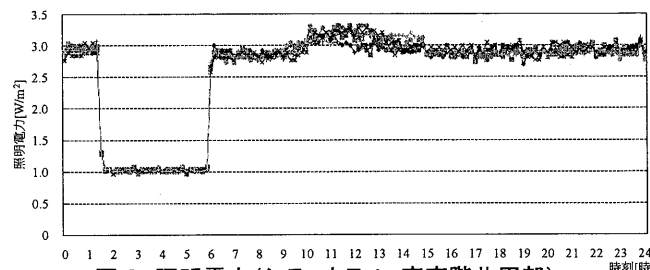


図 9 照明電力(シティホテル 客室階共用部)

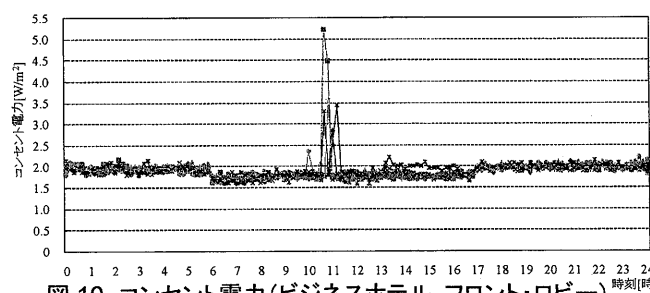


図 10 コンセント電力(ビジネスホテル フロント・ロビー)

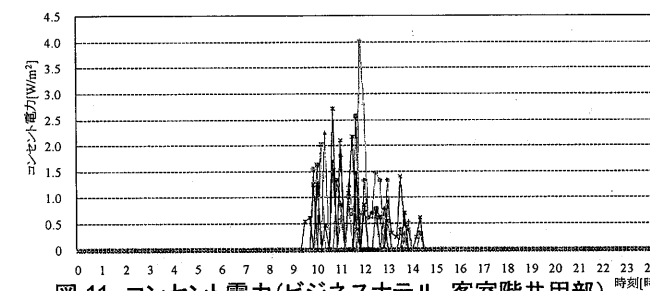


図 11 コンセント電力(ビジネスホテル 客室階共用部)

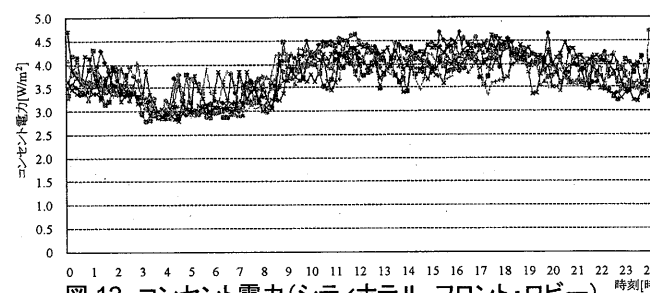


図 12 コンセント電力(シティホテル フロント・ロビー)

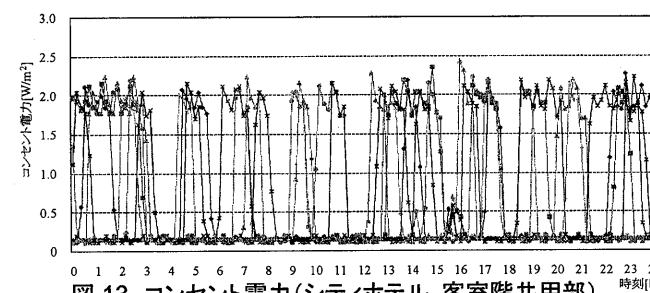


図 13 コンセント電力(シティホテル 客室階共用部)

### (1) ビジネスホテル

客室部の照明・コンセント電力を図 14 に示す。客室は 15 室あるが、計測の不備により客室 2 室のデータが取れていないため、測定対象の床面積は客室 13 室分の 156.0m<sup>2</sup> である。照明・コンセント電力の最大値は 15.5W/m<sup>2</sup>、平均値は 4.6W/m<sup>2</sup> となった。明け方からチェックアウト時刻の 10 時前までの時間帯にドライヤーを使用する宿泊客が多いため、照明・コンセント電力が大きくなったと考えられる。

### (2) シティホテル

客室部の照明・コンセント電力を図 15 に示す。測定対象の床面積は客室 16 室分の 416.5m<sup>2</sup> である。照明・コンセント電力の最大値は 13.8W/m<sup>2</sup>、平均値は 7.0W/m<sup>2</sup> となった。チェックアウト時刻が 12 時と時間にゆとりがあるため、ビジネスホテルに比べて照明・コンセント電力の上がり幅が小さくなったと考えられる。

ビジネスホテル・シティホテル共に、客室の照明・コンセント電力は金曜日・土曜日の夜と土曜日・日曜日の朝に最も大きくなり、日曜日の夜から月曜日の朝にかけて最も小さくなっている。

## 3.3 物販店舗

### 3.3.1 照明電力

#### (1) フロア全体

照明電力を図 16 に示す。天井照明はフロアで一括して管理されているが、衣料品店 A のみ天井照明を独自に設置していたため、測定対象の床面積は衣料品店 A の面積 559.6m<sup>2</sup> を除いた 1186.0m<sup>2</sup> である。照明電力の最大値は 30.4W/m<sup>2</sup>、営業時間帯の平均値は 29.8W/m<sup>2</sup> となった。開店前の 8 時～10 時と閉店後の 20 時～21 時に照明電力が約 2.0W/m<sup>2</sup> 大きくなっているのは、警備員の見回りや清掃作業、各店舗の開店準備・後片付けのために照明を一部点灯させるためである。

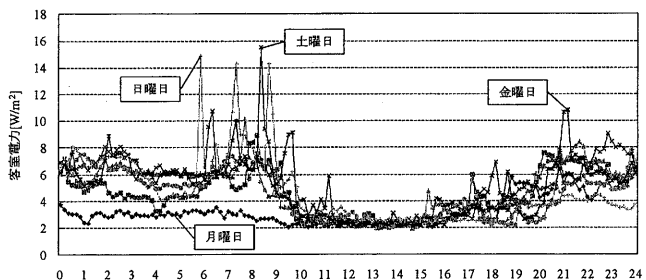


図 14 照明・コンセント電力(ビジネスホテル 客室)

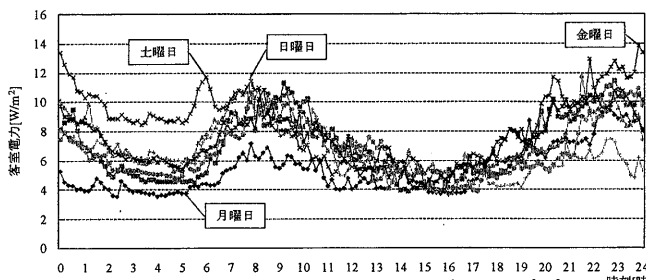


図 15 照明・コンセント電力(シティホテル 客室)

### (2) 店舗 (衣料品店, 眼鏡屋)

今回の検討ではタスク照明はコンセント電力に含んでいるが、ここでは店舗の業種毎の照明電力を比較するために、タスク照明を照明電力に含んで考察を行う。衣料品店の値には、衣料品店 A の値を代表して用いる。衣料品店と眼鏡屋の照明電力のそれぞれの平均値を図 17 に示す。営業時間帯の平均値は衣料品店で約 31.2W/m<sup>2</sup>、眼鏡屋で約 56.0W/m<sup>2</sup> となった。衣料品店に比べ眼鏡屋の照明電力が約 1.8 倍大きいのは眼鏡ショーケース内に設置されている照明器具の影響である。

## 3.3.2 コンセント電力

### (1) フロア全体

コンセント電力を図 18 に示す。靴屋と帽子屋はコンセント用の分電盤が小さく電力量計測器が設置できなかったため、測定対象の床面積は靴屋と帽子屋の面積 216.6m<sup>2</sup> を除いた 1529.0m<sup>2</sup> である。コンセント電力の最大値は 18.6W/m<sup>2</sup>、営業時間帯の平均値は 17.8W/m<sup>2</sup> となった。清掃作業や開店準備をするため開店前にコンセント電力が大きくなっている。

### (2) 店舗 (衣料品店, 眼鏡屋)

衣料品店と眼鏡屋のコンセント電力のそれぞれの平均値を図 19 に示す。営業時間帯の平均値は衣料品店で約 2.1W/m<sup>2</sup>、眼鏡屋で約 3.9W/m<sup>2</sup> となった。衣料品店に比べ眼鏡屋のコンセント電力が約 1.9 倍大きいのは、レンズ洗浄機や眼の度数を測るオートレフラクトメーター等の眼鏡屋特有の機器による影響だと考えられる。

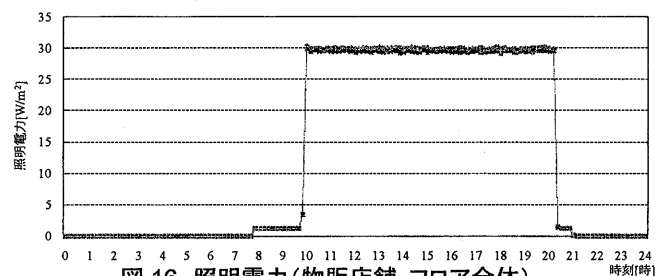


図 16 照明電力(物販店舗 フロア全体)

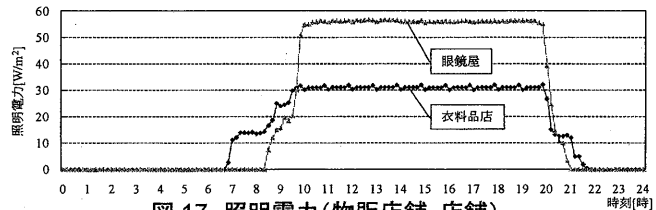


図 17 照明電力(物販店舗 店舗)

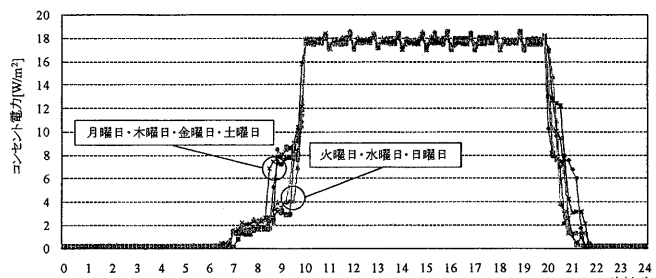


図 18 コンセント電力(物販店舗 フロア全体)

### 3.4 飲食店

#### 3.4.1 照明電力

照明電力を図 20 に示す。照明電力の最大値は  $48.9\text{W/m}^2$ 、営業時間帯の平均値は  $33.4\text{W/m}^2$  となった。19 時頃に従業員が出勤し開店準備を行うため照明電力は大きくなり、開店準備が整うと店内の照度を下げたため照明電力が小さくなる。土曜日の照明電力が約  $3.0\text{W/m}^2$  大きいのは、バーカウンター部分の照度を下げなかったためであり、水曜日と金曜日の営業時間前に値が大きくなっているのは、従業員が来店し照明を点灯したためである。閉店時間後も利用客が帰るまでは店を開けているため消灯時間が日によって異なる。

#### 3.4.2 コンセント電力

コンセント電力を図 21 に示す。コンセント電力の最大値は  $45.6\text{W/m}^2$ 、営業時間帯の平均値は  $21.8\text{W/m}^2$  となった。19 時～19 時 30 分に値が約  $15.0\text{W/m}^2$  大きくなるのは開店前に掃除機をかけるためであり、金曜日の 21 時 30 分頃に値が約  $11\text{W/m}^2$  大きくなっているのは厨房内の電子レンジを使用したためである。また、人がいない時間帯でも最大で  $11.1\text{W/m}^2$  コンセント電力に差があるが、これはバーカウンターの中に設置されている製氷機の影響である。

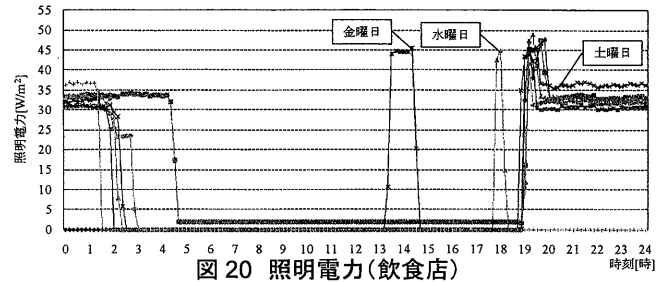


図 20 照明電力(飲食店)

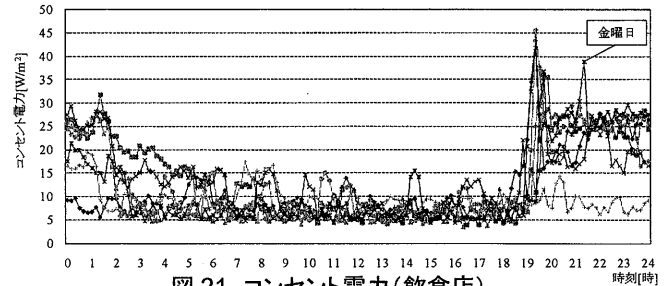


図 21 コンセント電力(飲食店)

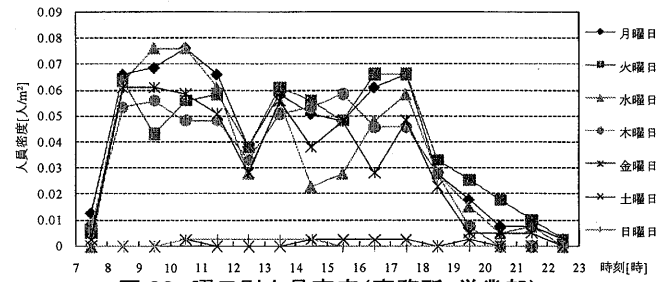


図 22 曜日別人員密度(事務所 営業部)

### 4. 在室人数調査結果

#### 4.1 事務所

##### 4.1.1 人員密度(営業部, 設計部)

営業部と設計部の曜日別人員密度を図 22, 図 23 に示す。人員密度の最大値は営業部が  $0.08\text{人/m}^2$ 、設計部が  $0.09\text{人/m}^2$ 、平日の執務時間帯における平均値は、営業部が  $0.05\text{人/m}^2$ 、設計部が  $0.07\text{人/m}^2$  となった。営業部は外勤者が多く、設計部に比べ人員密度が低くなった。

##### 4.1.2 着席率(営業部, 設計部)

自分の座席に着席している人数を座席数で除した値を着席率と定義する。営業部と設計部の曜日別着席率を図 24, 図 25 に示す。着席率の最大値は営業部が  $68.3\%$ 、設計部が  $73.2\%$ 、平日の執務時間帯の平均値は、営業部が  $44.9\%$ 、設計部が  $51.9\%$  となった。人員密度と同様に営業部に比べ設計部の着席率が高いが、人員密度の差と比べると着席率の差は小さい。設計部の人々が会議スペース等の別席で打ち合わせをするために離席していた、執務室内に設けられている休憩室で喫煙していたといった理由が考えられる。

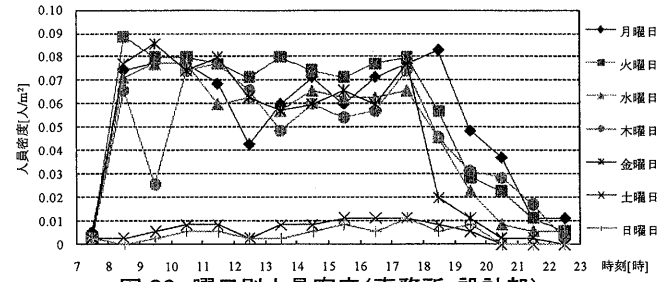


図 23 曜日別人員密度(事務所 設計部)

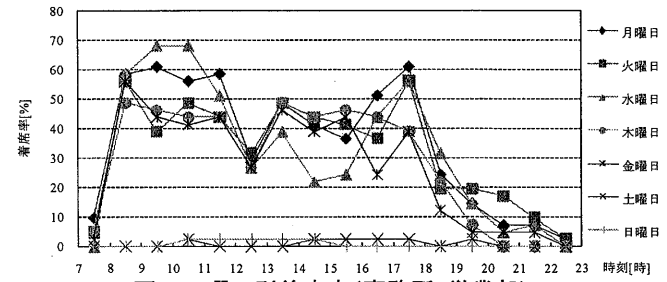


図 24 曜日別着席率(事務所 営業部)

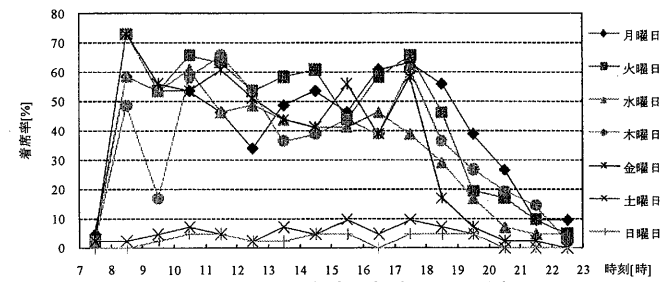


図 25 曜日別着席率(事務所 設計部)

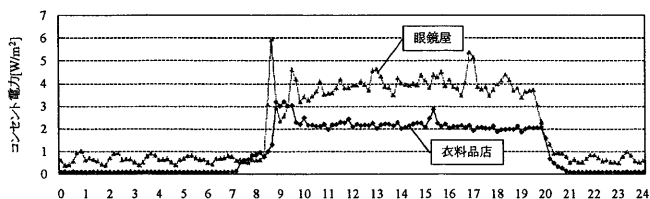


図 19 コンセント電力(物販店舗 店舗)



## 4.2 ホテル

### 4.2.1 人員密度 (フロント・ロビー, 客室階)

#### (1) ビジネスホテル

フロント・ロビーの曜日別人員密度を図 26 に示す。人員密度の最大値は  $0.10 \text{ 人/m}^2$ 、平均値は  $0.02 \text{ 人/m}^2$  となった。金曜日・土曜日の夕方と、土曜日・日曜日の朝方に利用者は多くなるため、その時間帯にロビーの人員密度が高くなった。

客室階の曜日別人員密度を図 27 に示す。人員密度の最大値は  $0.05 \text{ 人/m}^2$ 、平均値は  $0.01 \text{ 人/m}^2$  となった。チェックイン後荷物を置いて退室する利用客が多く、ホテルに帰ってくるのは 20 時過ぎからであった。

#### (2) シティホテル

フロント・ロビーの曜日別人員密度を図 28 に示す。人員密度の最大値は  $0.07 \text{ 人/m}^2$ 、平均値は  $0.02 \text{ 人/m}^2$  となった。金曜日・土曜日・日曜日に人員密度の高い時間があるが、これはホテルの宴会場で行われた結婚式の影響であると考えられる。

客室の利用客の人数は 1 時間毎に調査できなかったため、在室の有無は客室毎の電力の変化から判断した。客室階の曜日別人員密度を図 29 に示す。人員密度の最大値は  $0.04 \text{ 人/m}^2$ 、平均値は  $0.02 \text{ 人/m}^2$  となった。チェックアウト時刻が 12 時と遅く、昼間でも人員密度はさほど低くはない。

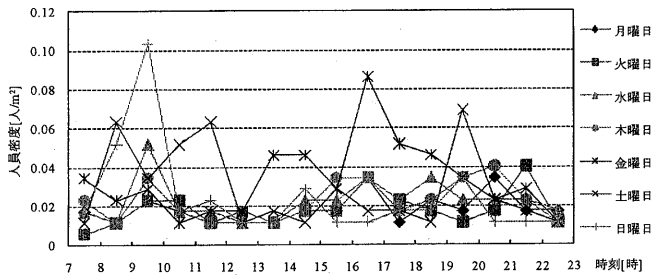


図 26 曜日別人員密度(ビジネスホテル フロント・ロビー)

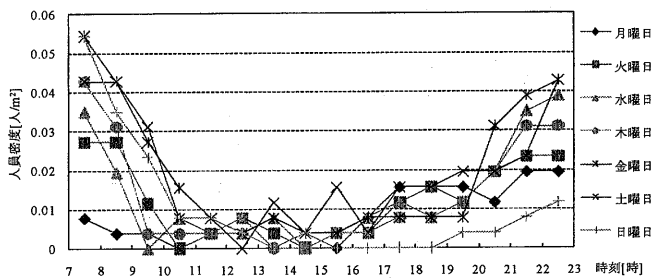


図 27 曜日別人員密度(ビジネスホテル 客室階)

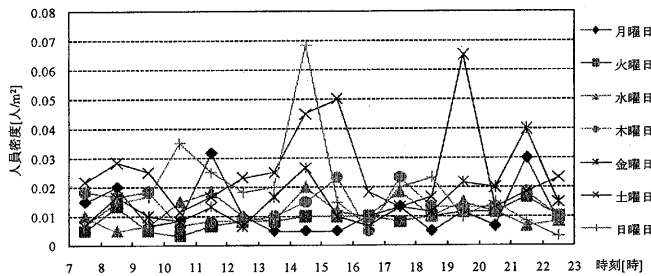


図 28 曜日別人員密度(シティホテル フロント・ロビー)

#### 4.2.2 客室収容率

宿泊人数を全客室の収容可能人数(ビジネスホテル: 15 室×1 名, シティホテル: 16 室×2 名)で除した値を客室収容率と定義する。ビジネスホテルとシティホテルの客室収容率を図 30 に示す。両ホテル共に客室収容率は土曜日が最も高く、日曜日が最も低くなった。なお、シティホテルでは日曜日以外は調査階の全客室が使用されていたが、1 名での宿泊が多かったため客室収容率は低い。

### 4.3 物販店舗

#### (1) フロア全体

曜日別人員密度を図 31 に示す。人員密度の最大値は平日で  $0.04 \text{ 人/m}^2$ 、土日で  $0.10 \text{ 人/m}^2$ 、営業時間帯の平均値は平日で  $0.03 \text{ 人/m}^2$ 、土日で  $0.06 \text{ 人/m}^2$  となった。平日に比べ土日の人員密度は 2 倍以上高い。また、平日のピークは 16~18 時であるのに対し、土日のピークは 15~17 時とピークの時間に違いが見られる。これは平日の利用客は学校や仕事が終わった後に来店するためだと考えられる。

#### (2) 店舗用途別 (衣料品店, 眼鏡屋, 靴屋, 帽子屋)

各店舗の 7 日間分の人員密度の平均値を図 32 に示す。営業時間帯の平均値は衣料品店で約  $0.06 \text{ 人/m}^2$ 、眼鏡屋で約  $0.04 \text{ 人/m}^2$ 、靴屋で約  $0.03 \text{ 人/m}^2$ 、帽子屋で約  $0.11 \text{ 人/m}^2$  となった。帽子屋は床面積が  $22.0 \text{ m}^2$  と小さく、単位床面積あたりの利用客一人の影響が大きい他店舗に比べ人員密度が高くなり、変動も大きくなったと考えられる。店舗用途の中で最も利用客が多かったのは衣料品店であった。

### 4.4 飲食店

曜日別人員密度を図 33 に示す。人員密度の最大値は  $0.35 \text{ 人/m}^2$  となった。利用客は金曜日が最も多く 9 人、土曜日が最も少なく 0 人であった。21 時過ぎから利用客が増えるため、それに合わせて出勤時間が開店時間前ではなく 21 時の従業員もいた。

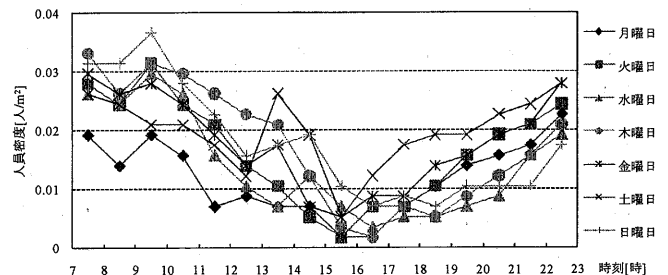


図 29 曜日別人員密度(シティホテル 客室階)

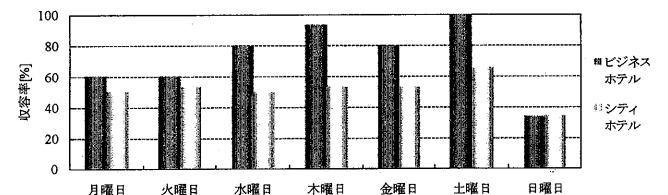


図 30 客室収容率

## 5. 内部発熱の設計値と実態の比較

建築物の省エネルギー基準と計算の手引(平成 21 年度版)<sup>4)</sup>を基に作成した建物用途別の内部発熱の設計値を表 3 に、今回の調査で明らかになった建物 5 件の内部発熱の実態(最大値)を表 4 に示す。以下に調査した建物における内部発熱の設計値のあり方を述べる。

### 5.1 事務所

営業部の実態は設計値に比べ、照明発熱で約 29%、機器発熱で約 47%、人員密度で約 40%となり、設計部の実態は照明発熱で約 52%、機器発熱で約 62%、人員密度で約 45%となった。人員密度にはさほど差は見られないが、照明発熱と機器発熱には業種により違いがあり、事務所の設計値は業種別に設定すべきである。営業部の設計値はいずれも半分以下にする必要があると考えられ、事務所の業種で最も内部発熱が大きいと思われる設計部も、設計値を半分近く小さくして良いと考えられる。

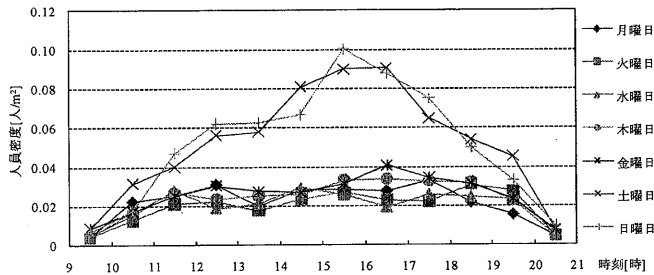


図 31 曜日別人員密度(物販店舗 フロア全体)

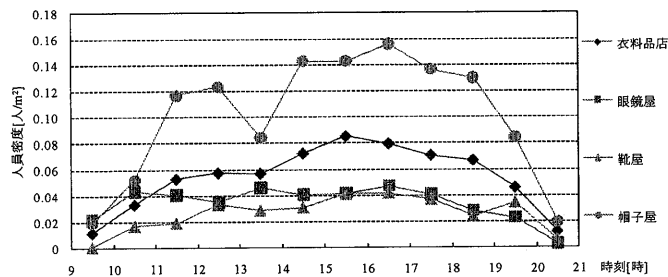


図 32 曜日別人員密度(物販店舗 店舗用途別)

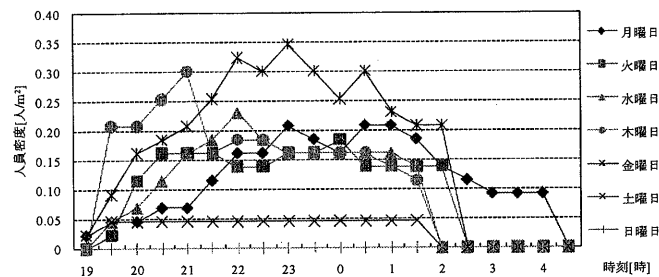


図 33 曜日別人員密度(飲食店)

表 3 内部発熱の設計値

	内部発熱		
	照明[W/m <sup>2</sup> ]	機器[W/m <sup>2</sup> ]	人員密度[人/m <sup>2</sup> ]
事務所	25.0	20.0	0.2
ホテル	フロント・ロビー	-	0.10
	客室	15.0	4.0
物販店舗	60.0	-	0.50
飲食店	10.0	-	0.30

### 5.2 ホテル

ビジネスホテルのフロント・ロビーの照明発熱と人員密度の実態は設計値にほぼ等しい値であった。客室階の実態は設計値に比べ、客室の照明・機器発熱で約 82%、人員密度で約 71%となり、設計値は 2~3 割小さく設定して良いと考えられる。一方、シティホテルの実態はビジネスホテルに比べいずれも 1 割以上小さい。これはビジネスホテルに比べロビーと客室の床面積が大きいためだと考えられ、ホテルの設計値はビジネスホテルとシティホテル別に設定する必要があると考えられる。また、フロント・ロビーの機器発熱は設計値がないが、実際には両ホテル共にパソコンや精算機、自動販売機等の機器が発熱しており、5.0W/m<sup>2</sup>程度の設計値を設定する必要がある。

### 5.3 物販店舗

実態は設計値に比べ、照明発熱で約 50%、人員密度で約 20%となった。調査した一週間では、人員密度の実態は非常に小さくなったが、セールや初売りといったイベント時にはより多くの来客が予想され、一概に設計値が過大とは言い切れない。また、照明器具の発熱に関して、設計値では機器発熱を考慮せず照明発熱のみ設定しているが、実際には全般照明だけでなく機器発熱に含まれるタスク照明も使用しているため、設計値は照明発熱を半分の 30.0W/m<sup>2</sup>程度にし、タスク照明やレジ機等の機器発熱として 15.0~20.0W/m<sup>2</sup>を設定するのが良いと考えられる。

### 5.4 飲食店

実態は設計値に比べ、照明発熱で約 4.9 倍、人員密度で約 1.2 倍となり、実態が設計値を上回った。今回調査したスナックは一般的な飲食店に比べ床面積が小さく、照明器具に定格消費電力の大きいハロゲン電球が使用していること、カラオケ機材のような特殊な機械を設置していること、単位面積あたりの従業員の人員密度が高いこと等が値に影響したと考えられる。特に照明発熱と機器発熱が大きく、50.0W/m<sup>2</sup> 近くの設計値を設定する必要がある。

表 4 内部発熱の実態(最大値)

		内部発熱		
		照明[W/m <sup>2</sup> ]	機器[W/m <sup>2</sup> ]	人員密度[人/m <sup>2</sup> ]
事務所	営業部	7.2	9.3	0.08
	設計部	12.9	12.3	0.09
ビジネスホテル	フロント・ロビー	19.9	5.2	0.10
	客室階共用部	7.9	4.0	0.05
	客室	15.5		
シティホテル	フロント・ロビー	17.4	4.7	0.07
	客室階共用部	3.3	2.4	0.04
	客室	13.8		
物販店舗(フロア全体)		29.8	18.6	0.10
飲食店		48.9	45.6	0.35

## 6. 内部発熱の時間帯別発熱比率の作成

内部発熱の時間帯別発熱比率とは、CEC/AC を求める全負荷相当運転時間 (EFH) 法の入力データとして使用されているもので、時間帯別発熱比率が実態に則していれば、より高い精度で CEC/AC を求めることができると考えられる。そこで今回調査した建物 5 件の調査結果を基に、内部発熱の時間帯別発熱比率を作成した (表 5)。内部発熱が表 4 の実態値になる時を発熱比率 100% とし、1 日の平均発熱比率を実態の最大値に乗じると実態の平均値となるように設定している。

### 6.1 事務所

照明発熱と機器発熱は執務時間中一定であり、執務時間終了後は残業する人を考慮している。残業時間や人員密度の発熱比率、昼休憩時の下がり方は部署別の特徴が出るようにしている。土日は出勤者に合わせて照明発熱、機器発熱を設定している。

### 6.2 ホテル

照明発熱はフロント・ロビーが夜間小さくなることを、機器発熱は待機電力と使用時間帯の増大を、客室の照明・機器発熱は夜中  $0\text{W}/\text{m}^2$  にならないこととチェックアウト時刻前に大きくなることを考慮している。人員密度はロビーがチェックイン・アウト時刻前後に増えることや、シティホテルの宿泊以外でのロビー利用者、客室階の連泊者の存在を踏まえて設定している。

### 6.3 物販店舗

照明発熱と機器発熱は営業時間前後に開店準備や後片付けのために少し大きくなり、営業時間内は一定である。人員密度は平日と土日の利用客数やピークの時間帯を考慮している。なお、設置されている機器の待機電力は  $0\text{W}/\text{m}^2$  に近いため無視している。

### 6.4 飲食店 (スナック)

照明発熱と機器発熱は開店時に最大となり、営業時間中は一定である。営業時間外も冷蔵庫や製氷機の機器発熱を考慮している。人員密度は 20 時過ぎから徐々に高くなり、23 時以降低くなるように設定している。

## 7. おわりに

本研究の目的は、現状の内部発熱の実態と時間変動を把握し、最適な空調システム設計のために良好な計算精度で熱負荷計算を行うことのできる設計用データベースを構築することである。今回は事務所ビル、ビジネスホテル、シティホテル、物販店舗、飲食店 (スナック) の建物用途の異なる 5 件の業務用建築物を対象に、照明電力・コンセント電力の測定、在室者の人数調査を実施し、内部発熱の実態を設計値と比較した。さらに、調査結果を基に内部発熱の時間帯別発熱比率を作成した。

対象建物においては、事務所の営業部では内部発熱の実態は設計値に比べ、およそ半分にも満たない非常に小さな値であった。同様に事務所の設計部やビジネスホテル、シティホテル、物販店舗の実態も設計値に比べ小さな値であったが、一方で飲食店のように実態が設計値を大きく上回るものもあった。

今回の調査結果から、現在使用されている内部発熱の設計値は実態と乖離している可能性が示唆された。また、照明発熱や機器発熱、人員密度のいずれも、調査期間において大きなばらつきを生じていない。このことから、内部発熱の時間帯別発熱比率は日によって大きく変動することはなく、一日分の時間変動を設定するだけで十分であると考えられる。そのため、一定期間の熱負荷を計算から導き出す際に今回作成した内部発熱の時間帯別発熱比率を用いることで、実態に近い計算結果を得ることができると考えられる。

建物用途別の内部発熱の実態値と実態に則した時間帯別発熱比率は、より正確な最大熱負荷や期間熱負荷、CEC/AC を算出することができ、現在問題視されている空調システムの過大設計の防止にも役立てることができ。しかし調査件数はまだまだ少なく、今後もさらに内部発熱の実態データを収集し整備していくことが業務用建築物と空調システムの省エネルギー対策や設計基準の見直しに有効であると考えられる。

表 5 内部発熱の時間帯別発熱比率

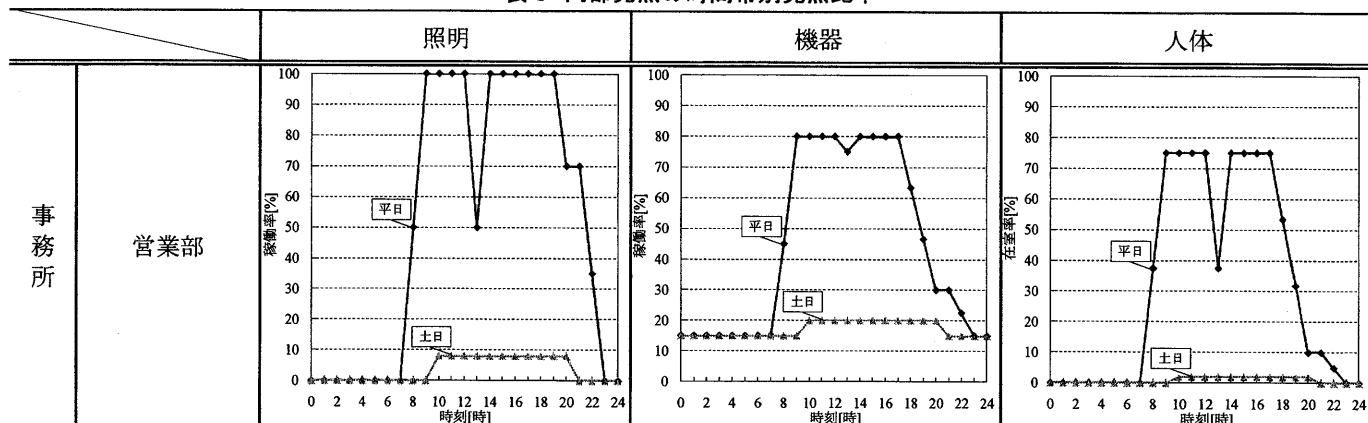


表 5 内部発熱の時間帯別発熱比率(つづき)

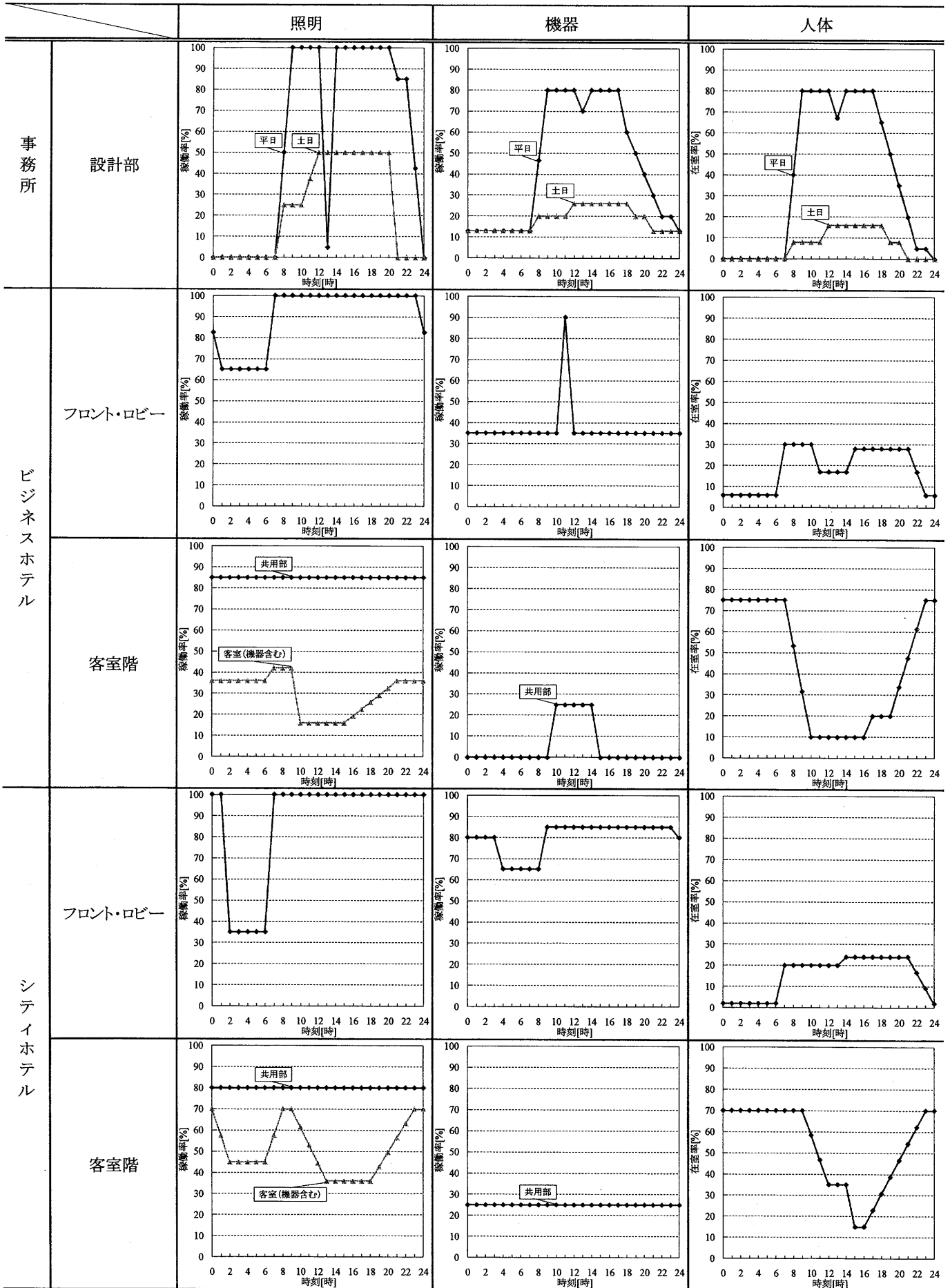
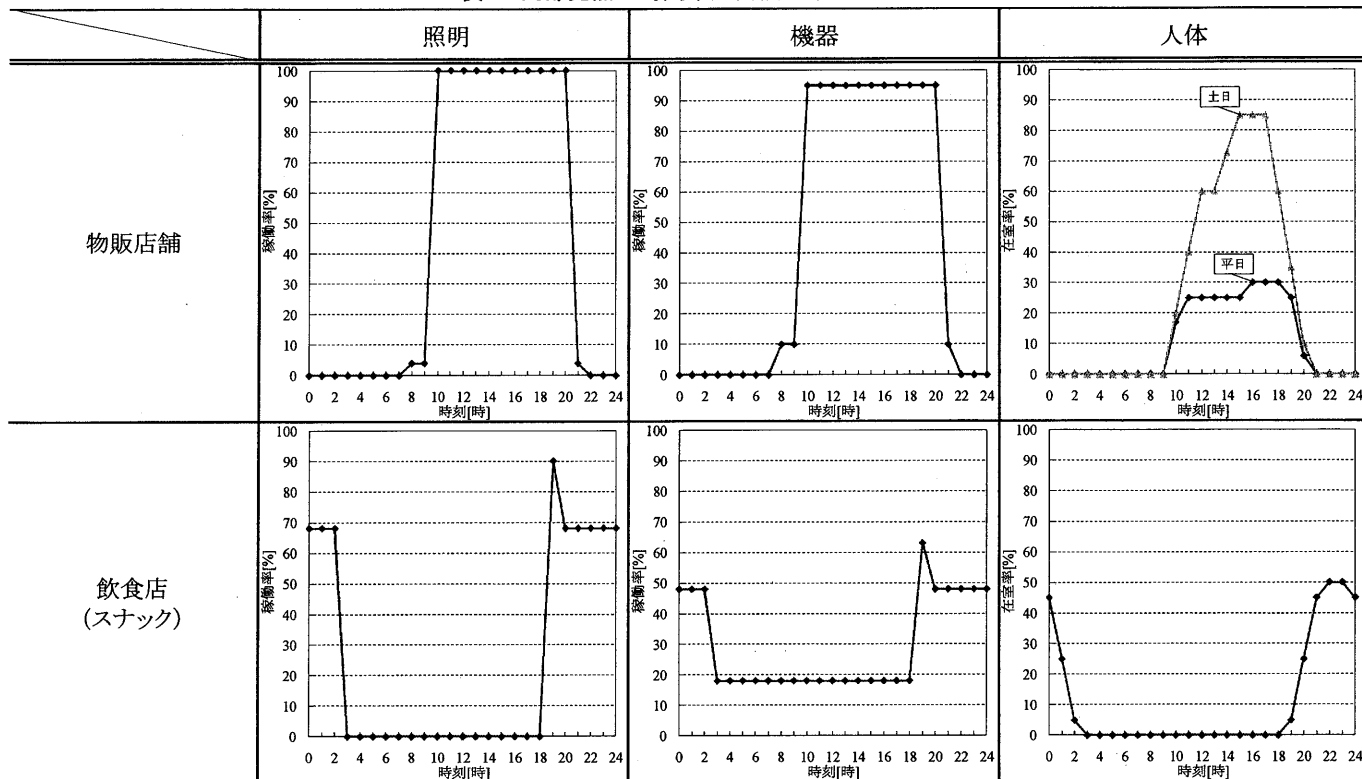


表5 内部発熱の時間帯別発熱比率(つづき)



謝辞

本研究を行うにあたり、国土交通省「平成22年度建築基準整備促進事業、業務用建築物のためのエネルギー消費量評価手法に関する基礎的調査」(代表者：東京電機大学 射場本忠彦)の調査結果を活用した。関係諸氏に対して謝意を表す。

参考文献

- 1) 川瀬貴晴, 岡田英理子, 八木田裕悟: オフィスビルのコンセント系消費電力実測調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.1257-1258, 2005年9月
- 2) 新川隆将, 野部達夫: オフィスにおける内部発熱負荷要素に関する実態調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.1171-1172, 2007年8月
- 3) 岩島梓, 猪岡達夫: 省エネルギー化のための建物の内部発熱に関する研究~東海地区における小規模建物の実例~, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp.493-496, 2009年9月
- 4) 社会法人 空気調和・衛生工学会 空気調和設備委員会 熱負荷シミュレーションと装置容量委員会: オフィスビルの内部発熱と熱負荷シミュレーション, 委員会成果報告書, 2007年10月
- 5) 財団法人 建築環境・省エネルギー機構: 平成21年省エネ基準対応, 建築物の省エネルギー基準と計算の手引, 新築・増改築の性能基準 (PAL/CEC), 2009年9月

- 6) 射場本忠彦, 坂本雄三, 柳原隆司, 吉田治典, 井上隆, 川瀬貴晴, 澤地孝男, 桑沢保夫, 宮田征門, 足永靖信, 住吉大輔: 業務用建築物のためのエネルギー消費量評価手法に関する調査研究(その1) 調査概要および総合的な評価指標の検討, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp.1743-1746, 2010年9月
- 7) 長井達夫, 川瀬貴晴, 猪岡達夫, 永田明寛, 枡川依士夫, 赤司泰義, 宮田征門: 業務用建築物のためのエネルギー消費量評価手法に関する調査研究(その9) 事務所建物における内部発熱に関する調査結果, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp.1775-1778, 2010年9月
- 8) 浦山真一, 赤司泰義, 姜信愛, 小塩真奈美, 川瀬貴晴, 宮田征門: 業務用建築物のためのエネルギー消費量評価手法に関する調査研究(その11) 事務所建物(九州地区)における内部発熱に関する調査結果, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp.1783-1786, 2010年9月
- 9) 浦山真一, 赤司泰義, 住吉大輔, 今井新也: ホテルにおける内部発熱の実態調査, 日本建築学会九州支部研究報告論文集, pp.393-396, 2011年3月
- 10) 今井新也, 赤司泰義, 住吉大輔, 浦山真一: 業務用建築物のための内部発熱に関する調査研究~物販店舗・飲食店における調査結果~, 空気調和・衛生工学会九州支部研究報告論文集, pp.57-60, 2011年5月

(受理:平成23年6月2日)