



各種業務施設におけるエネルギー消費量の時刻変動に関する調査研究

森山, 正和
本田, 直樹
高西, 茂彰
大家, 宏之

(Citation)

神戸大学都市安全研究センター研究報告, 6:435-448

(Issue Date)

2002-03

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/00317656>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/00317656>



各種業務施設におけるエネルギー消費量の 時刻変動に関する調査研究

Analysis on Diurnal Variation of Energy Consumption in Different Type Buildings for Business

森山正和¹⁾

Masakazu Moriyama

本田直樹²⁾

Naoki Honda

高西茂彰³⁾

Sigeaki Takanishi

大家宏之⁴⁾

Hiroyuki Ohie

概要：省エネルギー性や経済性などの評価に用いられる基礎資料の作成を目的に、神戸市内に建つ代表的な3種類の特徴ある建物（大規模商業施設、事務所建物、文化ホール）を対象にアンケート調査を行い、エネルギー消費量及び冷暖房や電力、ガスなどの月変動特性、夏季及び冬季の時刻変動及びピーク値の特性、気象要因との相関などについて分析した。大規模商業施設では、年間値で見ると冷熱が温熱の3倍と多く、また、飲食店舗が多いため、給湯調理用エネルギーも冷熱と同程度に多かった。事務所建物では、すでに多くの省エネルギー対策がとられていたためエネルギー消費量は非常に小さな値となっていた。文化ホールでは、催し物によって時刻変動が異なり、一般的な変動パターンは見られなかった。気象要因との相関では、冷熱はエンタルピーと、温熱は気温とある程度の相関が見られたが、文化ホールでは相関は全く見られなかった。

キーワード：大規模商業施設、事務所建物、文化ホール、エネルギー消費量、時刻変動

1. はじめに

地球環境問題と建築との係わりについて考えてみると、現代の建築は資源エネルギーの大量消費に立脚した産物であると言える。例えば、建築に関連するCO₂排出量は、わが国全体の約3分の1をしめており、業務用ビルの運用エネルギーにおいては11.4%を占めている、と推定されている¹⁾。

従来の熱負荷原単位の調査では各文献により差異があり、データの定義も様々であり、また、建物用途の多様化に対して、複合施設の原単位をどのように対応させていくのが問題となっている。このような課題に十分に応えることは難しいが、実際のエネルギー消費量及びエネルギー用途における最大、年間、時刻変動などを解析し、省エネルギー性、経済性を達成しうるための設計と運用面で利用可能な形に基礎資料を作成しておくことは重要である。

本研究は、神戸の代表的な3種類の特徴ある建物（大規模商業施設、事務所建物、文化ホール）を対象に、月別及び時刻別エネルギー消費量に関するアンケート調査を行い、エネルギー消費量及び冷暖房や電力、ガスなどの月変動特性、時刻変動及びピーク値の特性、気象要因との関係などに関して分析し、省エネルギー性、経済性などに関する設計時や運用時に用いられる基礎資料を作成することを目的としている。

2. 調査方法及び解析の方針

1999年に本研究室では神戸市にある3000 m²以上の業務施設を対象として、月別エネルギー消費量・省エネルギー対策に関するアンケート調査を行った²⁾（回答 474 件）。その際時刻別エネルギー消費量のデータを提供してもよいという回答を頂いた63件の建物の中からデータの整った様々な用途の建物を16件選び調査対象建物とした。このアンケートは、2000年、2001年における冬季（2月）、夏季（8月）の時刻別エネルギー消費量（1時間毎のエネルギー消費量）、1999年10月～2001年8月までの月別エネルギー消費量と、省エネルギー対策の状況を調査するのが主な目的である。回収数は12件で回収率は75.0%である。またその中で必要とされる時刻別データを提供していただけた建物は3件（大規模商業施設、事務所建物、文化ホール）であった。

本研究では、アンケート調査を通して、年間・月別・時刻別エネルギー消費量について解析する。また、建築の冷温熱負荷要因として、内部要因と外部要因に大別されるが、今回は外部要因としての気象要因（外気温度、エンタルピー）と時刻別エネルギー消費量との相関を分析する。そして、調査した建物のエネルギー消費特性を把握するために文献との比較を行い、同一用途の建物の中での位置付けや特徴を分析していく。

また、エネルギー消費特性を解析する上で、今回は原単位評価を行っていく。原単位とは建物の単位延床面積当たりの用途別エネルギー消費量である。尚、本研究ではエネルギー消費量原単位の単位には、表 2-1 に示す二次換算値を用いており、二次エネルギーで解析することにする。

表 2-1 エネルギー換算値

エネルギー種類	一次換算値	二次換算値
電力	10,250kJ/kWh	3,601kJ/kWh
都市ガス	46,055kJ/m ³ ・N	46,055kJ/m ³ ・N

3. 大規模商業施設における調査結果

3-1 建物・設備の概要

調査の対象とした大規模商業施設の概要を図 3-1、表 3-1～表 3-3 に示す。本建物は飲食店舗、販売店舗、映画館、ゲームセンターを中心としたオープンモール型の大規模商業施設である。また、冷暖房の熱源として地域冷暖房より冷水と蒸気の供給を受けている。したがって、冷熱エネルギーは冷房用、温熱エネルギーは暖房用に消費されている。

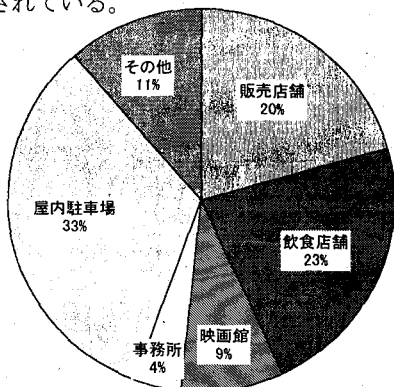


図 3-1 建物内用途

表 3-1 建物内用途

建物内用途	(m ²)	平均利用時刻
販売店舗	7010.00	11 時～20 時
飲食店舗	7711.00	11 時～22 時
映画館	2983.22	9 時～22 時
事務所	1364.00	9 時～21 時
屋内駐車場	11315.02	10 時～24 時
その他	3855.06	
延床面積	34238.30	

表 3-2 建物概要

建物用途	商業施設	
所在地	神戸市中央区	
敷地面積	35,020.5 m ²	
建築面積	15,794.3 m ²	建蔽率 45.1%
延べ床面積	34,238.3 m ²	容積率 97.8%
階数	地上 5 階	地下 0 階
建物構造	SRC, S	
竣工年月	平成 4 年 10 月	
改築・増築年月	なし	
在籍人員	900 人 (2001 年 4 月現在の常用労働者)	

表 3-3 設備概要

1. 電気設備		
契約電力の種類	業務用電力 6 kV	
契約電力量	1950kW	
2. 空気調和設備		
	機器の種類	総容量
冷熱源機器	地域冷暖房	15,488MJ/h
温熱源機器	地域冷暖房	8,991MJ/h
空調機の分散度	個別方式	
空調方式	ファンコイルユニット ユニット型ヒートポンプ方式 外調機+端末空調機組合せ方式	
空調設定温度	冷房時：各テナントによる温度設定 暖房時：各テナントによる温度設定	
3. 給湯設備		
給湯用燃料	都市ガス	

3-2 年間・月別エネルギー消費量

年間エネルギー消費量の推移を表3-4に示す。

電力消費量は年々減少傾向にある。

冷温熱エネルギー消費量はほぼ横ばいとなっている。また、温熱エネルギー消費量は冷熱エネルギー消費量の1/3程度しかなく、この商業施設では冷房負荷が中心となっていることがわかる。

給湯・調理用エネルギー消費量は飲食店舗が数多く入っているため、調理用エネルギー消費量が大きくなっていると思われる。

次に、月別エネルギー消費量の推移を図3-2、図3-3に示す。

電力消費量は、1997年から1999年までは、消費量、月別負荷変動に大きな違いは見られないが、特に2000年、2001年にかけて消費量の減少がみられる。これは特に8月のピーク月で大きな減少が見られる。

冷温熱エネルギー消費量は、地域冷暖房により、冷水と蒸気の供給を受けている。一部、二管式もあるが、ほとんどが四管式となっており、1年中冷暖房が可能となっている。冷熱は8月で平均138MJ/m²・月、2月で平均8MJ/m²・月となり、冬季でも冷熱消費が見られる。温熱は1月で平均52MJ/m²・月で、8月の冷熱消費量の38%程度になっている。また負荷変動は冷温熱ともに非常に大きく、冷熱は8月に温熱は1月にピークが見られる。

給湯・調理用エネルギー消費量は、冬期に消費量が増加するが、それほど大きな負荷変動は見られない。

表3-4 年間エネルギー消費量 (単位: MJ/m²・年)

年度	1997	1998	1999	2000
電力	957	946	900	843
冷熱	626	685	620	609
温熱	195	180	190	191
給湯・調理	638	617	611	614

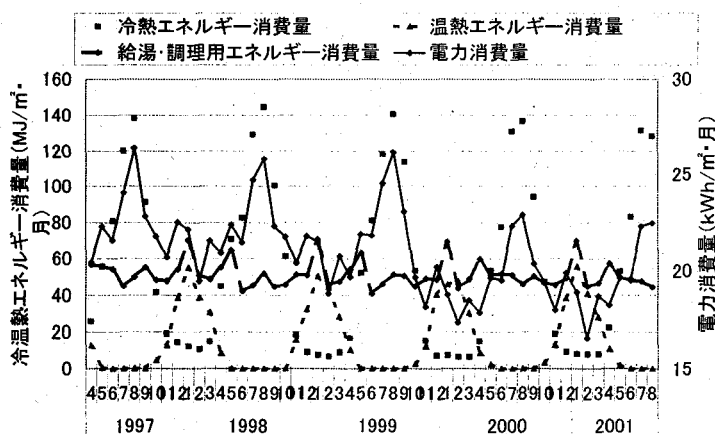


図3-2 月別エネルギー消費量 (エネルギー種別による変動)

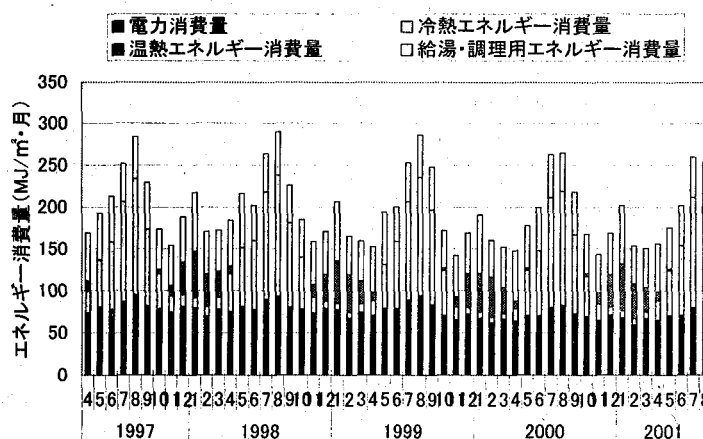


図3-3 月別エネルギー消費量 (エネルギー種別構成)

3-3 時刻別エネルギー消費量

2001年8月、2月における時刻別エネルギー消費量(電力、冷熱、温熱)の調査結果について図3-4～図3-7に示す。エネルギー消費量は8時から11時にかけて急激に増加し、その後ほぼ横ばいで推移し、20時から24時にかけてこの商業施設に入居しているテナントの営業時間に応じて直線的に降下していく。また、来客数の多い日曜日に冷熱エネルギー消費量が増加すると思われたが、ほとんど平日と変わりなく、曜日による相違はあまりみられなかった。電力においては毎日ほぼ同じような負荷変動を示している。これは、地域冷暖房により冷水と蒸気の供給を受けているため、冷暖房の熱源に電力を用いていないためであると考えられる。冷温熱エネルギー消費量は、特に温熱エネルギー消費量が日によって大きな違いが見られる。また、夏季のデータにおいてエネルギー消費量が少ない日が存在するが、これは台風のため全店臨時休業となったためである。冬季のデータにおいてエネルギー消費量が少ない日が存在するが、これはこの月物販のみ火曜日が休業日となっていたためである。

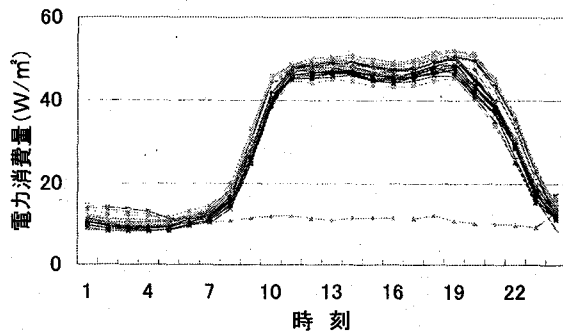


図 3-4 夏季電力消費量 (2001 年 8 月)

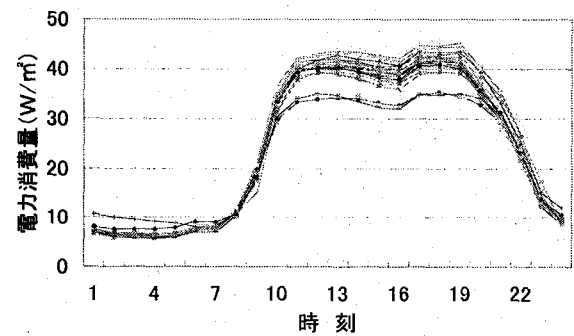


図 3-5 冬季電力消費量 (2001 年 2 月)

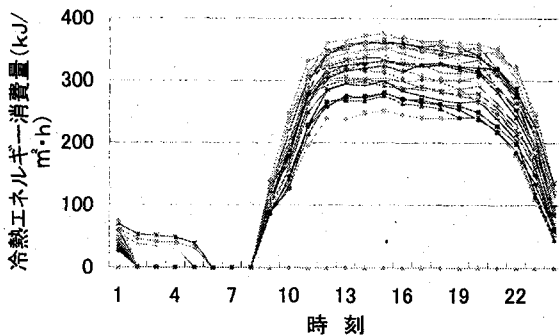


図 3-6 冷熱エネルギー消費量 (2001 年 8 月)

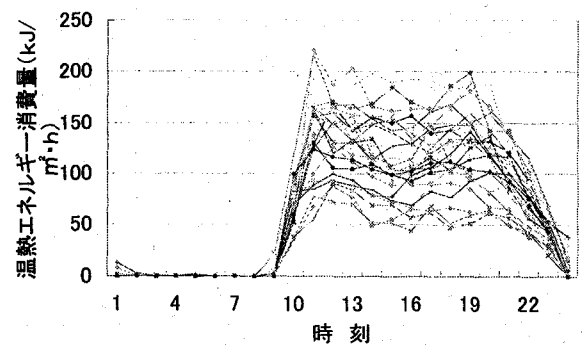


図 3-7 温熱エネルギー消費量 (2001 年 2 月)

3-4 時刻別エネルギー消費量と気象要因との相関

時刻別エネルギー消費量（電力、冷熱、温熱）と気象要因との相関について回帰分析を行う。

気象要因として、外気温度、エンタルピーの2つの要因を取り上げた。また、全データで相関を行うとエネルギー消費量の少ない集団が存在する。これらは、空調を行っていない夜間のデータである。全店舗が営業を行っている11時～20時を営業時間とし、それ以外の時刻のデータは除いた。ただし、台風11号のため全店臨時休業となった2001年8月21日は解析から除いた。

a) 電力消費量

2001年8月の電力消費量と外気温度、エンタルピーとの相関係数はそれぞれ0.38, 0.43と共に小さい値となり、あまり相関が見られなかった。

b) 冷熱エネルギー消費量

2001年8月の冷熱エネルギー消費量と外気温度、エンタルピーとの相関係数はそれぞれ0.67, 0.87となり、特にエンタルピーと強い相関が見られた。冷熱エネルギー消費量とエンタルピーとの相関を図3-8に示す。

c) 温熱エネルギー消費量

2001年2月の温熱エネルギー消費量と外気温度、エンタルピーとの相関係数は-0.75, -0.68となり、外気温度の方が高い相関が見られた。温熱エネルギー消費量と外気温度、エンタルピーとの相関を図3-9に示す。

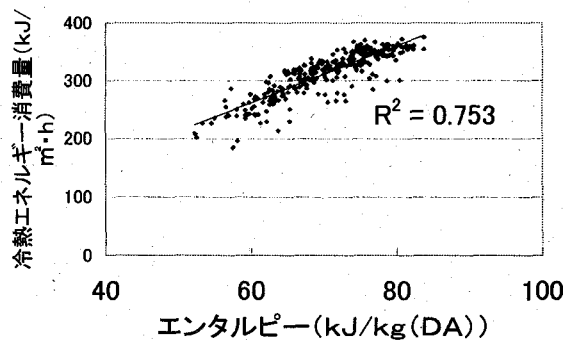


図 3-8 冷熱エネルギー消費量とエンタルピーとの
相関図 (2001 年 8 月)

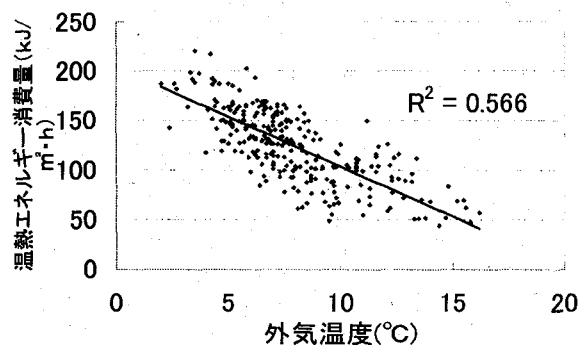


図 3-9 温熱エネルギー消費量と外気温度との
相関図 (2001 年 2 月)

3-5 文献との比較

本建物の調査結果と文献との比較を行う。本建物はオープンモール型の大規模商業施設であり、文献における商業施設の値はショッピングセンターや大規模百貨店、複合店舗など様々であるため、一概に比較することは困難である。しかし、本建物の商業施設の中での位置付け、エネルギー消費特性を理解する上で本建物の調査結果と文献との比較を行った。参考とした文献の概要を表 3-5 に示す。

表 3-5 参考文献

文献番号	資料名	著者または発行所	発行年
1	コンパクトエネルギーシステムの開発	IBEC	1985
2	分散型電源システムの最適化に関する調査	NIRA	1985
3	建築光熱水費	尾島俊雄著	1984
4	地域冷暖房に関する一般調査	東京都公害局	1973
5	建築設計資料集成	日本建築学会	1985
6	最近の竣工建物事例	(社)空気調和・衛生工学会	1985~87
7	大規模 CGS の導入評価	(株)日本ガス協会	1994
8	次世代 CGS 技術研究会	(株)日本ガス協会	1990
9	地域冷暖房に関する指導要綱	東京都環境保全局	1991
10	CGS 設計法に関する研究	(社)空気調和・衛生工学会	1994
11	CGS 設計・施工マニュアル	REALIZE INC.	
12	建築の光熱水原単位 [東京版]	尾島俊雄研究室	1995

a) 年間エネルギー消費量の比較

2000 年度の本建物における単位延床面積当たりの年間エネルギー消費量と文献値による年間熱負荷原単位との比較を表 3-6 に示す。電力においては、文献値と近い値が得られた。冷暖房においては、文献の間でも大きな開きがみられるが、本建物のほうが大きな値となった。これは本建物がオープンモール型で、各店舗が独立しているため、冷暖房負荷が大きいためであると思われる。

ここで注意しなければならないのが、図 1 に示したように本建物の延床面積の約 1/3 が屋内駐車場であるということである。もし仮に延床面積でなく空調面積で扱った場合もしくは、屋内駐車場を延床面積から除いた場合は本建物の調査結果は異なる値となるので、文献値がどのようにして得られたかが重要であるが、不明である。

b) 最大エネルギー消費量の比較

2000 年 8 月と 2001 年 2 月の時刻別データから最大エネルギー消費量を求め、文献値による最大熱負荷原単位との比較を行う。結果を表 3-6 に示す。本建物は電力、冷暖房共に文献値より小さな値となっている。これも、本建物の延床面積の約 1/3 が屋内駐車場であるということであることが原因として考えられる。

表 3-6 エネルギー消費量原単位

文献番号	最大エネルギー消費量* ¹			年間エネルギー消費量* ²			
	電力	冷房	暖房	電力	冷房	暖房	給湯・調理
	W/m ²	kJ/m ² ・h		kWh/m ² ・年	MJ/m ² ・年		
本建物	52	357	220	234	609	191	913
1	80	503	251	210	503	75	—
2	100	624	360	271	381	134	—
3	115	729	490	297	—	96	—
4	—	503	293	—	402	101	—
7	49	511	256	210	503	75	—
8	79	411	348	—	469	126	—
9	80	503	251	—	373~633	71~193	—
10	—	587	210	226	524	147	—
11	—	235~411	92~218	—	383	137	—

*¹ 2000年8月と2001年2月における最大エネルギー消費量*² 2000年度の年間エネルギー消費量

c) 時刻別エネルギー消費量の比較

2001年8月, 2月における本建物の時刻別エネルギー消費量の平均と文献との比較を図3-10~図3-12に示す。一日のエネルギー消費量を100%として比率で表している。本建物は多くの店舗が集まってできているため、営業時間のばらつきにより、消費量が文献と比較して緩やかに増加・減少する傾向にある。

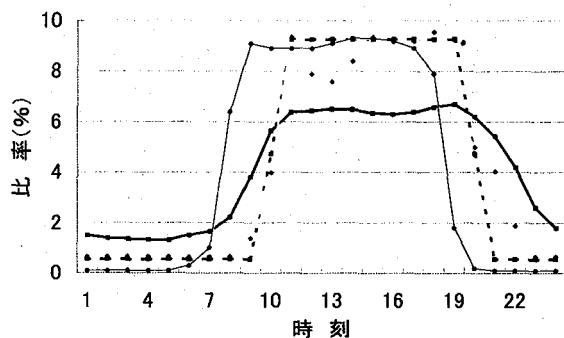


図 3-10 夏季電力消費量 (2001年8月)

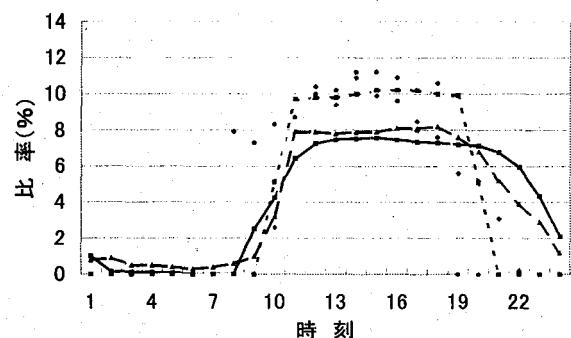


図 3-11 冷熱エネルギー消費量 (2001年8月)

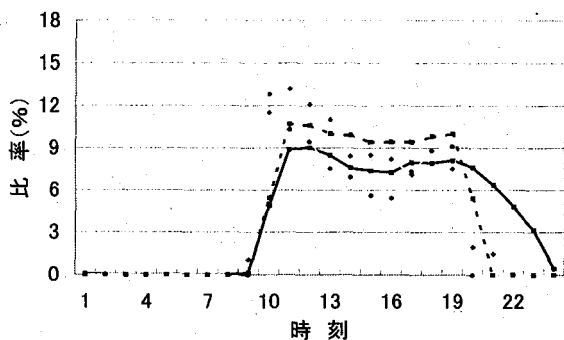
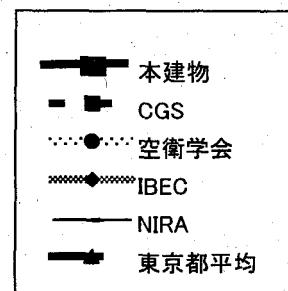


図 3-12 温熱エネルギー消費量 (2001年2月)



4. 事務所（庁舎）における調査結果

4-1 建物・設備の概要

調査の対象とした庁舎建物の概要を図 4-1、表 4-1～表 4-3 に示す。本建物は 1999 年 7 月に竣工し、国の庁舎の中で、平常時には行政サービスを行い、大規模な災害時には広域的な防災活動の拠点と位置づけられている。

また、冷暖房の熱源として地域冷暖房より冷水と温水の供給を受けている。しかし、本建物では 30 kW の空冷ヒートポンプをベース運転させて、地域冷暖房を補助的に用いている。ここで、冷温熱エネルギー消費量とは、地域冷暖房より本建物に供給された冷温水のエネルギー消費量を表しているため、冷温熱エネルギー消費量を本建物全体の冷温熱負荷とみなすことができないので注意が必要である。

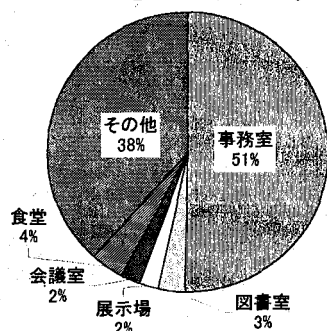


図 4-1 建物内用途

表 4-1 建物内用途

建物内用途	(㎡)	平均利用時刻
事務室	3055	8 時 30 分～17 時 (24 時間(7 階のみ))
図書室	201.2	同上
展示場	128.5	同上
会議室	137	同上
食堂	233	
その他	2337.13	
延床面積	6091.83	

4-2 年間・月別エネルギー消費量

2000 年度の年間エネルギー消費量を表 4-4 に示す。

電力消費量が冷温熱エネルギー消費量と比較して圧倒的に大きな値を示している。これは電気方式の空冷ヒートポンプをベース運転させているため、地域冷暖房は補助的にしか使われていないためであると考えられる。また、本建物のエネルギー消費量は非常に小さな値となっており、在室者による節約行為が積極的に行われていることが分かる。

表 4-2 建物概要

建物用途	事務所建物(庁舎)	
所在地	神戸市中央区	
敷地面積	4,000 ㎡	
建築面積	1,252.35 ㎡	建蔽率 31.3 %
延べ床面積	6,091.83 ㎡	容積率 152.3 %
階数	地上 8 階	地下 0 階
建物構造	RC, SRC	
竣工年月	平成 11 年 7 月	
改築・増築年月	なし	
在籍人員	100 人 (平成 13 年 4 月現在の常用労働者)	

表 4-3 設備概要

1. 電気設備				
契約電力の種類	える PAC(負荷率別契約)			
契約電力量	203 kW			
2. 空気調和設備				
	機器の種類	台数	総容量	燃料
冷熱源機器	地域冷暖房			
	空冷ヒートポンプ	1	30 kW	電気
温熱源機器	地域冷暖房			
	空冷ヒートポンプ	1	30 kW	電気
空調機の分散度	中央方式		個別方式	
空調方式	変風量ダクト方式 ファンコイルユニット マルチユニット型ヒートポンプ方式			
空調設定温度	冷房時：27.5℃		暖房時：22℃	
3. 給湯設備				
給湯用燃料	都市ガス			

表 4-4 年間エネルギー消費量 (単位: MJ/㎡・年)

年度	2000
電力	390
冷熱	59
温熱	37
給湯	19

次に、月別エネルギー消費量の推移を図4-2、図4-3に示す。

電力消費量は冷房を最も使用する8月、暖房を最も使用する2月にピークが見られ、冷暖房をほとんど使用しない中間期の5月に最も消費量が少なくなる。これは、空冷ヒートポンプで電力を消費したためであると考えられる。したがって、電力消費量は一般電力消費量（照明・コンセント用や動力用の電力消費量）と冷温熱エネルギー消費量とで構成されていると考えられる。

冷温熱エネルギー消費量は、地域冷暖房により、冷水と温水の供給を受けている。二管式となっており、中間期の5月、10月頃に冷水と温水の切り替えをしている。空冷ヒートポンプも併用しているため、冷水熱量、温水熱量は少なくなっている。

都市ガス消費量は、都市ガスは給湯・調理に用いられ、月変動は少ない。

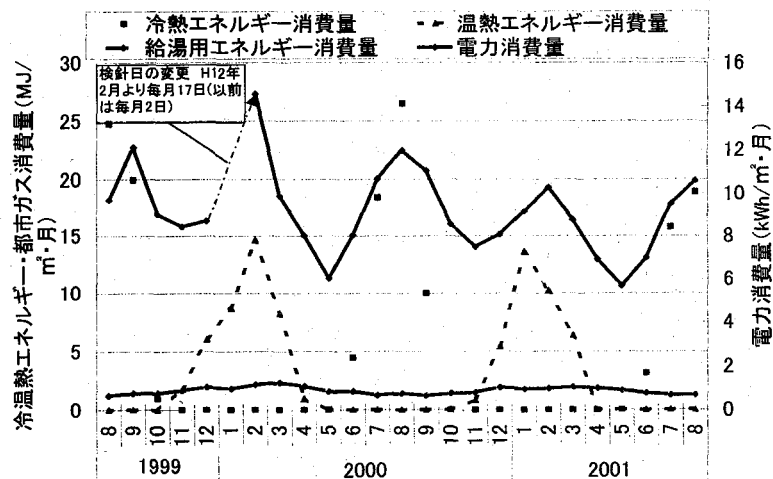


図4-2 月別エネルギー消費量（エネルギー種別による変動）

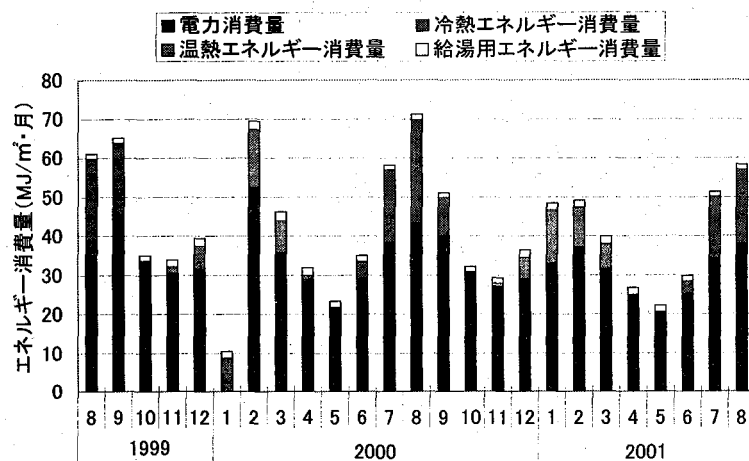


図4-3 月別エネルギー消費量（エネルギー種別構成）

4-3 時刻別エネルギー消費量

2001年8月、2月における時刻別エネルギー消費量の調査結果を図4-4～図4-7に示す。7階のみ常に24時間業務が行われているので、休日、深夜であっても一定の消費量が見られる。本建物の夏季空調時間は8時15分から17時までとなっており、17時に空調を切断しているため、17時以降急激に消費量が減少している。また、2001年8月の電力消費量を見ると13時に若干減少しているが、これは昼休みに消灯を行っているためである。

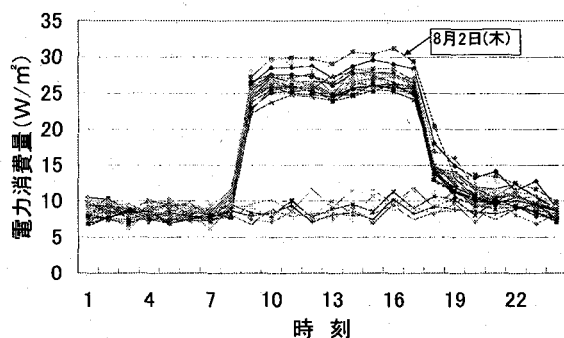


図4-4 夏季電力消費量（2001年8月）

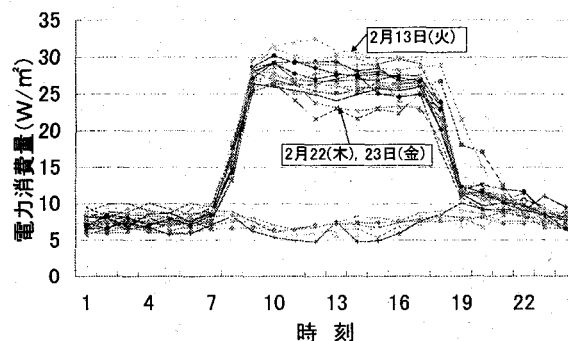


図4-5 冬季電力消費量（2001年2月）

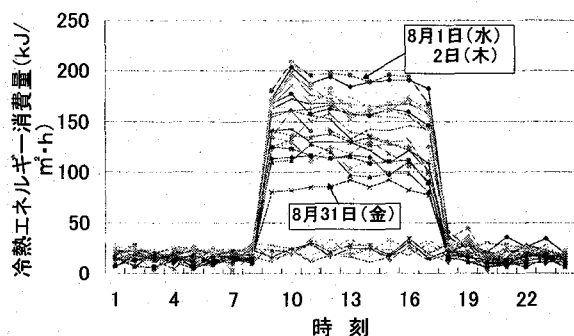


図 4-6 冷熱エネルギー消費量 (2001 年 8 月)

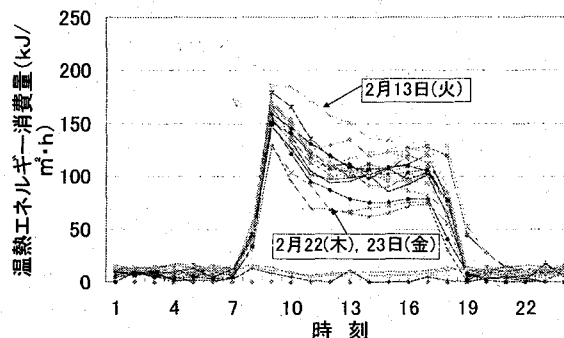


図 4-7 温熱エネルギー消費量 (2001 年 2 月)

4-4 時刻別エネルギー消費量と気象要因との相関

時刻別エネルギー消費量（電力、冷熱、温熱）と気象要因（外気温度、エンタルピー）との相関について回帰分析を行う。平日の 9 時から 17 時を業務時間とし、それ以外の時刻のデータは除いた。

a) 電力消費量

2001 年 8 月の電力消費量と外気温度、エンタルピーとの相関係数は 0.53, 0.51 と共に小さい値となり、あまり相関が見られなかった。

b) 冷熱エネルギー消費量

2001 年 8 月の冷熱エネルギー消費量と外気温度、外気エンタルピーとの相関係数はそれぞれ 0.67, 0.85 となり、特にエンタルピーと強い相関が見られた。冷熱エネルギー消費量とエンタルピーとの相関を図 4-8 に示す。

c) 温熱エネルギー消費量

2001 年 2 月の温熱エネルギー消費量と外気温度、エンタルピーとの相関係数はそれぞれ -0.74, -0.62 となり、外気温度の方が高い相関が見られた。温熱エネルギー消費量と外気温度との相関を図 4-9 に示す。

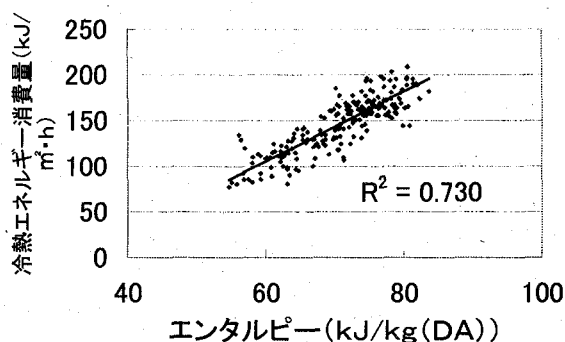


図 4-8 冷熱エネルギー消費量とエンタルピーとの相関図 (2001 年 8 月)

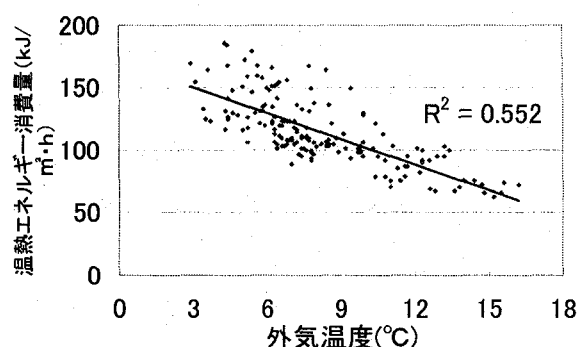


図 4-9 温熱エネルギー消費量と外気温度との相関図 (2001 年 2 月)

4-5 文献との比較

本建物は震災後に建てられた新しい庁舎建物であり、文献における事務所建物は規模の大小や建物構造及び建物使用状況が異なるため、一概に比較することは困難である。しかし、本建物の事務所建物の中での位置付け、エネルギー消費特性を理解する上で本建物の調査結果と文献との比較を行った。

a) 年間エネルギー消費量の比較

2000 年度の本建物における単位延床面積当たりの年間エネルギー消費量と文献値による年間熱負荷原単位との比較を表 4-5 に示す。本建物のデータにおいては、月別エネルギー消費量からの推定の結果を用いている。電力においては、文献値と近い値が得られたが、冷暖房においては、文献と比較して非常に小さな値となった。これは、本建物が庁舎であり、積極的に省エネが行われているためであると考えられる。

b) 最大エネルギー消費量の比較

2000 年 8 月と 2001 年 2 月の時刻別データから最大エネルギー消費量を求め、文献値による最大熱負荷原単位との比較を行う。結果を表 4-5 に示す。本建物は電力、冷暖房共に文献値より小さな値となっている。これは節約行為と、冷房負荷、暖房負荷ともに地域冷暖房による冷水熱量、温水熱量を表しており、電気方式による空冷

ヒートポンプの電力消費量を考慮していないためであると考えられる。

表 4-5 エネルギー消費量原単位

文献番号	最大エネルギー消費量* ¹			年間エネルギー消費量* ²			
	電力	冷房	暖房	電力	冷房	暖房	給湯・調理
	W/m ²	kJ/m ² ・h		kWh/m ² ・年	MJ/m ² ・年		
本建物	33	217	185	68	140	101	19
1	45	335	251	100	268	126	10
2	60~75	377	251	162	176	176	3~4
3	—	381	432	—	—	—	—
4	—	335	377	—	189	180	4
5	66	369	436	—	—	—	—
6	74	398	356	—	—	—	—
7	45	335	251	100	268	126	10
8	—	377	272	—	314	155	13
9	—	226~448	184~339	—	150~214	63~176	8~17
10	50	377	210	156	293	130	9
11	—	379	292	—	175	101	3

*¹2000年8月と2001年2月における最大エネルギー消費量

*²2000年度の年間エネルギー消費量（月別エネルギー消費量から冷暖房用電力を推定し、地域冷暖房のデータと合わせて冷暖房用エネルギー消費量と推定した結果）

c) 時刻別エネルギー消費量の比較

2001年8月、2月における本建物の時刻別エネルギー消費量の平均と文献との比較を図4-10～図4-12に示す。（休日を除く）。一日のエネルギー消費量を100%として比率により表現した。本建物は24時間業務を行っているフロアが存在するために、深夜でも一定の消費量が見られ、その分一般の業務時間での比率が文献に比べて小さくなっている。おおよそ文献に近い負荷変動が見られた。

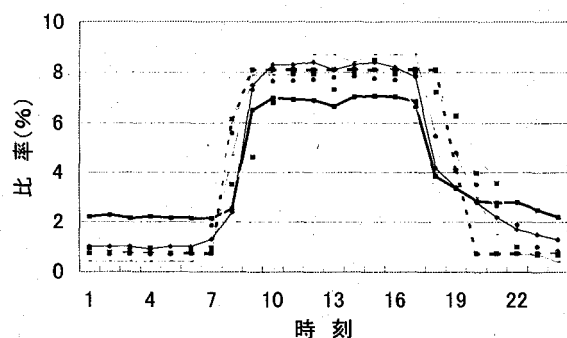


図 4-10 夏季電力消費量（2001年8月）

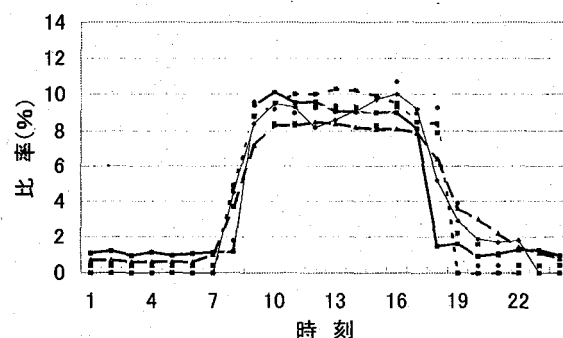


図 4-11 冷熱エネルギー消費量（2001年8月）

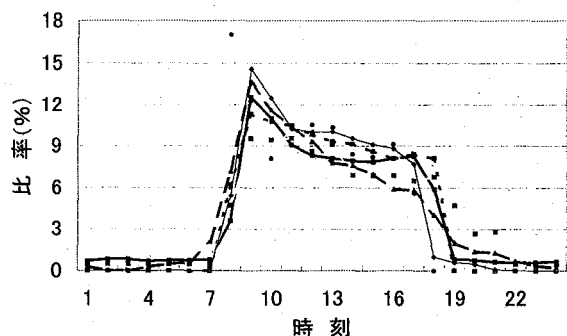
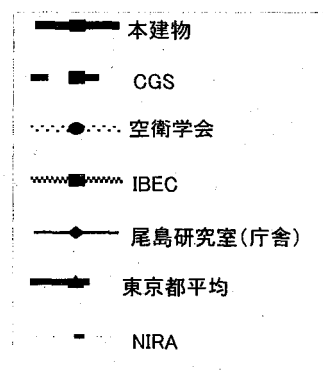


図 4-12 温熱エネルギー消費量（2001年2月）



5. 文化ホールにおける調査結果

5-1 建物・設備の概要

調査の対象とした文化ホールの概要を図5-1、表5-1～表5-3に示す。本建物は、昭和48年に竣工され、大・中2つのホールを持ち神戸を代表する文化ホールの一つである。

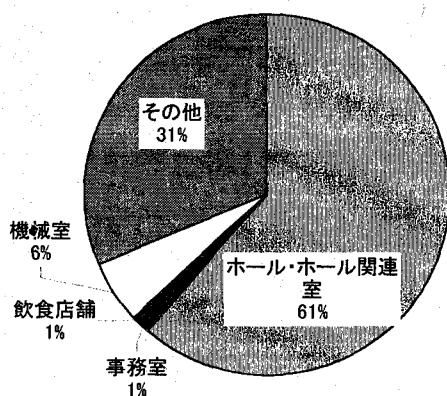


図5-1 建物内用途

表5-1 建物内用途

建物内用途	(㎡)	平均利用時刻
ホール	11444	9時～22時
ホール関連室		公演による
事務室	158	8時30分～22時
飲食店舗	140	10時～20時
		定休日：月曜日
機械室	1035	8時30分～22時
その他	5827	
延床面積	18604	

5-2 年間・月別エネルギー消費量

年間エネルギー消費量の推移を表5-4に示す。

電力消費量は、2000年度に増加しているがそれほど大きな変化はない。

冷温熱エネルギー消費量は、1998年度に冷熱エネルギー消費量が大きな値を示しているが、それ以外の年度では冷温熱エネルギー消費量共にほぼ横ばいとなっている。

給湯用エネルギー消費量は、1999年10月以降のデータしか得られなかったため、2000年度のデータのみ示した。

表5-2 建物概要

建物用途	文化ホール	
所在地	神戸市中央区	
敷地面積	10,845 ㎡	
建築面積	6,410 ㎡	建蔽率 59.1%
延べ床面積	18,604 ㎡	容積率 171.5%
	収容人数	
	大ホール 2,043 人 中ホール 910 人 レストラン 124 席	
階数	地上 6 階	地下 2 階
建物構造	SRC	
竣工年月	昭和48年10月	
改築・増築年月	昭和63年2～3月 平成12年8月7日～9月30日	
在籍人員	60人（平成13年4月現在の常用労働者）	

表5-3 設備概要

1. 電気設備				
契約電力の種類	業務用電力 6kV			
契約電力量	1, 000 kW			
2. 空気調和設備				
	機器の種類	台数	総容量	燃料
冷熱源機器	吸収式冷温水機	2	800USRT	都市ガス
	パッケージチラー		35 kW	電気
温熱源機器	吸収式冷温水機	2	2, 400, 000 kcal/h	都市ガス
蓄熱槽の有無	水蓄熱槽			
空調機の分散度	中央方式 個別方式(リハーサル室)			
空調方式	定風量ダクト方式 ファンコイルユニット			
	ユニット型ヒートポンプ方式 (リハーサル室：現在休止中)			
空調設定温度	冷房時：23～24℃		暖房時：23～24℃	
3. 給湯設備				
給湯用燃料	都市ガス		太陽熱	

表5-4 年間エネルギー消費量（単位：MJ/㎡・年）

年度	1997	1998	1999	2000
電力	348	358	339	372
冷熱	247	329	258	248
温熱	158	146	151	156
給湯・調理	—	—	—	17

次に、月別エネルギー消費量の推移を図5-2～図5-3に示す。

電力消費量は、毎年7月にピークが見られるが、月ごとの変動は大きい。5月、7月、10月に消費量が増加している傾向が見られるが、これはホールの稼働率に影響しているものと思われる。

冷熱エネルギー消費量は7月、温熱エネルギー消費量は1月にそれぞれピークが見られる。冷温熱エネルギー消費量ともに直線的に増加・減少しているため、外気温度に影響していると思われる。

給湯用エネルギー消費量は、1999年10月以降のデータを示す。8月と9月の消費量が少なくなっているが、その他の月では変動が小さい。

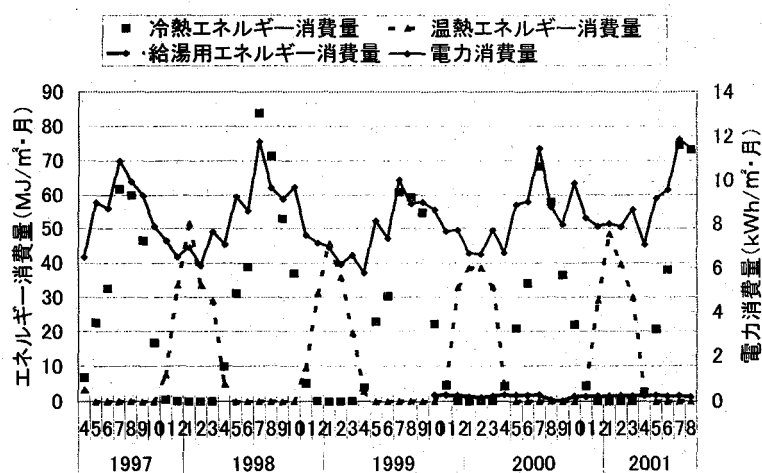


図5-2 月別エネルギー消費量（エネルギー種別による変動）

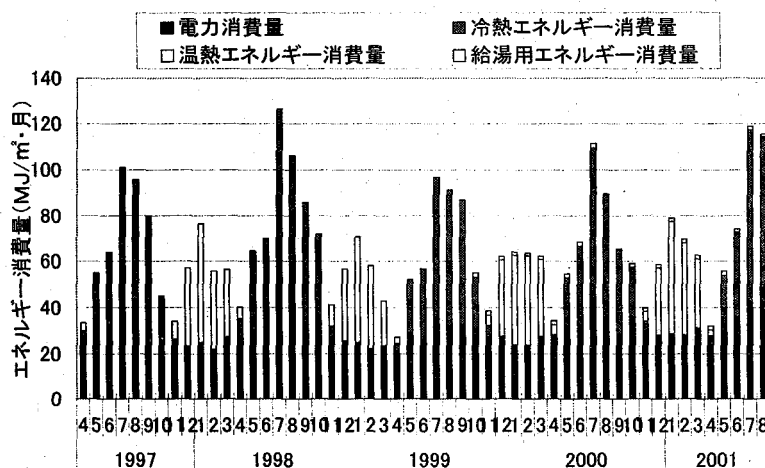


図5-3 月別エネルギー消費量（エネルギー種別構成）

5-3 時刻別エネルギー消費量

2001年8月、2月における時刻別エネルギー消費量の調査結果について図5-4～図5-7示す。催し物によって負荷変動が決まるので、電力、冷温熱エネルギー消費量ともに日ごとのばらつきが大きい。そのため、本建物の標準的な負荷パターンは得られず、催し物に応じてピーク負荷を形成する要因の分析が必要であると考えられる。

ホールの利用状況により負荷変動が激しいのでピーク負荷対策が非常に重要である。本建物では、水蓄熱を採用しておりピークカットに役立っている。また、開場の1時間もしくは1時間半前に客席の空調を行っているが、ダンスやバレエなどの催し物は照明により電力を大量に消費するためピークカットが困難になっている。

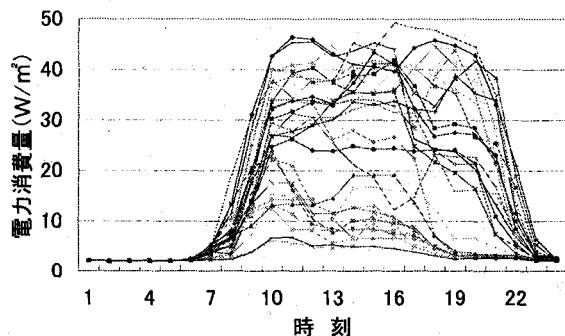


図5-4 夏季電力消費量（2001年8月）

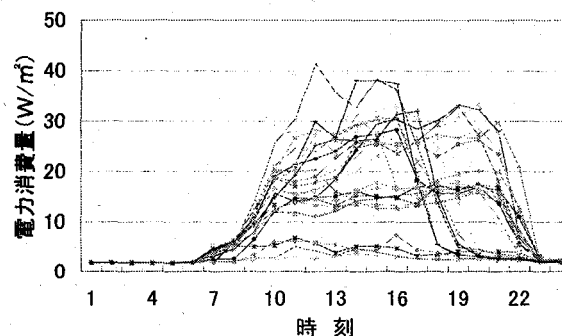


図5-5 冬季電力消費量（2001年2月）

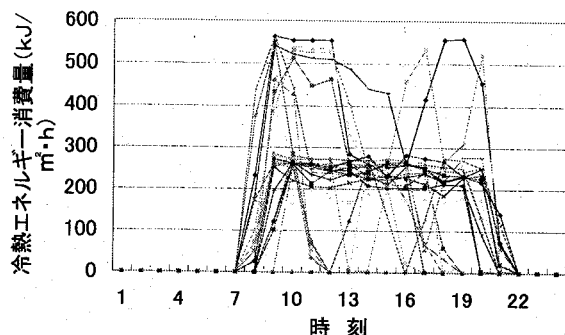


図 5-6 冷熱エネルギー消費量 (2001 年 8 月)

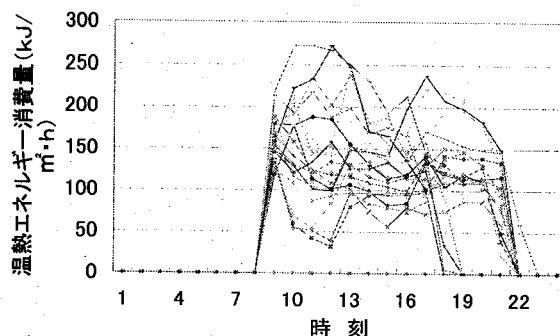


図 5-7 温熱エネルギー消費量 (2001 年 2 月)

本建物は、催し物によって負荷変動が決まるので、気象要因との相関は見られなかった。

また、文化施設のエネルギー消費量に関する文献はほとんどなく、さらに各施設の使われ方、建築的特徴により、熱負荷はかなり異なるので、比較することは困難である。したがって、ここでは文献比較を行わなかった。

6. 結論

本研究は、神戸市内に建つ代表的な 3 種類の特徴ある建物（大規模商業施設、事務所建物、文化ホール）を対象にアンケート調査を行い、設計時や運用時に省エネルギー性や経済性などの評価に用いられる基礎資料の作成を目的に、エネルギー消費量及び冷暖房や電力、ガスなどの月変動特性、夏季及び冬季の時刻変動及びピーク値の特性、気象要因との相関などについて分析した。

- 1) 対象とした大規模商業施設では、年間値で見ると冷熱エネルギーが温熱エネルギーの 3 倍と多く、また、飲食店舗が多いため、給湯調理用エネルギーも冷熱エネルギーと同程度に多かった。冷暖房に地域熱供給が用いられているため、夏季の時刻別電力使用にピークなどは現われていない。また、テナント数が多いためと思われるが、文献とは異なった緩やかな時刻別負荷変動が見られた。
- 2) 対象とした事務所（庁舎）建物では、地域熱供給が導入されているにもかかわらず冷房に電力が使用されていたこともあり、年間値でも相対的に電力エネルギーの割合が大きい。負荷変動はおおよそ文献と同じ結果が得られたが、エネルギー消費量は非常に小さな値となっていた。これはすでに多くの省エネルギー対策がとられていたからである。
- 3) 対象とした文化ホールでは、年間で冷熱エネルギーが温熱の 1.5～2.0 程度となっており、催し物によって時刻変動が異なり、一般的な変動パターンは見られなかった。
- 4) 気象要因との相関では、大規模商業施設、事務所建物では冷熱はエンタルピーと相関係数が 0.75 程度、温熱は気温と 0.55 程度の相関が見られた。文化ホールでは相関は見られなかった。

謝辞

本研究を進めるにあたり助言を頂いた日本環境技研の中嶋浩三氏、アンケート調査にご協力頂きました企業の方々、行政の方々に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 松尾陽、グリーン庁舎計画指針の役割と背景、IBEC 1999 年 7 月号、pp4～6 (1999)
- 2) 高西茂彰、宋小華、北沢綾、森山正和、神戸市のエネルギー使用実態調査 報告書 (2001)
- 3) 地域冷暖房技術手引書作成小委員会、地域冷暖房技術手引書、社団法人 日本地域冷暖房協会、pp19-53、(1997)
- 4) 尾島俊雄研究室、建築の光熱水原単位〔東京版〕、早稲田大学出版部 (1995)

著者

- 1) 森山正和、神戸大学工学部建設学科教授
- 2) 本田直樹、(株)NTT ファシリティーズ (元神戸大学工学部建設学科、学生)
- 3) 高西茂彰、三菱地所設計(株) (元神戸大学大学院自然科学研究科建設学専攻、学生)
- 4) 大家宏之、神戸大学大学院自然科学研究科建設学専攻、学生

Analysis on Diurnal Variation of Energy Consumption in Different Type Buildings for Business

Masakazu Moriyama
Naoki Honda
Sigeaki Takanishi
Hiroyuki Ohie

Abstract

As the purpose of making the database on the evaluation of save energy and economic aspect, a questionnaire survey was conducted for three kind of the presented buildings; large-scale commercial building, office building and cultural hall. The monthly variation of total energy amount and the consumption of heating, cooling, gas and power, the hourly variation in summer and winter, and the characteristics of peak value, were analysed. In the case of large-scale commercial building, cooling energy consumption was three times than the heating, and the energy consumption for hot water and kitchen use was as the same as the cooling. In the case of office building, the amount of consumption was very small, because of various save energy acts which was already taken. In the case of the cultural hall, the hourly variation was depending on the program of entertainments. In the correlation with the meteorological factors, cooling energy was correlated with outside enthalpy and heating was correlated with outside air temperature. However there was no correlation in the case of cultural hall.