

電力実測に基づく既存大学建物(教員研究室)における  
省エネルギー方策に関する研究

平成27年3月

神戸大学都市環境・設備計画研究室  
山陽建材工事 株式会社

## 目次

### はじめに

#### 1. 測定の概要

##### 1.1 対象建物の概要

##### 1.2 測定の詳細

###### 1.2.1 測定期間

###### 1.2.2 測定項目

###### 1.2.3 外部気象条件

###### 1.2.4 壁面,天井面温度

###### 1.2.5 窓面温度

###### 1.2.6 室温

###### 1.2.7 空調吹出口温度

###### 1.2.8 空調機器の電力消費量

###### 1.2.9 その他の電力消費量

###### 1.2.10 測定点

#### 2. 温度・電力の測定結果

##### 2.1 はじめに

##### 2.2 冷房期間, 中間期の測定結果

##### 2.3 暖房期間, 中間期の測定結果

#### 3. 対象室の熱環境・電力消費実態の分析

##### 3.1 窓面温度

##### 3.2 室内温度

##### 3.3 電力消費量

##### 3.4 電力消費量の時刻変動

##### 3.5 空調電力消費量とその他の機器の関係

##### 3.6 まとめ

#### 4. 対象室の熱環境・電力消費実態の分析

##### 4.1 熱負荷計算の目的

##### 4.2 熱負荷計算の概要

##### 4.3 内部発熱の設定

##### 4.4 計算結果

##### 4.5 まとめ

はじめに

本報告書は、実使用建物において空調機器、照明、換気装置、コンセントなどの電力消費状況と建物外皮及び内部環境について通年の現況調査を行い、その計測データを用いて省エネルギー改修の検討を行うことを目的として実施した、神戸大学大学院工学研究科建築学専攻竹林研究室と山陽建材工事株式会社の共同型協力研究の成果を取り纏めたものである。

近年、建築の分野においてもフロー型社会からストック型社会への転換が求められており、既存建築物を改修する際の外壁面や窓面の改修、設備機器の更新により建物の消費エネルギーを低減させる「省エネルギー改修」が注目を集めている。省エネルギー改修を成功させるためには、対象建物の開口部や構成材料の熱特性を把握するとともに、建物や設備の利用状況を反映した空調機器等のエネルギー消費実態を把握することも重要である。

本研究では実使用下にある神戸大学内の RC5 階建物の 4 階教員研究室を対象として、外壁面及び窓面の温度を測定して熱特性を把握する。また室温、空調吹出口温度を測定して上下温度分布と空調機器稼働状況を分析する。さらに電力系統別に電力消費量を測定して内訳を明らかにするとともに、部屋の使用状況と空調機器、その他機器の稼働状況との関係を分析する。

その後、熱負荷計算を行い、対象室の空調負荷の内訳を求め、外壁からの貫流熱負荷、ガラス窓からの日射熱負荷、内部発熱負荷、等の負荷の構成割合を考察することで、省エネルギー改修として優先的に対処すべき負荷の特定方法について検討する。

## 1. 測定の概要

### 1.1 対象建物の概要

神戸市灘区の神戸大学六甲台第2キャンパス内のRC5階建物（連携創造本部）4階の教員研究室を対象とした。教員研究室は建物の南東隅に位置し、東面と南面が外気に面している。北側の隣室は共同研究室（会議室）、西側は外階段、直上は事務室、直下は実験室である。対象建物の外観を図 1.1 に、位置を図 1.2 に示す。



図 1.1 対象建物の外観



図 1.2 対象建物の位置

## 1.2 測定の詳細

### 1.2.1 測定期間

測定は2013年7月1日に開始し、現在(2014年5月)も継続している。なお、2013年11月30日に対象室のレイアウト(机, 椅子, PC, 複合機, シュレッダー, 冷蔵庫等の配置)が変更された。

### 1.2.2 測定項目

測定項目, 測定機器, 測定間隔を表 1.1 に示す。

表 1.1 測定項目, 測定機器, 測定間隔

	測定項目	測定機器	測定間隔
外部気象条件	水平面全天日射量	全天日射計(英弘精機)	1分
	外気温	白金側温センサー, 温湿度計(英弘精機)	1分
	相対湿度	静電容量式センサー, 温湿度計(英弘精機)	1分
	風向・風速	プロペラ式風向風速計(YOUNG)	1分
内部環境	東側空調吹出口温度	ボタン電池型温度計 (KN ラボラトリーズ)	10分
	西側空調吹出口温度		
	室内温度(床から 0.2m)	ボタン電池型温度計 (MAXIM)	10分
	室内温度(床から 1.1m)		
	北側内壁面温度	T型熱電対(福電)	1分
	東側窓面内側温度		
	東側外壁面内側温度		
	南側(中空)外壁面内側温度		
	南側窓面内側温度		
	天井面温度	ボタン電池型温度計 (MAXIM)	10分
	東側外壁面外側温度	Pt100, 温度データロガー (T&D)	1分
	南側(中空)外壁面外側温度		
	南側(構造)外壁面外側温度		
電力消費量	照明機器電力消費量	CT センサ, スマートメーター	60分

換気機器電力消費量	(EDION)	
コンセント機器電力消費量		
空調機器電力消費量	電流センサ, 三相電力計 (Panasonic)	10分
コンセント機器電力消費量	クランプオンセンサ, 電源品質アナ ライザ(日置電機)	60分(瞬時 値)

### 1.2.3 外部気象条件

冷暖房負荷の変化を分析するための気象条件として水平面全天日射量，外気温，相対湿度，風向・風速を対象建物近傍の自然科学総合研究棟3号館屋上（地上37m）で測定した。対象建物と外部気象条件の測定建物の位置を図1.3に示す。



図 1.3 対象建物と外部気象条件の測定建物の位置

### 1.2.4 壁面，天井面温度

T型熱電対により東側，南側の外壁面の外側と，Pt100により内側の温度を測定した。またT型熱電対とボタン電池型温度計により北側の内壁面と天井面の温度を測定した。設置は外壁面，内壁面については測定点と熱電対を養生テープで固定し室外と室内のそれぞれのデータロガーに記録した。天井面温度についてはボタン電池型温度計の上面を天井面と接触させ，側面と下面は断熱材で覆い温度計が空気に触れないように測定した。測定状況を図1.4～1.10に示す。



図 1.4 東外壁面外側温度の測定状況

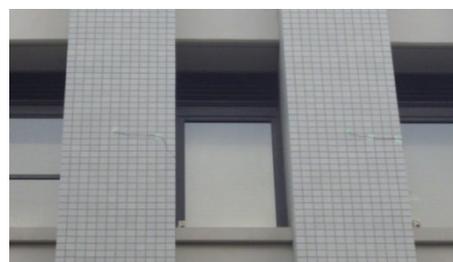


図 1.5 南外壁面外側温度の測定状況



図 1.6 東外壁面内側温度の測定状況

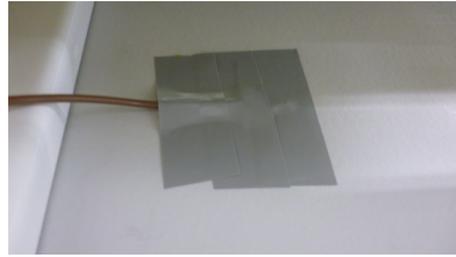


図 1.7 南(中空)外壁面内側温度の測定状況

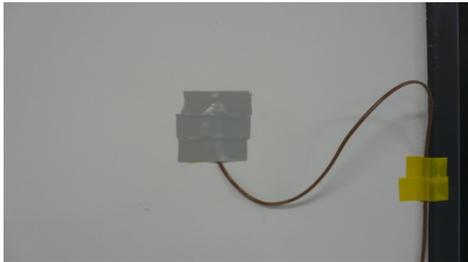


図 1.8 南(構造)外壁面内側温度の測定状況



図 1.9 天井面温度の測定状況



図 1.10 内壁面温度の測定状況

### 1.2.5 窓面温度

T型熱電対により東側と南側の窓面内側の温度を測定した。設置は壁面と同様に測定点面と熱電対を養生テープで固定して測定を行い、室内のデータロガーに記録した。測定状況を図 1.11～1.12 に示す。



図 1.11 東窓面内側温度の測定状況



図 1.12 南窓面内側温度の測定状況

### 1.2.6 室温

ボタン電池型温度計により室内 2 点(床から 0.2m と 1.1m)の温度を測定した。測定状況を図 1.13～1.14 に示す。設置はボタン電池型温度計をクリップに取り付け、クリップを部屋の棚に挟み固定する方法で行い、室利用者の作業の妨げにならないようにした。



図 1.13 室内温度(床から 0.2m)の測定状況



図 1.14 室内温度(床から 1.1m)の測定状況

### 1.2.7 空調吹出口温度

ボタン電池型温度計により 2 台の空調吹出口温度を測定した。設置はボタン電池型温度計を図 1.15 に示すクリップに取り付け、クリップを室内機のファンに挟み固定する方法で行った。測定状況を図 1.15～1.16 に示す。



図 1.15 空調吹出口温度の測定機器



図 1.16 空調吹出口温度の測定状況

### 1.2.8 空調機器の電力消費量

対象建物の屋上分電盤内部の空調室外機の動力線に電力計を設置して空調機器電力消費量を測定した。測定状況を図 1.17 に示す。



図 1.17 空調機器の電力消費量の測定状況

### 1.2.9 その他の電力消費量

分電盤内のブレーカー単位毎に CT センサを取り付け、分岐ブレーカー5 回路の電力消費量を測定した。測定したデータは 5 回路の内訳は照明機器、コンセント機器 3ch、換気機器であり、コンセント機器は部屋を 3 分割し、南西に位置するコンセント、南東に位置するコンセント、北東に位置するコンセントの電力消費量について測定を行った。測定したデータはスマートメーター主装置から無線 LAN でサーバーに送られる。測定状況を図 1.18 に示す。



図 1.18 電力消費量の測定風景



図 1.19 スマートメーター主装置

### 1.2.10 測定点

測定点の平面、断面分布を図 1.19～1.21 に示す。外壁面は東側と南側の方位と南側の外壁面は中空を持つもの、持たないものの 2 種類あり、それぞれ 3 種類の壁面として測定を行った。また測定前に予備実験としてサーモグラフィで各外壁面、窓面内側の温度を撮影し、壁面、窓面の温度に偏りが無い点を代表点として定め計測を行った。測定点とサーモグラフィの画像、熱画像の色(赤、緑、青)のヒストグラムを図 1.22 に示す。室温の測定点は利用者の作業場所近傍とし、室の上下温度分布を確認するために計測高さを床から 0.2m と 1.1m の 2 点とした。対象室の(a)レイアウト変更前(7月1日～11月28日)と(b)レイアウト変更後(11月30日～)別に各コンセントに接続された機器の状況を図 1.23～1.24 に、各コンセントの接続機器を表 1.2～1.3 に示す。11月30日からのレイアウト変更後は部屋を使用する人数が増え部屋の利用形態が変わり、机や椅子、OA 機器の配置や数に変更があった。

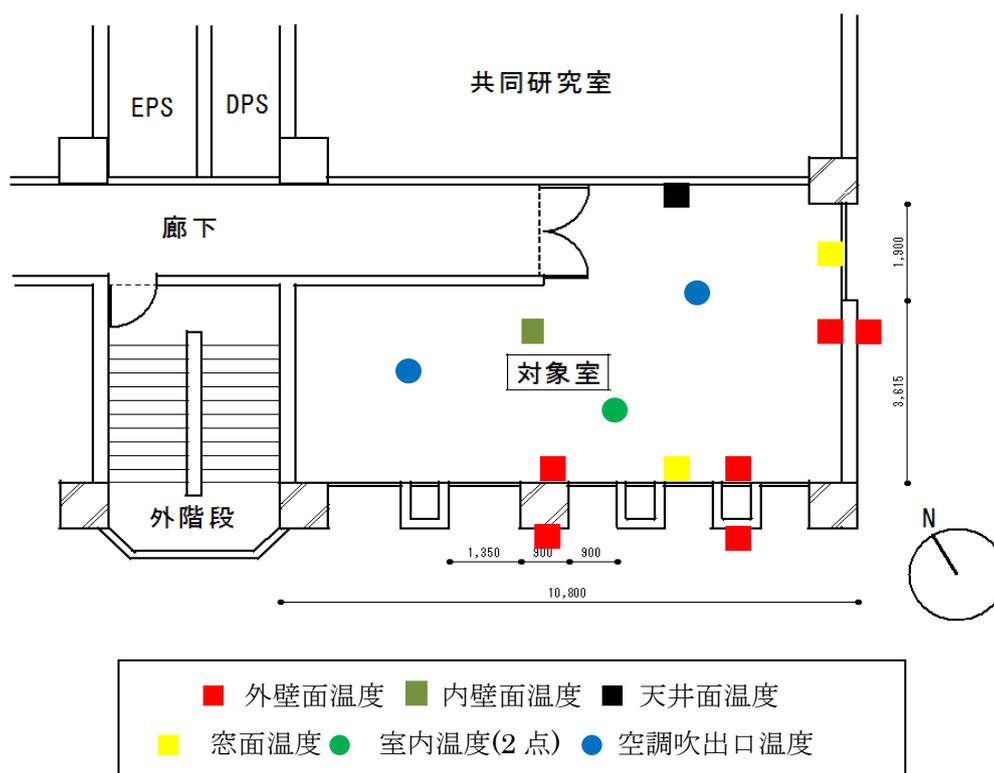


図 1.19 測定点の平面分布

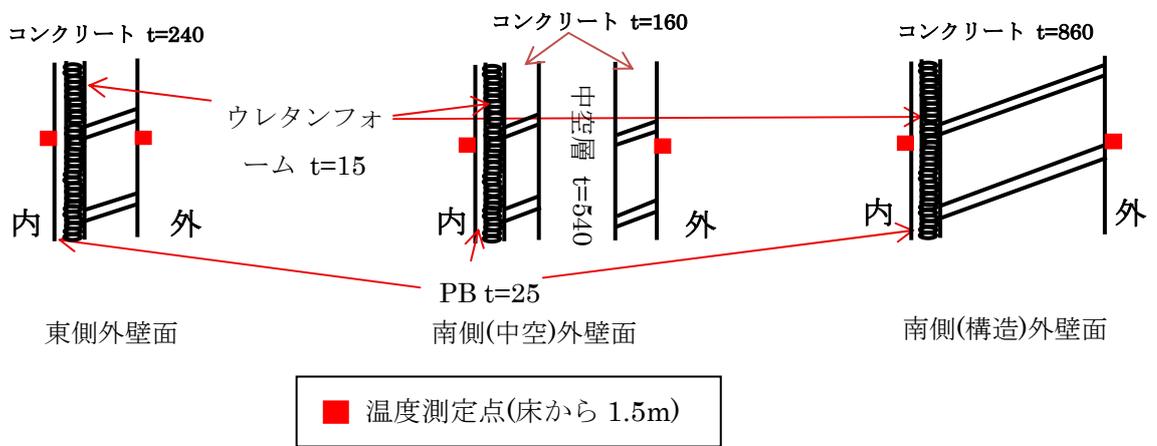


図 1.20 測定点の断面分布 (外壁面)

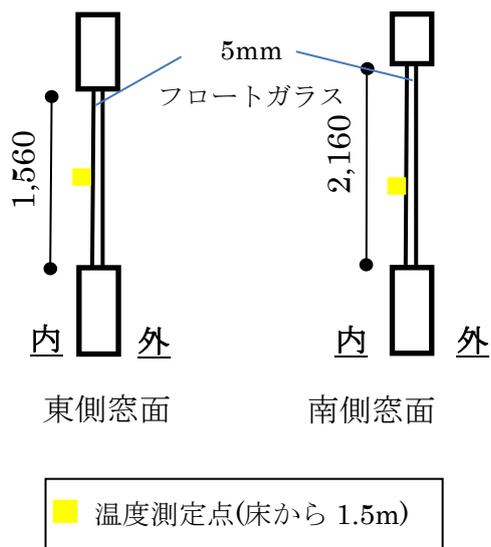


図 1.21 測定点の断面分布 (窓面)

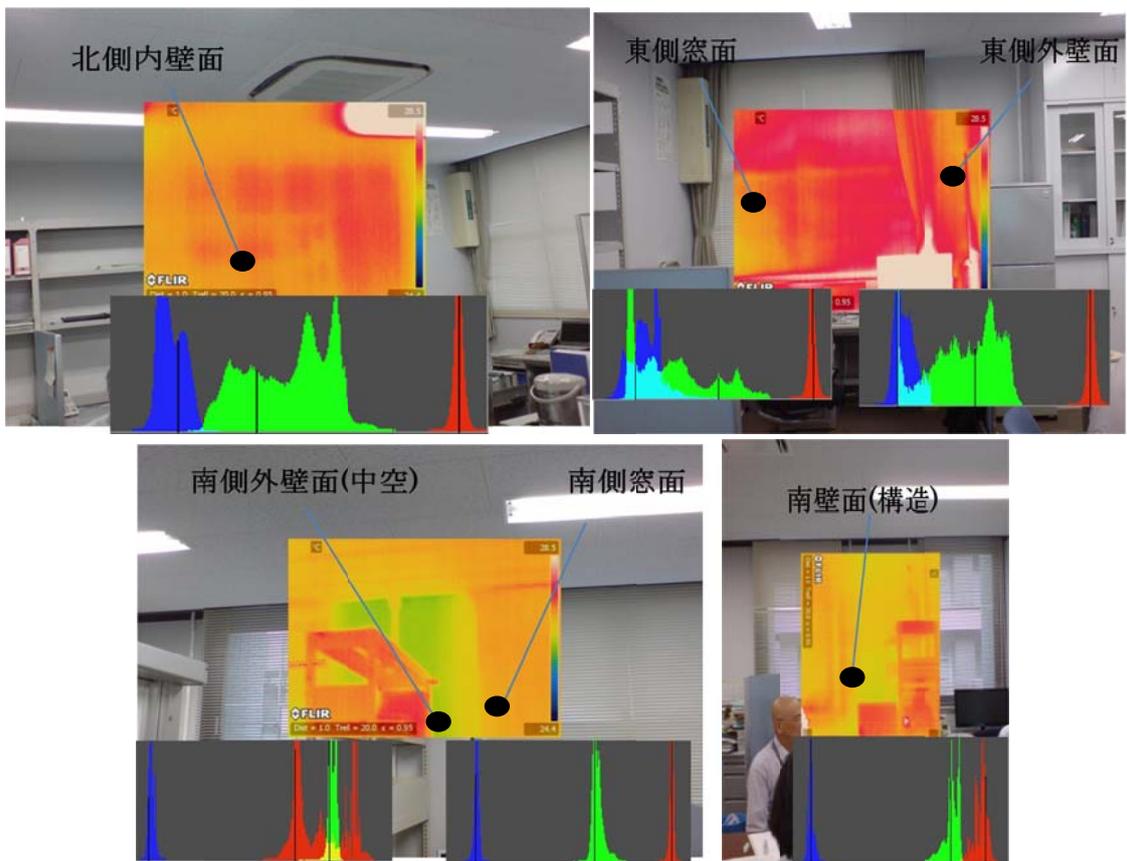
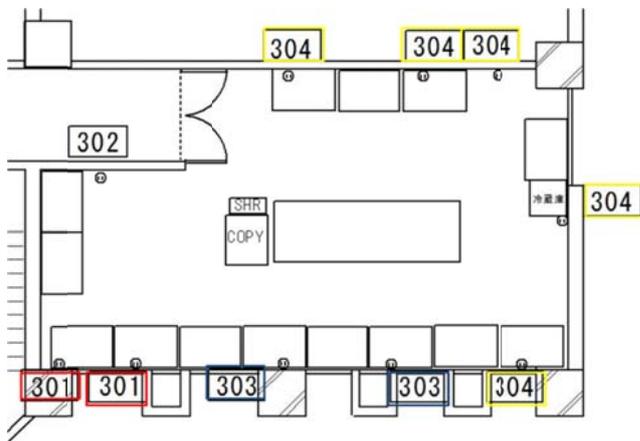


図 1.22 内壁面と外壁面の内側温度の熱画像

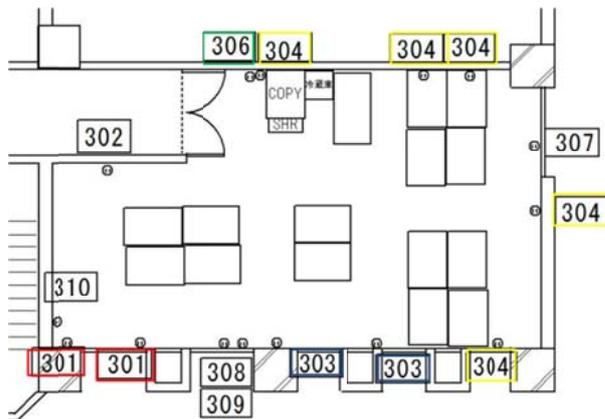
表 1.2 各コンセントの接続機器  
(レイアウト変更前)



回路番号	機器	定格電力(W)
301 (南西コンセント)	デスクトップPC	133
	デスクトップPC	95
	デスクトップPC	265
	ノートPC	39
	ノートPC	60
302	スマートメーター主装置	
303 (南東コンセント)	複合機	2000
	デスクトップPC	248
	デスクトップPC	38.5
	NAS	36
	ハブ	4
304 (北東コンセント)	デスクトップPC	63
	デスクトップPC	不明
	シュレッダー	390
	冷蔵庫	120
	電気ポット	985

図 1.23 コンセント機器の位置(レイアウト変更前)

表 1.3 各コンセントの接続機器  
(レイアウト変更後)



回路番号	機器	定格電力(W)
301 (南西コンセント)	デスクトップPC6台	221.9/台
	ノートPC	39
	ノートPC	60
302	スマートメーター主装置	
303 (南東コンセント)	デスクトップPC4台	241.9
	デスクトップPC4台	248.8
	デスクトップPC4台	248.8
	デスクトップPC4台	224
	NAS	36
304 (北東コンセント)	デスクトップPC3台	69
	デスクトップPC3台	62.2
	デスクトップPC3台	283
	デスクトップPC3台	85
	シュレッダー	390
	冷蔵庫	120
	電気ポット	700
	電気ケトル	1250
	プリンター	1350
	ハブ	86
	加湿器	47
306 (複合機・電動ポット)	複合機	2000
	電動ポット	985
307	ハブ	15
	NAS2台	36/台
310	加湿器	47

図 1.24 コンセント機器の位置(レイアウト変更後)

## 2. 温度・電力の測定結果

### 2.1 はじめに

温度・電力消費量の測定データを週ごとにグラフ化してまとめる。空調機器の稼働実態に基づいて抽出した冷房期間と暖房期間を表 2.1 に示す。冷房が 10 月中旬まで稼働しており、適切な日射遮蔽や外気導入などによる省エネルギーの可能性が示唆される。測定期間中のデータの欠測期間と理由を表 2.2 に記す。

表 2.1 対象室の冷房期間、暖房期間、中間期

冷房期間	2013 年 7 月 1 日～10 月 13 日
中間期	2013 年 10 月 14 日～11 月 10 日
暖房期間	2013 年 11 月 11 日～2014 年 3 月 16 日
中間期	2014 年 3 月 17 日～6 月 1 日

表 2.2 データの欠測期間と理由

欠損データ項目	時刻	理由
東側空調吹出口温度	2014/1/20 10:00-2/3 9:00	機器の設定
北側内壁面温度	2013/11/25 11:10-12/2 11:09	レイアウト変更作業のため取り外し
東側外壁面外側温度	2013/7/30 7:02-8/5 10:57	機器の通信不良
	2013/10/18 11:08-10/21 10:42	機器の通信不良
	2014/02/18 7:08-2/19 6:59	機器の通信不良
南側外壁面外側温度(中空)	2013/7/30 7:03-8/5 11:07	機器の通信不良
	2013/1/10 8:09-1/20 4:21	機器の通信不良
南側外壁面外側温度(構造)	2013/7/30 19:02-8/5 11:10	機器の通信不良
東側外壁面内側温度	2013/9/10 16:05-9/16 21:10	熱電対とデータロガーの接触不良
	2013/11/11 10:47-12:05	熱電対とデータロガーの接触不良
	2013/11/25 10:55-11:19	レイアウト変更作業のため一時的に取り外し
	2013/12/10 17:29-17:41	熱電対とデータロガーの接触不良
	2013/12/11 10:49-11:18	熱電対とデータロガーの接触不良
東側窓面温度	2013/12/26 13:59-2014/1/14 15:09	熱電対とデータロガーの接触不良
	2014/2/25 16:01-2/26 14:45 2014/3/1 13:03-3/3 9:48	熱電対とデータロガーの接触不良
外部気象条件・電力消費量・各外壁面外側温度	1/12 9:00-17:50	大学内で停電

### 2.2 冷房期間、中間期の測定結果

#### (1)外部気象条件

外部気象条件の測定結果（月別）を図 2.1～図 2.15 に示す。

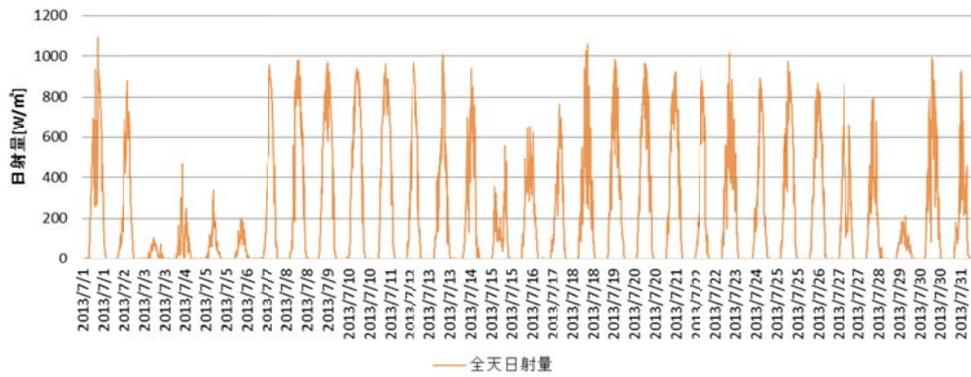


図 2.1 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の全天日射量の測定結果(2013 年 7 月)

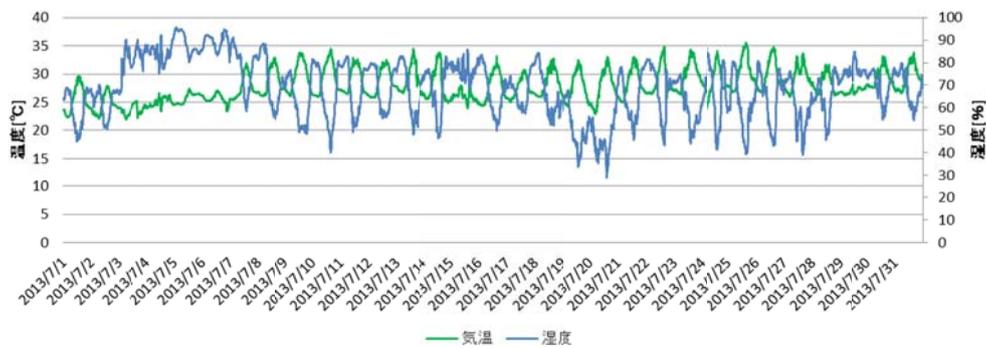


図 2.2 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の外気温・相対湿度の測定結果 (2013 年 7 月)

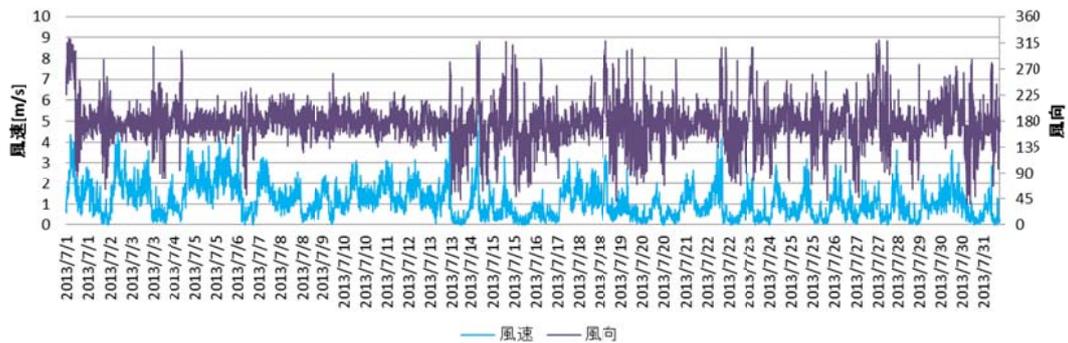


図 2.3 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の風向風速の測定結果(2013 年 7 月)

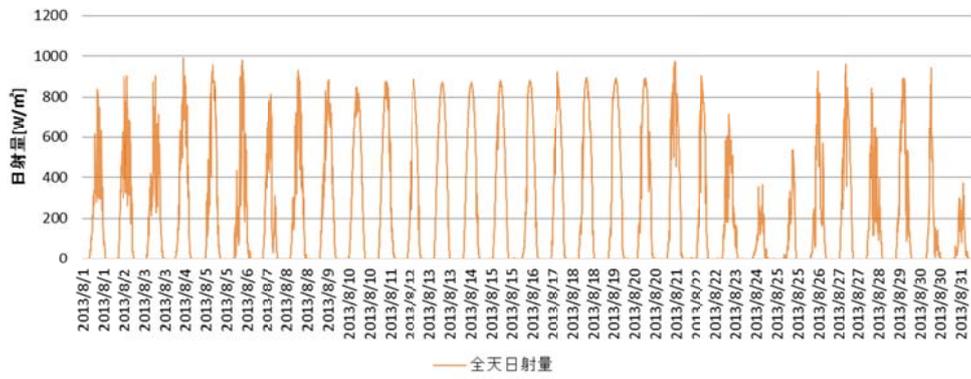


図 2.4 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の全天日射量の測定結果(2013 年 8 月)

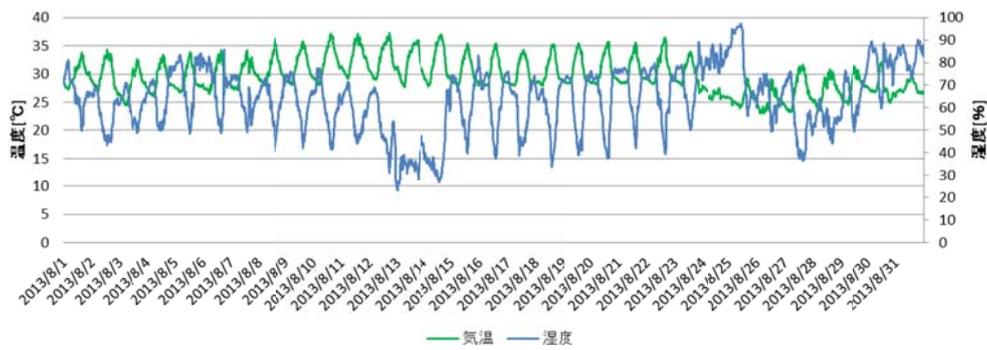


図 2.5 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の外気温・相対湿度の測定結果 (2013 年 8 月)

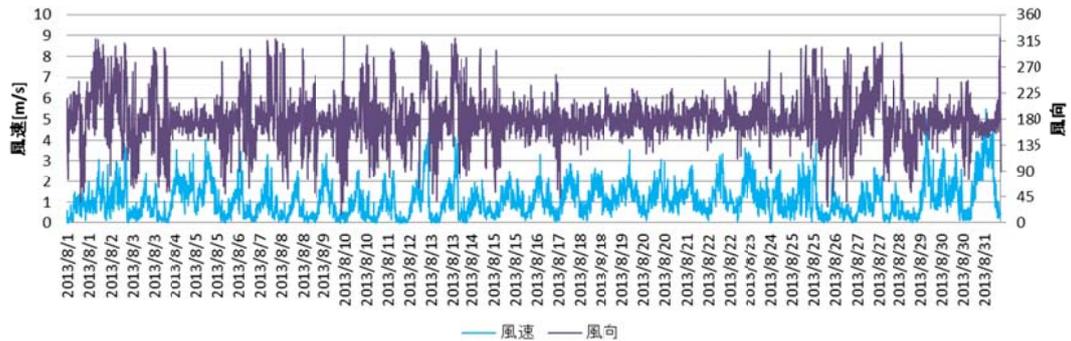


図 2.6 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の風向風速の測定結果(2013 年 8 月)

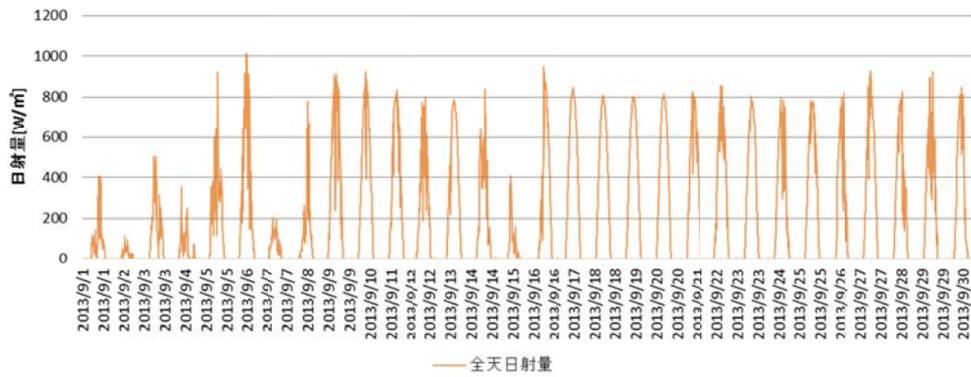


図 2.7 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の全天日射量の測定結果(2013 年 9 月)

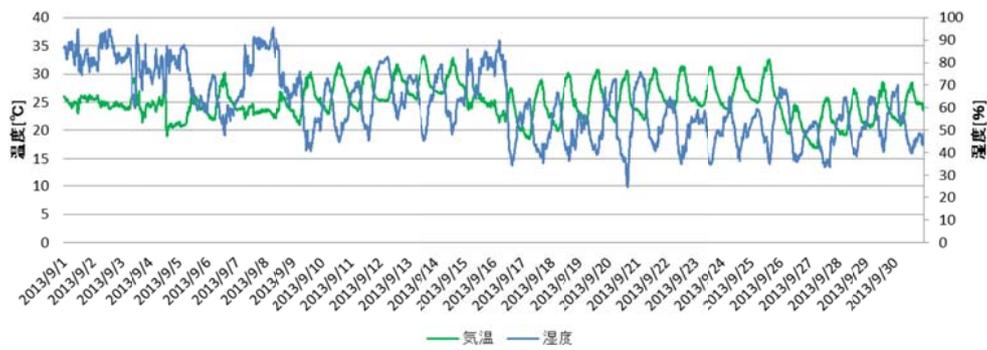


図 2.8 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の外気温・相対湿度の測定結果 (2013 年 9 月)

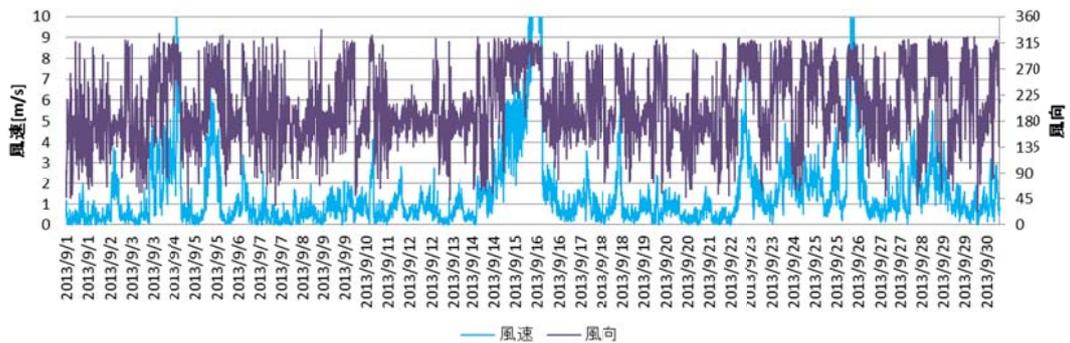


図 2.9 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の風向風速の測定結果(2013 年 9 月)

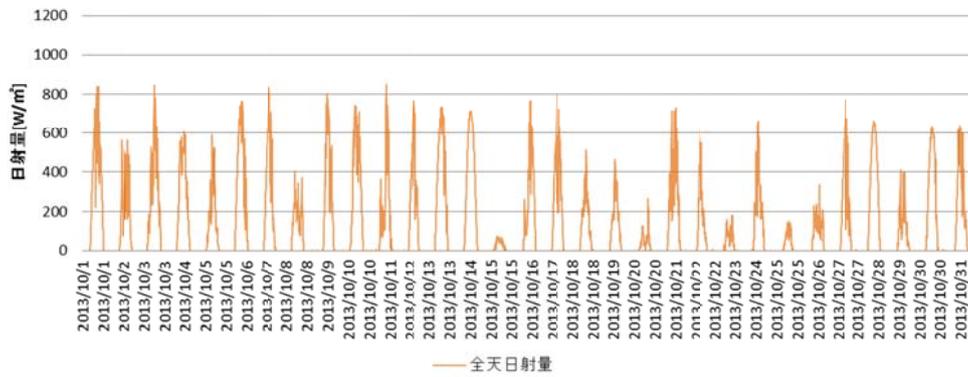


図 2.10 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の全天日射量の測定結果(2013 年 10 月)

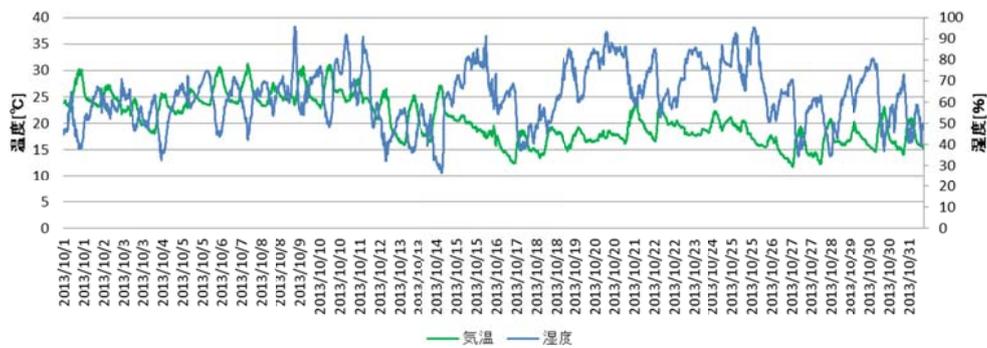


図 2.11 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の外気温・相対湿度の測定結果 (2013 年 10 月)

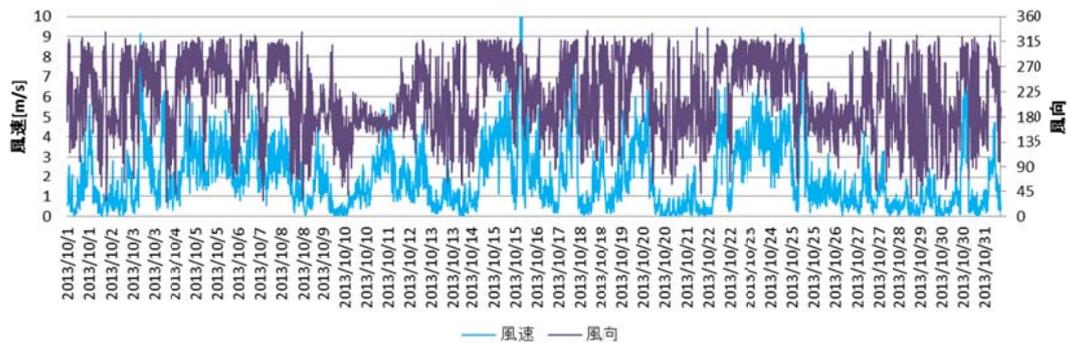


図 2.12 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の風向風速の測定結果(2013 年 10 月)

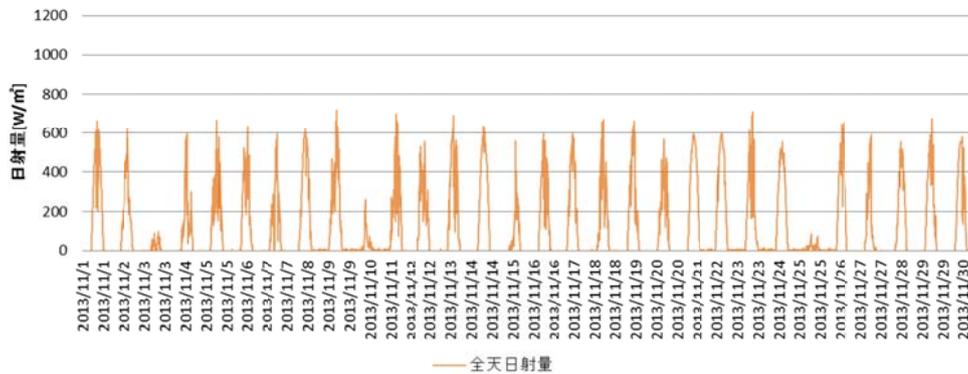


図 2.13 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の全天日射量の測定結果(2013 年 11 月)

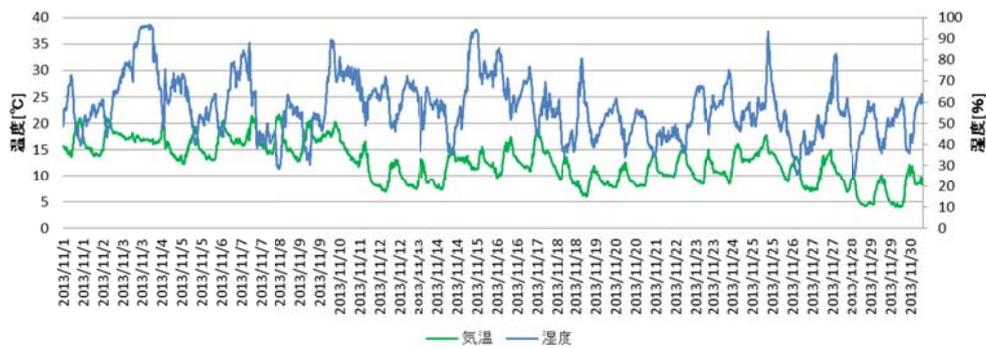


図 2.14 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の外気温・相対湿度の測定結果 (2013 年 11 月)

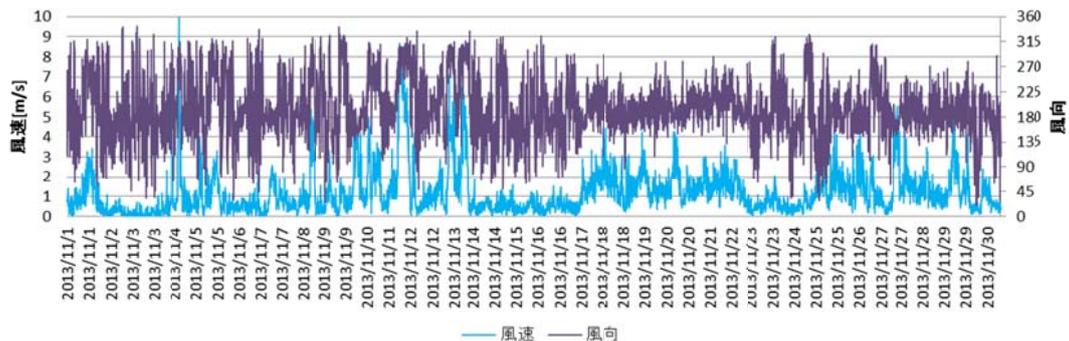


図 2.15 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の風向風速の測定結果(2013 年 11 月)

## (2)表面温度

屋外及び室内表面温度の測定結果（週別）を図 2.16～図 2.72 に示す。屋外表面温度は晴天の日中に日射の影響を受けて高温になり，東側は 35℃，南側は 40℃を超える。室内表面温度は日中も 30℃以下であり断熱の効果が確認される。ただし，空調機の稼働時には室

温との差が 2~3℃あり，熱流は室内に流入している．北側内壁面と天井面も若干高温であるが，室温との差は外壁面より小さい．外壁面の内側温度は，東側外壁面，南側外壁面(構造)，南側外壁面(中空)の順に高くなる．壁体の断熱材や石膏ボードの厚さが同じである場合は熱伝導率の高いコンクリートの厚さが小さいほど熱を伝えやすいからである．

窓面（内側）温度は晴天日の日中に日射の影響を受けて 40℃を超え，室温は空調によって 25℃~28℃に保たれているのでその差は 10℃を超える．

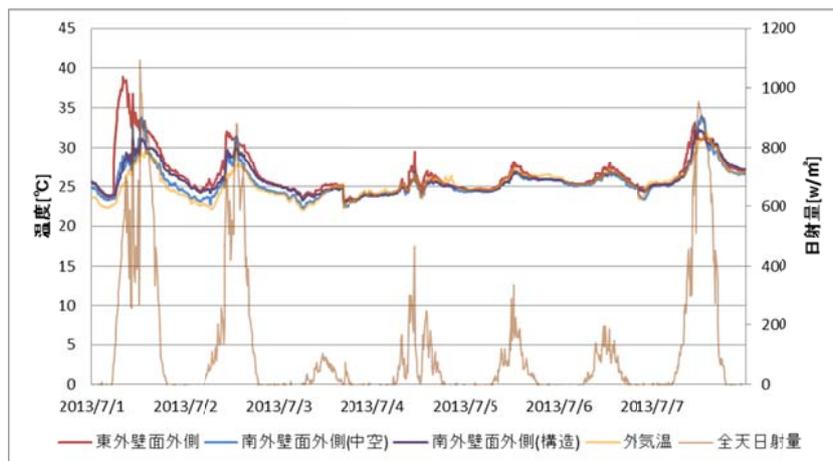


図 2.16 屋外表面温度(2013年7月1日~7月7日)

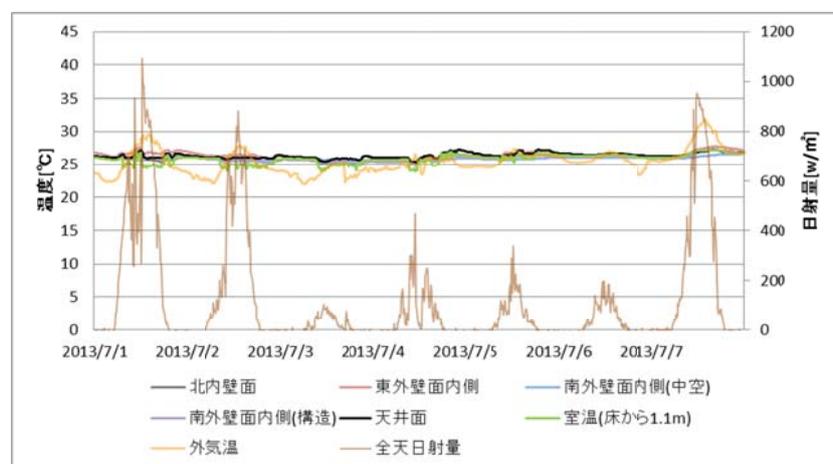


図 2.17 室内表面温度(壁面)(2013年7月1日~7月7日)

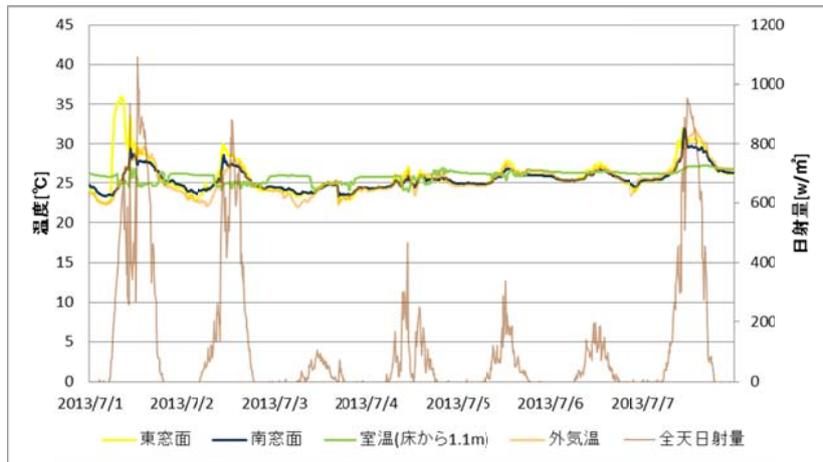


図 2.18 室内表面温度(窓面)(2013年7月1日~7月7日)

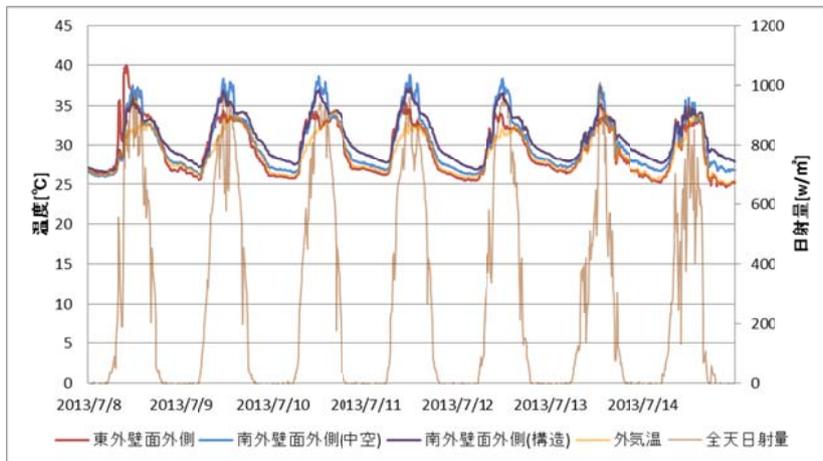


図 2.19 屋外表面温度(2013年7月8日~7月14日)

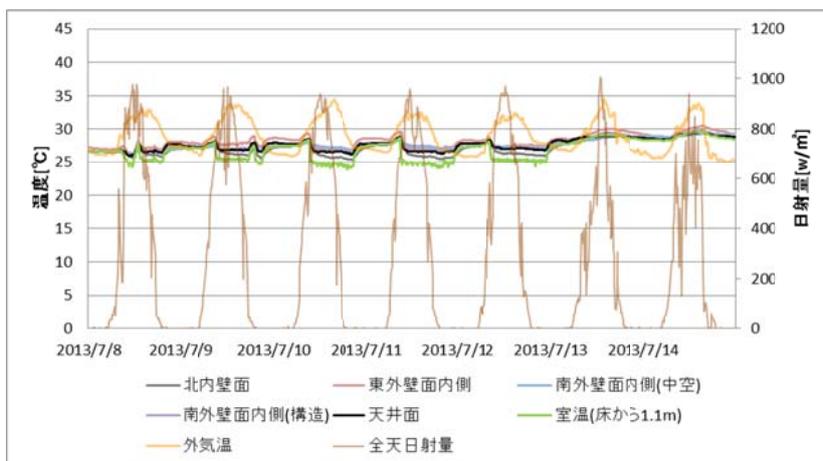


図 2.20 室内表面温度(壁面)(2013年7月8日~7月14日)

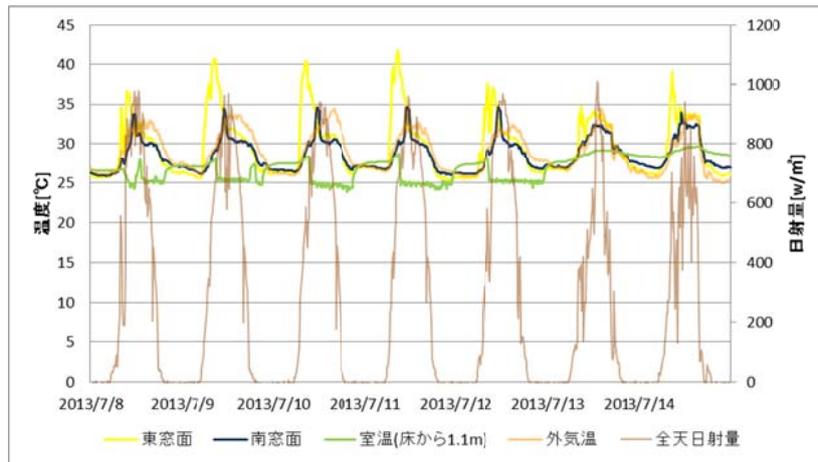


図 2.21 室内表面温度(窓面)(2013年7月8日~7月14日)

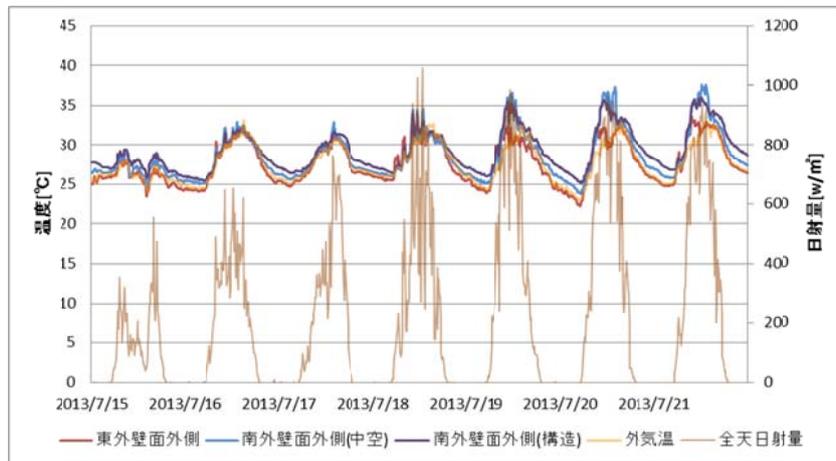


図 2.22 屋外表面温度(2013年7月15日~7月21日)

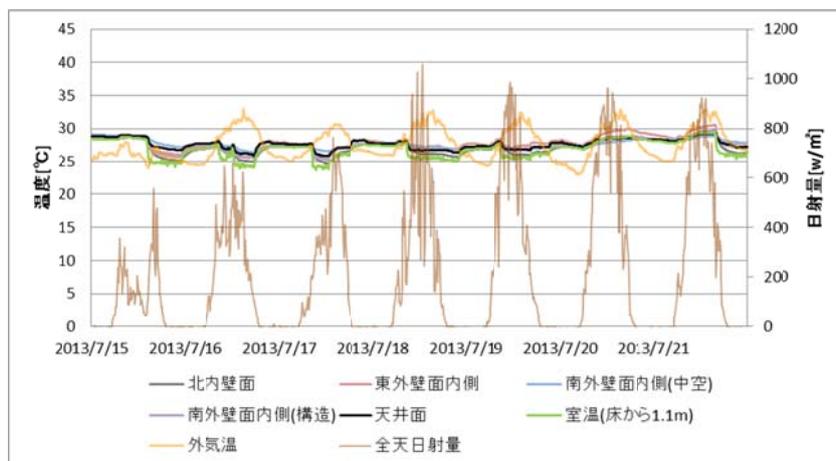


図 2.23 室内表面温度(壁面)(2013年7月15日~7月21日)

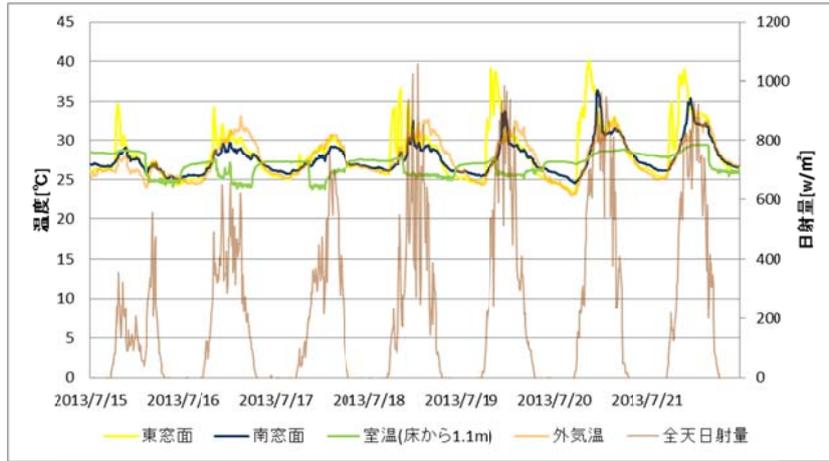


図 2.24 室内表面温度(窓面)(2013年7月15日～7月21日)

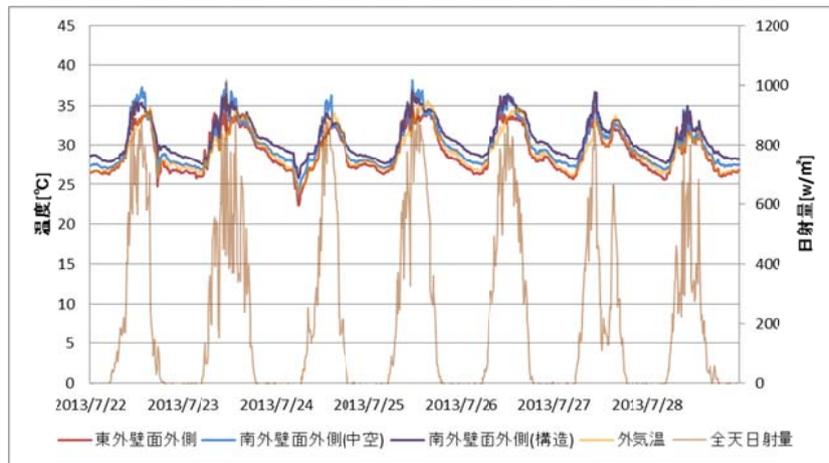


図 2.25 屋外表面温度(2013年7月22日～7月28日)

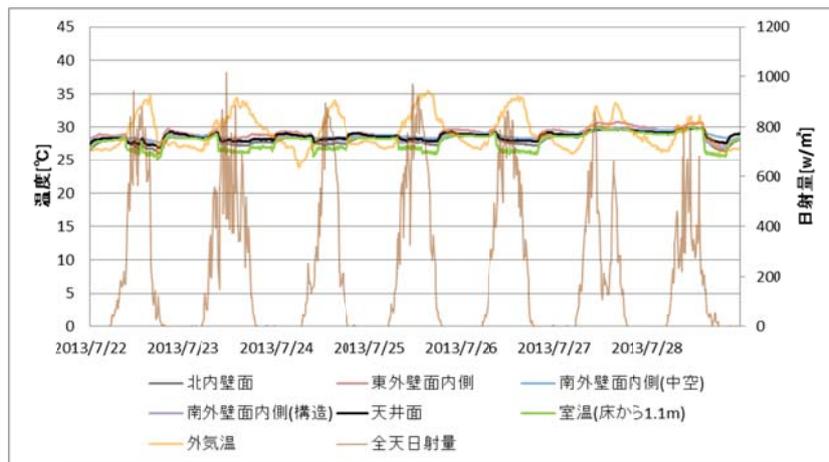


図 2.26 室内表面温度(壁面)(2013年7月22日～7月28日)

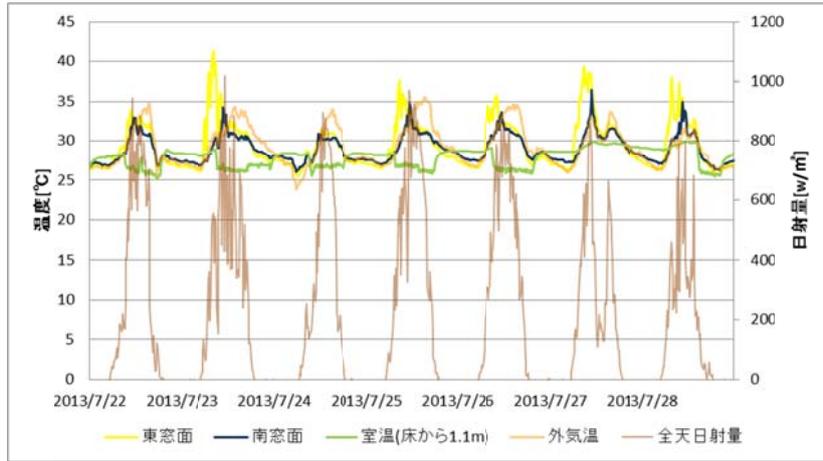


図 2.27 室内表面温度(窓面)(2013年7月22日～7月28日)

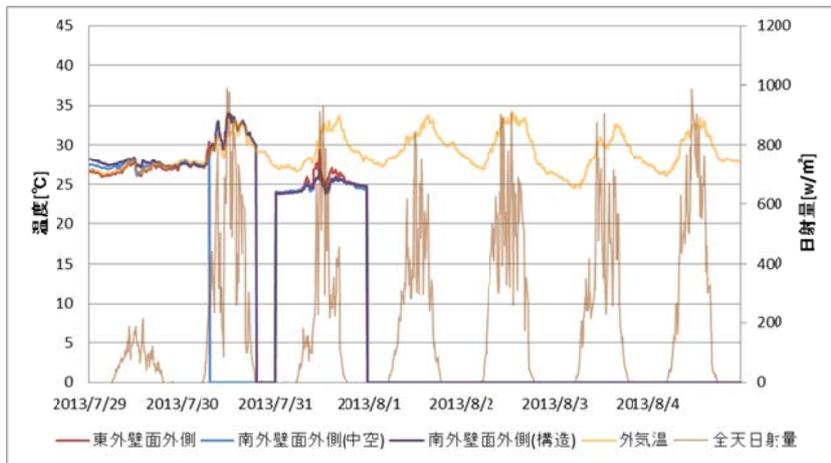


図 2.28 屋外表面温度(2013年7月29日～8月4日)

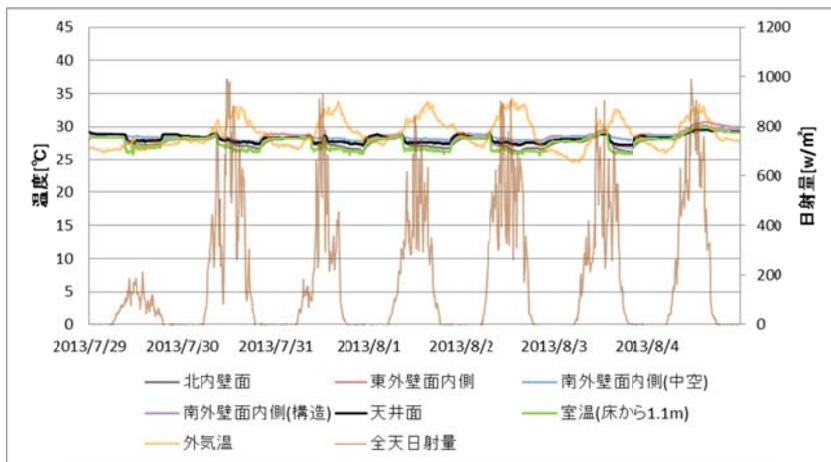


図 2.29 室内表面温度(壁面)(2013年7月29日～8月4日)

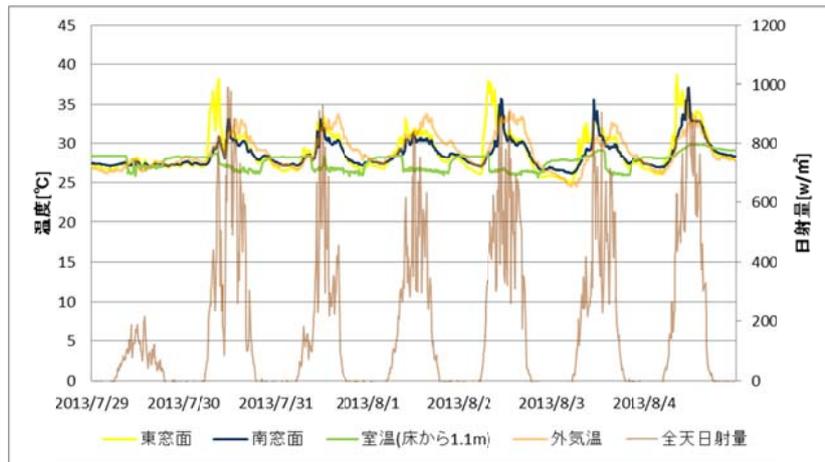


図 2.30 室内表面温度(窓面)(2013年7月29日～8月4日)

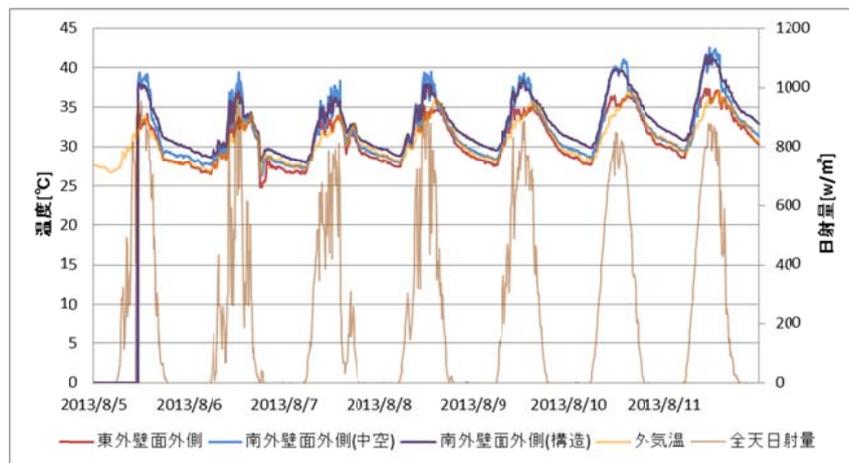


図 2.31 屋外表面温度(2013年8月5日～8月11日)

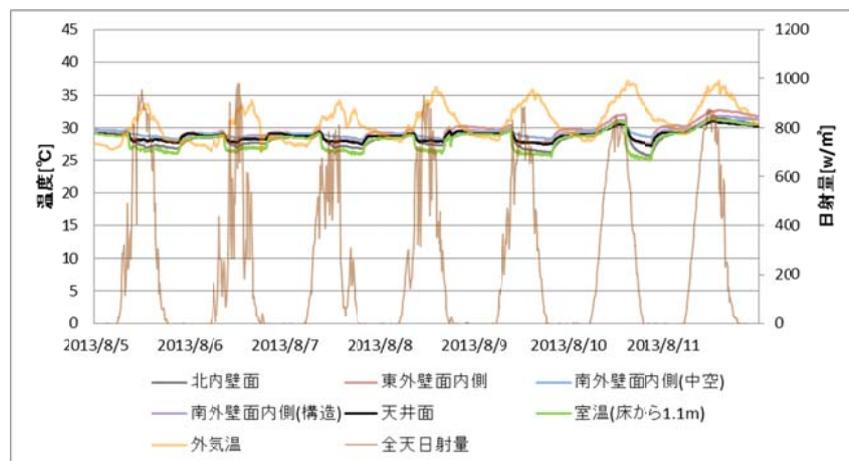


図 2.32 室内表面温度(壁面)(2013年8月5日～8月11日)

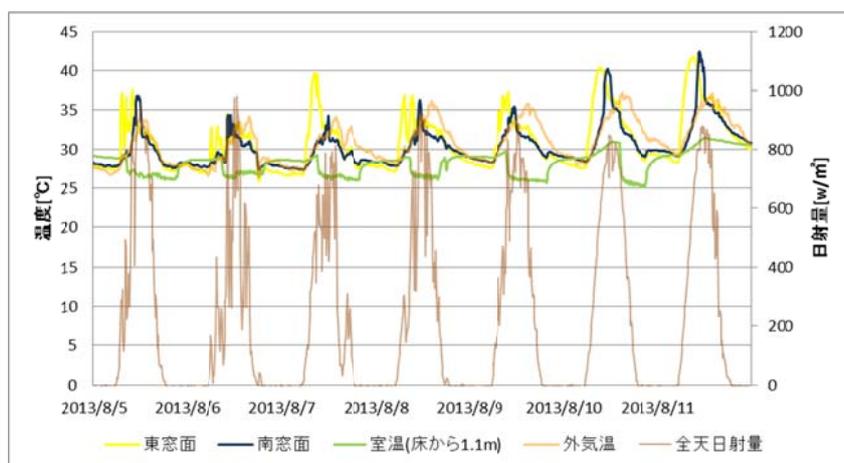


図 2.33 室内表面温度(窓面)(2013年8月5日~8月11日)

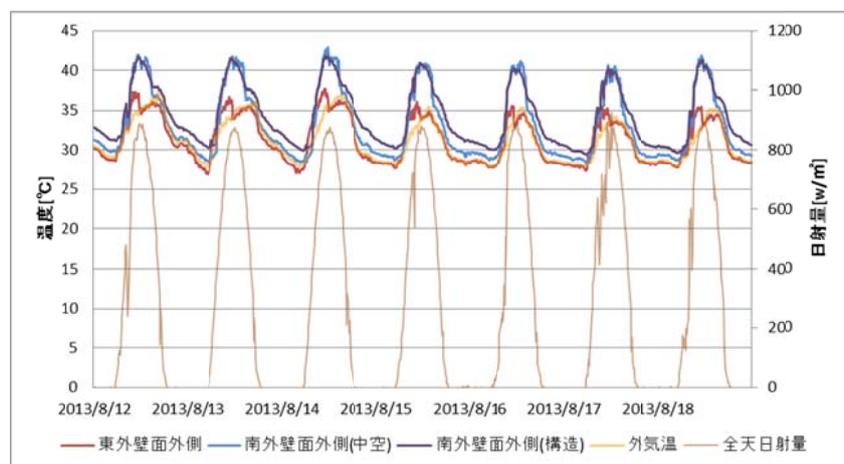


図 2.34 屋外表面温度(2013年8月12日~8月18日)

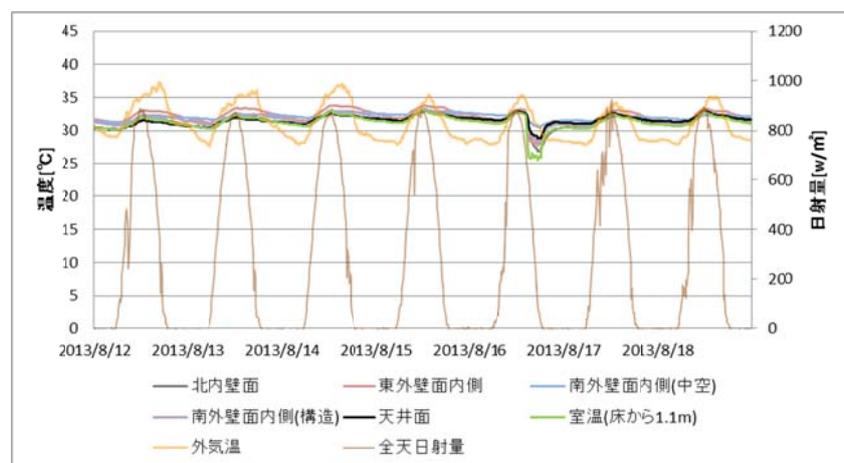


図 2.35 室内表面温度(壁面)(2013年8月12日~8月18日)

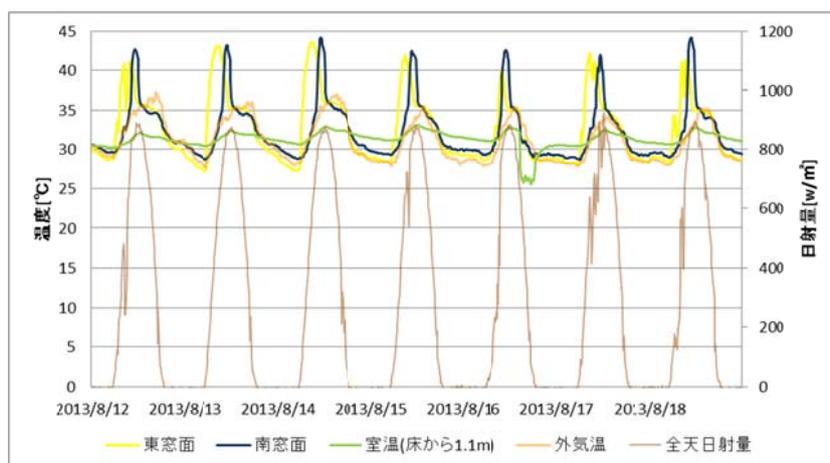


図 2.36 室内表面温度(窓面)(2013年8月12日～8月18日)

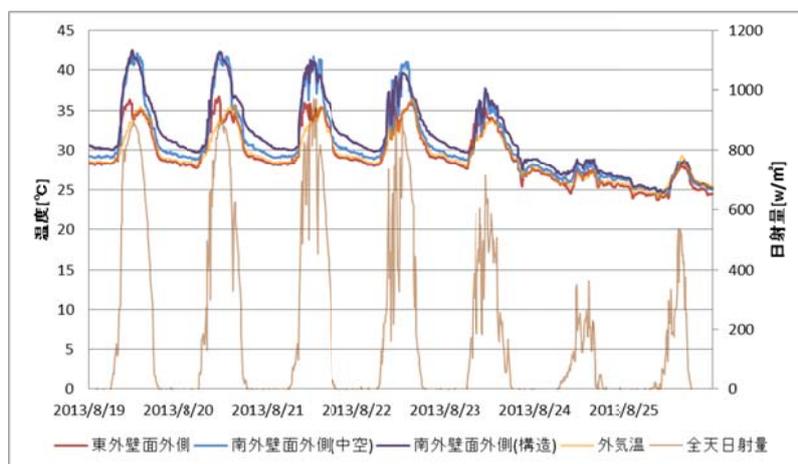


図 2.37 屋外表面温度(2013年8月19日～8月25日)

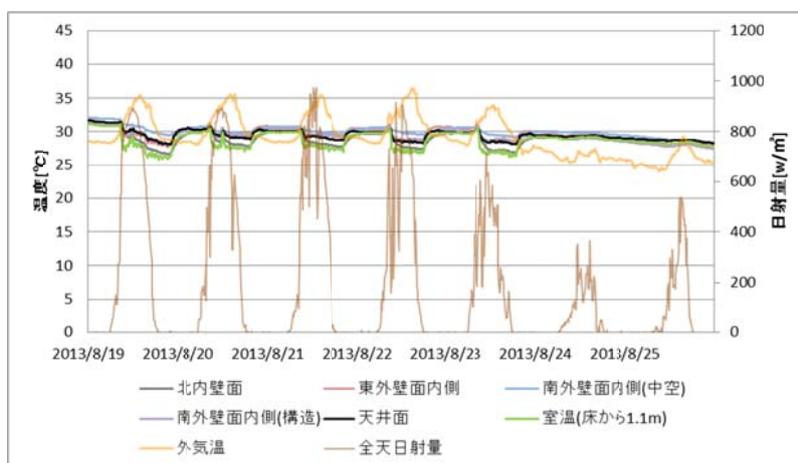


図 2.38 室内表面温度(壁面)(2013年8月19日～8月25日)

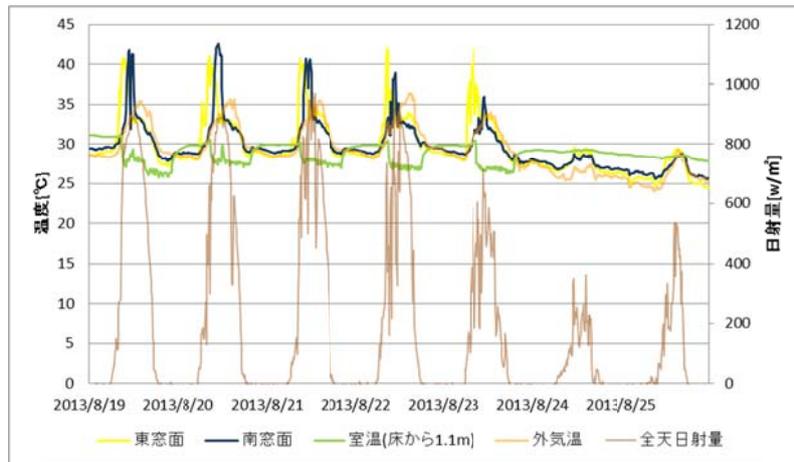


図 2.39 室内表面温度(窓面)(2013年8月19日～8月25日)

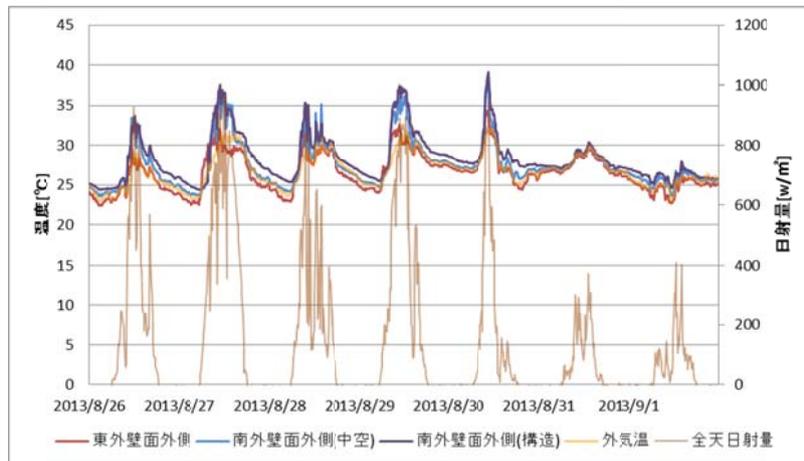


図 2.40 屋外表面温度(2013年8月26日～9月1日)

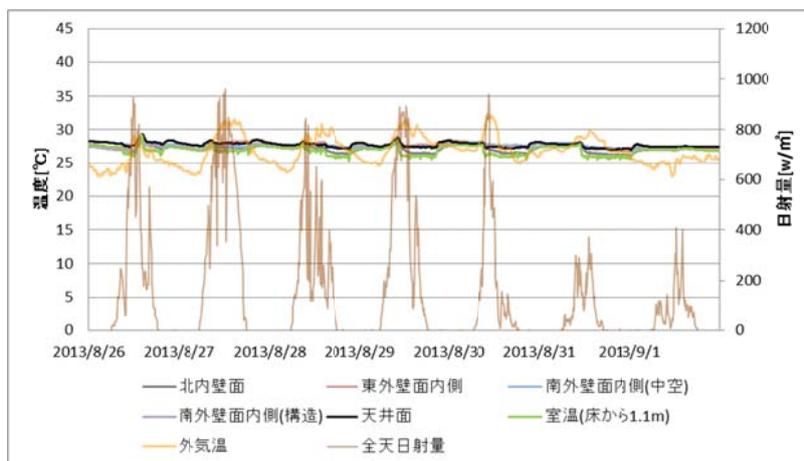


図 2.41 室内表面温度(壁面)(2013年8月26日～9月1日)

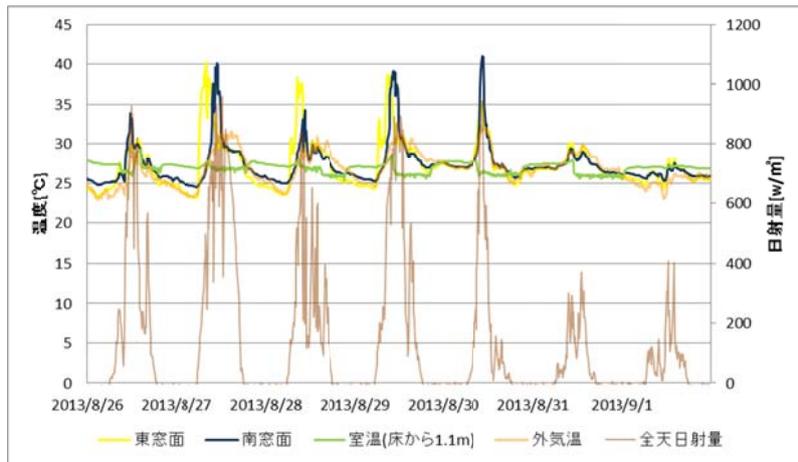


図 2.42 室内表面温度(窓面)(2013年8月26日～9月1日)

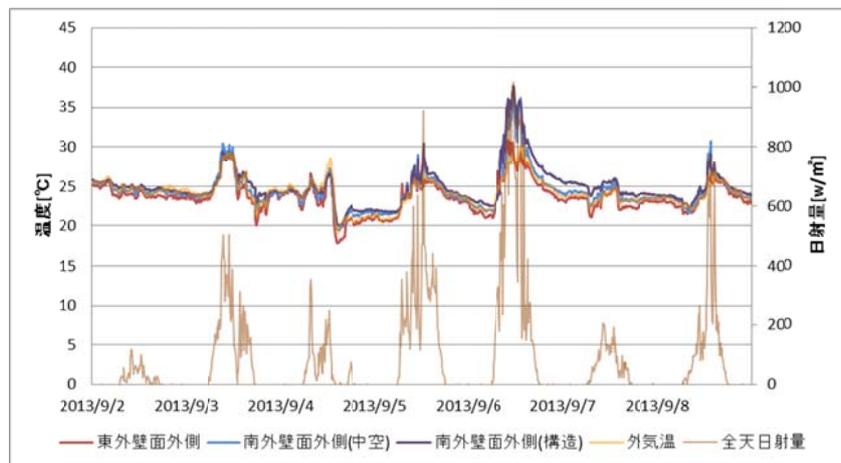


図 2.43 屋外表面温度(2013年9月2日～9月8日)

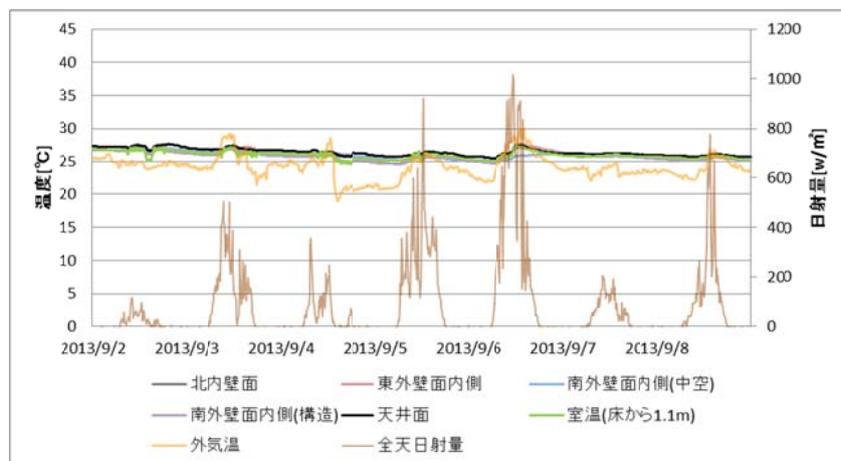


図 2.44 室内表面温度(壁面)(2013年9月2日～9月8日)

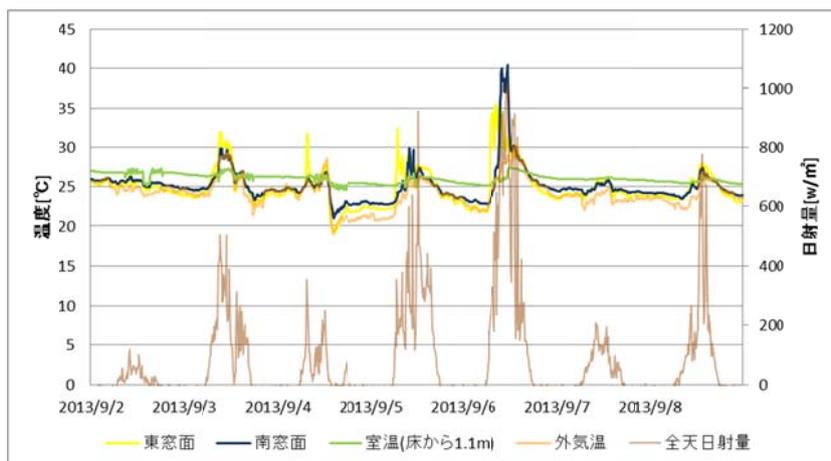


図 2.45 室内表面温度(窓面)(2013年9月2日~9月8日)

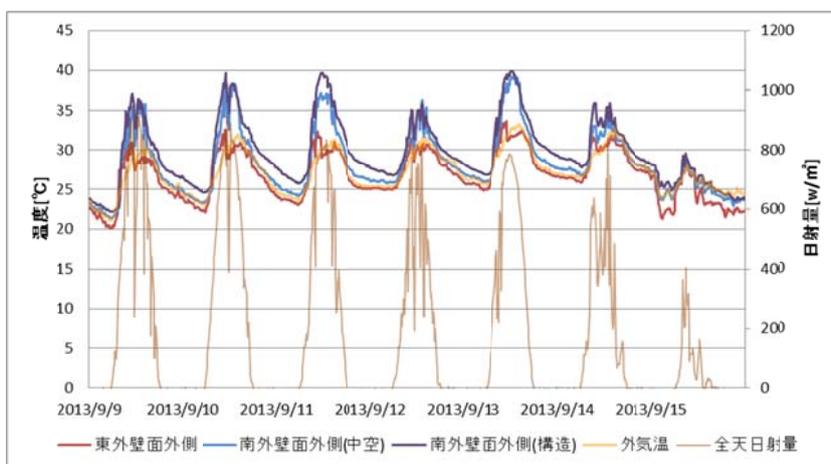


図 2.46 屋外表面温度(2013年9月9日~9月15日)

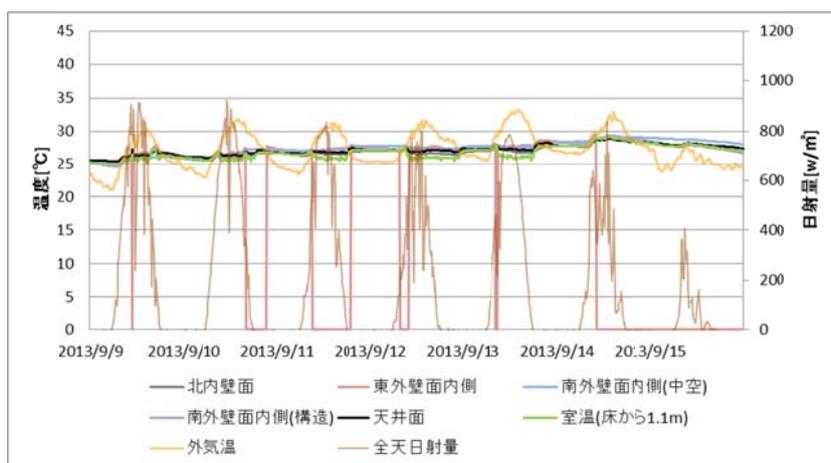


図 2.47 室内表面温度(壁面)(2013年9月9日~9月15日)

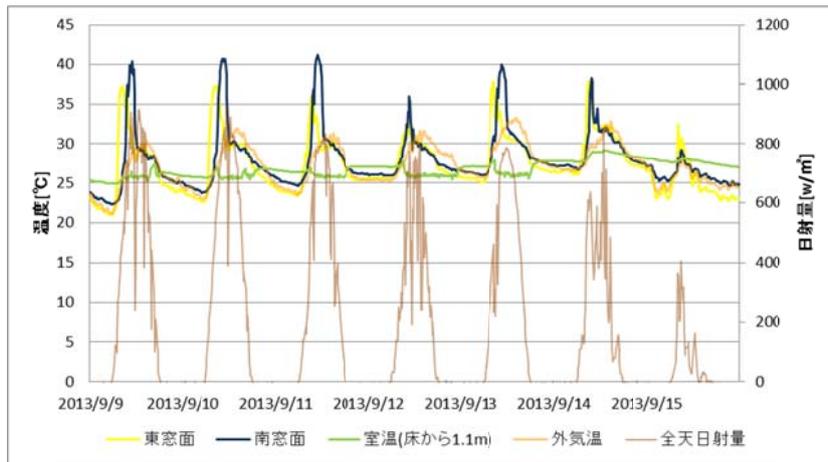


図 2.48 室内表面温度(窓面)(2013年9月9日～9月15日)

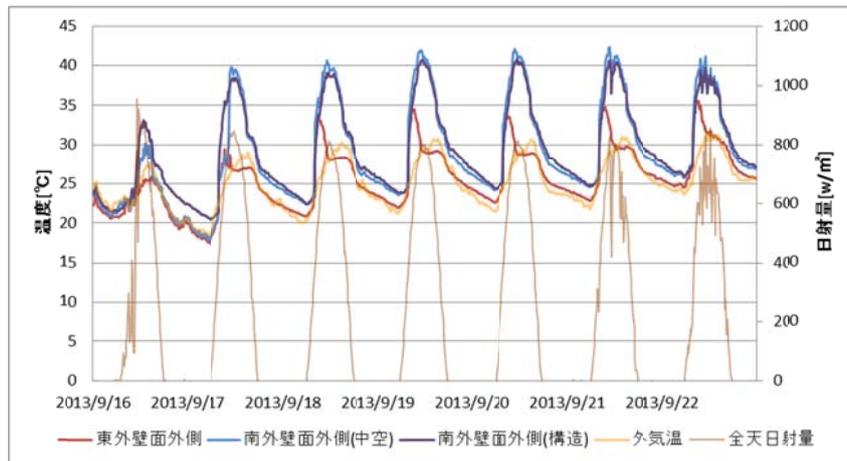


図 2.49 屋外表面温度(2013年9月16日～9月22日)

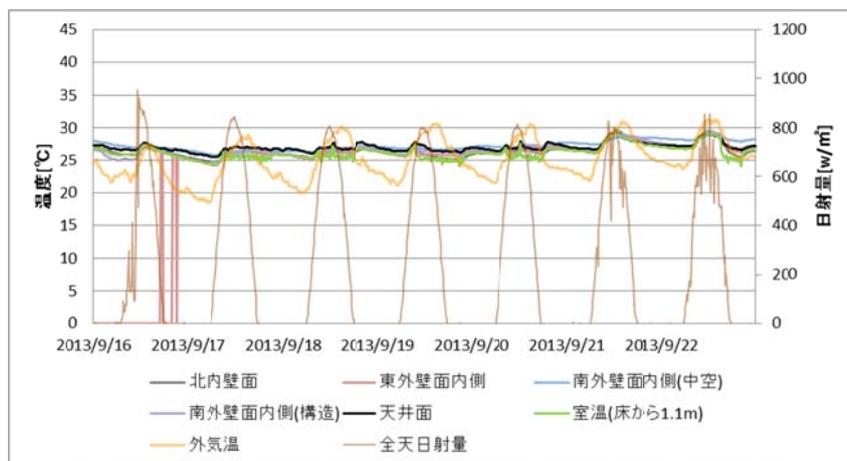


図 2.50 室内表面温度(壁面)(2013年9月16日～9月22日)

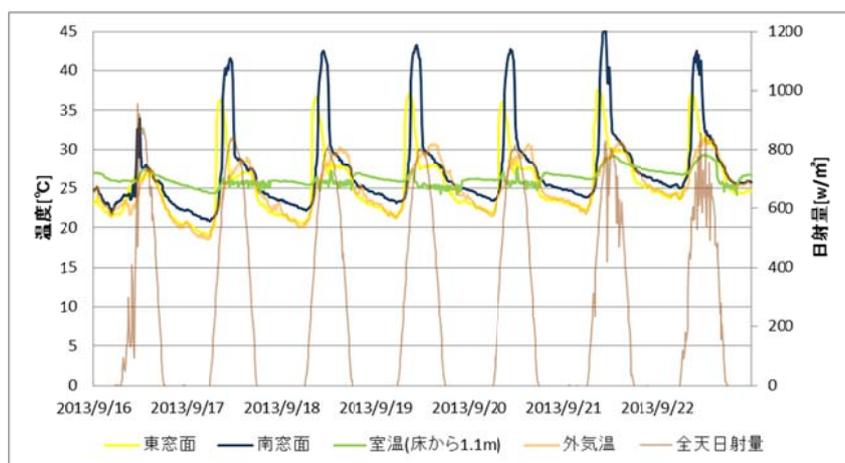


図 2.51 室内表面温度(窓面)(2013年9月16日～9月22日)

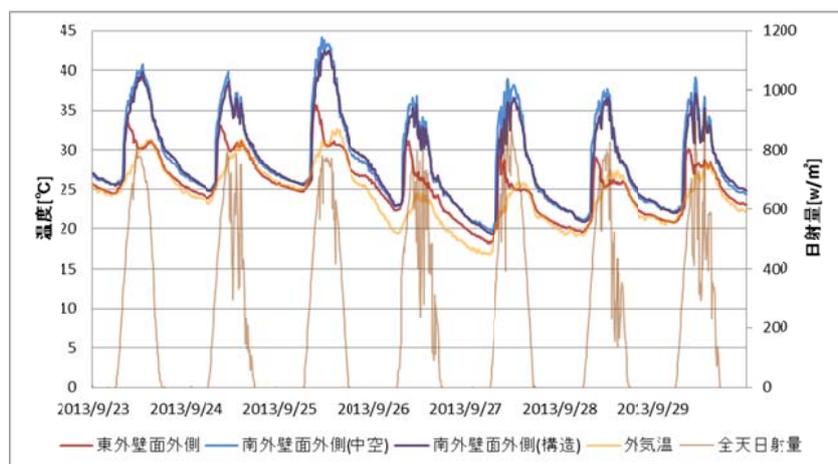


図 2.52 屋外表面温度(2013年9月23日～9月29日)

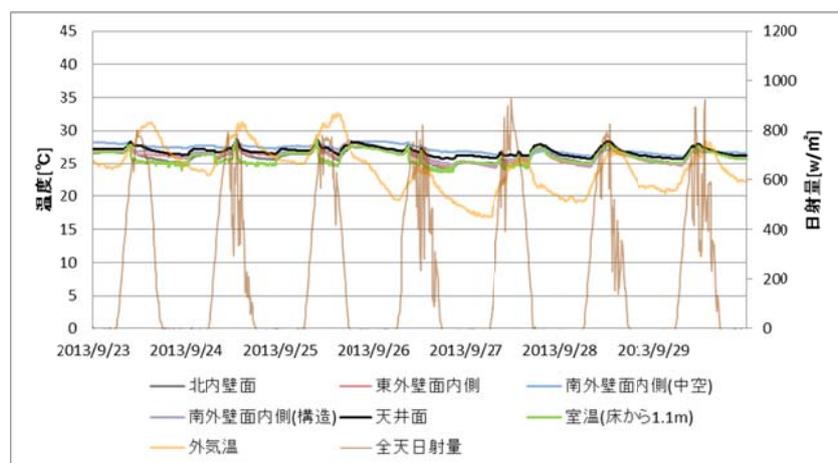


図 2.53 室内表面温度(壁面)(2013年9月23日～9月29日)

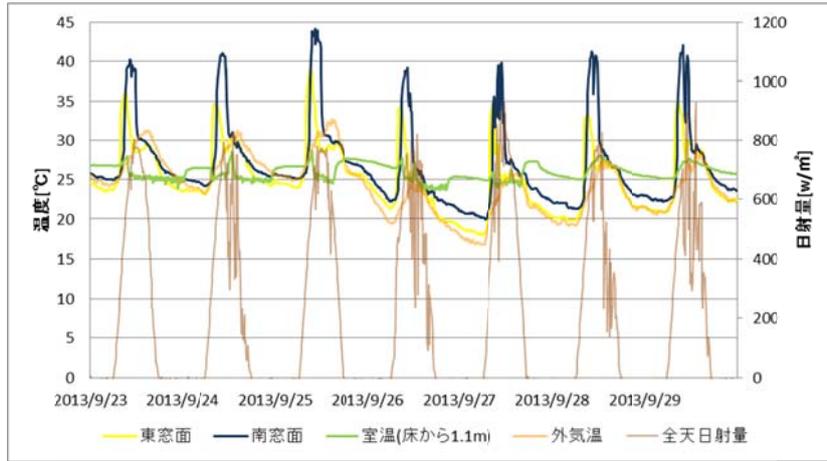


図 2.54 室内表面温度(窓面)(2013年9月23日～9月29日)

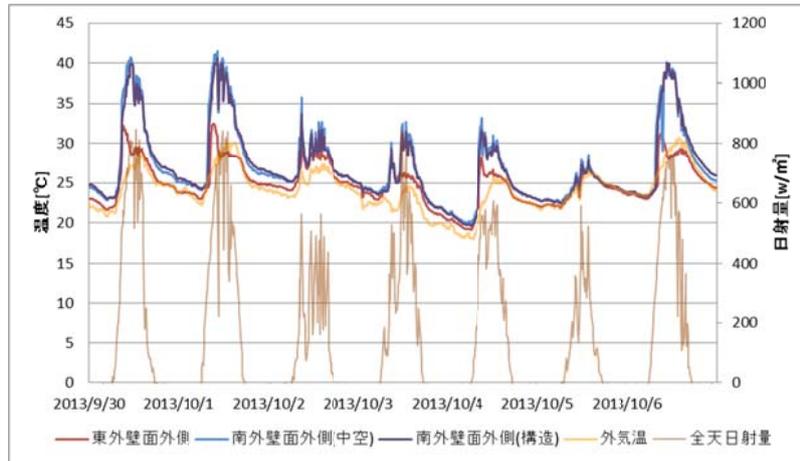


図 2.55 屋外表面温度(2013年9月30日～10月06日)

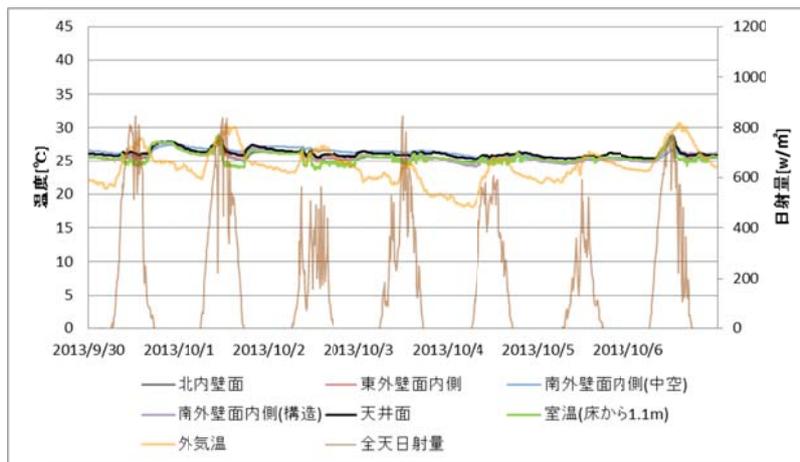


図 2.56 室内表面温度(壁面)(2013年9月30日～10月06日)

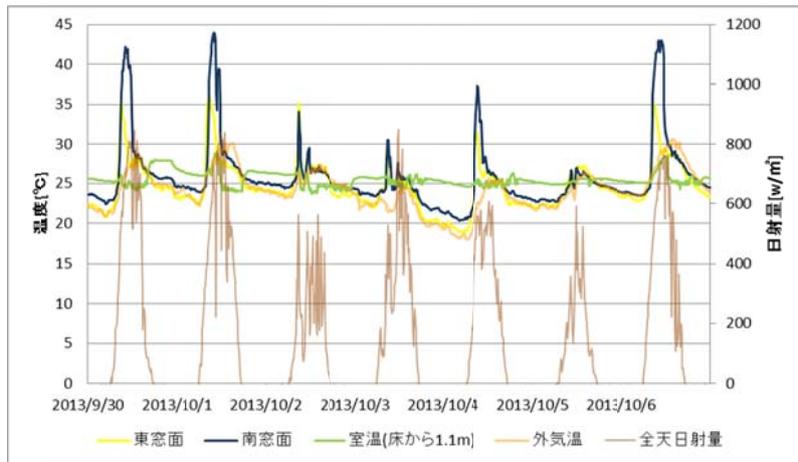


図 2.57 室内表面温度(窓面)(2013年9月30日～10月06日)

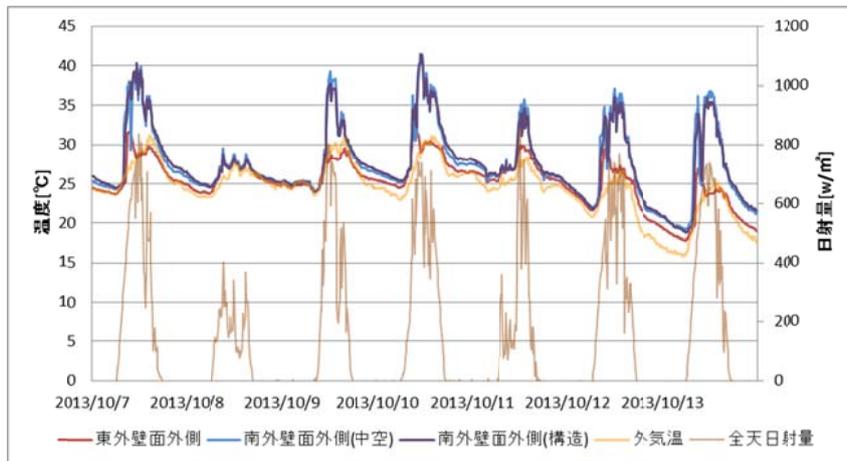


図 2.58 屋外表面温度(2013年10月7日～10月13日)

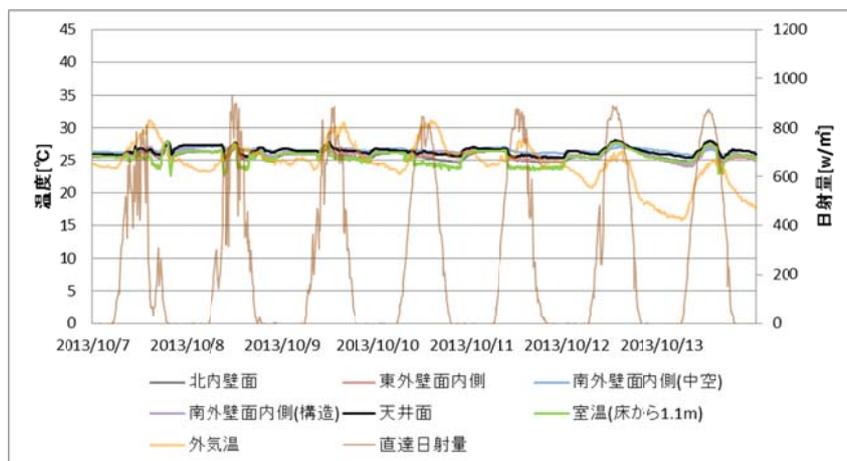


図 2.59 室内表面温度(壁面)(2013年10月7日～10月13日)

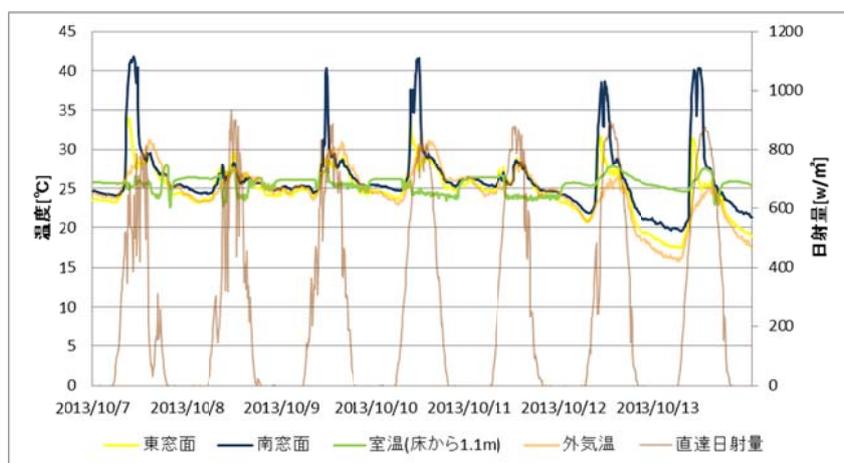


図 2.60 室内表面温度(窓面)(2013 年 10 月 7 日～10 月 13 日)

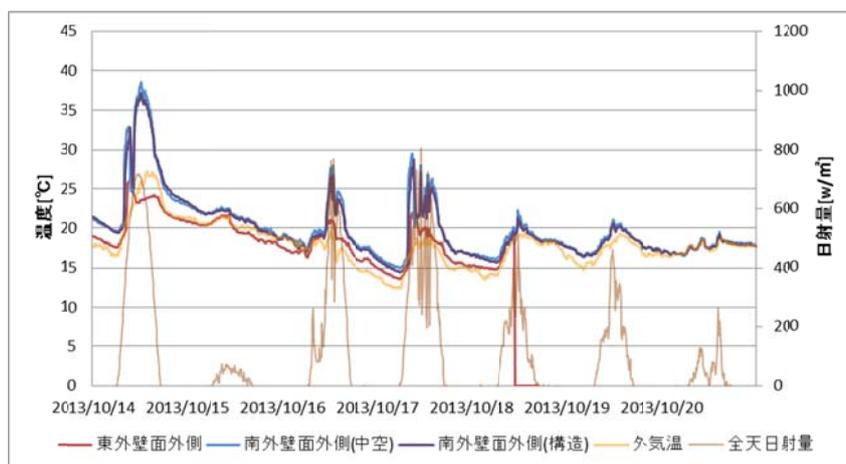


図 2.61 屋外表面温度(2013 年 10 月 14 日～10 月 20 日)

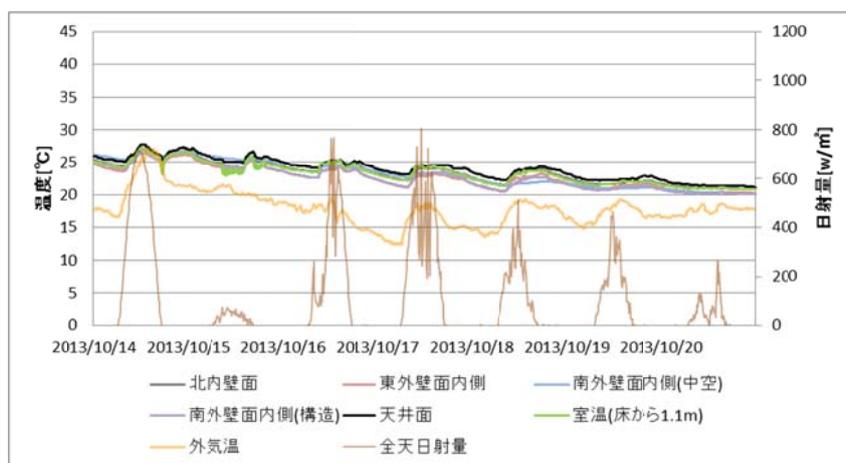


図 2.62 室内表面温度(壁面)(2013 年 10 月 14 日～10 月 20 日)

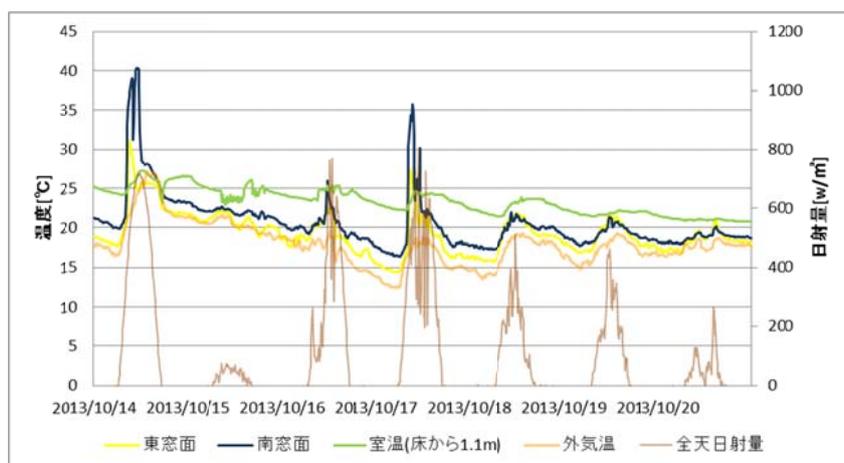


図 2.63 室内表面温度(窓面)(2013年10月14日～10月20日)

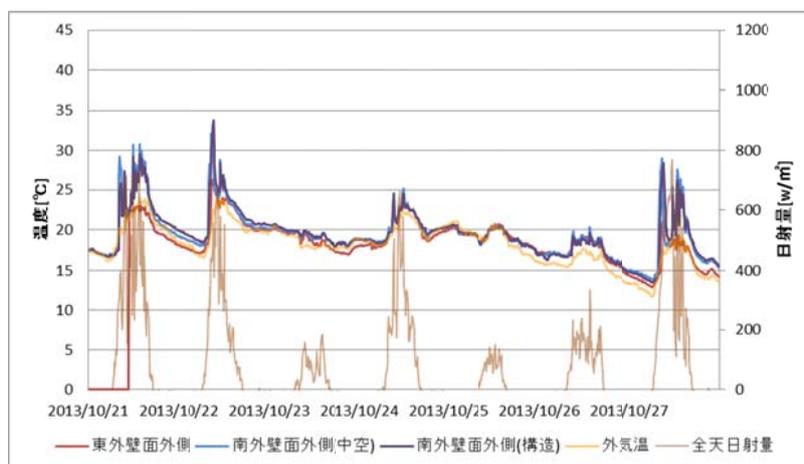


図 2.64 屋外表面温度(2013年10月21日～10月27日)

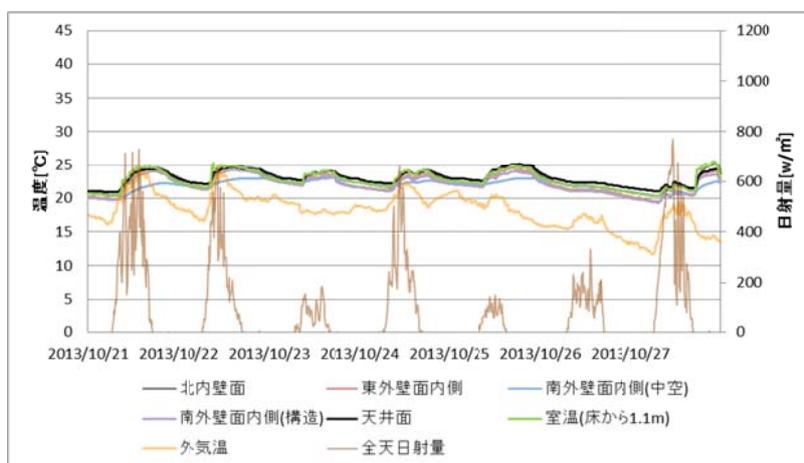


図 2.65 室内表面温度(壁面)(2013年10月21日～10月27日)

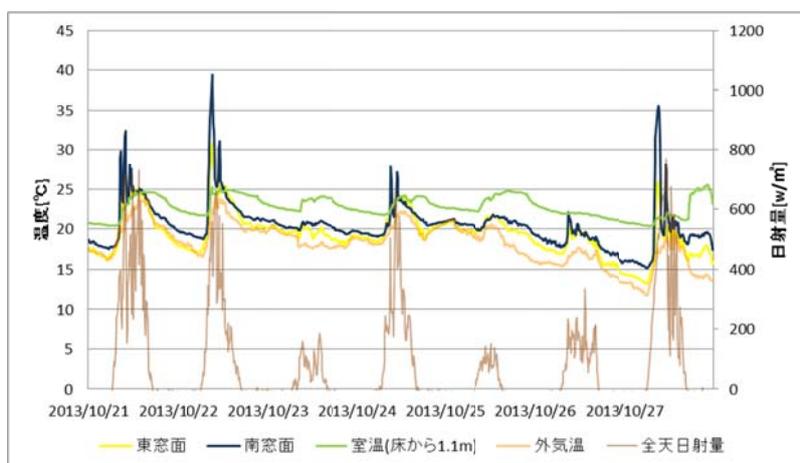


図 2.66 室内表面温度(窓面)(2013年10月21日～10月27日)

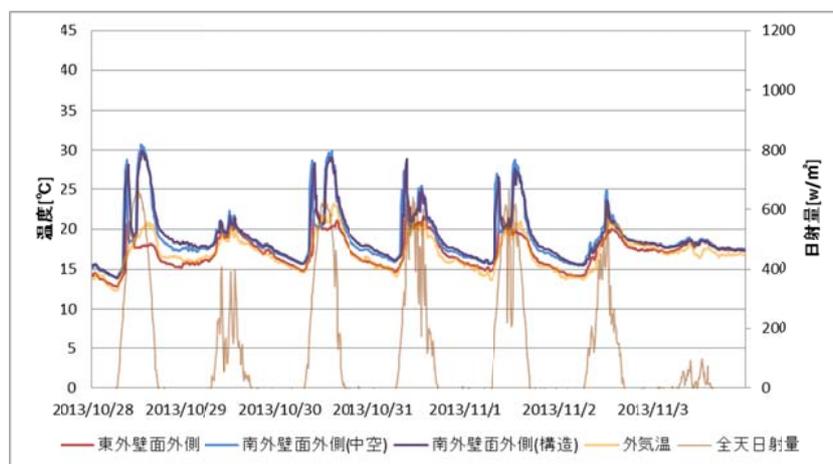


図 2.67 屋外表面温度(2013年10月28日～11月3日)

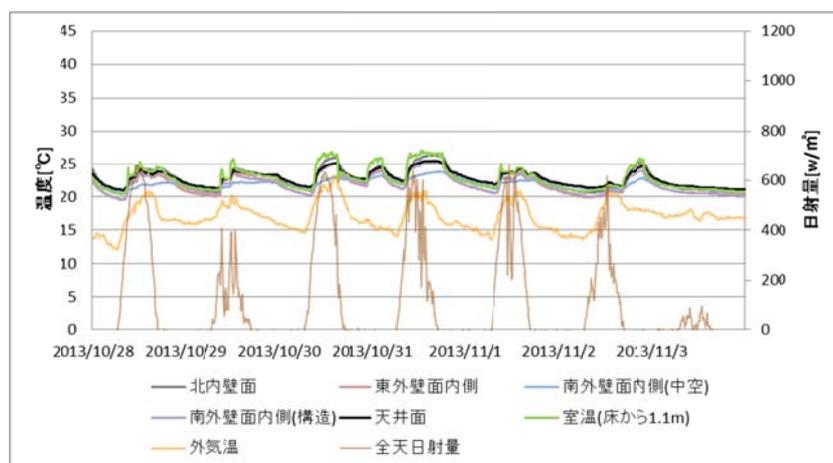


図 2.68 室内表面温度(壁面)(2013年10月28日～11月3日)

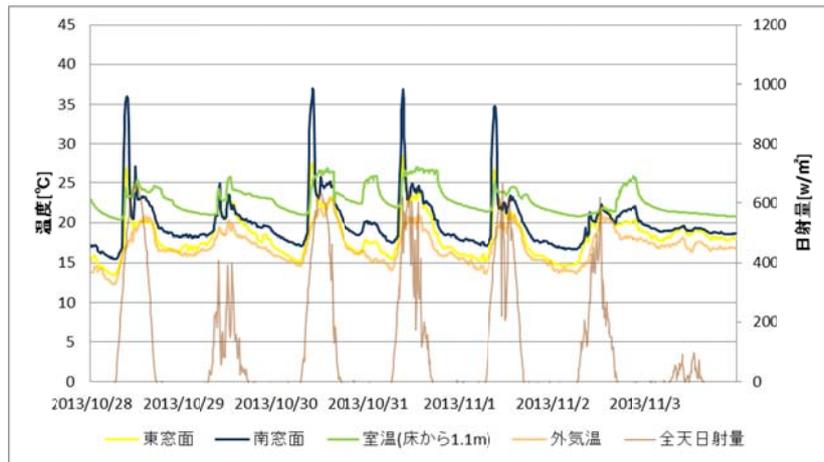


図 2.69 室内表面温度(窓面) (2013 年 10 月 28 日～11 月 3 日)

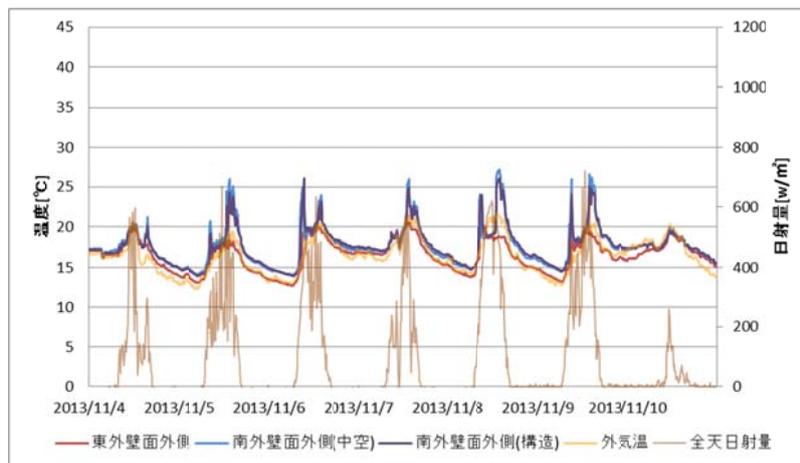


図 2.70 屋外表面温度(2013 年 11 月 4 日～11 月 10 日)

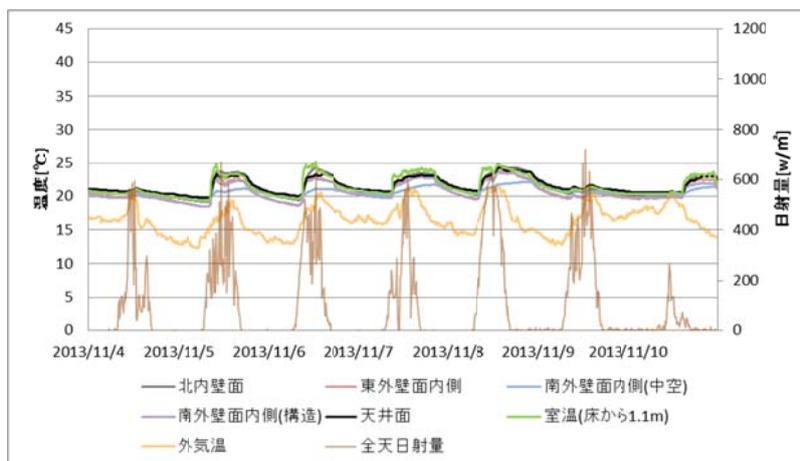


図 2.71 室内表面温度(壁面) (2013 年 11 月 4 日～11 月 10 日)

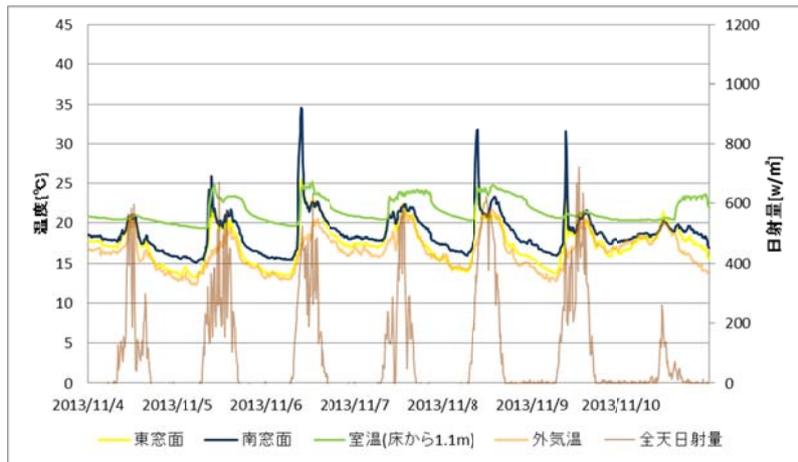


図 2.72 室内表面温度(窓面) (2013 年 11 月 4 日～11 月 10 日)

(3)室温

室温（床から 0.2m と 1.1m）と空調吹出口温度（2 台）（週別）を図 2.73～図 2.91 に示す。空調稼働時には 25°C前後になり，上下温度差も小さい。空調機器から発生した冷気が床面まで降りて床面近くの空気層と混じり合っているからである。

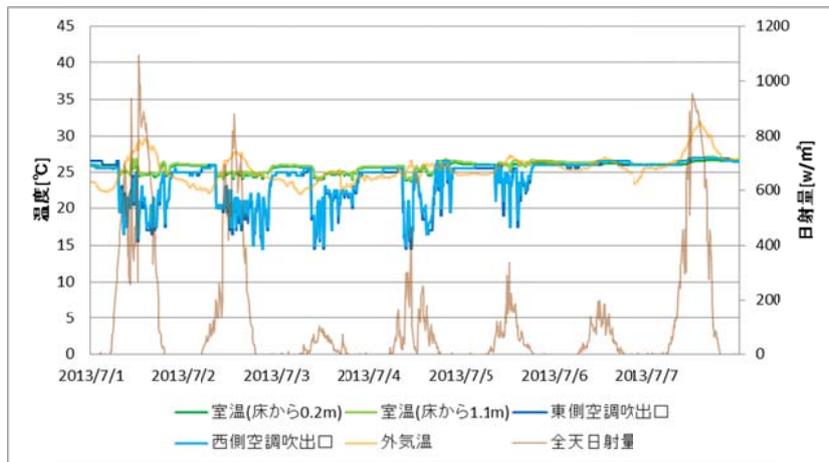


図 2.73 室内温度と空調吹出口温度(2013 年 7 月 1 日～7 月 7 日)

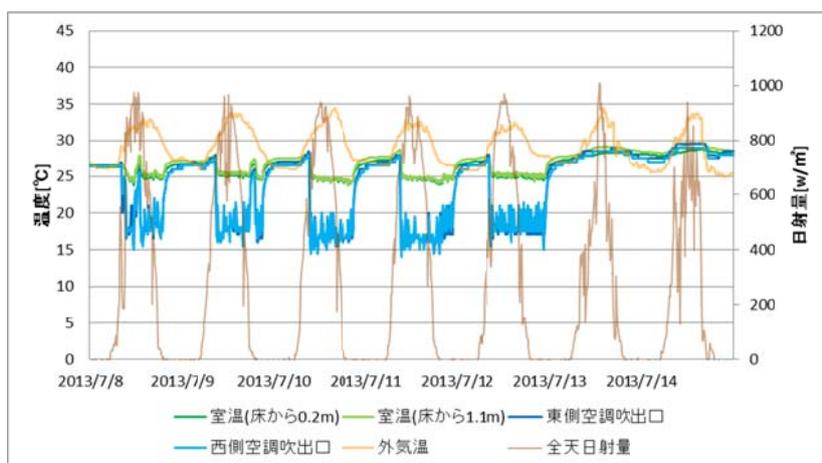


図 2.74 室内温度と空調吹出口温度(2013年7月8日～7月14日)

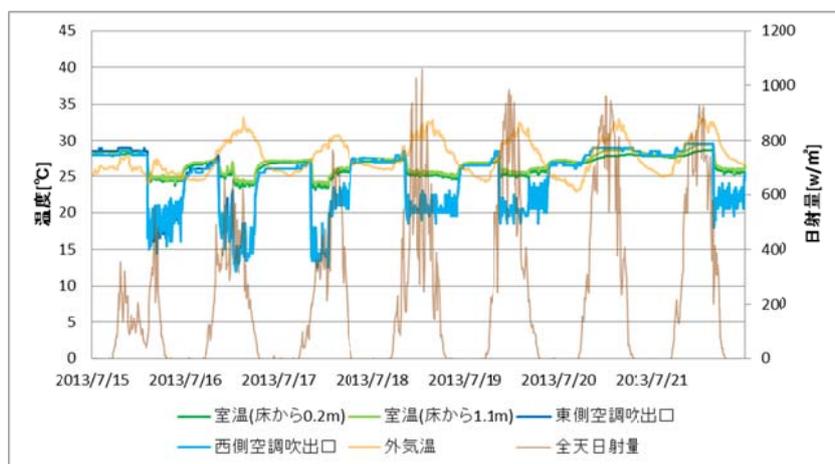


図 2.75 室内温度と空調吹出口温度(2013年7月15日～7月21日)

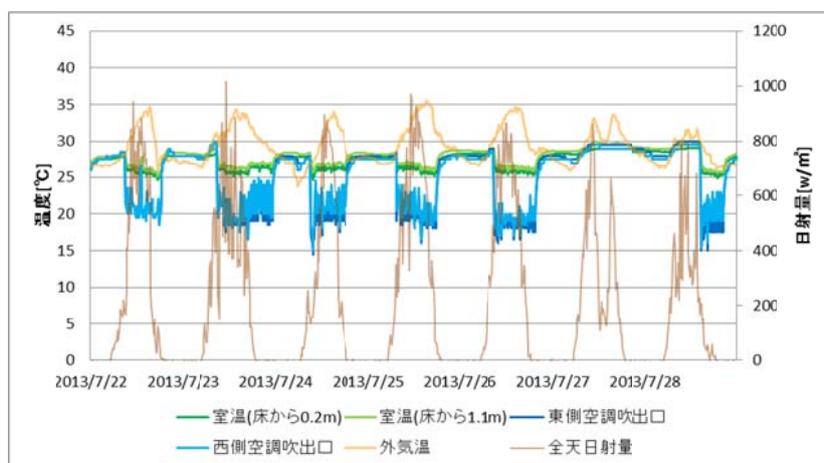


図 2.76 室内温度と空調吹出口温度(2013年7月22日～7月28日)

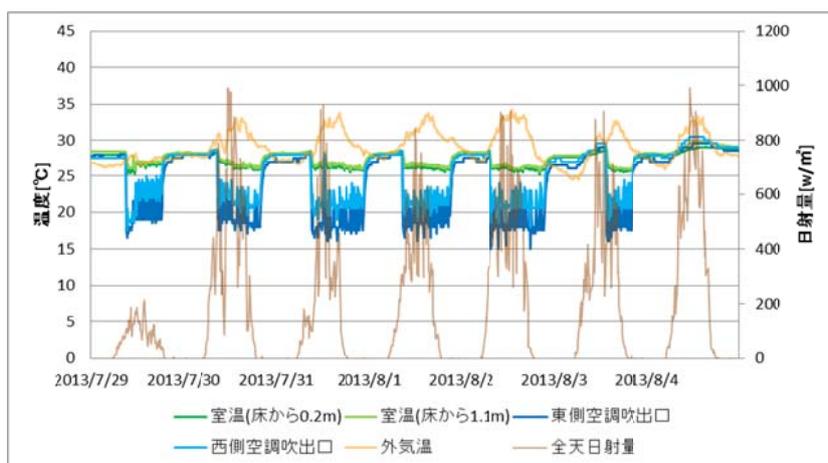


図 2.77 室内温度と空調吹出口温度(2013年7月29日～8月4日)

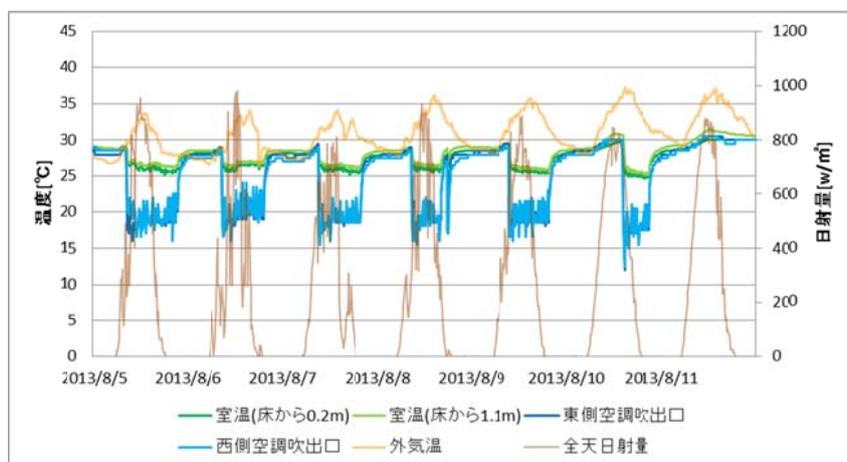


図 2.78 室内温度と空調吹出口温度(2013年8月5日～8月11日)

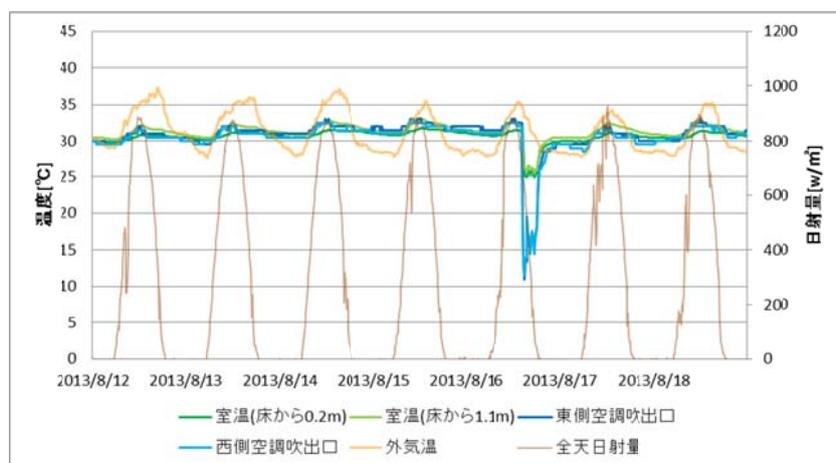


図 2.79 室内温度と空調吹出口温度(2013年8月12日～8月18日)

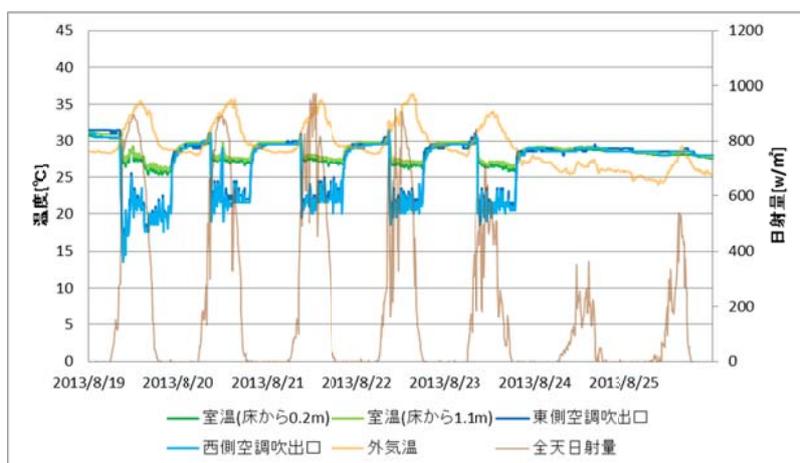


図 2.80 室内温度と空調吹出口温度(2013年8月19日～8月25日)

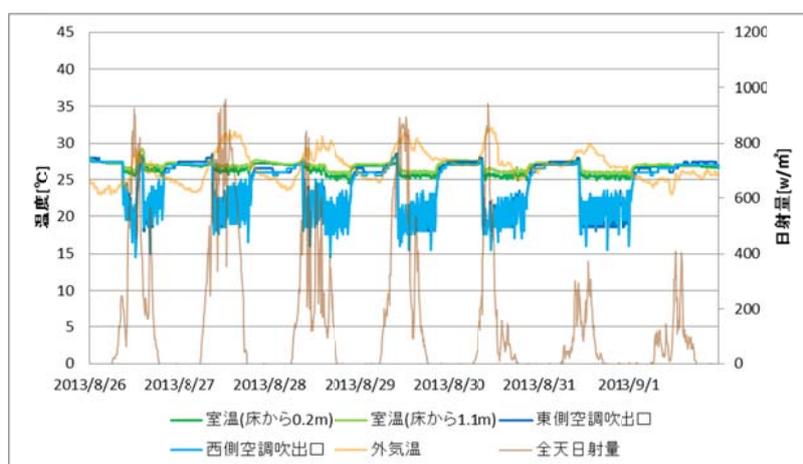


図 2.81 室内温度と空調吹出口温度(2013年8月26日～9月1日)

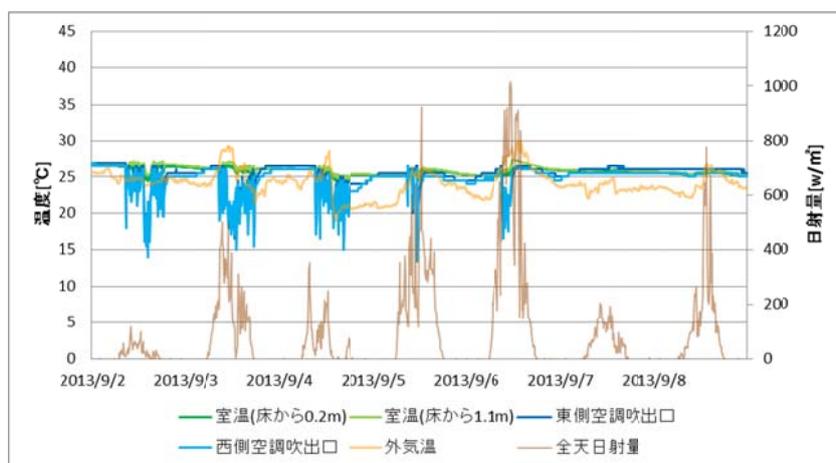


図 2.82 室内温度と空調吹出口温度(2013年9月2日～9月8日)

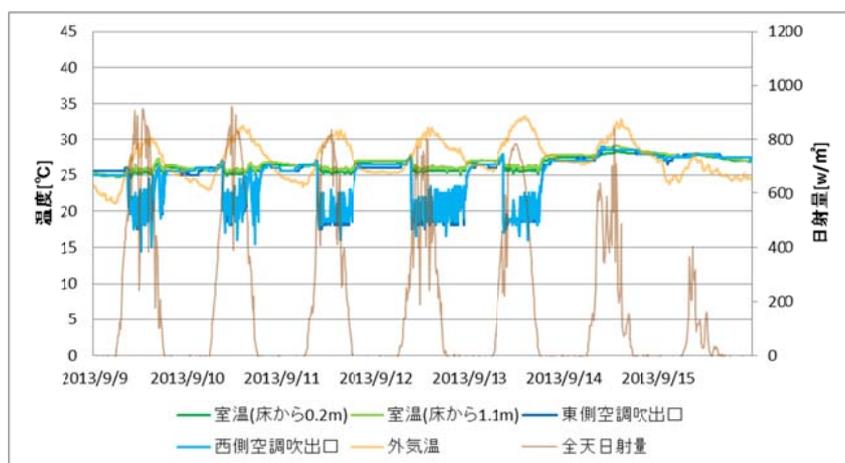


図 2.83 室内温度と空調吹出口温度(2013年9月9日～9月15日)

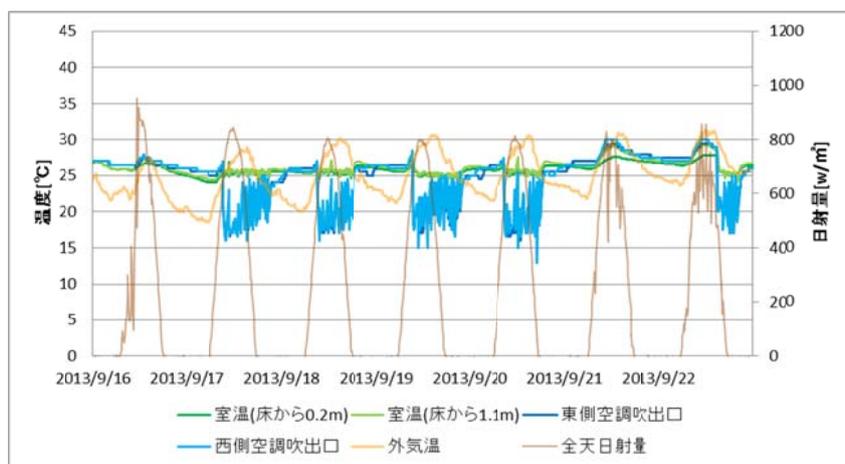


図 2.84 室内温度と空調吹出口温度(2013年9月16日～9月22日)

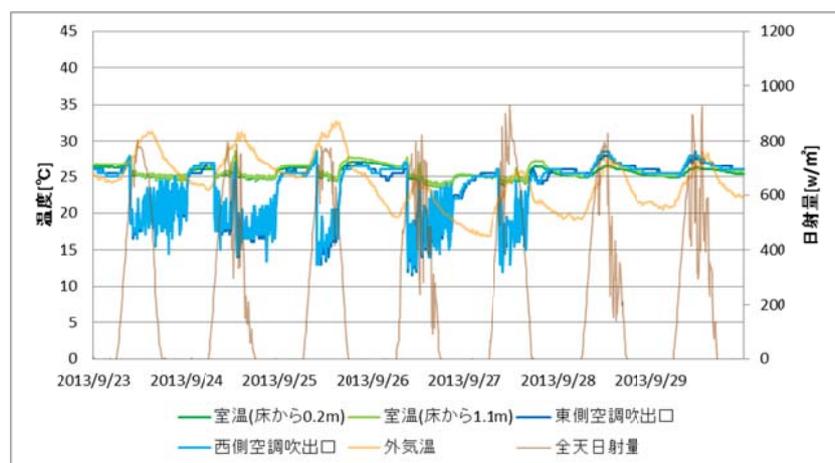


図 2.85 室内温度と空調吹出口温度(2013年9月23日～9月29日)

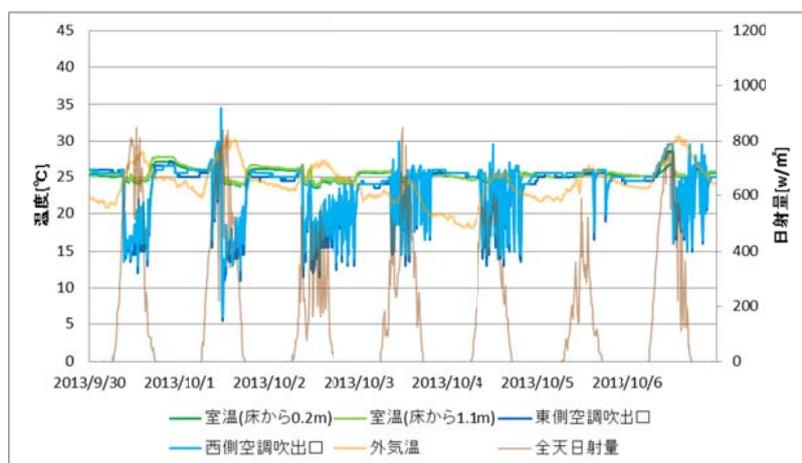


図 2.86 室内温度と空調吹出口温度(2013年9月30日～10月6日)

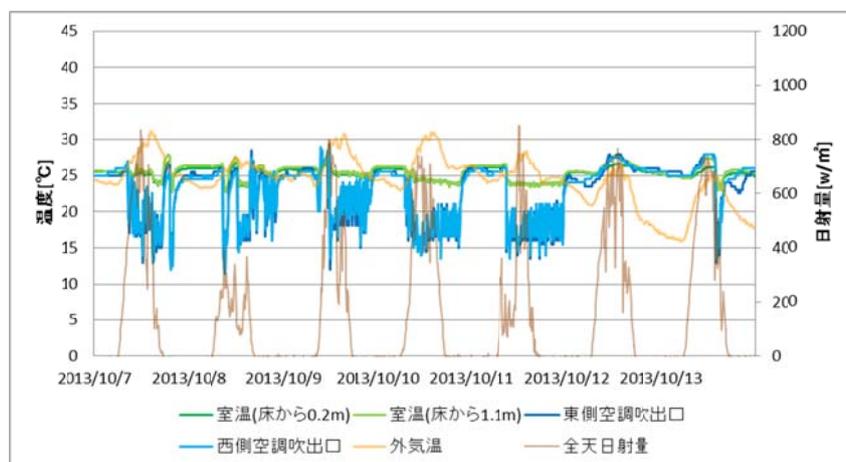


図 2.87 室内温度と空調吹出口温度(2013年10月7日～10月13日)

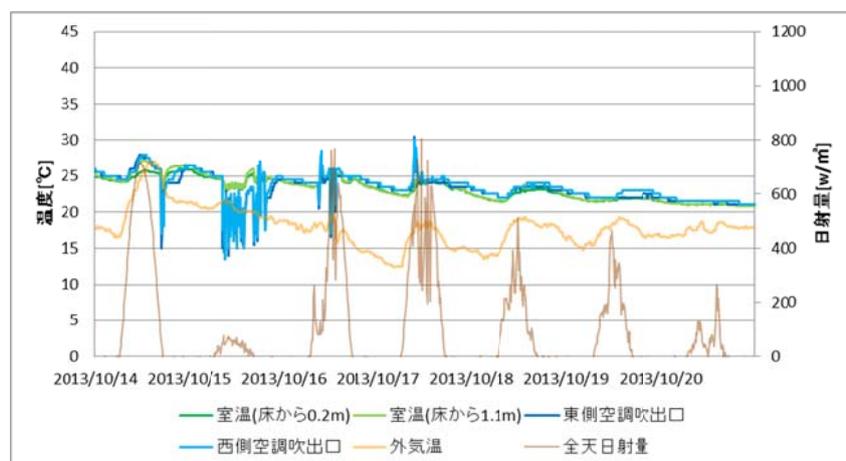


図 2.88 室内温度と空調吹出口温度(2013年10月14日～10月20日)



図 2.89 室内温度と空調吹出口温度(2013年10月21日～10月27日)

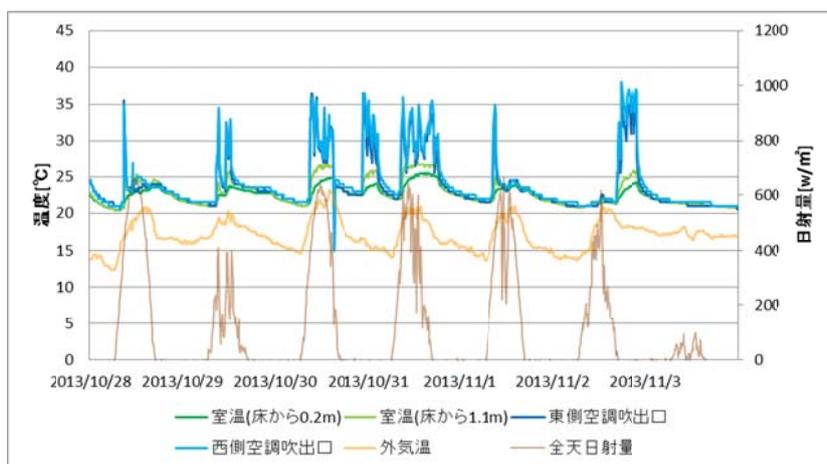


図 2.90 室内温度と空調吹出口温度(2013年10月28日～11月3日)

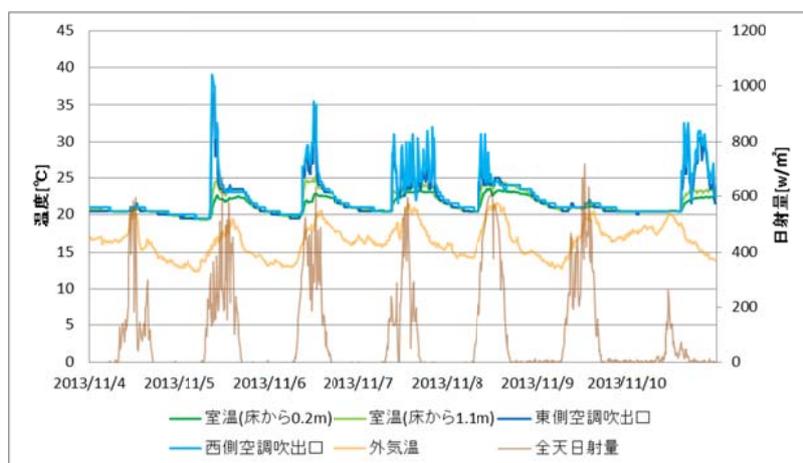


図 2.91 室内温度と空調吹出口温度(2013年11月4日～11月10日)

#### (4) 電力消費量

空調機器，照明機器，コンセント機器，換気機器の電力消費量の測定結果（週別）を図 2.92～図 2.110 に示す．主に平日に使用されるが休日や長期休暇時の稼働も確認される．平日において，照明，換気，コンセント機器の使用状況は日によって異なる．空調機器の使用は，他の機器の使用と関係している．

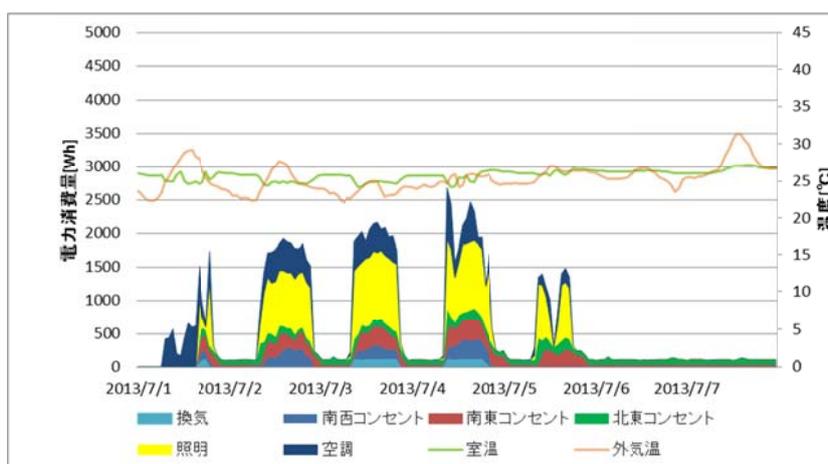


図 2.92 各機器の電力消費量(2013年7月1日～7月7日)

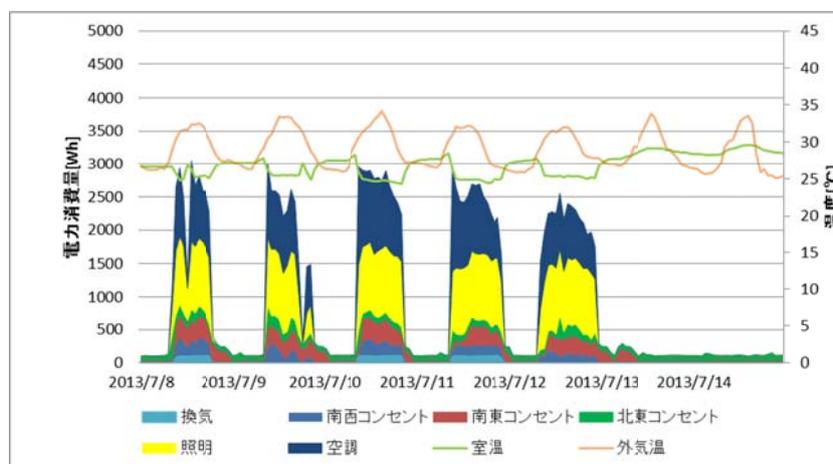


図 2.93 各機器の電力消費量(2013年7月8日～7月14日)

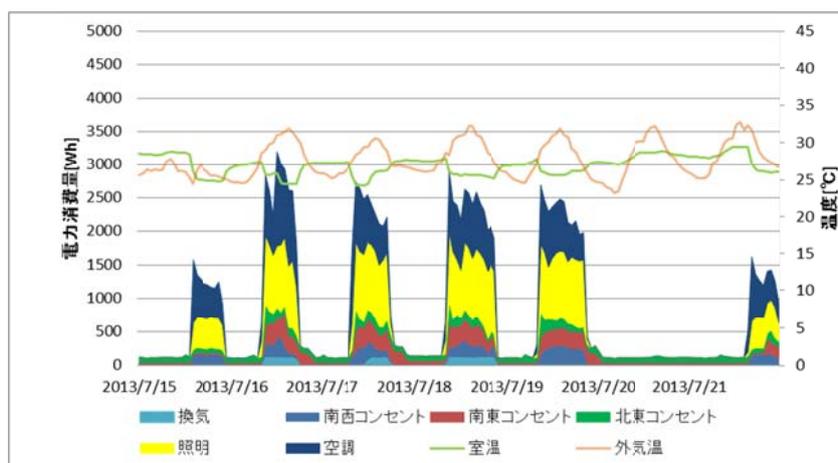


図 2.94 各機器の電力消費量(2013年7月15日～7月21日)

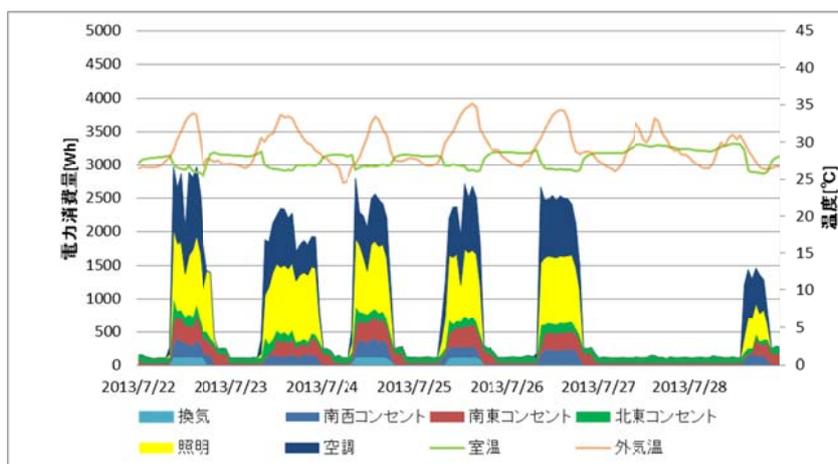


図 2.95 各機器の電力消費量(2013年7月22日～7月28日)

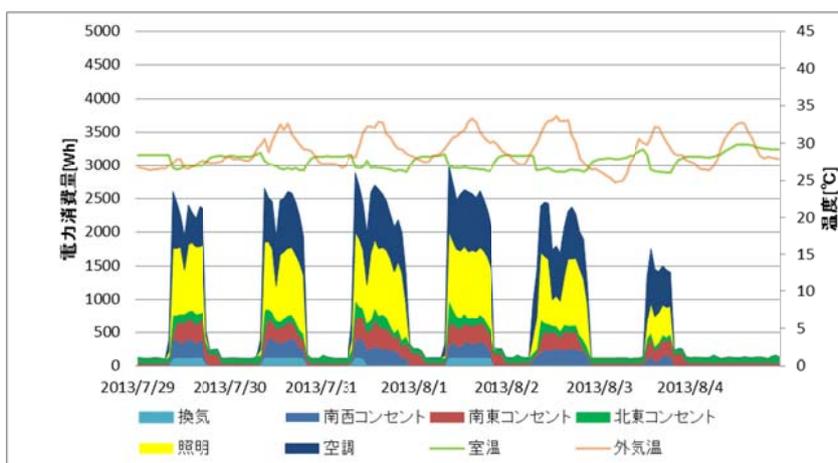


図 2.96 各機器の電力消費量(2013年7月29日～8月4日)

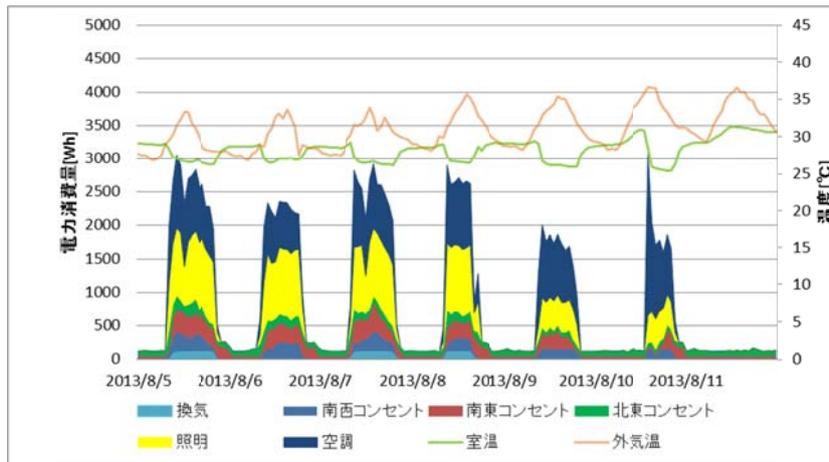


図 2.97 各機器の電力消費量(2013年8月5日～8月11日)

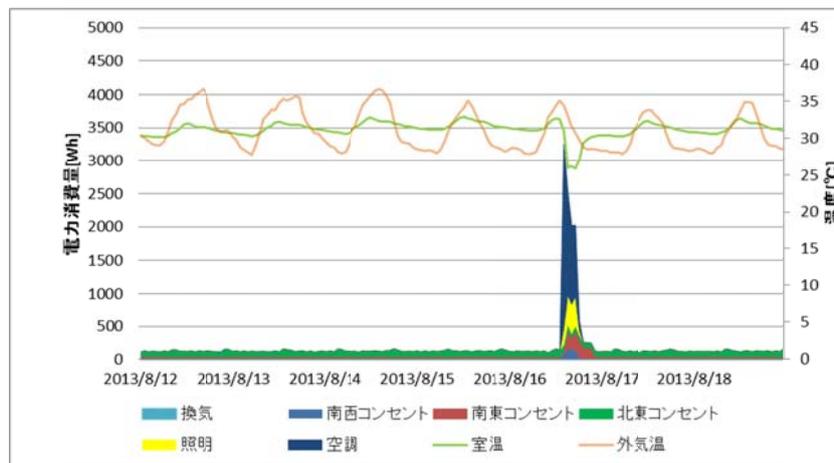


図 2.98 各機器の電力消費量(2013年8月12日～8月18日)

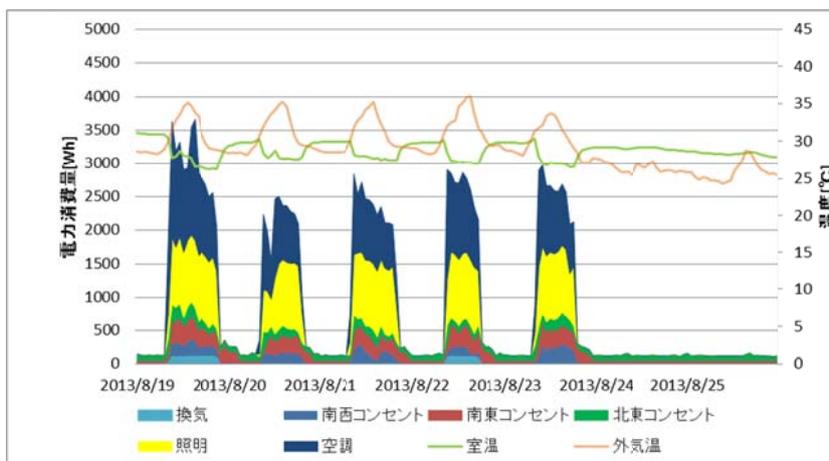


図 2.99 各機器の電力消費量(2013年8月19日～8月25日)

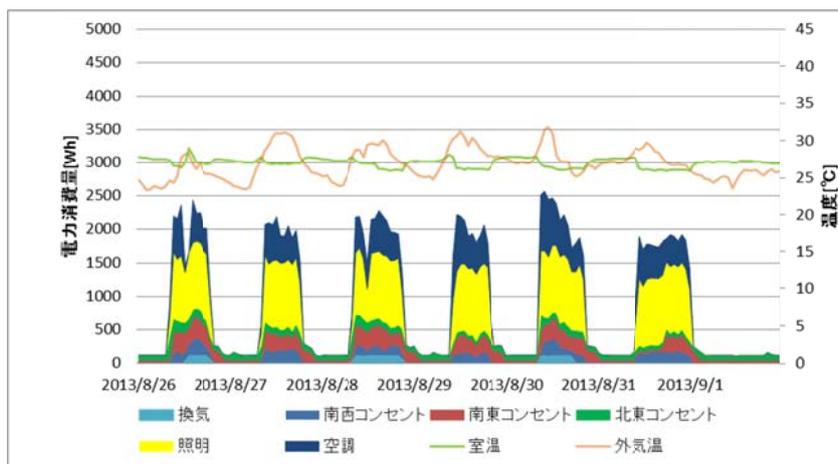


図 2.100 各機器の電力消費量(2013年8月26日～9月1日)

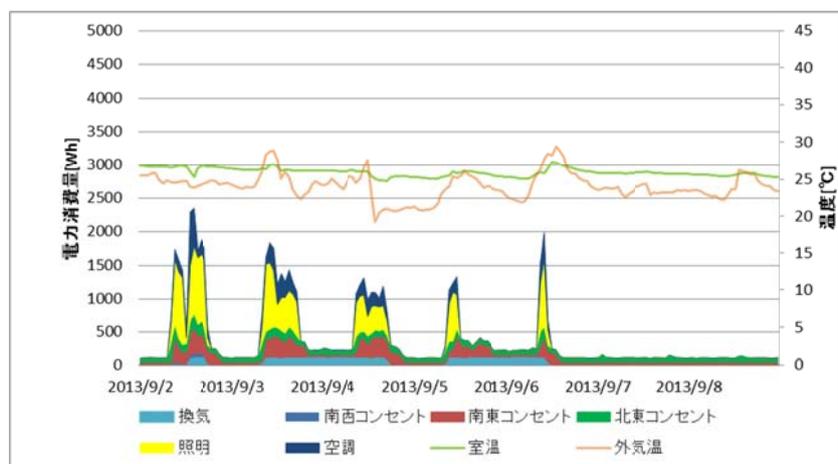


図 2.101 各機器の電力消費量(2013年9月2日～9月8日)

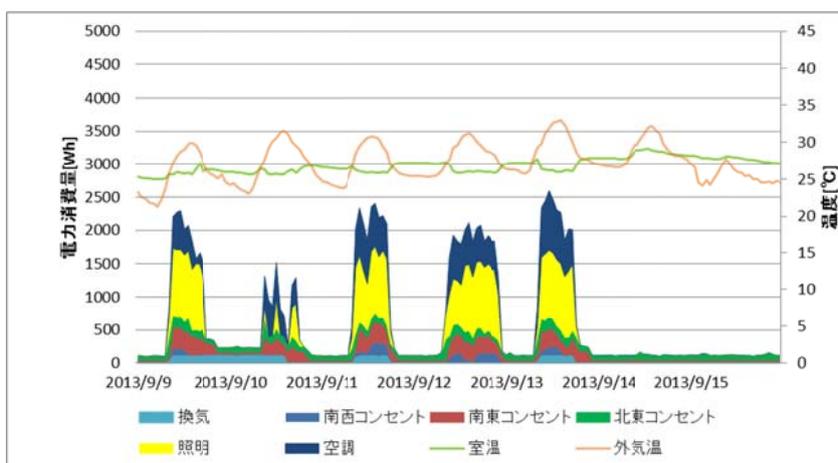


図 2.102 各機器の電力消費量(2013年9月9日～9月15日)

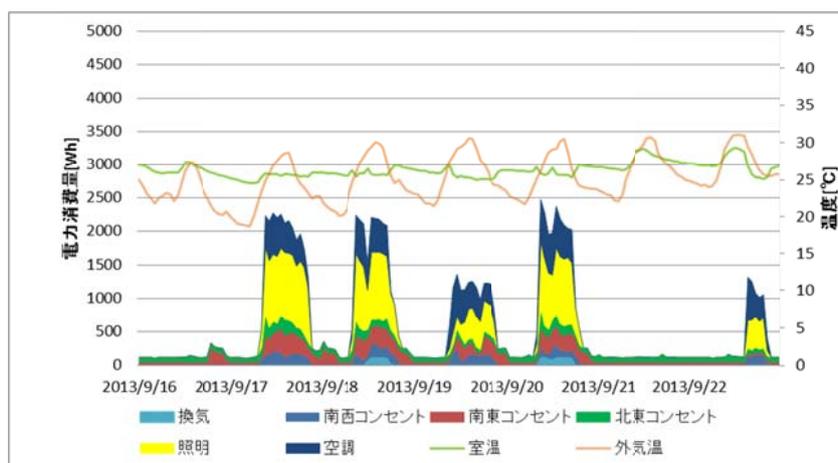


図 2.103 各機器の電力消費量(2013年9月16日～9月22日)

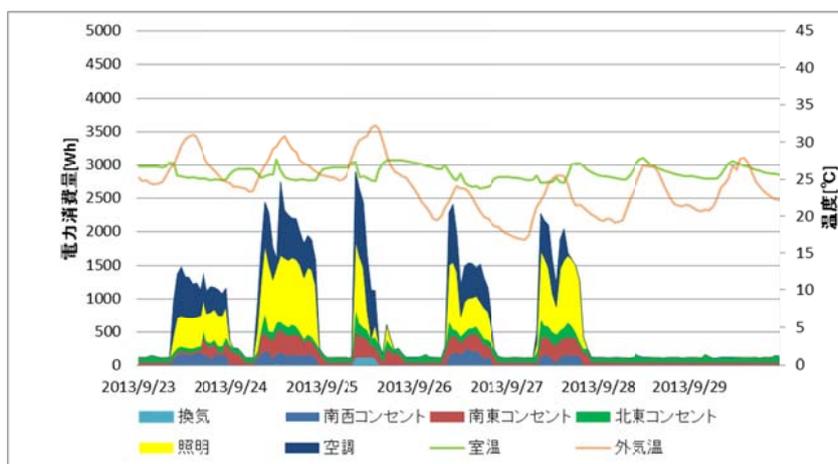


図 2.104 各機器の電力消費量(2013年9月23日～9月29日)

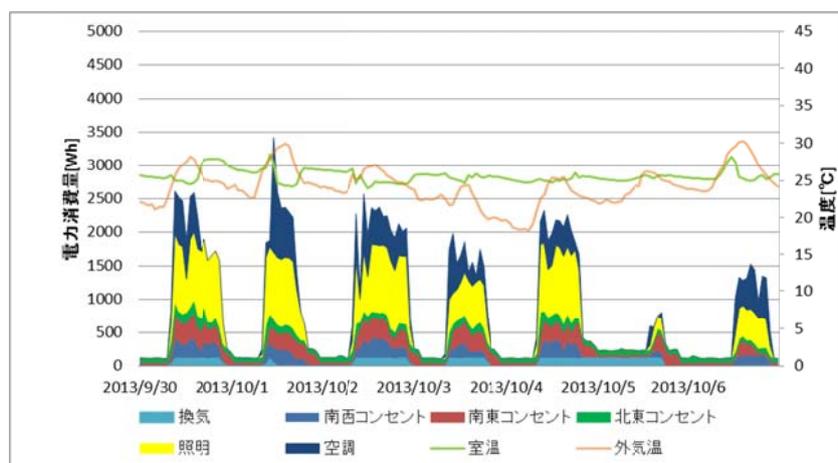


図 2.105 各機器の電力消費量(2013年9月30日～10月6日)

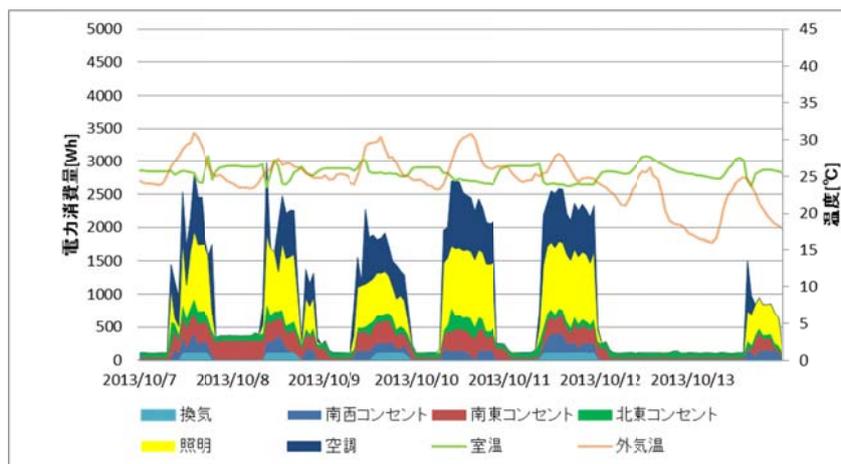


図 2.106 各機器の電力消費量(2013年10月7日～10月13日)

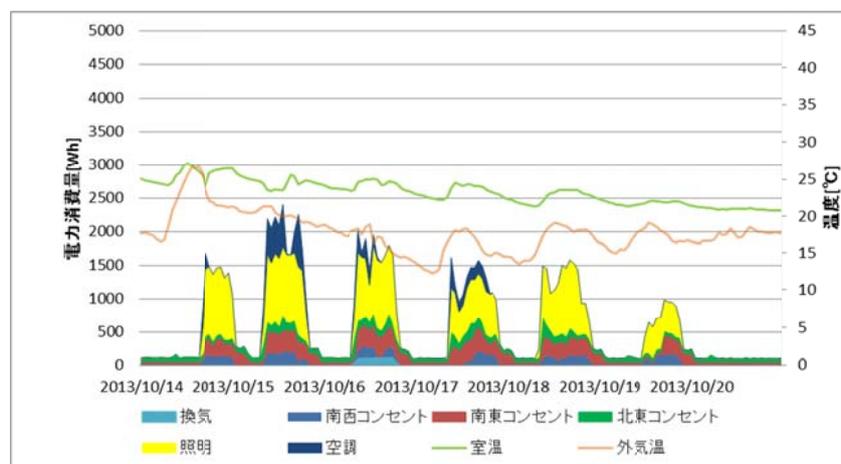


図 2.107 各機器の電力消費量(2013年10月14日～10月20日)

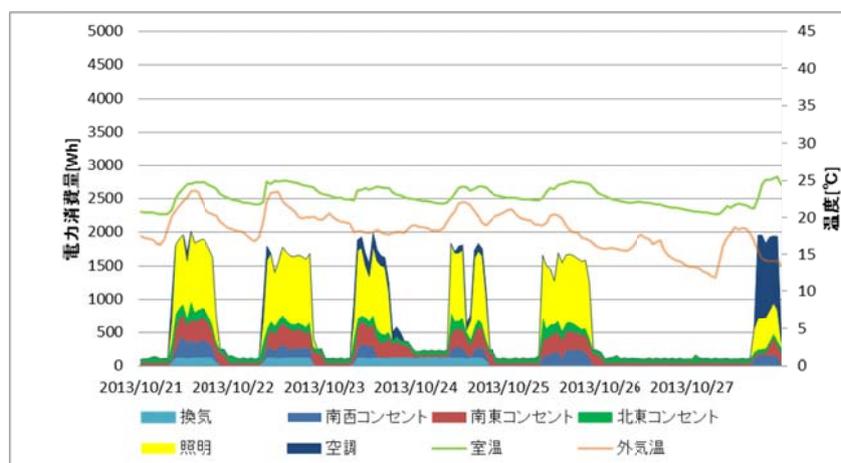


図 2.108 各機器の電力消費量(2013年10月21日～10月27日)

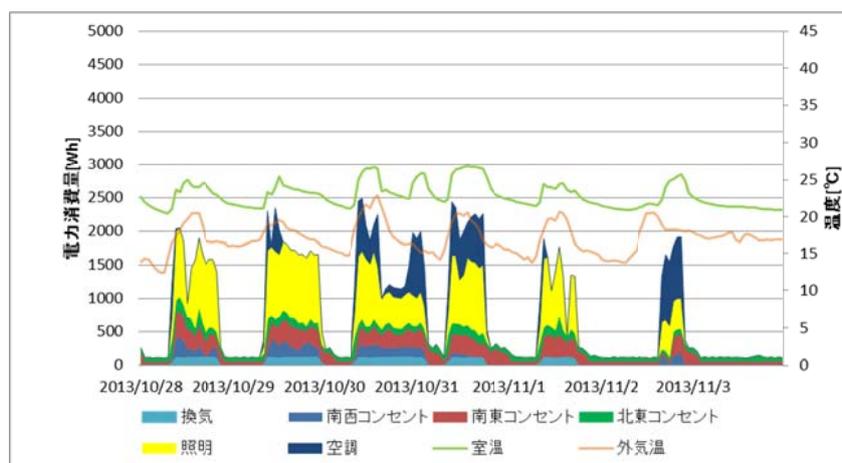


図 2.109 各機器の電力消費量(2013年10月28日～11月3日)

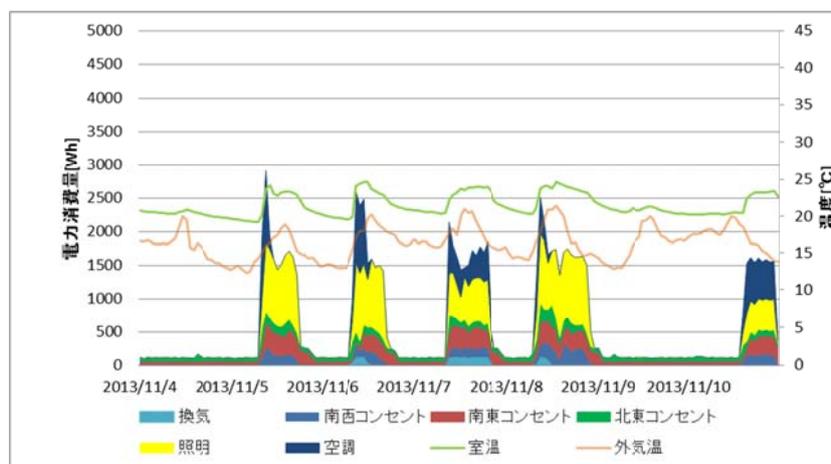


図 2.110 各機器の電力消費量(2013年11月4日～11月10日)

## 2.3 暖房期間，中間期の測定結果

### (1)外部気象条件

外部気象条件の測定結果（月別）を図 2.111～図 2.128 に示す。

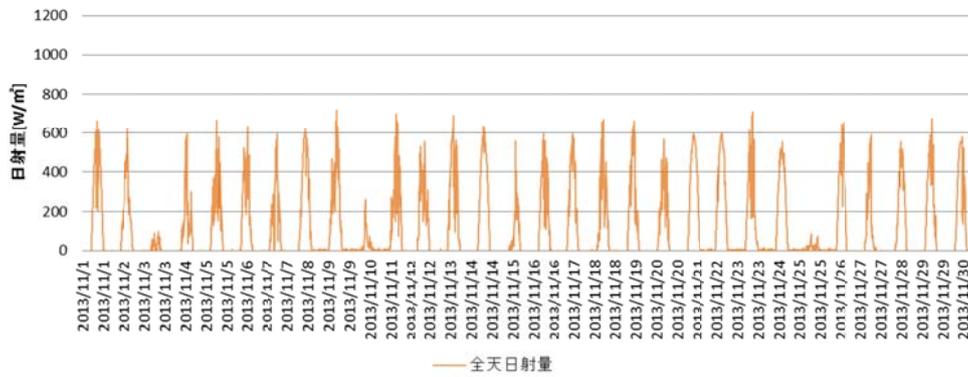


図 2.111 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の全天日射量の測定結果(2013 年 11 月)

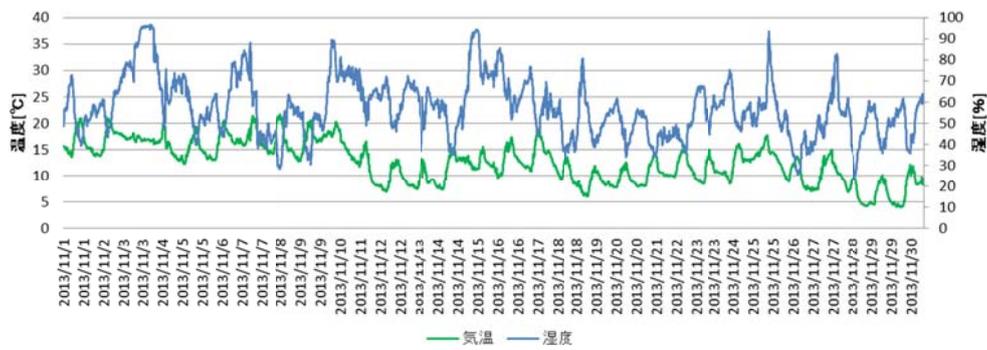


図 2.112 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の外気温・相対湿度の測定結果 (2013 年 11 月)

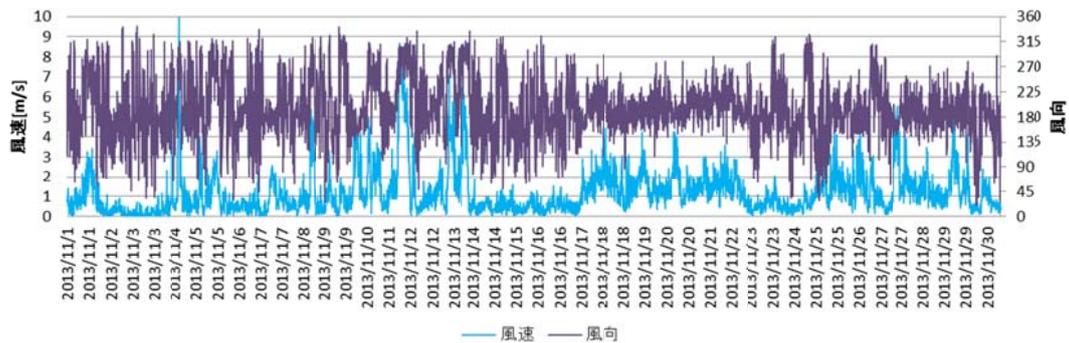


図 2.113 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の風向風速の測定結果(2013 年 11 月)

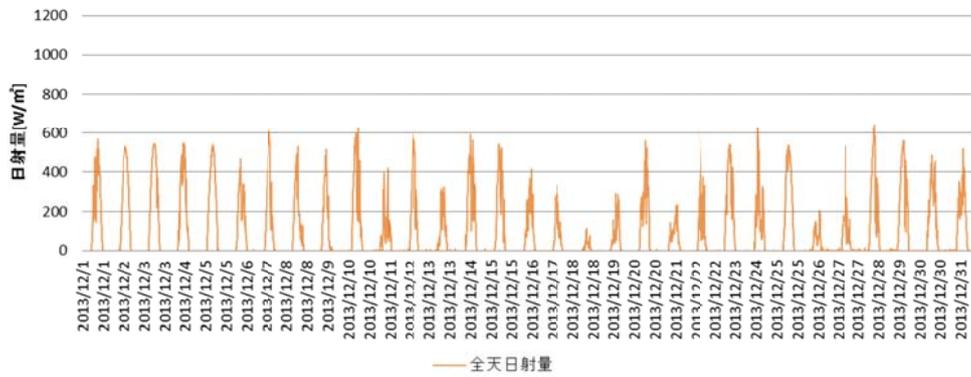


図 2.114 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の全天日射量の測定結果(2013 年 12 月)

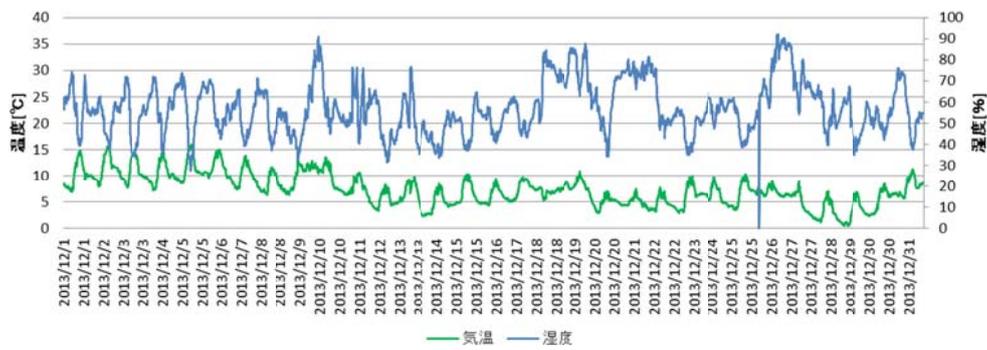


図 2.115 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の外気温・相対湿度の測定結果 (2013 年 12 月)

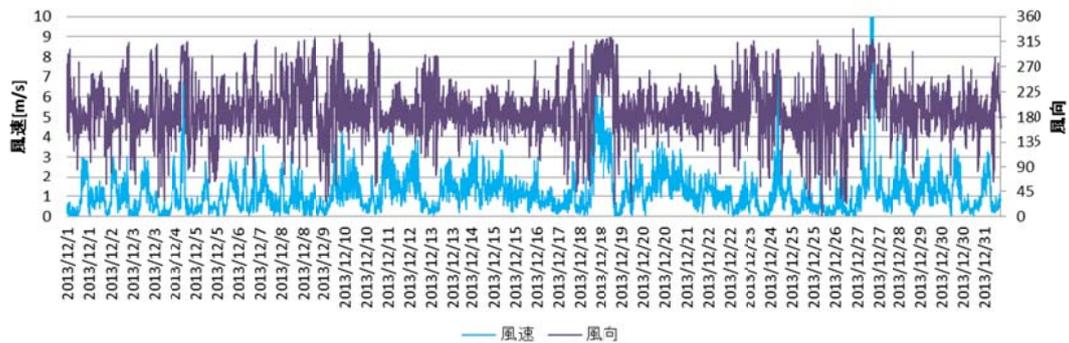


図 2.116 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の風向風速の測定結果(2013 年 12 月)

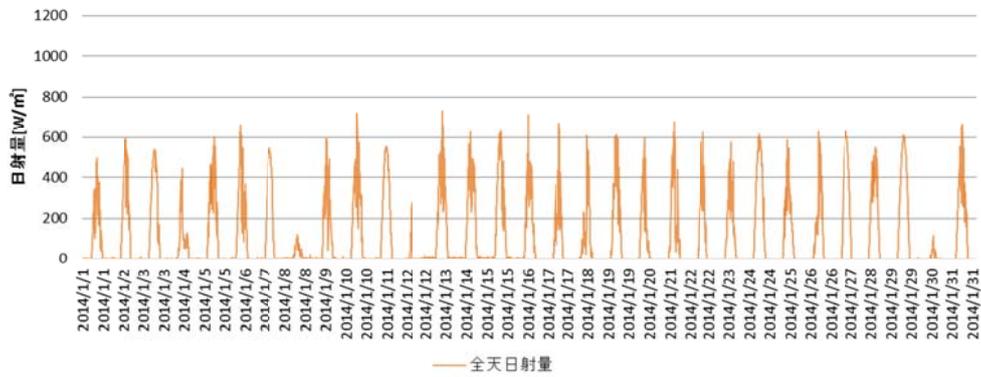


図 2.117 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の全天日射量の測定結果(2014 年 1 月)

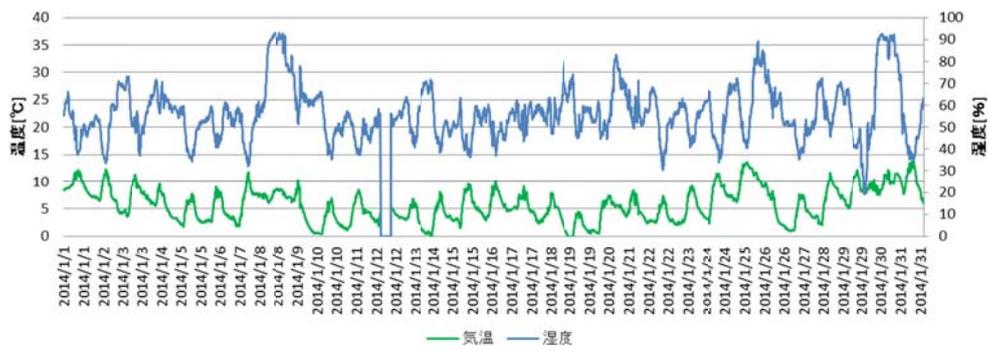


図 2.118 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の外気温・相対湿度の測定結果 (2014 年 1 月)

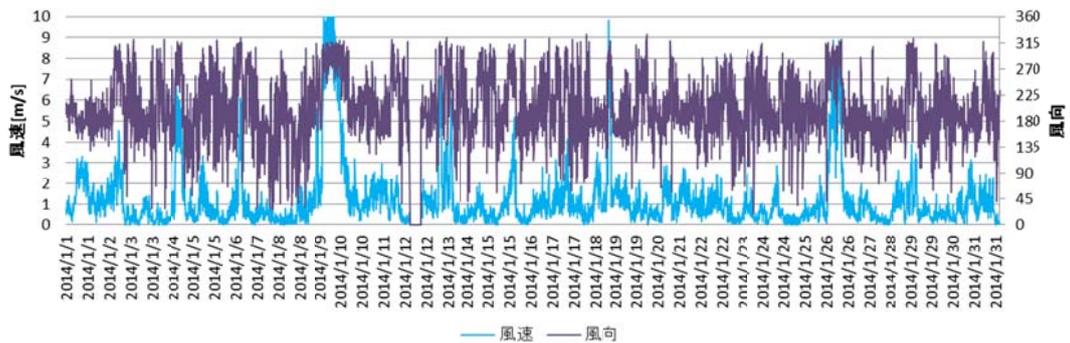


図 2.119 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の風向風速の測定結果(2014 年 1 月)

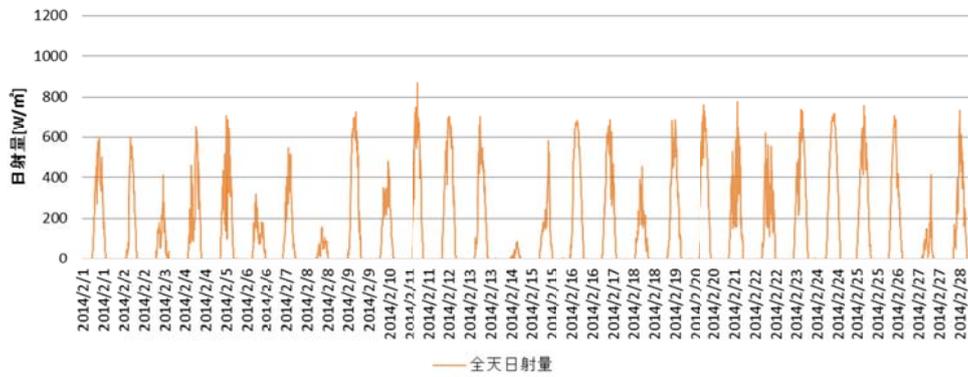


図 2.120 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の全天日射量の測定結果(2014 年 2 月)

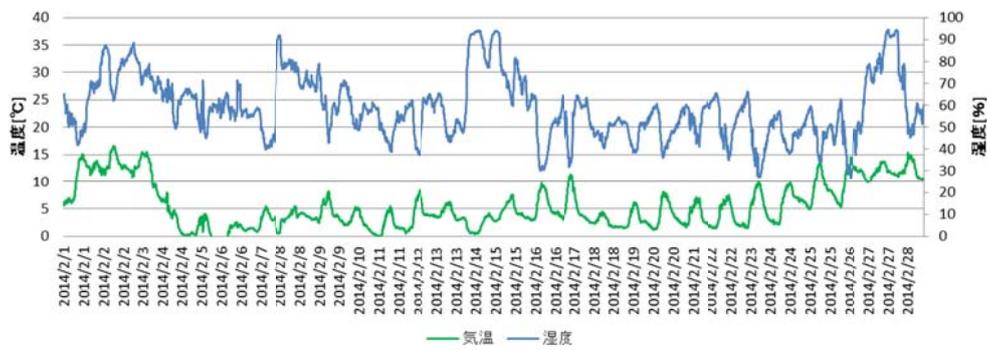


図 2.121 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の外気温・相対湿度の測定結果 (2014 年 2 月)

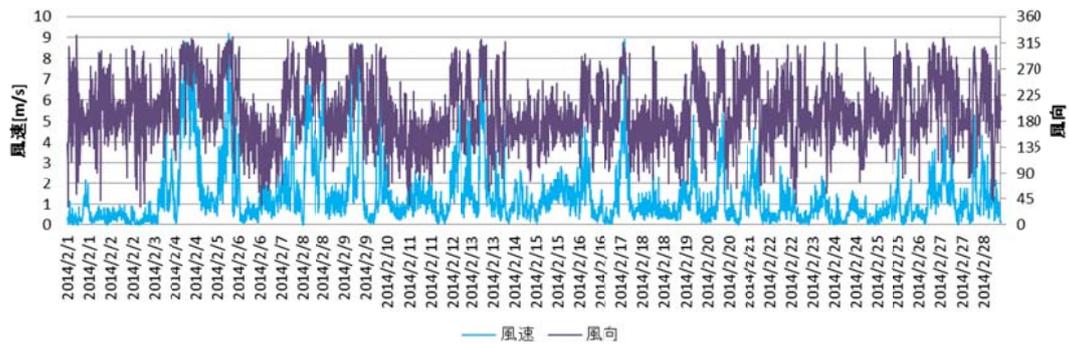


図 2.122 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の風向風速の測定結果(2014 年 2 月)

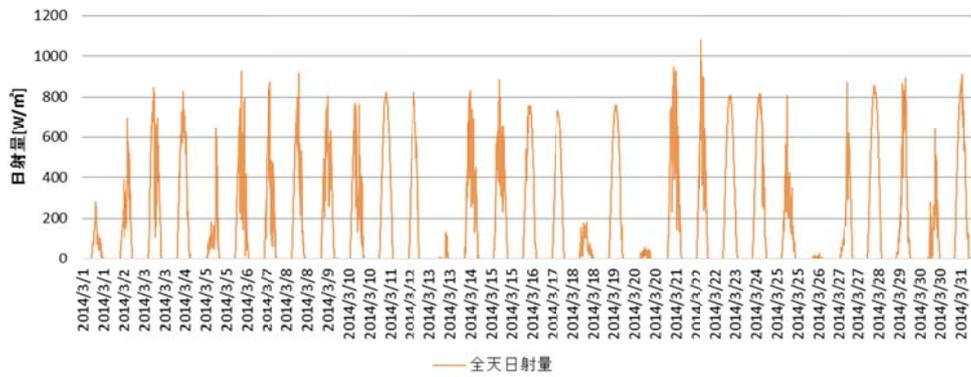


図 2.123 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の全天日射量の測定結果(2014 年 3 月)

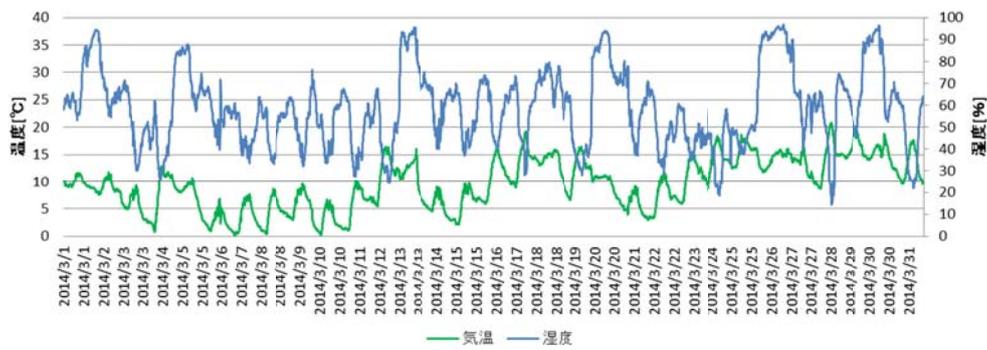


図 2.124 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の外気温・相対湿度の測定結果 (2014 年 3 月)

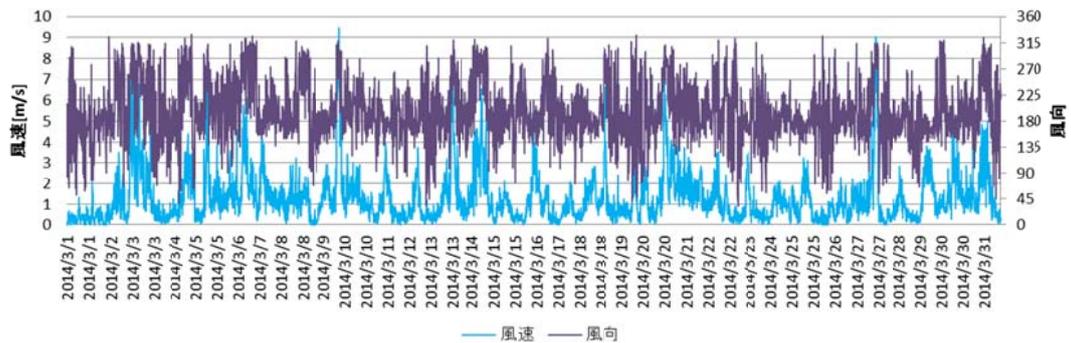


図 2.125 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の風向風速の測定結果(2014 年 3 月)

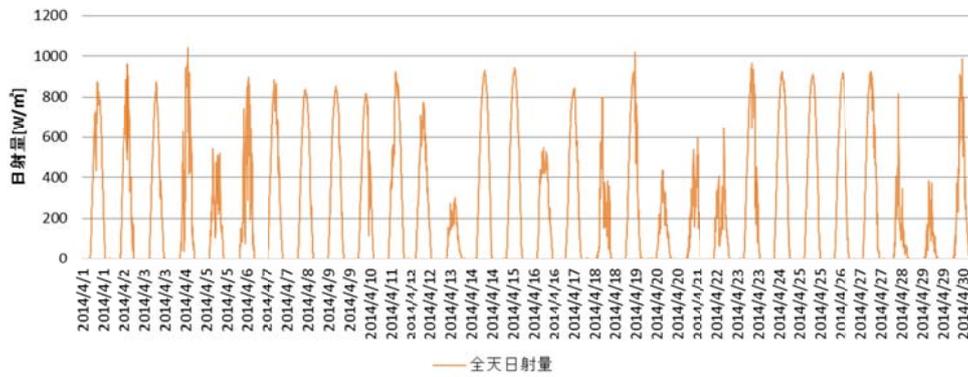


図 2.126 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の全天日射量の測定結果(2014 年 4 月)

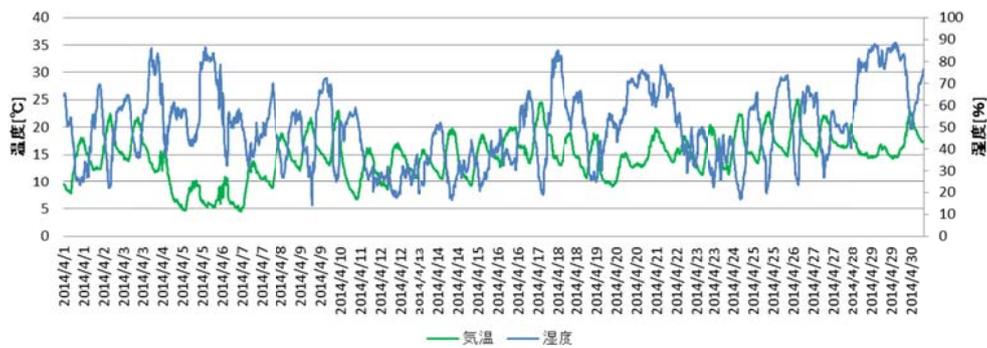


図 2.127 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の外気温・相対湿度の測定結果 (2014 年 4 月)

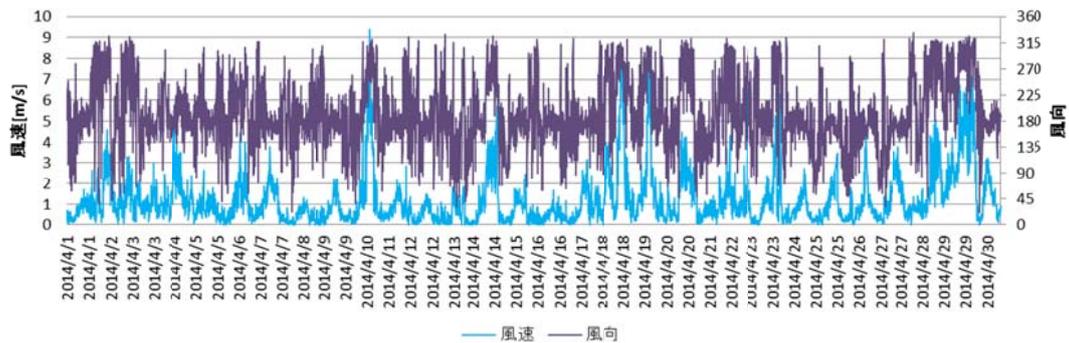


図 2.128 神戸大学自然科学総合研究棟 3 号館屋上の風向風速の測定結果(2014 年 4 月)

## (2)表面温度

屋外及び室内表面温度の測定結果(週別)を図 2.129～図 2.201 に示す。屋外表面温度は晴天日の日中に日射の影響を受けて 20℃以上の高温になるが、南側建物による日射遮蔽の影響を受けている。日中の室内表面温度は高温を保っており断熱の効果が確認される。た

だし、空調機の稼働時には室温との差が 2~3℃あり、熱流は屋外へ流出している。北側内壁面と天井面も若干低温であるが、室温との差は外壁面より小さい。外壁面の内側温度は、南側外壁面(中空)、南側外壁面(構造)、東側外壁面の順に低くなる。壁体の断熱材やプラスチックボードの厚さが同じである場合は熱伝導率の高いコンクリートの厚さが小さいほど熱を伝えやすいからである。

窓面（内側）温度は晴天日の日中の短い時間に日射の影響を受けて一時的に 30℃前後と高温になり、室温は空調によって 23℃前後に保たれることからその差は 7℃程度になる。

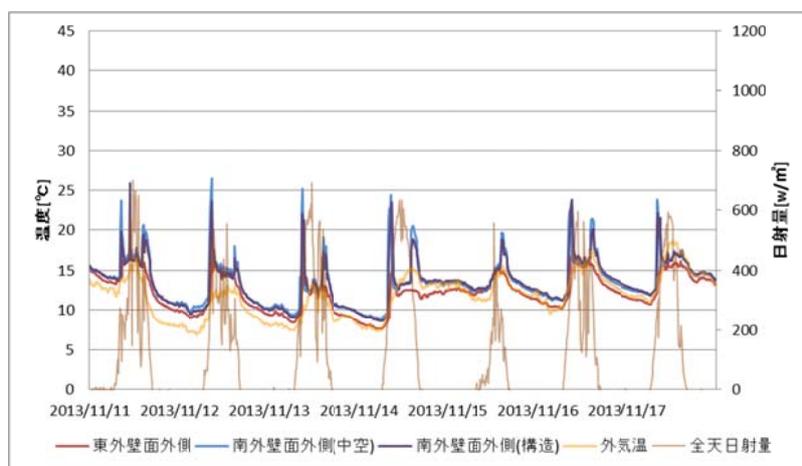


図 2.129 屋外表面温度(2013 年 11 月 11 日~11 月 17 日)

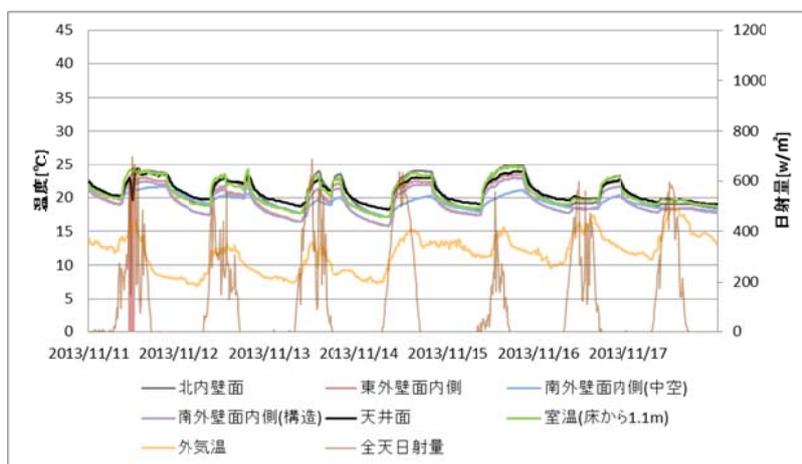


図 2.130 室内表面温度(壁面)(2013 年 11 月 11 日~11 月 17 日)

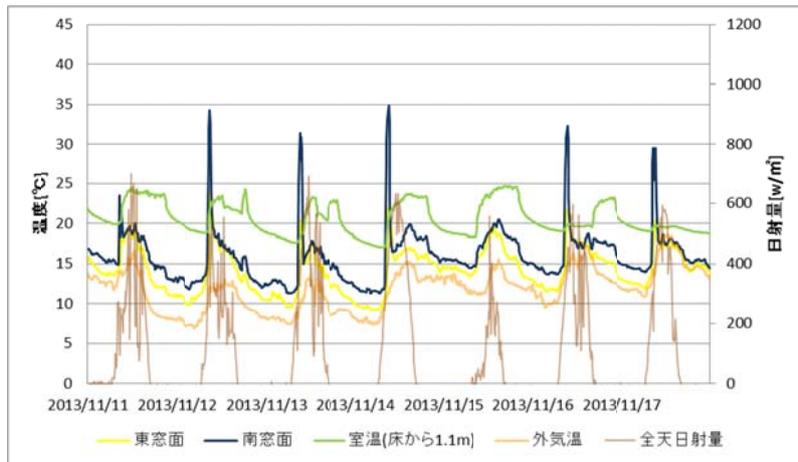


図 2.131 室内表面温度(窓面)(2013 年 11 月 11 日～11 月 17 日)

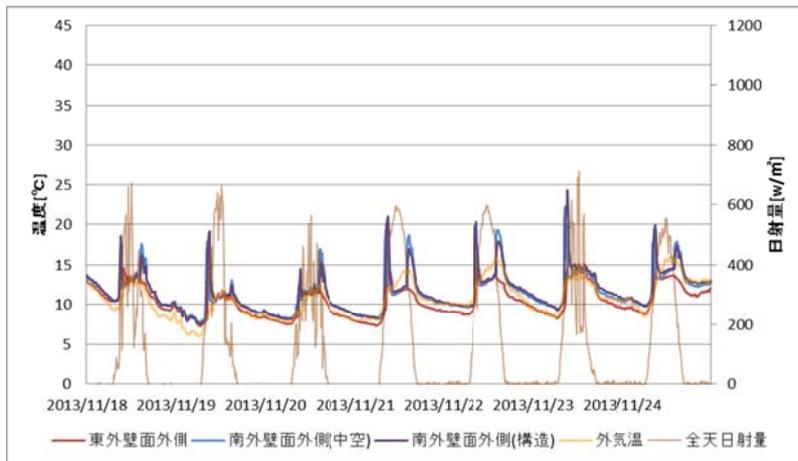


図 2.132 屋外表面温度(2013 年 11 月 18 日～11 月 24 日)

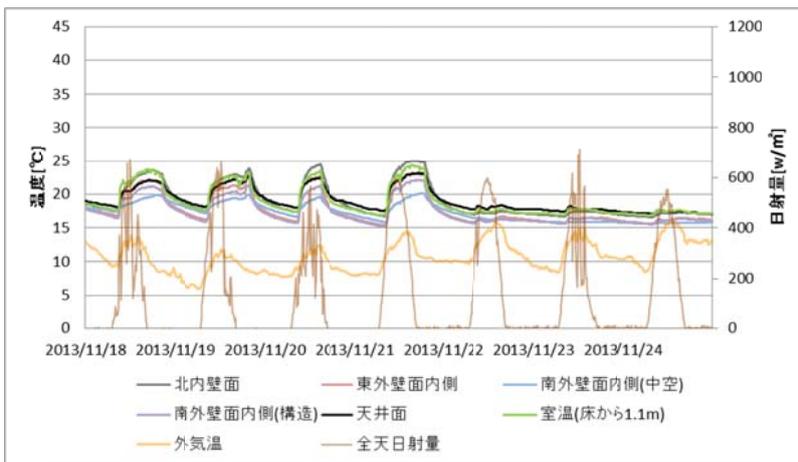


図 2.133 室内表面温度(壁面)(2013 年 11 月 18 日～11 月 24 日)

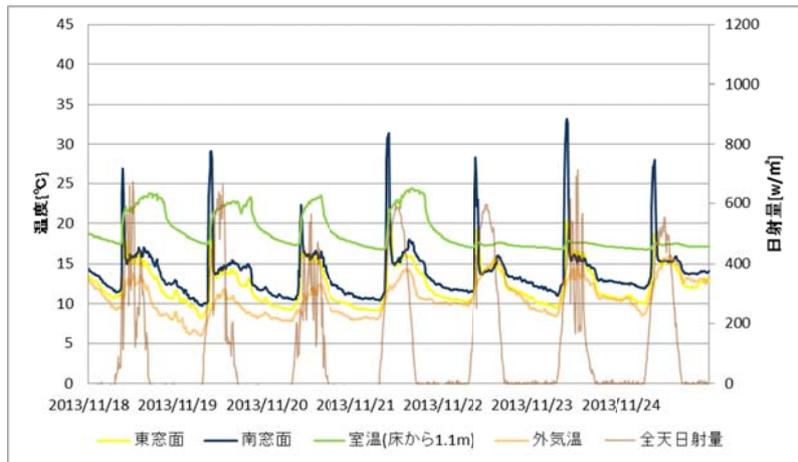


図 2.134 室内表面温度(窓面)(2013 年 11 月 18 日～11 月 24 日)

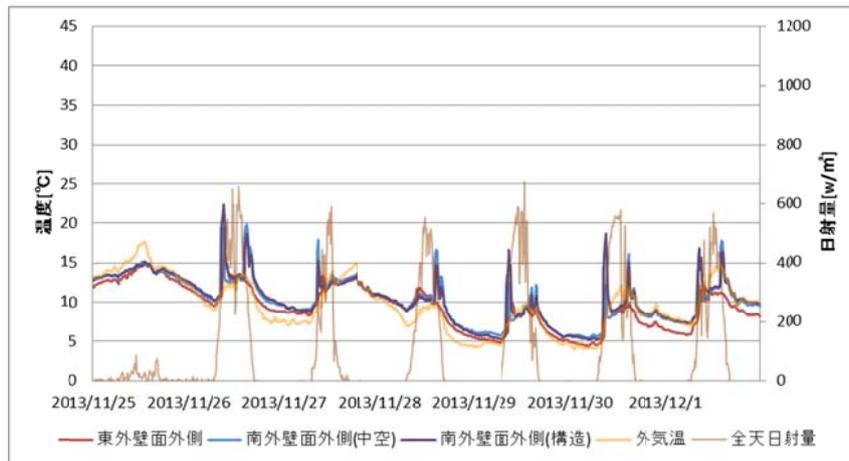


図 2.135 屋外表面温度(2013 年 11 月 25 日～12 月 1 日)

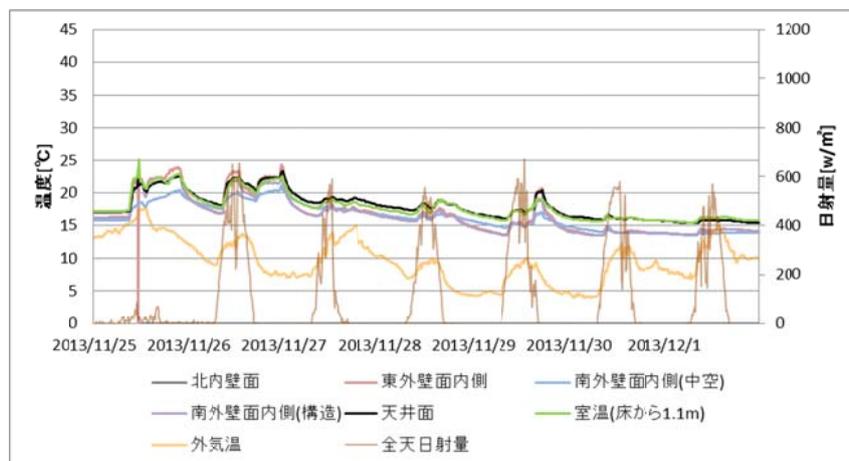


図 2.136 室内表面温度(壁面)(2013 年 11 月 25 日～12 月 1 日)

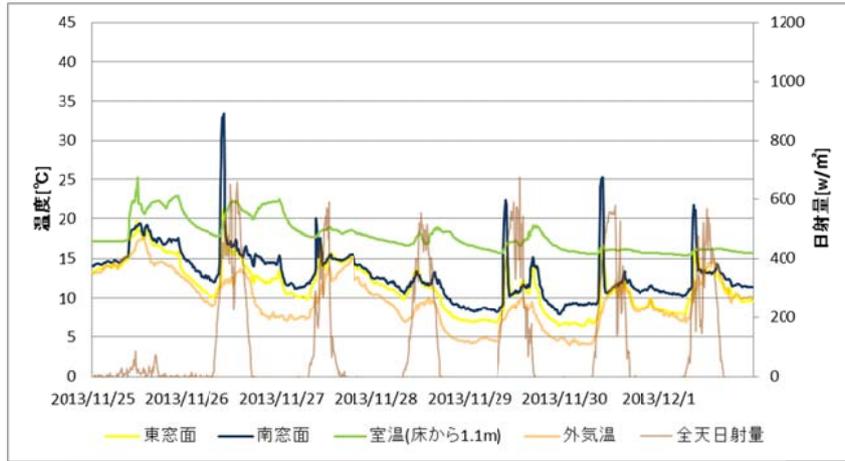


図 2.137 室内表面温度(窓面)(2013年11月25日~12月1日)

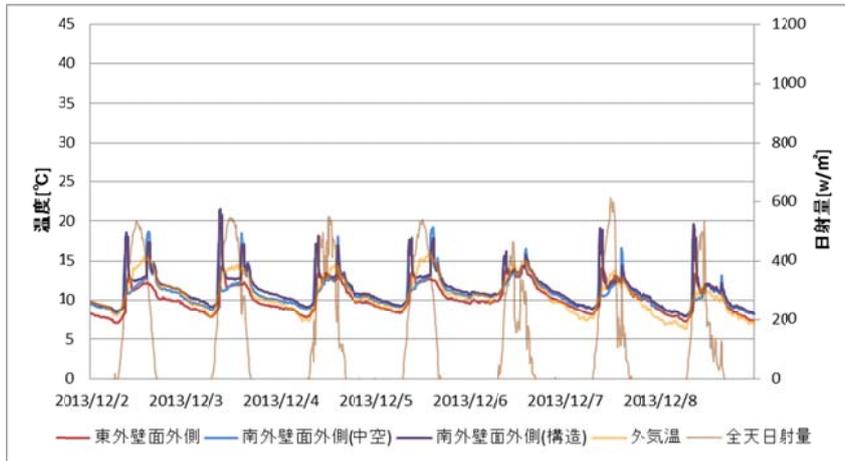


図 2.138 屋外表面温度(2013年12月2日~12月8日)

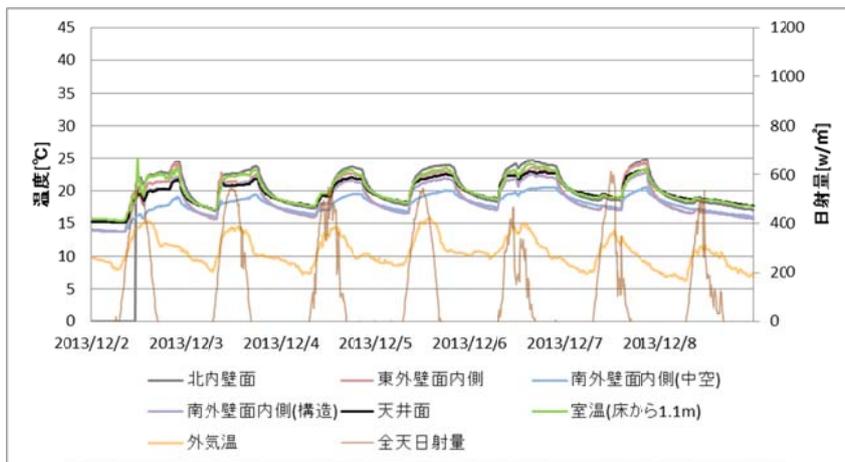


図 2.139 室内表面温度(壁面)(2013年12月2日~12月8日)

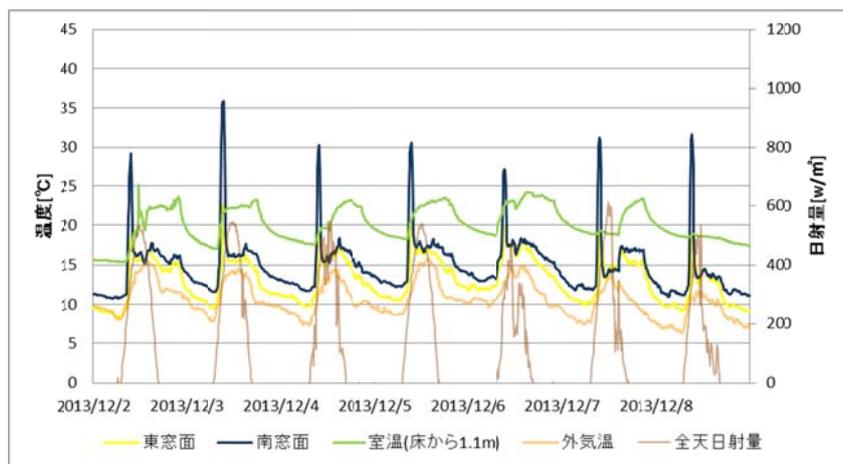


図 2.140 室内表面温度(窓面)(2013年12月2日~12月8日)

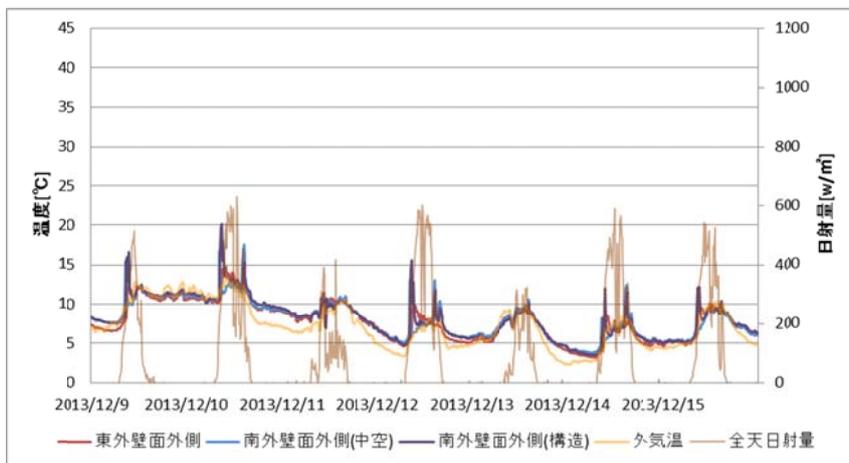


図 2.141 屋外表面温度(2013年12月9日~12月15日)

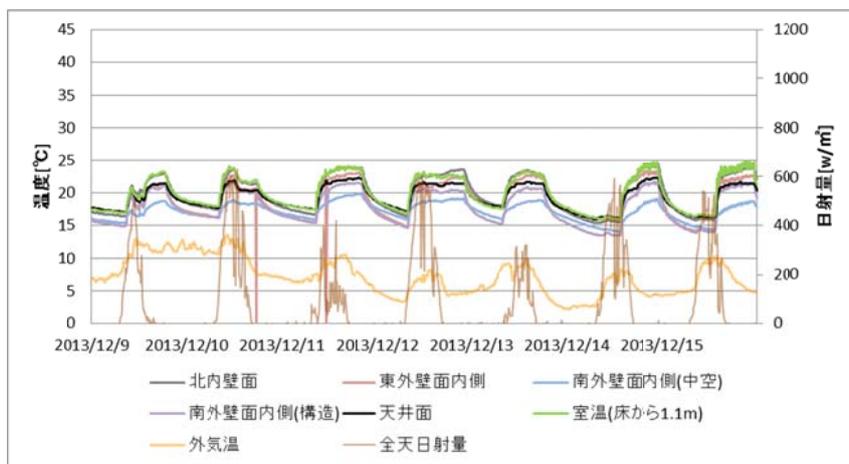


図 2.142 室内表面温度(壁面)(2013年12月9日~12月15日)

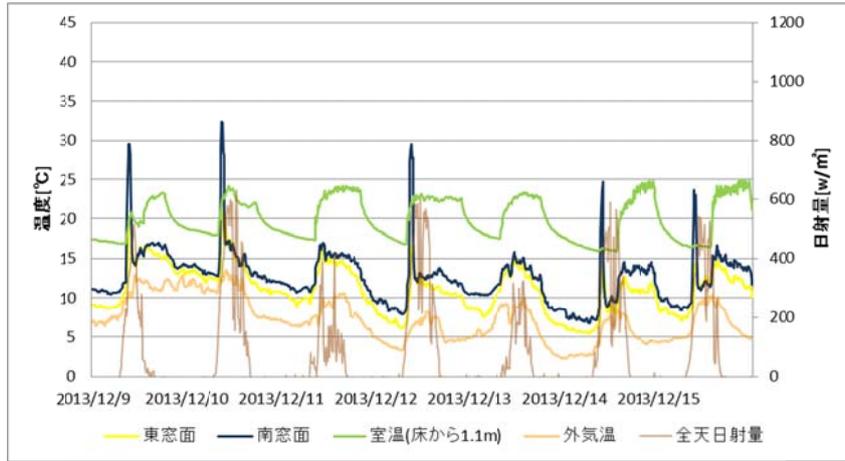


図 2.143 室内表面温度(窓面)(2013年12月9日~12月15日)

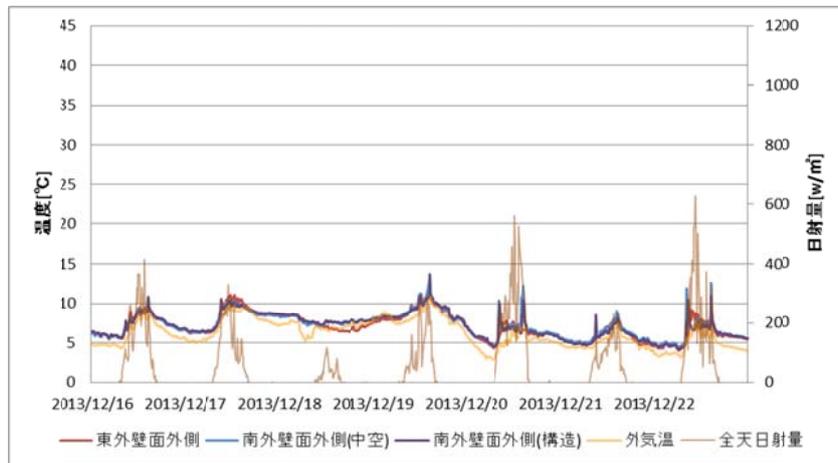


図 2.144 屋外表面温度(2013年12月16日~12月22日)

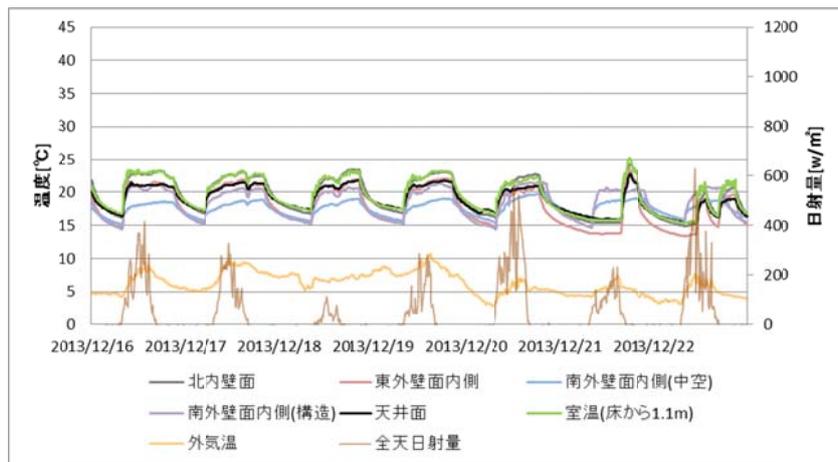


図 2.145 室内表面温度(壁面)(2013年12月16日~12月22日)

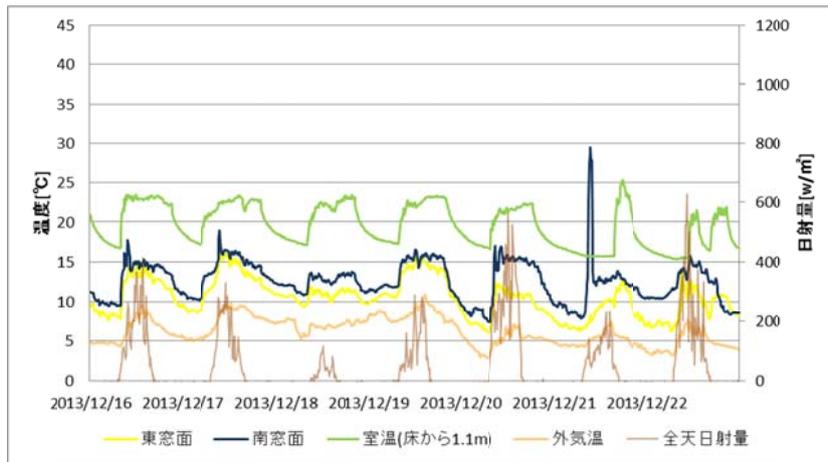


図 2.146 室内表面温度(窓面)(2013 年 12 月 16 日～12 月 22 日)

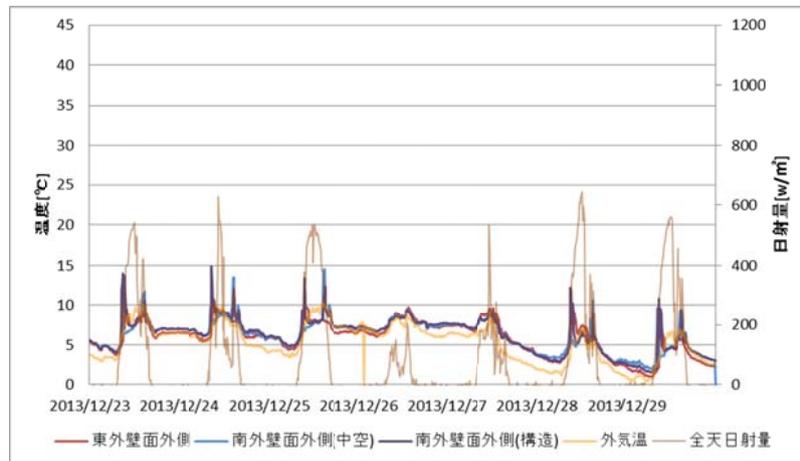


図 2.147 屋外表面温度(2013 年 12 月 23 日～12 月 29 日)

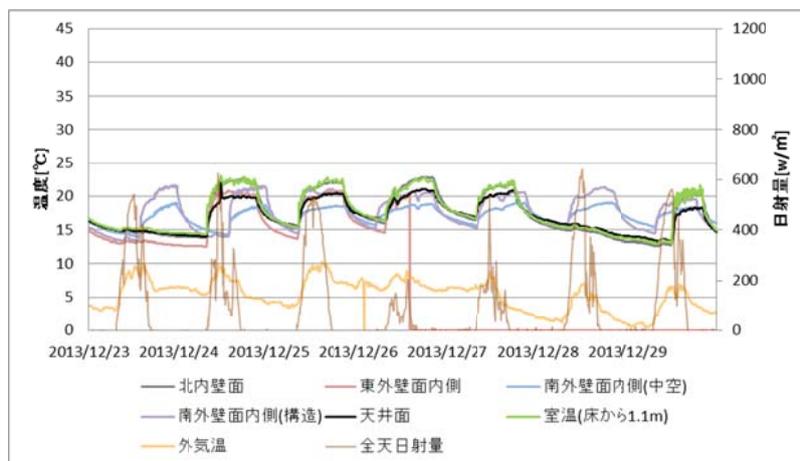


図 2.148 室内表面温度(壁面)(2013 年 12 月 23 日～12 月 29 日)

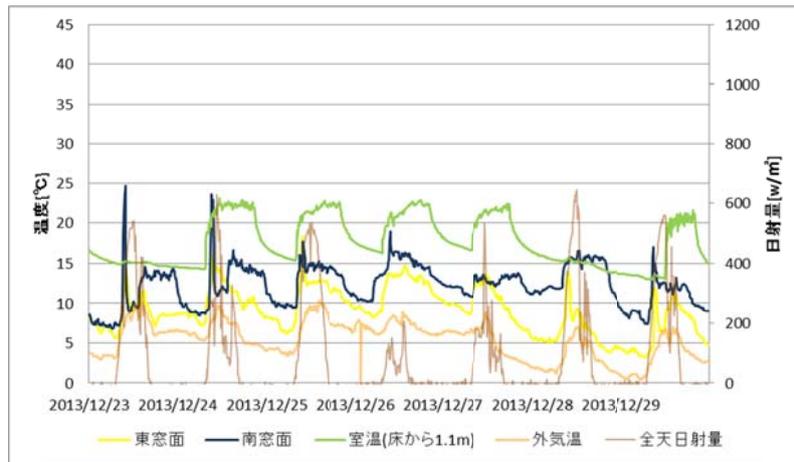


図 2.149 室内表面温度(窓面)(2013 年 12 月 23 日～12 月 29 日)

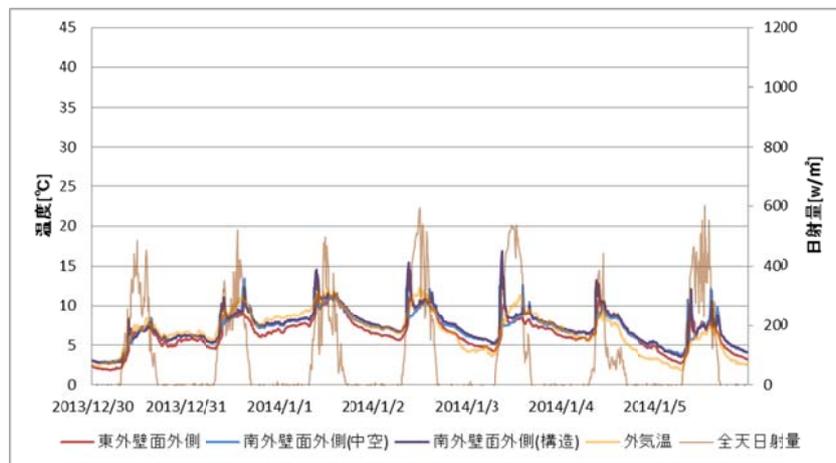


図 2.150 屋外表面温度(2013 年 12 月 30 日～2014 年 1 月 5 日)

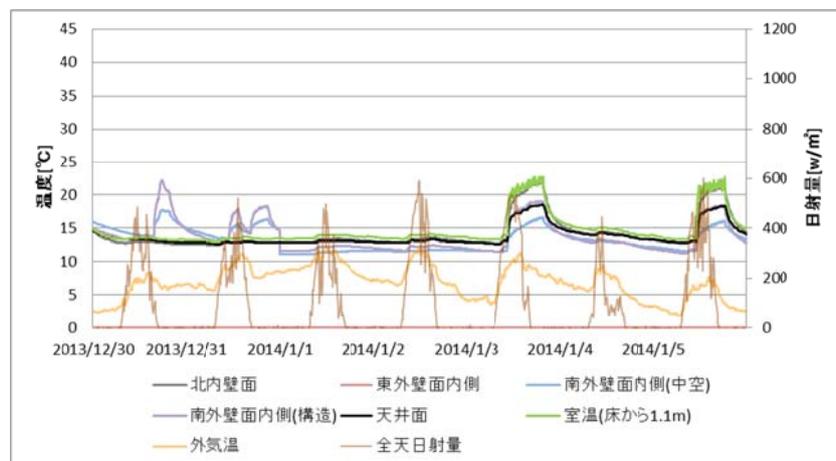


図 2.151 室内表面温度(壁面)(2013 年 12 月 30 日～2014 年 1 月 5 日)

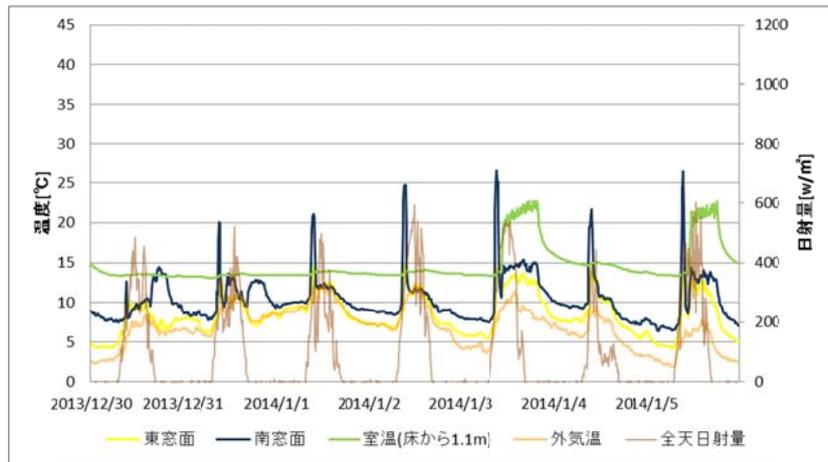


図 2.152 室内表面温度(窓面)(2013年12月30日~2014年1月5日)

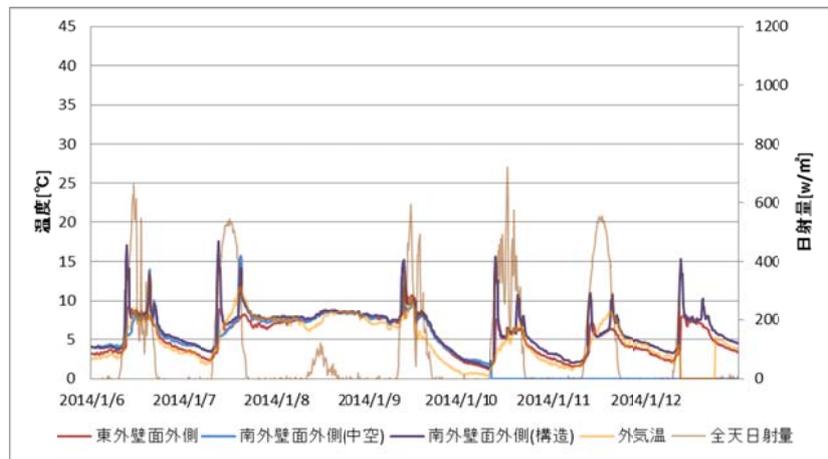


図 2.153 屋外表面温度(2014年1月6日~1月12日)

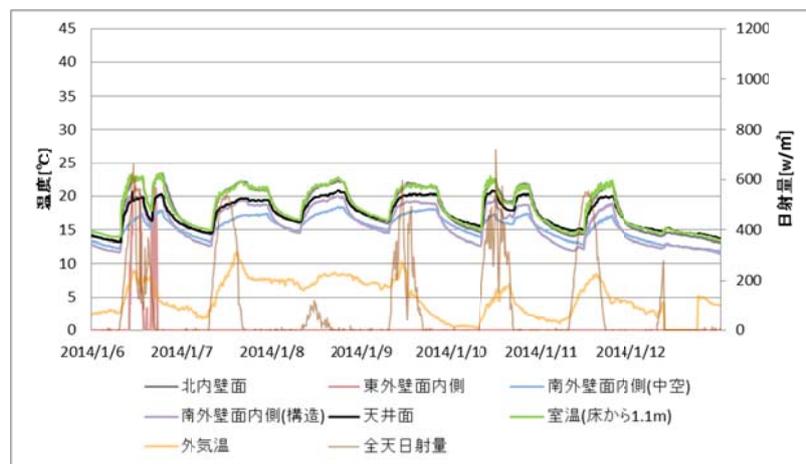


図 2.154 室内表面温度(壁面)(2014年1月6日~1月12日)

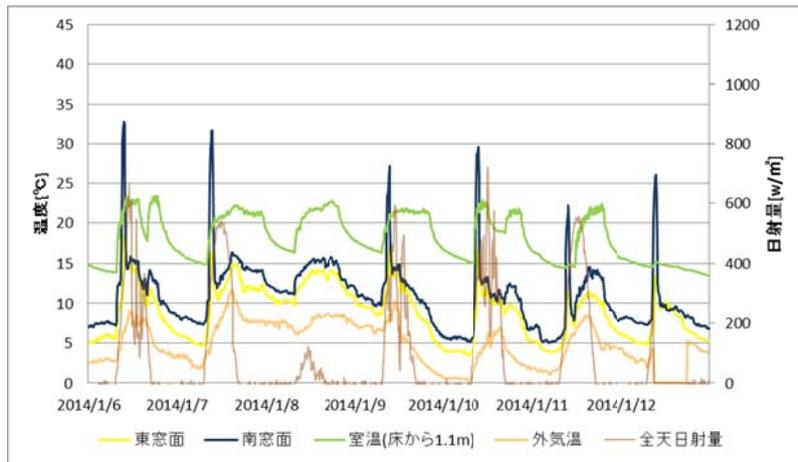


図 2.155 室内表面温度(窓面)(2014年1月6日~1月12日)

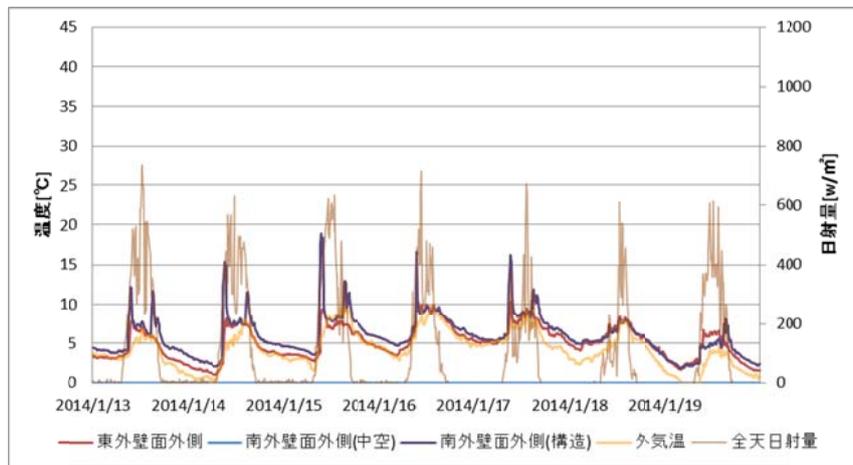


図 2.156 屋外表面温度(2014年1月13日~1月19日)

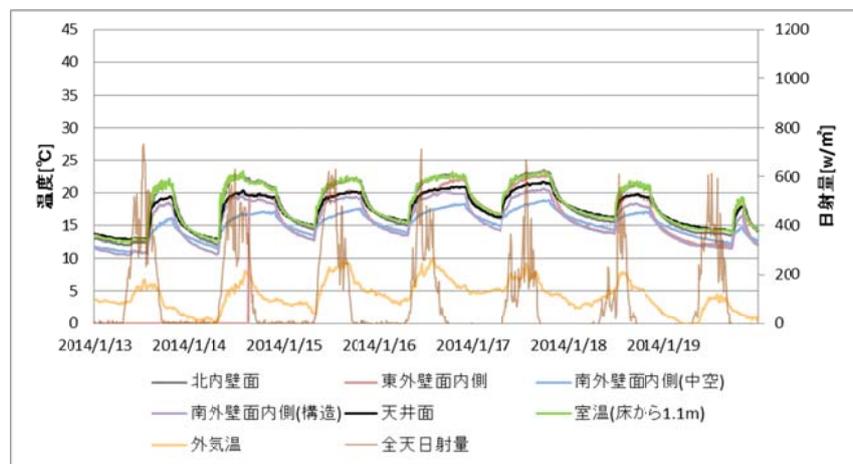


図 2.157 室内表面温度(壁面)(2014年1月13日~1月19日)

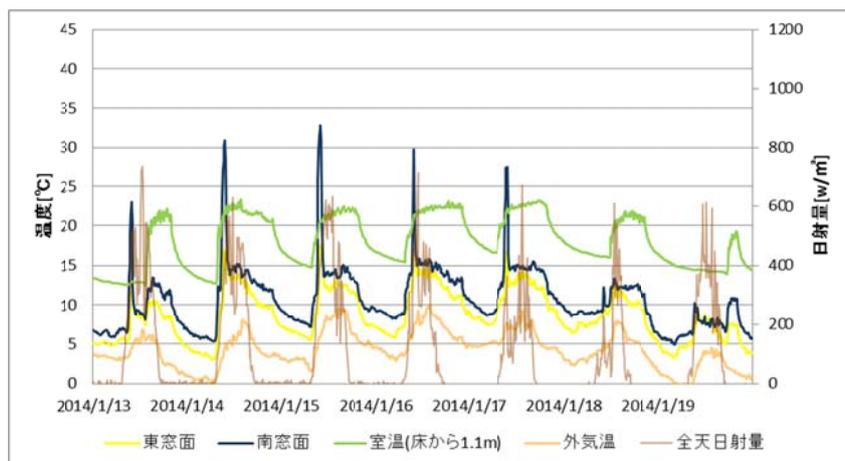


図 2.158 室内表面温度(窓面)(2014年1月13日～1月19日)

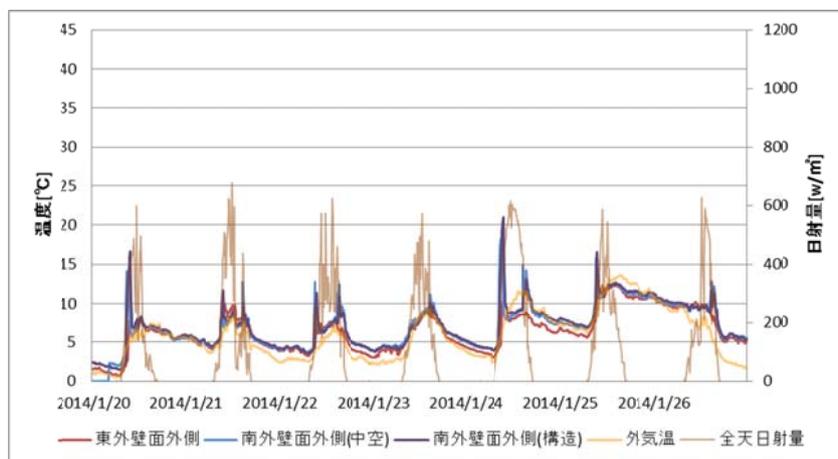


図 2.159 屋外表面温度(2014年1月20日～1月26日)

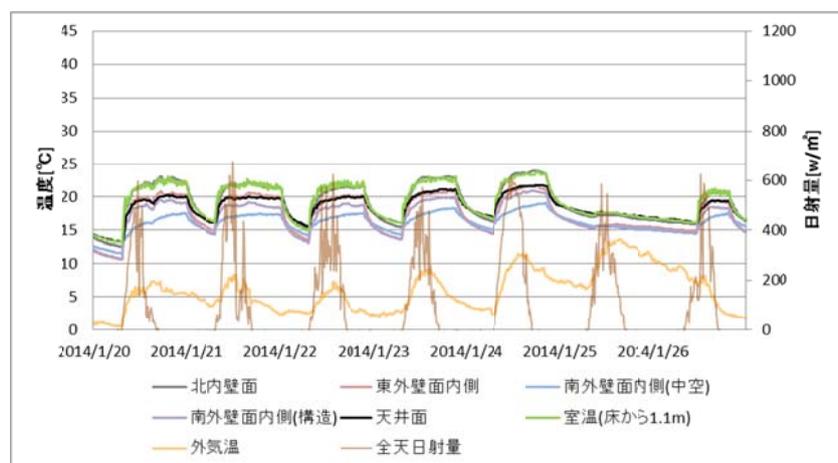


図 2.160 室内表面温度(壁面)(2014年1月20日～1月26日)

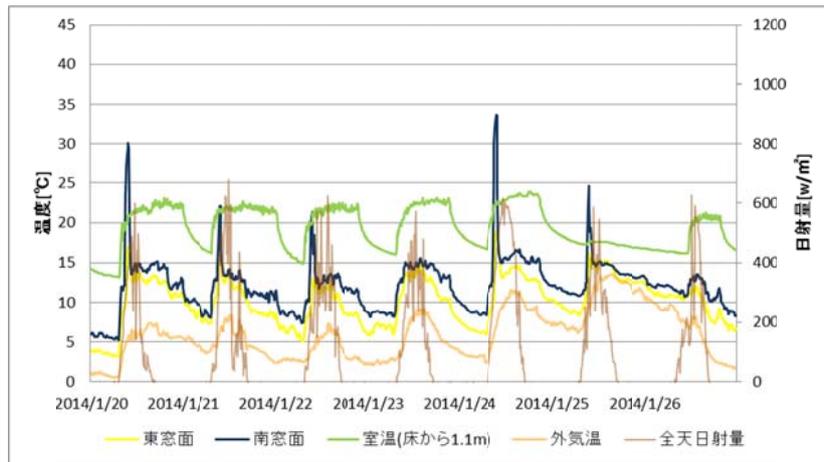


図 2.161 室内表面温度(窓面)(2014年1月20日~1月26日)

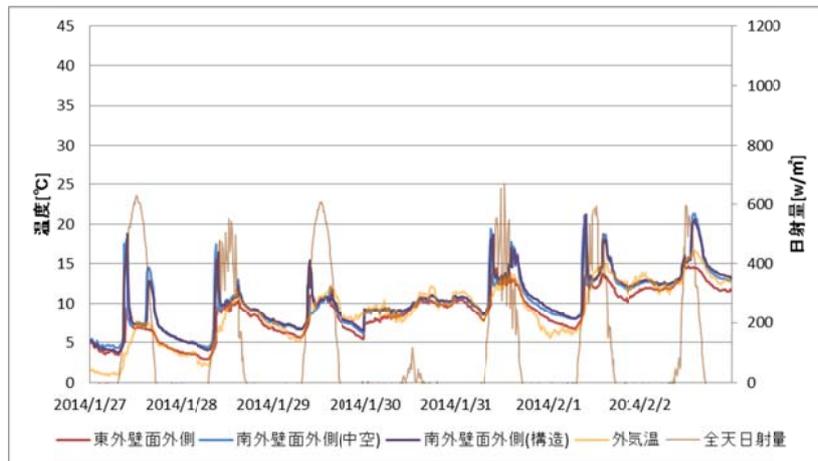


図 2.162 屋外表面温度(2014年1月27日~2月2日)

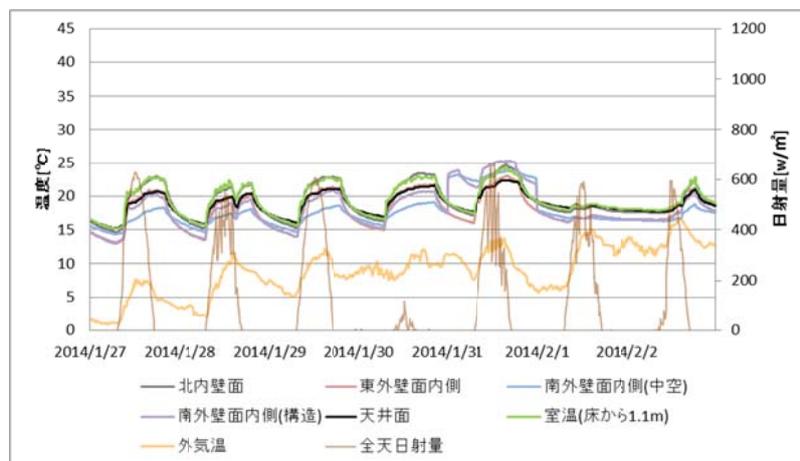


図 2.163 室内表面温度(壁面)(2014年1月27日~2月2日)

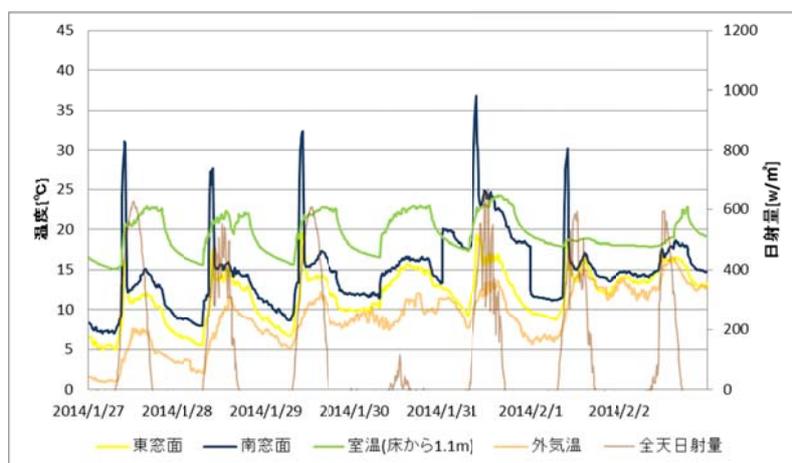


図 2.164 室内表面温度(窓面)(2014年1月27日~2月2日)

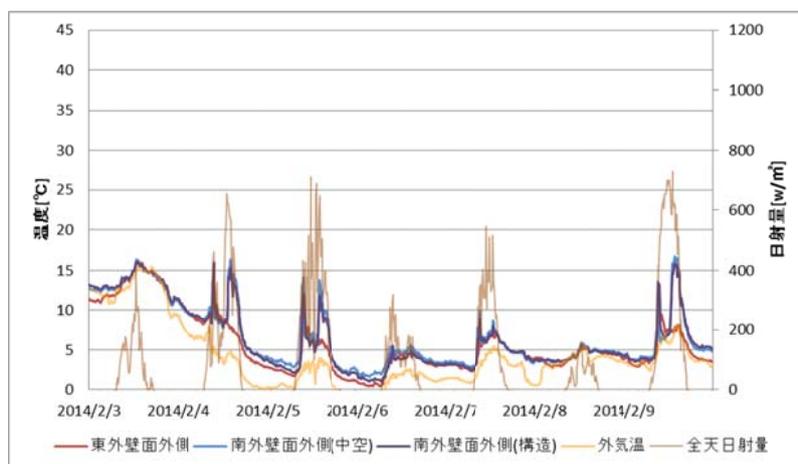


図 2.165 屋外表面温度(2014年2月3日~2月9日)

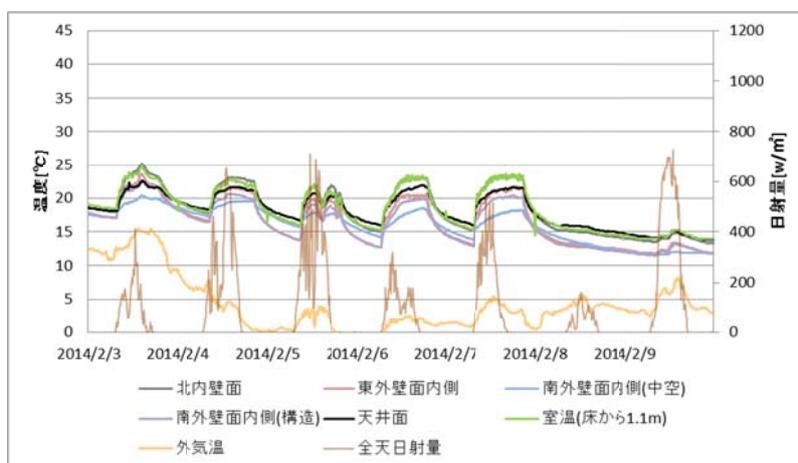


図 2.166 室内表面温度(壁面)(2014年2月3日~2月9日)

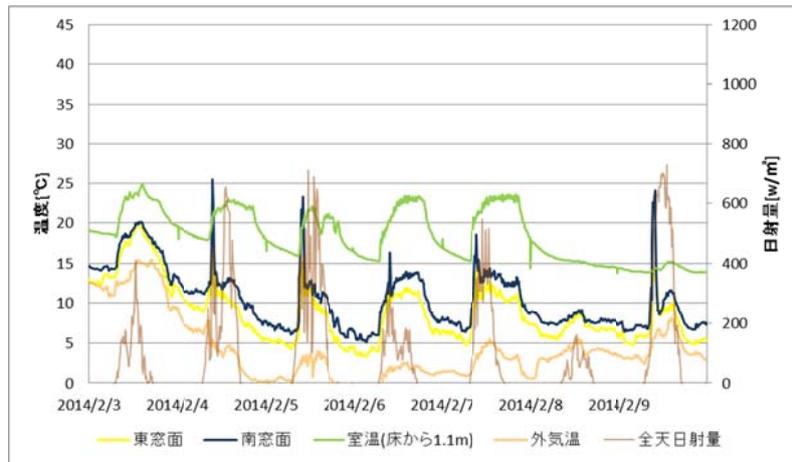


図 2.167 室内表面温度(窓面)(2014年2月3日~2月9日)

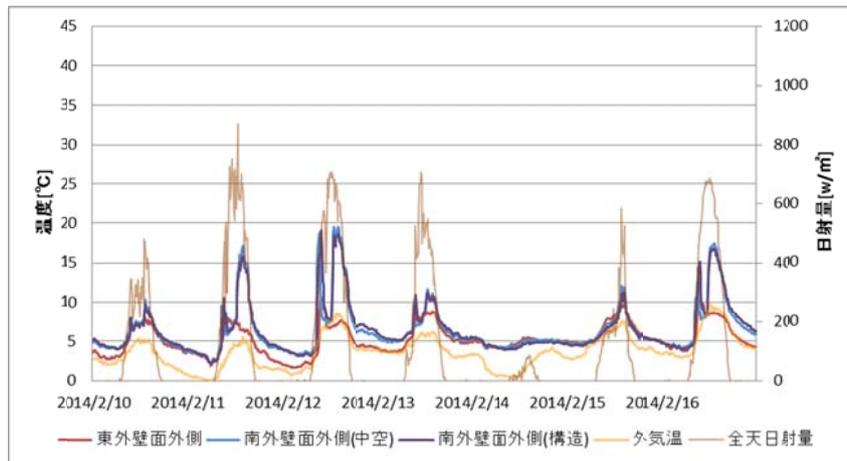


図 2.168 屋外表面温度(2014年2月10日~2月16日)

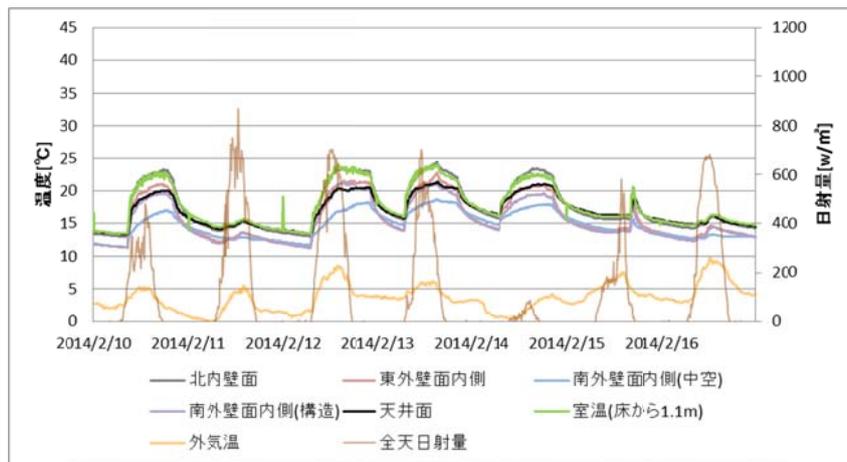


図 2.169 室内表面温度(壁面)(2014年2月10日~2月16日)

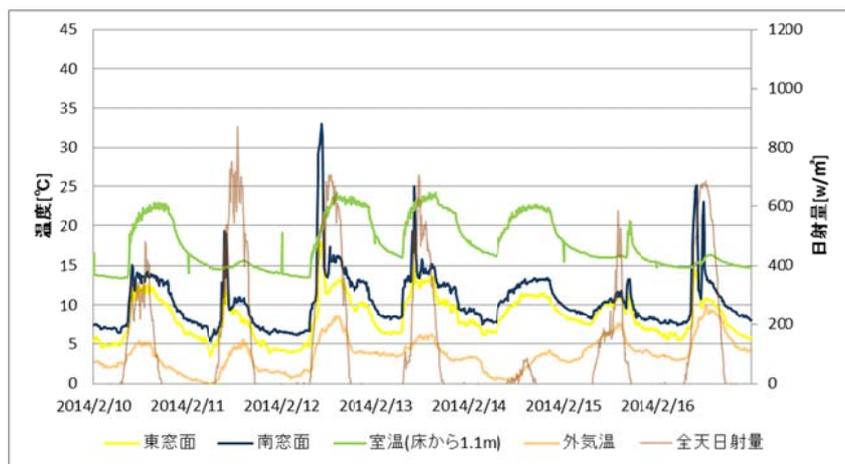


図 2.170 室内表面温度(窓面)(2014年2月10日~2月16日)

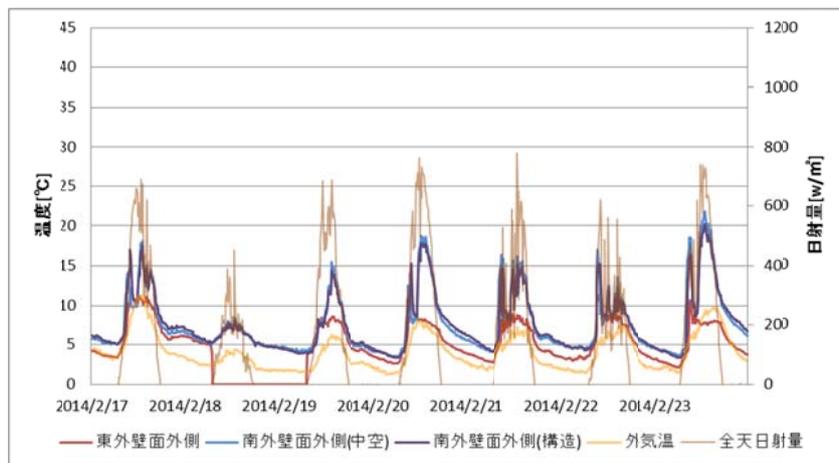


図 2.171 屋外表面温度(2014年2月17日~2月23日)

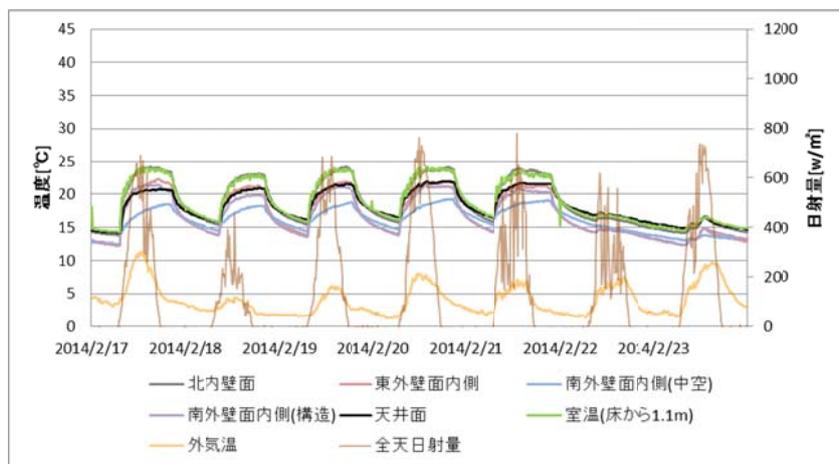


図 2.172 室内表面温度(壁面)(2014年2月17日~2月23日)

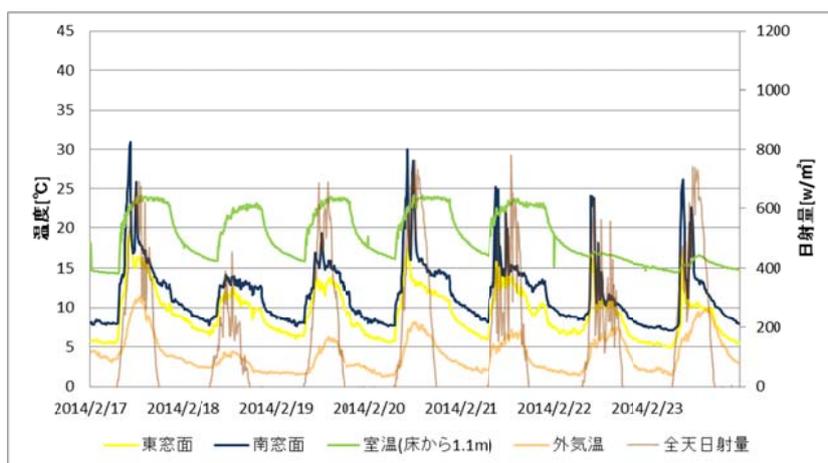


図 2.173 室内表面温度(窓面)(2014年2月17日~2月23日)

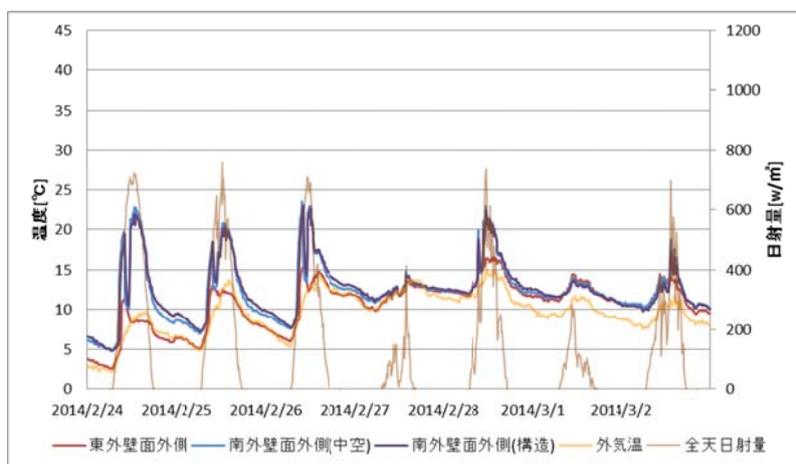


図 2.174 屋外表面温度(2014年2月24日~3月2日)

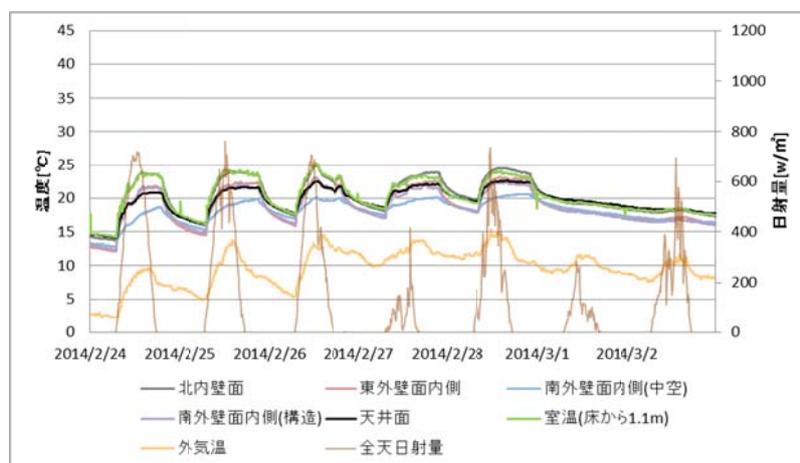


図 2.175 室内表面温度(壁面)(2014年2月24日~3月2日)

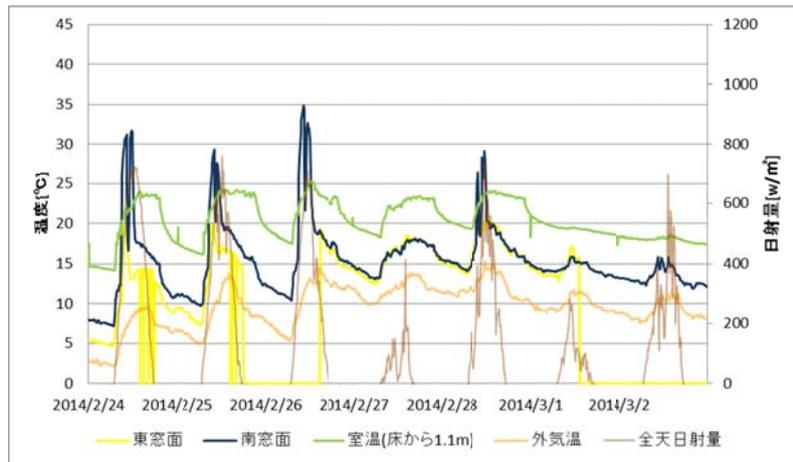


図 2.176 室内表面温度(窓面)(2014年2月24日~3月2日)

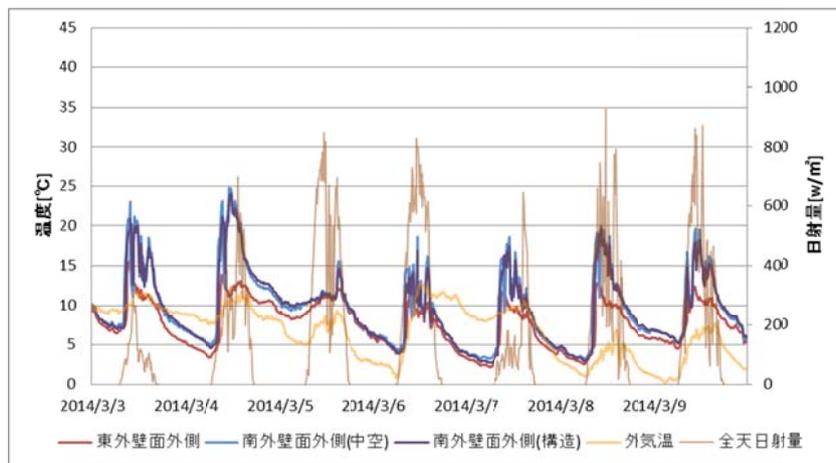


図 2.178 屋外表面温度(2014年3月3日~3月9日)

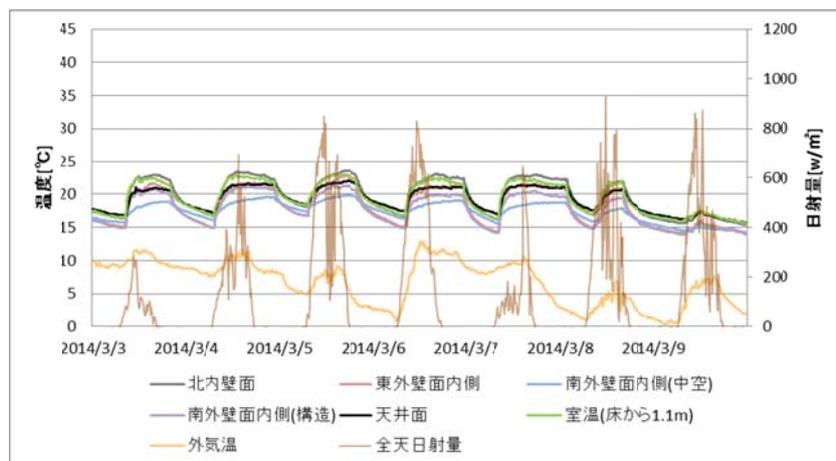


図 2.179 室内表面温度(壁面)(2014年3月3日~3月9日)

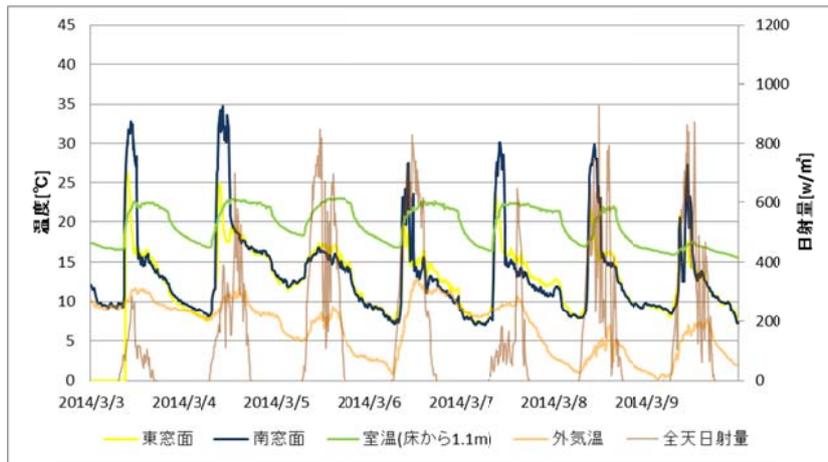


図 2.180 室内表面温度(窓面)(2014年3月3日~3月9日)

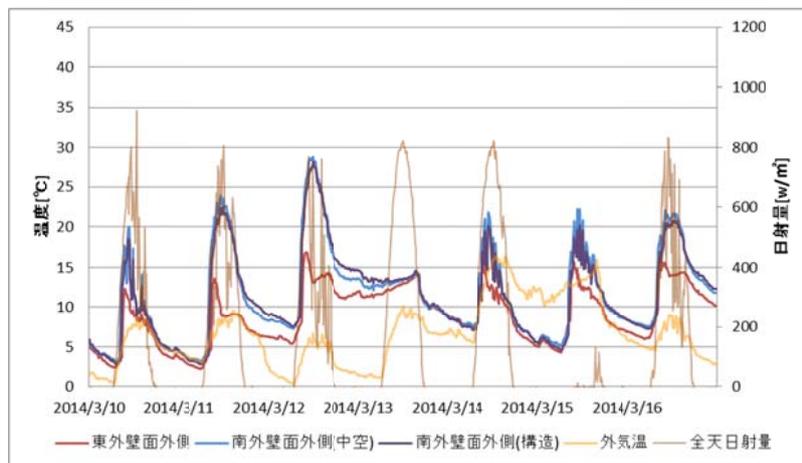


図 2.181 屋外表面温度(2014年3月10日~3月16日)

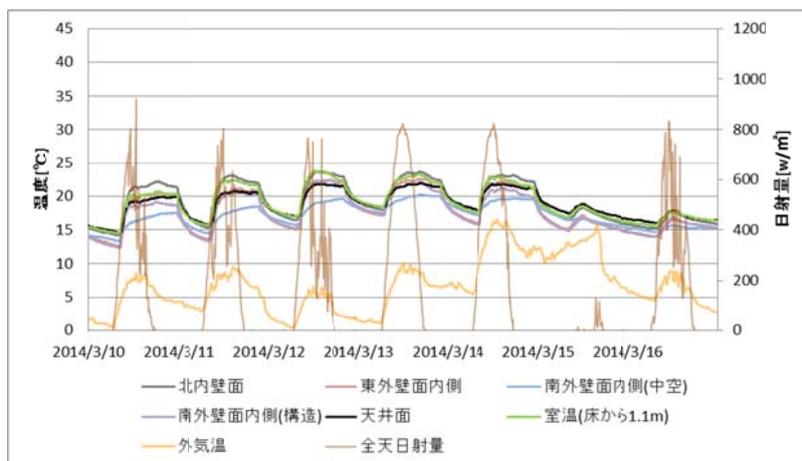


図 2.182 室内表面温度(壁面)(2014年3月10日~3月16日)

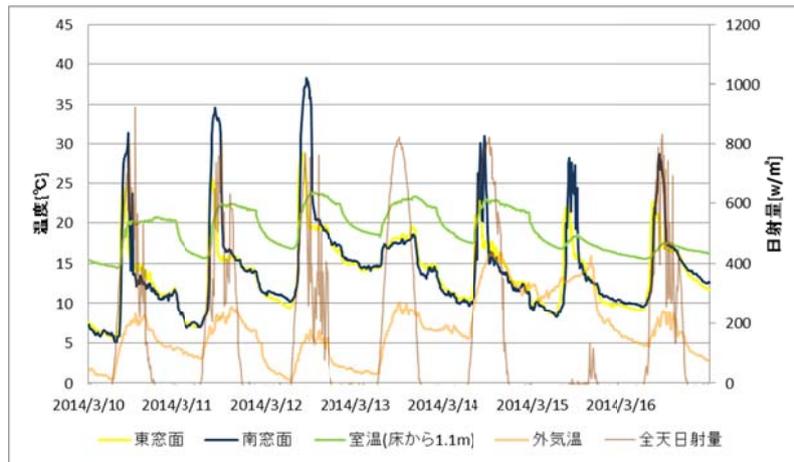


図 2.183 室内表面温度(窓面)(2014年3月10日~3月16日)

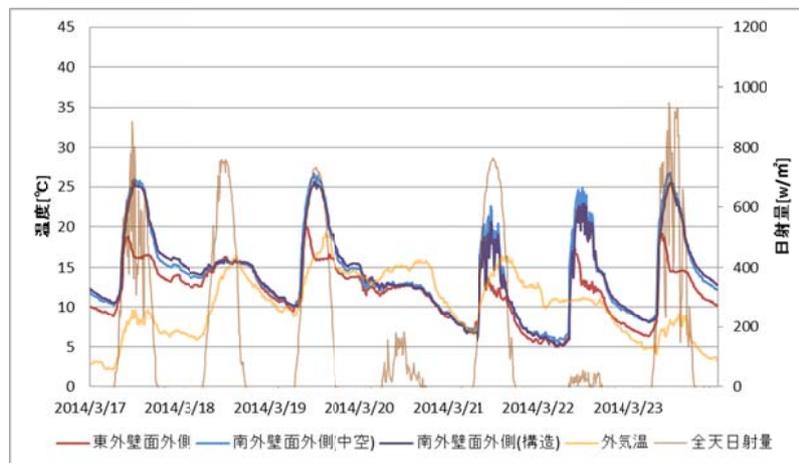


図 2.184 屋外表面温度(2014年3月17日~3月23日)

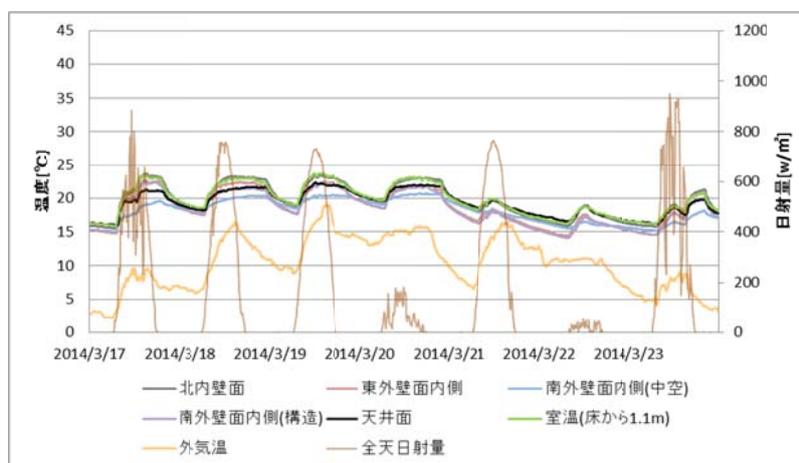


図 2.185 室内表面温度(壁面)(2014年3月17日~3月23日)

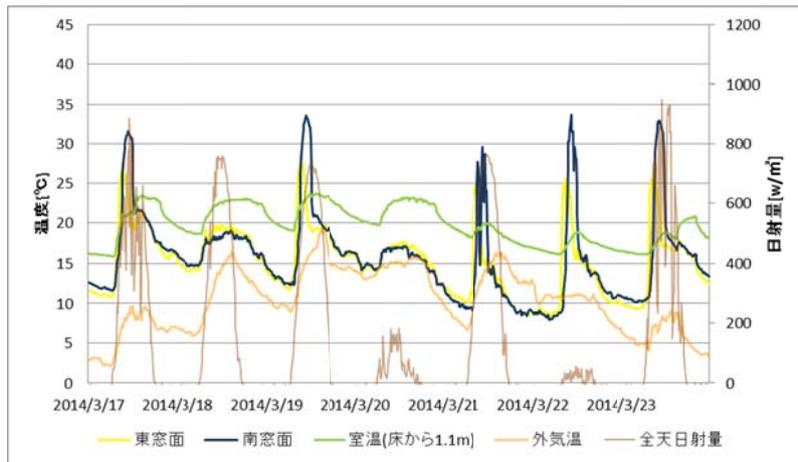


図 2.186 室内表面温度(窓面)(2014年3月17日~3月23日)

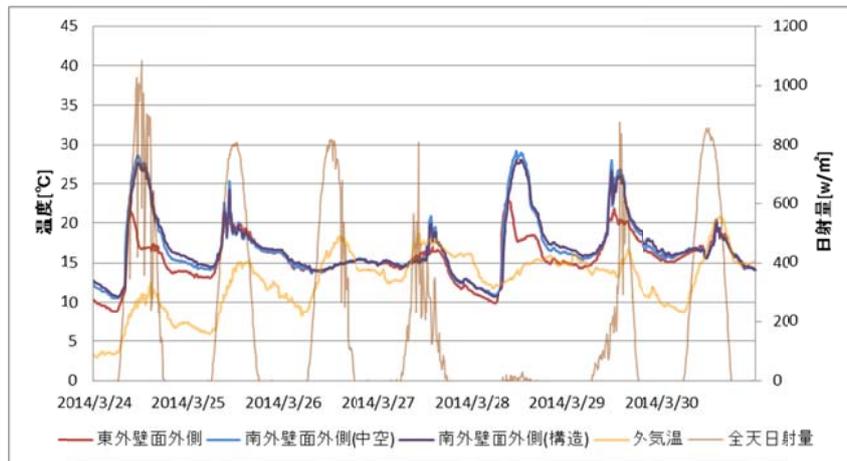


図 2.187 屋外表面温度(2014年3月24日~3月30日)

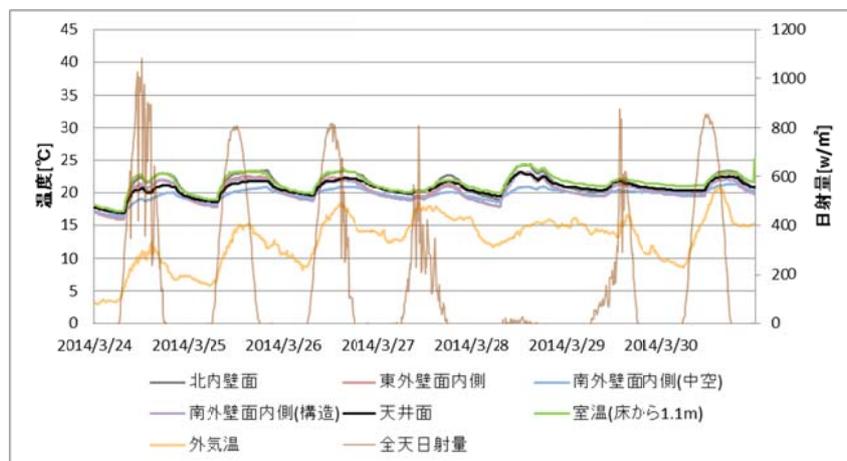


図 2.188 室内表面温度(壁面)(2014年3月24日~3月30日)

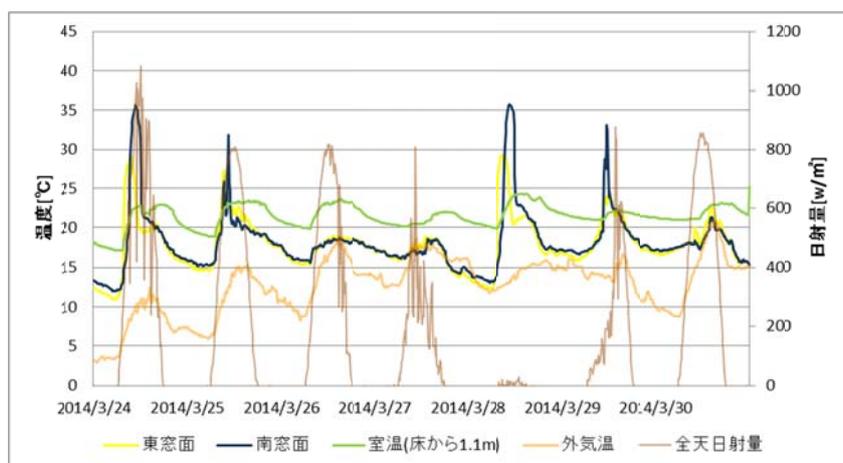


図 2.189 室内表面温度(窓面)(2014年3月24日~3月30日)

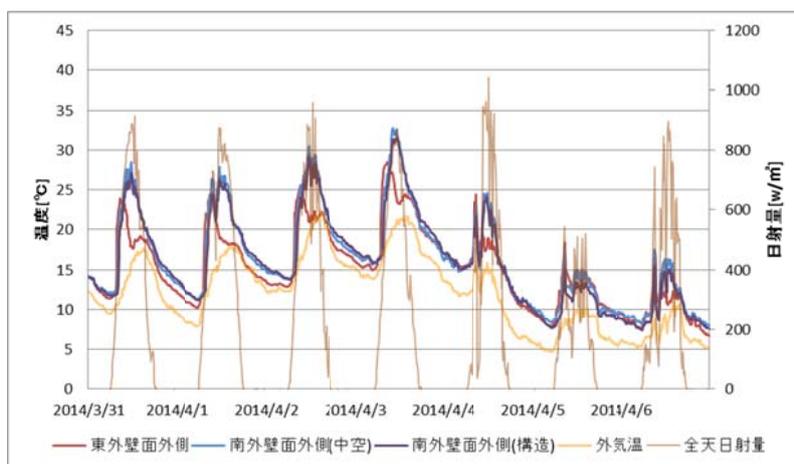


図 2.190 屋外表面温度(2014年3月31日~4月6日)

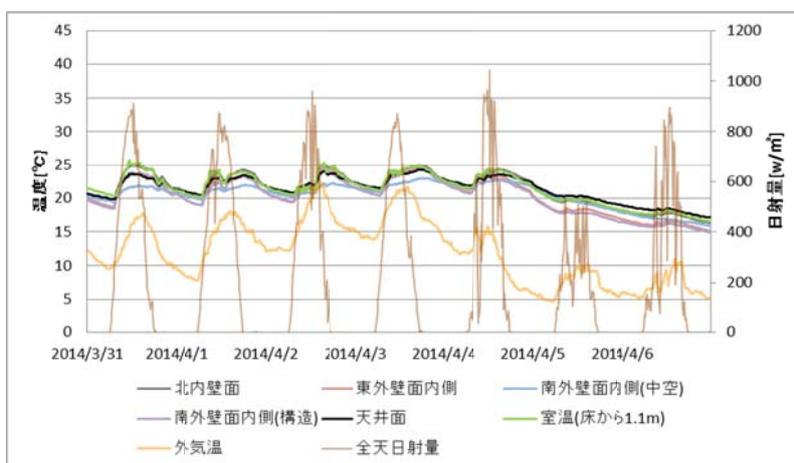


図 2.191 室内表面温度(壁面)(2014年3月31日~4月6日)

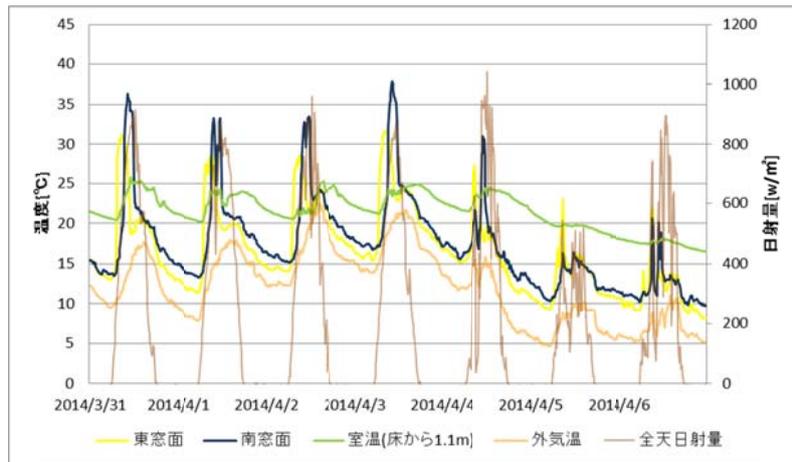


図 2.192 室内表面温度(窓面)(2014年3月31日~4月6日)

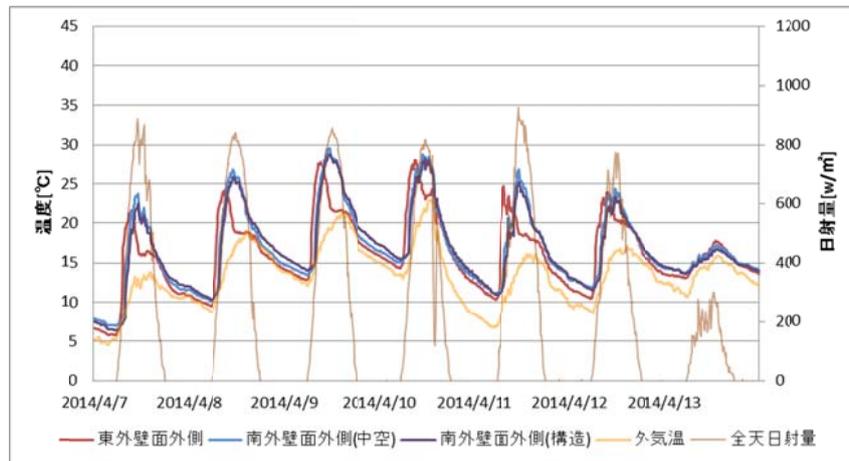


図 2.193 屋外表面温度(2014年4月7日~4月13日)

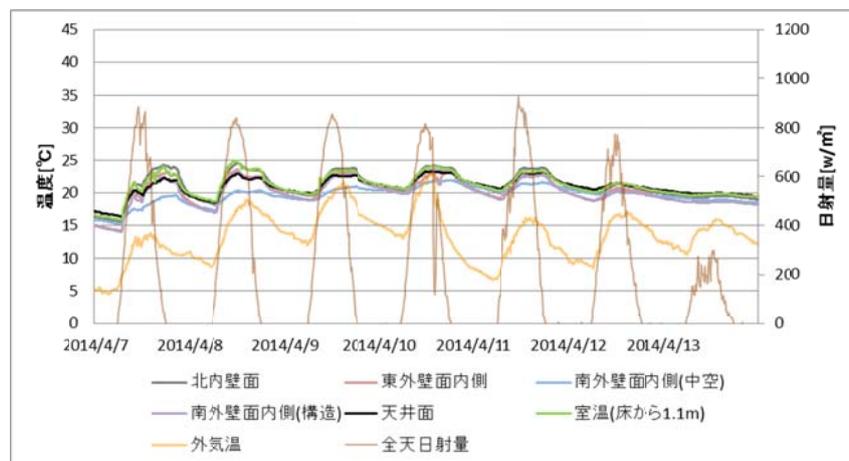


図 2.194 室内表面温度(壁面)(2014年4月7日~4月13日)

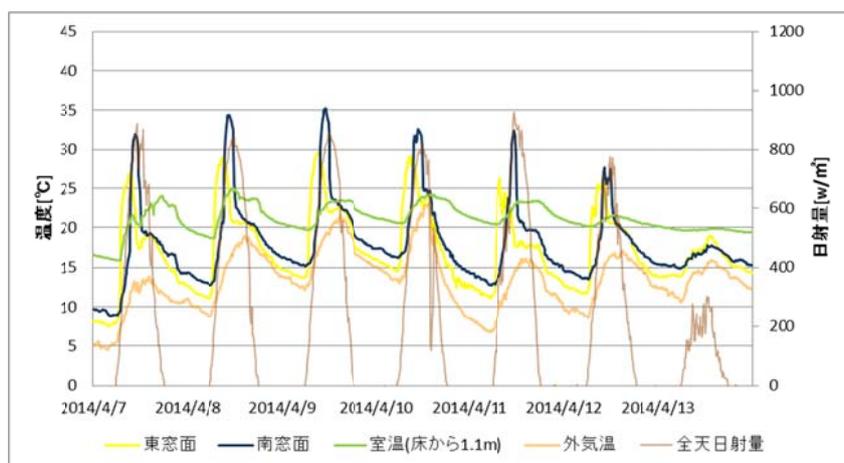


図 2.195 室内表面温度(窓面)(2014年4月7日~4月13日)

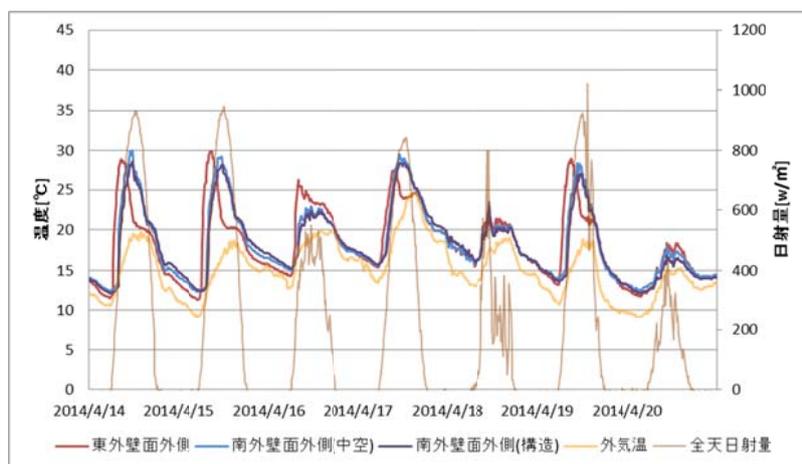


図 2.196 屋外表面温度(2014年4月14日~4月20日)

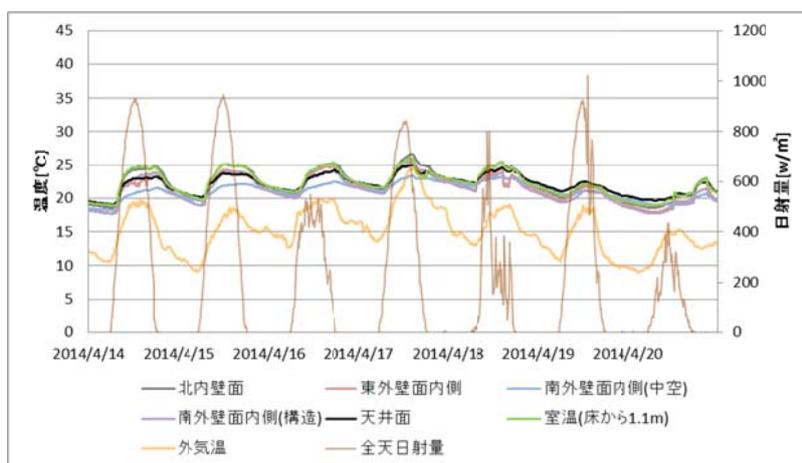


図 2.197 室内表面温度(壁面)(2014年4月14日~4月20日)

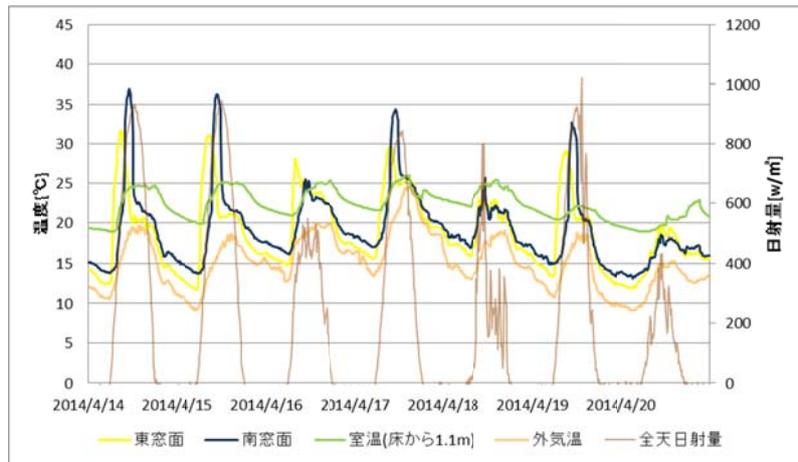


図 2.198 室内表面温度(窓面)(2014年4月14日~4月20日)

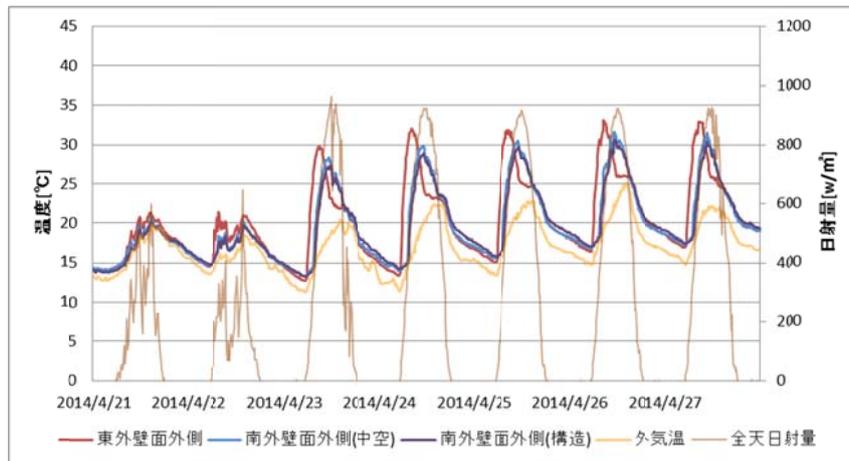


図 2.199 屋外表面温度(2014年4月21日~4月27日)

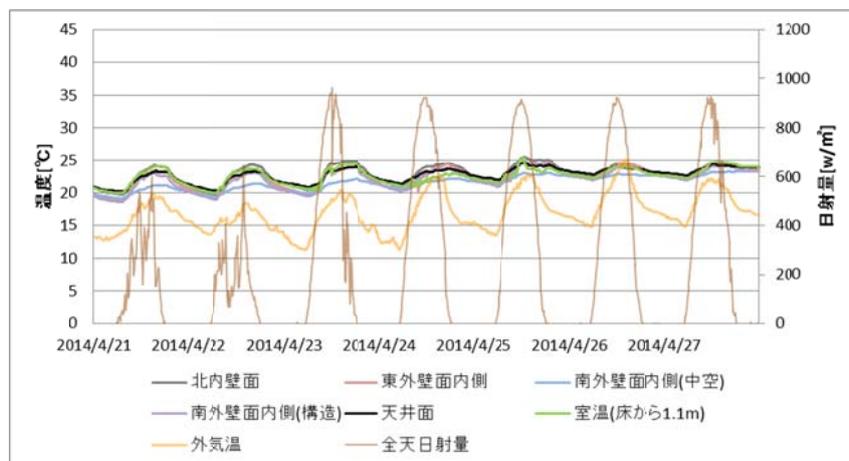


図 2.200 室内表面温度(壁面)(2014年4月21日~4月27日)

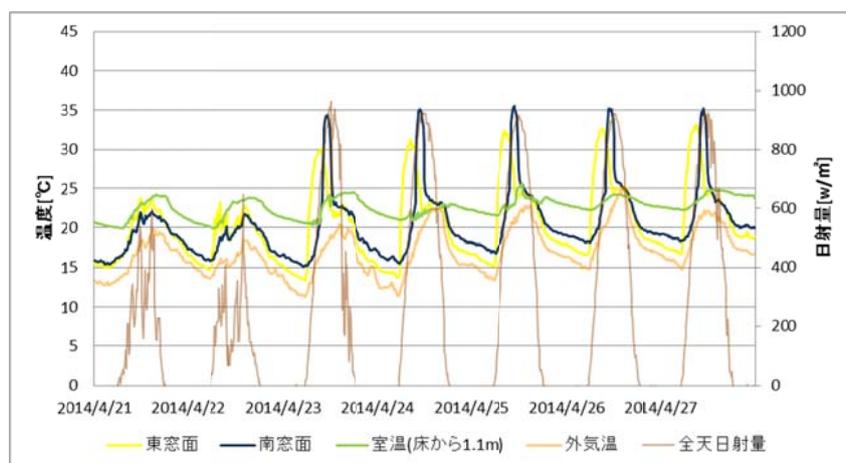


図 2.201 室内表面温度(窓面)(2014年4月21日～4月27日)

### (3)室温

室温（床から0.2mと1.1m）と空調吹出口温度（2台）（週別）を図2.202～図2.225に示す。空調稼働時には1.1mの温度は23°C前後になるが、0.2mは1～2°C程度低く上下温度差が確認される。空調機器から吹き出した暖かい空気が床面付近の冷たい空気層と完全に混ざり合っていないからである。空調吹出口温度は、空調機の立ち上がり時に特に高温になり、蓄熱負荷が確認される。

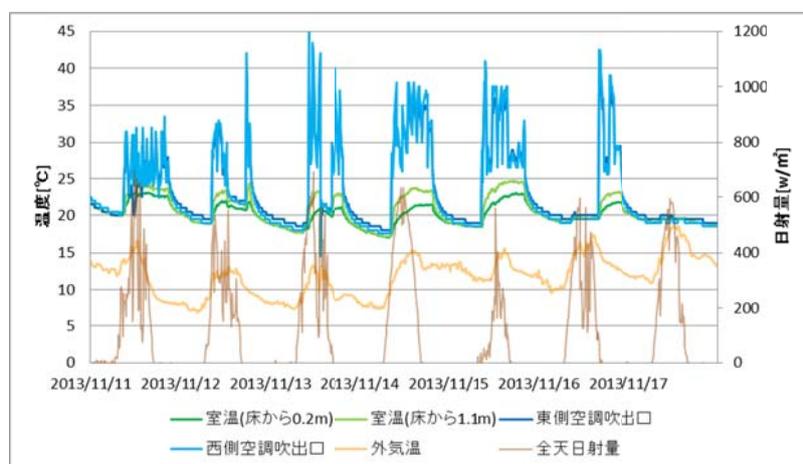


図 2.202 室内温度と空調吹出口温度(2013年11月11日～11月17日)

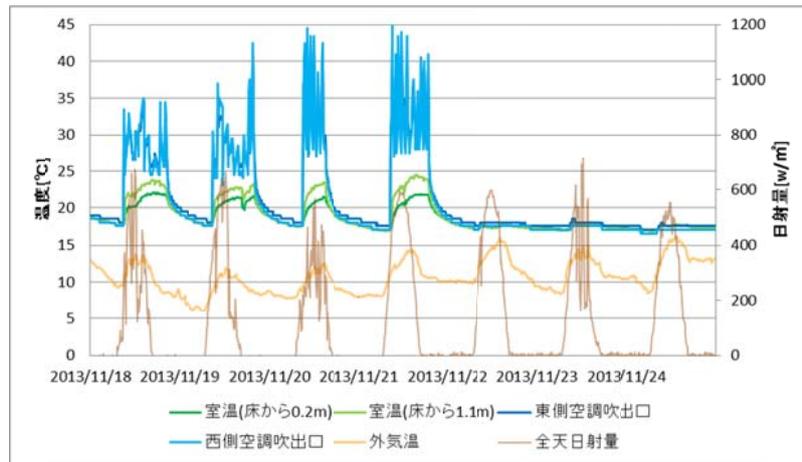


図 2.203 室内温度と空調吹出口温度(2013 年 11 月 18 日～11 月 24 日)

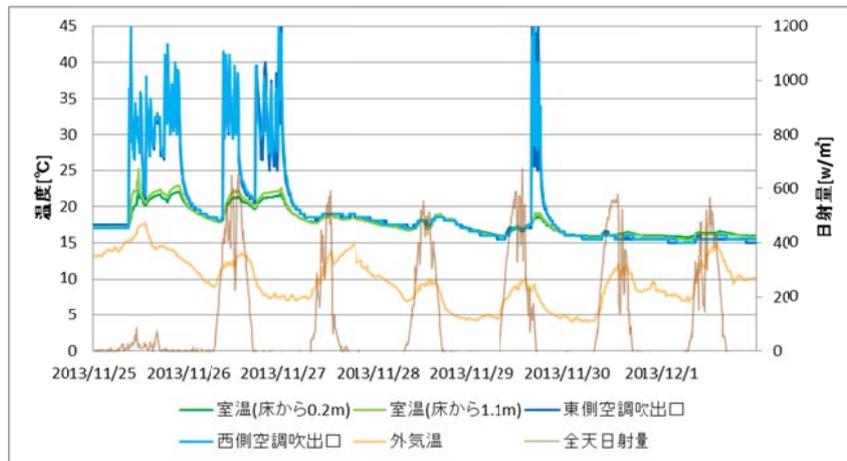


図 2.204 室内温度と空調吹出口温度(2013 年 11 月 25 日～12 月 1 日)

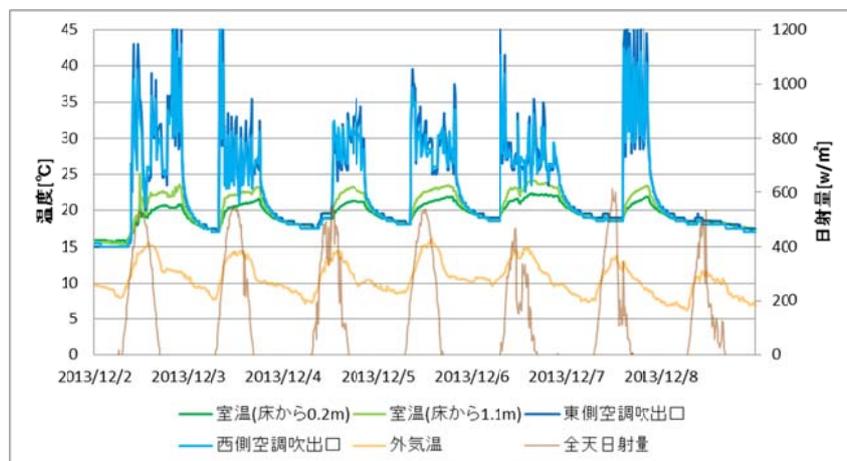


図 2.205 室内温度と空調吹出口温度(2013 年 12 月 2 日～12 月 8 日)

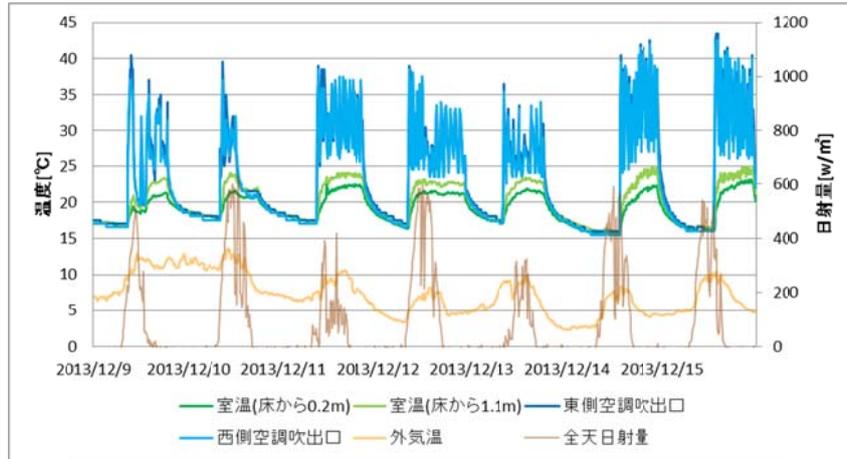


図 2.206 室内温度と空調吹出口温度(2013年12月9日～12月15日)

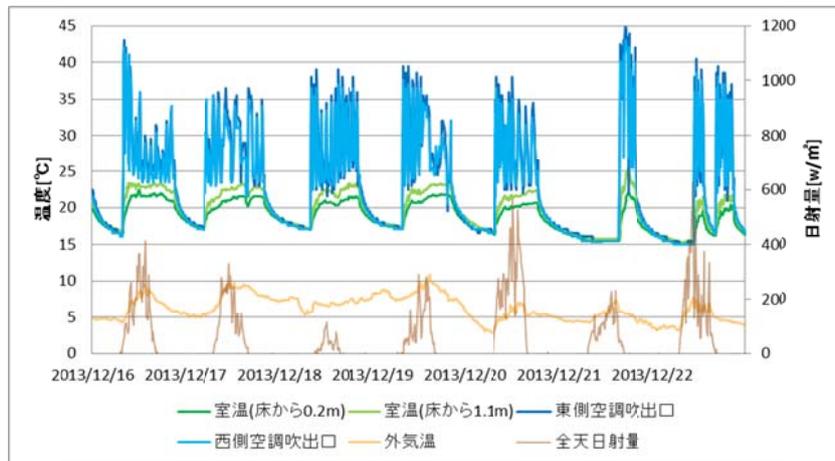


図 2.207 室内温度と空調吹出口温度(2013年12月16日～12月22日)

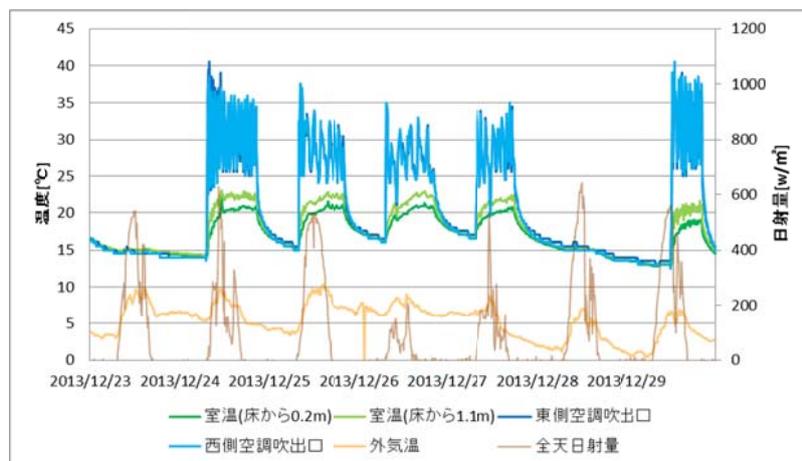


図 2.208 室内温度と空調吹出口温度(2013年12月23日～12月29日)

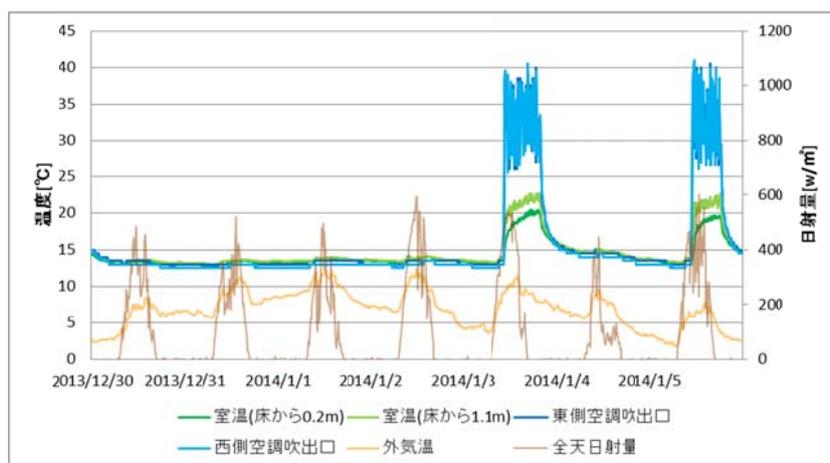


図 2.209 室内温度と空調吹出口温度(2013年12月30日～2014年1月5日)

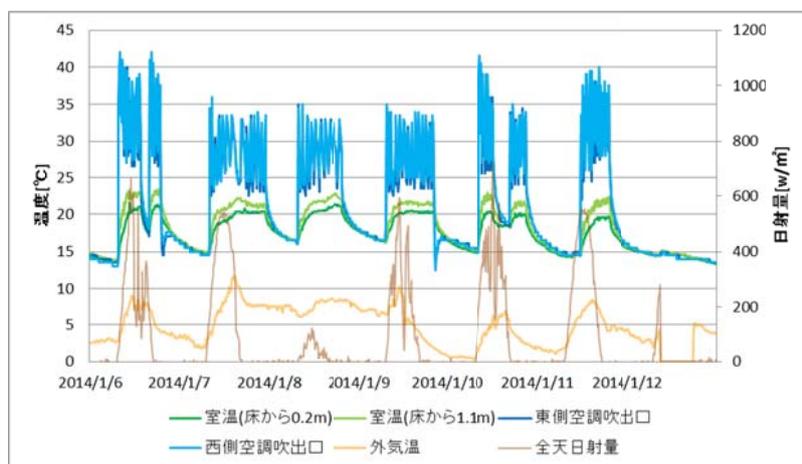


図 2.210 室内温度と空調吹出口温度(2014年1月6日～1月12日)

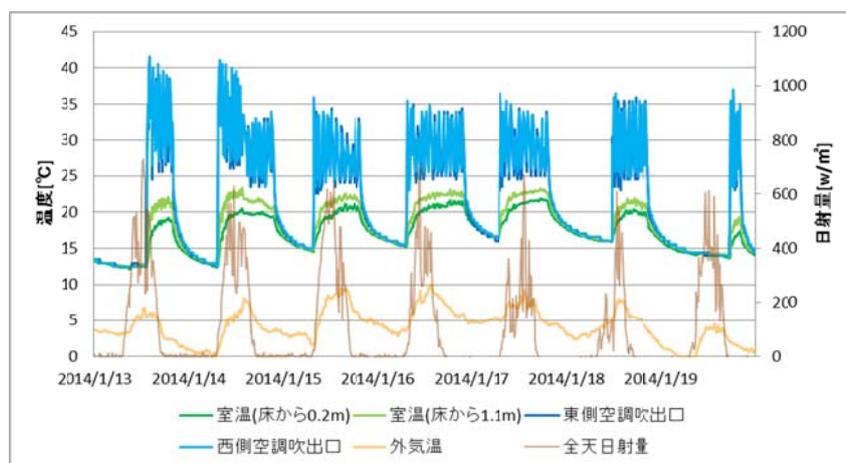


図 2.211 室内温度と空調吹出口温度(2014年1月13日～1月19日)

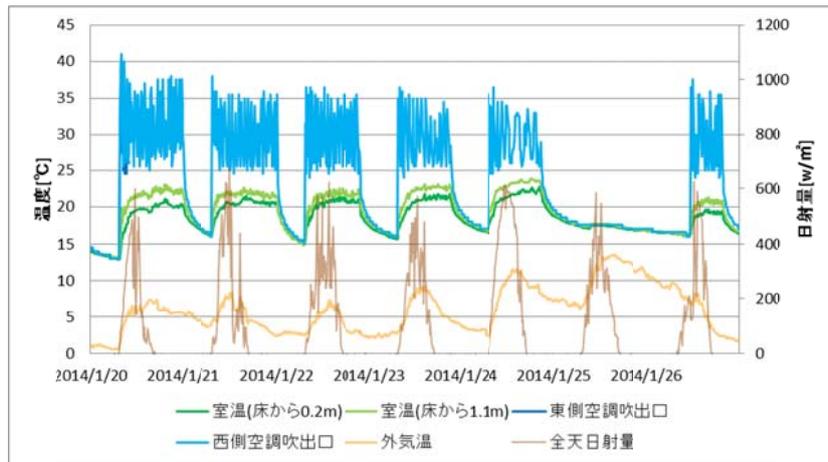


図 2.212 室内温度と空調吹出口温度(2014年1月20日～1月26日)

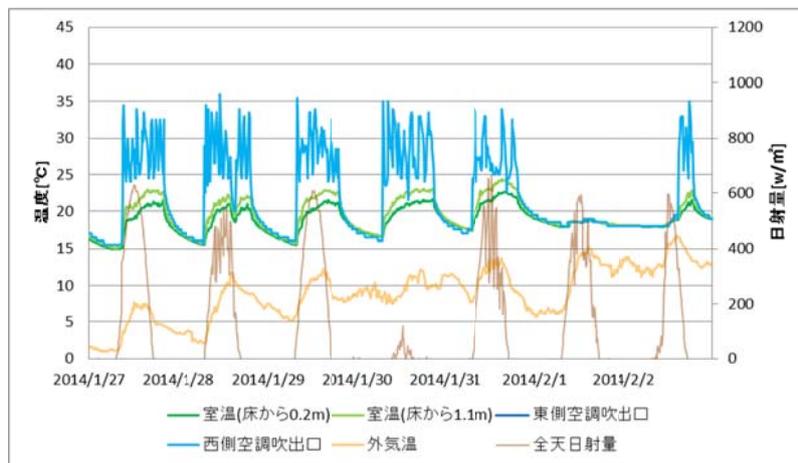


図 2.213 室内温度と空調吹出口温度(2014年1月27日～2月2日)

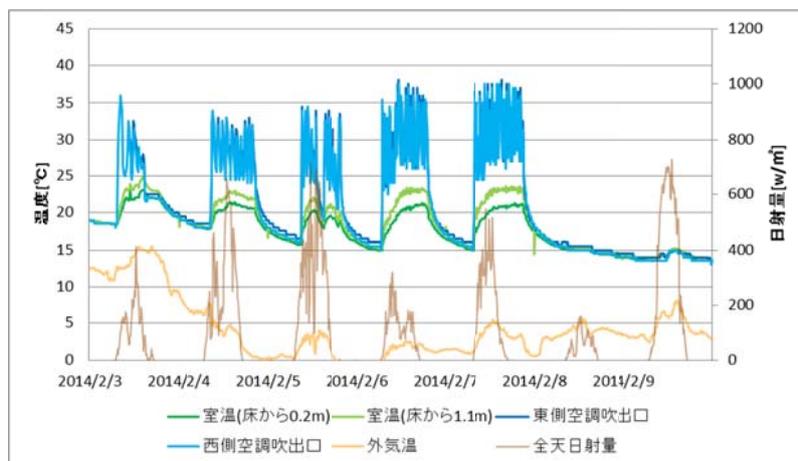


図 2.214 室内温度と空調吹出口温度(2014年2月3日～2月9日)

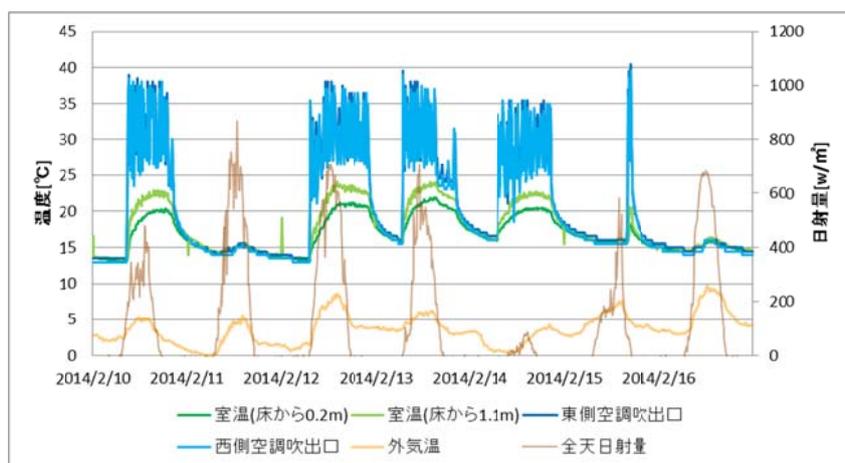


図 2.215 室内温度と空調吹出口温度(2014年2月10日～2月16日)

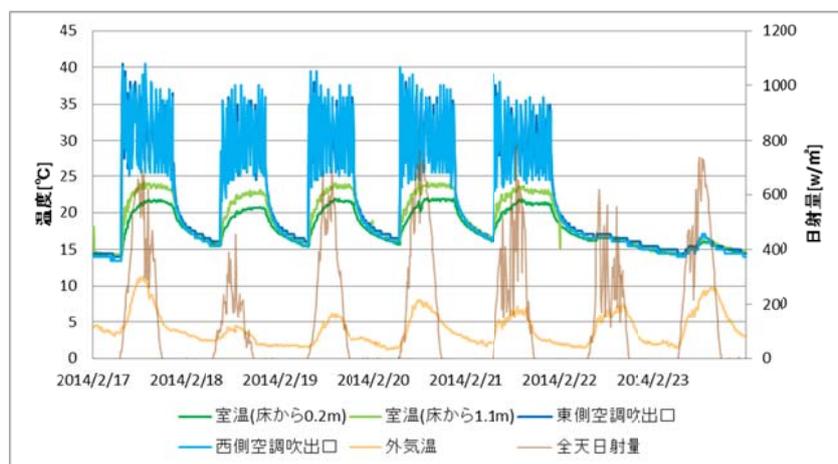


図 2.216 室内温度と空調吹出口温度(2014年2月17日～2月23日)

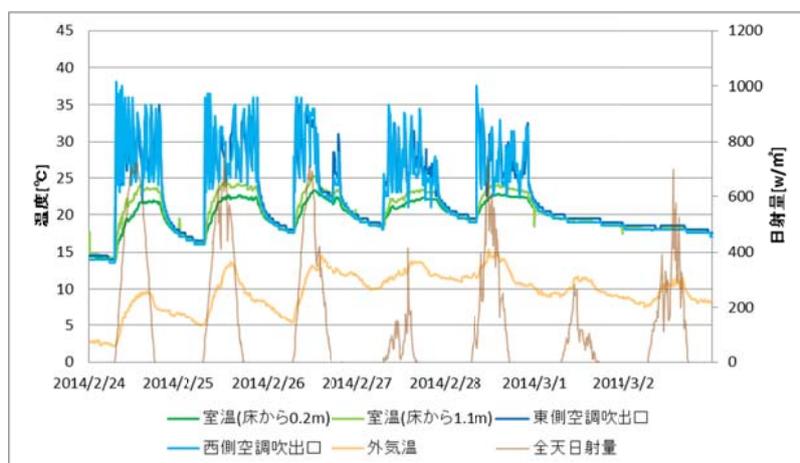


図 2.217 室内温度と空調吹出口温度(2014年2月24日～3月2日)

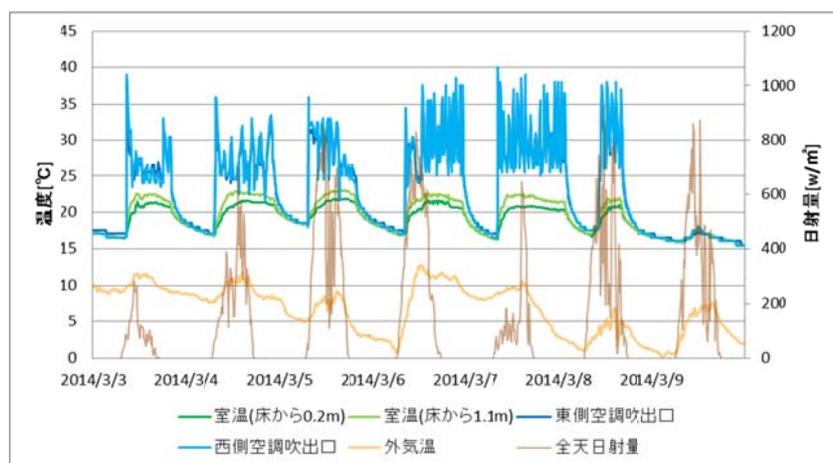


図 2.218 室内温度と空調吹出口温度(2014年3月3日～3月9日)

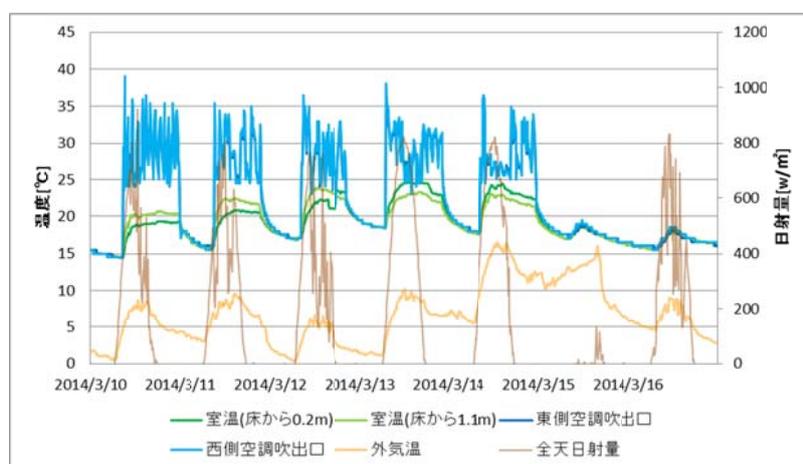


図 2.219 室内温度と空調吹出口温度(2014年3月10日～3月16日)

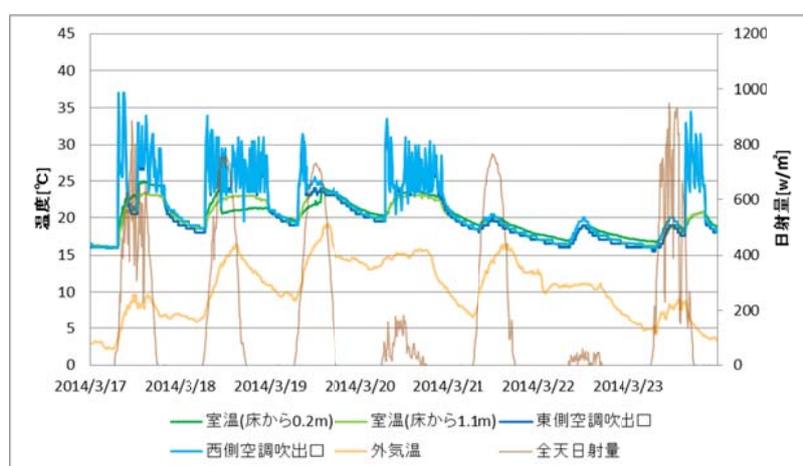


図 2.220 室内温度と空調吹出口温度(2014年3月17日～3月23日)

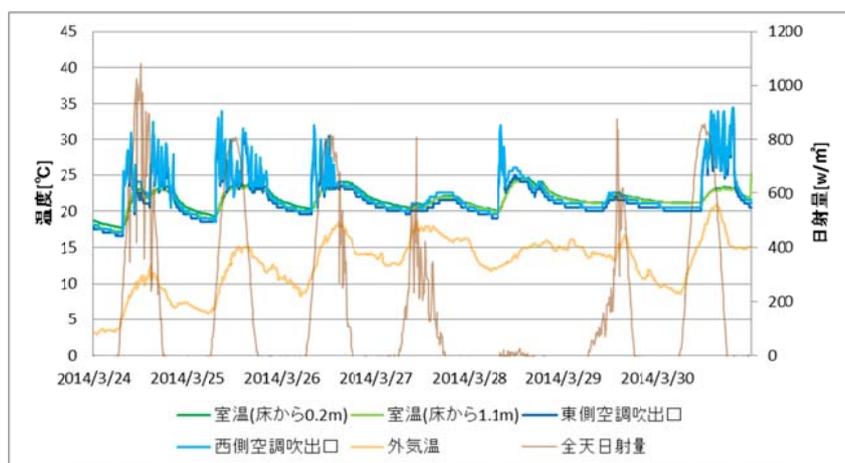


図 2.221 室内温度と空調吹出口温度(2014年3月24日～3月30日)

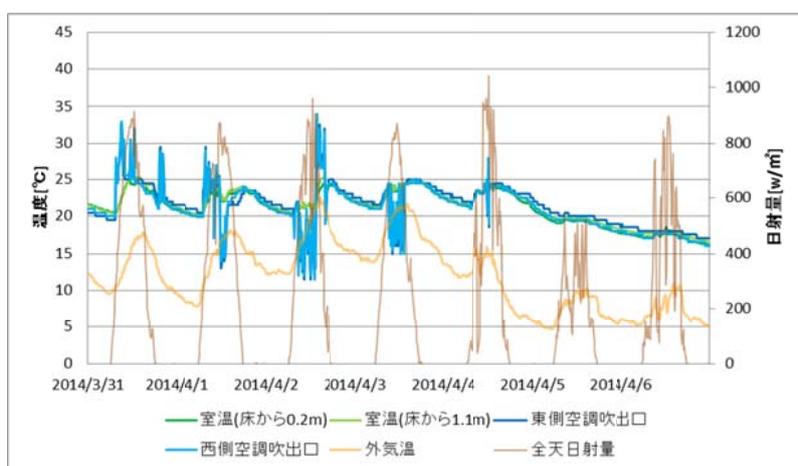


図 2.222 室内温度と空調吹出口温度(2014年3月31日～4月6日)

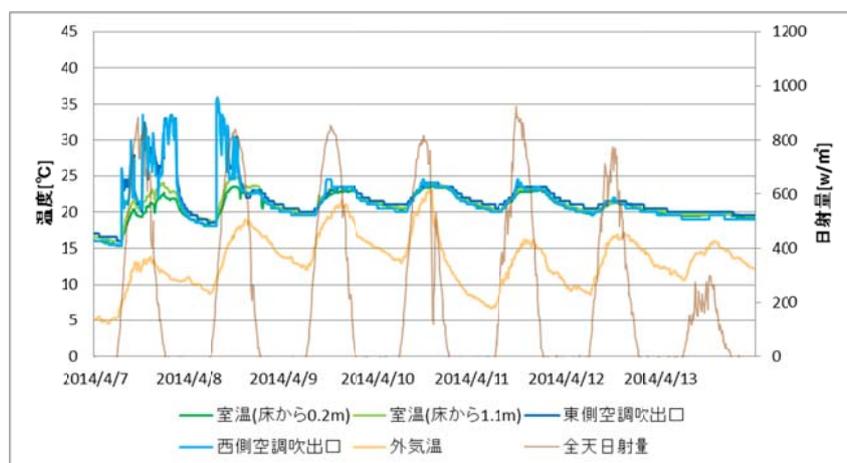


図 2.223 室内温度と空調吹出口温度(2014年4月7日～4月13日)

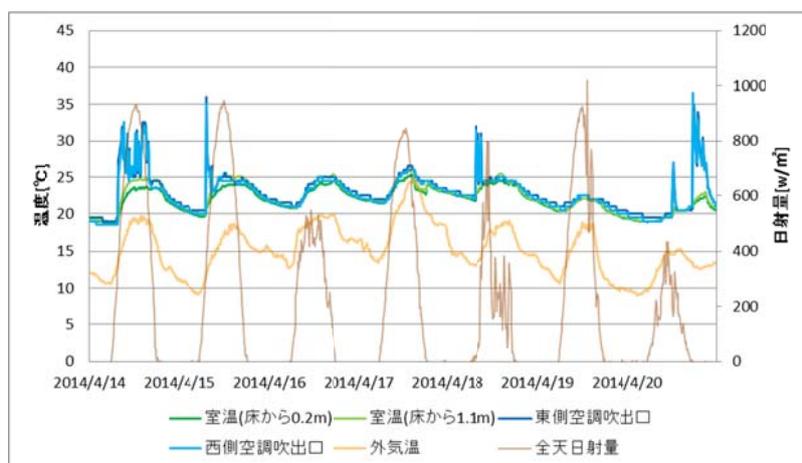


図 2.224 室内温度と空調吹出口温度(2014年4月14日～4月20日)

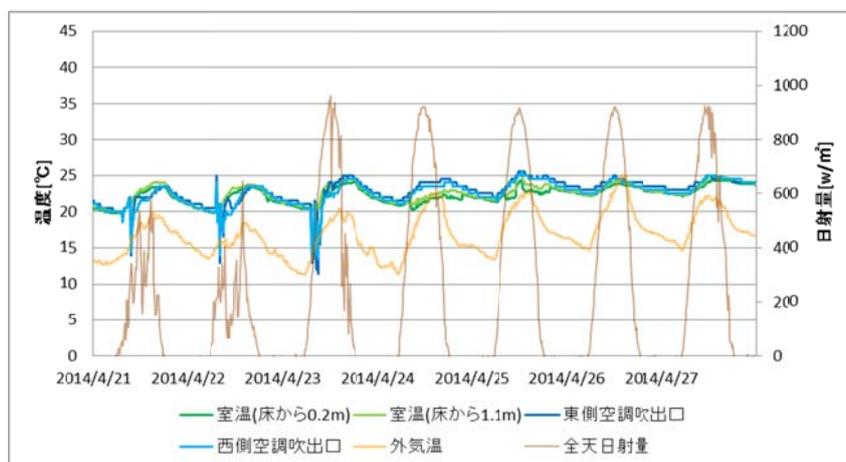


図 2.225 室内温度と空調吹出口温度(2014年4月21日～4月27日)

#### (4)電力消費量

空調機器，照明機器，コンセント機器，換気機器の電力消費量の測定結果（週別）を図 2.226～図 2.249 に示す。照明機器，コンセント機器，換気機器の電力消費量は，レイアウト変更前までは大きな変化は見られない。空調機器の電力消費量は，冷房期間より暖房期間が大きく，平日の日積算電力消費量は冷房期間 6,999Wh/day，暖房期間 11,721Wh/day で，約 1.7 倍になった。レイアウト変更によりコンセント機器の電力消費量が変化した。

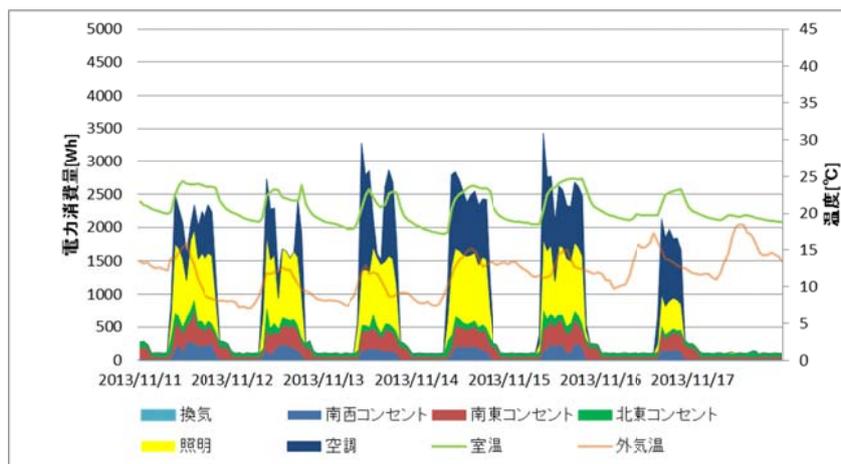


図 2.226 各機器の電力消費量(2013年11月11日～11月17日)

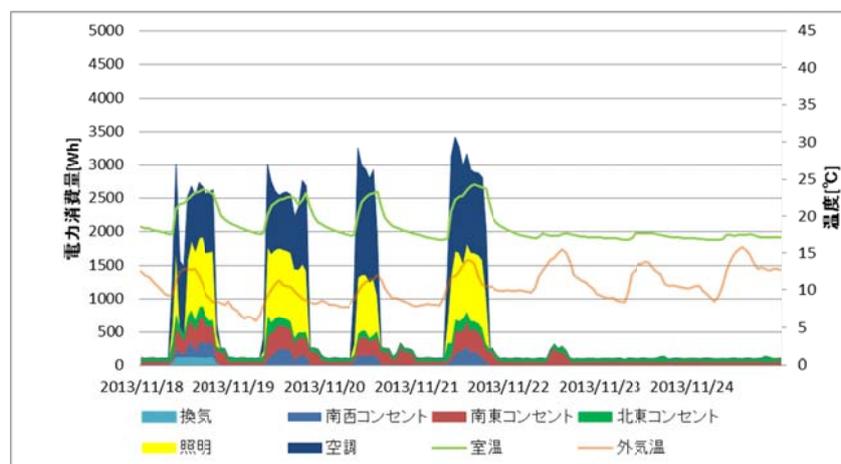


図 2.227 各機器の電力消費量(2013年11月18日～11月24日)

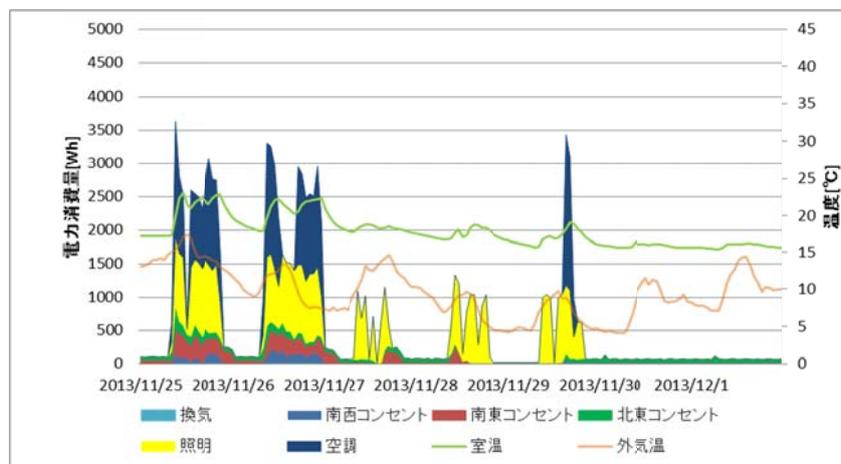


図 2.228 各機器の電力消費量(2013年11月25日～12月1日)

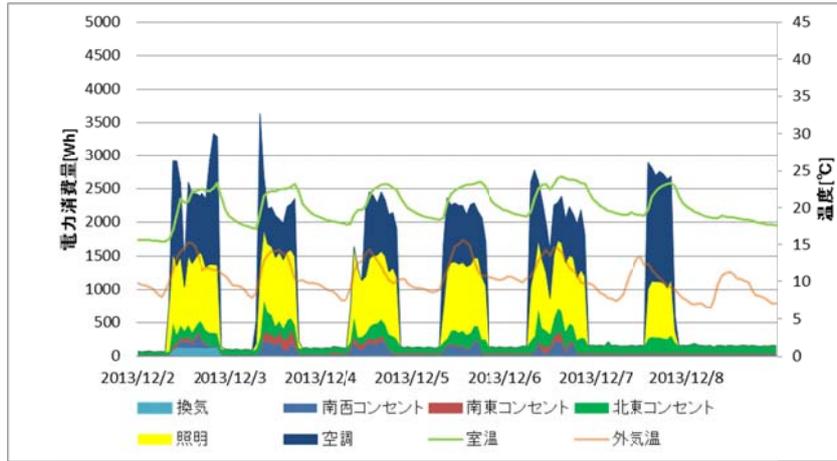


図 2.229 各機器の電力消費量(2013年12月2日～12月8日)

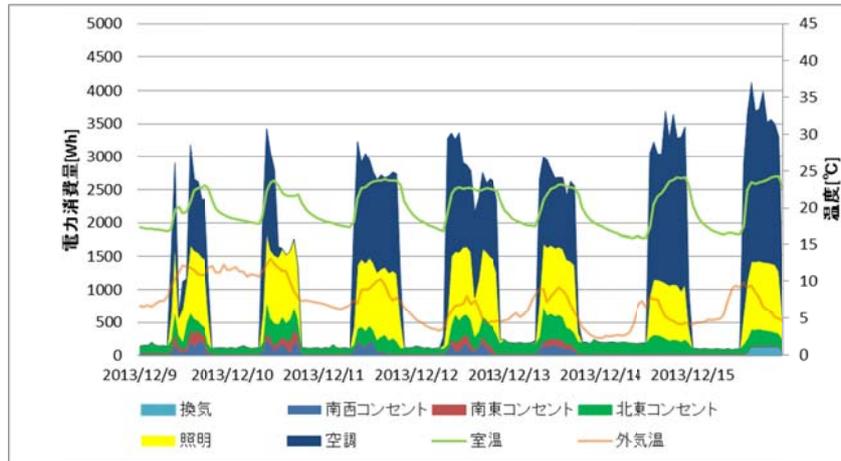


図 2.230 各機器の電力消費量(2013年12月9日～12月15日)

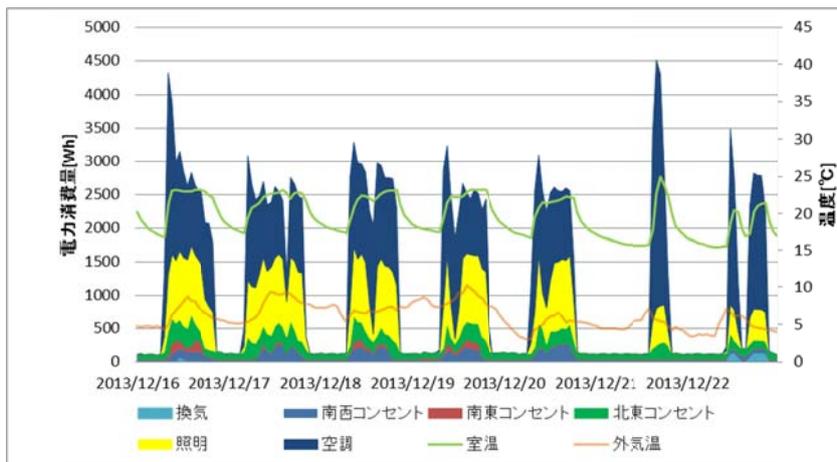


図 2.231 各機器の電力消費量(2013年12月16日～12月22日)

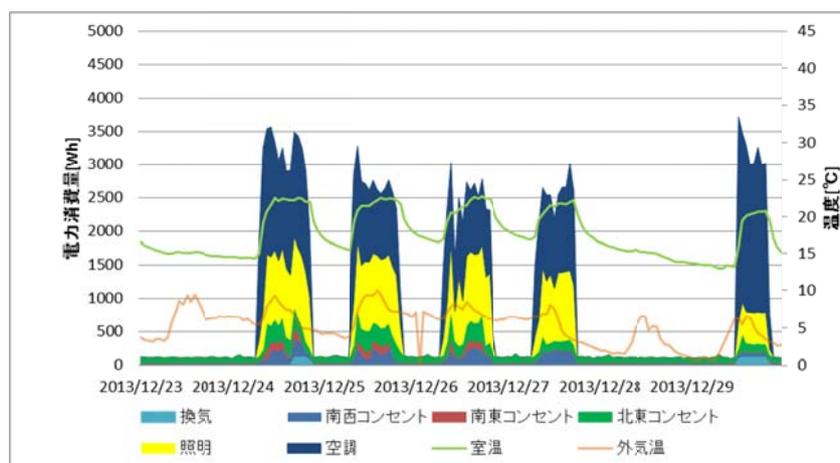


図 2.232 各機器の電力消費量(2013年12月23日～12月29日)

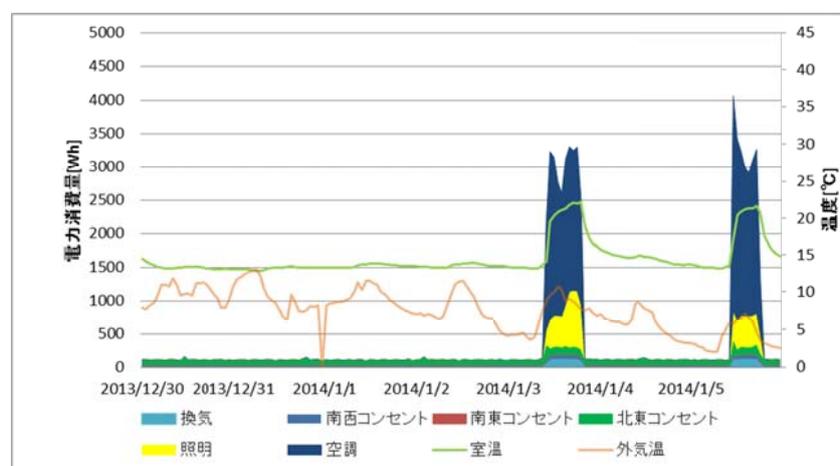


図 2.233 各機器の電力消費量(2013年12月30日～2014年1月5日)

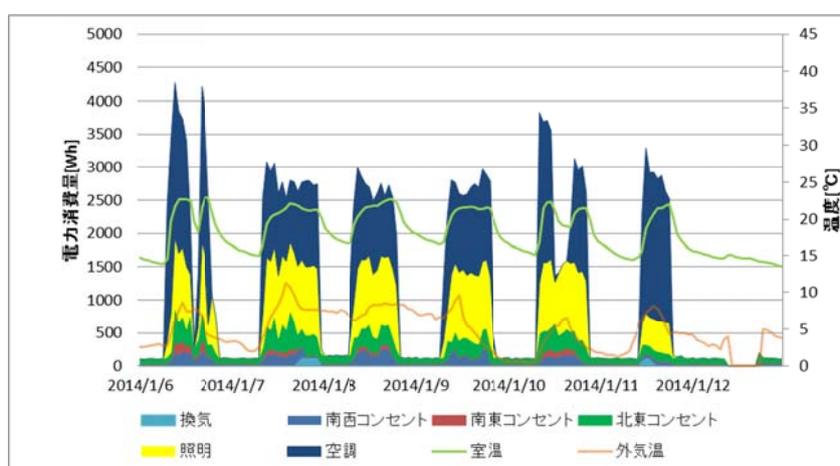


図 2.234 各機器の電力消費量(2014年1月6日～1月12日)

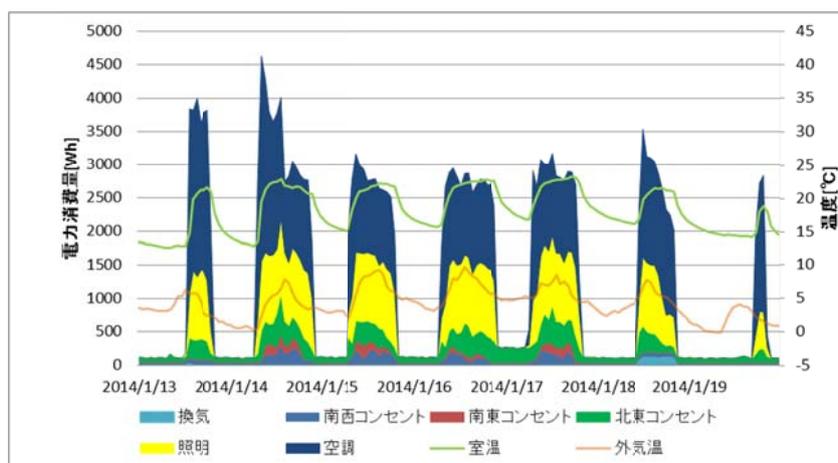


図 2.235 各機器の電力消費量(2014年1月13日～1月19日)

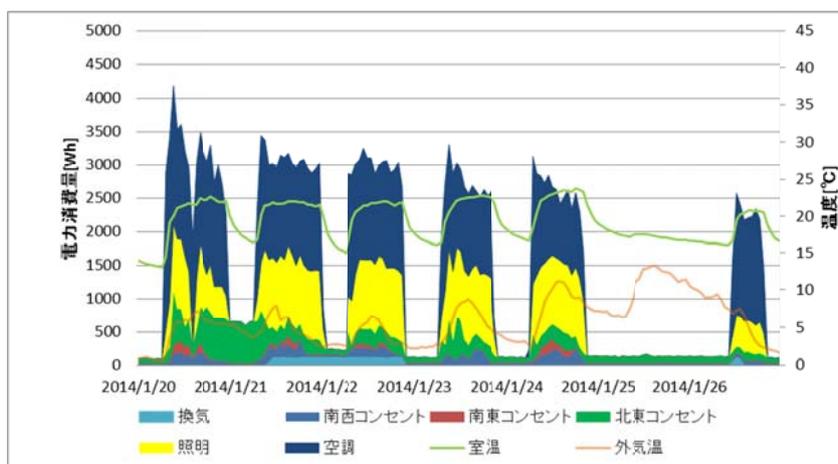


図 2.236 各機器の電力消費量(2014年1月20日～1月26日)

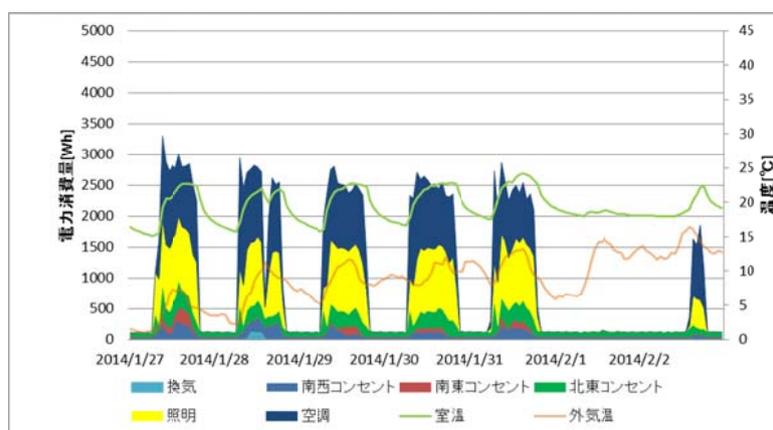


図 2.237 各機器の電力消費量(2014年1月27日～2月2日)

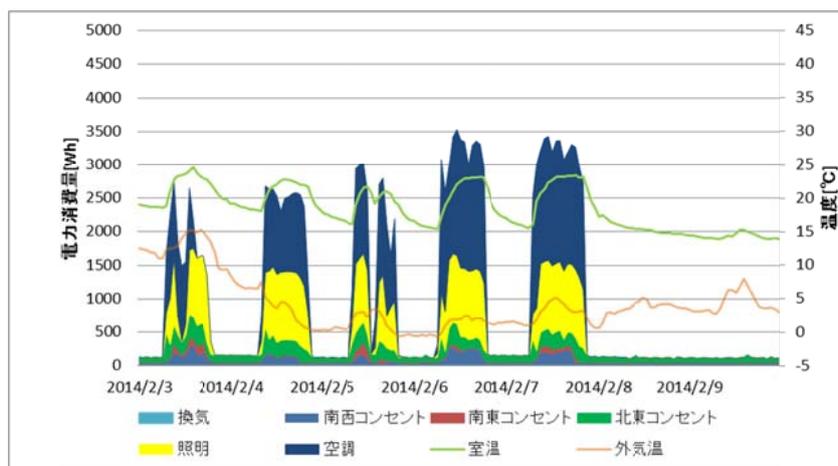


図 2.238 各機器の電力消費量(2014年2月3日～2月9日)

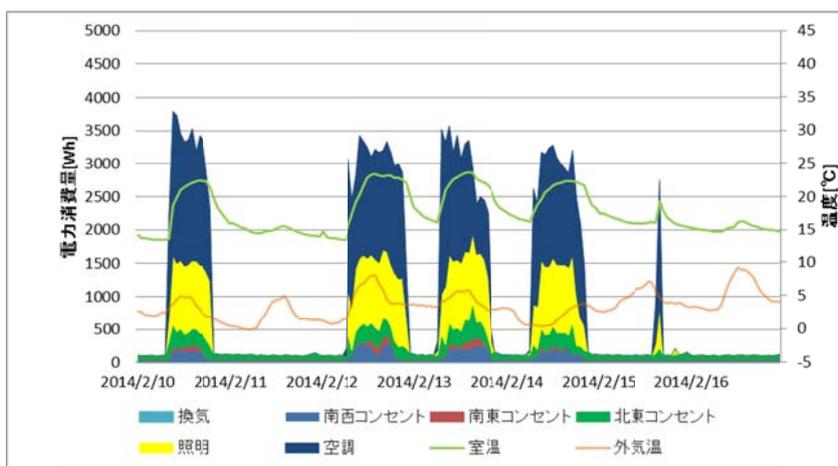


図 2.239 各機器の電力消費量(2014年2月10日～2月16日)

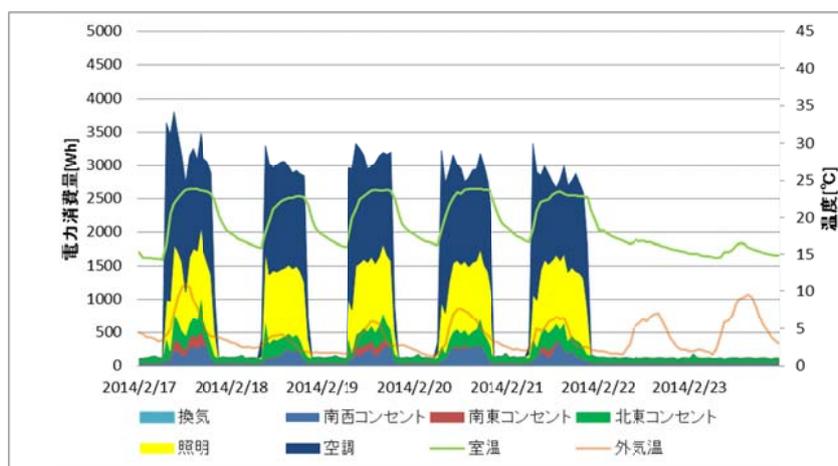


図 2.240 各機器の電力消費量(2014年2月17日～2月23日)

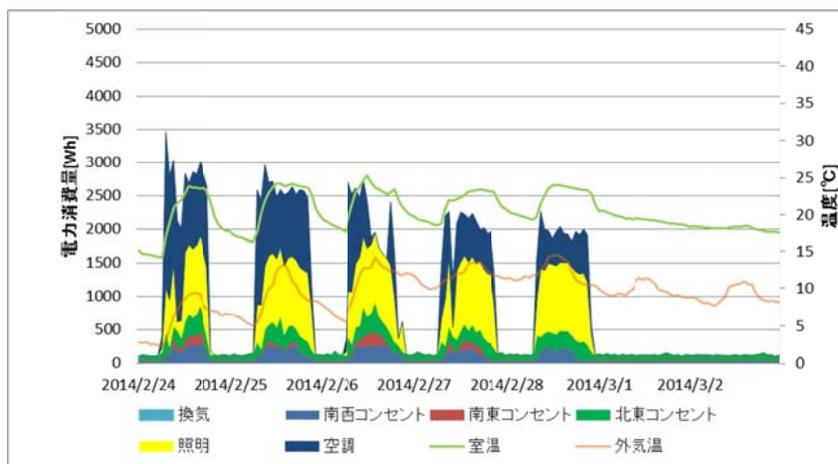


図 2.241 各機器の電力消費量(2014年2月24日～3月2日)

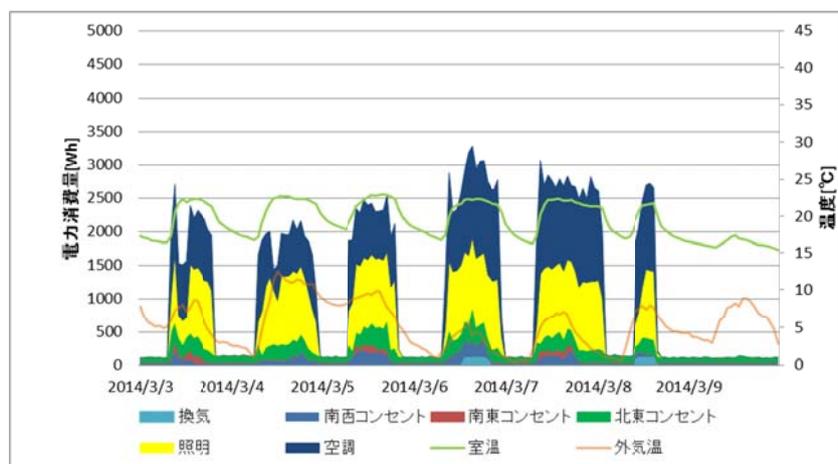


図 2.242 各機器の電力消費量(2014年3月3日～3月9日)

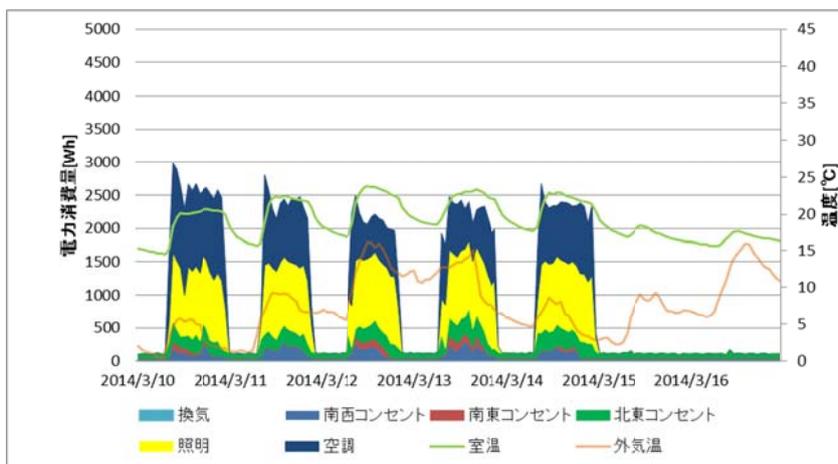


図 2.243 各機器の電力消費量(2014年3月10日～3月16日)

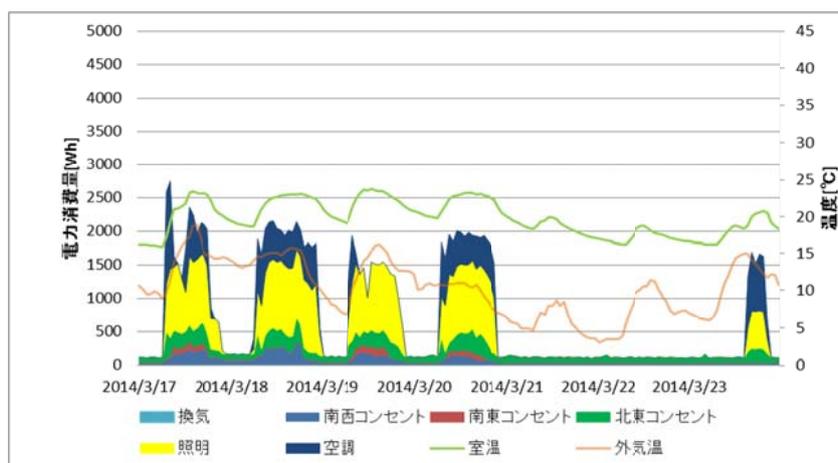


図 2.244 各機器の電力消費量(2014年3月17日～3月23日)

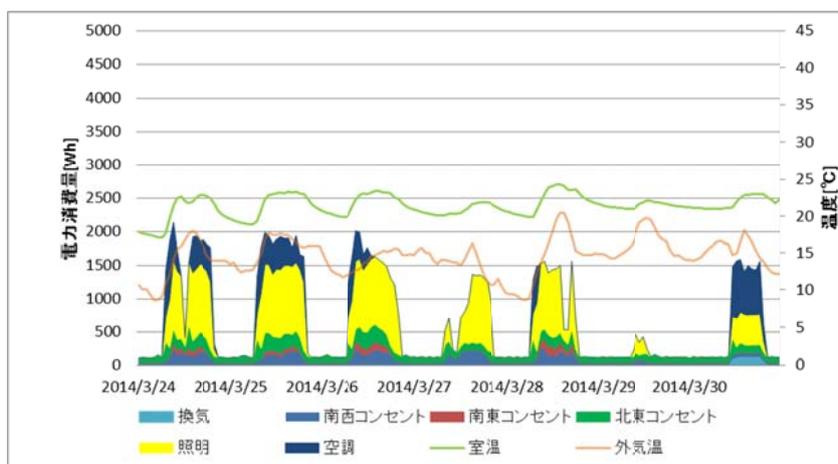


図 2.245 各機器の電力消費量(2014年3月24日～3月30日)

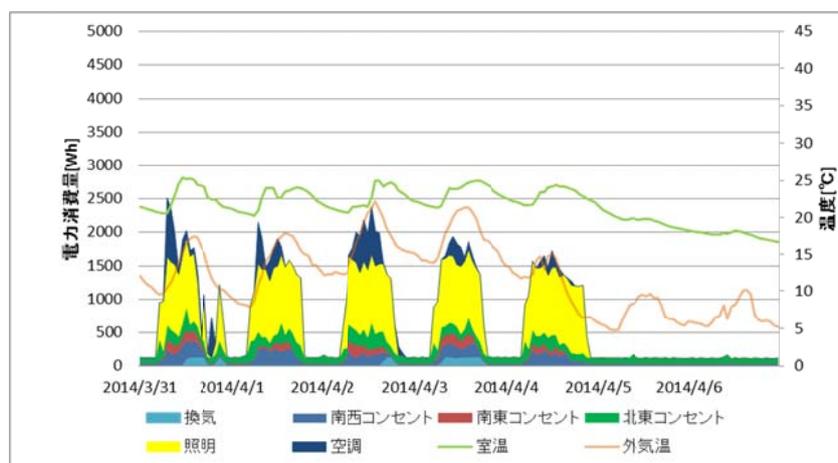


図 2.246 各機器の電力消費量(2014年3月31日～4月6日)

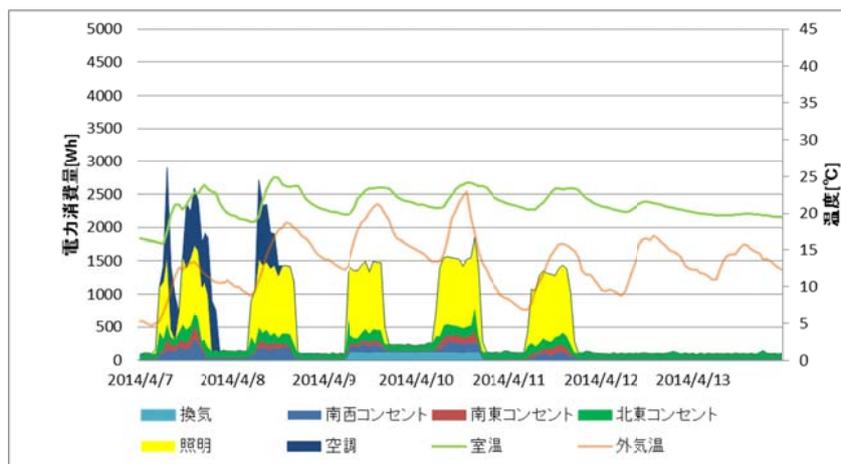


図 2.247 各機器の電力消費量(2014年4月7日～4月13日)

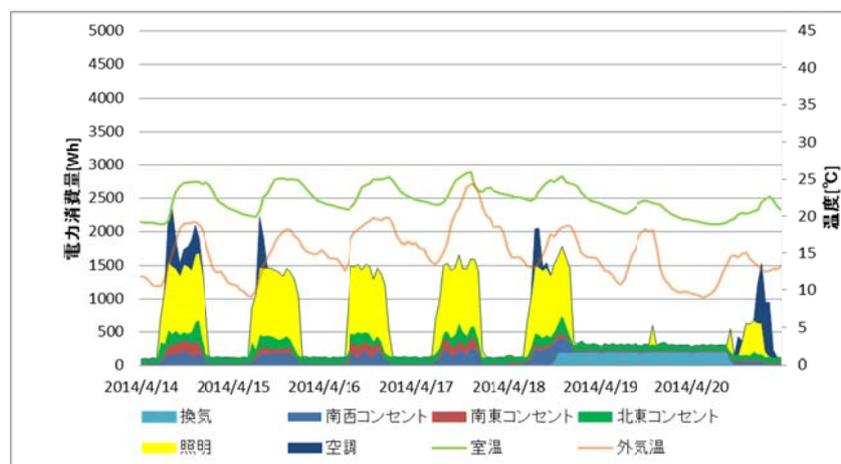


図 2.248 各機器の電力消費量(2014年4月14日～4月20日)

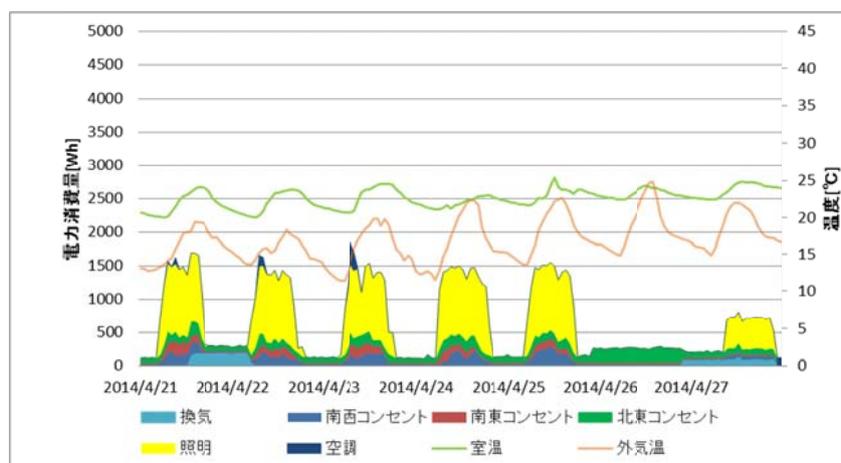


図 2.249 各機器の電力消費量(2014年4月21日～4月27日)

### 3. 対象室の温熱環境・電力消費量の分析

#### 3.1 窓面温度

##### (1) 冷房期間

日積算日射量が最大であった 2013 年 7 月 10 日の窓面内側の温度を図 3.1 に示す。この時期は午前中の東側鉛直面の日射量が、正午前後の南側鉛直面より大きい。窓面の放射、熱収支モデルを図 3.2 に示す。

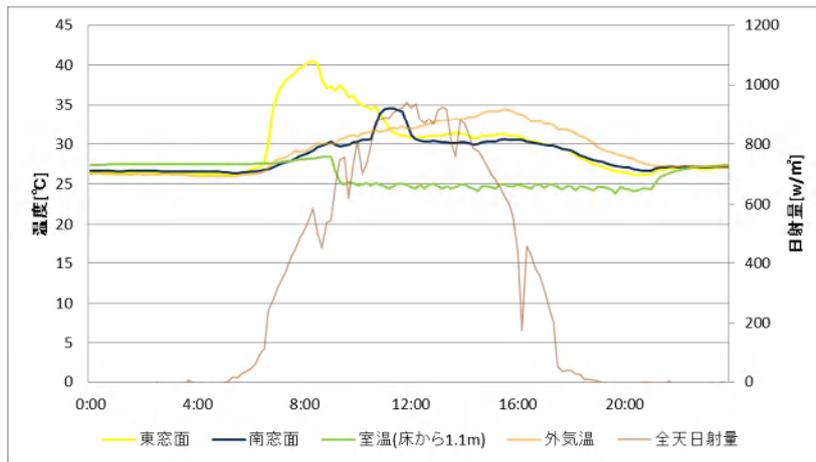


図 3.1 2013 年 7 月 10 日の窓面内側の温度

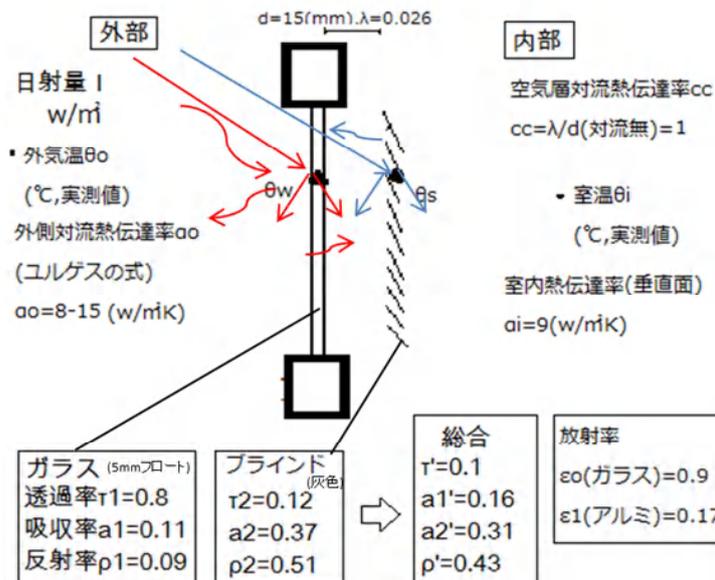


図 3.2 窓面の放射，熱収支モデル

入射日射は窓ガラスとブラインドで反射を繰り返す。窓ガラスとブラインドを透過する成分 $\tau'$ 、窓ガラスに吸収される成分 $a'_1$ 、ブラインドに吸収される成分 $a'_2$ 、反射する成分 $\rho'$ は以下の式より求められる。窓面とブラインド面の熱収支式(式 3.1, 3.2)を用いて窓面温度を算出し、測定値と比較する。窓面温度の測定値と計算値を図 3.3~3.4 に示す。南側の窓面の 12 時前後の測定値と計算値にズレが確認された。そこで、11 時 30 分以降の南側鉛直面の直達日射を 0 にすると、計算値が修正された。実際には庇により 11 時 30 分以降の南側窓面への直達日射が遮蔽されていたと考えられる。式 3.3 により算出した窓面から室内へ流入する熱量を図 3.5 に示す。窓面からの流入熱は透過日射よりブラインド面からの伝達熱が大きい。透過日射の割合 0.1 に対し、ブラインドに吸収される割合が 0.31 と大きく、ブラインドに吸収された熱が室内に伝達する。冷房期間における窓面から室内へ流入する熱量の日積算値を表 3.1 に示す。窓面からの流入熱量は東側が大きい。これは太陽高度の影響ではなく日射遮蔽効果の影響である。

$$\tau' = \frac{\tau_1\tau_2}{1-\rho_1\rho_2} \quad a'_1 = a_1 \left(1 + \frac{\tau_1\rho_2}{1-\rho_1\rho_2}\right) \quad a'_2 = \frac{\tau_1a_2}{1-\rho_1\rho_2} \quad \rho' = \frac{\rho_1\tau_1^2\rho_2}{1-\rho_1\rho_2}$$

$\tau_1, a_1, \rho_1$ : 窓ガラスの透過率, 吸収率, 反射率[-]

$\tau_2, a_2, \rho_2$ : ブラインドの透過率, 吸収率, 反射率[-]

・窓面の熱収支式

$$Ia_1' + \varepsilon_0\varphi_0\sigma\theta_o^4(0.51 + 0.076\sqrt{f}) = \alpha_o(\theta_w - \theta_o) + \varepsilon_0\varphi_0\sigma\theta_w^4 + \varepsilon_{01}\sigma(\theta_w^4 - \theta_s^4) + cc(\theta_w - \theta_s) \quad (\text{式 3.1})$$

・ブラインド面の熱収支式

$$Ia_2' = \varepsilon_{01}\sigma(\theta_s^4 - \theta_w^4) + \alpha_i(\theta_s - \theta_i) + cc(\theta_s - \theta_w) \quad (\text{式 3.2})$$

I: 鉛直面日射量 $[W/m^2]$ ,  $\varepsilon_0$ : 窓面の放射率[-],  $\varphi_0$ : 外表面の窓面に対する形態係数(= 1/2)[-],

$\sigma$ : ステファンボルツマン定数 $[W/(m^2K^4)]$ ( $\cong 5.67 \times 10^{-8}$ ),

f: 絶対湿度[mmHg],  $\alpha_o$ : 外側対流熱伝達率 $[W/(m^2K)]$ ,  $\alpha_i$ : 室内側対流熱伝達率 $[W/(m^2K)]$ ,

$\varepsilon_{01}$ : 窓・ブラインド間の放射熱伝達率 $[W/(m^2K)]$ , cc: 空気層熱伝達率 $[W/(m^2K)]$

・窓面から室内へ流入する熱量(透過日射熱+ブラインドからの伝達熱)

$$q = I\tau' + \alpha_i(\theta_s - \theta_i) \quad (\text{式 3.3})$$

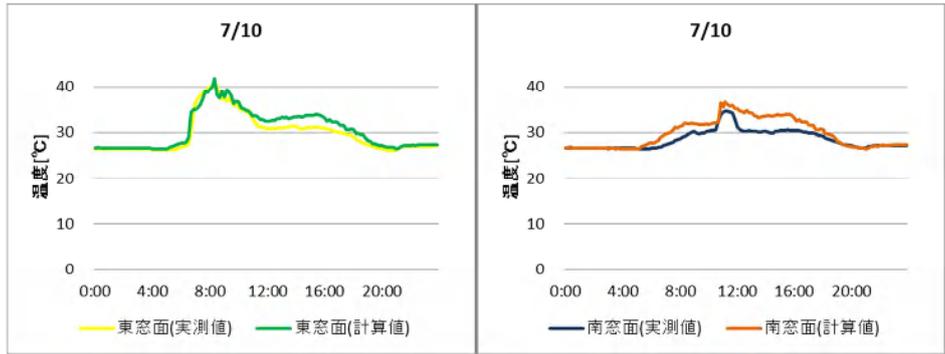


図 3.3 2013 年 7 月 10 日の窓面温度の測定値と計算値(修正前)

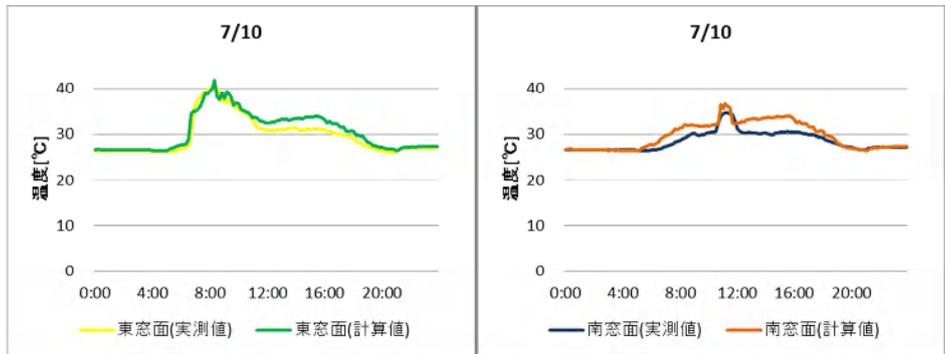


図 3.4 2013 年 7 月 10 日の窓面温度の測定値と計算値(修正後)

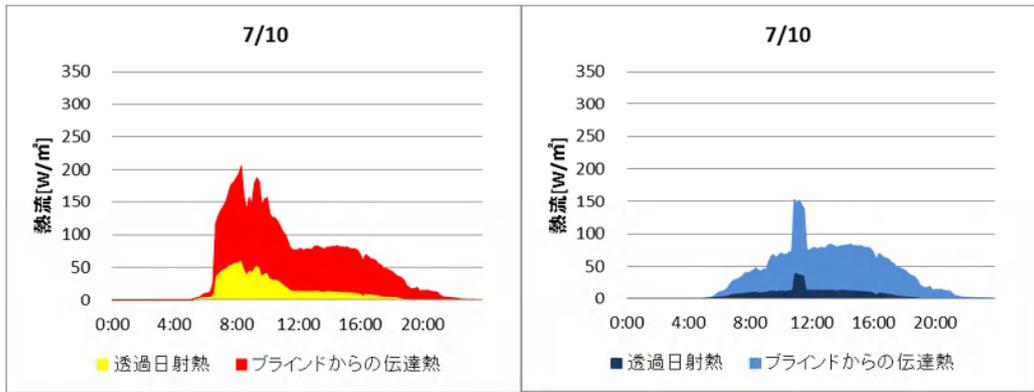


図 3.5 2013 年 7 月 10 日の窓面から流入する熱量(左:東窓面, 右:南窓面)

表 3.1 冷房期間における窓面から室内へ流入する熱量の日積算値

冷房期間	東側	南側
窓面からの流入熱量(KJ/m <sup>2</sup> )	2018.69	1677.484

## (2)暖房期間

平均気温が最低であった2014年2月6日の窓面内側の温度を図3.6に示す。この時期は東側鉛直面の日射量が大きく、南面も正午前後に大きい。

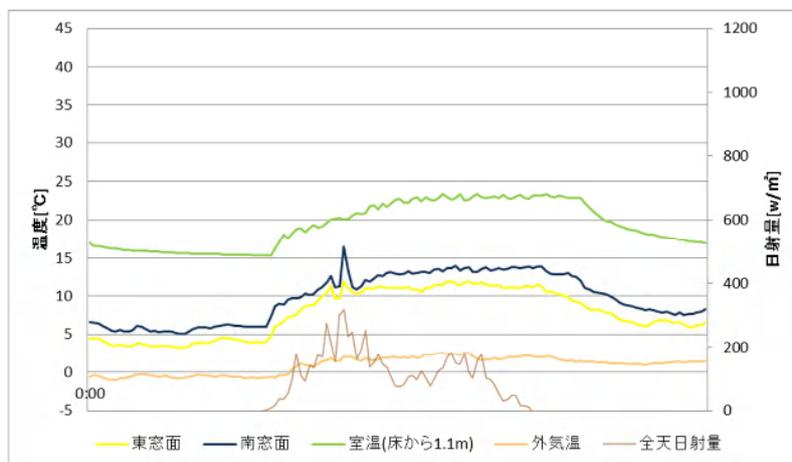


図 3.6 2014年2月6日の窓面内側の温度

窓面とブラインド面の熱収支式(式 3.1, 3.2)を用いて窓面温度を算出し、測定値と比較する。窓面温度の測定値と計算値を図3.7~3.8に示す。東側、南側の窓面の9時前後の測定値と計算値にズレが確認された。そこで、9時30分以前の南側鉛直面の直達日射を0にすると、計算値が修正された。実際には近隣の建物により9時30分より前の時間帯の窓面への直達日射が遮蔽されていたと考えられる。式3.3により算出した室内から窓面へ流出する熱量を図3.9に示す。両側の窓面は10時前後に日射が当たり流出する熱量が他の時間帯より少ない。暖房期間における窓面から室内から流出する熱量の日積算値を表3.2に示す。短い時間に当たる日射は太陽高度の影響により南側が大きいので窓面へ流れる熱量は南側のほうが少ない。

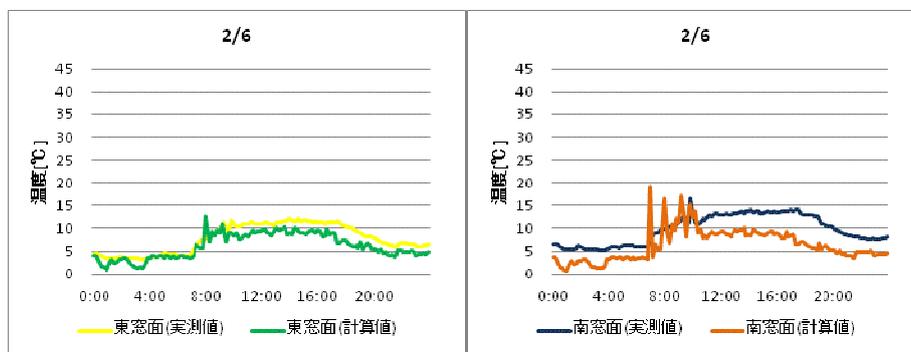


図 3.7 2014年2月6日の窓面温度の測定値と計算値(修正前)

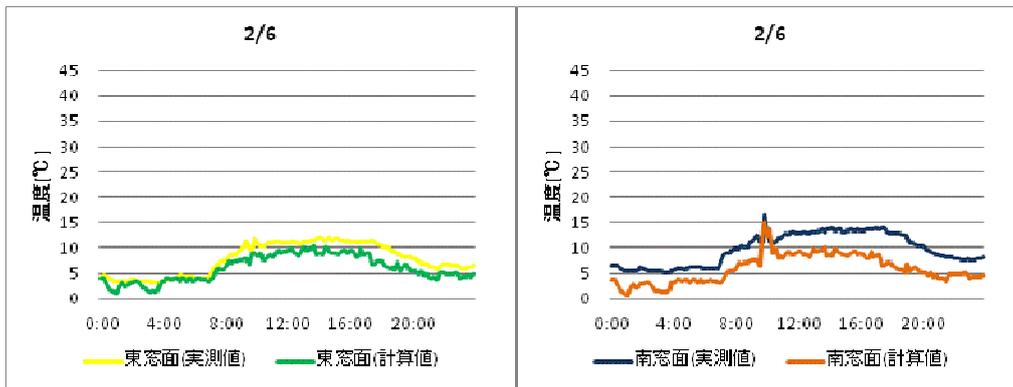


図 3.8 2014 年 2 月 6 日の窓面温度の測定値と計算値(修正後)

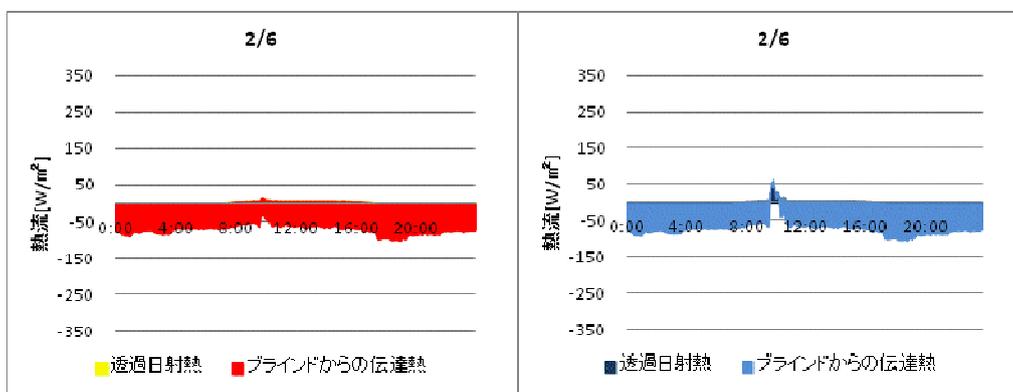


図 3.9 2014 年 2 月 6 日の室内から窓面へ流出する熱量(左:東窓面, 右:南窓面)

表 3.2 暖房期間における室内から窓面へ流出する熱量の日積算値

暖房期間	東側	南側
窓面へ逃げる熱量(KJ/m <sup>2</sup> )	-3903.9	-3628.09

### 3.2 室温

冷房期間で平均気温が最高であった 2013 年 8 月 9 日の室温と空調吹出口温度の測定結果を図 3.10 に示す。空調吹出口温度は 16°C 程度まで下降する。床から 1.1m と 0.2m の室温にわずかに吹出口温度と同期した変動が確認されるが、床から 1.1m と 0.2m の室温に温度差は見られない。

暖房期間で平均気温が最低であった 2014 年 2 月 6 日の室温と空調吹出口温度の測定結果を図 3.11 に示す。空調吹出口温度は 38°C 程度まで上昇する。床から 1.1m の室温にはわずかに吹出口温度と同期した変動が確認されるが、床から 0.2m の室温には確認されない。床から 1.1m と 0.2m の室温に温度差が見られる。

暖房期間の平日 7 時から 21 時における外気温と床から 0.2m, 1.1m の室温の関係を図

3.12 に示す。7 時では室温と外気温に相関が見られるが、8 時以降は空調機器が稼働し相関は小さい。床から 0.2m と 1.1m の室温の差は、8 時以降に顕著に確認され、暖房時に上下温度差が生じている。

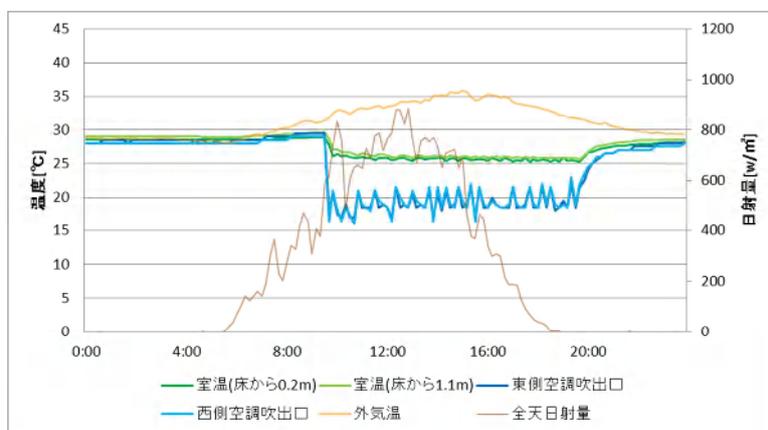


図 3.10 2013 年 8 月 9 日の室温と空調吹出口温度

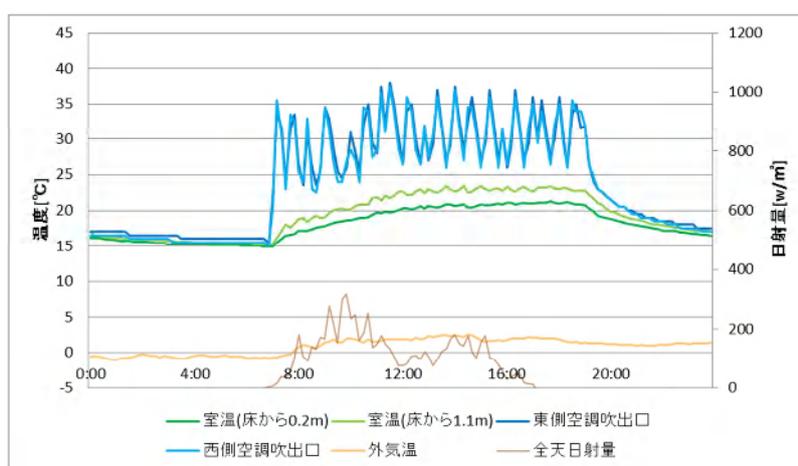


図 3.11 2014 年 2 月 6 日の室温と空調吹出口温度

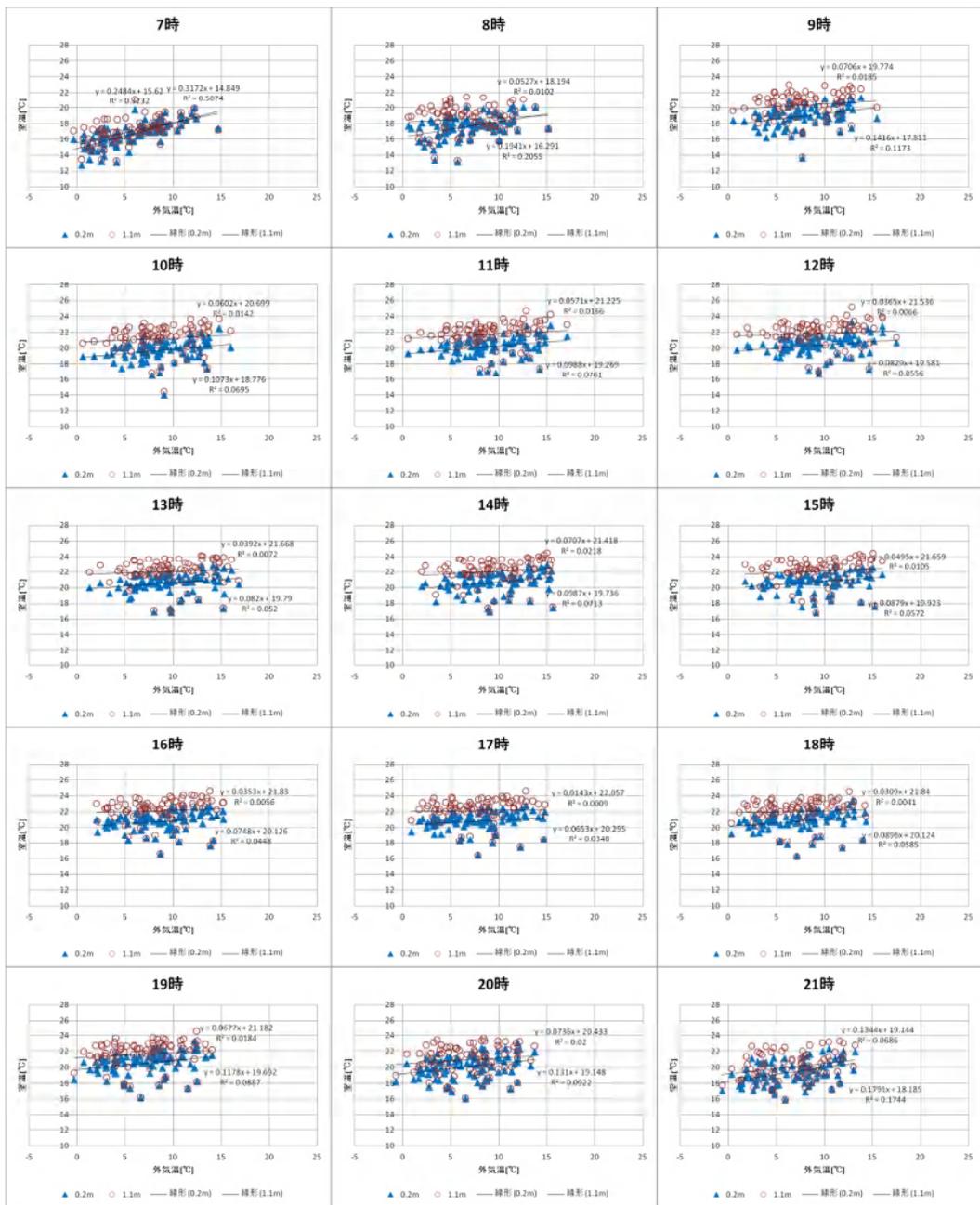


図 3.12 暖房期間における外気温と床から 0.2m, 1.1m の室温の関係

### 3.3 電力消費量

用途別に集計した床面積当たりの月別電力消費量を図 3.13 に示す。冷房期間, 暖房期間, 中間期の電力消費量の, 全日, 平日, 休祝日別の内訳を図 3.14~16 に示す。暖房期間の空調機器の電力消費量が多い。照明機器の電力消費量も 12 月以降に大きい。レイアウト変更により室の利用者が増え, 在室時間が長くなったと考えられる。換気機器の電力消費量は年間を通して小さい。

冷房期間及び中間期の平日では照明, コンセント, 空調の順に電力消費量の割合が大き

い. 休祝日にはコンセント機器の割合が大きく、待機電力によると考えられる。暖房期間の平日では空調と照明の割合が大きく、休祝日には空調機器の割合が大きい。使用者の少ない休祝日には照明、コンセントは必要な範囲のみ使用されるが、空調機器は平日と同様に稼働している。

各コンセントの待機電力を、照明機器の電力消費量が0の時間を抽出して算出した。7月1日から4月27日の期間の、休祝日と平日の待機電力は3.03kWh/m<sup>2</sup>、3.30kWh/m<sup>2</sup>で、全電力消費量の2.65%、2.88%に相当する。待機電力の削減効果は6.36kWh/m<sup>2</sup>（全電力消費量の5.53%）と算出された。

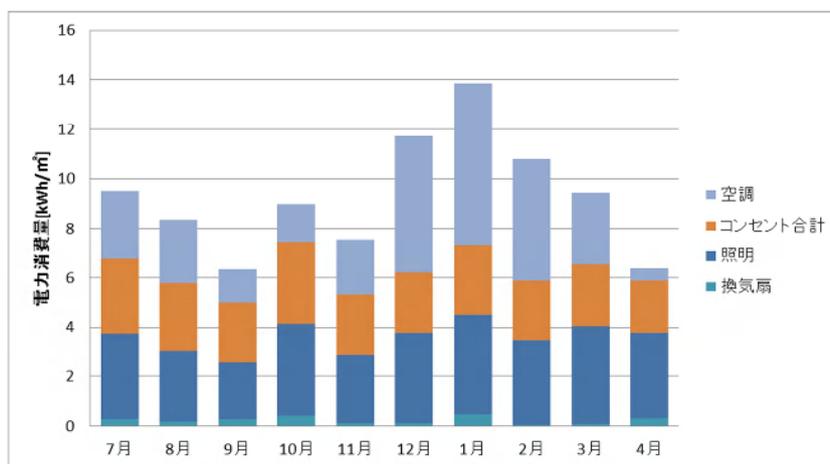


図 3.13 用途別に集計した床面積あたりの月別電力消費量

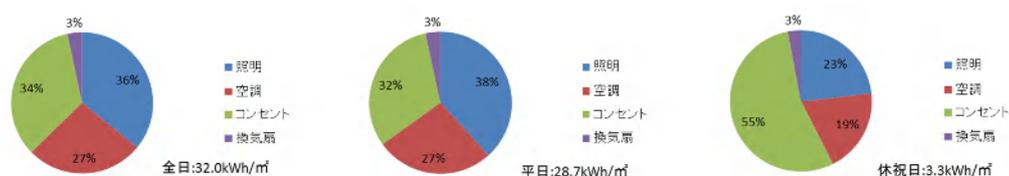


図 3.14 冷房期間の電力消費量の全日，平日，休祝日別の内訳

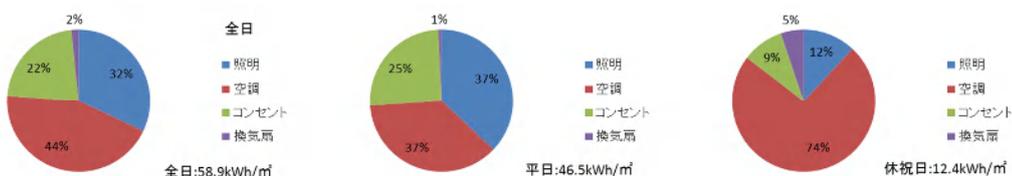


図 3.15 暖房期間の電力消費量の全日，平日，休祝日別の内訳

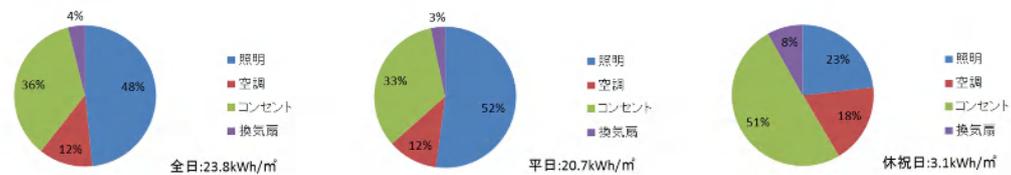


図 3.16 中間期の電力消費量の全日，平日，休祝日別の内訳

### 3.4 電力消費量の時刻変動

#### (a)照明機器

レイアウト変更前後の照明機器の時刻別の電力消費量を図 3.17 に示す。いずれも 0Wh と 1000Wh 付近に集中している。7 時～9 時の入室時間帯に立ち上がり、18 時～22 時の退室時間帯に 0 になる。昼休憩の 12 時前後に低下する日がある。

7 時～9 時の入室時間帯、12 時前後の昼休憩の時間帯、17 時～22 時の退室時間帯での照明機器の電力消費量の頻度分布を図 3.18～23 に示す。レイアウト変更前は 8 時、レイアウト変更後は 7 時のばらつきが大きい。この時間に入室が集中している。レイアウト変更前は 12 時に一時的に消灯される割合が 6 割程度、レイアウト変更後は 2 割程度である。18 時から 22 時の長い時間帯で頻度分布が変化しており、退室時間のばらつきが大きい。レイアウト変更前は 17 時に 6 割程度の確率で一人以上の人が在室しているが、レイアウト変更後では 17 時に 9 割以上、18 時に 8 割程度の確率で一人以上の人が在室している。

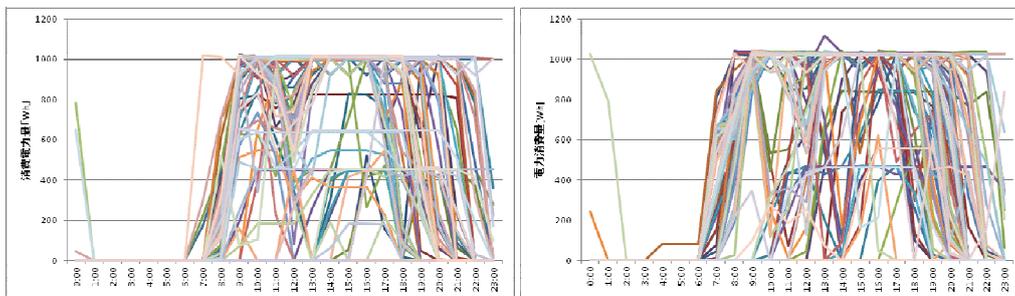


図 3.17 照明機器の時刻別の電力消費量(左:レイアウト変更前, 右:レイアウト変更後)

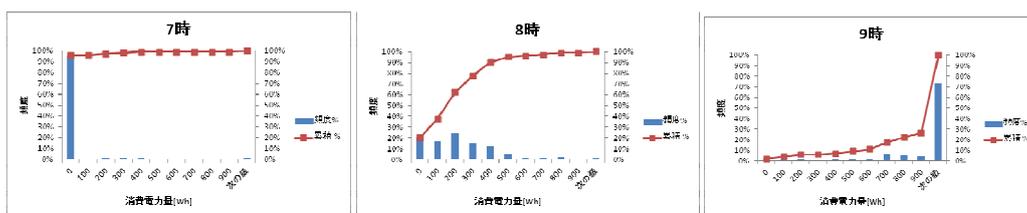


図 3.18 入室時間帯(7 時～9 時)における照明機器の電力消費量のヒストグラム(レイアウト変更前 2013 年 7 月 1 日～11 月 28 日)

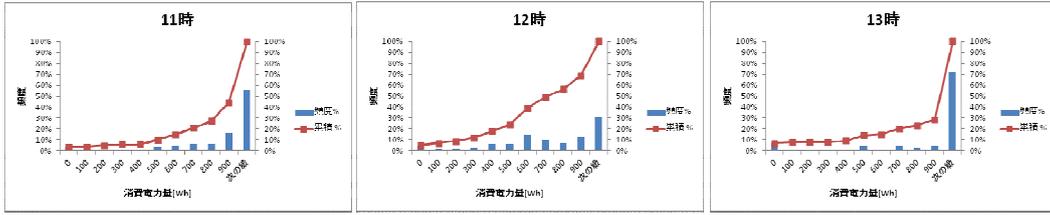


図 3.19 昼休憩(11時～13時)における照明機器の電力消費量のヒストグラム(レイアウト変更前 2013 年 7 月 1 日～11 月 28 日)

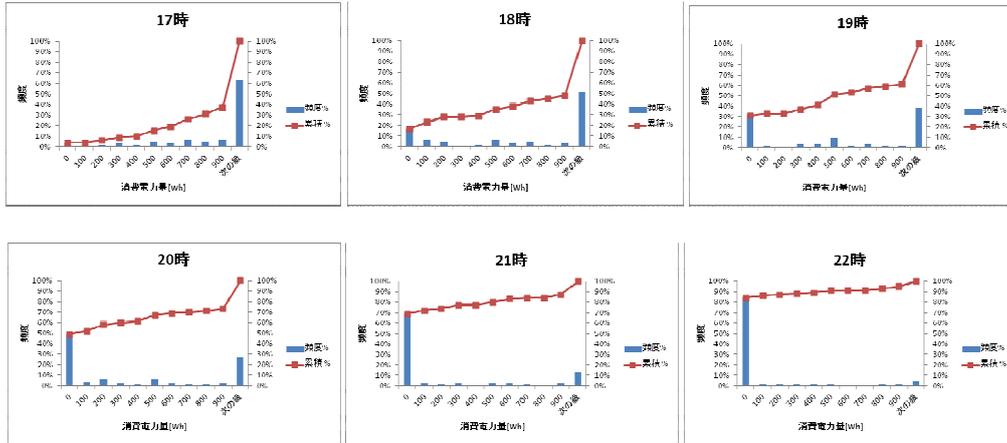


図 3.20 退室時間帯(17 時～22 時)における照明機器の電力消費量のヒストグラム(レイアウト変更前 2013 年 7 月 1 日～11 月 28 日)

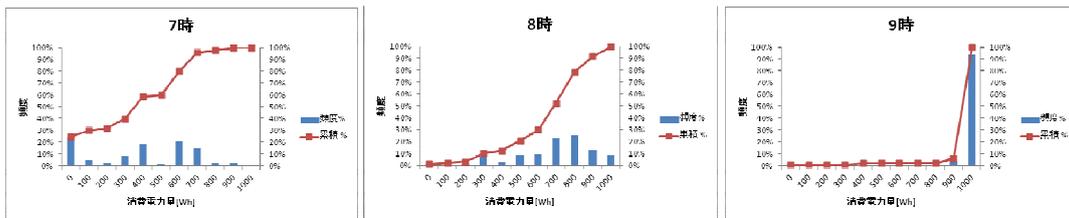


図 3.21 入室時間帯(7 時～9 時)における照明機器の電力消費量のヒストグラム(レイアウト変更後 2013 年 11 月 30 日～2014 年 4 月 27 日)

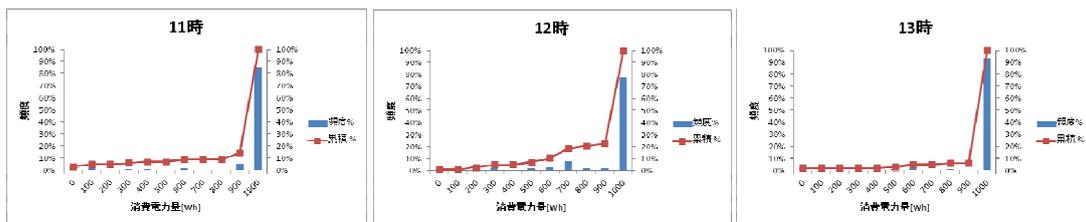


図 3.22 昼休憩(11時～13時)における照明機器の電力消費量のヒストグラム(レイアウト変更後 2013 年 11 月 30 日～2014 年 4 月 27 日)

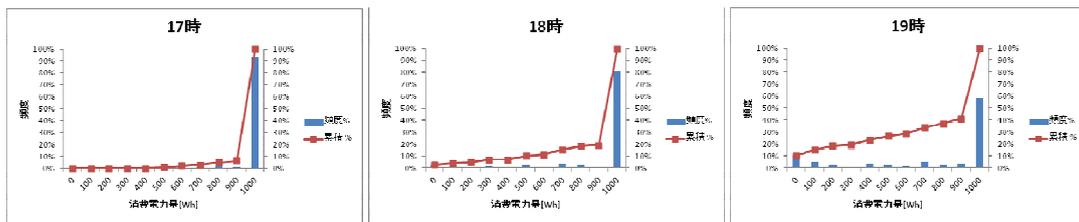


図 3.23 退室時間帯(17時～22時)における照明機器の電力消費量のヒストグラム(レイアウト変更後 2013年11月30日～2014年4月27日)

(b)換気機器

換気機器の時刻別の電力消費量を図 3.24 に示す. 5Wh と 100Wh 付近に集中している. 平日のレイアウト変更前は 99 日中 43 日, 変更後は 97 日中 13 日稼働している. レイアウト変更後の換気機器の使用率が低い. 照明機器と同様に, 7 時～9 時の入室時間帯に稼働し, 退室時間帯の 18 時～22 時に停止するが, 昼休憩の 12 時前後の停止は顕著ではない.

レイアウト変更前後の 7 時～9 時の入室時間帯, 12 時前後の昼休憩の時間帯, 18 時～22 時の退室時間帯で換気機器の電力消費量の頻度分布を図 3.25～30 に示す. レイアウト変更前は 8 時の電力消費量のばらつきが大きく, 照明機器と同時に稼働している. 昼休憩の一時的な消灯時に停止される場合は少ない. 18 時から 22 時の長い時間帯で頻度分布が変化し, 照明機器と同時に停止される.

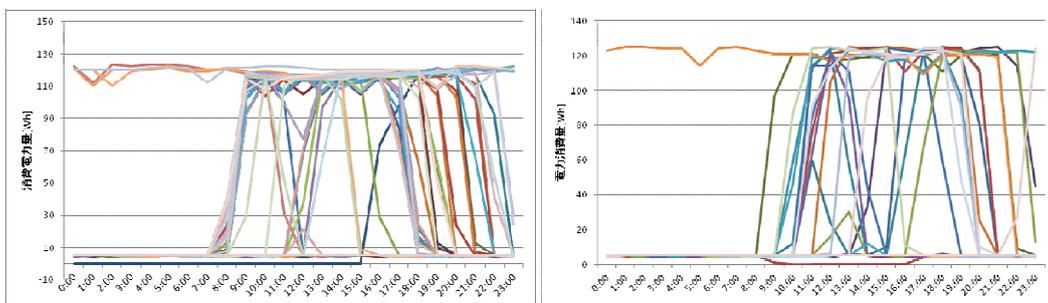


図 3.24 換気機器の時刻別の電力消費量(左:レイアウト変更前, 右:レイアウト変更後)

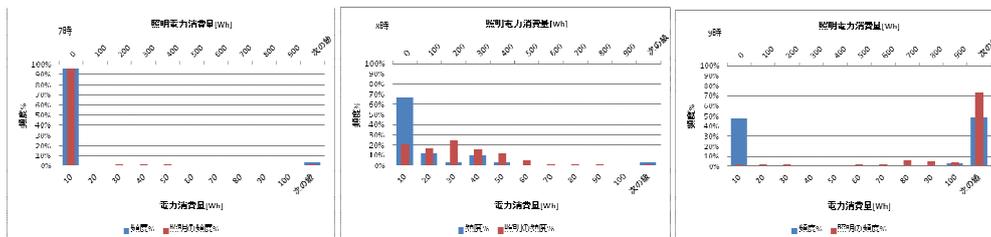


図 3.25 入室時間帯(7時～9時)における換気機器の電力消費量のヒストグラム(レイアウト変更前 2013年7月1日～11月28日)

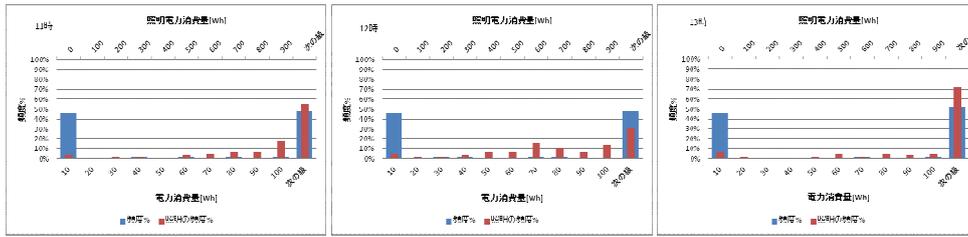


図 3.26 昼休憩(11時～13時)における換気機器の電力消費量のヒストグラム(レイアウト変更前 2013年7月1日～11月28日)

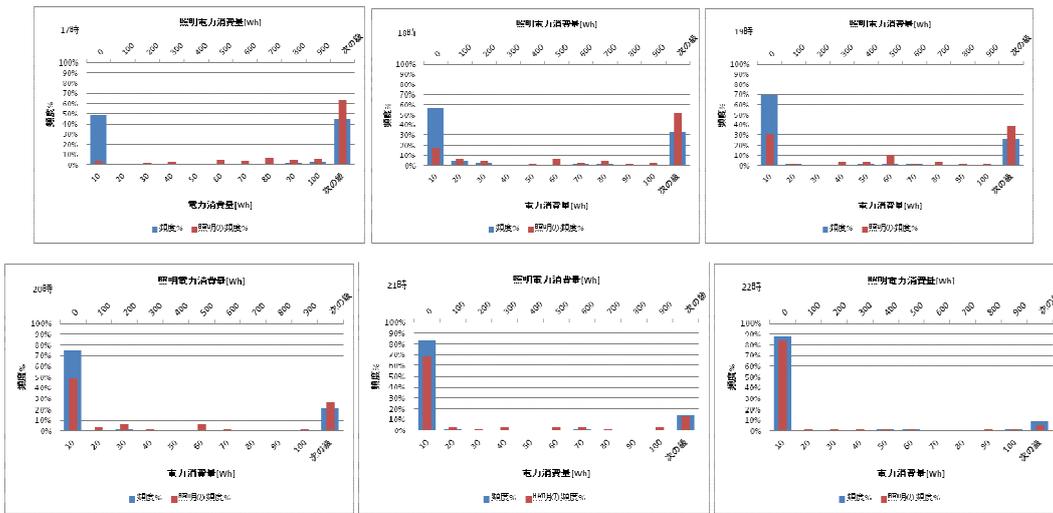


図 3.27 退室時間帯(17時～22時)における換気機器の電力消費量のヒストグラム(レイアウト変更前 2013年7月1日～11月28日)

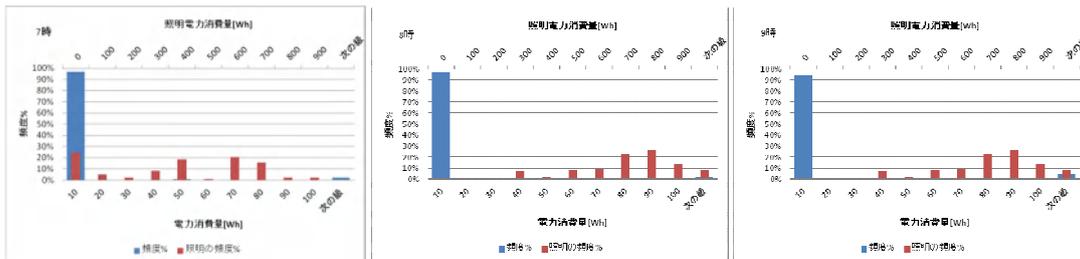


図 3.28 入室時間帯(7時～9時)における換気機器の電力消費量のヒストグラム(レイアウト変更後 2013年11月30日～2014年4月27日)

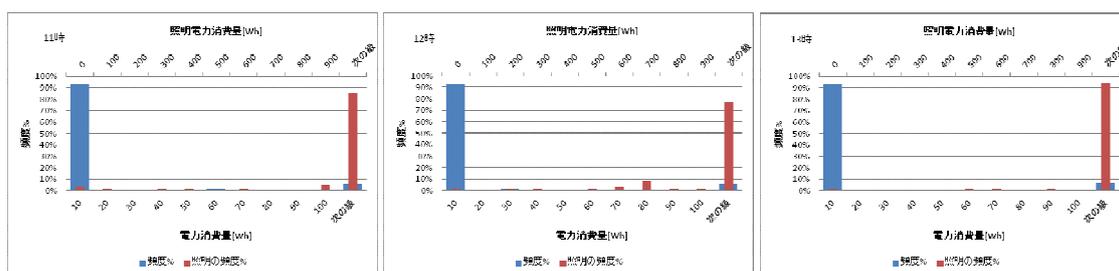


図 3.29 昼休憩(11時～13時)における換気機器の電力消費量のヒストグラム(レイアウト変更後 2013 年 11 月 30 日～2014 年 4 月 27 日)

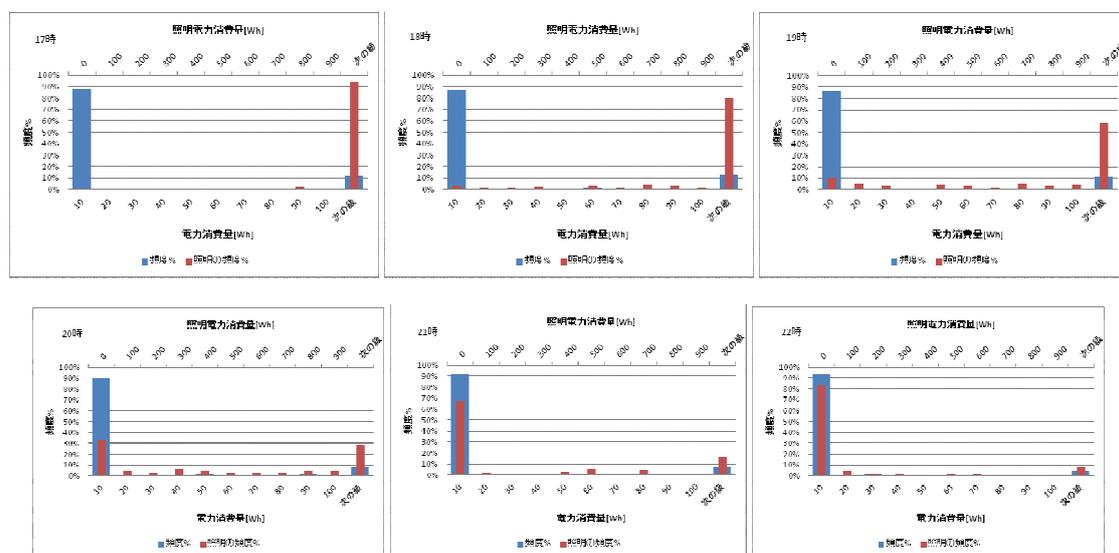


図 3.30 退室時間帯(17時～22時)における換気機器の電力消費量のヒストグラム(レイアウト変更後 2013 年 11 月 30 日～2014 年 4 月 27 日)

### (c)南西コンセント機器

レイアウト変更前後の南西コンセント機器の時刻別の電力消費量を図 3.31 に示す。レイアウト変更前の接続機器はデスクトップ PC とモニター 4 台、ノート PC 2 台で、最大電力消費量は 314Wh、平均電力消費量は 55.1Wh、待機電力消費量の平均は 6.8Wh であった。レイアウト変更後の接続機器はデスクトップ PC とモニター 6 台、ノート PC 2 台の他に外付け HDD 6 台、小型のスピーカー、ポケット Wifi、小型スキャナが接続されており、最大電力消費量は 338Wh、平均電力消費量は 66.4Wh、待機電力消費量の平均は 24.2Wh であった。待機電力消費量がレイアウト変更後に増加した理由は、デスクトップ PC やノート PC 以外の接続機器が増加したためである。照明機器と同様に、7 時～9 時の入室時間帯に稼働し、退室時間帯の 18 時～22 時に停止するが、昼休憩の 12 時前後の低下は顕著ではない。

7 時～9 時の入室時間帯、12 時前後の昼休憩の時間帯、18 時～22 時の退室時間帯でレイアウト変更前後の電力消費量の頻度分布を図 3.32～37 に示す。レイアウト変更前は 9 時、

変更後は8時の電力消費量のばらつきが大きく、いずれも照明機器より遅れて稼働している。また昼休憩の一時的な消灯時に停止される場合は少ない。照明機器と同様に17時から21時の長い時間帯で頻度分布が変化している。

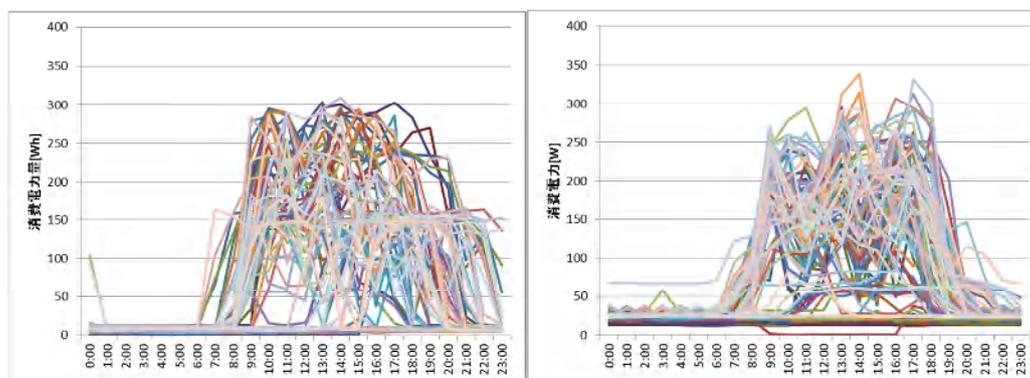


図 3.31 南西コンセント機器の時刻別の電力消費量(左:レイアウト変更前, 右:レイアウト変更後)

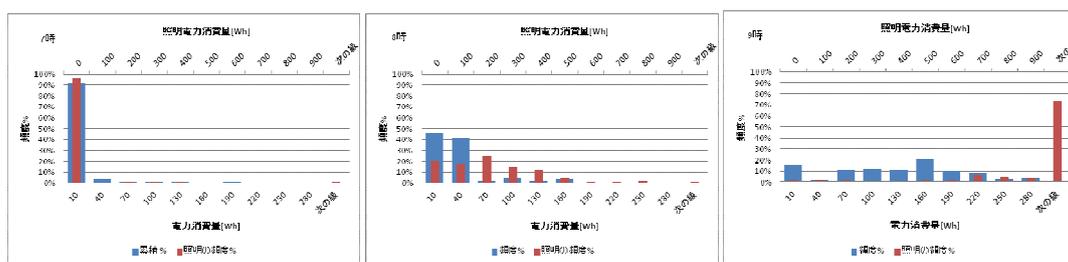


図 3.32 入室時間帯(7時~9時)における南西コンセント機器の電力消費量のヒストグラム(レイアウト変更前 2013年7月1日~11月28日)

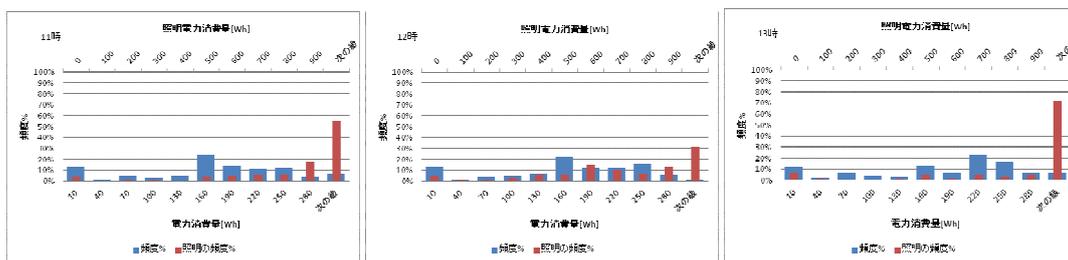


図 3.33 昼休憩(11時~13時)における南西コンセント機器の電力消費量のヒストグラム(レイアウト変更前 2013年7月1日~11月28日)

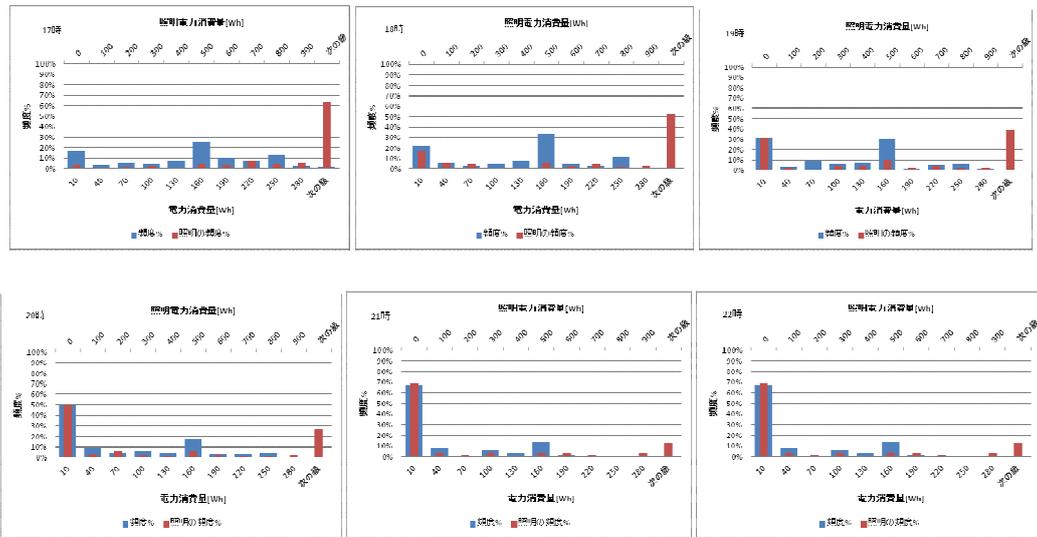


図 3.34 退室時間帯(17時～22時)における南西コンセント機器の電力消費量のヒストグラム(レイアウト変更前 2013年7月1日～11月28日)

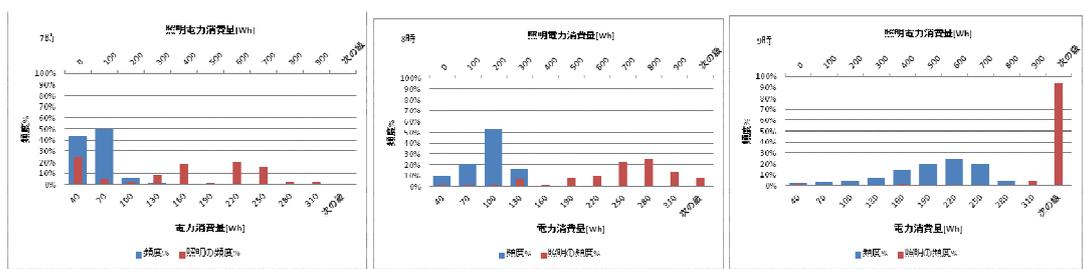


図 3.35 入室時間帯(7時～9時)における南西コンセント機器の電力消費量のヒストグラム(レイアウト変更後 2013年11月30日～2014年4月27日)

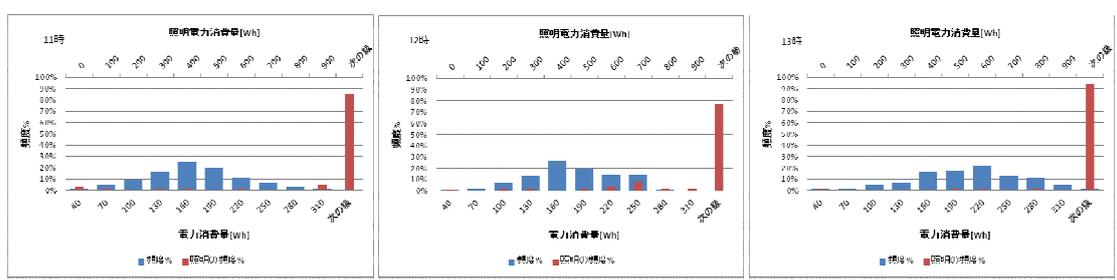


図 3.36 昼休憩(11時～13時)における南西コンセント機器の電力消費量のヒストグラム(レイアウト変更後 2013年11月30日～2014年4月27日)

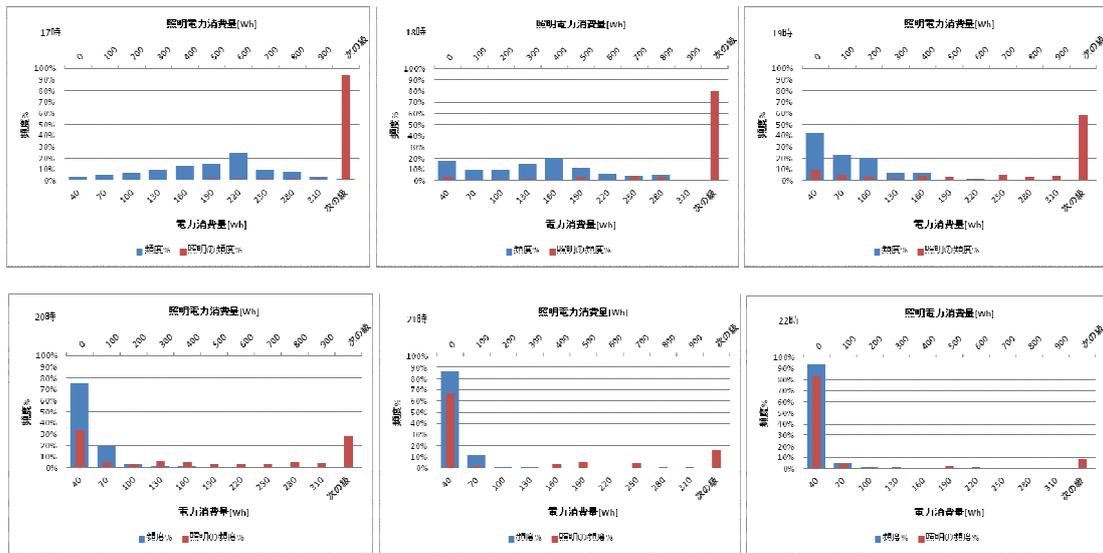


図 3.37 退室時間帯(17 時～22 時)における南西コンセント機器の電力消費量のヒストグラム(レイアウト変更後 2013 年 11 月 30 日～2014 年 4 月 27 日)

#### (d)南東コンセント機器

レイアウト変更前後の南東コンセント機器の時刻別の電力消費量を図 3.38 に示す。レイアウト変更前の接続機器はデスクトップ PC とモニター 2 台、複合機、ハブ、NAS で最大電力消費量は 521Wh、平均電力消費量は 119.6 Wh、待機電力消費量の平均は 55.4Wh であった。レイアウト変更後の接続機器はデスクトップ PC とモニター 3 台、ハブ、NAS で最大電力消費量は 256Wh、平均電力消費量は 29.2Wh、待機電力消費量の平均は 11.2Wh であった。待機電力消費量がレイアウト変更後に減少した理由は、複合機が接続されなくなったためである。7 時～9 時の入室時間帯に稼働し、退室時間帯の 18 時～22 時に停止するが、昼休憩の 12 時前後の低下は顕著ではない。

7 時～9 時の入室時間帯、12 時前後の昼休憩の時間帯、18 時～22 時の退室時間帯でレイアウト変更前後の電力消費量の頻度分布を図 3.39～44 に示す。レイアウト変更前は 9 時、変更後は 8 時の電力消費量のばらつきが大きく、いずれも照明機器より遅れて稼働している。また昼休憩の一時的な消灯時に停止される場合は少ない。照明機器と同様に 17 時から 21 時の長い時間帯で頻度分布が変化している。

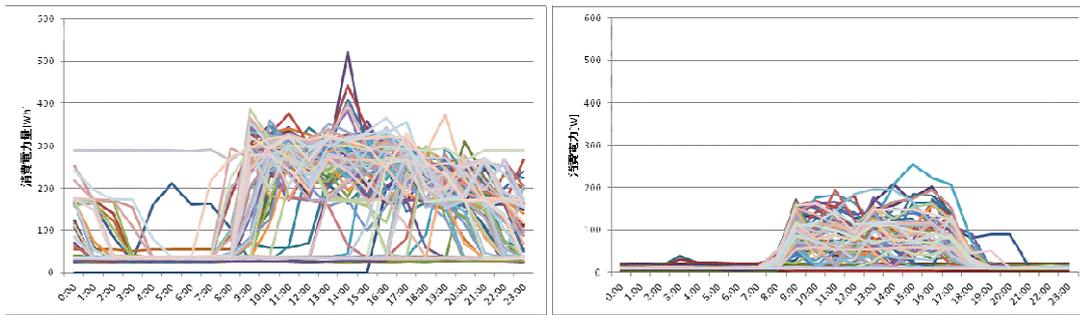


図 3.38 南東コンセント機器の時刻別の電力消費量(左:レイアウト変更前, 右:レイアウト変更後)

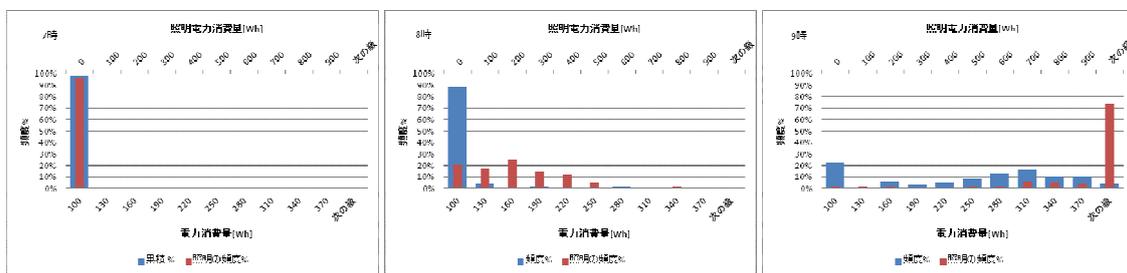


図 3.39 入室時間帯(7時~9時)における南東コンセント機器の電力消費量のヒストグラム(レイアウト変更前 2013年7月1日~11月28日)

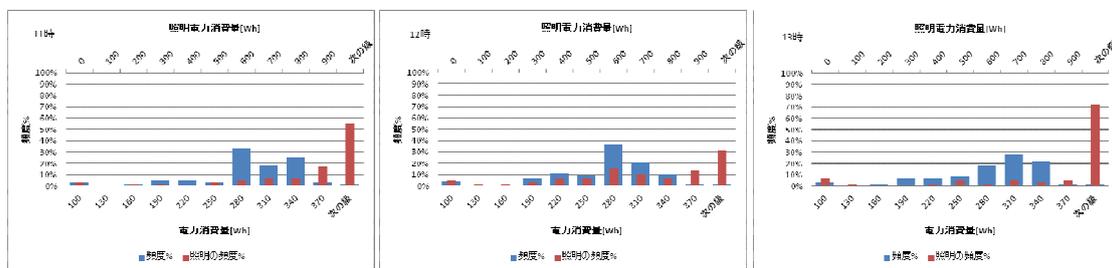


図 3.40 昼休憩(11時~13時)における南東コンセント機器の電力消費量のヒストグラム(レイアウト変更前 2013年7月1日~11月28日)

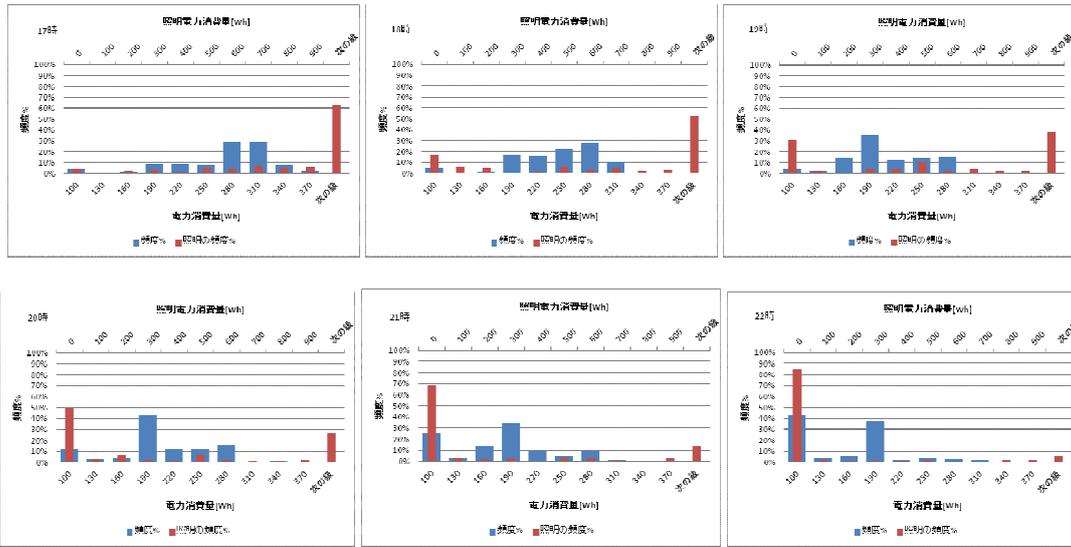


図 3.41 退室時間帯(17時～22時)における南東コンセント機器の電力消費量のヒストグラム(レイアウト変更前 2013年7月1日～11月28日)

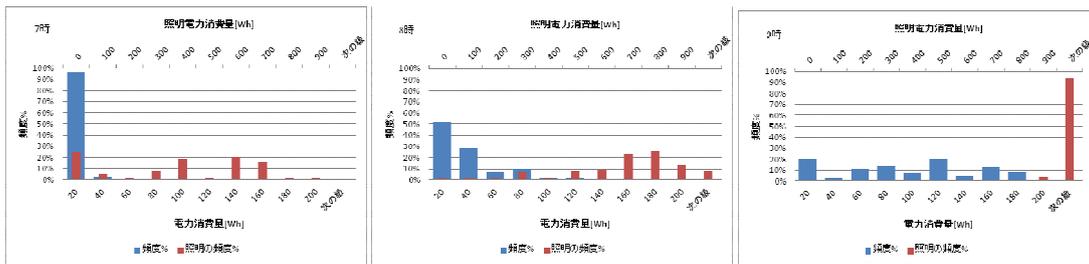


図 3.42 入室時間帯(7時～9時)における南東コンセント機器の電力消費量のヒストグラム(レイアウト変更後 2013年11月30日～2014年4月27日)

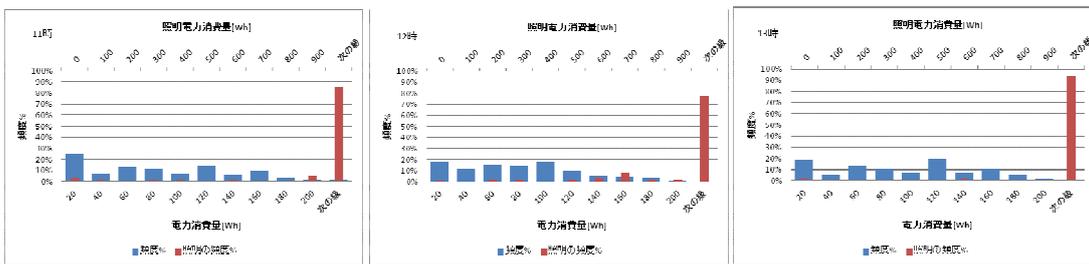


図 3.43 昼休憩(11時～13時)における南東コンセント機器の電力消費量のヒストグラム(レイアウト変更後 2013年11月30日～2014年4月27日)

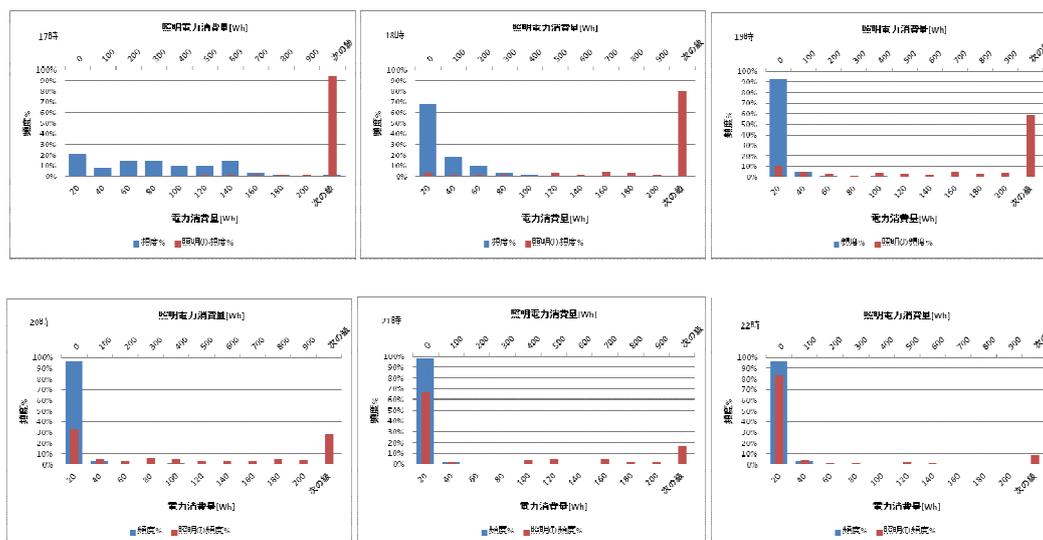


図 3.44 退室時間帯(17時～22時)における南東コンセント機器の電力消費量のヒストグラム(レイアウト変更後 2013 年 11 月 30 日～2014 年 4 月 27 日)

#### (e)北東コンセント機器

レイアウト変更前後の北東コンセント機器の時刻別の電力消費量を図 3.45 に示す。レイアウト変更前の接続機器はデスクトップ PC とモニター 2 台、シュレッダー、冷蔵庫、電気ポットで最大電力消費量は 402Wh, 平均電力消費量は 88.9 Wh, 待機電力消費量の平均は 68.7Wh であった。レイアウト変更後の接続機器はデスクトップ PC とモニター 4 台、シュレッダー、冷蔵庫、電気ポット、電気ケトル、プリンター、ハブ、加湿器で最大電力消費量は 834Wh, 平均電力消費量は 141.3Wh, 待機電力消費量の平均は 84.6Wh であった。待機電力量がレイアウト変更後に増加した理由は、電気ケトル、プリンター、ハブ、加湿器が接続されたからである。7時～9時の入室時間帯に稼働し、退室時間帯の18時～22時に停止するが、昼休憩の12時前後の低下は顕著ではない。午前中に大きな電力消費量となる理由は、シュレッダー、電気ポット、電気ケトル、プリンターの使用によると考えられる。

7時～9時の入室時間帯、12時前後の昼休憩の時間帯、18時～22時の退室時間帯でレイアウト変更前後の電力消費量の頻度分布を図 3.46～51 に示す。レイアウト変更前は 8 時と 9 時、変更後は 9 時に電力消費量のばらつきが大きく、いずれも照明機器より遅れて稼働している。また昼休憩の一時的な消灯時に停止される場合は少ない。照明機器と同様に 17 時から 21 時の長い時間帯で頻度分布が変化している。

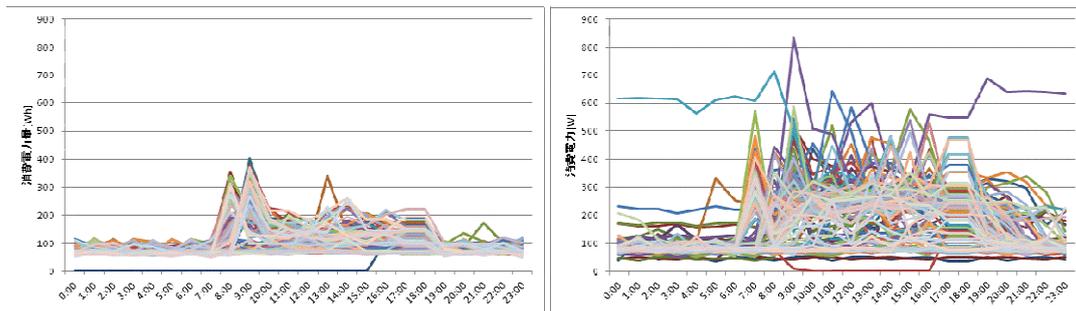


図 3.45 北東コンセント機器の時刻別の電力消費量(左:レイアウト変更前, 右:レイアウト変更後)

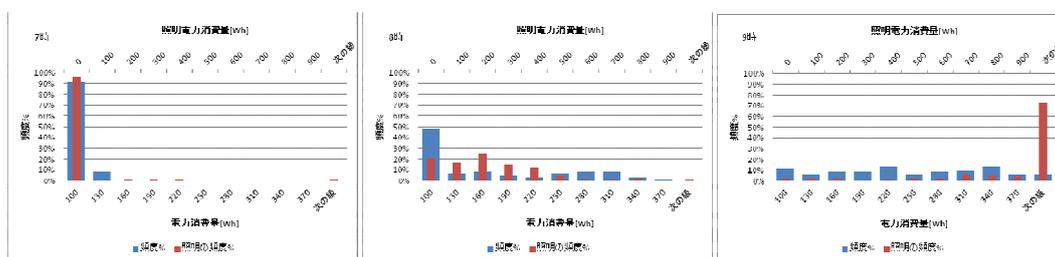


図 3.46 入室時間帯(7時~9時)における北東コンセント機器の電力消費量のヒストグラム(レイアウト変更前 2013年7月1日~11月28日)

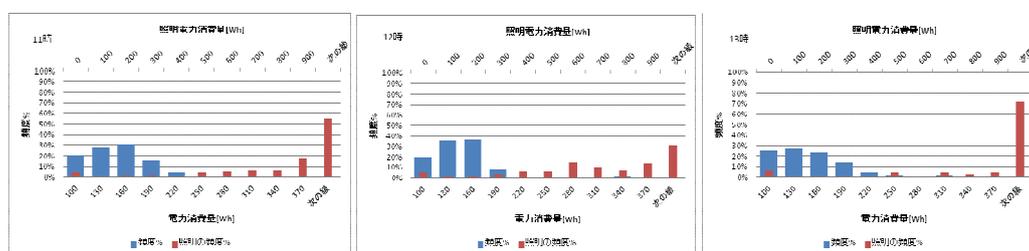


図 3.47 昼休憩(11時~13時)における北東コンセント機器の電力消費量のヒストグラム(レイアウト変更前 2013年7月1日~11月28日)

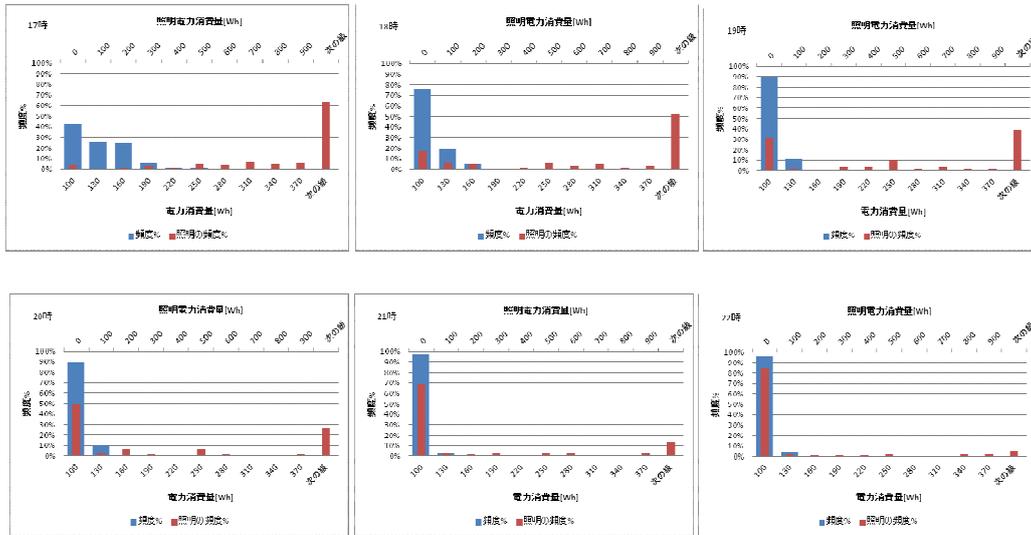


図 3.48 退室時間帯(17時～22時)における北東コンセント機器の電力消費量のヒストグラム(レイアウト変更前 2013年7月1日～11月28日)

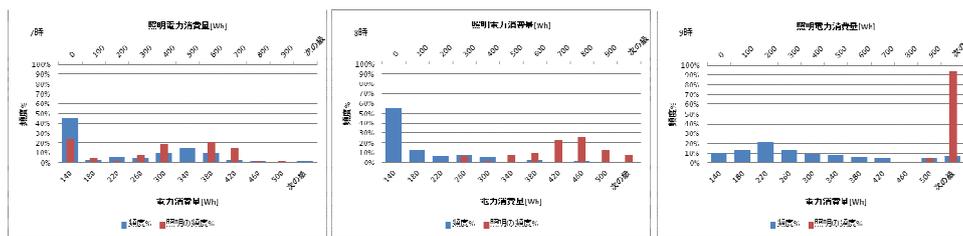


図 3.49 入室時間帯(7時～9時)における北東コンセント機器の電力消費量のヒストグラム(レイアウト変更後 2013年11月30日～2014年4月27日)

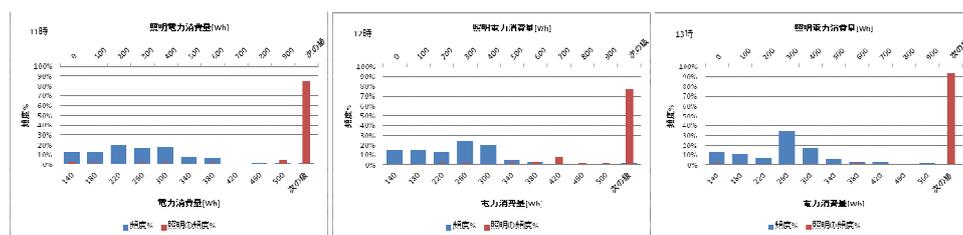


図 3.50 昼休憩(11時～13時)における北東コンセント機器の電力消費量のヒストグラム(レイアウト変更後 2013年11月30日～2014年4月27日)

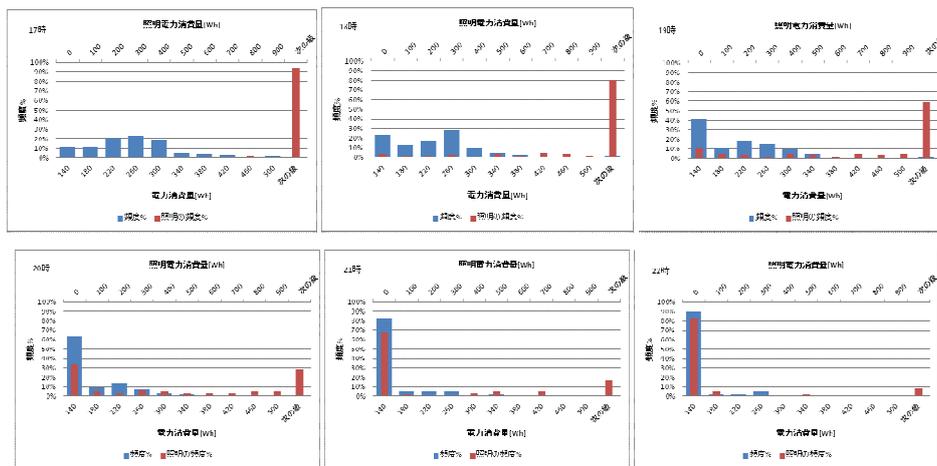


図 3.51 退室時間帯(17時～22時)における北東コンセント機器の電力消費量のヒストグラム(レイアウト変更後 2013 年 11 月 30 日～2014 年 4 月 27 日)

#### (f)空調機器

冷房期間と暖房期間の空調機器の時刻別の電力消費量を図 3.52 に示す。冷房期間と暖房期間の午前中の空調立ち上がり時にやや大きな電力消費量になっている。

冷房期間と暖房期間の 7 時～9 時の入室時間帯, 12 時前後の昼休憩の時間帯, 18 時～22 時の退室時間帯の空調機器の電力消費量の頻度分布を図 3.53～58 に示す。冷房期間は 8 時, 暖房期間は 7 時の電力消費量のばらつきが大きく, いずれも照明機器と同じタイミングで稼働している。また昼休憩の一時的な消灯時に停止される場合は少ない。照明機器と同様に 17 時から 22 時の長い時間帯で頻度分布が変化している。

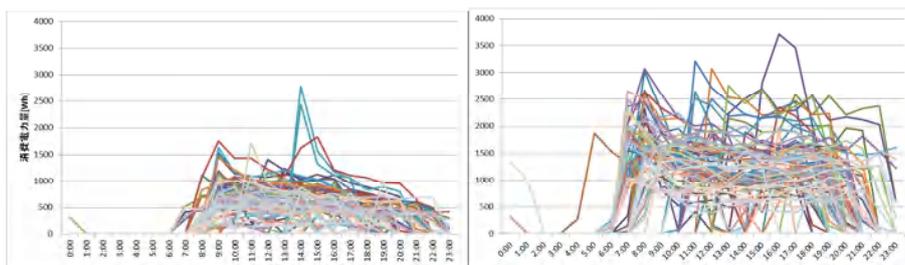


図 3.52 空調機器の時刻別の電力消費量(左:冷房期間 2013 年 7 月 1 日～10 月 13 日 右:暖房期間 2013 年 11 月 11 日～2014 年 3 月 16 日)

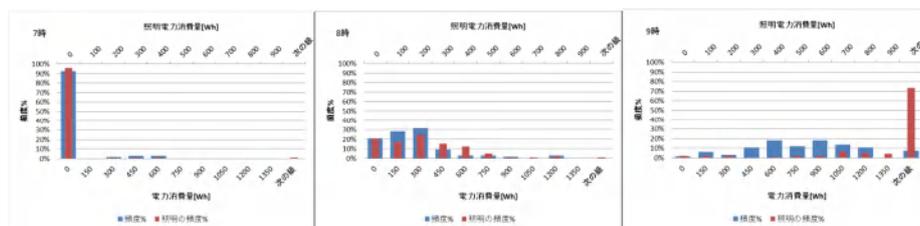


図 3.53 入室時間帯(7時～9時)における空調機器の電力消費量のヒストグラム(冷房期間 2013年7月1日～10月13日)

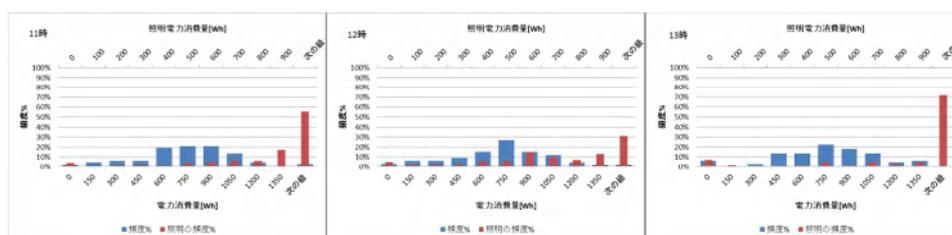


図 3.54 昼休憩(11時～13時)における空調機器の電力消費量のヒストグラム(冷房期間 2013年7月1日～10月13日)

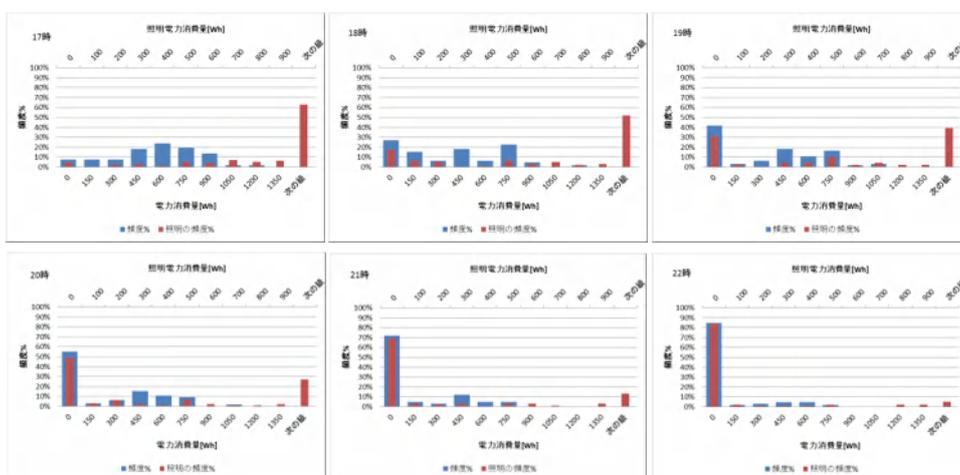


図 3.55 退室時間帯(17時～22時)における空調機器の電力消費量のヒストグラム(冷房期間 2013年7月1日～10月13日)

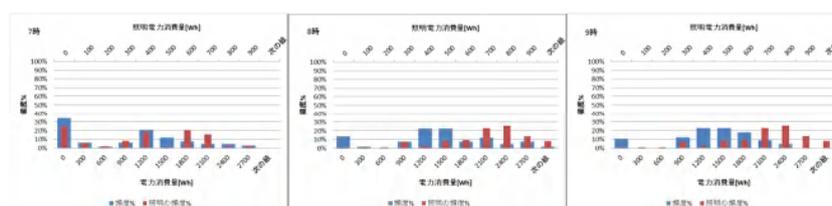


図 3.56 入室時間帯(7時～9時)における空調機器の電力消費量のヒストグラム(暖房期間 2013年11月11日～2014年3月16日)

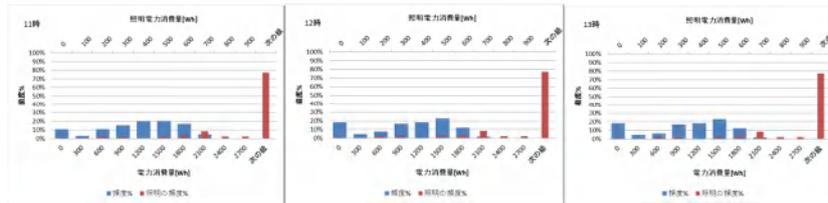


図 3.57 昼休憩(11 時～13 時)における空調機器の電力消費量のヒストグラム(暖房期間  
2013 年 11 月 11 日～2014 年 3 月 16 日)

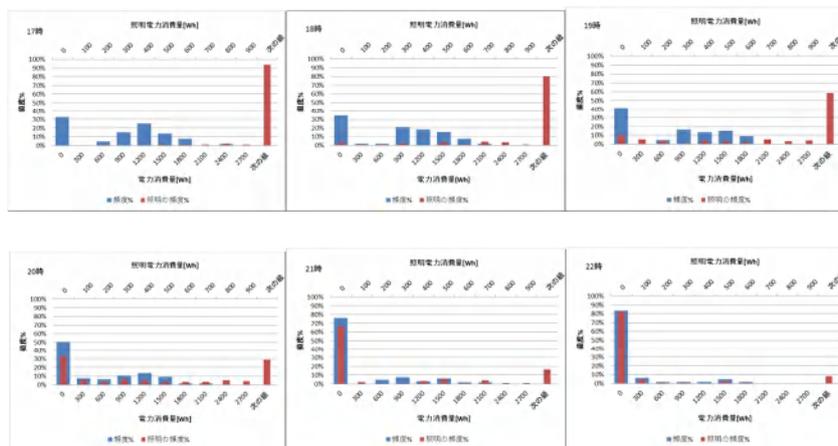


図 3.58 退室時間帯(17 時～22 時)における空調機器の電力消費量のヒストグラム(暖房期  
間 2013 年 11 月 11 日～2014 年 3 月 16 日)

### 3.5 空調電力消費量とその他の機器の関係

2013 年 7 月 1 日～2014 年 4 月 27 日の測定結果より、照明機器と換気機器、空調機器の時間数の関係を表 3.3 に示す。換気機器は照明機器の使用時に 29.1%の割合で使用され、不使用時に 6.4%の割合で使用されている。人の在室時間中の換気機器の稼働率は低い。

空調機器は照明機器の使用時に 81.7%の割合で使用され、不使用時に 1.1%の割合で使用されている。空調機器の稼働率は換気機器と比べて高い。冷房期間・暖房期間の空調機器の使用は照明の使用が前提になっている。

空調機器と換気機器の時間数の関係を表 3.4 に示す。換気機器は空調機器の使用時に 29.6%の割合で使用され、不使用時に 13.2%の割合で使用されている。照明使用時の空調機器の稼働率は高いが、換気機器の稼働率は低い。空調機器使用時の換気機器の積極的な利用は確認されない。

表 3.3 照明機器と換気機器、空調機器の時間数の関係

	使用時間数(h)	照明使用時の時間数(h)	照明使用時の割合(%)	照明不使用時の時間数(h)	照明不使用時の割合(%)
照明	2873				
換気	1018	835	29.1	183	6.4
空調	2378	2347	81.7	31	1.1

表 3.4 空調機器と換気機器の時間数の関係

	使用時間数(h)	空調使用時の時間数(h)	空調使用時の割合(%)	空調不使用時の時間数(h)	空調不使用時の割合(%)
空調	2378				
換気	1018	704	29.6	314	13.2

### 3.4 まとめ

実在建物において温度、電力消費量の測定結果を分析し、以下の考察を行った。

窓面の熱収支気モデルを用いて窓面温度を算出し、実測値と比較した。冷房期間の南側窓面からの流入熱は、透過日射よりブラインド面からの伝達熱が大きい。ブラインドに吸収された日射による影響が大きい。冷房期間の窓面からの流入熱量は、南側は底により日射が遮られ流入する熱量が減るため東側が大きくなった。暖房期間の窓面からの流出熱は、午前中の短い時間にあたる日射の影響で南側が小さくなった。

空調吹き出し口温度の影響は、床から 1.1m の室温にはわずかに確認されたが、床から 0.2m の室温には確認はされなかった。8 時以降の暖房時に、0.2m の室温が 1.1m の室温より低く、上下温度差が確認された。空調機器から吹き出した暖かい空気が床面付近の冷たい空気層と完全に混ざり合っていないためである。

電力消費量の測定の結果より、冷房期間より暖房期間の空調電力消費量が大きくなった。冷房期間より暖房期間の方が室温と外気温の差が大きく、その差に応じた壁面の貫流熱が大きいからである。代表日 7/10 と 2/6 日における東側と南側を合計した壁面貫流負荷はそれぞれ 572w/m<sup>2</sup>、275W/m<sup>2</sup>であった。各コンセントの待機電力は 6.36kWh/m<sup>2</sup>で全電力消費量の 5.53%と算出された。

照明機器の電力消費量の測定結果より、レイアウト変更前の入室時間は 8 時台、退室時間は 17 時～22 時、レイアウト変更後の入室時間は 7 時台、退室時間は 18 時～22 時が多いと分析された。12 時の一時的な消灯が何日か確認された。

換気機器の稼働日数は、レイアウト変更前は 99 日中 43 日、変更後は 97 日中 13 日と少ない。運転開始・停止の時間は照明機器と同じ傾向であった。

コンセント機器は照明機器より遅く稼働し、昼休みの停止は確認されない。停止の時間は照明機器と同じ傾向であった。

空調機器の稼働は照明機器と同じ傾向であった。ただし、昼休みの停止は確認されない。

照明機器、換気機器、空調機器の稼働時間数の関係を分析したところ、照明機器使用時の空調機器の稼働割合は 81.7%で、不使用時は 1.1%であった。空調機器の使用は照明機器の使用が前提になっていると考察された。

## 4. 電力実測値を内部発熱として用いた熱負荷計算

### 4.1 熱負荷計算の目的

電力消費量の測定データに基づいて設定した内部発熱(照明, コンセント, 人体)と, 一般的なオフィスビルを想定した内部発熱を用いて熱負荷計算を行い, その結果と実測した電力消費量との比較を行い, 電力消費量から空調負荷の関係を分析する. その後熱負荷計算で得られた負荷の内訳から対象室の空調負荷の特徴を考察する.

### 4.2 熱負荷計算の概要

熱負荷計算の概要を図 4.1 に示す. 建築分野で汎用的に用いられている熱負荷計算ソフト SMASH を用いる. SMASH では「室データ」, 「部位データ」, 「室相互の組み合わせデータ」により計算モデルが構成される. 外気の温度, 湿度, 日射量等の気象データと暖冷房期間を「地域データ」として境界条件に設定し, 熱回路網計算により「暖冷房負荷計算」を行う.

対象建物の条件に基づいて「室データ」, 「部位データ」, 「室相互の組み合わせデータ」を設定する. 気象データには, 過去の気象データに基づき大阪の標準年データを設定する.

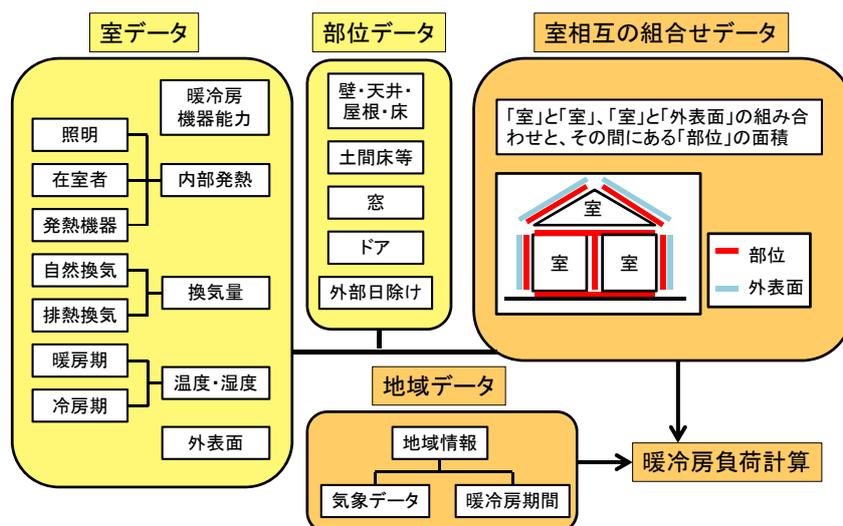


図 4.1 熱負荷計算の概要

### 4.3 内部発熱の設定

#### (a) 電力消費量の測定データを用いた内部発熱

3.4 で算出した照明, コンセント機器の電力消費量の頻度分布より, 最も頻度の高い区間に属する電力消費量をその時刻の典型的な電力消費量とする. 典型的な電力消費量の時刻変化を図 4.2 に示す. 人員数は, 待機電力量と最大電力量の差をデスクトップ PC の数で除して算定する. 典型的な人員数の時刻変化を図 4.3 に示す. レイアウト変更後に人員数が増加した.

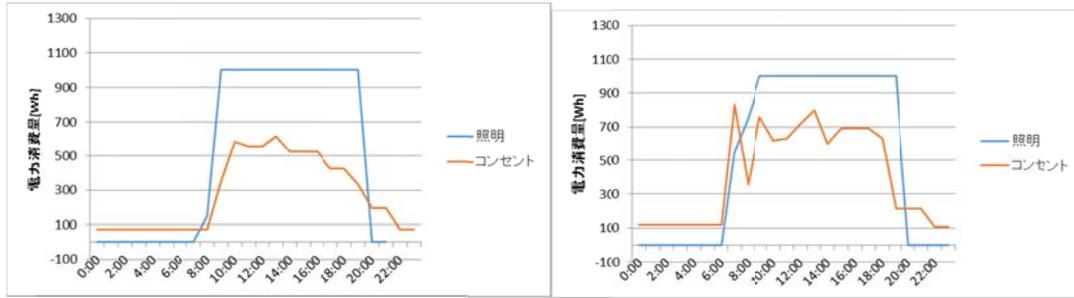


図 4.2 測定データから算出した電力消費量の時刻変化(左:レイアウト変更前 右:変更後)

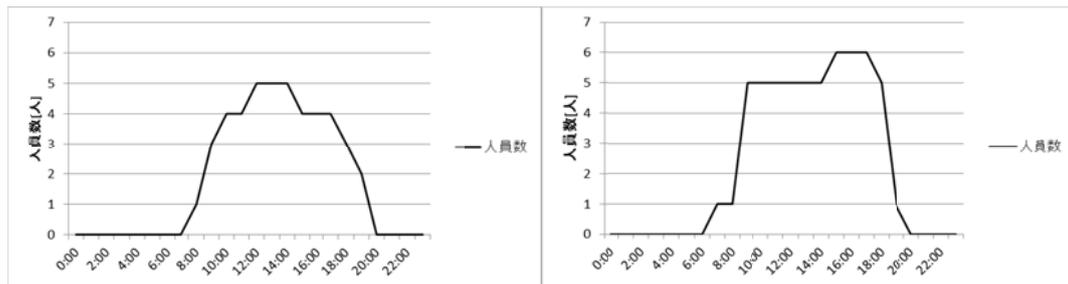


図 4.3 測定データから算出した人員数の時刻変化(左:レイアウト変更前 右:変更後)

(b)一般的なオフィスビルを想定した内部発熱

「空気調和・衛生工学会便覧」の一般事務室のデータに基づき，照明電力  $20\text{W}/\text{m}^2$ ，コンセント機器  $40\text{W}/\text{m}^2$ ，人員密度  $0.2\text{人}/\text{m}^2$ として定格電力，最大人員数を設定し，熱負荷計算ソフトで推奨される時刻別の使用率を乗じて作成した電力消費量と人員数の時刻変化を図 4.4 に示す。

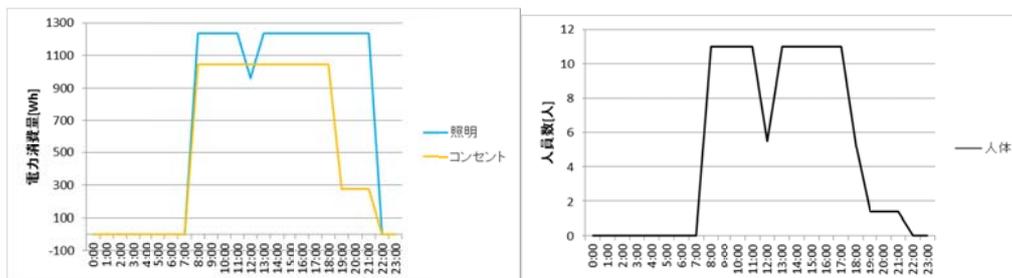


図 4.4 一般的なオフィスビルの照明，コンセント機器の電力消費量と人員数の時刻変化

(c)電力消費量の時刻変化の比較

測定データを用いた場合と一般的なオフィスビルを想定した場合の照明機器，コンセント機器の電力消費量と人員数の時刻変化を図 4.5～4.7 に示す。

照明機器について両者を比較すると，12 時を除き一般的なオフィスビルが  $100\text{Wh}$  程度大きい。測定データの定格電力  $1199\text{W}$  に対し，一般的なオフィスビルでは  $1372\text{W}$  のためである。

コンセント機器について両者を比較すると，10 時～18 時に一般的なオフィスビルが 2 倍程度大きい。測定データの定格電力がレイアウト変更前  $4477\text{W}$ ，変更後  $4337\text{W}$  に対し，一般的なオフィスビルでは  $2774\text{W}$  と低い，対象室のコンセント機器の使用率が一般的なオフィスビルよりかなり小さいためであると考えられる。

人員数について両者を比較すると，測定データは一般的なオフィスビルより少ない。対象室の

定員はレイアウト変更前 8 人，変更後 13 人であり，一般的なオフィスビルの人員密度から求めた定員は 13.7 人である．定員に対するピーク時の人員の割合がレイアウト変更前は 63%，変更後は 46%であるが，一般的なオフィスビルでは 80%と想定されている．定員に対する室稼働時の平均の人員の割合はレイアウト変更前は 46%，変更後は 33%であるが，一般的なオフィスビルでは 63%と想定されている．

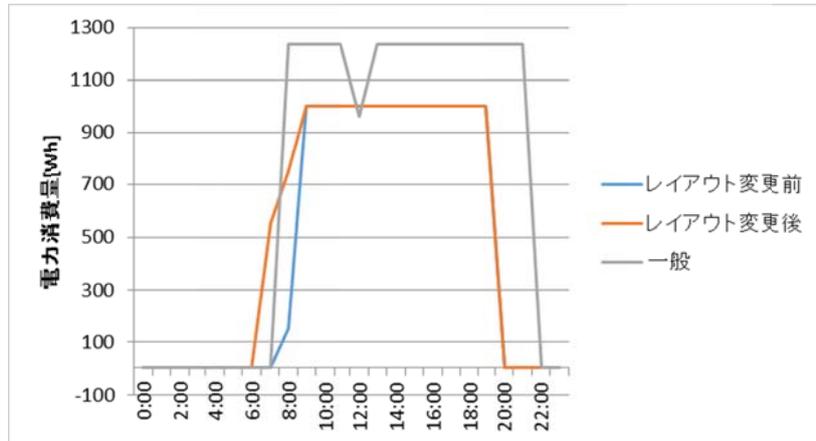


図 4.5 測定データを用いた場合と一般的なオフィスビルを想定した場合の照明機器電力消費量の時刻変化

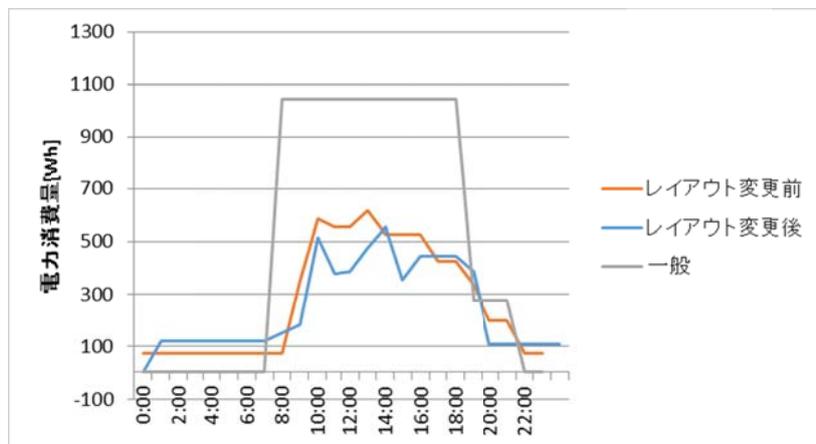


図 4.6 測定データを用いた場合と一般的なオフィスビルを想定した場合のコンセント機器電力消費量の時刻変化

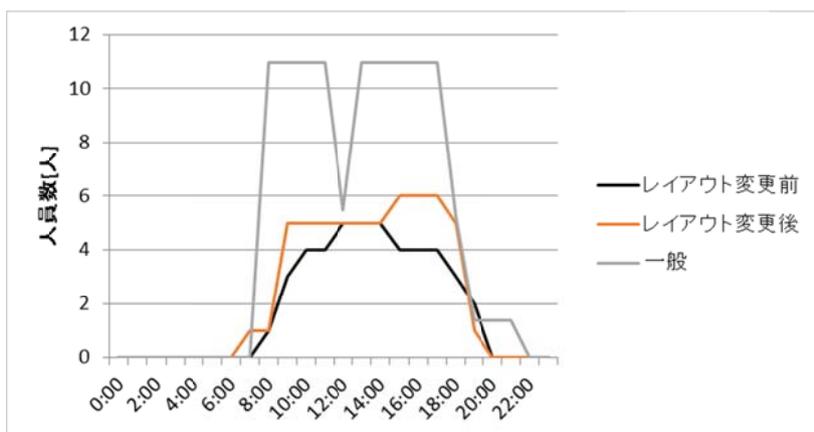


図 4.7 測定データを用いた場合と一般的なオフィスを想定した場合の人員数の時刻変化

#### 4.3 計算結果

##### (a) 実測結果との比較

冷房期間、暖房期間の空調設定温度と空調時間を表 1.1 に記す。空調設定温度と空調時間は同じ条件とし、内部発熱のみを変化させて空調負荷を計算する。

実測結果の電力消費量と計算結果の空調負荷を図 4.8、表 4.2～4.3 に示す。7月、8月、9月における時刻変化を図 4.9～図 4.11、表 4.4～4.6 に示す。設定した内部発熱に応じた空調負荷となっている。

12月、1月、2月における時刻変化を図 4.12～図 4.14、表 4.7～4.9 に示す。内部発熱の設定方法に関わらず、暖房開始時の蓄熱負荷が大きい。

表 4.1 冷房期間、暖房期間の空調設定温度と空調時間

	空調設定温度	空調時間
冷房期間(7月1日～10月/13日)	28°C	8:00～19:00
暖房期間(11月/11日～3月/16日)	25°C	7:00～19:00

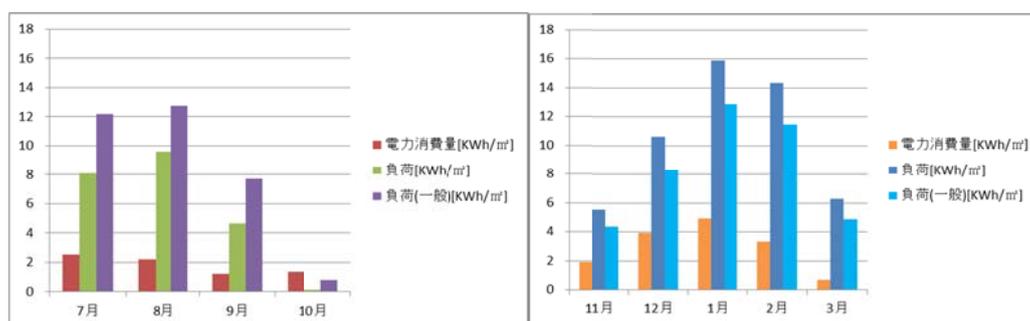


図 4.8 実測結果の電力消費量と計算結果の冷暖房負荷(左:冷房負荷 右:暖房負荷)

表 4.2 実測結果の消費電力消費量と計算結果の冷房負荷

	電力消費量[KWh/m <sup>2</sup> ]	負荷[KWh/m <sup>2</sup> ]	負荷(一般)[KWh/m <sup>2</sup> ]
7月	2.53	8.08	12.19
8月	2.18	9.59	12.72
9月	1.21	4.63	7.71
10月	1.33	0.11	0.78
計	7.25	22.41	33.40

表 4.3 実測結果の電力消費量と計算結果の暖房負荷

	電力消費量[KWh/m <sup>2</sup> ]	負荷[KWh/m <sup>2</sup> ]	負荷(一般)[KWh/m <sup>2</sup> ]
11月	1.91	5.55	3.45
12月	3.94	10.62	7.74
1月	4.94	15.87	12.47
2月	3.34	14.34	10.94
3月	0.67	6.31	4.55
計	14.80	58.30	43.30

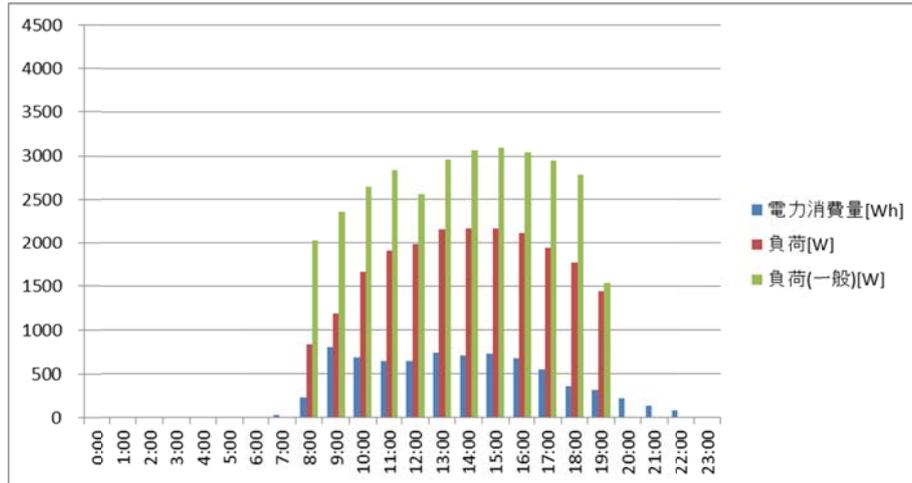


図 4.9 実測結果の電力消費量と計算結果の冷房負荷の時刻変化(7月1日~7月/31日の平日の平均値)

表 4.4 実測結果の電力消費量と計算結果の冷房負荷の時刻変化(7月1日~7月/31日の平日平均値)

7月	0:00:00	1:00:00	2:00:00	3:00:00	4:00:00	5:00:00	6:00:00	7:00:00	8:00:00	9:00:00	10:00:00	11:00:00
電力消費量[Wh]	0	0	0	0	0	0	0	30	227	806	689	640
負荷[W]	0	0	0	0	0	0	0	0	836	1194	1672	1909
負荷(一般)[W]	0	0	0	0	0	0	0	0	2032	2356	2642	2832
	12:00:00	13:00:00	14:00:00	15:00:00	16:00:00	17:00:00	18:00:00	19:00:00	20:00:00	21:00:00	22:00:00	23:00:00
電力消費量[Wh]	642	743	704	727	674	553	353	314	223	135	79	4
負荷[W]	1989	2156	2170	2169	2117	1943	1773	1451	0	0	0	0
負荷(一般)[W]	2557	2962	3061	3098	3039	2948	2777	1543	0	0	0	0

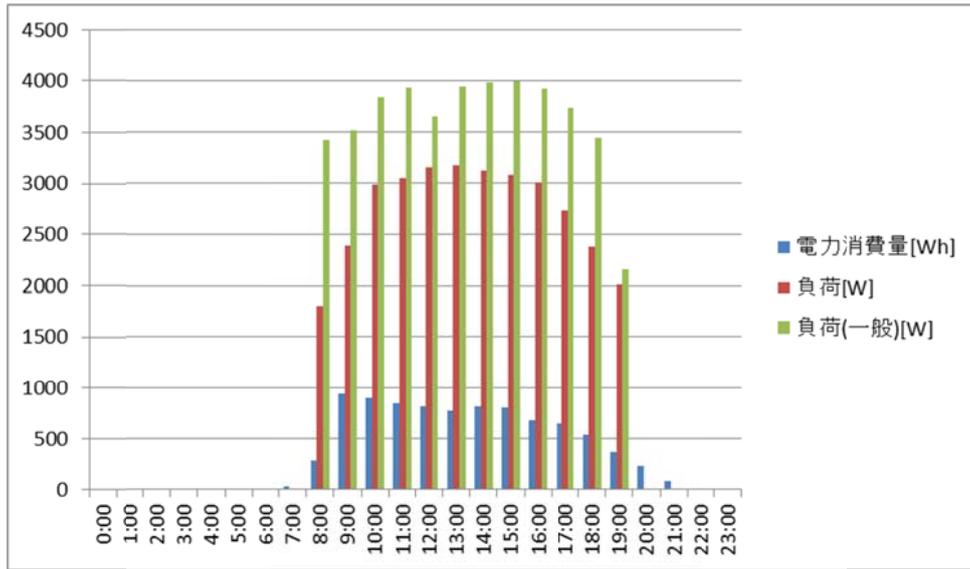


図 4.10 実測結果の電力消費量と計算結果の冷房負荷の時刻変化 (8月1日～8月/31日の平日平均値)

表 4.5 実測結果の電力消費量と計算結果の冷房負荷の時刻変化 (8月1日～8月/31日の平日平均値)

8月	0:00:00	1:00:00	2:00:00	3:00:00	4:00:00	5:00:00	6:00:00	7:00:00	8:00:00	9:00:00	10:00:00	11:00:00
電力消費量[Wh]	0	0	0	0	0	0	0	31	285	942	899	855
負荷[W]	0	0	0	0	0	0	0	0	1794	2393	2978	3045
負荷(一般)[W]	0	0	0	0	0	0	0	0	3425	3516	3845	3935
	12:00:00	13:00:00	14:00:00	15:00:00	16:00:00	17:00:00	18:00:00	19:00:00	20:00:00	21:00:00	22:00:00	23:00:00
電力消費量[Wh]	821	781	817	811	686	649	539	372	235	79	0	0
負荷[W]	3147	3170	3119	3076	2999	2724	2379	2013	0	0	0	0
負荷(一般)[W]	3651	3948	3992	3998	3927	3740	3436	2158	0	0	0	0

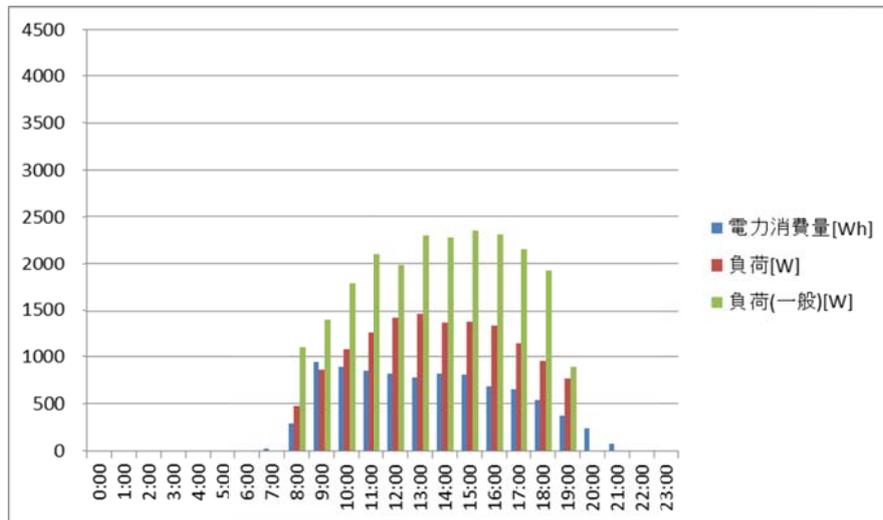


図 4.11 実測結果の電力消費量と計算結果の冷房負荷の時刻変化 (9月1日～9月/31日の平日平均値)

表 4.6 実測結果の電力消費量と計算結果の冷房負荷の時刻変化 (9月1日～9月/31日の平日平均値)

9月	0:00:00	1:00:00	2:00:00	3:00:00	4:00:00	5:00:00	6:00:00	7:00:00	8:00:00	9:00:00	10:00:00	11:00:00
電力消費量[Wh]	0	0	0	0	0	0	0	31	285	942	899	855
負荷[W]	0	0	0	0	0	0	0	0	477	860	1092	1270
負荷(一般)[W]	0	0	0	0	0	0	0	0	1116	1410	1797	2098
	12:00:00	13:00:00	14:00:00	15:00:00	16:00:00	17:00:00	18:00:00	19:00:00	20:00:00	21:00:00	22:00:00	23:00:00
電力消費量[Wh]	821	781	817	811	686	649	539	372	235	79	0	0
負荷[W]	1425	1466	1378	1390	1345	1152	954	769	0	0	0	0
負荷(一般)[W]	1987	2292	2270	2347	2303	2147	1933	897	0	0	0	0

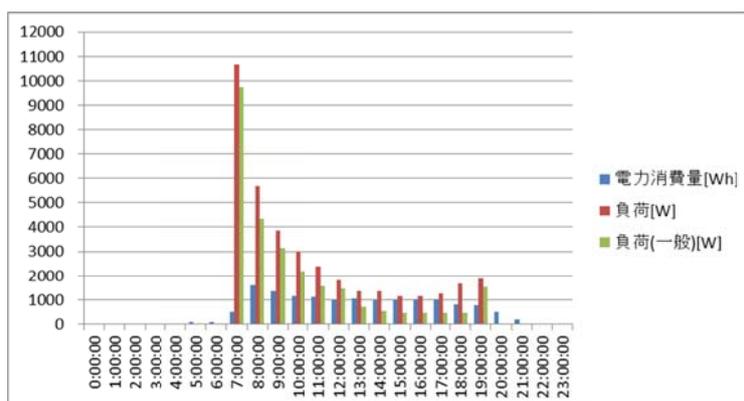


図 4.12 実測結果の電力消費量と計算結果の暖房負荷の時刻変化 (12月1日～12月/31日の平日平均値)

表 4.6 実測結果の電力消費量と計算結果の暖房負荷の時刻変化 (12月1日～12月/31日の平日平均値)

12月	0:00:00	1:00:00	2:00:00	3:00:00	4:00:00	5:00:00	6:00:00	7:00:00	8:00:00	9:00:00	10:00:00	11:00:00
電力消費量[Wh]	0	0	0	0	14	98	81	520	1588	1351	1162	1129
負荷[W]	0	0	0	0	0	0	0	10654	5676	3864	3010	2388
負荷(一般)[W]	0	0	0	0	0	0	0	9751	4323	3136	2175	1559
	12:00:00	13:00:00	14:00:00	15:00:00	16:00:00	17:00:00	18:00:00	19:00:00	20:00:00	21:00:00	22:00:00	23:00:00
電力消費量[Wh]	992	1042	984	966	1012	1018	811	777	493	191	0	0
負荷[W]	1811	1357	1349	1168	1169	1256	1653	1859	0	0	0	0
負荷(一般)[W]	1457	715	553	481	461	479	476	1541	0	0	0	0

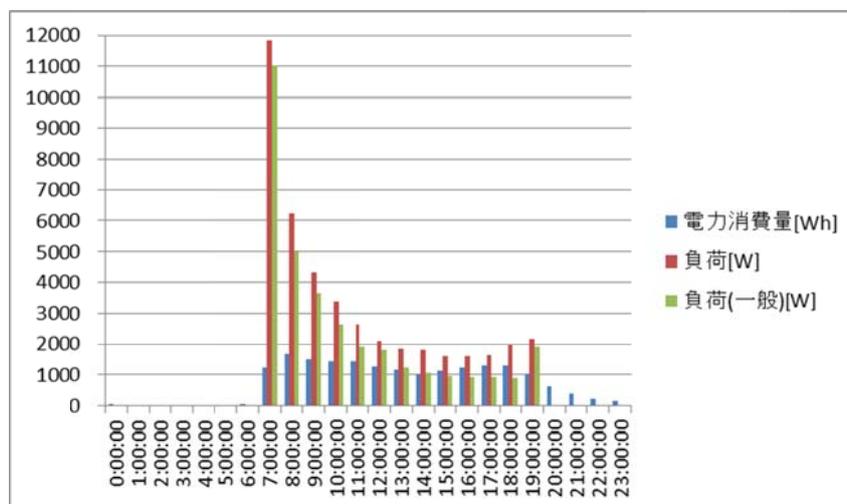


図 4.13 実測結果の電力消費量と計算結果の暖房負荷の時刻変化 (1月1日～1月/31日の平日平均値)

表 4.7 実測結果の電力消費量と計算結果の暖房負荷の時刻変化 (1月1日～1月/31日の平日平均値)

1月	0:00:00	1:00:00	2:00:00	3:00:00	4:00:00	5:00:00	6:00:00	7:00:00	8:00:00	9:00:00	10:00:00	11:00:00
電力消費量[Wh]	15	0	0	0	0	0	24	1222	1685	1514	1440	1441
負荷[W]	0	0	0	0	0	0	0	11850	6233	4332	3403	2657
負荷(一般)[W]	0	0	0	0	0	0	0	11025	4989	3664	2633	1920
	12:00:00	13:00:00	14:00:00	15:00:00	16:00:00	17:00:00	18:00:00	19:00:00	20:00:00	21:00:00	22:00:00	23:00:00
電力消費量[Wh]	1270	1173	1010	1129	1239	1304	1302	1028	633	398	215	142
負荷[W]	2093	1821	1800	1601	1596	1652	2002	2180	0	0	0	0
負荷(一般)[W]	1791	1246	1074	970	938	924	905	1890	0	0	0	0

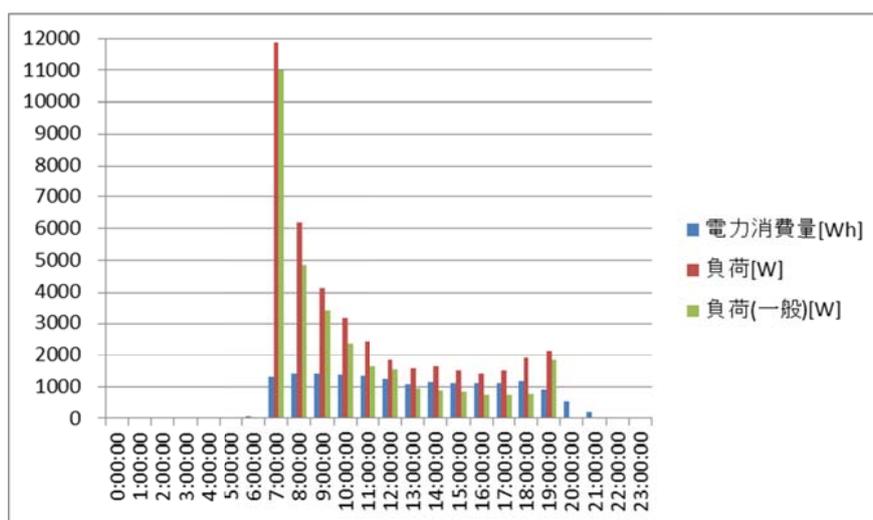


図 4.14 実測結果の電力消費量と計算結果の暖房負荷の時刻変化 (2月1日～2月/28日の平日平均値)

表 4.8 実測結果の電力消費量と計算結果の暖房負荷の時刻変化 (2月1日～2月/28日の平日平均値)

2月	0:00:00	1:00:00	2:00:00	3:00:00	4:00:00	5:00:00	6:00:00	7:00:00	8:00:00	9:00:00	10:00:00	11:00:00
電力消費量[Wh]	0	0	0	0	0	0	57	1323	1417	1410	1386	1330
負荷[W]	0	0	0	0	0	0	0	11879	6178	4145	3192	2447
負荷(一般)[W]	0	0	0	0	0	0	0	11000	4856	3435	2386	1657
	12:00:00	13:00:00	14:00:00	15:00:00	16:00:00	17:00:00	18:00:00	19:00:00	20:00:00	21:00:00	22:00:00	23:00:00
電力消費量[Wh]	1242	1089	1135	1101	1094	1110	1160	918	531	202	42	0
負荷[W]	1865	1571	1652	1517	1424	1498	1931	2147	0	0	0	0
負荷(一般)[W]	1530	949	879	846	744	743	769	1834	0	0	0	0

#### (b) 冷暖房負荷の内訳

冷房負荷, 暖房負荷の内訳を図 4.15～4.16 と表 4.9～4.10 に示す. 内部発熱に実測値を用いると空調負荷が冷房期間に 14.9KWh/m<sup>2</sup>大きくなり, 暖房期間に 18.3KWh/m<sup>2</sup>小さくなる.

冷房負荷の割合は内部発熱, 蓄熱負荷, 透過日射の順に高く, 暖房負荷の割合は南側開口貫流熱, 南側壁体貫流熱, 西側壁体貫流熱の順に高い. 対象建物の内部発熱は一般的なオフィス事務室より小さいが, 冷房負荷に占める割合は大きい. 対象建物は熱容量の大きいコンクリート造のため, 蓄熱負荷の冷房負荷に占める割合が大きい. 暖房期間は冷房期間より内外温度差が大きいため, 貫流熱の割合が大きい. 断熱性能の低い窓面の負荷が大きく, 特に南側の窓面積が大きいため, 南側開口貫流熱の割合が大きい.

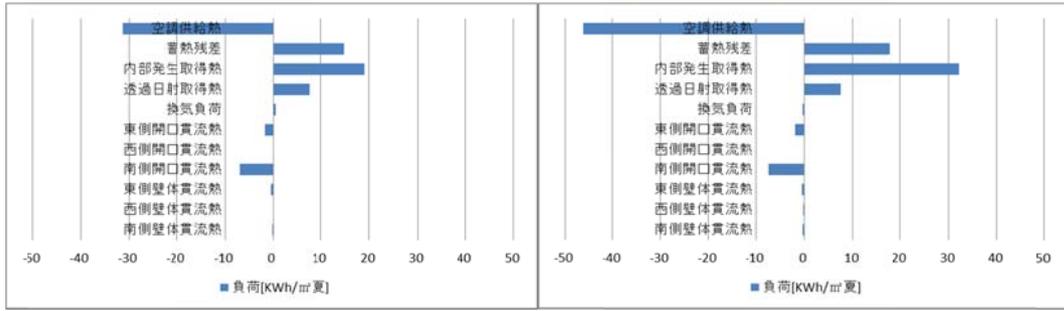


図 4.15 冷房期間全体(7/1~10/13)での冷房負荷(左:電力実測値を内部発熱に用いた場合 右:一般的なオフィス事務室の内部発熱の場合)

表 4.9 冷房期間全体(7/1~10/13)での冷房負荷 (左:電力実測値を内部発熱に用いた場合 右:一般的なオフィス事務室の内部発熱の場合)

実測値を使用	負荷[KJ/m²夏]	負荷[KWh/m²夏]	負荷の割合[%]	一般的なオフィス事務室の内部発熱	負荷[KJ/m²夏]	負荷[KWh/m²夏]	負荷の割合[%]
南側壁体貫流熱	-904.2	-0.3	0.8	南側壁体貫流熱	-1147.0	-0.3	0.7
西側壁体貫流熱	251.2	0.1	-0.2	西側壁体貫流熱	-129.8	0.0	0.1
東側壁体貫流熱	-1544.6	-0.4	1.4	東側壁体貫流熱	-1766.5	-0.5	1.1
南側開口貫流熱	-25086.7	-7.0	22.2	南側開口貫流熱	-26443.0	-7.3	15.9
西側開口貫流熱	0.0	0.0	0.0	西側開口貫流熱	0.0	0.0	0.0
東側開口貫流熱	-6366.9	-1.8	5.6	東側開口貫流熱	-6714.3	-1.9	4.0
換気負荷	1599.1	0.4	-1.4	換気負荷	-987.9	-0.3	0.6
透過日射取得熱	27037.4	7.5	-23.9	透過日射取得熱	27037.4	7.5	-16.2
内部発生取得熱	68570.9	19.0	-60.7	内部発生取得熱	116195.0	32.3	-69.8
蓄熱残差	53547.3	14.9	-47.4	蓄熱残差	63263.0	17.6	-38.0
空調供給熱	-112934.1	-31.4	100.0	空調供給熱	-166531.6	-46.3	100.0

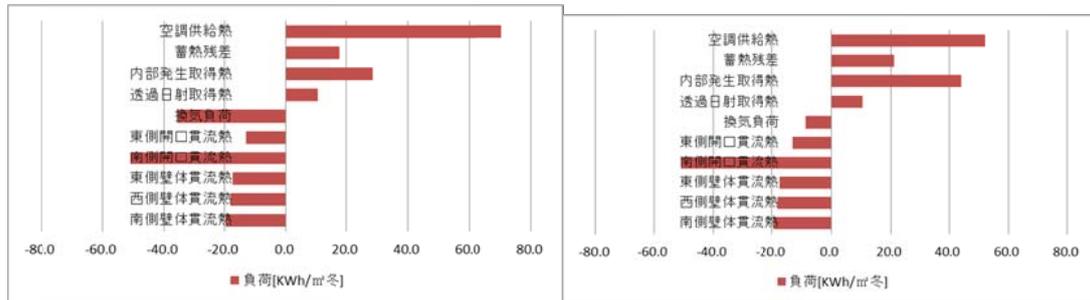


図 4.16 暖房期間全体(11/11~3/16)での暖房負荷(左:電力実測値を内部発熱に用いた場合 右:一般的なオフィス事務室の内部発熱の場合)

表 4.10 暖房期間全体(11/11~3/16)での暖房負荷 (左:電力実測値を内部発熱に用いた場合 右:一般的なオフィス事務室の内部発熱の場合)

電力実測値を内部発熱に使用	負荷[KJ/m²冬]	負荷の割合[%]	一般的なオフィス事務室の内部発熱	負荷[KJ/m²冬]	負荷の割合[%]
南側壁体貫流熱	-2117.6	-24.6	南側壁体貫流熱	-2102.1	-35.0
西側壁体貫流熱	-1956.9	-22.7	西側壁体貫流熱	-1955.5	-32.6
東側壁体貫流熱	-1886.0	-21.9	東側壁体貫流熱	-1875.5	-31.2
南側開口貫流熱	-5512.9	-64.0	南側開口貫流熱	-5543.3	-92.3
西側開口貫流熱	0.0	0.0	西側開口貫流熱	0.0	0.0
東側開口貫流熱	-1399.5	-16.2	東側開口貫流熱	-1407.1	-23.4
換気負荷	-1031.0	-12.0	換気負荷	-1037.1	-17.3
透過日射取得熱	1067.9	12.4	透過日射取得熱	1067.9	17.8
内部発生取得熱	2183.8	25.3	内部発生取得熱	4087.1	68.1
蓄熱残差	2036.0	23.6	蓄熱残差	2787.6	46.4
空調供給熱	8617.6	100.0	空調供給熱	6002.6	100.0

#### 4.4 まとめ

測定結果の照明機器、コンセント機器の電力消費量の時刻変化と、一般的なオフィス事務室で想定される電力消費量の時刻変化を比較した。照明機器の電力消費量の差は、定格電力の違いに

より説明された。コンセント機器の電力消費量の差は、機器の使用率により説明された。

測定結果の照明，コンセント機器の電力消費量と人員数の時刻変化を内部発熱に与えて熱負荷計算を行い，実測した空調機器の電力消費量と比較した。設定した内部発熱に応じた空調負荷となった。内部発熱の設定方法に関わらず，暖房開始時の蓄熱負荷が大きい。

内部発熱に実測値を用いると冷房負荷は小さく，暖房負荷は大きくなった。電力消費量の実測値と人員数は一般的なオフィス事務室より小さく，内部発熱を小さく設定したためである。冷房負荷の内訳は内部発熱，蓄熱負荷，透過日射の順に高く，暖房負荷の内訳は南側開口貫流熱，南側壁体貫流熱，西側壁体貫流熱の順に高くなった。対象建物は熱容量の大きいコンクリート造のため，冷房負荷に占める蓄熱負荷が大きい。暖房期間は冷房期間より内外温度差が大きいため，貫流熱の割合が大きい。