

# 建築物外皮の改修による省エネルギー効果評価手法の実証

その 1 RC 中層集合住宅における省エネ改修効果の実証

2014 年 2 月

神戸大学大学院工学研究科

竹林研究室

## はじめに

本報告書は、建築物外皮の改修等により得られる省エネルギー効果の評価手法に関して、神戸大学大学院工学研究科建築学専攻竹林研究室、山陽建材工事株式会社、新産業創造研究機構との間で実施した検討結果を取り纏めたものである。検討に当たっては、神戸大学北青木合同宿舎、及び、連携創造本部において測定を実施させて頂いた。両建物の管理者及び居住者の全面的な協力を得て実施したものである。

近年、建築物の室内空調負荷（冷房・暖房負荷）を低減し、省エネルギー、節電、省CO<sub>2</sub>に繋げることを目的に、遮熱塗料や遮熱シートなどを使用した改修工事が増えている。これらの種々の省エネルギー方策の効果は、適用される建築物の条件（気象条件、構造など）や使用者の条件（生活、冷暖房スケジュールなど）により異なる。

従って、省エネ改修を実施する際には、ユーザーに対して改修による効果をシミュレーション等により分かり易く提示することと、改修を実施した際に、実測調査等によりその効果を検証することが必要となる。本研究では、空調負荷低減を目的とした省エネ改修を実施するにあたり、様々に提案されている省エネルギー技術の特徴や関連の技術情報を整理し、各技術の導入効果をシミュレーションにより算出する方法を検討するとともに、実測調査による導入効果の検証方法を整理することとする。

なお、報告書は、北青木合同宿舎、及び、連携創造本部を対象とした検討結果の2部構成で作成される。「その1 RC中層集合住宅における省エネ改修効果の実証」においては、青木合同宿舎を対象として実施した測定結果に基づき、省エネ改修効果の検証方法について検討した結果を示す。

## 目次

### 第1章 研究背景と研究目的

- 1. 研究背景
- 2. 既往研究
- 3. 研究目的

### 第2章 実測調査の概要

- 1. 測定対象建物の概要
- 2. 省エネ改修の概要
  - 2. 1 高反射率シート
  - 2. 2 断熱材
  - 2. 3 高反射率塗料
  - 2. 4 日射調整フィルム
- 3. 省エネ改修工事と測定点の概要
  - 3. 1 省エネ改修工事の概要
  - 3. 2 測定点の概要
- 4. 測定の概要
  - 4. 1 屋上表面での測定
  - 4. 2 外壁面での測定
  - 4. 3 室内での測定
  - 4. 4 窓面での測定
  - 4. 5 電力測定

### 第3章 測定結果と考察

- 1. 測定状況
- 2. 屋上面の改修前後の測定結果
- 3. 壁面の改修前後の測定結果
- 4. 消費電力の測定結果
- 5. 窓面の改修前後の測定結果
- 6. 測定結果のまとめ

### 第4章 消費電力削減効果の分析

### 第5章 結論

### 参考文献

## 第1章 研究背景と研究目的

### 1. 研究背景

地球温暖化による様々な弊害が顕在化する中で、温室効果ガスの削減が社会的に求められている。日本における温室効果ガスの排出量のうち、9割はエネルギー起源の二酸化炭素（エネルギーの使用に伴い発生する二酸化炭素）が占めており、このエネルギー起源の二酸化炭素の排出量削減が重要である。建築分野では、建設時のエネルギーと共に、建物の運用時に多くエネルギーが消費される。

そこで、屋根、壁、開口部などの断熱性、気密性、遮熱性を向上させる省エネルギー化を目的とした改修工事が注目される。既存の建物ストックを有効に活用し、省エネルギー化を図ることが出来る省エネ改修は、コストの抑制や工期の短縮にも繋がる。また、東日本大震災により全国的に節電の必要性が認識される中、夏季の電力ピークカットにも貢献する技術である。

### 2. 既往研究

省エネ改修に関して、様々な研究がこれまでに行われている。例えば、関口<sup>1)</sup>らは、二つのプレファブユニットを用いて、片方に一般塗料、もう一方に高反射率塗料を塗布し、二棟の比較測定により、屋上表面温度、グローブ温度、室温の低下量を明らかにした。井原<sup>2)</sup>らは、事務所建築物に高反射率塗装を実施し、その結果導入面積あたり  $17.3\text{kWh/年}/\text{m}^2$  の電力削減効果があることを定量的に示した。当研究室<sup>3)</sup>では、環境管理センターの協力を得て、建物屋上に高反射率塗料を塗布し、冷房消費電力が二割程度削減されることを実証した。鈴木<sup>4)</sup>らは、RC戸建住宅の外断熱改修による、夏期の温熱環境に関する研究を行い、実測結果から夏期についても外断熱改修によって日射、外気温の室内への影響が小さくなることを確認した。しかしガラス面が大きな室内においては、日射熱取得防止について考慮する必要があることも示した。倉山<sup>5)</sup>らは、日射調整フィルムの簡便な施工により、日射熱の取得状況の抑制に関する実測調査を行った。フィルム、ガラスの種類により効果は異なるものの、夏期において日射熱取得が少なくなることを示した。

これらの研究を通して、高反射率塗料の塗布、高断熱化、日射調整フィルムの張り付け、などの省エネ改修効果が実証的に評価された。ただし、効果検証のための測定が実際の居住条件で実施されていない事例や、電力削減効果の中に空調用以外の用途も含まれる事例、改修部材以外の影響も含めて評価されている事例なども含まれており、今後省エネ改修を促進させるには、改修効果の検証方法を整備する必要がある。

具体的には、実際に使用されている条件で効果検証を行うこと、省エネ改修の効果のみを抽出して評価すること、電力使用量や電気代などのユーザーにとって分かり易い指標により評価すること、を念頭において測定及び解析を行った。

### 3. 研究目的

本研究の目的は、実際に使用されている建物を対象として省エネ改修工事を実施し、実測結果に基づいて、冷房電力削減効果及び熱環境改善効果を明らかにすることである。具体的にはRC三階建ての集合住宅の屋根に高反射率シートと断熱材を施工した。壁面には高反射率塗料を塗布した。窓面には日射調整フィルムを張り付けた。これらの施工前後で測定を行い、その測定結果に基づき、改修工事前後の気象条件を考慮して冷房電力削減効果、熱環境改善効果を評価する。

## 第2章 実測調査の概要

### 1. 測定対象建物の概要

対象建物の外観を写真 2-1 に示す。神戸市東灘区にある RC 造の 3 階建て集合住宅の 3 階を対象として省エネ改修と効果検証のための測定を実施した。1986 年に建てられた建物で各階の東側と西側に住戸が配置されており（E 邸、W 邸と呼ぶ），玄関は北側、ベランダが南側に位置し、東西面は壁面である。E 邸においては、ペットがいるため空調が常時稼働していた。W 邸においては、生活者が日中に外出することが多く、空調は間欠的に稼働していた。いずれの部屋においても、改修前は夜間に室温が下がらず、寝苦しいとの指摘があった。



写真 2-1 対象建物の外観（北面）

### 2. 省エネ改修の概要

具体的な改修項目は、屋根面への高反射率シートと断熱材の施工、壁面への高反射率塗料の塗布、窓面への日射調整フィルムを張り付けである。以下に各改修に用いた材料の概要を示す。

#### 2. 1 高反射率シート（屋上表面に施工）

塩ビ樹脂系の高反射率シート（リベットルーフ cool）の白色（パールライト）を使用した。カタログ<sup>⑥</sup>には、含有する高反射率顔料により日射反射率は近赤外線域（780～2500nm）で 71.1%，全波長域（300～2500nm）で 66.1% と記載されている。カタログに記載されている高反射率シートの構造を図 2-1 に示す。

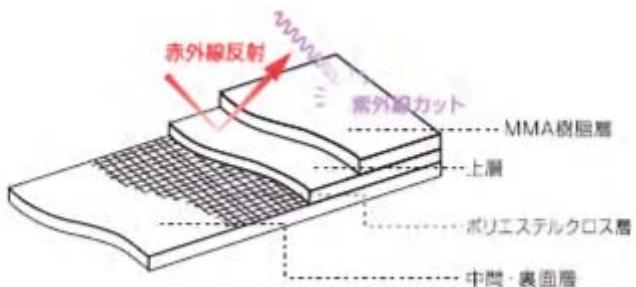


図 2-1 高反射率シートの構造

## 2. 2 断熱材（屋上面の高反射シートの下部に設置）

面材付ポリスチレンフォーム (FL ボード S) を使用した。カタログ<sup>7)</sup>には、押出発泡ポリスチレンフォームであり、ボード両面に耐熱・耐水補強層（面材）を設けている。面材は可塑剤移行防止層としての機能も有する。耐熱性、耐水性、圧縮強度に優れ、リベットルーフ防水アンカー固定断熱工法に使用すると記載されている。熱伝導率は  $0.028\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、密度は  $25\text{kg}/\text{m}^3$  であり、厚さは 30mm のものを用いた。

## 2. 3 高反射率塗料（西側外壁へ塗布）

高反射率塗料（エコシールド・ミラータイプ）を使用した。カタログ<sup>8)</sup>には、可視光の 93%，日射の 66%以上を反射し、防汚性も高い。トップコートを必要としないプライマー、本液 2 回塗り仕上げのため塗布回数が少なく、施工費の軽減にもなると記載されているが、施工前の色に合せて塗色を選択するため、可視光の反射率は改修により変化しないと想定される。

## 2. 4 日射調整フィルム（北側窓面に施工）

日射調整用フィルム（エコシールドフィルム IR750）を使用した。カタログ<sup>9)</sup>には、日射透過率 57.1%，日射反射率 6.6%，日射吸収率 36.3% である。冬の結露を大幅削減すること、地震時にガラスが割れて飛散することを防ぐなどの効果もある。耐久性は 10 年以上が保証されていると記載されている。

## 3. 省エネ改修工事と測定点の概要

### 3. 1 省エネ改修工事の概要

省エネ改修工事の日程を表 2-1 に示す。高反射率シートと断熱材の施工は屋根面全体に対して実施した。高反射率塗料は西側壁面にのみ塗布した。日射調整フィルムは E 邸の北側窓面にのみに施工した。

表 2-1 省エネ改修工事の日程

2013 年 7 月 30 日	西外壁面の高圧洗浄
7 月 31 日	西外壁面の高反射率塗料を塗布
8 月 2 日	屋上面の断熱材を敷き込み、高反射率シートを施工
8 月 3 日	屋上面の高反射率シートの施工完了
8 月 10 日	E 邸の窓面に日射調整フィルムを施工

### 3. 2 測定点の概要

測定点の位置を図 2-2 から図 2-5 に示す。外気温、屋上表面温度、西側外壁表面温度、室内の天井面温度、壁面温度、窓面温度、床面温度、空調機吹き出し温度、室温、電力消費量を測定した。



図 2-2 3 階平面図と測定点

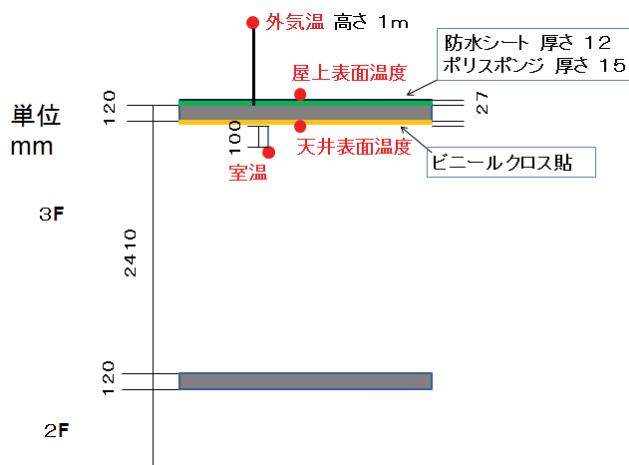


図 2-3 施工前の屋根断面図と測定点 (E邸, W邸は同じ)

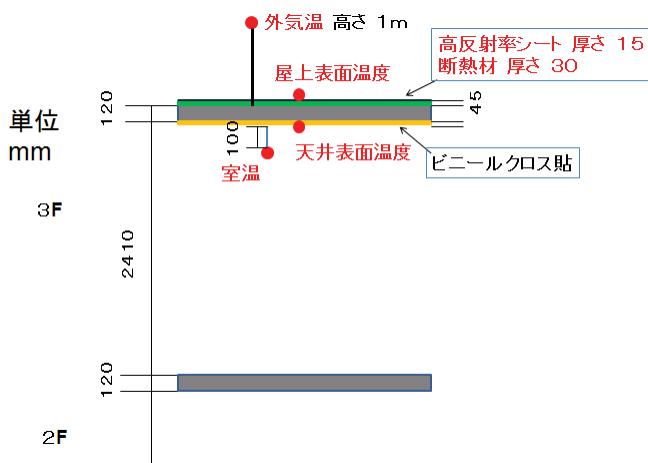


図 2-4 施工後の屋根断面図と測定点 (E邸, W邸は同じ)

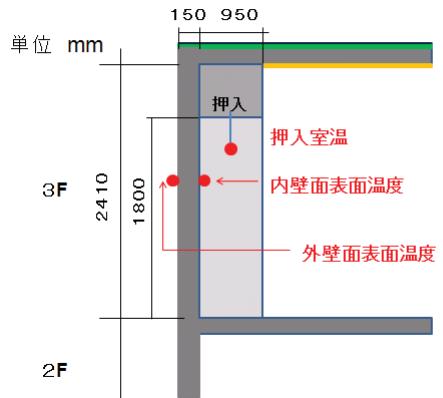


図 2-5 W 邱西側壁面の断面図と測定点

#### 4. 測定の概要

測定項目及び測定機器を表 2-2 に示す。日射を受けて高温になる屋上表面と外壁面の表面温度は、熱電対を表面に張り付けると熱電対自体が高温になる可能性があるため、非接触型の赤外線熱電対により測定した。

表 2-2 測定項目及び測定機器

測定項目	測定機器
外気温, 天井面温度, 壁面温度, 窓面温度, 床面温度, 空調機吹き出し温度	T型熱電対
屋上表面温度, 外壁面表面温度	K型赤外線熱電対
室温	T型熱電対, サーミスタ
電力消費量	クランプ式電力計
日射反射率	水平面全天日射計

#### 4. 1 屋上表面での測定

屋上表面温度は赤外線熱電対により測定した。標準板二点校正法により屋上表面の日射反射率を測定した。屋上表面の日射反射率、屋上表面温度の測定状況を写真 2-2 から写真 2-4 に示す。



写真 2-2, 3 屋上表面の日射反射率の測定状況（左：改修前，右：改修後）



写真 2-4 赤外線熱電対による屋上表面温度の測定状況

#### 4. 2 外壁面での測定

外壁面温度は赤外線熱電対により測定した。標準板二点校正法により外壁表面の日射反射率を測定した。写真 2-5 に外壁表面の日射反射率の測定状況を示す。



写真 2-5 外壁表面の日射反射率の測定状況

#### 4. 3 室内での測定

天井面、壁面、窓面、床面の表面温度と室温、空調機吹き出し温度を熱電対により測定した。データはデータロガーにより記録した。室内での測定状況を写真 2-6 から写真 2-9 に示す。



写真 2-6 热電対を接続したデータロガー 写真 2-7 E 邸の空調機吹き出し温度の測定状況



写真 2-8 W 邸の天井表面温度, 室温測定状況 写真 2-9 W 邸の押入内壁面表面温度, 室温測定状況

#### 4. 4 窓面での測定

窓の外側表面温度, 内側表面温度, 窓を通して日射が当たる床面の表面温度を熱電対により測定した. 窓面での測定状況を写真 2-10, 写真 2-11 に示す.



写真 2-10 E邸の窓内側表面温度の測定状況



写真 2-11 E邸の窓外側表面温度の測定状況

#### 4. 5 電力測定

E邸、W邸の冷房用消費電力を電力計により測定した。

(補足) 標準板二点校正法による日射反射率の測定

共に反射率が既知の白色標準板と黒色標準板（或いは標準シート）を対象面に設置して反射率を測定し、標準板を取り除いて測定した対象面の反射率の測定結果と併せて連立方程式を解き、対象面以外（測定対象の周辺部）からの反射日射の影響を除外して、より正確な日射反射率を推定する方法である。

## 第3章 測定結果と考察

### 1. 測定状況

2013年7月18日～8月23日に、省エネ改修を実施した建物において改修前後の各部の温度と電力消費量を連続的に測定した。併せて、高反射率シート、高反射率塗料の改修前後の日射反射率を標準板二点校正法により測定した。

今回の測定は日射量や外気温の影響を強く受ける。そこで改修前後の典型的な晴天日を抽出して比較を行う。改修前後の期間で、日平均外気温が±1°C、日積算日射量が±1,000kJ/m<sup>2</sup>の範囲に収まった7月25日(30.7°C, 22,098kJ/m<sup>2</sup>)と8月17日(30.8°C, 23,032kJ/m<sup>2</sup>)を代表日として選定した。代表日の水平面全天日射量と外気温を図3-1, 図3-2に示す。

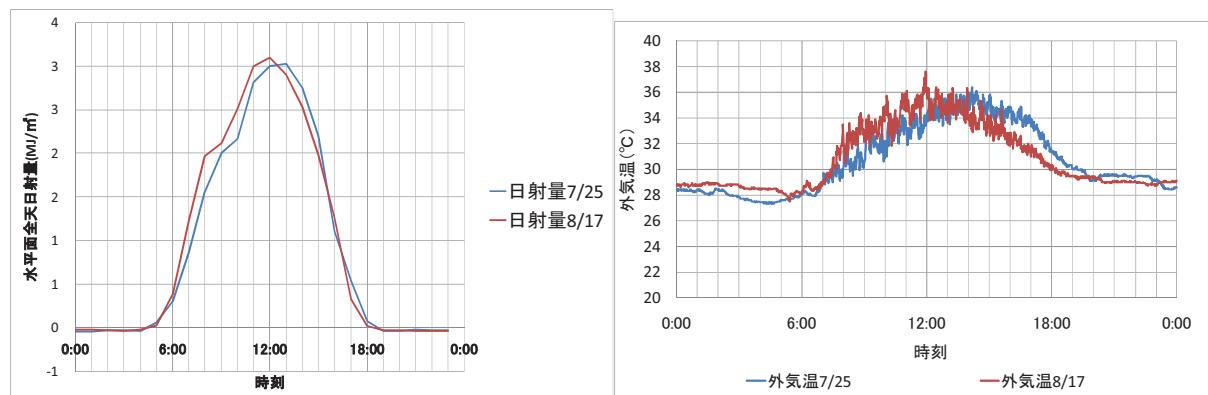


図3-1,2 改修前代表日7月25日と改修後代表日8月17日の水平面全天日射量（神戸大学）と外気温（対象建物屋上）

### 2. 屋上面の改修前後の測定結果

標準板二点校正法により改修前後の日射反射率を測定した。測定結果は、改修前 22.8%，改修後 71.1%となり、48.3%上昇した。改修後の日射反射率はカタログ値(66.1%)より若干高い値が得られた。

E邸における改修前(7月18日～31日)と改修後(2013年8月10日～23日)の外気温、屋上表面温度、居間天井面温度、居間室温の測定結果を図3-3, 図3-4に示す。E邸では、終日空調が稼働しているが、改修前には室温が設定温度まで低下せず、寝苦しいとの指摘があった。改修により設定温度が満足されるようになった。

E邸における改修前代表日7月25日と改修後代表日8月17日の外気温、屋上表面温度、天井面温度、室温を図3-5, 図3-6に示す。W邸における改修前代表日7月25日と改修後代表日8月17日の外気温、屋上表面温度、天井面温度、室温を図3-7, 図3-8に示す。

改修後に各測定点の温度が低下している。特に屋上表面温度と天井面温度の低下が顕著である。これに伴い屋根面から室内に流入する熱量も減少している。E邸では終日空調が稼働しており、室温はほぼ一定であるが、天井面温度は屋上表面温度の影響を受けて上昇している。改修前の天井面温度は35°C程度であるが、改修後には31～32°C程度になっている。改修前の屋上表面温度は60°Cを超えており、改修後には50°C程度まで低下している。

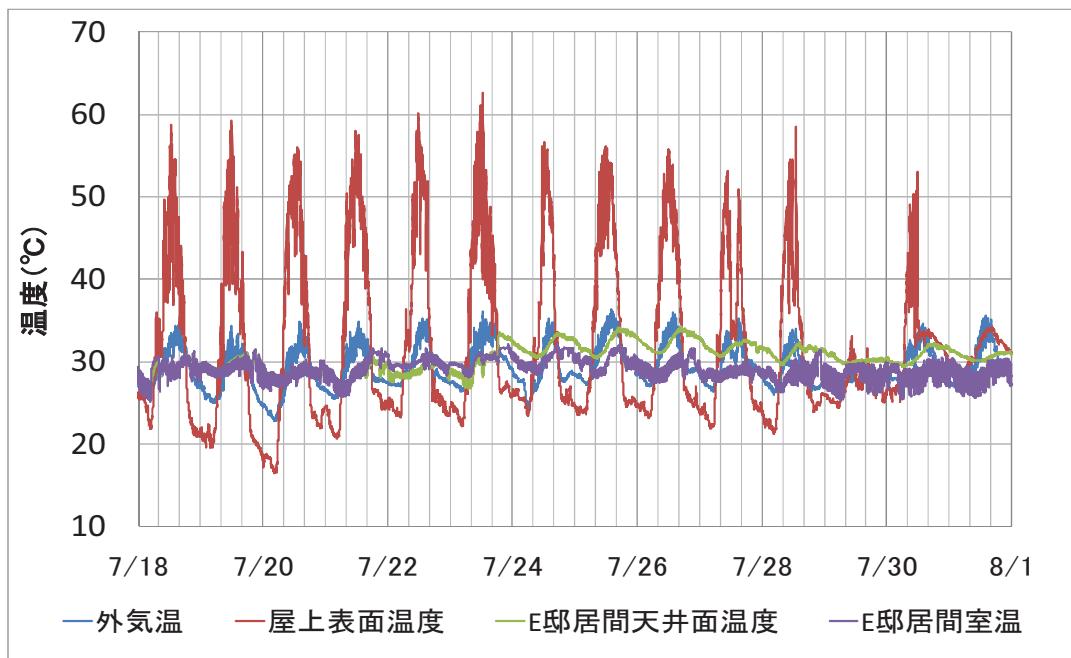


図 3-3 E邸における改修前の外気温, 屋上表面温度, 居間天井面温度,  
居間室温の測定結果（7月18日～31日）

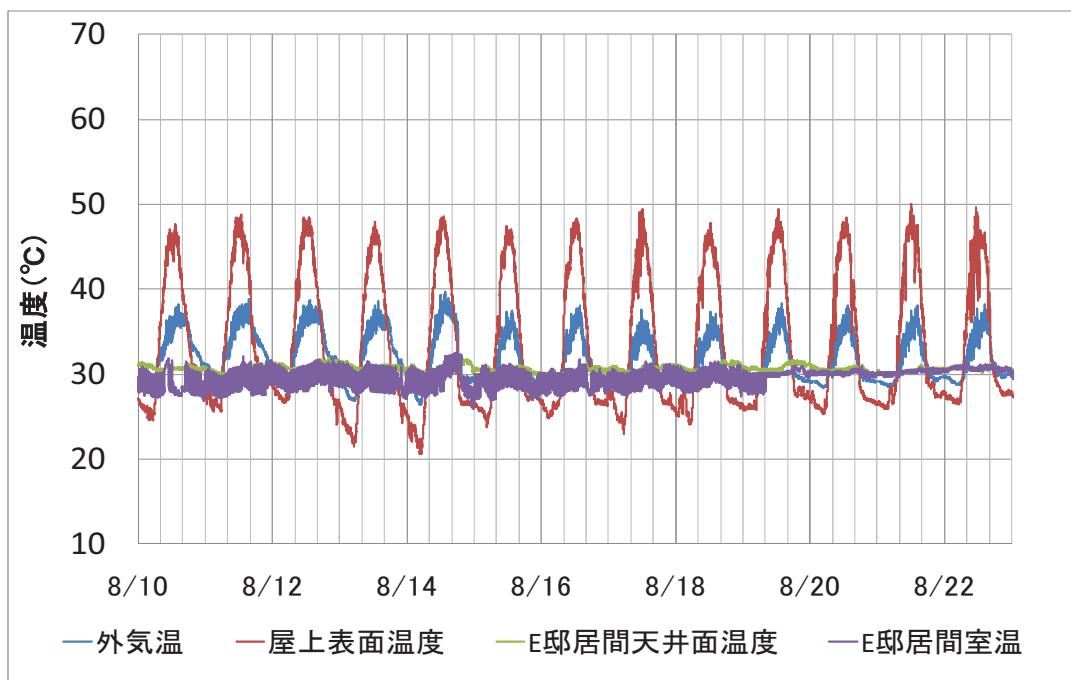


図 3-4 E邸における改修後の外気温, 屋上表面温度, 居間天井面温度,  
居間室温の測定結果（8月10日～23日）

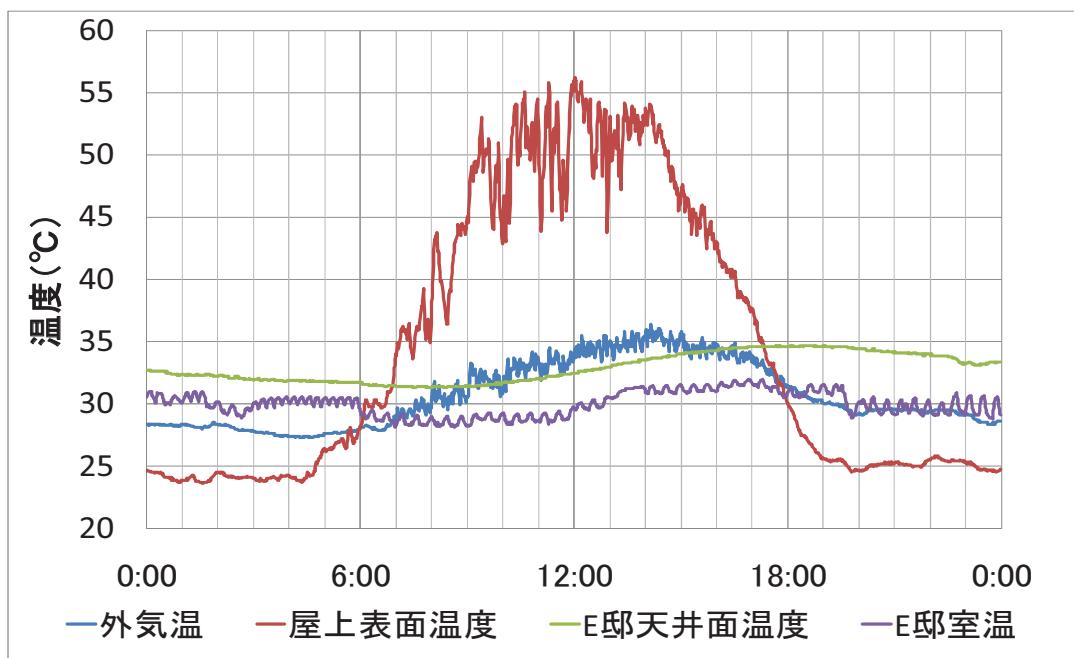


図 3-5 E邸における改修前代表日 7月 25日の外気温, 屋上表面温度, 天井面温度, 室温

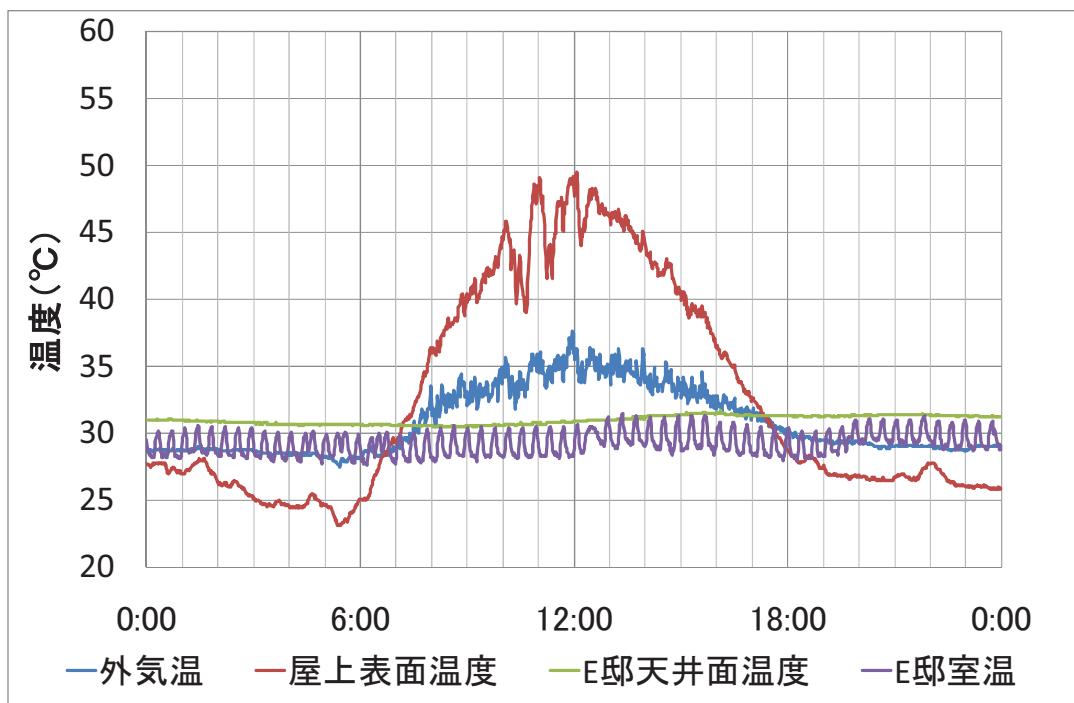


図 3-6 E邸における改修後代表日 8月 17日の外気温, 屋上表面温度, 天井面温度, 室温

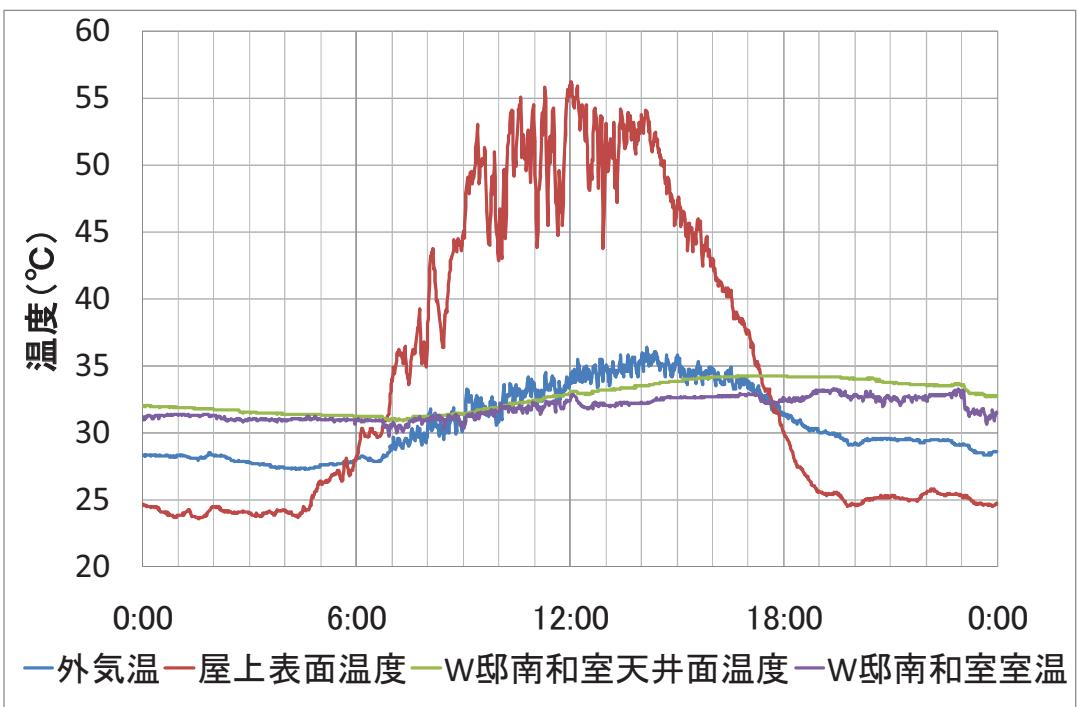


図 3-7 W邸における改修前代表日 7月 25 日の外気温, 屋上表面温度, 天井面温度, 室温

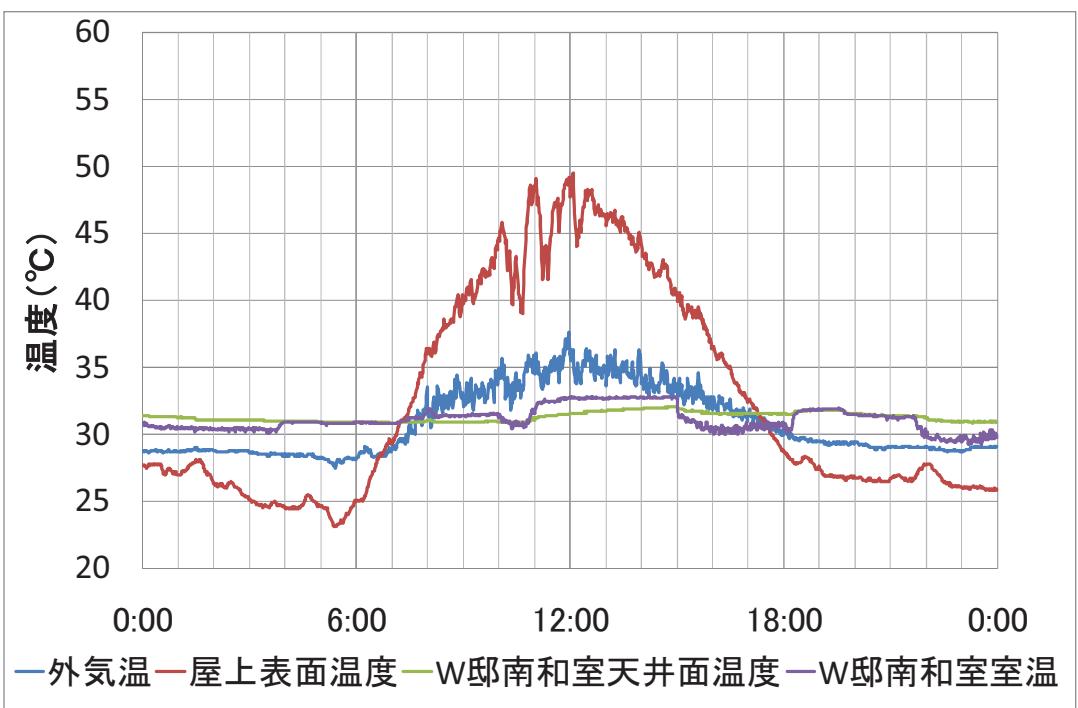


図 3-8 W邸における改修後代表日 8月 17 日の外気温, 屋上表面温度, 天井面温度, 室温

### 3. 壁面の改修前後の測定結果

標準板二点校正法により改修前後の日射反射率を測定した。測定結果は、改修前 47.8%，改修後 54.9%となり、7.1%上昇した。色を改修前と合せたため、大幅な向上にはならなかった。

W邸における改修前（7月 18 日～31 日）と改修後（8月 10 日～23 日）の外気温、西外壁面温度、西壁面温度、押入室温、南和室室温の測定結果を図 3-9、図 3-10 に示す。

W邸における改修前代表日 7月 25 日と改修後代表日 8月 17 日の外気温、西外壁面温度、西壁面温度、

押入室温, 南和室室温を図3-11, 図3-12に示す。

改修後に日射の当たる夕刻の外壁面の表面温度の低下が確認されるが, 室温への影響は明確には確認できない。

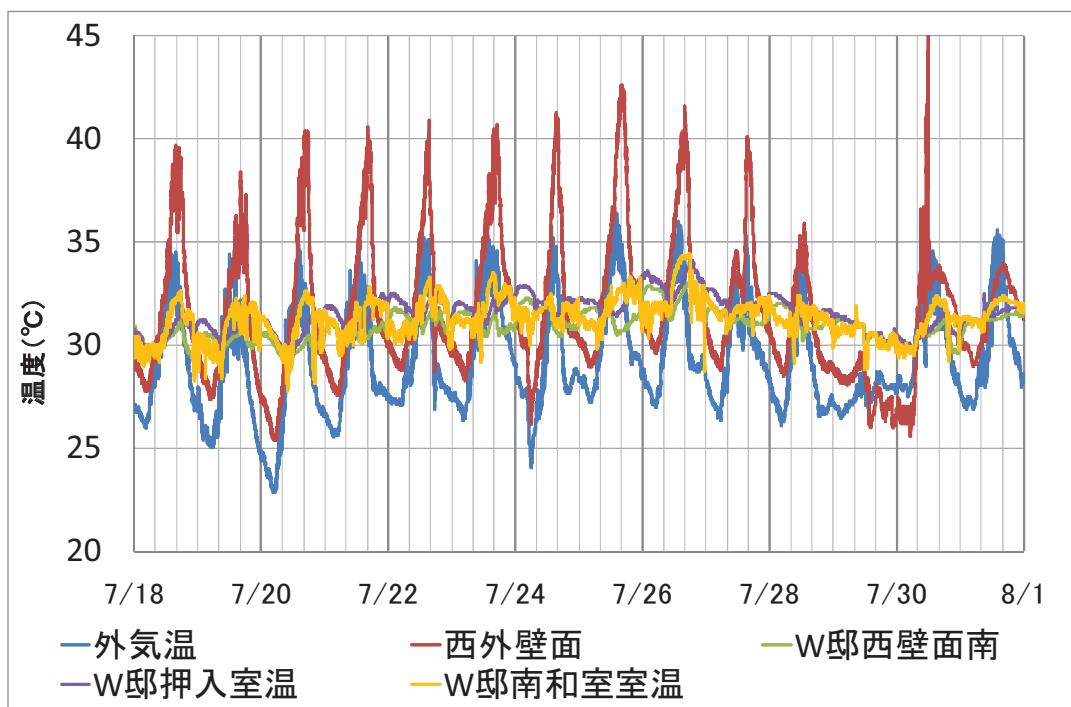


図3-9 W邸における改修前の外気温, 西外壁面温度, 西壁面温度, 押入室温, 南和室室温の測定結果（7月18日～31日）

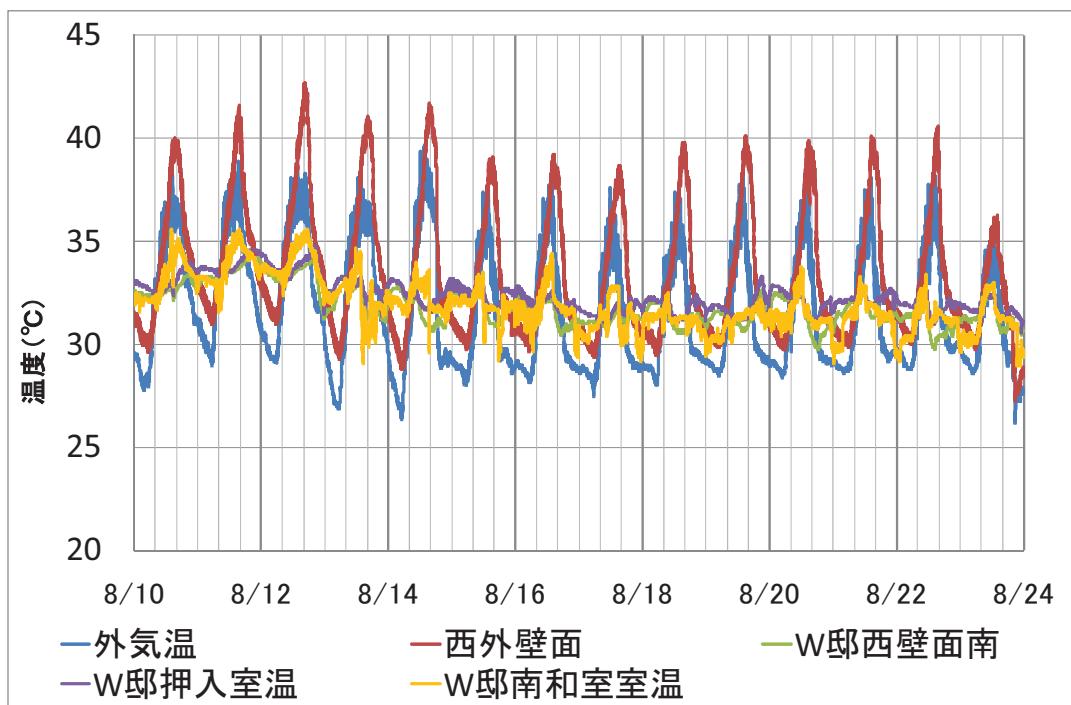


図3-10 W邸における改修後の外気温, 西外壁面温度, 西壁面温度, 押入室温, 南和室室温の測定結果（8月10日～23日）

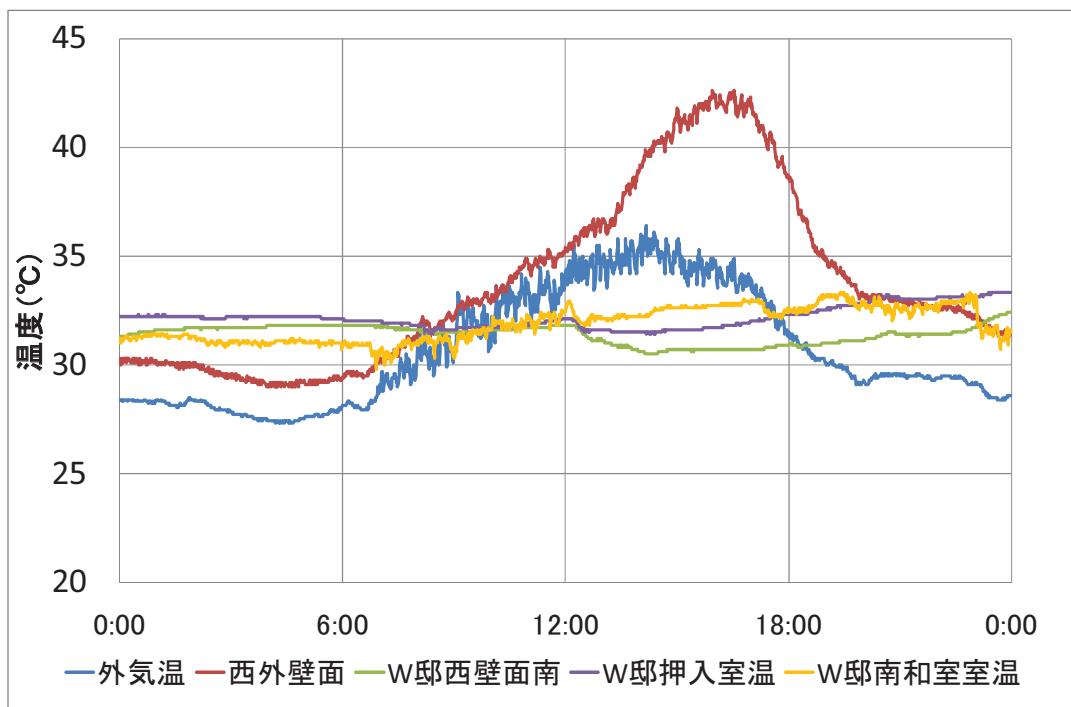


図 3-11 W邸における改修前代表日 7月 25 日の外気温, 西外壁面温度,  
西壁面温度, 押入室温, 南和室室温

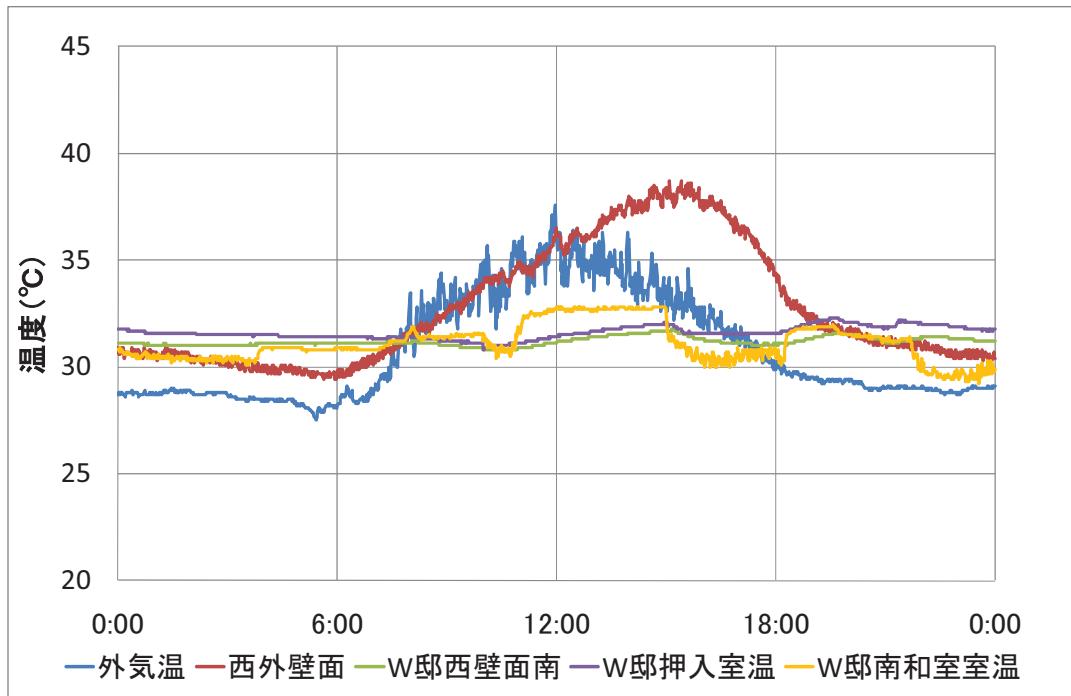


図 3-12 W邸における改修後代表日 8月 17 日の外気温, 西外壁面温度,  
西壁面温度, 押入室温, 南和室室温

#### 4. 消費電力の測定結果

改修前代表日 7月 25 日と改修後代表日 8月 17 日の外気温, E邸室温, 消費電力を図 3-13, 図 3-14 に示す。改修前と改修後の一週間の積算冷房消費電力を表 3-1 に示す。改修後の平均気温が高く、日照時間が長いため、単純な比較により消費電力の削減量を確認することは困難である。

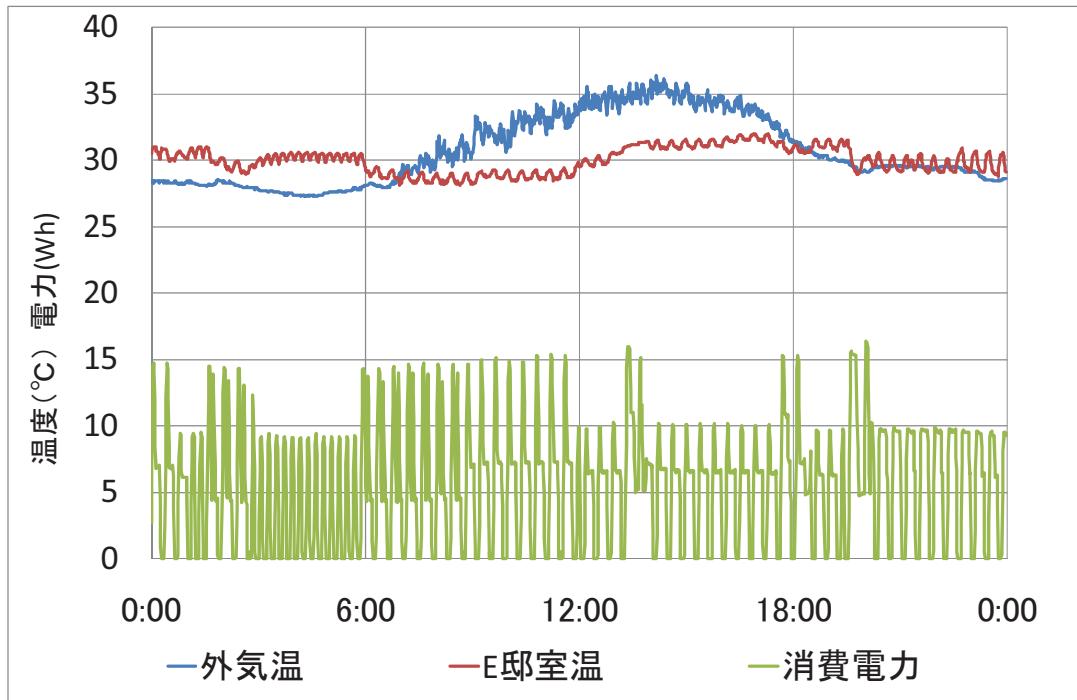


図 3-13 改修前代表日 7月 25 日の外気温, E 邸室温, 消費電力 (日積算消費電力 : 8,037Wh)

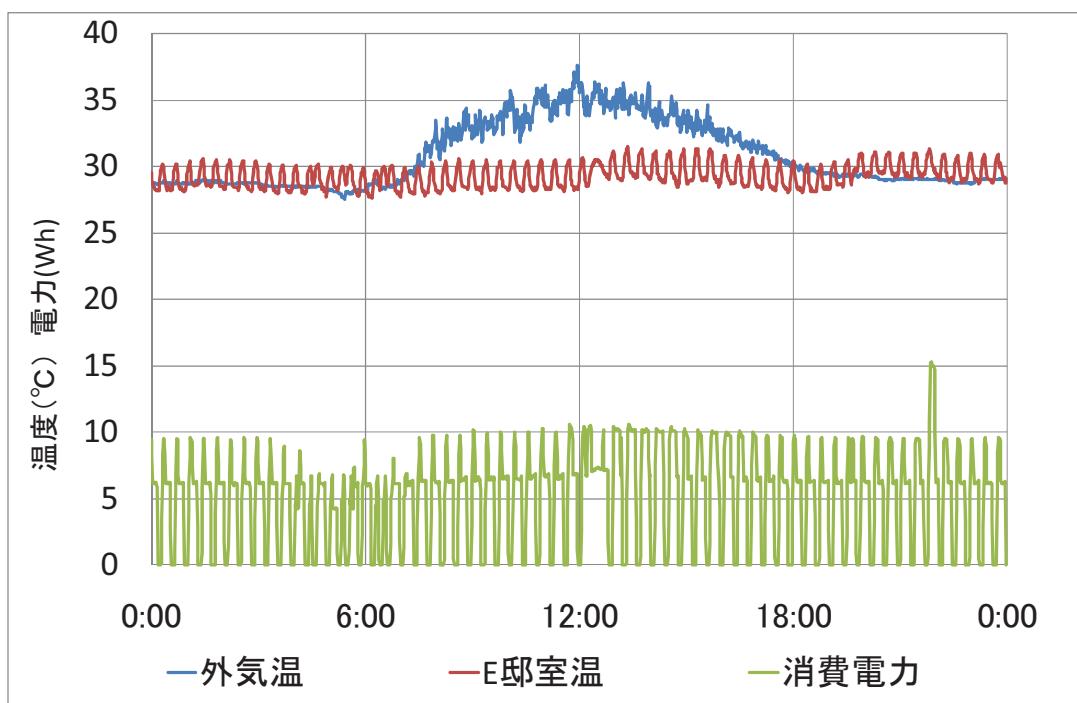


図 3-14 改修後代表日 8月 17 日の外気温, E 邸室温, 消費電力 (日積算消費電力 : 7,198Wh)

表 3-1 改修前と改修後の一週間の積算冷房消費電力

	日照時間 (h)	平均気温 (°C)	積算冷房消費電力 (Wh)
改修前 7月 20 日～26 日	62	28.6°C	48,669
改修後 8月 15 日～21 日	77	30.1°C	50,937

## 5. 窓面の改修前後の測定結果

E 邸において窓フィルムを施工した 8 月 10 日前後の測定結果を比較する。なお、当該の部屋には空調機は設置されていない。E 邸台所の測定点を図 3-15 に示す。

E 邸における改修前（7 月 18 日～31 日）と改修後（8 月 10 日～23 日）の外気温、窓外側表面温度、窓内側表面温度、DK 床面温度、室温を図 3-16、図 3-17 に示す。

E 邸における改修前代表日 7 月 25 日と改修後代表日 8 月 17 日の外気温、窓外側表面温度、窓内側表面温度、DK 床面温度、室温を図 3-18、図 3-19 に示す。

日射が入射する午後に床面温度の上昇が抑制されている。室温への影響はほとんど確認されないが、午後の上昇が若干抑制されている。

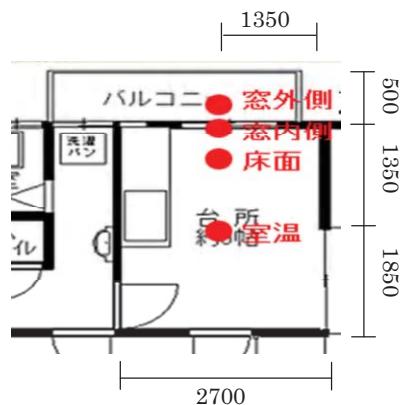


図 3-15 E 邸台所の測定点

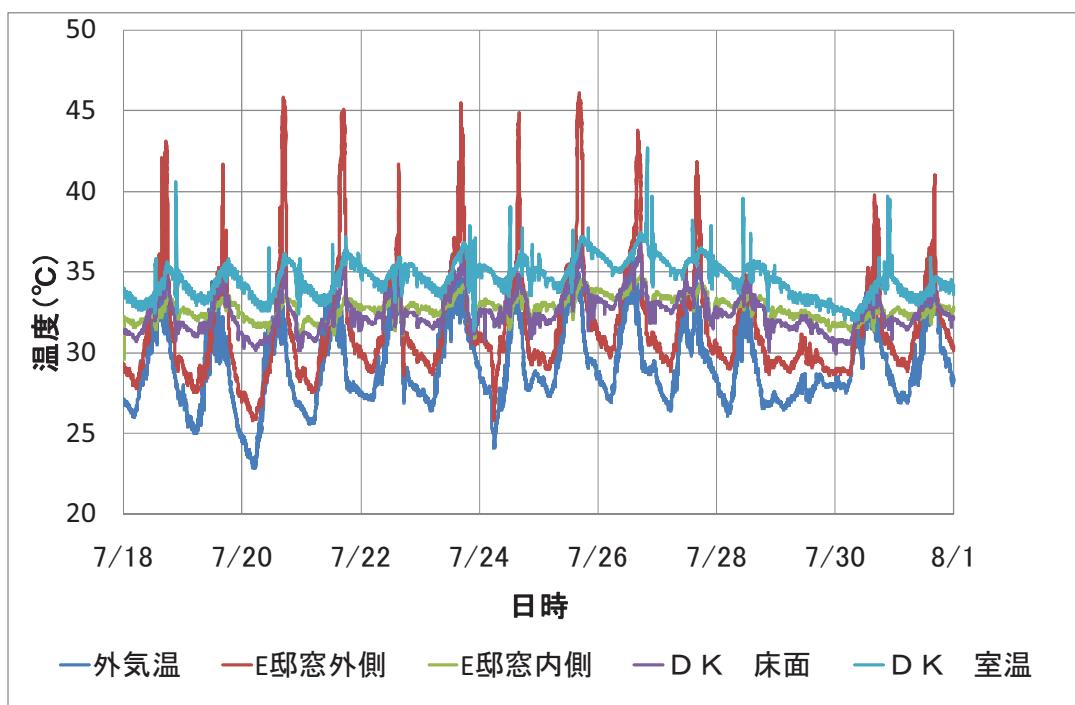
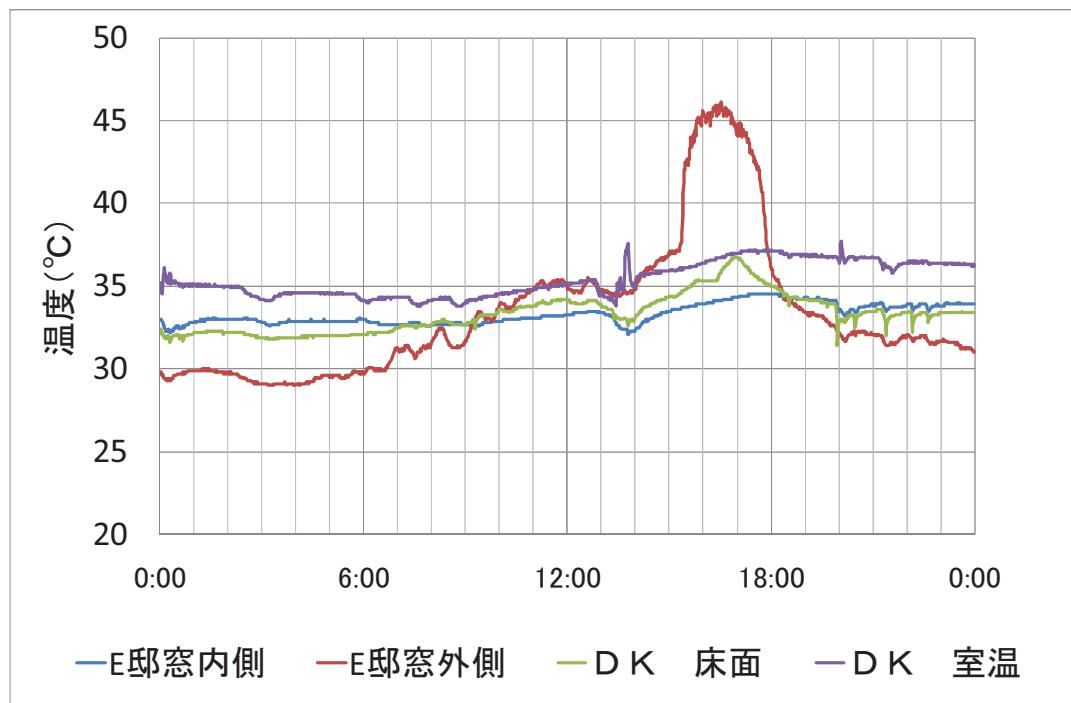
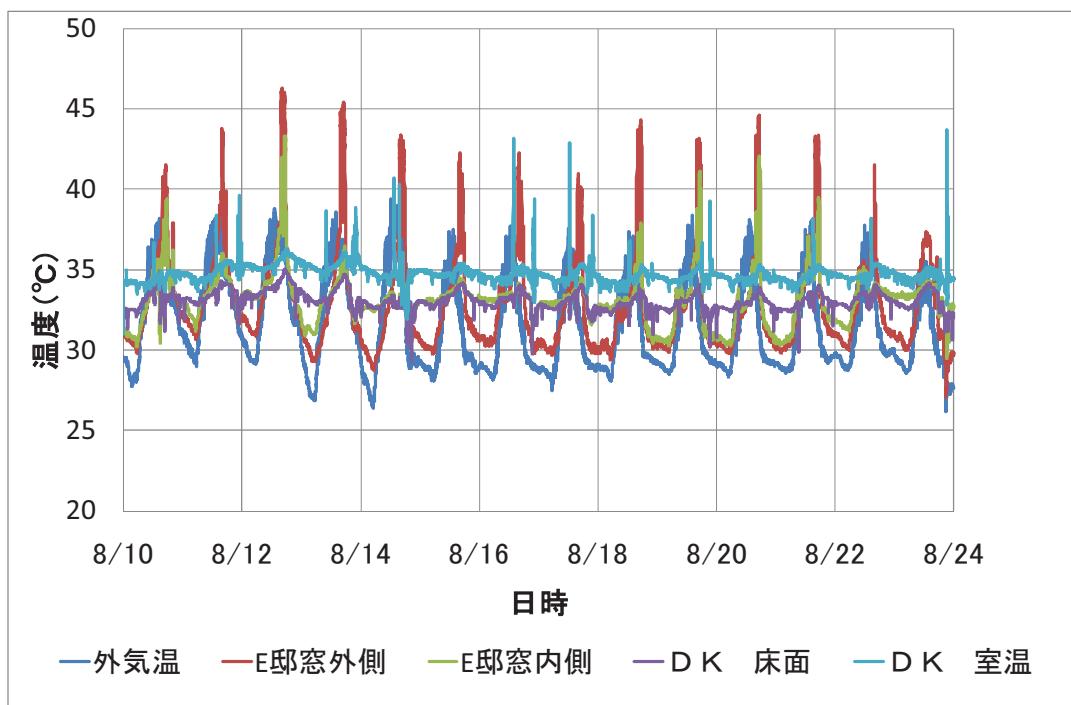


図 3-16 E 邸における改修前の外気温、窓外側表面温度、窓内側表面温度、DK 床面温度、室温（7 月 18 日～31 日）



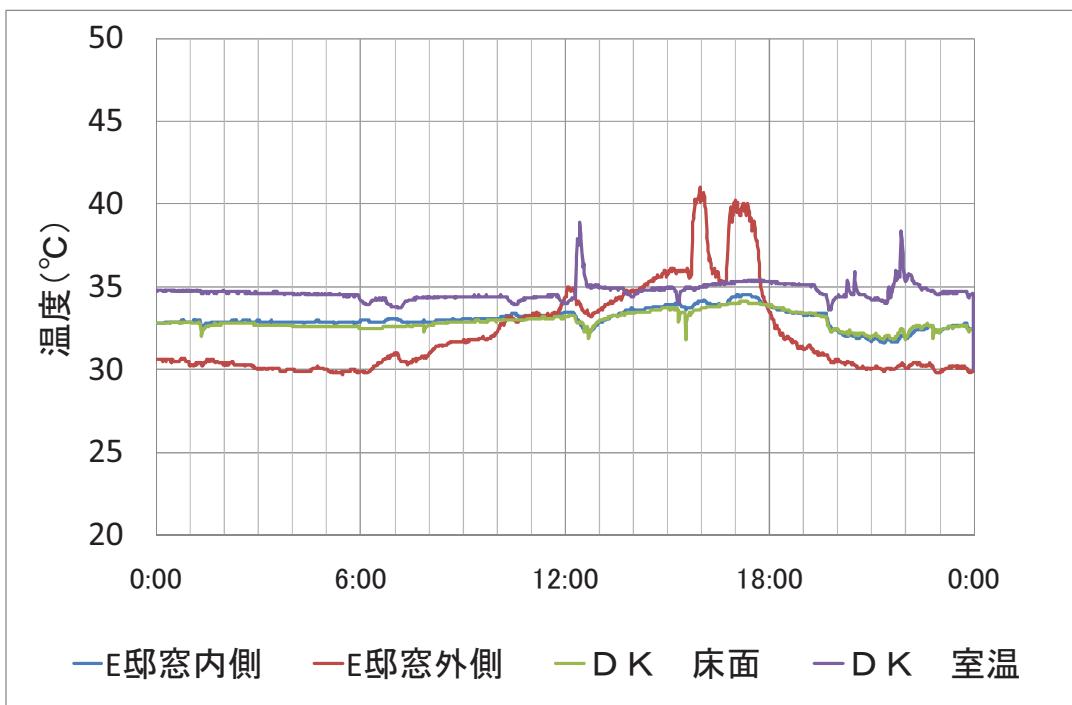


図 3-19 E 邸における改修後代表日 8 月 17 日の外気温, 窓外側表面温度, 窓内側表面温度, DK 床面温度, 室温

## 6. 測定結果のまとめ

屋上面の改修前後の測定結果より, 改修後に各測定点の温度が低下していた。特に屋上表面温度と天井面温度の低下が顕著であった。これに伴い屋根面から室内に流入する熱量も減少していた。E邸では終日空調が稼働しており、室温はほぼ一定であるが、天井面温度は屋上表面温度の影響を受けて上昇していた。改修前の天井面温度は 35°C 程度であるが、改修後には 31~32°C 程度になっていた。改修前の屋上表面温度は 60°C を超えていたが、改修後には 50°C 程度まで低下していた。

壁面の改修前後の測定結果より、改修後に日射の当たる夕刻の外壁面の表面温度の低下が確認されるが、室温への影響は明確には確認できなかった。

消費電力の測定結果では、改修後の平均気温が高く、日照時間が長いため、単純な比較により消費電力の削減量を確認することは困難であった。

窓面の改修前後の測定結果より、日射が入射する午後に床面温度の上昇が抑制されていた。室温への影響はほとんど確認されないが、午後の上昇が若干抑制されていた。

## 第4章 消費電力削減効果の分析

屋根面や壁面の改修による効果はコンクリートスラブや壁体を通して室内に影響するため、時々刻々の消費電力により評価することは困難である。そこで、改修前（7月18日～31日）と改修後（8月10日～23日）の外気温と室温の差の日平均値と日積算消費電力の関係を図4-1、図4-2、図4-3に示す。

改修前には外気温と室温の差の日平均値が0°C付近に分布しており、夜間に室温が設定温度まで低下しない状況を反映している。日積算消費電力の期間平均値は5,950Whであった。改修後には外気温と室温の日平均値は大きくなっている。日積算消費電力の期間平均値は6,838Whで改修前より少し大きくなっている。外気温が上昇し（平均値は改修前29.2°C、改修後31.6°C）、冷房負荷が増加したことが原因であると考えられる。改修後に消費電力は低下しなかったが、外気温と室温の差は大きくなり、室温は明確に低下し、熱環境緩和効果が確認された。

改修前に平均外気温が30°Cを超える日は3日しかないため、改修前後の期間より平均気温30°C台の日を3日ずつ選定して比較した。改修前の7月23日、25日、26日と改修後の8月5日、6日、7日の外気温と室温の差の日平均値と日積算消費電力を図4-4に示す。改修後の消費電力は低下していると読み取ることが出来る。例えば、外気温と室温の差の日平均値が0.67°Cと0.78°Cでほぼ同じであった7月25日と8月7日の日積算消費電力は8,037Whと6,900Whであり、約1,140Wh（約14%）の低下であった。

改修前後の外気温と室温の差の平均値と日積算消費電力の関係を示す図4-3に近似直線を追加した。図4-5に再掲する。全ての日のデータを用いて近似すると、改修後の消費電力が大きいと評価された。日積算日射量が18MJ/m<sup>2</sup>以上の晴天日を抽出して改修前後の外気温と室温の差の平均値と日積算消費電力の関係を図4-6に示す。日積算日射量が18MJ/m<sup>2</sup>以上の晴天日を抽出したデータを用いて近似すると、改修後の消費電力が小さいと評価された。

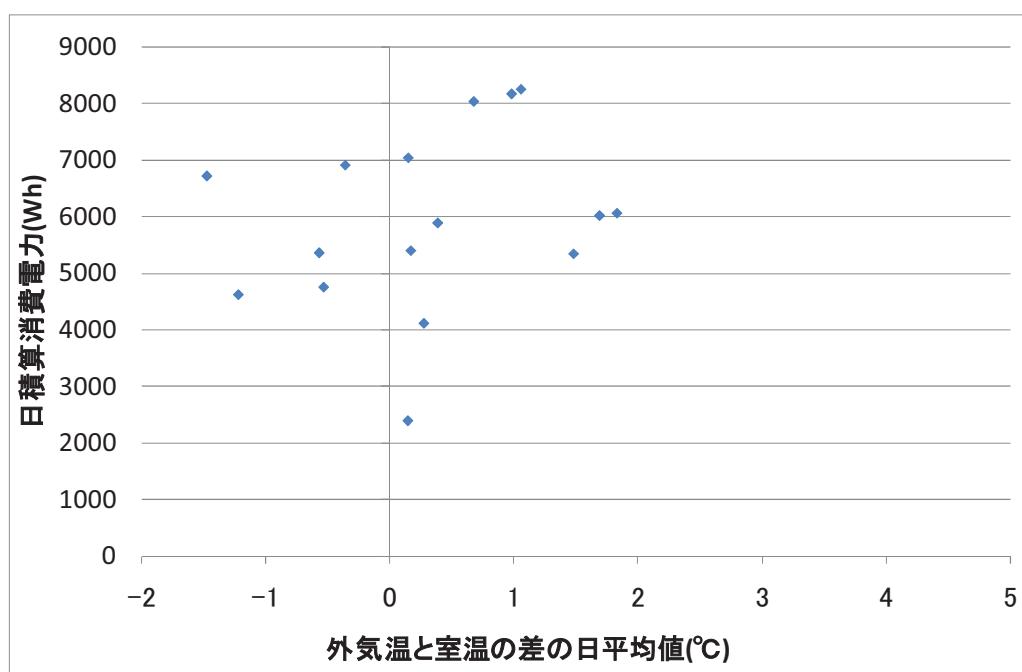


図4-1 改修前の外気温と室温の差の日平均値と日積算消費電力（7月18日～31日）

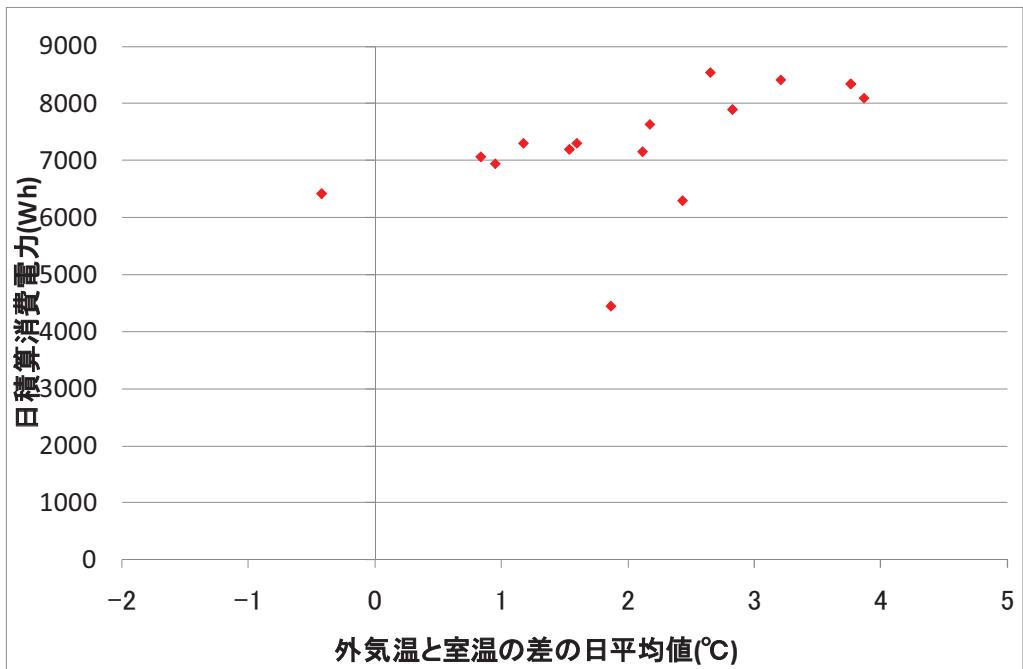


図 4-2 改修後の外気温と室温の差の日平均値と日積算消費電力（8月 10 日～23 日）

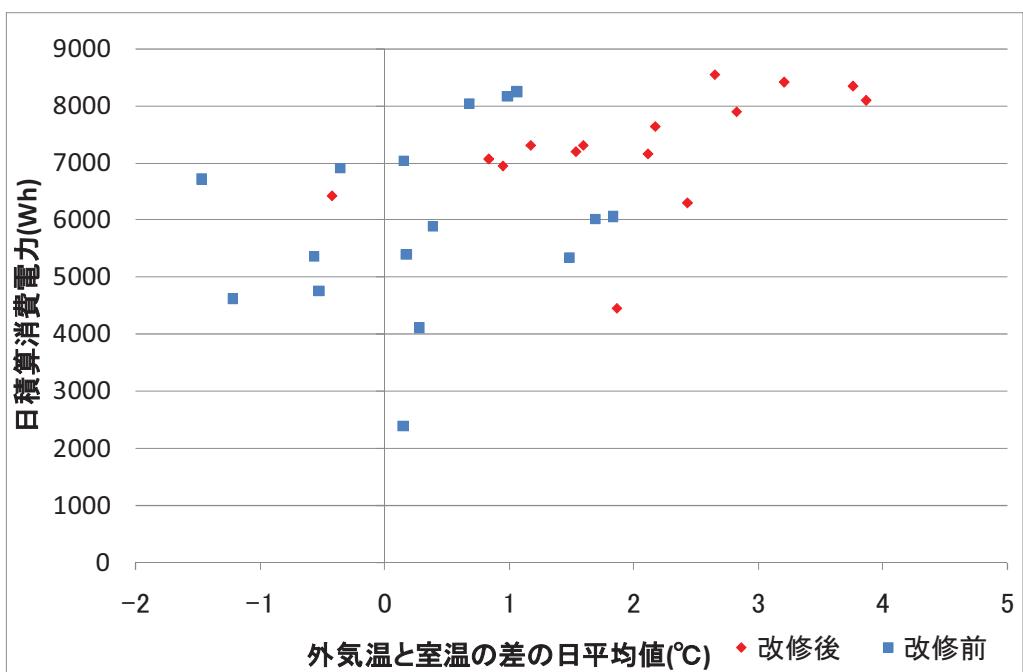


図 4-3 改修前と改修後の外気温と室温の差の平均値と日積算消費電力

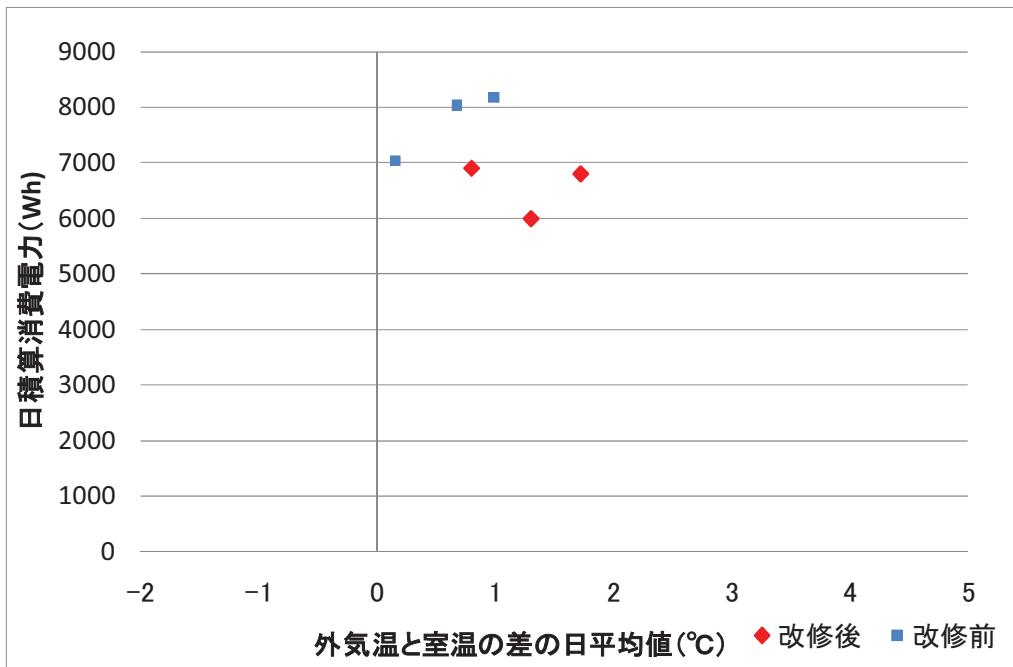


図 4-4 改修前の 7月 23 日, 25 日, 26 日と改修後の 8月 5 日, 6 日, 7 日の  
外気温と室温の差の日平均値と日積算消費電力の関係

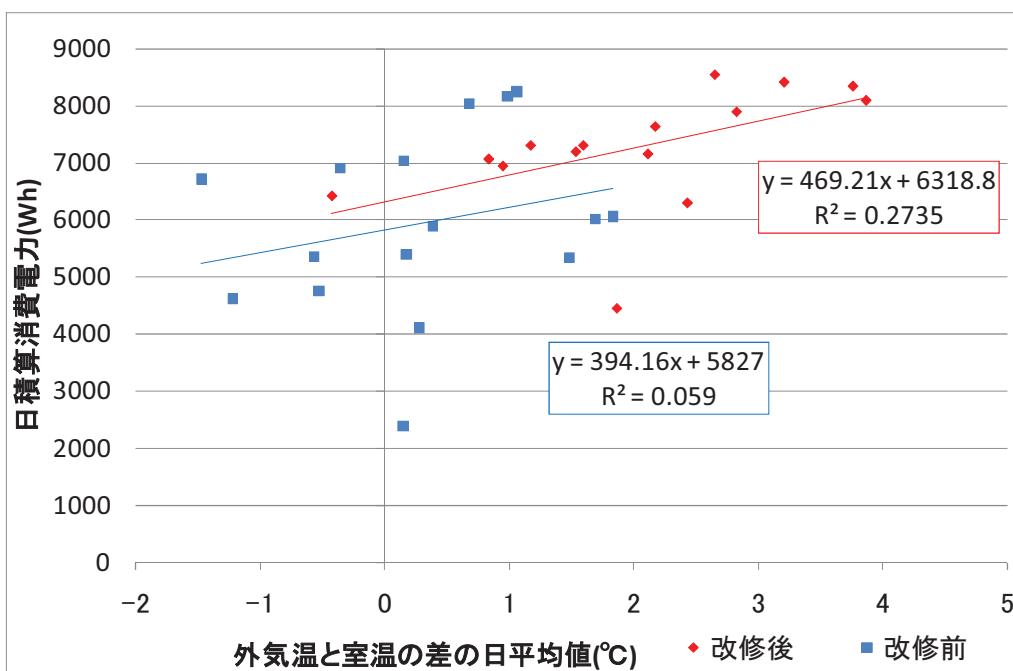


図 4-5 改修前後の外気温と室温の差の日平均値と日積算消費電力の直線近似

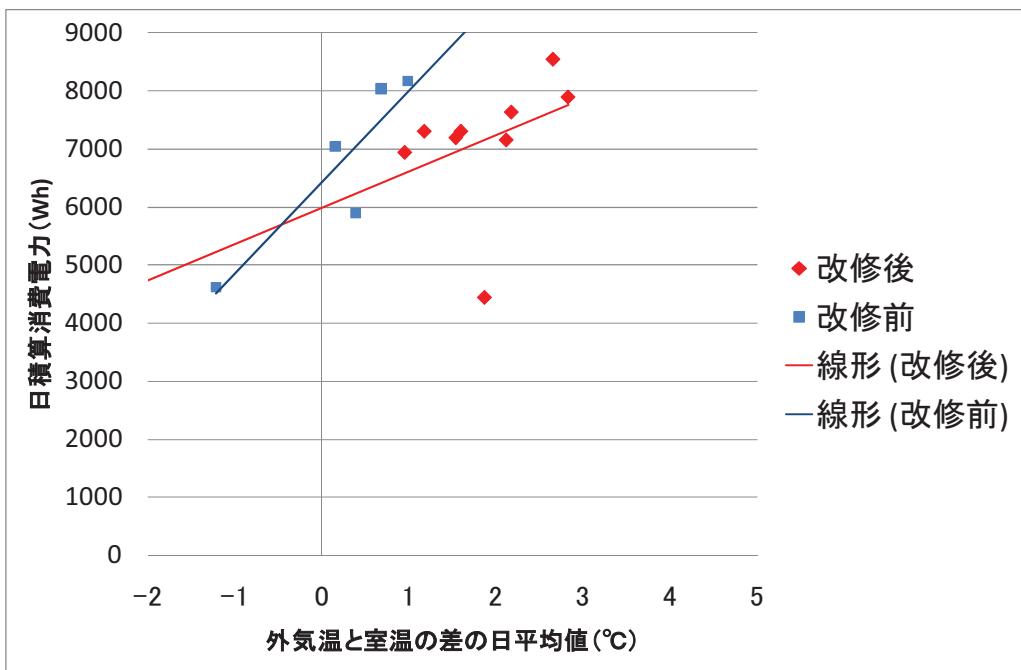


図 4-6 日積算日射量が  $18\text{MJ}/\text{m}^2$  以上の晴天日における  
改修前後の外気温と室温の差の日平均値と日積算消費電力

## 第5章 結論

本研究では、実際に使用されている建物を対象として実施した、省エネ改修工事による冷房電力削減効果と熱環境緩和効果を、実測結果に基づいて分析した。夏期に実施した連続測定の結果に基づき、改修工事前後の気象条件を考慮した解析を行い、冷房電力削減効果と熱環境緩和効果を考察した。

第2章では、実測調査の概要として、測定項目、測定方法、測定点について述べた。

第3章では、測定結果について考察した。屋上面の改修前後の測定結果より、改修後に各測定点の温度が低下していた。特に屋上表面温度と天井面温度の低下が顕著であった。これに伴い屋根面から室内に流入する熱量も減少していた。E邸では終日空調が稼働しており、室温はほぼ一定であるが、天井面温度は屋上表面温度の影響を受けて上昇していた。改修前の天井面温度は35°C程度であるが、改修後には31~32°C程度になっていた。改修前の屋上表面温度は60°Cを超えていたが、改修後には50°C程度まで低下していた。

壁面の改修前後の測定結果より、改修後に日射の当たる夕刻の外壁面の表面温度の低下が確認されるが、室温への影響は明確には確認できなかった。

消費電力の測定結果では、改修後の平均気温が高く、日照時間が長いため、単純な比較より消費電力の削減量を確認することは困難であった。

窓面の改修前後に測定結果より、日射が入射する午後に床面温度の上昇が抑制された。室温への影響はほとんど確認されないが、午後の上昇が若干抑制されていた。

第4章では、改修による消費電力削減効果について考察した。外気温と室温の差の日平均値と日積算消費電力の関係を分析した。改修後に消費電力は低下しなかったが、外気温と室温の差は大きくなり、室温は明確に低下し、熱環境緩和効果が確認された。

改修前後の期間より平均気温30°C台の日を3日ずつ選定して比較した。改修後の消費電力は低下していると読み取ることが出来た。

改修前後の外気温と室温の差の平均値と日積算消費電力の関係を全ての日のデータを用いて近似すると、改修後の消費電力が大きいと評価された。そこで、日積算日射量が18MJ/m<sup>2</sup>以上の晴天日を抽出し、改修前後の外気温と室温の差の平均値と日積算消費電力の関係を分析したところ、改修後の消費電力が小さいと評価された。

以上より、省エネ改修工事により、冷房時の室温が設定温度を満足するようになり、熱環境緩和効果が確認された。冷房消費電力については、夏期の晴天日に限定すると効果が確認されたが、具体的な数値として抽出することは困難であった。省エネ改修工事の導入効果の算出には、断熱状況や使用状況が異なる建物を対象とした効果検証データの蓄積が必要であると考えられる。

## 参考文献

- 1) 関口直樹, 中島裕輔他 : 高反射率塗料による室内外の熱環境改善効果に関する研究, 日本建築学会関東支部研究報告集, I(78), pp. 497~500, 2008. 2
- 2) 井原智彦, 三木勝夫他 : 事務所建築物への高反射率塗料導入による夏季節電・年間省エネルギー効果の実測と分析, 日本ヒートアイランド学会第6回全国大会予稿集, pp. 170~171, 2011
- 3) 山田智博, 竹林英樹他 : 高反射率塗料の導入効果に関する研究, 日本建築学会学術講演梗概集, pp. 875~876, 2012. 9
- 4) 鈴木昌子, 須永修通他 : 外断熱改修を施したRC戸建住宅の夏期の温熱環境に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 93~94, 2007. 7
- 5) 倉山千春, 佐久間英二他 : 各種日射調整フィルムの日射熱取得率測定結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 49~50, 2012. 9
- 6) アキヤマデ株式会社 : 屋上防水システムリベットルーフカタログ, pp. 31, 2013. 6
- 7) アキヤマデ株式会社 : FLボードS技術資料2011, pp. 1, 2011
- 8) インターセプト株式会社 : エコシールドミラー, 2012
- 9) 株式会社ESC研究所 : エコシールドシリーズ商品ラインナップ, pp. 1, 2012