

## 郊外の業務ビルの経済的観点を踏まえた ZEB 化に向けた検討 その 1 : 空調設定温度変更

温熱環境 快適性 エネルギー  
実測調査 アンケート

正会員 ○ 対馬聖菜\*1 同 高橋周平\*2  
同 葛生恵理子\*3 同 伊藤安里\*2  
同 青木 現\*2 同 田辺新一\*4  
同 田中宏昌\*5 同 木虎久隆\*6

### 1. はじめに

2011 年の東日本大震災以降オフィスビルにおける省エネルギーに対する意識が高まっており、夏季の空調設定温度を上げ省エネルギーを図る取り組みが注目されている。最終的に ZEB (Zero Energy Building) を目指すビルも少なくない。既往研究により、室内温度の上昇により執務者の快適性および知的生産性が低下する可能性が報告されてきたが、筆者らはタスクアンビエント空調導入オフィスにおいて、空調設定温度を 27°C から 26°C に変更しても空調エネルギー消費量は大きく変わらないことを実測調査により示した<sup>2)</sup>。

本研究では、①「他オフィスにおける、空調設定温度の緩和によるエネルギー消費量と執務者の室内環境に関する感じ方の変化を把握」し、②この結果を踏まえ、さらに省エネルギーを進める方法として、「新しいワークスタイルの導入を考慮した空調エネルギーに関するシミュレーション」を行った。本稿では①に関して、特に温熱環境に関する分析結果を述べる。

### 2. 調査概要

室内温度設定変更による室内環境質・執務者の快適性・エネルギー消費量の変化を把握するため、KD ビルにおいて 2014 年夏季に室内温度設定条件を変更し、物理環境測定およびアンケート調査を行った。空調設定温度は、8月21日～22日(金):27°C(現状把握期間)、9月1日～5日(金):26°C、9月8日～10日(水):27°Cとした。

#### 2.1 調査対象建物および空調設備

表 1 に調査建物概要を示す。2012 年 8 月に竣工した KD ビルは環境配慮型オフィスとして設計され、建物の総合環境性能評価システム CASBEE<sup>3)</sup>において S ランクを取得しており、環境配慮技術として太陽光発電・ナイトパーズ・昼光利用などの自然エネルギーの利用や見える化などが導入されている。調査対象の 3 階執務室は事務室 (1) (2) (3) から構成されており、実測対象の事務室 (3) における執務者数は 52 名、執務時間は 8:50～17:30 である。

空調設備はビル用マルチ方式であり、事務室 (3) には天井埋込型室内機 7 台・全熱交換器付外調機 3 台が導入されている。空調運転中は高効率制御が行われており、室内空気温度が規定温度を下回る時間は室内機の運転を停止している。

#### 2.2 物理環境測定

KD ビル 3 階北側の事務室 (3) : 約 450m<sup>2</sup> において、9 月 1 日～10 日 (水) に物理環境測定を行った。

図 1 に物理環境測定項目と測定点、表 2 に測定詳細を示す。測定項目は温熱環境に関して平面温湿度/空調吹出口温度/外調機吹出口温湿度/グローブ温度、光環境に

表 1 調査対象建物概要

	所在地	大阪府豊中市	建築面積	4368.49m <sup>2</sup>
	竣工	2012年8月	述べ床面積	12282.46m <sup>2</sup>
	構造	RC造	階数	地上6階

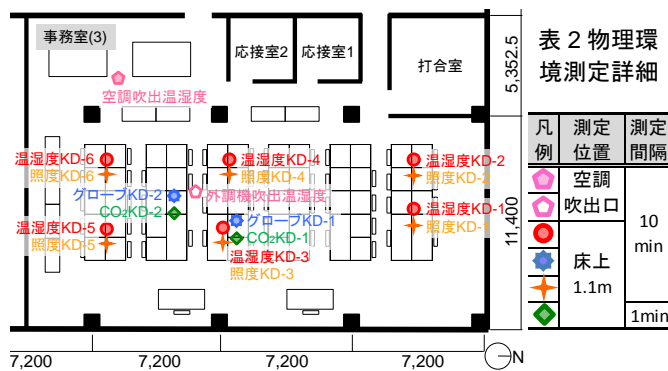


図 1 物理環境測定項目と測定点

関して机上面照度、空気質環境に関して CO<sub>2</sub> 濃度とした。エネルギー消費量は BEMS による測定データを用いた。

#### 2.3 アンケート調査

アンケート回答期間は 9 月 1 日～10 日 (水) とし、52 部配布中 47 部を回収した (回収率 90%)。執務室の各環境要素 (温熱、光、空気質など) に対する満足度、不満の要因、生産性への影響などの設問を SAP (Subjective Assessment of workplace Productivity) 2009<sup>4)</sup> をもとに設けた。また、執務室の各環境要素以外に省エネルギー・節電に関する設問、ワークスタイルに関する設問、オフィス内での行動調査の項目を追加した。温熱環境に関するアンケートは、空調設定温度変更条件毎に回答させた。

アンケート回答者の属性は、男性 79%、女性 21% であり、年齢は 20 代が 11%、30 代が 16%、40 代が 47%、50 代が 24%、60 代が 2% となり、40 代が最も多かった。業務内容は事務職が 93%、営業職が 2%、管理職が 5% であり、執務時間の 60% 以上自席にいる執務者が全体の 69% であった。

### 3. 物理環境測定結果

図 2 に各条件代表日の室内空気温湿度経時変化、図 3 に各条件代表日の空調吹出口温度経時変化を示す (実線が温度、点線が相対湿度)。外気温が同様の経時変化を示した、9 月 2 日 (火) : 空調設定温度 26°C 時 (=以降、設定 26°C)、9 月 9 日 (火) : 空調設定温度 27°C 時 (=以降、設定 27°C) を各条件の代表日と定めた。

執務時間中の室内平均空気温度は測定点により大きな差は見られず、設定 26°C (9 月 1 日～5 日) において 25.3°C (±0.2)、設定 27°C (9 月 8 日～10 日) において 26.7°C (±0.1) であり、1°C の空調設定温度低下により平均 1.4°C 低

下した。室内平均相対湿度は設定 26°C で 57%RH (±1)、設定 27°C は設定 26°C 時よりも低く 51%RH (±2)であり、低い外気湿度が影響したと考えられる。空調機吹出口温度は高効率制御の影響で、設定 26°C において 13~26°C 程度、設定 27°C において 14~27.5°C 程度をスウィングしていた。外調機吹出し口温度は設定 26°C において 15~20°C 程度、設定 27°C において 17~29°C 程度を推移していた。

図 4 に積算電力消費量を示す。電力消費量全体で見ると熱源設備が 50%程度を占めていた。各代表日の熱源設備の電力消費量は、設定 26°C : 89.0 kWh、設定 27°C : 41.5 kWh と、空調設定温度 1°C 低下に伴い 47.5 kWh と大きく増加した。しかし、設定 27°C 時は 12:00~18:00 まで外調機のコンプレッサーが停止していたと思われる、更なる調査が必要である。一方で同設定温度期間での変化も大きく、外気条件や執務者数 (人体発熱) などが影響したと考えられる。空調設備、照明、コンセント電力消費量については調査期間を通して大きな違いはみられなかった。

#### 4. アンケート調査結果

図 5 に各条件時の温冷感 (左) と温熱環境満足度 (中) と温熱環境が仕事効率に与える影響 (右) の申告率、図 6 に温熱環境の不満の要因を示す。ASHRAE の 7 段階スケールをもとに、温冷感は「寒い~やや涼しい」を寒い側、「暑い~やや暖かい」を暑い側の申告、満足度は「非常に不満~やや不満」を不満側、「非常に満足~やや満足」を満足側の申告と定めた。

設定 26°C (実測平均 25.3°C) における申告は、寒い側が 44%/暑い側が 15%、不満側が 21%/満足側が 35%であり、設定 27°C (実測平均 26.7°C) における申告は、寒い側が 15%/暑い側が 38%、不満側が 24%/満足側が 25%であった。室温 1°C 程度の違いで温冷感に顕著な差が見られ、設定 26°C の方が満足者率が 10%高い結果となった。不満の要因としては、各条件とも「全体的に暑い」という理由が最も多く、特に設定 27°C では 43%にもなった。空調設定温度を 27°C から 26°C に低下させることで室内平均空気温度は 1.4°C 低下し、暑いことによる不満が減少し、温熱環境満足度は向上した。しかし、仕事効率に与える影響に大きな違いはみられなかった。

#### 5. まとめ

ビル用マルチ方式の空調方式で高効率制御運転を行ったオフィスにおいて空調設定温度を 27°C から 26°C に低下させることにより、熱源設備の電力消費量は 47.5 kWh 増大したが、外調機の制御システムが影響を与えた可能性があり今後調査が必要である。外気条件や人体発熱も影響していると考えられる。また、実測平均室内温度は 1.4°C 低下し、仕事効率への影響はみられなかったが熱的快適性および温熱環境満足度の向上がみられた。省エネルギーに資するのか、執務者の快適性を低下させないかをよく見極め、室内環境を調整する必要がある。

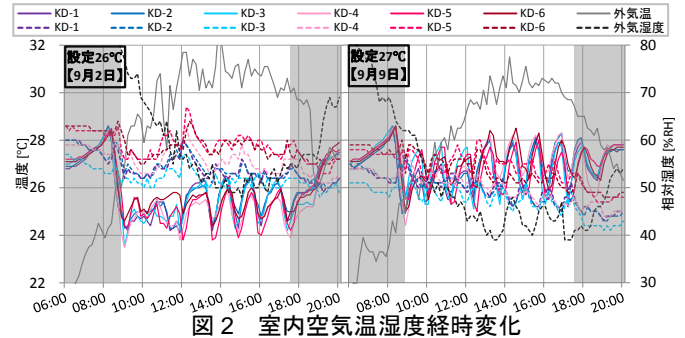


図 2 室内空気温湿度経時変化

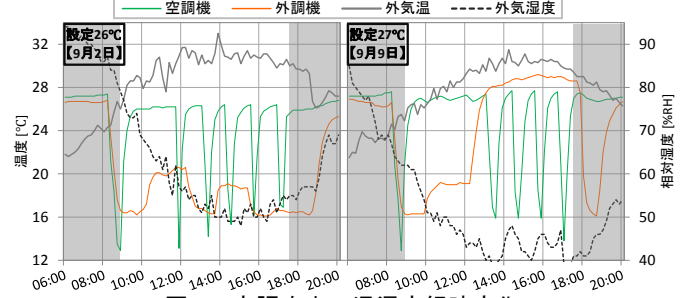


図 3 空調吹出口温湿度経時変化

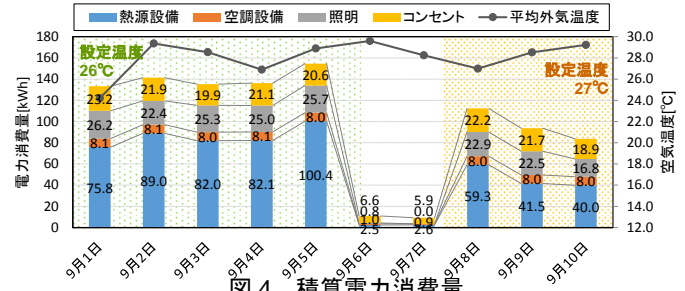


図 4 積算電力消費量

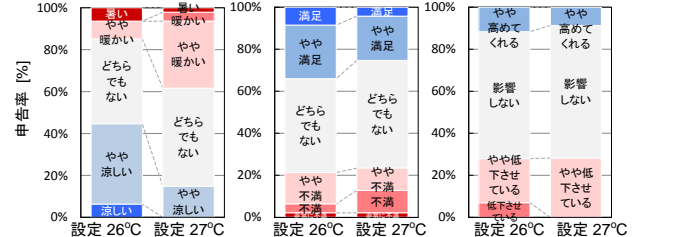


図 5 温冷感/温熱環境満足度/仕事効率への影響

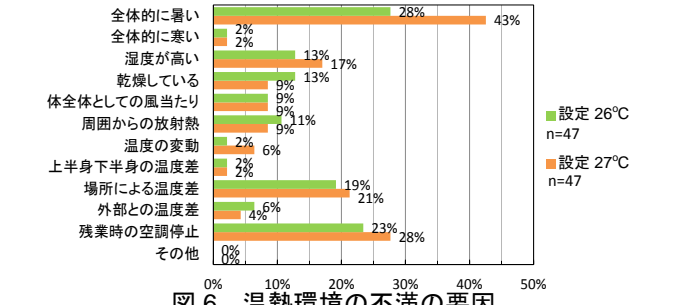


図 6 温熱環境の不満の要因

参考文献 1) O. Seppänen, W.J. Fisk and Q.H. Lei : Effect of temperature on task performance in office environment, Proceedings of Cold Climate HVAC conference, Moscow 2006 2) Tanabe S, Iwahashi Y, Tsumihara S, Nishihara N. : comfort and productivity in offices under mandatory electricity savings after the Great East Japan earthquake. Architectural Science Review 2009: 1-10. 3) CASBEE HP : <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/> 4) 財団法人 建築環境・省エネルギー機構 : 誰でもできるオフィスの知的生産性測定 SAP 入門 2010 謝辞 調査にご協力頂きました新日本空調 (当時 早稲田大学大学院) の楊鎮浩様、アンケート調査にご協力頂きましたオフィスの皆様により感謝致します。

\* 1 早稲田大学大学院創造理工学研究科 博士課程・修士(工学)  
 \* 2 早稲田大学大学院創造理工学研究科修士課程  
 \* 3 山下設計 (当時 早稲田大学大学院)・工修  
 \* 4 早稲田大学創造理工学部建築学科・教授・工博  
 \* 5 日建設計 \* 6 関西電力

\* 1 Graduate student, Waseda University, M. Eng.  
 \* 2 Graduate student, Waseda University  
 \* 3 Yamashita Sekkei Inc.  
 \* 4 Prof., Dept. of Architecture, Waseda University, Dr.Eng  
 \* 5 Nikken Sekkei Ltd. \* 6 The Kansai Electric Power Co., Inc.