

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
分担研究報告書

建築物環境衛生管理における空気調和設備等の適切な運用管理手法の研究
個別空調方式の影響調査
秋田市内の事務所建築の事例調査

研究分担者 長谷川 兼一 秋田県立大学 システム科学技術学部 教授

研究要旨

個別空調方式に特化した空気環境の維持管理・行政指導マニュアル作成に資する知見を得るために、秋田市内の事務所建築物 2 件を対象に、①メンテナンス担当者へのヒアリング調査、②執務者の主観申告による執務環境の評価、③年間のエネルギー消費量の把握、を実施した。その結果、以下のことがわかった。①個別暖冷房では湿度コントロールができないため、冬季にはポータブルの加湿器を設置して加湿している。また、第三種換気の場合、排気系統の目詰まり、ダンパーが開かない、ガラリの目詰まりが懸念される。温熱環境よりも空気環境の方が知覚しにくい傾向にあり、空気清浄を維持することが疎かになりやすい。②10月の執務者の主観評価では、「熱的快適性」では“寒い”との申告が見られ、「空気質」に対する評価も低い。空気質の評価については、開口部窓が開け換気が難しくなったことが関連していることや、そもそも換気に対する意識が低いことが影響している可能性がある。③ZEB改修を実施したSビルでは、同地域のDECCデータの下位25%程度のエネルギー消費量の事例に位置していることを確認し、省エネルギーには効果があったものと判断できる。例えば、照明用エネルギー消費量は、DECCデータよりも半分程度の消費量に抑えられている。

A. 研究目的

本研究では、個別空調方式に特化した空気環境の維持管理・行政指導マニュアル作成に資する知見を得るために、事例調査を通じて空調設備を中心としたメンテナンスの実態や課題を明らかにすることを目的とする。ここでは、秋田市内の事務所建築物 2 件を対象に、①メンテナンス担当者へのヒアリング調査、②執務者の主観申告による執務環境の評価、③年間のエネルギー消費量の把握、を実施した。なお、いずれの事務所建築とも中央空調方式から個別空調方式に変更し、このうち 1 件は ZEB 改修している事例となる。

B. 研究方法

1) 調査対象建物の概要

本研究では、秋田市内に建設されている 2 件の事務所建築（Sビル、Tビル）を対象とする。両ビルを担当するメンテナンス会社を通じて現地での調査を実施した。また、担当者には建物に関する情報提供の他、特に空調設備に関する運用方法や課題についてヒアリングした。以下に両ビルの概要を示す。

Sビルは、地上 8 階、地下 1 階建て、Tビルは地上 7 階、地下 1 階建ての事務所ビルである。Sビル、Tビルとも、執務空間においては全般照明方式、空調設備による室内環境調整、換気設備による機械換気が採用されている。新築当初は氷蓄熱を用いた中央冷暖房・中央換気方式であったが、10年ほど前に個別冷暖房・個別換気方式に全て取り替えている。

Sビルは2018年度にZEB改修を実施した事例であり、表1に建物概要を示す。ZEBランクは「ZEB Ready」と評価され、創エネルギー分を含んだ一次エネルギー削減率は55.7%とされる。表2にZEB改修の概要を示すが、屋根と開口部の高断熱化のほか、照明や空調設備の省エネ化が図られている。屋上の太陽光発電システムが設置されているが、設置面積の制約が大きく発電容量は13.2kWとなっている。蓄電池システムも導入されており、蓄電容量は26.0kWhである。また、エネルギー管理のためにBEMSが導入され、表3に示す通り、建物全体の消費量のモニタリングと空調設備等の運用が中央で管理されるようになった。

表1 Sビルの建物概要

建物名称	Sビル	
新築/既存建築物	既存	
所在地	秋田県秋田市 (省エネ基準地域区分：4地域)	
主用途	事務所	
竣工年	2019年	
延べ面積	4,097m ²	
階数	地上1階、地下1階	
ZEBランク	ZEB ready	
一次エネルギー削減率	創エネ含まず	55.0%
	創エネ含む	55.7%

表2 ZEB改修の概要(Sビル)

省エネ技術	
①屋根の高断熱化	屋根：グラスウール GW 24K 100t
②Low-E 複層ガラス	南西面窓に採用 (2LsA08 U=2.3(W/m ² ・K))
③LED照明(新設・既設)	新設：25.0W 既設：40.0W
④高効率空調機	ビル用マルチエアコン (室外機：10台 室内機110台) エネルギー消費効率 APF：5.4
	室内機省エネ制御 床温センサー 人感センサー
⑤高効率換気(既設)	全熱交換器 エンタルピー交換効率：62.0%
⑥太陽光発電パネル(13.2kW)	屋上に設置 創蓄連携蓄電池制御
⑦蓄電池システム	蓄電池容量：26.0kWh(デマンド値抑制)

表3 BEMSの概要(Sビル)

BEMSの概要	
BEMSによるエネルギー管理	<ul style="list-style-type: none"> ・電力量 ・換気 ・照明 ・給湯 ・昇降機 ・PV ・その他 データ収集頻度：10分
空調総合管理システム	<ul style="list-style-type: none"> ・スケジュール制御 ・デマンド制御 ・消し忘れ防止制御 ・管理室での運転状態監視、設定変更可能 ・設定温度、室内温度の計測

2) 主観評価に関するアンケート調査

表4にオフィス空間に対する満足度、環境調整行動等に関するアンケート項目を示す。基本情報として、氏名や性別、年齢、体質(暑がり、寒がり等)に関する個人情報を回答するよう依頼した。内容に関しては、温熱環境、湿度環境、風環境、光環境、空気環境に対する満足度やその環境を許容しているか否か、それらを考慮した時の快適感や仕事のし易さに関して主観で申告するものである。また、執務者自身の行動や周辺の状況についても調査し、自身の曝露環境を良好に保つための環境調整行動(「涼しくする」ための窓の開閉や冷たいものの飲食等、「暖かくする」ための上着の着用や暖かいものの飲食等)についても回答を得ている。

表4 執務環境における主観申告と環境調整行動に関するアンケート調査

項目	内容	尺度
基本情報	氏名 性別 年齢 体質(暑がり、寒がり、汗っかき、冷え性、その他)	-
温熱環境	現在の環境をどの程度に感じているか	7段階
湿度環境	現在の環境を許容できるか	2段階
風環境	現在の環境をどの程度調整したいか	5段階
温熱環境	現在の室温を何でと思うか	記述式
空気質環境	現在の空気質をどの程度に感じているか	6段階
快適感	現在の空気質環境を許容できるか	2段階
熱的快適性	温熱・湿度・風・光・空気質環境を考慮した室内の快適感	6段階
仕事のし易さ	熱的快適性をどの程度に感じているか	7段階
疲労感	温熱・湿度・風・光・空気質環境、快適感を考慮した仕事のし易さ	6段階
発汗	疲労感をどの程度に感じているか	4段階
	発汗がどの程度あるか	4段階
	アンケート回答前までの行動 (着座安静、着座作業、立ち作業、室内歩行、屋外歩行、その他)	選択式
行動、周辺の状況	自身の作業机の周辺の状況(デスクライト、扇風機、ヒーター)	選択式
	涼しくするor暖かくするための環境調整行動 (開口部の開閉、衣類の着脱、飲食、移動、…)	選択式
窓開放の制約	窓開放に関する制約の有無(虫が入ってくる、臭いが気になる、…)	選択式
着衣量	回答時の服装	選択式

3) エネルギー消費量

SビルにはBEMSを導入しているため、2019年度のみであるが15分毎の電力消費量のデータが得られた。データは各階テナントの用途別消費量と共用部の消費量、太陽光発電量に分類されている。これらのデータを分析し、一次エネルギー消費量の使用実績を把握するとともに、DECC注

により得られるエネルギー消費原単位と比較し ZEB の可能性を確認する。

C. 研究結果

1) 執務環境の維持管理に関するヒアリング結果

S ビルと T ビルのメンテナンスを担当している社員にヒアリングする機会を得、主に空調設備に関連する実績や課題について尋ねた。その結果を以下に示す。

- ・ 個別暖冷房であるため湿度コントロールができないため、冬季にはポータブルの加湿器を設置して加湿している。
- ・ 以前は中央方式だったが、個別方式に変更した。中央方式は故障時の影響範囲を考えると、顧客に勧めないことがある。
- ・ BEMS を数年目に導入し、省エネ対策を強化した。その結果、窓開け換気も含めて、換気を抑制する傾向にある。そのため、執務空間の空気環境の悪化が懸念される。
- ・ ビルメンテナンス業務として、年二回の熱交換器のメンテナンスを行っている。
- ・ 第三種換気の場合、排気系統の目詰まり、ダンパーが開かない、ガラリの目詰まりが観察される。
- ・ 温熱環境よりも空気環境の方が知覚しにくい傾向にあり、空気清浄を維持することが疎かになりやすい。
- ・ 天井カセットからの気流が直接執務者にあたるため不快である。ドラフトや上下温度差等の不均一温熱環境への対策として、執務者みずから型紙を用いて気流の方向を変えるようにしている。
- ・ 暖冷房は、テナントの執務室毎に個別制御している。窓開けについても執務者の判断に委ねており、オーナーから誘導はされていない。
- ・ BEMS を導入し、省エネルギーへの運用に努めている。

2) 執務環境に対する主観評価

表 5 と表 6 にアンケート調査への回答者の基本情報をそれぞれのビルについて示す。本研究では、S ビルでは 12 名、T ビルでは 6 名の執務者から主

観評価を得ることができた。調査期間は 2022 年 10 月 19～21 日であり、暖房期間に入った直後の調査である。全体では男性 10 名、女性 8 名、20～50 代の割合が高く、被験者としては性別・年代には幅があるといえる。自己申告として、「暑がり」が 5 名、「寒がり」が 5 名、「冷え性」が 3 名である。

表 5 回答者の基本情報(Sビル)

建物名：Sビル@秋田県秋田市					
アンケート期間	回答数 [件]	回答者性別 [名]	体質 [名]		
2022年10月19～21日	12	男性	6	暑がり	4
		女性	6	汗っかき	2
		回答者年齢 [名]		寒がり	3
		20代	3	冷え性	2
		30代	1	暑がり+冷え性	1
		40代	3	特になし	2
		50代	4		
		60代	—		
		70代	—		

表 6 回答者の基本情報(Tビル)

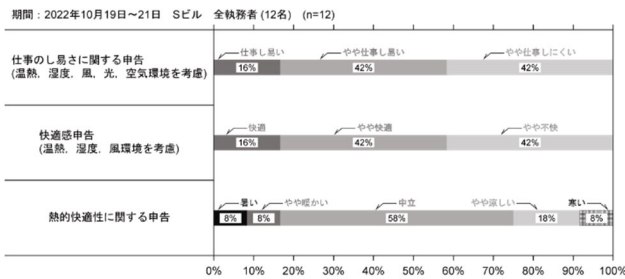
建物名：Tビル@秋田県秋田市					
アンケート期間	回答数 [件]	回答者性別 [名]	体質 [名]		
2022年10月21～27日	6	男性	4	暑がり	1
		女性	2	汗っかき	—
		回答者年齢 [名]		寒がり	2
		20代	—	冷え性	1
		30代	1	暑がり+寒がり+冷え性	1
		40代	3	特になし	1
		50代	—		
		60代	1		
		70代	1		

図 4 と図 5 に、仕事のし易さ、快適感、熱的快適性、寒暑感、乾燥感、気流感、明るさ感、空気質に対する主観申告への回答割合を、ビル別に示す。「仕事のし易さ」については、両ビルとも“し易い”側の申告は約半数となっており、“しにくい”と申告する執務者が半分いることが確認できる。「快適感」では、S ビルの方が“快適”側の割合が高く、「快適感」についても S ビルの方が“中立”と申告する執務者が多いことが分かる。「寒所感」では、T ビルにおいて“やや寒い”の申告が 80% を占めており、S ビルでは 17% に留まっている。「乾燥感」では乾燥側の申告が両ビルとも多く、80% 程度である。特に、S ビルでは“非常に乾いている”が 8% を占め、乾燥への申告の程度は S ビルの方が高いことがわかる。「気流感」については、両ビルとも大きな差は見られない。「明るさ感」では、S ビルにて“やや暗い”と 17% が申告しているが、T ビルでは暗い側の申告は見られない。「空気質」については、両ビルとも悪い側の申告が多

いが、Sビルでは“非常に悪い”が17%を占めている。

SビルはZEB改修を実施しているため、執務環境の質がTビルと比較すると高くなっていることが期待されているが、執務者の主観評価が必ずしも高い訳ではないことがわかった。特に、「熱的快適性」では“寒い”との申告が見られ、「空気質」に対する評価も低い。空気質については、ヒアリングにおいても指摘されていた通り、開口部の改修により窓が開け換気が難しくなったことが関連していることや、そもそも換気に対する意識が低いことが影響している可能性がある。

(a)仕事のし易さ、快適感、熱的快適性



(b)寒暑感、乾燥感、気流感、明るさ感、空気質

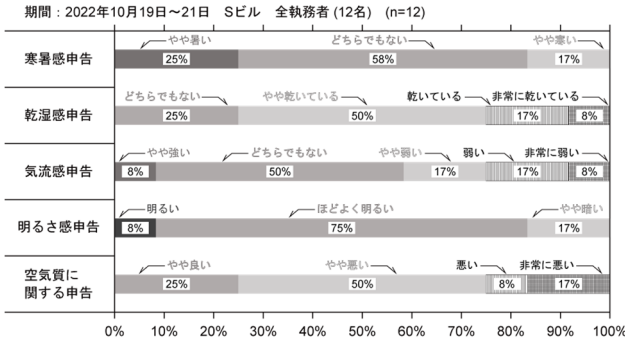
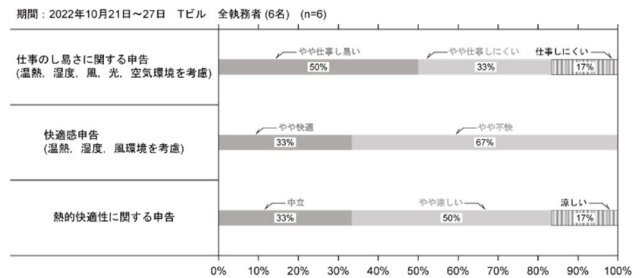


図4 Sビルの執務者の主観申告

(a)仕事のし易さ、快適感、熱的快適性



(b)寒暑感、乾燥感、気流感、明るさ感、空気質

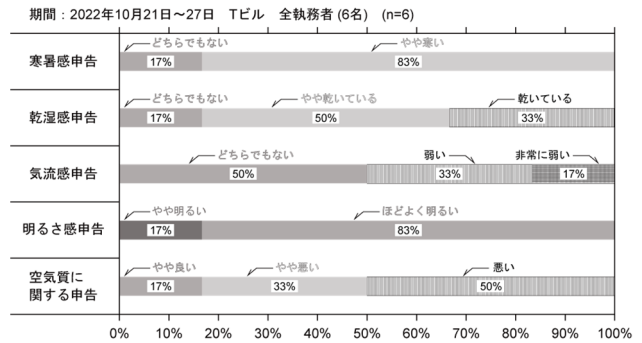


図5 Tビルの執務者の主観申告

3) Sビルのエネルギー消費量

SビルではBEMSによりエネルギー消費量が常にモニタリングされているため、そこで得たデータをまとめた。

図6に2019年における月積算の各用途別エネルギー消費量を示す。用途として照明用の割合が高くて、200GJ/月前後で推移し月変動も小さい。一方、空調用は暖房期間と冷房期間に合わせて変動している。暖房は10月から5月頃まで稼働している様子が窺え、1月が最も消費量が多い。冷房は6月から9月まで使用されると考えられ、8月にピークが見られる。6月や9月の中間期では空調用は少なく、稼働時間は短い。開口部が開放できる場合には窓開け換気を行っているようであるが、SビルではZEB改修により内窓が取り付けられているため、それが適わないフロアが大半である。換気用は年間通じて同程度のエネルギー消費量となっており、執務時には稼働していると考えられる。

年間消費量を他の事例と比較するためにDECCデータを用いた。図7に、Sビルが所在する地域区分4の事務所用途の他事例の実績値を集計し、四分位にて表現した。Sビルは、第一四分位(下位

25%) 程度のエネルギー消費量の事例に位置していることが確認できる。ZEB 改修により、創エネルギー量は少ないものの省エネルギーには効果があったものと推察される。また、例えば、図 8 に示す照明用エネルギー消費量は、DECC データの半分程度の消費量に抑えられており、LED 照明導入の効果が見られる。

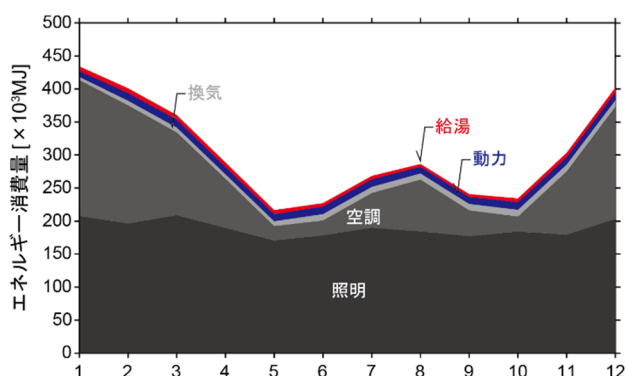


図 6 Sビルの年間エネルギー消費量(2019年)

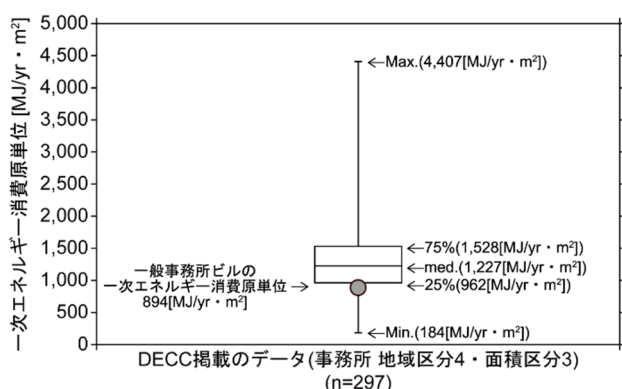


図 7 Sビルの年間一次エネルギー消費量と DECC データの比較

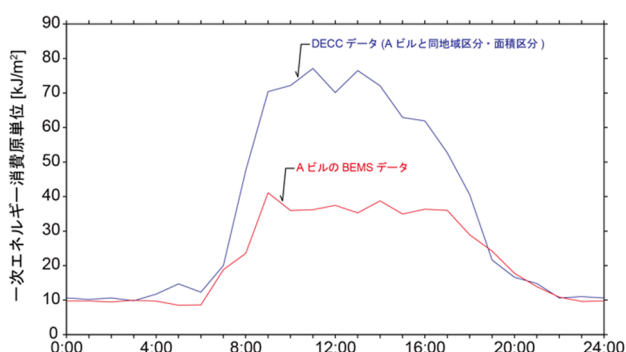


図 8 Sビルの 1 月代表日の照明エネルギー消費量と DECC データの比較

D. 結論

秋田市内の事務所建築物 2 件を対象に、①メンテナンス担当者へのヒアリング調査、②執務者の主観申告による執務環境の評価、③年間のエネルギー消費量の把握、を実施し、以下のことがわかった。

- ① 個別暖冷房では湿度コントロールができないため、冬季にはポータブルの加湿器を設置して加湿している。また、第三種換気の場合、排気系統の目詰まり、ダンパーが開かない、ガラリーの目詰まりが懸念される。温熱環境よりも空気環境の方が知覚にくい傾向にあり、空気清浄を維持することが疎かになりやすい。
- ② 10 月の執務者の主観評価では、「熱的快適性」では“寒い”との申告が見られ、「空気質」に対する評価も低い。空気質の評価については、開口部窓が開け換気が難しくなったことが関連していることや、そもそも換気に対する意識が低いことが影響している可能性がある。
- ③ ZEB 改修を実施した S ビルでは、同地域の DECC データの下位 25% 程度のエネルギー消費量の事例に位置していることを確認し、省エネルギーには効果があったものと判断できる。例えば、照明用エネルギー消費量は、DECC データよりも半分程度の消費量に抑えられている。

<注釈>

注) DECC(Database for Energy Consumption of Commercial buildings)とは日本サステナブル建築協会の「非住宅建築物の環境関連データベース委員会」により調査・分析された建築物のエネルギー消費に関するデータベースである。調査は全国を 8 地域に区分し、産官学の連携体制で実施されている。データは建築物の環境性能の評価指標として国や自治体、大学などの関係者に活用されることを想定している。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

<参考文献>

- 1) 日本サステナブル建築協会：非住宅建築物の環境関連データベース,
<https://www.jsbc.or.jp/decc/decc.html>.