

TABS を採用した ZEB オフィスの夏期温熱環境及び執務者温冷感調査

SURVEY ON THERMAL ENVIRONMENT IN SUMMER AND WORKER'S THERMAL SENSATION IN THE ZEB OFFICE ADOPTING TABS

新村苑華 — * 1 垂水弘夫 — * 2
小池怜奈 — * 1 天田靖佳 — * 3
宮村泰至 — * 3 長谷部弥 — * 4
山本ミゲイル — * 3

Sonoka SHINMURA — * 1 Hiroo TARUMI — * 2
Reina KOIKE — * 1 Yasuyoshi AMADA — * 3
Yasushi MIYAMURA — * 3 Hisashi HASEBE — * 4
Miguel YAMAMOTO — * 3

キーワード：
躯体蓄熱放射, ゼロエネルギービル, 温熱環境, 温冷感,
アンケート調査

Keywords:
TABS, ZEB, Thermal environment, Thermal sensation, Questionnaire survey

With the goal of achieving carbon-neutral, Zero Energy Building is drawing attention and the use of radiant air-conditioning systems is on the rise. In this study, the actual condition of the thermal environment formed in the office under the operation of TABS and floor blow air-conditioning system adopted in the nZEB of Kanazawa City was investigated. In addition, thermal sensation questionnaire for office workers was conducted in summer. As a result of the analysis, PMV value by zone and response rate of comfortable side in summer cooling were clearly shown.

1. はじめに

建物の ZEB (Zero Energy Building) 化が求められる社会情勢を受けて、放射空調システムの採用が増加傾向にある中、最近の形態として躯体蓄熱放射システム (TABS: Thermo Active Building System) の適用報告¹⁾ がみられつつあるが、まだその数は少ない。

本研究では、躯体蓄熱放射・床吹き出し空調システムが採用され、2021年4月に金沢市に竣工した ZEB オフィスを対象として、夏期における屋内温熱環境の形成状況と、執務者を対象に実施した温冷感アンケート調査の結果を取り纏めることで、当該システムの冷房時における温熱環境面での有効性を中心に検証する。

2. 対象建物と調査の概要

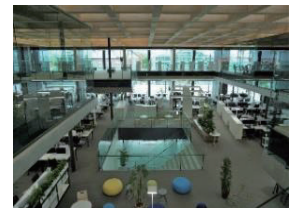
2.1 建物概要

約 3255 m² の敷地に、地下1階・地上3階の RC 造で、延床面積が約 4224 m² の事務所ビルとして建築された。清水建設(株)の設計・施工である。1~3階は、36m×36m の正方形プランを基本とし、1階はエントランスホールと諸室、2階がメインの執務フロア、3階は吹き抜け空間と会議室などから成っている。執務空間の天井高さは、2,700mm~8,030mm である。写真1に建物の外観と内観を、また、表1に建物概要に関するデータを整理する。

2.2 躯体蓄熱放射・床吹き出し空調システムの概要

2階の床スラブ上に、TABS 配管を内包する 100mm 厚のシンダーコンクリートを敷設し、夜間の時間帯を中心に夏期は冷水を、冬期は温

水を通水することで、躯体蓄熱機能を有する 0A フロアが構成される。シンダーコンクリート上には 500mm の床下空間があり、外調機から外気供給が行われるとともに、ファンコイルユニットが配置されている。床面は穴開き 0A フロアパネル及びフロアフロー用タイルカーペット仕上げである。染み出し空調の他、2階床面には 1.8m 間隔で



(1) 社屋外観

(2) 社屋内観

写真1 社屋の外観と内観

表1 建物概要

所在地	石川県金沢市玉川町
建物用途	事務所
設計施工	清水建設株式会社
敷地面積	約 3255 m ²
建築面積	約 1546 m ²
延床面積	約 4224 m ²
階数	地下1階・地上3階
構造	鉄筋コンクリート造(一部鉄骨造)
工期	2020年4月~2021年4月

*1 金沢工業大学大学院建築学専攻
(〒924-0838 石川県白山市八束穂3-1)

*2 金沢工業大学建築学科 教授・工博

*3 清水建設(株)

*4 清水建設(株) 博士(工学)

*1 Graduate Student, Dept. of Architecture, Kanazawa Institute of Technology

*2 Prof., Dept. of Architecture, Kanazawa Institute of Technology, Dr.Eng.

*3 Shimizu Corp.

*4 Shimizu Corp., Dr.Eng.

パーソナル床吹出ファン 190 台が設置され、執務者各自のスマートフォンを用いて運転制御が可能となっている。写真 2 (1) ~ (3) に、当該躯体蓄熱放射・床吹出し空調システムに関するパーツを示す。

2.2 温熱環境調査の概要

温熱環境の実測箇所として、図 1 に 2 階メイン執務フロアの計測ポイント 6 点を平面図上に提示する。空調のゾーン分けに対応して、北東、南東、南西、北西の 4 ゾーン別に測定する。2 階トイレ前のポイントは、アンビエント空間の測定点として、また 2 階西ペリメータのポイントは、木虫籠ルーバーに関する日射計設置近傍点として実測を行っている。建物全体では、これら 2 階の 6 箇所、吹抜け上部にあたる 3 階のゾーン別 4 箇所、1 階のエントランスホール 1 箇所の計 11 箇所を温湿度計測ポイントとした。床高さ 1.1m にデジタル温湿度計 (T&D 社, RTR503BL) とグローブ球 (柴田科学, φ150mm) を、また、床高さ 0.6m の位置に同タイプの温湿度計を設置し、2021 年 7 月 10 日の午後より通年連続測定を開始した。写真 2 (4) に、温熱環境測定の様子を示す (2 階南東ゾーンの例)。

垂直温度分布については、温湿度計測と同じポイントに熱電対を設置してデータを取得している。床からの測定高さは、1 階 1 箇所・2 階 6 箇所・3 階北東ゾーン 1 箇所において、高さ 0m (床表面), 0.1m, 0.6m, 1.1m, 1.7m, 2.2m, 2.6m, 2.7m (天井表面) である。また、3 階の残り 3 ゾーン (南東, 南西, 北西) においては、高さ 0m (床表面), 0.1m, 0.6m, 1.1m, 1.7m, 2.2m, 2.7m, 3.2m, 3.6m, 3.7m (天井表面) となっている。垂直温度分布の夏期実測期間は、2021 年 7 月 10 日の午後から 8 月 8 日の午後までである。温熱環境測定における計測時間間隔は全て 1 分としている。この他、サーモカメラ (FLIR, E8) による熱画像撮影を、8 月 7 日に実施した。気流速度の測定は、2 階南西ゾーンにおいて同じく 8 月 7 日に、3 次元超音波風速計 (ソニック, WA-790) を用いて実施した。床高さ 1.1m における気流速度は、染み出し空調単独時で 0.04m/s、パーソナル床吹出ファン運転時で 0.81m/s (10/10 段階, 最高速度設定) (方向・角度可変) であった。

2.3 執務者温冷感アンケート調査の概要

対象建物内に形成された温熱環境について、夏期アンケート調査を実施した。執務者全員を対象とした Web アンケート調査であり、夏期は 2021 年 7 月 29 日から 8 月 6 日の間に実施した。調査対象人数 171 人に対して有効回答数は 132 件で、回収率は約 77% であった。回答者の性別内訳は、男 69、女 63 となり、男女による人数差は小さい状況であった。

アンケート調査項目の一覧を表 2 に示す。大別すると、1) 回答者属性、2) 温熱環境、3) 執務者の対処及び空調システム評価、の 3 つの調査事項から成っている。1) 回答者属性では、性別、年齢の他、建物利用日数や滞在率、身長・体重 (または BMI)、暑がり・寒がり、オフィス内占席ゾーンなどについて尋ねている。

2) 温熱環境では、オフィス到着後直ぐと長時間在室時の温冷感 7 段階をはじめ、湿度感 5 段階、気流感 4 段階などの選択を求めた後、パーソナル床吹出ファンの使用及び暑さ・寒さに対する個人の対策を可能としたときのオフィス温冷感について、7 段階からの択一を求めている。続いて温熱環境面からみたオフィス快適性 7 段階、エアコンによる対流型空調であった建替前の旧オフィスと比較した温熱環境面の快適性変化 7 段階の調査項目を置いた。快適性変化については、その理由の選択と意見の自由記述を求めている。温熱環境に関



写真 2 躯体蓄熱放射・床吹出し空調及び温熱環境実測関係

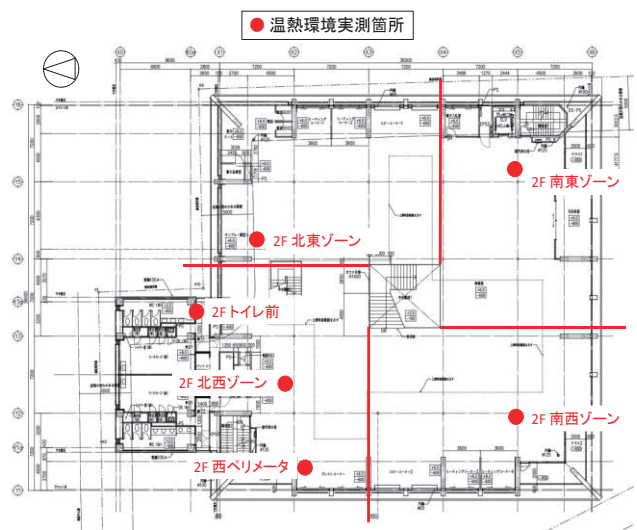


図 1 温熱環境の計測ポイント (2 階)

表 2 温冷感アンケートの夏期調査項目

1. 回答者属性	<ul style="list-style-type: none"> 性別・年齢・職域・建物利用日数・建物滞在率・体調・睡眠時間 着衣量・業務満足度・身長・体重 (BMI 入力可)・暑がり寒がり 通勤時間・歩行時間・自転車利用時間・オフィス内占席ゾーン
2. 温熱環境	<ul style="list-style-type: none"> オフィス到着直後の温冷感 7 段階・長期滞在時の温冷感 7 段階 湿度感 5 段階・湿度感許容 4 段階・オフィス内気流感 4 段階 身体部位による温度感の相違 4 段階・外部熱環境変化の影響感覚 4 段階 オフィス温冷感 (パーソナル床吹出ファンの使用・暑さ・寒さに対する個人の対策後) 7 段階 温熱環境面からみたオフィス快適性 7 段階 建替前の旧オフィス (対流型空調) と比較した温熱環境面の快適性変化 7 段階及びその理由選択・自由記述
3. 執務者の対処及び空調システム評価	<ul style="list-style-type: none"> 暑すぎる・寒すぎると感じた頻度 3 段階 (パーソナル床吹出ファン) パーソナル床吹出ファンの操作性満足度 5 段階 パーソナル床吹出ファンの 1 日平均使用回数 5 段階・パーソナル床吹出ファンの使用時間帯選択 (複数回答可)・パーソナル床吹出ファンの快適性改善効果 5 段階・パーソナル床吹出ファンの改善点選択・自由記述 (フリーアドレス) フリーアドレス可能オフィス内での席の移動経験の有無及び移動の理由選択・自由記述・フリーアドレス制の暑さ・寒さへの対処有効性 5 段階・席の移動経験がない人の理由選択 (複数回答可)・夏期冷房時の暑さ・寒さ対策の選択・自由記述 (パーソナル床吹出ファン・フリーアドレスの使用以外) 及びその有効性 5 段階 (空調システムに対する意見) 冷房設定温度の変更希望 5 段階・躯体蓄熱放射・床吹出し空調システム + パーソナル床吹出ファンの空調方式に対する温熱環境以外のデメリットの有無 2 段階及びその理由選択・自由記述・その他、夏期オフィスの気になる点及び改善のための自由記述

する最後の設問では、現状への満足度を 5 段階から選択するとともに、不満がある場合にはその理由の選択と意見の記述を求めた。

3) 執務者の対処及び空調システム評価では、主にパーソナル床吹

出ファンの利用とABW (Activity Based Working) を背景とするフリーアドレスの活用について設問を設けた。パーソナル床吹出ファンの調査項目は、操作性満足度5段階、1日平均使用時間数及び使用時間帯、使用による快適性改善効果5段階、改善したい点の選択と自由記述、などから成っている。

フリーアドレスに関する調査項目は、席の移動経験の有無、フリーアドレス制の暑さ・寒さへの対処有効性判断5段階、席の移動経験が無い人の理由選択、パーソナル床吹出ファンの使用とフリーアドレス制の活用以外の夏期冷房時における暑さ・寒さ対策の選択と自由記述、などである。

執務者による空調システム評価における設問は、冷房設定温度の変更要望5段階、空調方式(躯体蓄熱放射・床吹出し空調システム)に対する温熱環境面以外でのデメリットの有無とその理由選択・自由記述、その他の夏期オフィスの気になる点及び改善のための意見記述、などから構成されている。

3. 温熱環境に関する2021年夏の調査結果

2021年8月の温熱環境取得データのうち、躯体蓄熱放射・床吹出し空調の範囲にある2階及び3階の測定ポイント10箇所について、乾球温度と相対湿度の月平均日変動パターンを図2に示す。2階の各ゾーン代表点4箇所は寒色系で、3階の各ゾーン代表点4箇所は暖色系で、2階のペリメータ部分1箇所とトイレ前のアンビエント空間測定点1箇所は無彩色の線を用いて表示している。また、表3には、7月11日から9月30日までの乾球温度と相対湿度の実測データについて、測定箇所ごとに月別の平均値、最高値、最低値を整理した。

図2からは、1日を通じての乾球温度の変化は小さく、測定ポイントごとにみると1℃以内程度に収まっており、相対湿度の日変化も最大で7~8%RHの範囲内にあることが読み取れる。表3によれば、8月の2階4ゾーンの日平均乾球温度は25.8~26.2℃、日平均相対湿度は61~62%RHとなっており、26℃・60%RHの制御目標値にほぼ近い温熱環境が形成されている。3階の4ゾーンは乾球温度25.7~26.9℃、相対湿度57~61%RHの範囲となっており、南東ゾーンにおいて乾球温度がやや高く、相対湿度が変動して低くなる様子がみられる(図2)。灰色の線で表示している2階トイレ前の測定点は、東側に採光窓がある関係から、朝方に日射の影響を受けて乾球温度が上昇している他、1日を通じて27℃程度で推移している。

図3は、夏期における2階と3階の垂直温度分布を、南西ゾーンを例に表示したものである。床面からの高さ別に、8~20時の平均値と標準偏差をプロットしており、赤い線は26℃の冷房設定温度を表している。2階、3階ともに1.1mの高さの空気温度は何れもほぼ26℃となっている。2階ではOAフロアからの冷房時染み出し空気温度が常時22.8~23℃であるときに、0.1mで約25℃、1.1mで約26℃、1.7mで約27℃という垂直温度分布が形成されている。

図4には、2021年8月7日に撮影した2階メインフロアの熱画像を、可視画像とともに示す。躯体蓄熱放射・床吹出し空調システムの採用によって、床面が冷却面となっている様子が観察される。加熱面となっているのは窓面とモニターのディスプレイ面である。

8月の着衣量を0.6、代謝量を1.2Metと想定したときの2階4ゾーンにおける床高さ1.1mのPMVを図5(1)に提示した。実線は染み出し空調のみ(気流速度0.04m/s)の日変化を、また、破線は8~20

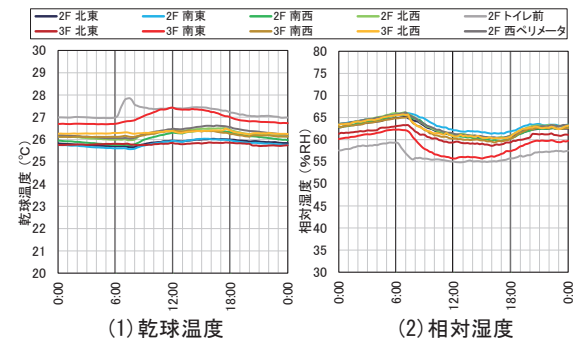


図2 乾球温度と相対湿度の月平均日変化(2021年8月)

表3 乾球温度と相対湿度の平均値・最高値・最低値(7~9月)

		測定ポイント										
		2F北東	2F南東	2F南西	2F北西	2Fペリメータ	2Fトイレ	3F北東	3F南東	3F南西	3F北西	
乾球温度(°C)	7月	平均値	25.8	25.6	26.1	25.9	26.3	27.4	25.3	26.8	26.0	26.2
		最高値	26.9	26.9	27.5	27.0	27.9	30.8	27.4	29.1	28.1	28.1
		最低値	23.9	23.7	24.2	23.9	24.5	25.3	23.4	25.0	24.8	24.7
	8月	平均値	25.8	25.8	26.1	26.2	26.3	27.1	25.7	26.9	26.1	26.2
		最高値	27.1	27.2	27.5	27.7	28.0	30.8	27.7	29.7	28.5	28.8
		最低値	24.6	24.0	24.4	24.6	24.7	23.6	23.5	24.7	24.0	24.5
	9月	平均値	24.7	24.7	24.9	24.8	24.9	25.3	23.8	25.2	24.5	24.2
		最高値	26.0	26.2	26.5	27.1	26.9	28.6	25.9	27.8	27.6	26.9
		最低値	23.8	23.6	23.7	23.7	23.7	22.6	23.8	23.4	23.2	
相対湿度(%RH)	7月	平均値	59	60	59	61	59	54	58	55	58	59
		最高値	74	77	75	76	75	73	75	73	75	77
		最低値	50	51	48	51	47	38	46	43	50	49
	8月	平均値	61	62	61	61	61	56	59	57	60	61
		最高値	75	73	75	75	76	72	76	70	72	74
		最低値	51	51	47	51	48	40	43	39	49	48
	9月	平均値	57	59	58	59	59	56	57	56	58	60
		最高値	70	72	72	73	73	69	70	70	71	73
		最低値	51	51	51	51	51	45	49	45	41	50

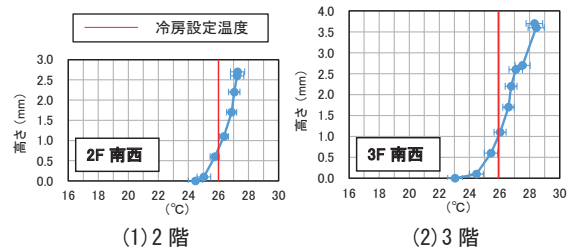


図3 南西ゾーンにおける8月の垂直温度分布(8-20時)

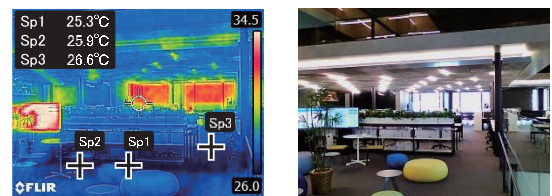
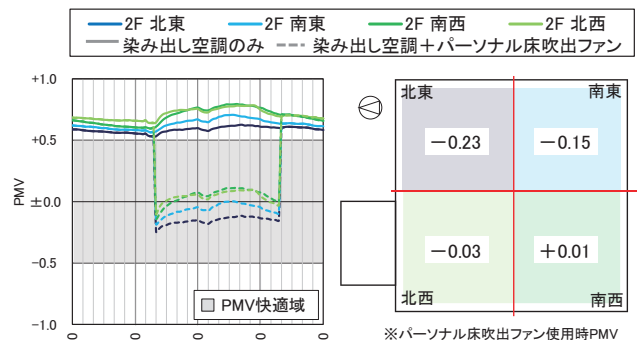


図4 2階執務空間の熱画像(2021年8月7日)



(1)PMV月平均日変化 (2)勤務日8~20時のゾーン別月平均PMV

図5 2階執務空間における8月の推定PMV

時の間にパーソナル床吹出ファンを併用したとき(気流速度 0.81m/s)の日変化を表している。パーソナル床吹出ファンの利用によって、PMV 値を 0.7 程度低下させ、執務ゾーンと時間帯にも因るが、およそ -0.2~+0.1 の範囲となること示されている。図 5 (2) には、8 月の勤務日を対象に、8~20 時の各ゾーンにおける月平均 PMV (パーソナル床吹出ファン使用時) を提示した。北東ゾーンが -0.23 と最も低く、南東ゾーンの -0.15、北西ゾーンの -0.03 と続き、南西ゾーンでは +0.01 となっており、ゾーンにより PMV でみて最大 0.2 程度の差異が生じている。

4. 執務者温冷感を中心とする夏期アンケート調査結果

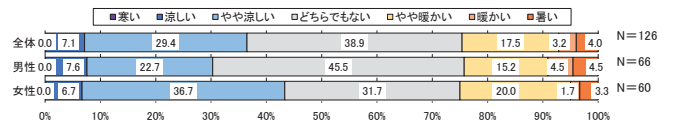
4.1 オフィス温熱環境に関する回答

躯体蓄熱放射・床吹出し空調システムを採用したオフィスの温熱環境に関する設問については、オフィス温冷感、温熱環境面からみたオフィス快適性、対流型空調の旧オフィスとの快適性比較及びその理由について、図 6 (1) ~ (4) に提示した。

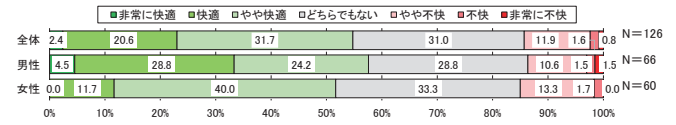
(1) のオフィス内温冷感の設問では、パーソナル床吹出ファンの使用や、暑さ・寒さに対する個人の対策後の温冷感について、7 段階での選択を求めた。男女全体の回答において、涼しい側の割合が 36.5% (やや涼しい 29.4%, 涼しい 7.1%), 暖かい側の割合が 34.7% (やや暖かい 17.5%, 暖かい 3.2%, 暑い 4.0%) を占め、ほぼ拮抗する状態であった。どちらでもないが 38.9% と 4 割近くを占めている。男女別に集計した結果の特徴としては、男性はどちらでもないの回答割合が拡大して 45.5% を占め、その分涼しい側の回答が減少するのに対し、女性はどちらでもないの回答割合が 31.7% まで減る一方、涼しい側の回答割合が 43.4% まで増加している。

図 6 (2) の温熱環境面からみたオフィス快適性に関する 7 段階評価では、男女全体において快適側の割合が 54.7% (やや快適 31.7%, 快適 20.6%, 非常に快適 2.4%), 不快側が 14.3% (やや不快 11.9%, 不快 1.6%, 非常に不快 0.8%), どちらでもないの割合が 31.0% となった。男女別にみた場合、快適側の回答割合が女性よりも男性において数ポイント高く、その内訳をみても男性において快適が 28.8%, 非常に快適が 4.5% となるなど、女性が快適を選択した割合 11.7% (非常に快適は 0%) と比べると、男性がより積極的に快適性を評価している様子が伺える。また、(1) のオフィス温冷感との比較では、涼しい側とどちらでもないを合わせた割合が男女全体で 75.4% であるのに対し、快適側とどちらでもないを合わせた割合は 85.7% と 10 ポイントほど増加しており、温冷感評価において暖かい側に回答した人が夏期の快適性評価において必ずしも不快側の選択肢を選ぶ訳ではないことが示されている。

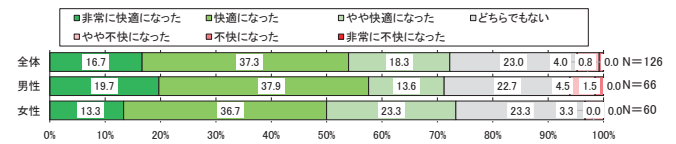
また、快適性について、エアコンによる対流型空調であった建替え前の旧オフィスとの比較を求めたところ、図 6 (3) の結果が得られた。男女全体についてみると、快適になったとする側の回答割合が 72.3% (やや快適になった 18.3%, 快適になった 37.3%, 非常に快適になった 16.7%), 不快になったとする側の回答が 4.8% (やや不快になった 4.0%, 不快になった 0.8%) であった。どちらでもないは 23.0% となっている。男女別にみても、快適側の評価割合がそれぞれ 7 割を超える結果が示されている。図 6 (4) に、快適性が変化した理由を整理した (複数回答可)。ドラフトを感じなくなったが 52 件で最も多く、静かである 31 件、パーソナル床吹出ファン使用を個人で選択できる



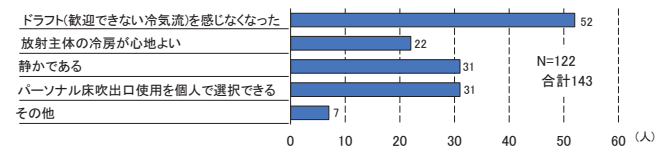
(1) オフィス温冷感の回答内訳



(2) 温熱環境面からみたオフィス快適性の回答内訳

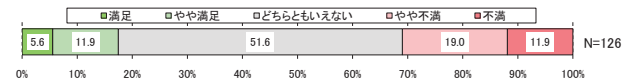


(3) 対流型空調の旧オフィスとの快適性比較

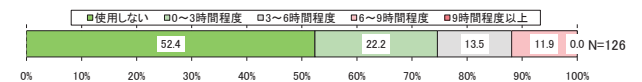


(4) 快適性変化の理由 (複数回答可)

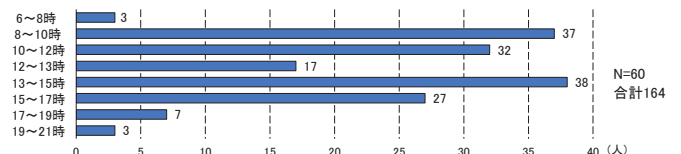
図 6 オフィス温熱環境に関する回答



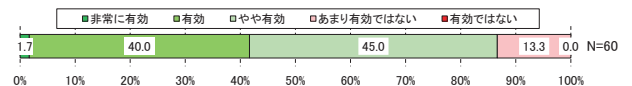
(1) 操作性満足度の回答内訳



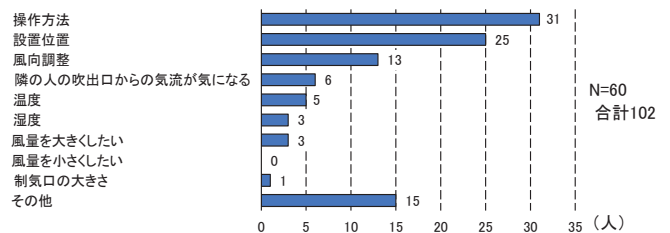
(2) 1日の平均使用時間数



(3) 使用時間帯選択 (使用者のみ, 複数回答可)



(4) 温熱快適性の改善効果 (使用者のみ回答)



(5) 改善点の選択 (複数回答可)

図 7 パーソナル床吹出ファンに関する回答

人で選択できる 31 件、放射空調主体の冷房が心地よい 22 件などとなっている。その他の 7 件には、西日の暑さを感じなくなった、冷房が効きすぎて寒いくらいに感じるようになった、冷気流が身体に当たらなくなった、室内の温度ムラがなくなった、窓を開け放って外気を入れる必要がなくなった、などの回答がみられた。躯体蓄熱放射・床吹出し空調システムに対して、執務者から一定の評価が得られたものと考えられる。

4.2 パーソナル床吹出ファンに関する回答

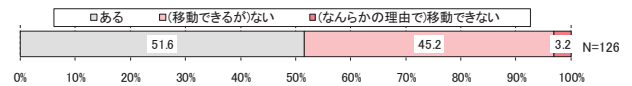
パーソナル床吹出ファンの使用に関する回答について、図 7 (1) ~ (5) に提示する。(1) の操作性に関する満足度 5 段階評価では、不満側の回答 30.9% (やや不満 19.0%, 不満 11.9%) が、満足側の回答 17.5% (やや満足 11.9%, 満足 5.6%) を上回ったが、最大の割合を占めたのは、どちらでもないの 51.6% であった。アンケート調査実施時期とスマートフォンを用いた操作方法の執務者に対する説明時期が 7 月下旬でほぼ重なったため、操作に慣れていなかったことがこの結果の要因の一つと考えられる。1 年後の 2022 年夏にも同様のアンケート調査を実施予定であるため、この点の確認を行うことが課題となる。

図 7 (2) は、1 日の平均使用時間数を 3 時間刻みで問うた結果である。使用しないとの回答が 52.4% とおよそ半数を占めた。使用する人の時間数では 0~3 時間程度が 22.2%, 3~6 時間程度が 13.5%, 6~9 時間程度が 11.9% となった。パーソナル床吹出ファンを使用している 60 人について、使用する時間帯を複数回答可として尋ねた設問では (図 7 (3)), 出社後の 8~10 時に 37 人、続く 10~12 時に 32 人、昼食休憩後の 13~15 時に 38 人、15~17 時に 27 人が回答している。オフィスに着いた後や食事後などに多く使用される傾向が認められる。

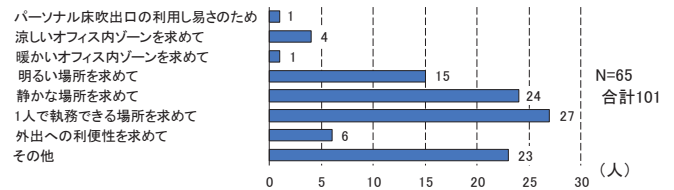
図 7 (4) は、パーソナル床吹出ファンの温熱快適性の改善効果について、5 段階評価の回答結果を示している。有効とする側の回答が 86.7% (やや有効 45.0%, 有効 40.0%, 非常に有効 1.7%) を占め、余り有効ではないが 13.3% であった。図 7 (5) の、使用者に改善点を求めた設問では、操作方法を挙げた回答が 31 件、設置位置の問題を挙げた回答が 25 件などとなった。また、風向調整に関する回答と隣の人の吹き出し口からの気流が気になるという回答を合わせると 19 件になる。その他の回答 15 件の自由記述では、GPS によりスマートフォンの電池の消耗が早い問題を継続時間設定機能などを付加することで解決して欲しい、フリーアドレスのため毎日の設定が必要、動作し始めるまでの時間を短縮して欲しい、他の執務者の選択ミスにより自席近くのパーソナル床吹出ファンが動き始めることがある、周囲の多くの執務者が使用すると寒くなる、などの意見が複数みられた。アンケート調査の後、全ての制気口に番号シールを貼る対策が実施された。

4.3 フリーアドレスに関する回答

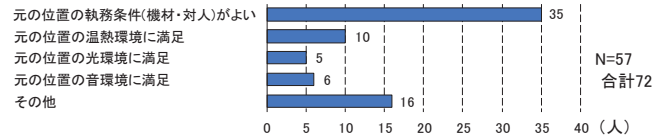
フリーアドレスに関する回答結果を、図 8 (1) ~ (4) に示す。(1) では、躯体蓄熱放射・床吹出し空調システムの適用領域である、2 階メインフロアに所属する回答者 126 人について、席の移動経験を整理している。席の移動経験のある割合が 51.8%, 移動できるが移動経験のない割合が 45.2%, 何らかの理由で移動できないが 3.2% となった。フリーアドレス制を利用している割合は、およそ半数と云う結果である。(2) の席を移動した理由 (複数回答可) をみると、涼し



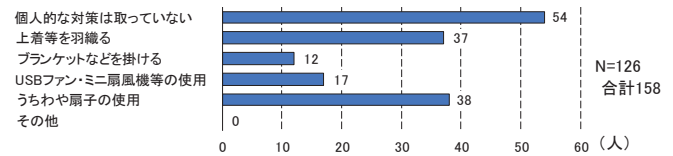
(1) オフィス内における席の移動経験の有無



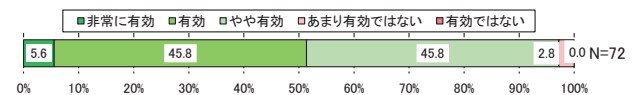
(2) 席を移動した理由 (移動経験者、複数回答可)



(3) 席を移動しない理由
(「(移動できるが)しない」人の回答、複数回答可)



(4) 夏期冷房時の暑さ・寒さ対策
(パーソナル床吹出ファン及びフリーアドレス以外、複数回答可)



(5) 暑さ・寒さ対策の有効性
(個人的な対策を行っている人のみ回答)

図 8 フリーアドレス及び関連項目の回答

さ・暖かさを求めてのゾーン移動は 5 件と少なく、1 人で執務できる場所を求めてが 27 件、静かな場所を求めてが 24 件、明るい場所を求めてが 15 件などと多くなっている。その他の 23 件の記述には、リモート会議参加のためや共同作業のため、図面・書類を上げるスペースが必要な時に利用、ソーシャルディスタンス確保のため、固定電話が設置されている席に座るため、リフレッシュのためなどの意見が複数みられた。

一方、席を移動できるが移動しない人に対し、その理由を問うた (3) では、複数回答を含む 72 件のうちおよそ半分の 35 件が、元の位置の執務条件 (機材、対人) がよい、であった。元の位置の温熱環境がよいも 10 件あり、その他 16 件の自由記述には、特に不満を感じていない、移動する理由がない、移動が面倒である、外線電話をとる都合による、温熱環境は着衣で対処する、出社制限により人数が少なく自部署に居る必要がある、などの意見がみられた。

パーソナル床吹出ファンの使用及びフリーアドレス以外で、夏期冷房時の暑さ・寒さ対策を聞いたところ、個人的な対策は取っていないが 54 件と最も多く、次いでうちわや扇子の使用が 38 件、上着等を羽織るが 37 件などとなった。個人的な対策を行っているとは回答した 72 人にその有効性を尋ねた設問では (図 8 (5)), 有効側の回答がほとんどの 97.2% を占めた。やや有効と有効がそれぞれ 45.8%, 非

常に有効が 5.6%となっている。空気調和のベースとして躯体蓄熱放射・床吹出し空調システムを採用し、さらにフリーアドレス制を取り入れた場合、個人的な対策を取らない人が 4 割を超えるとともに、執務者が個人的な対策を取るケースにおいても、それが有効に働くとの回答が多く示されたものと受け止められる。

4.4 冷房設定温度変更要望及び躯体蓄熱放射・床吹出し空調システムに対する執務者デメリット感について

夏期における冷房設定温度の変更要望について尋ねた結果を、図 9

(1) に示す。男女全体についてみると、このままでよいが 61.1%を占め、低く側の 31.7% (やや低くしたい 25.4%, 低くしたい 6.3%) が、高く側の 7.1% (やや高くしたい 7.1%, 高くしたい 0%) を上回った。低く側がおよそ 3 割を占める状況は、男女別にもみても大差はないが、女性の場合、明瞭に低くしたいと回答した人は 1.7%であるのに対し、男性では 10.6%と 1 割程度になった。このことは図 6 (1) の男性のオフィス温冷感において、涼しい側に回答した割合が女性よりも 13 ポイントほど低かった状況に対応していると考えられる。

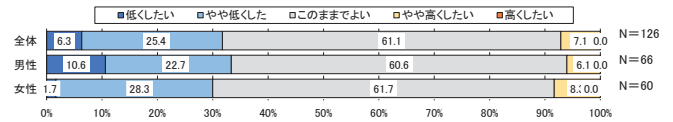
図 9 (2) 及び (3) は、執務者が躯体蓄熱放射・床吹出し空調システムに対してデメリット感を抱いているかを確認したものである。ないが 81%を占めたが、あると回答した 24 人の申告内容は、足元のほこりが舞う気がするが 9 件、パーソナル床吹出口につまづく・ひっかかる感じが 7 件であった。その他の 8 件は、ほぼパーソナル床吹出ファンの設置位置に関するもので、自席の近くに無い、椅子との位置関係から風が当たりにくい、椅子の車輪で踏んでしまう、などの回答であった。ファンの吹出し口は東西・南北方向に 1.8m ピッチで等間隔に配置されているが、それでもこうした状況が一部に発生することに留意する必要がある。

アンケート調査の最後の設問として、夏期のオフィスについて気になる点や改善のための意見を求めた。気になる点としては、窓際や一部のスペースで暑く感じる、足元が涼しい・寒い、執務フロアが快適なぶんトイレを暑く感じる、湿度が高いと感じるときがある、上着の着用が必要なときは暑い、などが挙げられ、改善提案としては、朝出勤したときにもう少し涼しいとよい、外出後は大変暑いので数分間程度クールダウンに使用できるクールスポットを用意して欲しい、暑がりの人が執務できる設定温度低目のゾーンを用意して貰いたい、などの意見がみられた。

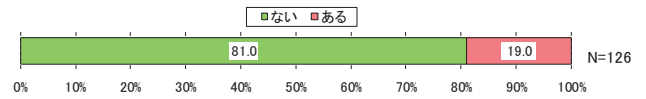
5. まとめ

躯体蓄熱放射・床吹出し空調システムを採用した ZEB オフィスを対象に、2021 年夏期にオフィス内に形成された温熱環境と、それに対する執務者の温冷感やパーソナル床吹出ファンの使用感を中心に解析を行った。以下に、主な研究成果をまとめる。

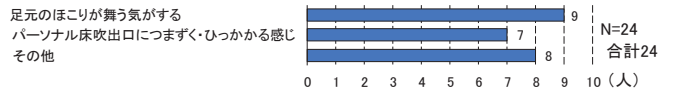
- 1) 当該空調システムが適用された 2 階執務フロア 4 ゾーンにおいて、8 月の 8~20 時の乾球温度は 26~27℃、相対湿度は 60~65%の範囲内にあり、パーソナル床吹出ファンの使用により床高さ 1.1m において PMV を ±0 程度にまで低下できると予測された。
- 2) 執務フロアにおける垂直温度分布は、染み出し空気温度が約 23℃のときに、床高さ 0.1m で約 25℃、床高さ 1.1m で約 26℃、床高さ 1.7m で約 27℃となり、この範囲の冷房時上下温度差では、不快や不満とする執務者からの意見は特にみられなかった。
- 3) 執務者に温熱環境面からのオフィス快適性について快適側・不快



(1) 冷房設定温度の変更要望



(2) 躯体蓄熱放射・床吹出し空調システムに対する温熱環境面以外でのデメリットの有無



(3) デメリットの申告内容

図 9 執務者による冷房設定温度の変更要望と躯体蓄熱放射・床吹出し空調システムに対するデメリット感について

側・どちらでもないの 7 段階評価を求めたところ、快適側の回答が 5 割を超え、どちらでもないを含めると男女ともに 85%に達した。また、エアコンによる対流型空調であった旧オフィスとの比較では、快適になったとする側の回答が 7 割超を占めた。

- 4) 当該空調システムにおける特徴の一つである、パーソナル床吹出ファンの使用については、使用者が半数程度であること、朝の出勤時や昼食休憩後によく使用されること、温熱快適性の改善に有効とする回答が大半を占めること、などが明確となった。一方で、操作性と吹出口の設置位置について多くの意見が提出された。
- 5) フリーアドレス制については、移動経験者は半数を少し超える程度で、温熱環境で涼しさ・暖かさを求めて移動するという回答よりも、1 人で執務したい、静かな場所・明るい場所を求めて移動という回答が多く出された。移動しない人の理由では、元の位置の執務条件がよい、温熱環境に満足している、などの選択が多く示された。
- 6) 躯体蓄熱放射・床吹出し空調システムが採用され、パーソナル床吹出ファンの使用が可能でフリーアドレス制という条件下、夏期冷房時の暑さ・寒さ対策を尋ねたところ、個人的な対策を取っていない執務者が 4 割を超えた。また、上着の着脱やうちわの利用など個人的な対策を取る人において、その対策の有効性を評価する回答が 9 割を超えた。

今後は、温熱環境実測と執務者アンケート調査を継続して実施し、温熱快適性評価の変化や、操作性に多くの意見が出されたパーソナル床吹出ファンの使用感などについて、改善の状況を把握することが研究課題として挙げられる。

参考文献

- 1) 山本ミゲイル, 高橋満博, 中本俊一, 川村聡宏, 今井宏, 千馬誠弘, 猪亦涼佑, 田邊邦夫, 秋元孝之: 次世代研修施設における ZEB 技術の研究 その 17: 対流併用型躯体利用放射空調の定常時の空調性能評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学 I, pp. 1229-1230, 2020. 9
- 2) 天田靖佳: 地域の気候風土を活かした超環境型オフィス計画の研究 (第 1 報)・計画概要と省エネルギー計画, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学 I, pp. 1855-1856, 2020. 9
- 3) 天田靖佳: 地域の気候風土を活かした超環境型オフィス計画の研究 (第 2 報)・『ZEB』の実現と TABS を活用したタスク&アンビエント空調, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学 I, pp. 1975-1976, 2021. 9

[2022 年 5 月 30 日原稿受理 2022 年 9 月 16 日採用決定]