

冷房設定温度の 27°C への 1°C 上昇に伴う執務者温冷感申告の変化に関する調査研究

ZEB オフィスにおける 2 年間のアンケート調査に基づいて

Studies on changes in workers' thermal sensation in response to one celsius degree rise to 27°C in the set temperature of cooling

Based on two years questionnaire survey of a zero energy building

新村 苑華* Sonoka Shinmura
 垂水 弘夫** Hiroo Tarumi
 天田 靖佳*** Yasuyoshi Amada
 宮村 泰至*** Yasushi Miyamura
 長谷部 弥*** Hisashi Hasebe
 山本 ミゲイル**** Miguel Yamamoto

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

1. はじめに

2021 年に金沢に竣工した nZEB オフィスを対象に、エネルギー消費と温熱環境両面からの調査・検証を継続する中で、空調エネルギー消費の一層の削減を目指し、2021 年夏の冷房設定温度 26°C を 2022 年には 27°C に 1°C 上昇させて空調の運用を行った。当該建物は 2 階の執務メインフロアがほぼ仕切りの無いワンプレートタイプの平面となっており、2 階の床スラブを利用した躯体蓄熱放射・床吹出し空調システムが全面に採用されていること、また、フリーアドレス制により席を比較的自由に選択できることなどから、位置による温熱環境の相違は、間仕切りのある一般のオフィスなどよりも小さいと推定された。

冷房設定温度の変更に関連する先行研究としては、以下の報告がある。西原ら¹⁾は、人工気象室内の冷房設定温度 25°C と 28°C の 2 条件下で男子学生 15 人を対象に環境申告、フリッカ一値、活力度などの指標を解析し、相違を示している。上野ら²⁾は、オフィスに 26°C 設定日と 28°C 設定日を設け、33 人の執務者を対象に 7 段階温冷感、4 段階快不快感申告 2 指標の差異を提示した。千馬ら³⁾は、オフィスを冷房温度 26°C と 27°C の 2 条件に設定し、学生 4 人ずつが定位置に着座したときの温冷感・快適感申告を整理している。これらの中で本研究は、nZEB オフィスを対象として、26°C 設定と 27°C 設定に 1 シーズンずつを充て、執務者約 170 人の温冷感申告を解析する大規模実験を実施した初めてのケースと位置付けられる。

2. 対象建物と調査の概要

2.1 建物概要

当該建物は清水建設株の設計・施工オフィスで、地下 1 階・地上 3 階の RC 造、延床面積は約 4224 m² 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 (吹き抜け部分) 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



(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

ダーコンクリートを敷設し、夜間に冷水を通水することで、躯体蓄熱機能を有する OA フロアが構成される。シンダーコンクリート上の 500mm の床下空間内にファンコイルユニットが配置され、外調機から外気供給が行われる。床面は穴開き OA 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 間隔でパーソナル床吹出ファン 190 台が設置され、執務者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。

2.3 温熱環境調査の概要

2 階の執務メインフロアにおける温熱環境実測箇所は、図 1 に示すとおりである。空調のゾーン分けに対応して、北東、南東、南西、北西の 4 ゾーン別に測定している。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

* 金沢工業大学大学院建築学専攻 大学院生 Graduate School, Dept. of Architecture, Kanazawa Institute of Technology
 ** 金沢工業大学建築学部 教授・工博 Prof., Dept. of Architecture, Kanazawa Institute of Technology, Dr. Eng.
 *** 清水建設株式会社 Shimizu Corporation
 **** 清水建設株式会社 博士 (工学) Shimizu Corporation, Dr. Eng.

の温湿度計を設置し、2021年7月より連続測定を行っている。写真2(4)に、温熱環境測定の様子を示す(2階北西ゾーンの例)。気流速度の測定は、2階南西ゾーンにおいて2021年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。

2.4 執務者温冷感アンケート調査の概要

夏期アンケート調査は、執務者全員を対象としたWebアンケート調査であり、2021年及び2022年ともに7月下旬から8月上旬に掛けて実施した。表2にアンケート調査数を、表3に回答数を整理した。2021年夏期の回答数は132で回収率は77.2%、2022年の回答数は114で回収率は64.0%であった。表2には、2021年と2022年の両方に含まれた調査人数も示しており、2021年の171人と2022年の178人中、141人が同一人物であった。また、回答数における男女の人数比は比較的近い数値となっている。

アンケート調査項目の一覧を表4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、オフィス内占座ゾーンなどについて尋ねている。2)温熱環境では、長時間在室時の温冷感7段階、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、温熱環境面からみたオフィス快適性などについて7段階の選択を求めている。3)執務者の対処及び空調システム評価では、パーソナル床吹出ファンの利用やフリーアドレス制、冷房設定温度の変更希望などについて、自由記述を含め空調システムに対する意見を求めている。

3. 温熱環境の年度間比較

3.1 8月温湿度のゾーン別平均値

表5は、2021年と2022年の8月の勤務日について、4つのゾーンごとに乾球温度と相対湿度の8時から20時までの平均値を整理している。2022年から2021年の値を差し引いた値も表示した(小数点以下2桁の精度で差を求めており、小数点以下1桁で計算する差と異なって表示される場合がある)。乾球温度の年度間の差は、2F北東、2F南東、2F南西、2F北西の順に、+0.9、+1.0、+0.9、+0.7℃となっており、この状況を本論文では26℃から27℃への1℃上昇と捉えている。このとき相対湿度は、最大で2%RH程度低下した様子がみられる。

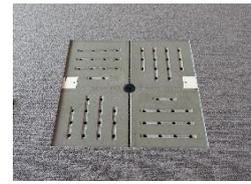
図2は8月の勤務日を対象に、月平均日変化パターンを把握するために作成したグラフである。2021年を破線で、2022年を実線で表示している。乾球温度と相対湿度の図を見比べると、乾球温度における年度間の差が明瞭であり、ゾーンごとの日中の温度差はほぼ1℃前後、深夜から明け方にかけては1℃以上の温度差で推移している様子を確認できる。

3.2 8月PMVのゾーン別平均値

図3は、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の推定PMVを提示している。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。染み出し空調単独では、8~20時の間のPMVはゾーンや時間帯



(1)TABS 配管模型



(2)穴開き OA フロアパネル



(3)パーソナル床吹出口



(4)温熱環境測定風景

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

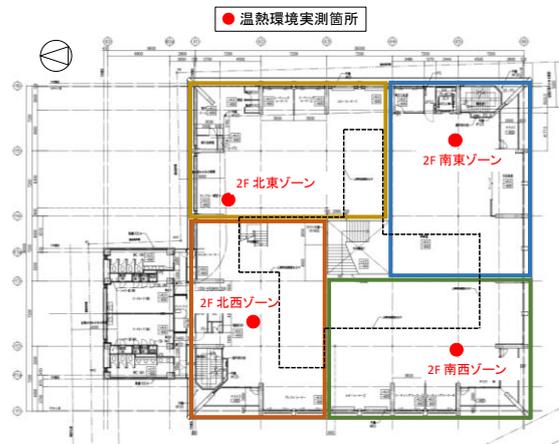


図1 温熱環境の計測ポイント(2階)

表2 アンケート調査数

	男性	女性	合計
2021年夏期 (人)	97	74	171
2022年夏期 (人)	97	81	178
2021年夏期と2022年夏期の両方に含まれる人 (人)	74	67	141

表3 アンケート回答数

	男性	女性	合計回答数(回収率)
2021年夏期	69	63	132件(77.2%)
2022年夏期	62	52	114件(64.0%)

表4 温冷感アンケートの夏期調査項目

1. 回答者属性	性別、年齢、職域、 建物利用日数、建物滞在率、着衣量、身長と体重(BM入力可)、 体調、睡眠時間、暑がり寒がり、業務満足度、 通勤時間・歩行時間・自転車利用時間、オフィス内占座ゾーン
2. 温熱環境	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、 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、 2021年夏期と2022年夏期、 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	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日平均使用時間数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

に因り、およそ+0.5～+0.7の範囲にあるが、パーソナル床吹出ファンを利用することでPMV値を0.7程度低下させ、およそ-0.3～+0.1の範囲となること示されている。図3(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)と標準偏差を提示した。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、ゾーンによるPMVの差は最大0.26となっている。標準偏差は0.1前後の数値であった。

図4は、2022年8月の測定値に基づき作成した同様のグラフである。冷房設定温度の1℃上昇に伴い、染み出し空調のみの時のPMVは+0.8～+1.0へと、2021年に比べ約0.3上昇した。パーソナル床吹出ファン利用時のPMVは、ゾーンや時間帯に因り、およそ+0.1～+0.4の範囲となっている。図4(2)の、勤務日8～20時のゾーン別月平均値をみると、北東ゾーンが+0.10と最も低い傾向は変わらないが、2021年の値からは0.33上昇している。次に低い南東ゾーンの+0.16についても、2021年と比較すると0.31上がっている。西側のゾーンのPMVと2021年に比べた上昇値は、南西ゾーンが+0.32で0.31の上昇、北西ゾーンが+0.25で0.22の上昇であった。しかし、ゾーン間のPMVの差は、南西と北東ゾーン間で最大0.22などとなっており、これは2021年とほぼ同様であった。

以上より、2021年と2022年8月の温熱環境の相違を要約すると、乾球温度の約1℃上昇によって、PMV推定値が0.3程度上昇したものの、空調ゾーンによる差の拡大などは確認されなかった。ただし、パーソナル床吹出ファン使用時の勤務時間帯におけるPMVの数値範囲が、2021年はおおよそ-0.3～+0.1であったものが、2022年はおおよそ+0.1～+0.4へとシフトしており、このことが執務者の温冷感に及ぼす影響を明らかにすることが重要となる。

4. 執務者アンケート調査結果の解析

4.1 温冷感を中心とする年度間比較

図5(1)～(8)では、執務者の温冷感に関する回答について、オフィス温冷感、湿度感、快適性、パーソナル床吹出ファンの使用頻度・使用時間帯・改善効果、個人の暑さ寒さへの対処方法、冷房温度設定の変更要望などの結果を、2021年と2022年の年度間で比較して提示している。サンプル数が表3の数値よりも少なくなっているのは、建物1階の部署に所属する回答者数人を除いたためである。

図5(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。2021年は涼しい側の割合が36.5%(やや涼しい29.4%、涼しい7.1%)、暖かい側の割合が24.7%(やや暖かい17.5%、暖かい3.2%、暑い4.0%)を占め、涼しい側の回答が約11ポイント多かったが、2022年には涼しい側の回答割合が28.0%(やや涼しい16.8%、涼しい9.3%、寒い1.9%)、暖かい側の回答割合が34.6%(やや暖かい23.4%、暖かい2.8%、暑い8.4%)となり、暖かい側の回答が涼しい側よりも約6ポイント上回る結果となった。どちらでもないとの回答割合は、2021年が38.9%、2022年が37.4%で大きな変化はみられない。

図5(2)のオフィス内湿度感に関する設問は、5段階での回答を求めている。2021年は乾燥側の回答割合が13.5%(やや乾いた感じ12.7%、乾いた感じ0.8%)、湿潤側の回答割合が

表5 8月の勤務日における乾球温度と相対湿度の8～20時平均値(2021年、2022年)

	乾球温度(℃)				相対湿度(%RH)			
	2F北東	2F南東	2F南西	2F北西	2F北東	2F南東	2F南西	2F北西
2021年	25.8	25.7	26.2	26.2	55.4	57.3	55.0	55.8
2022年	26.7	26.6	27.1	26.9	54.1	55.2	53.8	55.7
差	+0.9	+1.0	+0.9	+0.7	-1.2	-2.1	-1.2	-0.1

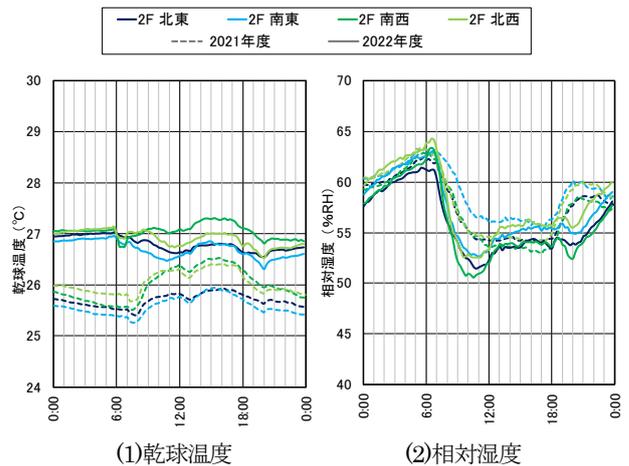


図2 8月の乾球温度と相対湿度の月平均日変化(勤務日)

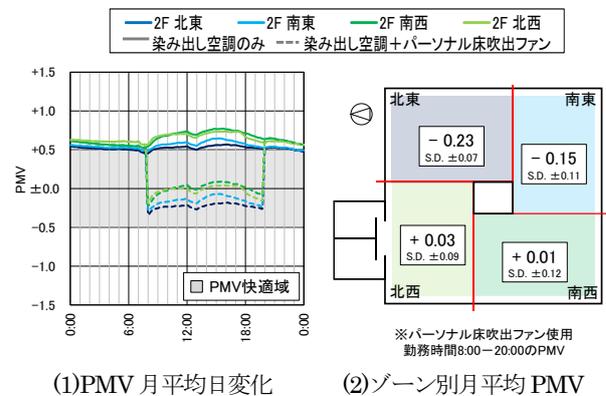


図3 2021年8月の勤務日における2階ゾーン別PMV

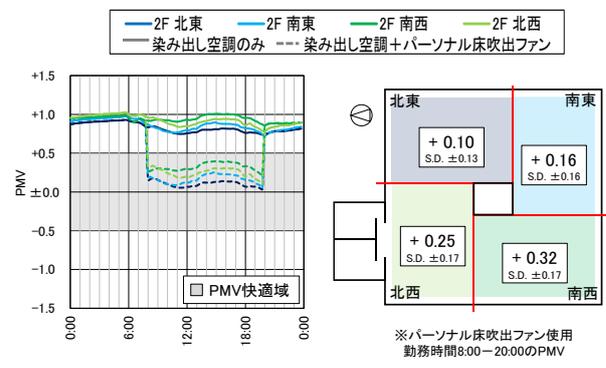


図4 2022年8月の勤務日における2階ゾーン別PMV

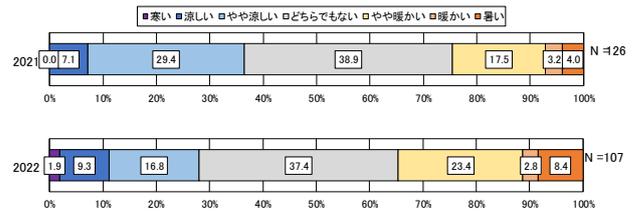
19.1%（やや湿った感じ 15.1%、湿った感じ 4.0%）であったところ、2022 年は乾燥側の回答割合が 6.5%（やや乾いた感じ 6.5%）、湿潤側の回答が 30.8%（やや湿った感じ 27.1%、湿った感じ 3.7%）となり、湿潤側の回答が乾燥側を約 24 ポイント上回った。

図 5 (3) 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、2021 年に快適側の割合が 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%）であったのに対し、2022 年では快適側の割合が 43.9%（やや快適 24.3%、快適 16.8%、非常に快適 2.8%）、不快側が 24.4%（やや不快 17.8%、不快 4.7%、非常に不快 1.9%）となった。2021 年には快適側の回答が不快側を約 41 ポイント上回っていたが、2022 年になると、快適側の回答が不快側よりも依然として多いものの、その差は約 19 ポイントにまで縮まった。どちらでもないとの回答は、何れの年も約 31%であった。

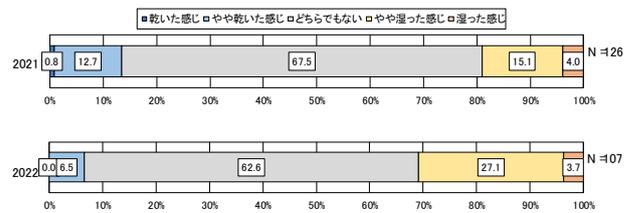
パーソナル床吹出ファンに関する回答を、図 5 (4) ～ (6) に示す。(4) は使用頻度を 1 日の使用時間数で整理したグラフである。使用しないとする回答割合が、2021 年には 52.4%を占めたが、2022 年には 43.9%にまで、およそ 8 ポイント低下した様子が伺われる。また、1 日 9 時間程度以上使用するとの回答は 2021 年にはゼロであったが、2022 年には 5.6%の回答者が現れるに至った。また、次のランクの 6～9 時間程度使用したとする回答割合も、2021 年の 11.9%から 2022 年の 18.7%へと増加している。(5) のパーソナル床吹出ファンの使用時間帯について、年度による差をみると、朝 6～8 時の間に使用したとする回答が 3 人から 11 人へ大幅に増加しており、このこともパーソナル床吹出ファンの長時間使用傾向に関係していると考察される。(6) はパーソナル床吹出ファンによる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。この点については、有効とする側の回答割合が、2021 年、2022 年ともに変わらず 86.7%を示し、高い数値であった。

図 5 (7) は、冷房温度設定の変更要望について、5 段階で回答を求めた結果である。2021 年は低くしたい側の回答割合が 31.7%（やや低くしたい 25.4%、低くしたい 6.3%）、高くしたい側の回答が 7.1%（やや高くしたい 7.1%）、このままでよいが 61.1%となっていたところ、2022 年は低くしたい側の回答割合が 48.6%（やや低くしたい 38.3%、低くしたい 10.3%）、高くしたい側の回答が 6.5%（やや高くしたい 5.6%、高くしたい 0.9%）、このままでよいが 44.9%となった。2022 年は 2021 年に比べて、低くしたい側の回答が約 17 ポイント増加し、このままでよいとする回答がその分減少したことが明確である。ただし、2022 年についても、冷房温度設定を高くしたい回答が 2021 年と同様に 6～7%程度存在することには留意する必要がある。

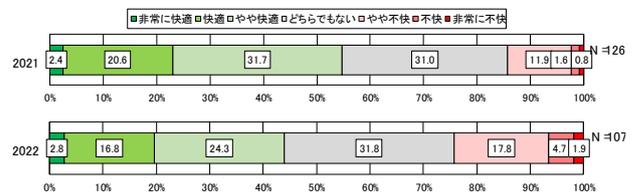
図 5 (8) は、パーソナル床吹出ファンの使用及びフリーアドレス以外で、冷房時における個人的な対策を尋ねた結果である。年度によるサンプル数の差はあるものの、2022 年には個人的な対策は取っていないとする回答が減少し、暑さ対策としてのうちわや扇子の使用、USB ファン・ミニ扇風機等の使用が 2021 年よりも増加する一方で、寒さ対策としてのブランケットなどを掛ける、カイロの使用などもみられるようになった。新築から 2 年目の夏を迎えて、執務者の個人的な対策が、暑さだけでなく寒さへの対処を含めてレパトリーが拡大している様子が捉えられた。



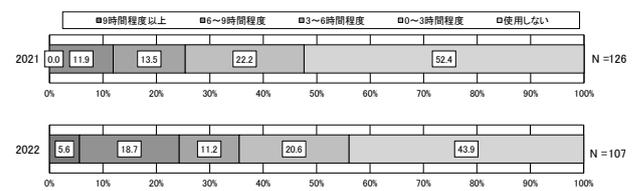
(1) 温冷感に関する回答



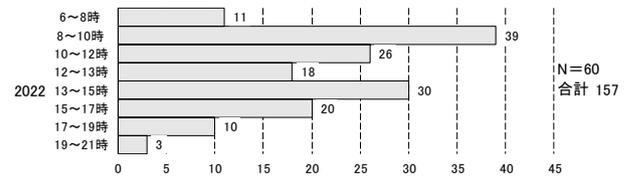
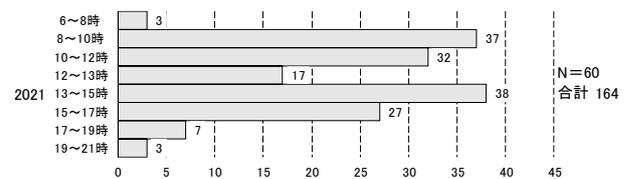
(2) 湿度感に関する回答



(3) 快適性に関する回答



(4) パーソナル床吹出ファンの使用頻度に関する回答



(5) パーソナル床吹出ファン使用時間帯 (複数回答可)

図 5 温冷感に係る回答の年度比較
(上段：2021 年、下段：2022 年)

4.2 回答者属性に基づく年度間比較

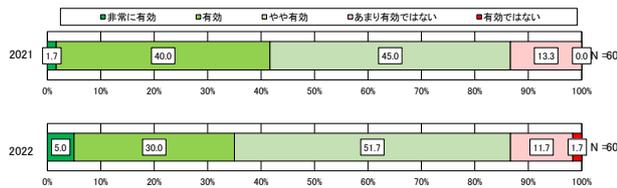
アンケート調査結果について、男女及び年齢などの回答者属性に基づき年度間の比較を行った。図6(1)、(2)は、男女別の温冷感と快適性に対する回答を、また、図6(3)、(4)は年齢別の温冷感と快適性に対する回答を整理している。

まず、図6(1)の男女別の温冷感のグラフからは、男性よりも女性において涼しい側の回答割合が高いという傾向は、冷房設定温度が1℃上がった2022年になっても変化していないものの、その割合自体は低下している。女性が涼しい側に回答した割合は、2021年に43.4%であったが、2022年には38.8%へと約5ポイント低下した。男性の涼しい側の回答割合は、2021年が30.3%、2022年が19.0%であるから、男性の低下は約11ポイントと女性の2倍に相当し、年度間の男女差は拡大したことが把握された。一方、暖かい側の回答割合は、男性が2021年の24.2%から2022年は32.8%へと約8ポイントの上昇、女性が2021年の25.0%から2022年の36.7%へと11ポイント以上の上昇であった。

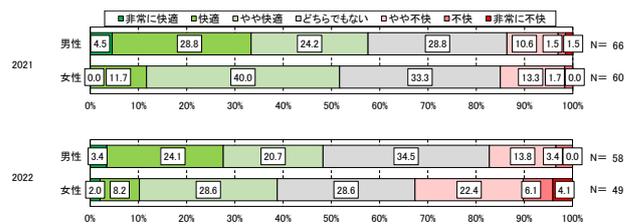
冷房設定温度が26℃の2021年は、男女ともに涼しい側の回答が暖かい側の回答を上回っていたが、1℃上昇させた27℃の

2022年には、男性では暖かい側の回答が涼しい側を上回り、女性でも両者がほぼ拮抗する調査結果となった。

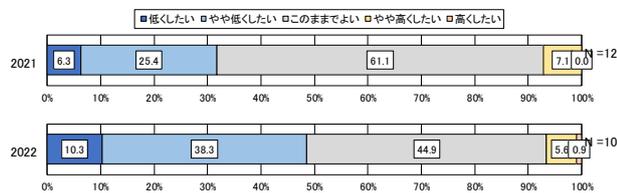
次に、温熱環境の快適性に関する回答結果を図6(2)にみると、男女に関わらず2022年においても、快適側の回答が不快側の回答を上回っている。これは(1)の温冷感の判断で暖かい側に回答した執務者のうち、それを快適側と判断している人が含まれるためと考えられる。ただし、男女ともに快適側の回答割合が低下しているのも明らかで、男性は2021年の57.5%から2022年は48.2%へと約9ポイントの低下、女性は2021年の51.7%から2022年の38.8%へと約13ポイントの低下であった。



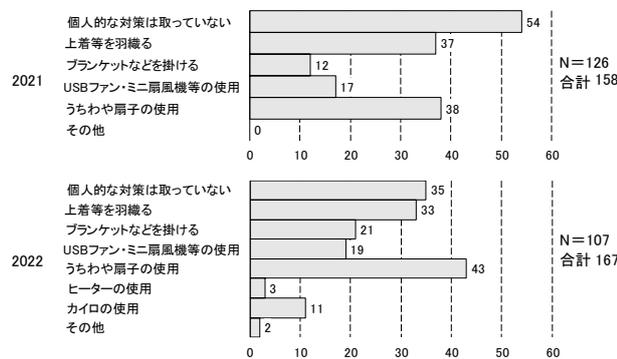
(1) 男女別温冷感



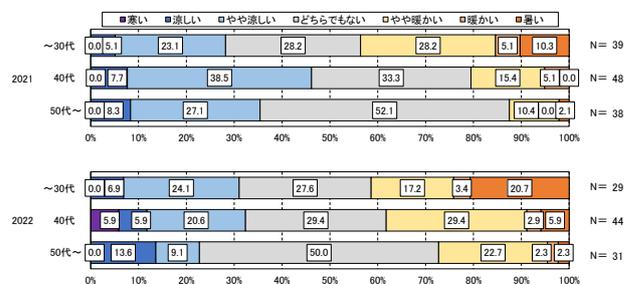
(2) 男女別快適性



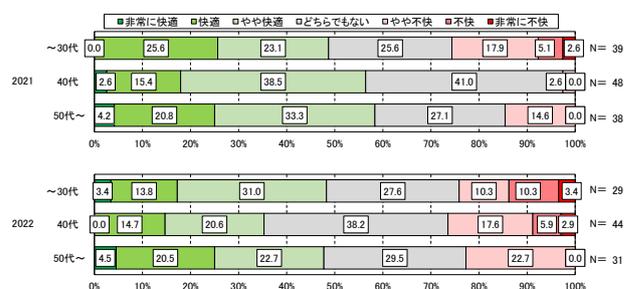
(3) 執務者の対処—温度設定変更の要望



(4) 執務者の対処—暑さ・寒さに対する個人的な対策 (複数回答可)



(3) 年齢別温冷感



(4) 年齢別快適性

図5 温冷感に関する回答の年度比較 (上段：2021年、下段：2022年)

図6 回答者属性別の年度比較

図 6 (3) は、温冷感に関する回答を年齢ランク別にみたグラフである。サンプル数を考慮し、30代まで、40代、50代以降の3ランクに分割して表示した。特徴的なのは、暖かい側の回答割合が、40代、50代以降で大幅に増加した点である。40代では2021年の20.5%から2022年は38.2%へ、50代では2021年の12.5%から2022年の27.3%へとほぼ倍増している。30代までの回答者は、2021年の暖かい側の回答割合が元々大きく43.6%を占めており、2022年でもその割合は41.3%となっているが、内訳をみると暑いとする回答が2021年の10.3%から2022年には20.7%にまで増加している。また、世代間の特徴として、50代以降の方は温冷感に関し、どちらでもないを選択する人の割合が、年度に因らずほぼ50%を占めた。

図 6 (4) の年齢ランク別快適性のグラフからは、40代及び50代以降において、快適側の回答割合が2022年に低下する状況が読み取れる。30代まででは2021年の48.7%が2022年は48.2%と、ほぼ変化していないのに対し、40代は2021年の56.5%から2022年の35.3%まで約21ポイントの低下、50代以降は2021年の58.3%から2022年の47.7%まで約11ポイントの低下であった。これより冷房設定温度の26°Cから27°Cへの1°C上昇によって、温熱環境に関する快適性の判断で最も影響を受けるのは40歳代の方々と推定された。

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nZEBオフィスを対象に、冷房設定温度27°Cへの1°C上昇が執務者の温冷感・快適性などに及ぼす影響を、2021年及び2022年夏の2回にわたるアンケート調査を通じて解析した。以下に、主な研究成果をまとめる。

- 1) 冷房設定温度26°Cの2021年と27°Cの2022年の温熱環境を、約36m×36mのオフィスの4ゾーンについて実測した結果、8月の乾球温度の上昇は0.7~1.0°Cであり、パーソナル床吹出しファンの使用を想定した8:00~20:00のPMV推定値は、2021年の-0.3~+0.1の範囲から、2022年には+0.1~+0.4の範囲へと上昇していることが明らかとなった。
- 2) このときの執務者温冷感は、涼しい側の回答割合が36.5%から28.0%へ約8ポイント低下し、暖かい側の回答割合が24.7%から34.6%へ約10ポイント上昇することが把握された。どちらでもないとの回答が40%弱を占める中、26°C設定時には涼しい側の回答が暖かい側を上回っていたが、27°C設定では暖かい側の回答が涼しい側を上回るようになり、温冷感における逆転が生じた。
- 3) 温熱環境の快適性判断の回答では、冷房設定温度の変更によらず快適側の回答が不快側の回答を上回っているものの、快適側の回答割合は54.7%から43.9%にまで約11ポイント低下し、50%を割り込んだ。
- 4) 冷房設定度の上昇に伴う、パーソナル床吹出しファン使用の長時間化や、早朝からの使用実態などがアンケート調査により確認された。また、温度設定の要望調査では、低くしたいとする割合は、26°C設定時に31.7%であったものが、27°C設定時には48.6%にまで上昇した。
- 5) 男女別の温冷感に関する解析結果からは、冷房設定温度の1°C上昇によって、男性は涼しい側よりも暖かい側の回答をする人が1.7倍程度になるのに対し、女性ではこれらの回答割合がほぼ拮抗するという差異がみられた。ただし、快適性の判断では、27°C設定時の快適側の回答割合に

おいて、男性が48.2%、女性が38.8%となり、男性が女性を上回った。このことには、男性の温冷感に関する回答において、どちらでもないが50%近くを占めていたことが関係していると考察された。

- 6) 年齢別の温冷感及び快適性に関する解析の結果、冷房設定温度の1°C上昇の影響を受け、涼しい側及び快適側の回答割合が低下するのは、40代と50代以降の執務者であることが明確となった。30代までの回答者における差異は小さい。

以上の研究成果は、本建物の躯体蓄熱放射・床吹出し空調システムの下で成立している点に留意する必要がある。2階フロア全面に染み出し空調が採用され、1.8mの等間隔で風速制御可能な床吹出しパーソナルファンが設置されている。また、別途、空調換気用電力消費量を整理したところ、26°C設定の2021年8・9月は17,028kWh、27°C設定の2022年8・9月は15,736kWhであった。電力削減効果は、約7.6%(1,292kWh)と推定された。(竣工後のBEMSデータ収録開始時期の関係で8・9月分を解析)本研究で得られた冷房設定温度の変更が温熱環境の変化に及ぼす影響を把握した上で、電力消費削減を目指した運用を判断して行く必要がある。今後は、執務者温冷感アンケート調査に関して、クロス集計や、2階フロアゾーン別解析を進める予定である。

参考文献

- 1) 西原直枝、西川雅弥、植木雅典、川村明寛、田辺新一：冷房設定温度28°C環境における知的生産性評価、日本建築学会大会学術講演梗概集、環境工学II、pp.447-450、2006.9
- 2) 上野剛、中野幸夫：オフィスの冷房温度変更による省エネルギー効果と温熱快適性の変化に関する実測調査、その2 温熱快適性の変化に関する分析、日本建築学会大会学術講演梗概集、環境工学II、pp.255-256、2007.8
- 3) 千馬誠弘、秋元孝之、川村聡宏、中本俊一、高橋満博、長谷部弥、田邊邦夫：TABSを導入した中規模ゼロ・エネルギービルに関する研究、第18報 暖房・冷房設定温度緩和環境における実験概要および温熱環境評価、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp.297-300、2021.9
- 4) 新村苑華、垂水弘夫、小池怜奈、天田靖佳、宮村泰至、長谷部弥、山本ミゲイル：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、日本建築学会技術報告集、第29巻第72号、pp.876-881、2023.6
- 5) 新村苑華(金沢工業大学)、小池怜奈、垂水弘夫、宮村泰至、天田靖佳、山本ミゲイル、長谷部弥：ZEBオフィスにおける温熱環境形成と執務者温冷感アンケート調査、金沢に立地するZEBオフィスの温熱環境・エネルギー性能検証 第1報、令和4年度日本環境管理学会大会、2022.10
- 6) 新村苑華、小池怜奈、垂水弘夫、宮村泰至、天田靖佳、山本ミゲイル、長谷部弥：ZEBオフィスの温熱環境形成と温冷感に関する調査研究、地域防災環境科学研究所における環境建築研究 その39、日本建築学会大会学術講演梗概集、環境工学、pp.2255-2256、2022.9
- 7) 小池怜奈、新村苑華、垂水弘夫、宮村泰至、天田靖佳、山本ミゲイル、長谷部弥：ZEBオフィスにおける躯体蓄熱放射・床吹出し空調システムの暖房冷房運転に関する調査研究、地域防災環境科学研究所における環境建築研究 その40、日本建築学会大会学術講演梗概集、環境工学、pp.2257-2258、2022.9