

夏期冷房設定温度の 26°C から 27°C への変更による執務者温冷感申告の変化

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 5 報

The change in workers' vote of thermal sensation due to one °C change from 26°C to 27°C
in summer cooling temperature setting

Verification on thermal environment and energy performance of the ZEB office in Kanazawa, Part 5

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

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

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、2 年間にわた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、当該システムの温熱環境面での有効性を中心に検証する。運用 2 年度目となる 2022 年度では、1 年度目の調査結果に基づいてチューニングした結果がどのように反映されているかを調査し、当該空調システムの有効的な運用方法の評価・快適な nZEB オフィスの実現を行うことを目的とする。

2. 実測概要

2.1 建物の概要

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。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 実測方法

温熱環境実測については、1 階から 3 階の計 11 ヶ所に、グローブ温度計と温湿度計を取り付けた支柱を設置し、一年を通して測定する。同じ測定箇所に熱電対を設置し、夏期は 2021 年 7 月 10 日の午後から 2021 年 8 月 8 日の午後まで、秋期と冬期は 2021 年 10 月 9 日から通して測定する。設置位置は、メインフロアである 2 階執務空間の北東・南東・南西・北西の 4 ゾーンと、西ペリメータゾーンである窓付近、その他アンビエント空間として 2 階トイレ前を選定した (図 2)。



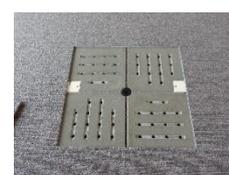
(1) 社屋外観 (2) 社屋内観
写真 1 社屋の外観と内観

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) TABS 配管模型



(2) 穴開き OA フロアパネル



(3) パーソナル床吹き出ファン



(4) 温熱環境測定風景

写真 2 研究対象と実測装置

* 金沢工業大学大学院建築学専攻 大学院生

** 金沢工業大学建築学部 教授・工博

*** 清水建設株式会社

**** 清水建設株式会社 博士 (工学)

Graduate School, Dept. of Architecture, Kanazawa Institute of Technology.

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

Shimizu Corporation

Shimizu Corporation, Dr. Eng.

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・オフィス内占座ゾーン
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

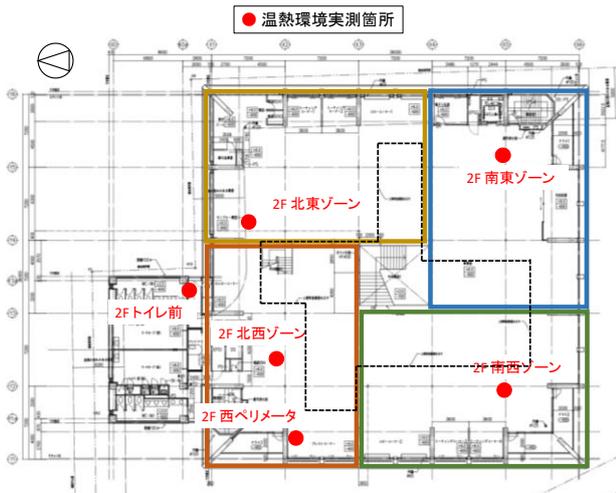


図1 温熱環境の計測ポイント (2階)

アンケート調査については、執務者全員を対象として Web 上で実施した調査であり、2021 年度夏期は 7 月 29 日から 8 月 6 日、2022 年度夏期は 7 月 25 日から 8 月 5 日の間にそれぞれ実施した。調査対象人数に対する有効回答数の割合 (回収率) はそれぞれ、2021 年度夏期で約 77%、2022 年度夏期で約 64% だった。

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。

夏期冷房設定温度を、運用 1 年度目の 26℃から 2 年度目の 27℃に変更したことによる執務者の感じ方への影響についても、アンケート結果の比較をもって調査する。

3. 年度間の比較による温熱環境に関する調査結果

3.1 夏期 8 月の温湿度に関する結果

表 3 に、夏期 8 月における温湿度の平均値と最高値・最低値を示す。1 分間毎の計測値をもとに、勤務日・休日を含むすべての値を用いて算出した。

2021 年度では、2F 執務空間は約 25.8℃～約 26.2℃に保たれているが、2F トイレ前で最高値が 30.8℃と高くなっていること、対流型の空調である 1F 待合は勤務時間のみ低くなっていることなどが把握できる。2022 年度では、平均値は 2F トイレ前が 29.5℃、3F 南東が 28.8℃と 11 箇所の中でも比較的高い値となっている。また、相対湿度の平均値を見ると、1F 待合が 69%、そのほかにもおよそ 60%の値を取る場所が多かったことが分かる。

年度ごとの温湿度を比較すると、2021 年度に対して 2022 年度では、乾球温度の平均値が対流型の空調である 1F 待合を含めた全ての測定箇所によって、約 1.0℃～約 2.4℃上昇していることが把握できた。これは、冷房設定温度を 2021 年度の 26℃設定から、2022 年度の 27℃設定に変更したことが主に影響したと考えられる。

特にタスク空間で平均値が最も大きい 2F 南西で 1.9℃、アンビエント空間である 2F トイレ前で 2.4℃と最も差が大きくなる結果となった。

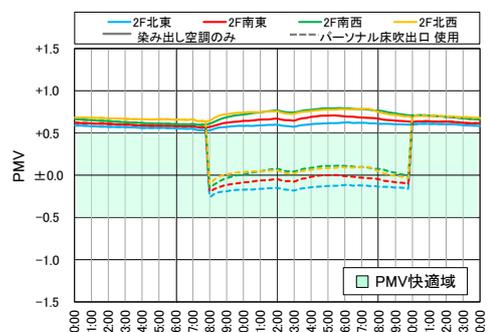
表3 温熱環境の平均値と最高値・最低値(夏期 8 月)

(1)2021 年 8 月

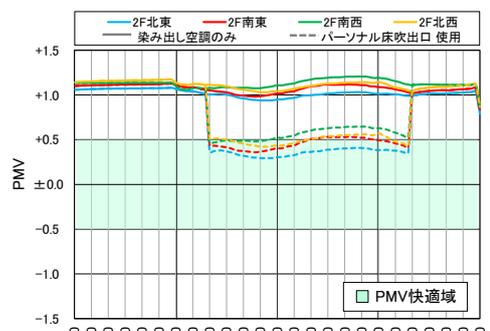
		1F 待合	2F 北東	2F 南東	2F 南西	2F 北西	2F トイレ前	2F 西ベリメータ	3F 北東	3F 南東	3F 南西	3F 北西
乾球温度 (°C)	平均値	24.7	25.8	25.8	26.1	26.2	27.1	28.3	25.7	26.9	26.1	26.2
	最大値	27.2	27.1	27.2	27.5	27.7	30.8	28.0	27.7	29.7	28.5	28.8
	最小値	22.2	24.6	24.0	24.4	24.6	23.6	24.7	23.5	24.7	24.0	24.5
相対湿度 (%RH)	平均値	72	61	62	61	61	58	61	59	57	60	61
	最大値	81	75	73	75	75	72	76	76	70	72	74
	最小値	54	51	51	47	51	40	48	43	39	49	48

(2)2022 年 8 月

		1F 待合	2F 北東	2F 南東	2F 南西	2F 北西	2F トイレ前	2F 西ベリメータ	3F 北東	3F 南東	3F 南西	3F 北西
乾球温度 (°C)	平均値	25.7	27.7	27.7	28.0	27.9	29.5	29.2	27.6	28.8	28.3	28.5
	最大値	28.1	27.8	27.9	28.2	28.0	29.8	28.7	27.8	29.2	28.6	28.9
	最小値	25.2	27.6	27.6	27.6	27.6	29.0	27.7	27.4	28.5	28.1	28.4
相対湿度 (%RH)	平均値	69	58	59	58	60	51	58	56	56	57	58
	最大値	71	60	62	62	63	53	62	57	59	60	60
	最小値	66	56	57	56	58	49	56	54	53	55	55



(1)2021 年 8 月



(2)2022 年 8 月

図2 PMV 月平均日変動パターン(夏期 8 月)

3.2 夏期8月のPMVに関する算出結果

図2に、主な執務空間である2階の4ゾーンについて、2021年8月と2022年8月のPMV月平均日変動パターンを示す。

勤務日・休日を含む1分間毎の計測値を用いており、代謝量は1.2met、着衣量は0.6clo、風速は、アンビエント空調（染み出し空調）のみで0.04m/s、昼間にタスク空調としてのパーソナル床吹出口10/10段階使用を想定した場合は0.81m/sで算出した。

冷房の設定温度26℃の2021年8月では、染み出し空調に加えて昼間のパーソナル床吹出口100%での使用を想定したときにPMVが±0.5以内の快適域内に収まっていることが分かるが、冷房の設定温度27℃の2022年8月の12時以降では、パーソナル床吹出口100%を想定しても、2F南西ゾーンで+0.5を上回る結果となった。

また、2階執務空間におけるゾーン間の大きな差はないものの、西側の執務空間のPMV値が東側の執務空間より高いことが把握できた。

4. 年度間の比較による、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 夏期8月の温熱環境に関する回答

夏期オフィスにおける設問について、温熱環境に関するものを図3(1)～(3)に提示した。

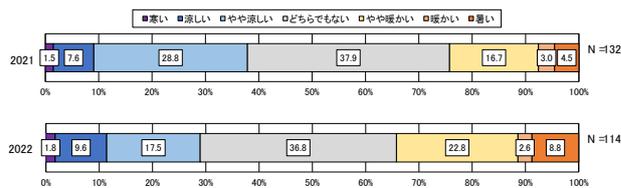
オフィス内温冷感の設問では、パーソナル床吹出ファンの使用や、暑さ・寒さに対する個人の対策後の温冷感について、7段階での選択を求めた。2021年度の回答では、涼しい側の割合が37.9%（寒い1.5%、涼しい7.6%、やや涼しい28.8%）、暖かい側の割合が24.2%（暑い4.5%、暖かい3.0%、やや暖かい16.7%）を占め、涼しい側の回答の方が13.7%多かったのに対し、2022年度では、涼しい側の割合が28.9%（寒い1.8%、涼しい9.6%、やや涼しい17.5%）、暖かい側の割合が34.2%（暑い8.8%、暖かい2.6%、やや暖かい22.8%）を占めており、暖かい側の回答の方が5.3%多くなる結果となった。

快適性では、最も多い回答が、2021年度では「やや快適」の31.1%であったのに対し、2022年度は「どちらでもない」であり、31.6%となった。快適側の回答割合は、2021年度の54.6%（非常に快適2.3%、快適21.2%、やや快適31.1%）から2022年度の42.1%（非常に快適3.5%、快適15.8%、やや快適22.8%）に減っており、設定温度の変更が、暑い・寒いなどの温冷感や温熱快適性に影響していることが把握できた。

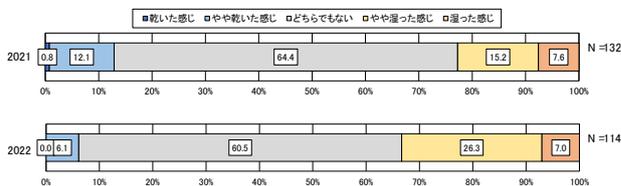
4.2 夏期8月のパーソナル床吹出ファンに関する回答

夏期オフィスにおける設問について、パーソナル床吹出ファンに関するものを図3(4)～(6)に提示した。

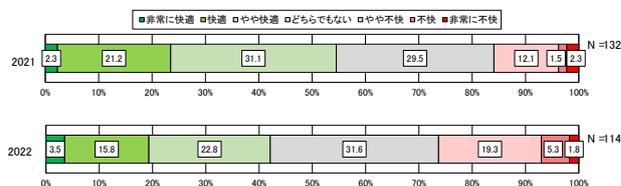
(4)について、2021年度においては、操作性に関する満足度5段階評価で、不満側の回答30.3%（やや不満18.2%、不満12.1%）が、満足側の回答16.7%（やや満足11.4%、満足5.3%）を上回ったが、最大の割合を占めたのは、どちらでもないの53.0%であった。アンケート調査を実施した時期と、パーソナル床吹出ファンの個人での操作方法についての説明時期が7月下旬でほぼ重なったため、個人でのスマートフォン操作に慣れていなかったことがこの結果の要因の一つと考えられる。2022年度では、パーソナル床吹出口を使用する人の割合は、2021年



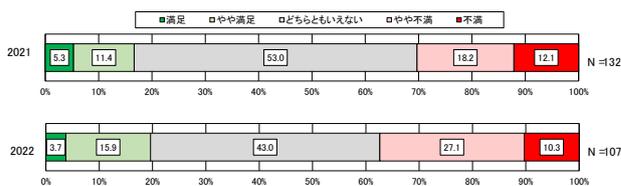
(1) 温熱環境－温冷感



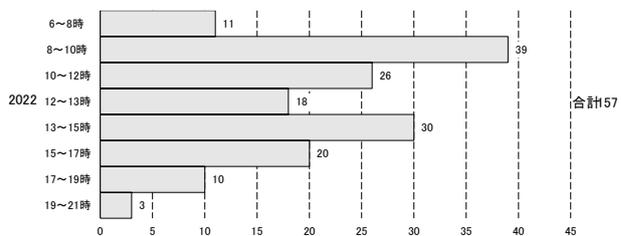
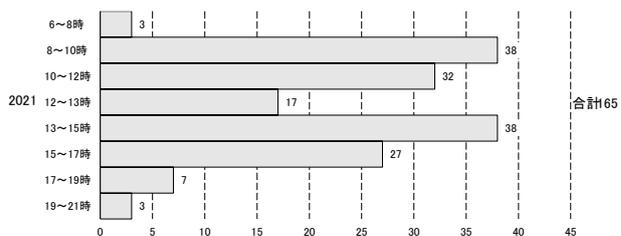
(2) 温熱環境－湿度感



(3) 温熱環境－快適性



(4) パーソナル床吹出ファン－操作性満足度



(5) パーソナル床吹出ファン使用時間帯 (複数回答可)

図3 執務者温冷感アンケート調査結果(夏期)
(上段：2021年、下段：2022年)

度に比べて 8.5%増えており、昨年度に比べて空調システムや操作方法への理解が広まったものと思われる。

(5) に示す使用時間帯については、9時から10時に使用すると答えた人が2021年度で38回答、2022年度で39回答とどちらも最も多かったが、2021年度では13時から15時に使用する人も38回答あったのに対し、2022年度では30回答に減少した。

(6) に示すパーソナル床吹出ファンについての有効性は、両年度とも有効側の回答割合が8割を超えており、2021年度と2022年度を比較すると、有効側の回答が81.8%から86.7%に増加したことが把握できた。

4.3 夏期8月の執務者の対処に関する回答

夏期オフィスにおける設問について、執務者の対処に関するものを図3(7)～(8)に提示した。

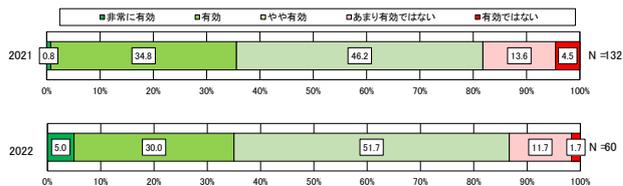
(7) は、暑さ・寒さに対する個人での対処方法についての設問である。2021年度では、「個人的な対策は取っていない」の回答が55であったのに対し、2022年度では37に減少した。2022年度で最も多い回答を得たのが「うちわや扇子の使用」であり、45回答であった。

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、(8)に示す。両年度とも、「このままでよい」が最も多い結果となったが、2021年度では61.1%、2022年度では44.7%と、16.4%減少した。また、2021年度においては、低くしたい側の回答割合が31.9%（「低くしたい」6.1%、「やや低くしたい」25.8%）であったのに対し、2022年度では、低くしたい側の48.2%（「低くしたい」10.5%、「やや低くしたい」37.7%）が、「このままでよい」の44.7%を上回る結果となった。

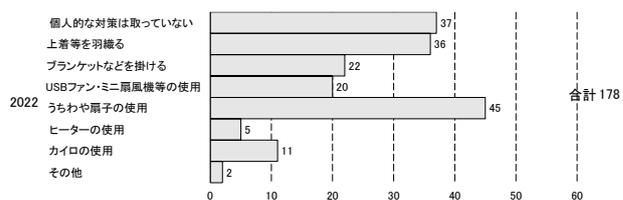
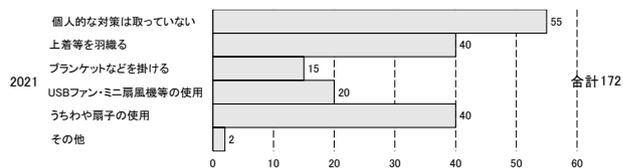
5. まとめ

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年度、2022年度に渡り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。

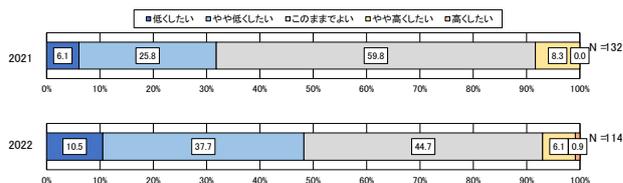
- 2021年と2022年において夏期温熱環境計測データを取得し、測定値ごとの温湿度とPMVの日変化を把握した。当該空調システムが適用された2階執務フロア4ゾーンにおいて、冷房の設定温度26℃の2021年8月では、パーソナル床吹出ファンの使用によりPMVが±0.0程度に調整可能と考えられたが、冷房の設定温度27℃の2022年8月では、+0.5を上回るゾーンがある結果となった。
- 執務者に夏期温熱環境面からのオフィスに関するアンケート調査結果を取りまとめた。温冷感について、2021年度で温かい側に比べて涼しい側の回答が13.7%多かったのに対し、2022年度では涼しい側に比べて暖かい側の回答が5.3%多くなる結果となった。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、温熱快適性の改善に有効とする回答が大半を占める一方で、操作性について多くの意見が提出された。夏期における温度設定変更の要望についての回答は、2021年度では「このままでよい」が61.1%であったが、2022年度では44.7%に減少し、冷暖房設定温度の変更による影響が確認された。



(6) パーソナル床吹出ファン—温熱快適性の改善効果



(7) 執務者の対処—暑さ・寒さに対する個人での対処 (複数回答可)



(8) 執務者の対処—温度設定変更の要望

図3 執務者温冷感アンケート調査結果(夏期) (上段:2021年、下段:2022年)

参考文献

- 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
- 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3報) タスク&アンビエント空調の温熱快適性評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学 I, pp.1855-1856, 2022.9
- 新村苑華, 小池怜奈, 宮村泰至, 天田靖佳, 山本ミゲイル, 長谷部弥: 地域の気候風土を活かした超環境型オフィス計画(第4報) オフィス内の温熱環境実測と温冷感調査, 空気調和衛生工学会大会学術講演論文集, C-15, pp.61-64, 2022.9
- 新村苑華, 宮村泰至, 天田靖佳, 山本ミゲイル, 長谷部弥: ZEBオフィスの冷房設定温度変更に伴う執務者温冷感申告変化—地域防災環境科学研究所における環境建築研究 その42—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学 I, pp.2247-2248, 2023.9