

# 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

Research on the Thermal Environment Formation in ZEB Office  
and Questionnaire survey on Workers' Thermal Sensation  
Verification on thermal environment and energy performance of the ZEB office in Kanazawa, Part 1

新村 苑華\*      小池 怜奈\*      垂水 弘夫\*\*  
Sonoka Shinmura      Reina Koike      Hiroo Tarumi  
宮村 泰至\*\*\*      天田 靖佳\*\*\*      山本 ミゲイル\*\*\*      長谷部 弥\*\*\*\*  
Yasushi Miyamura      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

本研究の目的は、S 社北陸支店新社屋の躯体蓄熱放射・床吹出し空調システムによるnZEBオフィス内の温熱環境形成を評価することである。温熱環境実測では、ゾーン別の執務空間においてPMVなどの温冷感指標を用いた評価を行う。アンケート調査では、温熱環境や当該システムに対する執務者の評価を確認する。それらの調査を実施したのち、諸解析の結果を統合することにより当該空調システムで形成された温熱環境の評価をまとめる。

## 2. 実測概要

### 2.1 建物の概要

表1に、本研究の対象建物である石川県金沢市のS社北陸支店新社屋の建物概要を示す。建屋は、地下1階・地上3階となっており、2階と3階を繋ぐ吹抜け空間を設けている。図1に、対象建物の空調システムと、オフィス内に設置する測定器を示す。「超環境型オフィス」として、空調システムに躯体蓄熱放射・床吹出し空調を採用していることが特徴である。

### 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。同じ測定箇所には熱電対を設置し、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)。

アンケート調査については、執務者全員を対象として、夏期・秋期・冬期の3回、温冷感や快適性、満足度、空調システムの有効性などを問うWebアンケートを行う。夏期アンケートは2021年7月29日から2021年8月6日、秋期アンケートは2021年10月11日から2021年10月22日、冬期は2021年12月13日から2021年12月27日を調査期間とした。

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 <sup>2</sup>
建築面積	約 1546 m <sup>2</sup>
延床面積	約 4224 m <sup>2</sup>
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



図1 研究対象と実測装置

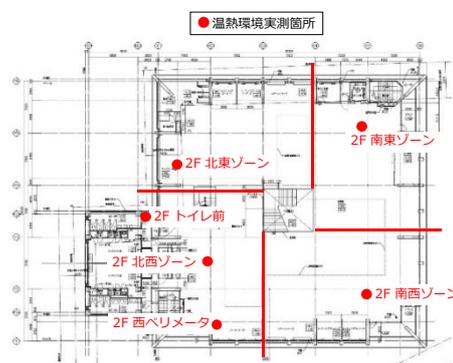


図2 メインフロア2階の実測箇所

\* 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.

### 3. 温熱環境実測結果

#### 3.1 温湿度に関する解析

表2と図3に、8月と12月の乾球温度の月平均日変化を示す。8月では、2F執務空間は26°C前後に保たれているが、2Fトイレ前で最高値が30.8°C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。12月では、2F執務空間は平均値が20.1°Cから20.7°Cに保たれているが、3階はそれより1°Cほど低く、また2Fトイレ前は16.9°Cとなっており、アンビエント空間は他の箇所と比べて低いことが分かる。

図4に夏期と冬期における2階執務空間の熱画像を示す。夏期は、窓面に対して床面が青く25°Cから26°C程度であり、室内が冷やされていること、冬期は床面が19°Cから22°C程度で赤く映っているが、壁や天井などおいて冷たい部分があることが確認できる。

#### 3.2 温湿度に関する解析

図5に2階と3階の南西における勤務日昼間の垂直温度分布を示す。夏期は、高さ0mmで最も温度が低く、1100mmで冷房設定温度の26°C前後になっていることが確認できる。冬期は、高さ0mmにおいて、2階は約23°Cであるが3階は約21°Cと低く、1100mmで暖房設定温度の22°Cに到達していないことが分かる。

#### 3.3 PMVに関する解析

図6に、主な執務空間におけるPMV月平均日変動パターンを示す。昼間にパーソナル床吹出口10/10段階使用を想定した場合風速0.81m/sで算出した。

8月の昼間では、パーソナル床吹出口使用時に快適域内にあり、12月では、22時から9時頃の間で快適域外となっているゾーンがあることが把握できる。図7に水平温湿度・PMV分布を示す。ゾーンによる大きな差はないことが分かる。PMVは、8月では、東側のゾーンで-0.23、-0.15と比較的小さく、12月では反対に、西側のゾーンで+0.16、+0.13と比較的小さくなっていることが把握できる。

表2 乾球温度の平均値・最高値・最低値  
(月間の全1分間値データ使用)

乾球温度(°C)	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
8月	平均値	24.7	25.8	25.8	26.1	26.2	27.1	26.3	25.7	26.9	26.1
	最高値	27.2	27.1	27.2	27.5	27.7	30.8	28.0	27.7	29.7	28.5
	最低値	22.2	24.6	24.0	24.4	24.6	23.6	24.7	23.5	24.7	24.0
12月	平均値	20.0	20.7	20.6	20.3	20.1	16.9	19.6	19.7	19.3	19.1
	最高値	24.7	25.1	25.5	25.3	25.5	21.8	25.1	23.3	30.1	25.5
	最低値	14.1	13.8	13.3	13.0	13.2	11.3	12.7	13.7	12.3	12.0

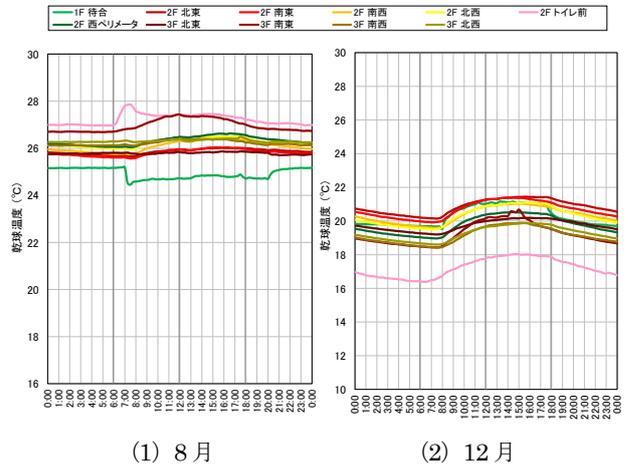


図3 8月と12月の乾球温度・月平均日変動パターン

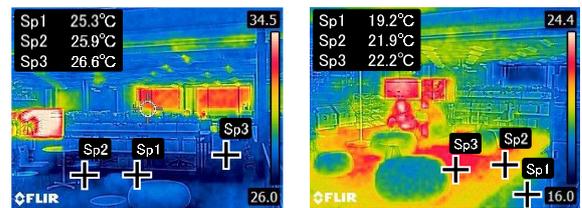


図4 夏期と冬期における2階執務空間の熱画像

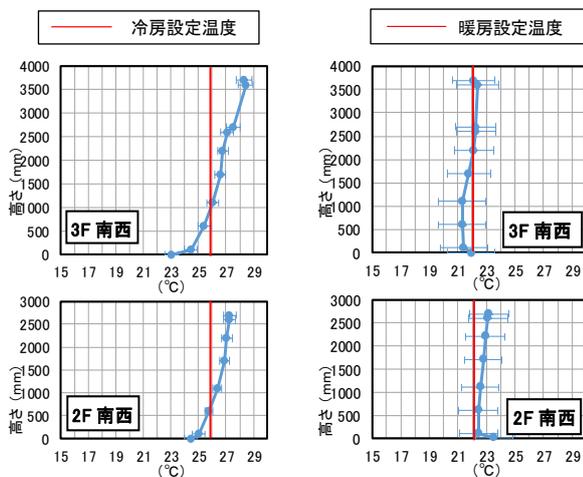


図5 南西における勤務日昼間(8-20時)の垂直温度分布

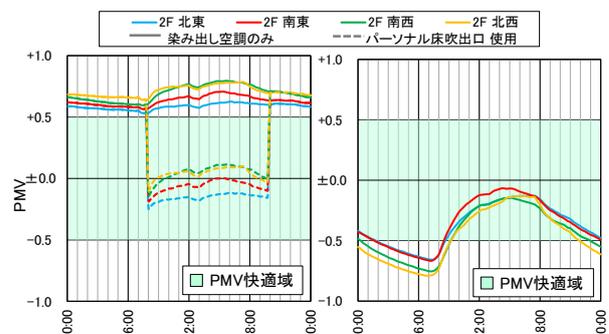


図6 PMV月平均日変動パターン

#### 4. 温冷感アンケート調査

##### 4.1 アンケートによる温熱環境評価

表3にアンケートの回収率と属性内訳を示す。アンケートの回収率は夏期が77.2%、秋期が72.5%、冬期が69.8%であった。図8にアンケート集計結果を示す。集計の対象は、当該空調システムがある2階に座席があると回答した人とする。温冷感には「どちらでもない」という回答が最も多く、その割合は夏期では38.9%、秋期では52.3%、冬期では36.3%であった。快適性は、夏期は54.8%、秋期は55.0%、冬期は38.1%が快適側の回答であった。次に、温度感、気流感、温冷感などに関して、性別、年齢、BMIを中心とした属性とのクロス集計を行った。図9に男女別のクロス集計を示す。冬期の温冷感には性別により回答に差が見られ、女性において「寒い」、「涼しい」とする回答割合が約47%に上った。女性の冬期気流感に関する回答で、「やや感じる」、「感じる」、「強く感じる」の各選択肢における回答割合が男性よりも高いことを反映した結果と考察される。

##### 4.2 アンケートによる温熱環境評価

図10に温冷感改善への対策の有効性の回答内訳を示す。夏期冷房時にパーソナル床吹出口を使用したのは60人であり、使用者による有効側の割合は86.7%であった。

図11に旧支店と比較した快適性、図12に快適性が変化した理由の回答内訳を示す。快適性を対流型の空調であった旧支店と比較すると、快適になった側は夏期が74.6%、冬期が68.5%となった。理由としては放射空調の特徴である「ドラフト(歓迎できない冷気流)を感じなくなった」という回答が最も多い。一方で、冬期の「その他」の理由には、「パーソナル床吹出口から冷たい風が出てくる」、「個別のヒーターが使えない」などの回答が多数あり、寒さに対する個別の調節機能があると快適性の向上に役立つと考えられる。

表3 アンケート回収率と属性内訳

	夏期	秋期	冬期	性別	夏期	秋期	冬期
対象人数	171	160	169	男性	69	59	60
回答数	132	116	118	女性	63	57	57
回収率	77.2%	72.5%	69.8%	計	132	116	117

冬期「それ以外・答えたくない」1名

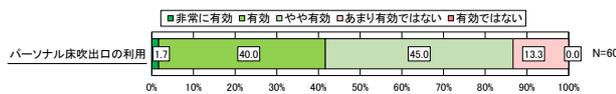


図10 温冷感改善への対策の有効性の回答内訳(夏期)

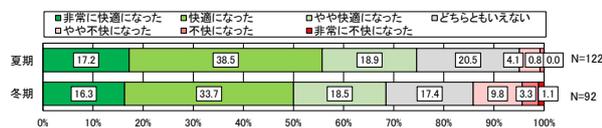
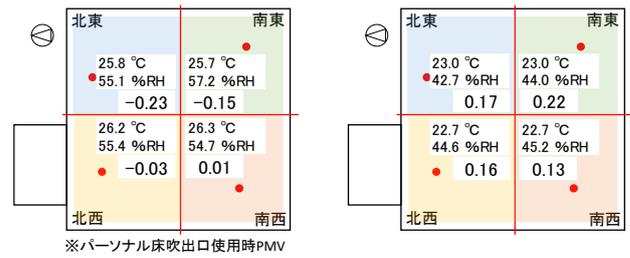


図11 旧支店と比較した快適性の回答内訳

表4 温熱環境実測とアンケート調査結果の季節間比較

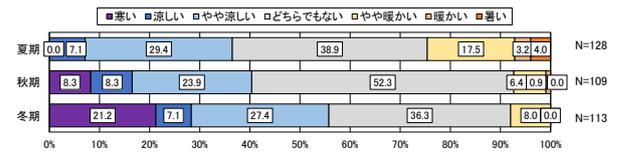
	夏期			秋期			冬期		
PMV	+0.63 (パーソナル床吹出口使用時 +0.10)			+0.04			+0.17		
温冷感	涼しい側	どちらでもない	暖かい側	涼しい側	どちらでもない	暖かい側	涼しい側	どちらでもない	暖かい側
	36.5%	38.9%	24.6%	40.4%	52.3%	7.3%	55.8%	36.3%	8.0%
快適性	快適側	どちらでもない	不快側	快適側	どちらでもない	不快側	快適側	どちらでもない	不快側
	54.8%	31.0%	14.3%	55.0%	26.6%	18.3%	38.1%	24.8%	37.2%
パーソナル床吹出口の使用率	47.6%			35.8%			18.6%		
パーソナル床吹出口の有効性(使用者のみ)	有効側	>	有効ではない側	有効側	>	有効ではない側	有効側	>	有効ではない側
	86.7%		13.3%	94.9%		5.1%	81.0%		19.9%



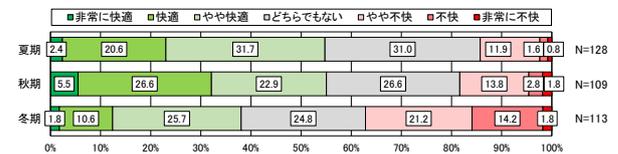
(1) 8月

(2) 12月

図7 水平温湿度・PMV分布(勤務日の昼間8-20時)

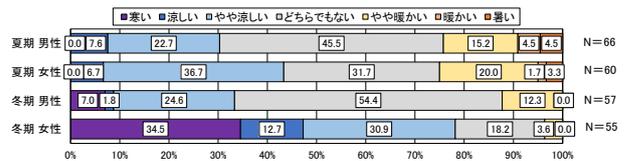


(1) 温冷感の回答内訳

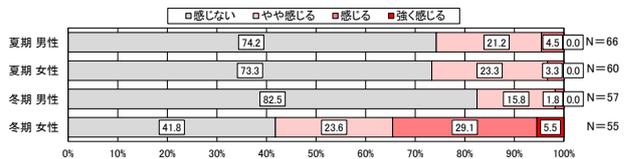


(2) 快適性の回答内訳

図8 アンケート集計結果



(1) 温冷感の男女別回答内訳



(2) 気流感の男女別回答内訳

図9 クロス集計結果

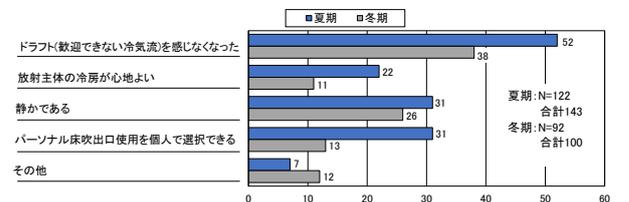


図12 快適性が変化した理由の回答内訳

## 5. 温熱環境実測とアンケート調査の比較

表4に温熱環境実測とアンケート調査結果を季節別に整理した。PMVは、夏期で+0.63（パーソナル床吹出ファン使用で+0.10）、秋期で+0.04、冬期で+0.17と、どの季節も正の値をとっているが、秋期、冬期では、アンケート調査での涼しい側の回答割合がそれぞれ40.4%、55.8%と、どちらも多くなっている。また、夏期、秋期、冬期のPMVはいずれも快適域内であるが、アンケート調査の快適側の回答割合は、夏期と秋期ではそれぞれ54.8%、55.0%と、50%を超えているのに対し、冬期では38.1%と他の季節よりも少なくなっている。

図13に、季節別の乾球温度週間変動パターンとアンケート調査結果を示す。夏期は、昼間と24時間の平均温度がそれぞれ26.2℃、26.0℃と、差は0.2℃程度であるのに対し、秋期、冬期はその差がそれぞれ0.3℃、0.6℃と夏期に比べて広がっている。グラフからも、夏期に比べ、昼間と夜間での温度の振幅が、秋期、冬期と、徐々に大きくなっており、特に冬期は月曜の8時ごろで約18℃と最も低くなっている。アンケート調査における記述式の設定でも、「午前中は寒い」、「朝寒いことが多い」、「月曜が寒い」という回答が見られ、これらが冬期での快適性の回答割合に影響しているものと考えられる。

温熱環境実測とアンケート調査結果が一致していない冬期について、ゾーンごとの特徴を確認する。図14に12月の平均PMVと冬期アンケート調査結果をゾーン別に整理した。PMVはゾーンによる大きな差はなく、+0.0付近となっているが、アンケート結果では、北西、南西、南東の3ゾーンで、温冷感に関して「どちらでもない」を含む暖かい側の回答割合が多いことが分かる。南東、南西ゾーンでは、個人的に寒さへの対策をしているという回答割合がともに70%を超え、他のゾーンよりも多く、北西ゾーンでは、「暑がり」「寒がり」と答えた人の中で「暑がり」であると申告した人の割合が多いことが分かる。

## 6. まとめ

- 2021年7月11日以降の温熱環境計測データを取得し、PMVの日変化及びゾーン別の分布特性を把握した。勤務時間帯のPMVについて、夏期はパーソナル床吹出口の使用により北東ゾーンの平均-0.23から南西ゾーンの平均+0.01の範囲にコントロールされていることが明確となった。
- 執務者を対象とする夏期、秋期、冬期アンケート調査を実施し、主に冷暖房状態に関する温冷感ならびに快適性を整理した。夏期及び秋期は、「どちらでもない」を含む快適側の回答割合が80%を超えたのに対し、冬期ではこの割合が60%台にとどまり、不快側の回答が37%台を占める結果となった。原因として、冬期12月のPMV日変動パターンの解析グラフにみられるように、冬期早朝の室温上昇が緩慢であることのほか、パーソナル床吹出口の利用が執務者の温冷感低下においてのみ有効であることが影響したものと考察される。
- 冬期におけるゾーン別のPMV分布と、アンケート調査で暖かい側、涼しい側に回答した執務者について寒さへの対策や暑がり・寒がりの申告状況を抽出した。その結果、「どちらでもない」を含む暖かい側の申告割合が高い北西、南西、南東の3つのゾーンのうち、個人的に寒さへの対策をしている人の割合が高いのが南西、南東ゾーン、また、暑がりと申告した人の割合が高いのが北西ゾーンであることなどの特徴を見出すことができた。

今後は、温熱環境結果やアンケート結果を踏まえて、より環境的、健康的なオフィスを目指してチューニングを行っていく。

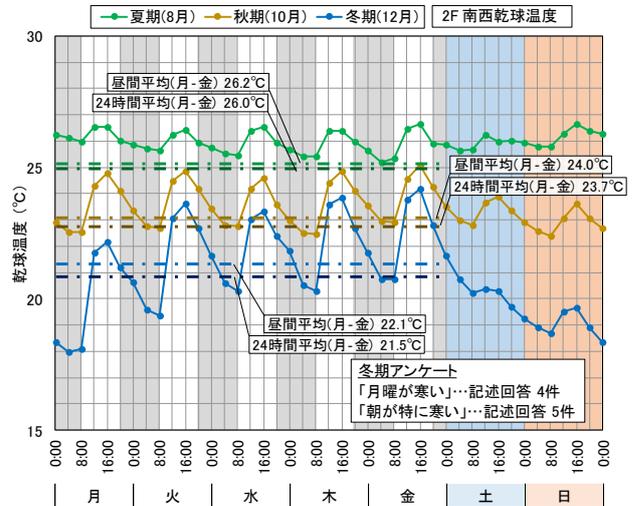


図13 季節別 乾球温度週間変動パターンとアンケート調査結果

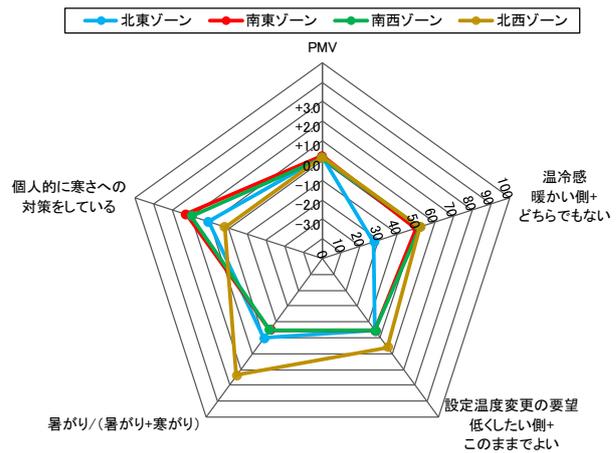


図14 ゾーン別 冬期 PMV とアンケート調査結果の比較

## 参考文献

- 鶴飼真成, 高橋満博, 村上宏次, 雨宮沙耶, 野部達夫: Sビルにおける室内温熱環境調査と執務者の必要性に関する考察, 日本建築学会環境系論文集, 第81巻, 第724号, pp.535-543, 2016.6
- 北陸電力株式会社北陸のすまい研究会: 北陸の住宅に関する意識調査報告書, 北陸電力株式会社営業部エネルギー推進室, 1995.1
- 早稲田大学理工学術院田辺新一研究室: 2019年度清水建設共同研究報告書 オフィスの会話量等によるコミュニケーション評価ツールの開発ーオフィス空間のウェルネス環境評価手法の検討ー, pp.34-35, 2020.3
- 宮村泰至, 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(第1報) 計画概要と省エネルギー計画, 空調衛生工学会大会学術講演論文集, J-42, pp.193-196, 2021.9