双曲放物屋根をもつ木造オフィスの冬季・夏季の室内気候と快適性

スタッフの想像温度と快適感・行動について

INDOOR CLIMATE AND THERMAL COMFORT OF A WOODEN OFFICE WITH A HYPERBOLIC PARABOLOID ROOF IN WINTER AND SUMMER

Discussion on cognitive temperature and comfortable sensation, and environmental behaviors of the staff

中谷航平 — * 1 廣林大河 — * 1
遠藤謙一良 — * 2 斉藤雅也 — * 3

Kohei NAKATANI — * 1 Taiga HIROBAYASHI — * 1
Kenichiro ENDO — * 2 Masaya SAITO — * 3

キーワード：
室内気候, CFD 解析, 放射, 想像温度, 快適感

Keywords:
Indoor climate, CFD analysis, Radiation, Cognitive temperature, Comfortable sensation

This paper describes the results of CFD analysis and measurements regarding indoor climate in winter and summer in a wooden office with a hyperbolic paraboloid roof. In winter, the air from the underfloor space heating was circulated whole the room by the temperature difference ventilation. In summer, the first floor was cooler than the second floor by cool radiation from the floor surface by cold storage in the underfloor space. Furthermore, the average temperature of the room from winter to summer was 25°C. The staff have cultivated their cognitive temperature scale for comfortable sensation in winter and summer, respectively.

1. はじめに

北海道内の新築の木造住宅では、外壁の断熱厚さは 200mm 程度が標準とされ、床下暖房と換気を組み合わせた計画が推奨されている^{3), 4)}。最近では、200mm 厚以上の断熱材が設けられる例も見られ、建築外皮の断熱厚さを増すほど、暖房負荷は小さくなり、穏やかな室内気候の形成に寄与する。一方、標準的な断熱性でも、建築形状や採用設備のポテンシャルを引き出す住まい手の行動によっては、より高質で快適な室内気候を実現できる可能性がある。以上の実態が明らかになれば、寒冷地での木造建築の計画・設計の自由度が広がるだけでなく、得られた知見を住まい手向けに提供することで「住みこなし」の実現が期待できる。

筆者らは、2018~19年に札幌市内に双曲放物面 (HP シェル構造) の屋根で、外壁が 200mm 厚断熱、主な開口部に Low-E トリプルガラスを採用した木造オフィスを計画した。暖房設備は、温水配管の床下ところがし部分と埋込み部分の併用型として、2019年10月に建物が竣工した(写真1、表1)。本研究では、基本設計時に屋根の形状、窓の断熱性、温水の送水温度をパラメーターとして CFD 解析を行ない、主として冬季の室内気候(表面温度・空気温度・気流速の分布)を予測した。次に、竣工後の2019~20年の冬季・夏季に熱環境実測を行ない、どの程度の熱環境が実現しているかを確認した。その際、スタッフの寒暑感・快適感・想像温度(「いま何°Cと思うか?」とヒトが直観で想像する体感温度)^{5), 6)}、環境調整行動を調査し、オフィスの建築・設備計画に対するスタッフの「住みこなし」について検証した。

写真1 木造オフィスの外観(南西面)

表1 建築・設備概要

【場所(竣工年)】	北海道札幌市中央区(2019年10月)
【構造】	基礎 RC 造 木造2階建て(HP シェル構造)
【敷地面積】	277.69 m ² (建蔽率:70%、容積率200%)
【延床面積】	276.79 m ² (1階:131.01 m ² 、2階:145.78 m ²)
【断熱仕様】	外皮平均熱貫流率 0.375W/(m ² ・K) 基礎 外+スラブ下:押出法ポリスチレンフォーム断熱材 b-2 100mm 外壁 軸間:高性能 GW 24kg/m ² 100mm 付加:押出法ポリスチレンフォーム断熱材 b-2 100mm 軒天井 吹込み GW 22kg/m ² 相当 400mm 天井 高性能フェノールフォーム断熱材 60mm(垂木間) 屋根 高性能フェノールフォーム断熱材 50mm+50mm(垂木上)
【開口部仕様】	ハイスایدライト:Low-E ペアガラス U=1.37W/(m ² ・K) 1・2階:Low-E トリプルガラス U=0.92W/(m ² ・K)
【設備】	熱源 都市ガス エコジョーズ(暖房用温水+給湯)+ロードヒーティング 配管設備 床下転がし温水配管+埋込温水配管(ホール・トイレ・風除室) 換気設備 第3種換気

本稿は既報1)、2)を再整理したものである。

¹⁾ 札幌市立大学大学院デザイン研究科博士前期課程 大学院生
(〒005-0864 札幌市南区芸術の森1丁目)

²⁾ ㈱遠藤建築アトリエ 代表・芸術学修士

³⁾ 札幌市立大学デザイン学部 教授・博士(工学)

¹⁾ Graduate Student, Graduate School, Sapporo City Univ.

²⁾ Representative, Endo Architectural Atelier Co., Ltd., M. Arts.

³⁾ Prof., School of Design, Sapporo City Univ., Dr. Eng.

2. 建築・設備概要

図1は、オフィスの1・2階の平面図と計測機器の配置である。この建築は南北軸に配置され、南側と西側が道路に面し、南側に街路樹と水面鏡がある。1階は主に来客・打合せ・休憩スペース、2階はスタッフ(13名)のアトリエである。双曲放物面の屋根の2階北東・南西の角にハイサイドライトがあり、1・2階南・西面に大開口のLow-Eトリプルガラスがある。外壁は軸間と付加断熱(計200mm厚)で熱貫流率は $0.17\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ である。

暖房設備は、1階には床下空間(高さ220mm)があり、床スラブ表面に温水配管をころがしで配置し、ホール(土間)・風除室とトイレの床内部には温水配管を埋込んでいる。1・2階床面には通気用スリットを複数設けている。換気は1階倉庫をチャンバーとして外気を自然給気し、床下空間に移動した外気が温められた後、階段部・各床面にあるスリットを通過して上昇し、上下温度差を駆動力とする対流によって暖気を室全体に行きわたるよう計画した。その一部の空気は2階北東・南西角と1階トイレから強制排気し、残りは還気として1階倉庫に戻す計画とした。

3. CFD解析の結果・考察

基本設計時に冬季を想定したCFD解析を行なった(ソフトウェアクレイドル/STREAM Ver.14.1)。CFD解析の目的は、屋根の形状、窓の断熱仕様、床面温度(温水配管の表面温度)の差が室内の表面温度・空気温度にどの程度の影響を与えるかを確認することとして、日射や人体・照明など室内発熱考慮していない。夏季は日射遮蔽の徹底と通風・換気の組み合わせによって、スタッフの熱的快適性を確保できることが予想されたため解析の対象外とした。

図2は、表1の建築・設備仕様、表2の解析条件を与えて得られた冬季室内の表面温度分布、図3は階段部の空気温度分布である。1階倉庫で給気された外気が倉庫の床下空間に入り、ころがしの温水配管面から熱が空気に伝わり、暖められた空気は1階床面スリット、階段部分、2階床面スリットを通過して上昇し室全体に拡がる。双曲放物面の屋根形状は、上昇した暖気を効率よく引き上げた後、壁際での緩やかな下降を促す。その結果、1階の空気温度は $18\sim 19^\circ\text{C}$ 前後、2階は 17°C 前後(上下温度差 $2\sim 3^\circ\text{C}$)になる。階段部の吹抜けでは緩やかな対流によって1階から暖気が上昇し、室内への拡がり確認できる。日射の受熱や人体・照明・機器発熱の影響を踏まえると、表面温度・空気温度は図2、3の結果よりやや上昇すると考えられる。

図4は、南北断面における階段部(吹抜けの階間部)とスリット開口部の気流速度を示したものである。1階倉庫から床下・室全体を廻った後、倉庫に還気として戻っている。気流速度は、階段部で約 0.4m/s 、多くの床スリット開口部で約 $0.1\sim 0.2\text{m/s}$ で、上昇気流(暖気)が発生するのに対して、1階倉庫の天井・床面のスリット開口部では約 $0.1\sim 0.4\text{m/s}$ の下降気流が生じている。

4. 熱環境実測・アンケート調査の概要

熱環境実測は、竣工後の初冬を迎えた2019年11月26日から2020年2月末日までの冬季と、2020年8月5日から2020年9月4日までの夏季に実施し、空気温湿度(ティアンドデイ/RTR-503, RTR-53A)、小型灰色球によるグローブ温度(ティアンドデイ/TR-52i)、水平面照度(ティアンドデイ/TR-74Ui)を10分間隔で計測した。また、床暖房用

図1 平面図(上:2階・下:1階)と機器配置

表2 CFD解析条件(冬季)

【乱流モデル】	線形低レイノルズ数型 / 解析要素数: 450, 224
【外部環境】	外気温 -5°C / 外気湿度 65%(一定) / 日射・内部発熱無し
【表面・床面温度】	床下空間: 温水配管の表面温度 50°C (一定) ホール・風除室: 床面温度 40°C (一定) トイレ: 床面温度 30°C (一定)
【換気量】	$380\text{ m}^3/\text{h}$ (換気回数0.5回/h程度)

の温水温度や流量レベル、窓の開閉、換気扇の強弱などの記録は、調整の際にスタッフが記録用紙に記入した。

スタッフ(13名)への申告調査は、冬季1回目:2019年12月23日、24日と、2回目:2020年2月28日に、夏季:2020年9月4日に行なった。1日3回を目安に想像温度・寒暑感・快適感・オフィス内で「最も心地良さそうな場所」とその理由を図5の用紙に申告してもらった。また、スタッフの動きを確認するため、2階の室全体画像(GoPro/HERO6 Black)を1分間隔で自動撮影し、室内主要箇所の熱画像(FLIR/C3)も撮影した。2月28日と9月4日には、階段部とスリットにて気流速度(①・②柴田科学工業/ISA-69、③・④日本カノマックス/6036、⑤柴田科学工業/ISA-90)を2秒間隔で記録した。

5. 実測結果・考察

5.1 冬季・夏季の室内空気温度

図6～8は、冬季(1・2回目)と夏季の調査前日からの外気温(敷地から直線距離433mの札幌管区気象台)に対する各点の空気温度の経時変化である。冬季1回目(12/23、12/24)の天候は「晴れ時々曇り」で、前日から終日氷点下になっており実測中の平均外気温は -2.8°C であった。冬季2回目(2/28)の天候は「曇り時々雪」で、実測中の平均外気温は -0.1°C であった。夏季(9/4)の天候は「曇り時々晴れ」で、実測中の平均外気温は 27.7°C であった。調査当日、冬季は1階の床暖房のみ、夏季は2階と1階(来客時)のエアコンを使用していた。冷房設定温度は全て 24°C 設定で2階には南北に1つずつあり(図1)、調査当日は南側を冷房、北側を送風モードで使用していた。

冬季は1・2回目とも調査当日の1階の平均室温は約 25°C 、2階は約 23°C で1階の方が 2°C 高い。また、最も温度が高いのは①1階ミーティングルーム(以下、1階MTGルーム)の床スリット(床下スラブ面からの高さ880mm)で、次に②1階打合せスペースの床スリット、⑤土間天井スリット(FL2, 940mm)の順である。これらは、 $25\sim 33^{\circ}\text{C}$ で推移している。1回目で①1階MTGルームの床スリットの温度が 30°C 以上なのは、竣工後初めての冬で床スラブの温度が低いことを想定して、温水の送水温度を 37°C にした影響である。1階床下(30°C 以上)を熱源として1階(25°C)を経て、2階(23°C)に暖気が上昇していると言える。なお、1・2階の上下温度差(約 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$)は、図3のCFD解析の結果と概ね同じである。一方、1階の③倉庫床スリットと⑧天井スリットの温度は $20\sim 22^{\circ}\text{C}$ で、外気が倉庫の床下に吸い込まれ、天井から還気として戻っていると考えられる。また、2階の⑥東側床スリットも1階倉庫の床・天井スリットと同様に $21\sim 22^{\circ}\text{C}$ であった。これは、窓が高断熱なLow-Eトリプルガラスで冷気流の発生を最小限に留めたため、 20°C 以上を維持したと考えられる。

夏季は、日中の外気温が 30°C に達するが、室内は冷房によって 27°C 以下である。1階の平均室温が約 25°C 、2階は約 26°C で2階が1階よりも 1°C 高い。また、最も温度が低いのは③倉庫床スリットで、次に②1階打合せスペースの床スリット、①1階MTGルームの床スリットの順で、 $23\sim 24^{\circ}\text{C}$ で推移している。これは、床スラブの蓄冷による影響が出ていると考えられる。

5.2 冬季・夏季の室内表面温度

図9は、冬季(1回目:午前10:35)の1階MTGルームと土間床の写真と熱画像である。MTGルームの机下にはスリットが開いていて床下空間から $31\sim 32^{\circ}\text{C}$ の空気が上昇して室全体を暖めている。それによって、空気温度とグローブ温度はともに約 25°C になっている。また、土間床(表面温度 $33\sim 34^{\circ}\text{C}$)を熱源として、階段部の吹抜けを利用し

月 日 : 氏 名 :		
現在の室温 (想像)	現在の外気温 (想像)	現在の室温を何度変化させると快適 (+/-)
℃	℃	℃
寒暑感 ☐ とても寒い ☐ 寒い ☐ やや寒い ☐ 涼しい ☐ 暑くも寒くもない ☐ 暖かい ☐ やや暑い ☐ 暑い ☐ とても暑い		
快適感 乾湿感 ☐ とても不快 ☐ 不快ではない ☐ やや快適 ☐ 快適 ☐ 乾燥している ☐ どちらでもない ☐ ジメジメしている		
気流感 明るさ感 ☐ 風を感じる ☐ どちらでもない ☐ 風を感じない ☐ 明るい ☐ どちらでもない ☐ 明るい		
快適になるために何がしたいか 着衣量		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> ☐ 窓を開ける ☐ 窓を閉める ☐ 水を飲む ☐ 湯を飲む ☐ 衣服を調整する ☐ カーテンを開ける ☐ カーテンを閉める ☐ 何もしない ☐ 暖房を入れる ☐ その他 ☐ 仰ぐ </div> <div> ☐ 半袖シャツ ☐ スカート (膝上・膝下) ☐ 七分袖シャツ ☐ スボン (膝上・膝下) ☐ 長袖シャツ ☐ タイツ ☐ ヒートテック ☐ 薄カーディガン ☐ 靴 ☐ マット ☐ 厚カーディガン ☐ その他 ☐ セーター </div> </div>		
現在いる場所 (○) 最も心地良さそうな場所 (●)		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div>2F 平面図</div> <div>1F 平面図</div> </div>		
なぜそこが最も心地良いか (理由) 直近の行動とこれからの行動		

図5 使用したアンケート用紙

図6 冬季1回目の空気温度(2019/12/22~24)

図7 冬季2回目の空気温度(2020/2/27~28)

て空気を2階に上昇させている。

図10は、夏季(午前10:00)の1階MTGルームと土間床の写真と熱画像である。MTGルームの机下スリット部分の床下空間は約23℃で、床スラブが蓄冷している影響と考えられる。その結果、1階の空気温度とグローブ温度は終日に渡って約25℃で、西側の土間床の表面温度も午前中は日射受熱の影響がなく23~25℃を維持する。

5.3 冬季・夏季の室内での気流速度

図11と12は、冬季(2回目:12:15~13:10)と夏季(13:00~15:00)の①~⑤の気流速度である。冬季の④階段部の気流速度は平均0.08m/s、①1階MTGルーム床スリットと③天井スリットはそれぞれ0.05m/s(補正值)、0.1m/sで、1階の②倉庫床スリットと⑤天井スリットはそれぞれ0.1m/s、0.14m/sであった。各スリットの気流速度は0.1~0.25m/sで、図4のCFD解析の結果よりやや小さい。

夏季の気流速度は、階段部を除いて冬季より平均で3倍大きかった。④階段部と①1階MTGルーム床スリットは0.1m/s、③1階MTGルーム天井スリットは0.3m/s、1階の②倉庫床スリットは0.4m/s、⑤倉庫天井スリットは0.3m/sであった。③1階MTGルーム天井スリットの気流速度が大きいのは2階南側の冷房による緩やかな下降気流の影響と考えられる。①1階MTGルーム床スリットの14:35~14:45で気流速度が大きくなっているのも1階MTGルーム・打合せスペースで冷房を使用した影響(13:25~14:45)と考えられ、図8で示した空気温度からも確認できる。さらに、②倉庫床スリットと⑤天井スリットが13:30から気流速度が大きくなるのは、2階北側のエアコンを送風で使用していたため、2階の空気が1階倉庫に戻る流れが現れていると考えられる。

5.4 スタッフの寒暑感・快適感・行動・想像温度

図13は、冬季1・2回目、夏季の申告結果である。2階のアトリエにいるスタッフが自席にて申告したので、自席近傍での熱・光環境に対する感覚で、左上から寒暑感・快適感・乾湿感、左下にいき気流感・明るさ感・環境調整行動である。

冬季の寒暑感は、1回目に「やや寒い」・「涼しい」が計30%ほどあるが、一冬を過ごした2回目は寒冷側の申告が無くなり、「暑くも寒くもない」・「温かい」が85%を超える。快適感は、1回目に「不快」が34%あるが2回目は無い。前述の通り1・2階の室温は1・2回目とも変わらないが、1・2回目の申告日の2階平均室温は1回目(23.0℃)が2回目(23.6℃)より0.6℃低かった。1回目は竣工後2ヵ月で床スラブが冷えていた影響があり、2回目ほど暖気の上昇・室内への拡散が十分でなかったと考えられる。2回目は床スラブの温度が高くなり、穏やかな室内気候が形成されたと考えられる。乾湿感の「乾燥している」は、1・2回目とも室内の相対湿度が20~30%であった影響と考えられる。気流感をみると、冬季は1回目に「風を感じる」があるが2回目は無い。2回目は床スラブの温度が上昇し、穏やかな室内気候が形成されたと考えられる。明るさ感は1回目(冬至後)よりも2回目(晩冬)の方が「明るい」側に変化している。1・2回目ともに14:30時頃からタスク照明をつけるスタッフがいて、1回目は15時に、2回目は17時頃に2階全体の電灯照明がつけられた。1回目は積雪が少なく、2回目は1回目に比べて積雪が多かったため、室内への入射日射と雪面反射光が入射した影響があったと考えられる。

環境調整行動は、1回目で「衣服を調整する」・「暖房を入れる」があるが、2回目は「窓を開ける」・「水を飲む」が増え、その他では「加湿」があったので、冬季の室内での一寸した暑さと乾燥を緩和するた

図8 夏季の空気温度(2020/9/3~4)

図9 1階床の写真と熱画像(2019/12/23 10:35)

図10 1階床の写真と熱画像(2020/9/4 10:00)

めの行動と考えられる。

夏季の寒暑感は、暑熱側が「やや暑い」までの申告である。また、「やや寒い」の申告は、南側に設置されているエアコンに最も近い席のスタッフによるものだが、「不快ではない」とも申告していた。快適感は、「不快」が7%あり、その時の寒暑感は暑熱側の「温かい」・「やや暑い」と申告していた。乾湿感は、屋外の相対湿度が約80%に対して室内は約60%だったので、「乾燥している」・「ジメジメしている」申告はそれぞれ申告時間が異なっても同じスタッフの申告が多かった。気流感は、「風を感じる」が32%あり、北側に座っているスタッフの他に、階段部や⑥東側床スリットに近いスタッフが

申告していた。明るさは、午前中に「明るい」申告が多く、午後から夕方のみ「暗い」申告が31%あった。これは、調査当日の午前中に日射があり、午後から曇りで日射がなかったことが影響していると考えられる。また、夏季は15時からタスク照明をつけるスタッフが出てきて、17時頃に2階全体の電灯照明がつけられた。環境調整行動は、「冷房を入れる」・「水を飲む」が最も多く半数近くを占める。また、「仰ぐ」・「衣服を調整する」やその他で「身体を洗いたい」などがあり、暑さに対する緩和行動が多かった。

オフィス内で「最も心地良さそうな場所」は、冬季では1階ホール(土間)が最大で34%申告されていた。これは、大開口がもたらす景色や明るさの影響と、冬季は床面からの温かさを感じたためと考えられる。一方、2階のアトリエでは自席が「最も心地良さそうな場所」と申告する割合は7%と低かった。また、他の場所に移動して「温まりたい」は45%、「涼みたい」は11%であった。特に、2階のハイスライドライトを通して日射が当たる南側の席のスタッフ(3名)は、「明るい」の他に「温度変化のない日陰の北側に移動したい」の申告があった。また、夏季ではエアコンからの風が当たる距離や日射遮蔽の状態によるが、32%の回答が自席と申告し最も多かった。その他では半数近く(46%)が2階より1階の方が涼しい、直射日光の影響が少ないと感じて1階のMTGルームや打合せスペースへの移動を希望する申告があった。これは、スタッフが普段過ごす環境として1階と2階の熱環境の差を認識していることを示唆している。

図14は、寒暑感ごとの快適感申告である。図13で示した通り、冬季1回目では「やや寒い」・「涼しい」かつ「不快」とした人が多いが、冬季2回目では解消されている。また、夏季の「不快」申告は少ない。スタッフが冬・夏の室内気候の特性を理解し、「住みこなし」が表れ始めたと考えられる。

図15は、申告時の室温と外気温に対するスタッフの想像温度の分布である。冬季1・2回目の室内の実際の空気温度(以下、実際温度)は24~25℃でほとんど差がないが、室内の想像温度の申告幅は冬季1回目(19~27℃)よりも冬季2回目(21~26℃)の方が小さい。これは、スタッフがオフィス内に設置されている温度計の示度を時々確認し、自らの中に体感温度の尺度が構築された影響と考えられる。夏季は、室内の実際温度が26℃で、室内の冬から夏にかけての平均室温は25℃であることが分かった。全体をみると、室内では実際温度より想像温度の分布の方が低いのに対し、屋外は実際温度と想像温度の分布が概ね同じになっている。これは、スタッフが当日の天気予報を確認する機会があり、屋外の方が室内よりも想像しやすかった可能性がある⁶⁾。

図16は、寒暑感ごとの実際温度と想像温度の分布である。寒暑感は「寒い」側から「暑い」側になるにつれて、実際温度・想像温度ともに上がる。ただし、想像温度の上昇の傾きは、実際温度のそれよりも大きい。想像温度の方が実際温度より寒暑感との相関が高いことは既往研究^{5),6)}でも確認されているが、その傾向が表れている。冬季1回目に「やや寒い」・「涼しい」申告の想像温度は概ね20℃以上(実際温度22~23℃)である。また、「暑くも寒くもない」申告時の実際温度(平均)は冬季1・2回目、夏がそれぞれ24℃、25℃、26℃なのに対して、想像温度は他の申告よりも幅が大きく、冬季1・2回目が22℃、夏季が25℃である。季節に関わらず「暑くも寒くもない」申告時の想像温度は実際温度よりも低い、これ(22℃)は冬季1回目

図1-1 冬季の階段部・各スリットの気流速度 (2020/2/28 12:15~13:10)

図1-2 夏季の階段部・各スリットの気流速度 (2020/9/4 13:00~15:00)

図1-3 冬季の1、2回目、夏季のアンケート調査の結果

の「やや寒い」・「涼しい」申告時の想像温度(21.5℃、20.5℃)よりは0.5~1.5℃高い。冬季の「暑くも寒くもない」と「やや寒い」・「涼しい」の想像温度は20~22℃の範囲にあると考えられる。同様に、夏季の「やや寒い」・「涼しい」申告時の想像温度は24℃、22.3℃、「温かい」・「やや暑い」申告時の想像温度は25.3℃、25.5℃なので、「暑くも寒くもない」は24~25℃の範囲にあると考えられる。

図17は、快適感ごとの実際温度と想像温度の分布である。冬季1回目は「不快」側から「快適」側になるにつれて、想像温度が上がるが2回目は下がる。これは、床下暖房と土間床暖房によって室全体の空気温度が上昇し、想像温度の幅として23~24℃程度を「快適」と感じたと考えられる。夏季は「不快」側から「快適」側になるにつれて想像温度・実際温度ともに下がる。「不快ではない」申告時の想像温度の幅は他より大きく、「不快」との境界は冬季：22~23℃、夏季：25~26℃である。以上より、本オフィスでは、冬季：22℃以上、夏季：25℃以下の温度帯をスタッフが想像できれば、「暑くも寒くもない」かつ「不快ではない」状態になると予想される。以上は、「住みこなし」が表れているかを判断するための情報と考えられる。

6. まとめ

- 1) 冬季は、床下空間で暖められた空気がスリットを介して1階に上昇し、土間の床暖房(埋込み部)を放射熱源としてさらに2階への上昇を促す。室全体の空気温度は、23~25℃で快適性が得られていることを実測で確認した。
- 2) 夏季は、床下空間の蓄冷による床面からの冷放射により1階が23℃前後で、2階では冷房と送風、通風の組み合わせによって快適性が得られていた。
- 3) スタッフの快適性は、竣工後約1年で「不快」申告が減った。寒暑感、想像温度の申告から、冬季・夏季の室内気候を経験して「住みこなし」が表れたと考えられる。

謝辞

本調査を実施するにあたり、(株)遠藤建築アトリエ 設計主任 横木達雄様ほか12名のスタッフの皆さまには多大なるご協力・支援をいただきました。ここに記して謝辞とします。

参考文献

- 1) 斉藤雅也・遠藤謙一良・横木達雄：双曲放物屋根をもつ木造オフィスの冬季の室内気候デザイン，日本建築学会北海道支部研究報告集，No. 92，pp. 177-178，2019. 6.
- 2) 中谷航平・廣林大河・遠藤謙一良・横木達雄・斉藤雅也：双曲放物屋根をもつ木造オフィスの冬季の室内気候と快適性 スタッフの想像温度と快適感・行動について，日本建築学会北海道支部研究報告集，No. 93，pp. 193-196，2020. 6.
- 3) Tatematsu, K., et al.: THERMAL INSULATION AND EQUIPMENT PERFORMANCE OF A NEWLY BUILT DETACHED HOUSE IN HOKKAIDO, Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ), Vol. 80, No. 707, pp. 67-77, 2015. 1. (in Japanese)
立松宏一ほか5名：北海道における新築戸建て住宅の断熱および設備仕様調査 一次エネルギー消費量の推定と設備の選択要因に関する考察，日本建築学会環境系論文集 Vol. 80, No. 707, pp. 67-77, 2015. 1.
- 4) Matsuo, Y., et al.: EXERGY EVALUATION OF WHOLE-ROOM HEATING IN A PASSIVE VENTILATION HOUSE USING A WOOD BURNING STOVE, Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ), Vol. 81, No. 719, pp. 73-82, 2016. 1. (in Japanese)
松尾悠佑ほか3名：パッシブ換気住宅における薪ストーブを用いた全室暖房時のエクセルギー評価，日本建築学会環境系論文集，Vol. 81, No. 719, pp. 73-82, 2016. 1.
- 5) Saito, M.: STUDY ON OCCUPANTS' COGNITIVE TEMPERATURE SCALE FOR THEIR ENVIRONMENTAL CONTROL BEHAVIORS, Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ), Vol. 74, No. 646, pp. 1299-1306, 2009. 12. (in Japanese)
斉藤雅也：ヒトの想像温度と環境調整行動に関する研究 夏季の札幌における大学研究室を事例として，日本建築学会環境系論文集，Vol. 74, No. 646, pp. 1299-1306, 2009. 12.

図14 寒暑感と快適感ごとの申告数

図15 室温と外気温に対する室内と屋外の想像温度

図16 寒暑感ごとの実際温度と想像温度

図17 快適感ごとの実際温度と想像温度

- 6) 斉藤雅也・辻原万規彦：ヒトの想像温度の形成プロセスに関する考察，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp. 269-272，2018. 9.

[2020年10月7日原稿受理 2021年1月18日採用決定]