

## 50

## 夏季のオープンクーリングによる住宅の室内気候

## その2 東京にある住宅の熱環境実測と住まい手の申告調査

学生員 ○ 堤 晴季 (札幌市立大学) 学生員 熊谷 菜花 (札幌市立大学)  
 田中 祐輔 (旭化成建材株式会社) 米本 晋太朗 (株式会社カイトー商会)  
 会員 斉藤 雅也 (札幌市立大学)

Indoor climate of Houses under the Open Cooling in Summer  
 Part.2: Indoor climate and the survey for occupants in a house in Tokyo

Haruki TSUTSUMI\*, Nanoha KUMAGAI\*, Yusuke TANAKA\*\*  
 , Shintaro YONEMOTO\*\*\*, and Masaya SAITO\*

\* Sapporo City University  
 1 chome, Geijutsunomori, Minami-ku, Sapporo,  
 Hokkaido, 005-0864, Japan  
 e-mail : 2262020@st.scu.ac.jp

\*\* Asahi Kasei Construction Materials \*\*\* Kaitoh company

## ABSTRACT

In highly insulated houses with passive ventilation system that are widely used in cold regions (Hokkaido), "open cooling (OC)" in summer is considered to be advantageous for the thermal comfort of the occupants. However, there are no proven cases in warmer climates such as Tokyo.

Thermal environment measurements and sensory tests on two occupants of a house in Mitaka, Tokyo, were made from August to September 2022. The occupants' cognitive temperature was 25 to 27°C, with 90% of their votes of "comfortable" and the remaining 10% of "not uncomfortable". Most of the time was spent in the "OC" mode by the occupants.

キーワード: オープンクーリング, 想像温度, 熱的快

Keywords : open cooling, cognitive temperature, thermal comfort

## 1. はじめに

現在、運用されている「平成25年省エネルギー基準<sup>1)</sup>」において、東京・大阪などの温暖地に建つ住宅の断熱性(外皮平均熱貫流率:  $U_a$  値)は、北海道に代表される寒冷地ほどは求められていないが、断熱・気密性は、その1.のオープンクーリング(以下, OC)とパッシブ換気の併用によって夏季の熱的快適性を高める効果があると予想される。その2.では、温暖地での実検証を行なうために、2022年7月に東京都三鷹市に竣工した住宅の熱環境実測と住まい手の想像温度(今、何°Cと思うか?)<sup>2)</sup>・寒暑感・快適感などの熱的感覚について申告調査を行なった。OC時もしくはクローズクーリング(以下, CC)時における室内各点での空気温湿度、グローブ温度に対する想像温度、快適感、寒暑感等を考察した。



Fig. 1 An outside view of house in Mitaka

## 2. 対象住宅の概要

Fig.1に対象住宅の外観を示す。Fig.2~4にこの住宅の1階・2階・ロフトの平面図を示す。この住宅の断熱・気密仕様は、外皮平均熱貫流率 ( $U_a$  値) : 0.31W/( $m^2 \cdot K$ ), 相当すき間面積 (C 値) : 0.2  $cm^2/m^2$ で、北海道では標準仕様の断熱・気密性を備えている (Table. 1)。また、この住宅はパッシブ換気を採用し、室内発生熱を内外温度差による煙突効果を活かして屋外に排気する仕組みを備えている。さらにロフトの高窓を開放することによって、パッシブ換気のみよりも大きな換気量を確保できる。エアコンは、階段室(吹抜け)の2階 (FL: 1800 mm) の場所に設けられている。今回は、ロフトの高窓を開放し、2階に設置されたエアコン(1台)を運転することでOCを実現するものである。

## 3. 実測調査の概要

実測調査は、2022年8月25日~9月26日に実施した。Fig.2~4に示す位置に空気温湿度 (T&D, RHR-503), グローブ温度 (T&D, TR-52i) を10分間隔で、気流速度 (KANOMAX, 6036-A0) を1秒間隔で計測・記録した。気流速度の計測は2022年8月25日(初日)に調査者が行なった。また、同日午前から午後にかけて住宅内の表面温度を把握するため、リビングや階段などの表面温度を赤外線放射カメラ (FLIR Systems, FLIR C3) で撮影した。

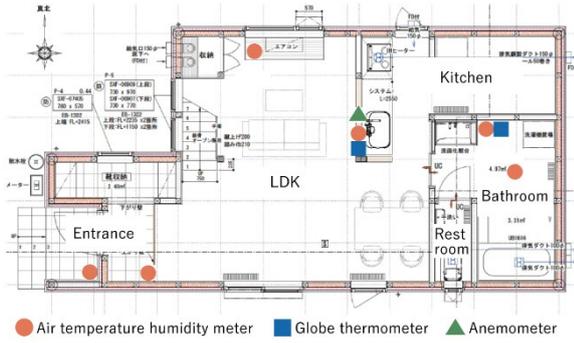


Fig. 2 First floor plan

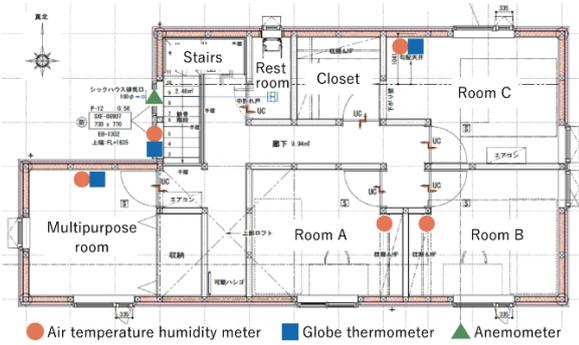


Fig. 3 Second floor plan

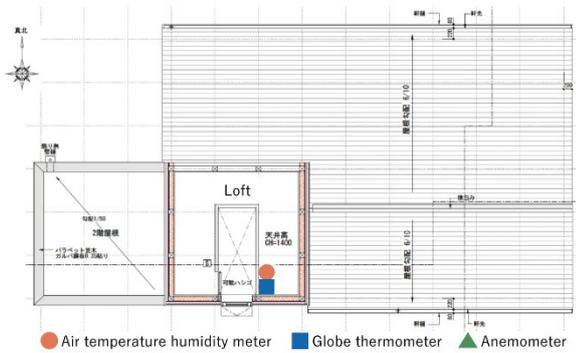


Fig. 4 Loft floor plan

この住宅に住む夫婦（2名）を被験者として、自宅の熱環境に対する申告に協力してもらった。調査は、任意の時間でそれぞれの想像温度・寒暑感・乾湿感・気流感・熱的な快・不快感・最も心地よさを感じる空間・普段の冷房使用時に関する申告等を収集した。申告方法は、インターネットを介したGoogle Formsによる調査票に回答してもらう方式として、申告データを随時収集した。Table 2 に申告調査項目を示す。住まい手の不在時や回答忘れを除き、午前・午後の1日2回以上の申告を依頼した。また、調査最終日（2022年9月26日）に実測機器を回収後、住まい手のヒアリング調査を行ない、申告調査の結果と併せて取りまとめた。

Table. 1 Insulation and airtightness specifications for housing

Location	Mitaka city, Tokyo	
Structure	Traditional wooden frame construction method	
Total floor space	104.34 m <sup>2</sup>	
Total room volume	263.3 m <sup>3</sup>	
Average U-value	0.31 W/m <sup>2</sup> · K	
C-value	0.2cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	
Insulation specification	Roof	Phenolic foam 60mm + Phenolic foam 60mm (other than multi-purpose room)
	Outer wall	Phenolic foam 60mm + Glass wool ( high performance16K) 105mm
	Floor exposed to outside air	Phenolic foam 20mm + Glass wool (24K) 200mm
	Foundation	Expanded Poly-Styrene No.1 50mm
	Specifications of the opening	PVC Insulated Resin Sash (Low-E double glass. Reticulated glass)
	Highly insulated metal structural door	
Ventilating facilities	BAKUMA INDUSTRIAL Co.,Ltd. KP-08DS+FY-17CFR8V+RE-100JFK	
cooling equipment	Mitsubishi Electric MSZ-HXV56205	



Fig. 5 Thermal images at points ① to ④

Table. 2 Questions used in the declaration survey

No.	質問項目	選択枚
1	今、何°Cだと思いますか？ Cognitive Temperature (What temperature do you feel now)	自由記述 Free-text entry
2	今の室内の暑さ感について、どのように感じますか？ Thermal Sensation	とても暑い/暑い/やや暑い/ちょうどよい/涼しい/やや寒い/寒い/とても寒い Very hot / Hot / Somewhat hot / Just right / Cool / Somewhat cold / Cold / Very cold
3	今、室内での空気の動きを身体で感じますか？ Air Current Feeling	はい/少し感じる/いいえ Yes / A bit / No
4	3で「はい/少し感じる」と回答した場合、室内空気の動きの方向は、以下のどれに当てはまりますか？ Air Movement	上から下への空気の動き/下から上への空気の動き/横方向の空気の動き From top to bottom / From bottom to top / Horizontal direction
5	今の室内の明るさについて、どのように感じますか？ Room brightness	とても明るい/明るい/やや明るい/ちょうどよい/やや暗い/暗い/とても暗い Very bright / Bright / Somewhat bright / Just right / Somewhat dark / Dark / Very dark
6	室内の光に動きを感じますか？ Light Movement	規則的な動き/不規則な動き/光に動きを感じない Regular / Irregular / No sense of movement in the light
7	今、汗をかいていますか？ Sweaty or dry	はい/少し汗をかいている/いいえ Yes / A bit / No
8	今、空間内に湿り気を感じますか？ Feeling of Humidity and Dryness	はい/少し湿り気を感じる/いいえ Yes / A bit / No
9	今の熱的な快・不快感をお答えください。※表を参考にお答えください。 Thermal Comfort	不快/不快ではない/快適 Uncomfortable / Not uncomfortable / Comfortable
10	ご自宅の中で、最も熱的な快適性を感じる空間はどこですか？ Thermally comfortable location	リビング/ダイニング/キッチン/階段ホール/階居室/洗面・脱衣室 Living room / Dining room / Kitchen / Staircase hall / Second-floor rooms / Washing and dressing
11	エアコンを使用する際、設定温度は何度になっていますか？ Set Temperature	自由記述 Free-text entry
12	エアコンを使用する際、窓は開放していますか？ OC or CC	はい/いいえ/時々解放している Yes (OC) / No (CC) / Sometimes

## 4. 調査結果

### 4.1. OC時の熱環境

Fig. 5に2022年8月25日に撮影したOC時の熱画像を示す。上から順に、①リビング、②1階から上を見た階段、③2階から下を見た階段、④ロフト部である。階段の熱画像を見ると、1階から2階にかけて表面温度帯に差があることがわかる。これは、階段上に設置されたエアコンからの冷気が階段下に下降している現れと考えられる。

また、リビングとロフトでは最大で約3°Cの表面温度差があるが、これは暖気が上方に運ばれている状態が表面温度に表れていると考えられる。暖気はロフト上部の高窓から排出されるため、リビングの室温は約26°Cを保っていると考えられる。

前報その1の結果より、エアコンからの冷気が住宅下部に降りることに加えて、熱気の排出による上下の気流変動が見られたが、東京でのパッシブ換気を有する住宅でも同様の熱環境が形成されていると考えられる。

### 4.2. 想像温度と熱的快適感

Fig. 6(left)は、住まい手の想像温度の申告結果である。概ね25~27°Cで、25°Cが7割を占める。Fig. 6(right)は、住まい手の快適感申告で、「不快」申告はなく、約87%が「快適」、残りが「不快ではない」だった。申告調査終了後にヒアリングをしたところ、1階リビングでの申告が大半を占めた。その結果が表れていると考えられる。

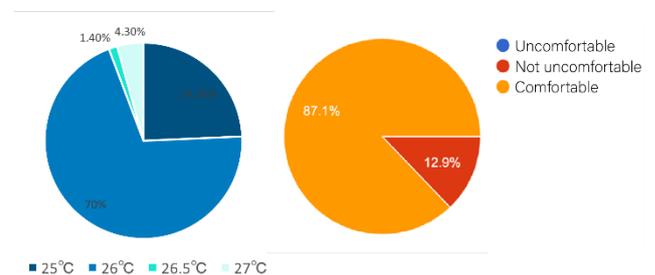


Fig. 6 Cognitive temperature (left) and thermal comfort (right) of the occupants

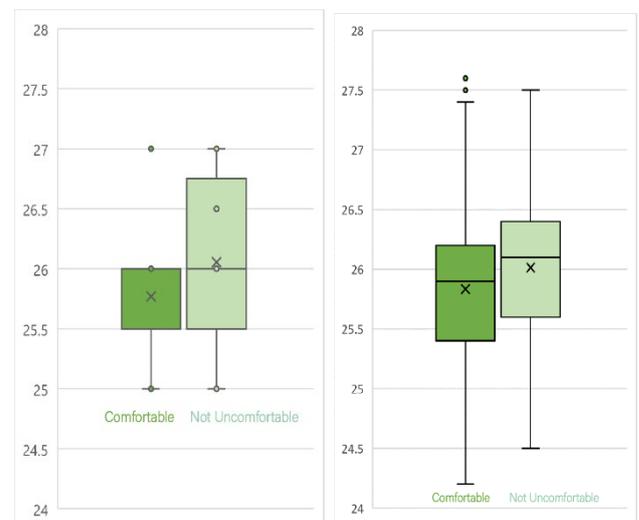


Fig. 7 Cognitive temperature(left) and globe temperature(right) which the occupants felt thermal "comfortable" or "not Uncomfortable"

Fig. 7に「快適」・「不快ではない」申告があった時の想像温度(left)とグローブ温度(right)の範囲を示す。「快適」は25.5~26%が過半を占め、「不快ではない」は25.5~約27℃の範囲にある。「快適」の想像温度の範囲は、「不快ではない」よりもやや低い側で、「快適」と「不快ではない」の質感の差があることを示している<sup>3)</sup>。さらに、「不快ではない」の想像温度が「快適」よりも高めに出ることは、「不快ではない」の温度に対する許容度が「快適」のそれよりも(夏季の室内気候では)1℃ほど高いことを示唆している。

右のグローブ温度についても想像温度と同様の傾向とはあるが想像温度より顕著ではない。なお、以上の申告は全70申告のうち、OCは61回(86%) CCは9回(14%)という回答を得た。CCモードの時は台風が来ているなどの影響で窓を閉めた時が多く、住まい手は大半の時間をOCモードで過ごしていた。

#### 4.3. OC・CC時の気流感

Fig. 8は、「空気の動きを感じたか」に対する気流感申告である。90%以上が「気流を感じなかった」と申告している。また、OCの回答(n=61)のうち、「気流を感じない」申告は56回(92%)、「気流を少し感じる」申告は5回(8%)であった。OC時であっても、住まい手には可感気流はないことが確認できた。

#### 4.4. OC・CC時の乾湿感

実測中の主要居室の平均相対湿度は約57%、平均絶対湿度は13.8g/m<sup>3</sup>で、熱的な不快につながる湿度ではない。Fig. 9に示すように、住まい手の体感は「はい(湿っていると感じる)」申告はゼロで、湿度の高い夏季の東京において、OCであっても室空間全体として熱的な不快をもたらさない熱環境といえる。

#### 4.5. OC・CC時の寒暑感

Fig. 10に示す寒暑感申告については、ほとんどの申告が「ちょうどよい」(n=48)で、次いで「涼しい」・「やや暑い」の申告が多かった。また、OC時の79%、CC時の78%が「ちょうどよい」と申告しており、OCとCCの違いによらず、住まい手にとっては概ね過ごしやすい室内気候を保っていたと言える。

一方、熱的快適感で「快適」の申告時に、寒暑感「やや暑い」が約5%なのに対して、「不快ではない」申告時には「やや暑い」が50%以上を占めていた。住まい手が「不快ではない」と感じる条件は、寒暑感が「やや暑い」側にあっても概ね問題なく室内で過ごすことができる、許容できる状況下にあったと言える。

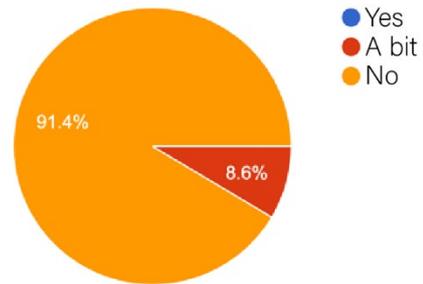


Fig. 8 Air current feeling

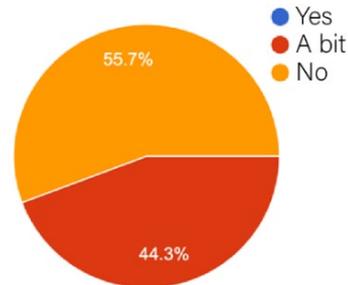


Fig. 9 Feeling of humidity and dryness

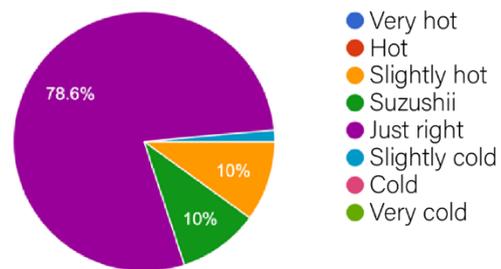


Fig. 10 Thermal sensation votes

### 5. まとめ

- 1) 東京にある高断熱・高気密なパッシブ換気住宅の、住まい手は、夏季の実測期間中のほとんどをOCモードで過ごし、想像温度は25~27℃で「快適」・「不快ではない」を得ていた(CCモードの主は台風時)。
- 2) 「不快ではない」時の想像温度は「快適」よりも1℃高かった。これは、夏季の「不快ではない」と「快適」の質感の差、「不快ではない」の温度に対する許容度を示し、OCは「不快ではない」をひき出す手法と考えられる。

### 参考文献

- 1) 国土交通省：住宅・建築物の省エネルギー基準、平成25年改正のポイント、2013 <https://www.mlit.go.jp/common/000996591.pdf> (22.10.20アクセス)
- 2) 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、第74巻 第646号、pp.1299-1306、2009.12.
- 3) 佐々木優二・斉藤雅也：ヒトの想像温度尺度による熱的快・不快感の評価に関する研究 冬季の放射・対流暖房でのヒトの想像温度の考察、日本建築学会環境論文集 第86巻 第783号、pp.517-525、2021.5.