

積雪寒冷地における太陽光発電システムを有する高断熱・高気密住宅の性能評価 その4 パッシブ換気住宅における室内空気循環の把握

高断熱・高気密 パッシブ換気 総換気量
室間換気量 上下温度差 CO₂濃度

正会員 ○永沼 純一※¹
同 羽山 広文※³
同 阿部 佑平※⁴

同 菊田 弘輝※²
同 吉田 卓生※¹

1. はじめに

本研究では、積雪寒冷地における太陽光発電システムを有する高断熱・高気密住宅を対象とし、太陽光発電による省エネ効果と熱・換気性能を定量的に評価することを目的とする。

本報では、パッシブ換気住宅における室内空気循環の把握を目的とし、その実測概要と結果について報告する。

2. 実測概要

対象建物は、札幌市内に建てられたK邸とした(写真1・2)。K邸は木造2階建てのQ値1.1[W/m²・K]、C値0.2[cm²/m²]を有する高断熱・高気密住宅である。主な特徴として、主換気システムにパッシブ換気を採用し、ガラリ・吹き抜け・階段室を利用した室内空気循環が計画されていることなどが挙げられる(図1)。

室内空気循環を把握するため、夏期・中間期・冬期の3回において換気量が安定する夜間に実測調査を実施し、単一トレーサーガス法を用いた換気量測定を行った(表1)。また、内外温度差の小さい夏期ではCO₂濃度計を用いた室内CO₂濃度変動の把握、冬期ではサーモカメラを用いたガラリ廻りの温度特性の把握を行った。

3. 実測結果

3.1 総換気量と換気回数の算定

瞬時一様拡散を前提条件とし、CO₂を用いた単一トレーサーガス法によって総換気量・換気回数の算定を行った(表2)。床下からCO₂を0.2[m³/h]供給し、扇風機でCO₂を攪拌させ、各室4点の計16点にてサンプリングを行った。また、総換気量・換気回数の算定には排気口に最も近い2階のCO₂平均濃度を用いた。

内外温度差の増加に対応して総換気量も増加しており、パッシブ換気システムが機能していることが確認された。また、対象住宅は居住者数が2人であるため、必要換気量は約40~60[m³/h]である。したがって、総換気量が40[m³/h]未満である夏期では必要換気量の確保として窓の開放による通風等が必要とされる。

3.2 室間換気量の算定

単一トレーサーガス法による重ね合わせで得た値を最小二乗法により、中間期・冬期における室間換気量の算定を行った(図2)。算定を行う際に用いる換気モデルは「床下、1階、2階、吹き抜け」の4室であり、吹き抜け→2階→1階→床下の順にそれぞれ4点からCO₂(0.2[m³/h])を供給し、総換気量測定時と同様のサンプリング方法を用いた。

算定結果より、中間期・冬期ともに床下→(1階)→吹き



写真1 建物外観

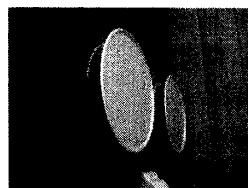


写真2 給気口

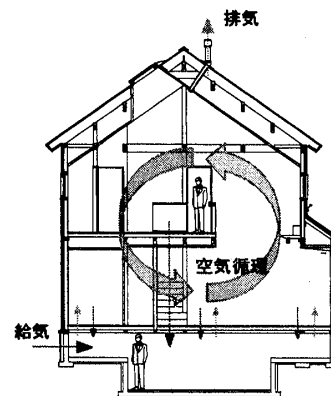


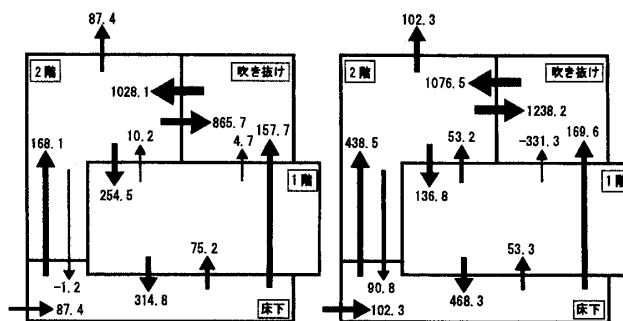
図1 室内空気循環のコンセプト図

表1 測定項目と測定期間

測定項目	測定期間	
総換気量・換気回数の算定 室間換気量の算定	夏期	2009/7/27~7/28
	中間期	2009/10/22~10/23
	冬期	2010/1/14~1/15
室内CO ₂ 濃度の把握	夏期	7/29~8/12
窓開閉状況		
ガラリ廻りの温度特性の把握	冬期	2010/1/14~1/15

表2 総換気量と換気回数

	夏期実測	中間期実測	冬期実測
総換気量[m ³ /h]	35.1	84.3	120.0
換気回数[回/h]	0.07	0.16	0.23
平均外気温[°C]	19.5	3.1	-7.1
平均外部風速[m/s]	2.0	1.4	2.3
平均内外温度差[deg]	4.9	13.0	23.5



図中の室間換気量は経過時間0:51~1:33の平均値[m³/h]
平均内外温度差は中間期13.2[deg]、冬期24.7[deg]

図2 室間換気量の平均値(左:中間期 右:冬期)

A Performance Evaluation for Highly Insulated and Airtight House with PV Generation System in Snowy Cold Region

Part4 Indoor Air Circulation for Passive Ventilation House

NAGANUMA Junichi et al.

抜け→2階→(1階)→床下といった室内空気循環が確認された。また、内外温度差の増加に対応し、給排気量がともに増加していた。

中間期・冬期の室間換気量を比較すると、床下-2階間の換気量が双方向ともに増加していることが確認された。特に、2階から床下への換気量が増加していることにより、設計時に計画された階段室経由の空気流れが明瞭化された。また冬期における床下から上階への換気量が合計約650[m³/h]であり、建物全体で中間期の約1.7倍の室内空気循環が生じていることがわかった。

夏期・中間期・冬期の代表週における温熱環境では、1-2階間の上下温度差はほぼ1[°C]以内に収まっており、上下温度むらは殆ど確認されなかった(表3、図3)。これは床下の暖気上昇によって2階居住空間が十分に暖房された結果であると考えられるため、温熱環境面からも床下からガラリ介して上昇する空気流れが確認された。

3.3 室内CO₂濃度変動の把握

内外温度差の小さい夏期において、外界条件が類似し、窓の開閉状況が異なる2日間(7/31~8/1、8/2~8/3)を選定し、2階寝室を対象に、夜間(18:00~翌6:00)におけるCO₂濃度変動について考察した(図4)。

窓開放時のCO₂濃度変動は外気とほぼ同様に400[ppm]前後を推移していたが、窓閉鎖時のCO₂濃度変動は上昇していた。しかし、住宅容積が大きいことや室内空気循環が生じていたため、窓開放時に比べて最高300[ppm]程度の濃度差に留まっており、許容値とされる1000[ppm]以下を満たしていた。

3.4 ガラリ廻りの温度特性の把握

内外温度差の大きい冬期において、1階居間に位置する南面ガラリは開口部からのコールドドラフトが懸念されていた。しかしサーモカメラより、ガラリ温度と周辺温度の温度差が確認され、さらにガラリ上方も温度が高くなっていることから、暖気がガラリから上昇していると考えられる(写真3)。

階段室下方に位置するのリターンガラリでは、一部高いガラリ温度が確認された。このガラリ下方には給気口があり、常に冷外気が取り入れられることから、この高温部は暖気が床下へリターンされたことにより生じたものだと予想される(写真3)。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1)パッシブ換気の換気量は内外温度差に対応するため、夏期においては窓開放等による通風が求められる。
- 2)最小二乗法により、室間換気量を定量的に評価した。また、室内空気循環が生じていることにより、CO₂濃度上昇が抑制されることや、冬期では暖房機能が十分満たされていたため、上下温度むらが極めて小さいことが確認された。

- ※1 北海道大学大学院工学院 修士課程
- ※2 北海道大学大学院工学研究院 助教・博士(工学)
- ※3 北海道大学大学院工学研究院 教授・博士(工学)
- ※4 北海道電力株式会社

表3 代表週の概要

	夏期	中間期	冬期
代表週	8/5~8/11	9/17~9/23	1/31~2/6
特徴	最高外気温が最も高い日を含む 室温が(ほぼ25[°C])以上を推移	秋分を含む 1日の温度差が大きい	最低外気温が最も低い日を含む 日平均外気温が負値

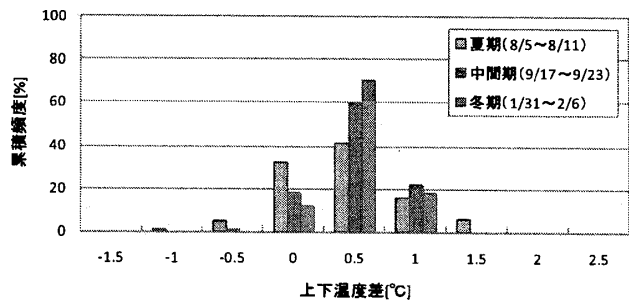


図3 上下温度差の累積頻度

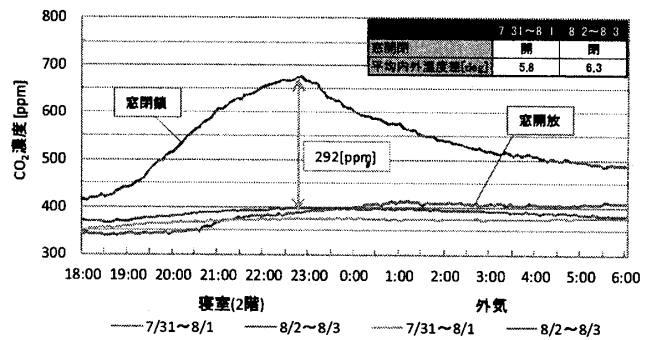


図4 CO₂濃度変動

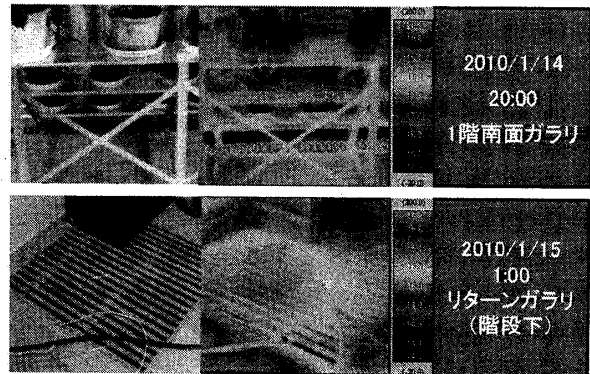


写真3 ガラリ廻りの熱画像

【参考文献】

- 1) 永沼純一他：積雪寒冷地における太陽光発電システムを有する高断熱・高気密住宅の性能評価 その1 夏期・中間期における室内温熱・空気環境の把握, 空気調和・衛生工学会北海道支部 第44回学術講演会論文集, pp. 47-50, 2010. 3
- 2) 菊田弘輝他：単一トレーサガス法に基づく多数室換気量測定手法の検討, 空気調和・衛生工学会論文集, No. 149, pp. 23-32, 2009. 8
- 3) 吉田卓生他：高断熱・高気密パッシブ換気住宅の室内環境の検証 その4 通年に渡る換気性状の把握, 日本建築学会大会学術講演梗概集 環境工学 II, pp. 701-702, 2009. 8

【謝辞】

本研究の実施にあたりK邸の居住者の方々、佐藤芳郎氏((株)大太平洋建業)、天谷一男氏((株)拓建築設計事務所)、菊地洋氏((株)コーナー札幌)には多大なご協力を頂いた。記して感謝する。

Graduate Student, Graduate School of Eng., Hokkaido Univ.
 Assis. Prof., Faculty of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.
 Prof., Faculty of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.
 Hokkaido Electric Power Co., Inc.