

単一トレーサーガス法によるパッシブ換気住宅の多数室換気量測定手法の検討 その3 妥当な換気量算定時間帯における最小二乗法と積分法による換気量算定

正会員 ○阿部 佑平*1 同 繪内 正道*2
同 菊田 弘輝*3 同 羽山 広文*4
同 白石 洋平*1 同 石川 祥平*5

トレーサーガス法 空間換気量 モデリング
最小二乗法 積分法 パッシブ換気住宅

1. はじめに

本研究は、単一トレーサーガス法を用いた多数室換気量測定によって、換気量の妥当性を検証し、測定手法の有用性を探ることを目的とする。本報では、前報(その1、2)¹⁾²⁾で行った換気量算定結果の妥当な換気量算定時間帯における最小二乗法と積分法による換気量算定を行う。

2. 実測概要

対象建物は、北海道大学構内にあるローエネルギーハウス(以下、LEH)である。隙間相当面積は0.81[cm²/m²]であり、主換気システムは、内外温度差を主動力とするパッシブ換気である。

CO₂をトレーサーガスとして用い、瞬時一様拡散を前提条件とし、一定供給法で恒常系の換気量測定を行った(図1)。測定手法には、重ね合わせを用いた。2階→1階→地下1階の順にそれぞれ各階4点からCO₂を0.1[m³/h]供給し、室平均濃度を得るために、供給されたCO₂を拡散促進用ファンで攪拌し、各階6点からサンプリングを行った。また、1階と2階に設置されている給気用のファン(約40[m³/h])を稼働させ、階段室への空気の流れは考えない。実測は2007年9月26日、10月4日、12月15日の計3回行った(表1)。

3. 算定方法

3.1 妥当な換気量

微分法のCO₂供給時の算定結果より、妥当な換気量が算定された時間帯を見極めた。その条件として、原形モデルの場合、外気導入量 F_{oB} と全排気量の $F_{Bo}+F_{Io}+F_{2o}$ を比べて、 $F_{oB} < F_{Bo}+F_{Io}+F_{2o}$ かつ $F_{12}+F_{B2}$ と $F_{21}+F_{B1}$ がファン風量である約40[m³/h]であることが前提である(図2)。また、簡易化モデルの場合、 $F_{oB} < F_{Bo}+F_{Io}+F_{2o}$ かつ $F_{12}+F_{B2}$ と F_{B1} が約40

[m³/h]であることが前提である(図3)。以上の条件を満たす時間帯を妥当な換気量が算定された時間帯とした(表1、図4~9)。

3.2 算定法

算定法には、最小二乗法と積分法を用いた。最小二乗法の場合、微分法の算定結果の妥当な換気量が算定された時間帯において、最小二乗法を適用し算定した。積分法の場合、常微分方程式を妥当な換気量が算定された時間帯に渡り時間積分を施すことで整式し算定した。

4. 算定結果

4.1 最小二乗法と積分法による算定結果の考察

原形モデル、簡易化モデルの最小二乗法と積分法の算定結果は、3回の実測とも殆ど同じであった(表2)。LEHの換気経路のように、換気量の妥当性を見極める前提条件がある場合、最小二乗法を用いた確率論的方法と妥当な換気量が算定される時間帯を決める決定論的方法には、差異が少ないことが分かり、積分法の有用性が確認された。

4.2 前提条件の算定結果の考察

1) 外気導入量と全排気量

10、12月の実測では、原形モデル、簡易化モデルの最小二乗法と積分法の算定結果は、前提条件を満たしていた。しかし、9月の実測では、原形モデル、簡易化モデルの最小二乗法と積分法の算定結果は、外気導入量が全排気量よりもやや少なく算定された。これは、内外温度差が小さく十分な外気が導入しなかったためであると考えられる。

2) 1、2階のファン風量

ほぼ同一条件で重ね合わせができた9、12月の実測では、原形モデル、簡易化モデルの最小二乗法と積分法の1、2階ファン風量の算定結果の誤差は±20[%]程度で収まっていた。しかし、夜間の放射冷却により同一条件で重ね合わせができなかった10月の実測では、原形モデル、簡易化モデルの最小二乗法と積分法の1階ファン風量の算定結果の誤差は小さかったが、2階ファン風量の算定結果の誤差は大きかった。

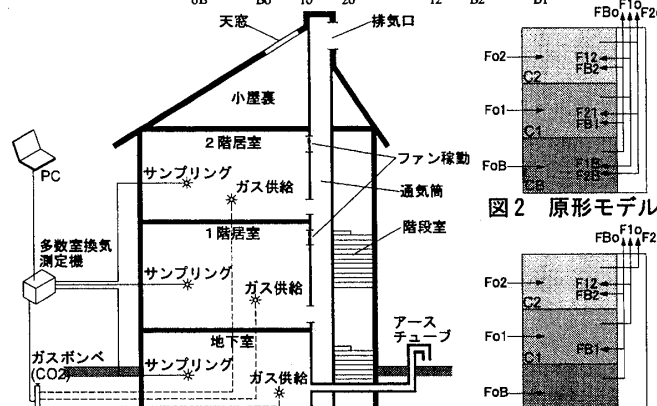


図1 実測システム概略図

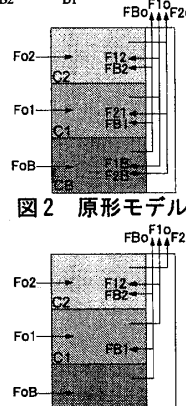


図2 原形モデル

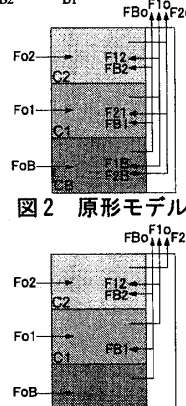


図3 簡易化モデル

表1 実測データ

	9月26日	10月4日	12月15日
実測時間	18:36~2:00	18:36~1:48	18:00~1:00
平均外気温度[°C]	13.9	13.7	0.2
平均内外温度差[°C]	6.1	7.3	20.5
妥当な換気量	18~45分	18~45分	21~99分
算定時間帯	簡易化モデル	18~45分	21~99分
備考	・外気温度は実測開始と終了では、1[°C]低下した。	・外気温度は実測開始と終了では、4.6[°C]低下した。	・外気温度は実測開始と終了では、1.1[°C]低下した。 ・室内は暖房した。

A New Trial for Measuring Multiple Interzonal Airflows in a Passive Ventilation House by Using Single Tracer Gas Technique
Part3 Estimation of Interzonal Airflows in the Time Zone Suitable for Data Analysis by the Least-square Method and the Integral Method
ABE Yuhei et al.

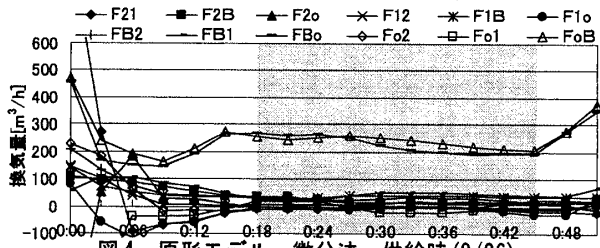


図4 原形モデル・微分法・供給時(9/26)

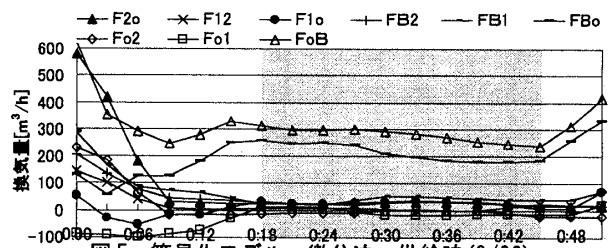


図5 簡易化モデル・微分法・供給時(9/26)

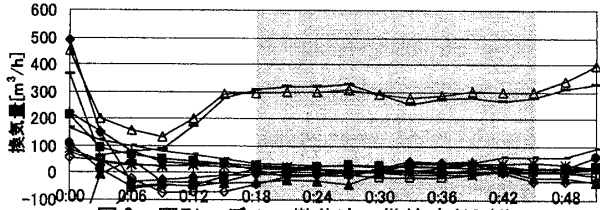


図6 原形モデル・微分法・供給時(10/4)

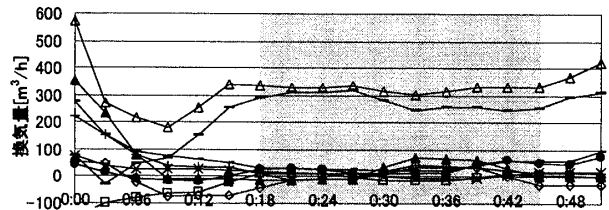


図7 簡易化モデル・微分法・供給時(10/4)

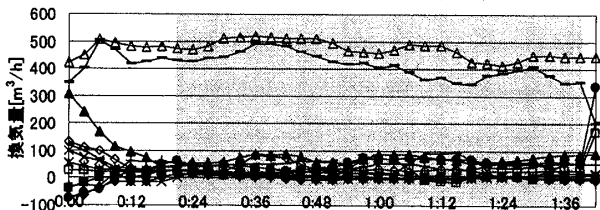


図8 原形モデル・微分法・供給時(12/15)

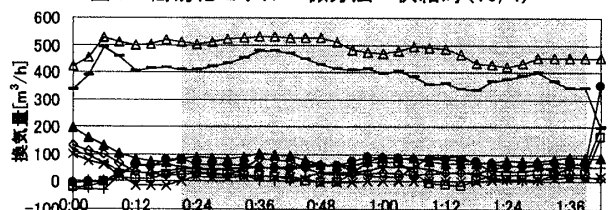


図9 簡易化モデル・微分法・供給時(12/15)

表2 妥当な換気量算定時間帯における最小二乗法と積分法による算定結果

	9月26日				10月4日				12月15日			
	原形モデル		簡易化モデル		原形モデル		簡易化モデル		原形モデル		簡易化モデル	
	最小二乗法 [m³/h]	積分法 [m³/h]	最小二乗法 [m³/h]	積分法 [m³/h]	最小二乗法 [m³/h]	積分法 [m³/h]	最小二乗法 [m³/h]	積分法 [m³/h]	最小二乗法 [m³/h]	積分法 [m³/h]	最小二乗法 [m³/h]	積分法 [m³/h]
F_{21}	-2	-2			5	4			1	2		
F_{2B}	14	16			21	21			5	6		
F_{2o}	12	12	25	26	0	4	27	29	72	70	78	78
F_{12}	6	5	6	5	5	4	5	4	6	7	6	7
F_{1B}	37	36			23	20			13	14		
F_{1o}	-11	-9	26	27	9	10	31	29	57	56	69	69
F_{B2}	25	27	25	27	15	12	16	12	32	31	32	31
F_{B1}	40	40	39	40	35	33	37	34	52	52	52	52
F_{Bo}	223	222	211	210	292	291	272	278	404	412	403	403
F_{o2}	-7	-6	-7	-6	6	13	6	13	39	40	40	40
F_{o1}	-6	-7	-8	-8	-2	-3	0	0	23	23	24	24
F_{oB}	237	238	276	276	297	295	325	324	471	475	486	486
外気導入量 F_{oB}	237	238	276	276	297	295	325	324	471	475	486	486
全排気量 $F_{Bo}+F_{1o}+F_{2o}$	224	225	261	262	301	305	331	336	533	538	550	550
2階ファン風量 $F_{12}+F_{B2}$	31	31	31	31	20	16	21	16	39	38	38	38
1階ファン風量 $F_{21}+F_{B1}$	38	39	39	40	40	37	37	34	53	53	52	52

4.3 内外温度差による換気量の考察

内外温度差が大きくなると、負値で算定される換気量の数が減少する傾向が見られた。これは、内外温度差が大きくなると外気導入量の F_{oB} が増大したため、全体的に有意な空気流動が得られるようになったからである。

5. まとめ

換気量の妥当性を見極める前提条件がある場合、確率論的方法と決定論的方法には、差異が少ないことが確認された。重ね合わせを行なうには、外界条件に十分配慮しながら可能な限り同一条件で行なう重要性が確認された。内外

温度差の小さい時の実測では、負値を示す換気量が現れたため、そのような換気量が算定されないように測定手法をさらに工夫するなどの課題が見つかった。

今後の展開として、形状の異なる建物や各種換気システムを対象に本研究で用いた手法の有用性を検討する必要がある。

【参考文献】

- 1) 阿部佑平他：単トレーサーガス法によるパッシブ換気住宅の多数室換気量測定手法の検討 その1 内外温度差の小さい時期における換気量の算定, 空調調和・衛生工学会北海道支部第42回学術講演会論文集, pp. 119-122, 2008. 3
- 2) 阿部佑平他：単トレーサーガス法によるパッシブ換気住宅の多数室換気量測定手法の検討 その2 内外温度差の大きい時期における換気量の算定, 日本建築学会北海道支部研究報告集 No. 81, 2008. 6

*1 北海道大学大学院工学研究科 修士課程

*2 北海道大学大学院工学研究科 教授・工博

*3 北海道大学大学院工学研究科 助教・博士(工学)

*4 北海道大学大学院工学研究科 准教授・博士(工学)

*5 パシフィックコンサルタンツインターナショナル・修士(工学) Pacific Consultants International, M. Eng.

Graduate Student, Graduate School of Eng., Hokkaido Univ.
Prof., Graduate School of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.
Assis. Prof., Graduate School of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.
Assoc. Prof., Graduate School of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.