

# 新築集合住宅住戸における気密性能の検討および評価

## Study and Assessment on the Airtight Performance of Dwelling Units in Newly Built Apartment Buildings

環境・リニューアル技術部 池原 基博 MOTOHIRO IKEHARA

知的財産部 酒井 英二 EIZI SAKAI

近年、集合住宅等の高気密化が進んだ結果、室内外圧力差を原因とする問題が報告されるようになった。換気計画を行う上では、「ファンの能力」、「建物の気密性能」、「給気口の性能」の3つを把握し、室内外圧力差が許容限度内であるか確認することが重要である。しかし、最近の集合住宅住戸専有部の気密性能の調査事例は少ない。本研究では、東京都内の新築集合住宅4棟の住戸専有部における気密性能の測定を実施し、C値を $0.15\text{cm}^2/\text{m}^2$ 程度は見込めることを示した。この成果は、より合理的な住戸の換気設計の実現に寄与できると考える。

キーワード：集合住宅、気密性能、相当隙間面積、住戸専有部

In recent years, as the airtight performance of houses increases, some problems arising from indoor-outdoor air pressure difference of dwelling units in apartment buildings occurs. Dwelling units should be designed within allowable limit of indoor-outdoor air pressure difference taking the major factors such as “exhausted air volume of air fan”, “air leakage area”, and “air volume of air intakes”. However, published reports about the airtight performance are few. In this study, airtight performance measurement was carried out to clarify the air leakage of dwelling units in four newly built apartment buildings, and observed that the value of equivalent leakage area per floor area (C-value) was  $0.15\text{ cm}^2/\text{m}^2$  respectively. These conclusions contribute largely to the more rational ventilation design of dwelling units in apartment buildings.

**Key Words:** Apartment Buildings, Airtight Performance, Equivalent Leakage area, Dwelling Unit

### 1. はじめに

近年、省エネルギーを推進した結果、戸建住宅、集合住宅等の高気密化が進んでいる。一方で、特に集合住宅において、高気密化によって給気量不足による問題が報告されている<sup>1)</sup>。

レンジフードファン稼働時の室内負圧による問題が生じる原因の一つとして、建物の隙間から入ってくる給気量の不適切な想定が考えられる。

隙間から入ってくる給気量を実態より大きく想定し、設置した給気口の個数が少なかったり、給気口の大きさが小さかったりした場合、「ファンの能力」との関係で、室内が当初の想定以上の負圧になる。この室内負圧が限度を超えて大きくなると、「玄関扉が重くて開かなくな

る」、「エアコン稼働時にドレン管内でポコポコ音が発生する」、「排水管トラップの封水破封によって排水管内の悪臭が室内側に侵入してくる」等さまざまな問題が発生する可能性がある。

また、負圧による問題が生じないように、隙間から入ってくる給気量を実態より小さく想定し、必要以上の個数や大きさの給気口を設置した場合、結果的に給気量が過大になり、外気負荷増加によって空調消費エネルギーが増加する問題が発生する可能性がある。

換気計画を行う上では、「ファンの能力」、「建物の気密性能」、「給気口の性能」の3つを把握し、室内外圧力差が許容限度内であるか確認することが重要である。前報<sup>2)</sup>では、都内の新築集合住宅2棟について気密性能の実測調査を行い、測定データからの分析用データの抽

出手法を示し、その結果より各住戸の相当隙間面積 (cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>) (以下、「C 値」と記載する。) の算出結果を報告した。

本報では、引き続き都内に立地する2棟の新築集合住宅専有部の気密性能の調査を実施したので、前報での実測調査結果と合わせて新築集合住宅4棟に関する住戸専有部のC値の実態を報告する。

## 2. 気密性能の算出方法

### (1) JIS 基準に基づく気密試験方法

図-1に「JIS A 2201 : 2003 送風機による住宅等の気密性能試験方法」(以下、「JIS A 2201」と記載する。)に示されている測定装置の構成例を示す<sup>3)</sup>。

開口部・給排気口等は基本的には閉じた状態とし、空気の流れを遮断するように処理を行う。部位によってはテープ等で目張りを行う。

送風機を流量調整器によって徐々に回転させ、給気(加圧法)または排気(減圧法)して室内外圧力差を発生させる。今回の測定で用いた減圧法では、室内の空気が送風機を通して室外に流出し、同量の空気が建物の隙間あるいは開口部から流入する。給気口等の開口部を適切に処理することで、送風機の風量と建物の隙間から出入する空気の量が等しくなるため、送風機の風量を測定することで建物の隙間から出入りする空気の量を求めることができる。

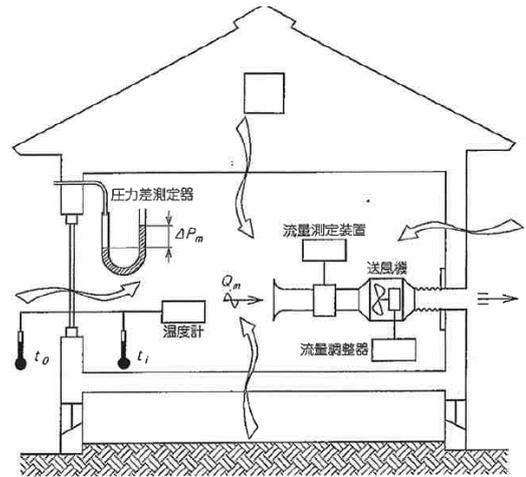
### (2) JIS 基準に基づく気密性能の算出方法

通気量 Q(m<sup>3</sup>/h)と室内外圧力差 ΔP(Pa)の関係は、式(1)のような通気特性式で表される。

$$Q = a \times (\Delta P)^{1/n} \quad (1)$$

ここで、a は通気率(室内外圧力差が 1(Pa)の時の1時間当たりの通気量)、n は隙間特性値である。

室内外圧力差と送風機の風量の測定データは最低5組取得する。得られた測定データから最小二乗法によって回帰式を作成し、a および n を算出する。式(2)~式(4)に示すように、室内外圧力差 ΔP が 9.8(Pa)の時の通気量 Q<sub>9.8</sub> および空気の密度 ρ (kg/m<sup>3</sup>)から総相当隙間面積 αA(cm<sup>2</sup>)を算出し、さらに総相当隙間面積を住戸面積 S (m<sup>2</sup>)で除して、相当隙間面積 C (cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>)を求める。気密性能は C 値の大小で評価し、C 値が小さいほど気密性能が高いと判断する。以下、この方法を「JIS 法」と記載する。



出典 : JIS A 2201 : 2003 (送風機による住宅などの気密性能 試験方法)

図-1 JIS A 2201 に示される測定装置の構成例

$$Q_{9.8} = a \times (9.8)^{1/n} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \alpha A &= Q_{9.8} \times (1/0.36) \times (\rho/2)^{0.5} \times (1/9.8)^{0.5} \\ &= Q_{9.8} \times 0.627 \times \rho^{0.5} \end{aligned} \quad (3)$$

$$C = \alpha A / S \quad (4)$$

### (3) 並列結合モデルに基づく気密性能の算出方法

既往の研究<sup>4)</sup>では、隙間特性を評価する上で、開口をクラック開口(狭く、開口寸法に対して奥行き寸法が大きい開口)と大開口(開口寸法が大きく、奥行きが浅い開口)に分割できる並列結合モデル(以下、「並列法」と記載する)を提案している。並列法を用いた気密性能の算出に関する基本的な考え方は、建物の隙間には、ある程度の開口面積をもった隙間と、クラックのような細かい隙間が混在していることに基づいており、隙間特性は、狭く奥行きのある開口(クラック開口)では隙間特性値 n が 1 に近づき、比較的大きな開口(大開口)は n が 2 に近づくと説明されている。

並列法において、通気量 Q(m<sup>3</sup>/h)と室内外圧力差 ΔP(Pa)の関係は、式(5)のようなクラック開口 (b × ΔP) と大開口 (c × (ΔP)<sup>1/2</sup>) の合計で表される。

$$Q = b \times \Delta P + c \times (\Delta P)^{1/2} \quad (5)$$

ここで、b および c は実験係数である。室内外圧力差と送風機の風量の測定データは複数組取得し、得られた

測定データから最小二乗法によって、 $b$  および  $c$  を算出する。 $\alpha A_N$  をクラック開口の総相当隙間面積( $\text{cm}^2$ )、 $\alpha A_L$  を大開口の総相当隙間面積( $\text{cm}^2$ )とすると、式(6)で表される。

$$\alpha A = \alpha A_N + \alpha A_L = \{b \times (9.8)^{1/2} + c\} / B \quad (6)$$

ただし、式(6)において、 $B$  は式(7)の数値である。

$$B = 0.36 \times (2 / \rho)^{1/2} \quad (7)$$

なお、並列法においても、JIS 法と同様に、総相当隙間面積を住戸面積  $S$  ( $\text{m}^2$ )で除して、相当隙間面積  $C$  ( $\text{cm}^2/\text{m}^2$ )を求め、式(8)で表し、 $C$  値が小さいほど気密性能が高いと判断する。

$$C = \alpha A / S \quad (8)$$

本研究では、JIS 法と並列法を比較して分析した。

### 3. 対象住戸および気密性能の測定概要

#### (1) 建物および対象住戸概要

気密性能測定を実施した新築集合住宅はいずれも竣工直前(測定当時)の建物(4物件)である。平成27年度に集合住宅A、B(前報で報告済)で、平成28年度に集合住宅C、Dで測定を実施した。表-1に対象建物および住戸概要を示す。4物件のうち、集合住宅A、Cは内部廊下型、集合住宅B、Dは外部廊下型の集合住宅である<sup>5),6)</sup>。

集合住宅Aの専有部の換気方式は第1種換気であり、集合住宅B、C、Dの専有部の換気方式は第3種換気である。

#### (2) 気密性能の測定概要

本研究では減圧法を用いた測定を行い、写真-1に示すような、送風機、流量調整器、流量測定装置、圧力差測定器、温度計が一体となった気密測定装置「KNS-5000C(コーナー札幌)」を用い、玄関扉部分に送風機を設置して測定を行った。また、気密性能の測定では、外部風が測定データに大きく影響を及ぼす。JIS A 2201では、「試験時には、外部に風速がない状態で測定することを原則とする。ただし、微風速による建物内外の圧力差が、3Pa以下であれば測定できる」と規定されている。そのため、内部廊下または外部廊下と室内との差圧(差

表-1 対象建物および住戸概要

建物概要	建物名称	集合住宅A	集合住宅B	集合住宅C	集合住宅D
	構造	鉄筋コンクリート造			
形式	内部廊下型	外部廊下型	内部廊下型	外部廊下型	
住戸概要	測定対象住戸床面積	70.98㎡×2室 74.75㎡×2室	75.79㎡×2室 86.05㎡×1室 104.61㎡×1室	60.22㎡×1室 72.02㎡×1室	78.85㎡×1室 67.62㎡×2室 79.03㎡×1室
	換気方式 24時間換気 換気方式 台所換気	第1種	第3種		



写真-1 気密測定装置

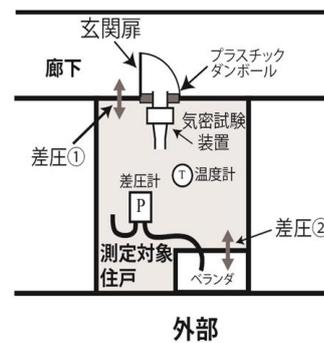


図-2 測定器設置図

圧①)を気密測定装置で測定し、別途、差圧計「testo521(テストー)」を設置し、バルコニー側にチューブの先端を出すことで、外部と室内との差圧(差圧②)を測定し、外部風の影響を確認した。測定器配置図を図-2に示す。

屋外へ通じる排水管については、封水をし、換気扇、レンジフードダクトの給排気口等の開口部を養生テープにて目張りした。24時間換気用給気口およびレンジフード連動給気口については、ダンパを閉じた状態で目張りを行い、測定を行った。なお、集合住宅Dの一部の測定住戸において、外部から24時間換気用給気口の目張りを行うことができない住戸があった。そのため、該当住戸については、給気口の目張りを行わない状態で測定を行い、また、集合住宅Cおよび集合住宅Dのうち、外部から目張りを行うことができた住戸については、目張りを行った状態と目張りを行わなかった状態で測定を行った。(JIS A2201の規定によると、24時間換気用給

気口およびレンジフード連動給気口に目張りを行った状態で測定を行う必要があるため、給気口の目張りを行わなかった状態での測定は参考データという位置づけである。) データ収集方法は前報と同様である。

#### 4. 集合住宅の気密性能の分析

##### (1) 測定結果から算出したC値

全ての測定データからの分析では、測定時の外部風の影響により結果にばらつきが見られた。そのため、各住戸の気密性能を分析する際に用いるデータ(以下、「分析データ」と記載する。)は、外部風の影響が少ないと考えられるデータを測定データから抽出した。分析データは、室内-廊下間の差圧(差圧①)と室内-ベランダ間の差圧(差圧②)の差( $\Delta P'$ )に着目し、JIS A2201の測定条件である「試験時には、外部に風速がない状態で測定することを原則とする。ただし、微風速による建物内外の圧力差が、3Pa以下であれば測定できる」という規定を参考に、測定時において $\Delta P' \leq \pm 3Pa$ であった測定データとした。

上記の分析データを用いて、総相当隙間面積は、差圧②と玄関枠に設置した気密試験装置で測定した通気量を用いて、JIS法と並列法にて算出した。その際、分析データ数が3以下、JIS法による隙間特性値が1~2の範囲を超えるデータについては、結果から除外した。さらに各相当隙間面積の信頼区間について、JIS A2201の附属書3を参考に算出を行った。また、本研究の各住戸の気密性能測定は、玄関枠に気密試験装置を設置しているため、測定データから算出した総相当隙間面積には玄関扉の隙間面積が含まれていない。よって、玄関扉の隙間面積はメーカー資料よりJIS法および並列法にて算出し、

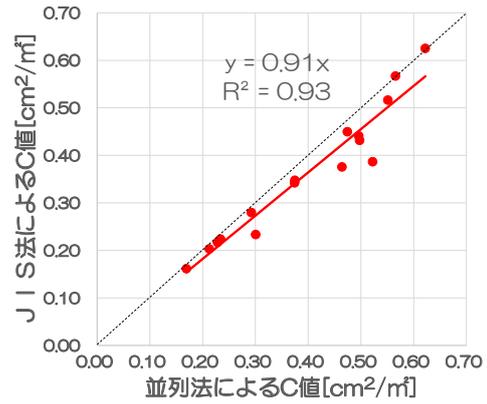


図-3 JIS法と並列法のC値の比較

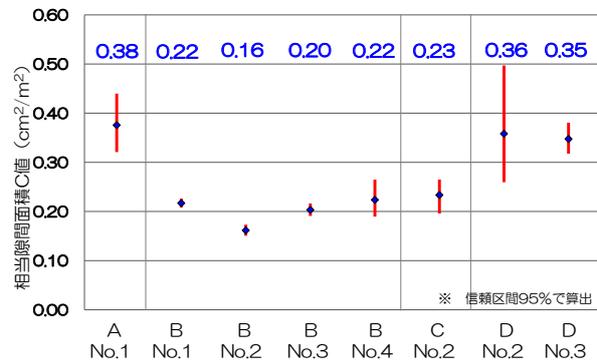


図-4 相当隙間面積の95%信頼区間

その結果を住戸の分析データによる総相当隙間面積および信頼区間等に単純加算することにより、住戸全体の総相当隙間面積等を算出した。表-2に算出結果を示し、また、図-3にJIS法と並列法によるC値の比較を示し、さらに、図-4に相当隙間面積の95%信頼区間を示す。

表-2 集合住宅住戸専有部の相当隙間面積等算出結果

建物名称	計測場所	床面積 ㎡	測定時給気口状態			分析データ数/ 測定データ数	JIS法					並列法			
			24時間換気用給気口		レンジフード 連動給気口		相当隙間面積 (玄関扉含む) C cm²/m²	総相当隙間面積 (玄関扉含む) aA cm²	計測値による 隙間特性値 n	相当隙間面積 (玄関扉含む) の信頼区間 (確率 95%)		相当隙間面積 (玄関扉含む) C cm²/m²	総相当隙間面積 (玄関扉含む) aA cm²	クラック開口の 総相当隙間面積 (玄関扉含む) aA <sub>N</sub> cm²	大開口の 総相当隙間面積 (玄関扉含む) aA <sub>L</sub> cm²
			個数	目張り有無 (○:あり, ×:なし)	目張り有無 (○:あり, ×:なし)					上限	下限				
			個数	目張り有無 (○:あり, ×:なし)	目張り有無 (○:あり, ×:なし)		cm²/m²	cm²/m²	cm²/m²	cm²	cm²	cm²	cm²		
集合住宅A	43階No.1室	70.98	4	○	○	12/25	<b>0.38</b>	26.7	1.17	0.44	0.32	<b>0.46</b>	32.9	9.9	23.0
	2階No.1室	75.79	4	○	○	10/10	<b>0.22</b>	16.4	1.44	0.23	0.21	<b>0.23</b>	17.3	3.6	13.7
	2階No.2室	75.79	4	○	○	10/10	<b>0.16</b>	12.2	1.20	0.17	0.15	<b>0.17</b>	12.8	5.4	7.4
集合住宅B	2階No.3室	104.61	4	○	○	10/10	<b>0.20</b>	21.2	1.42	0.22	0.19	<b>0.21</b>	22.2	5.3	16.9
	2階No.4室	86.05	4	○	○	6/10	<b>0.22</b>	19.2	1.58	0.26	0.19	<b>0.23</b>	20.1	2.8	17.3
集合住宅C	6階No.1室	60.22	3	○	○	18/30	<b>0.43</b>	26.0	1.61	0.50	0.37	<b>0.50</b>	30.0	0.5	29.5
	6階No.2室	72.02	3	○	○	8/15	<b>0.29</b>	17.4	1.15	0.45	0.20	※			
				○	○	32/40	<b>0.23</b>	16.8	1.24	0.26	0.20	<b>0.30</b>	21.6	3.2	18.4
集合住宅D	2階No.1室	78.85	3	×	○	11/15	<b>0.34</b>	27.0	1.46	0.36	0.32	<b>0.37</b>	29.5	5.3	24.3
				○	○	9/35	<b>0.36</b>	24.2	1.46	0.50	0.26	※			
	2階No.2室	67.62	4	×	○	21/25	<b>0.39</b>	26.1	1.26	0.48	0.31	<b>0.52</b>	35.3	4.2	31.1
				×	×	5/5	<b>0.52</b>	34.9	1.39	0.72	0.37	<b>0.55</b>	37.3	9.6	27.7
	2階No.3室	67.62	4	○	○	19/20	<b>0.35</b>	23.5	1.78	0.38	0.32	<b>0.37</b>	25.3	0.4	24.9
				×	○	19/20	<b>0.45</b>	30.4	1.39	0.49	0.41	<b>0.47</b>	32.1	8.7	23.4
				×	×	5/5	<b>0.63</b>	42.3	1.80	0.74	0.53	<b>0.62</b>	42.1	3.7	38.3
2階No.4室	79.03	5	×	○	15/15	<b>0.44</b>	34.9	1.54	0.49	0.40	<b>0.50</b>	39.2	3.5	35.6	
			×	×	5/5	<b>0.57</b>	44.8	1.87	0.65	0.50	<b>0.57</b>	44.7	2.6	42.1	

※算出結果においてa<sub>N</sub>が負値となったので、無効とした。

(2) 集合住宅の気密性能の算出結果

図-3 より、一部差が見られるケースもあるが、JIS 法による C 値のほうが、並列法による C 値よりも 1 割程度小さい結果となり、2つの方法によって算出した C 値はほぼ同じ結果となったと考えられる。本研究では、換気設計上、負圧による問題が生じにくくなる小さいほうの値となる JIS 法による C 値を用いて、4 物件の気密性能を示す。

JIS 法で算出した建物の気密性能を示すと考えられる「24 時間換気用給気口およびレンジフード連動給気口が目張りをした状態での C 値」を以下の値とした。集合住宅 A は、1 住戸のみ分析可能であったため、 $0.38\text{cm}^2/\text{m}^2$  とした。図-4 より測定時の風環境が非常に良好であったと推察される集合住宅 B は、それぞれ  $0.22\text{cm}^2/\text{m}^2$ ,  $0.16\text{cm}^2/\text{m}^2$ ,  $0.20\text{cm}^2/\text{m}^2$ ,  $0.22\text{cm}^2/\text{m}^2$  とした。集合住宅 C は、No.1 室の算出結果が、給気口が目張りを外した状態の時の C 値よりも大きくなっていることから、No.1 室の分析データを無効と考え、No.2 室の結果より  $0.23\text{cm}^2/\text{m}^2$  とした。集合住宅 D は、No.2 室と No.3 室の結果より、それぞれ  $0.36\text{cm}^2/\text{m}^2$ ,  $0.35\text{cm}^2/\text{m}^2$  とした。

今回の測定結果から C 値は  $0.16\sim 0.38\text{cm}^2/\text{m}^2$  となった。参考に図-5 に既往の基準の数値と今回の測定結果の数値との比較を示す。なお、この図は、既往の文献<sup>7)</sup>資料（一部抜粋）に、本研究で測定した集合住宅の C 値を加えたものである。一般的には、C 値が  $5.0\text{cm}^2/\text{m}^2$  以下で気密住宅、C 値が  $2.0\text{cm}^2/\text{m}^2$  以下で高气密住宅と呼ばれており、本研究で測定した集合住宅はいずれも非常に気密性が高い結果となった。

本研究により、住戸の換気設計において、建物の隙間から入ってくる給気量の想定を行う際に、C 値を少なくとも  $0.15\text{cm}^2/\text{m}^2$  程度は見込むことができると考えられる。

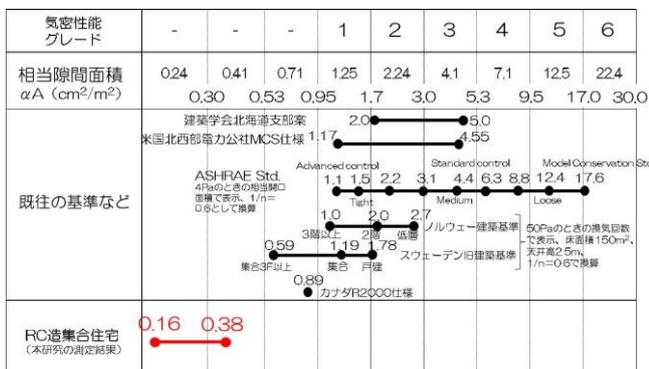


図-5 既往の基準との比較

5. まとめ

建物の気密性能 (C 値) は住戸の換気設計に大きく影響するが、近年、調査事例、参考データ等の公表例は少ない。本研究では、東京都内の新築集合住宅 4 棟の住戸専有部における気密性能の測定を実施し、C 値を  $0.15\text{cm}^2/\text{m}^2$  程度は見込めることを示した。この成果は、より合理的な住戸の換気設計の実現に寄与できると考える。

**謝辞：**本研究は国土館大学理工学部 原英嗣教授の指導の下で行われました。その他、本研究にご協力を頂きました関係者各位、多大なる貢献をして頂いた高橋貴大氏（当時、国土館大学大学院生）に謝意を表します。

参考文献

- 1) 日本建築学会 環境工学委員会 空気環境運営委員会 換気・通風小委員会：シンポジウム「建物の気密性能を改めて考えるーその実態と評価・測定法ー」資料、日本建築学会編、2014.12.16
- 2) 池原基博、酒井英二：新築集合住宅住戸専有部における気密性能に関する研究、三井住友建設 技術研究開発報告、No.14, pp.27-31, 2016
- 3) 日本工業標準調査会標準部会 建築技術専門委員会：JIS A 2201 2003 送風機による住宅等の気密性能試験方法、2002.3.19
- 4) 鳥海吉弘、倉渕隆、兼重り子：集合住宅における隙間の評価法に関する研究、日本建築学会環境系論文集、第 81 巻、第 722 号、pp.385-391, 2016.4
- 5) 高橋貴大、原英嗣、池原基博、酒井英二：新築集合住宅住戸専有部における気密性能に関する研究、日本建築学会学術講演梗概集、pp.837-838, 2016
- 6) 池原基博、原英嗣、酒井英二：新築集合住宅住戸専有部における気密性能に関する研究 その 2 新築集合住宅 4 棟の隙間面積の実態、日本建築学会学術講演梗概集、pp.815-816, 2017
- 7) 一般財団法人 建築環境・省エネルギー機構 気密測定技術普及委員会、住宅の気密性能試験方法、第 7 版、2012.06.01