

# 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

## Study on airtight performance of dwelling units in newly built apartment buildings

池原 基博 MOTOHIRO IKEHARA

酒井 英二 EIZI SAKAI

近年、集合住宅等の高气密化が進んだ結果、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、新築集合住宅2物件において、住戸専有部の気密性能の測定を行い、C値を求めた。測定した住戸専有部の気密性能は、それぞれ約0.36(cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>)、約0.14~0.20 (cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>)となった。

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. Three important data of ventilation design are “exhausted air volume of air fan”, “air leakage area”, and “air volume of air intakes”. Designers need to make indoor-outdoor air pressure difference appropriate. 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 two newly built apartment buildings, and the value of equivalent leakage area per floor area (C-value) was calculated. As a result, C-value of the two apartment buildings are about 0.36 (cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>), and about 0.14 to 0.20 (cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>) respectively.

**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、集合住宅等の高气密化が進んでいる。その結果、特に集合住宅において、給気、排気または給排気ファンによる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<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を実態より大きく想定してしまうことが考えられる。その結果、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。

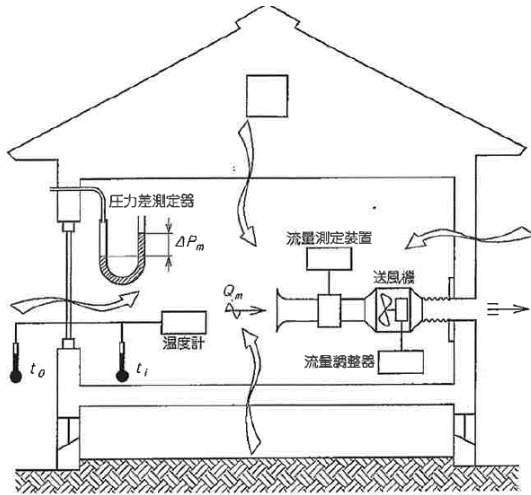
また、負圧による問題が生じないように、必要以上の

個数や大きさの給気口を設置する場合、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。「ファンの能力」および「給気口の性能」に関しては、製造メーカーの実験結果等のデータが入手可能である。しかし、「建物の気密性能」に関しては、近年、調査事例、参考データ等が公表されている例は少ない<sup>2)3)4)5)</sup>。そこで、今回、新築集合住宅住戸専有部において、気密性能の測定を行い、相当隙間面積を確認したので報告する。

### 2. 気密性能の測定方法

図-1に JIS 基準「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。)に示される測定装置の構成例を示す<sup>6)</sup>。測定時に



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

は、送風機、流量調整器、流量測定装置、圧力差測定器、温度計を設置する。

開口部・給排気口等は部位ごとに処理の仕方が定められており、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。（以下、開口部の処理、給気口の処理等と記載する。）

送風機を流量調整器によって徐々に回転させ、給気（増圧法）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事で、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。

通気量  $Q(\text{m}^3/\text{h})$  と室内外圧力差  $\Delta P(\text{Pa})$  の関係は、式 (1) のような通気特性式で表わされる。

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

ここで、 $a$  は通気率（室内外圧力差が  $1(\text{Pa})$  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  $\Delta P$  が  $9.8(\text{Pa})$  の時の通気量  $Q_{9.8}$  および空気の密度  $\rho (\text{kg}/\text{m}^3)$  から総相当隙間面積  $\alpha A (\text{cm}^2)$  を算出し、さらに総相当隙間面積を住戸面積  $S$

表-1 建物および対象住戸概要

|      | 集合住宅A  | 集合住宅B   |
|------|--|---|
| 所在地  | 東京都  | 東京都   |
| 設計施工 | 当社   | 当社  |
| 建物形状 | 内部廊下型<br>タワーマンション                                | 外部廊下型   |
| 構造   | 鉄筋コンクリート構造<br>(一部鉄骨構造)                           | 鉄筋コンクリート構造<br>(一部鉄骨構造)  |
| 測定階  | 17階・43階  | 2階  |
| 床面積  | 70.98m <sup>2</sup> 2室<br>74.75m <sup>2</sup> 2室 | 75.79m <sup>2</sup> 2室<br>104.61m <sup>2</sup> 1室<br>86.05m <sup>2</sup> 1室 |
| 換気方式 | 24時間換気：第1種換気<br>台所換気：第1種換気                       | 24時間換気：第3種換気<br>台所換気：第3種換気  |

( $\text{m}^2$ ) で除して、相当隙間面積  $C (\text{cm}^2/\text{m}^2)$  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。

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

$$\alpha A = Q_{9.8} \times 0.627 \times \rho^{0.5} \quad (3)$$

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

測定する上で特に配慮すべき項目としては、「外部風の影響」、「煙突効果の影響」である。詳細は後述する。

### 3. 気密性能の測定

#### (1) 建物および対象住戸概要

本研究では、2 物件の集合住宅専有部で測定を行った。表-1に測定を実施した建物 2 物件の建物及び対象住戸概要を示す。集合住宅 A は、東京都にある内部廊下型のタワー型マンションである。専有部の換気方式は、第 1 種換気で、台所には強制同時給排気型レンジフードが設置され、24時間換気として、ファンとダクトによる各居室への強制給気と浴室天井内にある浴室暖房換気乾燥機からの強制排気を行っている。集合住宅 B は、東京都にある外部廊下型のマンションである。専有部の換気方式は第 3 種換気で、台所には排気型レンジフードが設置され、24時間換気として、給気は居室に設置された給気口から給気し、浴室天井内にある浴室暖房換気乾燥機からの強制排気を行っている。また、集合住宅 B については、玄関扉の枠部分に室内外の差圧を解消するための差圧解消装置が設置されている<sup>7)</sup>。



写真-1 気密測定装置

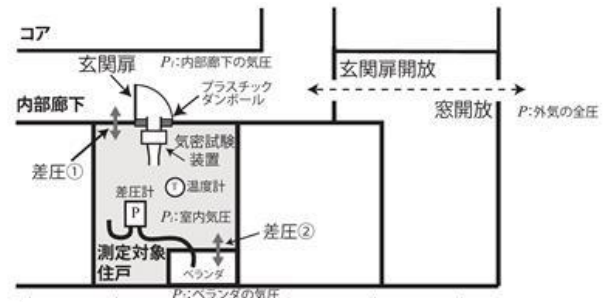


図-2 集合住宅Aの測定器の設置状況



プラスチックダンボールを設置(仮固定)し、確認した高さに気密測定装置を通す穴を開ける。

気密測定装置を設置する。装置とボードの隙間をふさぐ。

写真-2 気密測定装置の設置状況

## (2) 集合住宅Aの気密測定

### a) 測定概要

集合住宅Aの対象住戸は、17階、43階にある住戸専有部2室ずつである。測定は2日間連続で実施した。今回の測定では減圧法を用いた。

本研究では、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)」を用いた。JIS A 2201では「試験装置の設置場所は、建物の気密性に影響しないような建物外皮の開口部とし、できるだけ小さな窓などを選択する。」と規定されている。今回は、バルコニーに面した窓に送風機が設置できなかったため、玄関扉部分に送風機を設置して測定を行った。測定装置は玄関扉をとり外し、玄関扉部分にとりつけたプラスチックボードに開口を設けて設置した。プラスチックボードとサッシの隙間を養生テープでふさぐことで隙間の処理を行った。写真-2に気密測定装置の設置状況を示す。

内部廊下はエレベーターシャフトと一体空間であるため、煙突効果による測定データへの影響を考慮し、測定時の内部廊下は、同フロアの別住戸の窓及び玄関扉を開

放することにより大気開放とした。

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、内部廊下と室内との差圧(差圧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。

本物件では、換気方式が第1種換気であり、換気の経路としてダクト方式と天井チャンバー方式の併用で計画されていたため、室内側と天井チャンバー部分や給排気ダクトに隙間がないことを確認したうえで、室内側のレンジフードや浴室暖房換気乾燥機、給気口の室内カバー、エアコンスリーブ等の開口部を内部から目張りを行うという方法で開口部の処理を行った。

測定器の設置状況を図-2に示す。測定は2~4セット実施し、1セットの測定で5点のデータを取得した。

### b) 測定結果

集合住宅Aの測定では、43階No.1室以外の測定結果は外部風の影響が大きかった。そこで、43階No.1室の2セット目、3セット目の結果から外部風の影響の小さいデータを抽出し、C値を算出した。

表-2に43階No.1室の測定結果を示す。今回は、JIS A 2201の測定条件であるゼロ流量時における室内外差圧3(Pa)以下を参考に、差圧①と差圧②の測定値の差が±2(Pa)以内のデータを無風に近い有効な測定データとして抽出した。その結果、2セット目に2点、3セット目に4点の合計6点のデータが得られた。図-3に抽出した6点のデータによる差圧①と風量のグラフを示す。

図-3の抽出データより、式(2)~式(4)を用いてC値

表-2 43階No.1室の測定結果

| 43階No.1室<br>測定結果 | 気密測定装置<br>風量<br>(m <sup>3</sup> /h) | 気密測定装置<br>室内-内部廊下<br>圧力差①<br>(Pa) | 差圧計<br>室内-室外<br>圧力差②<br>(Pa) | ②-①<br>(Pa) | ②-①<br>≦±2Pa |
|------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|-------------|--------------|
| 2セット目            | 72                                  | 14.2                              | 18.8                         | 4.6         |              |
| 2セット目            | <b>88</b>                           | <b>27.7</b>                       | <b>26.4</b>                  | <b>-1.3</b> | ○            |
| 2セット目            | <b>111</b>                          | <b>35.6</b>                       | <b>33.9</b>                  | <b>-1.7</b> | ○            |
| 2セット目            | 132                                 | 44.2                              | 41.9                         | -2.3        |              |
| 2セット目            | 148                                 | 48.1                              | 50.5                         | 2.4         |              |
| 3セット目            | <b>64</b>                           | <b>20</b>                         | <b>20.8</b>                  | <b>0.8</b>  | ○            |
| 3セット目            | 98                                  | 27.6                              | 30.1                         | 2.5         |              |
| 3セット目            | <b>131</b>                          | <b>38.5</b>                       | <b>39.4</b>                  | <b>0.9</b>  | ○            |
| 3セット目            | <b>153</b>                          | <b>52.7</b>                       | <b>51.1</b>                  | <b>-1.6</b> | ○            |
| 3セット目            | <b>171</b>                          | <b>65.4</b>                       | <b>64.4</b>                  | <b>-1.0</b> | ○            |

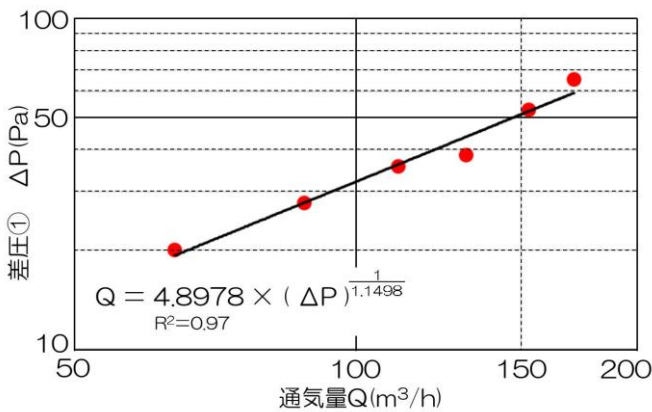


図-3 抽出データによる差圧①と風量の対数グラフ

表-3 集合住宅Aの気密性能

| 玄関扉を含めない数値            |                                      | 玄関扉(メーカー資料)           |                       | 玄関扉を含めた数値                            |  |
|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------------|--|
| α A(cm <sup>2</sup> ) | C値(cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) | α A(cm <sup>2</sup> ) | α A(cm <sup>2</sup> ) | C値(cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) |  |
| 24.4                  | 0.34                                 | 0.6                   | 25.0                  | 0.36                                 |  |

を算出した結果、0.34(cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>)となった。この値は、玄関扉の隙間面積が含まれていないため、玄関扉の総相当隙間面積 αA は玄関扉メーカー資料の数値を引用し、玄関扉の αA も含めた住戸専有部のC値は0.36 (cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>)となった。表-3に抽出データから算出した集合住宅Aの気密性能の結果を示す。

(3) 集合住宅Bの気密測定

a) 測定概要

集合住宅Bの対象住戸は2階にある住戸専有部4室である。測定は2日間連続で実施した。今回の測定でも、集合住宅Aと同様に減圧法を用いた。

集合住宅Bでは、気密試験装置は、集合住宅Aと同様に玄関扉部分に送風機を設置した。また、廊下側とバルコニー側に風速計を設置した。住戸外側に設置されている給気口等の部分を養生テープで目張りすることで、開口部の処理を行った。表-4に集合住宅Bの各測定ケース

表-4 集合住宅Bの各測定ケースでの開口部の処理

|      | 給気口   | レンジフード<br>排気口 | 差圧解消装置               |
|------|-------|---------------|----------------------|
| ケース① | 目張りあり | 目張りあり         | 目張りあり                |
| ケース② | 目張りあり | 目張りなし         | 目張りあり                |
| ケース③ | 目張りあり | 目張りなし         | 目張りなし<br>シャッターを閉めた状況 |
| ケース④ | 目張りあり | 目張りなし         | 目張りなし<br>シャッターを開けた状況 |

表-5 集合住宅Bの部位別 αA の算出結果

|                           |                     | 住戸          |             |             |             |      |
|---------------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|
|                           |                     | 2階<br>No.1室 | 2階<br>No.2室 | 2階<br>No.3室 | 2階<br>No.4室 |      |
| 住戸面積(m <sup>2</sup> )     |                     | 75.79       | 75.79       | 104.61      | 86.05       |      |
| α A<br>(cm <sup>2</sup> ) | A 住戸専有部(玄関扉除く)      | ケース①        | 14.0        | 9.5         | 16.6        | 12.9 |
|                           | B レンジフードの排気ダクト      | ケース①②の差     | 10.7        | 13.4        | 11.9        | 12.5 |
|                           | C 差圧解消装置(閉)         | ケース②③の差     | 2.8         | 0           | 1.4         | 1.9  |
|                           | D 差圧解消装置(開)         | ケース②④の差     | 60.2        | 61.6        | 56.5        | 60.6 |
|                           | E 玄関扉(差圧解消装置(閉)を含む) |             | 2.5         | 2.5         | 2.5         | 2.5  |
|                           | F 玄関扉(差圧解消装置(開)を含む) |             | 64.1        | 64.1        | 64.1        | 64.1 |
| 住戸専有部(玄関扉含む)              |                     | A+(E-C)*    | 15.0        | 10.5        | 17.6        | 13.9 |

※ A+(E-C) = 「住戸専有部(玄関扉除く)」+「玄関扉(差圧解消装置(閉)を含む)」-「差圧解消装置(閉)」  
ただし、C「差圧解消装置(開)」の数値は4室の平均値1.5で計算した。

での開口部の処理を示す。住戸専有部の αA はケース①より算出し、ケース②とケース①の αA の差を求めることでレンジフードの排気ダクトの αA を算出した。差圧解消装置のシャッターを閉めた状況の αA はケース③とケース②の差から算出した。差圧解消装置のシャッターを開けた状況の αA はケース④とケース②の差から算出した。

b) 測定結果

集合住宅Bの測定では、JIS A 2201の測定条件を満たし、得られたデータはC値算出に有効であった。式(2)～式(4)を用いて αA およびC値を算出した。表-5に集合住宅Bの部位別 αA の算出結果、表-6に αA から求めた住戸専有部のC値の算出結果を示す。玄関扉の αA は表-5に示すEとCの差から算出し、1.0(cm<sup>2</sup>)とした。

「住戸専有部(玄関扉含む)の αA 」は「住戸専有部(玄関扉含まない)の αA 」と「玄関扉の αA 」の合計値として算出した。その結果、住戸専有部のC値は約0.14～0.20(cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>)となった。

測定データから算出した差圧解消装置により付加される αA は約60(cm<sup>2</sup>)となり、差圧解消装置の性能を確認することもできた。この数値は、玄関扉メーカー資料から算出した数値61.6(cm<sup>2</sup>)とほぼ同様の結果となり、測定精度は問題がなかったと考えた。



表-6 集合住宅BのC値の算出結果

|  |              | 住戸          |             |             |             |
|--|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|  |              | 2階<br>No.1室 | 2階<br>No.2室 | 2階<br>No.3室 | 2階<br>No.4室 |
| 住戸面積(m <sup>2</sup> )                    |              | 75.79       | 75.79       | 104.61      | 86.05       |
| $\alpha A$<br>(cm <sup>2</sup> )         | 住戸専有部(玄関扉含む) | 15.0        | 10.5        | 17.6        | 13.9        |
| C値<br>(cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) | 住戸専有部(玄関扉含む) | <b>0.20</b> | <b>0.14</b> | <b>0.17</b> | <b>0.16</b> |

#### (4) 考察

集合住宅AおよびBの気密性能測定を行い、測定結果より住戸専有部のC値を算出した。内部廊下型の集合住宅Aでは約0.36(cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>)、外部廊下型の集合住宅Bでは約0.14～0.20(cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>)となった。

両物件は、内部廊下型のタワーマンションと外部廊下型のマンションと形状が異なっている。住戸専有部の壁面がALC、乾式壁、躯体や柱等RC構造の壁、それぞれがどの程度の割合で構成されているかで、建物の隙間量は異なると考えられる。しかし、同構造の建物ではそれぞれ1物件ずつでしか測定を行っておらず、また、内部廊下型の集合住宅Aでは外部風の影響により取得できたデータ数が少なかったため、壁体構成による違いを検討するためには、さらにいくつかの物件で測定を行う必要があると考える。また、前述の壁体構成以外の建物構造の着目点の例として、サッシ等級の大きい物件での測定等が考えられる。

#### 4. まとめ

本研究では、新築集合住宅2物件の住戸専有部の気密性能の測定を行い、換気設計を行う際に重要であるC値を算出した。今回測定を行った2物件の気密性能はそれぞれ約0.36(cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>)、約0.14～0.20(cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>)となった。

内部廊下型集合住宅の測定は外部風の影響により1室のみでの測定であったため、同様の物件で再度測定を行う必要があると考えられる。また、建物の気密性能は、建物構造の影響が大きいと考えられるため、今後は建物構造にも着目して、さらにいくつかの物件で測定を行い、データを蓄積する必要があると考える。

謝辞：本研究は国士舘大学理工学部、原准教授の指導の下で行われました。その他、測定にご協力いただいたすべての方々に御礼申し上げます。

#### 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) 村上周三、矢作和久、長谷川功、大山信一：集合住宅の気密性能と換気設備の実態調査 その1 調査住戸の概要と気密性能について、日本建築学会大会学術講演梗概集、No.4548、pp.1095-1096、1987.10
- 3) 溝口舞、倉渕隆、鳥海吉弘、小寺定典：集合住宅における気密性能が設備機器に及ぼす影響に関する実態調査、日本建築学会大会学術講演梗概集、No.41374、pp.747-748、2010.9
- 4) 鳥海吉弘、倉渕隆、風間り子：集合住宅における隙間特性に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、No.41341、pp.681-682、2013.8
- 5) 木村洋、西村欣英：集合住宅の室内負圧に関する研究 その3 超高層集合住宅における実測、日本建築学会大会学術講演梗概集、No.41339、pp.695-696、2015.9
- 6) 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
- 7) 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、日本建築学会大会学術講演梗概集、No.41397、pp.837-838、2016.8