

密性は、一般構法と同等以上となっている。

図3-1に、復興住宅のc値とn値の測定結果を示す。c値が小さい場合にn値が1.0に近く、小さな隙間で構成されていることがわかる。また、c値が大きい場合にn値が2.0に近くなっており、通気経路の断面が比較的大きな隙間で構成されていることがわかる。開口部建具は、アルミ、複合、樹脂であるが、ほとんどの開口部の気密性能が高い(JIA・A-4レベル)ため、c値の大小は、気密仕様及び施工の程度によって左右されていると考えられる。

c値は、平屋の岩手4を除けば5.0以下であるが、2.0以下のものは、10件中3件にとどまった。2.0以下となった物件は、気密フィルムを用いた一般構法で気密に留意した宮城1、新たな構造でプラスチック断熱材を用いた宮城2、岩手10であった。特に気密フィルムを用いた一般構法で2.0以上のものが多い要因としては、短い工期や気密工事に対する配慮の程度などが挙げられる。

4. 簡易気密測定法の可能性

健康的で快適な室内環境の実現にとって、気密性能の確保は、復興住宅ばかりではなく、特に寒冷地においては必須の要素である。これまで一般的に利用されている送風機などを用いた気密測定器は、一定の精度を実現する方法で、その普及が望まれる^{3),4)}。しかし、測定機器のコスト、比較的大掛かりな機器の運搬などの手間などによって、一部の建物での利用にとどまっている。これまでも、簡易な気密測定法の検討が行われてきた^{5),6),7),8)}。気密性能は、気密仕様の設定ばかりではなく、現場での施工、その確認などによって、確実に性能を実現すべきものであるため、全ての建物で、気密性能を測定することが本来は必要である。

本研究では、全ての復興住宅で気密測定を実現することを目的に、簡易な気密測定法の可能性を検討した。簡易な気密測定法は、簡易な機器を用い、短時間で測定することが出来ることが条件であり、場合によっては、

居住者による測定も視野に入れることが必要である。この場合には、マニュアルの整備や、機器が現場や工務店に郵送される貸出しのシステムが必要となると考えられる。

このような簡易な気密測定法は、新築や改築などでの気密性能の確認、既存住宅の気密性能劣化の確認での使用を可能にすると考えられる。復興住宅ばかりではなく、必要な気密性能を広く実現するためには、簡易気密測定による診断の結果を見て、必要に応じて精度が高い気密性能値を行う体制が整備されることも望まれる。

4.1 戸建住宅の気密測定の実誤差

気密測定法は、JIS A2201:2003「送風機による住宅の気密性能試験法」に記載されている。図4-1に示すように、送風機で内外の気圧差(以後、差圧と記す。)を設けて、送風機通気量Qと内外気圧差 ΔP の関係から、通気率a、相当隙間面積(c値)、及び隙間特性値(n値)を求める。この測定法は、財団法人建築環境省エネルギー機構による講習で普及が図られている¹⁾。測定誤差の要因は、差圧測定誤差及び風量測定誤差であるが、実際の現場測定における、それぞれの測定誤差われている⁹⁾。図4-2には、測定誤差を抑制するための要点について検討した結果を示す。

風量(Σq)は、隙間を介して流れる空気量の合計を意味するが、この測定法では、この風量が送風機を通過

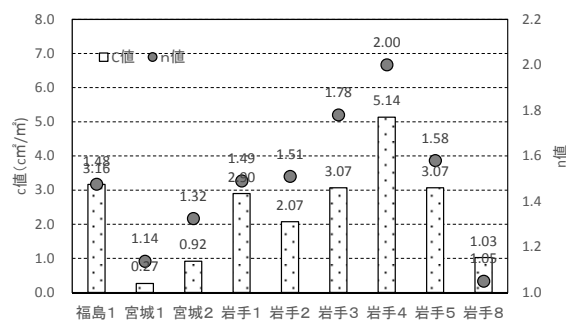


図3-1 復興住宅の気密測定結果

表3-1 測定対象の概要と測定結果

| | 福島1 | 宮城1 | 宮城2 | 岩手1 | 岩手2 | 岩手3 | 岩手4 | 岩手5 | 岩手8 |
|---------------------------|--------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|
| 述床面積/吹抜含(m ²) | 152 | 137 | 120 | 87 | 133 | 119 | 50 | 113 | 110 |
| 構造 | 在来軸組 | 在来軸組 | 在来軸組 | 在来軸組 | 在来軸組 | 在来軸組 | 在来軸組 | 在来軸組 | 在来軸組 |
| 外壁 | 真壁 | 真壁 | 大壁 | 大壁 | 大壁 | 大壁 | 大壁 | 大壁 | 真壁 |
| 断熱材 | 壁 | 繊維系吹込 | 繊維系 | プラスチック系 | プラスチック系 | プラスチック系 | プラスチック系 | 繊維系 | 繊維系 |
| | 天井・屋根 | 繊維系吹込 | 繊維系 | プラスチック系 | 繊維系 | 繊維系 | 繊維系 | 繊維系 | プラスチック系 |
| | 床断熱 | | 繊維系 | プラスチック系 | プラスチック系 | プラスチック系 | プラスチック系 | 繊維系 | |
| | 基礎断熱 | プラスチック系 | | | | | | | |
| 気密材 | 窓 | 木・ペア | アルミ・ペア | アルミ・ペア | 複合・ペア | 複合・ペア | 複合・ペア | 複合・ペア | 樹脂・ペア |
| | 壁 | 杉板 | フィルム | 合板 | フィルム | フィルム | フィルム | フィルム | 杉板 |
| 天井・屋根 | 杉板 | フィルム | 合板 | フィルム | フィルム | フィルム | フィルム | フィルム | 杉板 |
| 換気設備 | 第3種 | 第3種 | 第3種 | 第3種 | 第3種 | 第3種 | 第3種 | 第3種 | 第3種 |
| その他 | 分離空気集熱 | | 合板・断熱パネル | | | | | | 木材合体パネル |
| 総隙間相当面積(cm ²) | 481.00 | 36.52 | 109.89 | 252.50 | 275.07 | 366.18 | 255.12 | 345.99 | 113.12 |
| C値 | 3.16 | 0.27 | 0.92 | 2.90 | 2.07 | 3.07 | 5.14 | 3.07 | 1.03 |
| n値 | 1.48 | 1.14 | 1.32 | 1.49 | 1.51 | 1.78 | 2.00 | 1.58 | 1.05 |

する通気量に等しいと考え送風機の通気量を測定している。しかし、図 4-3 に示すように、内外温度差が大きい場合には、上下に内外気圧差の分布が発生するために、上階で逆流が発生する可能性が生じる¹⁰⁾。の要因は多様であるため、測定誤差に関する検討も特に、気密性能が低い場合には、内外気圧差が全体的に小さくなるため、逆流域が大きくなる。逆流がある場合には、送風機通気量よりも逆流量の分だけ、風量(隙間経路の流入量)が大きくなるため、測定誤差が発生する。これによる誤差は、c 値ばかりではなく n 値にも発生する。従って、図 4-4 に示すように、階数が大きいほど、内外温度差が大きいほど、より大きな差圧を確保することが必要となる。

差圧については、外部風の影響を避けるために、外部風速が大きい場合の測定を避けることが基本である。また、内外温度差によって生じる気圧差の影響を避けることが望ましい。しかし、既往の気密測定法ではこの影響を考慮しておらず、送風機を塞いだ状態での差圧が 3 (Pa) 以下であることのみを条件としている¹⁾、注 1。

風量と差圧の誤差を抑制する基本要件は、外部風速が低いことを前提に、十分な風量と差圧を確保することである。一般的に用いられている気密測定器(コーナー札幌:KNS シリーズ等)でも、50(Pa)程度の差圧を確保できる大きな送風機が用いられている。

4.2 簡易気密測定の可能性

戸建住宅の気密性能(c 値:床面積当りの総隙間相当面積)は多様である。新省エネルギー基準においては、c 値で 5.0(c m²/m²)以下、2.0(c m²/m²)以下を、地域に対応した気密住宅の基準としている。近年では、c 値が 0.5(c m²/m²)以下の事例も多数報告されている一方で、5.0(c m²/m²)を超える報告もある。

復興住宅の簡易気密測定としては、c 値が 2.0 以下または、5.0 以下であることを確認できることが望ましいと考えられる。設計時の想定と異なる場合には、必要に応じて従来の気密測定を実施するとすることで、気密測定の普及が図られ、気密性能の底上げにつながると考えられる。

このような要求精度であれば、すべての住宅に設置されている厨房レンジファンの利用の可能性が出てくる。レンジフードファンの最大風量は、300~500(m³/h)程度であり、既往の気密測定器(1000 m³/h 程度)より少ない。低風量では差圧も小さくなり、測定精度が低下することとなる。

以上を踏まえて、隙間が外皮に一様分布していると仮定して、2階建て戸建モデル(総2階及び下屋がある場合)で C 値が 2.0(c m²/m²) の場合に、気密性能測

定の数値実験を行い、以下の知見を得た。

- ① 通気量ゼロ(送風機を塞いだ状態)の基準高さの内外差圧をゼロとすることで、内外温度差による誤差を小さくすることができる^{注1)}。なお、1階と2階の床面積に違いがあっても、この効果に顕著な影響はない。

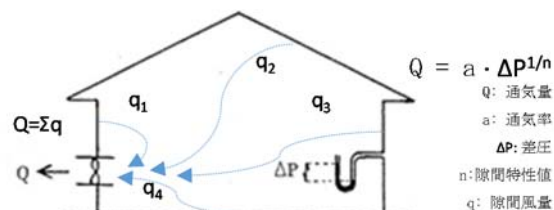


図 4-1 気密測定の原理 (排気の場合)

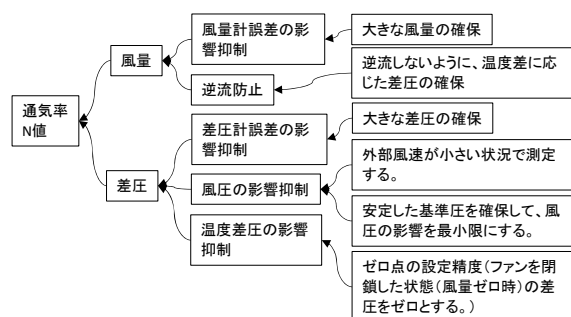


図 4-2 気密測定における精度維持の要点

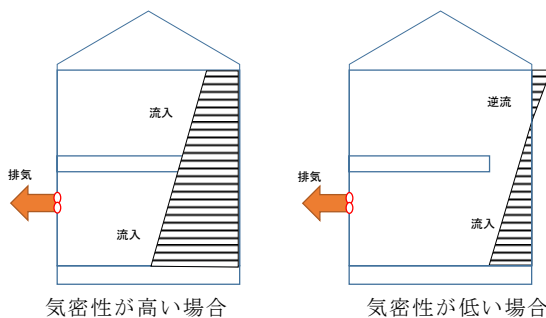


図 4-3 差圧 (内外気圧差) と逆流発生 の考え方

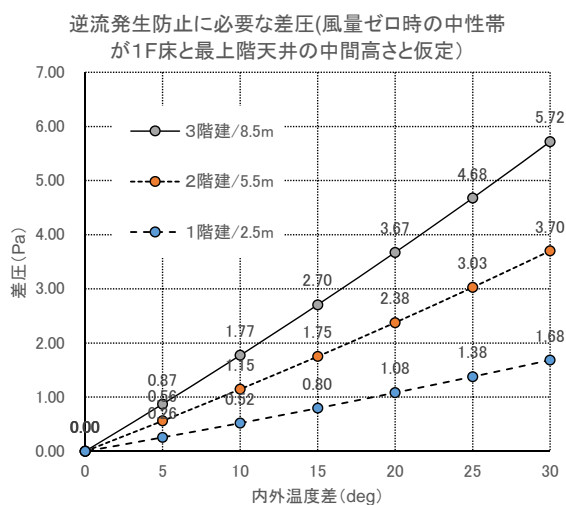


図 4-4 内外温度差と逆流発生防止に必要な差圧

② 外部風で差圧が変わると、測定精度に影響がでる。風速 1.0(m/s)で、内外差圧 20 (Pa)、通気量 300 (m³/h) 程度の気密測定で、c 値の誤差が 30%程度である。ただし、n 値の誤差は 40%以上である。なお、風速 0.5(m/s)であれば、c 値で 10%程度、n 値で 20%程度である。

n 値の誤差は、主に上階での逆流によるものである。c 値については、上記のような差圧の 0 点設定に関する工夫をすれば、外部風の影響が小さい条件下で、通気量が 300 (m³/h) 程度以下のファンによる換気気密測定の可能性があると考えられる。

4.3 レンジファンを利用した気密測定法

気密測定を簡易にするためには、レンジファンなどの既存送風機の利用に加えて、風量測定が簡略化が望まれる。一般的な気密測定器では、送風機での通気量をピトー管と差圧計を用いて測定している。レンジファンでの通気量又は隙間を介する風量を測定するには、A:風速計を用いる方法と、B:トレーサースガスをを用いる方法が考えられる。

A については、風速計は比較的安価であるが、レンジフードの形状が多様で代表風速点や風速分布把握のための測定点等の想定が難しい。B については、厨房レンジやカセットコンロなどの、燃焼器後から発生する炭酸ガスをトレーサースガスとし、平均濃度が得やすいと考えられる排気で濃度測定をすれば、比較的事実的な測定方法となる可能性がある。ただし、炭酸ガス発生量を規定することが必要となる。ガスの消費量から炭酸ガス発生量を算出し、排気と室内空気中の炭酸ガス濃度測定結果を用い、一定発生法の仮定で通気量を算出することは可能であると考えられる。

表 4-1 本研究及び既往の気密性能測定結果

| 所在 | 構法 | 年 | Sf m ² | C cm ³ /m ³ | n値 | 測定者等 |
|-----|------|------|----------------------|--------------------------------------|------|------|
| 福島1 | 在来 | 2014 | 152.1 | 3.2 | 1.48 | 本研究 |
| 宮城1 | 在来 | 2014 | 136.5 | 0.3 | 1.14 | |
| 宮城2 | 在来 | 2014 | 120.0 | 0.9 | 1.32 | |
| 岩手1 | 在来 | 2014 | 87.0 | 2.9 | 1.49 | |
| 岩手2 | 在来 | 2014 | 132.6 | 2.1 | 1.51 | |
| 岩手3 | 在来 | 2014 | 119.3 | 3.1 | 1.78 | |
| 岩手4 | 在来 | 2014 | 49.7 | 5.1 | 2.00 | |
| 岩手5 | 在来 | 2014 | 112.6 | 3.1 | 1.58 | |
| 岩手8 | 在来 | 2014 | 110.0 | 1.0 | 1.05 | |
| 宮城 | 木パネル | 2008 | 100.0 | 0.5 | 1.12 | 林 |
| 富山 | 在来 | 1991 | 206.0 | 0.4 | 1.10 | 垂水* |
| 富山 | 在来 | 1992 | 125.0 | 0.2 | 1.20 | |
| 富山 | 在来 | 1992 | 149.0 | 2.2 | 1.70 | |
| 富山 | 在来 | 1992 | 217.0 | 0.3 | 1.40 | |
| 富山 | 在来 | 1992 | 171.0 | 1.0 | 1.70 | |
| 富山 | 在来 | 1992 | 148.0 | 2.5 | 1.60 | |
| 富山 | 在来 | 1992 | 167.0 | 3.6 | 2.00 | |
| 富山 | 在来 | 1993 | 181.0 | 1.7 | 1.80 | |
| 富山 | 在来 | 1993 | 131.0 | 2.5 | 1.50 | |
| 宮城 | 在来 | 2001 | 172.0 | 2.1 | 1.90 | 石川** |
| 宮城 | 木枠 | 2001 | 238.0 | 0.6 | 1.20 | |
| 宮城 | 在来 | 2001 | 184.0 | 1.3 | 1.50 | |
| 宮城 | 木枠 | 2001 | 241.0 | 1.7 | 1.40 | |
| 宮城 | 在来 | 2001 | 230.0 | 1.5 | 1.70 | |
| 宮城 | 在来 | 2001 | 227.0 | 2.4 | 1.50 | |
| 北海道 | 在来 | 2011 | 123.4 | 0.2 | 1.25 | 菊田 |
| 北海道 | 在来 | 2010 | 114.9 | 0.2 | 1.08 | |
| 北海道 | 在来 | 2010 | 115.9 | 0.2 | 1.22 | |
| 北海道 | 在来 | 2012 | 130.8 | 0.3 | 1.23 | |

*垂水弘夫、久保志、高野勝、高気密住宅の気密測定結果と居住者に対するアンケート調査 富山・石川県の住宅を対象として、日本建築学会北陸支部研究報告集第36号、1993年7月
 ** 石川善美、佐々木健史、次世代省エネルギー基準施行後に建設された木造戸建住宅の気密性能実態調査、日本建築学会東北支部研究報告集、平成13年6月

レンジファンの強さ(強、中、弱)を段階的に変えることで、複数の通気量、差圧の測定点が得られれば、c 値と n 値が得られることとなる。ただし、差圧が小さい場合に発生しやすい内外温度差による逆流によって、特に n 値の誤差が大きくなることは前述の通りである。

4.4 既往の気密特性を利用した 1 点法

既往の気密測定及び本研究の気密測定の結果(表 4-1, 図 4-5)^{11)・16)}から、c 値と n 値には一定の相関があると考えられる。図 4-5 左は、気密測定で得られた c 値と n 値の関係を示している。同図右には、c 値と 1/n の関係を示す。原理的には、気密性能が高い住宅では、個々の隙間経路の幅が小さく毛細管隙間に近いと考えられるため、n 値が 1.0 に近くなると考えられる。また、気密性が低い場合には、隙間経路の幅の大きい n 値が 2.0 に近い隙間が多く、建物全体の n 値も 2.0 に近づくと考えられる。上記の原理に基づいて、c 値が 0 に近づくと、n 値が 1.0、1/n が 1.0 に近づくと、c 値が大きくなると、n 値が 2.0、1/n が 0.5 に近づくとをモデル化して以下の式を仮定した。

$$1/n = 0.5 + 0.5 \cdot e^{-DC} \dots \dots \dots (1)$$

ここに、C(c 値)：床面積当りの相当隙間面積(c m³/m²)

既往の測定結果を用いて、最小 2 乗法で D を求めた。この式による曲線を図 4-5 右に示す。この式を用いることで、最も差圧と通気量が大きくなるレンジファンの強運転時の測定結果 1 点で、c 値及び n 値を得ることが出来る可能性がある。

以上に基づいて、1 点法に関する数値実験を行った。レンジファンの通気量 Q₁ が 100、300、500(m³/h)の 3 ケースについて行った。通気量 Q₁ に対する差圧 Δ P₁ を、測定された c 値及び n 値から求めた。この Q₁ と Δ P₁ から、c 値及び n 値を以下のように算出した。

通気量 Q₁ と内外気圧差 Δ P₁ の関係は、以下のよう
に示すことが出来る。

$$Q_1 = a \cdot \Delta P_1^{1/n} \dots \dots \dots (2)$$

ここに、a:通気率(m³/hmmAq^{1/n}) 注2

式 2 より、以下の式が得られる。

$$Q_1 = S_f \cdot C / \phi \cdot \Delta P_1^{1/n} \dots \dots \dots (3)$$

ここに、S_f：床面積、φ：通気率に対する相当隙間面積の係数(≒0.68)

式(3)を変形して、式 1 を用いると、以下の式が得られる。

$$C - \phi \cdot Q_1 / S_f \cdot \Delta P_1^{-0.5} \cdot e^{0.7085C} = 0 \quad (4)$$

式(4)を用いてニュートン法などでCを求めることが出来る。さらに、Cから式(1)を用いてnが得られる。

図4-6には、 Q_1 が100(m³/h)の場合の、c値の測定結果に対する1点法の数値実験結果の比を示す。この比は、1.0近辺であり、一定の測定精度があることを示している。同図には、n値が1.0と仮定した場合のc値：図中のQ100(N=1)、n値が2.0と仮定した場合のc値：図中のQ100(N=2)を示す。c値が大きい場合に、Q100(N=1)は大きくなる。また、c値が小さい場合に、Q100(N=2)は大きくなる。何れの場合も、測定精度が非常に低くなる事が確認される。図4-7、図4-8には、 Q_1 が300(m³/h)の場合、500(m³/h)の場合の結果を示す。いずれも100(m³/h)の場合と同様の傾向がある。ただし、Q500(N=1)の場合の比は、他の場合に比べれば、1.0に近い。図4-9には、n値に対する一点法によるn値の比を示す。この比は、大略的には1.0に近いが、0.7から1.4の範囲で分布している。

図4-10は、c値と一点法のc値の相関を示す。 Q_1 が100、300、500(m³/h)のいずれの場合も、相関係数

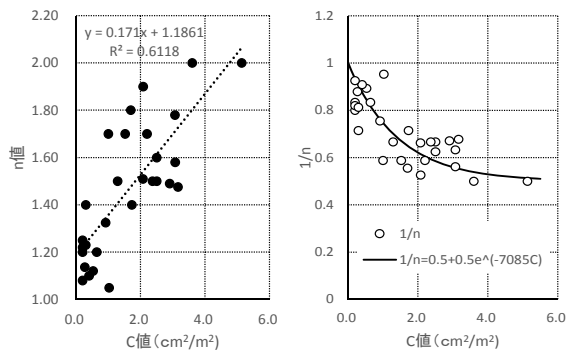


図4-5 既往測定結果におけるc値とn値の関係

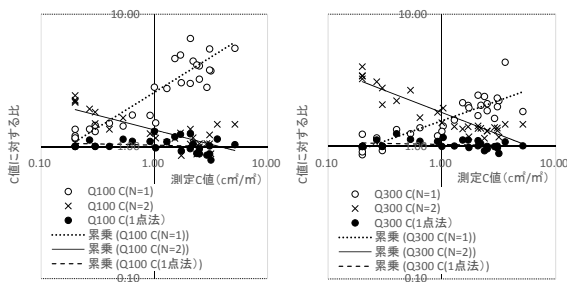


図4-6 Q100の推定誤差

図4-7 Q300の推定誤差

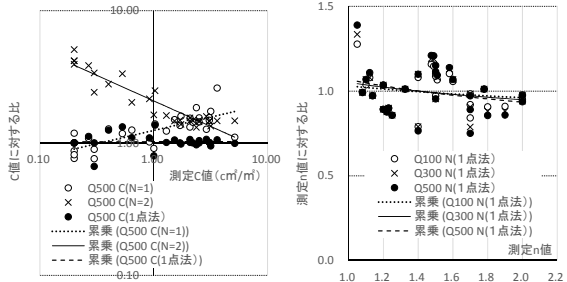


図4-8 Q500の推定誤差

図4-9 n値の推定誤差

の2乗: R^2 は、0.99以上で、高い相関性を示している。図4-11は、n値と一点法のn値の相関を示す。相関係数の2乗: R^2 は、0.56から0.74であり、 Q_1 が最も大きい500(m³/h)における相関が最も高くなるわけではないことを示している。

1) ガスコンロによる炭酸ガス発生量と濃度

住宅の厨房には、一般的にガスコンロまたは電磁調理器が設備されている。ガスコンロでは燃焼ガス中の炭酸ガスを用いることができる。電磁調理器の場合はカセットコンロなどを用いて炭酸ガスを発生させる必要がある。

表4-2に、都市ガス及びプロパンガスを用いて一口を燃焼させた場合の、炭酸ガス発生量とレンジ通気量から求めた排気の炭酸ガス濃度を示す。炭酸ガス濃度は、850~2900(ppm)程度であり、室内空気を対象とした炭酸ガス濃度計(最大5000(ppm))で測定可能な範囲となっている。なお、室内濃度を400(ppm)とし、レンジフード捕集率を90%としている。

2) レンジファンの排気による差圧

表4-3に、c値と床面積当りの通気量 Q_1/S_f から求め

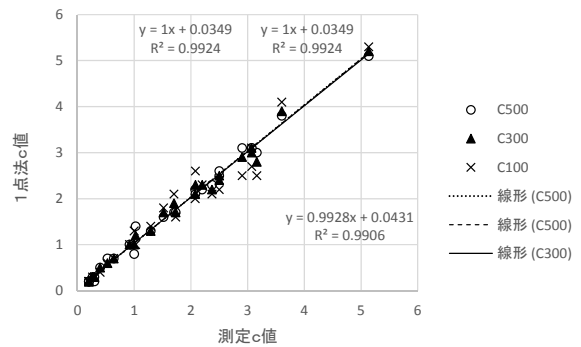


図4-10 c値と1点法のc値の関係

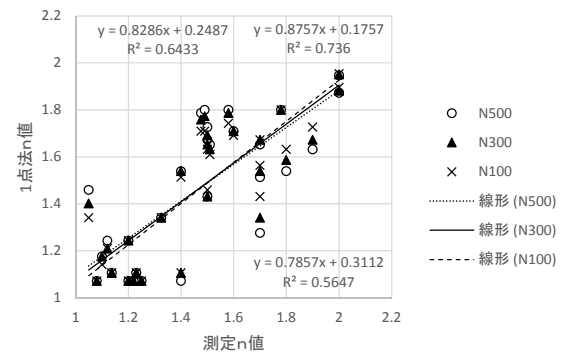


図4-11 n値と1点法のn値の関係

表4-2 炭酸ガス濃度(ppm)(室内空気:400ppm)

| | フード補修効率 | 都市ガス | プロパンガス |
|-------|----------------------------|--------|--------|
| | | 90.0% | 一口コンロ |
| | 炭酸ガス発生量(m ³ /h) | 0.25 | 0.27 |
| レンジ風量 | 100 | 2627.7 | 2874.2 |
| | 200 | 1513.8 | 1637.1 |
| | 300 | 1142.6 | 1224.7 |
| | 400 | 956.9 | 1018.5 |
| | 500 | 845.5 | 894.8 |

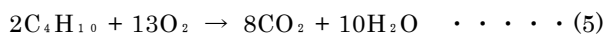
た内外気圧差 ΔP 、内外気圧差 $1.0(\text{mmAq})$ ^{註2)}に必要な床面積当りの通気量： $Q_1/S_f\text{-Req}$ を示す。c値が大きい場合には、内外気圧差 ΔP は、小さくなる傾向がある。内外気圧差 ΔP が小さいと、差圧計の誤差の影響が顕著となると共に、外部風の影響を受けやすくなり、内外差圧測定誤差が大きくなる。また、内外差圧が小さいと、逆流による風量測定誤差も増大することとなる。

逆流防止が可能な内外気圧差の条件として、 $1.0(\text{mmAq})$ 以上確保するとした場合に、必要な床面積当りの通気量を、同表に示す。c値が5.0の場合には、 $7.35(\text{m}^3/\text{h m}^2)$ と大きくなり、床面積が $100(\text{m}^2)$ 程度の住宅でも、通気量が $735(\text{m}^3/\text{h})$ と、一般的なレンジファンよりも大きな通気量が必要となる。c値が2.0であれば、同様に $294(\text{m}^3/\text{h})$ となり、一般的なレンジファンで可能な通気量となる。ただし、通気量が固定され限界があるレンジファンを用いると、c値が小さい場合に誤差が小さく、c値が大きい場合に誤差が大きくなることとなる。

表4-4に、復興住宅を想定した規模における、レンジファンの風量毎の、差圧 $1.0(\text{mmAq})$ 以上で測定可能なc値を示す。 $300 \text{ m}^3/\text{h}$ であれば、床面積 S_f が $100(\text{m}^2)$ まで、 $500(\text{m}^3/\text{h})$ であれば、 $140(\text{m}^2)$ までの場合に、c値が2.0まで可能となる。従って、復興住宅のほとんどでc値が2.0以下であることを確認することができると思われる。

3) カセットコンロを用いた通気量測定

ガスの消費量から、炭酸ガス発生量を算出し、排気の炭酸ガス濃度を用いて、通気量を算出することが出来ることを、カセットコンロを用いて検証した。カセットコンロの成分はブタン C_4H_{10} であり、その燃焼式は、以下ようになる。



燃焼開始から終了までの時間と、その間のカセットコンロの質量変化から、ブタンガスの消費速度が得られる。この質量変化から、式(5)より炭酸ガス CO_2 の発生量 M を算出することが出来る。排気濃度 C と室内濃度 C_{in} から、炭酸ガス CO_2 の質量収支式から、通気量： Q_1 が以下のように得られる。

$$Q_1 = M / (C - C_{in}) \quad \dots \dots (6)$$

図4-12に示すように、燃焼ガスの捕集効率が100%となるようにして、室内及び排気の炭酸ガス濃度から通気量を測定した。ピトー管を用いた通気量が100~500 (m^3/h)の範囲でファンの動力を設定して、上記の方法で通気量を測定した。その結果を、表4-5及び図4-13に示す。カセットコンロを用いた通気量の測定精度は高く、十分な実用性があることがわかる。ただし、

実住宅においては、レンジフードの燃焼ガス捕集効率によって、測定精度が左右されることに留意する必要がある。

表4-3 c値と必要通気量： $Q_1/S_f\text{-Req}$
(内外気圧差 $1.0(\text{mmAq})$ に必要な床面積当り通気量： $Q_1/S_f\text{-Req}$)

| c値 | n値 | Q_1/S_f | | | | | $Q_1/S_f\text{-Req}$ |
|-----|------|----------------------------|------|------|------|------|----------------------|
| | | 1.00 | 2.00 | 3.00 | 4.00 | 5.00 | |
| | | 差圧 $\Delta P(\text{mmAq})$ | | | | | |
| 0.5 | 1.18 | 1.44 | 3.24 | 5.22 | 7.32 | 9.52 | 0.74 |
| 1.0 | 1.34 | 0.60 | 1.51 | 2.60 | 3.82 | 5.16 | 1.47 |
| 1.5 | 1.49 | 0.31 | 0.86 | 1.58 | 2.42 | 3.37 | 2.21 |
| 2.0 | 1.61 | 0.18 | 0.54 | 1.03 | 1.64 | 2.35 | 2.94 |
| 2.5 | 1.71 | 0.11 | 0.35 | 0.71 | 1.16 | 1.69 | 3.68 |
| 3.0 | 1.79 | 0.07 | 0.24 | 0.50 | 0.84 | 1.25 | 4.41 |
| 3.5 | 1.85 | 0.05 | 0.17 | 0.37 | 0.63 | 0.95 | 5.15 |
| 4.0 | 1.89 | 0.04 | 0.13 | 0.28 | 0.48 | 0.74 | 5.88 |
| 4.5 | 1.92 | 0.03 | 0.10 | 0.22 | 0.38 | 0.58 | 6.62 |
| 5.0 | 1.94 | 0.02 | 0.08 | 0.18 | 0.31 | 0.47 | 7.35 |

表4-4 内外差圧 1.0mmAq 以上で測定可能なc値

| 床面積： $S_f(\text{m}^2)$ | 80 | 100 | 120 | 140 | |
|---------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|
| c値 (cm^3/m^3) | Q300 | 2.5 | 2.0 | 1.7 | 1.5 |
| | Q500 | 4.2 | 3.4 | 2.8 | 2.4 |

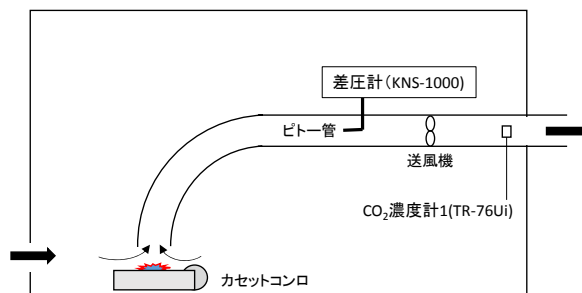


図4-12 カセットコンロを用いた通気量測定の検証

表4-5 カセットコンロを用いた通気量実験の結果

| CO_2 (ppm) | 温度 ($^{\circ}\text{C}$) | 湿度 (%) | ピトー管 (m^3/h) | ブタン消費 (g/h) | CO_2 発生 (m^3/h) | 風量換算 (m^3/h) |
|---------------------|---------------------------|--------|--------------------------------|-------------|--|--------------------------------|
| 1071.0 | 22.9 | 47.3 | 538 | 211.0 | 0.35 | 527 |
| 1277.7 | 26.3 | 35.3 | 425 | 207.6 | 0.35 | 401 |
| 1304.5 | 28.0 | 31.5 | 342 | 172.8 | 0.29 | 326 |
| 1824.0 | 26.7 | 37.3 | 225 | 177.6 | 0.30 | 213 |
| 1870.7 | 29.5 | 29.7 | 183 | 159.6 | 0.27 | 188 |
| 2914.0 | 31.9 | 33.3 | 97 | 165.0 | 0.28 | 114 |

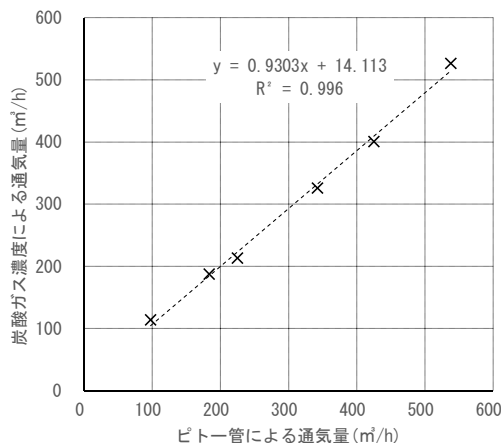


図4-13 ピトー管による通気量とカセットコンロを用いた通気量の関係

がある。

カセットコンロの場合は、カセットの質量変化を測定する必要があるが、都市ガスやプロパンガスでは、既設のガスメータでガス消費量を把握する必要がある。なお、家庭医用のガスメータの製品差は 2%程度以内¹⁷⁾である。

5. おわりに

本研究では、東日本大震災復興住宅の環境性能の維持とより健康的で省エネルギー性能が高い復興住宅の普及のために調査研究を行い、以下の知見を得た。

- 1) 地域型復興住宅生産グループへの環境性能に関するアンケート調査によって、復興住宅建設が遅れていること、都市部で次世代省エネルギー基準の等級 4 がある程度普及しているものの、沿岸部も含めて全体を通じて等級 3 から等級 4 超まで多様である。気密仕様については、気密を行わない場合があるなど、生産グループによる差が大きいことが明らかとなった。
- 2) 復興住宅の環境性能測定では、気密性能について、一般的な構法と地域の木材資源を活用するための新たな構法に関わらず、気密化への配慮の程度に応じて、c 値は 0.27~5.14 ($c \text{ m}^2/\text{m}^2$) と多様であった。
- 3) 簡易気密測定方法の開発と検証では、厨房ファンを用いて、ガスレンジの燃焼ガスを用いた簡易測定の可能性が確認された。

本研究では、復興住宅建設の遅れによってアンケート調査及び環境性能測定の対象が限定される面があり、復興住宅の全体像を十分に把握するには至らなかった。今後の復興住宅建設の本格化に伴って、調査の追加・継続が望まれる。また、本研究による簡易気密測定法の実建物での実証を行った上で、簡易気密測定の定普が望まれる。これによって復興住宅の気密性能担保の基礎が得られると考えられる。また、断熱性能や適切な設備選択など、総合的な環境性能の維持向上に向けた、取組の継続が必要である。

最後に、地域型復興住宅推進協議会、アンケートに協力いただいた生産グループ、測定対象の復興住宅の関係各位、測定作業に参加した宮城学院女子大学生活文化デザイン学科学生、実験方法等に助力いただいた国立保健医療科学院金勲主任研究官に、謝意を表す。

<参考文献>

- 1) 財団法人建築環境省エネルギー機構、住宅の気密測定試験方法,2004

- 2) 地域型復興住宅推進協議会(岩手県,宮城県,福島県),(独)住宅金融支援機構東北支店 編集・発行,地域型復興住宅-住まい手と作り手が力を合わせて住宅再建を-第 2 版,2014
- 3) 村上周三,吉野博,住宅の気密性能に関する調査研究,日本建築学会論文報告集第 325 号,1983
- 4) 吉野博,倉淵隆,住宅の気密性能とその基準に関する動向調査,日本建築学会大会学術講演梗概集,1990
- 5) 福島明,入江雄司,鈴木憲三,小西一也,住宅の気密性能の実態と簡易気密測定法,日本建築学会北海道支部研究報告集 No.63,1990
- 6) 鈴木憲三,福島明,入江雄司,小西一也,ドラフトゲージを使った簡易気密測定法について,日本建築学会大会学術講演梗概集,1990
- 7) 内海康雄,長友宗重,吉野博,直流加圧法による室間の隙間量の測定法,日本建築学会大会学術講演会梗概集,1990
- 8) 内海康雄,角舎輝典,吉野博,交流加圧法による隙間量の測定原理と装置の校正についての基礎的検討,日本建築学会大会学術講演会梗概集,1995
- 9) 奥山博康,送風機による建物気密性測定のパラメータ推定法と信頼性評価方法,日本建築学会大会学術講演会梗概集,2011
- 10) 林基哉,荒谷登,集中排気型換気システムの利用に関する基礎的検討,冬期上階の給気確保に必要な能力,隙間相当面積,給気口の抵抗,漏気量の試算,日本建築学会北海道支部研究報告集 No.65,1992
- 11) 垂水弘夫,久保猛志,高断熱・高気密住宅の気密測定結果と居住者に対するアンケート調査 富山・市川県内の住宅を対象として,日本建築学会北陸支部研究報告集,1993
- 12) 鈴木哲矢,小峯裕己他,高気密住宅における隙間特性に関する研究その 2 集合住宅の各部相当隙間面積測定法に関する研究,日本建築学会大会学術講演梗概集,1995
- 13) 菅田大助,倉淵隆,小峯裕己他,高気密住宅における隙間特性に関する研究その 3 戸建て住宅を対象とした外表面及び室間相当隙間面積の詳細測定,日本建築学会大会学術講演梗概集,1995
- 14) 池田大治郎,榎本大樹,中島裕輔,尾島俊雄,伝統民家型住宅における気密性能に関する実測調査研究,日本建築学会関東支部研究報告集,2000
- 15) 石川善美,佐々木睦史,次世代省エネルギー基準施行後に建設された木造戸建住宅の気密性能実測結果,日本建築学会東北支部研究報告会,2001
- 16) 絵内正道,森太郎,外装・断熱気密改修に伴う熱・気密性能の変化,日本建築学会大会学術講演梗概集,2004
- 17) (株)矢野経済研究所,平成 22 年度一般計量行政調査事業 (LP ガスメーターの制度の経年変化調査) 調査報告書

<注>

- 1) 財団法人建築環境省エネルギー機構,住宅の気密測定試験方法,2004 では、差圧計のゼロ調整を行い、送風機を塞いだ状態で、内外差圧が 3(Pa)以下となることを測定条件としている。
- 2) $1.0 \text{ mmAq}(\text{mmH}_2\text{O}) = 9.8(\text{Pa})$