

平成4年度 農林水産省補助事業  
日本住宅・木材技術センター事業

## 技術開発推進事業報告書

# 省エネルギー一部材開発

(ログハウスの気密性向上技術の開発)

平成5年3月

財団法人 日本住宅・木材技術センター



# ま え が き

近年、自然への回帰、価値感の多様化に伴い、ログハウスへの需要が高まりつつある。

また、野趣豊かなデザイン上の好ましさに加えて、木材の良好な断熱性から夏涼しく冬暖かいとも言われている。一方、ログハウスは丸太を積み重ねて壁体を構成するため、丸太の乾燥・収縮により、特に壁体交差部において、気密の確保が困難という側面が指摘されている。これがスキマとなって気密性を損ない、冬季間にはスキマ風となって居住性を低下させると共に、冷暖房に伴うエネルギーの消費増大をもたらしている。

本事業は、ログハウスの気密性向上による省エネルギー技術の開発を目指すものであり、平成2年度からログハウスの気密性の測定・評価法を検討・ログハウスの気密性の実測的検討を通じてスキマの発生原因を追及し気密性向上のための提案をとりまとめた。

調査を担当して頂いた名古屋大学農学部奥山助教授及び同研究室の各氏に深甚なる謝意を表すると共に、測定対象としてのログハウスを心良くご提供頂いた愛知県林業センター、岐阜県林業センター、愛知県設楽事務所及び奈良県室生村森林組合の関係者の皆様方に厚くお礼申し上げます。

平成5年3月

(財)日本住宅・木材技術センター

理事長 下川 英雄



## 目次

1. はじめに	1
2. 理論	2
2.1 換気回数	2
2.2 気密度	4
2.2.1 圧力損失	5
2.2.2 ‘すきま’を流れる空気	6
2.2.3 気密性能の表示方法	7
3. 測定装置及び手順	9
3.1 換気回数	9
3.2 有効開口面積	9
4. 測定方法の検討（モデル実験）	10
4.1 測定場所	10
4.2 開口部の形状の測定値への影響	10
4.3 高さの異なる位置の開口の換気回数の比較	11
4.4 有効開口面積の測定値に及ぼす‘すきま’の条件	13
5. ログハウスの気密性能の測定	14
5.1 測定場所	14
5.2 気密性能の測定手順	33
5.2.1 建物及び単室の測定	33
5.2.2 窓枠の測定	34
5.2.3 試験壁体の経時変化	34
6. 測定方法の検討における結果及び考察	35
6.1 換気回数	35
6.2 有効開口面積	37
6.2.1 季節変化	37
6.2.2 測定器から開口部までの距離、部屋の大きさによる影響	37
6.2.3 ‘すきま’の流路の長さによる影響	42
6.2.4 スリット間隔の変化	44
6.2.5 大きい開口部がとスリットが混在する場合	46
6.3 有効開口面積と換気回数との関係	47
7. ログハウスの測定結果及び考察	49
7.1 ログハウスの測定結果	49
7.2 ログハウスの気密性能	52
7.3 ログハウスの気密性測定結果各論	54
7.4 試験壁体の経時変化	64
8. 結論	69
参考文献	72
ログハウス気密性能向上のための提案	74



## 1. はじめに

ログハウスの気密性能の実測的検討を3年間にわたって続けてきた。本年度が最終年であるため、研究の一応のきりとした。

ログハウスの大きさや構造さらには設計は使用目的によって異なる。当然、その‘すきま’に対する設計上の配慮も使用目的によって異なっているのが現状である。

ログハウスのタイプとして、その使用目的から、① 駅の待ち合い室のように、居住性よりはその意匠のおもしろさを追求するもの、② リゾート地、特に避暑地におけるセカンドハウスとして夏場のみ用いるもの、③ 住居として実用に供するもの、に大きく分けることができる。

①のタイプについては、ログは装飾的に用いるのみであり、基本的には柱を有する建物で、ログハウスの定義からは外れる。それは、新しいうちはそれなりに意匠的に好印象を与えるが、経時的に‘すきま’は目視できるほどとなり粗悪な建物としての印象を強く与えるようになる。しかし、一般人にはこれもログハウスとみられるため、ログハウスひいては木造建物のイメージ低下につながるものとなっている。

②のタイプのものは、最も多く作られている。‘すきま’に対する性能は様々であり、一般的には気密性能の劣るものが多い。しかし、避暑の目的で作られるため、極端な例を除いて‘すきま’が特に問題になることはないと考えられる。

③については、建築数は少ないものの、森林組合および第三セクターによる事業

化が積極的に進められていることもあり、これから建築数も増加することが見込まれる。その場合、気密性能の向上がはかられるべきである。本測定でも数件の測定を行なったが、在来構法による住宅より少し‘すきま’が多い程度のものが多かった。

本報告では、過去2年間に測定したログハウスに加え、本年度測定を追加したログハウスの各論を追記するとともに、測定値の解釈に必要な測定法に関する基礎実験の結果を説明する。まとめとして、過去のデータも含めてログハウスの気密性能向上のための指針を本測定の範囲内で提示することを試みた。

## 2. 理論

気密性能の値を解釈するうえで、その測定法の正確な理解が必要となる。ここで今回用いた測定法について再度整理し、測定値の意味について理解するための基礎的検討を行なった。

### 2.1 換気回数<sup>3)</sup>

換気率は、室内気体が単位時間あたりに入れ替わる回数である換気回数  $n$  (回/h) によって表される。すなわち、

$$n = V / R \quad (1.1)$$

$V$  は単位時間あたりの換気量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )、 $R$  は室容量 ( $\text{m}^3$ )

換気量の測定方法は、一般には特定のガス濃度の変化をトレースする方法が用い



られる。この方法は一定量のガスを継続的に発生させながら室内のガス濃度の増加速度を測定するか、または一時に多量のガスを室内に充満させて、直ちに発生を止めて、その後のガス濃度減少速度を測定することによって、換気量を算出することができる。用いられるガスは、ガス濃度計に検出できるもので、空気に似た比重を持ち、人体に無害なものがよい。CO<sub>2</sub>は、空気より比重が大きく多少問題があるが、入手し易いためよく用いられる。算出に用いる式は次のように求められる。

室外へ流出する空気量を  $V_1$  (m<sup>3</sup>/h)、室内空気中の CO<sub>2</sub>濃度を  $k_i$  (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> a i r) とすると、 $d t$  時間の CO<sub>2</sub>流出量は  $V_1 \cdot k_i \cdot d t$  となる。

一方、室内に流入する外気量を  $V_2$  とし、外気の CO<sub>2</sub>濃度を  $k_a$  とすると、同様に  $d t$  時間の CO<sub>2</sub>流入量は  $V_2 \cdot k_a \cdot d t$  となる。

室内において発生する CO<sub>2</sub>量を  $k$  (m<sup>3</sup>/h) とすると、 $d t$  時間には  $k \cdot d t$  だけ発生する。室内の全 CO<sub>2</sub>量は室容量を  $R$  (m<sup>3</sup>) とすれば  $R \cdot k_i$  で与えられる。したがって、その変化は  $R \cdot d k_i$  となる。

ゆえに室内での吸収などは無視できるものとする、

$$V_2 \cdot k_a \cdot d t + k \cdot d t - V_1 \cdot k_i \cdot d t = R \cdot d k_i \quad (1.2)$$

の関係が成り立つ。室内絶対温度を  $T_i$  (°K) とすると、

$$V_2 = T_0 \cdot V_1 / T_i \quad \text{なので}$$

$$\left\{ k - V_1 \left( k_i - \frac{T_0}{T_i} k_a \right) \right\} d t = R \cdot d k_i \quad (1.3)$$

これを  $k_i$  について解いてなればかえると、任意の時刻  $t$  に於ける室内の CO<sub>2</sub> 量

は、

$$\begin{aligned} k - V_1 \left( k_i - \frac{T_0}{T_i} k_a \right) \\ = \left\{ k - V_1 \left( k_0 - \frac{T_0}{T_i} k_a \right) \right\} \exp \left( - \frac{V_1}{R} t \right) \end{aligned} \quad (1.4)$$

ただし、 $k_0$ は $t=0$ における室内 $\text{CO}_2$ 濃度である。 $T_0/T_i=1$ とみなせば、 $V=V_1=V_2$ となる。 $V/R=n$ であるので

$$k - V(k_i - k_a) = \{ k - V(k_0 - k_a) \} \exp(-n \cdot t) \quad (1.5)$$

$\text{CO}_2$ を発生させて室内の濃度がある値になったときに、 $\text{CO}_2$ 発生をやめ、このときの濃度を $k_0$ 、時刻 $t=0$ 、とすれば、 $t$ 時間経過後の濃度は

$$k_i - k_a = (k_0 - k_a) \exp(-n \cdot t) \quad (1.7)$$

となる。あるいはこれを書き換えて

$$n = (-2.303 / t) \log \frac{(k_i - k_a)}{(k_0 - k_a)} \quad (1.7)$$

$\text{CO}_2$ 濃度の減少速度を測定することにより、この式から、換気回数を求めることができる。

## 2.2 気密度<sup>4)5)7)</sup>

## 2.2.1 圧力損失<sup>4)5)7)</sup>

換気は空気の流れである。周知のように、気体が流れているとき、その気体は運動のエネルギーを保有する。ゆえに、風速  $v$  (m/s) の気体が流れの方向にもつ動圧  $p_v$  (kg/m<sup>2</sup>) は、流速  $v$  が完全に 0 になるとき慣性で押す仕事で評価する。すなわち

$$P_v = \int_0^v m v \, dv = \frac{1}{2} m v^2$$

工学単位では

$$P_v = \frac{\gamma}{2g} v^2 \quad (2.1)$$

ただし、 $m$  : 空気の単位質量、 $\gamma$  : 空気の比重量 (kg/m<sup>3</sup>)、 $g$  : 重力加速度 (9.807 m/s<sup>2</sup>)

しかし、実際に気体が狭い開口部を流れる場合には、摩擦その他によって圧力が失われ、(2.1)式は成り立たない。

そこで気体が、開口部の大きさに対し、壁厚の薄い場合を考えると、入口の抵抗で流路がせばまったまま噴出することになるので、開口部内の摩擦による圧力損失はない。この場合、開口前後の空間の大きさ、開口部の形、開口の端部の形等による圧力損失が考えられ、その係数 $\zeta$ を用いて、圧力損失 $\Delta p_T$  (kg/m<sup>2</sup>) は、次式のように表される。ただし、 $\Delta p_T$ は開口前後の全圧の差である。

$$\Delta p_T = \zeta \frac{\gamma}{2g} v^2 \quad (2.2)$$

また、流路の長さが無視できない場合の開口部を、気体が流れる場合には、開口

部内の摩擦、その他によって圧力が失われるので、 $\zeta$ は次のようになる。

$$\zeta = \Sigma \zeta_n + \lambda \frac{l}{d} \quad (2.3)$$

ただし  $\Sigma \zeta_n$  : 入口、出口、曲がりなどの圧力損失係数の和

$\lambda$  : 開口部内の摩擦係数

$l$  : 開口部の長さ (m)

$d$  : 開口部の直径 (m)

開口部が矩形の場合の  $d$  は、相当直径となる。

### 2.2.2 ‘すきま’を流れる空気<sup>4)</sup>

したがって、面積  $A$  ( $m^2$ ) の単純な開口部の両側に圧力差  $\Delta P$  ( $mmAq$ ) が加わると、そこを流れる空気の平均流速  $v$  ( $m/s$ ) 及び空気流量  $Q$  ( $m^3/s$ ) との間には次式が成り立つ。

$$\Delta P = \zeta \frac{\gamma}{2g} v^2 = \zeta \frac{\gamma}{2g} \left( \frac{Q}{A} \right)^2 \quad (2.4)$$

風量係数  $\alpha$  を (2.5) 式のように定義し、(2.4) 式を書き直すと (2.6) 式のようになる。

$$\alpha = \left( \frac{1}{\zeta} \right)^{1/2} \quad (2.5)$$

$$Q = \alpha A \left( \frac{2g}{\gamma} \Delta P \right)^{1/2} \quad (2.6)$$

この  $\alpha A$  を一般に有効開口面積と呼ぶ。

一方、建物に存在する多くの ‘すきま’ では、一般に (2.6) 式で示されるように、

空気流量が圧力差の1/2乗に比例するという関係が成立しない。そこで測定値を次式のように整理する場合が多く、事実ある圧力差の範囲ではよく合う。

$$Q = Q_0 (\Delta P)^{1/n} \quad (2.7)$$

$Q_0$  : 基準圧力差 (1 mm A q) で ‘すきま’ を流れる空気流量、通気量 (  $m^3/s$  )  
 $n$  : ‘すきま’ の特性値

‘すきま’ の特性値  $n$  は実験値で、 $n$  の値は開口部の大きさ、形状などによって異なる。普通の開口では  $n \approx 2$  で、毛細管透気では  $n \approx 1$  である。窓枠などの ‘すきま’ を考えた場合、 ‘すきま’ の幅が比較的大きいと  $n \rightarrow 2$  となり、気密度が増せば  $n \rightarrow 1$  となる。 ‘すきま’ 特性値の求め方は、通気量  $Q$  と圧力差  $\Delta P$  をそれぞれ両対数グラフの X 軸と Y 軸にとり、圧力差を変え、3 点以上圧力差と通気量の関係をとって、その傾きを  $n$  とする。

(2.6)式と(2.7)式の  $Q$  を等しいと置き  $\alpha A$  を求めると次式となる。

$$\alpha A = Q_0 \left( \frac{\gamma}{2g} \right)^{1/2} \cdot (\Delta P)^{(1/n) - (1/2)} \quad (2.8)$$

### 2.2.3 気密性能の表示方法<sup>4)</sup>

建物の内外または建具などの両サイドの圧力が異なった場合の圧力差と、そこにある ‘すきま’ を流れる空気流量の関係を気密性とする、(2.7)、(2.8)式などから考えその表示方法として、次の3通りが考えられる。

(1) 空気流量  $Q$  と圧力差  $\Delta P$  の関係を両対数グラフなどにそのまま表示する方法 ((2.6)式に従う場合、その関係は両対数グラフ上で直線となる。)

(2) (2.7)式の $Q_0$ および $n$ で表示する方法

(3) (2.8)式を用い、‘すきま’の程度を等価な単純開口の面積（有効開口面積）で表す方法

等が考えられる。この際、測定する圧力差の範囲をどうするか、また(2)、(3)の方法を用いる場合には、基準圧力差をいくりにするかが問題となる。特に(3)を用いる場合に、(2.6)式の $n$ が2でないと、基準圧力差が異なれば、有効開口面積（ $\alpha A$ ）が異なった値となる。

住宅の気密性の測定に関しては、現在JIS化が検討され、JIS原案「住宅の‘すきま’の相当開口面積の測定方法」及び同解説案が出されている（以降JIS原案と称す）。この中では、通常の状態で生じうる住宅の内外の圧力差及び測定の容易さ等を勘案し、基準圧力差として $1\text{ mm A q}$ を採用しており、そのときの $Q_0$ 及び $n$ を気密性能と定義している。ただし $Q$ の単位としては（ $\text{m}^3/\text{h}$ ）を採用している。さらに(2.8)式を用いて‘すきま’の有効開口面積（ $\alpha A$ ）を求め、その値を、住戸全体の測定では延床面積、単室全体の測定では測定対象室の床面積、部位の測定では対象部位面積で割り表示することとしている。その際、 $\alpha A$ は $\text{cm}^2$ 、床面積などは $\text{m}^2$ で表し、単位としては（ $\text{cm}^2/\text{m}^2$ ）を採用している。

本研究では、基準圧力差を $1\text{ mm A q}$ とし、おもに有効開口面積による表示方法を採用した。

### 3. 測定装置及び手順

#### 3.1 換気回数

CO<sub>2</sub>濃度を測定するのに使用した機器は、赤外線吸収方式による環境測定用CO<sub>2</sub>計（富士通電気株式会社ZFP5）で、測定範囲は、0～2000/5000ppmである。メーターのゼロ点校正にはN<sub>2</sub>ガスを用いた。

手順は、まず室内のCO<sub>2</sub>濃度のバックグラウンドを測定し、扇風機で室内空気を攪拌しながらCO<sub>2</sub>ガスを放出した。室内のCO<sub>2</sub>濃度が5000ppmになった時点でガスの放出をやめ、以後CO<sub>2</sub>濃度減少経過を自記記録計で記録した。なおCO<sub>2</sub>濃度は床から1.2mの位置で測定した。

CO<sub>2</sub>濃度と時間との記録チャートから測定値を読み取り、(1.7)式を用いて換気回数を計算した。

#### 3.2 有効開口面積

測定には住宅気密測定器（KNS-3000Ⅱ、コーナー札幌株式会社）を使用した。測定器は測定器本体と軸流ファンがついた塩化ビニル製排気用整流筒とからなっている。整流筒は吸気口がベルマウスになっており、長さ208cm、風速測定部分の半径は7.5cmである。風速はダクト中心部で測定し、圧力差はダイヤフラム式差圧計を使用している。またnやαAを算出するのに、パーソナルコンピュータ（NEC 9801LV）を使用した。

測定法としては、大きく分けて加圧法と減圧法の2種類がある。まず加圧法は、

室内側が屋外に比べ圧力が高くなるように送風機によって室内を加圧し、‘すきま’を通過する空気が室内から室外へ流出するようにして測定する方法である。それに対し減圧法は、送風機によって室内の圧力を低くする方法で、本研究ではこの方法で行った。

測定手順は、まずファンを利用して測定部内・外に最低0.1 mm A q から最高2～8 mm A q の圧力差を発生させた。その間8～16点について、圧力差とダクト内の風速が平衡状態になったところでその時の圧力差と通気量を両対数グラフにプロットし、その回帰直線から基準圧力差である1 mm A q の時の通気量を求め、(2.8)式に代入して有効開口面積を算出した。ただし、(2.8)式において $\gamma / 2 g \approx 0.058$ とした。

#### 4. 測定方法の検討（モデル実験）

##### 4.1 測定場所

名古屋大学農学部A館にある、285号室と276号室を使用した。両部屋は共にRC構造で、ドアは木製サッシであるが、窓はすべてアルミニウムサッシが用いられている。

##### 4.2 開口部形状の測定値への影響

ログハウスの‘すきま’は、校木間の細いスリットのみとは限らない。‘すきま’の形状によって測定値がどう違うかを知ることは測定値の詳細な解釈のために必



要である。そこで、換気回数と有効開口面積の‘すきま’の形状による相違を見るため、図1に示したような3種類の‘すきま’の形状を有するドアを準備した。

(A)材料は、合板で、0.9 cm 間隔に、長方形スリット (0.5 cm×60 cm、厚み1.2 cm) が、並列しているもの。

(B)材料は、発泡スチロールと合板で、1 cm 間隔に、長方形スリット (0.5 cm×29 cm、流路の長さが50 cm、32.5 cm、17 cm、5 cm の4種類) が、並列しているもの。

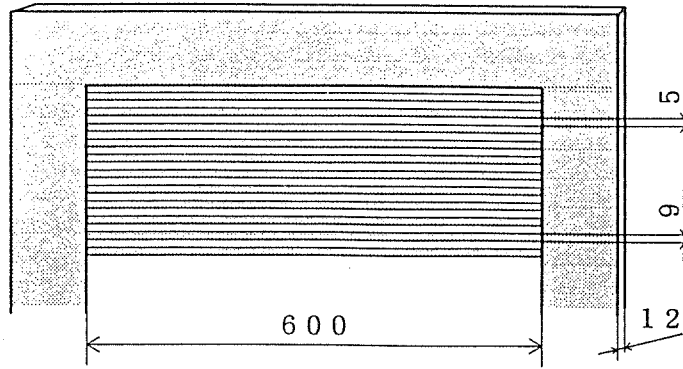
(C)正方形の大きな開口 (15 cm×15 cmまたは20 cm×20 cm、厚み1.2 cm) が1つと、0.9 cm 間隔に、長方形スリット (0.5 cm×60 cm、厚み1.2 cm) が、並列しているもの。

#### 4.3 高さの異なる位置の開口の換気回数の比較

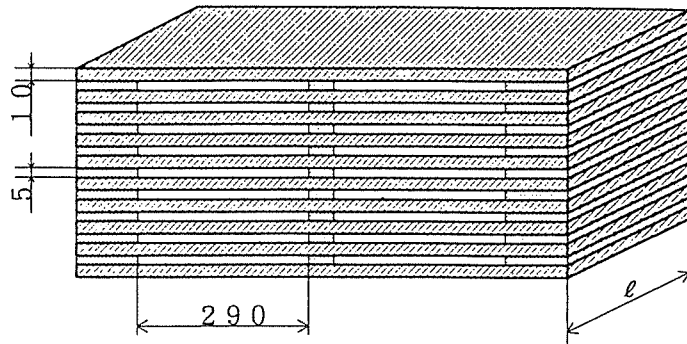
換気回数の測定にはトレーサーとしてCO<sub>2</sub>ガスを用いたが、CO<sub>2</sub>ガスは空気よりわずかに重いため、‘すきま’の高さ位置によって流出速度が異なる。それが測定値にどの程度影響するかを検討した。測定対象の部屋として、前述の276号室を使用した。測定に先だって目で見える大きな‘すきま’はガムテープで目張りした上で、以下のような測定を行った。

まず、大きな‘すきま’を目張りしただけで、部屋の換気回数を測定し、次に形状(A)を入口ドアに取り付け、開口部の位置が、下から0.73 mにある場合と、1.81 mにある場合の2通りについて測定を行った。この時の開口部の面積は、2回とも270 cm<sup>2</sup>であった。

(A)

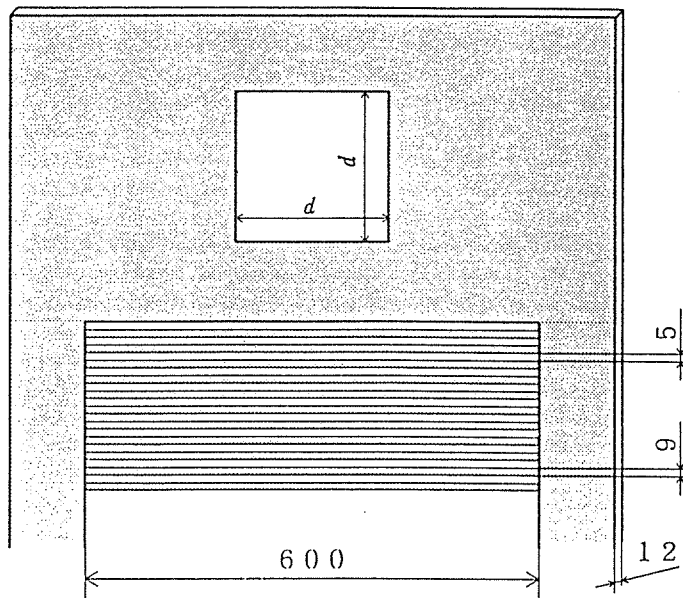


(B)



$l : 500、325、175、50 \text{ mm}$

(C)



$d : 150、200 \text{ mm}$

□ : 合板      □ : 発泡スチロール  
単位: mm

図1 'すきま' 形状モデル (スリットと正方形開)

さらに、形状(B) (流路の長さ 50cm) を入口ドアに取り付け、開口部の位置が、下から 0.73 mにある場合の換気回数を測定した。

開口部の面積は、261 cm<sup>2</sup>であった。

#### 4.4 有効開口面積の測定値に及ぼす‘すきま’の条件

(1) ‘すきま (スリット)’ と測定器との距離の違い：

測定場所として285号室を使用した。窓の開口面積 (実開口面積) を徐々に大きくし、そのつどの有効開口面積 ( $\alpha A$ ) を測定した。使用した窓は、測定器から2.9 m離れた近い窓と、6.7 m離れた遠い窓の2つとした。

(2) ‘すきま (スリット)’ の実開口面積と有効開口面積との関係：

形状(A)、または形状(B) (流路の長さ 50cm) をドアに取り付けた。次に、長方形スリットを、すべてガムテープによって目張りし、そのときの有効開口面積 ( $\alpha A$ ) を測定した。徐々にガムテープをはがして、実開口面積を段階的に大きくし、それぞれに対する有効開口面積 ( $\alpha A$ ) を、276号室と285号室の2つの部屋で測定した。

(3) ‘すきま (スリット)’ の流路の長さの影響：

(B)をドアに取り付け、(2)と同様な方法で、実開口面積に対する有効開口面積 ( $\alpha A$ ) を、流路の長さが50 cm、32.5 cm、17 cm、5 cmの4通りの条件で、276号室を使用して測定した。

(4) ‘すきま (スリット)’ 間隔の違い：

形状(B) (流路の長さ 17.5cm) をドアに取り付けて測定した。開口部の面積を

551 cm<sup>2</sup>として、長方形スリットの間隔が1 cmの場合と4 cmの場合の有効開口面積を、276号室を使用して測定した。

(5) 大開口と小開口が混在する場合：

形状(C)をドアに取り付けて測定した。正方形の‘すきま’（一辺の長さ15cmまたは20cm）はそのまま、長方形のスリットをすべてガムテープで目張りした。徐々にガムテープをはがして、長方形スリットの実開口面積に対応する有効開口面積( $\alpha A$ )を、285号室を使用して測定した。

## 5. ログハウスの気密性能の測定

### 5.1 測定場所

#### (1) ログハウス1

(測定日：1990年11月1,2日)

奈良県宇陀郡室生村にある森林組合の組合町室として使っている建物である。屋根は、幅約9 cmの材をかみ合わせたものである。壁体は、室内側から屋外に向かって、板張り－断熱材として発泡スチロール－直径約6 cmの半円形の丸太を組み合わせたものである。床はフローリングである。測定は建物全体について行った。(通し番号を1とし、見取り図その他の詳細は1991年の報告書<sup>1)</sup>に示した)。

#### (2) ログハウス2

(測定日：1990年11月～1993年2月、 築：1989年12月)

このログハウスは、室生村森林組合が製造、販売しているもので、一辺の長さが5.15mの、六角形をしている。壁体は、直径12cmのスギの丸太を、24本積んである。この壁体には太い鉄の棒が、数本通してあり、壁体の沈下にともない、ネジが締められるようになっている。このログハウスの通し番号を2とし、見取り図その他の詳細は1991年の報告書<sup>1)</sup>に示した。

最初の測定は、壁を組んでから10カ月後（この間に約6cm、壁体の沈みがあった）に行われた。その後、有効開口面積、換気回数の経時変化を見るため、5回測定を行った。

玄関は、両開きの木製ドア（190cm×210cm）である。窓は壁の各面にあり、建物内に5つある。これらの窓は壁にはめ込んだだけの木製の外枠に、片開きのアルミサッシの窓が取り付けられている。また、明りとり用として、天井にガラス窓がついている。床は、高床式で、発泡スチロールの上にコンクリートパネルをしき、フローリングで仕上げである。

### （3）ログハウス3

（測定日：1991年1月22日 築：1989年4月）

名古屋市熱田区白鳥にある住宅展示場内のモデルハウスである。壁材として直径18cmのスギの丸太を使用している。測定には1階の6畳の和室を使用した。天井はヒノキの板張りで、床は畳敷である。参考として、気密度の測定のみ、建物全体についても行った。見取り図その他の詳細は1991年の報告書<sup>1)</sup>に示した。

### （4）ログハウス4

(測定日：1991年1月22日 築：1989年5月)

ログハウス3と同様熱田区の住宅展示場にあるモデルハウス<sup>1)</sup>で、壁材として集成材を使用している。この集成材はヒノキの間伐材を利用しており、高さ3.5cmの台形の材をミニフィンガージョイントでつないだものである。測定には1階の4.5畳の和室を使用した。天井はクロス張り、床はコンクリートパネルの上に畳を敷いたもの(0.5畳は板張り)である。

#### (5) ログハウス5

(測定日：1991年5月31日 築：1989年)

実際に住居として使われている2階建てのログハウスで、カナダから輸入されたものである。壁材として直径約20cmの丸太を使用している。測定には、1階の一続きになっている台所と居間を使用した。また、居間の一角には、一段高くしたところに畳敷きの和室がある。床はフローリングである。参考として、気密度の測定のみ、建物全体についても行った。外観や見取り図の詳細は、1992年の報告書<sup>2)</sup>に記載した。

#### (6) ログハウス6

(測定日：1991年12月14日 築：1990年)

この建物は愛知県北設楽郡にあり、第三セクターとして設立された企業がモデル的に作ったログハウスである。壁材は、直径約17.5cmのスギの丸太を使用しているが、手で製材したものであるため丸太の形は少し不揃いであった。床は、和室では、荒床板張りの上に畳が敷かれているが、そのほかはフローリングである。床に

は根太が通り、基礎コンクリート型枠打放しの柱が建物を支え高床式になっている。

外観や見取り図の詳細は、1992年の報告書<sup>2)</sup>に記載した。

#### (7) ログハウス7

(測定日：1991年11月14日 測定の際は建築中)

ログハウス6の場合と同じ企業が実用住宅として製造、販売した愛知県北設楽郡にあるログハウスである。やはり、外観や見取り図の詳細は、1992年の報告書<sup>2)</sup>に記載した。

壁材は直径20cmのスギの丸太で、壁の丸太と丸太の間には厚さ5mmのウレタンフォームがはさんである。測定は建物全体について行った。まだ建築中だったので、出入口はドアがついておらず、木の板と布テープでふさいで測定した。床は、和室以外はフローリングである。ただし、和室もまだ畳が敷かれておらず、荒床板がむき出しになっていた。床は高床式で、根太と基礎コンクリート型枠打放しの柱で支えられ、一部はコンクリートの地下室となっている。

#### (8) ログハウス8

これらの外観や見取り図の詳細も、1992年の報告書<sup>2)</sup>に記載した。

##### (8-1) ログハウス8-1

(測定日：1992年1月29日 築：1988年 秋)

間伐材有効利用のため、愛知県環状鉄道保見駅の前に建てられたログハウスである。構造は普通のログハウスと少し違い、建物の四隅と窓などの開口部の両側に柱が通っていて、その間に丸太を積み上げた壁がある。壁材はヒノキの3面カット丸

太で、丸太と丸太の間には目板が入っている。床はヒノキ板フローリング張りで、基礎はコンクリートブロック2段化粧積みとなっている。天井は軒裏兼用スギ化粧の地板張りである。測定は建物全体について行った。

(8-2) ログハウス 8-2

(測定日：1992年2月5日 築：1987年12月)

愛知県環状鉄道篠原駅前に建てられたログハウスである。壁材はスギの三面カット丸太で通しボルトで支えられていて、丸太と丸太の間には目板が入っている。屋根は片屋根で、梁がポーチに立っている柱まで通っている。床はクッションフロア一貼りである。測定は建物全体について行った。

(8-3) ログハウス 8-3

(測定日：1992年2月5日 築：1987年12月)

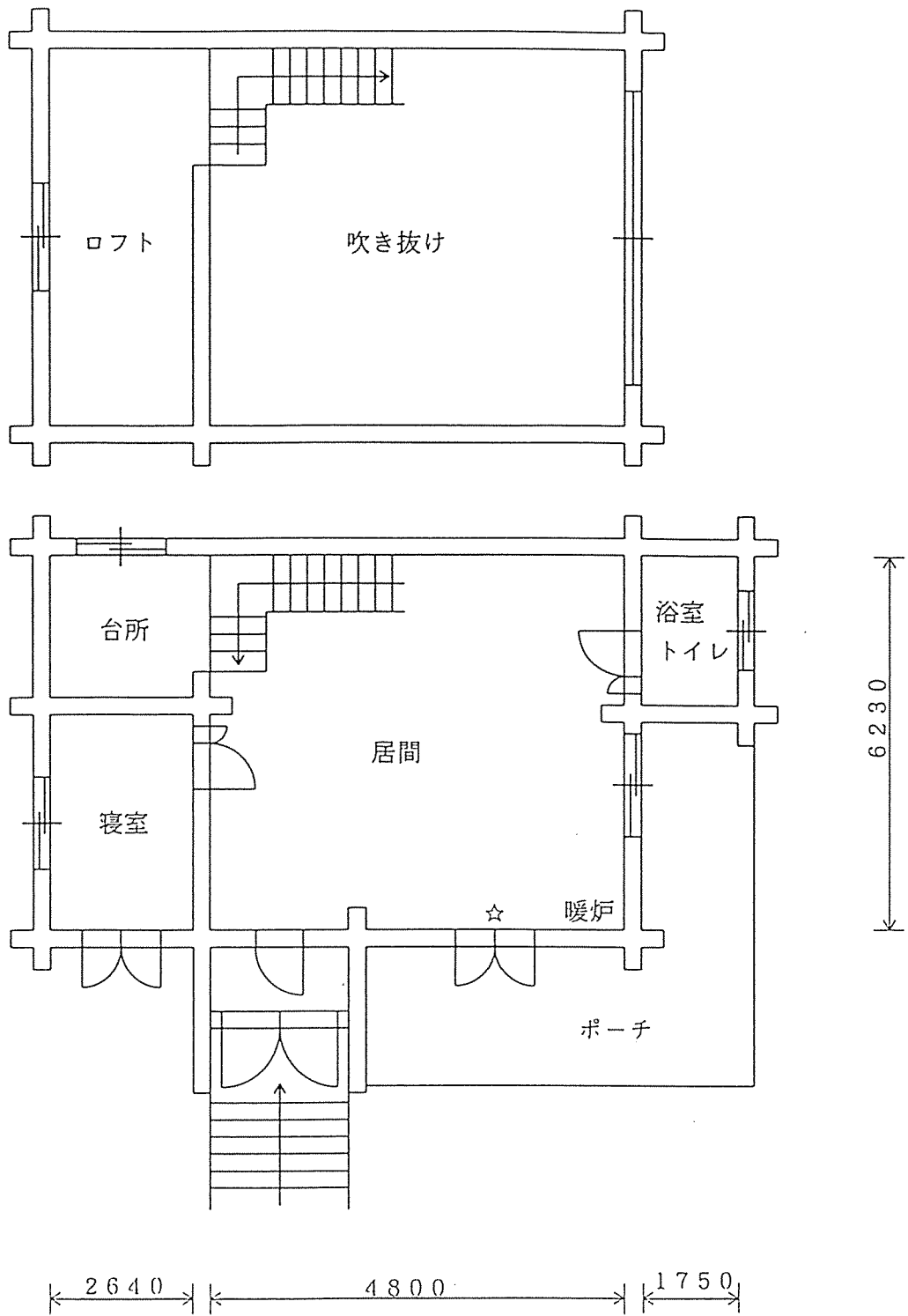
愛知県環状鉄道八草駅前に建てられたログハウスで、篠原駅前のものとよく似ている。壁材はスギの三面カット丸太で、間に目板が入っており、通しボルトで支えられている。屋根は寄せ棟で、通り梁はない。床はクッションフロア一貼りである。測定は建物全体について行った。

(9) ログハウス 9

(測定日：1992年6月23日 築：1987年 秋)

ロフトのあるログハウスである(図2)。壁材としては、直径約30～33cmの丸太を用いている(図3)。この丸太の含水率は平均で屋内12%、屋外15%であった。

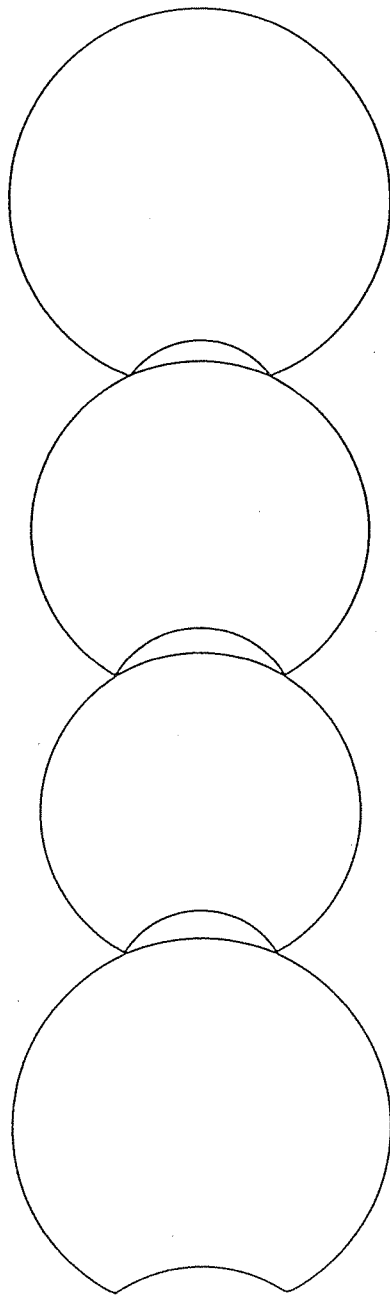




床面積 53.72 m<sup>2</sup>  
 築 1987年 秋

☆測定器設置位置

図2 ログハウス9の平面図



直径30~33cm

図3 ログハウス9の校木断面図

測定には、玄関から入った最初の部屋を使用した。この部屋は、台所と居間が一続きになっており、ロフトへの階段もあるので、測定にはロフトも一続きと考えた。ログハウスの壁の上部は、明りとり用にガラス張りとなっている。

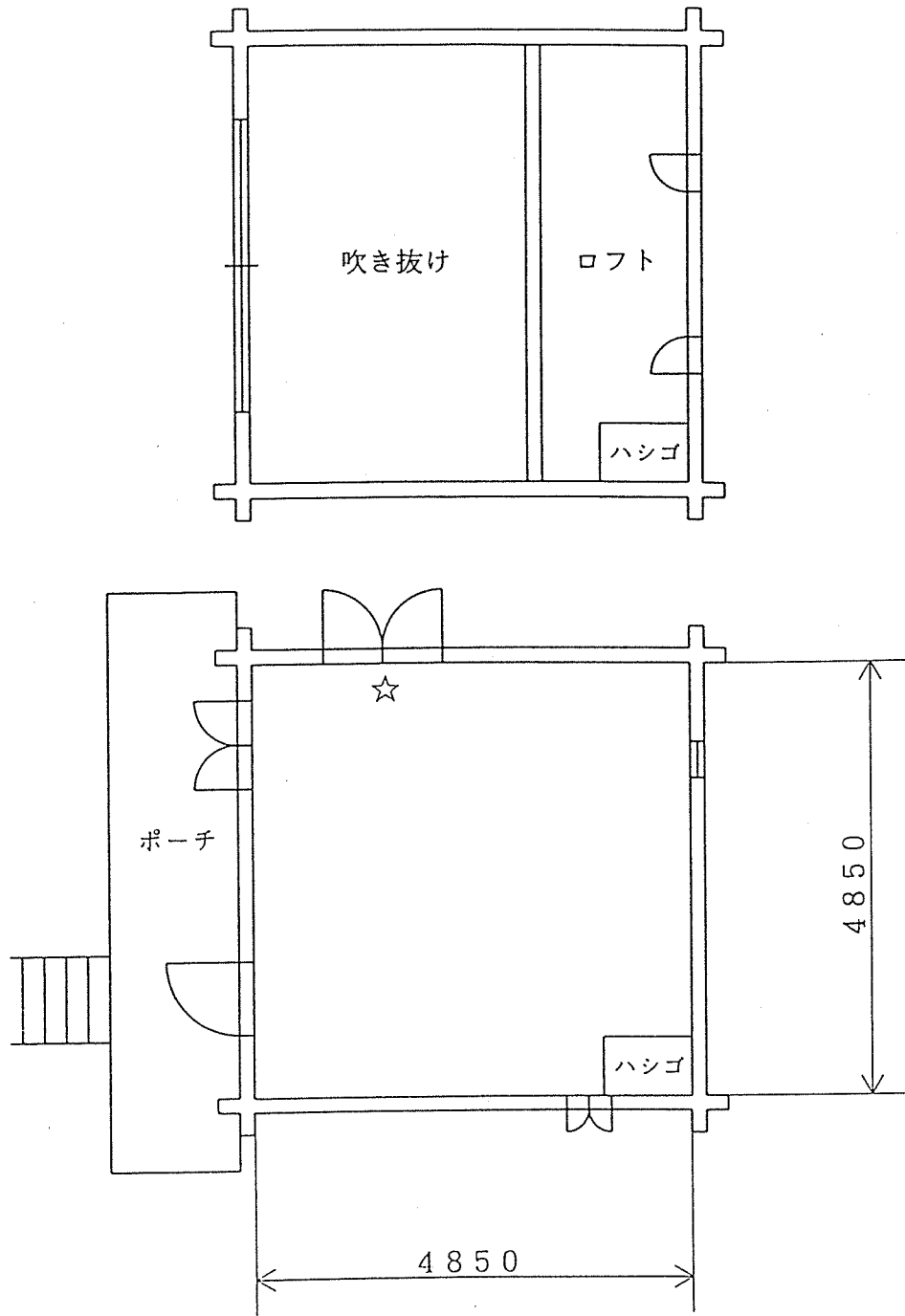
床は合板化粧フローリングの床ボードで、屋根は合板を用いている。

測定した室内において、玄関は両開きの木製ドア（200cm×170cm）と、片開きの木製ドア（200cm×170cm）の2重扉となっている。窓はすべて木製サッシで、両開き、引き違いの窓が、1階にそれぞれ1つ（140cm×68cm、140cm×68cm）あり、両開きの窓が、ロフトに1つ（140cm×68cm）ある。また1階には、ポーチへの出入口のために、引き違いのガラス戸が1つ（140cm×170cm）、他の部屋に通じる出入口のために、木製のドアが2つ（110cm×170cm×2）ある。今回測定器は、玄関から1番近い窓（140cm×68cm）に設置した。

#### （10）ログハウス10

（測定日：1992年6月23日 築：1991年12月）

ロフトのあるログハウスである（図4）。壁材としては、直径約10～20cmの丸太を使用している。丸太と丸太との間はすべてグラスウールで埋められ、表面の‘すきま’を防ぐためにシリコンがコーティングしてある。また特徴的なことは、丸太を大小交互に積んでいることである（図5）。これは、岐阜県林業センターの研究者が個人で製作下ログハウスで、‘すきま’の処理はシリコンコーキングで行うなど、コストを無視した仕上げをほどこしてある。室内の湿気を排除するための換気扇を設置している。それでも、根太にカビが出るほどである。

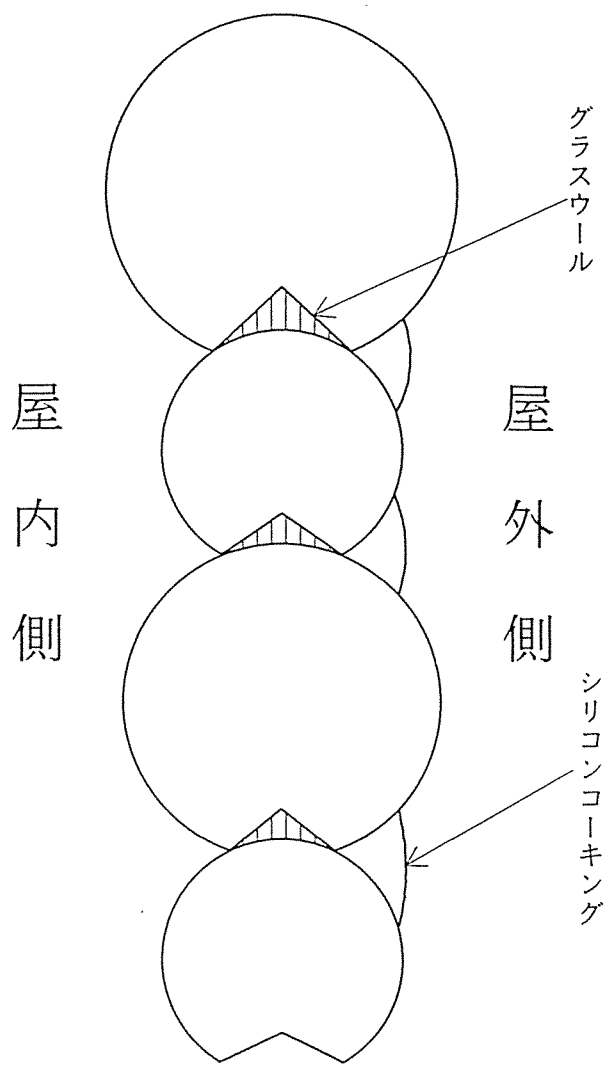


床面積 23.52 m<sup>2</sup>

☆測定器設置位置

築 1991年12月

図4 ログハウス10の平面図



直径10~20cm

図5 ログハウス10の校木断面図

測定は建物全体であり、ロフトへは階段をつうじて行くことができる。側面の壁の上部は、明りとり用にガラス張りとなっており、このガラスと丸太との接合部はすべて漆喰で‘すきま’が防いだ。反対側の壁の、丸太と丸太との間の空間は、内部からグラスウール－合板－漆喰の順によって埋められている。

床はコンクリートパネルとフローリングであり、屋根は板→グラスウール→コンクリートパネル→トタンの順に積層してある。

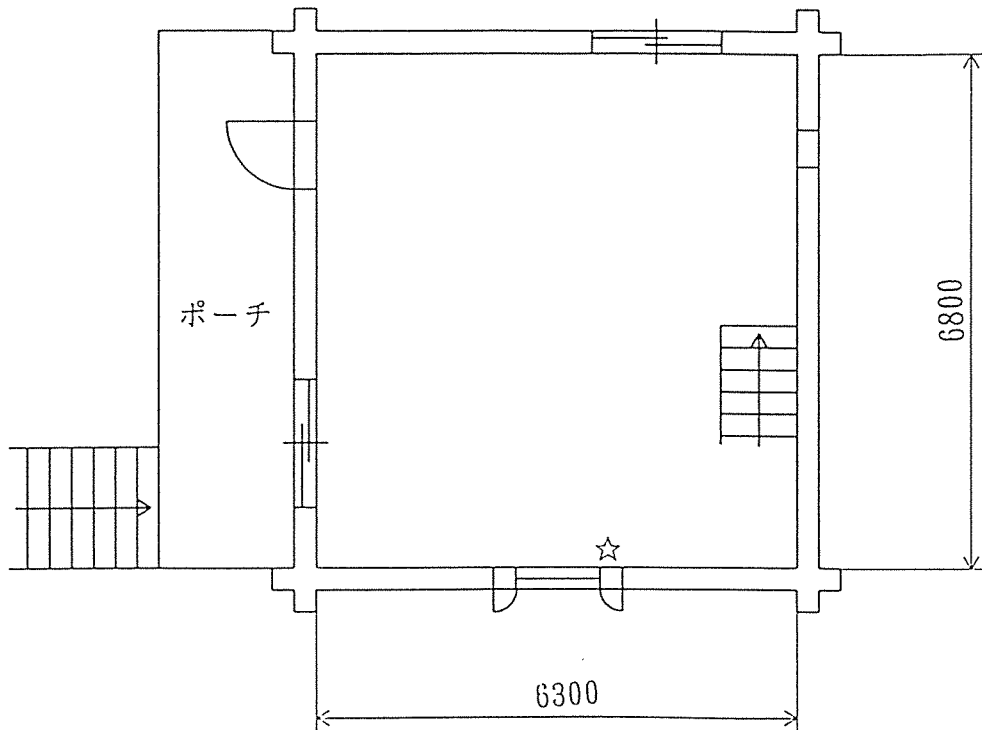
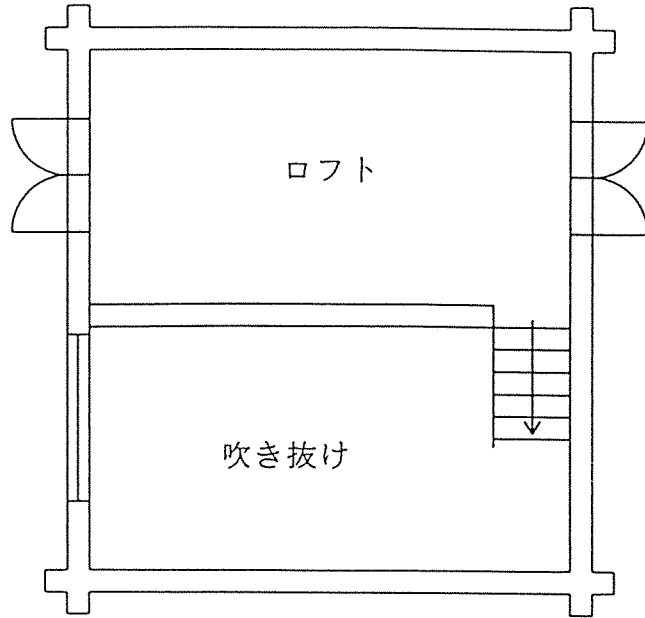
測定した建物において、玄関は、片開きの木製ドア（88cm×177cm）である。窓はすべて木製サッシが使われ、両開きの窓が1階に3つ（110cm×68cm、136cm×82cm、50cm×75cm）、片開きの窓が、ロフトに2つ（40cm×53cm×2）、締切りの窓が1階に1つ（40cm×55cm）ある。ドア、窓の上側の‘すきま’はすべてグラスウールが詰め込んである。今回測定器は玄関から入って左側の壁にある窓（136cm×82cm）に設置した。

#### （11）ログハウス11

（測定日：1992年6月24日 完成：1992年5月）

ロフトのあるログハウスである（図6）。壁材としては、直径約26～30cmの丸太を使用している（図7）。丸太の含水率は平均で、1階の下部17.7%、上部33.75%、ロフト23.3%、外壁13.7%、ロフトの上端のたる木35%以上で、カビがはえている。

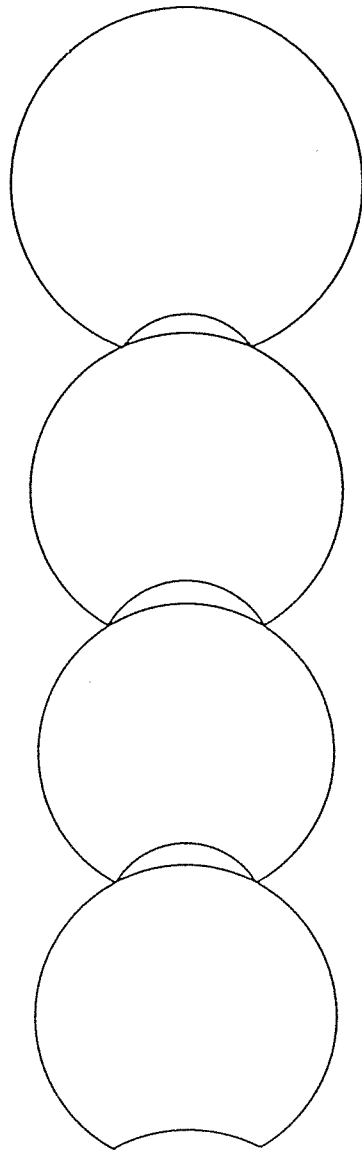
測定は建物全体であり、ロフトへは階段を通じて行くことができる。側面の壁の上部は、明りとり用にガラス張りとなっている。



床面積 42.84 m<sup>2</sup>  
 築 1992年5月

☆測定器設置位置

図6 ログハウス11の平面図



直径26～30cm

図7 ログハウス11の校木断面図



床は、針葉樹合板と12cm幅のヒノキのフローリングを用い、屋根は、スギ板  
→断熱材→コンクリートパネル→トタンの順に積層してある。

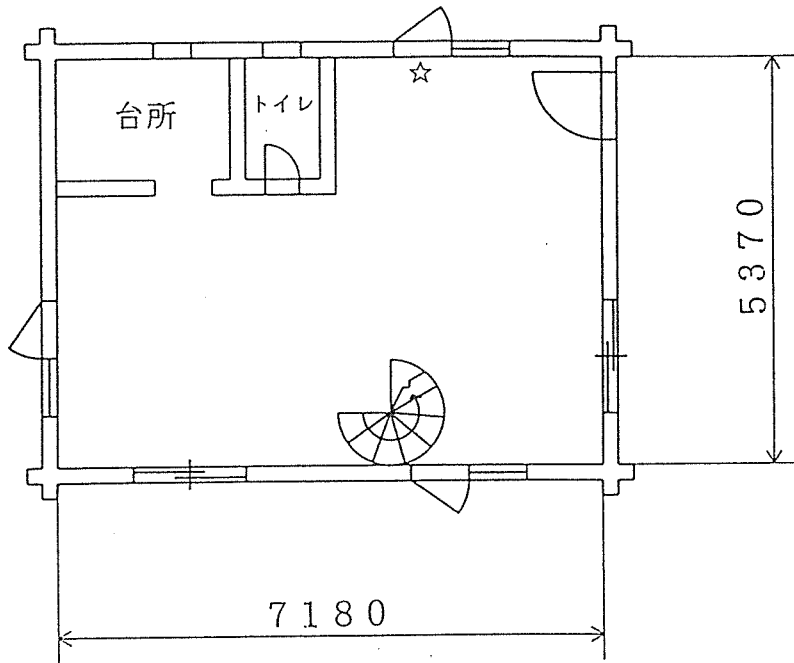
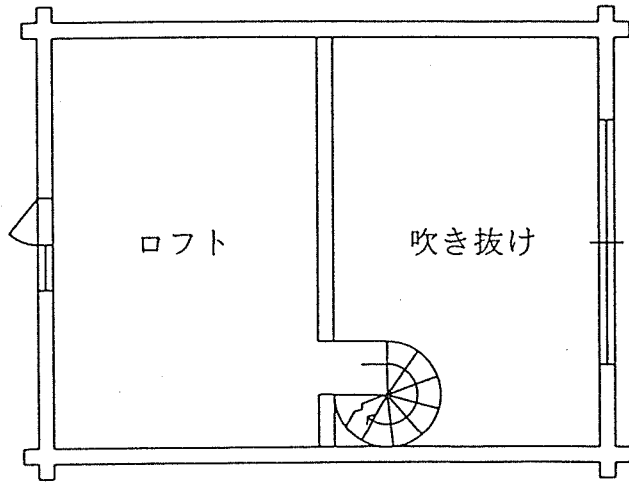
測定した建物において、玄関は片開きの木製のドア(90cm×185cm)である。窓、  
戸はすべて木製サッシを使用しており、引き違い、締切の窓が、1階にそれぞれ1  
つ(170cm×105cm、50cm×170cm)、両開きの窓が、1階に1つ(170cm×105cm)、  
ロフトに2つ(144cm×80cm×2)ある。また1階には、ポーチへの出入口のために、  
引き違い戸が1つ(170cm×170cm)ある。今回、測定器は玄関から入って右側の壁  
にある窓(170cm×105cm)に設置した。

今回の測定は、建物全体の気密性、換気回数だけでなく、窓枠の気密度も測定し  
た。測定した窓枠は、測定器が取り付いた窓を使用した。窓の大きさは、上記の通り  
(170cm×105cm)であり、測定した面積は(292cm×150cm)であった。

## (12) ログハウス12

(測定日：1992年10月7日)

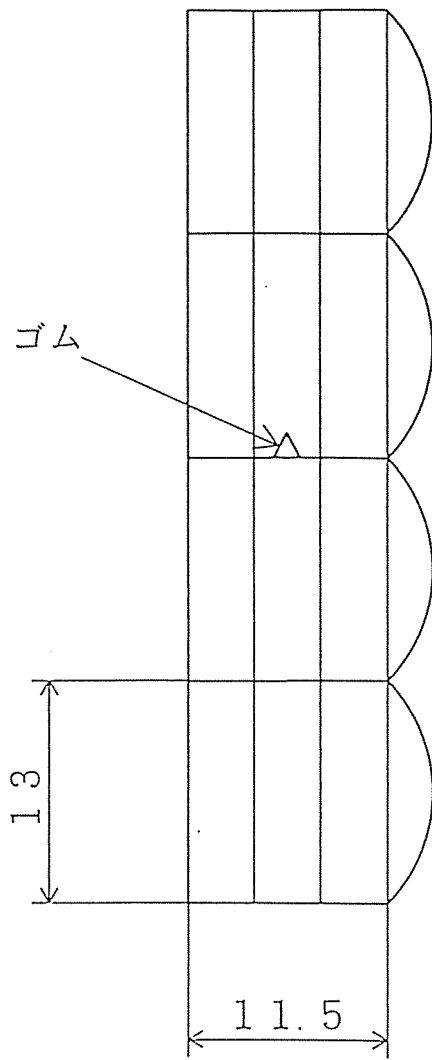
カナダから輸入し、展示会用に組み立て、その後事務室として供用しているログ  
ハウスだ。そのため、校木間のコーキングなどは不完全のまま、目視できる  
‘すきま’も多々ある状態であった。(図8)。壁体には、ポンドローサパイン集  
成材の幅14.5cm、高さ13cmの三面カット丸太を使用している。ログの組  
み方としては、ログとログの間の‘すきま’が大きいところでは、V字型の切れ込  
みを付けゴムをはさんでいる(図9)。壁体の含水率は平均で、内側10.6%、  
外側9.8%であった。



床面積 38.56 m<sup>2</sup>

☆測定器設置位置

図8 ログハウス12の平面図



ボンデローサパイン集成材

図9 ログハウス12の壁体断面図

測定は建物全体で、ロフトへは螺旋状の階段をつうじて行くことができる。側面の壁の上部には、あかりとり用にガラス張りとなっている。

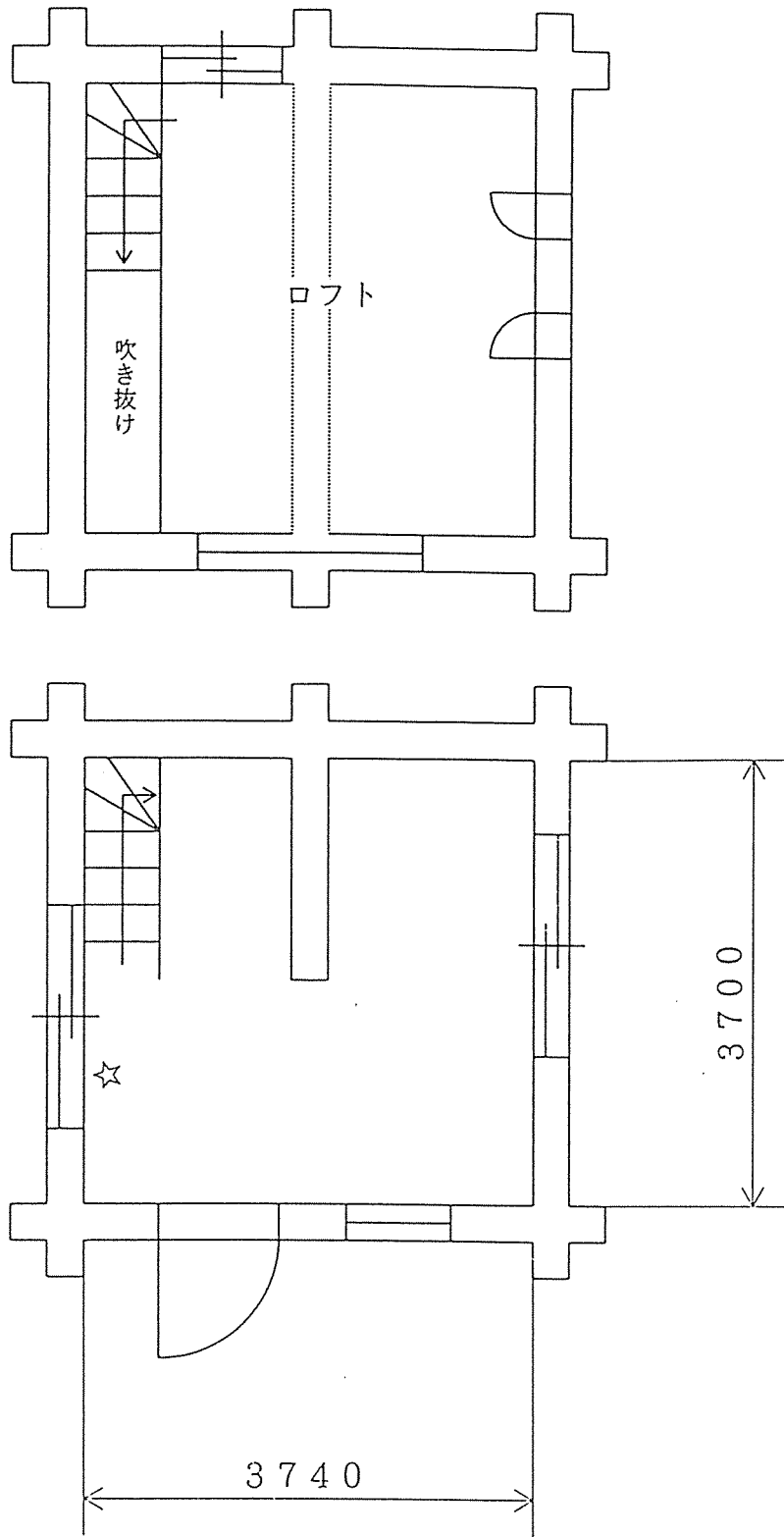
測定した建物において、玄関は、片開きの木製のドア（90cm×200cm）である。窓、戸はすべてアルミニウムサッシが使われている。半分は締切り窓で、半分は片開き窓となっている窓が、1階に3つ（150cm×110cm×2、155cm×85cm）、2階に1つ（115cm×80cm）、片開きの窓が、1階に2つ（55cm×55cm×2）ある。また1階には、外への出入口として、引き違い戸が2つ（145cm×200cm）ある。今回、測定器は玄関から入って右側の壁にある窓（150cm×110cm）に設置した。

### （13）ログハウス13

（測定日：1992年12月3,4日 築：1991年、1992年 夏）

このログハウスは、毎年ログハウス講習会の受講生が手作りで造るもので、町営のキャンプ場につくられたバンガローである。同場内には、現在同じ造りのログハウスが3つある。今回はそのうち、1992年に造られたログハウスの気密性と換気回数、また1991年に造られたログハウスの換気回数を測定した。

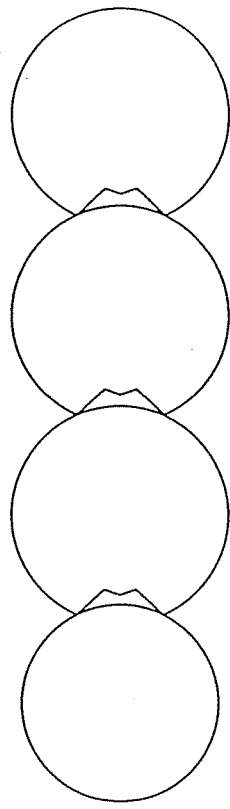
1992年に造られたログハウスは、ロフトのあるログハウス（図10）である。壁体には、直径約28～33cmの下呂産のスギの丸太を使用している。ログの組み方としては、M字にカットして積んである（図11）。壁体の含水率は平均で、室内側17.5%、室外側17.7%であった。ロフトへは、階段を通じて行くことができる。側面の壁の上部には、あかりとり用にガラス張りとなっている。室内が吹き抜けとなっているので、測定は建物全体で行なった。



床面積 13.84 m<sup>2</sup>  
 築 1991年

☆測定器設置位置

図10 ログハウス13の平面図



直径28～33cm

図11 ログハウス13の校木断面図

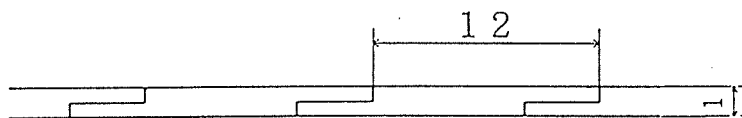


図12 ログハウス13の床板断面図

床は1cm厚の板が差し込みの状態です。フローリングされ(図12)屋根は板張り  
ートタンの順に積層してある。丸太と窓枠、ドア枠との間は、パテによって‘すき  
ま’が埋められており、丸太を積んだ高さの1/16が5年にわたって沈下するの  
でログが沈下する量を計算して、窓枠、ドア枠には、すべてあそびが設けられてい  
る。

測定した建物において、玄関は、片開きの木製ドア(100cm×202cm)で、少し寸  
法が狂って開閉しにくくなっている。窓はすべてヒノキの窓枠で、木製サッシが使  
われている。引き違いの窓が1階に2つ(90cm×182cm×2)、2階に1つ(112cm  
×136cm)、締切りの窓が1階に1つ(90cm×90cm)、片開きの窓が2階に2つ(  
37cm×53cm×2)ある。今回、測定器は玄関から入って左側の壁にある窓(90cm×  
182cm)に設置した。

一方の1991年に造られたログハウスは、1992年に造られたログハウスと比べて、  
壁材が小坂町産のスギであることと、窓の大きさが少し異なる点を除いて、根本的  
な作り方は同じである。

## 5.2 気密性能(換気回数、有効開口面積)の測定手順

### 5.2.1 建物全体及び単室の測定

測定対象が建物全体または単室のみである場合、先に述べたように有効開口面積  
は、減圧法で行った。室内の適当な窓を1箇所解放し、そこに排気用ダクトを室外  
に向けて取り付け、余った開口部を‘すきま’ができないようにプラスチックの板

とテープで塞ぎ、外圧測定用のホースを、ファンの排気の影響を受けないような場所に取り付け、測定を行った。その際、必要に応じて目だった‘すきま’に目張りしたりして、測定を行った。

換気回数の測定は、室内にCO<sub>2</sub>濃度が5000ppmになるまで、CO<sub>2</sub>ガスを放出した後、出入り禁止として1時間程締め切った。そのときのCO<sub>2</sub>濃度の減少経過を自記測定記録した。

### 5.2.2 窓枠の測定

窓枠の有効開口面積を測定する場合も、測定の容易さから減圧法で行った。窓をビニールシートで余裕を持って覆い、シートの回りを空気が漏れないよう布のテープでシールし、シートに穴をあけて整流筒をつないだ。圧力測定用のビニール連通管の先端はファンによる気流の影響を受けにくいように脱脂綿などで覆って、排気口から最も離して位置に取り付けた。そして、シート内の空気を排気して、シート内を減圧して測定を行った。

### 5.2.3 試験壁体の経時変化

壁体の乾燥による変形で‘すきま’が経時的にどのように変化するかを実験によって知るために、モデル壁体の有効開口面積の経時変化を測定した。使用した壁体は、奈良県宇陀郡室生村ログハウスのものと同じ丸太（スギ、直径12cm、長さ1.8m）を15本組んだもので、この試験壁体をログハウス横に放置し、経時変化を調べた。しかし、実際には、ログハウスの壁には屋根の重さがかかっているため、その状態に近づけるため、ログハウスの壁にかかる重さを計算し、試験壁体の



上にその重さに相当するコンクリートブロックをのせた。

室生村森林組合のログハウスは小屋組みに木材約  $3 \text{ m}^3$  が使用されているので、木材の密度を  $0.5 \text{ g/cm}^3$  とすると、壁に  $1500 \text{ kg}$  の重さがかかっていることになる。六角形のログハウスの外周の長さは約  $30 \text{ m}$  で、部屋の中を一周している壁の長さは約  $15 \text{ m}$  だから、ログハウスの壁  $1 \text{ m}$  にかかる重さは、 $33.3 \text{ kg/m}$  ( $1500 \div 45 \approx 33.3$ ) である。試験壁体の丸太の長さは  $1.8 \text{ m}$  であるから、この壁体には  $60 \text{ kg}$  ( $33.3 \times 1.8 \approx 60$ ) の重さをかければよい。ゆえに、壁体の上に  $10.2 \text{ kg}$  のブロックを6個のせた。測定は、1991年7月からはじめ、その後適宜、この壁体の沈下量と丸太に生じた割れを6回測定し、今回で最終測定とした。沈下量については、壁体の表側と裏側でそれぞれ2カ所ずつ標線の間を測定した。測定した位置は、表側から1、2、3、4とする。

また、丸太の寸法の変化を測定するために、壁体を使用したものと同じ丸太を1本(A-2)用意し、壁体の表側に置き、直径、丸太の凸部の幅、及び凸部にある切れ込みの幅を測定した。凸部の幅と切れ込みの幅は、丸太の3点(左端からa、b、c)で測定し、直径は、丸太の両端に標線を引き測定した。今回、最終測定であるため、この試験壁体を解体し、含水率を測定した。

## 6. 測定方法の検討における結果及び考察

### 6.1 換気回数

測定値が、開口部の高さ位置によって変化するかどうかを調べた結果を下表に示す。

表1 開口部の条件による換気回数の違い

開口部の条件 (開口面積：c m <sup>2</sup> )	換気回数 (回/時)
開口部なし (0)	0.74
開口部の位置が下から 1.81m (270)	1.11
開口部の位置が下から 0.73m (270)	1.12
開口部の流路が 50cm (261)	1.04

これらの結果から、276号室に開口部を作らなかった場合と、開口部が存在するときでは、換気回数において大きな違いがみられる。

また換気回数の測定にあたって、使用しているガスが、空気より比重が大きいCO<sub>2</sub>であるため、室内において下に行くほど、CO<sub>2</sub>濃度が高くなり、‘すきま’の位置が下部の時は、CO<sub>2</sub>濃度の減少速度が速く、換気回数が大きくなるのではないかと思われたが、今回の場合、開口部の上下距離が小さかったことと、測定場所の室内面積が20c m<sup>2</sup>と小さく、測定中扇風機によって空気を攪拌していたので、あまり影響がみられなかった。

流路の長さが50cmの場合でも、この程度では、換気回数に影響しないとみられる。

## 6.2 有効開口面積

### 6.2.1 季節変化

実開口面積を x 軸、それに対する有効開口面積を y 軸にとり、回帰直線を求めた結果を次表および図 13 にしめす。

表 2 有効開口面積と実開口面積との関係における測定時の気温の影響

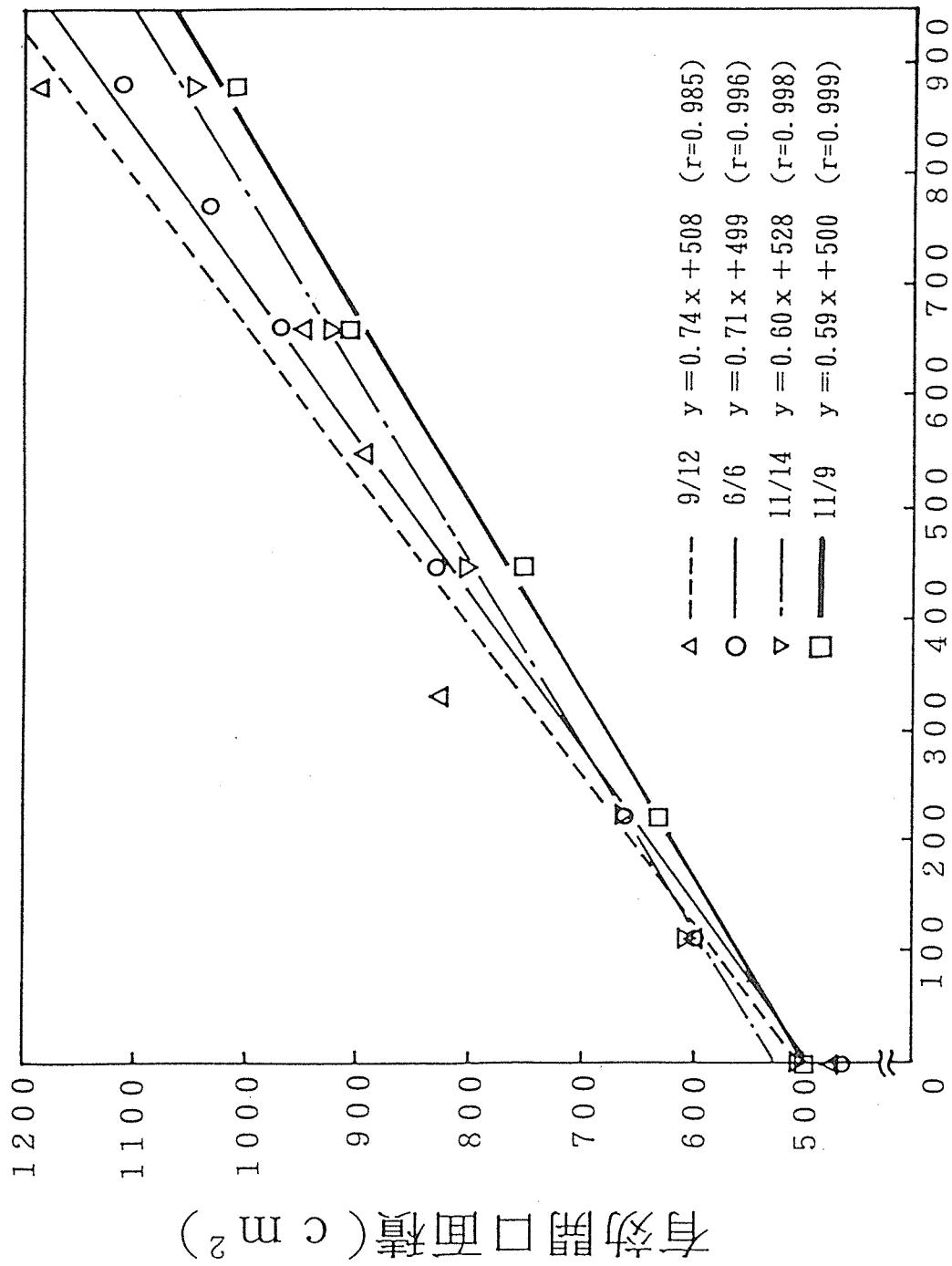
日付	屋内温度 (°C)	屋外温度 (°C)	回帰直線の式	(相関係数)
9/12	30.0	27.0	$y = 0.74x + 508$	(0.985)
6/6	24.0	28.0	$y = 0.71x + 499$	(0.996)
11/14	21.2	18.6	$y = 0.60x + 528$	(0.998)
11/9	21.0	17.0	$y = 0.59x + 500$	(0.999)

測定場所 285 号実験室

これらの結果から、気温が低くなるにつれ、回帰直線の傾きは小さくなっているが、ほぼ同じ気温の状況で測定した場合の、測定値のばらつきは、ほとんどないことが分かる。

### 6.2.2 測定器から開口部までの距離、部屋の大きさによる影響

まず測定器から開口部までの距離について、実開口面積を x 軸、それに対する有効開口面積を y 軸にとり、回帰直線を求めた (図 14)。



実開口面積 (cm<sup>2</sup>)

図13 有効開口面積と実開口面積の関係の測定時期による違い  
(測定箇所：名古屋大学農学部RC造実験室285号室)

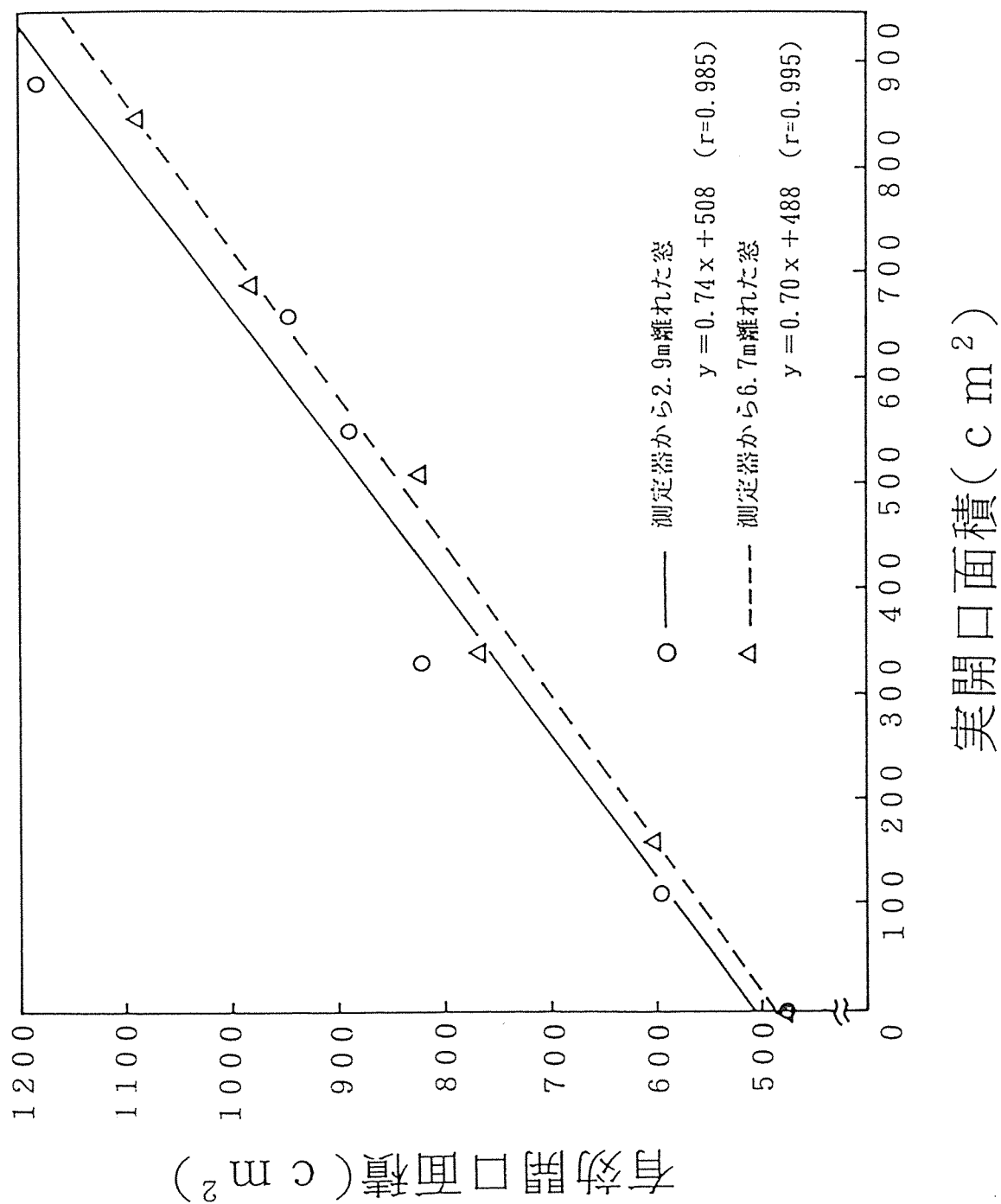


図1.4 有効開口面積と実開口面積の関係に及ぼす測定器と‘すきま’との距離  
 (測定箇所: 名古屋大学農学部RC造実験室、測定日: 1992年9月12日、気温、屋内: 30℃、屋外: 27℃)

表3 有効開口面積と実開口面積との関係に及ぼす測定器と開口部との距離

開口部の位置	回帰直線の式	(相関係数)
測定器から 2.9m 離れた窓	$y = 0.74x + 508$	(0.985)
測定器から 6.7m 離れた窓	$y = 0.70x + 488$	(0.995)

測定日：9月12日 屋内温度 30.0℃ 屋外温度 27.0℃

この測定値のみから断定することは出来ないが、開口部の位置と測定器の位置がこの程度の範囲では、有効開口面積の測定値に差はないと考えられる。

つまり、測定対象の部屋が小さく、室外から流入する空気の流れが、測定器のダクト内に、直接入る場合でない限り、測定原理から考えても、測定器から遠くにある‘すきま’も、近くにある‘すきま’も同等に評価されることが分る。

次に、部屋の大きさの違いおよびスリットの流路の奥行きの違いによる測定結果を、実開口面積をx軸、それに対する有効開口面積をy軸にとり、回帰直線をひき

図15および次表に示す。

表4 有効開口面積と実開口面積との関係に及ぼす‘すきま’の条件

測定場所	開口部の形状	回帰直線の式	(相関係数)
276	(A)長方形スリット	$y = 0.95x + 229$	(1.000)
276	(B)奥行き50cm	$y = 0.47x + 216$	(0.998)
285	(A)長方形スリット	$y = 0.96x + 416$	(0.997)
285	(B)奥行き50あり	$y = 0.46x + 480$	(0.994)

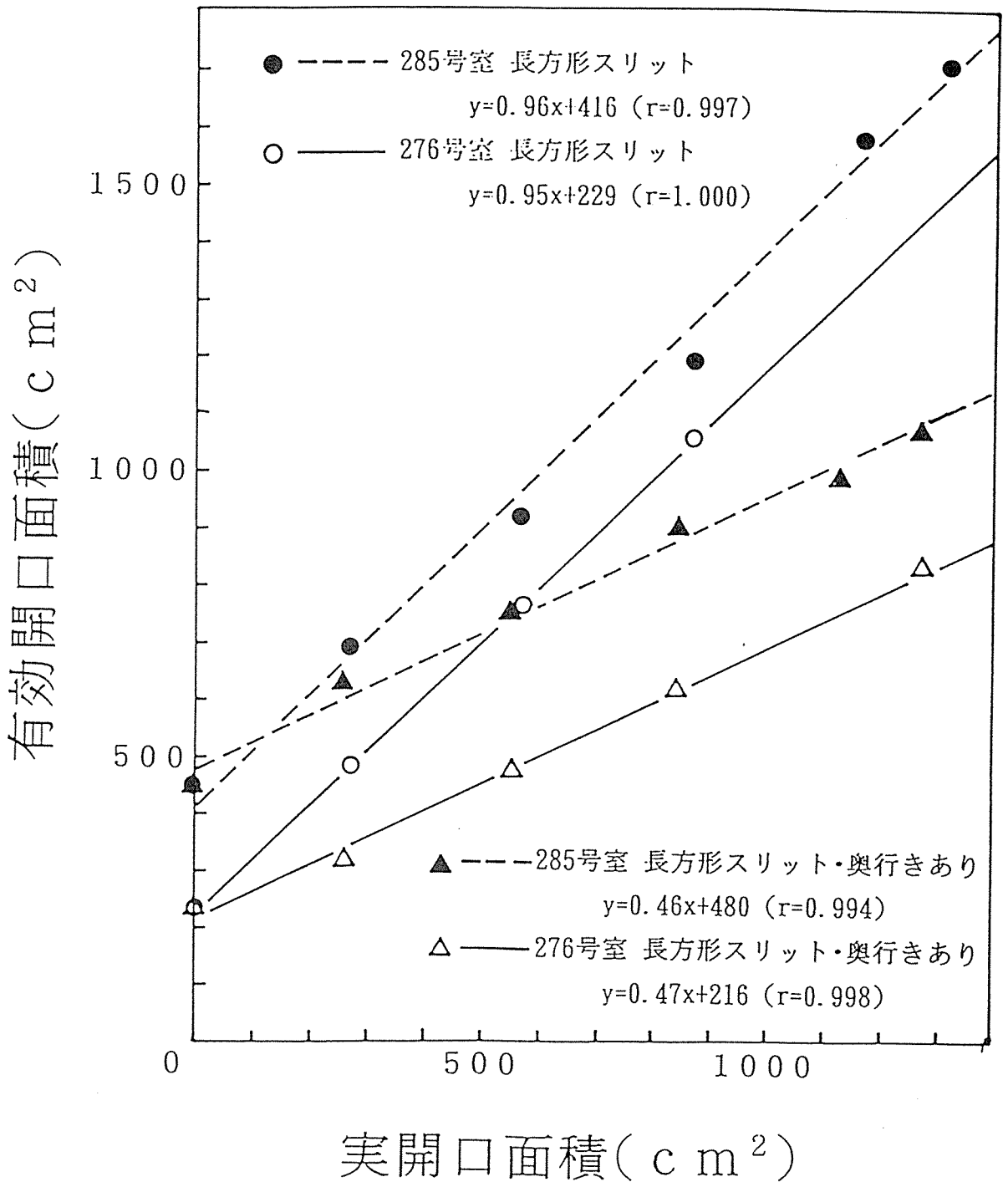


図15 ‘すきま’モデルの有効開口面積と実開口面積との関係、部屋の大きさによる影響  
 (測定箇所：名古屋大学農学部RC造実験室276および285号室)  
 (測定日：1992年1月5～11日の風のない日)

測定日：1月5日～11日の中で風が吹いてない日

この表で、同じ‘すきま’の形状を持つ(A)を、面積の異なる276号室と、285号室の各部屋のドアに取り付けた場合、ほぼ同じ直線の傾きとなった。また、‘すきま’の形状(B)でも同様の結果が得られた。このことから、十分な大きさの部屋を減圧法で測定する場合部屋の大きさによって測定値は変化しないと考えられる。このことは、表3の結果とも一致するおとである。

この測定の原理が、ベルヌイの定理によるところであるため空気の粘性、圧力伝播の時間的ずれなどが考えられ、排気場所から遠い場所にある‘すきま’ほど小さく評価される心配があったが、これらの結果より、排気場所から遠い場所にある‘すきま’ほど小さく評価されることはなく、実用的には測定対象の部屋の面積によらず、有効開口面積( $\alpha A$ )が評価できるものと考えて差し支えないことが分かった。

### 6.2.3 ‘すきま’の流路の長さによる影響

開口部における流路の長さを、50cm、32.5cm、17cm、5cmと変化させ、そのときの実開口面積をx軸、それに対する有効開口面積をy軸にとり、回帰直線を求めた。その結果を図16に示す。

測定日は、1993年1月6日～14日の中で風が吹いてない日で、測定場所は276号実験室である。

図16に示すように、流路の長さが短くなるにつれ、回帰直線の傾きが、大きくなっていくことが分かる。これは気体が開口部を流れる場合、開口部内の摩擦によ



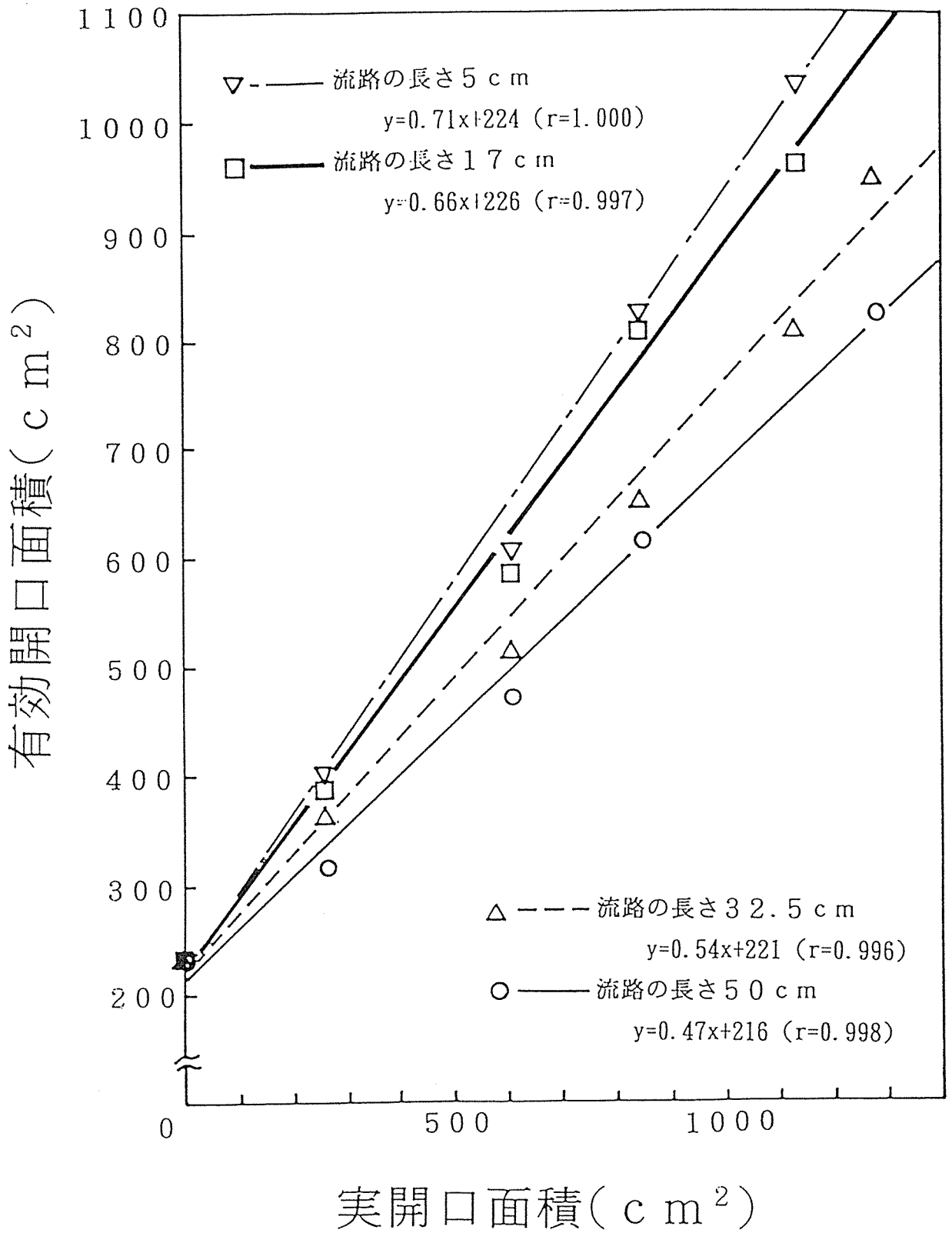


図16 ‘すきま’モデルの有効開口面積と実開口面積との関係、スリットの流路の長さの影響

(測定箇所：名古屋大学農学部RC造実験室276号室)

(測定日：1992年1月6～14日の風のない日)

って、圧力損失が生じるためである。

ここで、気密度の測定方法の理論によると、圧力損失係数 $\zeta$ と傾き $\alpha$ は、

$$\zeta = (1 / \alpha)^2$$

の関係があり、流路の長さ $l$ と圧力損失係数は、理論的に次のような関係がある。

圧力損失係数は、(2.3)式で表されるように、流路の長いときは、長さに比例するが、流路の長さが無視できるときは、入口の抵抗で流路がせばまったまま噴出することになるので、開口部内の摩擦による圧力損失はなくなり、開口前後の空間の大きさ、開口部の形、開口の端部の形等によって変化し、単純に長さに比例しない。

ここで流路の長さ $l$ をx軸、圧力損失係数をy軸にとった。(図17)

図17は、理論と同様の結果を表しており、流路の長さ $l$ が何cmから、比例域にはいるのか断定することはできないが、図のように、流路の長さ $l$ が17.5cm以上において測定値は、比例している。これらの結果より、‘すきま’に奥行きがある場合、有効開口面積 $(\alpha A)$ は、小さく評価されると言える。

#### 6.2.4 スリット間隔の変化

‘すきま’が並列して存在することが多いログハウスの場合、細い校木と太い校木とでは、‘すきま’どうしの間隔はことなる。その間隔がことなる場合、測定値にどう影響するかを検討した。‘すきま’の形状(B)(流路の長さ17cm)をドアに取り付け、スリット間隔の影響を検討した。開口部の実面積はともに、551cm<sup>2</sup>で、スリット間隔が1cmの場合と、4cmの場合での、有効開口面積 $(\alpha A)$ を測定した。

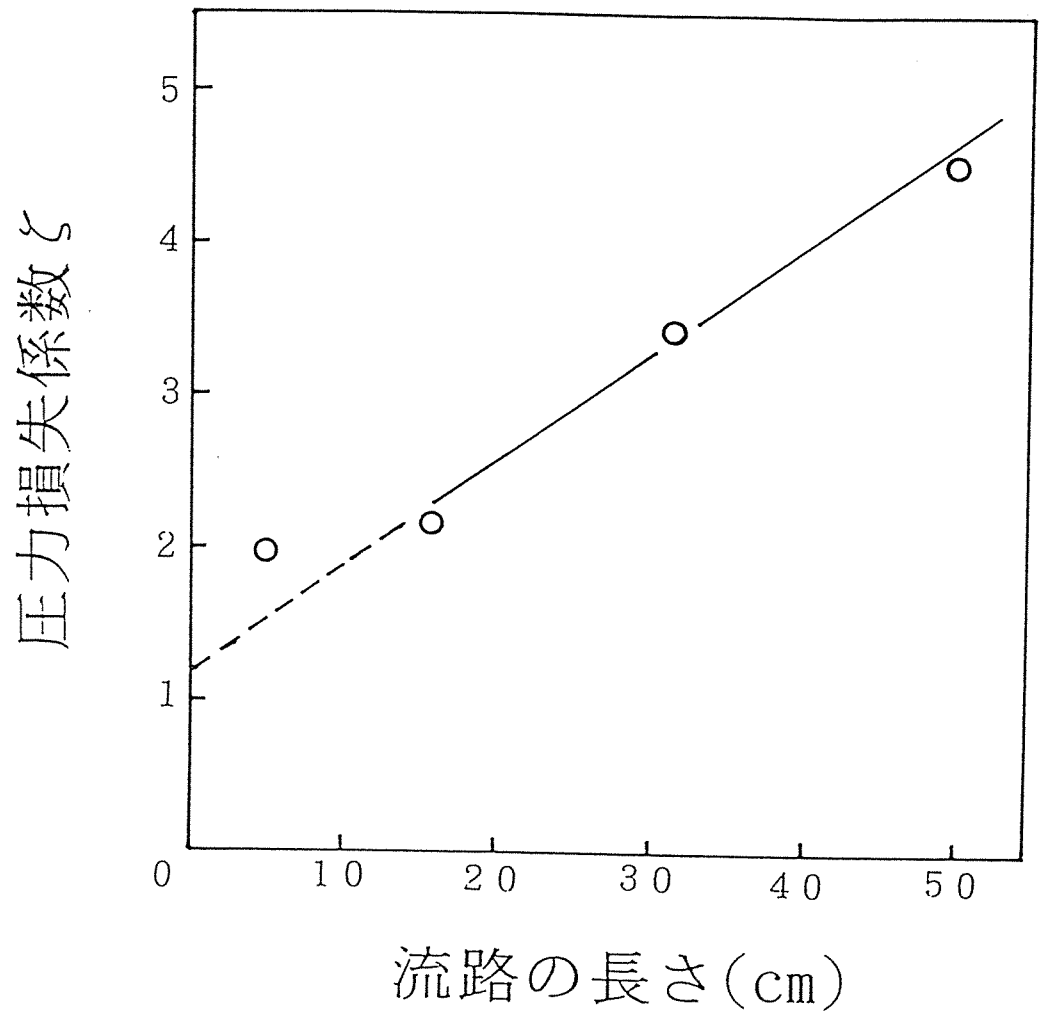


図17 圧力損失係数と流路の長さとの関係 (図16について)

表5 ‘すきま’ 間隔による有効開口面積の差

スリットの間隔	有効開口面積 (cm <sup>2</sup> )
1 cm	584
4 cm	519

測定日：1月13日

測定場所：276号室

これらの結果は、スリット間隔が狭いと有効開口面積は大きく評価されることを示している。つまり、‘すきま’が並列していて狭い場合、圧力損失が小さく、有効開口面積は大きく評価される事が分かる。

#### 6.2.5 大きい開口部とスリットが混在する場合

‘すきま’にはスリット状のものばかりではなく、他にも形の異なる‘すきま’があり、それらが混在するのが普通である。そこで、大きな開口が他に存在する場合、スリットからなる‘すきま’の実開口面積がどう影響されるかを検討した。

‘すきま’の形状(C)をドアに取り付け、長方形スリットの実開口面積をx軸、それに対する有効開口面積をy軸にとり(図18)、回帰直線を求めた。その結果を表6に示した。

表6 正方形開口と共存するスリットの有効開口面積

正方形開口の有無	スリットの有効開口面積	(相関係数)
正方形開口部、無し	$y = 0.96x + 416$	(0.997)
有り、15cm×15cm (225cm <sup>2</sup> )	$y = 0.88x + 525$	(0.998)

有り、 $20\text{cm} \times 20\text{cm}$  ( $400\text{cm}^2$ )

$$y = 0.80x + 599 \quad (0.997)$$

測定日：1月18日～23日の風の吹いてない日

測定場所：285号室

これらの結果より、スリット以外にあけた正方形の面積が大きくなるほど直線の傾きが小さくなっていることが分かる。つまり、大きい‘すきま’が1つ存在すると大きい‘すきま’に気体の流れやすく、その影響で、小さい‘すきま’には気体流れにくくなる（その影響は、大きい‘すきま’の面積が大きいほどうけやすい）。

このことから有効開口面積は、大きい‘すきま’と小さい‘すきま’とが混在する場合、小さい方の‘すきま’は、更に小さく評価されることが分る。

### 6.3 有効開口面積と換気回数との関係

建物の気密性能を評価するにあたり、‘すきま’とほぼ比例関係にある有効開口面積と、実際に人が生活する場合の部屋空気の換気に関する換気回数の二種類がある。原理的にはこれら両者は比例するものであるが、実際には測定条件によってその数値に違いがでる。

そこで、ログハウスの気密性能を上記二種類の測定を行ってきた。

測定した有効開口面積を、延べ床面積で割った単位面積当りの有効開口面積をx軸にとり、そのときの換気回数をy軸にとって相関をみると図19のようになるのである。

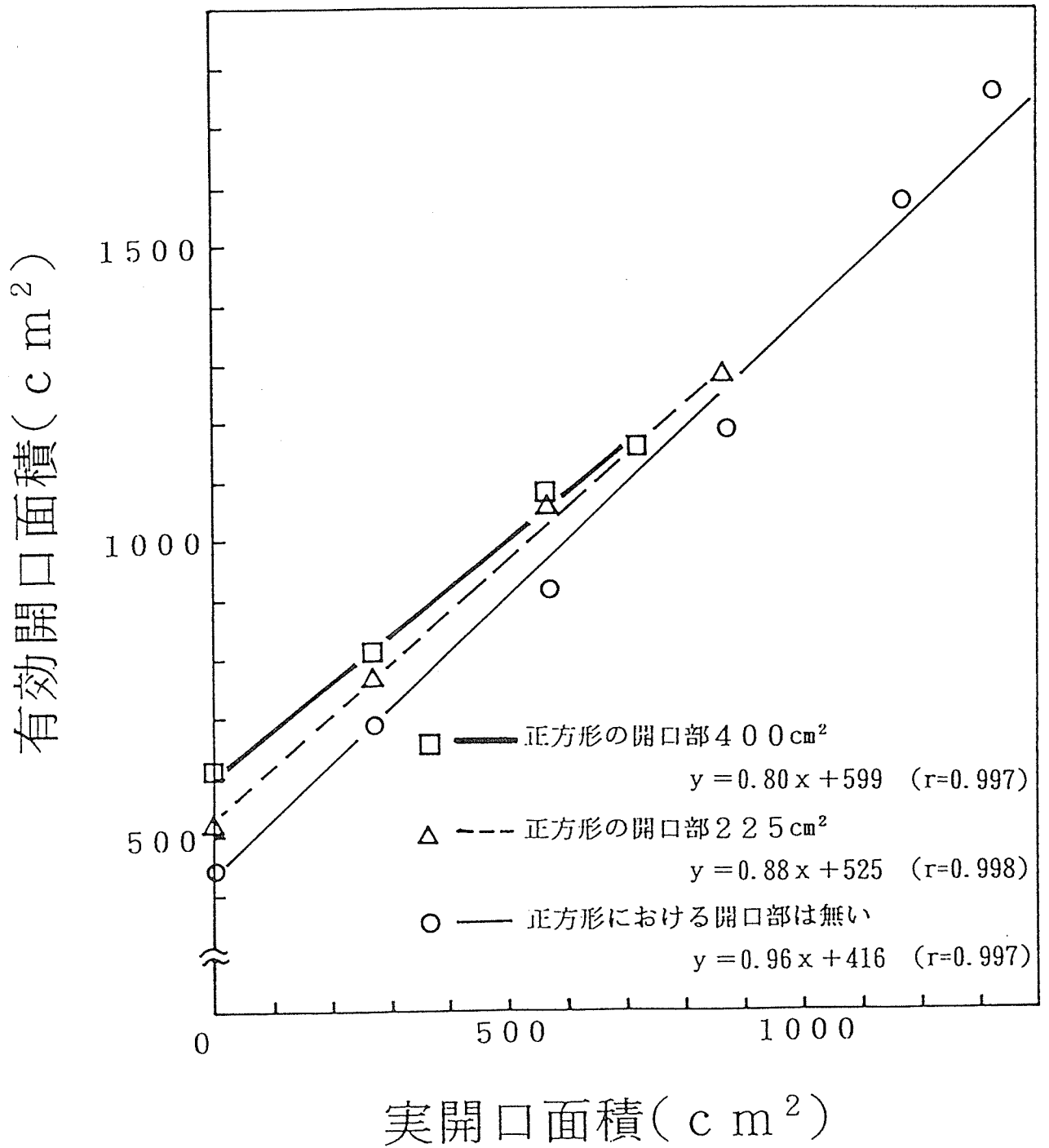


図18 ‘すきま’モデルの有効開口面積と実開口面積との関係、大きな正方形開口と混在する場合

図のように、一応相関関係はみられるが、非常にばらつきが多い。特に測定条件によって値がばらつく。

測定原理から考えて、CO<sub>2</sub>ガスの自然流出速度は、室内外の気圧差および‘すきま’の存在高さ位置が直接影響すると考えられる。図中、△□であらわされた測定点は風が強かった日、‘すきま’が明らかに部屋の上部に集中していたことがはっきりしている。そのため、その4点は、特に換気回数の数値が不確かなものであると判断される。この4点を除いて両者の相関をみると、

$$y = 0.026x + 0.004 \quad (r = 0.87)$$

となり、両者に比例関係が成立することがわかる。

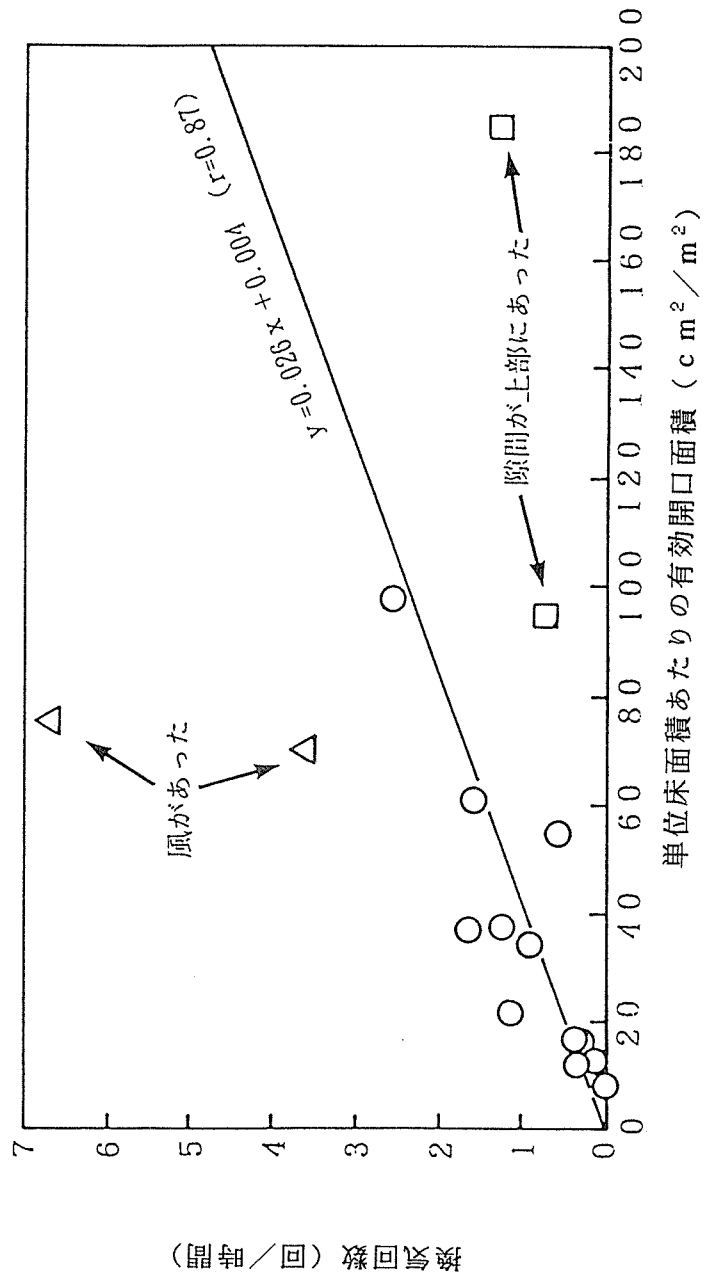
換気回数は、CO<sub>2</sub>を充満させ、室内の濃度減少を1～2時間測定するものである。測定中にCO<sub>2</sub>が下にたまり、‘すきま’の箇所が上の方にあると、濃度減少が小さく、実際より測定値が小さくなると考えられる。また、風の強い日に測定をすると、室内の濃度減少が速く、実際より測定値が大きくなると考えられる。

これらのことを考えて、‘すきま’を定量するには、有効開口面積のほうがより安定して使える測定法であるといえよう。

## 7. ログハウスの測定結果及び考察

### 7.1 ログハウスの測定結果

表7に、測定値をすべてまとめた。有効開口面積はそれぞれ、3～5回の測定値



\* 回帰直線は○印データのみ

図19 換気回数と単位床面積あたりの有効開口面積との関係  
(各種ログハウスでの測定値)



の平均値である。

表7 ログハウスの測定結果一覧

測定日	測定場所・測定条件	有効開口面積 ( $\text{cm}^2$ )	床面積 ( $\text{cm}^2$ )	換気回数 (回/時)
'91/11	(1)ログハウス1 建物全体	3374	18.2	1.30
'90/11	(2)ログハウス2 建物全体	853	68.9	0.27
'91/7		853	0.12	
'91/11		888		
'92/2		813		
'92/7		848		0.33
'93/2		725		0.15
-----				
'91/1	(3)ログハウス3 建物全体	3507	99.0	
	単室	608	9.9	1.60
'91/1	(4)ログハウス4 単室	370	9.9	1.65
	単室(ドア目張り)	213		
'91/5	(5)ログハウス5 建物全体	1459	118.3	
	単室	772	45.8	0.35
	単室(ドア目張り)	663		
-----				
'91/12	(6)ログハウス6 建物全体(目張り)	2090	95.7	1.14
'91/11	(7)ログハウス7 建物全体(目張り)	1364	104.8	0.14
-----				
'92/1	(8-1)ログハウス8-1 建物全体(目張り)	974	9.9	2.58
'92/2	(8-2)ログハウス8-2 建物全体(目張り)	691	9.8	3.63
'92/2	(8-3)ログハウス8-3 建物全体(目張り)	711	9.4	6.66
-----				
'92/6	(9)ログハウス9	3754	39.5	0.72
'92/6	(10)ログハウス10 建物全体	394	23.5	0.27
'92/6	(11)ログハウス11 建物全体	1608	42.8	1.23

	窓枠のみ	123		
'92/10	(12)ログハウス12			
	建物全体	1850	38.6	
	(目張り)	1332		0.91
'92/12	(13)ログハウス13			
	1992年完成のもの	764	13.8	0.57
	1991年完成のもの		5.9	

## 7.2 ログハウスの気密性能

ログハウスはその構法の違いや、丸太の乾燥収縮による経時変化によって‘すきま’の出来具合が異なる。

図20に有効開口面積と建物の床面積との関係を示す。図中の番号は、それぞれのログハウスの番号に対応している。木造在来工法とRC住宅について測定された結果の回帰直線<sup>6)</sup>を同時に示す。測定値は大きなばらつきを示すものの、各床面積に対して、それらの下限値は、下記の直線のちかくに集中する。それらの下限値のみのデータから回帰直線を求めると、

$$Y = 11.7 X + 84.0 \quad r = 0.994$$

となる。この直線の傾き、つまり1m<sup>2</sup>当りの有効開口面積は、木造住宅<sup>6)</sup>(9.0cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>)よりも少し劣る程度である。

この直線の近くにあるものは、住宅用に建設されたものであり、‘すきま’に対しても十分に配慮した設計がなされているものである。その意味からも、この直線がログハウスの居住性を確保するための現状における最善値と考えることができよう。

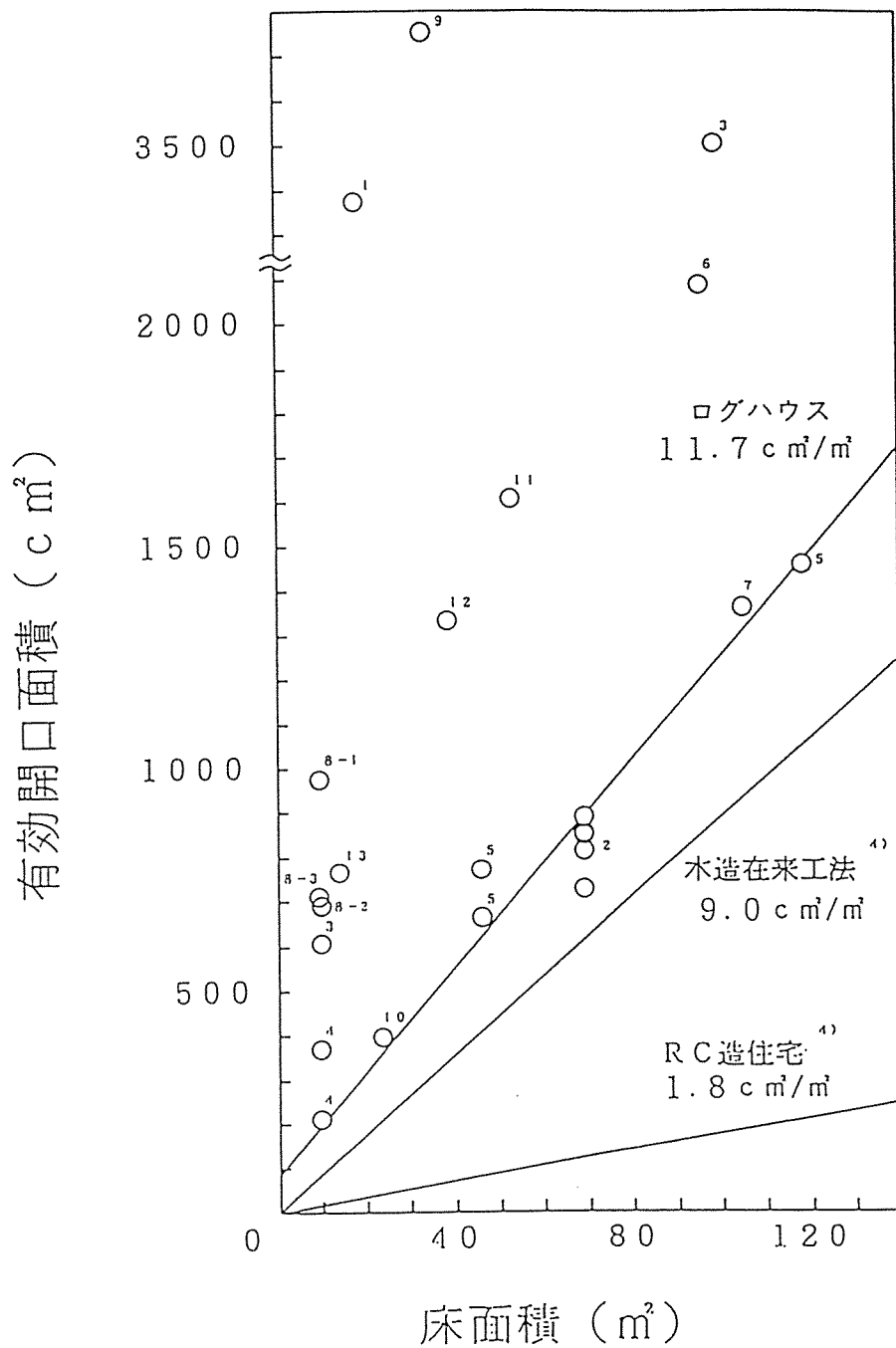


図20 各種ログハウスの有効開口面積と床面積との関係

一方、この直線から外れているプロットは、人が住むための建物ではないものや、まだ実用化されていないモデルハウス、または、キャンプ場など、避暑地にあるので、あまり気密性を保つ必要のないログハウスである。それぞれ気密性の低い理由は、7.3項のログハウスの各論で考察を加えた。

### 7.3 ログハウスの気密性測定結果各論

#### (1) ログハウス1

図20において、この建物のプロットは床面積が小さいわりに、有効開口面積( $\alpha A$ )が大きく、直線から大きく外れている。よって、このログハウスは気密性が保たれているとは言えない。

気密性を下げている要因として考えられるのは、壁と屋根である。このログハウスは、壁の構造がログを積み上げたものではなく、発泡スチロールを断熱材として使い、壁に半円形の丸太を積み上げたものである。室内の壁も板張りであった。したがって、丸太が乾燥収縮する際に、‘すきま’ができやすいように思われる。また、屋根は丸太を組み合わせたものであり、かなりの‘すきま’があると思われる。

測定結果を見ると、建物全体の有効開口面積の大きい値と比べて、換気回数は小さい値となった。これは、CO<sub>2</sub>は空気より比重が大きいため、下の方に集まる傾向がある。このことから、屋根の部分にある‘すきま’からはCO<sub>2</sub>が流出しないので、換気回数が小さくなったと思われる。すなわち、主な‘すきま’は屋根の小屋組みにあったことが明らかである。

(2) ログハウス 2

この建物は、経時的に測定しており、その結果を要約すると次のようになった。

表 8 ログハウス 2 の有効開口面積の経時変化

測定の日付	有効開口面積 (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	換気回数 (回/時)
'90 / 11	12.38	0.27
'91 / 7	12.38	0.12
'91 / 1	12.89	
'92 / 2	11.80	
'92 / 7	12.31	0.33
'93 / 2	10.52	0.15

この結果から分かるように、1992年7月までの、単位面積当りの有効開口面積は、ほとんど変化が無いと思われる。多少の変化は、気温の影響によるもので、建物の経時変化が有効開口面積に及ぼす影響はほとんど無いと言える。一般に丸太の乾燥収縮や変形などにより、壁体の気密性は経時的に低下すると考えていたが、このログハウスの校組みは、1991年度の報告書に示したように、丸太の乾燥による背割りの開口を、次の校木で拘束する組み方を採用している。このことが、経時変化が少ないことの一つの理由として考えられる。

1993年2月の測定値は小さくなった。これは、壁体に通してある鉄の棒のネジの追い締め効果である。追い締めは、1992年の秋に行われ、追い締めの長

さは、外壁では平均7.4cm、内壁では5.0cmであった。壁体が圧縮され、‘すきま’が減少した結果である。なお、図20において、この建物のプロットは直線上にのっており、いままで測定したログハウスの中で、最も気密性がよくなっている。換気回数は、気密度の測定値の変化と必ずしも一致しなかったが、換気回数は気象条件などに左右されやすいので、そのまま比較することは難しい。

### (3) ログハウス3

建物全体を測定したときは建物内外の圧力差が余り上がらず、測定値にばらつきがみられたので、あまり正確とは言えない。しかし、図20における、この建物のプロットは建物全体、単室ともに、直線から外れており、気密性が保たれているとは言い難い。

気密性を下げている要因として考えられるのは、壁面と床の接合部からの空気の漏れであった。壁面は、手をかざして感じられるほどではなかったが、床に敷いてある畳からは、かなり空気が漏れていた。このことは、畳下の荒床板の施工には注意を要することを示す。すなわち、畳に‘すきま’を防ぐ機能を望めない。

### (4) ログハウス4

このログハウスについては、1階の和室について測定を行った。この建物のプロットは、図20において、直線から大きく外れていた。しかし、他の部屋への出入り用引き戸を目張りして測定したところ、有効開口面積が、約半分に減少し、直線上にのった。

つまり、室内においては、気密性を下げている一番大きな要因は、部屋と部屋と

の間の出入口である。

このログハウスは、ひのきの台形部材を集成した校木を用いており校木間の‘すきま’は少ない。しかし、窓枠などからの空気もれは大きく、建物全体としての気密性はよくない。また、各部屋の建具の‘すきま’も多く、その‘すきま’を目張りして測定した和室の気密性は良好であった。

#### (5) ログハウス 5

このログハウスは、現在住宅として実用されているもので、‘すきま’に対してかなり周到に施工されている。すなわち、校組みの‘すきま’はすべて目止めが施されている。ただし、建具には1部‘すきま’がみられる。例えば、階段側の出入口のドアの下に、明らかに目で見える‘すきま’があり、そこに目張りをすることによって、有効開口面積が約100 cm<sup>2</sup>減少した。また、気密性の測定中に、壁やドアに手をかざすと、空気の漏れが感じられた。

しかし、有効開口面積、換気回数も他のログハウスと比べて小さい値である。図20においても直線上のプロットで、ログハウスとして、必要な気密性が保たれている。つまり、ログハウスとしては、この程度が限界（最良）と考えられる。

#### (6) ログハウス 6

これは、後述のログハウス7とほぼ同じ間取りであるが、このログハウスは、手作りでログ組みしたものである。従って、このログハウスには目に見える‘すきま’が多くあった。気密性の測定では、玄関のドアとドア枠、換気扇には目張りを施したにもかかわらず、有効開口面積と換気回数共に、他のデータと比べて大きな値

となった。図20においてもこの建物のプロットは大きく直線からはずれている。

気密性の低下の要因として、そのほか目についた‘すきま’は、窓枠、壁の隅における校木のかん合部、床と壁の接合部分、コーナーにおける壁と屋根の接合部分である。また目には見えないが、床や屋根も断熱材等を使用しておらず、かなりの‘すきま’が存在すると思われた。住居としては不向きであろう。

#### (7) ログハウス7

まだ建設途中であったために、いくつかの‘すきま’が目についた。

まず、コンセントが取り付けられてなく、その部分に8cm×12cm程の穴が開いていた。また、出入口のドアの建具枠の上部に2cm×90cm程の‘すきま’があった。この‘すきま’は、セッティングスペースと呼ばれており、丸太の乾燥収縮にともない、壁が沈下するので、建具に無理な力がかからないように、建具の上部に設けてある‘すきま’のことである。ログハウス完成時には、この部分にかくし板（長押）があてられ、見えなくなっている。

このように、完成時には、存在しなくなると思われる‘すきま’を目張りしたうえで測定した結果、図20に示すように、この建物のプロットは直線上にのった。

しかし、このログハウスの床については、和室の畳がまだ敷かれておらず、荒床板張りの床には‘すきま’が認められ、空気はかなり漏れていた。前述のログハウス4は、荒床板張りの上に合板を敷きつめてあった。また、ログハウス2の床板の構成は、荒床板の上に、硬質ウレタンホーム→コンクリートパネル→合板フローリングの順に施工されている。したがって、これらはいずれも床からの空気もれはす



くないため、建物全体の気密性も良かったものと考えられる。

荒床板張りの上に直接、畳を敷いた場合は、気密性の低下は避けられない。

#### ( 8 - 1 ) ログハウス 8 - 1

丸太が乾燥したため、壁の丸太と丸太の間や柱と丸太の間に‘すきま’が多くみられ、ドアも閉めた状態で‘すきま’がみられた。そのため気密性測定中にすきま風が感じられた。その結果、有効開口面積、換気回数共に大きな値となり、図 2 0 においても直線から大きく外れている。

このログハウスは、ログの乾燥による沈みが柱で拘束されるタイプのものである。そのため、経時的に‘すきま’は大きくなりこのような気密性の低下をもたらしている。

#### ( 8 - 2 ) ログハウス 8 - 2

このログハウスも相当‘すきま’が目だった。やはり測定値もかなり大きくなり、図 2 0 においても直線から大きく外れている。

気密性を下げている要因として、一番考えられることは、窓の上部にセットリングスペースが設けられていないことである。このことによって、経時的に、窓枠が壁の沈下を妨げて、その下の丸太との間に‘すきま’が生じるのである。

前述のログハウス 8 - 1 と比べて、有効開口面積は小さいが、換気回数は大きくなっている。これは、今回測定したとき、風がかなりあり、空気が抜けやすかったためと思われる。

#### ( 8 - 3 ) ログハウス 8 - 3

ログハウス 8-2 とよく似た造りのログハウスであるので、同じ理由により測定値は大きくなった。

これら 2 つのログハウスの有効開口面積をみると、ログハウス 8-3 の方が、床面積が小さい割に大きい値となっている。これは、屋根の形によるものである。つまり、ログハウス 8-3 は、寄せ棟で、片屋根であるログハウス 8-2 より‘すきま’がしやすいと思われる。

ログハウス 8-2 の測定と同じ日の測定であるため、換気回数はかなり大きくなってしまった。

#### (9) ログハウス 9

このログハウスは、測定した 1 階の居間に、暖炉がある。この暖炉による煙突が屋根まで伸びており、ここに大きな‘すきま’が生じていた。測定にあたっては、この部分をビニールシートでふさいだ。しかし、この建物のプロットは、図 20 の直線からかなり外れており、気密性が保たれていないことが分かる。

気密性を下げている要因として考えられるのは、各部の接合部である。例えば、丸太どうしの接合部、明りとり用のガラスと丸太との接合部、屋根と小屋組との間の接合部などである。

壁体の部分には余り‘すきま’が見られなかったが、このログハウスは、完成から 4 年近くたっている。よって、完成時に比べ、丸太が乾燥することによって、壁体が沈下し、接合部に‘すきま’ができたと思われる。

#### (10) ログハウス 10

このログハウスは、他のログハウスと違って、丸太と丸太どうしの‘すきま’、明りとり用のガラスと丸太との‘すきま’は、すべてシリコンが塗られている（図5）。よって、このログハウスは図20において直線上にのっており、気密性が保たれている。しかし、このログハウスの立地は非常に湿気の高いところにあり、室内に湿気排出のための換気扇をとりつけてあるものの使う頻度が低いため、特に小屋組の部材にカビが多くみられた。避暑の目的のログハウスでは湿気の問題の解決は‘すきま’以上に重要であろう。

#### （11）ログハウス11

この建物のプロットは、図20において、直線からかなり外れており、気密性が保たれていない。

今回の窓枠の測定結果は、 $123\text{ cm}^2$ であった。測定室内に、窓は5つあるが、気密性を下げてる大きな要因とは考えられない。他に、気密性を下げている要因として考えられるのは、壁体と接合部である。

今回の測定は、このログハウスが完成してから、すぐ行ったため、ログの含水率も高かったが、この先、ログが乾燥収縮することで、‘すきま’が多くなっていくと思われる。

#### （12）ログハウス12

このログハウスは、木材会社の敷地内にあり、展示用として仮説されたあと事務室として実用されている。目張りを施さないで気密性を測定した場合、有効開口面積が約 $1850\text{ cm}^2$ と、かなり大きい値となった。そこで、人工的に造られた‘

すきま’（トイレや台所にある換気扇、配管用の穴）を目張りして測定した。この建物のプロットは、図20においても直線からかなり外れており、気密性が保たれていないことが分かる。

気密性を下げている要因として考えられるのは、壁体と接合部である。ログとログの組み方は、‘すきま’の多いところでは、ゴムがはさんである（図9）。しかし、ほとんどは、校木を積層しているだけであるので、目でみて分かるぐらいの‘すきま’が多く存在した。また、接合部での‘すきま’は、特に扉、窓枠とログの間、屋根と壁の接合部に多く存在した。

### （13）ログハウス13

1992年に造られたログハウスのプロットは、図20において直線から外れており、気密性が保たれているとは言えない。

気密性を下げる要因として考えられるのは、ログとログの間、窓枠、扉の枠、屋根との接合部などの‘すきま’である。床は重なりあって貼ってある（図12）ため‘すきま’が少ないと考えられる。

また、1991年に造られたログハウスの換気回数は5.9回/時であった。風が少し強かったので正確とはいえないが、1992年に造られたログハウスと比べると大きめの値である。これは、1年たってログが収縮したり、沈下することによって窓枠に‘すきま’が生じたことが原因と考えられる。

しかしこのログハウスは、素人の手作りであり、冬場は使用されないことを考慮にいれると、大きめの値が出たとしても仕方がない。

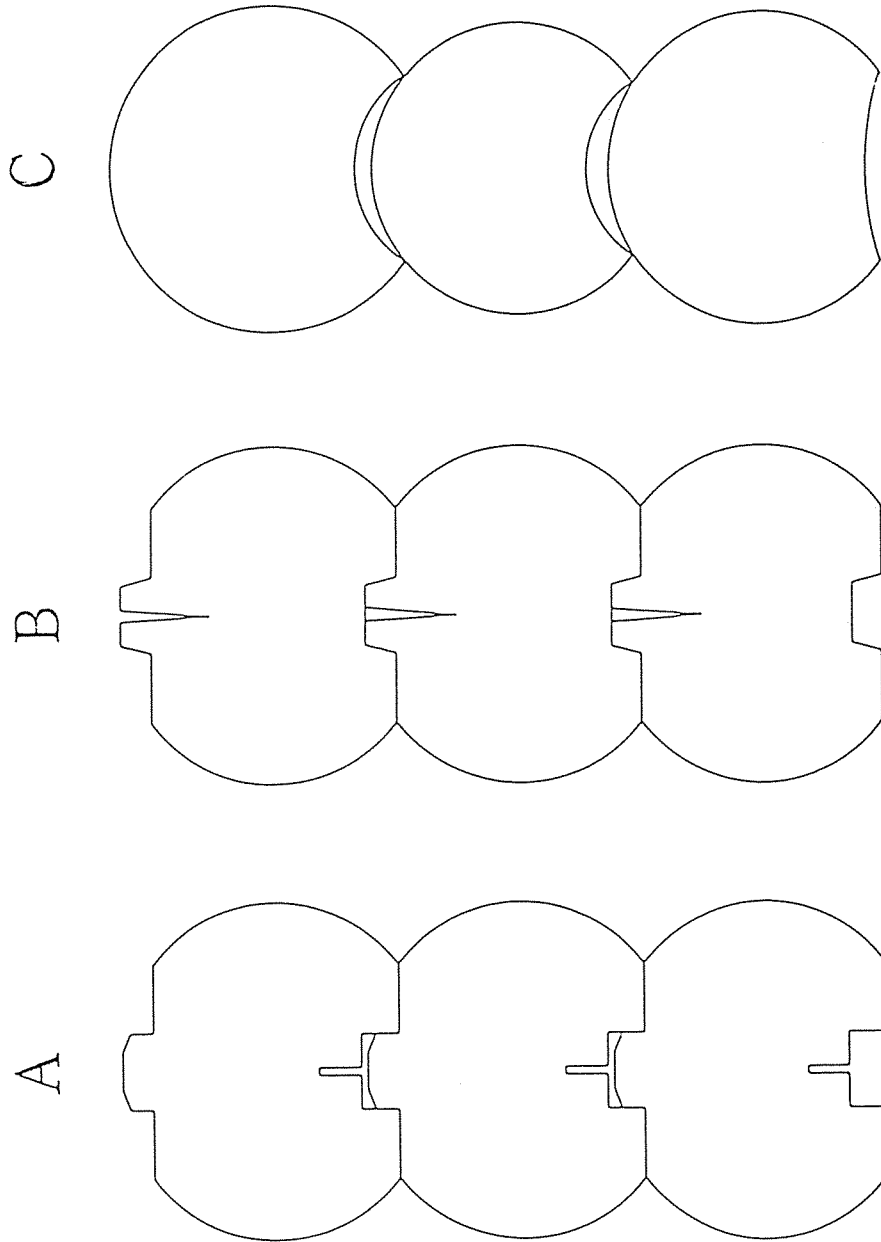


図21 ログハウスの校木断面の3種類

#### 7. 4 試験壁体の経時変化

ログハウス2について、その気密性能の経時変化を、建設後10ヶ月から約3年間について測定した。その結果、表8に示したように、気密性能はほとんど変化することはなく、壁通しボルトの追い締めにより多少気密性能は上昇した。

この理由として、校木の断面形状にもよると考えられる。今回経時変化を測定したログハウス2の校木の断面形状は図21のBの形である。これは、丸太背割りの丸太の収縮による開きを、凹型ホゾで拘束するタイプである。一般のログハウスでは、Cのタイプが普通であり、経時的には不利なタイプである。他の理由として、

この測定は、建築後10ヶ月から測定を始めているが、校木の物理的性質の変化は、その10ヶ月の間にほとんど終わっているためであることが推察される。そのため、10ヶ月以内の丸太の収縮や割れの進行を知る必要がある。

そこで、ログハウス2に使われているのと同じタイプと寸法の校木でモデル壁体を作製し（1992年度報告書、写真22～24）、外気の気候変動条件のもとで校木の重量、収縮量、壁体の沈下量、表面割れの伸展状況を経時的に測定した。

#### 校木の含水率

初期含水率は21.5%であった。この工場では、スギ丸太を剥皮後、ソーラー乾燥機にいれ、丸太加工下後、十分なストック期間をとっているため、ログハウスに用いる校木の含水率はこの程度に統一されている。約2年半の間に徐々に含水率が低下しているのが明らかである。ただし、21ヶ月後の数値のみ、直流抵抗式含水率計を用いたので表面含水率のみを示している。これ以上の期間では16～17

%辺りを変化するものと思われる（図22）。

### 校木の収縮量

この含水率変化につれて寸法も変化している。つまり、含水率の低下にともない丸太の半径方向の直径収縮量は大きくなる。（図23） その変化は、10ヶ月までが最も大きく、20ヶ月をすぎると安定するように見える。

### 壁体の沈下量

丸太の収縮量が10ヶ月までに大きく変化するとよく対応して、モデル壁体も初期10ヶ月でほとんどの沈みが生じている。その後も徐々に沈下する傾向がみられるが、その量は10ヶ月目までの1/5以下である（図24）。

ログハウス2も、建築後10ヶ月から気密性能の測定を始めたが、その時点での通しボルトのあそびは6cmていどであり、その後は2.5年経った時点でも7cm以下であった。そして、有効開口面積の経時変化もみられなかった。やはり、建築後、10ヶ月までに壁体の沈下のほとんどは終了してしまうことが、モデル実験からも明らかとなった。しかし、その後も沈下は止まるわけではないのでボルトの追い締めは不可欠である。それが、気密性の低下を防止する効果がある。

### 背割りの開き

校木にほどこした背割りは、含水率のゆるやかな低下につれて長期間開き続ける。（図25、26）最初の10ヶ月間はやはりもっとも大きく開くが、2.5年後も開き続ける。これは、初期の含水率低下は主として丸太表面の含水率の低下によるが、それ以後は芯材部の含水率の低下に移行し、背割りの開きを誘因する。背割り

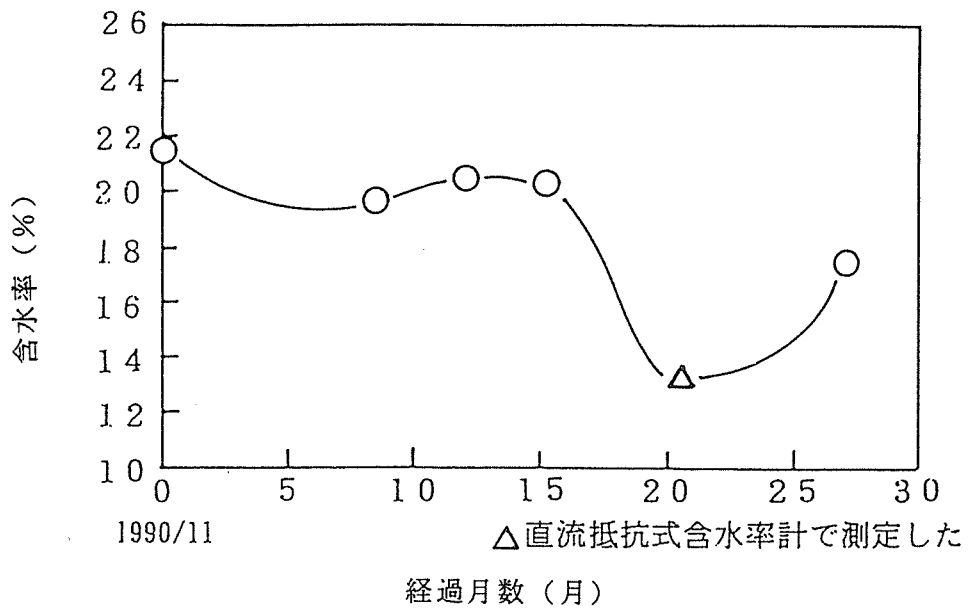


図22 ログハウス2に用いていた校木の含水率経時変化

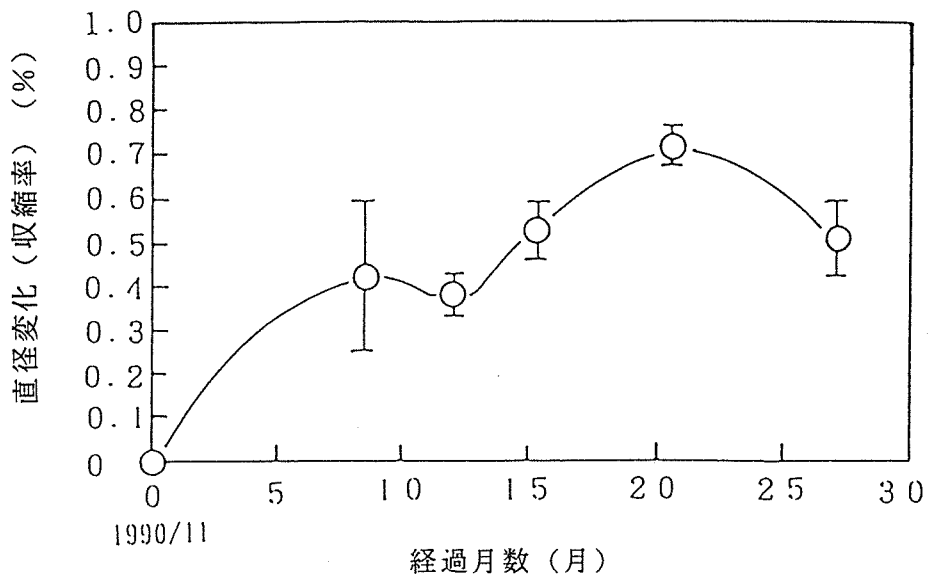


図23 ログハウス2に用いていた校木の直径経時変化



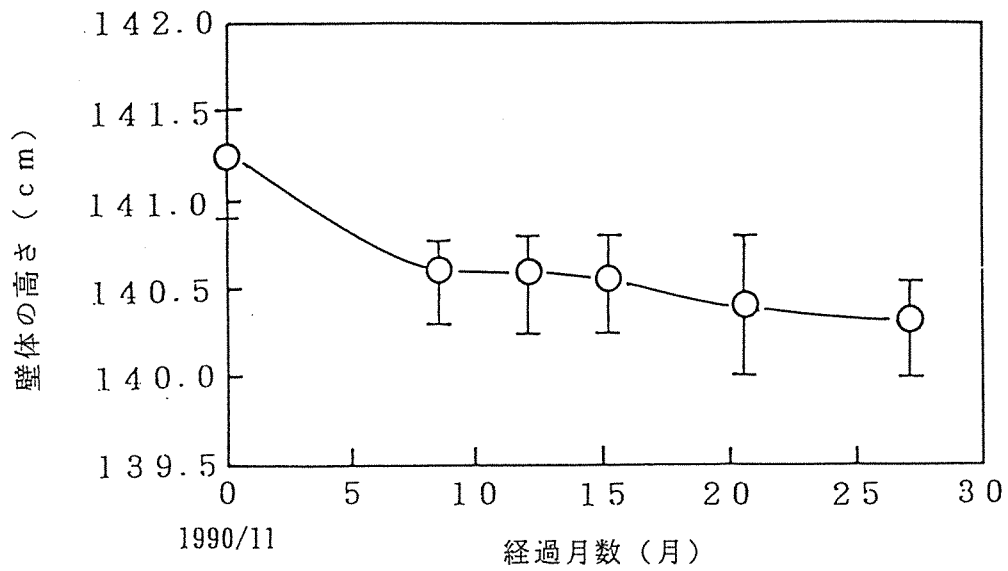


図 2 4 ログハウス 2 に用いていた壁体モデルの沈下量の経時変化

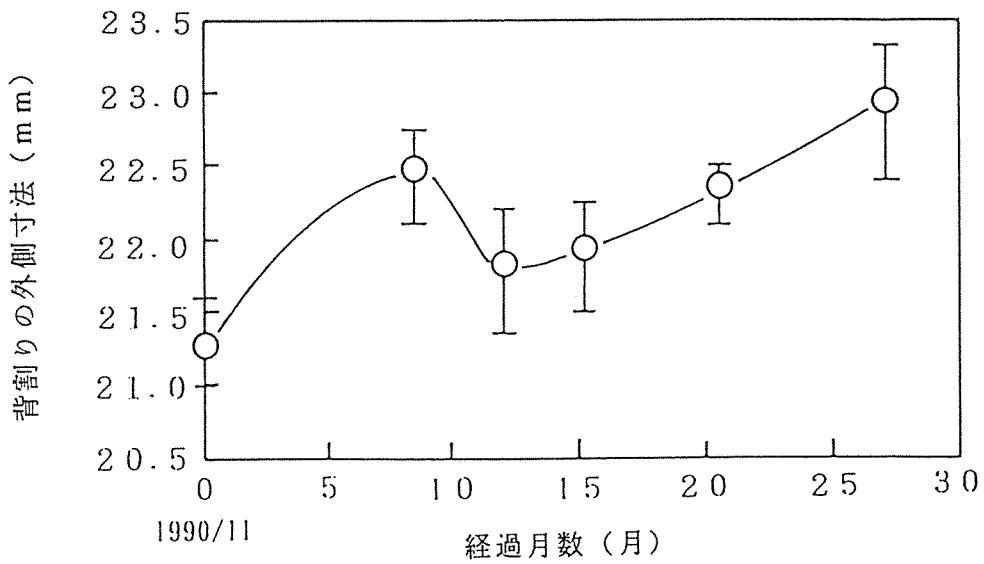


図 2 5 ログハウス 2 に用いていた校木の背割り外側寸法の開き経時変化

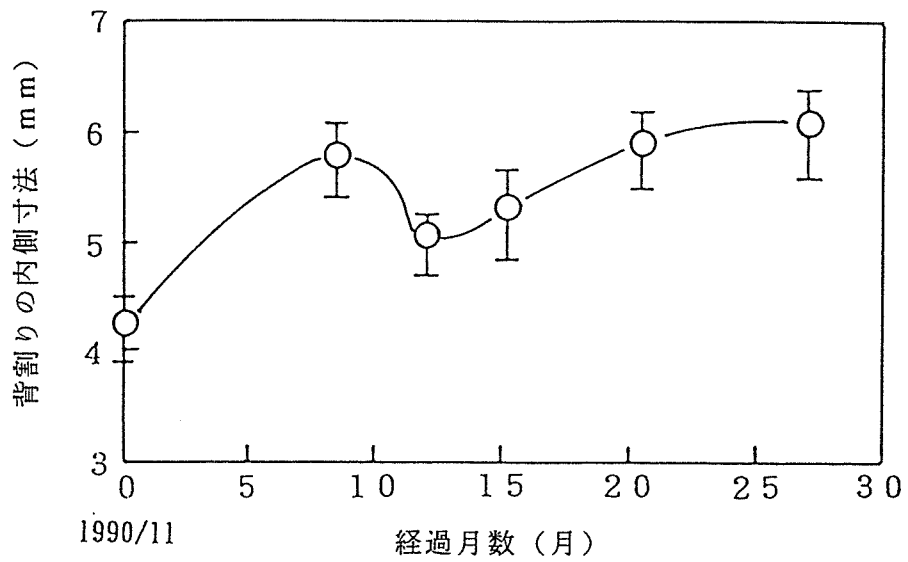


図26 ログハウス2に用いていた校木の背割り内側寸法の開き経時変化

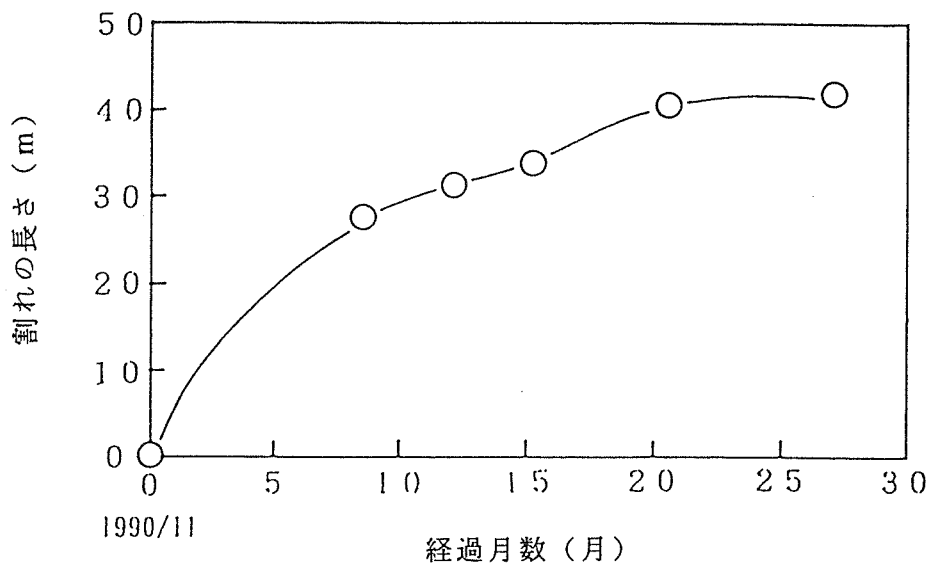


図27 ログハウス2に用いていた校木の表面割れ長さ経時変化

(丸太15本の割れの総延長長さ)

の開きは、丸太芯の収縮のほうが影響が大きいため、含水率減少が少なくなった経時日数が大きい範囲でも大きな開きを示す考えられる。

校木の組み方が、図 2 1、B のものは、背割りの開きが大きくなるほど‘すきま’を少なくする方向になり、気密性の経時低下を妨げるよい結果となる。一方、C のタイプは、経時的に‘すきま’は増大する危険性が考えられる。

### 校木の表面割れ

丸太の含水率の低下とそれに伴う収縮は、丸太の表面割れを誘発する。このことが直接、気密性能の低下につながることは考えられないが、ログハウスの美観からは大きな要素である。

図 2 7 に示すように、表面割れは 2 0 ヶ月あたりまで伸展を続ける。やはり塗装などの表面処理を考えるべきであろう。

## 8. 結論

ログハウスの気密性能を、その測定方法の検討から行いつぎの結論をえた。

### 1) 室内の気密性を評価する方法

換気回数は、実際の換気を最もよくあらわすもので、測定も比較的簡単である。

しかし、この測定には次のような事が測定値に影響を及ぼしている。

a) 微気象条件、特に風に影響され易く、風が強いときに測定すると、測定値は大きくなり、実際の換気性能より悪く評価される。

b) トレーサーとして最も安全で安価であるCO<sub>2</sub>ガスは空気より比重が大きい。従って、測定中、扇風機を用いて室内空気を攪拌していても、室内の上方と下方では、CO<sub>2</sub>濃度に差が出てくる。よって、室内の上方にある‘すきま’は評価されにくく、建物全体の換気性能を評価するのは難しい。

したがって、換気回数の数値を建物ごとの気密性能を比較するために用いるには測定条件を厳密に一定にして行う必要がある。

有効開口面積は、測定場所の床面積または測定器から‘すきま’までの距離が異なっても、測定値には影響が無い。微気象の影響は換気回数の測定の場合よりもうけにくい。などのメリットがある。したがって、建物ごとに気密性能を比較するには換気回数よりすぐれていると言える。

しかし、有効開口面積は‘すきま’の形状、配置などによって少しずつ異なるため、測定値から実際の‘すきま’の総面積を類推する場合にはつぎのことに注意する必要がある。

a) ‘すきま’に奥行きがある場合、奥行きが大きくなるにつれ、風量係数 $\alpha$ は、小さくなる。したがって、有効開口面積は実際より小さく表示される。

b) ‘すきま’が密集して存在すると、まばらに存在しているときよりも、風量係数 $\alpha$ は、大きくなる。したがって、有効開口面積は実際より大きく表示される。

c) 大きな‘すきま’が存在すると小さい‘すきま’は評価されにくく、風量係数 $\alpha$ は、小さくなる。したがって、大小の‘すきま’が混在するばあいは、小さい‘すきま’はさらに小さく評価される。

## 2) ログハウスの気密性能の測定

a) ログハウスの気密性能の低下の因子は、主として①小屋組と壁体との接合部、②壁の隅部で壁体の勘合部、③荒床板のすきま、④窓枠とりつけ部、特に窓枠上部のセッティングスペースのめかくしが適切でない場合、⑤室内の建具の寸法性能の不備などの工法の不備によるところが大きい。

b) ログハウスの気密性能の経時的な低下の要因として、①ログハウス風の建物（柱を有する装飾的なログハウス）では、柱が壁体の沈下を拘束するため、壁体の収縮にともない‘すきま’が増大する。②校木の組み方によって‘すきま’の経時的増大が生じる。背割りの開きを凹方ほぞで拘束するタイプを用いるべきであろう。

③窓枠の上部にセッティングスペースが存在しない場合は、窓枠により壁体の沈下をさまたげ‘すきま’が経時的に増加する。④校木の含水率にも配慮するべきである。すなわち、校木の含水率はなるべく20%以下にしてから用いるべきであろう。そのことによって、壁体の沈下は建築後10ヶ月程度で落ち着くし、カビの発生を押しやることもできる。等のが指摘できる。特に、③に関しては、図21のようにいろいろな校木の組み方がある。Cは最も単純な組み方であるが、時間が経過すると、丸太が収縮することで、‘すきま’が増えていくものと思われる。しかし、A、Bのように、背割りが上の丸太の凹部の拘束を受ける場合、経時的に丸太が収縮しても、‘すきま’が出来にくい。実際この構法を用いたログハウスの気密性は良く、経時変化も見られなかった。また、壁体の沈下にもないボルトを追い締めするこ

とによって、‘すきま’は少なくなる事も明らかとなった。

### 3) ログハウスの気密性能の標準化

有効開口面積と床面積との相関をプロットしたところ、避暑地のバンガローや、駅の待ち合い室などのために作られたログハウスは床面積の大小にかかわらず非常に大きな有効開口面積をもつ。一方、住宅を目的としたログハウスでは有効開口面積は比較的小さく床面積と比例関係が得られた。その傾きは、 $11.7 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ であった。この値は北海道地方の木造在来住宅の $9.0 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ およびRC住宅の $1.8 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ より大きい。しかし、住宅として用いる場合は、この程度の気密度はもつべきであり、気密性能の標準化にあたっての一つのめやすとすべき数値であらう。

### 参考文献

- 1) 日本住宅・木材技術センター：技術開発推進事業報告書、省エネルギー部材  
開発（ログハウスの気密性向上技術の開発）平成3年
- 2) 日本住宅・木材技術センター：技術開発推進事業報告書、省エネルギー部材  
開発（ログハウスの気密性向上技術の開発）平成4年
- 3) 渡辺 要 編：建築計画原論Ⅲ、丸善 1965
- 4) 鎌田 元康 著：空気清浄第23巻第2号  
建物の気密性・漏気量の測定法 1985
- 5) 斉藤 平蔵 著：建築気候 大学講座建築学

- 6) 佐々木 隆 他：日本建築学会大会学術講演  
北海道における住宅の気密性の現状について、 1984
- 7) 建築学大系編集委員会：建築学大系 22 室内環境計画 彰国社
- 8) 脇坂 紀子：名古屋大学農学部卒業論文 1993

## ログハウス気密性能向上のための提案

住宅の省エネルギーのためには気密性向上は不可欠のことである。一方、気密性向上のためにはコストがかかる。この両者のバランスのもとに種々の工法、器具が開発されているのが現状であろう。さらに、上記二条件に加え、室内空気汚染の因子を考慮しなければならない。住宅の気密性の向上と換気の必要性は相反する要求であり、将来的にはこのバランスも重要な要件となろう。

ログハウスの場合は住宅のように一律に考えられない条件がある。すなわち、現在のログハウスには、その意匠を生かした避暑地のセカンドハウスの目的を持つものがあり、常住するタイプのログハウスとは別個に考えるべきであろう。

今回測定したログハウスでも、セカンドハウスを目的としたものは気密性能は非常に悪いものが多かった。この場合、気密性能が低いほど夏場に涼しく、湿気によるカビの発生が少ないことが上げられる。このように、経時的に‘すきま’が目視されるほどの粗悪なログハウスでない限り、意匠がすぐれていれば気密性能は少々劣っていてもよい場合がある。

駅舎など、その意匠のおもしろさからログハウス風の建物を実用している例がみられた。これは、在来工法の中間的な設計のものが多い。すなわち、壁のみを校木組みとし、柱とセットリングスペースのない窓枠を使用している。したがって、新しいうちはそれなりにきれいであるが、経時的に目視できるほどの‘すきま’ができ、「粗悪な建物」とのイメージを与えているものが多い。これは、国産材利用振興には逆効果であり、絶対に建築するべきではない。

住宅として用いるログハウスは、やはり気密性能は重要な因子となる。今回の測定例から、設計、施工上、気密性能向上のポイントとなる部分を下記する。

1) 壁体の‘すきま’は、経時的に増大しない校木の組み方を採用するのが望ましい。それには、機械仕上げで、丸太背割りの開きを拘束する凹型ほぞをもつ校木の採用がすぐれているとみられた。(図2 1 B) 校木の勘合部に合成材料を使うことは解体時に産業廃棄物を多く出すことになり好ましくない。しかし、隅部の校木勘合部は、機械仕上げの場合でも経時的に‘すきま’が増大することが考えられるので、この部分にのみ特別なシール材を入れるべきである。

2) 壁体の沈下を拘束する柱およびセットリングスペースを持たない窓枠などの



採用は極力避けるべきであろう。

3) 荒床板の施工法は、目に見えない部分で気密性能を低下させる大きな因子となる。合板などによる床下地張りが望ましい。

4) 小屋組みと壁体との接合部は、‘すきま’を作らない注意深い施工が必要である。

5) 建具の作製には、乾燥材を用い、枠と一体化したユニットを開発するべきである。窓についても同様である。枠のとりつけにあたってはセットリングスペースを十分とり、その中にウレタン等のシール材を入れこめばセットリングスペースが原因となる‘すきま’は大きくなることはない。

6) 校木にはカビが生じやすい。生材の校木を使用するべきではない。少なくとも、含水率20%程度のものを用いるべきであろう。

7) 上述のことに留意して建築されたログハウスの有効開口面積は、単位床面積あたり  $11.7 \text{ cm}^2 / \text{m}^2$  が最良の気密性の数値である。したがって、ログハウスの気密性能の標準化にあたってはこの数値をめやすにするべきである。

気密性能に直接関連しないが、多くのログハウスを見た体験から、ログハウスの普及のためにつぎのような留意点が指摘できる。

1) 実際に住居として使っている住人の意見では、ログハウスは、その温湿度調節機能がフルに発揮され、夏涼しく、冬あたたかい。電気の消費量は少ない。子供のアトピー皮膚炎がなおった。などの実感をもっている。

しかし、一般に普及させるには、その住宅としての意匠に問題があると考えられる。木材のみを前面に出さず他の無機建材ともマッチしたデザインを開発するべきであろう。

2) 壁体の外部は、適当な塗装を施し干割れを防止することが必要である。変色し干割れがめだつ外壁は住居としての性能とは関係なく、木造住宅のイメージダウンに直接つながる。

3) 校木の高い含水率によるカビの発生、ヤニの吹き出しによる不快な状態が散見された。丸太の熱処理などを採用した校木の使用を検討するべきであろう。

以上の点を克服することによって、ログハウスは住宅として十分実用に耐え、国

産材利用振興に有効なてだてとなるであろう。

住宅全般に言えることであるが、室内空気汚染防止と省エネルギーの立場から、住宅の気密性能がますます重要になると考えられるが、そのことに関する研究データは少ない。木造住宅全般について、その施工法と気密性能のデータの蓄積が重要である。